

# Multidetektorová špirálová počítačová tomografia v kardiológii – prvé klinické skúsenosti na Slovensku

MIROSLAV MARTINKOVIČ<sup>1</sup>, PETER PREČINSKÝ<sup>2</sup>, JURAJ MISTRÍK<sup>1</sup>, PETER HLAVENA<sup>2</sup>,  
PETER SUROVÝ<sup>2</sup>, IVANA PREČINSKÁ<sup>2</sup>  
Bratislava, Slovenská republika

MARTINKOVIČ M, PREČINSKÝ P, MISTRÍK J, HLAVENA P, SUROVÝ P, PREČINSKÁ I. **Multidetektorová špirálová počítačová tomografia v kardiológii – prvé klinické skúsenosti na Slovensku.** *Cardiol* 2005;14(2):81–87

Jeden z najnovších pokrokov v oblasti zobrazenia srdca je neinvazívna elektrokardiograficky synchronizovaná angiografia multidetektorovou špirálovou počítačovou tomografiou. Zo škály jej vyšetrovacích možností v kardiológii využívame dve základné klinické aplikácie – stanovenie kalciového skóre a najmä kontrastnú angiografiu epikardiálnych koronárnych ciev.

**Súbor a cieľ:** Prvé klinické skúsenosti s cieľom zhodnotiť možnosti, využiteľnosť a prínos tejto metódy, prezentujeme nálezmi na súbore 129 pacientov (96 mužov, 33 žien), vyššieho veku ( $59,2 \pm 13,82$  vs.  $62,5 \pm 16,24$  rokov), vyšetrených touto metódou z ďalej uvedených indikácií.

**Výsledky:** Zistili sme, že touto metódou získame výpovedné údaje u 89 % pacientov. Jednoznačne prevažovali nálezy na ramus interventricularis anterior, u mužov charakteru extenzívnych kalcifikácií (44 %) a u žien stenózy pod 70 % (48 %). V 14 % nálezov sme detekovali mäkké „horúce“ plaky. U jednej tretiny (33 %) pacientov bol koronarografický nález negatívny.

**Záver:** MSCT koronarografia je nová neinvazívna zobrazovacia metóda, s potenciálom vylúčiť alebo potvrdiť koronárny postih, stanoviť jeho charakter, rozsah a závažnosť. Je významným pokrokom v kardiologickej diagnostike a prínosom pre ďalší manažment pacientov. Ako alternatívna metóda selektívnej koronarografie má aj výrazný ekonomický dopad.

**Kľúčové slová:** MSCT – kalciové skóre – koronárne cievy – selektívna koronarografia

MARTINKOVIC M, PRECINSKY P, MISTRIK J, HLAVENA P, SUROVY P, PRECINSKA I. **Multidetector spiral computed tomography in cardiology – first clinical experience in Slovakia.** *Cardiol* 2005;14(2):81–87

One of the newest developments in the field of heart-imaging is non-invasive electrocardiographically synchronized angiography, through Multidetector Spiral Computed Tomography – “MSCT”. From the range of examination possibilities in cardiology we may use two basic clinical applications – calcium scoring and, in particular, the contrast angiography of epicardial coronary vessels.

**Patients and objective:** The first clinical experience aimed at the evaluation of the possibilities, usability and contribution of this method is presented via a group of 129 patients (96 men, 33 women), of older age ( $59.2 \pm 13.82$  vs.  $62.5 \pm 16.24$  years) examined by this method with regard to indications stated below.

**Results:** Using this method we were able to collect relevant data for 89% of patients. The findings of ramus interventricularis anterior in men with extensive calcifications (44%) and in women with stenosis below 70% (48%) clearly prevailed. Within 14 % of findings we detected soft “hot” plaques. One third (33%) of the patients had a negative coronarographic finding.

**Conclusion:** MSCT coronarography is a new non-invasive imaging method with the potential to exclude or confirm disease, determine its nature, extent and severity. It constitutes a significant development in cardiological diagnostics and contributes to the further management of patients. As an alternative method of elective coronarography it also has a significant economic impact.

**Keywords:** MSCT – Calcium score – Coronary vessels – Selective coronarography

Využitie multidetektorovej špirálovej počítačovej tomografie (MSCT) v neinvazívnej kardiologickej diagnostike sa na našom pracovisku etablovalo medzi základné vyšetrovacie metódy. Možnosť realizácie tohto pre pacienta i z ekonomického pohľadu nenáročného vyšetrenia (dĺžka trvania 10 – 15 minút, v cene bežného CT vyšetrenia s kontrastom) významne rozšírila a obohatila naše diagnos-

tické možnosti. Schopnosť vylúčiť alebo vizualizovať koronárnu chorobu srdca ako najčastejšiu príčinu ischémie myokardu, stanoviť jej charakter, rozsah a závažnosť, významne ovplyvnili manažment našich kardiologických pacientov.

