



# Nekoronární využití multidetektorové výpočetní tomografie v kardiologii

Libor Škňouřil, Marian Branny

Oddělení kardiologie, Kardiocentrum, Nemocnice Podlesí, a. s., Třinec

Škňouřil L, Branny M. **Nekoronární využití multidetektorové výpočetní tomografie v kardiologii.** *Cor Vasa* 2010;52:603–608.

Zdokonalení výpočetní tomografie, které bylo nutné k zobrazení a hodnocení stenotických koronárních tepen, rozšiřuje možnosti dokonalého vyšetření i jiných kardiálních struktur a patologií. Umožňuje hodnocení anatomie a funkce srdečních komor, srdečních chlopní, významně pomáhá v arytmiologii. Detailně a přesně zobrazí patologii tepenného a žilního systému, přehledně dokumentuje komplexní vrozené srdeční vady a jejich korekce. Cílem sdělení je podat přehled nekoronárních aplikací moderní výpočetní tomografie v kardiologii a nastínit možnosti dalšího vývoje.

**Klíčová slova:** Výpočetní tomografie – Nekoronární využití – Přehled

Škňouřil L, Branny M. **Non-coronary use of multidetector computed tomography in cardiology.** *Cor Vasa* 2010;52:603–608.

The advances in computed tomography needed to visualize and assess stenotic coronary arteries have enhanced the potential for thorough examination of additional cardiac structures and diseases. Computed tomography allows for assessment of the anatomy and function of cardiac chambers and valves, and plays an important role in the management of arrhythmias. The technique makes it possible to visualize in detail and accurately involvement of the arterial and venous systems while clearly documenting complex congenital heart defects and their correction. The aim of the paper is to provide a summary of the non-coronary uses of current computed tomography in cardiology, and an outline of its future development.

**Key words:** Computer tomography – Non-coronary uses – Summary

**Adresa:** MUDr. Libor Škňouřil, Oddělení kardiologie, Kardiocentrum, Nemocnice Podlesí a. s., Kinská 453, 739 61 Třinec, Česká republika, e-mail: sknouřil@seznam.cz

## Úvod

Již standardně se využívá výpočetní tomografie (CT) k diagnostice závažného postižení velkých tepen, jako je disekce aorty nebo plicní embolizace.<sup>1</sup> V posledních letech doznalo CT vyšetření v kardiologii značného rozmachu, a to díky neinvazivnímu vyšetřování koronárních tepen.<sup>2</sup> K tomuto účelu užíváme moderní CT přístroje s mnoha detektory a EKG synchronizací (tzv. multidetektorová výpočetní tomografie, dále jen MDCT z anglického multidetector-row computed tomography). Během několika málo minut, které toto vyšetření pro pacienta trvá, získáme v podobě trojrozměrného datasetu obrovské množství informací nejen o koronárních tepnách, ale o celém srdci. Díky možnosti jejich následného zpracování jak v podobě trojrozměrné rekonstrukce, tak nařezání prakticky nekonečného množství řezů v libovolných rovinách a v jakékoli fázi srdečního cyklu můžeme hodnotit různé srdeční struktury, včetně jejich funkce. Takto se MDCT vyšetření stává silnou diagnostickou pomocí v moderní kardiologii. Jeho předností je dokonalé zobrazení většiny struktur a výborná prostorová

rozlišovací schopnost. Nevýhodou naopak samozřejmě radiace a závislost kvality vyšetření na pacientově rytmu. Článek podává přehled možností nekoronárního využití moderní CT v kardiologii.

## Hodnocení komorové funkce

K nejdůležitějším funkčním parametrům v kardiologii patří hodnocení funkce komor. Pro hodnocení funkce levé komory užíváme 1 až 2 mm tenké řezy v krátké ose komory (obdoba echokardiografické parasternální roviny na krátkou osu). Jednotlivé řezy hodnotíme během cyklu k určení end-systolické a end-diastolické fáze, kdy jeden srdeční cyklus obvykle rozfázujeme na deset fází. Hodnocení ejekční frakce (EF), objemu komor, masy myokardu a jeho ztlušťování provádí software poloautomaticky, po jednoduché kontrole hranic endokardu a označení dutiny komory. Přesnost naměřených levokomorových objemů a ejekční frakce byla testována vůči ostatním zobrazovacím modalitám v mnoha studiích.<sup>3–6</sup> Ty prokázaly velmi dobrou shodu s echokardiografií, jednofotonovou emisní výpočetní

tomografií (SPECT) i magnetickou rezonancí (MR), i když lze obecně říci, že CT má tendenci k lehkému nadhodnocení objemů levé komory srdeční, a naopak k podhodnocení ejekční frakce a srdečního výdeje. Jednou z možných příčin může být použití relativně vysokých dávek beta-blokátorů při CT vyšetření s cílem dosáhnout pomalejší tepové frekvence, a tím i kvalitnějšího zobrazení.<sup>7</sup> Podobně dobrou korelaci s MR prokázala práce Plumhanse i pro hodnocení objemů a funkce pravé komory, s průměrnou hodnotou její EF 51 % na CT a 51,4 % při hodnocení MR.<sup>8</sup> Zobrazení pravé komory pomocí CT je ve srovnání s echokardiografií ve většině případů výrazně přehlednější, podobně jako MR, čehož lze využít v diagnostice pravostranných kardiomyopatií. Rovněž dokonalé zobrazení hypertrofie komor, včetně její distribuce a nitrokomorové obstrukce, zobrazení trabekulizace, může být při posuzování srdečních myopatií přínosné.

