Robert Juszkat[1], Artur Radziemski[2], Anna Posadzy-Małaczyńska[2], Violetta Nowak[1], Piotr Sosnowski[1], Andrzej Tykarski[2]

[1]Zakład Radiologii Klinicznej Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
[2]Klinika Hipertensiologii, Angiologii i Chorób Wewnętrznych Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

PRACA ORYGINALNA

Zastosowanie spiralnej jednorzędowej tomografii komputerowej z programem naczyniowym w diagnostyce zwężenia tętnicy nerkowej

The utility of spiral computed tomography angiography in the diagnosis of renal artery stenosis

Summary

Background Renovascular hypertension occurs in 3–5% patients with arterial hypertension. The crucial diagnostic test is still intra-arterial digital subtraction angiography (IA-DSA). However, it is an invasive test, with limited accessibility and high cost of realization. Computed tomography (CT) together with doppler ultrasonography, and magnetic resonance are the alternative methods of presentation of these arteries. The aim of the study is to evaluate of appliance of spiral computed tomography angiography in diagnostics of renovascular hypertension.

Material and methods The study had retrospective character. Results of spiral computed tomography angiography with results of digital subtraction angiography were compared. CT was performed on 98 patients; on 31 patients DSA was also performed.

Results The comparison of both imaging methods of renal arteries showed high accordance in localization and extent of stenosis in 28 of 31 patients (90.3%).

Conclusion Computed tomography angiography has a high specificity and sensitivity and compared to digital subtraction angiography it is much less invasive and inexpensive. The computed tomography angiography can be useful sceening test in the diagnostics of renal artery stenosis.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. med. Andrzej Tykarski
Katedra i Klinika Hipertensjologii,
Angiologii i Chorób Wewnętrznych,
Akademia Medyczna im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
ul. Długa 1/2, 61–848 Poznań
tel.: (061) 854–91–82, faks: (061) 854–90–86
e-mail: tykarski@o2.pl

Copyright © 2006 Via Medica, ISSN 1428–5851

key words: renal artery stenosis, spiral computed tomography angiography, renovascular hypertension

Arterial Hypertension 2006, vol. 10, no 6, pages 518–523.

Wstęp

Nadciśnienie naczyniowo-nerkowe występuje u 3–5% chorych z nadciśnieniem tętniczym [1]. Jest drugą pod względem częstości postacią nadciśnienia wtórnego. Charakteryzuje się często nagłym początkiem, ciężkim przebiegiem oraz znaczną opornością na leczenie farmakologiczne. Bezpośrednią przyczyną choroby jest zwężenie tętnic unaczyniających nerki. Zwężenie tętnicy nerkowej, poza nadciśnieniem, może powodować przewlekłe upośledzenie ukrwienia nerki z jej wtórną niewydolnością. Wykrycie i terapia zwężenia tętnicy nerkowej daje szansę na wyleczenie nadciśnienia i uniknięcie powikłań nerkowych. Już w 1934 roku Harry Goldbblatt wykazał, że zwężenie tętnicy nerkowej jest pierwotną przyczyną nadciśnienia naczyniowo-nerkowego [2]. Dziś wiadomo ponadto, że częstość zwężenia tętnicy nerkowej jest większa niż częstość nadciśnienia naczyniowo-nerkowego. Na podstawie badań sekcyjnych stwierdzono, że zwężenie tętnicy nerkowej występuje u 5% osób przed 65. rokiem życia, u 18% osób w wieku 65–75 lat oraz u aż 42% osób po 75. roku życia [3].