Zo širokej škály možností klinickej aplikácie tejto vyšetrovacej metódy (**tabuľka 1**) využívame na našom pracovisku prevažne dve modalítity – stanovenie kalciového skóre a najmä možnosť neinvazívnej koronarografie.

Z <sup>1</sup>Interného oddelenia a <sup>2</sup>Rádiodiagnostického oddelenia Nemocnice Ministerstva obrany v Bratislave

Do redakcie došlo dňa 1. augusta 2004; prijaté dňa 15. januára 2005

**Adresa pre korešpondenciu:** MUDr. Miroslav Martinkovič, primár, Interné oddelenie, Nemocnica Ministerstva obrany, Cesta na Červený most č. 1, 833 31 Bratislava, e-mail: martinkovic@nmo.sk

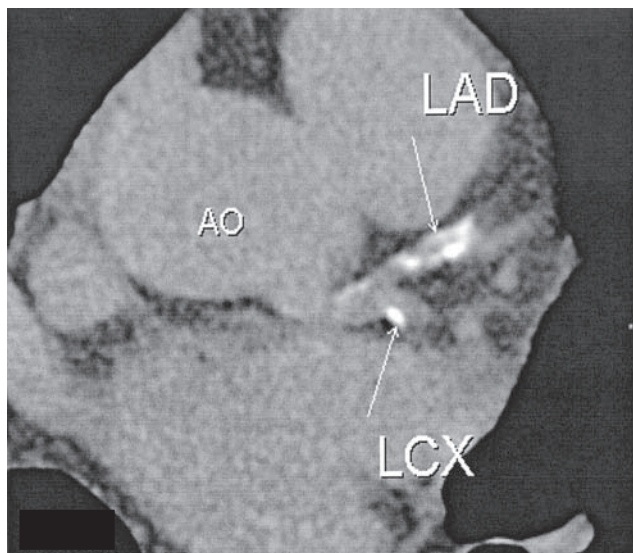
## Klinický význam kalciového skóre

MSCT je veľmi senzitívna metóda na detekciu aj kvantifikáciu kalcifikátov v koronárnych tepnách (**obrázok 1**).

## Tabuľka 1 Klinické aplikácie MSCT v kardiológii

Table 1 Clinical application of MSCT in cardiology

- Diagnostika koronárnej choroby srdca  
(Diagnostics of coronary artery disease)
- Stanovenie rozsahu a závažnosti koronárneho postihu pri ischemickej chorobe srdca  
(Determination of extent and severity of coronary involvement in coronary artery disease)
- Monitoring dynamiky koronárnych zmien  
(Monitoring of coronary changes dynamics)
- Neinvazívny monitoring koronárnych by-passov a restenóz po PTCA a implantácii stentov  
(Non-invasive monitoring of coronary bypasses and restenoses after PTCA and stent implantation)
- Detekcia jaziev a aneuryziem myokardu  
(Detection of myocardial scarring and aneurysm)
- Meranie veľkostí a objemov srdcových dutín, hrúbky myokardu...  
(Measurement of heart chambers dimensions and volumes, myocardial thickness...)
- Stanovenie funkčných parametrov srdca – EF, MVO...  
(Determination of cardiac functional parameters – EF, MVO...)
- Dôkaz trombov a nádorov v srdcových dutinách  
(Evidence of thrombi and tumour in heart chambers)



Obrázok 1 Natívne kalciové skóre – kalcifikáty v proximálnych segmentoch LAD (RIA) a RCX

Figure 1 Native calcium score – calcification in the proximal segments LAD (RIA) a RCX  
LAD – ľavá predná zostupná vetva (Left anterior descending coronary artery),  
RIA – ramus interventricularis anterior, LCX – ľavý ramus circumflexus  
(Left ramus circumflexus), AO – aorta

Epikardiálne koronárne artérie sú pomocou MSCT veľmi dobre viditeľné, pretože veľmi nízka denzita periarteriálneho tuku zreteľne kontrastuje s krvou naplnenými koronárnymi artériami.

Podľa hodnoty kalciového skóre zaraďujeme pacientov podľa Agatstona (1) do piatich rizikových skupín.