Dalším aspektem komorové funkce je její synchronie, nabývající na důležitosti především u pacientů s významnou systolickou dysfunkcí. Dyssynchronní index levé komory, hodnocený ve studii Truonga na základě času do dosažení maximálního ztlustění jednotlivých segmentů komory, prokázal velmi dobrou korelaci se stanovením dyssynchronie echokardiograficky jak u neischemické, tak i ischemické dysfunkce levé komory.<sup>9</sup> K optimální účinnosti srdeční resynchronizační terapie je vhodné vyloučení rozsáhlejší jizvy v oblasti zvažované levokomorové stimulace. Zde nám CT umožňuje kromě vizuální i automatickou kvantifikaci lokální kinetiky levé komory, využívající podobně jako ostatní zobrazovací metody její 17segmentový model (obrázek 1).<sup>6,10</sup>

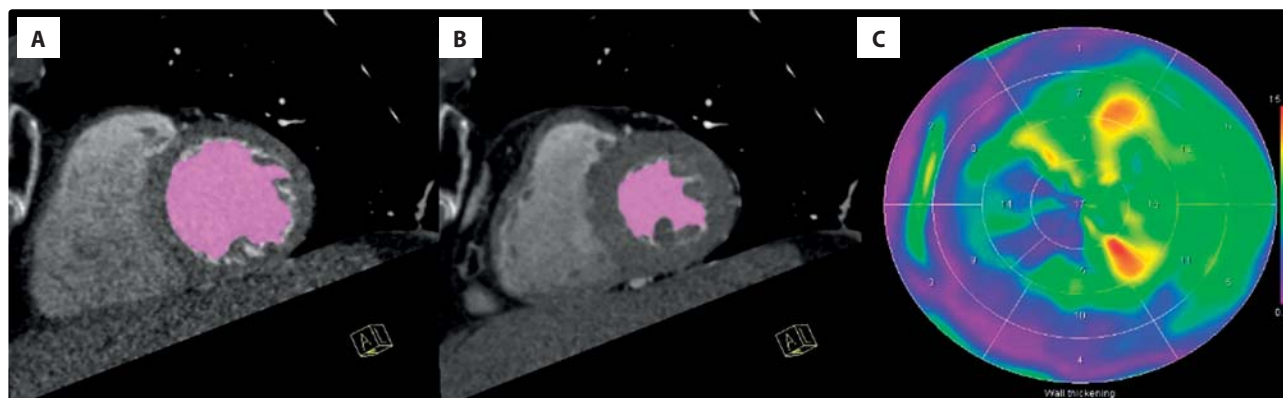
Rychlost a kvalitu, s jakou se sytí stěna komory kontrastní látkou, je možno použít k posouzení myokardiální perfuze jakožto dalšího parametru koronárního postižení. Henne-man prokázal shodu CT se SPECT v případě patologické perfuze v 93 % a v případě normoperfuze v 98 % hodnocených segmentů.<sup>6</sup> Taktéž míra transmurality porušené perfuze hodnocená CT byla úměrná snížení snímané aktivity izotopu při SPECT vyšetření, kdy jedinci s aktivitou < 25 % zdravého myokardu měli většinou rozsáhlý transmuralní infarkt na CT. Pro přesnější a rutinní použití zatím ale chybí program kvantitativní analýzy myokardiální perfuze, nevý-

hodou je rovněž pouze klidové vyšetření. Případné hodnocení zátěžové perfuze k potvrzení významnosti koronární stenózy, jež by mělo klinicky mnohem větší přínos, naráží na podstatný nárůst radiační zátěže a nutnou tachykardii, která zhoršuje hodnotitelnost vyšetření. Existují i experimentální práce ukazující pozdní syčení jizvy na MDCT. K maximálnímu zvýraznění poinfarktového ložiska dochází v páté minutě po podání kontrastní látky a zobrazení je srovnatelné s MR.<sup>11</sup> Nicméně zde i přes lepší prostorové rozlišení CT zůstává MR se svým „late enhancement“ jednoznačně neohrožena, a to z důvodu nutnosti opakované radiace při použití CT vyšetření k zobrazení jizvy.