Do niedawna przyczynowe leczenie zwężenia tętnicy nerkowej sprowadzało się głównie do metod operacyjnych. Ostatnio wzbogacono je o naprawcze zabiegi wewnątrznaczyniowe. Rekonstrukcja zwężenia tętnicy nerkowej zwykle powoduje ustąpienie nadciśnienia i zapobiega niewydolności nerki. Z tego względu opracowanie precyzyjnych metod diagnostycznych jest bardzo ważne. Wyodrębnienie spośród olbrzymiej liczby chorych na nadciśnienie tętnicze przypadków nadciśnienia naczyniowo-nerkowego, a następnie wyselekcjonowanie chorych z hemodynamicznie istotnym zwężeniem tętnicy nerkowej wymaga jedynie prostych, tanich, powszechnie dostępnych i nieobciążających badań przesiewowych. Decydującym badaniem diagnostycznym jest wciąż angiografia z selektywnym podaniem środka kontrastowego do tętnicy nerkowej. Jest to jednak badanie inwazyjne o znacznie ograniczonej dostępności. Wykonuje się je w wyspecjalizowanych ośrodkach, zwykle przygotowanych do jednoczesnych zabiegów wewnątrznaczyniowych. W celu wstępnego rozpoznania i diagnostyki nadciśnienia naczyniowo-nerkowego stosowane są różne metody diagnostyczne określane jako testy czynnościowe. Podstawą diagnostyki czynnościowej są: test kaptoprilowy, renografia i scyntygrafia oraz ultrasonografia doplerowska. Natomiast angiografia tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego oraz dożylna angiografia subtrakcyjna stanowią uznane metody obrazowe. Każde z tych badań ma ograniczoną przydatność w rozpoznaniu zawężenia tętnicy nerkowej. Scyntygrafia izotopowa i dożylna angiografia subtrakcyjna nie wykazały odpowiedniej czułości [4, 5]. Ultrasonografia doplerowska charakteryzuje się stosunkowo dużą dokładnością, lecz niską powtarzalnością wyników i dużą zależnością od jakości sprzętu oraz umiejętności badającego [6]. Angiografia rezonansu magnetycznego może być przydatna w rozpoznaniu zwężeń tętnic nerkowych [7], lecz jej ograniczeniem jest wysoki koszt i stosunkowo mała dostępność. Większą dostępnością charakteryzuje się angiografia tomografii komputerowej. Jednak badania te nie uwidaczniają naczyń małych i wewnątrznerkowych. Zwężenia tętnic nerkowych są w 70–90% przypadków spowodowane zmianami miażdżycowymi. Występują one zwykle w początkowym odcinku tętnicy. Choroba dotyczy głównie pacjentów po 50. roku życia. Drugą przyczyną nadciśnienia naczyniowo-nerkowego jest zwężenie spowodowane dysplazją włóknisto-mięśniową. Zwężenia te zwykle są zlokalizowane w dystalnym odcinku tętnicy nerkowej i dotyczą młodszych chorych [8]. W tych przypadkach skuteczność obrazowania naczyń za pomocą angiografii tomografii komputerowej jest znacznie mniejsza [9, 10], ale rekompensuje ją zdecydowanie mniejsza częstość tej postaci i zazwyczaj odmienny obraz kliniczny. Inne przyczyny zwężeń występują bardzo rzadko. Dotyczą niektórych chorób zapalnych tętnic, takich jak guzkowe zapalenie tętnic i choroba Takayashu. Zdarza się także zwężenie tętnicy nerkowej wywołane przez ucisk naczynia spowodowany zewnętrznym guzem. W tych przypadkach dodatkową zaletą tomografii komputerowej jest możliwość jednoczesnego wykrycia innych współistniejących patologii w jamie brzusznej.

Celem niniejszego badania jest ocena możliwości wykorzystania jednorzędowej spiralnej tomografii komputerowej z zastosowaniem programu naczyniowego we wstępnej diagnostyce nadciśnienia naczyniowo-nerkowego. Uzyskane wyniki badania tomograficznego porównywano z wynikami arteriografii dotętniczej wykonanej u tych samych pacjentów w niedługim odstępie czasu. Na tej podstawie oceniano poziom zgodności i możliwość zastosowania jednorzędowej spiralnej tomografii komputerowej jako badania pierwszorzutowego w obrazowaniu tętnic nerkowych.

