

Úloha trojrozmernej echokardiografie v diagnostike chronického srdcového zlyhávania

Fojtiková L¹, Družbacká L², Valočik G¹

Klinika kardiológie, Východoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb a.s. a Lekárska fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika, Košice, Slovenská republika

Fojtikova L, Druzbacka L, Valocik G. **The role of three-dimensional echocardiography in the diagnosis of chronic heart failure.** Cardiology Lett. 2012;21(5):435–442

Abstract. Three-dimensional echocardiography provides complete information about the size, function, shape and weight of the left ventricle, which plays an essential role in the diagnosis of chronic heart failure. By the use of new parameters it can analyze in detail the regional systolic contraction of the left chambers and to detect ventricular dyssynchrony. Unlike two-dimensional echocardiography, it can assess the right ventricle, which appears to be an important predictor of short-term prognosis in patients with congestive heart failure. Three-dimensional echocardiography is, according to its outputs, comparable to the reference methods, and that is why it is in advance of two-dimensional echocardiography. Fig. 4, Tab. 5, Ref. 36, Online full text (Free, PDF) www.cardiology.sk

Key words: three-dimensional echocardiography – chronic heart failure – left ventricle – right ventricle

Fojtiková L, Družbacká L, Valočik G. **Úloha trojrozmernej echokardiografie v diagnostike chronického srdcového zlyhávania.** Cardiology Lett. 2012;21(5):435–442

Abstrakt. Trojrozmerná echokardiografia poskytuje kompletné informácie o veľkosti, funkcii, tvare a hmotnosti ľavej komory, čím plní významnú úlohu v diagnostike chronického srdcového zlyhávania. Využitím nových parametrov dokáže detailne analyzovať regionálne systolické kontrakcie ľavej komory a odhaliť tak komorovú dyssynchroniu. Na rozdiel od dvojrozmernej echokardiografie dokáže zhodnotiť aj pravú komoru, ktorej funkcia sa ukazuje ako dôležitý prediktor krátkodobých prognóz u pacientov s chronickým srdcovým zlyháváním. Trojrozmerná echokardiografia je svojimi výstupmi porovnateľná s referenčnými metódami, čo ju posúva pred dvojrozmernú echokardiografiu. Obr. 4, Tab. 5, Lit. 36, Online full text (Free, PDF) www.cardiology.sk

Kľúčové slová: trojrozmerná echokardiografia – chronické srdcové zlyhávanie – ľavá komora – pravá komora

Medzi zobrazovacími technikami v klinickej kardiológii zostáva echokardiografia aj naďalej najrýchlejším, finančne nenáročným a neinvazívnym zobrazovacím vyšetrením. S prísľubom presnejších meraní a kvalitnejšieho zobrazenia srdcových štruktúr prichádza trojrozmerná echokardiografia (3DE). Podáva kompletné informácie o absolútnej veľkosti srdcových dutín, rozpoznáva srdcové štruktúry z akéhokoľvek uhla pohľadu. Dokáže presne zhodnotiť funkciu srdcových komôr a poskytnúť podrobné informácie týkajúce sa regionálnej kinetiky ľavej komory (LK). Zostrojenie trojrozmerného modelu srdcových štruktúr trvá iba niekoľko minút a vyznačuje

sa vysokou kvalitou obrazu vďaka vylepšenému farebnému Doppleru súčasných systémov 3DE (1).

Trojrozmerná echokardiografia v reálnom čase – real-time (RT3DE) bola predstavená na konci deväťdesiatych rokov. Súčasné snímače sú schopné zachytiť pyramídový súbor obrazov s dostatočným priestorovým rozlíšením, pričom možno vyberať rezy z rôznej hĺbky. Prístroje s týmto snímačom nepotrebujú prepojenie s elektrokardiografickým záznamom a snímačmi registrujúcimi dýchanie pacienta, avšak ich použitie zvyšuje kvalitu obrazu. Na získanie kompletnej sady údajov sú potrebné štyri za sebou idúce srdcové cykly. Chyby obrazu spôsobené

Z ¹Kliniky kardiológie, Východoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb a.s. a Lekárska fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, ²Kliniky angiológie, Východoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb a.s. a Lekárska fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Slovenská republika.
Do redakcie došlo dňa 10. februára 2012; prijaté dňa 18. apríla 2012

Adresa pre korešpondenciu: MUDr. Lívia Fojtiková, Klinika kardiológie, Východoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb a.s. a Lekárska fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika, Košice, Slovenská republika, e-mail: livia.fojtikova@gmail.com

