



Přehledový článek | Review article

Zobrazovací metody u kardiomyopatií

(Imaging methods in cardiomyopathies)

Pavel Gregor, Hana Línková

III. interní-kardiologická klinika, Kardiocentrum 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice
Královské Vinohrady, Praha, Česká republika

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Došel do redakce: 27. 4. 2016

Přepřacován: 5. 9. 2016

Přijat: 7. 9. 2016

Dostupný online: 30. 9. 2016

Klíčová slova:

Arytmogenní kardiomyopatie

pravé komory

Echokardiografie

Kardiomyopatie

Magnetická rezonance srdce

Pozdní syčení gadoliniem

Tkáňové dopplerovské zobrazovací

metody

Výpočetní tomografie srdce

SOUHRN

Základní zobrazovací metodou je echokardiografie – je široce dostupná a relativně levná, plní nezastupitelnou funkci screeningové metody. Z novějších metod může být užitečná trojrozměrná echokardiografie především u spongiózních a dále pak u apikálních hypertrofických kardiomyopatií, speckle-tracking při rozlišení atletického srdce od hypertrofické kardiomyopatie, jednotlivých forem restriktivních kardiomyopatií (včetně počátečních stadií srdeční amyloidózy), při rozpoznání stresové a spongiózní kardiomyopatie. Přesnější informace k rozpoznání výše uvedených stavů přináší magnetická rezonance, zvláště u arytmogenní kardiomyopatie pravé komory a dále při prognostickém posuzování všech typů kardiomyopatií. Výpočetní tomografie srdce slouží především k odlišení ischemické choroby srdeční a k detekci různých extrakardiálních struktur, zásadní nevýhodou je však radiační zátěž znemožňující využití metody v dlouhodobém sledování kardiomyopatií.

© 2016, ČKS. Published by Elsevier sp. z o.o. All rights reserved.

ABSTRACT

The echocardiography, as a widely available and relatively inexpensive basic imaging method, fulfills an irreplaceable function of a screening method in cardiomyopathies. Among new imaging methods, three-dimensional (3D) echocardiography may prove useful, particularly in spongiotic and apical hypertrophic cardiomyopathies; speckle-tracking echocardiography in differentiation of athletic heart from hypertrophic cardiomyopathy, various types of restrictive cardiomyopathy (including the initial stages of cardiac amyloidosis) and distinguishing between stress and spongiotic cardiomyopathy. More detailed information may be provided by cardiac magnetic resonance imaging, especially in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and the prognostic assessment in all types of cardiomyopathies. A cardiac CT scan serves particularly for discrimination of ischemic heart disease and detection of various extracardiac structures. Nevertheless, an essential disadvantage of this method is the radiation exposure, preventing its use in long-term follow-up.

Keywords:

Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy

Cardiac CT

Cardiomyopathy

Cardiovascular magnetic resonance

Echocardiography

Late gadolinium enhancement

Tissue Doppler imaging methods

Adresa: Prof. MUDr. Pavel Gregor, DrSc., III. interní-kardiologická klinika, Kardiocentrum 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice
Královské Vinohrady, Ruská 87, 100 00 Praha 10, e-mail: gregor@fmkv.cz

DOI: 10.1016/j.crvasa.2016.09.002

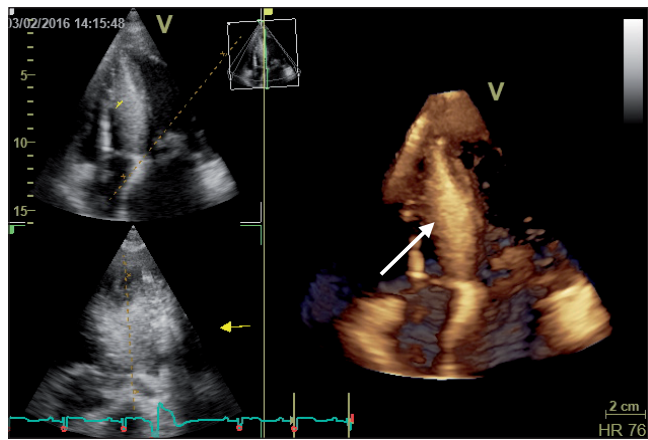
Vývoj zobrazovacích metod probíhá raketovým tempem. Kdybychom se jimi zabývali v době, kdy profesor Jonáš vydal svou slavnou učebnici kardiologie [1], hodnotili bychom metody kardiovaskulární rentgenologie, kam tehdy spadala orthodiagrafie, orthodiaskopie, teleroentgenografie, roentgenová kymografie a elektrokymografie, roentgenová kinematografie a skiaskopie [1]. Jak známo, s výjimkou skiaskopie se žádná z uvedených metod již nepoužívá.

Zde se budeme zabývat metodami, které dle European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) představují současné neinvazivní zobrazovací metody, a to echokardiografie, magnetická rezonance srdce a výpočetní tomografie, případně radioizotopové způsoby vyšetření.