Materiał i metody

Badanie miało charakter retrospektywny. Porównano wyniki badania tętnic nerkowych metodą spiralnej jednorzędowej tomografii komputerowej z zastosowaniem programu naczyniowego z angiografią tętnic nerkowych. Badaniem objęto 98 chorych leczonych w Klinice Hipertensiologii, Angiologii i Chorób Wewnętrznych Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu w okresie od stycznia 2004 roku do października 2005 roku z powodu podejrzenia zwężenia tętnicy nerkowej. Wstępnego rozpoznania dokonywano na podstawie wywiadu, badania przedmiotowego, ultrasonografii, scyntygrafii i reninowego testu kaptoprilowego. Rozpoznanie to weryfikowano na podstawie wyniku badania jednorzędowej tomografii komputerowej z programem naczyniowym. W przypadku stwierdzenia istotnego zwężenia tętnicy nerkowej lub innych zmian naczyniowych w obrębie tętnic nerkowych chorych kwalifikowano do wykonania arteriografii. Cyfrowej angiografii subtrakcyjnej poddano 31 pacjentów. Wszystkie badania przeprowadzono w Zakładzie Radiologii Klinicznej Akademii Medycznej w Poznaniu.

Badania spiralnej jednorzędowej tomografii komputerowej z programem naczyniowym wykonywano

z użyciem aparatu Picker PQS. Wykorzystywano niejonowy środek cieniujący Iomeron 400 lub Omnipaque 350, podawany za pomocą strzykawki automatycznej w ilości 100–120 ml z szybkością wypływu 3,5 ml/s i opóźnieniem 15–20 sekund.

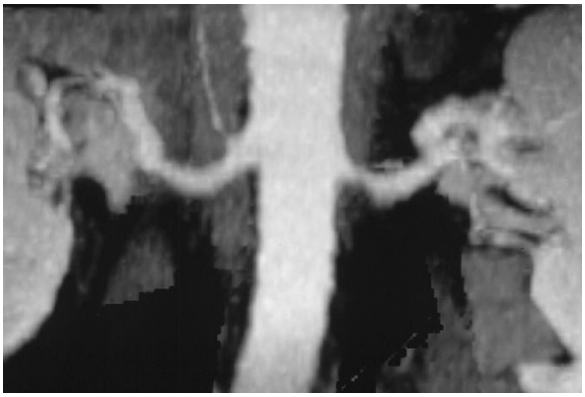
U żadnego badanego nie zaobserwowano powikłań, które mogły zagrażać jego zdrowiu lub życiu.

Wyniki

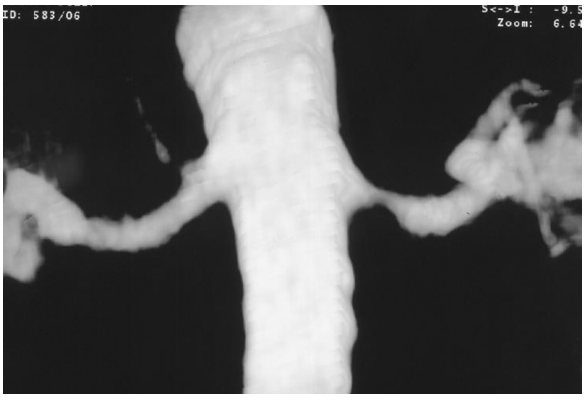
U 67 (68,4%) spośród 98 badanych nie stwierdzono zwężenia tętnicy nerkowej, w 6 przypadkach (6,1%) zwężenia te nie były istotne i nie wymagały interwencji, a u 25 pacjentów (25,5%) wykazano obecność istotnych zwężeń jednej lub więcej tętnic nerkowych. U chorych z istotnym zwężeniem tętnicy nerkowej w krótkim czasie po spiralnej jednorzędowej tomografii naczyniowej wykonano bezpośrednią angiografię tętnic nerkowych. Porównanie wyników badań wykonanych obiema metodami obrazowania tętnic nerkowych wykazało pełną zgodność lokalizacji i stopnia zwężenia tętnicy u 28 z 31 chorych (90%) (ryc. 1–3).

