

CT koronarografia ako jedna z možností vyšetrenia koronárnych ciev

Mgr. Zuzana Bárđyová, PhD.¹, doc. RNDr. Martina Horváthová, PhD.¹, doc. RNDr. Denisa Nikodémová, PhD.², MUDr. Vladimír Neuschl³

¹Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce, Trnavská univerzita v Trnave

²Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave

³MRI s. r. o., Inštitút zobrazovacej diagnostiky v Trnave

CT koronarografia poskytuje vysokokvalitný 3D obraz srdca a koronárnych ciev, ktorý je dôležitý pre diagnostiku a interpretáciu snímky. Vďaka vysokokvalitnému zobrazeniu je možné získať maximum diagnostických informácií ako aj vizualizáciu konkrétnych anatomických častí, u ktorých sa predpokladá vznik patologického procesu. CT koronarografia sa využíva na diagnostiku ischemickej choroby srdca, monitoringu bypassu alebo na dôkaz prítomnosti trombov a aterosklerotických plátov v koronárnych cievach alebo na získanie informácií z miest, ktoré nie je možné zobraziť pomocou intervenčnej koronarografie. CT koronarografia má nezastupiteľné miesto medzi diagnostickými metódami kardiovaskulárnych ochorení a poskytuje komplexnejšie hodnotenie v porovnaní s intervenčnou koronarografiou. Cieľom práce bolo stručné zosumarizovanie princípu zobrazovacej metódy, ako aj objasnenie pojmov s ktorými sa pri CCTA stretávame.

Kľúčové slová: CT koronarografia, kardiológia, ischemická choroba srdca, neinvazívna koronarografia

The coronary CT angiography as the one of option of examination of coronary heart disease

The coronary CT angiography generates 3D image of heart and coronary arteries with high quality and this image is very important for interpreting scans and for diagnostics of coronary heart disease. Thanks to the high quality of image the cardiologists can obtain maximum of the diagnostic information and they can visualize the coronary artery of specific anatomical part, in which is expected formation of a pathological process. The CCTA is used for diagnose coronary artery disease, monitoring of bypasses or for detection of thrombus and calcifications in the coronary arteries. The CCTA helps to obtain special information from this anatomical part, which is not possible to receive by the interventional coronary angiography, because CCTA provides a more comprehensive assessment of coronary arteries. The CCTA has a unique place among another diagnostic methods used for the diagnosis of cardiovascular diseases. The aim of the study was to summarize briefly the principle of imaging techniques of the CCTA and to define the concepts are used for this examination.

Key words: coronary CT angiography, coronary heart disease, non-invasive coronary angiography

Vask. med., 2017, 9(3-4): 122–125

Úvod

Ischemická choroba srdca je považovaná za jeden z najväčších problémov medzi kardiovaskulárnymi ochoreniami. Predstavuje jednu z najčastejších príčin morbiditu vo vyspelých krajinách a jednu z hlavných príčin morbiditu v rozvojových krajinách. Podľa NCZI bola v Slovenskej republike v roku 2014 prevalencia ischemických chorôb srdca (ICHS) 270 chorých na 10 000 obyvateľov. Incidencia ICHS v Slovenskej republike v roku 2015 bola 41 chorých na 10 000 obyvateľov, pričom incidencia žien bola vyššia o 5 % ako incidencia mužov. Najvyšší počet novovzniknutých ochorení bol vo vekových kategóriách od 45 do 84 rokov, ktorí predstavujú majoritnú skupinu pacientov podstupujúcich neinvazívnu alebo invazívnu koronarografiu (1).

V súčasnosti existuje viacero metód, ktorými je možné diagnostikovať kardiovaskulárne ochorenia. Okrem vyšetrenia EKG a základných

biomarkerov sa na včasnú diagnostiku ischemických chorôb srdca využíva koronarografia, ktorá môže byť invazívna a neinvazívna. Invazívna koronarografia bezpodmienečne predstavuje „zlatý štandard“ v diagnostike koronárnej stenózy. Avšak, so zavedením multidetektorovej počítačovej tomografie sa otvorili nové možnosti v diagnostike kardiovaskulárnych ochorení prostredníctvom neinvazívneho posudzovania srdca a koronárnych ciev (2).

