

MOŽNOSTI ZOBRAZOVACÍCH METOD PŘI DIAGNOSTICE ONEMOCNĚNÍ SRDCE A VĚNČITÝCH TEPEN, ANALÝZA INDIKACÍ NA JEDNOM PRACOVIŠTI

THE POSSIBILITIES OF IMAGING IN DIAGNOSTIC OF DISEASES OF THE HEART
AND CORONARY ARTERIES, ANALYSIS OF THE INDICATIONS IN ONE CENTER

původní práce

Jiří Ferda
Jan Baxa
Eva Ferdová
Alexander Malán
Jan Záhlava
Lucie Baxová

Klinika zobrazovacích metod LF UK
a FN, Plzeň

Přijato: 15. 8. 2012.

Korespondenční adresa:

prim. doc. MUDr. Jiří Ferda, Ph.D.
Klinika zobrazovacích metod
LF UK a FN
Alej Svobody 80, 306 40 Plzeň
e-mail: ferda@fnplzen.cz

Podpořeno Programem rozvoje
vědních oborů Karlovy Univerzity
(projekt P36).

SOUHRN

Ferda J, Baxa J, Ferdová E, Malán A, Záhlava J, Baxová L. Možnosti zobrazovacích metod při diagnostice onemocnění srdce a věnčitých tepen, analýza indikací na jednom pracovišti

Cíl. Zhodnotit četnost indikací zobrazení srdce a věnčitých tepen pomocí CT, MRI, PET a SPECT na jednom pracovišti.

Metoda. Byla provedena retrospektivní analýza indikací neinvazivních zobrazovacích metod srdce na jednom pracovišti, které sdružuje pracoviště radiologická a pracoviště nukleární medicíny. Zhodnoceny byly jednak indikace, jednak absolutní poměr prováděných vyšetření.

Výsledky. Nejčastěji prováděnou metodou je SPECT myokardu, která tvoří více než 64 % všech provedených vyšetření, CT tvoří méně než jednu čtvrtinu vyšetření, magnetická rezonance tvoří méně než 7 % vyšetření a PET méně než 1 %. Nejvýznamnějšími indikacemi je ischemická choroba srdeční, která zcela převládá v indikacích, a to nejen z důvodu velkého zastoupení SPECT vyšetření, ale i díky indikacím k CT. U vyšetření magnetické rezonance dominovaly indikace při podezření na myokarditidu.

Závěr. Vyšetření srdce tvoří významnou část vyšetření prováděných na radiologicko-nukleárně-medicínském pracovišti. Počty vyšetření v souhrnu převyšují ve srovnatelných časových úsecích počet katetrizačních výkonů na srdci a věnčitých tepnách.

Klíčová slova: zobrazení srdce, indikace k zobrazení srdce, CT srdce, MR srdce, nukleární kardiologie.

SUMMARY

Ferda J, Baxa J, Ferdová E, Malán A, Záhlava J, Baxová L. The possibilities of imaging in diagnostic of diseases of the heart and coronary arteries, analysis of the indications in one center

Aim. To evaluate the indications in cardiac imaging using CT, MRI, PET and SPECT performed in one department.

Methods. The retrospective analysis of the indications in cardiac imaging in one performing department including radiology and nuclear medicine was done. The proper indications with the particular ratio of imaging methods such as CT, MRI, SPECT and PET were assessed.

Results. Myocardial SPECT is the most frequent imaging modality of the heart, it forms more than 64% of all procedures; CT examinations count less than one quarter of imaging procedures, MRI less than 7% and PET less than 1%. The most important indication is the ischemic heart disease due to the leading number of SPECTs, also due to the indications of CT of the heart. The suspected myocarditis is the leading indication of MRI procedures.

Conclusion. The heart imaging is the important part of all procedures performed in department including both radiology and nuclear medicine. The number of all non-invasive procedures exceeds the number of catheter-based examinations in interventional cardiology.

Key words: cardiac imaging, indications in cardiac imaging, cardiac CT, cardiac MRI, nuclear cardiology.