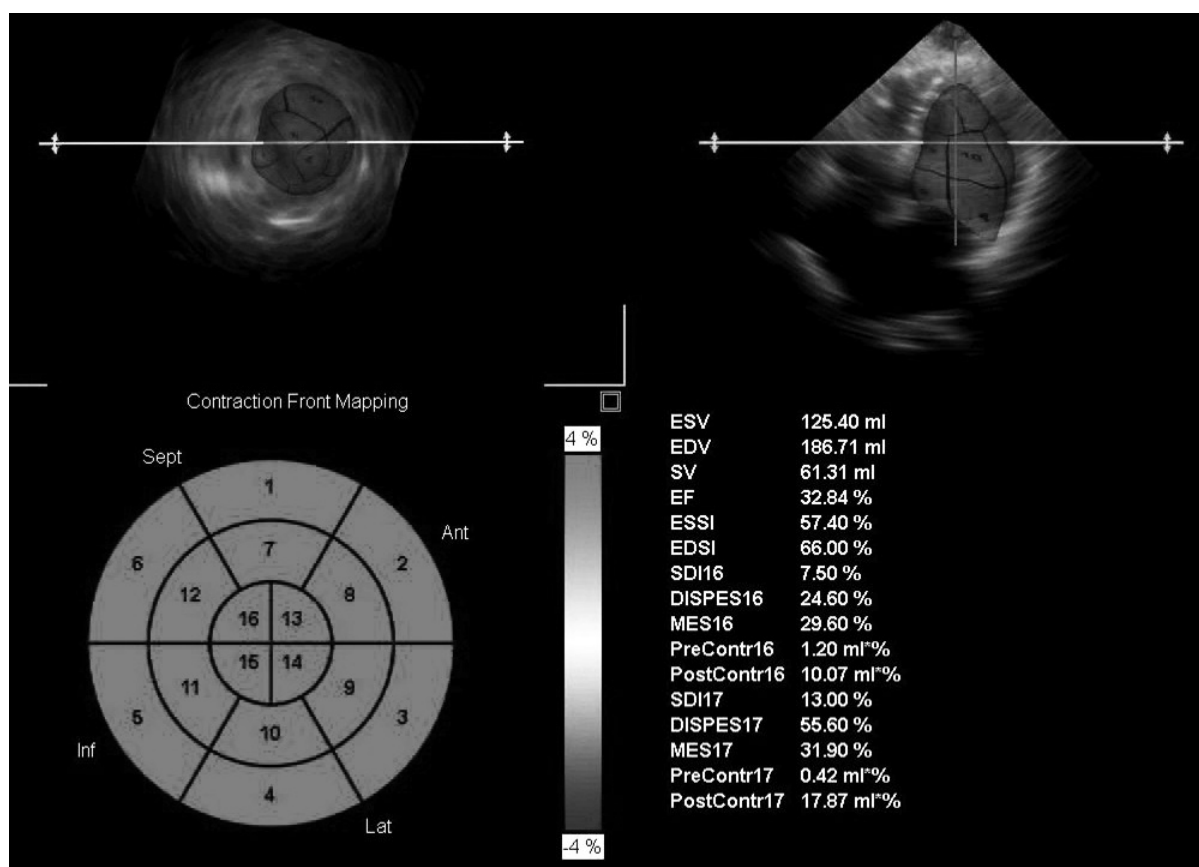
pohybom pacienta alebo sondy sú redukované pomocou post-procesných filtrov a vyhladzovacích algoritmov (1, 2).

Objem a ejekčná frakcia ľavej komory

RT3DE k výpočtu objemu LK využíva špeciálny softvér so semi-automatickou detekciou endokardu, ktorý vykonáva skutočnú dynamickú objemovú analýzu (3). Po určení piatich referenčných bodov softvér automaticky konturuje endokard

a vytvorí matematický model LK. Ten umožní výpočet end-systolického (ESV), end-diastolického (EDV) a vývrhového (SV) objemu LK a jej ejekčnej frakcie (EF) (**obrázok 1**) (4). Prehľad referenčných hodnôt pre objemy a EF LK je uvedený v **tabuľke 1** (5, 6).

Mnohé štúdie dokumentujú koreláciu medzi výstupmi získanými 3DE a referenčnými metódami – počítačovou tomografiou (CT) a magnetickou rezonanciou (MRI) ($r > 0,9$). Dokázaná je nadradenosť týchto metód oproti dvojrozmernej echokardiografii (2DE) (7 – 10).



Obrázok 1 16-segmentový model ľavej komory (LK) v 3-rozmernom (hore) a 2-rozmernom (vľavo dole) obraze slúži na posúdenie globálnej a regionálnej systolickej funkcie LK. Softvér poskytuje hodnoty objemov a ejekčnej frakcie LK, tiež analýzu regionálnej kinetiky LK (vpravo dole).

Figure 1 16-segment model of left ventricle (LV) in 3-dimensional (top) and 2-dimensional (bottom left) image is used for evaluation of global and regional systolic function of LV. Software provides volume values and ejection fraction of LV and also analysis of regional movement of LV (bottom right).

Sept – septálne segmenty (septal segments); Ant – predné segmenty (anterior segments); Lat – bočné segmenty (lateral segments); Inf – spodné segmenty (inferior segments); ESV – end-systolický objem (end-systolic volume); EDV – end-diastolický objem (end-diastolic volume); SV – vývrhový objem (stroke volume); EF – ejekčná frakcia (ejection fraction); ESSI – end-systolický index sféricity (end-systolic sphericity index); EDSI – end-diastolický index sféricity (end-diastolic sphericity index); SDI16 – index systolickej dyssynchronie pri 16-segmentovom modeli (systolic dyssynchrony index by 16-segment model); DISPES16 – rozptyl end-systolických časov (najskoršieho-nejneskoršieho) pri 16-segmentovom modeli [dispersion end-systole (earliest-latest) by 16-segment model]; MES16 – priemerný end-systolický čas pri 16-segmentovom modeli (mean end-systolic time by 16-segment model); PreContr16 – objem v pre-kontrakčnom čase pri 16-segmentovom modeli (precontraction time volume by 16-segment model); PostContr16 – objem v post-kontrakčnom čase pri 16-segmentovom modeli (postcontraction time volume by 16-segment model); SDI17 – index systolickej dyssynchronie pri 17-segmentovom modeli (systolic dyssynchrony index by 17-segment model); DISPES17 – rozptyl end-systolických časov (najskoršieho-nejneskoršieho) pri 17-segmentovom modeli [dispersion end-systole (earliest-latest) by 17-segment model]; MES17 – priemerný end-systolický čas pri 17-segmentovom modeli (mean end-systolic time by 17-segment model); PreContr17 – objem v pre-kontrakčnom čase pri 17-segmentovom modeli (precontraction time volume by 17-segment model); PostContr17 – objem v post-kontrakčnom čase pri 17-segmentovom modeli (postcontraction time volume by 17-segment model)

Regionálna funkcia ľavej komory a analýza dyssynchronie

Za účelom hodnotenia regionálnych porúch kinetiky LK American Society of Echocardiography (ASE) odporučila 16-segmentový model LK. Kvantifikácia časových aspektov regionálnych systolických kontrakcií LK pomocou RT3DE pomáha pri objektívnejšom hodnotení dyssynchronie (**obrázok 2**) (11). Segmenty s narušenou alebo chýbajúcou kontrakčnou schopnosťou sa zobrazia odlišnou farbou (**obrázok 3**) (6, 12).