Wykonane badanie jednorzędowej spiralnej tomografii komputerowej pozwoliło jednocześnie na rozpoznanie współistniejących patologii w jamie brzusznej. W grupie 98 chorych w 23 przypadkach stwierdzono dodatkowe zmiany patologiczne w obrazie tomografii komputerowej. Były to złogi kamicze w nerce, torbiele nerek, wady nerek, tętniaki aorty, tętniaki

A

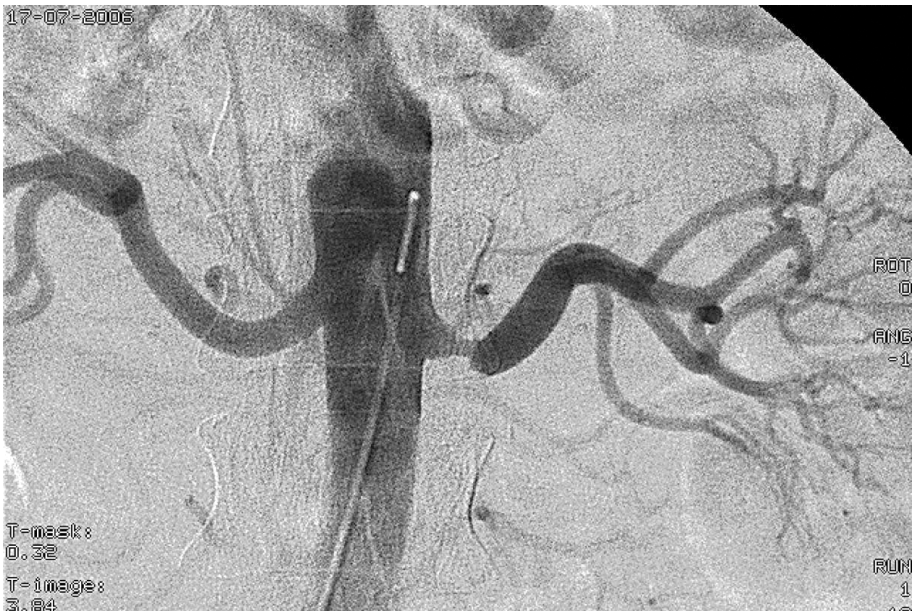


B



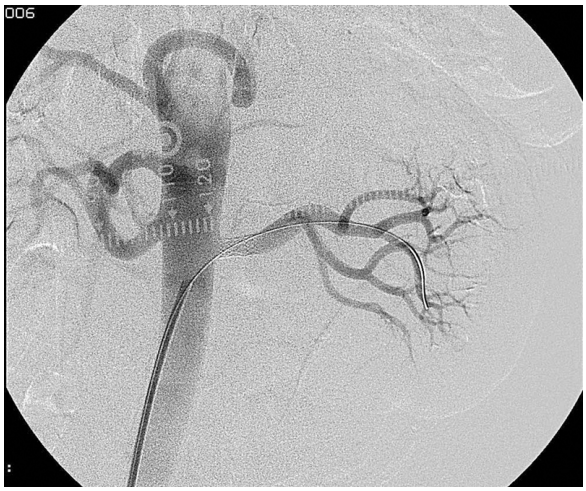
Rycina 1. Angiografia tomografii komputerowej — krytyczne przewężenie tętnicy nerkowej prawej u 44-letniego chorego

Figure 1. Computed tomography angiography — stenosis of right renal artery in 44 year old patient



Rycina 2. Badanie DSA *i.a.* u tego samego chorego

Figure 2. DSA *i.a.* performed in the same patient



Rycina 3. Badanie DSA u tego samego chorego wykonane po angioplastyce tętnicy nerkowej z wszczepieniem stentu

Figure 3. DSA performed in the same patient after renal angioplasty

tętnicy nerkowej, zmiany miażdżycowe w aorcie brzusznej, powiększone węzły chłonne, zmiany ogniskowe w nerce lub nadnerczu, strefy hipodensyjne w obrębie wątroby, złogi kamicze w pęcherzyku żółciowym oraz zmiany osteosklerotyczne o charakterze przerzutowym.

