

# Prognostický význam koronárního kalciového skóre a zátěžového zobrazení myokardu pomocí jednofotonové emisní tomografie u asymptomatických rizikových pacientů

Miroslava Budíková<sup>1</sup>, Milan Kamínek<sup>1,2</sup>, Eliška Sovová<sup>3</sup>, Markéta Kaletová<sup>3</sup>, Iva Metelková<sup>1</sup>, Lenka Henzlová<sup>1</sup>, Eva Buriánková<sup>1</sup>, Radim Formánek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinika nukleární medicíny, Fakultní nemocnice Olomouc a Lékařská fakulta Univerzity Palackého, Olomouc

<sup>2</sup> Mezinárodní centrum klinického výzkumu – Centrum molekulárního zobrazování, Fakultní nemocnice u sv. Anny, Brno

<sup>3</sup> I. interní klinika, Fakultní nemocnice Olomouc, a Lékařská fakulta Univerzity Palackého, Olomouc Česká republika

Budíková M, Kamínek M, Sovová E, et al. **Prognostický význam koronárního kalciového skóre a zátěžového zobrazení myokardu pomocí jednofotonové emisní tomografie u asymptomatických rizikových pacientů.** *Cor Vasa* 2011;53:698–702.

**Cíl:** Cílem práce bylo posoudit prognostický význam koronárního kalciového skóre v kombinaci se zátěžovým zobrazením myokardu pomocí jednofotonové emisní tomografie (SPECT) u asymptomatických rizikových pacientů.

**Metodika:** Byl analyzován soubor 128 pacientů (79 mužů a 49 žen, průměrný věk  $54 \pm 10$  let, 25 s diabetem), kteří prodělali zátěžové gated SPECT vyšetření a současně kvantifikaci kalciového skóre. Sumační perfuzní zátěžové a rozdílové skóre (SSS, resp. SDS), ejekční frakce (EF) a end-diastolické, resp. end-systolické objemy levé komory (EDV/ESV) byly automaticky stanoveny programem 4D-MSPECT. Závažná kardiální příhoda byla definována jako náhlá srdeční smrt nebo nefatální infarkt myokardu (IM), a dále byly evidovány obtíže vyžadující revaskularizaci.

**Výsledky:** Během průměrného sledovacího období  $17 \pm 9$  měsíců jsme evidovali dva nefatální IM a osm revaskularizací. V podskupině 10 pacientů s kardiální příhodou byla v porovnání s pacienty bez příhody horší perfuze (SSS  $10 \pm 12$  vs.  $1 \pm 0$  a SDS  $6 \pm 9$  vs.  $0 \pm 1$ ;  $p < 0,05$ ), funkce levé komory (pozátěžová EF  $56 \pm 12$  % vs.  $68 \pm 9$  %, klidová EF  $56 \pm 7$  % vs.  $66 \pm 9$  %, pozátěžové EDV/ESV 129 ml/59 ml vs. 98 ml/34 ml;  $p < 0,05$ ) a vyšší kalciové skóre ( $588 \pm 1475$  vs.  $78 \pm 136$ ;  $p < 0,05$ ). Roční incidence kardiálních příhod narůstala s hodnotou kalciového skóre (2,5 %, 6,1 %, 11,1 % a 14,8 % pro kalciové skóre 0–10, 11–100, 101–400 a  $> 400$ ). Žádná kardiální příhoda nebyla zaznamenána u 20 z 27 asymptomatických pacientů, kteří měli kalciové skóre  $\geq 101$  a současně normální SPECT.

**Závěr:** Stanovení kalciového skóre v kombinaci se zátěžovým SPECT zobrazením myokardu umožňuje posoudit prognózu asymptomatických rizikových pacientů.

**Klíčová slova:** Gated SPECT myokardu – Koronární kalciové skóre – Stratifikace rizika

Budíková M, Kamínek M, Sovová E, et al. **Prognostic value of coronary artery calcium score in combination with cardiac stress single-photon emission tomography imaging in an asymptomatic population.** *Cor Vasa* 2011;53:698–702.

**Aim:** The aim of this study was to investigate the prognostic value of coronary artery calcium (CAC) score in combination with cardiac stress single-photon emission tomography (SPECT) imaging in an asymptomatic population.

**Methods:** One hundred twenty-eight consecutive asymptomatic patients (79 men, mean age  $54 \pm 10$  years, 25 with diabetes) underwent stress cardiac gated SPECT imaging and CT assessment of CAC score. Perfusion summed stress and difference score (SSS and SDS, resp.), the left ventricular ejection fraction (LVEF) and end-diastolic/end-systolic volumes (EDV/ESV) were automatically calculated using 4D-MSPECT. Cardiac event was defined as either cardiac death, nonfatal myocardial infarction (MI), or conditions requiring coronary revascularization.

