

Ondrejko M.¹, Lukáč M.¹, Čambál D.², Klepanec A.¹

¹ Rádiologická klinika FN Trnava

² Interná klinika FN Trnava

Aktuality v CT koronarografii

Abstrakt

Ischemická choroba srdca (ICHS) je ochorenie a najvyššou mierou morbiditu a mortality celosvetovo. Zlatým štandardom v diagnostike ICHS bola dlhé roky invazívna koronarografia. CT koronarografia je neinvazívna zobrazovacia modalita na hodnotenie koronárnej anatómie a patológií. Vďaka technologickému pokroku je dnes CT koronarografia dostupná, rýchla a presná vyšetrenie s nízkou radiačnou záťažou. Toto vyšetrenie sa vyznačuje vysokou senzitivitou a diagnostickou presnosťou v porovnaní s invazívnou koronarografiou. CT koronarografia poskytuje presné zobrazenie anatómie a morfológie koronárneho riečiska, okrem toho dokáže zhodnotiť aj zloženie a rozsah aterosklerotických plátov. Podľa najnovších odporúčaní Európskej kardiologickej spoločnosti (ESC) z roku 2019 je CT koronarografia metódou voľby u symptomatických pacientov s podozrením na ICHS. Hlavná sila CT koronarografie spočíva predovšetkým v schopnosti vylúčiť prítomnosť ICHS, preto môže byť využitá u pacientov s chronickým ochorením, ako aj u pacientov v akútnom stave. V roku 2016 bol uvedený klasifikačný systém CAD-RADS, ktorého cieľom je priniesť štandardizáciu do popisovania a hodnotenia CT koronarografických vyšetrení, ako aj zlepšiť komunikáciu medzi popisujúcim a odosielajúcim lekárom. CAD-RADS klasifikácia takisto poskytuje možnosti stratifikácie pacientov na základe závažnosti stenózy s následným návrhom ďalšieho manažmentu a liečby. Cieľom tohto článku je poskytnúť prehľad o aktualitách v CT koronarografii.

Keľúčové slová: ischemická choroba srdca, CT koronarografia, CAD-RADS, 2019 ESC odporúčania.

Abstract

Coronary artery disease (CAD) is the leading cause of morbidity and mortality worldwide. Invasive coronary angiography has been the gold standard in the diagnosis of CAD for many years. Coronary CT angiography (CCTA) is a non-invasive imaging modality that provides detailed visualisation of coronary anatomy and pathology. Due to technological developments, CCTA is now widely available, fast and accurate examination with low radiation

exposure. This examination is characterized by high sensitivity and diagnostic accuracy as compared to invasive coronary angiography. CCTA provides accurate evaluation of the coronary vasculature and can also evaluate the composition and extent of atherosclerotic plaques. According to the latest 2019 guidelines of the European Society of Cardiology (ESC), CCTA is the initial diagnostic imaging test in symptomatic patients with suspected CAD. The main goal of CCTA is to rule out coronary artery stenosis and can therefore be used in patients with chronic disease as well as in acute patients. CAD-RADS classification system was introduced in 2016, the goal of CAD-RADS is to bring standardization of report terminology for coronary CTA as well as to improve communication between interpreting and referring physician. CAD-RADS also provides options for patient stratification based on the severity of stenosis with subsequent suggestions for clinical management and treatment options. The aim of this article is to review the updates in CT coronary angiography.

Key words: coronary artery disease, Coronary CT angiography, CAD-RADS, 2019 ESC Guidelines.

Úvod

Ischemická choroba srdca je patologický proces, charakterizovaný akumuláciou aterosklerotických plátov v epikardiálnych tepnách, ktorého dôsledkom je nedostatočné prekrvenie srdcového svalu. ICHS je najčastejšou príčinou úmrtia a hlavnou príčinou hospitalizácií v rozvojových aj rozvinutých krajinách. Prvé príznaky ochorenia sa prejavujú väčšinou pri zvýšenej fyzickej alebo psychickej námahe, keď je zvýšená potreba kyslíka na prácu srdca. Typicky sa prejavuje páľčivou, ostrou až zvieravou bolesťou za hrudnou kosťou, ktorá ustupuje po prerušení vykonávanej činnosti. Ďalšími príznakmi môžu byť poruchy srdcového rytmu, alebo srdcové zlyhávanie. Ochorenie má zvyčajne dlhé, stabilné obdobia, ale môže sa stať nestabilným v prípade akútnej aterosklerotической príhody, spôsobenej ruptúrou alebo eróziou plátu (1). V diagnostike ICHS sa využívajú invazívne ako aj neinvazívne zobrazovacie modalities.

Invazívna koronarografia s invazívnym meraním frakčnej prietokovej rezervy (FFR) sú považované za referenčné metódy v diagnostike ICHS. Medzi neinvasívne vyšetrenia v diagnostike ICHS patria CT koronarografia a funkčné zobrazovanie pomocou SPECT, PET, MR, CT perfúzie myokardu alebo CT-FFR (2).

Klinické využitie CT koronarografie

CT koronarografia je vyšetrovacia metóda na neinvasívne zhodnotenie anatómie a morfológie koronárneho riečiska. CT koronarografia sa vyznačuje vysokou senzitivitou (94 – 99 %) a negatívnou prediktívnou hodnotou (97 – 99 %) v diagnostike ICHS. Hlavná sila CT koronarografie spočíva predovšetkým v schopnosti vylúčiť ICHS s takmer úplnou istotou. Špecifická (64 – 83 %) a pozitívna prediktívna hodnota (48 – 64 %) nedosahujú vysoké hodnoty, v praxi to znamená, že CT koronarografia má nižšiu schopnosť potvrdiť ochorenie obštrukčnej ICHS (3 – 5). Viacero prospektívnych štúdií hodnotilo klinický úžitok CT koronarografie a relevanciu CT nálezov v kontexte suspektných chronickej ICHS. Dve randomizované prospektívne multi-centrové štúdie PROMISE a SCOT-HEART preukázali, že CT koronarografia je klinicky užitočná ako alternatíva (PROMISE) alebo ako doplnok k funkčnému testovaniu (SCOT-HEART) (6, 7). Štúdia SCOT-HEART demonštrovala signifikantne nižší výskyt infarktu myokardu alebo kardiovaskulárneho úmrtia (2,3 % vs. 3,9 % počas 5-ročného sledovania) u pacientov, u ktorých bola CT koronarografia doplnená k rutinnému testovaniu (8). Štyri veľké randomizované štúdie CT-STAT, ACRIN-PA, ROMICAT II a CT-COMPARE porovnávali CT koronarografiu voči štandardným postupom u pacientov s akútnymi bolesťami na hrudníku (9 – 12). Tieto štúdie ukázali bezpečnosť negatívneho CT nálezu pri identifikácii pacientov, ktorí môžu byť prepustení z urgentného oddelenia a zároveň sa pri použití CT koronarografie významne skrátil čas pobytu v nemocničnom zariadení.