ÚVOD

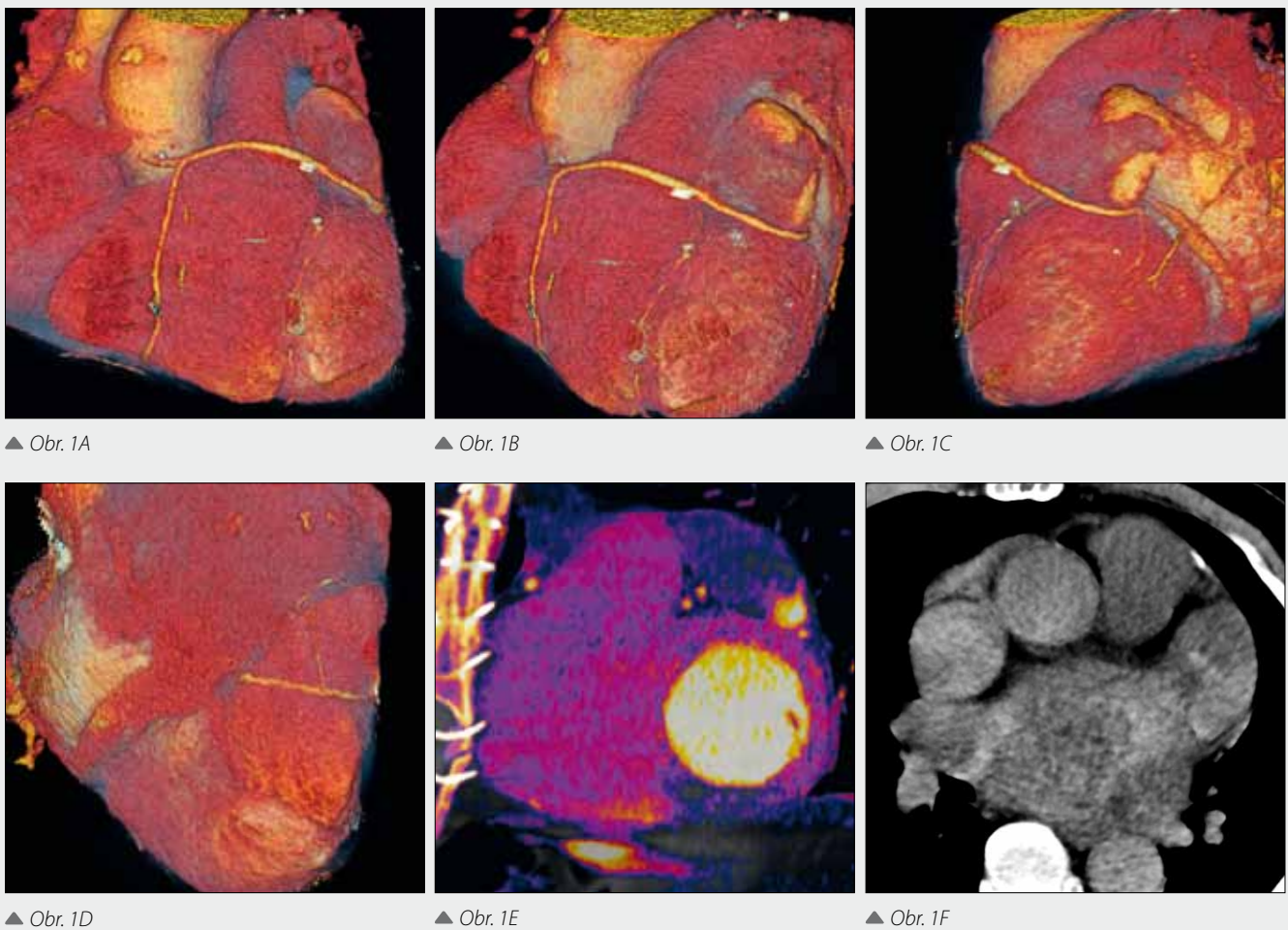
Základními vyšetřovacími metodami srdce a věnčitých tepen zůstávají prostý snímek hrudníku, echokardiografie a katetrizační angiografie věnčitých tepen. Od přelomu století se objevují v indikacích diagnostiky onemocnění srdce a věnčitých tepen i metody nové, prováděné pomocí výpočetní tomografie s EKG synchronizací (CT), vyšetření magnetickou rezonancí (MR), pozitronovou emisní tomografií (PET). Zobrazení jednofotonovou emisní tomografií (SPECT) zůstává metodou vedoucí při perfuzním zobrazení, mění se však výrazně podíl vyšetření ve prospěch zobrazení využívající aplikace látek značených metatechniciem ^{99m}Tc na rozdíl od starších indikací s aplikací thalia.

Zobrazovací metody srdce a věnčitých cév, zejména pomocí výpočetní tomografie, prodělávají však v současnosti skutečnou revoluci v technice provádění vyšetření a dochází také k výraznému posunu v indikacích mezi jednotlivými metodami. Vzhledem k výrazné diverzifikaci terapie jednotlivých onemocnění srdce dochází k nutné specializaci technik vyšetření na jednotlivé klinické problémy. Možnosti, které nabízejí

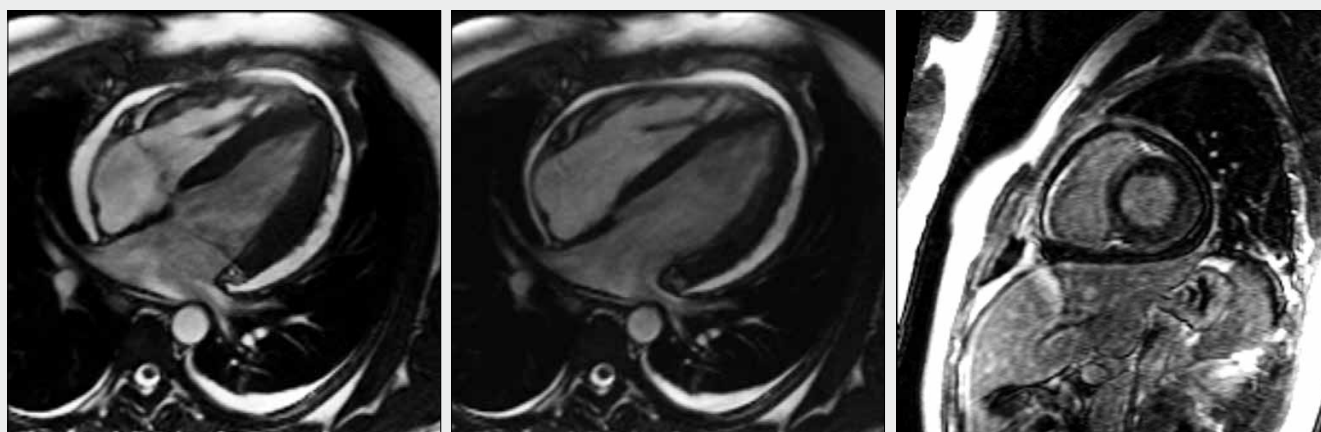
v současnosti zobrazovací metody, pokrývají značné spektrum indikací od morfologického zobrazení po funkční zobrazení. Cílem práce bylo ukázat na rozložení vyšetření mezi jednotlivými metodami a zhodnotit indikace neinvazivních zobrazovacích metod srdce na jediném pracovišti.