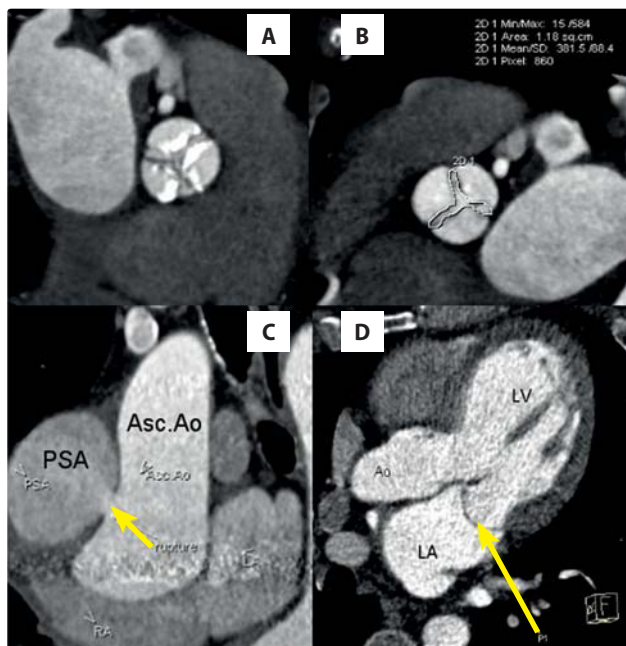
## Hodnocení srdečních chlopní

Multidetektorová výpočetní tomografie je schopna komplexního zobrazení chlopní, tzn. papilárních svalů, závěsného aparátu na úrovni hlavních šlašin, chlopněných cípů, anulu a jeho okolí (obrázek 2). Vzhledem k preferenční náplni levostranných oddílů při vyšetření koronárních tepen a jemnosti pravostranných chlopní jsou chlopně pravého srdce zobrazeny v mnohem horší kvalitě a jejich detailnější hodnocení je možné jen v případě jejich patologického zesílení. Multidetektorová výpočetní tomografie určí počet cípů aortální chlopně, zhodnotí jejich kinetiku a validně planimetrycky změří plochu stenotického ústí, i když ve srovnání s echokardiografií s možným nadhodnocením do 0,1 cm<sup>2</sup>.<sup>12,13</sup> Klinickou samozřejmostí je velmi přesné proměření velikosti aorty, zhodnocení patologie její stěny, včetně diagnostiky disekcí a aneurysmat. Zde je CT suverénní diagnostickou metodou, zpřesňující informaci echokardiografie, popřípadě ji plně nahrazující, včetně vyloučení šíření disekce do ústí koronárních tepen.<sup>14</sup>

Strukturou, jež je pomocí CT zobrazitelná nejdokonaleji, jsou kalcifikace doprovázející obecně degenerativní postižení kardiálních struktur, především však chlopněné vady. Echokardiografie kalcifikace zobrazí, ale pouze z dostupných řezů a často v nižší kvalitě pro artefakty z kalcifikátů. Magnetická rezonance není validního zobrazení kalcifikací schopna. K jejich zobrazení je možno využít i nativní CT. Pro přesnější



Obrázek 1 **Hodnocení systolické funkce komor.** Jednodimenzionální řez v krátké ose levé komory v end-diastole a end-systole. Růžové pole znázorňuje semiautomaticky označenou dutinu levé komory, následně užitou k výpočtu komorových objemů a ejekční frakce. Vpravo 17segmentový model levé komory s hodnocením ztlustování myokardu. Nejsilnější kontrakce na boční a přední stěně, hrotu, s maximem v oblasti papilárních svalů (červená oblast), minimum kontrakce v bazální části spodní stěny a septa.



Obrázek 2 **Hodnocení srdečních chlopní a aorty.** (A) Kalcifikace cípů aortální chlopně (bíle). (B) Planimetrie stenotického aortálního ústí. (C) Pseudoaneurysma vzestupné aorty, šipka ukazuje trhlinu ve stěně aorty. (D) Mitrální chlopeč, šipka ukazuje obloukovitý prolaps celého segmentu P1 zadního cípu, přední cíp bez patologie.

Asc. Ao – vzestupná aorta, LA – levá síň, LV – levá komora, PSA – pseudoaneurysma

hodnocení kalcia a následné vyšetření stenotické chlopně je již ale nutné použít kontrastní látku. Rozsah kalcifikací aortální chlopně a kořene aorty hodnocený CT vyšetřením dobře koreluje s operačními nálezy a může pomoci v rozhodování o strategii chirurgické léčby.<sup>15</sup> Práce Koose prokázala rovněž přímý vztah mezi závažností kalcifikace aortální chlopně a závažností její stenózy.<sup>16</sup> Další autoři potvrdili prognostickou informaci kalcifikací aortální chlopně, jejíž míra je úměrná rychlosti progresu stenotické vady.<sup>17</sup>

