

Krzysztof R. Mlosek<sup>1</sup>, Andrzej Januszewicz<sup>2</sup>, Kazimierz Szopiński<sup>1</sup>,  
Magdalena Januszewicz<sup>4</sup>, Bartosz Symonides<sup>3</sup>, Grzegorz Małek<sup>4</sup>,  
Wiesław Jakubowski<sup>1</sup>

PRACA ORYGINALNA

<sup>1</sup>Zakład Diagnostyki Obrazowej II Wydziału Lekarskiego Akademii Medycznej w Warszawie

<sup>2</sup>Klinika Nadciśnienia Tętniczego Instytutu Kardiologii w Warszawie

<sup>3</sup>Katedra I Klinika Chorób Wewnętrznych i Nadciśnienia Tętniczego Akademii Medycznej w Warszawie

<sup>4</sup>II Zakład Radiologii Klinicznej Akademii Medycznej w Warszawie

# Przydatność angiografii rezonansu magnetycznego tętnic nerkowych techniką 3D TOF w diagnostyce zwężenia tętnicy nerkowej u chorych z nadciśnieniem tętniczym

## The Utility of 3D TOF Magnetic Resonance Angiography of Renal Arteries for Diagnosing Renal Artery Stenosis in the Hypertensive Patients

### Summary

**Background** The aim of the study was to prospectively evaluate the diagnostic value of MRA of the renal arteries compared with renal duplex scanning in patients with clinical suspicion of renovascular disease using conventional angiography as a standard reference.

**Material and methods** The study included 50 patients (33 women, 17 men, mean age: 49 yrs) with clinical suspicion of renovascular disease in whom MRA and duplex doppler were performed. All subjects underwent conventional angiography to verify the results of non-invasive methods. MRA examinations were performed with the use of magnetic resonance system 1.5 T MAGNETOM SP 63 (Siemens) with the application of the whole-body coil. For evaluation of renal arteries 3D TOF technique has been used. Doppler Duplex (ATL 3000 HDI) evaluation was done with the ATL 3000 HDI.

**Results** Our results indicate that sensitivity, specificity and accuracy for MRA was 98,1%, 88,6% and 93,9% respectively and for duplex doppler 87,7%, 90,6% and 87,8% respec-

tively. The differences in sensitivity, specificity and accuracy between two methods were statistically significant.

**Conclusion** Our results indicate that MRA has high sensitivity and specificity for the detection of renal artery stenosis and are comparable with the data published so far. Our study demonstrate that this method has the potential usefulness for diagnosing patients suspected for renovascular disease.

**key words:** renal artery stenosis, hypertension, magnetic resonance angiography, duplex doppler

*Arterial Hypertension 2001, vol. 5, no 3, pages 171–179.*

### Wstęp

Jedną z najczęściej spotykanych przyczyn wtórnego nadciśnienia tętniczego jest nadciśnienie naczyniowo-nerkowe, którego przyczyna jest możliwa do usunięcia [1–6]. Pomimo istniejących rozbieżności i trudności w oszacowaniu jego rzeczywistej częstości przyjmuje się, że nadciśnienie tętnicze wywołane hemodynamicznie istotnym zwężeniem tętnicy lub tętnic nerkowych występuje u 1–2% ogólnej populacji chorych z nadciśnieniem [7–9].

Znaczenie wczesnego rozpoznania zwężenia tętnicy lub tętnic nerkowych podkreśla fakt, że pro-

Adres do korespondencji: dr med. Krzysztof R. Mlosek  
Zakład Diagnostyki Obrazowej  
II Wydział Lekarski Akademii Medycznej w Warszawie  
ul. Kondratowicza 8, 03–242 Warszawa  
tel.: (022) 811–96–77, 674–00–38

 Copyright © 2001 Via Medica, ISSN 1428–5851

wadzi ono do rozwoju nadciśnienia tętniczego oraz jest przyczyną powstania tzw. nefropatii niedokrwiennej, odpowiedzialnej za rozwój niewydolności nerek [10, 11].

W ostatniej dekadzie dokonał się znaczący postęp w zakresie diagnostyki nadciśnienia naczyniowo-nerkowego, polegający między innymi na wprowadzeniu wielu nieinwazyjnych metod obrazujących tętnice nerkowe oraz umożliwiających ocenę przepływu krwi przez pień tętnicy nerkowej i rozgałęzienia wewnątrznerkowe. Jednak wobec zawodności metod służących do diagnostyki omawianej postaci nadciśnienia, wykrycie zwężenia tętnicy nerkowej u dużego odsetka chorych nadal napotyka na trudności, a wykonanie arteriografii nerkowej, będącej metodą referencyjną, jest w tej grupie chorych badaniem rozstrzygającym [12–16].

Do wysoce przydatnych nieinwazyjnych metod należy ultrasonograficzne badanie dopplerowskie z opcją Duplex Doppler [17–20] oraz spiralna tomografia komputerowa [10, 21, 23]. W ostatnich latach do obrazowania tętnic nerkowych wprowadzono angiografię metodą rezonansu magnetycznego (MRA — *magnetic resonance angiography*), charakteryzującą się wysoką czułością i swoistością w diagnostyce chorych z omawianą postacią wtórnego nadciśnienia tętniczego [16, 24, 25]. Należy podkreślić fakt, że w dostępnym piśmiennictwie istnieje niewielka liczba doniesień porównujących przydatność powyższej metody z innymi, a zwłaszcza z podwójnym badaniem dopplerowskim [24–26, 29, 44].

Celem pracy była zatem ocena przydatności MRA w ocenie tętnic nerkowych u chorych z podejrzeniem zwężenia tętnicy nerkowej oraz jej porównanie z badaniem dopplerowskim z opcją Duplex Doppler u chorych poddanych następnie klasycznej arteriografii nerkowej.

