

Pulmonary artery systolic pressure – direct measurement versus echocardiographic estimation in patients with pulmonary arterial hypertension and pulmonary venous hypertension

Systolický tlak v arteria pulmonalis – priame meranie versus odhad podľa echokardiografie u pacientov s pľúcnou artériovou hypertenziou a pľúcnou venóznou hypertenziou

Solík P¹, Lesný P¹, Luknár M¹, Varga I¹, Wimmerová S², Gonçalvesová E¹

¹Centrum pre pľúcnu artériovú hypertenziu, Oddelenie zlyhávania a transplantácie srdca, Národný ústav srdcových a cievnych chorôb a.s., Bratislava, Slovenská republika

Solík P, Lesný P, Luknár M, Varga I, Wimmerová S, Gonçalvesová E. **Pulmonary artery systolic pressure – direct measurement versus echocardiographic estimation in patients with pulmonary arterial hypertension and pulmonary venous hypertension.** Cardiology Lett. 2013;22(6):459–465

Abstract. *Introduction:* Right heart catheterization is the "gold standard" for the diagnosis of pulmonary hypertension (PH). Echocardiography is due to the easy availability, low cost, non-invasivity and fast realization often used as a screening tool for PH, in assessing its causes and prognosis.

Objective: To evaluate the accuracy of the pulmonary artery systolic pressure (sPAP) estimation by Doppler echocardiography compared with direct invasive measurement using right heart catheterization (RHC) and to analyse the causes of discrepancies in these two methods.

Patients and methods: Two hundred seventeen patients (145 men, 72 women). In all of them echocardiography was performed focusing on the detection of PH and all subsequently underwent RHC. Echocardiography was performed within 24 hours before the RHC. Invasive measurement was performed using the Swan-Ganz thermodilution catheter inserted through internal jugular vein into pulmonary artery. (Concordance between echocardiographic estimation and direct measurement of sPAP was defined as the difference between the measurement and the estimated value $\leq 15\%$ of the measured value).

Results: Pulmonary artery systolic pressure values estimated by echocardiography significantly correlated with direct measurement through RHC (correlation coefficient $r = 0.747$, $p < 0.001$). The difference between the direct measurement and echocardiographic estimation ranged from -25.6 to $+31.1$ mmHg (95% CI). Concordance was in 103 cases (47,5%). In 80 cases (36,9%) the echocardiographic estimation of sPAP was higher than the value measured by RHC. On the contrary, in 34 cases (15,6%) sPAP estimated by echocardiography was lower than the value measured by RHC. Degree of tricuspid regurgitation is a factor that affects the accuracy of the echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure. For right ventricular function assessed using TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion), we found no significant effect on the accuracy of the echocardiographic estimation of pulmonary artery pressure. Underestimation occurs mainly in patients where an estimated sPAP ≤ 36 mmHg (28,2% underestimated results). Overestimation occurs mainly in cases where the echocardiographic estimation of sPAP > 50 mmHg (40,7% overestimated results).

Z ¹Centra pre pľúcnu artériovú hypertenziu, Oddelenie zlyhávania a transplantácie srdca, Národný ústav srdcových a cievnych chorôb a.s. v Bratislave, Slovenská republika a ²Ústavu biofyziky, informatiky a bioštatistiky, Fakulta verejného zdravotníctva, Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Slovenská republika

Do redakcie prišlo dňa 25. júna 2013; prijaté dňa 27. júna 2013

Adresa pre korešpondenciu: MUDr. Peter Solík, PhD., Centrum pre pľúcnu artériovú hypertenziu, Oddelenie zlyhávania a transplantácie srdca, Národný ústav srdcových a cievnych chorôb a.s., Pod Kráskou hôrkou 1, 833 48 Bratislava 37, Slovenská republika, e-mail. peter.solik@gmail.com

Conclusion: Despite good correlation between these two modalities in determination of pulmonary artery pressure reliable quantification of PH is possible only through the right heart catheterization. From a clinical point of view it is important to note that nearly 30% of patients in whom pulmonary hypertension was estimated as mild indeed have a higher sPAP. This means that patients with clinical suspicion of pulmonary arterial hypertension and negative echocardiography are indicated for right heart catheterization. Fig. 2, Tab. 5, Ref. 11, Online full text (/Free, PDF) www.cardiology.sk

Key words: pulmonary hypertension – echokardiography – right heart catheterization

Solík P, Lesný P, Luknár M, Varga I, Wimmerová S, Gonçalvesová E. **Systolický tlak v arteria pulmonalis – priame meranie versus odhad podľa echokardiografie u pacientov s pľúcnou artériovou hypertenziou a pľúcnou venóznou hypertenziou.** Cardiology Lett. 2013;22(6):459–465

Abstrakt. **Úvod:** Pravostranná katetrizácia srdca je „zlatým štandardom“ pri diagnostike pľúcnej hypertenzie. Echokardiografické vyšetrenie je vzhľadom k ľahkej dostupnosti, finančnej nenáročnosti, neinvazívnemu charakteru a rýchlej realizácii často používané v skríningu pľúcnej hypertenzie, pri hodnotení jej príčin a prognózy. **Cieľ:** Vyhodnotenie presnosti odhadu systolického tlaku v arteria pulmonalis Dopplerovskou echokardiografiou v porovnaní s priamym invazívnym meraním pomocou pravostrannej katetrizácie. Analýza príčin nezhôd v porovnávaných metódach.