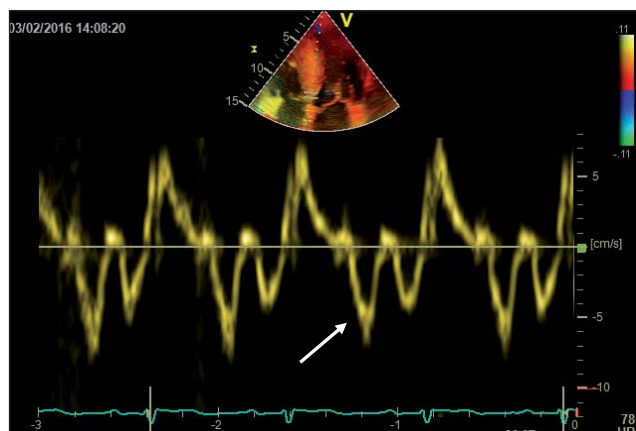
Radioizotopové metody užívají intravenózní radioizotopy a zahrnují nejčastěji tzv. rovnovážnou hradlovanou radionuklidovou ventrikulografii a angiografii (multi-gated acquisition scans, MUGA), dále zátěžové testování s jednofotonovou emisní výpočetní tomografií (single-photon emission computed tomography, SPECT) a dále pozitronovou emisní tomografií (PET). Tyto metody přinášejí přesné informace týkající se objemu pravé i levé komory a kinetiky levé komory s ejekční frakcí. Mohou být užitečné při detekci srdeční sarkoidózy nebo amyloidózy, ve svém celku však představují v klinické praxi kardiomyopatií málo obvyklou variantu zobrazovacích metod.

Nelze začít jinou metodou než **echokardiografií**, která je metodou nejstarší (představili ji C. H. Herz a I. Edler v roce 1953), dá se užít u lůžka nemocného i k opakovaným kontrolám a je z výše uvedených metod nejlevnější. Dosáhla svého zenitu a dále se nerozvíjí? Jistě ve svých dlouhodobě užívaných a historicky nejstarších modech, tedy především v dvourozměrné a běžné dopplerovské echokardiografii, se žádné zásadnější novinky neobjevily, a ani si je nelze jednoduše představit. Řada nových poznatků však existuje ve sféře trojrozměrné echokardiografie a některých novějších způsobech vyšetření, zvláště v tkáňových dopplerovských zobrazovacích metodách a speckle-tracking.

Trojrozměrná echokardiografie se osvědčila v diagnostice spongiózní kardiomyopatie („non-compaction“) postihující levou a/nebo pravou komoru. Zdá se, že její nejvýraznější výhodou je rozpoznání forem postihujících



Obr. 1 – 3D echokardiografie hypertrofické kardiomyopatie, apikální čtyřdutinová projekce. Je patrná významná hypertrofie mezikomorového septa (označeno šipkou).



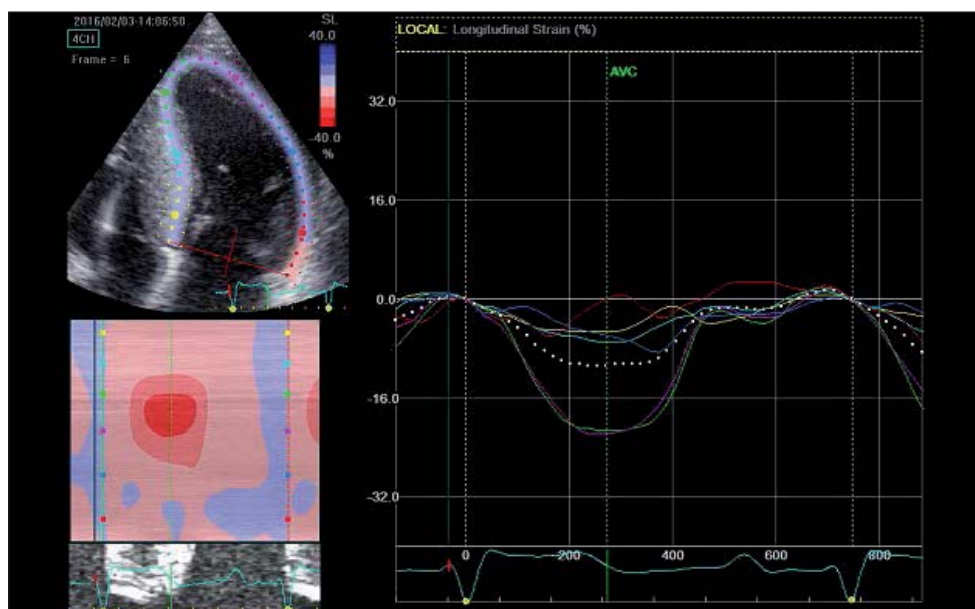
Obr. 2 – Tkáňová dopplerovská echokardiografie u pacienta s hypertrofickou kardiomyopatií, TDI ze septální části mitrálního prstence, nízká rychlost vlny E'

izolovaně pravou nebo současně obě komory, které často při užití ostatních zobrazovacích metod včetně magnetické rezonance poskytují matoucí nebo necharakteristické obrazy a nemusejí být řádně rozpoznány [2–4], nežádka je u těchto pacientů stanovena chybná diagnóza, např. srdečního tumoru, a trojrozměrná echokardiografie může vést k upřesnění a korekci diagnózy [2]. Dle některých autorů umožňuje i přesnější posouzení apikální hypertrofické kardiomyopatie [5] (obr. 1), obstrukce, zvláště midventrikulární, a k rozpoznání komplikací kardiochirurgických výkonů u hypertrofických kardiomyopatií – např. fistul [6,7]. Volumetrie LK trojrozměrnou echokardiografií je přesnější, než je tomu u dvourozměrné echokardiografie [8,9].

