

# Tomografia komputerowa czy koronarografia – która z metod jest bardziej przydatna w planowaniu rewaskularyzacji?

Cardiac computer tomography for planning of coronary revascularization procedures

Jerzy Pręgowski<sup>1</sup>, Ilona Michałowska<sup>2</sup>, Cezary Kępka<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Klinika Kardiologii i Angiologii Interwencyjnej, Instytut Kardiologii, Warszawa

<sup>2</sup>Zakład Radiologii, Pracownia Tomografii Komputerowej, Instytut Kardiologii, Warszawa

<sup>3</sup>Klinika Choroby Wieńcowej i Chorób Strukturalnych Serca, Instytut Kardiologii, Warszawa

**Słowa kluczowe:** tomografia komputerowa, angioplastyka wieńcowa

**Key words:** cardiac CT, PCI, CT-guided

Post Kardiol Interw 2010; 6, 4 (22): 187-193

DOI: 10.5114/pwki.2010.17633

## Wstęp

Klasyczna koronarografia jest podstawowym badaniem, na podstawie którego planowane są zabiegi rewaskularyzacji tętnic wieńcowych. Nie jest to jednak narzędzie idealne z powodu ograniczeń związanych z naturą tego badania, obrazującego jedynie światło tętnicy [1]. Złotym standardem w planowaniu zabiegów przezskórnej rewaskularyzacji tętnic wieńcowych (ang. *percutaneous coronary intervention*, PCI) jest ultrasonografia wewnątrznaczyniowa (ang. *intravascular ultrasound*, IVUS), umożliwiająca precyzyjne określenie zakresu zabiegu oraz dobór wymiarów stentu. Ograniczeniem badania IVUS jest jego koszt oraz inwazyjność. W ostatnich latach dokonał się przełom w dziedzinie nieinwazyjnej diagnostyki obrazowej naczyń wieńcowych. Wzrasta liczba chorych, którzy są kierowani do pracowni hemodynamicznych z rozpoznaniem istotnego zwężenia tętnicy wieńcowej ustalonym na podstawie tomografii komputerowej (ang. *computed tomography*, CT). Chorzy tacy są wstępnie kwalifikowani do zabiegu PCI oraz otrzymują podwójne leczenie przeciwplatek przed wykonaniem koronarografii. Koronarografia klasyczna przewyższa CT pod względem rozdzielczości czasowej i przestrzennej. Istnieje jednak szereg obszarów, w których przewagę ma CT. Należą do nich możliwość oceny pola powierzchni naczynia, przebudowy ściany, brak ograniczeń związanych ze skrótem obecnym w projekcjach klasycznej koronarografii [2]. Ponadto badanie CT pozwa-

la na lepszą ocenę zwapnień w obrębie blaszki miażdżycowej oraz ocenę przebiegu i obwodów niedrożnych tętnic wieńcowych [3]. Badanie CT dostarcza zatem danych będących potencjalnie cennym uzupełnieniem obrazu uzyskiwanego za pomocą klasycznej koronarografii.

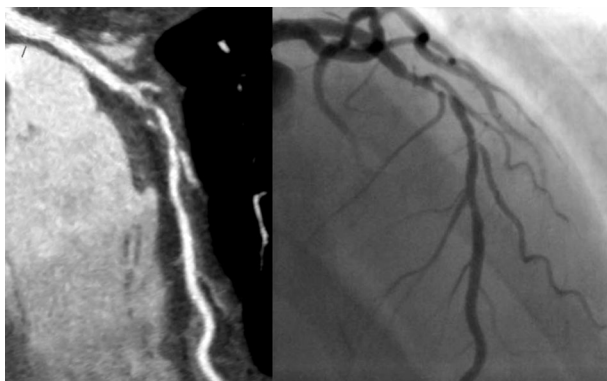
## Proponowany algorytm postępowania w przypadku podejrzenia fałszywie dodatniego wyniku badania metodą tomografii komputerowej

Jak wynika z licznych badań porównawczych, badanie CT w odniesieniu do koronarografii cechuje się wysoką czułością i swoistością [4–8]. Najczęściej rozpoznanie istotnego zwężenia na podstawie tomografii jest potwierdzone w badaniu metodą klasycznej koronarografii (ryc. 1.). Coraz rzadziej zdarzają się przypadki, gdy w doświadczalnej pracowni CT istotne zwężenie pozostanie niewykryte lub też badanie CT jest tak złej jakości, że nie można go wiarygodnie zinterpretować. Niekiedy również na podstawie badania CT rozpoznane zostaje istotne zwężenie, którego obecność nie znajduje potwierdzenia w koronarografii (ryc. 2., 3.). Rozbieżność taka często wynika z zasadniczej różnicy w definicjach, na podstawie których rozpoznawane jest istotne zwężenie. W przypadku klasycznej koronarografii za zwężenie istotne przyjmuje się takie, które powoduje redukcję średnicy światła o 70% w stosunku do

