

Impact of left ventricular systolic dysfunction on the right ventricle in terms of three-dimensional echocardiography

Vplyv systolickej dysfunkcie ľavej komory na pravú komoru vzhľadom na trojrozmernú echokardiografiu

Fojtiková L, Valočik G, Farkašová L, Vachalcová M

Klinika kardiológie, LF UPJŠ a VÚSCH a.s., Košice, Slovenská republika

Fojtikova L, Valocik G, Farkašova L, Vachalcova M. **Impact of left ventricular systolic dysfunction on the right ventricle in terms of three-dimensional echocardiography.** Cardiology Lett. 2013;22(4):299–307

Abstract. There is a need to assess the right ventricle in the diagnosis of chronic heart failure, because its function is proved to be an important indicator of prognosis, exercise tolerance and quality of life for the failure of the left ventricle.

Aims: The target was to investigate the relationship between systolic dysfunction of the left ventricle (LV) and right ventricle (RV) by three-dimensional echocardiography.

Methods: Off-line analysis of echocardiographic results were obtained in 55 patients (42 men, 13 women, mean age 62.6 ± 11.8 years) using three-dimensional echocardiography (3DE) and two-dimensional echocardiography (2DE) with LV systolic dysfunction (ejection fraction $< 50\%$). Determined were parameters of systolic and diastolic LV function, volume and shape of the LV, RV volume and function, pulmonary artery acceleration time and presented quantified tricuspid regurgitation, all by software off-line analysis.

Results: We noticed a correlation between right ventricular ejection fraction (RV EF) and LV mass indexed to body surface area (LV MASS/BSA) ($p = 0.02$). Other echocardiographic parameters in relation to RV EF were proved to be statistically insignificant. We observed the relationship between the NYHA functional group and RV EF ($p = 0.046$). There was no correlation between NYHA and LV EF ($p = 0.493$). Statistically significant was the relationship between the value of nocturnal dyspnoea and RV EF ($p = 0.014$) and no correlation with LV EF ($p = 0.99$).

Conclusion: We have shown a statistical dependency between RV EF and LV MASS/BSA, GLS and PV AT. NYHA functional classes nocturnal dyspnoea data in patients with LV systolic dysfunction was dependent on the RV EF. Fig. 5, Tab. 4, Ref. 19, Online full text (Free, PDF) www.cardiology.sk

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

Fojtiková L, Valočik G, Farkašová L, Vachalcová M. **Vplyv systolickej dysfunkcie ľavej komory na pravú komoru vzhľadom na trojrozmernú echokardiografiu.** Cardiology Lett. 2013;22(4):299–307

Abstrakt. V rámci diagnostiky chronického srdcového zlyhávania má význam hodnotiť aj pravú komoru, pretože jej funkcia sa ukazuje ako dôležitý prediktor prognózy, záťažovej tolerance a kvality života pri zlyhávaní ľavej komory.

Cieľ: Úlohou bolo zistiť vzťah medzi systolickou dysfunkciou ľavej komory (LV) a pravou komorou (RV) prostredníctvom trojrozmernej echokardiografie.

Metodika: Off-line analýza echokardiografických záznamov získaných pomocou trojrozmernej (3DE) a dvojrozmernej (2DE) echokardiografie u 55 pacientov (42 mužov, 13 žien, priemerný vek $62,6 \pm 11,8$ rokov) so systolickou dysfunkciou LV (ejekčná frakcia $< 50\%$). Softvérovou off-line analýzou boli stanovené para-

metre systolickej a diastolickej funkcie LV, objemu a tvaru LV, funkcie a objemu RV, akceleračný čas v pľúcnicu a kvantifikovaná prítomná trikuspidálna regurgitácia.

Výsledky: Zaznamenali sme koreláciu medzi ejekčnou frakciou pravej komory (RV EF) a masou LV indexovanou na povrch tela (LV MASS/BSA) ($p = 0,049$). RV EF korelovala aj s globálnou pozdĺžnou deformáciou LV (GLS) ($p = 0,042$) a akceleračným časom v pľúcnicu (PV AT) ($p = 0,041$). Ostatné echokardiografické parametre sa vo vzťahu k RV EF ukázali ako štatisticky nevýznamné. Porovnaním funkčných skupín NYHA klasifikácie a RV EF sme zistili významný vzťah ($p = 0,046$), v porovnaní s ejekčnou frakciou LV (LV EF) sme ho nedokázali ($p = 0,493$). Štatisticky významný bol vzťah medzi údajom paroxyzmálnej nočnej dýchavice a RV EF ($p = 0,014$), v porovnaní s LV EF sme ho nezistili ($p = 0,99$).

Záver: Vo vzťahu k RV EF sa ako štatisticky významné ukázali LV MASS/BSA, GLS a PV AT. Funkčná skupina NYHA, ako aj údaj paroxyzmálnej nočnej dýchavice u pacientov so systolickou dysfunkciou LV záviseli od RV EF. Obr. 5, Tab. 4, Lit. 19, Online full text (Free, PDF) www.cardiology.sk

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

V rámci diagnostiky chronického srdcového zlyhávania (CHSZ) je potrebné hodnotiť aj pravú komoru (RV), pretože jej funkcia sa ukázala ako dôležitý ukazovateľ prognózy, záťažovej tolerancie a kvality života pri zlyhávaní ľavej komory (LV) (1).

