

Doświadczenia własne w zastosowaniu dwuźródłowej tomografii komputerowej do oceny tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca – badanie pilotażowe

Own experience in application of the dual source computer tomography for epicardial coronary arteries evaluation in the transplanted heart: a pilot study

Karol Wierzbicki¹, Piotr Przybyłowski¹, Piotr Klimeczek², Irena Milaniak¹, Robert P. Banyś², Piotr Węgrzyn¹, Dorota Sobczyk¹, Maciej Krupiński², Mieczysław Pasowicz², Jerzy Sadowski¹

¹Oddział Kliniczny Chirurgii Serca Naczyń i Transplantologii, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II

²Ośrodek Diagnostyki, Prewencji i Telemedycyny, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II

Kardiologia i Torakochirurgia Polska 2010; 7 (2): 191–196

Streszczenie

Wstęp: Waskulopatia przeszczepionego serca jest wciąż jednym z najistotniejszych czynników limitujących odległe przeżycie po przeszczepieniu serca (HTX). Klasycznymi metodami diagnostyki waskulopatii są badania inwazyjne: koronarografia oraz ultrasonografia wewnątrznaczyniowa (IVUS).

Cel: Ocena przydatności nieinwazyjnej metody dwuźródłowej tomografii komputerowej (ang. *dual source computed tomography* – DSCT) do oceny zmian w tętnicach nasierdziowych przeszczepionego serca.

Materiał: Badanie DSCT wykonano u 15 chorych (12 mężczyzn, 3 kobiet) w wieku od 37 do 75 lat, średnio 57,5 ±10,2 roku pozostających w okresie obserwacji po przeszczepie serca od 3 do 17 lat, średnio 11,6 ±3,5 roku.

Wyniki: W badanej grupie 15 chorych po HTX oceniono łącznie 202 segmenty tętnic nasierdziowych (średnio ok. 13 segmentów/chorego). Wyniki analizy obrazów DSCT pozwoliły na rozpoznanie zmian typowych dla waskulopatii u 7 chorych, a u 4 chorych stwierdzono przewagę klasycznej miażdżycy. U pozostałych 4 chorych stwierdzono zmiany mieszane.

Wnioski: Badanie DSCT jest bezpiecznym, dobrze akceptowanym przez chorych i wiarygodnym badaniem w ocenie ilościowej i jakościowej zmian w obrębie tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca.

Słowa kluczowe: waskulopatia, tomografia komputerowa, przeszczep serca.

Abstract

Background: Graft vasculopathy is still one of the most important limiting factors for long-term survival after heart transplantation (HTX). Standard diagnostic methods of vasculopathy are invasive procedures: coronary angiography and intravascular ultrasound (IVUS).

Aim: Evaluation of feasibility of a non-invasive test, i.e. the Dual Source Computed Tomography (DSCT) in the assessment of epicardial coronary arteries stenoses in the transplanted heart.

Material and methods: DSCT was performed in 15 patients (12 males, 3 females), age between 37 and 75 years, mean age 57.5 ±10.2 years, being followed-up between 3 and 17 years, on average 11.6 ±3.5 years after heart transplantation.

Results: 202 segments of epicardial coronary arteries were assessed altogether in 15 patients after HTX (average 13 segments/pts). DSCT imaging allowed diagnosis of typical vasculopathy changes in 7 patients. The standard atherosclerosis was predominant in 4 patients. In 4 patients, DSCT revealed mixed changes.

Conclusions: DSCT is a safe, well-tolerated and reliable tool in the qualitative and quantitative assessment of epicardial coronary arteries of the transplanted heart.

Key words: vasculopathy, computed tomography, heart transplantation.