Súbor: Sledovaný súbor tvorí 217 pacientov (145 mužov, 72 žien), u ktorých bolo realizované echokardiografické vyšetrenie so zameraním na detekciu pľúcnej hypertenzie a ktorí následne absolvovali pravostrannú katetrizáciu srdca. Echokardiografické vyšetrenie bolo vykonané do 24 hodín pred pravostrannou katetrizáciou srdca. Invazívne vyšetrenie bolo realizované pomocou Swanovho-Ganzovho termodilučného katétra zavedeného cestou vena jugularis interna do arteria pulmonalis. (Zhoda medzi echokardiografickým odhadom a priamym meraním systolického tlaku v arteria pulmonalis bola definovaná ako rozdiel medzi meraním a odhadovanou hodnotou ≤ 15 % meranej hodnoty).

Výsledky: Hodnoty systolického tlaku v arteria pulmonalis stanovené odhadom pri echokardiografickom vyšetrení štatisticky významne korelovali s priamym meraním pri pravostrannej katetrizácii srdca (korelačný koeficient $r = 0,747$, $p < 0,001$). Rozdiel medzi priamym meraním a echokardiografickým odhadom sa pohyboval od -25,6 do +31,1 mmHg (pri 95 % limite zhody).

Zhoda bola v 103 prípadoch (47,5 %). V 80 prípadoch (36,9 %) bol echokardiografický odhad tlaku v arteria pulmonalis vyšší ako hodnota stanovená pravostrannou katetrizáciou. Naopak v 34 prípadoch (15,6 %) bol odhadovaný tlak v arteria pulmonalis pri echokardiografickom vyšetrení nižší ako hodnota nameraná pravostrannou katetrizáciou srdca. Stupeň trikuspidálnej regurgitácie je faktorom, ktorý ovplyvňuje presnosť echokardiografického odhadu tlaku v arteria pulmonalis. V prípade funkcie pravej komory hodnotenej pomocou TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion) sme nezistili signifikantný vplyv na presnosť echokardiografického odhadu tlaku v arteria pulmonalis. K podhodnocovaniu dochádza často u chorých, kde bol odhadovaný sPAP ≤ 36 mmHg (28,2 % podhodnotených výsledkov). K nadhodnocovaniu dochádza najmä v prípadoch, kde je echokardiografický odhad sPAP > 50 mmHg (40,7 % nadhodnotených výsledkov).

Záver: Napriek dobrej korelácii medzi oboma vyšetrovacími modalitami pri určení hodnoty tlaku v arteria pulmonalis je spoľahlivá kvantifikácia pľúcnej hypertenzie možná len pomocou pravostrannej katetrizácie srdca. Z klinického hľadiska je dôležité si uvedomiť, že u takmer 30 % pacientov, kde bola PH odhadovaná ako ľahká, má v skutočnosti vyšší sPAP. Znamená to, že u pacientov s klinickým podozrením na PAH a negatívnym echokardiografickým vyšetrením je indikovaná pravostranná katetrizácia srdca. Obr. 2, Tab. 5, Lit. 11, Online full text (/Free, PDF) www.cardiology.sk

Kľúčové slová: pľúcna hypertenzia – echokardiografia – pravostranná katetrizácia srdca

Pľúcna hypertenzia (PH) je hemodynamický a patofyziologický stav, ktorý je definovaný ako zvýšenie stredného tlaku v arteria pulmonalis ≥ 25 mmHg v pokoji. Pľúcna artériová hypertenzia (PAH) je **podskupinou PH**, definovaná tlakom v zaklínení ≤ 15 mmHg pri normálnom alebo zníženom srdcovom výdaji pri vylúčení iných ochorení spôsobujúcich prekapilárnu PH. PAH je skupina chorôb, ktorú charakterizuje postupné zvyšovanie pľúcnej vaskulárnej rezistencie, čo vedie k zlyhaniu pravej komory (PK) a predčasnej smrti.