Tkáňové dopplerovské zobrazovací metody (TDI, TVI) (obr. 2) pracují s potlačením vysokorychlostního proudění krve a zobrazením pomalých pohybů srdeční nebo cévní stěny (tissue tracking imaging, TTI; tissue synchronization imaging, TSI). Umožňují hodnocení deformace a získání příslušných parametrů, tedy deformace (strain) a rychlosti deformace (strain rate, SR) jako podílu okamžité rychlosti mezi dvěma body a jejich vzdálenosti [s^{-1}]. Limitací TDI je závislost na incidenčním úhlu a nutnost užívání vyšší snímkovací frekvence, stejně jako možnost ovlivnění extrakardiálními pohyby [9–11].

Unikátní metodou, užívanou několik posledních let, je tzv. **speckle-tracking (STE)**, kdy je deformační křivka vytvořena analýzou změny polohy bodů v myokardu (speckles) (obr. 3). Jde o **nedopplerovské** parametrické zobrazení s hodnocením deformace ve třech rozměrech. Vzhledem k tomu, že nejde o dopplerovskou metodu, není závislá na úhlech na rozdíl od TDI. V nedávné době byly publikovány doporučené postupy k standardizaci této metody v starším – dvourozměrném – modu [12]. Lze ji však využívat i z trojrozměrného obrazu, kde je přesnější [10,13,14]. Speckle-tracking umožňuje posoudit nejen zkracování a prodlužování tkání vyjádřené longitudinální, cirkumferenciální, radiální a transverzální deformací, ale i tzv. zastržnutou deformací (shear strain) [11].

Výhodou speckle-tracking oproti tkáňové dopplerovské echokardiografii je lepší prostorové rozlišení a především relativní nezávislost na úhlech [9,10], je zde i nižší interindividuální variabilita [13]. Jaké jsou hlavní klinické aplikace metody speckle-tracking? Podle posledních

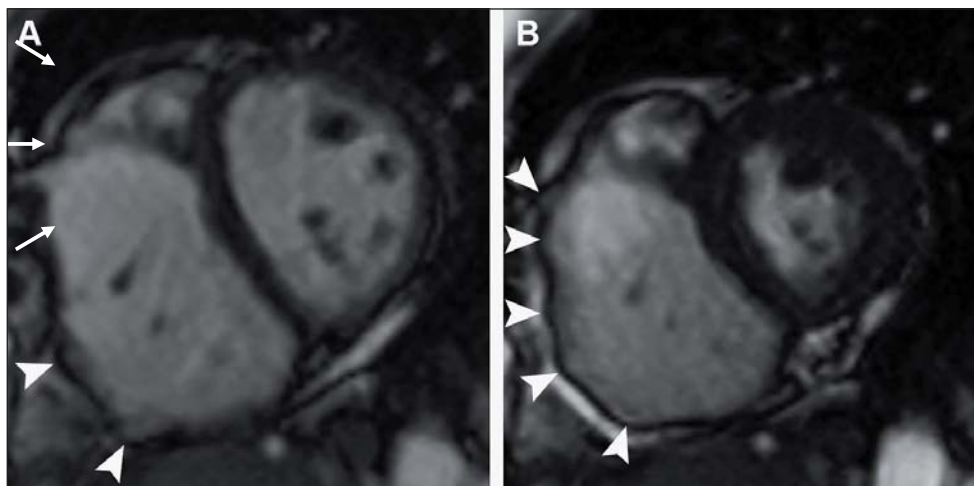


Obr. 3 – Dvourozměrný speckle-tracking ukazuje redukovaný longitudinální strain u pacienta s hypertrofickou kardiomyopatií.

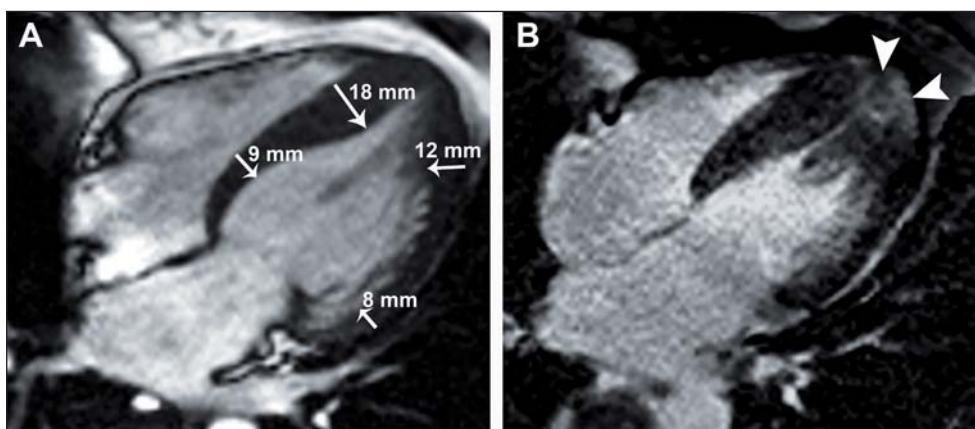
zdrojů je to odlišení atletického srdce, eventuálně počátečních stadií srdeční amyloidózy od hypertrofické kardiomyopatie, dále rozpoznání stresové kardiomyopatie (tako-tsubo), spongiózní kardiomyopatie (non-compaction), srdeční sarkoidózy a rozlišení jednotlivých forem restriktivních kardiomyopatií [10]. U hypertrofických kardiomyopatií může metoda sloužit k poměrně spolehlivému posouzení diastolické funkce levé komory [15,16].