Stručná história a vývoj CT koronarografie

Koronárne riečisko je tvorené tenkými, vinutými cievami, ktoré sú v neustálom pohybe. Na ich detailné zobrazenie je potrebný CT prístroj s dostatočným časovým a priestorovým rozlíšením (13, 14). Dostatočné priestorové rozlíšenie na submilimetrovej úrovni je potrebné na vizualizáciu drobných anatomických detailov a na zhodnotenie rozsahu a zloženia aterosklerotických plátov. Dostatočné časové rozlíšenie je nutné na zobrazenie koronárnych ciev bez pohybových artefaktov (14). Neinvasívne zobrazenie koronárneho riečiska bolo možné s príchodom helikálnych CT prístrojov, najprv 1-vrstvových, neskôr 4-vrstvových. Tieto prístroje nedisponovali dostatočným priestorovým a časovým rozlíšením, čas vyšetrenia bol zhruba 50 sekúnd. Výrazný prelom v oblasti kardio CT nastal v roku 2004,

kedy boli zostrojené 64-vrstvové detektorové systémy. Čas vyšetrenia sa výrazne skrátil na 5 – 7 sekúnd, čo umožnilo zobraziť celé srdce počas jedného zadržania dychu (13). Dnes sú k dispozícii CT prístroje so 160 mm širokými a 256 – 320 vrstvovými detektormi, ktoré dokážu presne zobraziť koronárne riečisko počas jedného úderu srdca. Systémy s dvoma zdrojmi žiarenia a dvoma detektormi (dual-source CT) sa vyznačujú veľmi vysokým časovým rozlíšením. V priebehu 15 – 20 rokov sa rýchlosť rotácie gantry znížila z 1 na 0,25 sekundy, časové rozlíšenie sa posunulo z 0,5 na 0,066 sekundy, priestorové rozlíšenie sa zlepšilo z 5 na 0,23 mm (15). Veľkým vývojom prešli CT prístroje aj po softvérovej stránke. Dostatočne veľký výpočtový výkon umožnil využitie iteratívnych rekonštrukcií. V minulosti sa na „zmrazenie pohybu“ koronárnych tepien používala metóda retrospektívnej EKG synchronizácie, dnes sa využíva predovšetkým metóda prospektívnej EKG synchronizácie (13, 15). Zároveň sa vďaka hardvérovým aj softvérovým zmenám výrazne znížila radiačná záťaž CT koronarografie, efektívna dávka žiarenia klesla o viac ako 90 %, na menej ako 1 mSv (16).

Indikácie a najnovšie odporúčania ESC z roku 2019

Hlavnou a najčastejšou indikáciou CT koronarografie je podozrenie na ICHS u symptomatických pacientov. Menej častou indikáciou je zobrazovanie u pacientov so známou ICHS po kardiochirurgickom výkone alebo perkutánnej koronárnej intervencii, ktoré je zamerané na hodnotenie priechodnosti bypassov (obrázok 1) a stentov (obrázok 2). CT koronarografia sa využíva aj pri zobrazovaní anomálií koronárnych tepien (obrázok 3 a 4), pred kardiochirurgickými výkonmi alebo pred plánovaním TAVI. Postavenie CT koronarografie v diagnostike ICHS zaznamenalo za posledných 10 rokov významný vývoj a postupne sa menili aj odporúčania európskych a amerických odborných spoločností ako napr. ESC, NICE, AHA, SCCT, ACR (17 – 23).

V septembri 2019 boli vydané nové odporúčania Európskej kardiologickej spoločnosti, ktoré CT koronarografiu posunuli do popredia v diagnostike ICHS (23). Na základe týchto odporúčaní je CT koronarografia alebo neinvasívne funkčné zobrazovanie prvou metódou voľby v diagnostike ICHS (tabuľka 1). Výber prvého neinvasívneho vyšetrenia u symptomatických pacientov s podozrením na ICHS záleží od viacerých faktorov: 1. klinická pravdepodobnosť, že pacient má ICHS; 2. charakteristiky zo strany pacienta, ktoré môžu ovplyvniť výsledok vyšetrenia; 3. skúsenosti daného pracoviska; 4. dostupnosť vyšetrení. CT koronarografia je preferovaná u pacientov s nižšou klinickou pravdepodobnosťou ICHS, bez ICHS v anamnéze a keď je vysoký predpoklad dobrej kvality obrazu CT vyšetrenia (24). CT koronarografia dokáže detegovať nízky aj vysoký stupeň aterosklerózy, ale hlavne vie spoľahlivo vylúčiť obštrukčnú ICHS. Výhodou CT koronarografie oproti neinvasívnym funkčným vyšetreniam je schopnosť zobraziť

Tabuľka 1. 2019 odporúčania ESC. Použitie diagnostických zobrazovacích vyšetrení v diagnostike symptomatických pacientov s podozrením na ICHS (23)