Zlatým štandardom pre diagnostiku a klasifikáciu PH je pravostranná katetrizácia srdca. Ide o invazívne vyšetrenie,

ktoré je spojené s istým množstvom komplikácií (1,1 %), respektíve mortalitou (0,055 %), a to aj napriek tomu, že sa vykonáva v špecializovaných centrách (1). Dopplerovská echokardiografia je často používanou prvou metódou odhadu tlakov v pravostranných srdcových oddieloch a v arteria pulmonalis. Vzhľadom na ľahkú dostupnosť, finančnú nenáročnosť, neinvazívny charakter, rýchlu realizáciu a predovšetkým vďaka jedinečnej diagnostickej a informačnej výpovednej hodnote patrí echokardiografické vyšetrenie medzi základné vyšetrovacie metódy, ktoré by mal absolvovať každý pacient s podozrením na pľúcnu hypertenziu. Echokardiografia dokáže

s vysokou presnosťou stanoviť systolickú a diastolickú dysfunkciu ľavej komory, prítomnosť a významnosť chlopňových chýb ľavého srdca alebo skratové chyby. Takto dokáže odhaliť možné príčiny pľúcnej hypertenzie a nasmerovať ďalší diagnostický proces príslušným smerom (2). Podľa odporúčaní Európskej kardiologickej spoločnosti je pri echokardiografickom odhade systolického tlaku v arteria pulmonalis (sPAP) ≥ 36 mmHg PH možná, pri odhade > 50 mmHg pravdepodobná. Pokiaľ klinický a echokardiografický obraz nevysvetľujú tento nález, považuje sa za potrebné ďalej pátrať po príčine pľúcnej hypertenzie (3).

Cieľom našej práce je zhodnotenie presnosti odhadu systolického tlaku v arteria pulmonalis Dopplerovskou echokardiografiou v porovnaní s hemodynamickým invazívnym meraním pomocou pravostrannej katetrizácie srdca u pacientov s podozrením na pľúcnu hypertenziu.

Súbor a metódy

Sledovaný súbor tvoria hospitalizovaní pacienti, u ktorých bolo na základe echokardiografického a klinického vyšetrenia vyslovené podozrenie na prítomnosť PAH, alebo boli považovaní za potenciálnych kandidátov transplantácie srdca a následne sa podrobili pravostrannej katetrizácii srdca. Súbor tvorí celkovo 217 pacientov (145 mužov, 72 žien). Základnú charakteristiku súboru uvádzame v **tabuľke 1**.

Dopplerovská echokardiografia

Transtorakálne dopplerovské echokardiografické (TTE) vyšetrenie zahŕňalo zhodnotenie rozmerov a funkcie jednotlivých srdcových oddielov, nálezu na trikuspidálnej, pulmonálnej, aortálnej a mitrálnej chlopni, rozmerov dolnej dutej žily a množstva perikardiálneho výpotku. Veľkosť trikuspidálnej regurgitácie sme hodnotili semikvantitatívne, podľa veľkosti propagácie prúdenia do pravej predsieni. Stupeň 0,5 (stopa)

a 1 je charakterizovaný prítomnosťou regurgitácie tesne pod chlopňu, pri stupni 2 sa prúdenie propaguje do 1/3 pravej predsieni. Pri trikuspidálnej regurgitácii 3. stupňa siaha regurgitačná tryska do 2/3 pravej predsieni a pri 4. stupni je pravá predsieň vyplnená celá regurgitačnou tryskou a táto siaha až do dutých a pečeňových žíl (4).

Pri TTE bol urobený odhad sPAP, ktorý je ekvivalentom systolického tlaku v pravej komore v neprítomnosti obštrukcie prietoku krvi v arteria pulmonalis. Tento sa odhadoval meraním rýchlosti trikuspidálneho systolického regurgitačného toku z apikálnej štvordutinovej projekcie, prípadne vzhľadom na excentrický priebeh trysky trikuspidálnej regurgitácie (TR) z iných projekcií (parasternálne projekcie na krátku os, subkostálnej projekcie) pomocou zjednodušenej Bernoulliho rovnice $sPAP = 4 \times (TR^2) +$ odhad tlaku v pravej predsieni (PP). Pre posúdenie tlaku v PP, respektíve pľúcneho tlaku pravej komory (PK) sme použili posúdenie veľkosti dolnej dutej žily (DDŽ) a jej respiračnej variability, ktoré sme urobili zo subkostálnej projekcie.

Pre odhad tlaku v pravej predsieni sa vyšetrujúci pridržal nasledujúceho pravidla. Pri veľkosti DDŽ do 15 mm a jej totálnom respiračnom kolapse v inšpiriu sme odhadovali tlak v PP 5 mmHg. Pri DDŽ s rozmerom 15 – 20 mm a so zachovanou respiračnou variabilitou sme odhadovali tlak v PP na 10 mmHg, pri respiračnej variabilite menej ako 50 % sme odhadovali tlak v PP na 15 mmHg. Pri dilatácii DDŽ nad 25 mmHg spojenej s malou, ale zachovanou respiračnou variabilitou sme určili tlak v PP 20 mmHg a pri dilatácii DDŽ nad 25 mm bez akejkoľvek respiračnej variability sprevádzanej dilatáciou pečeňových žíl sme stanovili tlak v PP 25 mmHg (5, 6).