CT koronarografia (CCTA) je rýchlo rastúca zobrazovacia metóda s rozšírenou dostupnosťou v klinickej praxi. V čase zavedenia CCTA do praxe sa však začala vo vedeckej sfére objavovať otázka, či ide o vhodnú diagnostickú metódu, ktorá by mohla nahradiť invazívnu koronarografiu (3). Tieto otázky a neistoty viedli k uskuotočneniu viacerých štúdií, ktorých primárnym cieľom bolo porovnanie invazívnej a neinvazívnej koronarografie (4, 5, 6). CCTA predstavuje v porovnaní s invazívnou koronarografiou viace-

ro výhod, ale nesmieme zabúdať na to, že obe vyšetrovacie metódy majú svoje silné, ako aj slabé stránky. Invazívna koronarografia v lepšej miere kvantifikuje závažnosť stenózy a CCTA má napr. vyššiu predikciu stenózy. Okrem iného, 3D snímky umožňujú v porovnaní s 2D snímkami vyššiu diferenciáciu pri hodnotení stenóz (4, 5).

Hlavnou výhodou CCTA je, že odbúrava riziká spájané s invazívnym zákrokom, a okrem vizualizácie lúmenu vyšetrovanej cievy umožňuje vizualizáciu okolitých mäkkých tkanív na detekciu rôznych vrodených alebo získaných abnormalít koronárnych tepien (2). Kombinuje vysoké priestorové a časové rozlíšenie s rýchlym pokrytím, čo umožňuje zobrazenie malých a rýchlo sa pohybujúcich vencovitých tepien v rámci jedného zadržania nádychu. Vďaka svojej vysokej senzitivite a špecificite sa CCTA stala vhodnou alternatívou intervenčnej koronarografie (7). Naopak, najväčšou nevýhodou CCTA je práve radiačná záťaž.

CT koronarografia – definícia a priebeh vyšetrenia

CCTA predstavuje zložitú metódu, ktorá si vyžaduje synchronizáciu viacerých procesov a to:

- Multidetektorová počítačová tomografia
- EKG
- Aplikácia β -blokátorov, nitroglycerínu a kontrastnej látky

Základný princíp vyšetrenia spočíva v kompenzácii pohybu vencovitých, koronárnych tepien ako aj celého myokardu, ktoré vykonávajú nerovnomerný, komplexný pohyb. Kompenzácia pohybu sa realizuje tzv. „zmrazením“ pohybu myokardu a koronárnych ciev, čo sa uskutočňuje v jednotlivých fázach srdcového cyklu v závislosti od výšky a pravidelnosti srdcovej frekvencie pacienta. Napriek tomu, že počas vyšetrenia dochádza ku kompenzácii pohybu myokardu a koronárnych ciev, je nutné využívať CT prístroje s vysokým priestorovým a časovým rozlíšením. Z tohto dôvodu je nutné využívať multidetektorové CT (8).

Na synchronizáciu CT s EKG je nutné presné ohraničenie opakujúcej sa fázy srdcového cyklu, ktorého súčasťou je aj presné definovanie jednotlivých fáz (9). Najmenší pohyb srdca a okolitých ciev sa pri tepovej frekvencii nižšej ako 80 tepov za minútu vyžaduje počas diastolickej fázy. Naopak, pri tepovej frekvencii vyššej ako 80 tepov za minútu sa najmenší pohyb vyžaduje počas systolickej fázy. Z tohto dôvodu je nutné zaznamenávanie EKG počas celého vyšetrenia. V konečnej systolickej fáze srdcový cyklus predstavuje 25–35 % cyklu a v konečnej diastolickej fáze predstavuje 65–75 % cyklu (8). Pretože vyšetrenie využíva ionizujúce žiarenie a dochádza k expozícii pacienta, správna EKG synchronizácia zabezpečuje primeranú radiačnú záťaž, ako aj optimálnu kvalitu obrazu (10).