Tvar RV je podobný polmesiacu či trojuholníku. Keďže je ťažké ho prirovnáť k jednoduchému trojrozmernému geometrickému útvaru, hodnotenie objemu a funkcie RV pomocou 2DE je limitované a problematické. Dostupné modely sú zatažené chybou, ktorá vyplýva z trabekulizácie myokardu v oblasti hrotu a z horšej definície rozhrania endokardu a dutiny RV. Taktiež hodnotenie TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion) v apikálnej štvordutinovej projekcii pomocou 2DE má nevýhodu v tom, že niektoré

(v tejto projekcii nezobrazené) segmenty RV s narušenou kontraktilitou môžu ujsť pozornosti (napríklad apikálna dyskineza RV) (1 – 3).

V súčasnosti dostupnou a presnou zobrazovacou metódou na hodnotenie RV je 3DE. Metóda viacnásobných rezov nezávisí od geometrických predpokladov. Výsledkom je, že patologicky deformovaná RV môže byť posudzovaná s uspokojivou úspešnosťou. 3DE sa v porovnaní s magnetickou rezonanciou a počítačovou tomografiou ukázala ako presná metóda na hodnotenie LV a RV. Výstupy získané 2DE boli oproti týmto dvom metodikám podhodnotené (4 – 8).

Metodika

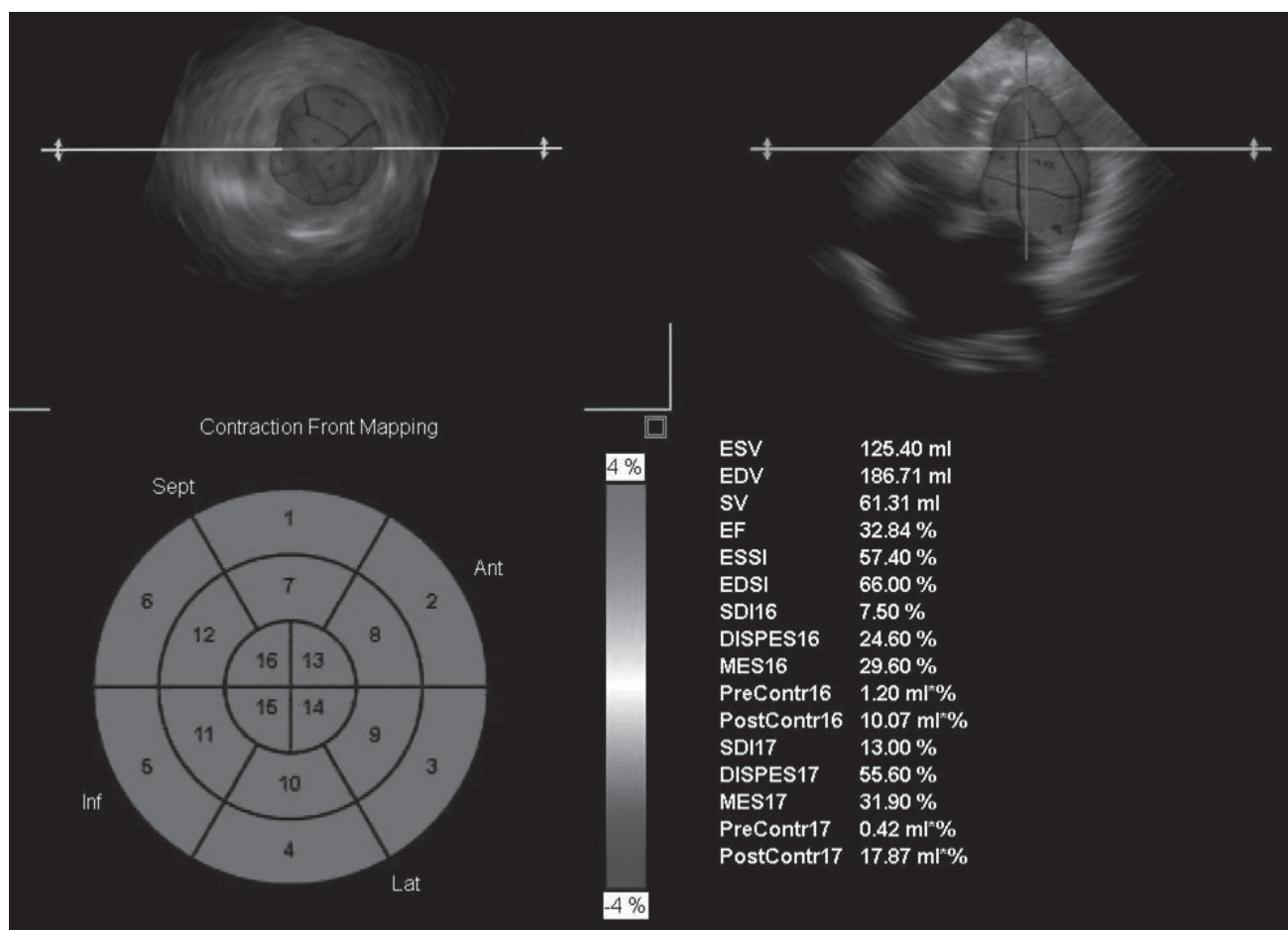
Použitím softvéru firmy Siemens boli off-line analýzou hodnotené 3DE a 2DE nálezy 55 pacientov (42 mužov a 13 žien, priemerný vek $62,6 \pm 11,8$ rokov) hospitalizovaných na Klinike kardiológie LF UPJŠ a VÚSCH a.s., Košice od januára 2012 do decembra 2012. Základným kritériom bola prítomnosť systolickej dysfunkcie LV (ejekčná frakcia LV < 50 %) na ischemickom verzus neischemickom podklade. Vylúčení boli pacienti s údajom: akútneho koronárneho syndrómu alebo koronárnej angioplastiky za posledné dva roky, kardiochirurgickej operácie v minulosti, implantácie kardiostimulátora alebo kardioverter-defibrilátora, chronického respiračného ochorenia, prekonanej pľúcnej embólie, hemodynamicky stredne významnej a významnej chlopňovej chyby (okrem funkčných chlopňových regurgitácií). Ischemická choroba srdca (ICHS) bola diagnostikovaná na základe selektívnej koronarografie, ktorú podstúpili všetci pacienti (prítomnosť stenózy koronárnej tepny > 50 %). Klinické údaje (vek, body mass index, pridružené ochorenia, údaj námahovej, pokojovej a paroxyzmálnej nočnej dýchavice, ako aj akútnej dekompenzácie chronického srdcového zlyhávania) boli získané na základe dokumentácie a anamnézy pacienta. Klinická charakteristika súboru pacientov je uvedená v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Základná charakteristika súboru pacientov