Pravostranná katetrizácia srdca

Pravostranná katetrizácia bola vykonaná pomocou Swanovho-Ganzovho termodilučného katétra, ktorý bol zavedený cestou vena jugularis interna do pravej predsieni, pravej komory a následne do arteria pulmonalis. Pre potreby tejto práce sme zaznamenávali hodnoty mRAP, sPAP, mPAP.

Echokardiografické vyšetrenie bolo vykonané v intervale do 24 hodín pred katetrizačným vyšetrením. Protokolárne sa zaznamenával gradient na TCH, šírka a reakcia VCI na respiráciu, odhadovaný systolický tlak v arteria pulmonalis, veľkosť trikuspidálnej regurgitácie a TAPSE. Echokardiografické vyšetrenie bolo vykonané na zariadení Philips iE33 Ultrasound System, Bothell, WA, USA.

Štatistická analýza

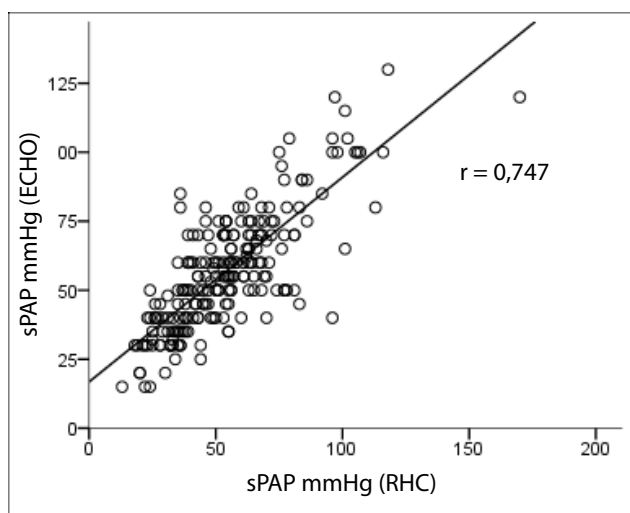
Pre štatistické hodnotenie bol použitý program SPSS 16 pre Windows. Korelácia medzi sPAP stanoveným echokardiograficky a pomocou pravostrannej katetrizácie bola urobená pomocou Pearsonovej korelácie a lineárnej regresnej analýzy.

Tabuľka 1 Základná charakteristika súboru

Table 1 Patients' characteristics

	Celý súbor (pts)
Počet pacientov (Number of patients)	217
muži (men)	145
ženy (women)	72
NYHA trieda (NYHA class)	
I	0
II	22
III	141
IV	54
vek (roky) (age in years)	50,79 $\pm$ 12,06

NYHA – funkčná trieda podľa New York Heart Association (NYHA – New York Heart Association functional class), pts – patients



Obrázok 1 Korelácia medzi hodnotou systolického tlaku v arteria pulmonalis stanovenou odhadom pri echokardiografickom vyšetrení a jej priamym meraním pri pravostrannej katetrizácii srdca, korelačný koeficient $r = 0,747$, $p < 0,001$

Figure 1 Correlation between pulmonary artery systolic pressure estimated by transthoracic echocardiography and pulmonary artery systolic pressure measured at right heart catheterization, the correlation coefficient $r=0,747$, $p < 0,001$
sPAP ECHO – systolický tlak v arteria pulmonalis stanovený odhadom pri echokardiografickom vyšetrení (pulmonary artery systolic pressure estimated by transthoracic echocardiography), sPAP RHC – systolický tlak v arteria pulmonalis stanovený priamym meraním pri pravostrannej katetrizácii srdca (pulmonary artery systolic pressure measured at right heart catheterization)

Pre stanovenie presnosti odhadu sPAP pri echokardiografickom vyšetrení voči hodnote sPAP určenej pravostrannou katetrizáciou bola použitá Spearmanova neparametrická analýza a chí-kuadrát v kontingenčných tabuľkách. Zhoda medzi echokardiografickým odhadom a priamym meraním systolického tlaku v arteria pulmonalis bola definovaná ako rozdiel medzi meraním a odhadovanou hodnotou ≤ 15 % meranej hodnoty. Hodnoty pravdepodobnosti $p < 0,05$ boli považované za štatisticky významné.

Výsledky

Od 1. októbra 2010 do 31. júla 2012 sme vyšetřili 217 pacientov. Počty pacientov vzhľadom na záverečnú diagnózu v súlade s klasifikáciou PH sú uvedené v **tabuľke 2**. Pľúcnu artériovú hypertenziu (trieda I) sme diagnostikovali u 45 pacientov. Pľúcnu hypertenziu pri ochorení „ľavého srdca“ (trieda II) sme diagnostikovali u 164 pacientov, hypoxickú PH (trieda III) malo šesť pacientov a PH na podklade chronickej tromboembolickej choroby (trieda IV) mali dvaja pacienti.