**Results:** During an average follow-up of  $17 \pm 9$  months, two patients had nonfatal MI, and revascularization was required in 8 patients. In the subgroup of 10 patients with cardiac events, the observed parameters was significantly worse than in patients without cardiac event concerning perfusion (SSS  $10 \pm 12$  vs.  $1 \pm 0$  and SDS  $6 \pm 9$  vs.  $0 \pm 1$ ,  $p < 0,05$ ), the left ventricular function (stress LVEF  $56 \pm 12$  % vs.  $68 \pm 9$  %, rest LVEF  $56 \pm 7$  % vs.  $66 \pm 9$  %, stress EDV/ESV 129 ml/59 ml vs. 98 ml/34 ml,  $p < 0,05$ ), and CAC score ( $588 \pm 1475$  vs.  $78 \pm 136$ ,  $p < 0,05$ ). An annual cardiac event rate depended on the amount of CAC (2.5%, 6.1%, 11.1%, and 14.8% for CAC score 0–10, 11–100, 101–400, and  $> 400$ , resp.). Moderate and high risk CAC score (101–400 and  $> 400$ , resp.) was detected in 27 patients; however, no cardiac event was observed in 20 of them who had CAC  $\geq 101$  and simultaneously normal stress gated SPECT.

**Conclusion:** CAC scoring combined with cardiac gated SPECT enables evaluation of prognosis in asymptomatic risk individuals.

**Key words:** Cardiac gated SPECT – Coronary artery calcium score (CAC) – Risk stratification

**Adresa pro korespondenci:** Prof. MUDr. Milan Kamínek, Ph.D., Klinika nukleární medicíny LF UP a FN Olomouc, I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc, e-mail: milan.kaminek@fnol.cz

## Úvod

Navzdory dramatickému poklesu mortality v posledních dvou dekádách zůstávají kardiovaskulární onemocnění stále nejčastější celosvětovou příčinou úmrtí.<sup>1,2</sup> Proto je nesmírně důležitá včasná diagnostika ischemické choroby srdeční (ICHS) a její adekvátní léčba. Jelikož primární prevence je vždy efektivnější než prevence sekundární, byl vypracován koncept stratifikace rizika v populaci asymptomatických jedinců. Cílem této snahy je identifikovat podskupinu nemocných s vysokým rizikem pozdějších kardiálních příhod, kteří by měli být léčeni agresivněji (léčba vyšší koncentrací statinů nebo pomocí koronární revaskularizace).<sup>3</sup> Tato identifikace rizikových jedinců však není snadná. Proto se vedle tradičních rizikových faktorů, jako jsou věk, hypertenze, hyperlipidemie, obezita, diabetes mellitus, kuřáctví apod., uplatňují také moderní zobrazovací metody, zejména pak měření koronárního kalciového skóre pomocí výpočetní tomografie (CT) a zátěžové zobrazení myokardu pomocí jednofotonové emisní tomografie (SPECT).<sup>3-10</sup>

Koronární kalciové skóre je vysoce specifickým markerem aterosklerózy a jeho výše odráží celkové postižení tepen aterosklerotickými pláty. Velké množství studií ukázalo, že kalciové skóre lze použít při screeningu jako cenný ukazatel rizika další kardiální příhody v populaci pacientů s rizikem kardiovaskulárního onemocnění.<sup>3,4,10-14</sup> Riziko závažných kardiálních příhod se zvyšuje s hodnotou kalciového skóre. Zatímco při nulovém skóre bylo evidováno pouze 0,4 % příhod ročně, při kalciovém skóre > 400 to byla již 2 % ročně, což je srovnatelné s pacienty s prokázanou ICHS.<sup>14</sup>

Dalším cenným vyšetřením u asymptomatických rizikových jedinců je zátěžové zobrazení perfuze a funkce levé srdeční komory pomocí SPECT, které lze provádět nezávisle nebo kombinovat s měřením koronárního kalcia. Na základě rozsáhlých studií byla prokázána velmi dobrá prognóza s nízkým rizikem mortality (< 1 % ročně) u těch pacientů, kteří měli při maximální zátěži pomocí SPECT zobrazenou normální perfuzi i funkci levé komory, a to i v případě koronarograficky významných stenóz v koronárním řečišti.<sup>10,15-17</sup> Cílem této práce proto bylo v populaci asymptomatických rizikových pacientů posoudit přínos kombinace obou metod (kalciové skóre a SPECT) pro stanovení prognózy a další léčebné strategie.