---

### Adres do korespondencji/Corresponding author:

dr n. med. Jerzy Pręgowski, Klinika Kardiologii i Angiologii Interwencyjnej, Instytut Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa, tel.: +48 22 815 40 14, e-mail: jerzypregowski74@gmail.com



**Ryc. 1.** Istotne zwężenie w środkowym odcinku gałęzi przedniej zstępującej rozpoznane na podstawie CT i potwierdzone w koronarografii inwazyjnej

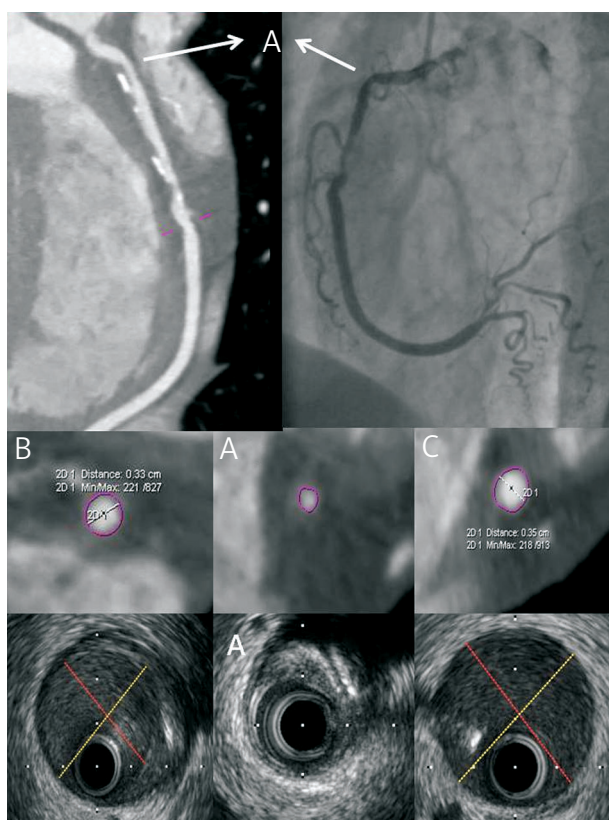
**Fig. 1.** Significant stenosis in mid portion of LAD identified in cardiac CT and verified in invasive coronary angiography

średnicy w odcinku referencyjnym. Należy przy tym pamiętać, że w odcinkach referencyjnych często znajduje się niewidoczna angiograficznie blaszka miażdżycowa [9]. Angiograficzna definicja istotnego zwężenia nie uwzględnia wartości bezwzględnych minimalnej średnicy światła naczyń w odpowiednich segmentach, nie może być również oparta na wartościach pola powierzchni przekroju światła tętnicy. Tomografia komputerowa umożliwia wyko-

nywanie pomiarów pola powierzchni światła i poprzez analogię z badaniem IVUS [10–12] proponowane jest przyjmowanie bezwzględnej wartości 6 mm<sup>2</sup> dla pnia lewej tętnicy wieńcowej oraz 4 mm<sup>2</sup> dla proksymalnych odcinków trzech głównych tętnic wieńcowych jako punktów odcięcia, poniżej których rozpoznawane jest istotne zwężenie [2]. Niektórzy autorzy uważają, że w przypadku wystąpienia rozbieżności pomiędzy obrazem uzyskanym w CT a wynikiem klasycznej koronarografii należy rozważyć wykonanie badania dodatkowego – ocenę cząstkowej rezerwy wieńcowej (FFR) lub IVUS [2]. Proponowany schemat postępowania znajduje uzasadnienie w wynikach badań porównawczych IVUS vs CT, wskazujących na wysoki stopień korelacji pomiędzy wartościami pól powierzchni i średnicy tętnic uzyskiwanymi w obu tych metodach obrazowania [13–16]. Być może warto zatem rozważyć pogłębienie diagnostyki u chorych z istotnym zwężeniem rozpoznanym w badaniu CT oraz zmianą graniczną lub nieistotną w koronarografii.