Koreláciu (korelačný koeficient $r = 0,747$, $p < 0,001$) medzi hodnotou sPAP stanovenou odhadom pri echokardiografickom vyšetrení a jej priamym meraním pri pravostrannej katetrizácii srdca dokumentuje **obrázok 1**.

Porovnanie hodnôt u individuálnych pacientov ukázalo, že rozdiely medzi metódami sú v intervale $-25,6$ do $+31,1$ mmHg (pri 95 % limite zhody). Zhoda medzi echokardiografickým odhadom a priamym meraním sPAP bola v 103 prípadoch (47,5 %). V 80 prípadoch (36,9 %) bol echokardiografický odhad sPAP vyšší ako hodnota stanovená pravostrannou katetrizáciou. Naopak v 34 prípadoch (15,6 %) bol odhadovaný sPAP pri echokardiografickom vyšetrení nižší ako hodnota nameraná pravostrannou katetrizáciou srdca (**tabuľka 3**, **obrázok 2**).

Vplyv funkcie pravej komory a veľkosti trikuspidálnej regurgitácie na presnosť odhadu sPAP

Sledovali sme vzťahy rozdielov medzi nameranými (RHC) a odhadovanými (ECHO) hodnotami sPAP a funkciou PK (hodnotenej pomocou TAPSE) a závažnosťou TR. Signifikantné vzťahy dokumentujú asociácie alebo závislosť týchto veličín.

Nezistili sme štatisticky významný vzťah medzi (Δ sPAP (RHC) – sPAP (ECHO)) a TAPSE. Stupeň TR preukázal významnú koreláciu s (Δ sPAP (RHC) – sPAP (ECHO)), tak v celom súbore ($r = -0,24$, $p < 0,001$), ako aj u pacientov

Tabuľka 2 Diagnózy pacientov v súbore podľa WHO klasifikácie pľúcnej hypertenzie

Table 2 Diagnoses of patients according to WHO Classification of pulmonary hypertension

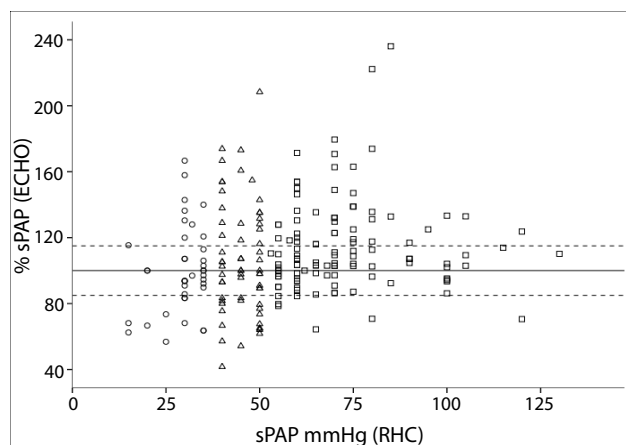
Trieda I (Class I)	idiopatická pľúcna artériová hypertenzia (idiopathic pulmonary arterial hypertension)	22
	pľúcna artériová hypertenzia pri systémovom ochorení spojiva (pulmonary arterial hypertension associated with connective tissue disorder)	17
	pľúcna artériová hypertenzia pri vrodenej chybe srdca (pulmonary arterial hypertension associated with congenital systemic-to-pulmonary shunts)	5
	portopulmonálna hypertenzia (portopulmonary hypertension)	1
Trieda II (Class II)	systolická dysfunkcia ľavej komory (left ventricular systolic dysfunction)	131
	diastolické srdcové zlyhávanie (diastolic heart failure)	27
	mitrálna chlopňová chyba (mitral valve disease)	6
Trieda III (Class III)	pľúcna hypertenzia pri hypoxii (pulmonary hypertension associated with hypoxia)	6
Trieda IV (Class IV)	pľúcna hypertenzia pri chronickej tromboembolickej chorobe (pulmonary hypertension due to chronic thromboembolic disease)	2
Celkovo (Total)		217

s PAH ($r = -0,35$, $p < 0,01$), aj u pacientov s PVH ($r = -0,18$, $p < 0,02$) (tabuľka 4).

Presnosť echokardiografického odhadu sPAP narastá so závažnosťou trikuspidálnej regurgitácie. Pri ľahšej trikuspidálnej regurgitácii echokardiografia hodnoty sPAP podhodnocuje a pri závažnejšej trikuspidálnej regurgitácii naopak nadhodnocuje (tabuľka 5).