Magnetická rezonance srdce (CMR) je vyšetření s vysokou rozlišovací schopností i u pohybujícího se srdce a vynikající prostorovou orientací. Mezi další výhody patří dobrá reprodukovatelnost a tkáňová charakteristika (jizva, tumor, zánět). Zásadní výhodou je i neinvazivita s absencí radiační zátěže – vyšetření je tedy opakovatelné, použitelné i v pooperačním sledování. Nevýhodou je nemožnost vyšetřovat pacienty se staršími typy kardiostimulátorů.

Uplatňuje se v diagnostice všech forem kardiomyopatií. Historicky nejvýznamnější roli pravděpodobně sehrává u některých forem **restriktivních** kardiomyopatií, kde jiné zobrazovací metody často nepřinášejí validní informace, které by se daly využít pro definitivní a včasnou diagnostiku. Týká se to především srdečních **amyloidóz**, kde je časná diagnostika nezbytná pro započetí chemoterapie. Nachází se zde ztlusnění myokardu a interatriálního septa, zásadní informaci přináší i pozitivita pozdního syčení gadoliniem (LGE) – viz dále. Magnetická rezonance srdce umožňuje časnou diagnostiku i familiární transthyretinové kardiomyopatie, která je často charakteristická jen velmi diskrétním postižením srdce, jež je jinými zobrazovacími metodami obtížně prokazatelné, LGE je přitom pozitivní v 60 % případů [17]. Magnetická rezonance srdce též umožňuje odlišení endomyokardiální fibrózy od jiných forem restriktivních kardiomyopatií a dále od konstriktivní perikarditidy [18].



Obr. 4 – CMR u arytmogenní kardiomyopatie pravé komory. (A) Cine sekvence v end-diastole, (B) cine sekvence v end-systole. Hlavičky šipek označují lokalizaci aneurysmat stěny pravé komory. Otištěno s laskavým svolením MUDr. Radky Kočkové, Ph.D., IKEM Praha.



Obr. 5 – CMR u apikální hypertrofické kardiomyopatie. (A) Cine sekvence ve čtyřdutinové projekci v end-diastole. (B) Late enhancement sekvence u téhož pacienta 16 minut po podání gadoliniové kontrastní látky, hlavičky šipek označují lokalizaci zvýšeného signálu myokardu. Otištěno s laskavým svolením MUDr. Radky Kočkové, Ph.D., IKEM Praha.

U **arytmogenní kardiomyopatie pravé komory** (obr. 4) představuje CMR nej přesnější vyšetřovací metodu vůbec [19]. Umožňuje přesně zhodnotit globální i regionální dilataci pravé komory, její dysfunkci (akineze, dyskineze), rozpoznat aneurysmata pravé komory – tedy známky nezbytné pro spolehlivé rozpoznání této choroby [20], dalším způsobem se uplatňuje i posouzení pozdního syčení – LGE (viz níže).

U **hypertrofických kardiomyopatií** se uplatňuje zejména možnost přesnější detekce endokardu hrotu a boční stěny, jakož i hypertrofie pravé komory ve srovnání s echokardiografií [21,22]. Vhodná je především při podezření na hypertrofickou kardiomyopatii (např. z elektrokardiografie a anamnézy) a echokardiografický nález vyznívá negativně. Přesnější je i u stavů s obstrukcí ve střední části levé komory s anomáliemi papilárních svalů a dále při odlišení spongiózní od apikální hypertrofické kardiomyopatie (obr. 5) [18,21–24]. Uplatňuje se však i u dilatačních kardiomyopatií včetně **myokarditid** [23,25] a dále u srdeční sarkoidózy [23,26], kardiomyopatií způsobených chemoterapií [27], výše zmíněné spongiózní [28] a stresové kardiomyopatie [29].

V posouzení velikosti a funkce levostranných srdečních oddílů i tloušťky myokardu je CMR poněkud přesnější než transthorakální echokardiografie [30], v posouzení objemu a funkce pravé komory je však její role jednoznačně dominantní [31].