## Material i metody

Badaniami objęto 50 chorych (17 mężczyzn, 33 kobiety, średni wiek: 49 lat) z nadciśnieniem tętniczym i podejrzeniem zwężenia tętnic nerkowych, u których w Zakładzie Diagnostyki Obrazowej II Wydziału Lekarskiego Akademii Medycznej

w Warszawie wykonano MRA. Do badań kierowano chorych z nadciśnieniem tętniczym i sugestywnymi cechami nadciśnienia naczyniowo-nerkowego, u których przeprowadzone badanie dopplerowskie z opcją Duplex Doppler wskazywało na zwężenie tętnicy/tętnic nerkowych. Do objawów klinicznych sugerujących nadciśnienie wywołane zmianami w obrębie tętnic nerkowych zaliczano między innymi szybki rozwój ciężkiego nadciśnienia tętniczego, opornego na leczenie, wzrost stężenia kreatyniny oraz obecność szmeru naczyniowego w nadbrzuszu. U wszystkich chorych wykonano dotętniczną angiografię subtrakcyjną, która u 36 pacjentów wskazała na miażdżycowe tło zwężenia, zaś u 14 na dysplazję włóknisto-mięśniową.

### Angiografia rezonansu magnetycznego

Badania wykonano w Zakładzie Diagnostyki Obrazowej II Wydziału Lekarskiego AM w Warszawie, używając systemu rezonansu magnetycznego MAGNETOM SP 63 (1,5T) firmy Siemens z zastosowaniem cewki do całego ciała, przy użyciu techniki 3D Time of Flight (3D TOF) [24–26] (tab. I).

Wszystkie badania przeprowadzono bez podania kontrastu oraz poprzedzono wykonaniem lokalizatora w płaszczyźnie czołowej w celu określenia położenia nerek. Ponieważ pojedyncza sekwencja nie obejmowała całych nerek, wykonywano trzy akwizycje, obejmujące górny i dolny biegun nerki oraz wnękę. Każdej akwizycji dokonywano w płaszczyźnie poprzecznej. W celu eliminacji sygnału pochodzącego z układu żylnego obszar presaturacji określano poniżej dolnych biegunów nerek.

Na wybranej pojedynczej warstwie określano obszar zainteresowania, który następnie rekonstruowano metodą MIP (*maximal intensity projection*), polegającą na opracowaniu i zsumowaniu dwuwymiarowych obrazów. Metoda ta polega na rzutowaniu szeregu linii wzdłuż kierunku wybranego przez opracowującego badanie w taki sposób, aby każda linia odpowiadała jednemu elementowi końcowego obrazu angiograficznego. Dla poszczególnych pikseli wybierano element o największym natężeniu sygnału. Ponieważ sygnał płynącej krwi jest znacznie silniejszy od otaczających tkanek, w ten sposób powstaje złudzenie obrazu trójwymiarowego.

**Tabela I.** Parametry sekwencji 3D TOF stosowanej w MRA tętnic nerkowych  
**Table I.** Parameters of sequence used in 3D TOF MRA of renal arteries

TR	TE	Kąt odchylenia	Wymiar macierzy obrazowania	Pole widzenia [mm]	Grubość warstw [mm]	Liczba warstw	Czas trwania akwizycji
33	8	20	256 × 512	450	0,1	69	9 min 3 s

Aby otrzymać obraz aorty i tętnic nerkowych, oceniany obszar nie obejmował pnia trzewnego i tętnicy kręzkowej górnej. Po rekonstrukcji otrzymywano przestrzenny obraz aorty i tętnic nerkowych w płaszczyźnie równoległej do osi ciała.

Na obrazach MRA wykonanych techniką 3D TOF i rekonstruowanych metodą MIP uwidaczniały się tylko naczynia tętnicze znajdujące się w odtwarzanym obszarze. W prawidłowym obrazie MRA w rekonstruowanych obszarach był widoczny sygnał przepływu w aorcie oraz obu tętnicach nerkowych. W przypadku obecności tętnic nerkowych dodatkowych uwidaczniało się naczynie biegnące równoległe poniżej lub powyżej pnia głównej tętnicy nerkowej. Długość tętnic nerkowych mieściła się w zakresie 40–70 mm, zaś średnica tętnic nerkowych — 3–5 mm.

W obrazach patologicznych tętnic nerkowych widoczny był sygnał przepływu o słabym natężeniu lub jego brak w tętnicy nerkowej w miejscu zwężenia. W przypadku niedrożności nie uwidaczniała się tętnica nerkowa w MRA. W każdym przypadku oceniano również dane przed rekonstrukcją MIP, co umożliwiało dokładniejszą ocenę zarówno tętnic nerkowych, jak i tętnic nerkowych dodatkowych. Aby ocenić miejsce położenia patologii tętnicy nerkowej, podzielono ją umownie na 3 odcinki: początkowy, obejmujący odcinek 20 mm od miejsca odejścia od aorty; odcinek środkowy, obejmujący dalsze 20 mm; odcinek końcowy tętnicy nerkowej (zazwyczaj około 20 mm).

### Badania dopplerowskie

Badania dopplerowskie wykonywano w II Zakładzie Radiologii Klinicznej I Wydziału Lekarskiego AM w Warszawie aparatem ATL 3000 HDI. Oceniano prędkość maksymalną przepływu krwi ( $V_{max}$ ) i współczynnik prędkości aortalno-nerkowej (RAR) w pniu tętnicy nerkowej w celu oceny stopnia zwężenia. Dodatkowo, aby ocenić przepływ wewnątrznerkowy, mierzono czas akceleracji ( $AcT$ ), wskaźnik akceleracji ( $Acc$ ), wskaźnik oporu obwodowego ( $RI$ ) oraz wskaźnik pulsacji ( $PI$ ).

Zwężenie odnotowywano, jeżeli w badaniu dopplerowskim tętnic nerkowych wskaźnik  $RAR \geq 3,5$ , zaś w oznaczeniach przepływów wewnątrznerkowych za znamienne dla zwężenia przyjęto wartości  $AcT > 50$  ms i  $Acc < 3,5$  m/s<sup>2</sup> [17, 22].

### Arteriografia tętnic nerkowych

Badania arteriograficzne wykonywano przy zastosowaniu cyfrowej angiografii subtrakcyjnej. Polegało ono na dotętnicznym podaniu środka kontrastowego metodą Seldingera, po wprowadzeniu cewnika przez tętnicę udową lub pachową do aorty brzusznej i usta-

wieniu jego końca na wysokości tętnic nerkowych. W czasie podawania kontrastu robiono serię zdjęć. Tak wykonana arteriografia uwidaczniała aortę, odejścia tętnic nerkowych oraz główne pnie tętnic nerkowych wraz z ich rozgałęzieniami.