Dyskusja

W ostatnich latach w diagnostyce zwężenia tętnicy nerkowej wzrosło znaczenie takich badań obrazowych, jak tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny i ultrasonografia doplerowska. Znalazło to odzwierciedlenie w wytycznych opublikowanych ostatnio przez Polskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego (PTNT). Jednak w diagnostyce nadciśnienia naczyniowo-nerkowego kluczową rolę nadal odgrywa bezpośrednia arteriografia tętnic nerkowych pozostająca metodą referencyjną. Za badanie rozstrzygające wciąż uznaje się angiografię tętnicy nerkowej. Badanie to ma jednak swoje istotne wady. Jedną z nich jest jego inwazyjność wiążąca się z koniecznością nakłucia naczynia oraz wprowadzenia do tętnicy środka kontrastowego. Nakłucie tętnicy to zabieg, w wyniku którego może dojść do uszkodzenia tętnicy, powstania krwiaka, tętniaka rzekomego, przetoki tętniczo-żylnej, zakrzepicy tętniczej, zatorów obwodowych i innych rzadszych powikłań [11]. Wiąże się on z istotnym dyskomfortem pacjenta. Podanie środka kontrastowego może powodować reakcje uczuleniowe i toksyczne dla narządów wewnętrznych, a zwłaszcza nerek [12]. Kolejną wadą jest zarówno bardzo duży koszt samego zabiegu, jak i dodatkowe koszty związane z konieczną krótkotrwałą hospitalizacją pacjenta. Również dostępność tego badania jest w wielu przypadkach bardzo ograniczona. Wady te nie umniejszają jednak roli arteriografii w diagnostyce tętnic nerkowych, ale stawiają ją na pozycji badania wysoko specjalistycznego, stojącego najwyżej w hierarchii badań obrazowych w diagnostyce nadciśnienia naczyniowo-nerkowego, które powinno pozostawać w łączności z procedurą rewaskularyzacji. Oprócz angiografii konieczne jest więc badanie o mniejszej inwazyjności, charakteryzujące się większą dostępnością i mniejszymi kosztami wykonania. Do tej pory badaniami o charakterze przesiewowym były ultrasonografia, renografia oraz scyntygrafia. Jednak w opublikowanych w 2003 roku zaleceniach PTNT [13] stwierdzono, że w przypadkach opornego nadciśnienia tętniczego z uzasadnionym podejrzeniem zwężenia tętnicy nerkowej zastosowanie tych badań w procesie diagnostycznym zwiększa tylko jego koszty i opóźnia postawienie diagnozy. Obecnie obrazowanie tętnic nerkowych odbywa się przy użyciu ultrasonografii doplerowskiej, angiografii, spiralnej tomografii komputerowej oraz rezonansu magnetycznego. Natomiast arteriografia ma charakter badania rozstrzygającego. Jej niewątpliwą zaletą jest możliwość wykonania jednocześnie angioplastyki zwężonego naczynia. Pozostałe badania charakteryzują się mniejszą inwazyjnością przy stosunkowo wysokiej specyficzności i czułości (tab. I).