V dôsledku zložitosti vyšetrenia je neodmysliteľnou súčasťou príprava pacienta, ktorej súčasťou je striktné dodržiavanie viacerých odporúčaní, ku ktorým patrí napr.:

- zákaz konzumácie kofeínu, nikotínu, tuhého jedla aspoň 12 hodín pred vyšetrením,
- v prípade, že pacient užíva lieky, užiť ich,
- zvýšenie príjmu tekutín pred samotným vyšetrením.

Príprava pacienta zahŕňa v prípade potreby spomalenie a stabilizáciu srdcovej frekvencie pacienta, ktorá môže byť spôsobená viacerými dôvodmi, ako je napr. úzkosť spájaná s vedomím, že bude pacientovi vykonané vyšetrenie a bude mu do krvného obehu aplikovaná kontrastná látka.

Nižšia srdcová frekvencia je počas vyšetrenia nevyhnutná, pretože zvyšuje relatívny podiel diastoly počas srdcového cyklu a obmedzuje pohyb srdcových artefaktov. Pokles srdcovej frekvencie je taktiež pozorovaný počas počiatkových pár sekúnd, keď pacient zadržava dych, a práve v tomto momente dochádza k expozícii pacienta. Z tohto dôvodu sa za účelom kontroly srdcovej frekvencie a zabezpečenia dostatočnej kvality obrazu aplikujú perorálne β -blokátory, ktoré sa podávajú cca 30 až 60 minút pred samotným vyšetrením. O podaní množstva β -blokátorov rozhoduje priamo lekár na základe aktuálnej hodnoty krvného tlaku a celkového zdravotného stavu pacienta. Hlavnou kontraindikáciou podania β -blokátorov je tepová frekvencia nižšia ako 60 tepov za minútu, systolický krvný tlak pod 100 mmHg a dekompenzácia srdcového zlyhania. Pri podávaní β -blokátorov je taktiež nutné dbať na to, či pacient nie je ťažký astmatik, neužíva Verapamil, nebola mu diagnostikovaná ťažká aortálna stenóza alebo sa v anamnéze nenachádza zástava srdca, pretože práve u týchto pacientov je nutné β -blokátory podávať s najvyššou opatnosťou (11).

Tieto opatrenia sú potrebné v dôsledku eliminácie srdcovej stimulácie a vzniku artefaktov na snímkach, ktoré sú pri vyhodnocovaní snímok vyšetrenia nežiaduce.

Ďalšou látkou, ktorá je pacientovi aplikovaná sublingválne je nitroglycerín, ktorý dilatuje koronárne tepny a tým zvyšuje kvalitu vizualizácie (12). Kontraindikáciou pre podanie nitroglycerínu je alergická reakcia na nitroglycerín v predchádzajúcom období alebo veľmi nízky krvný tlak vyšetrujúceho pacienta.

Po podaní β -blokátorov a stabilizovaní srdcovej frekvencie na požadovanú optimálnu hodnotu je pacientovi intravenózne aplikovaná kontrastná látka, ktorá zvyrazňuje krvné riečiško. Najčastejšou kontrastnou látkou je jód, ktorý sa pri väčšom množstve môže spájať s nefrotoxickými účinkami (13).

Po adekvátnej príprave pacienta dochádza k samotnej expozícii. Prvá časť expozície spočíva v hodnotení koronárneho kalciového skóre (CCS). Po zhodnotení CCS sa rozhodne, či bude pacientovi ďalej realizované kontrastné vyšetrenie srdca – CCTA. V súčasnosti poznáme dve základné metódy CCTA, ktorými je možné uskutočniť vyšetrenie, a to prospektívny EKG-triggering a retrospektívny EKG-gating (10).

