

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

MUDr. EVA OZÁBALOVÁ, Ph.D.
FN USA BRNO



FAKULTNÍ
NEMOCNICE
U SV. ANNY
V BRNĚ



ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

Odhad tlaků v plicnici:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu
- Využití gradientů pulmonálního regurgitačního proudění
- Využití hodnocení průtokové křivky ve výtokovém traktu pravé komory

Odhad tlaků v pravé síni

Odhad plicní cévní rezistence

II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu

III. Korelace echokardiografického hodnocení tlaků v malém oběhu s pravostrannou srdeční katetrizací

Odhad tlaků v plicnici:

Table 3 Haemodynamic definitions of pulmonary hypertension^a

Definition	Characteristics ^a	Clinical group(s) ^b
PH	PAPm ≥ 25 mmHg	All
Pre-capillary PH	PAPm ≥ 25 mmHg PAWP ≤ 15 mmHg	1. Pulmonary arterial hypertension 3. PH due to lung diseases 4. Chronic thromboembolic PH 5. PH with unclear and/or multifactorial mechanisms
Post-capillary PH	PAPm ≥ 25 mmHg PAWP > 15 mmHg	2. PH due to left heart disease 5. PH with unclear and/or multifactorial mechanisms
Isolated post-capillary PH (Ipc-PH)	DPG < 7 mmHg and/or PVR ≤ 3 WU ^c	
Combined post-capillary and pre-capillary PH (Cpc-PH)	DPG ≥ 7 mmHg and/or PVR > 3 WU ^c	



European Heart Journal (2016) 37, 67–119
doi:10.1093/eurheartj/ehv317

ESC/ERS GUIDELINES



2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension

The Joint 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: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT)

Odhad tlaků v plicnici:

GUIDELINES AND STANDARDS

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

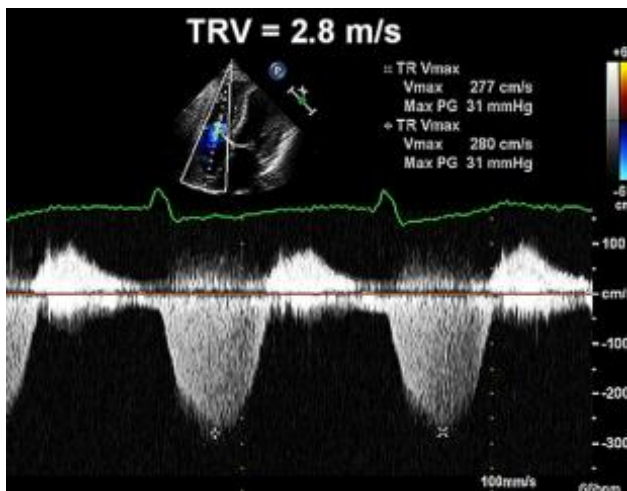
Lawrence G. Rudski, MD, FASE, Chair, Wyman W. Lai, MD, MPH, FASE, Jonathan Afilalo, MD, Msc, Lanqi Hua, RDCS, FASE, Mark D. Handschumacher, BSc, Krishnaswamy Chandrasekaran, MD, FASE, Scott D. Solomon, MD, Eric K. Louie, MD, and Nelson B. Schiller, MD, *Montreal, Quebec, Canada; New York, New York; Boston, Massachusetts; Phoenix, Arizona; London, United Kingdom; San Francisco, California*

2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension

The Joint 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: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT)

Authors/Task Force Members: Nazzareno Galiè^a (ESC Chairperson) (Italy), Marc Humbert^{a,b} (ERS Chairperson) (France), Jean-Luc Vachiery^c (Belgium), Simon Gibbs (UK), Irene Lang (Austria), Adam Torbicki (Poland), Gérald Simonneau^a (France), Andrew Peacock^a (UK), Anton Vonk Noordegraaf^a (The Netherlands), Maurice Beghetti^b (Switzerland), Ardeschir Ghofrani^a (Germany), Miguel Angel Gomez Sanchez (Spain), Georg Hansmann^b (Germany), Walter Klepetko^c (Austria), Patrizio Lancellotti (Belgium), Marco Matucci^d (Italy), Theresa McDonagh (UK), Luc A. Pierard (Belgium), Pedro T. Trindade (Switzerland), Maurizio Zompatori^e (Italy) and Marius Hoyer^a (Germany)