## Sledovaný soubor a metodika

Sledovaný soubor zahrnuje 128 asymptomatických pacientů se střední (10–20 %) předtestovou pravděpodobností 10letého rizika infarktu myokardu nebo srdeční smrti. Složení souboru: 79 mužů a 49 žen, průměrný věk  $54 \pm 10$  let, 25 s anamnézou diabetu mellitu (DM). Nemocní podstoupili zátěžový  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI gated SPECT myokardu a současně stanovení koronárního kalciového skóre. Zátěžové vyšetření bylo provedeno fyzicky nebo farmakologicky. Fyzická dynamická zátěž proběhla na bicyklovém ergometru, radiofarmakum bylo aplikováno při překročení 85 %

maximální aerobní kapacity nebo pokud byla zátěž limitována výraznějšími klinickými symptomy (anginózní obtíže, dušnost, ischemické změny na EKG, závažnější arytmie, pokles krevního tlaku apod.). Léčba beta-blokátory byla přerušena 48 h před zátěží (o přerušení rozhodl ošetřující lékař – kardiolog). Nebylo-li možné provést bicyklovou ergometrii, podstoupili pacienti farmakologickou zátěž dipyridamolem (0,56 mg/kg hmotnosti během 4 minut) nebo dobutaminem (5–10–20–40  $\mu\text{g/kg/min}$ ).<sup>18</sup>

## Gated SPECT zobrazení myokardu

Pacienti podstoupili jednodenní nebo dvoudenní  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI protokol: nejprve zátěžový perfuzní gated SPECT myokardu za 10 minut po aplikaci 300 MBq  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI na vrcholu zátěže, při nález heterogenity perfuze nebo při abnormální funkci levé komory bylo doplněno klidové vyšetření za 3–4 h (750 MBq  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI) nebo v jiný den (300  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI). Akvizice dat byla provedena na dvoudetektorové scintilační kameře Siemens e.cam, vybavené paralelními kolimátory typu LEHR, při použití osmiframového gatingu, úhel rotace 180 °, celkem 64 projekcí v matici  $64 \times 64$  z pravé přední šikmé projekce 45 ° do levé zadní šikmé projekce 45 °.

Obrazy perfuze a funkce levé komory byly hodnoceny vizuálně a kvantitativně.<sup>18</sup> Pro segmentální skórování byl použit 17segmentový model levé komory, perfuze v jednotlivých segmentech byla podle počtu standardních odchylek (SD) ve srovnání s normálovou databází automaticky charakterizována pětistupňovou škálou (0 = normální perfuze při < 1,5 SD, 4 = absence vychytávání radiofarmaka při > 7 SD).<sup>18</sup> Sumační zátěžové a rozdílové skóre (SSS, resp. SDS) myokardiální perfuze, pozátěžová a klidová ejekční frakce (EF) a end-diastolické, resp. end-systolické objemy levé komory (EDV/ESV) byly automaticky stanoveny programem 4D-MSPECT (University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA). Poischemické omráčení levé komory bylo definováno jako pokles pozátěžové EF > 5 %.

## Stanovení kalciového skóre

Vyšetření bylo provedeno na 16řádkovém PET/CT skeneru Siemens Biograf-16. Byl použit EKG-gating pro získání obrazů ve stejné fázi end-diastoly. Celkové kalciové skóre bylo stanoveno Agatstonovou metodou, pro identifikaci kalcifikovaných lézí byla užitá obvykle používaná hranice 130 Hounsfieldových jednotek.<sup>19</sup>

## Sledování souboru a statistika

Závažná kardiální příhoda byla definována jako náhlá srdeční smrt nebo nefatální infarkt myokardu (IM). Dále byly evidovány obtíže vyžadující revaskularizaci. Frekvence kardiálních příhod a četnosti v jednotlivých souborech byly porovnány  $\chi^2$  testem, hodnota  $p < 0,05$  byla považována za statisticky signifikantní.