Ultrasonografia doplerowska jest tanim, prostym i dostępnym badaniem nieinwazyjnym. Wymaga jednak doświadczonego ultrasonografisty i charakteryzuje się najmniejszym stopniem powtarzalności. Nieodpowiednie warunki badania, gruba warstwa tkanki tłuszczowej czy obecność gazów jelitowych mogą niekorzystnie wpływać na jego wartość diagnostyczną [14]. Rezonans magnetyczny charakteryzuje się znacznie wyższymi kosztami niż ultrasonografia. Ograniczeniem tej metody jest jednak jej mała dostępność oraz brak możliwości zastosowania u pacjentów z stymulatorem serca, metalowymi zaciskami naczyniowymi, metalicznymi ciałami obcymi i implantami [15]. U pacjentów ze stentem w tętnicy

Tabela I. Porównanie czułości i specyficzności metod obrazowania zwężenia tętnicy nerkowej (wg zaleceń PTNT)

Table I. Comparison of sensivity and specifity of imaging methods of renal artery stenosis

	Czułość	Specyficzność
Ultrasonografia doplerowska	93%	92%
Rezonans magnetyczny	84%	90%
Spiralna tomografia komputerowa	98%	98%

nerkowej rezonans można wykonać najwcześniej po kilku miesiącach od zabiegu [16]. Jednak w praktyce klinicznej największym ograniczeniem wykorzystywania rezonansu magnetycznego w diagnostyce nadciśnienia naczyniowo-nerkowego pozostaje najmniejsza, spośród opisywanych trzech metod, dostępność do aparatury, za pomoca której wykonuje się badanie.

Kolejną metodą wykorzystywaną w diagnostyce zwężenia tętnicy nerkowej jest tomografia komputerowa. Stosuje się ją w diagnostyce obrazowej od 1972 roku. Jednak dopiero wprowadzenie w 1989 roku spiralnej tomografii komputerowej umożliwiło wykonywanie badań naczyń nerkowych [17]. Skuteczne obrazowanie tętnic nerkowych metodą tomografii komputerowej wymaga dożylnego podania jodowego środka cieniującego. Ostatecznej oceny morfologii tętnic nerkowych dokonuje się na podstawie przekrojów poprzecznych oraz wielopłaszczyznowych rekonstrukcji przestrzennych uzyskanych po przetworzeniu obrazu tomograficznego [18]. Wadą tomografii komputerowej jest konieczność podania środka kontrastowego. Należy jednak zwrócić uwagę, że towarzysząca jej inwazyjność oraz zastosowane dawki promieniowania rentgenowskiego są nieporównywalnie mniejsze niż w przypadku angiografii [19]. Ponadto udowodniono skuteczność tomografii komputerowej w obrazowaniu tętnicy nerkowej nie tylko w zakresie jej zwężenia, ale również w przypadku innych procesów patologicznych związanych z tym naczyniem, takich jak zakrzepica, uszkodzenie naczynia, rozwarstwienie, choroba Takayashu czy też badanie przeszczepionej tętnicy nerkowej [20–24].

Wartość diagnostyczna rezonansu magnetycznego i tomografii komputerowej jest podobna. Obie metody charakteryzuje bardzo wysoka czułość i specyficzność. W publikacjach bezpośrednio porównujących te badania również nie wykazano istotnych różnic w zakresie wykrywania zwężeń tętnic nerkowych [25]. Na korzyść spiralnej tomografii komputerowej w porównaniu z rezonansem magnetycznym przemawiają natomiast większa dostępność oraz zdecydowanie niższy koszt.

W prezentowanym badaniu wykazano bardzo wysoką skuteczność diagnostyczną tomografii komputerowej, o porównywalnej do angiografii czułości i specyficzności. W żadnym z wykonanych badań metodą tomografii komputerowej nie wystąpiły działania niepożądane. Takie właściwości tomografii, potwierdzone w codziennej praktyce i wielu badaniach klinicznych [26, 27], wraz ze stosunkowo dużą dostępnością czynią z niej pełnowartościowe narzędzie w diagnostyce zwężenia tętnicy nerkowej.

Wnioski

1. Tomografia komputerowa z zastosowaniem programu naczyniowego jest użytecznym badaniem we wstępnej diagnostyce zwężenia tętnicy nerkowej.