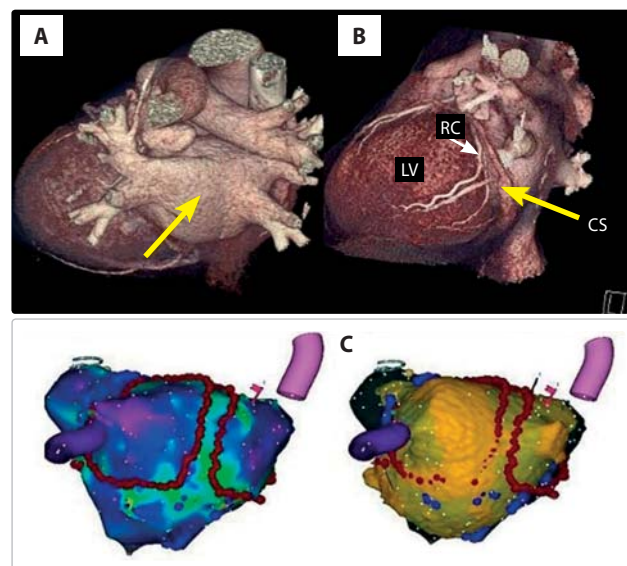
V případě mitrální chlopně zůstává klinický přínos CT vyšetření omezený. Tato oblast pro mnohem detailnější informaci zůstává doménou echokardiografie, stejně jako diagnostika infekční endokarditidy. Nicméně v případě nedostatečné kvality echokardiografie můžeme i pomocí CT zhodnotit patologickou funkci mitrálních cípů a napomoci při volbě operační plastiky nedomykové chlopně. Výpočetní tomografie bohužel neumí měřit průtoky a hodnotit přímo regurgitace, nicméně jsou práce dokazující možnosti kvantifikace závažnějších regurgitačních vad pomocí planimetrického měření regurgitačního ústí.<sup>18</sup> Relativně spolehlivá je planimetrie stenotické mitrální chlopně, ta ale může být komplikována často koincidující fibrilací síní, se zhoršením kvality vyšetření.<sup>19</sup>

## Multidetektorová výpočetní tomografie v arytmiologii

Značně pokročilo využití MDCT v léčbě arytmií. Rozhodující podíl má rostoucí trend léčby fibrilace síní metodou katetrové ablace, při níž elektricky izolujeme ústí plicních

vén, popřípadě provádíme rozsáhlejší ablační linie uvnitř dutiny levé síně.<sup>20</sup> Plicní vény jsou zde v naprosté většině případů fokusem, odkud se arytmie rozšiřuje do zbylých oblastí levé síně. Morfologie levé síně, zvláště plicní vény, podléhá velké anatomické variabilitě, nejčastěji zastoupené jako společné vyústění plicních vén, popřípadě akcesorní plicní vény.<sup>21</sup> Velká variabilita je rovněž ve velikosti jednotlivých částí síní, hlavně síňových oušek, která mohou být taktéž cílem ablační strategie.<sup>22,23</sup> Rutinně prováděná jícnová echokardiografie před výkonem je schopna velkou část těchto anomálií zobrazit. Nicméně ve srovnání s možnostmi CT jde o informaci signifikantně méně detailní a přesnou. Optimálním využitím zevrubné informace, kterou nám o morfologii síně podává trojrozměrná CT, je její spojení s elektroanatomickou mapou, vytvořenou v úvodu ablačního výkonu. Takto získává invazivní elektrofyzikolog velmi přesný trojrozměrný obraz morfologie a elektrických vlastností jednotlivých oblastí levé síně, jež může použít k přesnějším a dokonalejším ablacím (obrázek 3). Kistler a spol. prokázali užitím CT periprocedurální snížení fluoroskopického času a zvýšení úspěšnosti ablace.<sup>24</sup>

Velké anatomické variabilitě podléhá rovněž žilní systém srdce.<sup>25</sup> Tato problematika se stala aktuální s rozvojem srdeční resynchronizační terapie, kdy levokomorovou elektrodu potřebujeme nejčastěji umístit na inferolaterální – boční stěnu levé srdeční komory. Ve většině případů se elektrodu daří zavést cestou koronárního sinu do vhodné postranní větve. Hlavní faktor určující úspěšnost zavedení elektrody je anatomie žilního systému, jeho průměr, průběh a vinutost. Multidetektorová výpočetní tomografie před výkonem může



Obrázek 3 **Trojrozměrný CT obraz v arytmiologii.** (A) Zobrazení plicních vén a levé síně. Šipka ukazuje zadní stěnu levé síně s vyústěním plicních vén. (B) Srdeční cévy, pohled na boční stěnu levé komory (LV), žlutá šipka ukazuje koronární sinus (CS), bílá šipka ukazuje ramus circumflexus (RC) levé koronární tepny. (C) Integrace CT a CARTO zobrazení zadní stěny levé síně při ablací fibrilace síní. Vlevo elektroanatomická mapa, vpravo povrch síně z CT. Červené body jsou místa radiofrekvenční ablace, vlevo obkružující společné vyústění plicních vén.



identifikovat pacienty s nevhodnou anatomíí a pomoci v rozhodnutí, zda je primárně neindikovat k chirurgickému našití elektrody (*obrázek 3B*). Jednou z komplikací zavedení elektrod do srdečních dutin je penetrace jejich stěn s rizikem srdeční tamponády nebo stimulace okolních struktur. Jelikož je suspektní perforující elektroda často umístěna v hrotové části pravé komory, je echokardiografický průkaz této komplikace málokdy jednoznačný pro omezené možnosti zobrazení této lokality. Magnetickou rezonanci použít nelze. V tomto případě může rozhodující informaci přinést CT, i když artefakty z kovového materiálu elektrody mohou zhoršit přehlednost situace. V případě optimálního zobrazení je MDCT schopna zobrazit i průběh bráničního nervu a varovat před rizikem jeho patologické stimulace.<sup>26</sup>