Odporúčania	Trieda ^a	Úroveň ^b
Neinvazívne funkčné zobrazovanie myokardiálnej ischémie alebo CT koronarografia sú odporúčané ako prvý test na diagnostiku ICHS u symptomatických pacientov, u ktorých nemožno klinickým posúdením vylúčiť ICHS.	I	B
Je odporúčané, aby bol výber prvého neinvazívneho diagnostického testu založený na klinickej pravdepodobnosti ICHS a ďalších faktorov zo strany pacienta vplývajúcimi na výsledok testu ^d ako aj na základe skúseností lokálneho pracoviska a dostupnosti testov.	I	C
Funkčné zobrazovanie myokardiálnej ischémie je odporúčané, keď CT koronarografia zobrazí ICHS nejasného funkčného významu, alebo keď je CT vyšetrenie nehodnotiteľné.	I	B
Invazívna koronarografia je odporúčaná ako alternatívny test na diagnostiku ICHS u pacientov s vysokou klinickou pravdepodobnosťou, závažnými symptómami bez odpovede na medikamentóznú liečbu alebo typickou angínou pri nízkej záťaži. Invazívne funkčné posúdenie musí byť k dispozícii a použiť sa na zhodnotenie stenózy pred revaskularizáciou, neplatí pri stenóze nad 90 %.	I	B
Invazívna koronarografia s možnosťou invazívneho funkčného posúdenia by sa mala zväziť pre potvrdenie diagnózy u pacientov s nejasným výsledkom na neinvazívnom testovaní.	IIa	B
CT koronarografia by sa mala zväziť ako alternatíva k invazívnej angiografii, ak je iný neinvazívny test nejednoznačný alebo nehodnotiteľný.	IIa	C
CT koronarografia nie je odporúčaná v prípade extenzívnej koronarsklerózy, nepravidelnej srdcovej frekvencie, extrémnej obezity, neschopnosti plniť dychové pokyny, alebo ak je iný predpoklad, že nebude dosiahnutá dobrá kvalita obrazu.	III	C
Detekcia koronárneho kalcia na CT nie je odporúčaná na identifikáciu pacientov s obštrukčnou ICHS.	III	C

^aTrieda odporúčaní, ^bÚroveň dôkazov, ^cStresová echokardiografia, stresové MR srdca, SPECT alebo PET, ^dFaktory ovplyvňujúce schopnosť cvičiť, pravdepodobnosť dobrej kvality obrazu, očakávanú radiačnú dávku, riziká alebo kontraindikácie

neobštrukčnú koronárnu aterosklerózu, čo prináša prognostickú informáciu a môže účinne nasmerovať preventívnu terapiu (25). CT koronarografia sa neodporúča u pacientov s nepravidelným pulzom alebo veľmi vysokým kalciovým skóre, lebo v takýchto situáciách možno očakávať zníženú kvalitu obrazu (26). Neinvazívne funkčné vyšetrenia majú vyššiu schopnosť potvrdiť ochorenie. Sú preferované skôr u pacientov s vyššou klinickou pravdepodobnosťou ICHS alebo pacientov so známou ICHS. Funkčné neinvazívne vyšetrenia na diagnózu obštrukčnej ICHS sú založené na

detekcii ischémie myokardu. Ischémiu myokardu je možné zobrazit pomocou perfúzneho SPECT, PET MR a CT vyšetrenia, pomocou záťažového EKG alebo záťažovej echokardiografie (27).

CAD-RADS

CAD-RADS (Coronary Artery Disease Reporting and Data System) je klasifikačný štandardizovaný systém, navrhnutý s cieľom uľahčiť komunikáciu medzi odosie-

Tabuľka 2: CAD-RADS klasifikácia u pacientov so stabilnou bolesťou na hrudníku (28).

Kategória	Stupeň maximálnej stenózy	Interpretácia	Ďalší diagnostický postup	Manažment pacienta
CAD-RADS 0	0 %	Absencia ICHS	Žiadny	Zväziť inú príčinu bolesti na hrudníku
CAD-RADS 1	1 – 24 %	Minimálna neobštrukčná ICHS		Zväziť inú príčinu bolesti na hrudníku
CAD-RADS 2	25 – 49 %	Mierna neobštrukčná ICHS		Zväziť prevenciu a modifikáciu rizikových faktorov
CAD-RADS 3	50 – 69 %	Stredne závažná stenóza	Zväziť funkčné zobrazovanie	Zväziť symptomatickú preventívnu, anti-ischemickú alebo inú liečbu vrátane revaskularizácie na základe platných odporúčaní
CAD-RADS 4	A – 70-99 % B – stenóza LM nad 50 %, alebo 3-cievne postihnutie s 70 – 99 % stenózou	Závažná stenóza	A: zväziť SKG alebo funkčné zobrazovanie B: SKG je odporúčané	
CAD-RADS 5	100 %	Totálna oklúzia	Zväziť SKG alebo zhodnotenie viability myokardu	
CAD-RADS N	Nehodnotiteľný nález	Nemožno vylúčiť obštrukčnú ICHS	Potrebné sú ďalšie diagnostické testy	

Modifikátory: N (nehodnotiteľný nález), S (stent), G (bypass), V (rizikový plát)

lajúcim a popisujúcim lekárom, zároveň zahŕňajúci aj odporúčania s následným ďalším manažmentom pacienta (28). CAD-RADS klasifikačný systém vznikol v roku 2016 a jeho hlavným cieľom je priniesť štandardizáciu do popisovania a hodnotenia CT koronarografických vyšetrení. CAD-RADS klasifikácia obsahuje 6 hlavných kategórií, rozdelených na základe percentuálnej závažnosti stenózy, pričom pri každom pacientovi je rozhodujúca stenóza s najvyšším stupňom závažnosti. Klasifikácia má rozsah od 0 (pri absencii stenózy a plátov), až po 5 (prítomnosť aspoň jednej uzavretej tepny) (obrázok 5–7). CAD-RADS klasifikáciu je možné aplikovať u pacientov so stabilnými bolesťami na hrudníku (tabuľka 2), ako aj u pacientov s akútnym stavom. Táto klasifikácia zahŕňa okrem stupňa závažnosti stenózy aj informácie o prítomnosti rizikového/nestabilného plátu, ako aj prítomnosť bypassu alebo stentu. CAD-RADS klasifikácia bola navrhnutá ako doplnok ku klasickému popisu, jej cieľom preto nie je nahradiť klasický popis vyšetrenia, ale zlepšiť prehľadnosť informácií, priniesť štandardizáciu výsledkov vyšetrenia a navrhnuť ďalší postup liečby.