Hodnotenie koronárneho kalciového skóre

CCS sa využíva na odhalenie aterosklerotických plátov v cievach. Služi ako prognostický

Tabuľka 1. Vyhodnotenie Agatstonového skóre (18)

Kalcium skóre	% podiel kalcifikátov v koronárnych artériách
0	Žiadne kalcifikované aterosklerotické pláty
1 – 10	Minimálne kalcifikované aterosklerotické pláty
11 – 100	Mierne kalcifikované aterosklerotické pláty
101 – 400	Stredne kalcifikované aterosklerotické pláty
viac ako 400	Rozsiahle kalcifikované aterosklerotické pláty

faktor a na hodnotenie rizika vzniku kardiovaskulárneho ochorenia pacientov s nízkym alebo stredným rizikom. CCS využíva sekvenčný typ skenovania a je nastavený na 75 % intervalu srdca, vďaka čomu expozícia CCS predstavuje zanedbateľné množstvo dávky ionizujúceho žiarenia, ktorej je pacient vystavený (14, 15).

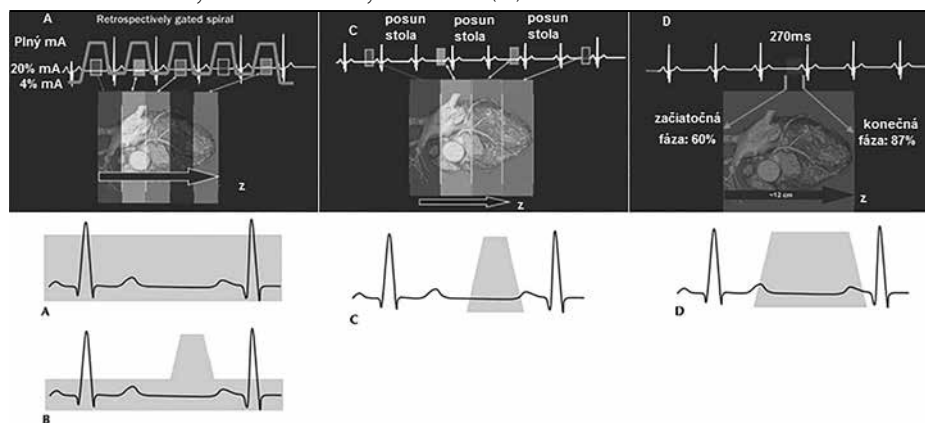
Prostredníctvom CCS je možné stanovenie tzv. Agatstonového skóre, ktoré hovorí o množstve kalcifikátov v cievach. V prípade, že Agatstonove skóre dosahuje vysokú hodnotu, pacient nepodstupuje samotnú CCTA a je odporúčaný na intervenčnú koronarografiu. V tabuľke 1 je hodnotenie závažnosti prítomnosti kalcia v cievach podľa Agatstonovej stupnice.

Metóda retrospektívneho EKG-gatingu

Metóda retrospektívneho EKG-gatingu (RG CCTA) využíva špirálový typ CT. Údaje sa získavajú kontinuálne v režime špirály a zároveň dochádza k posunu stola pacienta konštantnou rýchlosťou. Pri tejto metóde dochádza k prekryvaniu helikálnych skenov tak, aby došlo ku konzistentnému pokrytiu skenovanej oblasti myokardu, čo sa docieľa vďaka nižším hodnotám pitch faktora (10).

Metóda RG CCTA je odporúčaná pre pacientov, ktorí majú vysoký a nepravidelný pulz. Táto metóda vyniká v tom, že variabilita činnosti myokardu nemá taký veľký vplyv na kvalitu obrazu ako pri metóde prospektívneho triggeringu. Výsledok RG CCTA umožňuje vyhodnotenie srdcových a tepových objemov, diagnostiku abnormálnych pohybov steny myokardu a koronárnych ciev (8, 12).