MATERIÁL A METODIKA

Byla provedena retrospektivní analýza indikací pokročilých zobrazovacích metod srdce provedených za 6 měsíců na Klinice zobrazovacích metod LF UK a FN v Plzni. Jde o pracoviště disponující vyšetřovacími metodami celého spektra neinvazivních metod s výjimkou echokardiografie. Do analýzy byla zahrnuta cílená vyšetření srdce pomocí výpočetní tomografie s EKG synchronizací (CT), vyšetření magnetickou rezonancí (MR), pozitronovou emisní tomografií (PET), jednofotonovou emisní tomografií (SPECT). Zhodnocen byl podíl jednotlivých zobrazovacích metod na celkovém počtu vyšetření a dále indikace k prováděným zobrazením. Retrospektivní analýza byla provedena v rozmezí ledna až června 2012 tak,



Obr. 1. CT koronarografie technikou duální energie záření uzavřen stav po Y-CABG na levou věnčitou tepnu s odbočkou na pravou věnčitou tepnu. A–D – 3D VRT; E – DECT – mapa jódu ukazuje oblast hypoperfuze bazální třetiny spodní stěny v teritoriu zásobeném pravou věnčitou tepnou; F – zobrazení heterogenní struktury trombu v levém oušku pomocí virtuálního nativního zobrazení, kdy je část obracející se do volného lumina tvořena čerstvou sraženinou
Fig. 1. CT coronarography using dual-energy technique. Y-bypass-graft on left and right coronaries. A–D – VRT; E – hypoperfusion of basal third of interior ventricular wall on cosine distribution map; F – heterogeneous clot in left atrial appendage



▲ Obr. 2A

▲ Obr. 2B

▲ Obr. 2C



▲ Obr. 2D

▲ Obr. 2E

▲ Obr. 2F

Obr. 2. Zobrazení magnetickou rezonancí u nemocného s perimyokarditidou. A, B – trueFISP v systole a diastole; C, D – pozdní syčení sekvencí IR turboFLASH; E, F pozdní syčení sekvencí PSIR

Fig. 2. Magnetic resonance in patient with perimyocarditis. A, B – trueFISP in systolic and diastolic phases; C, D – delayed enhancement using IR turboFLASH; E, F – delayed enhancement using PSIE

aby byl podán ucelený pohled na recentní skladbu vyšetření a zastoupení jednotlivých indikací.

VÝSLEDKY

Nejčastěji prováděným vyšetřením na našem pracovišti je perfuzní scintigrafie myokardu, jde o vyšetření tvořící více než polovinu všech vyšetření. CT vyšetření je druhou nejčastější indikací zobrazení srdce, nejméně častá jsou vyšetření pomocí PET. Zastoupení jednotlivých metod ukazuje tabulka 1, zastoupení jednotlivých indikací ukazuje tabulka 2.

Tab. 1. Počet vyšetření za šest měsíců

Table 1. Number of the examinations during six months

	Počet	%
celkem	1161	100
CT	282	24,3
MRI	78	6,7
PET, PET/CT	11	0,9
SPECT	790	68

Vyšetření pomocí CT

Na našem pracovišti disponujeme třemi přístroji schopnými provádět CT vyšetření s EKG synchronizací: 64-řadý přístroj (Somatom Sensation 64, Siemens, Forchheim, Německo), dvouzdvojitý systém se dvěma 64-řadými subsystemy (Somatom Definition Dual-source, Siemens, Forchheim, Německo) a dvouzdvojitý systém se dvěma 128-řadými subsystemy (Somatom Definition Flash, Siemens, Forchheim, Německo). Pro neodkladná vyšetření preferujeme přístroj instalovaný v komplexu urgentního příjmu (dvouzdrojitý systém se dvěma 64-řadými subsystemy) z důvodu bezprostřední dostupnosti resuscitačního týmu. Z technik vyšetření volíme u urgentních vyšetření retrospektivní gating s dávkovou modulací, u plánovaných vyšetření volíme prospektivní techniku sekvencí akvizice dat „step-and-shoot“ nebo prospektivní akvizici dat spirální technikou s vysokým faktorem stoupání (tzv. flash-spiral), eventuálně retrospektivní techniku gatingu s dávkovou modulací s ohledem na aktuální srdeční frekvenci (1–7). Z a zásadní považujeme redukci dávky, kdy kromě preference nízkovoltážní techniky (100 kV) užíváme i iterativní rekonstrukce dat algoritmem SAFIRE (Siemens, Forchheim, Německo). Pro perfuz-

ni zobrazení užíváme dynamické techniky s kývavým pohybem stolu tak, že vyšetřením je pokryt celý objem myokardu levé komory srdeční. Jako alternativu k zobrazení věnčitých tepen současně s vyšetřením klidové perfuze používáme techniku duální energie záření se současnou expozicí 100 a 140 kV. Při hodnocení je současně zobrazen koronární systém a pomocí vyhodnocení obsahu jódu i perfuze myokardu. Zobrazení lze využít k hodnocení struktury intrakraniálních útvarů.