Kalciové skóre 0 znamená extrémne nízku pravdepodobnosť choroby koronárných artérií (negatívna prediktívna hodnota je 95 – 100 % pre stenózy > 50 %)

a dobrú prognózu. Kalciové skóre > 400 predstavuje prítomnosť pokročilej choroby s vysokou pravdepodobnosťou (> 90 %) minimálne jednej signifikantne stenotickej tepny (> 70 % stenóza). Pacientov s kalciovým skóre vyše 400 považujeme za vysoko rizikových pre budúci vývoj symptomatickej choroby. Skóre medzi 10 a 400 predstavuje stredne objemný plak a spája sa so stredným, avšak významným rizikom budúcich koronárných príhod, najmä ak je skóre nad 100. Pravdepodobnosť symptomatického kardiovaskulárneho ochorenia sa prezentovala v pomere 7 : 1 u pacientov so skóre > 50, 20 : 1 u pacientov so skóre > 100 a 35 : 1 u pacientov so skóre > 160 (2). Rozvrstvenie rizika podľa kalciového skóre je osobitne významné, ak porovnáme prediktívnu schopnosť tradičných rizikových faktorov pri predpovedaní vývoja symptomatickej koronárnej choroby: 1,8 : 1 pre celkový cholesterol > 240 mg/dl, 1,8 : 1 pre HDL cholesterol < 35, 3,6 : 1 pre fajčenie cigariet a 1,2 : 1 pre systolickú hypertenziu (1).

MSCT s cieľom detekcie a kvantifikácie obsahu kalcia v plakoch koronárných artérií je realizovateľné aj u pacientov s pokojovými EKG abnormalitami, u digitalizovaných pacientov, ako aj u pacientov neschopných cvičiť (3).

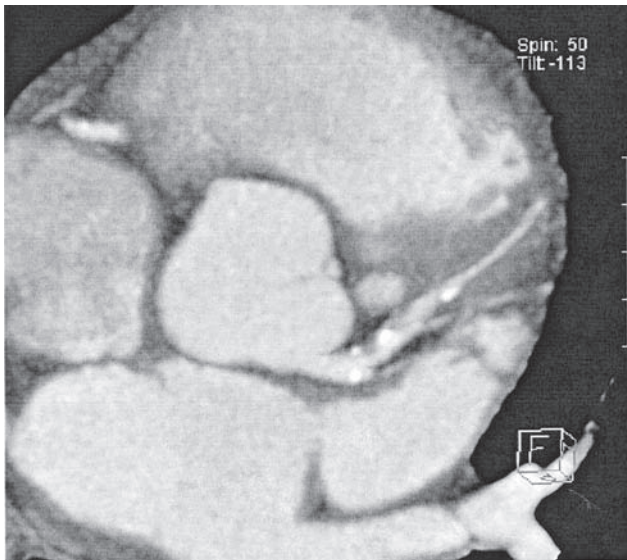
## MSCT koronarografia

Druhou a našou najdôležitejšou oblasťou záujmu je kontrastné zobrazenie epikardiálnych koronárných artérií. So stanovením kalciového skóre sa uspokojujeme iba v prípade nemožnosti realizácie angiografie, alebo ak je kalciové skóre také vysoké (vyše 1 000), že by skresľovalo angiografický obraz a nebolo by možné podať validné informácie o koronárnom riečisku.

Natívne MSCT zobrazuje len kalcifikovanú časť ateromatózneho plaku, kým podanie kontrastnej látky môže ohraničiť aj mäkkú časť plaku, ktorá je väčšinou objemnejšia než kalcifikovaná časť.

## Indikácie MSCT koronarografie

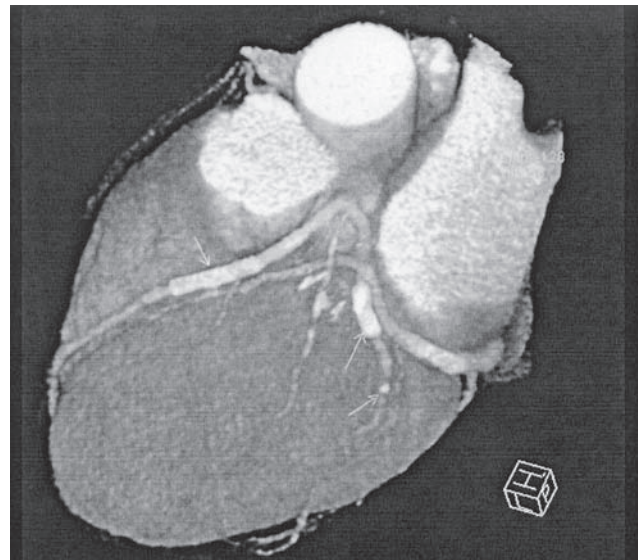
Vzhľadom na jednoduchosť a nenáročnosť vyšetrenia zo strany pacienta MSCT koronarografiu môžeme všeobecne indikovať u všetkých pacientov, u ktorých predpokladáme alebo chceme vylúčiť ischemickú etiológiu ťažkostí a chceme zistiť stav koronárneho riečiska s možnosťou liečebného ovplyvnenia – konzervatívne, či invazívnou intervenciou. Vyšetrenie je osobitne vhodné v rámci diferenciálnej diagnostiky u pacientov s atypickou príznakovosťou a bolesťou na hrudi, u žien a u mladých pacientov, kde inými neinvazívnymi diagnostickými me-