Medzi hlavné negatíva RG CCTA patrí skutočnosť, že sa v porovnaní s inými metódami spája s vyššou radiačnou záťažou, čo je spôsobené posunom stola pacienta o menší úsek ako je šírka detektora pri jednej rotácii gantry. Tento mechanizmus posunu je následne príčinou opakovanej expozície určitej anatomickej oblasti v dôsledku prekryvania sa jednotlivých častí skenov. Pacient je exponovaný

Obrázok 1. Modality CCTA a ich režimy skenovania (17)

Vysvetlivky: A – retrospektívny EKG-gating bez modulácie prúdu, B – retrospektívny EKG-gating s moduláciou prúdu počas systolickej fázy, C – prospektívny EKG-triggering, D – Flash mode prospektívny EKG-triggering

Tabuľka 2. Porovnanie výhod a nevýhod metód CCTA (19)

Porovnávaný parameter	RG CCTA		PT CCTA	
	Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody
Protokol skenovania	Axiálne – špirálové získavanie údajov	Expozícia sa vykonáva počas celého srdcového cyklu a len určitá časť dát sa využíva na rekonštrukciu snímok	Expozícia sa uskutočňuje iba v určitý úsek R-R intervalu (neskorá diastolická fáza)	Axiálne – Nešpirálové skenovanie
Kvalita obrazu	98 – 100 %	Artefakty môžu vzniknúť pri veľmi vysokom tepe	95 – 99 %	Artefakty vznikajú pri tepe väčšom ako je 70 úderov za minútu
Vplyv srdcovej frekvencie	Diagnostická presnosť je vysoká aj pri vyššom tepe, nie je závislá od rýchlosti R-R intervalu	Diagnostická presnosť mierne klesá so zvyšujúcim sa tepom (70 – 100 úderov za minútu)	Vysoká diagnostická presnosť pri nízkej srdcovej frekvencii	Metóda je limitovaná na srdcovú frekvenciu menšiu ako 70 úderov za minútu
Diagnostická presnosť	Vysoká senzitivita, špecifická, negatívna prediktívna hodnota	Senzitivita ovplyvnená rozsiahlymi kalcifikátmi	Vysoká diagnostická presnosť, aj keď údaje sú obmedzené	Obmedzené množstvo údajov k dispozícii
Radiačná záťaž – efektívna dávka	Prúdom je možné redukovať radiačnú záťaž	Radiačná záťaž v rozmedzí od 7,6 – 31,8 mSv	Signifikantná redukcia radiačnej záťaže; efektívna dávka v rozmedzí 2,1 – 9,2 mSv	

počas celého srdcového intervalu, vďaka čomu je možná rekonštrukcia snímok z akejkoľvek fázy činnosti myokardu. Veľkosť efektívnej dávky sa javí v závislosti od pohlavia vyššia u žien. Staršie štúdie uvádzali veľkosť efektívnej dávky od 12 mSv až do 40 mSv (10). Odvtedy došlo k výraznému pokroku a veľkosť expozície pri RG CCTA sa redukovala. Pri tomto type je rozsah efektívnej dávky od 6 mSv do 20 mSv (16).

V dôsledku zníženia vyššie spomínanej vysokej radiačnej záťaže pacientov sa vytvárali rôzne stratégie a spôsoby, ktoré vedú k optimalizácii vyšetrenia. Medzi základné spôsoby optimalizácie CCTA využívajúcej metódu RG patrí napr. zníženie napätia alebo zníženie hodnoty prúdu

počas systolickej fázy myokardu. Takýto typ RG CCTA sa nazýva modulovaný RG CCTA, ktorým je možné znížiť radiačnú záťaž o 30 až 50 % (17).