## Výsledky

Během průměrného sledovacího období  $17 \pm 9$  měsíců jsme kardiální příhodu evidovali celkem u 10 pacientů. Dva

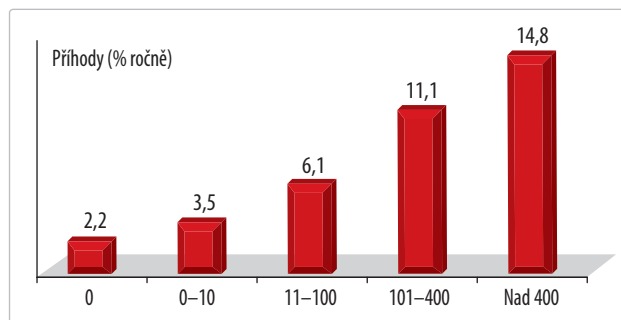
pacienti prodělali nefatální IM, osm pacientů podstoupilo koronární revaskularizaci, nebylo zaznamenáno žádné úmrtí.

V podskupině 10 pacientů s evidovanou kardiální příhodou byla v porovnání s pacienty bez příhody významně horší perfuze (vyšší SSS i SDS,  $p < 0,05$ ), funkce levé komory (pozátěžové snížení EF a vyšší pozátěžové objemy levé komory,  $p < 0,05$ ) a vyšší kalciové skóre ( $p < 0,05$ ) (tabulka 1). Roční incidence kardiálních příhod prudce narůstala s hodnotou kalciového skóre (obrázek 1). Žádný ze 60 pacientů s nulovým kalciovým skóre neměl závažnou kardiální příhodu a pouze u dvou z nich byla provedena koronární angioplastika (roční incidence 2,2 %). V kategoriích kalciového skóre 101–400 a  $> 400$  jsme evidovali již 11,1 %, resp. 14,8 % kardiálních příhod ročně. Žádná kardiální příhoda však nebyla zaznamenána u 20 z 27 asymptomatických pacientů, kteří měli kalciové skóre  $\geq 101$  a současně normální zátěžové zobrazení pomocí SPECT. U zbývajících sedmi pacientů s kalciovým skóre  $\geq 101$  byla pomocí SPECT prokázána ischemie, z nichž čtyři podstoupili koronární revaskularizaci (tři pacienti měli koronarograficky závažný nález nemoci více tepen vyžadující aortokoronární bypass a jeden pacient byl léčen koronární angioplastikou).

## Diskuse

Hlavním cílem naší práce bylo určit prognostický význam koronárního kalciového skóre v kombinaci se SPECT zobrazením myokardu u asymptomatických rizikových pacientů. Prokázali jsme, že se tyto dvě metody velmi dobře doplňují a poskytují důležité informace pro stratifikaci pacientů do skupiny s nízkým, resp. s vysokým rizikem kardiálních příhod.

CT stanovení kalciového skóre se vyznačuje rychlou akvizicí dat, není nutné podávat kontrastní látku, její rizika i finanční náročnost jsou nízké, a metoda se tedy hodí pro screening. Avšak stejně jako u všech ostatních zobrazovacích nebo laboratorních technik, je i pro metodu kalciového skóre třeba najít její optimální využití. V žádném případě není doporučován systematický screening pomocí kalciového skóre u všech asymptomatických jedinců. Je nutné nejprve posoudit individuální 10leté riziko vzniku infarktu myokardu nebo srdeční smrti (Framinghamské



Obrázek 1 Roční incidence kardiálních příhod narůstala s hodnotou kalciového skóre

skóre). Uplatnění koronárního kalciového skóre se pak jeví jako nejvýhodnější u těch, kteří mají střední riziko v rozmezí 10–20 %.<sup>3,10,20</sup> V prospektivní analýze 1 461 jedinců zaznamenali Greenland a spol.<sup>20</sup> u zvyšující se hodnoty kalciového skóre tomu odpovídající nárůst incidence kardiálních příhod, a to ve všech kategoriích Framinghamského skóre (včetně nízkého i vysokého rizika). Avšak ve skupině pacientů s nízkým rizikem bylo vysoké kalciové skóre zastoupeno relativně méně často a celkově nezvyšovalo individuální riziko pacienta. To znamená, že v této nízké rizikové kategorii nemůže být screening pomocí kalciového skóre přínosný ani cenově efektivní. Podobně neúčelný se jeví screening u osob s vysokým rizikem dle Framinghamského skóre – při nálezů nízkého kalciového skóre nebylo možné jejich překlasifikování do skupiny s nízkým rizikem. Riziko kardiální příhody bylo stále vysoké a neumožňovalo žádnou významnou změnu jejich terapie – tyto jedince bylo třeba nadále léčit intenzivně.