**Obrázok 2** CT koronarografia - kombinovaný plak v proximálnom segmente LAD (RIA) – zobrazená kalcifikovaná aj nekalcifikovaná časť plaku

**Figure 2** CT coronarygraphy – combined plaque in the proximal segment LAD (RIA) – both calcified and uncalcified parts of the plaque are displayed

CT – počítačová tomografia (Computer tomography), LAD – ľavá predná zostupná vetva (Left anterior descending coronary artery), RIA – ramus interventricularis anterior



**Obrázok 3** 3-D obraz – kontrola priechodnosti stentov implantovaných v LAD (RIA) a RCX, prítok do periférie je zachovaný  
**Figure 3** 3-D image – examination of the patency of the stents implanted in LAD (RIA) and RCX, flow to the periphery is maintained

LAD – ľavá predná zostupná vetva (Left anterior descending coronary artery), RIA – ramus interventricularis anterior, RCX – ľavý ramus circumflexus (Left ramus circumflexus)

tódami nemôžeme vylúčiť, ale ani potvrdiť postih koronárneho riečiska. Ďalej u skupín pacientov, kde síce iné metódy či klinický priebeh potvrdili ischemickú chorobu srdca, ale chceme zistiť charakter, rozsah a závažnosť postihu s prípadnou indikáciou na invazívne vyšetrenie so stanovením spôsobu revaskularizácie. V prípade konzervatívneho liečebného postupu je táto metóda vhodná na kontrolu efektu liečby v zmysle regresie či stabilizácie plaku, alebo naopak progresie, s vhodným načasovaním invazívneho vyšetrenia.

Na našom pracovisku využívame možnosti tejto metódy pri troch hlavných indikáciách:

1. v rámci diferenciálnej diagnostiky algického hrudného syndrómu
2. ako súčasť rizikovej stratifikácie pacientov so zjavnými formami ischemickej choroby srdca
3. ako monitoring dynamiky liečebných opatrení už u diagnostikovaných pacientov

Dostupné neinvazívne vyšetrovacie metódy nás informujú o pokojovej elektrickej aktivite srdca, ktorú môžeme už aj 24 – 48 hodín monitorovať, záťažovej odozve po fyzickej alebo medikamentóznej stimulácii, jeho štruktúrnom a funkčnom stave, prípadne o perfúzne distribúcii koronárnych ciev, ale ani ich kombináciou často nemôžeme vylúčiť ani potvrdiť kardiálnu etiológiu

príznakov. Možnosť neinvazívneho zobrazenia koronárneho riečiska, so schopnosťou vylúčiť koronárnu chorobu srdca, výrazne spresňuje diagnostické závery.

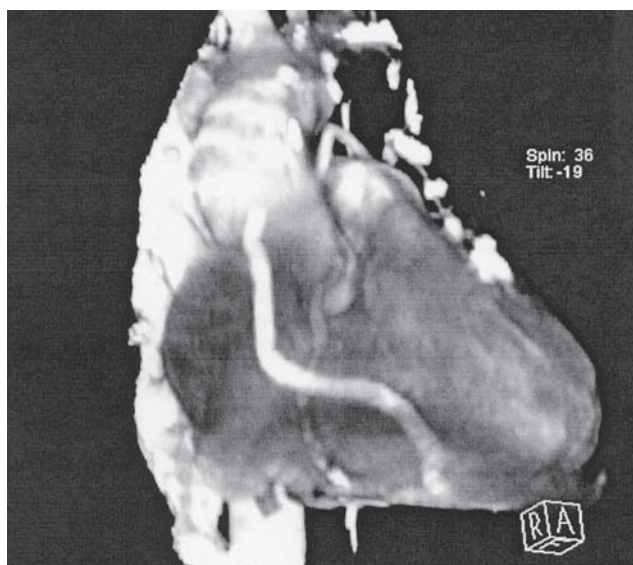
MSCT koronarografia je štandardnou súčasťou rizikovej stratifikácie našich pacientov so zjavnou ischemickou chorobou srdca. Dopĺňa chýbajúcu mozaiku v škále neinvazívnych kardiologických vyšetrení o vizualizáciu epikardiálnych ciev s možnosťou stanovenia závažnosti, rozsahu a aj charakteru intrakoronárnych stenóz. Získanie týchto informácií významne ovplyvňuje ďalší manažment pacientov. Selektuje dve základné skupiny:

1. Indikované na invazívne vyšetrenie a revaskularizáciu
2. Indikované na konzervatívne liečenie

Osobitne v súčasnosti, kedy je na Slovensku nedostatok katetrizačných pracovísk, je možnosť takejto selekcie vysoko aktuálna. Pomôže aj znížiť percento negatívnych katetrizačných koronarografických nálezov, ktoré zbytočne odčerpávajú kapacitné možnosti a ekonomické prostriedky a tým zvýšia a zefektívnia počet reálne potrebných invazívnych vyšetrení.