Metóda prospektívneho EKG-triggeringu

Druhou metódou CCTA je metóda prospektívneho EKG-triggeringu (PT CCTA), ktorá bola vyvinutá ako jeden zo spôsobov, ako znížiť radiačnú záťaž u pacientov podstupujúcich CCTA. PT CCTA využíva sekvenčný typ skenovania. Na rozdiel od RG CCTA, pri metóde PT CCTA nedochádza k expozícii počas celého R-R intervalu, ale len počas vopred stanovených fáz, čím dochádza k zníženiu radiačnej záťaže pacientov. Pri PT

CCTA sa udáva rozsah efektívnej dávky od 2 mSv do 6 mSv (17). Počas posunu stola pacienta k expozícii nedochádza, čo viedlo k názvu metódy „step-and-shoot“ (11, 12).

Na rozdiel od RG CCTA je metóda PT CCTA odporúčaná len pre pacientov s nízkym alebo pravidelným pulzom (8). Nevýhodou metódy PT CCTA je, že umožňuje rekonštrukciu snímok len z fáz, počas ktorých došlo k expozícii pacienta. Naopak, hlavnou výhodou je, že redukuje veľkosť radiačnej záťaže až o 77 – 87 %. Napriek redukcii veľkosti radiačnej záťaže nedochádza k negatívnejmu vplyvu na kvalitu výsledných snímok.

V porovnaní s RG CCTA, pri ktorom existuje režim na redukovanie efektívnej dávky, pri metóde PT CCTA sa využíva aj režim nazývaný Flash mode (CT prístroje Siemens), ktorý naopak veľkosť efektívnej dávky v porovnaní s klasickou PT CCTA zvyšuje v dôsledku predĺženej doby skenovania, ktorá je potrebná pri veľmi pomalom pulze pacienta (12).

Porovnanie PT CCTA a RG CCTA je na obrázku 1 a v tabuľke 2.

Indikácie a kontraindikácie CT koronarografie

Čo sa týka kontraindikácií vyšetrenia, patrí medzi ne najmä:

- alergia na kontrastnú látku – jód,
- obličková nedostatočnosť,
- arytmia,
- tehotenstvo,
- neschopnosť udržať dych,
- neschopnosť riadiť sa pokynmi asistenta,
- neschopnosť ležania na chrbte bez pohybu,
- vysoké koronárne kalciové skóre, ktoré sa uskutočňuje pred samotnou CCTA.

Tieto kontraindikácie sú rovnaké pre CT koronarografiu uskutočňovanú metódou PT CCTA alebo RG CCTA (12).

Najdôležitejšia klinická indikácia pre CCTA je hodnotenie syndrómu bolesti na hrudníku pacienta s hodnotením pravdepodobnosti (10 – 90 %) vzniku ischemickej choroby srdca. Vďaka svojej vysokej negatívnej prediktívnej hodnote (99 %), negatívna CCTA bezpečne vylučuje koronárny postih ciev (7). Hlavné indikácie na vyšetrenie CCTA sú v tabuľke 3.

Záver

CCTA je bezbolestná, neinvazívna, diagnostická metóda, ktorá sa stáva čoraz viac využívanou najmä u pacientov s bolesťou na hrudi. Prvotným bodom vyšetrenia je komunikácia s pacientom, do ktorej sa radí zistenie zoznamu liekov, ktoré pacient užíva, striktné do-

Tabuľka 3. Indikácie na vyšetrenie CCTA (16, 20)