### Vrozené srdeční vady a cévní systém

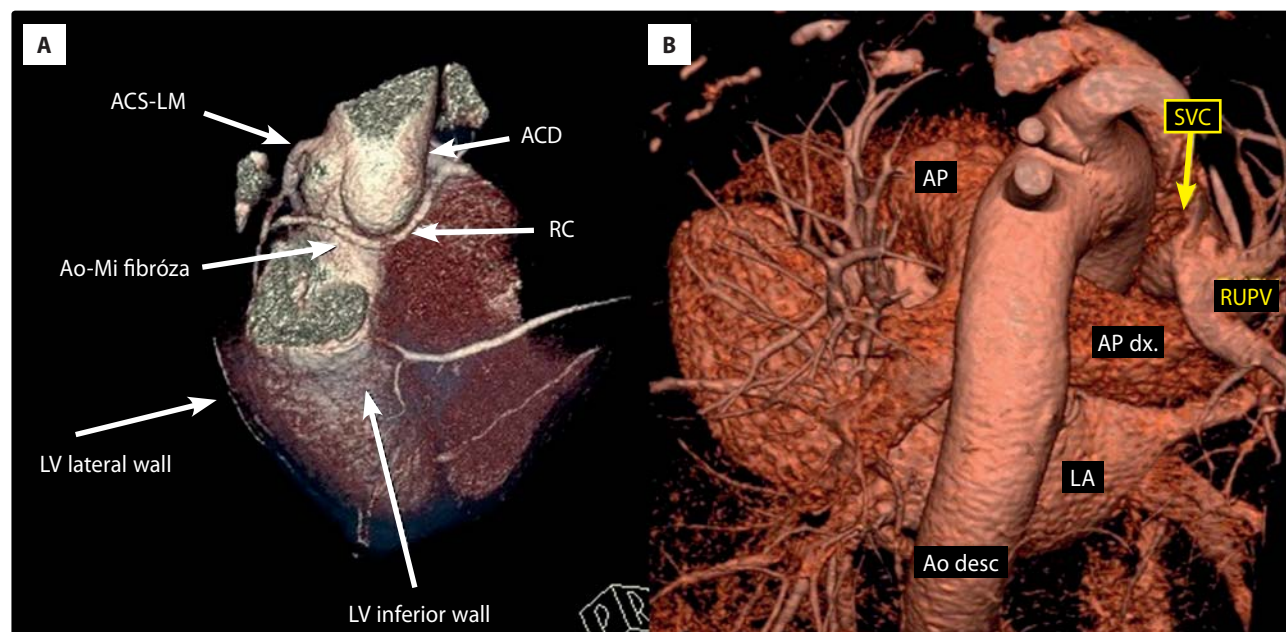
Multidetektorová výpočetní tomografie se stala metodou volby ke znázornění koronárních anomálií v dospělé populaci.<sup>27</sup> Hlavní výhodou je poskytnutí přesné informace o trojrozměrné anatomii koronární tepny, zvláště o jejím odstupu a průběhu. Ukázalo se to jako spolehlivé a praktické k vyloučení patologie reimplantovaných koronárních tepen dětské populace.<sup>28</sup> Vyšetření je suverénní metodou k zobrazení jakékoli anomálie a patologie velkých cév, ať již systémového, nebo plicního řečiště. Jde o optimální diagnostickou modalitu k zobrazení aneurysmat a koarktace aorty nebo ke znázornění plicních vén a jejich anomální drenáže (*obrázek 4*).<sup>29</sup> I když v oblasti zobrazení vrozených srdečních vad je echokardiografie dominantní a většinou postačující diagnostickou metodou, schopnost trojrozměrného a zvláště multiplanárního zobrazení MDCT může

přinést zásadní informaci. Dvojnásob to platí v případě stavů po korekcích komplexních vrozených srdečních vad. Možnost rekonstruovat libovolné řezy pomáhá zhodnotit stav, kde se echokardiografie stává již nepřehlednou (*obrázek 5*). Na některých pracovištích se proto CT stala součástí vyšetřovacích algoritmů před operací a intervencemi vrozených srdečních vad v dospělé i dětské populaci.<sup>30</sup> Na rozdíl od MR je CT méně ovlivněna přítomností kovových materiálů, což je zvláště cenné u pacientů s implantovaným kardiostimulátorem či defibrilátorem.

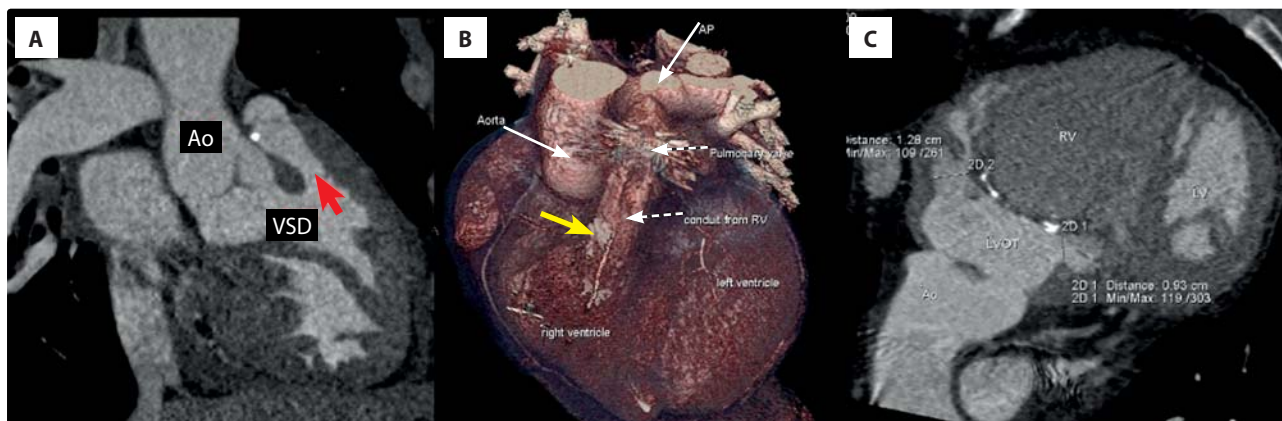
### Patologické útvary, postižení perikardu