Na rozdiel od katetrizačnej koronarografie, ktorej výsledným obrazom je „lumenogram“, MSCT koronarografia dokáže diferencovať aj zmeny v stene ciev a vyjadriť sa k charakteru stenózy (**obrázok 2**). Intramurálne procesy neprominujúce do lúmenu vedú k falošne





**Obrázok 4** 3-D obraz – kontrola priechodnosti trojnásobného CABG: AO-RCA, AO-RCX a LIMA-LAD (RIA). Priechodnosť všetkých troch by-passov je zachovaná.

**Figure 4** 3-D image – examination of the patency of the triple CABG: AO-RCA, AO-RCX and LIMA-LAD (RIA). The patency of all three bypasses is maintained.

CABG – koronárny by-pass (Coronary artery bypass graft), AO – aorta, RCA – pravá koronárna artéria (Right coronary artery), RIA – ramus interventricularis anterior, RCX – ľavý ramus circumflexus (Left ramus circumflexus)

negatívnym záverom o neprítomnosti koronárnej choroby srdca ako najčastejšej príčiny ischemie myokardu. Detekcia aterosklerotických zmien v cievnej stene je v dobrej korelácii s intrakoronárnou ultrasonografiou (4). Rozlíšenie mäkkých „horúcich“ plakov s tendenciou k vulnerabilite a rozvoju akútnej koronárnej príhody, je osobitne podstatné pri náleze kvantitatívne nevýznamných stenóz (5). Verifikácia takýchto nálezov modifikuje a zintenzívňuje najmä antisklerotickú, protizápalovú „stabilizujúcu“ a antiagregačnú terapiu (6).

V neposlednej miere touto metódou kontrolujeme efekt liečebných opatrení, či už u pacientov liečených konzervatívne, alebo po revaskularizácii. Osobitne vhodná je na detekciu komplikácií koronárnych by-passov a restenóz po PTCA (3) (obrázky 3, 4).

### Charakteristika súboru a vlastné výsledky

Prvé klinické skúsenosti s cieľom získania predstavy o možnostiach a prínose tejto novej metódy v neinvazívnej kardiologickej diagnostike prezentujeme na súbore 129 pacientov, z toho 96 mužov a 33 žien, ktorých sme vyšetrili touto metódou v našom zariadení z uvedených indikácií. Muži boli v priemere mierne mladší ako ženy ( $59,2 \pm 13,82$  rokov vs.  $62,5 \pm 16,24$  rokov).

**Tabuľka 2** Rozdelenie súboru do rizikových skupín podľa kalciového skóre

**Table 2** Division of the group into risk groups according to calcium score

Rizikové skupiny (Risk groups)	0. %	1. %	2. %	3. %	4. %
Muži (Males)	21 22	7 8	21 22	14 18	32 33
Ženy (Females)	13 39	2 6	4 12	9 27	5 15
Spolu (Total)	34 26	9 8	25 19	23 18	37 29

Výšetrenia sa realizovali na osemradovom detektorovom CT systéme s možnosťou simultánneho zberu údajov zo štyroch vrstiev pri rotácii 0,5 s (SOMATOM VOLUME ZOOM Siemens). Špirálový sken sa použil pri stanovovaní kalciového skóre a aj pri neinvazívnej MSCT koronarografii.

Kalciové skóre sa stanovilo u všetkých pacientov, ktorí podľa nálezov boli zatriedení do jednotlivých rizikových skupín podľa Agatstonu (tabuľka 2). Z tabuľky je zrejme, že najvyššie percento (29 %) pacientov spadalo do najvyššej rizikovej kategórie, t. j. štvrtej skupiny najviac ohrozených. O málo menšie percento (26 %) však patrilo do nultej skupiny, najmenej rizikovej, charakterizovanej neprítomnosťou kalcifikácií v koronárnom riečisku. Táto skupina však bola modifikovaná najvyšším percentom (39 %) výskytu v ženskej časti súboru. Ďalšie intersexuálne rozdiely vzhľadom na veľkosť súboru a cieľ práce sme nevyhodnocovali a budú predmetom ďalšieho spracovania.