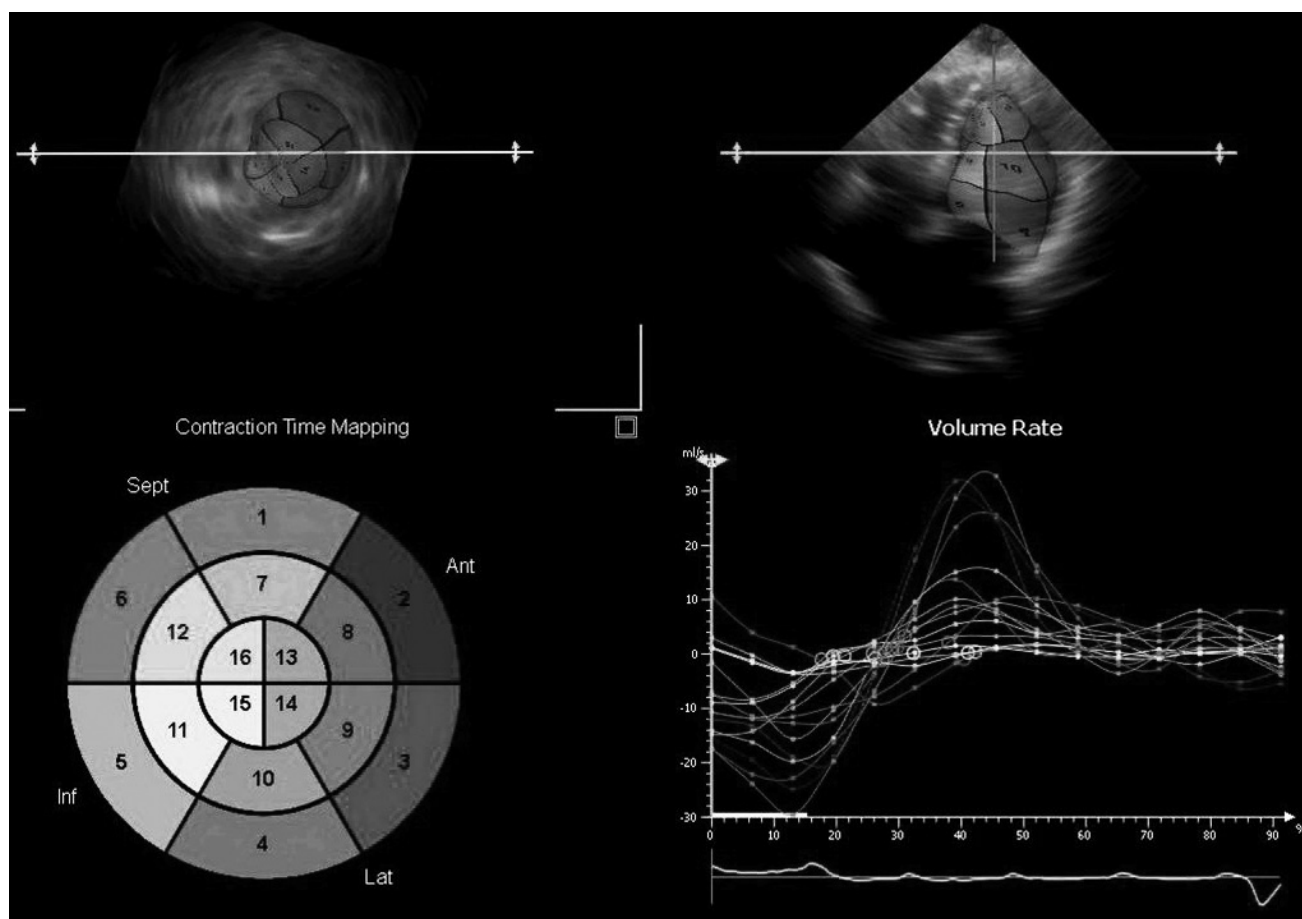
Dyssynchroniu LK možno kvantifikovať pomocou indexu systolickej dyssynchronie (SDI), ktorého vysoká hodnota poukazuje na zvyšujúcu sa intraventrikulárnu dyssynchroniu a úmerne narastá so závažnosťou systolickej dysfunkcie LK (**tabuľka 2**). Analýza dyssynchronie LK pomocou RT3DE je užitočná pri výbere pacientov vhodných na resynchro-

Tabuľka 1 Referenčné hodnoty pre objemy a ejekčnú frakciu ľavej komory určené 3-rozmernou echokardiografiou (5) a 2-rozmernou echokardiografiou (odporúčané ASE) (6)

Table 1 Reference values for left ventricular volumes and ejection fraction using 3-dimensional echocardiography (5) and 2-dimensional echocardiography (recommended by ASE) (6)

	3DE	2DE
End-systolický objem ľavej komory (Left ventricular end-systolic volume)	38 ml/m ²	12 – 30 ml/m ²
End-diastolický objem ľavej komory (Left ventricular end-diastolic volume)	82 ml/m ²	35 – 75 ml/m ²
Ejekčná frakcia ľavej komory (Left ventricular ejection fraction)	49 %	≥ 55 %
Vývrhový objem ľavej komory (Left ventricular stroke volume)	69 ± 14 ml	