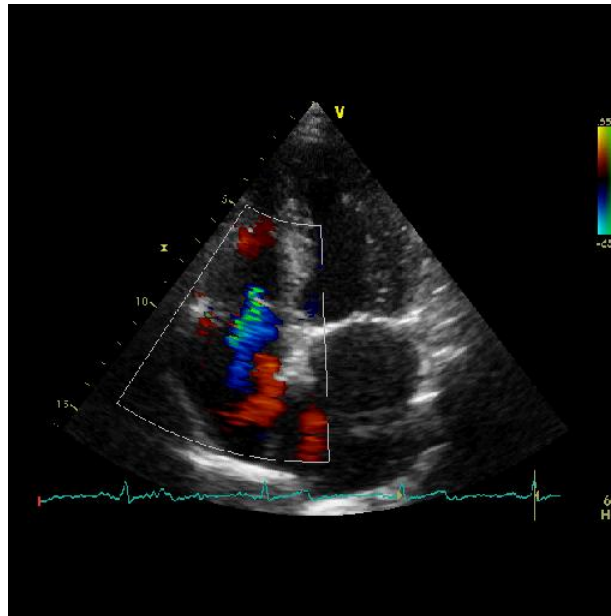
Tabulka 4A – Pravděpodobnost zjištění plicní hypertenze echokardiografickým vyšetřením symptomatických pacientů s podezřením na plicní hypertenzi

Maximální rychlost proudu krve při nedomykavosti trojčpě chlopně (m/s)	Přítomnost jiných „známek PH“ při echokardiografickém vyšetření ^a	Možnost plicní hypertenze podle echokardiografického vyšetření
≤ 2,8 nebo neměřitelná	Ne	Nízká
≤ 2,8 nebo neměřitelná	Ano	Středně vysoká
2,9–3,4	Ne	
2,9–3,4	Ano	Vysoká
> 3,4	Není nutno provádět	

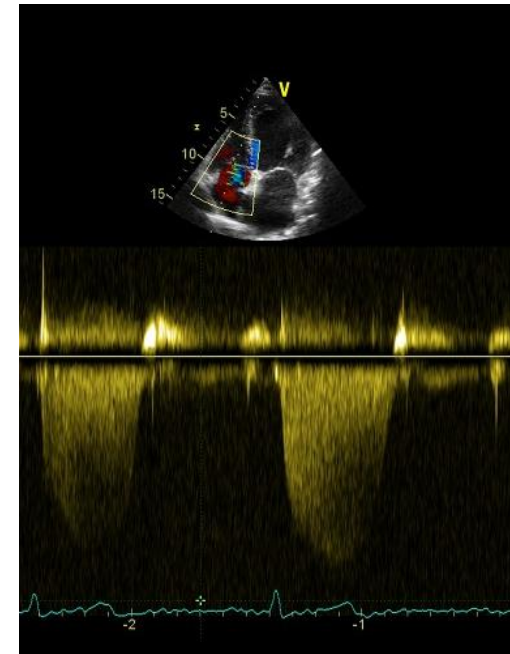
ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