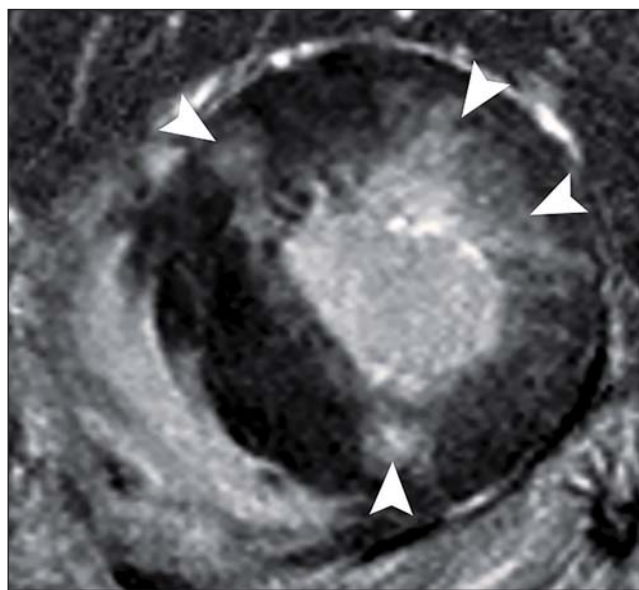
Tzv. **pozdní syčení (late gadolinium enhancement – LGE)** je založeno na akumulaci gadolinia v extracelulárním prostoru, které charakterizuje přítomnost fibrózy a nekrózy (obr. 6). To je využitelné jak u dilatační kardiomyopatie, tak především u hypertrofické kardiomyopatie, kde se LGE vyskytuje především v hypertrofickém septu [23]. Pozitivní LGE je nesmírně cenným ukazatelem prognózy u všech typů kardiomyopatií [32]. Bylo to prokázáno u dilatačních kardiomyopatií [33–36], kde sledování uvedeného parametru bylo přínosnější pro odhad prognózy než sledování pomocí endomyokardiální biopsie [37]. Prognosticky cennou informaci však přináší LGE též u myokarditid dospělých [38] i dětských [39] a dále u spongiózních kardiomyopatií [40].

Zásadní význam má v odhadu prognózy u hypertrofické kardiomyopatie, kde je nezávislým prediktorem

morbidity a mortality [21,41–43] včetně apikální formy [44], k podobným závěrům se dospělo i u dětí [45]. Zde umožňuje odhad rizika komorových arytmí i náhlé srdeční smrti [46–48] a může pravděpodobně představovat vedle pěti známých rizikových faktorů další [48,49], který může pomoci při rozhodování, zda implantovat ICD [50]. U pacientů s absencí klasických rizikových faktorů náhlé srdeční smrti, u nichž je LGE negativní, se naopak utvrzujeme v tom, že neindikování ICD bylo správným krokem [21,32,50,51].

Indikace a význam CMR u dětských pacientů je předmětem současných evropských doporučení [52].

Další významnou zobrazovací metodou je **výpočetní tomografie (CT) srdce**. Mezi výhody CT patří dobrá tkáňová charakteristika, mezi hlavní nevýhody pak především



Obr. 6 – CMR u hypertrofické kardiomyopatie – late enhancement sekvence (LGE). Late enhancement sekvence 13 minut po podání gadoliniové kontrastní látky u pacienta s hypertrofickou kardiomyopatií s převahou postižení septa, hlavičky šipek označují lokalizaci zvýšeného signálu myokardu. Otištěno s laskavým svolením MUDr. Radky Kočkové, Ph.D., IKEM Praha.

radiační zátěž. Výhodné pro klinické využití je zejména odlišení ischemické choroby srdeční („ischemická kardiomyopatie“) od dilatačních kardiomyopatií s možností zobrazení koronárního řečiště [53], výhodná je i možnost detekce různých extrakardiálních struktur s průkazem extrakardiální manifestace řady (především systémových) chorob (např. uzlin u sarkoidózy). Některé práce vyzdvihují přínos CT k diagnostice spongiózní kardiomyopatie, ale i dalších kardiomyopatií [54–57], posouzení funkce levé a pravé komory s měřením velikosti dutin a tloušťky myokardu. Lze kvantifikovat i parametr, který je analogií „pozdního syčení“ z CMR – obě metody spolu dle některých prací dobře korelují [58,59], naše počáteční zkušenosti s touto metodou však nejsou tak optimistické.

Jaká je perspektiva zobrazovacích metod? Je to samozřejmě těžká otázka a vývoj ve vzdálenější budoucnosti nelze vůbec předvídat. Echokardiografie však zůstane podle našeho názoru hlavní screeningovou metodou i v blízké budoucnosti, jednoznačnější roli trojrozměrné echokardiografie a metod hodnotících deformaci v běžném vyšetřování nemocných s kardiomyopatiemi však bude třeba ještě dále přesněji definovat v budoucnu. Výhodou echokardiografie je jistě všeobecná dostupnost a její „masové“ rozšíření. Posledně uvedené však nemusí představovat vždy výhodu – její další velké rozšíření [60] směrem k lékařům, kteří mají často nestejnou úroveň zkušeností s touto metodou, nemusí znamenat jen výhody – někdy se lze v praxi naopak setkat s určitou diskreditací metody při nedostatečných zkušenostech vyšetřujících.

Hvězda magnetické rezonance srdce bude pravděpodobně ještě určitou dobu stoupat, ve screeningu však zůstane echokardiografie nejspíše metodou číslo 1. Standardem jistě je u arytmogenní kardiomyopatie pravé komory a některých restriktivních kardiomyopatií (zvláště u srdeční amyloidózy), myokarditid nebo při důvodném podezření na hypertrofickou kardiomyopatii a negativním nebo nekvalitním echokardiografickým obrazem. Celkově však podle našeho názoru zůstane ještě delší dobu metodou upřesňující echokardiografii v určitých indikacích, i když neinvazivnost metody a její pokračující větší dostupnost ji předurčují k významnější roli u kardiomyopatií včetně jejich dlouhodobého sledování.