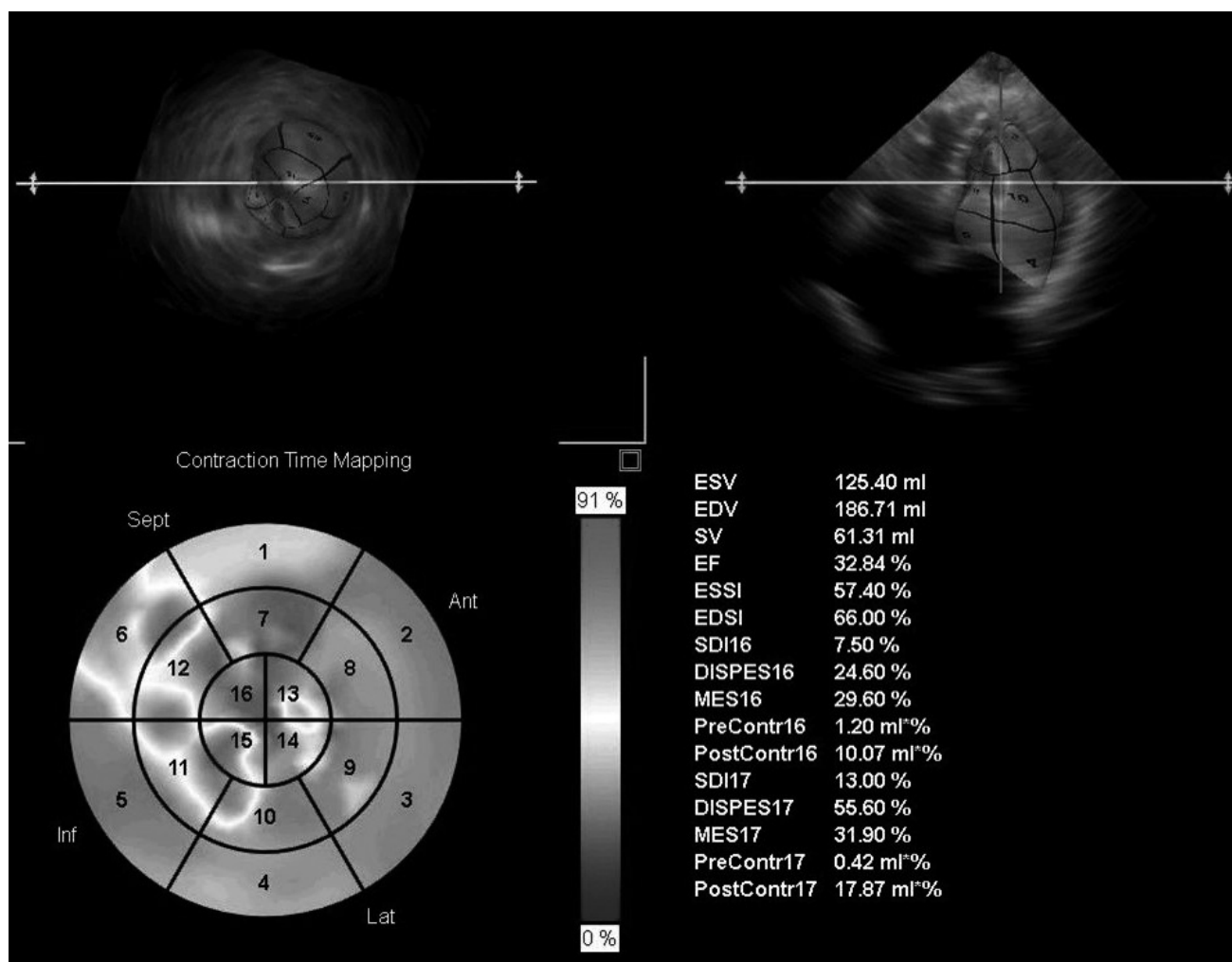
ASE – The American Society of Echocardiography; 3DE – 3-rozmerná echokardiografia (3-dimensional echocardiography); 2DE – 2-rozmerná echokardiografia (2-dimensional echocardiography)



Obrázok 2 16-segmentový model ľavej komory (LK) v 3-rozmernom (hore) a 2-rozmernom (vľavo dole) obraze slúži na posúdenie kinetiky stien LK v jednotlivých segmentoch. Grafické znázornenie regionálnych kontrakcií LK počas srdcového cyklu (vpravo dole).

Figure 2 16-segment model of left ventricle (LV) in 3-dimensional (top) and 2-dimensional (bottom left) image is used for wall movement evaluation of LV in individual segments. Graphic representation of LV regional contractions during cardiac cycle (bottom right).

Sept – septálne segmenty (septal segments); Ant – predné segmenty (anterior segments); Lat – bočné segmenty (lateral segments); Inf – spodné segmenty (inferior segments)



Obrázok 3 Analýza regionálnej kinetiky ľavej komory. V septálnych a inferiorných segmentoch registrujeme narušenú kontrakčnú schopnosť myokardu.

Figure 3 Analysis of regional movement of left ventricle. Registered disrupted contraction sufficiency of myocardium in septal and inferior segments.