Vyšetření pomocí MR

Vyšetření provádíme na dvou přístrojích magnetické rezonance 1,5 T (Magnetom Avanto, Siemens, Erlangen, Německo) a 3 T (Magnetom Skyra, Siemens, Erlangen, Německo). Jelikož část vyšetření je akutních, zejména při podezření na myokarditidu, distribuce vyšetření je nerovnoměrná mezi přístroji. Preferujeme však provádění vyšetření na 1,5 T MRI z důvodu jednak lepší průchodnosti pracoviště, snadnější zobrazení sekvencemi steady-state-free-precession (sekvence trueFISP) a také z důvodu instalace přístroje v bezprostřední prostorové návaznosti na koronární jednotku intenzivní péče.

Nejčastěji využívaný protokol zobrazení srdce magnetickou rezonancí je kombinace kinetického zobrazení, first-pass perfuze a zobrazení pozdní distribuce kontrastní látky v myokardu „delayed enhancement“ (7–12). Distribuce vyšetření je prováděna na základě aktuální dostupnosti pracoviště.

Zobrazení chlopní provádíme výhradně na 1,5 T MRI, kdy nesnáze s artefakty sekvence trueFISP výrazně diskvalifikují zobrazení pomocí 3 T MRI, i když zobrazení pomocí fázového kontrastu dává vyšší kontrast. Kalkulace zkratové cirkulace je možné provádět zcela ekvivalentně oběma přístroji, používáme sekvence fázového kontrastu a tokovou analýzu.

Technika vyšetření PET

Vyšetření provádíme na hybridním systému Biograph 16 (Siemens, Forchheim/Knoxville, Německo/USA) s integrovaným 16-řadým CT subsystémem.

Technika vyšetření je závislá na indikaci, pro vyšetření viability myokardu provádíme přípravu myokardu. Hyperinzulinemický-euglykemický clamp předchází vlastní vyšetření, nemocný lační přes noc a při vlastní přípravě je podávána současná infuze inzulínu 40 mU/min a 20 % glukózy. Provádíme kontroly glykémie po 3 minutách. Aplikace radiofarmaka následuje po stabilizaci glykémie ve třech následujících náběrech. Aplikovaná aktivita ^{18}F -fluorodeoxyglukózy je 5 MBq/kg, akumulace 60 minut, vyšetření pak provádíme pomocí aktivizace dat se synchronizací s EKG.

U vyšetření z indikací nádorů srdce a intrakardiálních nádorů vyšetření provádíme bez hyperglykemického-euglykemického clampu po intravenózní aplikaci ^{18}F -fluorodeoxyglukózy v dávce 4 MBq/kg a také bez EKG synchronizace.

Technika vyšetření SPECT

Vyšetření provádíme na dvoudetektorovém systému SPECT ECAT (Siemens, Forchheim/Knoxville, Německo/USA) nebo na hybridním systému Symbia T6 (Siemens, Forchheim/Knoxville, Německo/USA). U nemocných preferujeme ergometrické vyšetření se zátěží na bicyklu, kdy je zátěž prováděna tak, aby nemocný dosáhl maximální tepové frekvence. Vyšetření po fyzickou aktivitou navozené zátěži je více fyziologickým typem zátěže než farmakologická zátěž. Farmakologické zátěžové vyšetření je spojeno s aplikací vazodilatačně aktivních látek, které působí v myokardu tzv. steal fenomén při redistribuci toku krve mezi jednotlivými tepennými teritorii. Aplikace radiofarmaka $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -methoxyisobutylisonitrilu je prováděna bezprostředně po dosažení zátěže. Vyšetření doplňuje zobrazení klidové s odstupem 24–48 hodin.

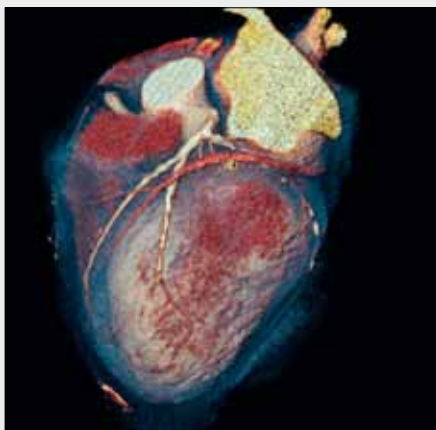
DISKUSE

Nejčastější klinickou otázkou, na kterou odpovídají v současnosti zobrazovací metody, je otázka přítomnosti zátěžové ischemie myokardu, na druhém místě je to přítomnost aterosklerotického postižení věnčitých tepen a na třetím místě známky zánětlivého postižení myokardu. Jelikož na každou z otázek v současnosti odpovídá nejlépe jedna z metod – postižení perfuze – SPECT, věnčité tepny – CT, myokarditida – MRI, početnost prováděných jednotlivých vyšetření je ve stejném sledu. Jaké jsou tedy vzájemné průniky zobrazovacích metod? Jaké jsou nové perspektivy jednotlivých technik? Jakých nových indikací se můžeme dočkat v krátkém nebo vzdálenějším časovém horizontu?