Diskusia

Viaceri autori poukázali na skutočnosť, že echokardiografický odhad sPAP dobre koreluje s hodnotou sPAP nameranou pri invázivnom vyšetrení napríklad v skupine pacientov s idiopatickou pľúcnou fibrózou (6), terminálnym srdcovým zlyhávaním (7) alebo s podozrením na pľúcnu hypertenziu (8). Tieto výsledky potvrdila aj recentná metaanalýza 29 štúdií z rokov 2000 – 2009, ktorá zahŕňala celkovo 1 998 pacientov. Celkový korelačný koeficient medzi sPAP stanoveným echokardiograficky a sPAP nameraným invázívne bol 0,70 (95 % CI 0,67 – 0,73) a celková senzitivita a špecificita pre diagnostickú presnosť echokardiografie pri stanovení pľúcnnej hypertenzie bola 83 % (95 % CI 73 – 90), respektíve 72 % (95 % CI 53 – 85) (9). Aj v našej práci sme preukázali, že echokardiografický odhad sPAP dobre koreluje s hodnotou sPAP stanovenou hemodynamickým invázivným vyšetrením (korelačný koeficient 0,747, $p < 0,001$), ktoré je považované za „zlatý štandard“. Rozdiely, ktoré sme pri porovnaní absolútnych hodnôt sPAP zistili, však považujeme za príliš veľké na to, aby sme sa pri hodnotení stupňa PH mohli spoľahnúť len na echokardiografický odhad. V prípade celého súboru tieto rozdiely predstavovali od -25,6 do +31,1 mmHg (pri 95 % limite zhody). K nadhodnoteniu sPAP došlo u 36,9 % prípadov, a to najmä v skupine, kde bol echokardiografický odhad sPAP > 50 mmHg. Naopak k podhodnoteniu sPAP



Obrázok 2 Percentuálny rozdiel medzi echokardiografickým odhadom systolického tlaku v arteria pulmonalis s jeho priamym meraním pravostrannou katetrizáciou srdca

Figure 2 Percentage difference between pulmonary artery systolic pressure estimated by transthoracic echocardiography, and pulmonary artery systolic pressure measured at right heart catheterization

○ – echokardiografický odhad sPAP ≤ 36 mmHg (sPAP ≤ 36 mmHg estimated by echocardiography), Δ – echokardiografický odhad sPAP 37 – 50 mmHg (sPAP 37 – 50 mmHg estimated by echocardiography), □ – echokardiografický odhad sPAP > 50 mmHg (sPAP > 50 mmHg estimated by echocardiography), sPAP ECHO – systolický tlak v arteria pulmonalis stanovený odhadom pri echokardiografickom vyšetrení (systolic pulmonary artery systolic pressure estimated by transthoracic echocardiography), sPAP RHC – systolický tlak v arteria pulmonalis stanovený priamym meraním pri pravostrannej katetrizácii srdca (pulmonary artery systolic pressure measured at right heart catheterization)

došlo u 15,6 % pacientov. Najčastejšie došlo k podhodnoteniu u chorých s echokardiograficky odhadovaným sPAP ≤ 36 mmHg, až v 28,2 % prípadov. Uvedomenie si tejto limitácie echokardiografie je dôležité predovšetkým u pacientov s podozrením na PAH. U pacientov s vysokým podozrením na PAH (napríklad systémové ochorenia spojiva), ako aj

Tabuľka 3 Počet pacientov, respektíve ich percentuálny podiel, u ktorých echokardiografický odhad sPAP je v porovnaní s pravostrannou katetrizáciou nadhodnotený/podhodnotený/je v zhode. Zhoda bola definovaná ako rozdiel medzi meraním a odhadovanou hodnotou ≤ 15 % meranej hodnoty.

Table 3 Number of patients, percentage in whom the echocardiographic estimation of sPAP compared to sPAP measured at right heart catheterization overestimated / underestimated / is consistent. Agreement was defined as the difference between the measurement and the estimated value ≤ 15% of the measured value.

echokardiografický odhad sPAP (sPAP estimated by echocardiography)		1	2	3	celkovo (total)
podhodnocuje (underestimates)	počet (number)	11	16	7	34
	%	28,2 %	26,7 %	5,9 %	15,6 %
je zhodný (is consistent)	počet (number)	19	21	63	103
	%	48,7%	35,0 %	53,4 %	47,5 %
nadhodnocuje (overestimates)	počet (number)	9	23	48	80
	%	23,1 %	38,3 %	40,7 %	36,9 %
celkovo (total)		39	60	118	217

1 – echokardiografický odhad sPAP ≤ 36 mmHg (sPAP ≤ 36 mmHg estimated by echocardiography), 2 – echokardiografický odhad sPAP 37 – 50 mmHg (sPAP 37 – 50 mmHg estimated by echocardiography), 3 – echokardiografický odhad sPAP > 50 mmHg (sPAP > 50 mmHg estimated by echocardiography)