Sept – septálne segmenty (septal segments); Ant – predné segmenty (anterior segments); Lat – bočné segmenty (lateral segments); Inf – spodné segmenty (inferior segments); ESV – end-systolický objem (end-systolic volume); EDV – end-diastolický objem (end-diastolic volume); SV – vývrhový objem (stroke volume); EF – ejekčná frakcia (ejection fraction); ESSI – end-systolický index sféricity (end-systolic sphericity index); EDSI – end-diastolický index sféricity (end-diastolic sphericity index); SDI16 – index systolickej dyssynchronie pri 16-segmentovom modeli (systolic dyssynchrony index by 16-segment model); DISPES16 – rozptyl end-systolických časov (najskoršieho-nejneskoršieho) pri 16-segmentovom modeli [dispersion end-systole (earliest-latest) by 16-segment model]; MES16 – priemerný end-systolický čas pri 16-segmentovom modeli (mean end-systolic time by 16-segment model); PreContr16 – objem v pre-kontrakčnom čase pri 16-segmentovom modeli (precontraction time volume by 16-segment model); PostContr16 – objem v post-kontrakčnom čase pri 16-segmentovom modeli (postcontraction time volume by 16-segment model); SDI17 – index systolickej dyssynchronie pri 17-segmentovom modeli (systolic dyssynchrony index by 17-segment model); DISPES17 – rozptyl end-systolických časov (najskoršieho-nejneskoršieho) pri 17-segmentovom modeli [dispersion end-systole (earliest-latest) by 17-segment model]; MES17 – priemerný end-systolický čas pri 17-segmentovom modeli (mean end-systolic time by 17-segment model); PreContr17 – objem v pre-kontrakčnom čase pri 17-segmentovom modeli (precontraction time volume by 17-segment model); PostContr17 – objem v post-kontrakčnom čase pri 17-segmentovom modeli (postcontraction time volume by 17-segment model)

nizačnú liečbu (CRT) a v predikcii pacientov, ktorí z tejto liečby budú profitovať (4). U pacientov, ktorí podstúpili CRT, bol zaznamenaný významný pokles SDI (11). Ostatné parametre používané na analýzu dyssynchronie LK sú uvedené v **tabuľke 3**.

17-segmentový model LK podľa American Heart Association z roku 2002 doplnený o apikálny segment nachádza využitie predovšetkým pri posudzovaní myokardiálnej perfúzie. Segmenty tohto modelu väčšinou súvisia so zásobením koronárnymi tepnami (6, 13). V pokoji je

možné detekovať regionálne poruchy kinetiky pri koronárnej stenóze nad 85 %, pri záťaži ich možno zistiť už pri 50 % stenózach. Preto na detekciu regionálnych porúch kinetiky LK pri koronárnej chorobe srdca slúži najmä záťažová RT3DE, ktorej senzitivita a špecifita je 86 % a 80 % v porovnaní s referenčnou metódou – perfúznou scintigrafiou myokardu (14).

Tvar ľavej komory

Tvar LK je nepriamym ukazovateľom funkcie LK. Poklesom funkcie sa dutina LK zväčšuje a nadobúda viac guľovitý ako elipsovité tvar. Index sféricity (SI), vyhodnocovaný z objemu LK určeného RT3DE, presne odzrkadľuje tvar LK. Predstavuje percentuálne vyjadrenie pomeru end-diastolického (EDSI) alebo end-systolického (ESSI) objemu LK k objemu gule, ktorej priemer má dĺžku end-diastolického alebo end-systolického rozmeru LK meraného v pozdĺžnej osi srdca v zhodujúcej sa fáze srdcového cyklu (4).

Hmotnosť ľavej komory

Hypertrofia LK (HLK) je silným prediktorom kardiovaskulárnej morbidity a mortality u pacientov s artériovou hypertenziou. Je rizikovým faktorom koronárnej choroby srdca, srdcového zlyhávania na podklade diastolickej dysfunkcie LK

a náhlejšej srdcovej smrti. Doteraz nebol dokázaný priamy vzťah medzi HLK (na podklade artériovej hypertenzie) a systolic-

Tabuľka 2 Prehľad priemerných hodnôt SDI v závislosti od závažnosti systolickej dysfunkcie ľavej komory stanovených 3-rozszernej echokardiografiou (11)

Table 2 SDI average values overview according to seriousness of left ventricular systolic dysfunction using 3-dimensional echocardiography (11)

	LVEF (%)	SDI (%)
Zdraví jedinci (Healthy subjects)		3,5 ± 1,8
Pacienti s normálnou systolickou funkciou ľavej komory (Patients with normal left ventricular systolic function)	> 50	4,5 ± 2,4
Pacienti s ľahkou systolickou dysfunkciou ľavej komory (Patients with mild left ventricular systolic dysfunction)	40 – 49	5,4 ± 0,8
Pacienti so stredne ťažkou systolickou dysfunkciou ľavej komory (Patients with moderate left ventricular systolic dysfunction)	30 – 39	10,0 ± 2
Pacienti s ťažkou systolickou dysfunkciou ľavej komory (Patients with severe left ventricular systolic dysfunction)	< 30	15,6 ± 1

LVEF – ejekčná frakcia ľavej komory (left ventricular ejection fraction); SDI – index systolickej dyssynchronie (systolic dyssynchrony index)

Tabuľka 3 Prehľad parametrov používaných na analýzu intraventrikulárnej dyssynchronie ľavej komory pomocou 3-rozszernej echokardiografie

Table 3 Overview of parameters used for intraventricular dyssynchrony analysis of left ventricle using 3-dimensional echocardiography