Záver

Ischemická choroba srdca predstavuje ochorenie s najvyšším podielom mortality a morbidita celosvetovo. CT koronarografia umožňuje neinvazívne a presné zhodnotenie anatómie koronárneho riečiska, s vysokou senzitivitou a negatívnou prediktívnou hodnotou. Za posledných 10 až 15 rokov nastal výrazný technologický pokrok v oblasti kardio CT, dnes je toto vyšetrenie široko dostupné a s nízkou radiačnou záťažou. Hlavná sila CT koronarografie spočíva v schopnosti vylúčiť obštrukčnú ICHS. CT koronarografia je podľa najnovších odporúčaní Európskej kardiologickej spoločnosti z roku 2019 metódou voľby u symptomatických pacientov s podozrením na ICHS. Pridanie CT koronarografie do diagnostického algoritmu ICHS prinieslo nielen zvýšenie diagnostickej istoty a zavedenie lepšie cielenej terapie, ale malo za následok aj významné zníženie výskytu myokardiálnych infarktov. Klasifikačný systém CAD-RADS priniesol štandardizáciu do popisovania a hodnotenia CT a zároveň umožňuje stratifikovať pacientov na základe závažnosti stenózy.

Zoznam použitej literatúry

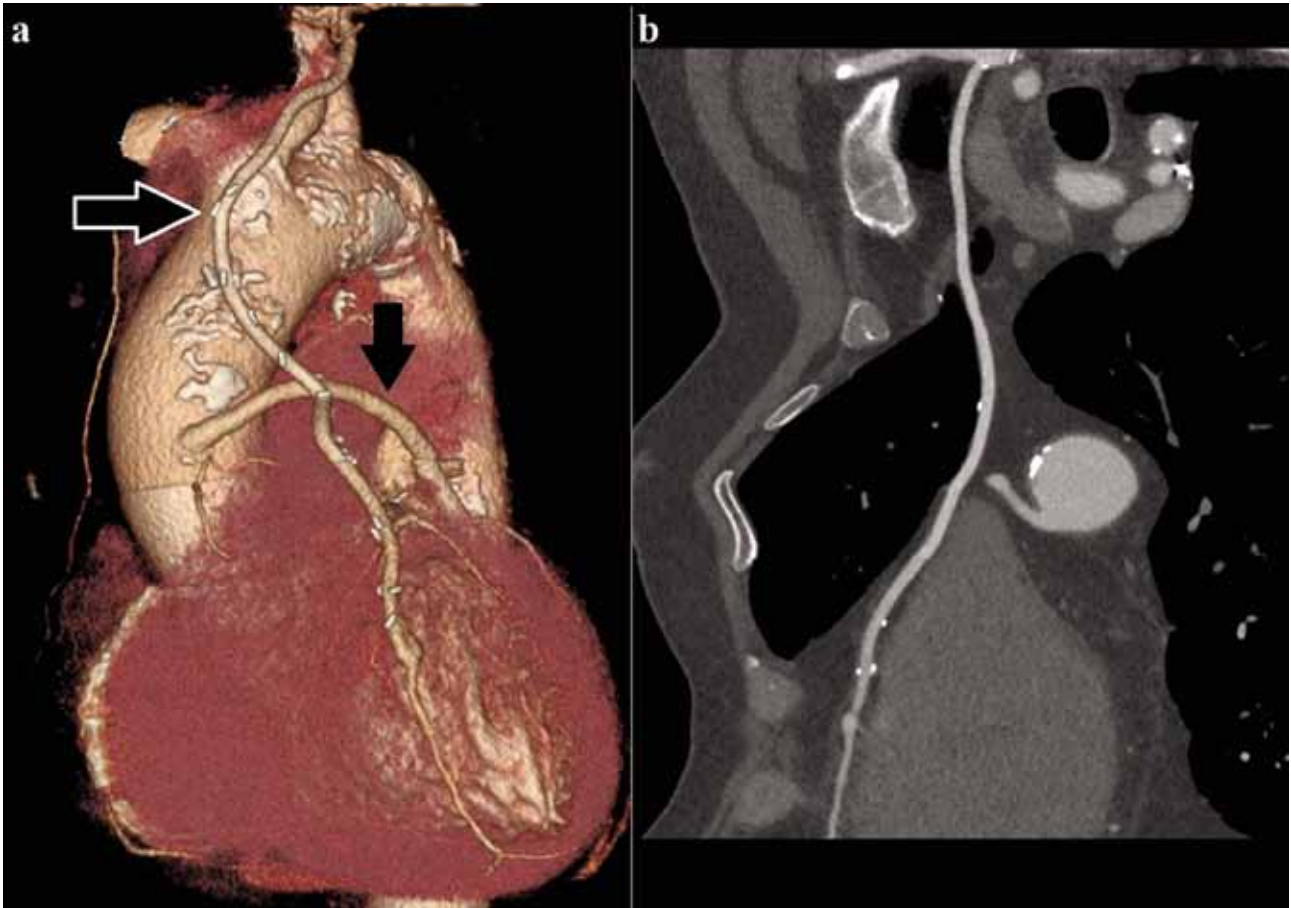
- Libby P, Theroux P. Pathophysiology of Coronary Artery Disease. *Circulation*. 2005;111(25):3481-3488. doi:10.1161/circulationaha.105.537878.
- Danad I, Szymonifka J, Twisk JW, et al. Diagnostic performance of cardiac imaging methods to diagnose ischaemia-causing coronary artery disease when directly compared with fractional flow reserve as a reference standard: a meta-analysis. *Eur Heart J*. 2017;38(13):991-998. doi:10.1093/eurheartj/ehw095.
- Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(21):1724-1732. doi: 10.1016/j.jacc.2008.07.031.
- Hadamitzky M, Taubert S, Deseive S, et al. Prognostic value of coronary computed tomography angiography during 5 years of follow-up in patients with suspected coronary artery disease. *Eur Heart J*. 2013;34(42):3277-3285. doi: 10.1093/eurheartj/ehz293.
- Meijboom WB, Meijjs MF, Schuijff JD, et al. Diagnostic Accuracy of 64-Slice Computed Tomography Coronary Angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(25):2135-2144. doi: 10.1016/j.jacc.2008.08.058.
- Douglas PS, Hoffmann U, Patel MR, et al. Outcomes of Anatomical versus Functional Testing for Coronary Artery Disease. *N Engl J Med*. 2015;372(14):1291-1300. doi: 10.1056/nejmoa1415516.
- SCOT-HEART investigators. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet*. 2015;385(9985):2383-2391. doi: 10.1016/s0140-6736(15)60291-4.
- SCOT-HEART investigators. Coronary CT Angiography and 5-Year Risk of Myocardial Infarction. *N Engl J Med*. 2018;379(10):924-933. doi: 10.1056/nejmoa1805971.
- Goldstein JA, Chinnaiyan KM, Abidov A, et al. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(14):1414-22. doi: 10.1016/j.jacc.2011.03.068.
- Litt HI, Gatsonis C, Snyder B, et al. CT angiography for safe discharge of patients with possible acute coronary syndromes. *N Engl J Med*. 2012; 366(15):1393-403. doi: 10.1056/NEJMoa1201163.
- Hoffmann U, Truong QA, Schoenfeld DA, et al. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain. *N Engl J Med*. 2012; 367(4):299-308. doi: 10.1056/NEJMoa1201161.
- Hamilton-Craig C, Fifoot A, Hansen M, et al. Diagnostic performance and cost of CT angiography versus stress ECG—a randomized prospective study of suspected acute coronary syndrome chest pain in the emergency department (CT-COMPARE). *Int J Cardiol*. 2014;177(3):867-73. doi: 10.1016/j.ijcard.2014.10.090.
- Hurlock GS, Higashino H, Mochizuki T. History of cardiac computed tomography: single to 320-detector row multislice computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2009;25 Suppl 1:31-42. doi: 10.1007/s10554-008-9408-z.
- Kalisz K, Buethe J, Saboo SS, et al. Artifacts at Cardiac CT: Physics and Solutions. *RadioGraphics*. 2016;36(7):2064-2083. doi: 10.1148/rg.2016160079.
- Ginat DT, Gupta R. Advances in computed tomography imaging technology. *Annu Rev Biomed Eng*. 2014;16:431-53. doi: 10.1146/annurev-bioeng-121813-113601.
- Hedgire SS, Baliyan V, Ghoshhajra BB, et al. Recent advances in cardiac computed tomography dose reduction strate-