1. Detekcia ICHS u symptomatických pacientov bez doposiaľ diagnostikovanej ICHS
 - a) Pacienti bez akútnych príznakov, ktoré sú prejavom ICHS
 - Nízka pravdepodobnosť ICHS so súčasným nejasne interpretovateľným EKG záznamom a znemožneným uskutočnením EKG
 - Stredná pravdepodobnosť ICHS so súčasným jasne interpretovateľným EKG záznamom a možnosťou uskutočniť EKG
 - Stredná pravdepodobnosť ICHS so súčasným jasne interpretovateľným EKG záznamom a znemožneným uskutočnením EKG
 - Normálne výsledky záťažového EKG vyšetrenia s pretrvávajúcimi príznakmi
 - Nesúhlasné výsledky záťažového EKG vyšetrenia s výsledkami zobrazovacích metód
 - Nejednoznačné výsledky záťažového EKG vyšetrenia
 - b) Pacienti s akútnymi príznakmi a podozrením na akútny koronárny syndróm
 - Nízka pravdepodobnosť ICHS s normálnymi výsledkami EKG a biomarkermi KVCH
 - Nízka pravdepodobnosť ICHS s nejednoznačnými výsledkami EKG alebo nejednoznačnými výsledkami biomarkerov KVCH
 - Nízka pravdepodobnosť vzniku ICHS s nemožnosťou interpretovať výsledky EKG
 - Stredná pravdepodobnosť ICHS s normálnymi výsledkami EKG a biomarkermi KVCH
 - Stredná pravdepodobnosť ICHS s nejednoznačnými výsledkami EKG alebo nejednoznačnými výsledkami biomarkerov KVCH
 - Stredná pravdepodobnosť ICHS s nemožnosťou interpretovať výsledky EKG
2. Detekcia ICHS pri novovzniknutej alebo novodiagnostikovanej zástave srdca
 - Nízka alebo stredná pravdepodobnosť ICHS so zníženou ejekčnou frakciou srdca
3. Detekcia ICHS u pacientov po nekoronárnej srdcovej chirurgii
 - Stredná pravdepodobnosť ICHS
4. Hodnotenie rizika po koronárnom bypase
 - Vyhodnotenie priechodnosti štepu pacientov so symptómami, ktoré predstavujú ICHS
 - Lokalizácia štepu pred reoperáciou hrudníka alebo po operácii srdca
5. Hodnotenie rizika u pacientov po perkutánnej koronárnej intervencii u asymptomatických pacientov
 - Hodnotenie stentu s priemerom ≥ 3 mm po perkutánnej koronárnej intervencii
6. Posúdenie anomálií koronárnych tepien

držanie odporúčaní a adekvátna príprava pacienta, čím sa čiastočne odbúrava stres a úzkosť pacienta spájaná s uskutočňovaným vyšetrením. Pred samotným vyšetrením je potrebné zistenie výšky a hmotnosti, z ktorých by sa mala stanoviť hodnota BMI (body mass index), ktorý by mal byť zohľadňovaný pri veľkosti expozície pacientov. Taktiež by mal byť zaznamenaný krvný tlak a tep v dôsledku potreby podania betablokátorov, vďaka ktorým je možné stabilizovať krvný tlak a tep, a následne zvoliť vhodnú metódu vyšetrenia – RG CCTA, PT CCTA alebo ich režimy, čo prispieva k expozícii pacienta optimálnou dávkou ionizujúceho žiarenia a súčasne napomáha k zníženiu radiačnej záťaže pacientov, ktorí postupujú vyšetrenie CCTA.

Literatúra

1. Národné centrum zdravotníckych informácií. Činnosť kardiologických ambulancií v SR 2015. [online]. Edícia Zdravotnícka štatistika. 2016. Available from: <<http://www.nczisk.sk/Documents/publikacie/2015/sp1602.pdf>>. Accessed May 27, 2017.

2. Kantarci M, Doğanay S, Karçaaltıncaba M, Karabulut N, Erol MK, Yağın A, et al. Clinical Situations in which Coronary CT Angiography Confers Superior Diagnostic Information Compared with Coronary Angiography. *Diagnostic and Interventional Radiology*. 2012;18(3):261–269.

3. Nieman K. Can CT Angiography Replace Catheter Coronary Angiography? *EuroIntervention*. 2010;6:65–71.

4. Budoff MJ, Nakazato R, Mancini GBJ, Gransar H, Leipsic J, Berman DS, et al. CT Angiography for the Prediction of Hemodynamic Significance in Intermediate and Severe Lesions. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2016;9(5):559–564.