Oveľa podstatnejšie sú však výsledky neinvazívnej koronarografie, ktorá sa realizovala u všetkých pacientov, ktorí neboli k vyšetreniu kontraindikovaní. Tabuľka 3 informuje o príčinách a počte pacientov, kde sa vyšetrenie neuskutočnilo. Podľa našich výsledkov možno teda vyšetrenie realizovať u 89 % pacientov. O jednotlivých koronarografických nálezoch informujú tabuľky 4 – 7. Z hlavných epikardiálnych artérií boli najčastejšie nálezy na ramus interventricularis anterior (RIA), (muži 52,9 % vs ženy 47,8 %). Tu bol aj najvyšší výskyt verifikovaných hemodynamicky závažných stenóz (nad 70 %), (13,7 % vs. 13 %). Intersexuálne rozdiely sa prejavili v charaktere a závažnosti nálezov. V mužskej časti súboru prevažoval výskyt extenzívnych kalcifikácií (44 %), kým v ženskej časti takmer polovicu tvorili hemodynamicky nezávažné stenózy (48 %). Nálezy extenzívnych kalcifikácií znemožňujú kvantifikáciu, ale sa spájajú so závažným postihom a v našom súbore, v súlade s klinickým stavom, boli indikáciou na dopresnenie invazívnou selektívnou koronarografiou. V 19 % bolo postihnutie dvojcievne a v 9 % trojcievne. Osobitnú pozornosť sme venovali nálezom nekalcifikovaných mäkkých stenóz (14 %), bez intersexuálnych rozdielov, známych svojou tendenciou k vulnerabilite a následným dynamickým rastom obturácie lúmenu

**Tabuľka 3** Dôvody a počty nerealizovaných MSCT koronarografií**Table 3** Reasons for number of unimplemented MSCT coronarographies

Dôvod (Reason)	Alergia (Allergy)	Ca skóre nad 1 000 (CA score over 1000)	Arytmie (Arrhythmias)	Technická porucha (Technical problem)	Spolu (Total)	%
Muži (Males)	2	3	3	1	9	9
Ženy (Females)	1	0	4	0	5	15
Spolu (Total)	3	3	6	1	14	11

Ca skóre – kalciové skóre (CA – calcium score)

**Tabuľka 4** Charakter a závažnosť MSCT koronarografických nálezov – muži**Table 4** Nature and severity of MSCT coronarographic findings – Males

Cieva (Vessel)	Extenzívny kalcifikát (Extensive calcification)	Stenóza nad 70 % (Stenosis over 70%)	Stenóza pod 70 % (Stenosis under 70%)	Mäkký plak (Soft plaque)
RCA	11	1	5	1
LM	10	0	5	2
RIA	18	14	22	10
RCx	5	3	8	2
Spolu (Total)	44	18	40	15
%	44	17	39	14

RCA – pravá koronárna artéria (Right coronary artery), LM – hlavný kmeň (Left main), RIA – ramus interventrikularis anterior (Anterior ramus interventricularis), RCx – ľavý ramus circumflexus (Left ramus circumflexus)

**Tabuľka 5** Charakter a závažnosť MSCT koronarografických nálezov – ženy**Table 5** Nature and severity of MSCT coronarographic findings – Females

Cieva (Vessel)	Extenzívny kalcifikát (Extensive calcification)	Stenóza nad 70 % (Stenosis over 70%)	Stenóza pod 70 % (Stenosis under 70%)	Mäkký plak (Soft plaque)
RCA	3	0	2	1
LM	0	1	1	0
RIA	2	3	6	2
RCx	1	2	2	0
Spolu (Total)	6	6	11	3
%	26	26	48	13

RCA – pravá koronárna artéria (Right coronary artery), LM – hlavný kmeň (Left main), RIA – ramus interventrikularis anterior (Anterior ramus interventricularis), RCx – ľavý ramus circumflexus (Left ramus circumflexus)

**Tabuľka 6** Porovnanie MSCT koronarografických nálezov muži – ženy**Table 6** Comparison of MSCT coronarographic findings men – Females

	Extenzívny kalcifikát (Extensive calcification)	Stenóza nad 70 % (Stenosis over 70%)	Stenóza pod 70 % (Stenosis under 70%)	Mäkký plak (Soft plaque)
Muži % (Males)	44	17	39	14
Ženy % (Females)	26	26	48	13
Spolu % (Total)	39	19	42	14

**Tabuľka 7** Ďalšie MSCT koronarografické nálezy**Table 7** Other MSCT coronarographic findings

Nález (Finding)	Muži (Males)	%	Ženy (Females)	%	Spolu (Total)	%
Dvojcievny postih (Two-vessel disease)	22	23	3	9	25	19
Trojcievny postih (Three-vessel disease)	10	10	2	6	12	9
Bez stenóz (Without stenoses)	28	29	15	45	43	33
By-pass, stenty (Bypass, stents)	4	4	1	3	5	4

s klinickými prejavmi akútnej koronárnej príhody. Tieto plaky sú ovplyvniteľné, možno ich stabilizovať vhodnou medikamentóznou terapiou, ku ktorej nás indikovali. V 33 % bola koronarografia s fyziologickým nálezom, výraznou intersexuálnou rozdielnosťou (muži 29 %, ženy 45 %), danou nižším výskytom ischemickej choroby srdca najmä u premenopauzálnych žien, u ktorých však prevažuje výrazná subjektívna symptomatológia a neinvazívne metódy čas-

to nemôžu vylúčiť ani potvrdiť koronárny postih. Tieto „zbytočne“ realizované vyšetrenia však ovplyvnili ďalší manažment pacientov s redukciami až elimináciou často bohatej, pestrej a ekonomicky náročnej medikamentózne liečby. Závažné koronarografické nálezy, po analýze s klinickým stavom a výsledkami ostatných neinvazívnych vyšetrení, vyselektovali skupinu pacientov indikovaných na koronárnu intervenciu.