- gies: a review of scientific evidence and technical developments. *J Med Imaging (Bellingham)*. 2017;4(3):031211. doi: 10.1117/1.JMI.4.3.031211.
17. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/ NASCI/SCAI/SCMR 2010 Appropriate Use Criteria for Cardiac Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56(22):1864-1894. doi:10.1016/j.jacc.2010.07.005.
 18. Wolk MJ, Bailey SR, Doherty JU, et al. ACCF/AHA/ASE/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/ SCCT/SCMR/STS 2013 multi-modality appropriate use criteria for the detection and risk assessment of stable ischemic heart disease. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63(4):380-406. doi: 10.1016/j.jacc.2013.11.009.
 19. Rybicki FJ, Udelson JE, Peacock WF, et al. 2015 ACR/ACC/AHA/AATS/ACEP /ASNC/NASCI/SAEM/SCCT/SCMR/SCPC/SNMMI/STR/STS Appropriate Utilization of Cardiovascular Imaging in Emergency Department Patients With Chest Pain. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67(7):853-879. doi: 10.1016/j.jacc.2015.09.011.
 20. Task Force Members. Montalescot G, Sechtem U, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease. *Eur Heart J*. 2013;34(38):2949-3003. doi: 10.1093/eurheartj/ehz296.
 21. Skinner JS, Smeeth L, Kendall JM, et al. NICE guidance. Chest pain of recent onset: assessment and diagnosis of recent onset chest pain or discomfort of suspected cardiac origin. *Heart*. 2010;96(12):974-978. doi: 10.1136/hrt.2009.190066.
 22. Moss AJ, Williams MC, Newby DE, Nicol ED. The Updated NICE Guidelines: Cardiac CT as the First-Line Test for Coronary Artery Disease. *Curr Cardiovasc Imaging Rep*. 2017;10(5). doi: 10.1007/s12410-017-9412-6.
 23. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes: The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2019 Aug 31. doi: 10.1093/eurheartj/ehz425.
 24. Haase R, Schlattmann P, Gueret P, et al. Diagnosis of obstructive coronary artery disease using computed tomography angiography in patients with stable chest pain depending on clinical probability and in clinically important subgroups: meta-analysis of individual patient data. *BMJ*. 2019;365:11945. doi: 10.1136/bmj.11945.
 25. Hoffmann U, Ferencik M, Udelson JE, et al. Prognostic value of noninvasive cardiovascular testing in patients with stable chest pain: insights from the PROMISE trial (Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain). *Circulation*. 2017;135(24):2320-32. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024360.
 26. Gueret P, Deux JF, Bonello L, et al. Diagnostic performance of computed tomography coronary angiography (from the prospective national multicenter multivendor EVASCAN study). *Am J Cardiol*. 2013 Feb 15;111(4):471-8. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.10.029.
 27. Siontis GC, Mavridis D, Greenwood JP, et al. Outcomes of non-invasive diagnostic modalities for the detection of coronary artery disease: network meta-analysis of diagnostic randomised controlled trials. *BMJ*. 2018;360:k504. doi: 10.1136/bmj.k504.
 28. Cury RC, Abbara S, Achenbach S, et al. CAD-RADSTM: Coronary Artery Disease - Reporting and Data System: An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT), the American College of Radiology (ACR) and the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Am Coll Radiol*. 2016;13:1458-1466. doi: 10.1016/j.jacr.2016.04.024.