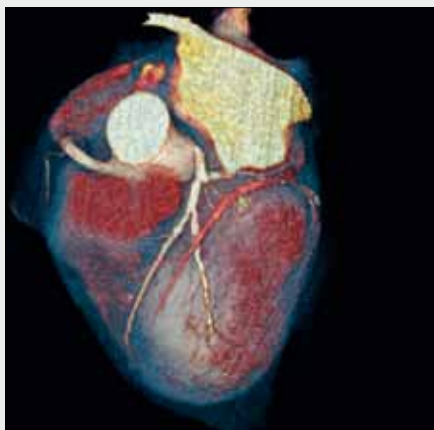
Určujícími faktory pro indikaci jednotlivých metod je schopnost odpovědět na klinickou otázku. Jaké jsou ekvivalenty současných zobrazovacích postupů? Nejčastější otázkou, jak již bylo vysloveno, je perfuze myokardu. Všechny základní metody CT, MRI, SPECT i PET dnes disponují zobrazovacími technikami perfuze myokardu. U CT je to perfuze pomocí dynamické skenovací techniky, kterou lze kombinovat se zátěží adenosinem, u MRI jde o rutinní zobrazení, jež je součástí postkontrastního zobrazení. PET/CT zobrazení perfuze myokardu není v Evropě k dispozici z důvodu dosud vážnoucí registrace rubidiového generátoru pro použití ^{82}Rb ,

Tab. 2. Indikace k vyšetřovacím metodám
Table 2. Indications of the imaging methods

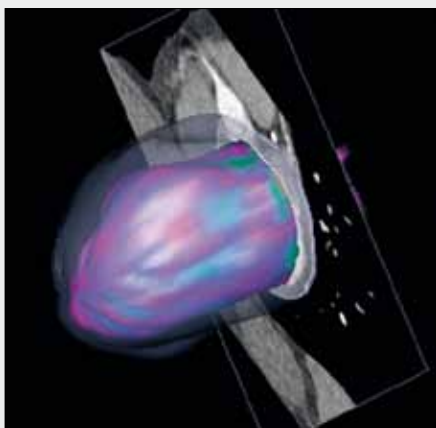
CT	počet	%	MRI	počet	%	PET, PET/CT	počet	%	SPECT	počet	%
celkem	282	100,0	celkem	78	100,0	celkem	11	100,0	celkem	790	100,0
koronární tepny	79	28,0	myokarditida	37	47,4	viabilita	7	63,6	zátěžová perfuze	498	63,0
bypasy	85	30,1	kardiomyopatie	14	17,9	intrakardiální útvary	2	18,2	pro PET viabilitu	7	0,9
chlopně	9	3,2	perikarditida	9	11,5	tumory	2	18,2	klidová perfuze	285	36,1
srdeční žíly	7	2,5	viabilita	9	11,5						
akutní CT srdce	68	24,1	zkratové vady	4	5,1						
perfuze	11	3,9	intrakardiální útvary	2	2,6						
kalciové skóre	23	8,2	chlopně	3	3,8						