I když byl prokázán nesporný prognostický význam zjišťování koronárního kalcia, významným technickým omezením měření kalciového skóre je, že ani jeho vysoká hodnota nic nevypovídá o tom, zda je přítomná obstrukční či neobstrukční ICHS. Nelze tedy jednoznačně odlišit, který pacient bude mít větší prospěch z koronární revaskularizace než z intenzivní medikamentózní léčby statiny. Proto se u asymptomatických pacientů s významnými kalcifikacemi (kalciové skóre  $> 400$  a u vybraných pacientů i v rozmezí 101–400) doporučuje doplnit zátěžové SPECT zobrazení perfuze myokardu.<sup>21</sup> V našem souboru jsme zvýšené kalciové skóre  $\geq 101$  prokázali u 27 pacientů, žádnou kardiální příhodu jsme však nezaznamenali u 20 z nich, kteří měli současně normální zátěžové zobrazení pomocí SPECT (typický pacient viz obrázek 2). Zbývajících sedm pacientů mělo pomocí SPECT prokázanou ischemii a čtyři z nich podstoupili koronární revaskularizaci (typický pacient viz obrázek 3).

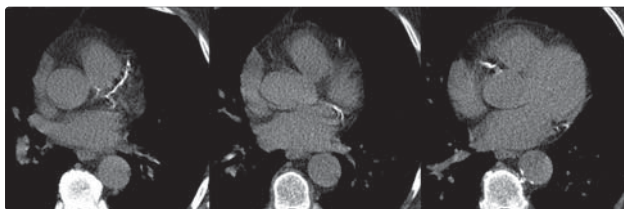
Dalším důvodem, proč u vybraných pacientů obě metody kombinovat, je fakt, že absence koronárního kalcia nebo jeho nízká hodnota přítomnost ICHS spolehlivě nevylučuje, jak jsme již dříve popsali.<sup>21,22</sup> Např. asymptomatictí diabetičtí pacienti s pozitivní rodinnou anamnézou by měli být primárně testováni spíše pomocí zátěžového SPECT myokardu. Průkaz významné perfuzní abnormality spolu s pozitivním výsledkem koronarografie pak rozhodne o další invazivní léčbě a nutnosti provedení revaskularizace. Zjištění nízkého

Tabulka 1 Zhoršené parametry perfuze a funkce levé komory a vyšší Ca skóre u pacientů s kardiální příhodou ( $p < 0,05$ )

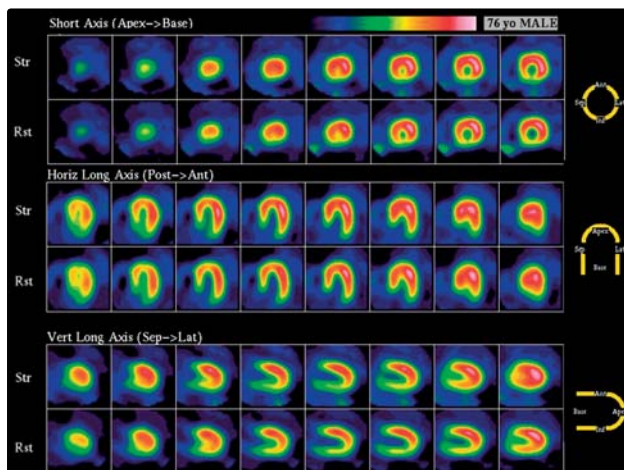
	Pacienti bez příhody (n = 118)	Pacienti s kardiální příhodou (n = 10)
SSS	1 ± 0	10 ± 12
SDS	0 ± 1	6 ± 9
Pozátěžová EF (%)	68 ± 9	56 ± 12
Klidová EF (%)	66 ± 9	56 ± 7
Pozátěžový EDV (ml)	98 ± 29	129 ± 31
Pozátěžový ESV (ml)	34 ± 17	59 ± 24
Kalciové skóre	78 ± 136	588 ± 1475

SSS – sumační zátěžové skóre, SDS – sumační rozdílové skóre, EF – ejekční frakce, EDV/ESV – end-diastolický, resp. end-systolický objem levé komory



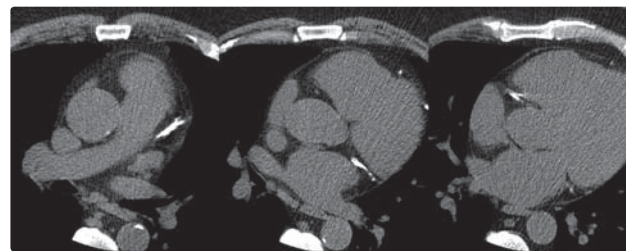


Obrázek 2A Výrazné kalcifikace v povodí všech tří tepen prokázané pomocí CT u 76letého asymptomatického rizikového muže, celkové koronární kalciové skóre 1 451