Gdy dokonano dokładniejszej oceny drobnych rozgałęzień tętnic nerkowych, wykonywano selektywne angiografie nerkowe przy podaniu kontrastu bezpośrednio do pnia tętnicy i zrobieniu serii zdjęć w różnych projekcjach.

### Analiza statystyczna

Aby ocenić wartość diagnostyczną MRA i badania dopplerowskiego tętnic nerkowych posłużono się wskaźnikami czułości, swoistości i skuteczności testu diagnostycznego. Porównywano wyniki otrzymane w MRA oraz badaniu dopplerowskim tętnic nerkowych z wynikami z badania referencyjnego, jakim jest arteriografia tętnic nerkowych.

W wyniku porównania uzyskano następujące dane (tab. II) [27]:

- prawdziwie ujemne: nieistniejąca choroba nie została rozpoznana (PU);
- prawdziwie dodatnie: istniejąca choroba została rozpoznana (PD);
- fałszywie ujemne: nie rozpoznano istniejącej choroby (FU);
- fałszywie dodatnie: rozpoznano nieistniejącą chorobę (FD).

Na podstawie tych wyników można obliczyć czułość, swoistość oraz skuteczność diagnostyczną, korzystając z następujących wzorów:

$$\text{Czułość} = PD \times 100\% / (PD + FU)$$

$$\text{Swoistość} = PU \times 100\% / (PU + FD)$$

$$\text{Skuteczność} = (PD + PU) \times 100\% / (PD + PU + FD + FU)$$

W celu określenia znamienności statystycznej posłużono się nieparametrycznym testem znaków [28]. Pole-

**Tabela II.** Wyniki badań angiografii rezonansu magnetycznego oraz badania dopplerowskiego tętnic nerkowych  
**Table II.** Results of the magnetic resonance angiography and Doppler examinations of the renal arteries

	Wynik badania dopplerowskiego tętnic nerkowych	Wynik angiografii rezonansu magnetycznego
PD	48	54
FD	4	5
FU	8	1
PU	39	39

Wyniki: PD — prawdziwie dodatnie, FD — fałszywie dodatnie, FU — fałszywie ujemne, PU — prawdziwie ujemne

ga on na obliczeniu błędnych rozpoznań  $r = (FD + + FU)$  i odczytaniu z tabeli poziomu istotności dla podanej liczby badań ( $n$ ). Oceniając wyniki MRA, popełniono łącznie 6 pomyłek diagnostycznych na ogólną liczbę 99 ocenianych tętnic nerkowych, zaś oceniając tętnice nerkowe w badaniu dopplerowskim popełniono 12 pomyłek. Liczby te są sumami wyników fałszywie dodatnich i fałszywie ujemnych i w nieparametrycznym teście znaków odpowiadają liczbie  $r$ . Liczbę  $n$  stanowi liczba ocenianych tętnic nerkowych, która dla obu metod wynosi 99. Odczytany dla tych wartości z tabeli rozkładu poziomu istotności dla MRA wynosi 0,005, a dla badania dopplerowskiego tętnic nerkowych — 0,05. Wartości te pozwalają stwierdzić, że otrzymane wyniki są znamienne statystycznie.

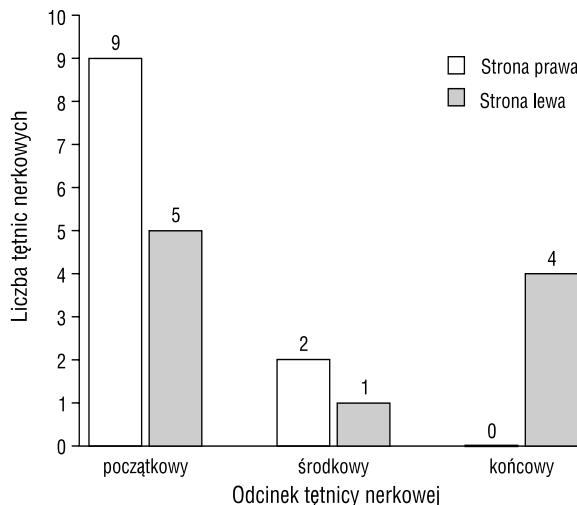
## Wyniki

W badanej grupie 50 chorych uwidoczniło 99 tętnic nerkowych, a uzyskany materiał poddano analizie statystycznej. W jednym przypadku u chorego poddanego w przeszłości lewostronnej nefrektomii z powodu kamicy oceniano wyłącznie prawą tętnicę nerkową. W grupie 50 osób w 5 przypadkach w MRA stwierdzono obecność tętnic nerkowych dodatkowych. Ze względu na małą liczbę wykrytych tętnic nerkowych dodatkowych nie ujęto ich w analizie statystycznej.

W badaniu angiografii rezonansu magnetycznego jednostronne zwężenie głównego pnia tętnicy nerkowej uwidoczniło w przypadku 21 tętnic nerkowych, w 11 przypadkach dotyczyło ono prawej, a w 10 lewej tętnicy nerkowej.

Dwóch przypadków zwężeń głównej tętnicy nerkowej wykrytych w MRA nie potwierdzono w arteriografii i badaniu dopplerowskim tętnic nerkowych. W jednej MRA tętnic nerkowych na rekonstruowanych obrazach nie można było jednoznacznie ocenić obecności jednostronnego zwężenia. Wynikało to z faktu, że główna tętnica nerkowa zaginała się tuż za miejscem odejścia od aorty i w otrzymanych obrazach widoczny był brak sygnału przepływu na tym odcinku, który mógł być artefaktem związanym ze zmianą kierunku przepływu krwi. Oceniono zatem obrazy danych wyjściowych do rekonstrukcji i stwierdzono, że na tym odcinku widoczny jest zarys tętnicy nerkowej bez sygnału przepływu widocznego w jej świetle, co uznano za zwężenie tej tętnicy. Większość zwężeń występowała w odcinku początkowym tętnic nerkowych (ryc. 1).