Tabuľka 4 Vplyv funkcie pravej komory a veľkosti trikuspidálnej regurgitácie na presnosť odhadu systolického tlaku v arteria pulmonalis
Table 4 Impact of the right ventricular function and degree of tricuspid regurgitation on the accuracy of estimation of pulmonary artery systolic pressure

		celý súbor (all)	pacienti s PAH (patients with PAH)	pacienti s PVH (patients with PVH)
		Δ sPAP (RHC) – sPAP (ECHO)	Δ sPAP (RHC) – sPAP (ECHO)	Δ sPAP (RHC) – sPAP (ECHO)
TAPSE	Korelačný koeficient (correlation coefficient)	-0,07	-0,07	-0,123
	p hodnota (p value)	ns	ns	ns
	počet pacientov (number of patients)	175	49	126
TR	korelačný koeficient (correlation coefficient)	-0,24	-0,35	-0,18
	p hodnota (p value)	0,001	0,01	0,02
	počet pacientov (number of patients)	217	53	164

TAPSE – tricuspid annular plane systolic excursion, TR – trikuspidálna regurgitácia (tricuspid regurgitation), sPAP (RHC) – systolický tlak v arteria pulmonalis meraný pravostrannou katetrizáciou srdca (pulmonary artery systolic pressure measured at right heart catheterization), sPAP (ECHO) – echokardiografický odhad systolického tlaku v arteria pulmonalis (pulmonary artery systolic pressure estimated by echocardiography), PAH – pľúcna artériová hypertenzia (pulmonary arterial hypertension), PVH – pľúcna venózná hypertenzia (pulmonary venous hypertension)

Tabuľka 5 Počet pacientov, respektíve ich percentuálny podiel, u ktorých echokardiografický odhad sPAP je v porovnaní s pravostrannou katetrizáciou nadhodnotený/podhodnotený/je v zhode v závislosti od stupňa trikuspidálnej regurgitácie
Table 5 Number of patients, percentage in whom the echocardiographic estimation of sPAP compared to sPAP measured at right heart catheterization overestimated / underestimated / is consistent in relation to the degree of tricuspid regurgitation

			stupeň trikuspidálnej regurgitácie (degree of tricuspid regurgitation)				
			0,5	1	2	3	4
sPAP ECHO	podhodnocuje (underestimates)	počet (number)	12	12	6	2	2
		% pacientov (% of patients)	30,8 %	17,4 %	10,3 %	6,3 %	10,5 %
	zhoda (is consistent)	počet (number)	16	33	29	16	9
		% pacientov (% of patients)	41 %	47,8 %	50 %	50 %	47,4 %
	nadhodnocuje (overestimates)	počet (number)	11	24	23	14	8
		% pacientov (% of patients)	28,2 %	34,8 %	39,7 %	43,8 %	42,1 %
	celkovo (total)	počet (number)	39	69	58	32	19
		% pacientov (% of patients)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

sPAP ECHO – echokardiografický odhad systolického tlaku v arteria pulmonalis (pulmonary artery systolic pressure estimated by echocardiography)

u chorých, kde trvá klinické podozrenie na toto ochorenie (námahová dýchavica nejasnej etiológie), je opodstatnené indikovať RHC napriek „negatívne“ echokardiografickému vyšetreniu. K podobným záverom dospeli aj autori nedávno publikovanej štúdie DETECT, kde bola u 20 % pacientov s katetrizačne potvrdenou PAH rýchlosť trysky TR < 2,5 m/s, u 36 % bola rýchlosť trysky TR ≤ 2,8 m/s a 63 % pacientov malo rýchlosť trysky TR ≤ 3,4 m/s (11). Štúdia poukazuje na skutočnosť, že pacienti s nízkou rýchlosťou trikuspidálnej regurgitácie, respektíve nízkym gradientom na trikuspidálnej chlopni sú pri echokardiografickom vyšetrení označení za pacientov s nízkym stupňom pravdepodobnosti prítomnosti PH. Ak sa následne nepodrobí RHC, ktorá by u nich potvrdila diagnózu PAH, „uniknú“ stanoveniu správnej diagnózy a sú tak označení za „falošne negatívnych“ pre PAH a nebude im poskytnutá správna liečba. Oneskorenie diagnostiky a liečby u takýchto pacientov môže zásadným spôsobom ovplyvniť ich prognózu (12).

Pre správne echokardiografické hodnotenie sPAP na základe merania rýchlosti trikuspidálneho systolického regurgitačného toku je nevyhnutná správna poloha sondy a rovnako tak dopplerovského lúča a to tak, aby bol uhol medzi dopplerovským lúčom a regurgitačným prúdením optimálny, t. j. blížiaci sa nule. Nedodržanie uvedeného postupu môže byť jedným z limitujúcich faktorov presnosti echokardiografického vyšetrenia pri hodnotení tlakového gradientu v pravej komore. Fisher et al. preukázali, že ďalším faktorom, ktorý je zodpovedný za nesprávne hodnotenie tlakového gradientu v pravej komore je stupeň trikuspidálnej regurgitácie. K podhodnoteniu často dochádza u pacientov s ľahším stupňom trikuspidálnej regurgitácie (13).