Table 1 Baseline characteristic of the patients

	n = 55
Muži/ženy (male/female)	42/13
Vek (age)	62,6 ± 11,8
BMI (kg/m²)	26,8 ± 4,5
ICHS (CAD)	19 (35 %)
PLM (ILM)	25 (45 %)
DM	12 (22 %)
AH	42 (76 %)
ADCHSZ (ADHF)	32 (58 %)
PND (ND)	19 (35 %)
NYHA I	4 (7 %)
NYHA II	14 (26 %)
NYHA III	34 (62 %)
NYHA IV	3 (5 %)

BMI – Body mass index; ICHS – ischemická choroba srdca (CAD – Coronary artery disease); PLM – porucha lipidového metabolizmu (ILM – Impaired lipid metabolism); DM – diabetes mellitus; AH – arteriálna hypertenzia (Arterial hypertension); ADCHSZ – akútna dekompenzácia chronického srdcového zlyhávania (ADHF – Acute decompensated heart failure); PND – paroxyzmálna nočná dýchavica (ND – Nocturnal dyspnoea); NYHA – klasifikácia dýchavice odporúčaná New York Heart Association (Classification of dyspnoea according to New York Heart Association)



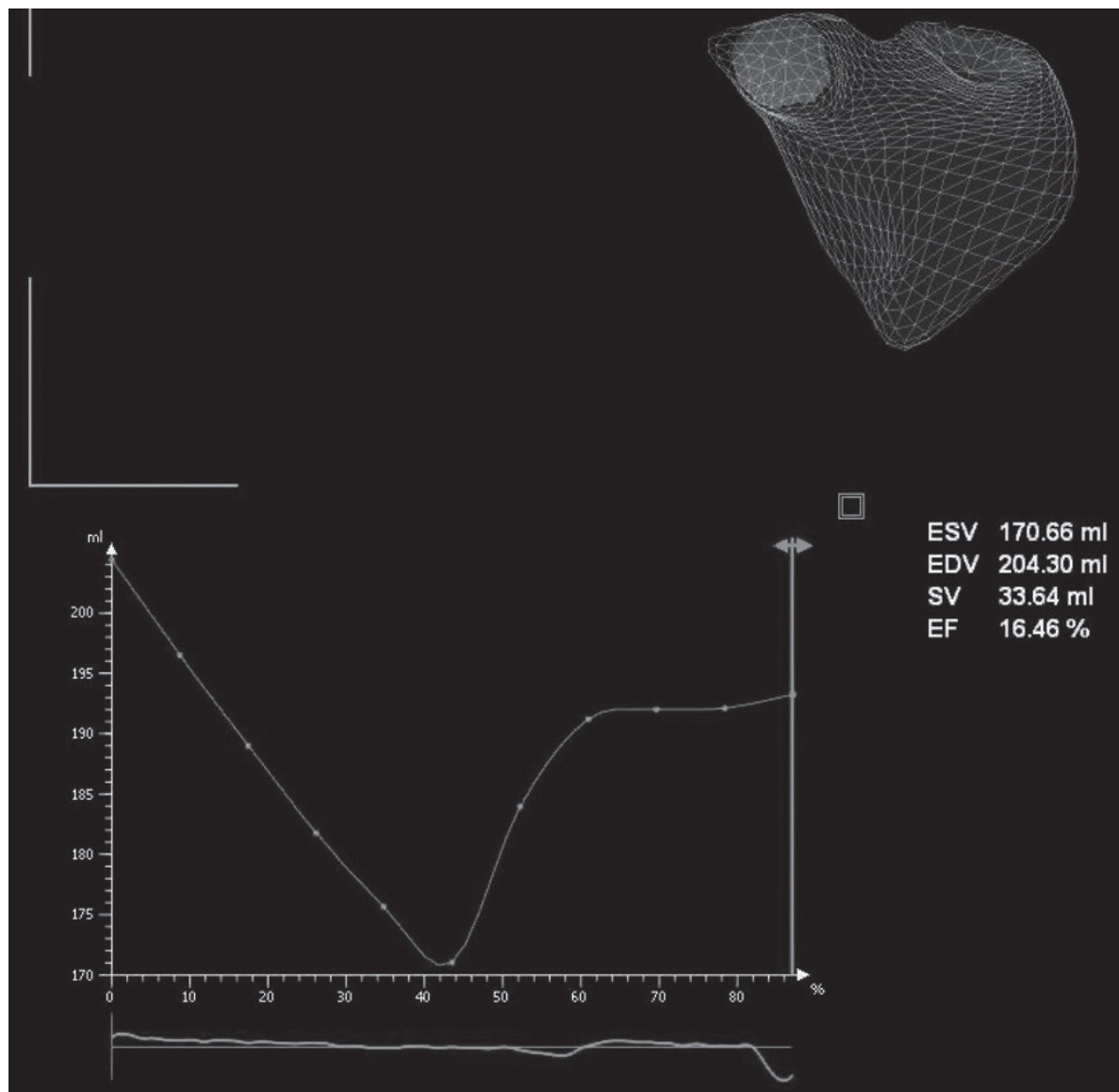
Obrázok 1 16-segmentový model ľavej komory (LV) v trojrozmernom (hore) a dvojrozmernom (vľavo dole) obraze slúži na posúdenie globálnej a regionálnej systolickej funkcie LV