Výpočetní tomografie může pomoci s diagnostikou patologických nitrosrdečních útvarů, zvláště v případě omezeného zobrazení echokardiografií nebo MR. Výhodou je přehlednutí i mediastina s vyloučením eventuálního prorůstání tumorů do okolních struktur. Tromby CT znázorní jako kontrastní látkou se nebarvící útvary, nejčastěji v dutině dysfunkční levé komory nebo v oušku levé síně. Defekty v kontrastní náplni uvidíme rovněž při embolizaci do plicnice a jejích větví. V této indikaci je CT spolehlivou a dlouhodobě etablovanou metodou, kdy je postačující i jednodušší protokol vyšetření bez EKG synchronizace.<sup>1</sup> Jistý stupeň syčení tumorů kontrastní látkou, v závislosti na míře jejich vaskularizace, nám může pomoci v diferenciální diagnostice oproti nitrosrdečním trombům.

CT umožňuje přehlednutí celého perikardiálního vaku, zvláště dobře zobrazitelného v případě jeho patologického ztlustění a kalcifikací. U konstriktivní perikarditidy mapuje rozsah postižení, včetně postižení epikardu a prorůstání kalcifikací do stěny komory s její možnou atrofií. U pa-



Obrázek 4 Trojrozměrné zobrazení cévních anomálií. (A) Anomální průběh ramus circumflexus odstupujícího z pravé koronární tepny, pohled na inferolaterální stěnu levé komory. (B) Anomální vyústění plicní vény. Šipka ukazuje místo vyústění pravé horní plicní vény do horní duté žíly. ACD – pravá koronární tepna, ACS-LM – kmen levé koronární tepny, Ao desc – sestupná aorta, Ao-Mi fibróza – přechod mezi aortou a předním cípem mitrální chlopně, AP – plicnice, AP dx. – pravá větev plicnice, LA – levá síň, LV – levá komora, RC – ramus circumflexus, RUPV – pravá horní plicní vena, SVC – horní dutá žíla



Obrázek 5 Vrozené srdeční vady. (A) Fallotova tetralogie. Šipka ukazuje hypertrofický, stenotický výtokový trakt pravé komory, zakončený chlopní plicnice s kalcifikací. (B, C) Rastelliho korekce dvojvýtokové pravé komory. (B) Trojrozměrné zobrazení, šipka ukazuje kalcifikace konduitu. (C) Dva reziduální defekty z výtokového traktu levé komory do trabekulizované pravé komory.

Ao – vzestupná aorta, AP – plicnice, 2D 1, 2D 2 – ústí komorových defektů, LV – levá komora (left ventricle), LVOT – výtokový trakt levé komory; pulmonary valve – mechanická chlopní náhrada v konduitu, RV – pravá komora (right ventricle), VSD – defekt komorového septa

cientů po sternotomii, kdy je omezena echokardiografická vyšetřitelnost, může CT přinést informace o perikardiálním výpotku nebo hematomu (obrázek 6).<sup>31</sup>