Uvedené potvrdila aj analýza nášho súboru, kedy k echokardiografickému podhodnoteniu sPAP dochádzalo najmä u pacientov s ľahkou trikuspidálnou regurgitáciou. Naopak u pacientov so závažnejšou trikuspidálnou regurgitáciou (II. – IV. stupeň) dochádzalo k nadhodnoteniu sPAP pri

echokardiografickom vyšetrení. V našom súbore rozdiel (chyba) medzi odhadom sPAP pri echokardiografickom vyšetrení a sPAP nameranom invazívne klesá s narastajúcim stupňom trikuspidálnej regurgitácie, a to tak u pacientov s PAH, ako aj u pacientov s PVH.

V našom súbore sme nepreukázali, že funkcia PK hodnotená pomocou TAPSE má vplyv na presnosť echokardiografického odhadu sPAP, a to tak u pacientov s PAH, ako aj u pacientov s PVH.

Nepresnosť do echokardiografického odhadu prináša i arbitrárny spôsob akým je k tlakovému gradientu v pravej komore pripočítavaná hodnota tlaku v pravej predsieni (5). Ďalším faktorom, ktorý sa podpisuje pod rozdiel sPAP medzi neinvazívnym a invazívnym vyšetrením, je aj časový interval, ktorý uplynie medzi realizáciou oboch vyšetrení. Akákoľvek terapeutická intervencia zasahujúca do hemodynamického stavu (podanie diuretík, inotropná liečba, vazodilatanciá) môže ovplyvniť rozdiel hodnoty sPAP stanovenej predmetnými vyšetreniami.

Na záver konštatujeme, že pri zohľadnení početných limitácií echokardiografického odhadu sPAP, ide o metódu, ktorá je užitočným skríningovým nástrojom pri podozrení na PH, najmä pre jej potenciál diagnostikovať nielen PH ako takú, ale aj jej príčiny. Nemôže však aktuálne nahradiť invazívne hemodynamické vyšetrenie pri hodnotení stupňa a charakteru PH. Pochopenie limitácií echokardiografického odhadu sPAP by nás malo najmä u chorých s hraničným gradientom na trikuspidálnej chlopni (< 50 mmHg) viesť k indikácii pravostrannej katetrizácii srdca. Zabránilo tak situácii, že pacienti s podozrením na PAH, ktorých echokardiografia zhodnotí ako „falošne negatívnych“, nebudú mať skutočne správne stanovenú diagnózu.

Práca bola podporená grantom Slovenskej kardiologickej spoločnosti.

Literatúra

1. Hoepfer MM, et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers. *J Am Coll Cardiol* 2006;48(12):2546-2552.
2. Paleček T, Linhart A, Dambrauskaite V. Echokardiografie a plicní vaskulární hypertenze. *Kardiologické fórum* 2005;3(1):11-19.
3. Galie N, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS), endorsed by the International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J* 2009;30(20):2493-2537.
4. Abbas AE, et al. Echocardiographic determination of mean pulmonary artery pressure. *Am J Cardiol* 2003;92(11):1373-1376.
5. Posteraro A, et al. Echocardiographic estimation of pulmonary pressures. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2006;7(7):545-554.
6. Lang RM, 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.
7. Swanson KL, Utz JP, Krowka MJ. Doppler echocardiography-right heart catheterization relationships in patients with idiopathic pulmonary fibrosis and suspected pulmonary hypertension. *Med Sci Monit* 2008;14(4):CR177-82.
8. Kuppahally SS, et al. Can echocardiographic evaluation of cardiopulmonary hemodynamics decrease right heart catheterizations in end-stage heart failure patients awaiting transplantation? *Am J Cardiol* 2010; 106(11):1657-1662.
9. Hammerstingl C, et al. Diagnostic value of echocardiography in the diagnosis of pulmonary hypertension. *PLoS One* 2012;7(6):e38519.
10. Janda S, et al. Diagnostic accuracy of echocardiography for pulmonary hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Heart* 2011;97(8):612-262.
11. Coghlan JG, et al. Evidence-based detection of pulmonary arterial hypertension in systemic sclerosis: the DETECT study. *Ann Rheum Dis* 2013.
12. Luknár M, et al. Princípy modernej liečby pľúcnej artériovej hypertenzie. *Cardiology Lett* 2012;21(3):192-200.
13. Fisher MR, et al. Accuracy of Doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2009;179(7):615-621.