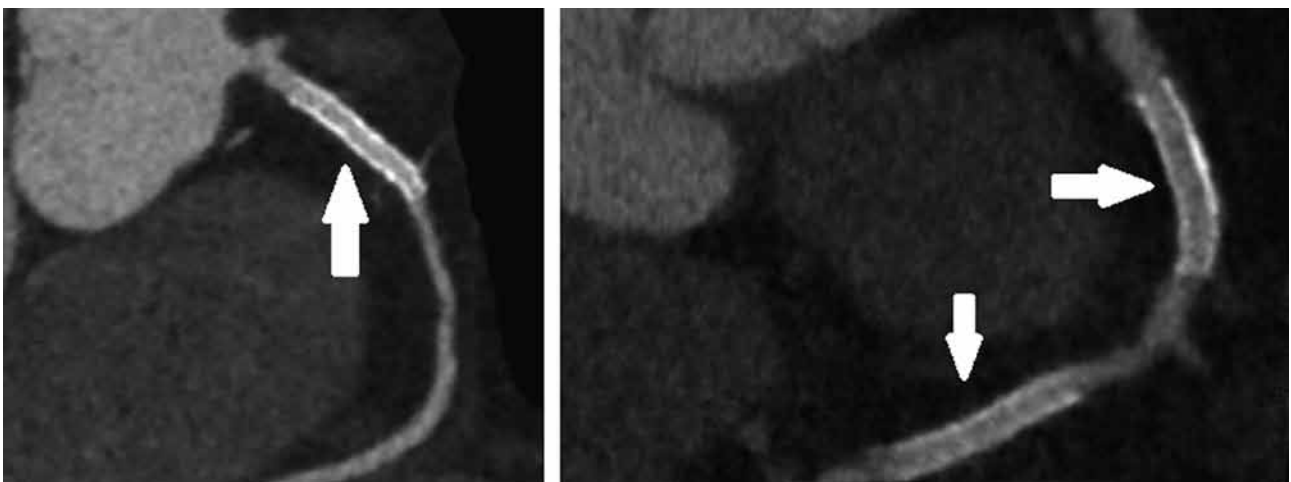
Adresa pre korešpondenciu:

MUDr. Andrej Klepanec, Ph.D., MPH, EBIR
Rádiologická klinika FN Trnava
A. Žarnova 11
917 75 Trnava
Tel.: +421 33 59 38 951
Email: andrej.klepanec@gmail.com