Obustronne zwężenie tętnic nerkowych w MRA stwierdzono w obrębie 18 tętnic. W dwóch przypadkach zwężenia tętnic nerkowych, stwierdzonego w MRA, nie potwierdzono w arteriografii. Zwężenie tętnic nerkowych dotyczyło początkowego odcinka w 11 tętnicach

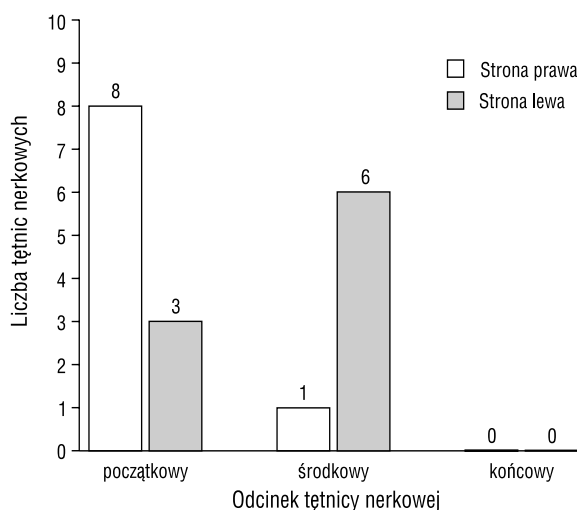


**Rycina 1.** Liczba zwężonych tętnic nerkowych w zależności od miejsca występowania zwężenia w przypadku jednostronnego zwężenia głównej tętnicy nerkowej

**Figure 1.** One-sided stenosis of the main renal artery: number of renal arteries, place and side of stenosis

nerkowych, natomiast w 7 tętnicach zwężenie było zlokalizowane w odcinku środkowym (ryc. 2).

W badaniu MRA stwierdzono 12 niedrożnych tętnic nerkowych, odpowiednio 6 po stronie lewej i 6 po stronie prawej. We wszystkich stwierdzonych przypadkach niedrożność potwierdzono w badaniu arteriograficznym i dopplerowskim. W przypadku niedrożności 7 tętnic nerkowych towarzyszyło im zwężenie tętnicy nerkowej po stronie przeciwnej, przy czym w przypadku 2 tętnic nerkowych nie po-



**Rycina 2.** Liczba tętnic nerkowych oraz miejsca występowania zwężenia w przypadku obustronnego zwężenia głównej tętnicy nerkowej

**Figure 2.** Bilateral renal artery stenosis: number of renal arteries, place and side of stenosis

twierdzono go w badaniu arteriograficznym oraz w przypadku 1 tętnicy nerkowej również w badaniu dopplerowskim (tab. III). W przypadkach niedrożności z towarzyszącym zwężeniem tętnicy nerkowej po stronie przeciwnej stwierdzano w MRA prawidłowy lub nieznacznie osłabiony sygnał przepływu w tętnicy nerkowej za miejscem zwężenia, co świadczyło o niewielkim stopniu zaawansowania zmian.

W 41 tętnicach nerkowych nie wykryto zmian w ich obrębie w MRA ani klasycznej arteriografii.

We wszystkich badaniach tętnic nerkowych metodą MRA nie stwierdzono przypadków wrodzonych zmian położenia nerek oraz wad rozwojowych nerek.

Wśród 50 chorych w 5 przypadkach stwierdzono obecność tętnic nerkowych dodatkowych, przy czym w dwóch badaniach tętnica nerkowa dodatkowa była widoczna tylko w danych wyjściowych. U jednego chorego stwierdzono obustronne występowanie tętnic nerkowych dodatkowych. W jednym przypadku uwidoczniła się tętnica nerkowa dodatkowa biegnąca powyżej głównej tętnicy nerkowej i zaopatrująca górną część nerki, natomiast w pozostałych przypadkach tętnica nerkowa dodatkowa odchodziła poniżej odejścia głównego pnia tętnicy nerkowej. Długość uwidoczniionych odcinków tętnic dodatkowych mieściła się w zakresie 10–40 mm. Wszystkie przypadki występowania tętnic nerkowych dodatkowych potwierdzono w badaniu arteriograficznym, natomiast tylko w jednym przypadku rozpoznano występowanie prawidłowej tętnicy nerkowej dodatkowej w badaniu dopplerowskim. U jednego

chorego stwierdzono zwężenie jednostronnie występującej tętnicy nerkowej dodatkowej, natomiast obie główne tętnice nerkowe nie wykazywały zmian. Również w jednym przypadku wykryto zwężenie głównej tętnicy nerkowej po stronie prawej, z towarzyszącym zwężeniem tętnicy nerkowej dodatkowej po tej samej stronie. W obydwu przypadkach rozpoznanie potwierdzono w arteriografii, jednak zmiana nie została wykryta w badaniu dopplerowskim.

W analizie statystycznej porównywano wyniki badania arteriograficznego, jako metody referencyjnej, z wynikami MRA i badania dopplerowskiego tętnic nerkowych. Analizy dokonywano osobno dla każdej z tętnic nerkowych.

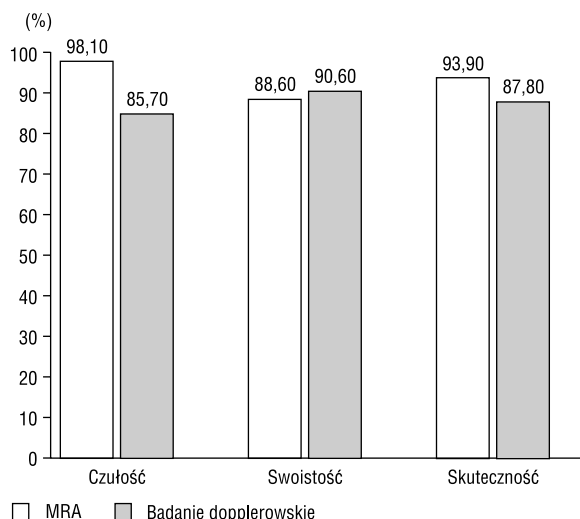
Obliczono czułość, swoistość i skuteczność diagnostyczną MRA i badania dopplerowskiego tętnic nerkowych. Wyniki obliczeń przedstawia rycina 3.