## Diskusia

Senzitivitu a špecificitu MSCT koronarografie, v porovnaní so selektívnou koronarografiou ako referenčnou metódou, porovnávali viaceré pracoviská. Nieman a spol. (7) uvádza celkovú senzitivitu 86 %, špecificitu 96 % a vysoko negatívne prediktívnu hodnotu 98 % pri detekcii stenóz nad 50 % vo všetkých úsekoch koronárneho riečiska. Achenbach a spol. (8) udávajú senzitivitu 92 % pre detekciu stenóz nad 70 % len v proximálnych a stredných úsekoch, pri zahrnutí aj distálnych úsekov klesla senzitivita na 69 %. Nieman a spol. (7) študovali 35 pacientov, u ktorých sa hodnotili proximálne a stredné úseky. Správne diagnostikovali 17 z 21 hemodynamicky významných stenóz > 50 %, pričom štyri stenózy boli lokalizované v nehodnotiteľných úsekoch. Chybné interpretácie boli výsledkom ťažkých kalcifikátov v stene cievy. Segmenty s implantovanými stentmi boli zle viditeľné, ale priechodnosť stentov bolo možné určiť vo všetkých prípadoch. Ďalej vyšetřili 17 by-passov, z ktorých bolo 15 hodnotiteľných a u štyroch z piatich boli lézie správne detekované. V dvoch prípadoch zobrazili anomálie koronárnych artérií.

Achenbach a spol. (9) testovali schopnosť tejto metódy identifikovať vysokostupňové stenózy a oklúzie. Celkovo študovali 64 pacientov s ischemickou chorobou srdca. Na všetkých tepnách nad 2 mm v priemere diagnostikovali vysokostupňové stenózy (> 70 %) alebo oklúzie. Z 256 koronárnych artérií mohlo byť vyšetrených 174 (68 %). U 19 pacientov bolo možné hodnotiť všetky artérie (30 %). Najčastejšou príčinou nehodnotiteľnosti artérií boli pohybové artefakty. Z 58 vysokostupňových stenóz a oklúzií bolo pomocou MSCT detekovaných 32 (58 %). V skupine hodnotiteľných artérií bolo detekovaných 32 z 35 lézií a neprítomnosť stenózy bola správne identifikovaná v 117 prípadoch zo 139 artérií (senzitivita 91 %, špecificita 84 %). Ak analýzu rozšířili na všetky stenózy nad 50 % priemeru, senzitivita bola 85 % (40 zo 47) a špecificita 76 % (96 zo 127).

Kopp a spol. (10) vyšetřili 102 pacientov a pri hodnotení 50 % stenóz na troch hlavných koronárnych artériách dosiahli senzitivitu 87 % a špecificitu 93 %. Po zahrnutí vetiev týchto veľkých tepien bola senzitivita 75 % a špecificita 79 %.

Napriek týmto uspokojivým začiatočným výsledkom má aj toto vyšetrenie svoje limitácie (**tabuľka 8**), ktoré bránia tomu, aby dosiahnutý výsledok bol hodnotiteľný a výpovedný. Na dosiahnutie kvalitného zobrazenia je potrebné, aby mal pacient tepovú frekvenciu pod 70 tepov za minútu a aby neboli prítomné početné dysrhythmie, napríklad extrasystólie či fibrilácia predsiení s výrazne ne-

**Tabuľka 8** Limitácie MSCT koronarografie

**Table 8** Limitations of MSCT coronarygraphy

- Tepová frekvencia nad 70 tepov /min  
(Heart rate over 70/min)
- Arytmie – fibrilácia predsiení, frekventná extrasystólia...  
(Arrhythmias – Atrial fibrillation, frequent extrasystole)
- Respiračné exkurzie  
(Respirative excursions)
- Výskyt extenzívnych kalcifikátov  
(Occurrence of extensive calcification)
- Hranica 1 mm kalibru  
(Border – 1 mm calibre)
- Súčasné zobrazenie žilného systému – krížovanie  
(Simultaneous visualization of vein system – crossing)

pravidelnou komorovou odpoveďou, vytvárajúce pohybové artefakty srdca. Takýmto pacientom medikamentózne upravujeme srdcovú frekvenciu. Pohyby pacienta alebo dýchanie počas skenu spôsobujú tiež pohybové artefakty, ktoré však eliminujeme dôkladným poučením pacienta pred vyšetrením. Výskyt extenzívnych kalcifikácií komplikuje správne zhodnotenie lúmenu koronárnych artérií. Tieto vysoko kontrastné kalciové depozitá nemožno úspešne izolovať od kontrastom naplneného cievného lúmenu a môžu spôsobiť nehodnotiteľnosť segmentov alebo zlú interpretáciu nálezu.