2. Rozpoznanie dokonywane na jej podstawie wiąże się z celowaną angiografią dotętniczą w celu określenia warunków anatomicznych zwężenia oraz możliwością leczenia wewnątrznaczyniowego.

Streszczenie

Wstęp Nadciśnienie naczyniowo-nerkowe występuje u 3–5% chorych z nadciśnieniem tętniczym. Decydującym badaniem diagnostycznym jest wciąż angiografia z selektywnym podaniem środka kontrastowego do tętnicy nerkowej. Jest to jednak badanie inwazyjne o znacznie ograniczonej dostępności i cechujące się wysokim kosztem wykonania. Tomografia komputerowa, obok ultrasonografii doplerowskiej i rezonansu magnetycznego, stanowi jedną z alternatywnych metod obrazowania tych tętnic. Celem niniejszego badania jest ocena możliwości zastosowania jednorzędowej spiralnej tomografii komputerowej z programem naczyniowym w diagnostyce nadciśnienia naczyniowo-nerkowego.

Materiał i metody Badanie miało charakter retrospektywny. Porównano wyniki badania tętnic nerkowych metodą spiralnej jednorzędowej tomografii komputerowej z zastosowaniem programu naczyniowego z angiografią tętnic nerkowych. Tomografię komputerową wykonano u 98 pacjentów; u 31 chorych przeprowadzono również arteriografię.

Wyniki Porównanie wyników obu metod obrazowania tętnic nerkowych wykazało pełną zgodność lokalizacji i stopnia zwężenia tętnicy u 28 spośród 31 chorych (90,3%).

Wnioski Tomografia komputerowa z zastosowaniem programu naczyniowego charakteryzuje się wysoką czułością i specyficznością, a jednocześnie mniejszą inwazyjnością i niższymi kosztami w porównaniu z arteriografią. Może stanowić użyteczne badanie pierwszorzutowe w diagnostyce zwężenia tętnicy nerkowej.

słowa kluczowe: zwężenie tętnicy nerkowej, spiralna tomografia komputerowa, nadciśnienie naczyniowo-nerkowe

Nadciśnienie Tętnicze 2006, tom 10, nr 6, strony 518–523.

Piśmiennictwo

1. Derkx F.H., Schalekamp M.A. Renal artery stenosis and hypertension. Lancet 1994; 344: 237–239.
2. Januszewicz A., Szmidt J., Więcek A. Nadciśnienie nerkopochodne. Medycyna Praktyczna, Kraków 2003; 39.