Oceniając wyniki MRA, dokonano niewłaściwej oceny w 6 przypadkach na ogólną liczbę 99 ocenianych tętnic nerkowych, zaś oceniając tętnice nerkowe w badaniu dopplerowskim popełniono błąd w 12 przypadkach. Liczby te są sumami wyników fałszywie dodatnich oraz fałszywie ujemnych i w nieparametrycznym teście znaków odpowiadają liczbie  $r$ . Liczbę  $n$  stanowi liczba ocenianych tętnic nerkowych, która dla obu metod wynosi 99. Odczytany dla tych wartości z tabeli rozkładu poziom istotności dla MRA wynosi 0,005, a dla badania dopplerowskiego tętnic nerkowych — 0,05. Wartości te pozwalają stwierdzić, że otrzymane wyniki są znamienne statystycznie.

**Tabela III.** Zestawienie przypadków niedrożności i zwężenia tętnicy nerkowej z podziałem na miejsce występowania  
**Table III.** Obstruction and stenosis of a renal artery: place of occurrence in individual cases

Nr	Strona prawa			Strona lewa		
	Odcinek początkowy	Odcinek środkowy	Odcinek końcowy	Odcinek początkowy	Odcinek środkowy	Odcinek końcowy
1	N			Z		
2	N			Z		
3	N					
4	N			Z		
5	N			Z		
6	N					
7				N		
8		Z		N		
9	Z			N		
10				N		
11				N		
12	Z			N		

N — niedrożność tętnicy nerkowej; Z — zwężenie tętnicy nerkowej



**Rycina 3.** Wartość diagnostyczna MRA i badania dopplerowskiego tętnic nerkowych w badanej grupie chorych

**Figure 3.** Diagnostic value of MRA and Doppler examination of renal arteries in studied group

Z przedstawionych w tabeli IV danych wynika, że czulość 3D TOF MRA w wykrywaniu zwężenia tętnic nerkowych wynosi 76–100%, a swioustość 65–100%. Tak duże różnice w ocenie wynikają nie tyle z różnych odmian badanej metody, co ze sposobu obliczania wskaźników charakteryzujących jej wartość diagnostyczną. Jeśli przyjąć, że celem badania jest dokładne uwidocznienie tętnic nerkowych i ilościowa ocena stopnia zwężenia wyrażona w procentach, wyniki MRA są gorsze od angiografii tętnic nerkowych.

Jeżeli jednak obraz MRA tętnic nerkowych analizować pod względem informacji zawartych w całym przeglądowym obrazie obejmującym aortę z odejściami tętnic nerkowych oraz nerki, MRA jest interesującą i przydatną metodą diagnostyczną. Jak wynika z prezentowanych wyników, to drugie podejście zastosowano w niniejszej pracy.

**Tabela IV.** Czulość i swioustość MRA w diagnostyce zwężenia tętnic nerkowych

**Table IV.** Sensitivity and specificity of MRA in diagnosis of renal artery stenosis

Autorzy	Rok	Czulość (%)	Swioustość (%)
Lauberyere [29]	1996	100	65
Yucel [30]	1993	100	93
Borrello [31]	1995	76	100
Grazioli [32]	1997	100	98
Postma [33]	1997	100	96
Servois [34]	1994	85	86
Smith [35]	1993	100	95

Istotnym zagadnieniem pozostaje odsetek chorych, który może uniknąć badań inwazyjnych dzięki zastosowaniu MRA. W metodzie prezentowanej w niniejszej pracy osiągnięto wysokie wartości czulości i swioustości (wynoszące odpowiednio 98,1% i 88,6%), porównywalne z wynikami zaprezentowanymi w tabeli IV. W kilku pracach podkreśla się wysoką wartość diagnostyczną 3D TOF MRA w przypadku zwężenia tętnic nerkowych powyżej 50% [29, 33]. Większość autorów zwraca uwagę, że metoda ta jest bardzo przydatna do wykrywania zwężenia położonych w bliższych odcinkach tętnic nerkowych [29, 31, 32]. Natomiast wartość diagnostyczna tej metody jest niższa w przypadku zwężenia w odcinkach dalszych powyżej 30 mm od miejsca odejścia od aorty [29, 31, 32].

Pewnym ograniczeniem 3D TOF MRA jest jej rozdzielczość przestrzenna. Dotyczy to szczególnie tętnic o małych średnicach (tętnic nerkowych dodatkowych), które obejmowane są przez jeden lub co najwyżej dwa voxele. Może to powodować uzyskanie gorszego obrazu tętnicy lub jej niewidocznienie na obrazach rekonstruowanych, a tym samym błędną ocenę badania [29]. W piśmiennictwie podkreśla się niską wartość diagnostyczną 3D TOF MRA w obrazowaniu tętnic nerkowych dodatkowych, jednak w żadnej z dostępnych prac autorzy nie oceniali, oprócz obrazów rekonstruowanych, danych wyjściowych [29, 31, 33, 34]. W niniejszej pracy w każdym badaniu oceniano również dane wyjściowe. Jak przedstawiono w wynikach pracy wykryto wszystkie tętnice nerkowe dodatkowe, przy czym w 2 przypadkach uwidoczniono je tylko na obrazach danych wyjściowych. Można więc jednoznacznie stwierdzić, że ocena danych wyjściowych ma istotny wpływ na wykrywalność obecności tętnic nerkowych dodatkowych.

W dwóch opracowaniach w celu lepszego obrazowania metodą 3D TOF MRA dalszych odcinków tętnic nerkowych oraz tętnic nerkowych dodatkowych proponowano skrócenie czasu T1 krwi w tętnicach nerkowych przez podanie środka kontrastowego [29, 31]. Z badań Carriero, porównujących badanie tętnic nerkowych metodą 3D TOF MRA bez podania i z podaniem środka kontrastowego, jednoznacznie wynika, że zastosowanie środka kontrastowego nie wpływa na wizualizację dalszych części tętnic nerkowych, a wyniki obu technik są porównywalne [36]. Czulość MRA 3D TOF jest wyższa niż badania dopplerowskiego tętnic nerkowych, zaś swioustość jest porównywalna.

W pracy Lelunga i wsp., w której porównywano badanie MRA z podwójnym badaniem dopplerowskim, MRA wykonywano po podaniu kontrastu w formie bolusa oraz na wstrzymanym oddechu [37].