Adres do korespondencji: lek. med. Piotr Węgrzyn, Oddział Kliniczny Chirurgii Serca, Naczyń i Transplantologii, Krakowski Szpital Specjalistyczny im. Jana Pawła II, ul. Prądnicka 80, 31-202 Kraków, tel. +48 12 614 30 75, faks +48 12 423 39 00, e-mail: peter-wegrzyn@o2.pl

Wstęp

Waskulopatia przeszczepionego serca jest wciąż jednym z najistotniejszych czynników limitujących odległe przeżycie po przeszczepieniu serca (HTX).

Do występowania waskulopatii przyczynia się wiele czynników, które możemy zaszeregować do następujących kategorii:

- immunologiczne (np. przebyte epizody ostrej reakcji odrzucania),
- nieimmunologiczne (np. nadciśnienie tętnicze, cukrzyca),
- uwarunkowane jakością przeszczepu.

W zależności od kumulacji tych czynników waskulopatia może dotyczyć kilkudziesięciu procent populacji chorych w pierwszych kilku latach po HTX. Według bazy ISHLT, waskulopatia po 10 latach jest obserwowana u 55% biorców serca, będąc przyczyną zgonów u co najmniej kilkunastu procent [1–3].

Typowymi cechami waskulopatii przeszczepionego serca są:

- zmiany koncentryczne i rozlane na całej długości naczyń wieńcowych,
- niski stopień uwapnienia zmian,
- brak krążenia obocznego,
- obecność procesu zapalnego,
- zmiany w łożysku żylnym [1].

Często jednak spotyka się równoległe zmiany typowe dla klasycznej miażdżycy tętnic nasierdziowych.

Klasycznymi metodami diagnostyki waskulopatii są koronarografia oraz ultrasonografia wewnątrznacyniowa (IVUS). Oba te badania są metodami inwazyjnymi, związanymi z właściwymi dla technik przezskórnych możliwościami powikłań. Wykonanie koronarografii czy badania IVUS wymaga hospitalizacji i czasowego unieruchomienia chorego. Obawa przed badaniami inwazyjnymi często skutkuje brakiem współpracy chorych po HTX w zakresie regularnej diagnostyki, która jest zalecana nawet w jednorocznych odstępach u chorych z patologią tętnic nasierdziowych po HTX [2, 4].

Od kilku lat istnieje możliwość obrazowania zmian w przebiegu waskulopatii na podstawie wielorzędowej tomografii komputerowej. Jest to metoda nieinwazyjna, którą można stosować w warunkach ambulatoryjnych, a powikłania związane z badaniem są epizodyczne i związane głównie z koniecznością podania kontrastu [5–10].

Cel

- Wdrożenie badania DSCT (ang. *dual source computed tomography*) do oceny tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca w codziennej praktyce klinicznej.
- Dopracowanie algorytmu badania DSCT w grupie chorych po HTX.
- Ocena przydatności badania DSCT do oceny waskulopatii oraz zmian miażdżycowych tętnic nasierdziowych w obserwacji własnej.
- Ocena możliwości różnicowania zmian patologicznych w obrębie tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca.

Materiał i metody

Badanie wykonano u 15 chorych (12 mężczyzn, 3 kobiet) w wieku od 37 do 75 lat, średnio $57,5 \pm 10,2$ roku pozostających w okresie obserwacji po przeszczepie serca od 3 do 17 lat, średnio $11,6 \pm 3,5$ roku.

U wszystkich chorych w wykonanych klasycznych badaniach angiograficznych z dostępu przeznaczyniowego stwierdzono w trakcie okresu obserwacji (w różnym okresie przed wykonaniem badań tomograficznych) zmiany w naczyniach nasierdziowych (w przypadku obecności zmian krytycznych, rozpoznawanych na podstawie badania angiograficznego, wykonywano zabiegi rewaskularyzacji z wszczepieniem stentu).