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

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-najneskoršieho) 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-najneskoršieho) 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)

Všetky echokardiografické parametre boli stanovené off-line softvérovou analýzou použitím 3DE a 2DE záznamov. Ejekčná frakcia LV (LV EF), end-systolický a end-diastolický objem LV (LV ESV, LV EDV), vývrhový objem LV (LV SV), end-systolický index sféricity (ESSI) a end-diastolický index sféricity (EDSI) boli určené z trojrozmerného modelu LV zostrojeného 3DE vyšetrením v apikálnej švordutinovej projekcii (**obrázok 1**). Ejekčná frakcia RV (RV EF), end-systolický a end-diastolický

objem RV (RV ESV, RV EDV) a vývrhový objem RV (RV SV) boli určené na základe trojrozmerného modelu RV zostrojeného 3DE vyšetrením v apikálnej švordutinovej projekcii a projekcii na krátku os (**obrázok 2**). Hodnota pomeru E/E' (popisuje plniaci tlak v LV) bola určená na základe tkanivového dopplerovského vyšetrenia pomocou 2DE. Indexovaný objem ľavej predsiene (LAVI) bol stanovený z 2DE záznamu vyšetrením v dvojduťinovej a štvordutinovej projekcii. Masa LV indexovaná



Obrázok 2 Trojrozmerný model pravej komory (RV) zrekonštruovaný pomocou trojrozmernej echokardiografie slúži na posúdenie systolickej funkcie RV

Figure 2 3-dimensional model of right ventricle (RV) reconstructed by 3-dimensional echocardiography is used for right ventricular systolic function evaluation

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

na povrch tela (LV MASS/BSA) bola stanovená z 2DE záznamu. Globálnu pozdĺžnu deformáciu LV (Global longitudinal strain, GLS) a rýchlosť globálnej pozdĺžnej deformácie LV (Global longitudinal strain rate, GLSR) sme stanovili 2DE speckle tracking echokardiografiou. Akceleračný čas v pľúcnici (PV AT) bol určený na základe pulzného dopplerovského vyšetrenia v projekcii na krátku os z 2DE. Trikuspidálna regurgitácia bola vizualizovaná farebným dopplerovským mapovaním v štvordutinovej projekcii, maximálna rýchlosť regurgitačného

prúdenia (Tr Vmax) a vrcholový tlakový gradient regurgitačného prúdenia (Tr PG) boli určené pomocou kontinuálneho dopplerovského vyšetrenia z 2DE záznamu.

Štatistická analýza

Jednotlivé kontinuálne premenné sú vyjadrené ako priemerná hodnota $\pm$ smerodajná odchýlka, kategóriálne

Tabuľka 2 Hodnoty echokardiografických parametrov súboru pacientov*Table 2* Values of echocardiography parameters of the patients

	n = 55		n = 55
RV EF (%)	37,56 ± 14,16	Tr PG (mmHg)	14,74 ± 20,25
RV EDV (ml)	105,41 ± 47,5	EDSI (%)	67,28 ± 14,68
RV ESV (ml)	68,25 ± 39,43	ESSI (%)	65,79 ± 16,87
RV SV (ml)	37,16 ± 17,22	GLS (%)	-6,4 ± 3,48
LV EF (%)	28,62 ± 11,25	GLSR (s ⁻¹)	-0,5 ± 0,15
LV EDV (ml)	201,27 ± 58,03	E/E'	13,16 ± 5,91
LV ESV (ml)	146,36 ± 56,78	LV MASS/BSA (g/m ²)	198,26 ± 52,52
LV SV (ml)	54,91 ± 22,06	LAVI (ml)	50,53 ± 25,65
Tr Vmax (m/s)	1,21 ± 1,49	PV AT (ms)	102,46 ± 47,66

RV EF – ejekčná frakcia pravej komory (*right ventricular ejection fraction*); RV EDV – end-diastolický objem pravej komory (*right ventricular end-diastolic volume*); RV ESV – end-systolický objem pravej komory (*right ventricular end-systolic volume*); RV SV – vývrhový objem pravej komory (*right ventricular stroke volume*); LV EF – ejekčná frakcia ľavej komory (*left ventricular ejection fraction*); LV EDV – end-diastolický objem ľavej komory (*left ventricular end-diastolic volume*); LV ESV – end-systolický objem ľavej komory (*left ventricular end-systolic volume*); LV SV – vývrhový objem ľavej komory (*left ventricular stroke volume*); Tr Vmax – maximálna rýchlosť regurgitačného prúdenia cez trikuspidálnu chlopňu (*maximal velocity of regurgitation jet across the tricuspid valve*); Tr PG – vrcholový tlakový gradient regurgitačného prúdenia cez trikuspidálnu chlopňu (*peak pressure gradient of regurgitation jet across the tricuspid valve*); EDSI – end-diastolický index sféricity (*end-diastolic sphericity index*); ESSI – end-systolický index sféricity (*end-systolic sphericity index*); GLS – globálna pozdĺžna deformácia ľavej komory (*global longitudinal strain*); GLSR – rýchlosť globálnej pozdĺžnej deformácie ľavej komory (*global longitudinal strain rate*); E/E' – marker diastolickej funkcie ľavej komory (*marker of left ventricular diastolic function*); LV MASS/BSA – masa ľavej komory indexovaná na povrch tela (*left ventricular mass calculated on body surface*); LAVI – indexovaný objem ľavej predsene (*left atrium volume index*); PV AT – akceleračný čas v pľúcni (pulmonary artery acceleration time)