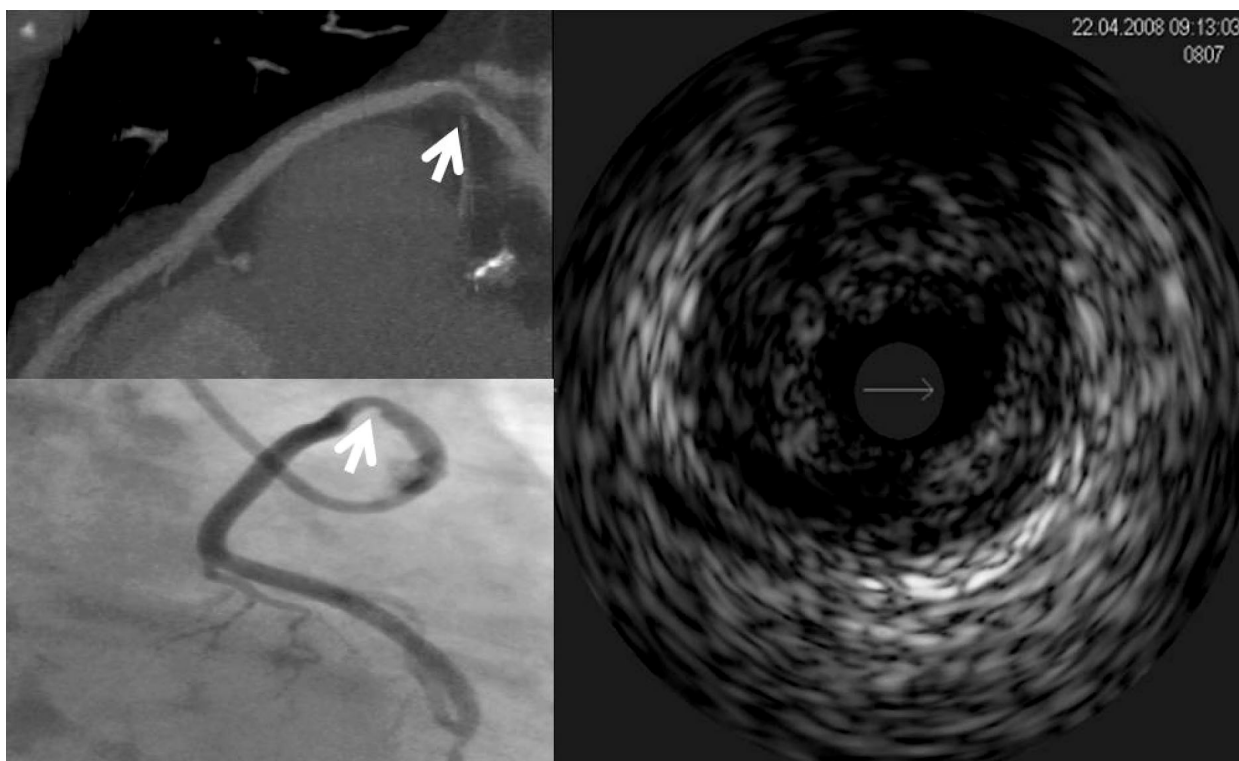
### Rola tomografii komputerowej w planowaniu zabiegów przezskórnych w obrębie zmian typu przewlekłej niedrożności

Zabiegi PCI w obrębie zmian typu przewlekłej niedrożności należą do najtrudniejszych w kardiologii interwencyjnej i mimo szerokiego wachlarza narzędzi obarczone są wysokim odsetkiem niepowodzeń. Niepowodzenia wynikają częściowo z niedoskonałości koronarografii, takich



**Ryc. 2.** Dwa zwężenia w prawej tętnicy wieńcowej. Zwężenie dystalne uznane za istotne zarówno w CT, jak i klasycznej koronarografii. Zwężenie proksymalne (strzałka) sklasyfikowane jako istotne w CT i uznane za nieistotne na podstawie koronarografii. Wykonano badanie IVUS, którego wynik potwierdził istotność zwężenia. **A** – przekroje CT i IVUS w miejscu minimalnego pola powierzchni światła tętnicy, **B** i **C** – przekroje CT i IVUS w proksymalnym i dystalnym segmencie referencyjnym

**Fig. 2.** Two lesions in right coronary artery. Distal stenosis identified as significant both in cardiac CT and in invasive angiography. Proximal lesion classified as significant in cardiac CT and as mild stenosis in invasive angiography. IVUS examination confirmed presence of significant stenosis in proximal part of right coronary artery. **A** – CT and IVUS crosssections at minimal lumen area site, **B**, **C** – CT and IVUS crosssections at proximal and distal reference sites