Metoda badania DSCT

Badanie było wykonywane metodą angiografii tętnic wieńcowych z zastosowaniem kontrastu. Akwizycja obrazu była wykonywana metodą retrospektywnego bramkowania zapisem EKG, do badania zostało wykorzystane urządzenie DSCT (tomograf dwuźródłowy) firmy Siemens charakteryzujące się ilością 2×40 rzędów, uzyskujące skanowanie 128 warstw podczas jednego obrotu układu lampa – detektor (grubość warstwy – 0,6 mm, kolimacja – $2 \times 40 \times 0,6$, rozdzielczość czasowa – 83 ms). Uzyskane surowe dane przesyłano do stacji postprocesingowej Circulation 2, gdzie wykonano obróbkę diagnostyczną za pomocą rekonstrukcji VRT, MPR po krzywej, MIP (grubość 2,5 mm). Wszyscy pacjenci byli badani z następującymi parametrami skanowania: kolimacja – $2 \times 64 \times 0,6$ mm, napięcie lampy rentgenowskiej – 120 Kv, natężenie – 120–380 mAs. (Średnia dawka ok. 12 mSv – dawka mniejsza lub porównywalna do standardowej dawki stosowanej podczas inwazyjnego badania angiograficznego tętnic wieńcowych).

Do badania pacjentów zastosowano kontrast niskojonowy i niskoosmolarny w najniższej możliwej dawce 15 ml bolus oraz 0,7 ml/kg m.c. we właściwym skanowaniu, co dawało średnią dawkę łącznie ok. 60–70 ml/pacjenta.

Oceny tętnic wieńcowych dokonywało dwóch doświadczonych obserwatorów i decyzje podejmowano na podstawie konsensusu. Zastosowano 16-segmentowy podział na podstawie *American Heart Association* (1997 r.).

Wyniki

W badanej grupie 15 chorych po HTX (5 chorych po wszczepieniu stentu) oceniono łącznie 202 segmenty tętnic nasierdziowych (średnio ok. 13 segmentów/chorego). Obrazowanie 25 segmentów (12,4%) okazało się niewystarczające do ostatecznej oceny. Główne artefakty pochodziły od przyspieszonego rytmu serca (16 segmentów) oraz pojedynczych ekstrasystolii komorowych (6 segmentów) oraz zwapnień (3 segmenty). Artefakty dotyczyły odpowiednio: gałąź okalająca 11., 12., 13. segment łącznie – 13, prawa tętnica wieńcowa 3., 4. segment – 10 oraz gałąź międzykomorowa przednia 7., 8. segment – 2. łącznie znaleziono 63 patologiczne zmiany.

Badanie DSCT pozwoliło na ocenę wszczepionych uprzednio stentów. Stwierdzono:

- drożność – 2 stenty,
- krytyczną restenozę – 1 stent,
- restenozę z zachowanym przepływem – 1 stent.

(Nie uwidoczniło w sposób wystarczający 2 stentów).

W tabeli I przedstawiono szczegółową analizę charakteru diagnozowanych zmian.

Uzyskane wyniki pozwoliły na rozpoznanie zmian typowych dla waskulopatii, klasycznej miażdżycy i zmian mieszanych (tab. II). (Obrazy typowe dla klasycznej miażdżycy stwierdzanej u pacjentów z chorobą wieńcową służyły jako wzorzec dla zmian miażdżycowych tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca).

Po wykonaniu badań, według przyjętego protokołu, nie zaobserwowano powikłań (zarówno wczesnych, jak i odległych) związanych bezpośrednio z wykonywanym badaniem DSCT.