Autorzy nie zauważyli, aby czułość i swoistość MRA oraz badania dopplerowskiego istotnie się różniły. Dla MRA czułość i swoistość wynosiły odpowiednio 90% i 86%, zaś dla badania dopplerowskiego odpowiednio 81% i 87%. Należy jednak zauważyć, że w przypadkach niezgodności badania dopplerowskiego i MRA były one jeszcze raz analizowane przez dwie osoby, co mogło powodować podwyższenie wartości czułości badania dopplerowskiego. Autorzy podkreślają, że przy zastosowaniu MRA udawało się lepiej lokalizować tętnice nerkowe dodatkowe. Jak wynika z wielu opracowań, czułość i swoistość badania dopplerowskiego w ocenie tętnic nerkowych jest bardzo różna (tab. V).

Duże różnice w wartościach czułości i swoistości najprawdopodobniej spowodowane są wieloma czynnikami, które wpływają ujemnie na wyniki badań dopplerowskich. Wielu autorów podkreśla, że w około 10–16% przypadków w badaniu dopplerowskim nie można ocenić tętnic nerkowych ze względu na złe przygotowanie pacjenta do badania (obecność gazów jelitowych) oraz otyłość [39, 42–44]. Również w piśmiennictwie zwraca się szczególną uwagę na fakt, że wykonywanie ultrasonografii tętnic nerkowych oraz właściwa ich interpretacja wymaga dużego doświadczenia osoby badającej [38, 40, 42–44], jak również jest badaniem czasochłonnym [42]. Duże trudności w ocenie przepływu krwi w badaniu dopplerowskim stanowią dalsze odcinki tętnic nerkowych, które bardzo często są przesłonięte przez pętle jelitowe. Jedną z podstawowych różnic między badaniem dopplerowskim tętnic nerkowych a MRA jest brak możliwości archiwizacji obrazu całego naczynia oraz jego przebiegu, co uniemożliwia dokładne zaplanowanie zabiegu przezskórnej angioplastyki tętnic nerkowych. Większość autorów krytycznie ocenia możliwość badania dopplerowskiego tętnic nerkowych dodatkowych, gdyż najczęściej nie zostają one uwidocznione [38, 39, 43, 44]. Baxter i wsp. porównywali ba-

danie dopplerowskie tętnic nerkowych z arteriografią. U 14% chorych stwierdzili obecność tętnic nerkowych dodatkowych w badaniu arteriograficznym, natomiast nie uwidocznili żadnej tętnicy nerkowej dodatkowej w badaniu dopplerowskim [44]. Należy sądzić, że jest to spowodowane małą średnicą tętnic nerkowych dodatkowych, co znacznie utrudnia ich lokalizację.

Na podstawie uzyskanych wyników czułość badania dopplerowskiego tętnic nerkowych wynosiła 85,7% i była około 12% niższa od czułości 3D TOF MRA, natomiast swoistość była porównywalna ze swoistością MRA. Należy zwrócić uwagę, że w prezentowanej pracy skuteczność diagnostyczna obu metod była wysoka i wynosiła dla MRA 93,9%, a dla badania dopplerowskiego 87,8%, co pozwala stwierdzić, że obie metody mogą być z równym skutkiem stosowane w diagnostyce zwężenia tętnic nerkowych. Trzeba jednak wziąć pod uwagę fakt, że tak wysoka skuteczność diagnostyczna badania dopplerowskiego była możliwa dzięki temu, że u wszystkich pacjentów udało się je przeprowadzić oraz wykonywali je bardzo doświadczeni badający. Istotny wpływ na wysoką skuteczność diagnostyczną badania dopplerowskiego ma fakt, że w obliczeniach statystycznych nie uwzględniano wyników badania tętnic nerkowych dodatkowych obiema metodami. Gdyby jednak możliwe było uwzględnienie badania tętnic nerkowych dodatkowych, różnica między skutecznościami obu metod byłaby większa na korzyść MRA. W niniejszej pracy w badaniu dopplerowskim uwidoczniono tylko 1 tętnicę nerkową dodatkową na 6 naczyń dodatkowych wykrytych w badaniu arteriografii rentgenowskiej i MRA, co potwierdza małą przydatność badania dopplerowskiego w wykrywaniu naczyń dodatkowych.

**Tabela V.** Czułość i swoistość badania dopplerowskiego w diagnostyce zwężeń tętnic nerkowych

**Table V.** Sensitivity and specificity of Doppler studies in diagnosis of renal artery stenosis

Autorzy	Rok	Czułość (%)	Swoistość (%)
Sturhmann [38]	1998	89	91
Mollo [39]	1997	75	100
Olin [40]	1996	98	98
Nazzal [41]	1997	95	65
Stanley (pogląd.) [17]	1997	10–90	35–80
Derkx (pogląd.) [42]	1994	63–100	73–96

## Dyskusja

W ostatnich latach podkreślano duże znaczenie wczesnego rozpoznania zwężenia tętnicy nerkowej, zaś korekcja przy zastosowaniu przezskórnej angioplastyki, wprowadzeniu stentu do wnętrza tętnicy nerkowej lub korekcji chirurgicznej może doprowadzić zarówno do normalizacji lub polepszenia kontroli ciśnienia tętniczego, jak i do poprawy funkcji niedokrwionej nerki [17, 25, 44].

Badaniem o najwyższej przydatności w wykrywaniu zwężenia tętnicy nerkowej jest arteriografia, jednak ze względu na inwazyjny charakter nie można jest stosować jako badanie przesiewowe. Z tego względu prowadzi się poszukiwania równie czułych nieinwazyjnych metod diagnostycznych, pozwalających oceniać tętnice nerkowe u chorych z nadciśnieniem tętniczym

i sugestywnymi cechami mogącymi sugerować nadciśnienie wywołane zwężeniem tętnicy nerkowej.

Angiografia rezonansu magnetycznego jest stosunkowo nową techniką obrazowania tętnic nerkowych i obecnie istnieje wiele technik jej wykonywania. W dostępnym piśmiennictwie istnieje stosunkowo niewiele prac dotyczących badania MRA tętnic nerkowych techniką 3D TOF, jednak we wszystkich doniesieniach podkreśla się dużą czułość i swoistość tej metody (tab. IV).