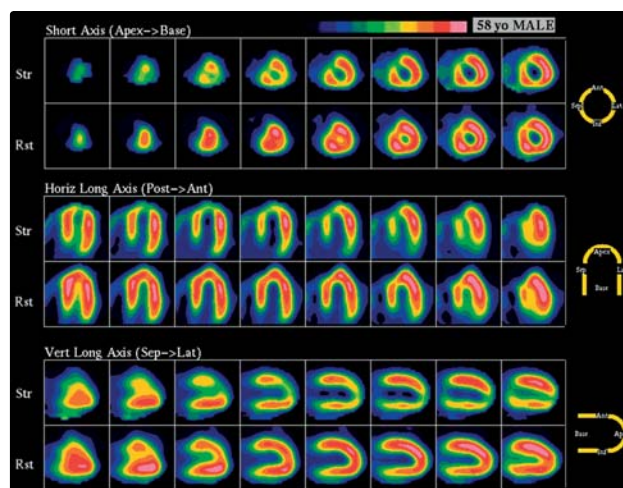


Obrázek 2B Zátěžové perfuzní SPECT vyšetření u téhož pacienta. Na tomografických řezech nebyla prokázána ischemie (sumační zátěžové i rozdílové skóre = 0). Byla doporučena léčba statiny a pacient byl bez kardiální příhody v průběhu dalšího tříletého sledování

nebo nulového koronárního kalciového skóre u nich může být zavádějící, jelikož čerstvé koronární léze nemusí být kalcifikované. To však vůbec neznamená, že bychom koronární kalcium neměli v této vysoce rizikové populaci asymptomatických jedinců zkoumat. Je tomu přesně naopak – případné kalcifikace nás zajímají velmi (podobně jako v populaci vybraných symptomatických pacientů). Avšak kalciové skóre v tomto případě již neslouží jako screeningová metoda, ale spíše jako další doplňující informace k zátěžovému testu. Průkaz extenzivních kalcifikací má pro nás obdobný prognostický význam jako funkční změny zjištěné při zátěžovém gated SPECT vyšetření svědčící pro poischemické omrácení levé komory (např. její transitorní ischemická dilatace, pokles ejekční frakce, zhoršení regionální kinetiky apod.).<sup>22,23</sup> Zejména u pacientů s normálním nebo jen mírně abnormálním nálezem na SPECT může vysoké kalciové skóre vést k odhalení rizikových pacientů s nemocí více tepen.<sup>10,22-26</sup> Ukazuje se tedy, že v případě této poměrně časté kombinace, tj. normálního SPECT nálezu a současně vysokého kalciové skóre, bude klíčové správné posouzení předtestové pravděpodobnosti pacienta a jeho individuálního rizika. Pokud se bude jednat o asymptomatického jedince s 10letým rizikem závažné kardiální příhody v rozmezí 10–20 %, zobrazili jsme preklinickou aterosklerózu, která má být intenzivně léčena statiny. Ovšem u jiného pacienta, např. diabetika s námahovou dušností, mohou být extenzivní kalcifikace při jinak normálním



Obrázek 3A Extenzivní kalcifikace v povodí všech tří tepen prokázané CT u 58letého asymptomatického muže, celkové koronární kalciové skóre 2 474



Obrázek 3B SPECT vyšetření odhalilo výraznou reverzibilní poruchu perfuze anteroseptálně, apikálně a inferiorně svědčící pro nemoc více koronárních tepen. Koronarograficky byla prokázána kritická kalcifikovaná bifurkační stenóza ramus interventricularis anterior, 75% stenóza v proximálním úseku ramus circumflexus (RC), uzávěr jedné z periferních větví RC, 50–60% stenóza gracilnějšího ramus marginalis sinister a 75% stenóza pravé koronární tepny. Pacient poté podstoupil kardiouchirurgické řešení

SPECT nálezu jediným vodítkem k tomu, aby byl včas odeslán ke katetrizaci a případně koronární revaskularizaci.