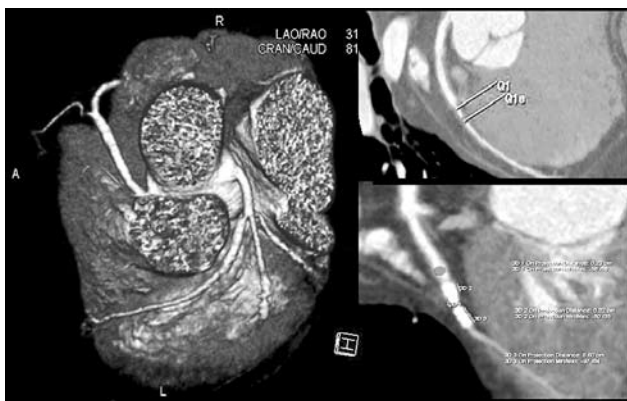
Tab. I. Szczegółowa analiza jakościowa i ilościowa obrazowych zmian (bez zmian w obrębie stentów)

Tętnica wieńcowa	Liczba zmian	Liczba zmian krytycznych	Liczba zmian niekrytycznych	Liczba zmian nieuwapnionych	Liczba zmian uwapnionych	Liczba zmian koncentrycznych
LM	3		3	2	1	1
LAD	prox	4	2	2	2	2
	mid	2	2	2	2	2
	dist	6		6	4	2
Dg 1	7	1	6	4	3	5
Dg 2	2		2	1	1	1
Cx	prox	5	2	2	2	3
	mid	7	1	6	6	2
	dist	6		6	6	1
Mg 1	2	1	1	2		1
Mg 2	2	1	1	1	1	1
RCA	prox	5	2	3	4	4
	mid	4		4	1	3
	dist	4		4	2	2

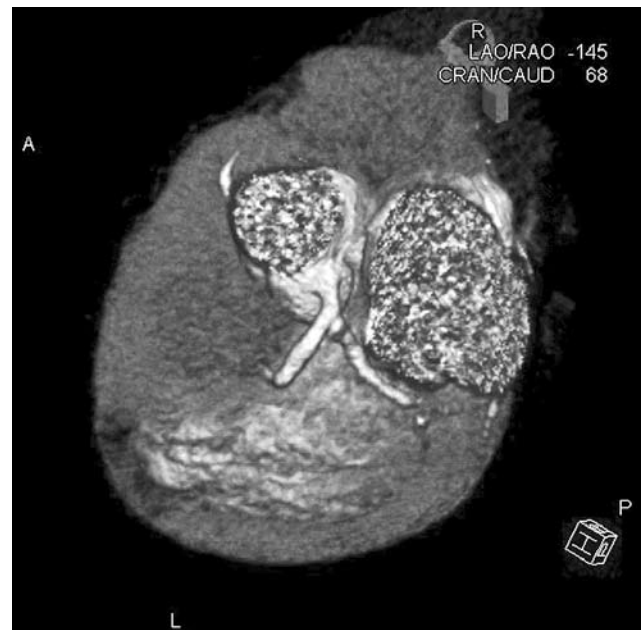
Tab. II. Klasyfikacja charakteru zmian

Rodzaj zmiany	Liczba chorych
dominacja waskulopatii	7
dominacja klasycznej miażdżycy	4
zmiany mieszane	4

Cx – gałąź okalająca, Dg – gałąź diagonalna, LAD – gałąź zstępująca przednia, LM – pień lewej tętnicy wieńcowej, Mg – gałąź marginalna, RCA – prawa tętnica wieńcowa



Ryc. 1. Przykładowy obraz tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca uzyskany w trakcie badania DSCT. Pień LM bez zmian. LAD z rozszanymi zmianami (pierwsza zmiana niekrytyczna *vide* analiza MPR – *Multi Planar Reformation*), w tym w miejscu oddania słabej Dg zmiana o charakterze koncentrycznym nieuwapniona ok. 50%. G – pośredni obraz krytycznego przewężenia w stencie o charakterze nieuwapnionym. Cx – dystalne zmiany o charakterze nieuwapnionym, pogrubienie ścian. RCA bez zmian krytycznych, zmiany o charakterze nieuwapnionym widoczne pogrubienie ścian



Ryc. 2. Przykładowy obraz tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca uzyskany w trakcie badania DSCT. Pień LM bez zmian. LAD po oddaniu dwóch gałęzi śródmięśniowych przegrodowych silnych – niedrożna. Cx – po oddaniu Mg – niedrożna. RCA niedrożna w 1. segmencie