Kardiovaskulární CT srdce je podle našeho názoru v oblasti kardiomyopatií na vrcholu svých možností. V poslední době se objevují jeho další indikace – např. významná role u perkutánních implantací chlopní a některých dalších zákroků [57], u kardiomyopatií však tuto metodu využíváme především k odlišení ischemické choroby srdeční od dilatačních kardiomyopatií pro možnost zobrazení koronárního řečiště. V důsledku radiační zátěže však jistě nebude patřit mezi metody vhodné k dlouhodobému sledování nemocných.

Prohlášení autorů o možném střetu zájmů

Žádný střet zájmů.

Financování

Práce byla podpořena 3. lékařskou fakultou Univerzity Karlovy, výzkumným projektem PRVOUK P 35/2012.

Prohlášení autorů o etických aspektech publikace

Autoři prohlašují, že výzkum byl veden v souladu s etickými standardy.

Poděkování

Autoři děkují MUDr. Radce Kočkové, Ph.D., vedoucí lékařce Oddělení neinvazivní kardiologie Kliniky kardiologie Institutu klinické a experimentální medicíny, za poskytnutí MR snímků (obr. 4–6).

Literatura

- [1] V. Jonáš, Klinická kardiologie, Praha: Zdravotnické nakladatelství Společnosti čs. lékařů, 1950, s. 735.
- [2] F.G. Hage, P. Dean, S. Raslan, N.C. Nanda, Real time three-dimensional echocardiography for the evaluation of cardiomyopathy, *Echocardiography* 29 (2012) 76–87.
- [3] S. Rajdev, A. Singh, N.C. Nanda, et al., Comparison of two- and three-dimensional transthoracic echocardiography in the assessment of trabeculations and trabecular mass in left ventricular noncompaction, *Echocardiography* 24 (2007) 760–767.
- [4] P. Lupínek, T. Marek, Trojrozměrná echokardiografie v současné praxi, *Cor et Vasa* 53 (2011) 34–38.
- [5] E.E. Frans, C.N. Nanda, V. Patel, et al., Live three-dimensional transthoracic contrast echocardiographic assessment of apical hypertrophic cardiomyopathy, *Echocardiography* 22 (2005) 686–689.
- [6] J.M. Song, S. Fukuda, H.M. Lever, et al., Asymmetry of systolic anterior motion of the mitral valve in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy: a real-time three-dimensional echocardiographic study, *Journal of the American Society of Echocardiography* 19 (2006) 1129–1136.
- [7] C. de Gregorio, A. Recupero, P. Grimaldi, et al., Can transthoracic live 3-dimensional echocardiography improve the recognition of midventricular obliteration in hypertrophic obstructive cardiomyopathy?, *Journal of the American Society of Echocardiography* 19 (2006) e1–e4.
- [8] C.A. Miller, K. Pearce, P. Jordan, et al., Comparison of real-time three-dimensional echocardiography with cardiovascular magnetic resonance for left ventricular volumetric assessment in unselected patients, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 13 (2012) 187–195.
- [9] E. Mandysová, T. Mráz, P. Novák, Kam kráčíš echokardiografie?, *Postgraduální Medicína* 9 (2009) 977–980.
- [10] M. Biswas, S. Sudhakar, N.C. Nanda, et al., Two- and three-dimensional speckle tracking echocardiography: clinical applications and future directions, *Echocardiography* 30 (2013) 88–105.
- [11] M. Vachalcová, G. Valočík, M. Kurečko, Speckle tracking echocardiography and diagnosis of subclinical myocardial dysfunction past, present, future, *Cardiology Letters* 24 (2015) 19–24.
- [12] J.-U. Voigt, G. Pedrizzetti, P. Lysyansky, et al., Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 16 (2015) 1–11.
- [13] T. Edvardsen, S. Plein, A. Saraste, et al., The year 2013 in the European Heart Journal – Cardiovascular Imaging Part I, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 15 (2014) 730–735.
- [14] S. Plein, T. Edvardsen, L.A. Pierard, et al., The year 2013 in the European Heart Journal – Cardiovascular Imaging Part II, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 15 (2014) 837–841.
- [15] S. Chen, J.S. Yuan, S.B. Qiao, et al., Evaluation of left ventricular function by global strain rate imaging in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy: a simultaneous speckle tracking echocardiography and cardiac catheterization study, *Echocardiography* 31 (2014) 615–622.
- [16] J.A. Urbano-Moral, E.J. Rowin, M.S. Maron, et al., Investigation of global and regional myocardial mechanics with 3-dimensional speckle tracking echocardiography and relations to hypertrophy and fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy, *Circulation – Cardiovascular Imaging* 7 (2014) 11–19.