**Ryc. 3.** Podejrzenie istotnego zwężenia w początkowym odcinku żylnego pomostu aortalno-wieńcowego wysunięte na podstawie obrazu CT. Badanie metodą klasycznej koronarografii wykazało obecność przyściennej zmiany miażdżycowej. W badaniu IVUS stwierdzono istotne zwężenie

**Fig. 3.** Significant stenosis identified in cardiac CT in proximal part of the saphenous vein graft. Invasive coronary angiography suggested presence of non-significant lesion. IVUS examination confirmed significant stenosis

jak: brak możliwości oceny długości i nasierdziowego przebiegu niedrożności oraz obwodu tętnicy, ograniczona możliwość oceny zwapnień. Tomografia komputerowa tętnic wieńcowych jest wolna od części wspomnianych ograniczeń koronarografii klasycznej (ryc. 4., 5.) i z tego powodu może stanowić cenne uzupełniające narzędzie diagnostyczne w tej grupie chorych. W celu ustalenia znaczenia badania CT wykonywanego przed zabiegiem udrożnienia przeprowadzono rejestr *Computed tomography in total coronary occlusions (CTTO registry)* [3]. Objęto nim grupę 139 pacjentów, u których przed zabiegiem PCI wykonano CT tętnic wieńcowych. We wszystkich przypadkach wyniki badania były analizowane wspólnie przez lekarza o dużym doświadczeniu w ocenie CT tętnic wieńcowych oraz przez kardiologa interwencyjnego wykonującego zabieg udrożnienia naczynia. Zdefiniowano szereg parametrów angiograficznych i wynikających z CT, które były związane z ryzykiem nieskuteczności zabiegu. Jedynym niezależnym parametrem zwiększającym prawdopodobieństwo niepowodzenia była obecność widocznych w badaniu CT masywnych zwapnień w ścianie tętnicy, definiowanych jako zajmujące > 50% przekroju poprzecznego naczynia. Omawiane badanie nie było próbą kliniczną z randomizacją i w związku z tym wg autorów uzyskane wyniki nie stanowią uzasadnienia dla wykonywania bada-

nia CT tętnic wieńcowych u wszystkich pacjentów, u których planowany jest zabieg udrożnienia. Badanie CT należy natomiast rozważyć u chorych z angiograficznymi czynnikami ryzyka niepowodzenia zabiegu oraz przed ponowną próbą udrożnienia tej samej tętnicy. Wyniki CT mogą wpłynąć na wybór optymalnej strategii: PCI (np. w przypadku braku istotnych zwapnień) vs CABG (ang. *coronary artery bypass grafting*) (np. przy masywnych zwapnieniach oraz długim odcinku niedrożności). W przypadku decyzji o leczeniu przezskórnym obecność masywnych zwapnień w proksymalnym biegunie niedrożności może mieć również wpływ na sposób przeprowadzenia zabiegu – przemawia za wyborem techniki *retrograde*.

### Rola tomografii komputerowej w planowaniu zabiegów rewaskularyzacji zmian obejmujących bifurkację

Kolejną grupę chorych, u których koronarografia klasyczna może nie być wystarczającym źródłem informacji na temat anatomii zmiany miażdżycowej, stanowią pacjenci ze zwężeniem obejmującym bifurkację – ograniczenie dotyczy zwłaszcza oceny zmian w ujściu bocznicy. Dokładna znajomość anatomii zmiany miażdżycowej w obrębie bifurkacji ma istotne znaczenie przy wyborze techniki rewa-

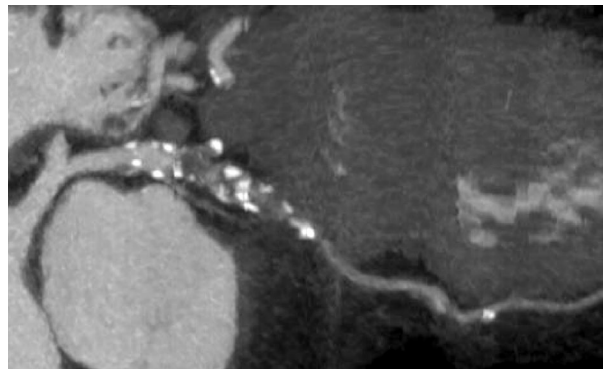




**Ryc. 4.** Przewlekła niedrożność gałęzi przedniej zstępującej lewej tętnicy wieńcowej. Brak widocznego obwodu GPZ w klasycznej koronarografii oraz dobrze widoczny obwód naczynia w CT