Dyskusja

Wraz z nabywaniem doświadczeń w ocenie tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca i równoczesnym coraz szerszym dostępem do zaawansowanych tomografów prezentowano zasadność stosowania tomografii komputerowej w opisywanej populacji chorych po HTX. Liczne porównania nowych technik tomograficznych z klasycznymi technikami podkreśliły zadowalającą czułość, swoistość, wysokie dodatnie (a zwłaszcza ujemne) wartości predykcyjne nowej metody. W 2000 r. Knollman i wsp. zaprezentowali jedne z pierwszych rezultatów stosowania oceny tomograficznej tętnic nasierdziowych przeszczepionego serca, używając prostej (w porównaniu z technologią DSCT) tzw. tomografii strumienia elektronów (ang. *electron beam computer tomography*). Autorzy uzyskali wysokie wartości czułości, swoistości czy ujemnej wartości predykcyjnej wynoszące odpowiednio 94%, 79% oraz 99% [5]. Po opublikowaniu tej pracy w ciągu kilku lat pojawiły się kolejne publikacje oceniające zastosowanie następnych generacji wielorzędowej tomografii w grupie chorych po przeszczepie serca.

W 2005 r. Romeo i wsp. stosując 16-warstwowy tomograf (*multi detector computed tomography* – MDCT), potwierdzili bardzo wysoką swoistość oraz negatywną wartość predykcyjną (w porównaniu z koronarografią) na poziomie 95%. Dodatnią wartość predykcyjną określono na 83%. Autorzy podkreślili możliwość zastąpienia klasycznej koronarografii przez MDCT w wybranych grupach chorych, w tym pacjentów w okresie bezpośrednio po przeszczepie [6].

W 2006 r. Gregory i wsp. wykazali przydatność nowego typu tomografu – 64-warstwowego MDCT w porównaniu z klasyczną koronarografią i badaniem IVUS. Ponownie wykazano zwłaszcza wysoką swoistość oraz wysokie dodatnie i ujemne wartości predykcyjne (odpowiednio 92%; 89% oraz 77%) metody MDCT.

Jakość uzyskanych obrazów w tym badaniu określono jako „excelent”.

Autorzy podkreślili konieczność wypracowania nowego modelu diagnostyki waskulopatii w oparciu o tomografię wielorzędową [7].

W 2008 roku Pichler i wsp. wykonali MSCT u kolejnych 66 chorych po HTX. Swoistość oraz wartości predykcyjne (dodatnie i ujemne) przekroczyły 90% w badanej grupie. Autorzy ponownie podkreślili możliwość zastąpienia klasycznej koronarografii technikami tomografii komputerowej [8].

Prezentacja zastosowania DSCT u chorych po HTX to kwestia praktycznie ostatniego roku. W 2008 r. Bastarrika i wsp. wykonali DSCT u 20 chorych po HTX. Wysoką jakość obrazu, pozwalającą na wiarygodną ocenę segmentu, uzyskano prawie w 95% ocenianych segmentów tętnic nasierdziowych [9].

Rok później (2009) Mastrobuoni i wsp. wykonali badanie DSCT u 30 chorych po HTX. Uzyskana czułość badania wyniosła 100% (!), a technika DSCT pozwoliła na wykrycie zmian w tętnicach wieńcowych przeszczepionego serca, które nie dawały jeszcze zaburzeń w echokardiografii wysiłkowej [10].