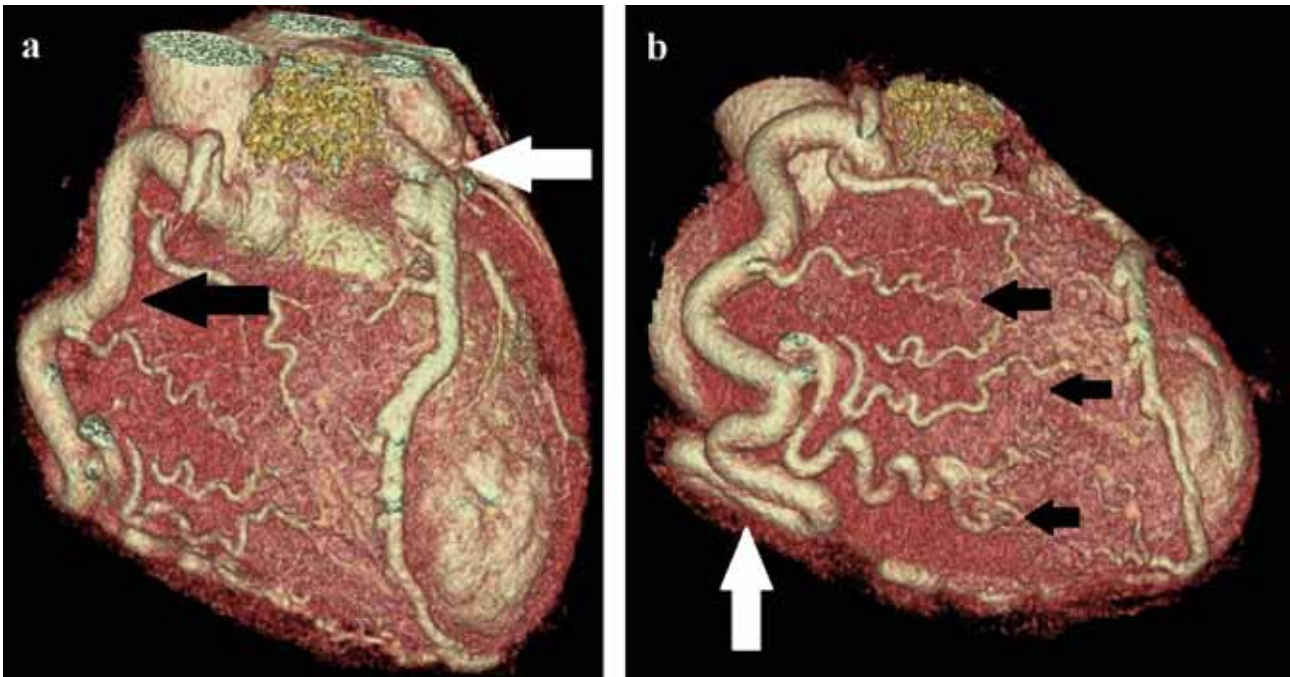
Obrazová príloha



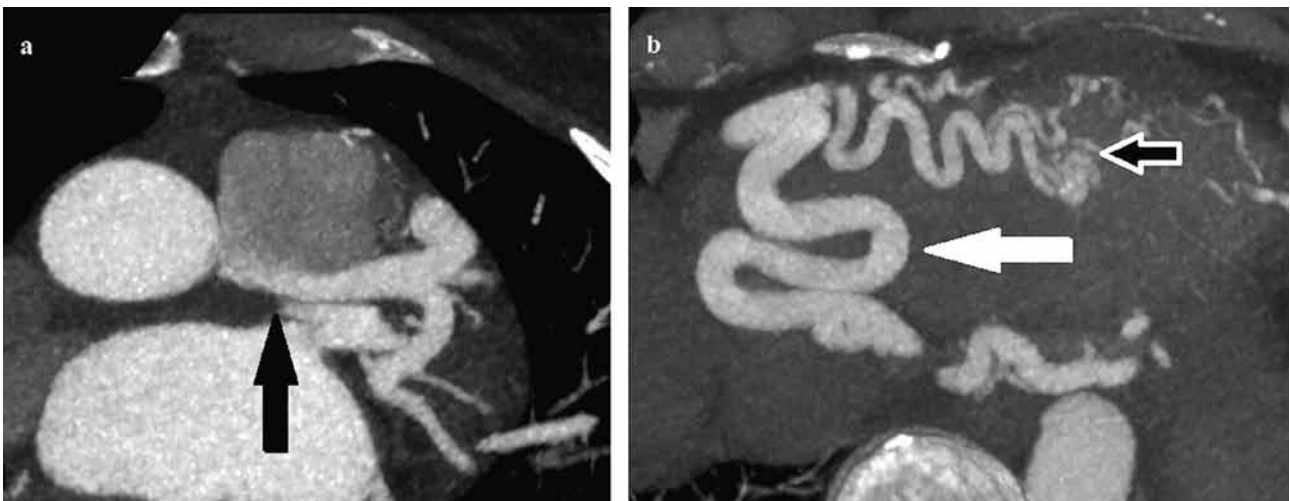
Obr. 1. VRT a cMPR rekonštrukcie bypassov. (a) VRT rekonštrukcia so zobrazením bypassu LIMA-RIA (čierno-biela šípka) a bypassu VSM-RMS (čierna šípka). (b) cMPR rekonštrukcia celého priebehu LIMA-RIA bypassu.



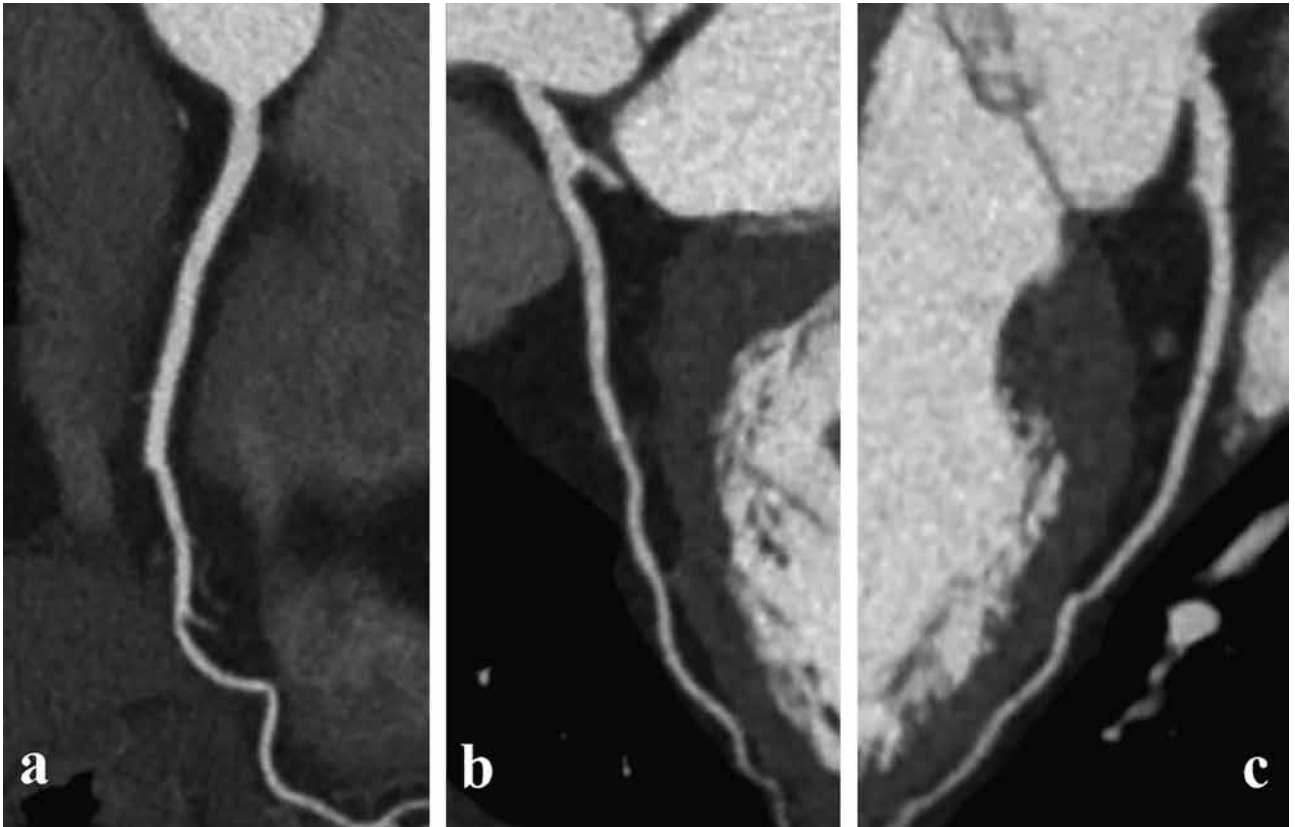
Obr. 2. Zobrazenie stentov, cMPR pohľady. Na obrázku vľavo je zavedený stent v proximálnom segmente RCA, na obrázku vpravo sú dva stenty v strednom a distálnom segmente RCA, všetky zobrazené stenty sú priechodné, bez závažnej stenózy.