SDI (%)	index systolickej dyssynchronie (systolic dyssynchrony index)
	Index vyjadrujúci mieru dyssynchronie ľavej komory (LK), je odvodený z časového posunu pri dosiahnutí minimálneho regionálneho objemu segmentov LK. (This index describes left ventricular (LV) dyssynchrony measure. It is derived from time shifting on gaining of minimal regional volume of LV segments).
DISPES (ms)	rozptyl end-systolických časov (najskoršieho-nejneskoršieho) (dispersion end-systole [earliest-latest])
	Vyjadruje časový rozdiel medzi najskorším a najneskorším časom potrebným na dosiahnutie minimálneho regionálneho objemu segmentov LK. (Describes time difference between the earliest and the latest time necessary for gaining of minimal regional volume of LV segments).
MES (ms)	priemerný end-systolický čas (mean end-systolic time)
	Vyjadruje priemernú hodnotu časov „n“ regionálnych objemových kriviek v prvej derivácii v nulovom bode. (Describes average time value of „n“ regional volume curves in zero-crossing-point first-derivative).
PreContr (ml/ms)	objem v pre-kontrakčnom čase (precontraction time volume)
	Vyjadruje veľkosť objemu medzi end-systolickým regionálnym a end-systolickým globálnym časom. Týka sa to iba segmentov kontrahujúcich sa pred globálnym end-systolickým časom. Ak je selektovaný viac ako jeden segment, potom hodnota predstavuje sumu objemov týchto „n“ pre-kontrakčných segmentov. (Describes volume size between regional end-systolic and global end-systolic time. It applies only to segments contracted before global end-systolic time. If there is more than one such segment, value represents volume amount of all „n“ pre-contracted segments).
PostContr (ml/ms)	objem v post-kontrakčnom čase (postcontraction time volume)
	Vyjadruje veľkosť objemu medzi end-systolickým regionálnym a end-systolickým globálnym časom. Týka sa to iba segmentov kontrahujúcich sa po globálnom end-systolickom čase. Ak je selektovaný viac ako jeden segment, potom hodnota predstavuje sumu objemov týchto „n“ post-kontrakčných segmentov. (Describes volume size between regional end-systolic and global end-systolic time. It applies only to segments contracted after global end-systolic time. If there is more than one such segment, value represents volume amount of all „n“ post-contracted segments).

Tabuľka 4 Referenčné hodnoty pre hmotnosť ľavej komory určené pomocou M-mode a 2-rozmernej echokardiografie (odporúčané ASE) (6)

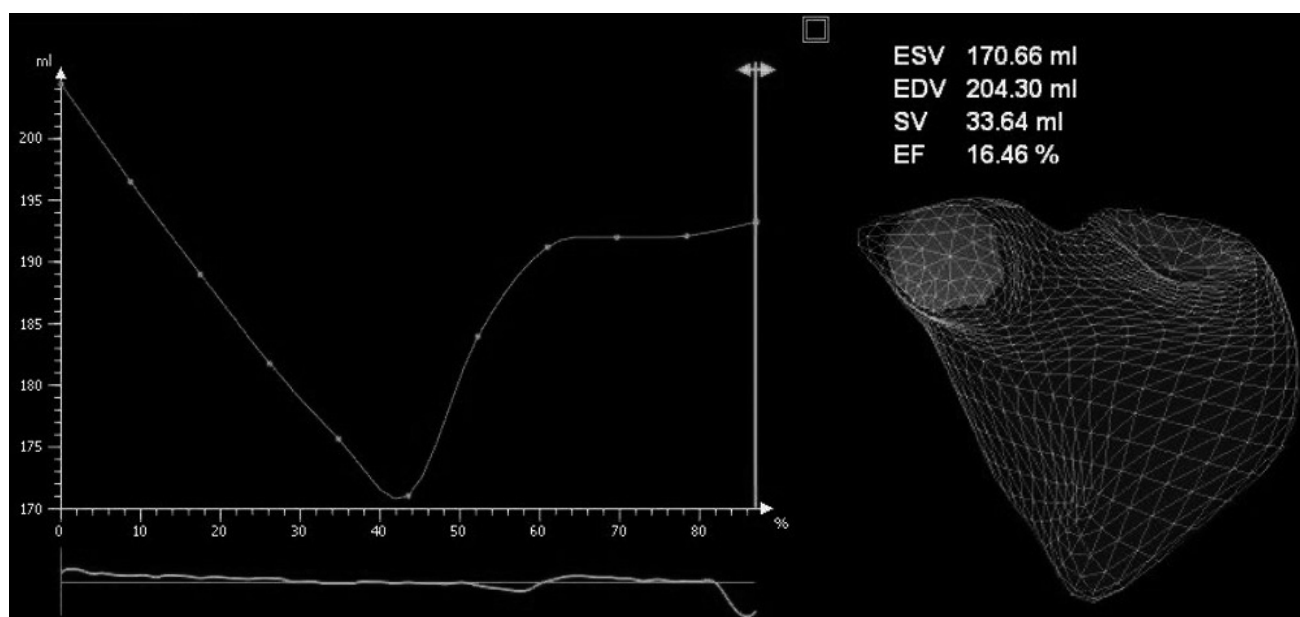
Table 4 Reference values for left ventricular mass using M-mode and 2-dimensional echocardiography (recommended by ASE) (6)

	M-mode (g/m ²)	2DE (g/m ²)
Ženské pohlavie (female)	43 – 95	44 – 88
Mužské pohlavie (male)	49 – 115	50 – 102

ASE – The American Society of Echocardiography; 2DE – 2-rozmerná echokardiografia (2-dimensional echocardiography)

funkcia sa ukázala ako dôležitý ukazovateľ prognózy, záťažovej tolerancie a kvality života pri zlyhavaní LK (22).

V štúdiách zaoberajúcich sa úlohou PK pri pokročilom CHSZ (EFLK $\pm$ 20 %) sa funkcia PK ukázala ako významný prediktor krátkodobých prognóz u týchto pacientov. Vysoko korelovala so zvyšujúcim sa rizikom náhlejšej srdcovej smrti. Krátkodobé prežívanie (10 mesiacov) bolo významné ($p = 0,000$) a zároveň rozdielne u pacientov s EF PK $\geq$ 24 % a EFPK < 24 %. EF PK tak napomáha identifikovať vysoko rizikových pacientov s pokročilým CHSZ a jednotne zníženou EFLK. Podobne aj u pacientov s ľahkou systolickou



Obrázok 4 3-rozmerný model pravej komory (PK) zrekonštruovaný pomocou 3-rozmernej echokardiografie slúži na posúdenie systolickej funkcie PK. Softvérová analýza poskytuje hodnoty objemov a ejekčnej frakcie PK.

Figure 4 3-dimensional model of right ventricle (RV) reconstructed by 3-dimensional echocardiography is used for right ventricular systolic function evaluation. Software analysis provides volume values and ejection fraction of RV.