3. Januszewicz A. Nadciśnienie tętnicze. Zarys patogenezy, diagnostyki i leczenia. Medycyna Praktyczna, Kraków 2002; 137.
4. Davidson R., Wilcox C.S. Diagnostic usefulness of renal scanning after angiotensin-converting enzyme inhibitors. Hypertension 1991; 18: 299–303.
5. Neufang K.F.R., Degenhardt S., Moedder U. Diagnostik der renovaskularen Hypertonie mit venoser DSA. Bbildqualitat und Aussagekraft. Fortschr. Roentgenstr. 1987: 147; 257–261.
6. Olin J.W., Piedmonte M.R., Stellwag M. i wsp. The utility of duplex ultrasound scanning of renal arteries for diagnosing significant renal artery stenosis. Ann. Intern. Med. 1995; 122: 833–838.
7. Boudewijn G., Vasbinder C., Nelemans P.J. i wsp. Accuracy of computed tomografic angiography and magnetic resonance angiography for diagnostic renal artery stenosis. Ann. Intern. Med. 2004; 141: 674–682.
8. Slovut D.O., Olin J.W. Fibromuscular dysplasia. N. Engl. J. Med. 2004; 350: 1862–1871.
9. Kim T.S., Chung J.W., Park J.H. i wsp. Renal artery evaluation: comparision of spiral CT angiography to intra-arterial DS. J. Vasc. Interv. Radiol. 1998; 9: 553–559.
10. Schoenberg S.O., Knopp M.V., Londy F. i wsp. Morphologic and functional magnetic resonance imaging of renal artery stenosis: a multireader tricenter study. J. Am. Soc. Nephrol. 2002; 13: 158–169.
11. Waugh J.R., Sacharias N. Arteriographic complications in the DSA era. Radiology 1992; 182: 243–246.
12. Barett B.J. Contrast nephrotoxity. J. Am. Soc. Nephrol. 1994; 5: 125–137.
13. Zasady postępowania w nadciśnieniu tętniczym. Stanowisko Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego 2003. Nadciśnienie Tętnicze 2003; 7 (supl. A): A3–A21.
14. Więcek A., Kokot F., Czekalski S. i wsp. Diagnostyka i leczenie nadciśnienia naczyniowo-nerkowego. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego. Medycyna Praktyczna 1998; 5: 11–17.
15. Gołębiowski M., Cieszanowski A., Polanski S., Januszewicz M., Symonides B., Gaciong Z. Assessment of renal arteries in patients suspected of having renovascular hypertension: comparison of Doppler sonography with multiphase MR angiography. Przegl. Lek. 2004; 61 (5): 491–495.
16. Leung D.A., Hoffmann U., Pfammatter T. i wsp. Magnetic resonance angiography versus duplex sonography for diagnosing renovascular disease. Hypertension 1999; 33: 726–731.
17. Prokop M. Protocols and future directions in imaging of renal artery stenosis: CT angiography. J. Comput. Assist. Tomogr. 1999; 23 (supl. 1): S101–S110 [przegląd].
18. Kawashima A., Sandler C.M., Randy D. i wsp. CT evaluation of renovascular disease. Radiographics 2000; 20: 1321–1340.
19. Cieszanowski A., Januszewicz M. Obrazowanie tętnic nerkowych przy użyciu spiralnej tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Terapia 2002; 7–8: 13–16.
20. Vannucchi L., Simonelli P., Zanfranceschi G. i wsp. Renal artery occlusion diagnosed with spiral computerized tomography (CT-angiography). Report of a case and comparison with other imaging techniques. Radiol. Med. (Torino) 1996; 92 (4): 484–486.
21. Haas C.A., Newman J., Spirnak J.P. Computed tomography three-dimensional reconstruction in the diagnosis of traumatic renal artery thrombosis. Urology 1999; 54 (3): 559–560.
22. Dobrilovic N., Bennett S., Smith C., Edwards J., Luchette F.A. Traumatic renal artery dissection identified with dynamic helical computed tomography. J. Vasc. Surg. 2001; 34 (3): 562–564.
23. Cain M.P., Matsumoto J.M., Husmann D.A. Retrograde filling of the renal vein on computerized tomography for blunt renal trauma: an indicator of renal artery injury. J. Urol. 1995; 153 (4): 1247–1248.
24. Cass A.S., Luxenberg M. Accuracy of computed tomography in diagnosing renal artery injuries. Urology 1989; 34 (5): 249–251.
25. Willmann J.K., Wildermuth S., Pfammatter T. i wsp. Aortoiliac and renal arteries: prospective intraindividual comparison of contrast-enhanced three-dimensional MR angiography and multi-detector row CT angiography. Radiology 2003; 226 (3): 798–811.
26. Elkohen M., Beregi J.P., Deklunder G., Artaud D., Mounier-Vehier C., Carre A.G. A prospective study of helical computed tomography angiography versus angiography for the detection of renal artery stenoses in hypertensive patients. J. Hypertens. 1996; 14 (4): 525–528.
27. Grabowska-Derlatka L., Januszewicz A., Pruszynski B., Pacho R., Symonides B. Efficacy of spiral computed tomography in evaluation of renal arteries in patients with renovascular hypertension. Pol. Arch. Med. Wewn. 2000; 104 (3): 547–553.