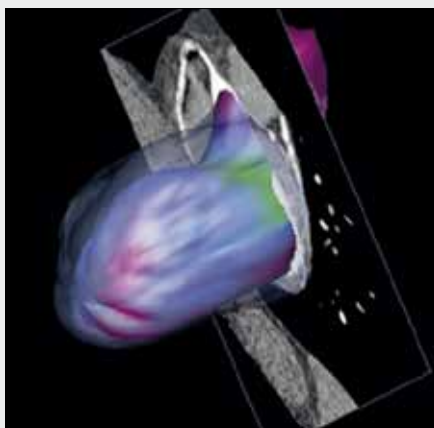
▲ Obr. 3A



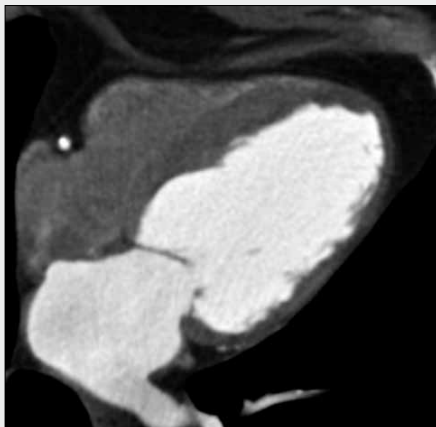
▲ Obr. 3B



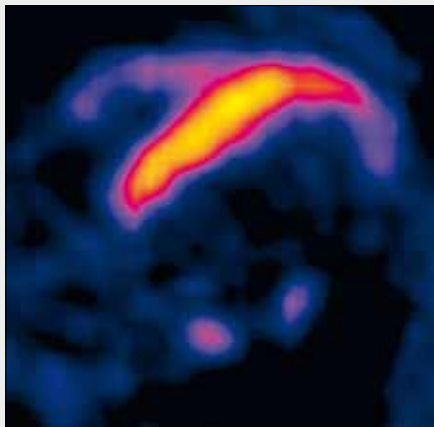
▲ Obr. 3C



▲ Obr. 3D



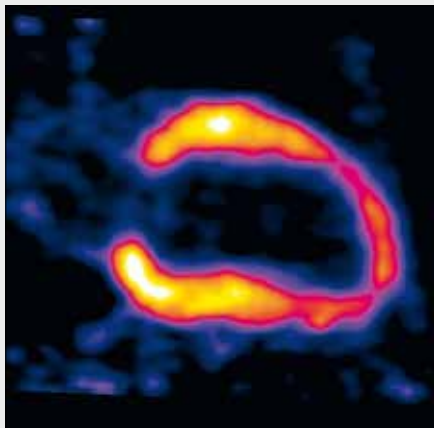
▲ Obr. 3E



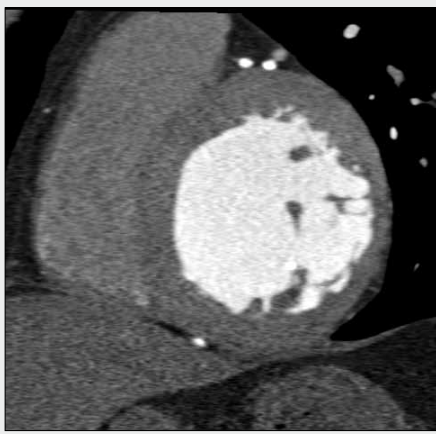
▲ Obr. 3F



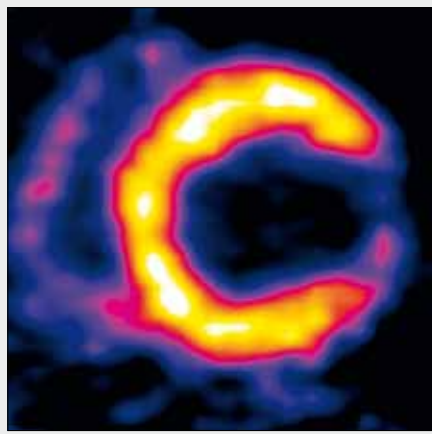
▲ Obr. 3G



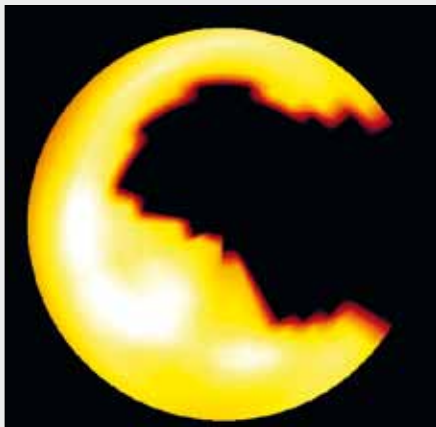
▲ Obr. 3H



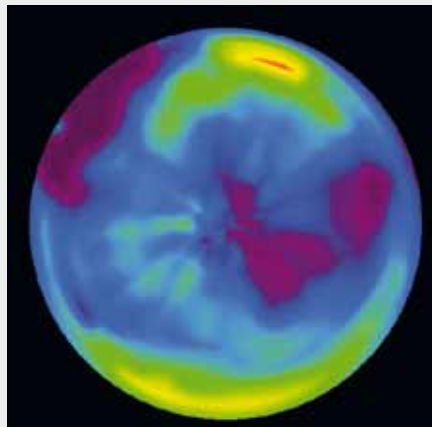
▲ Obr. 3I



▲ Obr. 3J



▲ Obr. 3K



▲ Obr. 3L

Obr. 3. **Komplexní zobrazení srdce pomocí PET/CT u nemocného po rozsáhlém laterálním infarktu.** A, B – 3D VRT koronarografie; C, D – kinetická analýza v diastole a systole; E–J – porovnání obrazů PET a CT; K – PET, zobrazení aviabilní jizvy polární mapou; L – CT zobrazení akineze polární mapou

Fig. 3. **Complex imaging using PET/CT in patient after large lateral myocardial infarction.** A, B – VRT coronarogram; C, D – kinetic analysis in diastolic and systolic phases; E–J – comparison of CT and PET images; K – polar map of viability using PET assessment; L – polar map of akinesis using CT assessment

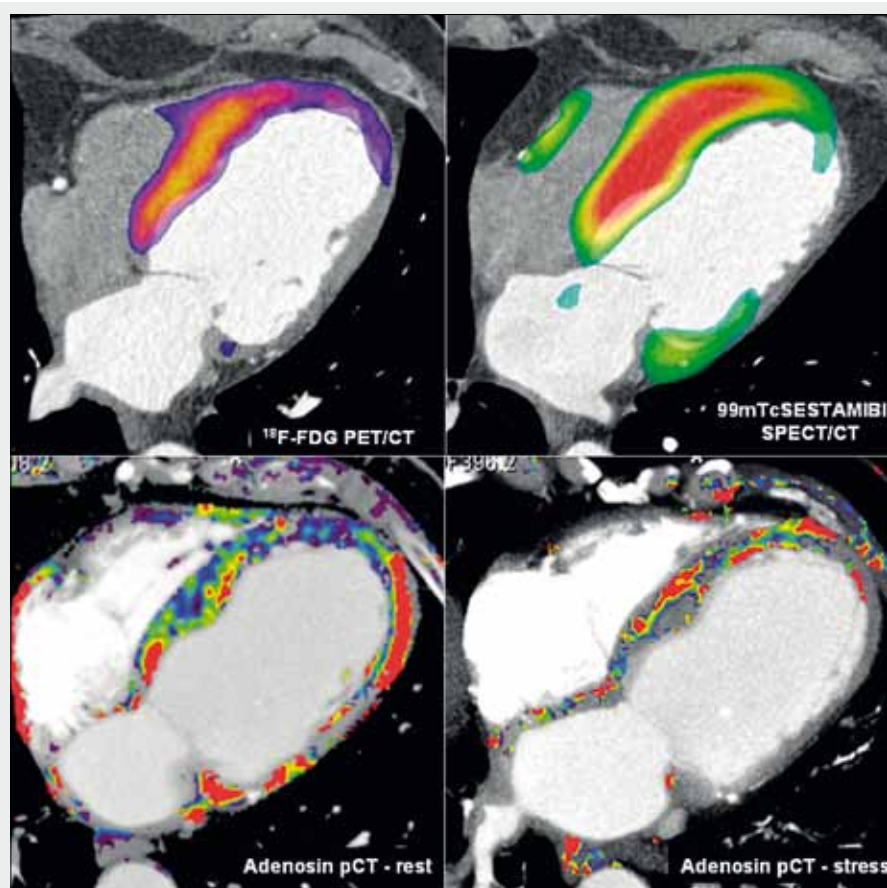
u metod používající radioizotop kyslíku jde o nutnost provádět vyšetření v místě, kde je instalován cyklotron (13–17). Obecný problém metod PET je jejich neúměrná cena. Jaké jsou technické omezující faktory pro použití perfuzních technik? – Objektivně je to u CT logistická komplikovanost na pracovištích, kde nejsou v týmu k dispozici lékaři s kvalifikací pro provádění zátěžového vyšetření srdce; u MRI je největším problémem logistika vyšetření ve vyšetřovně s vysokým magnetickým polem. Proč tedy neprovádíme častěji perfuzní vyšetření na CT nebo MRI, když disponujeme technikami s menší zátěží radiační a jednodušší i logisticky a kdy současně v týmu našeho pracoviště jsou lékaři kvalifikováni provádět farmakologickou zátěž? Odpovědí na otázku, proč je nejčastěji prováděná perfuze myokardu pomocí SPECT, je ekonomická výhodnost vyšetření (paušální platba pojišťovnou) a jeho stabilizované postavení ve vyšetřovacích algoritmech (18, 19).