## Wnioski

Uzyskane wyniki wskazują, że MRA techniką 3D TOF jest przydatną metodą pozwalającą na obrazowanie zmian w obrębie tętnic nerkowych, a zwłaszcza w ich bliższych odcinkach.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że dla obrazowania i oceny tętnic nerkowych metodą MRA konieczna jest analiza surowych danych przed rekonstrukcją trójwymiarową. W przedstawionej analizie wykazano również, że badanie dopplerowskie ma małą wartość w uwidacznianiu tętnic nerkowych dodatkowych.

Czułość MRA 3D TOF jest wyższa niż badania dopplerowskiego tętnic nerkowych, zaś swoistość jest porównywalna. Angiografia metodą rezonansu magnetycznego jest badaniem stosunkowo drożym w porównaniu z badaniem dopplerowskim, jednak wydaje się, że MRA może znaleźć zastosowanie w badaniu osób z nadciśnieniem naczyniowo-nerkowym, u których w badaniu dopplerowskim nie wykryto patologii w obrębie tętnic nerkowych, dlatego zwężenie może być zlokalizowane w niewidocznej w badaniu dopplerowskim tętnicy nerkowej bądź nie zostało ono zlokalizowane w badaniu dopplerowskim. Należy zwrócić uwagę, że MRA jest badaniem nieinwazyjnym, więc prawdopodobnie MRA mimo wysokich kosztów można zastosować w diagnostyce zwężenia tętnic nerkowych u pacjentów, u których nie można z różnych przyczyn wykonać arteriografii tętnic nerkowych lub w przypadku, gdy takie badanie byłoby dużym obciążeniem i ryzykiem dla pacjenta.

## Streszczenie

**Wstęp** Celem pracy była ocena przydatności angiografii metodą rezonansu magnetycznego (MRA) w ocenie tętnic nerkowych u chorych z podejrzeniem zwężenia tętnicy nerkowej oraz jej porównanie z podwójnym badaniem dopplerowskim u chorych poddanych następnie rentgenowskiej arteriografii nerkowej.

**Materiał i metody** Badanie arteriografii rezonansu magnetycznego i badanie dopplerowskie wykonano u 50 osób (33 kobiety, 17 mężczyzn, średni wiek: 49 lat) z klinicznym podejrzeniem zwężenia tętnicy nerkowej. U wszystkich chorych wykonano dotętniczą angiografię subtrakcyjną w celu weryfikacji wyników badań wykonanych metodami nieinwazyjnymi. Badania angiografii rezonansu magnetycznego wykonano za pomocą systemu rezonansu magnetycznego MAGNETOM SP 63 (1,5T) Siemens z zastosowaniem cewki do całego ciała, stosując technikę 3D Time of Flight (3D TOF). Badania dopplerowskie wykonano na aparacie ATL 3000 z opcją podwójną.

**Wyniki** Wyniki badań wskazują, że czułość, swoistość i skuteczność diagnostyczna angiografii rezonansu magnetycznego wynosi 98,1; 88,6 i 93,9%, natomiast badania dopplerowskiego 85,7; 90,6 i 87,8%. Różnice między tymi dwiema metodami były statystycznie.

**Wniosek** Niniejsza praca wskazuje, że angiografia rezonansu magnetycznego ma wysoką czułość i swoistość w wykrywaniu zwężenia tętnic nerkowych i jest porównywalna z wynikami prezentowanymi w innych doniesieniach.

**słowa kluczowe:** zwężenie tętnicy nerkowej, nadciśnienie tętnicze, angiografia rezonansu magnetycznego, badanie dopplerowskie

*Nadcisnienie Tętnicze 2001, tom 5, nr 3, strony 171–179.*

## Piśmiennictwo

1. Thompson K.R. Interventional Radiology. Lancet 1997, 2, 254–358.
2. Tegmeyer C.J., Sos T.A. Techniques of renal angioplasty. Radiology 1986, 161, 577–586.
3. Standards of Practice Committee of the Society of Cardiovascular and Interventional Radiology. Guidelines for percutaneous transluminal angioplasty. Radiology 1990, 177, 619–623.
4. Geyskes G.G., Puylaert C.B.A., Dei H.Y. i wsp. Follow-up study of 70 patients with renal artery stenosis treated by percutaneous transluminal dilatation. Br. Med. J. 1983, 287, 333–337.
5. Martin L.G., Price R.B., Casarella W.J. i wsp. Percutaneous angioplasty in clinical management of renovascular hypertension: Initial and long-term results. Radiology 1985, 155, 629–633.
6. Greminger P., Steiner A., Schneider E. i wsp. Cure and improvement of renovascular hypertension after percutaneous transluminal angioplasty of reartery stenosis. Nephron. 1989, 51, 362–368.
7. Mann S.J., Pickering T.G. Detection of renovascular hypertension: state of the art: 1992. Ann. Intern. Med. 1992, 117, 845–853.
8. Derckx F.H.M., Schalekamp M.A.D.H. Renal artery stenosis and hypertension. Lancet 1994, 344, 237–239.
9. Kaatee R., Beek F.J.A., De Lange E.E. i wsp. Renal Artery Stenosis: Detection and quantification with Spiral CT Angiography versus Optimized Digital Subtraction Angiography. Radiology 1997, 205, 121–127.