Tabuľka 3 Monohonásobná lineárna regresná analýza (metóda enter)*Table 3* Multiple linear regression analysis (enter method)

Závislá premenná	RV EF		
mnohonásobný korelačný koeficient	0,76		
R ²	0,581		
hladina významnosti P	0,0001		
Nezávislé premenné	Štandardná chyba	Koeficient regresie	Hladina významnosti P
E/E'	0,325	-0,225	0,101
LV MASS/BSA	0,022	0,252	0,049
LAVI	0,068	-0,015	0,901
LV EF	0,248	-0,091	0,631
EDSI	0,324	0,326	0,312
ESSI	0,286	-0,383	0,264
2D GLS	0,909	-0,474	0,042
2D GLSR	21,121	-0,016	0,943
PV AT	0,034	0,252	0,041
Tr Vmax	4,352	-0,212	0,652
Tr PG	0,317	0,164	0,729

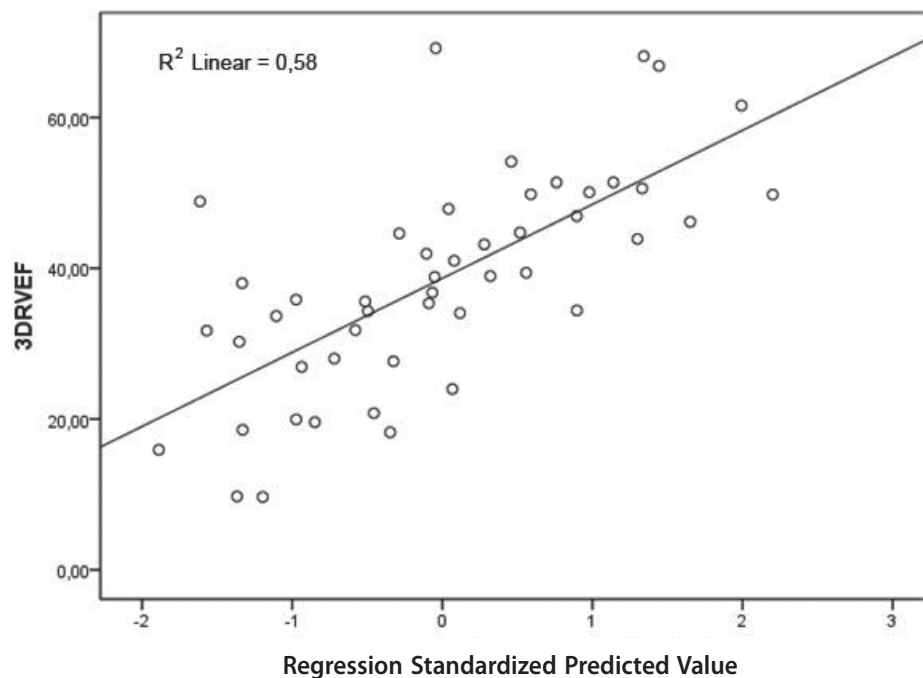
RV EF – ejekčná frakcia pravej komory (*right ventricular ejection fraction*); E/E' – marker diastolickej funkcie ľavej komory (*marker of left ventricular diastolic function*); LV MASS/BSA – masa ľavej komory indexovaná na povrch tela (*left ventricular mass calculated on body surface*); LAVI – indexovaný objem ľavej predsene (*left atrium volume index*); LV EF – ejekčná frakcia ľavej komory (*left ventricular ejection fraction*); EDSI – end-diastolický index sféricity (*end-diastolic sphericity index*); ESSI – end-systolický index sféricity (*end-systolic sphericity index*); GLS – globálna pozdĺžna deformácia ľavej komory (*global longitudinal strain*); GLSR – rýchlosť globálnej pozdĺžnej deformácie ľavej komory (*global longitudinal strain rate*); PV AT – akceleračný čas v pľúcni (pulmonary artery acceleration time); Tr Vmax – maximálna rýchlosť regurgitačného prúdenia cez trikuspidálnu chlopňu (*maximal velocity of regurgitation jet across the tricuspid valve*); Tr PG – vrcholový tlakový gradient regurgitačného prúdenia cez trikuspidálnu chlopňu (*peak pressure gradient of regurgitation jet across the tricuspid valve*)

premenné ako absolútne početnosti a percentuálne zastúpenie v danej skupine. Za štatisticky významnú hodnotu sme si zvolili $p < 0,05$. Na určenie korelácie medzi sledovanými kontinuálnymi premennými sa použila mnohonásobná lineárna regresná analýza. Na určenie vzťahu medzi kontinuálnymi a kategoriálnymi premennými bola použitá ANOVA.

Výsledky

Priemerné hodnoty echokardiografických parametrov celého súboru pacientov sú uvedené v **tabuľke 2**.