- [17] J.F. Deux, T. Damy, A. Rahmouni, et al., Noninvasive detection of cardiac involvement in patients with hereditary transthyretin associated amyloidosis using cardiac magnetic resonance imaging: a prospective study, *Amyloid – Journal of Protein Folding Disorders* 21 (2014) 246–255.
- [18] L.S. Tummala, R.K. Young, T. Singh, et al., Role of non-invasive imaging in the work-up of cardiomyopathies, *Current Atherosclerosis Reports* 17 (2015) 7–12.
- [19] G. Limongelli, A. Rea, D. Masarone, et al., Tight ventricular cardiomyopathies: a multidisciplinary approach to diagnosis, *Echocardiography* 32 (Suppl 1) (2015) S75–S94.
- [20] F.I. Marcus, W.J. McKenna, D. Sherrill, et al., Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the task force criteria, *Circulation* 121 (2010) 1533–1541.
- [21] B.J. Maron, S.R. Ommen, C. Semsarian, et al., Hypertrophic cardiomyopathy. Present and future, with translation into contemporary cardiovascular medicine, *Journal of the American College of Cardiology* 64 (2014) 83–99.
- [22] K.Y. Kebed, R.I. Al Adham, K. Bishu, et al., Evaluation of apical pouches in hypertrophic cardiomyopathy using cardiac MRI, *International Journal of Cardiovascular Imaging* 30 (2014) 591–597.
- [23] K. Gunaratnam, L.H. Wong, A. Nasis, et al., Review of cardiomyopathy imaging, *European Journal of Radiology* 82 (2013) 1763–1775.
- [24] R. Blankstein, E.J. Rowin, What is the best pacing test for patients with hypertrophic cardiomyopathy? It depends on the clinical question, *Journal of Cardiovascular Computed Tomography* 8 (2014) 438–441.
- [25] J. Baxa, J. Ferda, R. Rokyta, et al., The role of cardiovascular contrast magnetic resonance in assessment of acute myocarditis, *Česká Radiologie* 63 (2009) 13–19.
- [26] M. Kubánek, L. Voska, Giant cell myocarditis and cardiac sarcoidosis – update 2015, *Kardiologická Revue – Interní Medicína* 17 (2015) 295–299.
- [27] C. Grigoratos, K. Bratis, M. Henningsson, et al., Chemotherapy-related cardiomyopathy in acute myeloid leukaemia assessed by cardiovascular magnetic resonance imaging, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 14 (2015) 1410.
- [28] M. Grothoff, M. Pachowsky, J. Hoffmann, et al., Value of cardiovascular MR in diagnosing left ventricular non-compaction cardiomyopathy and in discriminating between other cardiomyopathies, *European Radiology* 22 (2012) 2699–2709.
- [29] E. Bossone, A. Lyon, R. Citro, et al., Takotsubo cardiomyopathy: an integrated multi-imaging approach, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 15 (2014) 366–377.
- [30] V.O. Putmann, R. Gebker, S. Duckett, et al., Left ventricular chamber dimensions and wall thickness by cardiovascular magnetic resonance: comparison with transthoracic echocardiography, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 14 (2013) 240–246.
- [31] L.L. Mertens, M.K. Friedberg, Imaging the right ventricle – current state of the art, *Nature Reviews. Cardiology* 7 (2010) 551–563.
- [32] R.H. Chan, B.J. Maron, I. Olivoto, et al., Prognostic value of quantitative contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance for the evaluation of sudden death risk in patients with hypertrophic cardiomyopathy, *Circulation* 130 (2014) 484–495.
- [33] T. Yamada, A. Hirashiki, T. Okumura, et al., Prognostic impact of combined late gadolinium enhancement on cardiovascular magnetic resonance and peak oxygen consumption in ambulatory patients with nonischemic dilated cardiomyopathy, *Journal of Cardiac Failure* 20 (2014) 825–832.
- [34] N. Ghosh, R.Y. Kwong, It's time to study cardiac magnetic resonance imaging as strategic tool in nonischemic cardiomyopathy, *Circulation: Heart Failure* 7 (2014) 391–393.
- [35] P.G. Masci, C. Doulatpis, E. Bertella, et al., Incremental prognostic value of myocardial fibrosis in patients with non-ischemic cardiomyopathy without congestive heart failure, *Circulation: Heart Failure* 7 (2014) 448–449.
- [36] C. Doesch, D.M. Dierks, D. Haghi, et al., Right ventricular dysfunction, late gadolinium enhancement, and female gender predict poor outcome in patients with dilated cardiomyopathy, *International Journal of Cardiology* 177 (2014) 429–435.
- [37] T. Nabeta, T. Inomata, Y. Iida, et al., Baseline cardiac magnetic resonance pacing versus baseline endomyocardial biopsy for the prediction of left ventricular reverse remodeling and prognosis in response to therapy in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy, *Heart and Vessels* 29 (2014) 784–792.
- [38] G. Barone-Rochette, C. Augier, M. Rodiere, et al., Potentially simple score of late gadolinium enhancement cardiac MR in acute myocarditis, *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 40 (2014) 1347–1354.
- [39] G.Y. Liu, X. Yang, Y. Su, et al., Cardiovascular magnetic resonance imaging findings in children with myocarditis, *Chinese Medical Journal* 127 (2014) 3700–3705.
- [40] G. Ashrith, D. Gupta, J. Hanmer, R.M. Weiss, Cardiovascular magnetic resonance characterization of left ventricular non-compaction provides independent prognostic information in patients with incident heart failure or suspected cardiomyopathy, *Journal of Magnetic Resonance* 16 (2014) 1347–1354.
- [41] Y. Hen, N. Iguchi, Y. Utanohara, et al., Prognostic value of late gadolinium enhancement on cardiac magnetic resonance pacing in Japanese hypertrophic cardiomyopathy patients, *Circulation Journal* 78 (2014) 929–937.
- [42] G. Todiere, D. Aquaro, P. Piaggi, et al., Progression of myocardial fibrosis assessed with cardiac magnetic resonance in hypertrophic cardiomyopathy, *Journal of the American College of Cardiology* 60 (2012) 922–929.
- [43] E.T. Hoey, J.K. Teoh, I. Das, et al., The emerging role of cardiovascular MRI for risk stratification in hypertrophic cardiomyopathy, *Clinical Radiology* 69 (2014) 221–230.
- [44] K. Hanneman, A.M. Crean, L. Williams, et al., Cardiac magnetic resonance imaging findings predict major adverse events in apical hypertrophic cardiomyopathy, *Journal of Thoracic Imaging* 29 (2014) 331–339.
- [45] B.M. Smith, A.L. Dorfman, S.K. Yu, et al., Clinical significance of late gadolinium enhancement in patients <20 years of age with hypertrophic cardiomyopathy, *American Journal of Cardiology* 113 (2014) 1234–1239.
- [46] Y. Amano, M. Kitamura, M. Tachi, et al., Delayed enhancement magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy with basal septal hypertrophy and preserved ejection fraction: relationship with ventricular tachyarrhythmia, *Journal of Computer Assisted Tomography* 38 (2014) 67–71.
- [47] S. Leonardi, C. Raineri, G.M. DeFerrari, et al., Usefulness of cardiac magnetic resonance in assessing the risk of ventricular arrhythmias and sudden death in patients with hypertrophic cardiomyopathy, *European Heart Journal* 14 (2009) 2003–2010.
- [48] O. Bruder, A. Wagner, C.J. Jensen, et al., Myocardial scar visualized by cardiovascular magnetic resonance imaging predicts major adverse events in patients with hypertrophic cardiomyopathy, *Journal of the American College of Cardiology* 56 (2010) 875–887.
- [49] D. Magri, C.N. De Cecco, G. Piccirillo, et al., Myocardial repolarization dispersion and late gadolinium enhancement in patients with hypertrophic cardiomyopathy, *Circulation Journal* 78 (2014) 1216–1223.
- [50] H. Yamazawa, A. Takeda, K. Takei, T. Furukawa, Primary prevention of sudden cardiac death in a low-risk child with familial hypertrophic cardiomyopathy: the role of cardiac magnetic resonance imaging, *Clinical Research in Cardiology* 103 (2014) 75–77.
- [51] K. Kallianos, G.L. Moraes, K.G. Ordovas, Prognostic role of MR imaging in nonischemic myocardial disease, *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America* 23 (2015) 89–94.
- [52] E.R. Valsangiacomo Buechel, L. Grosse-Wortmann, S. Fratz, et al., Indications for cardiovascular magnetic resonance in children with congenital and acquired heart disease: an expert consensus paper of the Imaging Working Group of the AEPC and the Cardiovascular Magnetic Resonance Section of the