Při zobrazení věnčitých tepen a cévních rekonstrukcí dominuje a v budoucnosti stále více bude převládat i v celkovém měřítku vyšetření pomocí CT. V současnosti je na našem pracovišti počet CT angiografií koronární cirkulace zhruba třetinový ve srovnání katetrizačními metodami. Podíl vyšetření CT angiografií má neustále vzestupnou tendenci. MR angiografie věnčitých tepen dosud velmi zaostává flexibilitou v porovnání s CT vyšetřením, problémy jsou především v tom, že nejde o tzv. single-shot techniku, tedy jde u MRI o akvizici dat průměrující několik sousedních nebo i nesousedících stahů

srdce. MRI tedy dosud nedisponuje rychlou akvizicí dat s dostatečným prostorovým rozlišením.

Jaké jsou možnosti využití kombinace CT a metod nukleární medicíny – problémy jsou především v nedostatečném časovém a prostorovém rozlišení metod nukleární medicíny. Problém je i ve vysoké radiační zátěži SPECT a PET (připadá na vrub radiofarmaka) a dosahuje hodnot přesahující 10 mSv. V budoucnosti je možné očekávat spíše posun v zobrazení směrem k vytvoření univerzálního modelu kombinovaného morfologického a funkčního zobrazení pomocí CT – kombinace CT koronarografie a perfuzní analýzy. Tento přístup bude zahrnovat CT angiografii a perfuzní vyšetření v zátěži po aplikaci látky vázané na adenosinové receptory, a poté eventuálně klidové vyšetření. Z hlediska obecného se jeví jako výrazně komplexnější dynamická perfuzní analýza, která umožní kvantifikovat perfuzi v myokardu objektivně. Avšak mnohem jednodušším modelem se možná ukáže spektrální analýza sycení tkáně myokardu pomocí duální energie záření. V současnosti lze kombinovat zobrazení CT a metod nukleární medicíny s výhodami jednoduché off-line fúze i in-line fúze. Kombinace metod nukleární medicíny a CT je nejsnazší, jsou-li obě pracoviště integrována v jediné organizační jednotce.

V posuzování změny ve struktuře myokardu je jedinou cestou budoucnosti zobrazení magnetickou rezonancí – lze očekávat, že v krátkém časovém horizontu bude moci být uvedena do praxe technika difuzního a spektroskopického zob-



Obr. 4. Porovnání obrazu myokardu pomocí ^{18}F -FDGPET/CT, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI-SPECT/CT a zátěžového perfuzního zobrazení adenosinovým stress testem na CT
 Fig. 4. Comparison of the myocardial assessment using ^{18}F -FDGPET/CT, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI-SPECT/CT and stress CT perfusion after application of adenosine

▲ Obr. 4

razování myokardu s EKG synchronizací. Obohacením magnetické rezonance a vzkříšením posuzování viability pomocí PET bude zřejmě hybridní zobrazení MR/PET, které bude schopno redukovat radiační zátěž, zobrazení jizevnaté tkáně pomocí MRI a zobrazení metabolicky funkčně způsobilých populací myocytů myokardu.

V neposlední řadě je třeba uvést životní důležitost těsné spolupráce a neustálé komunikace mezi kardiology, kardiocirurgy a specialisty v kardiovaskulárním zobrazování. Nezbytností je pravidelná intenzivní komunikace nad indikacemi jednotlivých metod obecně i u jednotlivých případů a dále prezentace výsledků a zpětná vazba mezi metodami zobrazení prováděnými kardiology a lékaři diagnostického zobrazení.