Vzťah medzi parametrami LV a RV sme zisťovali použitím mnohonásobnej lineárnej regresnej analýzy. Ako závislú premennú sme zvolili RV EF, ako nezávislé premenné sme

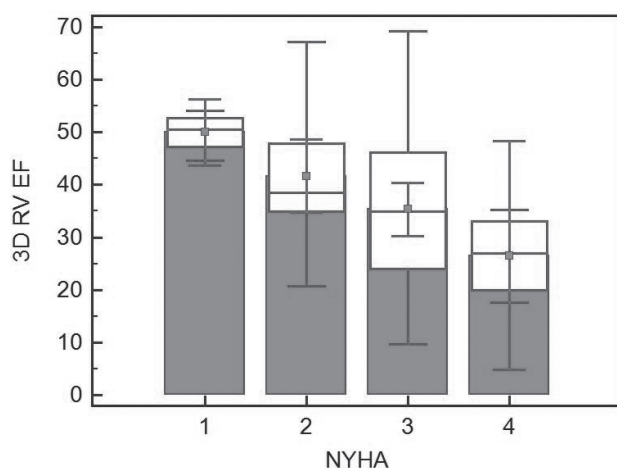


Obrázok 3 Monohonásobná lineárna regresná analýza

Figure 3 Multiple linear regression analysis

určili: LV EF, EDSI, ESSI, GLS, GLSR, E/E', LAVI, LV MASS/BSA, PV AT, Tr Vmax, Tr PG (multiple correlation coefficient 0,76; $R^2 = 0,581$; $p = 0,0001$). Ako štatisticky významné sa vo vzťahu k RV EF ukázali LV MASS/BSA ($p = 0,049$), GLS ($p = 0,042$) a PV AT ($p = 0,041$) (tabuľka 3, obrázok 3).

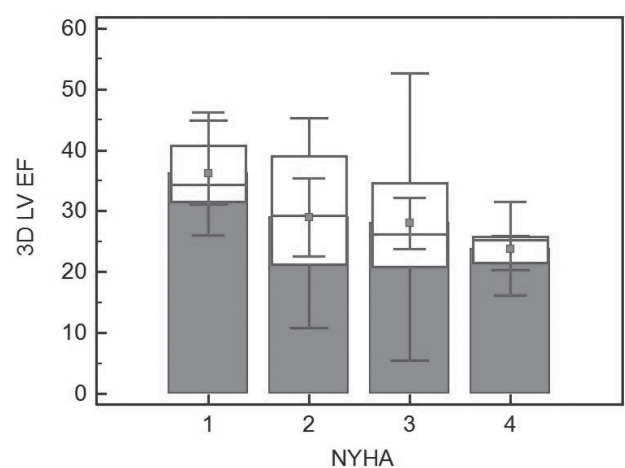
Vzťah medzi kontinuálnymi a kategoriálnymi premennými sme zisťovali pomocou ANOVA. Štatisticky významný sa ukázal vzťah medzi funkčnými skupinami NYHA klasifikácie a RV EF ($p = 0,046$), vzťah medzi NYHA a LV EF sme nedokázali ($p = 0,49$). Taktiež sme nedokázali významný vzťah



Obrázok 4 Porovnanie ejekčnej frakcie pravej komory medzi skupinami NYHA klasifikácie

Figure 4 Comparison of the right ventricular ejection fraction among the groups of NYHA classification

RV EF – ejekčná frakcia pravej komory (right ventricular ejection fraction); NYHA – klasifikácia dýchavice odporúčaná New York Heart Association (Classification of dyspnoea according to New York Heart Association)



Obrázok 5 Porovnanie ejekčnej frakcie ľavej komory medzi skupinami NYHA klasifikácie

Figure 5 Comparison of the left ventricular ejection fraction among the groups of NYHA classification

LV EF – ejekčná frakcia ľavej komory (left ventricular ejection fraction); NYHA – klasifikácia dýchavice odporúčaná New York Heart Association (Classification of dyspnoea according to New York Heart Association)

Tabuľka 4 Priemerné hodnoty ejekčnej frakcie ľavej a pravej komory v jednotlivých skupinách NYHA klasifikácie*Table 4* The average values of the left and right ventricular ejection fraction in all groups of NYHA classification

	NYHA I (n = 4)	NYHA II (n = 14)	NYHA III (n = 34)	NYHA IV (n = 3)
LV EF	36,16 ± 6,31	29 ± 11,18	28,01 ± 12,01	23,81 ± 3,1
RV EF	49,9 ± 4	41,77 ± 12,28	35,34 ± 14,42	26,57 ± 16,75

LV EF – ejekčná frakcia ľavej komory (*left ventricular ejection fraction*); RV EF – ejekčná frakcia pravej komory (*right ventricular ejection fraction*); NYHA – klasifikácia dýchavice odporúčaná New York Heart Association (*Classification of dyspnoea according to New York Heart Association*)

medzi NYHA a LAVI ($p = 0,37$), E/E' ($p = 0,31$) a LV MASS/BSA ($p = 0,77$). Porovnanie RV EF a LV EF v jednotlivých skupinách NYHA klasifikácie možno vidieť na **obrázkoch 4 a 5**. Prehľad priemerných hodnôt uvádzame v **tabuľke 4**.

Štatisticky významný vzťah sa ukázal aj medzi údajom paroxyzmálnej nočnej dýchavice a RV EF ($p = 0,014$), v porovnaní s LV EF sme ho nedokázali ($p = 0,99$). Vzťah medzi údajom manifestácie akútnej dekompenzácie CHSZ a funkciou LV a RV sa nedokázal ($p > 0,1$).