W prezentowanej pracy do oceny tętnic wieńcowych przeszczepionego serca wykorzystano aparat DSCT firmy Siemens, charakteryzujący się ilością 2×40 rzędów, uzyskując skanowanie 128 warstw podczas jednego obrotu układu lampa – detektor. Zastosowanie urządzenia dwulampowego (dwuźródłowego) pozwoliło na uzyskanie wiarygodnych obrazów pomimo szybkiej akcji serca, co jest istotną przeszkodą w przypadku oceny tętnic nasierdziowych za pomocą aparatów jednoźródłowych. Jest to szczególnie istotne w populacji chorych po HTX, gdzie wskutek odnerwienia serca w trakcie operacji przeszczepienia często obserwujemy tachykardie. Użycie opisanego urządzenia DSCT wyklucza potrzebę farmakologicznego zwolnienia rytmu serca, czyniąc metodę bardziej bezpieczną.

W prezentowanym materiale, stosując przedstawioną metodologię oraz przyjęte parametry techniczne, uzyskano bardzo dobrej jakości obrazy w prawie 90% ocenianych zmian. Badanie było dobrze tolerowane przez chorych, w kilku przypadkach wykonane ambulatoryjnie. Główne naczynia nasierdziowe w celu przejrzystej oceny podzielono dodatkowo (oprócz standardowego rozróżnienia 16 segmentów – patrz powyżej) na trzy główne segmenty: proksymalny, środkowy i dystalny. Oceniano także rozgałęzienia głównych pni tętnic nasierdziowych (tab. I).

Analiza otrzymanych obrazów pozwoliła na precyzyjną ocenę charakteru zmian, tj. oprócz oceny krytyczności zmian, wyróżnienie stopnia uwapnienia oraz morfologii przewężenia (zmiany ekscentryczne vs koncentryczne). Na tej podstawie rozróżniono rodzaj patologii w badanej grupie, stwierdzając przewagę zmian waskulopatycznych u 7 badanych chorych, a w 4 przypadkach dominację klasycznej miażdżycy. U pozostałych chorych występowały zmiany o charakterze mieszanym.

W przekonaniu autorów DSCT będzie także pożytecznym badaniem do rozpoznawania tzw. *passenger atherosclerosis* (miażdżycy w sercu dawcy obecna w czasie pobrania serca). Wykonanie DSCT we wczesnym okresie po HTX (do 4 tygodni po HTX, w zależności od wydolności nerek) pozwoli na rozpoznanie zmian miażdżycowych nierozpoznanych w trakcie pobrania serca. W polskich (ale nie tylko!) realiach ocena tętnic nasierdziowych serca dawcy odbywa się metodą palpacyjną (angiografia tętnic wieńcowych nie jest wykonywana), co nie pozwala na wykrycie zmian we wszystkich segmentach, zwłaszcza w przypadku zmian niekrytycznych i/lub słabo uwapnionych. W oparciu o dane stwierdzające stały wzrost wieku dawców serca (i związany z tym wzrost ryzyka występowania zmian miażdżycowych w obrębie tętnic nasierdziowych) przedstawiona koncepcja zastosowania DSCT wydaje się w pełni uzasadniona [1, 3].

Wobec wysokiej przydatności DSCT w prezentowanej grupie chorych, autorzy niniejszej pracy podkreślają rozsądne planowanie częstotliwości badania celem minimalizacji ryzyka ekspozycji na promieniowanie [11].

Wnioski (obserwacje)

- Badanie pozwoliło na ustalenie metodyki diagnostyki wraz z oceną zaawansowania zmian waskulopatii prze-

szczepionego serca w oparciu o zaawansowane techniki tomografii komputerowej.

- Wysoka jakość uzyskanych obrazów pozwoliła na wiarygodne różnicowanie typowych zmian waskulopatycznych przeszczepionego serca w stosunku do klasycznej miażdżycy.
- Wykonanie badania DSCT bezpośrednio (tj. w pierwszych tygodniach po HTX) pozwoli na ocenę obecności tzw. *passenger atherosclerosis* (zmian miażdżycowych obecnych w sercu dawcy).
- Tomografia dwuźródłowa, pozwalająca na wykonanie badania nawet przy szybkiej akcji serca, wydaje się więc metodą szczególnie przydatną w populacji chorych po HTX, gdzie częstość występowania tachykardii czy innych arytmii jest szczególnie wysoka.
- Metoda DSCT po analizie dotychczasowych wyników będzie mogła być włączona do standardowego panelu badań kontrolnych u chorych po transplantacji serca.