**Fig. 4.** Chronic total occlusion of LAD. Distal part of the vessel below the occlusion site is not visible in invasive angiography while cardiac CT allows its assessment

skularyzacji, ponieważ interwencje w obrębie zmian tego typu związane są z wyższym ryzykiem powikłań bezpośrednich, związanych z zamknięciem bocznicy, jak i odległych, takich jak zakrzepica w stencie czy restenoza [17, 18]. W celu usystematyzowania opisu zmian obejmujących bifurkacje wprowadzono prostą klasyfikację Medina [19]. Klasyfikując bifurkacje, dzieli się je na 3 segmenty: 2 w naczyniu głównym i 1 w bocznicy. Obecność zwężenia koduje się cyfrą 1, brak zwężenia cyfrą 0. Pierwsze dwie cyfry odpowiadają naczyniu głównemu, odpowiednio proksymalnie i dystalnie do miejsca odejścia bocznicy (ryc. 6.), trzecia cyfra opisuje stan bocznicy. Typ bifurkacji wg klasyfikacji Medina może wpłynąć na decyzję odnośnie do rodzaju zabiegu – PCI vs CABG, ma również zasadnicze znaczenie dla techniki PCI: planowa implantacja stentów zarówno do naczynia głównego, jak i bocznicy zarezerwowana jest w zasadzie dla bifurkacji typu 1.1.1. Wyniki jednego z badań porównawczych wskazują na wysoką czułość i swoistość CT w rozpoznawaniu zmian obejmujących bifurkacje [20]. Stwierdzono również dużą zgodność

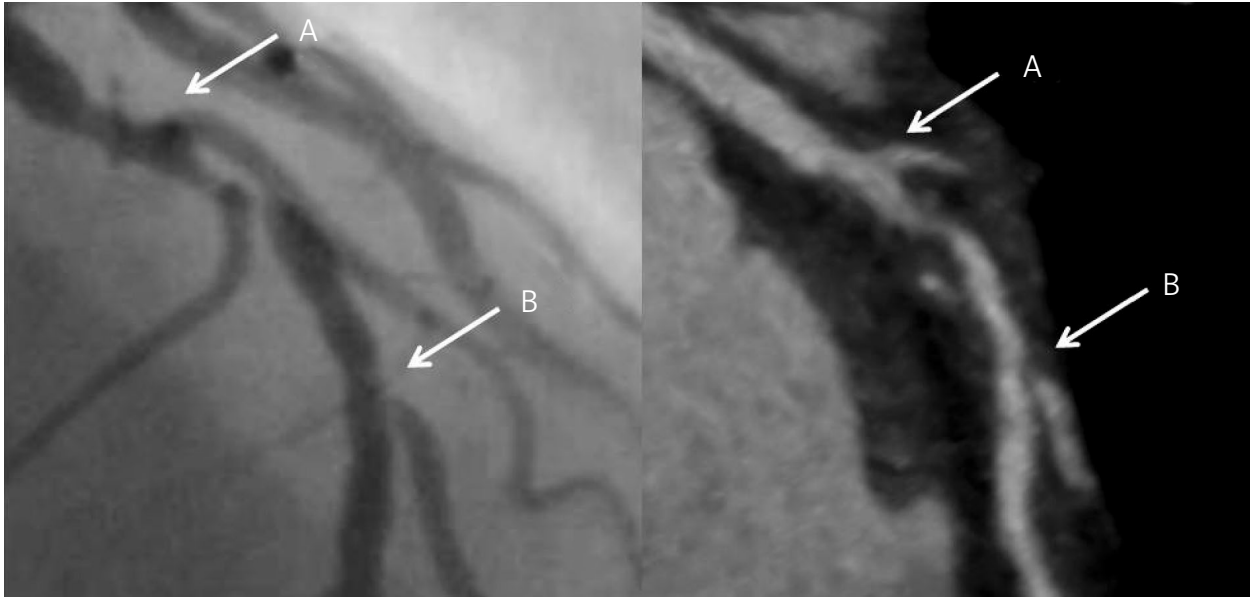


**Ryc. 5.** Gałąź przednia zstępująca z obecnością masywnych zwapnień w przebiegu niedrożności  
**Fig. 5.** Chronic total occlusion of LAD with massive calcifications within the lesion