Diskusia

V roku 1910 francúzsky fyziológ Bernheim sledoval interakciu medzi LV a RV, keď zmena funkcie jednej komory viedla k zmene funkcie druhej komory. Navrhol teóriu, že dilatácia a hypertrofia LV spôsobujú kompresiu RV s následným poklesom jej funkcie. Naopak, u pacientov s dilatáciou a hypertrofiou RV sa dokázalo, že vyklenutie interventrikulárneho septa smerom doľava má za následok zmenšenie dutiny LV, zníženie jej kontrakility a poddajnosti, pokles LV EF a nárast diastolického tlaku v LV. Tento fenomén bol pomenovaný ako „reverzný Bernheimov fenomén“ (aj keď ho on nepopísal), no najčastejšie používaným popisom tohto javu sú synonymá „komorová interakcia alebo interdependencia“ (9).

Za najčastejšie príčiny dysfunkcie RV sa považujú akútna pľúcna embólia a sekundárna trikuspidálna regurgitácia pri ochoreniach ľavého srdca v dôsledku pľúcnej hypertenzie (1). Naším cieľom bolo študovať vplyv systolickej dysfunkcie LV na RV a nie naopak, preto sme zo súboru vylúčili pacientov s možným cor pulmonale.

Všeobecne je známe, že dysfunkcia RV pri ochoreniach ľavého srdca priamo súvisí s postkapilárnou pľúcnou hypertenziou. Naším sledovaním sa vzťah medzi RV EF a PV AT (priemerná hodnota $102,46 \pm 47,66$ ms) ukázal ako štatisticky významný ($p = 0,041$). Niektoré štúdie však popisujú, že fázy vo vývoji dysfunkcie RV, ako aj klinické príznaky a znaky dysfunkcie a zlyhávania RV nesúvisia priamo s tlakmi v malom obeh, hodnotou pľúcnej cievnej rezistencie a srdcovým výdajom RV, ale s trikuspidálnou regurgitáciou (TR) a naopak (1). Z celkového počtu pacientov ($n = 55$) sme u 23 (42 %) evidovali funkčnú TR (priemerná hodnota Tr Vmax $1,21 \pm 1,49$ m/s a Tr PG $14,74 \pm 20,25$ mmHg). V našom sledovaní sme nepotvrdili závislosť medzi RV EF a prítomnosťou

funkčnej TR ($p = 0,314$). U pacientov s funkčnou TR sme medzi RV EF a závažnosťou TR [Tr Vmax ($p = 0,652$) a Tr PG ($p = 0,729$)] nezaznamenali významný vzťah. Treba však spomenúť, že závažnosť TR je ovplyvnená nielen afterloadom RV (ktorý je determinovaný závažnosťou pľúcnej hypertenzie), ale aj preloadom RV, ktorý je modifikovaný diuretikou a vazodilatačnou liečbou, na čo treba myslieť pri kvantifikácii TR. Preto na základe týchto výsledkov nie je správne jednoznačné tvrdenie, že závažnosť TR nesúvisí s dysfunkciou RV.

Hmotnosť LV sa považuje za nezávislý prediktor kardiálnej morbidity a mortality u pacientov s artériovou hypertenziou. Je rizikovým faktorom koronárnej choroby srdca, srdcového zlyhávania na podklade diastolickej dysfunkcie LV a náhlejšej srdcovej smrti. Doteraz nebol dokázaný priamy vzťah medzi hypertrofiou LV (na podklade artériovej hypertenzie) a systolicou dysfunkciou LV nezávislou od prítomnosti koronárnej choroby srdca (10 – 14). V našom súbore pacientov bola priemerná hodnota LV MASS/BSA $198,26 \pm 52,52$ g/m². Pri porovnaní LV MASS/BSA a RV EF sme dokázali štatisticky významný vzťah ($p = 0,049$). To podporuje viac ako 100 rokov známu Bernheimovu teóriu, že hypertrofia LV ovplyvňuje funkciu RV.

Tvar LV sa považuje za nepriameho ukazovateľa funkcie LV. Pri poklese funkcie LV sa dutina LV zväčšuje a nadobúda viac guľovitý ako elipsovité tvar (15). V súbore pacientov sme namerali priemernú hodnotu ESSI $65,79 \pm 16,87$ % a EDSI $67,28 \pm 14,68$ %. Pri porovnávaní ESSI a EDSI s RV EF sme štatisticky významný vzťah nedokázali ($p > 0,2$).

V štúdií Motoki et al. (16) u pacientov s CHSZ (LV EF 26 ± 6 %) sa skúmala schopnosť GLS predpovedať závažnosť systolickej dysfunkcie LV. GLS významne korelovala s LV MASS/BSA a LV EF ($p < 0,0001$). Nižšie hodnoty GLS sa spájali s diastolicou dysfunkciou LV a systolicou dysfunkciou RV. GLS tak poskytovala akúsi prognostickú hodnotu LV EF. My sme sledovali vzťah medzi GLS a RV EF, ktorý sa ukázal ako štatisticky významný ($p = 0,042$). Priemerná hodnota GLS v súbore pacientov bola $-6,4 \pm 3,48$ %. Na základe tohto by sme mohli považovať GLS za nepriameho ukazovateľa funkcie RV.

Pri študovaní vplyvu systolickej dysfunkcie LV na RV sme nedokázali priamy vzťah medzi LV EF a RV EF ($p = 0,631$). To podporuje predstavu, že funkcia RV nepriamo súvisí s LV prostredníctvom pľúcnej cirkulácie (dokázali sme významný vzťah medzi RV EF a PV AT, $p = 0,041$). V súbore sme za-

znamenalí priemernú hodnotu LV EF $28,62 \pm 11,25$ % a RV EF $37,56 \pm 14,16$ %. Čo sa týka diastolickej funkcie LV vo vzťahu k RV EF, nepozorovali sme významný vzťah medzi E/E' a RV EF ($p = 0,101$), ani medzi LAVI a RV EF ($p = 0,901$). Priemerná hodnota E/E' bola $13,16 \pm 5,91$ a LAVI $50,53 \pm 25,65$ ml.