V našem dříve publikovaném souboru vysoce rizikových pacientů s diabetem, resp. s ledvinovým selháním jsme prokázali relativně dobrou prognózu pouze v tom případě, když nebyla zobrazena reverzibilní porucha perfuze, pozátěžové zhoršení funkce levé komory ani extenzivní kalcifikace (incidence závažných kardiálních příhod 1,9 % ročně).<sup>23</sup> Pokud však měli pacienti zobrazenou jakoukoli z těchto změn, byla prognóza významně horší (incidence závažných příhod ročně se pohybovala od 9,5 % do 26,7 % ročně). Např. v kardiocentru Univerzitní nemocnice v Curychu se proto koronární kalciové skóre již stalo standardní nedílnou součástí všech SPECT vyšetření (CT data jsou využita zároveň i ke korekci zeslabení záření gama). Ghadri a spol.<sup>26</sup> z tohoto pracoviště shromáždili soubor 50 po sobě jdoucích symptomatických pacientů, kteří měli normální zátěžový SPECT a současně velmi vysoké kalciové skóre (> 1 000). Všechny tyto pacienty následně poslali na invazivní koronarografii. U 37 (74 %) z nich koronarografie prokázala významné stenózy, nemoc jedné, dvou, resp. tří tepen byla zjištěna u 15, 10, resp. 12 pacientů (vybalancovaná nemoc všech tří tepen je tedy vzácnější,

než autoři původně očekávali). Práce prokázala, že přidaná hodnota kalciového skóre k zátěžovému SPECT vyšetření je v těchto situacích nepochybná a umožňuje demaskovat závažnou ICHS (26 pacientů bylo léčeno koronární revaskularizací, z 12 pacientů s nemocí tří tepen dokonce všichni).

Ještě přesnější informace o dopadu kalcifikovaných lézí na mikrocirkulaci pak může poskytnout měření rezervy koronárního průtoku. Myokardiální průtoky lze absolutně kvantifikovat (v ml/min/g tkáně) např. pomocí pozitronové emisní tomografie (PET). Inverzní vztah mezi kalcifikací a rezervou koronárního průtoku popsala Curillová a spol.<sup>27</sup> v populaci 136 pacientů s normální regionální perfúzí myokardu zjištěnou pomocí <sup>82</sup>Rb PET. Při narůstajícím koronárním kalcii se rezerva koronárního průtoku signifikantně snižovala ( $1,8 \pm 0,5$  u nulového kalciového skóre vs.  $1,7 \pm 0,5$ , resp.  $1,5 \pm 0,4$  u kalciového skóre 1–400, resp.  $> 400$ ;  $p = 0,048$ ).

## Závěr

CT stanovení koronárního kalciového skóre představuje senzitivní metodu v detekci koronární aterosklerozy s významnou prognostickou cenou. Nález vysokého kalciového skóre je však málo specifický pro diagnostiku obstrukční ICHS. V kombinaci se zátěžovým SPECT vyšetřením lze v populaci asymptomatických pacientů identifikovat přítomnost subklinické koronární aterosklerozy s rizikem vzniku klinické symptomatické ICHS. Tito nemocní vyžadují redukci rizikových faktorů a účinnou léčbu statiny.

## Poděkování

Supported by European Regional Development Fund – Project FNUSA-ICRC (No. CZ.1.05/1.1.00/02.0123).

## Literatura

1. Nordhorn-Muller J, Binting S, Roll S, Willich S. An update on regional variation in cardiovascular mortality within Europe. *Eur Heart J* 2008;29:1316–1326.
2. Yach D, Hawkes C, Gould CL, Hofman KJ. The global burden of chronic disease. Overcoming impediments to prevention and control. *JAMA* 2004;291:2616–2622.
3. Perrone-Filardi P, Achenbach S, Möhlenkamp S, et al. Cardiac computed tomography and myocardial perfusion scintigraphy for risk stratification in asymptomatic individuals without known cardiovascular disease: a position statement of the Working Group on Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2010, e-pub ahead of print.
4. Raggi P, Berman DS. Computed tomography coronary calcium screening and myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol* 2005;12:96–103.
5. Anand DV, Eric L, Lahiri A, Bax, JJ. The role of non-invasive imaging in the risk stratification of asymptomatic diabetic subject. *Eur Heart J* 2006;27:905–912.
6. Wackers FJT, CHyun DA, Young LH, et al. Resolution of asymptomatic myocardial ischemia in patients with type 2 diabetes in the Detection of Ischemia in Asymptomatic Diabetics (DIAD) study. *Diabetes Care* 2007;30:2892–2898.
7. Schuijff JD, Wijns W, Jukema W, et al. A comparative regional analysis of coronary atherosclerosis and calcium score on multislice CT versus myocardial perfusion on SPECT. *J Nucl Med* 2006;47:1749–1755.
8. Uebles C, Becker A, Griesshammer I, et al. Stable coronary artery disease: prognostic value of myocardial perfusion SPECT in relation to coronary calcium scoring- long term follow up. *Radiology* 2009;253:682–690.
9. Rosen BD, Fernandes V, McClelland RL, et al. Relationship between baseline coronary calcium score and demonstration of coronary artery stenoses

during follow up. MESA Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *J Am Coll Cardiol* 2009;2:1175–1183.