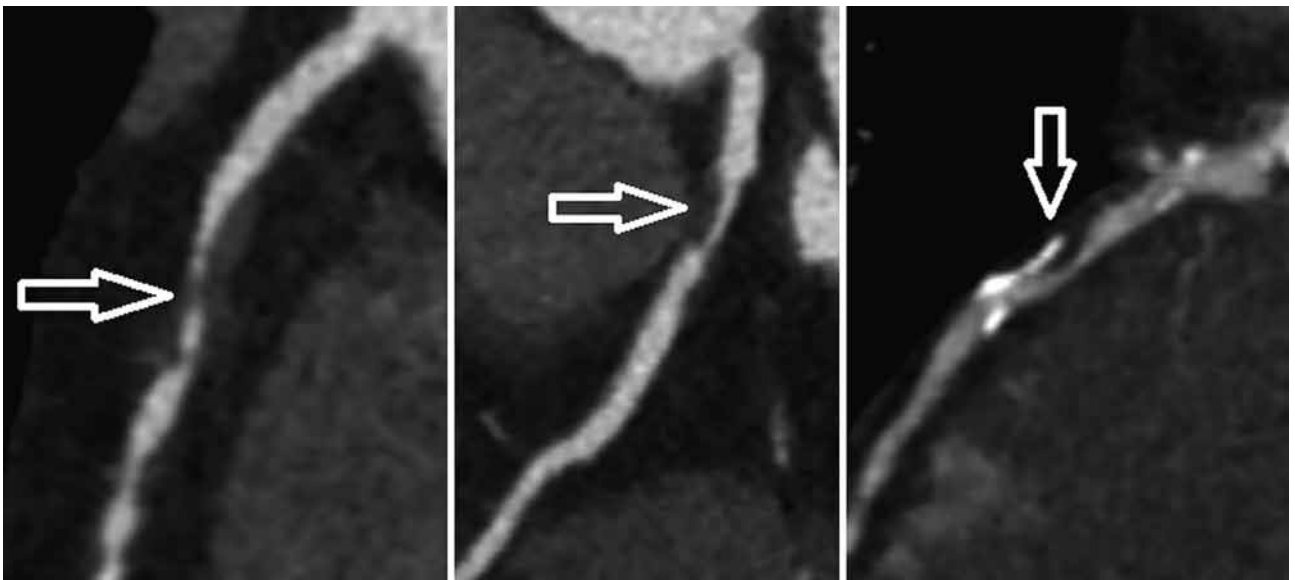
Obr. 3. ALCAPA syndróm, VRT rekonštrukcie. (a) Rozšírená pravá koronárna artéria (čierna šípka), anomálny odstup ľavej koronárnej artérie z arteria pulmonalis (biela šípka). (b) tortuózný priebeh pravej koronárnej artérie (biela šípka), s bohatým kolaterálnym obehom do povodia ľavej koronárnej artérie (čierné šípky).



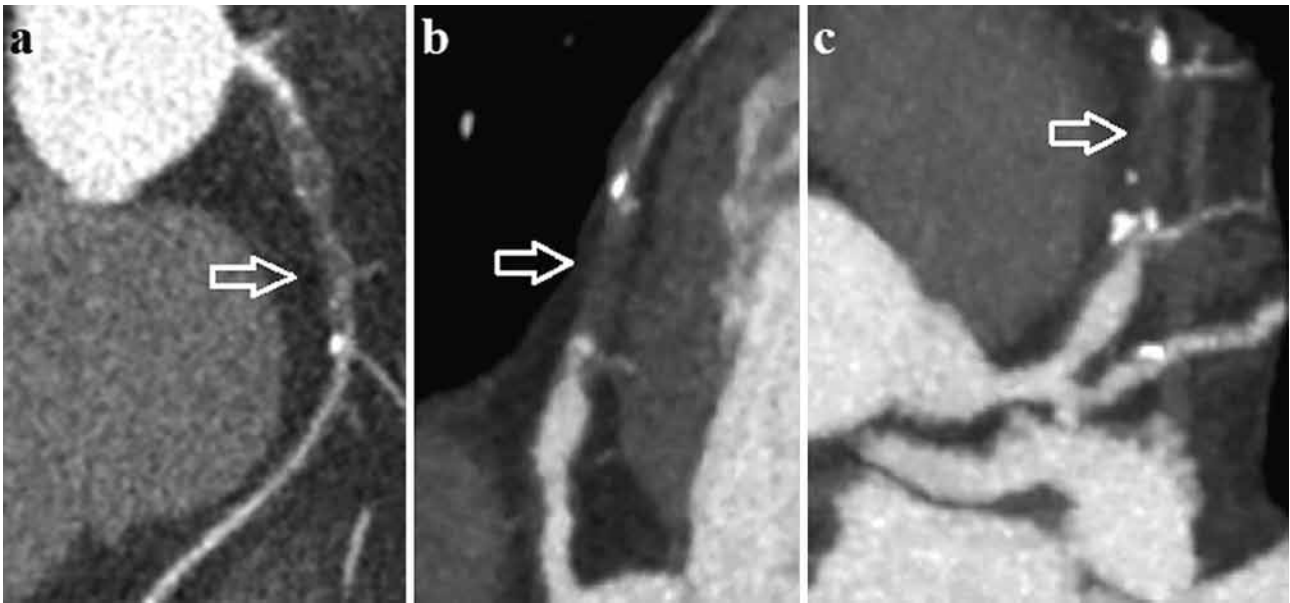
Obr. 4. ALCAPA syndróm, MIP projekcie. (a) Anomálny odstup ľavej koronárnej artérie z arteria pulmonalis (čierna šípka). (b) Tortuózný priebeh dilatovanej pravej koronárnej artérie (biela šípka), kolaterálny obeh (čierno-biela šípka).



Obr. 5. Normálny nález na CT koronarografii, CAD-RADS 0. (a) RCA, (b) LAD, (c) LCX sú bez aterosklerotických plátov a bez stenóz.



Obr. 6. CAD-RADS 4A. Príklady závažných stenóz v rozsahu 70-99%, na podklade hypodenzných plátov (ľavý a stredný obrázok) a na podklade zmiešaného plátu (obrázok vpravo).



Obr. 7. CAD-RADS 5. (a) oklúzia proximálneho segmentu RCA, (b, c) oklúzia stredného segmentu LAD.