w odniesieniu do klasyfikacji Medina. Różnice w klasyfikacji Medina dotyczyły tylko 2 przypadków. Należy jednak podkreślić, że u jednego z tych chorych dodatkowa ocena badania CT wpłynęła w zasadniczy sposób na postępowanie terapeutyczne. Na podstawie koronarografii rozpoznano bowiem jedynie niedrożność w ujściu GPZ (typ wg klasyfikacji Medina 0.1.0). W badaniu CT uwidoczniono natomiast niewidoczne w klasycznej koronarografii istotne zwężenie w dystalnej części pnia lewej tętnicy wieńcowej, co wpłynęło na zmianę klasyfikacji bifurkacji na 1.1.0 oraz zmianę zakresu operacji CABG, której został poddany pacjent. Oprócz pomocy w ocenie zaawansowania miażdżycy w obrębie bifurkacji badanie CT może również dostarczyć dokładniejszych informacji odnośnie do kąta odejścia bocznicy. Wielkość tego kąta ma związek z ryzykiem zamknięcia lub zwężenia naczynia podczas PCI oraz z ryzykiem restenozy. Badania z zastosowaniem fantomów wskazują na wysoką zgodność wartości kąta mierzonego w badaniu CT z kątem rzeczywistym [21]. Badania porównawcze wskazują również, że wielkość kąta oceniana za pomocą koronarografii jest zaniżana w porównaniu z obrazem CT [20].

### **Rola tomografii komputerowej w planowaniu zabiegów rewaskularyzacji zmian innych niż przewlekła niedrożność lub bifurkacja**

Aktualnie złotym standardem w planowaniu PCI jest wykonywanie tego zabiegu pod kontrolą IVUS. Możliwa jest wówczas dokładna ocena średnicy światła naczynia w odcinkach referencyjnych oraz ocena długości zmiany. Zabieg pod kontrolą IVUS umożliwia optymalny wybór stentu zapewniającego właściwe pokrycie zmiany miażdżycowej. Ograniczeniem badania IVUS jest jego koszt oraz inwazyjność. Tomografia komputerowa ma dwie cechy wspólne z badaniem IVUS – umożliwia ocenę ściany tętnicy oraz uzyskiwanie obrazów przekroju tętnicy. Jak wspomniano wcześniej, w licznych badaniach porównawczych wykazy-



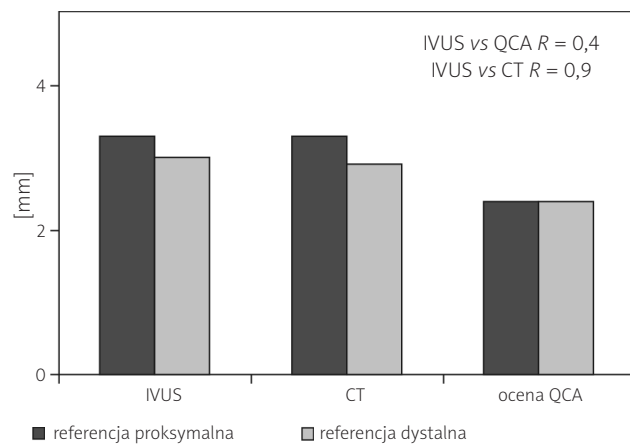
**Ryc. 6.** Porównanie obrazu klasycznej koronarografii i badania CT zmian obejmujących dwie bifurkacje w przebiegu gałęzi przedniej zstępującej (strzałki). Bifurkacja proksymalna wg klasyfikacji Medina 1.1.0 (zgodność koronarografii i CT), bifurkacja dystalna wg klasyfikacji Medina 0.0.1 (zgodność koronarografii i CT)

**Fig. 6.** Comparison of two bifurcation lesions in LAD as assessed with invasive angiography and cardiac CT (arrows). Proximal bifurcation described as 1.1.0 according to Medina classification (the same result in cardiac CT and angiography). Distal bifurcation classified as 0.0.1 (the same result in cardiac CT and angiography)

wano dobrą korelację pomiędzy wymiarami światła naczyń uzyskiwanymi w badaniu CT oraz w IVUS. Wyniki te sugerują, że możliwe jest zastosowanie informacji z badania CT przy planowaniu zabiegu. W jednym z ostatnio opublikowanych badań u 18 chorych zakwalifikowanych do zabiegu PCI wykonano CT, a następnie implantowano stent pod kontrolą IVUS [22]. Operator nie znał wyników CT. Następnie porównano wyniki pomiarów uzyskanych w badaniu CT oraz komputerowej ilościowej oceny angiograficznej (QCA) z pomiarami przeprowadzonymi metodą referencyjną (IVUS). Stwierdzono istotną korelację pomiędzy wielkością średnicy światła w odcinkach referencyjnych w badaniu CT i badaniu IVUS oraz znacznie słabszą korelację pomiędzy oceną QCA i IVUS (ryc. 7). Ponadto odnotowano bardzo dużą zgodność pomiędzy długością i średnicą stentu wszczepionego pod kontrolą IVUS a odpowiednimi parametrami sugerowanymi na podstawie obrazu CT. Autorzy badania wnioskują, że mimo iż obecnie nie jest uzasadnione (z powodu dodatkowej ekspozycji na kontrast i promieniowanie jonizujące) wykonywanie dodatkowego badania CT przed zabiegiem PCI, to w sytuacji gdy byłoby ono wykonane we wcześniejszym etapie diagnostyki, warto je analizować. Przykład ilustrujący tego typu analizę przedstawiono na rycinie 8. Kolejną korzyścią z analizy badania CT może być wiedza o kompozycji blaszki miażdżycowej. Wyniki niedawno opublikowanej pracy wskazują, że skład blaszki oceniany na podstawie obrazu CT może mieć związek z ryzykiem wystąpienia zawału serca związanego z PCI [23].