10. Januszewicz A., Szmidi J. red. Nadciśnienie naczyniowo-nerkowe. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.
11. Kokot F., Kokot J. Nadciśnienie naczyniowo-nerkowe — wciąż trudny problem diagnostyczny. *Post. Hig. Med. Doświad.* 1994, 48, 645–661.
12. Novick A., Scoble J., Hamilton G. red. *Renal Vascular Disease*. Saunders, Londyn 1996.
13. Semple P.F., Dominiczak A.F. Wykrywanie i leczenie nadciśnienia naczyniowo-nerkowego. *Med. Prakt.* 1995, 9, 7–13.
14. Symonides B., Chodakowska J., Januszewicz A. i wsp. Effect of the correction of renal artery stenosis on blood pressure, renal function and left ventricular morphology. *Blood Pressure* 1999, 8, 141–150.
15. Krupa-Wojciechowska B., Rutkowski B. red. Nadciśnienie tętnicze w codziennej praktyce. Wydawnictwo Medyczne MAKmed, Gdańsk 1997.
16. Januszewicz A., Symonides B., Łapiński M. Nadciśnienie naczyniowo-nerkowe — obraz kliniczny, diagnostyka, leczenie. W: Januszewicz A., Januszewicz W., Szczepańska-Sadowska E., Sznajderman M. red. *Nadciśnienie Tętnicze Medycyna Praktyczna*, Kraków 2000, 407–416.
17. Stanley J.C. Surgical Treatment of Renovascular Hypertension. *Am. J. Surg.* 1997, 2, 102–110.
18. Kohler T.R., Zierler R.E., Martin R.L. i wsp. Noninvasive diagnosis of renal artery stenosis by ultrasonic duplex scanning. *J. Vasc. Surg.* 1986, 4, 450–456.
19. Hansen K.J., Tribble R.W., Reavis S.W. i wsp. Renal duplex sonography: evaluation of clinical utility. *J. Vasc. Surg.* 1990, 12, 227–236.
20. Lees W. Renal ultrasound-possible solutions to a difficult problem. *Proceedings of the IUA Congress. Eur. J. Ultr.* 1995, 34, 56–67.
21. Hoeks A.P.G., Reneman R.S., Peroneau P.A. A multigate pulsed Doppler system with serial data processing. *IEEE Transonic Ultrason.* 1981, 28, 242–247.
22. Wells P.H.T. Doppler studies of vascular system. *Eur. J. Utr.* 1998, 7, 3–8.
23. Duda S.H., Schick F., Teufl F., Muller-Schimpfle M., Erley C., Schneider W., Miller S., Claussen C.D. Phase-contrast MR angiography for detection of arteriosclerotic renal artery stenosis. *Acta Radiologica* 1997, 38, 287–291.
24. Schenck J.F., Leue W.M. Instrumentation: magnets, coils, and hardware. W: Atlas S.W. *Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine*. New York, Raven Press, 1991, 1–22.
25. Graves M.J. Magnetic resonance angiography. *BJR* 1997, 70, 6–28.
26. Hornak J.P. The Basic of MRI, Chapter 12, *Advance Imaging Techiques*, 1996.
27. Brzeziński Z., Szamotulska K. *Epidemiologia Kliniczna*. PZWL 1997.
28. Miller T., Orzeszyna S. red. *Elementy statystyki medycznej*. PZWL 1982.
29. Loubeyre P., Trolliet P., Cahen R., Grozel F., Labeeuw M., Tran Minh V.A. MR angiography of renal artery stenosis: Value of the combination of tree-dimensional time-of-flight and three-dimensional phase-contrast MR angiography sequences. *AJR* 1996, 167, 489–494.
30. Yucel E.K., Kaufman J.A., Prince M., Bazari H., Fang L.S.T., Waltman A.C. Time of flight renal MR angiography: utility in patients with renal insufficiency. *Mag. Res. Imag.* 1993, 11 (7), 925–930.
31. Borello J., Debiao L., Vesely T., Vining E., Brown J., Hacke E.M. Renal arteries: clinical comparison of three-dimensional time of flight MR angiographic sequences and radiographic angiography. *Radiology* 1995, 197, 793–799.
32. Grazioli L., Stanga C., Olivetti L., Belli L., Viola G., Fugazzola C. Magnetic resonance angiography with TOF-TONE three-dimensional sequences in the study of stenocclusive diseases of the renal arteries. Comparison with digital angiography *Radiol. Med.* 1997, 93 (1–2), 77–82.
33. Postma C.T., Joosten F.B., Rosenbusch G., Thien T. Magnetic resonance angiography has a high reliability in the detection of renal artery stenosis. *Am. J. Hypertens.* 1997, 10 (9 Cz. 1), 957–963.
34. Servois V., Laissy J.P., Feger C. i wsp. Two-dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography of renal arteries without maximum intensity projection: a prospective comparison with angiography in 21 patients screened for renovascular hypertension. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 1994, 17 (3), 138–142.
35. Smith H.J., Bakke S.J. MR angiography of in situ and transplanted renal arteries. Early experience using a three-dimensional time-of-flight technique. *Acta Radiol.* 1993, 34 (2), 150–155.
36. Carriero A., Magarelli N., D’Ettorre L., Severini S., Tartaro A., Bonomo L. Renal arteries: angiography with TOF 3D magnetic resonance with and without contrast media (Gd-DTPA). *Radiol. Med.* 1994, 87 (3), 254–259.
37. Leung D.A., Hoffmann U., Pfammatter T. i wsp. Magnetic resonance angiography versus duplex sonography for diagnosing renovascular disease. *Hypertension* 1999, 33, 726–731.
38. Stuhmann M., Roefke C., Jahnke T., Cramer B.M. Duplex sonography of renal artery stenosis: potentials and limits of frequency spectrum analysis of arterial segments compared with angiography. *Rof. Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Neuen Bildgebenden Verfahren.* 1998, 168 (3), 258–263.
39. Mollo M., Pelet V., Mouawad J., Mathieu J.P., Branchereau A. Evaluation of colour duplex ultrasound scanning in diagnosis of renal artery stenosis, compared to angiography: a prospective study on 53 patients. *Eur. J. Vas. Endo. Sur.* 1997, 14 (4), 305–309.
40. Olin J.W., Piedmonte M., Young J.R. Duplex scanning of renal arteries for stenosis. *Ann. Inter. Med.* 1996, 124 (3), 371–379.
41. Nazzal, Munier M.S., Hoballah J.J., Miller E.V., Sharp W.J., Kresowik T.F., Corson J. Renal Hilar Doppler Analysis Is of Value in the Management of Patients with Renovascular Disease. *Am. J. Sur.* 1997, 174 (2), 164–168.
42. Derkx F., Schalekamp M. Renal artery stenosis and hypertension. *Lancet* 1994, 344 (8917), 237–239.
43. Olin J.W., Piedmonte M.R., Young J.R., De Anna S., Grubb M., Childs M.B. Utility of duplex ultrasound scanning of the renal arteries for diagnosing significant renal artery stenosis. *Ann. Intern. Med.* 1995, 122, 833–838.
44. Baxter G.M., Aitchison F., Sheppard D., Moss J.G., McLeod M.J., Harden P.N., Love J.G., Robertson M., Taylor G. Colour Doppler ultrasound in renal artery stenosis: intrarenal waveform analysis. *BJR* 1996, 69 (825), 810–815.