ESV – end-systolický objem (end-systolic volume); EDV – end-diastolický objem (end-diastolic volume); SV – vývrhový objem (stroke volume); EF – ejekčná frakcia (ejection fraction)

kou dysfunkciou LK nezávislou od prítomnosti koronárnej choroby srdca (15 – 19).

3DE softvér dokáže presne detekovať hranice myokardu LK s epikardom a endokardom. Na základe toho určí objem myokardu LK, ktorý vynásobí relatívnou hustotou myokardu a vypočíta hmotnosť LK (1). 3DE sa v porovnaní s MRI ukázala ako veľmi presná metóda na stanovenie hmotnosti LK ($r = 0,99$) (8, 20, 21). Doteraz neboli publikované referenčné hodnoty pre hmotnosť LK na základe 3DE, napriek tomu uvádzame odporúčané hodnoty hmotnosti LK určené inými metódami (tabuľka 4).

V rámci diagnostiky chronického srdcového zlyhávania (CHSZ) má význam hodnotiť aj pravú komoru (PK). Jej

dysfunkciou LK sa EFPK ukázala ako významný prediktor prežívania (23 – 25).

Objem a ejekčná frakcia pravej komory

Vzhľadom na tvar PK je hodnotenie jej objemu a funkcie pomocou 2DE limitované a problematické (3). V súčasnosti neexistuje jednoduchý geometrický model na výpočet objemu a funkcie PK. Dostupné modely sú zťažené chybou vyplývajúcou z trabekulizácie myokardu v oblasti hrotu a z horšej definície rozhrania endokardu a dutiny PK (22). Použitím

Tabuľka 5 Referenčné hodnoty pre objemy a ejekčnú frakciu pravej komory stanovené 3-rozmernou echokardiografiou (odporúčané ASE) (30)*Table 5 Reference values for right ventricular volumes and ejection fraction using 3-dimensional echocardiography (recommended by ASE) (30)*

End-systolický objem pravej komory (Right ventricular end-systolic volume)	12 – 45 ml/m ²
End-diastolický objem pravej komory (Right ventricular end-diastolic volume)	40 – 89 ml/m ²
Ejekčná frakcia pravej komory (Right ventricular ejection fraction)	44 – 69 %

ASE – The American Society of Echocardiography

nových softvérových programov 3DE presne vypočíta objemy (ESV, EDV, SV) a EF PK (**obrázok 4**). Metóda viacnásobných rezov je nezávislá od geometrických predpokladoch. Výsledkom je, že patologicky deformovaná PK môže byť posudzovaná s uspokojivou úspešnosťou. Hranice endokardu sa získavajú z paralelných rezov v projekcii na krátku os v rovnakom odstupe, plocha každého rezu sa vynásobí jeho hrúbkou na výpočet objemu každého rezu. Suma týchto objemov tvorí objem PK (1, 26). 3DE sa v porovnaní s MRI ukázala ako presná metóda na hodnotenie PK. Výstupy získané 2DE boli oproti týmto dvom metodikám podhodnotené (27 – 29). Prehľad referenčných hodnôt pre objemy a EF PK je uvedený v **tabuľke 5** (30).

Regionálna funkcia a tvar pravej komory

V odporúčaníach echokardiografických spoločností doteraz nebola prezentovaná žiadna štandardizovaná segmentácia PK (6). Keďže ischemia PK má za následok regionálnu dysfunkciu aj mimo proporcií ischemického ložiska, je ťažké vyvinúť plán segmentácie PK porovnateľný s tým pre LK (31). Doteraz bolo navrhnutých niekoľko schém na hodnotenie regionálnej funkcie PK, no žiadna z nich nebola vyhovujúca (32 – 34).

Študovanie remodelácie PK zaostáva kvôli jej tvaru, ktorý nemožno popísať jednoduchým geometrickým modelom. Staršie štúdie sledovali tvar PK prostredníctvom angiografie alebo 2DE, no neboli vhodné pre analýzu remodelácie (35, 36).

Záver

Trojrozmerná echokardiografia je moderná zobrazovacia metóda, ktorá sa svojou presnosťou, objektivitou a kvalitným zobrazením približila k referenčným metódam. Tým sa zaradila pred dvojrozmernú echokardiografiu. Jej prínos možno očakávať nielen v diagnostike chronického srdcového

zlyhávania, ale aj v usmernení pri výbere terapeutického postupu vrátane optimálneho načasovania transplantácie srdca. Napriek tomu, že táto metodika má ešte stále malé nedostatky, možno predpokladať jej postupné rozširovanie do klinickej praxe.

Literatúra

- Shiota T et al. 3D Echocardiography. 1st ed. London: Informal Healthcare; 2007:166. ISBN 1-84184-632-5.
- Binder TM, Moertl D, Mundigler G, et al. Stereolithographic bio-modeling to create tangible hard copies of cardiac structures from echocardiographic data: in vitro and in vivo validation. J Am Coll Cardiol 2000;35(1):230-237.
- Podracký J, Studenčan M, Ignác J. 3D echokardiografia v klinickej kardiológii – trojročné skúsenosti. Cardiol 2009;18(5):225-243.
- Monaghan MJ. Role of real time 3D echocardiography in evaluating the left ventricle. Heart 2006;92(1):131-136.
- Aune E, Baekkevar M, Rødevand O, et al. Reference values for left ventricular volumes with real-time 3-dimensional echocardiography. Scand Cardiovasc J 2010;44(1):24-30.
- Lang R et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's guidelines and standards committee and the chamber quantification writing group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. J Am Soc Echocardiogr 2005;18(12):1440-1463.
- Arai K, Hozumi T, Matsumura Y, et al. Accuracy of measurement of left ventricular volume and ejection fraction by new real-time three-dimensional echocardiography in patients with wall motion abnormalities secondary to myocardial infarction. Am J Cardiol 2004;94(5):552-558.
- Jenkins C, Bricknell K, Hanekom L. Reproducibility and accuracy of echocardiographic measurements of left ventricular parameters using real-time three-dimensional echocardiography. J Am Coll Cardiol 2004;44(4):878-886.
- Jacobs LD, Salgo IS, Goonewardena S. Rapid online quantification of left ventricular volume from real-time three-dimensional echocardiographic data. Eur Heart J 2006;27(4):460-468.
- Sugeng L, Mor-Avi V, Weinert L, et al. Quantitative assessment of left ventricular size and function: side-by-side comparison of real-time three-dimensional echocardiography and computed tomography with magnetic resonance reference. Circulation 2006;114(7):654-661.
- Kapetanakis S, Kearney MT, Siva A et al. Real-time three-dimensional echocardiography: a novel technique to quantify global left ventricular mechanical dyssynchrony. Circulation 2005;112(7):992-1000.
- Schiller NB, Shah PM, Crawford M, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography: American Society of Echocardiography committee on standards, subcommittee on quantitation of two-dimensional echocardiograms. J Am Soc Echocardiogr 1989;2(5):358-367.

13. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the cardiac imaging committee of the council on clinical cardiology of the American Heart Association. *Circulation* 2002;18(1):539–542.
14. Matsumura Y, Hozumi T, Arai K, et al. Assessment of myocardial ischemia using new real-time three-dimensional dobutamine stress echocardiography: comparison with exercise thallium-201 single-photon emission computed tomography. *Eur Heart J* 2005;26:1625.
15. Koren MJ, Devereux RB, Casale PN et al. Relation of left ventricular mass and geometry to morbidity and mortality in uncomplicated essential hypertension. *Ann Intern Med* 1991;114(5):345–352.
16. Ofili EO, Cohen JD, St Vrain JA, et al. Effect of treatment of isolated systolic hypertension on left ventricular mass. *JAMA* 1998;279(10):778–780.
17. Liao Y, Cooper RS, McGee DL, et al. The relative effects of left ventricular hypertrophy, coronary artery disease, and ventricular dysfunction on survival among black adults. *JAMA* 1995;273(20):1592–1597.
18. Burke AP, Farb A, Liang Y, et al. Effect of hypertension and cardiac hypertrophy on coronary artery morphology in sudden cardiac death. *Circulation* 1996;94(12):3138–3145.
19. Gradman AH, Alfayoumi F. From left ventricular hypertrophy to congestive heart failure: management of hypertensive heart disease. *Prog Cardiovasc Dis* 2006;48(5):326–341.
20. Mor-Avi V, Sugeng L, Weinart L, et al. Fast measurement of left ventricular mass with real-time three-dimensional echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging. *Circulation* 2004;110(13):1814–1818.
21. Chuang ML, Beaudin RA, Riley MF, et al. Three-dimensional echocardiographic measurement of left ventricular mass: comparison with magnetic resonance imaging and two-dimensional echocardiographic determinations in man. *Int J Card Imag* 2000;16(5):347–357.
22. Šimková I, Podracký J, Brtko M a spol. Menej časté príčiny dysfunkcie pravej komory. *Cardiol* 2009;18(1):29–39.
23. Gavazzi A, Berzuini C, Campana C, et al. Value of right ventricular ejection fraction in predicting short-term prognosis of patients with severe chronic heart failure. *J Heart Lung Transplant* 1997;16(7):774–785.
24. de Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C et al. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1998;32(4):948–954.
25. Di Salvo TG, Mathier M, Semigran MJ, et al. Preserved right ventricular ejection fraction predicts exercise capacity and survival in advanced heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1995;25(5):1143–1153.
26. Tamborini G, Marsan NA, Gripari P, et al. Reference values for right ventricular volumes and ejection fraction with real-time three-dimensional echocardiography: evaluation in a large series of normal subjects. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23(2):109–115.
27. Jenkins C, Chan J, Bricknell K et al. Reproducibility of right ventricular volumes and ejection fraction using real-time three-dimensional echocardiography – comparison with cardiac MRI. *CHEST* 2007;131(6):1844–1851.
28. Fujimoto S, Mizuno R, Nakagawa Y, et al. Estimation of the right ventricular volume and ejection fraction by transthoracic three-dimensional echocardiography. A validation study using magnetic resonance imaging. *Int J Card Imag* 1998;14(6):385–390.
29. Leibundgut G, Kessel A, Bernheim A, et al. Assessment of right ventricular function by real-time 3D echocardiography closely agrees with magnetic resonance imaging. *Circulation* 2008;118:101.
30. Rudski LG et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685–713.
31. Laster SB, Ohnishi Y, Saffitz JE, et al. Effects of reperfusion on ischemic right ventricular dysfunction. *Circulation* 1994;90(3):1398–1409.
32. Lebeau R, Di Lorenzo M, Sauve C, et al. Two-dimensional echocardiography estimation of right ventricular ejection fraction by wall motion score index. *Can J Cardiol* 2004;20(2):169–176.
33. Fayad ZA, Ferrari VA, Kraitichman DL, et al. Right ventricular regional function using MR tagging: normals versus chronic pulmonary hypertension. *Magn Reson Med* 1998;39(1):116–123.
34. Smith JL, Bolson EL, Wong SP, et al. Three-dimensional assessment of two-dimensional technique for evaluation of right ventricular function by tricuspid annulus motion. *Int J Card Imag* 2003;19(3):189–197.
35. Czegledy FP, Katz J. A new geometric description of the right ventricle. *J Biomed Eng* 1993;15(5):387–391.
36. Matsumori M, Ito T, Toyono M, et al. Influence of right ventricular volume and pressure overloads on assessment of left ventricular volume using two-dimensional echocardiography in infants and children with congenital heart diseases. *Am J Cardiol* 1997;80(7):965–968.