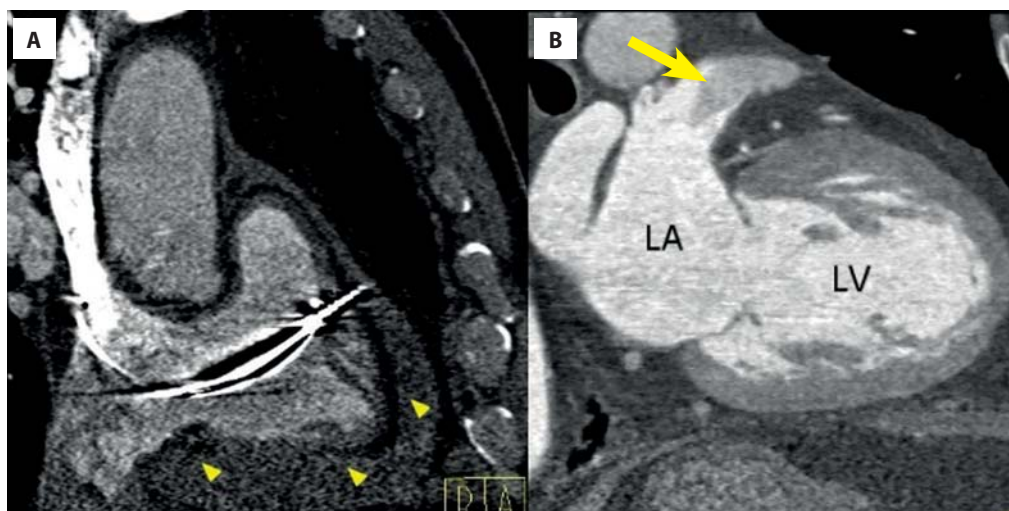
## Výhled

MDCT prodělává v posledním desetiletí bouřlivý vývoj. Dochází k neustálému navyšování detektorových řad až na posledních 320, zkracuje se délka akvizice s cílem zobrazení celého srdce během jediné rotace přístroje, a tím odstranění části artefaktů. Použitím dvou systémů rentgenka/detektor se zlepšuje časové rozlišení a snižuje závislost kvality vyšetření na tepové frekvenci. Hledají se protokoly snižující radiační zátěž.<sup>32</sup> Rovněž se rozevírá spektrum intervenčních výkonů, kde znalost detailní anatomie je nezbytností. Většina pracovišť dnes rutinně provádí CT vyšetření a proměření kořene aorty před perkutánní náhradou aortální chlopně. Další rozvíjející se metodou je perkutánní mitrální anuloplastika. Zavedení anuloplastického kroužku do koronárního sinu má za cíl zmenšit anulus

chlopně a redukovat její nedomykavost. Značná variabilita žilního systému srdce, jakož i průběhu koronárních tepen však napovídá, že tento výkon nebude pro každého ani vhodný, ani bezpečný. Dokonalý popis intervenované oblasti pomocí CT (viz obrázek 3B), která zobrazí srdeční dutiny i cévní systémy, je nezbytností.<sup>33</sup> Jistě optimálním by bylo CT vyšetření, které by v rámci jednoho snímání podalo informaci o koronárním řečišti i zátěžové perfuzi. Takto bychom dostali kompletní informaci o přítomnosti koronární stenózy a její významnosti, která by následně vedla k maximálně cílené koronární intervenci. Částečně nám již dnes tuto informaci může poskytnout rozvíjející se hybridní vyšetření, kombinující CT s metodami nukleární medicíny (SPECT/CT, PET/CT).

## Závěr

Díky obrovskému technickému pokroku, kterého bylo dosaženo ve vyšetřování výpočetní tomografií, se dostala do rukou kardiologa nová silná vyšetřovací metoda. Jistě má



Obrázek 6 Patologické nitrosrdeční útvary a perikard. (A) Elektroda perforující stěnu pravé komory. Šipky označují tekutinu v perikardu, hemoperikard. (B) Trombus v oušku levé síně (označený šipkou). LA – levá síň, LV – levá komora.



své nedostatky v podobě radiační zátěže a nutnosti podání kontrastní látky s jejími riziky, ale její přínos v indikovaných případech je značný, a to nejen v oblasti koronárních tepen, ale i v oblasti nekoronárního zobrazení srdce. Výpočetní tomografie se stala metodou, kterou můžeme využít tam, kde echokardiografie kvalitou nestačí a MR použít nelze, například pro stále rostoucí počet implantovaných stimulačních a defibrilačních systémů. Navíc rychlostí akvizice dat, jednoduchostí a možnostmi jejich zpracování výpočetní tomografie magnetickou rezonancí výrazně předčí. Možnosti jejího využití jsou široké a již dnes je MDCT schopna podat velmi přesnou informaci, která zoptimalizuje léčebnou strategii. Jistě lze s technickým zdokonalením očekávat další, i nekoronární expanzi tohoto vyšetření.