Na základe štúdií sa funkcia RV ukázala ako primárny determinant prognózy, záťažovej tolerancie a kvality života pri zlyhávanií LV, po infarkte myokardu, pri vrodených a chlopňových chybách, a teda všeobecne pri pľúcnej hypertenzii (17).

Sledovali sme vzťah medzi funkčnou skupinou NYHA klasifikácie a funkciou ľavej a pravej komory. V našom súbore boli štyria pacienti v NYHA I, 14 pacienti v NYHA II, 34 pacienti v NYHA III a traja pacienti v NYHA IV funkčnej skupine. Ako štatisticky významný sa ukázal vzťah medzi NYHA a RV EF ($p = 0,046$), v porovnaní s LV EF sa vzťah nedokázal ($p = 0,493$). Taktiež sme zaznamenali významný vzťah medzi údajom paroxyzmálnej nočnej dýchavice (v súbore prítomná u 19 pacientov) a RV EF ($p = 0,014$), v porovnaní s LV EF sme ho nedokázali ($p = 0,99$). Vzťah medzi údajom manifestácie akútnej dekompenzácie CHSZ a funkciou LV a RV sa nedokázal ($p > 0,1$). Na základe týchto výsledkov možno predpokladať, že záťažová tolerancia a kvalita života pacientov s CHSZ závisia práve od funkcie RV.

Niektoré štúdie skúmali aj vzťah medzi RV EF a prežívaním pacientov. V štúdií Juillié et al. (18) boli sledovaní pacienti s dilatálnou kardiomyopatiou, kde hodnoty LV EF (30 ± 10 %) a RV EF (30 ± 16 %) boli stanovené katetrizačným vyšetrením. Prežívanie pacientov bolo 74 % na jeden rok, 56 % na štyri roky, respektíve dĺžka prežívania závisela od funkčnej triedy NYHA, LV EF, PV AT a RV EF. Ako nezávislé prediktory prežívania sa ukázali LV EF ($p < 0,001$) a RV EF ($p < 0,004$).

V štúdiách zaoberajúcich sa úlohou RV pri pokročilom CHSZ (LV EF ± 20 %) sa funkcia RV ukázala ako významný prediktor krátkodobých prognóz u týchto pacientov. Vysoko korelovala so zvyšujúcim sa rizikom náhlejšej srdcovej smrti. Krátkodobé prežívanie (10 mesiacov) bolo významné ($p = 0,0001$) a zároveň rozdielne u pacientov s RV EF ≥ 24 % a RV EF < 24 %. RV EF by tak mohla byť nápomocná pri označení vysoko rizikových pacientov s jednotne zníženou LV EF (19).

Záver

Pri hodnotení vplyvu systolickej dysfunkcie LV na RV pomocou 3DE a 2DE sa ako štatisticky významné vo vzťahu k RV EF ukázali LV MASS/BSA, PV AT a GLS. Významný vzťah bol medzi RV EF a funkčnou skupinou NYHA, ako aj údajom paroxyzmálnej nočnej dýchavice. Môžeme teda

predpokladať, že práve funkcia RV súvisí so záťažovou toleranciou a kvalitou života u pacientov s CHSZ.

Na základe výsledkov tejto štúdie môžeme konštatovať, že hodnotenie RV pomocou 3DE u pacientov s CHSZ má význam. Bolo by prínosné rozšíriť tento súbor pacientov, realizovať kontrolné echokardiografické a klinické vyšetrenia, ako aj niekoľkoročné sledovanie dĺžky prežívania pacientov. Tak by sme mohli očakávať veľký prínos v manažmente starostlivosti o pacienta s touto diagnózou, stanovení jeho prognózy a možnosti optimalizovať liečbu, vrátane správneho načasovania transplantácie srdca.

Literatúra

1. Šimková I, Podracký J, Brtko M et al. Menej časté príčiny dysfunkcie pravej komory. *Cardiol* 2009;18(1):29-39.
2. Podracký J, Studenčan M, Ignác J. 3D echokardiografia v klinickej kardiológii – trojročné skúsenosti. *Cardiol* 2009;18(5):225-243.
3. 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.
4. Shiota T, et al. 3D Echocardiography. 1st ed. London: Informa Healthcare; 2007:166. ISBN 1-84184-632-635.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Alpert JS. The effect of right ventricular dysfunction on left ventricular form and function. *CHEST* 2001;119(6):1632-1633.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

13. 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.
14. 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.
15. Monaghan MJ. Role of real-time 3D echocardiography in evaluating the left ventricle. *Heart* 2006;92(1):131-136.
16. Motoki H, Borowski AG, Shrestha K, et al. Incremental prognostic value of assessing left ventricular myocardial mechanics in patients with chronic systolic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2012;60(20):2074-2081.
17. Marcu CB, Beek AM, vanRossum AC. Cardiovascular magnetic resonance imaging for the assessment of right heart involvement in cardiac and pulmonary disease. *Heart Lung Circ* 2006;15(6):362-370.
18. Juillière Y, Barbier G, Feldmann L, et al. Additional predictive value of both left and right ventricular ejection fractions on long-term survival in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J* 1997;18(2):276-280.
19. 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.