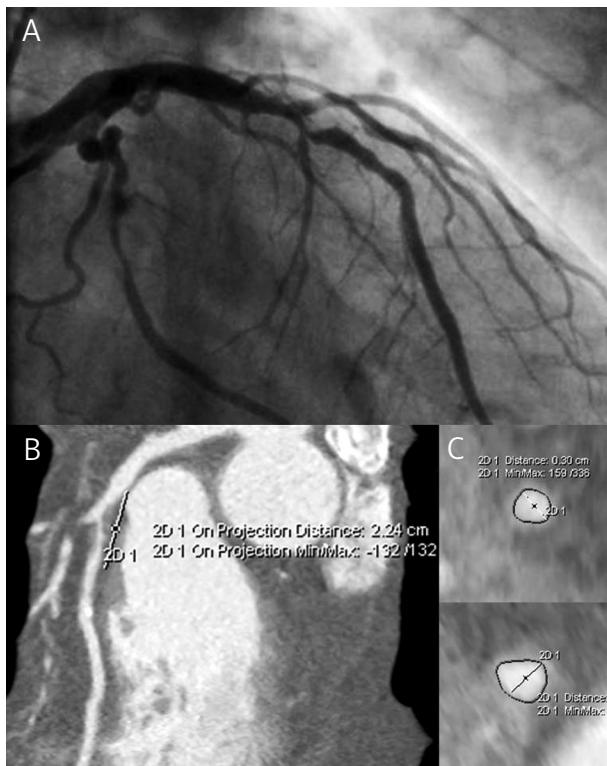
## Podsumowanie

1. U chorych z rozpoznaniem istotnego zwężenia w tętnicy wieńcowej ustalonym na podstawie CT analiza tego badania poprzedzająca inwazyjną koronarografię może wpłynąć na decyzję o pogłębieniu diagnostyki (FFR/IVUS)



**Ryc. 7.** Porównanie wymiarów światła tętnicy w odcinkach referencyjnych uzyskanych trzema różnymi metodami: w CT, IVUS oraz z analizy QCA (na podstawie Kass M. i wsp. [22])

**Fig. 7.** Comparison of lumen dimensions in reference segments according to 3 different imaging modalities: cardiac CT, IVUS and QCA (adapted from Kass M. et al. [22])



**Ryc. 8.** Planowanie zabiegu i dobór wymiarów stentu na podstawie badania CT wykonanego przed klasyczną koronarografią. **A** – obraz klasycznej koronarografii, **B** – rekonstrukcja cMPR gałęzi przedniej zstępującej z naniesionym pomiarem długości zmiany miażdżycowej, **C** – przekroje poprzeczne gałęzi przedniej zstępującej w dystalnym i proksymalnym segmencie referencyjnym z naniesionymi pomiarami średnicy światła tętnicy

**Fig. 8.** CT-guided PCI procedure planning and stent selection on the basis of cardiac CT performed prior to invasive angiography. **A** – the results of invasive angiography, **B** – cMPR reconstruction of LAD with superimposed lesion length measurement, **C** – LAD crosssections in distal and proximal reference segments with superimposed lumen dimensions

w przypadku rozbieżnych wyników uzyskanych przy zastosowaniu obu metod.

2. Ocena CT zmian typu przewlekłej niedrożności może mieć wpływ na wybór sposobu rewaskularyzacji (PCI lub CABG) oraz wybór techniki zabiegu (technika *antegrade* lub *retrograde*).
3. Trwają prace nad określeniem roli CT w planowaniu zabiegów PCI w obrębie zwężeń innych niż zmiana typu przewlekłej niedrożności.
4. Morfologia zmian miażdżycowych w badaniu CT może mieć związek z ryzykiem powikłań niedokrwiennych zabiegu PCI.