- EACVI, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 16 (2015) 281–297.
- [53] L.S. Tummala, R.K. Young, T. Singh, et al., Role of non-invasive imaging in the work-up of cardiomyopathies, *Current Atherosclerosis Reports* 17 (2015) 1–13.
- [54] M.S. Sidhu, S. Uthamalingam, W. Ahmed, et al., Defining left ventricular noncompaction using cardiac computed tomography, *Journal of Thoracic Imaging* 29 (2014) 60–66.
- [55] J.M. Troupis, S.S. Pasricha, K. Gunaratnam, et al., Cardiomyopathy and cardiac computed tomography: what the radiologist needs to know, *Clinical Radiology* 68 (2013) e49–e58.
- [56] C. Langer, M. Lutz, M. Eden, et al., Hypertrophic cardiomyopathy in cardiac CT: a validation study on the detection of intramyocardial fibrosis in consecutive patients, *International Journal of Cardiovascular Imaging* 30 (2014) 659–667.
- [57] K. Nieman, S. Achenbach, F. Pugliese, et al., Cardiac computed tomography core syllabus of the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI), *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 16 (2015) 351–352.
- [58] B. Clayton, C. Roobottom, M. Morgan-Hughes, Assessment of the myocardium with cardiac computed tomography, *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 15 (2014) 603–609.
- [59] L. Zhao, X. Ma, G.M. Feuchtner, et al., Quantification of myocardial delayed enhancement and wall thickness in hypertrophic cardiomyopathy: multidetector computed tomography versus magnetic resonance imaging, *European Journal of Radiology* 83 (2014) 1778–1785.
- [60] L.M. Beltran, G. Garcia-Casasola, Ultrasonography managed by internists: the stethoscope of 21st century?, *Revista Clínica Española* 214 (2014) 155–160.