ZÁVĚR

Z hlediska logistiky je výhodným modelem sjednocení vyšetřovací platformy neinvazivních zobrazovacích metod v jediné funkčně organizované jednotce. Důvody jsou v optimalizaci indikací – pracoviště operujícími se všemi moderními metodami zobrazení srdce může operativně přesouvat indikační skupiny mezi jednotlivými zobrazovacími modalitami. Vysoká míra zkušenosti s prováděním metod může přispět k jednoduchému. Z hlediska racionality indikací v ohledech radiační zátěže je nezbytností oddělení indikujícího (kardiologa) od provádějícího odborníka (radiolog, lékař nukleární medicíny),

LITERATURA

1. **Gruettner J, Fink C, Walter T, et al.** Coronary computed tomography and triple rule out CT in patients with acute chest pain and an intermediate cardiac risk profile. Part 1: Impact on patient management. *Eur J Radiol.* 2012 Jun 29. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22749769.
2. **Henzler T, Gruettner J, Meyer M, et al.** Coronary computed tomography and triple rule out CT in patients with acute chest pain and an intermediate cardiac risk for acute coronary syndrome: Part 2: Economic aspects. *Eur J Radiol.* 2012 Jul 24. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22835878.
3. **Malagò R, Pezzato A, Barbiani C, et al.** Non invasive cardiac vein mapping: Role of multislice CT coronary angiography. *Eur J Radiol.* 2012 Apr 3. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22480417.
4. **Puippe GD, Winklehner A, Hasenclever P, et al.** Thoraco-abdominal high-pitch dual-source CT angiography: Experimental evaluation of injection protocols with an anatomical human vascular phantom. *Eur J Radiol.* 2012 Oct;81(10):2592-6. Epub 2012 Jan 9. PubMed PMID: 22226854.
5. **Scheffel H, Stolzmann P, Schlett CL, et al.** Coronary artery plaques: cardiac CT with model-based and adaptive-statistical iterative reconstruction technique. *Eur J Radiol.* 2012 Mar;81(3):e363-9. Epub 2011 Dec 23. PubMed PMID: 22197733.
6. **Luecke C, Andres C, Foldyna B, et al.** Impact of heart rate and rhythm on radiation exposure in prospectively ECG triggered computed tomography. *Eur J Radiol.* 2012 Sep;81(9):2221-30. Epub 2011 Oct 22. PubMed PMID: 22019599.
7. **Takx RA, Moscariello A, Schoepf U, et al.** Quantification of left and right ventricular function and myocardial mass: comparison of low-radiation dose 2nd generation dual-source CT and cardiac MRI. *Eur J Radiol* 2012; 81(4): e598–604. Epub 2011 Aug 9. PubMed PMID: 21831552.
8. **Hansch A, Heyne JP, Jung C, Wolf G, Pfeil A.** Quantitative first pass perfusion in cardiovascular magnetic resonance for determination of peak ventricular transit time-A technique for evaluation of heart function. *Eur J Radiol* 2012 Aug 10. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22889589.
9. **Scholl D, Kim HW, Shah D, et al.** Validation of a novel modified wall motion score for estimation of left ventricular ejection fraction in ischemic and non-ischemic cardiomyopathy. *Eur J Radiol* 2012; 81(8): e923–928. Epub 2012 Jun 29. PubMed PMID: 22748555.
10. **Asferg C, Usinger L, Kristensen TS, Abdulla J.** Accuracy of multi-slice computed tomography for measurement of left ventricular ejection fraction compared with cardiac magnetic resonance imaging and two-dimensional transthoracic echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Radiol* 2012; 81(5): e757–762. Epub 2012 Feb 29. Review. PubMed PMID: 22381439.
11. **Lanzman RS, Kröpil P, Schmitt P, et al.** Nonenhanced ECG-gated time-resolved 4D steady-state free precession (SSFP) MR angiography (MRA) of cerebral arteries: comparison at 1.5T and 3T. *Eur J Radiol* 2012; 81(4): e531–535. Epub 2011 Jul 2. PubMed PMID: 21726972.
12. **Trieb T, Mayr A, Klug G, et al.** Patterns of myocardial perfusion in the acute and chronic stage after myocardial infarction: a cardiac magnetic resonance study. *Eur J Radiol* 2012; 81(4): 767–772. Epub 2011 Mar 24. PubMed PMID: 21439747.
13. **Caobelli F, Farina D, Pizzocaro C, Guerra UP.** Will the new advantages provided by PET in myocardial perfusion imaging help nuclear cardiology survive the test of time against conventional radiological techniques? *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012 Aug 28. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22926711.
14. **Valenta I, Schindler TH.** ⁸²Rb PET/CT: entering a new area of myocardial perfusion imaging? *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39(8): 1231–1232. PubMed PMID: 22652982.
15. **Flotats A, Bravo PE, Fukushima K, et al.** ⁸²Rb PET myocardial perfusion imaging is superior to ^{99m}Tc-labelled agent SPECT in patients with known or suspected coronary artery disease. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39(8): 1233–1239. [Epub 2012 May 31] PubMed PMID: 22648514.
16. **Slart RH, Glauche J, Golestani R, et al.** PET and MRI for the evaluation of regional myocardial perfusion and wall thickening after myocardial infarction. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39(6): 1065–1069. [Epub 2012 Mar 13] PubMed PMID: 22410839; PubMed Central PMCID: PMC3342486.
17. **Prior JO, Allenbach G, Valenta I, et al.** Quantification of myocardial blood flow with ⁸²Rb positron emission tomography: clinical validation with ¹⁵O-water. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39(6): 1037–1047. [Epub 2012 Mar 8] PubMed PMID: 22398957; PubMed Central PMCID: PMC3342496.
18. **Gholamrezanezhad A, Comment on Reyes, et al.** Myocardial perfusion scintigraphy in Europe 2007: a survey of the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39(6): 1081. [Epub 2012 Feb 4] PubMed PMID: 22307534.
19. **Nai Fovino L, Saladini G, Cervino S, et al.** Prognostic value of myocardial perfusion scintigraphy in elderly patients with hypertension: a 10-year follow-up analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012 Jun 15. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22699530.