Program Statutowy K/ZDS/000/370, kierownik dr n. med. Karol Wierzbicki.

Praca Prezentowana Podczas IV Kongresu Polskiego Towarzystwa Kardio-Torakochirurgów.

Piśmiennictwo

1. Benza RL, Tallaj J. Cardiac allograft vasculopathy (chronic rejection). In: Heart transplantation. 4th ed. Kirklin JK, Young JB, McGiffin D, McGiffin DC (eds). Churchill Livingstone, London 2002: 615-666.
2. Nwakanma LU, Shah AS, Conte J VI, Baumgartner WA. Heart Transplantation. In: Cohn LH. Cardiac Surgery in the Adult. 3rd ed. McGraw-Hill, New York 2008: 1539-1578.
3. Taylor DO, Stehlik J, Edwards LB, Aurora P, Christie JD, Dobbels F, Kirk R, Kucheryavaya AY, Rahmel AO, Hertz MI. Registry of International Society for Heart and Lung Transplantation: Twenty six official Adult Heart Transplant Report – 2009. *J Heart Lung Transplant* 2009; 28: 1007-1022.
4. Starzyk Z, Sadowski J, Sobczyk D, Wierzbicki K, Plicner D, Przybyłowski P. Waskulopatia w przeszczepionym sercu. *Forum Kardiologów* 2002; 7: 169-174.
5. Knollmann FD, Bocksch W, Spiegelsberger S, Hetzer R, Felix R, Hummel M. Electron-beam computed tomography in the assessment of coronary artery disease after heart transplantation. *Circulation* 2000; 101: 2078-2082.
6. Romeo G, Houyel L, Angel CY, Brenot P, Riou JY, Paul JF. Coronary stenosis detection by 16-slice computed tomography in heart transplant patients: comparison with conventional angiography and impact on clinical management. *Am Coll Cardiol* 2005; 45: 1826-1831.
7. Gregory SA, Ferencik M, Achenbach S, Yeh RW, Hoffmann U, Inglessis I, Cury RC, Nieman K, McNulty IA, Laffan JA, Pomerantsev EV, Brady TJ, Semigran MJ, Jang IK. Comparison of sixty-four-slice multidetector computed tomographic coronary angiography to coronary angiography with intravascular ultrasound for the detection of transplant vasculopathy. *Am J Cardiol* 2006; 98: 877-884.
8. Pichler P, Loewe C, Roedler S, Syeda B, Stadler A, Aliabadi A, Schukro C, Wolf F, Zuckermann A, Lammer J, Sochor H, Glogar D. Detection of high-grade stenoses with multislice computed tomography in heart transplant patients. *J Heart Lung Transplant* 2008; 27: 310-316.
9. Bastarrika G, De Cecco CN, Arraiza M, Ubilla M, Mastrobuoni S, Pueyo JC, Rábago G. Dual-source CT coronary imaging in heart transplant recipients: image quality and optimal reconstruction interval. *Eur Radiol* 2008; 18: 1791-1799.
10. Mastrobuoni S, Bastarrika G, Ubilla M, Castaño S, Azcarate P, Barrero EA, Castellano JM, Herreros J, Rabago G. Dual-source CT coronary angiogram in heart transplant recipients in comparison with dobutamine stress echocardiography for detection of cardiac allograft vasculopathy. *Transplantation* 2009; 87: 587-590.
11. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007; 357: 2277-2284.