## Piśmiennictwo

1. Topol EJ, Nissen SE. Our preoccupation with coronary luminology. The dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease. *Circulation* 1995; 92: 2333-2342.
2. Hecht H. Applications of multislice coronary computed tomographic angiography to percutaneous coronary intervention: how did we ever do without it? *Catheter Cardiovasc Interv* 2008; 71: 490-503.
3. García-García HM, van Mieghem CA, Gonzalo N i wsp. Computed tomography in total coronary occlusions (CTTO registry): radiation exposure and predictors of successful percutaneous intervention. *EuroIntervention* 2009; 4: 607-616.
4. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW i wsp. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 552-557.
5. Ropers D, Rixe J, Anders K i wsp. Usefulness of multidetector row spiral computed tomography with 64-slice 0.6-mm collimation and 330-ms rotation for the noninvasive detection of significant coronary artery stenoses. *Am J Cardiol* 2006; 97: 343-348.
6. Schuijff JD, Pundziute G, Jukema JW i wsp. Diagnostic accuracy of 64-slice multislice computed tomography in the noninvasive evaluation of significant coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2006; 98: 145-148.
7. Weustink AC, Meijboom WB, Mollet NR i wsp. Reliable high-speed coronary computed tomography in symptomatic patients. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 786-794.
8. Leschka S, Alkadhi H, Plass A i wsp. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005; 26: 1482-1487.
9. Mintz GS, Painter JA, Pichard AD i wsp. Atherosclerosis in angiographically "normal" coronary artery reference segments: an intravascular ultrasound study with clinical correlations. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 1479-1485.
10. Abizaid AS, Mintz GS, Mehran R i wsp. Long-term follow-up after percutaneous transluminal coronary angioplasty was not performed based on intravascular ultrasound findings: importance of lumen dimensions. *Circulation* 1999; 100: 256-261.
11. Briguori C, Anzuini A, Airolidi F i wsp. Intravascular ultrasound criteria for the assessment of the functional significance of intermediate coronary artery stenoses and comparison with fractional flow reserve. *Am J Cardiol* 2001; 87: 136-141.
12. Jasti V, Ivan E, Wongpraparut N i wsp. Correlations between fractional flow reserve and intravascular ultrasound in patients with an ambiguous left main coronary artery stenosis. *Circulation* 2004; 110: 2831-2836.
13. Moselewski F, Ropers D, Pohle K i wsp. Comparison of measurement of cross-sectional coronary atherosclerotic plaque and vessel areas by 16-slice multidetector computed tomography versus intravascular ultrasound. *Am J Cardiol* 2004; 94: 1294-1297.
14. Okabe T, Weigold G, Mintz GS i wsp. Comparison of intravascular ultrasound to contrast-enhanced 64-slice computed tomography to assess the significance of angiographically ambiguous coronary narrowings. *Am J Cardiol* 2008; 102: 994-1001.
15. Caussin C, Larchez C, Ghostine S i wsp. Comparison of coronary minimal lumen area quantification by sixtyfour-slice computed tomography versus intravascular ultrasound for intermediate stenosis. *Am J Cardiol* 2006; 98: 871-876.
16. Leber AW, Knez A, von Ziegler F i wsp. Quantification of obstructive and nonobstructive coronary lesions by 64-slice computed

- tomography: a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 147-154.
17. Di Mario C, Morici N, Godino C i wsp. Predictors of restenosis after treatment of bifurcational lesions with paclitaxel eluting stents: a multicenter prospective registry of 150 consecutive patients. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; 69: 416-424.
18. Morice MC. Bifurcation lesions: a never-ending challenge. *Eur Heart J* 2008; 29: 2831-2832.
19. Medina A, Suarez de Lezo J, Pan M. A new classification of coronary bifurcation lesions. *Rev Esp Cardiol* 2006; 59: 183.
20. Van Mieghem C, Thury A, Meijboom W i wsp. Detection and characterization of coronary bifurcation lesions with 64-slice computed tomography coronary angiography. *Eur Heart J* 2007; 28: 1968-1976.
21. Pflederer T, Ludwig J, Ropers D i wsp. Measurement of coronary artery bifurcation angles by multidetector computed tomography. *Invest Radiol* 2006; 41: 793-798.
22. Kass M, Glover C, Labinaz M i wsp. Lesion characteristics and coronary stent selection with computed tomographic coronary angiography: a pilot investigation comparing CTA, QCA and IVUS. *J Invasive Cardiol* 2010; 22: 328-334.
23. Uetani T, Amano T, Kunimura A i wsp. The association between plaque characterization by CT angiography and post-procedural myocardial infarction in patients with elective stent implantation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010; 3: 19-28.