5. Sarno G, Decraemer I, Vanhoenacker PK, De Bruyne B, Hamilos M, Cuisset T, et al. On the Inappropriateness of Noninvasive Multidetector Computed Tomography Coronary Angiography to Trigger Coronary Revascularization: A Comparison with Invasive Angiography. *JACC: Cardiovascular interventions*. 2009;2(6):550–557.

6. Joshi H, Shah R, Prajapati J, Bhangdiya V, Shah J, Kandre Y, et al. Diagnostic Accuracy of Computed Tomography Angiography as Compared to Conventional Angiography in Patients Undergoing Noncoronary Cardiac Surgery. *Heart Views*. 2016;17(3):88–91.

7. Zordo D, Plank F, Feuchtnner G. Radiation Dose in Coronary CT Angiography: How High is it and What Can be Done to Keep it Low? *Current Cardiovascular Imaging Reports*. 2012;5(5):292–300.

8. Reiser MF, Becker CR, Nikolaou K, Glazer G. *Multislice CT*. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2009.

9. Baxa J, Ferda J. *Multidetektorová výpočetní tomografie srdce*. Praha: Galén; 2012.

10. Zhonghua S. *Coronary Computed Tomography Angiography in Coronary Artery Disease: A Systematic Review of Image Quality, Diagnostic Accuracy and Radiation Dose (Cardiology Research and Clinical Developments)*. New York: Nova Science Publishers; 2012.

11. The Royal College of Radiologists. *Standards of practice of computed tomography coronary angiography (CTCA) in adult patients*. London; 2014.

12. Earls J, Schracke EC. Prospectively Gated Low-dose CCTA: 24 Months Experience in More than 2000 Clinical Cases. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2009;25(2):177–187.

13. Zhang LJ, Wang Y, Schoepf UJ, Meinel FG, Bayer RR, Qi L, et al. Image Quality, Radiation Dose, and Diagnostic Accuracy of Prospectively ECG-triggered High-pitch Coronary CT Angiography at 70 kVp in a Clinical Setting: Comparison with Invasive Coronary Angiography. *European Radiology*. 2015;25(9):1–10.

14. Hosch W, Heye T, Schulz F, Lehrke S, Schlieter M, Kauczor HU, et al. Image Quality and Radiation Dose in 256-slice Cardiac Computed Tomography: Comparison of Prospective versus Retrospective Image Acquisition Protocols. *European Journal of Radiology*. 2011; 80(1):127–135.

15. Youssef G, Budoff MJ. Coronary Artery Calcium Scoring, What is Answered and What Questions Remain. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. 2012;2(2):92–105.

16. Kuchynka P, Lambert L, Černý V, Marek J, Ambrož D, Danke BA, et al. Coronary CT Angiography. *Cor et Vasa*. 2015;57(6):425–432.

17. Horiguchi J, et al. Prospective ECG-triggered Sequential Versus Retrospective ECG-gated Spiral CT: Pros and Cons. *Current Cardiovascular Imaging Reports*. 2009;2(5):447–454.

18. Radiological Society of North America. *Cardiac CT for Calcium Scoring*. [online]. 2015. Available from: <http://www.radiologyinfo.org/en/pdf/ct_calcscore.pdf>. Accessed May 27, 2017.

19. Sun Z. Multislice CT Angiography in Cardiac Imaging: Prospective ECG-gating or Retrospective ECG-gating? *Biomedical Imaging and Interventional Journal*. 2009;6(1):1–4.

20. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson J, Mark D, Min J, O'Garra J, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/SCAI/SCMR 2010. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014;56(20).

Mgr. Zuzana Bárđyová, PhD.

Katedra laboratórných vyšetrovacích metód v zdravotníctve

Trnavská Univerzita v Trnave

Univerzitné námestie 1, 918 43 Trnava

zuzanabardyova@gmail.com