## Literatura

1. Remy-Jardin M, Remy J, Deschildre F, et al. Diagnosis of pulmonary embolism with spiral CT: comparison with pulmonary angiography and scintigraphy. *Radiology* 1996;200:699–706.
2. Hamon M, Biondi-Zoccai GG, Malagutti P, et al. Diagnostic performance of multislice spiral computed tomography of coronary arteries as compared with conventional invasive coronary angiography: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1896–1910.
3. Grude M, Juegens KU, Wichter T, et al. Evaluation of global left ventricular myocardial function with electrocardiogram-gated multidetector computed tomography: comparison with magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 2003;38:653–661.
4. Yamamuro M, Tadamura E, Kubo S, et al. Cardiac functional analysis with Multidetector row CT and segmental reconstruction algorithm: comparison with echocardiography, SPECT, and MR imaging. *Radiology* 2005;234:381–390.
5. Butler J, Shapiro MD, Jassal DS, et al. Comparison of multidetector computed tomography and two-dimensional transthoracic echocardiography for left ventricular assessment in patients with heart failure. *Am J Cardiol* 2007;99:247–249.
6. Henneman MM, Schuijff JD, Jukema JW, et al. Comprehensive cardiac assessment with multislice computed tomography: evaluation of left ventricular function and perfusion in addition to coronary anatomy in patients with previous myocardial infarction. *Heart* 2006;92:1779–1783.
7. Schlosser T, Mohrs OK, Magedanz A, et al. Assessment of left ventricular function and mass in patients undergoing computed tomography (CT) coronary angiography using 64-detector-row CT: comparison to magnetic resonance imaging. *Acta Radiol* 2007;48:30–35.
8. Pluhans C, Muhlenbruch G, Rapae A, et al. Assessment of global right ventricular function on 64-MDCT compared with MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:1358–1361.
9. Truong QA, Singh JP, Cannon CP, et al. Quantitative analysis of intraventricular dyssynchrony using wall thickness by multidetector computed tomography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:772–781.
10. Henneman MM, Bax JJ, Schuijff JD, et al. Global and regional left ventricular function: a comparison between gated SPECT, 2D echocardiography and multi-slice computed tomography. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006;33:1452–1460.
11. Lardo AC, Cordeiro MA, Silva C, et al. Contrast-enhanced multidetector computed tomography viability imaging after myocardial infarction: characterization of myocyte death, microvascular obstruction, and chronic scar. *Circulation* 2006;113:394–404.
12. Feuchtner GM, Dichtl W, Friedrich GJ, et al. Multislice computed tomography for detection of patients with aortic valve stenosis and quantification of severity. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1410–1417.
13. Laissy JP, Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, et al. Comprehensive evaluation of preoperative patients with aortic valve stenosis: usefulness of cardiac multidetector computed tomography. *Heart* 2007;93:1121–1125.
14. Manghat NE, Morgan-Hughes GJ, Roobottom CA. Multidetector row computed tomography: imaging in acute aortic syndrome. *Clin Radiol* 2005;60:1256–1267.
15. Willmann JK, Weishaupt D, Lachat M, et al. Electrocardiographically gated Multidetector row CT for assessment of valvular morphology and calcification in aortic stenosis. *Radiology* 2002;225:120–128.
16. Koos R, Mahnen AH, Sinha AM, et al. Aortic valve calcification as a marker for aortic stenosis severity: assessment on 16-MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2004;183:1813–1818.
17. Bahler RC, Desser DR, Finkelhor RS, et al. Factors leading to progression of valvular aortic stenosis. *Am J Cardiol* 1999;84:1044–1048.
18. Feuchtner GM, Dichtl W, Schachner T, et al. Diagnostic performance of MDCT for detecting aortic valve regurgitation. *AJR Am J Roentgenol* 2006;186:1676–1681.
19. Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, Laissy JP, et al. Assessment of the mitral valve area in patients with mitral stenosis by multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:411–413.
20. Fiala M, Chovančík J, Heinc P, et al. Léčba symptomatické intermitentní fibrilace síní katetrovou ablací v levé srdeční síni. Bezprostřední a dlouhodobé výsledky u 150 pacientů. *Vnitř Lék* 2005;51:971–983.
21. Marom EM, Herndon JE, Kim YH, McAdams HP. Variations in pulmonary venous drainage to the left atrium: implications for radiofrequency ablation. *Radiology* 2004;230:824–829.
22. Wongcharoen W, Tsao HM, Wu MH, et al. Morphologic characteristics of the left atrial appendage, roof, and septum: implications for the ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006;17:951–956.
23. Fiala M, Chovančík J, Neuwirth R, et al. Katetrová ablace pro chronickou fibrilaci síní metodou obkružujících a komplexních lineárních lézí v levé srdeční síni: ukončení arytmií při ablaci a dlouhodobé klinické výsledky. *Vnitř Lék* 2007;53:231–241.
24. Kistler PM, Rajappan K, Jahngir M, et al. The impact of CT image integration into an electroanatomical mapping system on clinical outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006;17:1093–1101.
25. Jongbloed MR, Lamb HJ, Bax JJ, et al. Noninvasive visualization of the cardiac venous system using multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:749–753.
26. Matsumoto Y, Krishnan S, Fowler SJ, et al. Detection of phrenic nerves and their relation to cardiac anatomy using 64-slice multidetector computed tomography. *Am J Cardiol* 2007;100:133–137.
27. Datta J, White CS, Gilkeson RC, et al. Anomalous coronary arteries in adults: depiction at multi-detector row CT angiography. *Radiology* 2005;235:812–818.
28. Ou P, Agnoletti G, Vouhe P, et al. Detection of coronary complications after arterial switch operation for transposition of the great arteries with 64-slice CT. *Pediatr Radiol* 2006;36(Suppl 1):76.
29. Goo HW, Park IS, Ko JK, et al. CT of congenital heart disease: normal anatomy and typical pathologic conditions. *Radiographics* 2003;23:S147–S165.
30. Ou P, Celermajer DS, Calcagni G, et al. Three-dimensional CT scanning: a new diagnostic modality in congenital heart disease. *Heart* 2007;93:908–913.
31. Kim EY, Kim HH, Yoon Y. Imaging of pericardial diseases. *Clin Radiol* 2007;62:626–631.
32. Alkadhi H, Stolzmann P, Scheffl H, et al. Radiation dose of cardiac dual-source CT: the effect of tailoring the protocol to patient-specific parameters. *Eur J Radiol* 2008;68:385–391.
33. Tops LF, Van de Veire NR, Schuijff JD, et al. Noninvasive evaluation of coronary sinus anatomy and its relation to the mitral valve annulus: implications for percutaneous mitral annuloplasty. *Circulation* 2007;115:1426–1432.

Došlo do redakce 20. 8. 2010

Přijato 20. 9. 2010