10. Flotats A, Knuuti J, Gutberlet M, et al. Hybrid cardiac imaging: SPECT/CT and PET/CT. A joint position statement by the European Association of Nuclear Medicine (EANM), the European Society of Cardiac Radiology (ESCR) and the European Council of Nuclear Cardiology (ECNC). *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2011;38:201–212.
11. Budoff MJ, Shaw LJ, Liu ST, et al. Longterm prognosis associated with coronary calcification: observations from a registry of 25,253 patients. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:1860–1870.
12. Greenland P, Bonow RO, Brundage BH, et al. ACCF/AHA 2007 clinical expert consensus document on coronary artery calcium scoring by computed tomography in global cardiovascular risk assessment and in evaluation of patients with chest pain: a report of the American College of Cardiology Foundation Clinical Expert Consensus Task Force (ACCF/AHA Writing Committee to Update the 2000 Expert Consensus Document on Electron Beam Computed Tomography) developed in collaboration with the Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention and the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:378–402.
13. Bellasi A, Lacey C, Taylor AJ, et al. Comparison of prognostic usefulness of coronary artery calcium in men versus women (results from a meta- and pooled analysis estimating all-cause mortality and coronary heart disease death or myocardial infarction). *Am J Cardiol* 2007;100:409–414.
14. Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med* 2008;358:1336–1345.
15. Germano G, Berman DS. Regional and global ventricular function and volumes from single-photon emission computed tomography perfusion imaging. In: Zaret BL, Beller GA. *Clinical Nuclear Cardiology*. 3rd ed. Philadelphia, Elsevier Mosby, 2005:189–212.
16. Hachamovitch R, Berman DS, Shaw LJ, et al. Incremental prognostic value of myocardial perfusion single photon emission computed tomography for the prediction of cardiac death: differential stratification for risk of cardiac death and myocardial infarction. *Circulation* 1998;97:535–543.
17. Kamínek M, Metelková I, Budíková M, et al. Prognostický význam zátěžového zobrazení myokardiální perfúze a funkce levé komory jednofotonovou emisní tomografií. *Cor Vasa* 2008;50:373–377.
18. Lang O, Kamínek M, Trojanová H. *Nukleární kardiologie*. Praha: Galén, 2008.
19. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:827–832.
20. Greenland P, LaBree L, Azen SP, et al. Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *JAMA* 2004;291:21–215.
21. Hendel RC, Abbott BG, Bateman TM, et al. The role of radionuclide myocardial perfusion imaging for asymptomatic individuals. *J Nucl Cardiol* 2011;18:3–15.
22. Sovová E, Kamínek M, Horák D, et al. Stanovení kalciového skóre pomocí výpočetní tomografie (CT) v kombinaci se zátěžovým SPECT zobrazením myokardiální perfúze. *Prakt Lék* 2007;87:554–558.
23. Sovová E, Kamínek M, Richter M, et al. The role of coronary calcium score in predicting myocardial infarction. Morning well, afternoon hell. *Cor Vasa* 2010;52:275–276.
24. Schepis T, Gaemperli O, Koepfli P, et al. Added value of coronary artery calcium score as an adjunct to gated SPECT for the evaluation of coronary artery disease in an intermediate risk population. *J Nucl Med* 2007;48:1424–1430.
25. Metelková I, Kamínek M, Sovová E, et al. Stratifikace rizika pomocí zátěžového SPECT zobrazení myokardu v kombinaci se stanovením koronárního kalciového skóre u rizikových pacientů s diabetem a/nebo ledvinovým selháním. *Vnitř Lék* 2010;56:1122–1129.
26. Shaw LJ, Narula J. Risk assessment and prescriptive value of coronary artery disease testing. *J Nucl Med* 2009;50:1296–306.
27. Ghadri JR, Pazhenkottil AP, Gaemperli O, et al. Extensive CAC unmasks obstructive CAD in normal SPECT MPI. *Hospitalis* 2011;81:65.
28. Curillova Z, Yaman BF, Dorbala S, et al. Quantitative relationship between coronary calcium content and coronary flow reserve as assessed by integrated PET/CT imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imag* 2009;36:1603–1610.

Došlo do redakce: 10. 6. 2011

Přijato: 25. 7. 2011