Komentarz

Jan Głowacki



Praca zespołu ze Szpitala Jana Pawła II w Krakowie przedstawiająca doświadczenia własne w zastosowaniu dwuźródłowej tomografii komputerowej (DSCT – ang. *dual source computed tomography*) w sercu przeszczepionym sygnalizuje czynny udział w rozpoczynającej się dyskusji na temat najnowszych osiągnięć w technice tomograficznej i jej zastosowaniu w kardiologii. Wraz z wprowadzeniem wielorządowej tomografii komputerowej rozpoczęła się era obrazowania tętnic wieńcowych bez konieczności ich cewnikowania. Dzięki postępowi technicznemu osiągnięto rozdzielczość przestrzenną poniżej 1 mm; obecne skanery są w stanie odróżnić dwa punkty z rozdzielczością 0,4–0,6 mm. Co jest rzeczą równie ważną, uzyskano rozdzielczość czasową pozwalającą na „zamrożenie” ruchu serca. W pierwszych wielorządowych aparatach stosowanych do

badani kardiologicznych lampa rentgenowska obracała się z prędkością 0,75 sekundy/rotację. W miarę postępu technicznego osiągnięto pierwotnie szybkość 0,5 sekundy/rotację dającą czas akwizycji danych 500 ms, a następnie 0,33 sekundy/rotację i ostatnio 0,25 sekundy/rotację. Przy obrocie lampy 0,25 sekundy/rotację czas akwizycji wynosi 250 ms. Stosując pół obrotu lampy z jednego cyklu serca do obróbki danych, a następnie pół obrotu z kolejnego cyklu, skracamy czas akwizycji do 125 ms. Jest to przedział czasowy pozwalający zobrazować tętnice wieńcowe bez artefaktów ruchowych pod warunkiem, że akcja serca chorego jest miarowa i wolna, najlepiej ok. 60 uderzeń/minutę. Serce przeszczepione, co podkreślają autorzy pracy, jest odnerwione i ma częstość uderzeń najczęściej ponad 80/min. Jednolampowe aparaty TK nie są w stanie sprostać temu zadaniu w stu procentach. Z pomocą przyszła technika. Obrazowanie serca z szybkim rytmem, a nawet niemiarym, stało się możliwe w skanerze dwulampowym (DSCT),

gdzie uzyskuje się obraz z dwóch lamp. W ten sposób rozdzielczość czasowa jest dwa razy większa i osiąga 83 ms. Tym sposobem można zobrazować serce przeszczepione, którego rytm przekracza 80 uderzeń/minutę. Praca zespołu krakowskiego porusza bardzo ważny aspekt prowadzenia chorego po przeszczepie serca. Autorzy udowadniają, że coroczna kontrola tętnic wieńcowych może odbywać się niekoniecznie w koronarografii. Można zastosować DSCT i z bardzo dużą dokładnością diagnozować waskulopatię wieńcową. Przedstawiona praca nie tylko zwraca uwagę na serce przeszczepione, ale także na mało inwazyjne badanie tętnic wieńcowych u chorych niemiarnych, np. przed ablacją i chorych z szybką akcją serca. Warto podjąć badania dwulampowym skanerem tętnic wieńcowych u dzieci, np.

z chorobą Kawasaki lub po zabiegu przełożenia wielkich tętnic – ang. *arterial swich*. Jest rzeczą oczywistą, że postęp techniczny, jaki nastąpił wraz z wprowadzeniem DSCT, otwiera nowe możliwości diagnostyczne, a dzięki pracy Kolegów z Krakowa poznajemy ich część.

Piśmiennictwo

1. Aranda JM Jr, Hill J. Cardiac transplant vasculopathy. *Chest* 2000; 118: 1792-1800.
2. Oncel D, Oncel G, Tastan A. Effectiveness of dual-source CT coronary angiography for the evaluation of coronary artery disease in patients with atrial fibrillation: initial experience. *Radiology* 2007; 245: 703-711
3. Bastarrika G, De Cecco CN, Arraiza M, Mastrobuoni S, Pueyo JC, Ubilla M, Rábago G. Dual-source CT for visualization of the coronary arteries in heart transplant patients with high heart rates. *AJR* 2008; 191: 448-454.