Problémy rovnakého charakteru spôsobuje materiál stentov, pri hodnotení stentovaných úsekov MSCT má aj limitácie, ktoré vyplývajú z rozlišovacej schopnosti samotnej metódy. Hranicou zobraziteľnosti sú kalibre artérií od 1 mm vyššie, čo však vzhľadom na hemodynamiku už nie je podstatné. Ďalšou prekážkou pri hodnotení je súčasné zobrazenie srdcových žíl, ktoré môžu jednak krížiť arteriálne segmenty, alebo môžu prebiehať tesne, súbežne s nimi a sťažiť, alebo úplne znemožniť správnu interpretáciu lézie koronárnej artérie (CX – sinus coronarius ramus interventricularis post. – v. cordis media).

V budúcnosti možno očakávať odstránenie niektorých uvedených limitácií technickým zdokonaľovaním nových generácií skenerov (rýchlejší rotačný čas, izotropické submilimetrové skeny, nové vyhodnocovacie programy).

## Záver

Zavedenie MSCT do klinickej praxe (doposiaľ dostupné iba na našom pracovisku) poskytuje nové možnosti neinvazívnej diagnostiky choroby koronárnych artérií. Naše prezentované skúsenosti potvrdzujú významný prínos tejto metódy v neinvazívnej kardiologickej diagnostike. Schopnosťou vylúčiť alebo potvrdiť koronárny postih podstatne mení doterajšie možnosti neinvazívneho

---

diagnostika. Po zosúladení s klinickým stavom a výsledkami ostatných dostupných vyšetrení vyselektuje pacientov vhodných na konzervatívnu liečbu a vyžadujúcich koronárnu intervenciu.

U medikamentózne liečených pacientov umožňuje modulovať terapiu v súlade s nálezmi, v prípade negatívnych náleзов redukovat' až eliminovať pôvodnú neoprávnenú liečbu, spojenú s veľkým ekonomickým dopadom. Zdravotný, ale aj ekonomický efekt sa prejaví znížením počtu invazívnych selektívnych koronarografií s negatívnym nálezom a aj tým, že invazívny kardiológ získa predstavu o stave koronárneho riečiska s možnosťou predvídania spôsobu revaskularizácie a prípadnej realizácie angioplastiky na jedno sedenie. Pri súčasnom stave, limitáciách a kapacite intervenčných pracovísk na Slovensku je táto potreba vysoko aktuálna.

Reálny je predpoklad, že v krátkom období niekoľkých rokov sa MSCT koronarografia stane alternatívnou metódou katetrizačnej angiografie. Vzhľadom na vysoký výskyt ischemickej choroby srdca je jej dostupnosť veľmi dôležitá.

### Literatúra

1. Ekstrom JE. Coronary Calcium Scoring. Oregon: Imaging Network-Winter 201:258.
2. Broderick LS, Shemesh J, Wilensky RL. Measurement of coronary artery calcium with dual-slice helical CT compared with coronary angiography: evaluation of CT scoring methods, interobserver variations and reproducibility. *Am J Roentgenol* 1996;167:439–444.
3. Prečinský P, Mistrik J, Martinkovič M, a spol. MDCT zobrazenie koronárnych artérií. *Česká Radiologie* 2003;57:285–294.
4. Schroder S, Kopp AF, Baumbach A, et al. Non-invasive detection and evaluation of atherosclerotic plaques with multi-slice computed tomography. *JACC* 2001;37:1430–1435.
5. Moreno PR, Falk E, Palacios IF, et al. Macrophage infiltration in acute coronary syndromes: Implications for plaque rupture. *Circulation* 1994;90:775–778.
6. Mehta JL, Saldeen GP, Rand K. Interactive role of infection, inflammation and traditional risk factors in atherosclerosis and coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:1760–1763.
7. Nieman K, Oudkerk M, Rensink BJ, et al. Coronary angiography with multi-slice computed tomography. *Lancet* 2001;357:59–603.
8. Achenbach S, Moshage W, Ropers D, et al. Value of electron-beam computed tomography for noninvasive detection of high-grade coronary artery stenoses and occlusions. *N Eng J Med* 1988;339:1964–1971.
9. Achenbach S, Giesler T, Ropers T, et al. Detection of coronary artery stenosis by contrast-enhanced, retrospectively electrocardiographically-gated, multi-slice spiral computed tomography. *Circulation* 200;103:2535–2538.
10. Koop AF, Ohnesorge B, Flohr T, et al. Multidetector-row CT for the non-invasive detection of high-grade coronary artery stenoses and occlusions. *Eur Radiol* 10(Suppl. 1):284.