I. Odhad systolického tlaku v plicnici:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu



CW záznam trikuspidální regurgitace

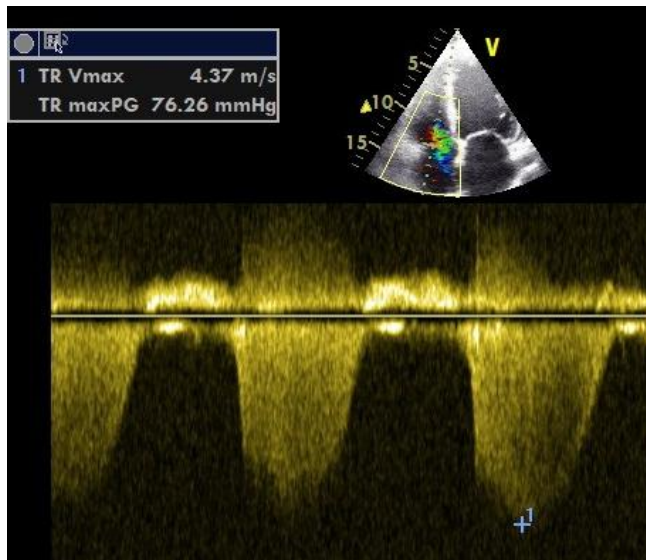


$$\text{TR gradient} = \text{PK} - \text{PS gradient}$$

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu

Odhad systolického tlaku v plicnici (PAPS)



PAPS = PG maxTR + RAP (mm Hg)

PAPS - 35-36 (40) mm Hg

Detection of Pulmonary Hypertension with Systolic Pressure Estimated by Doppler Echocardiography

Comparison with Invasive Mean Pulmonary Artery Pressure

Naoko Sawada,¹ MD, Takayuki Kawata,¹ MD, Masao Daimon,^{1,2} MD, Tomoko Nakao,^{1,2} MD, Masaru Hatano,¹ MD, Hisataka Maki,¹ MD, Koichi Kimura,¹ MD, Megumi Hirokawa,¹ MD, Jumpei Ishiwata,¹ MD, Boqing Xu,² MD, Yutaka Yatomi,² MD and Issei Komuro,¹ MD

(Int Heart J 2019; 60: 836-844)

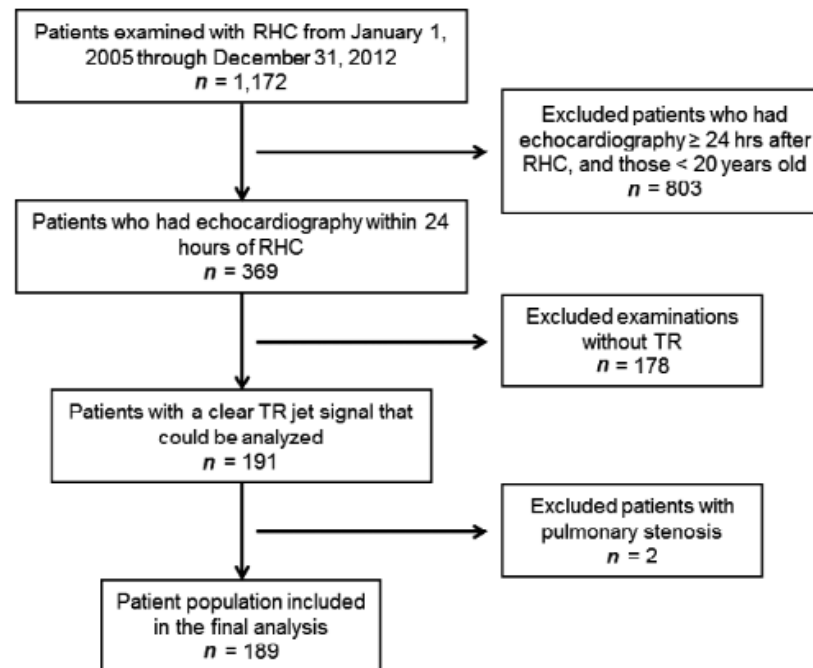


Figure 1. Patient flow diagram. One hundred and eighty nine patients were enrolled.

Detection of Pulmonary Hypertension with Systolic Pressure Estimated by Doppler Echocardiography

Comparison with Invasive Mean Pulmonary Artery Pressure

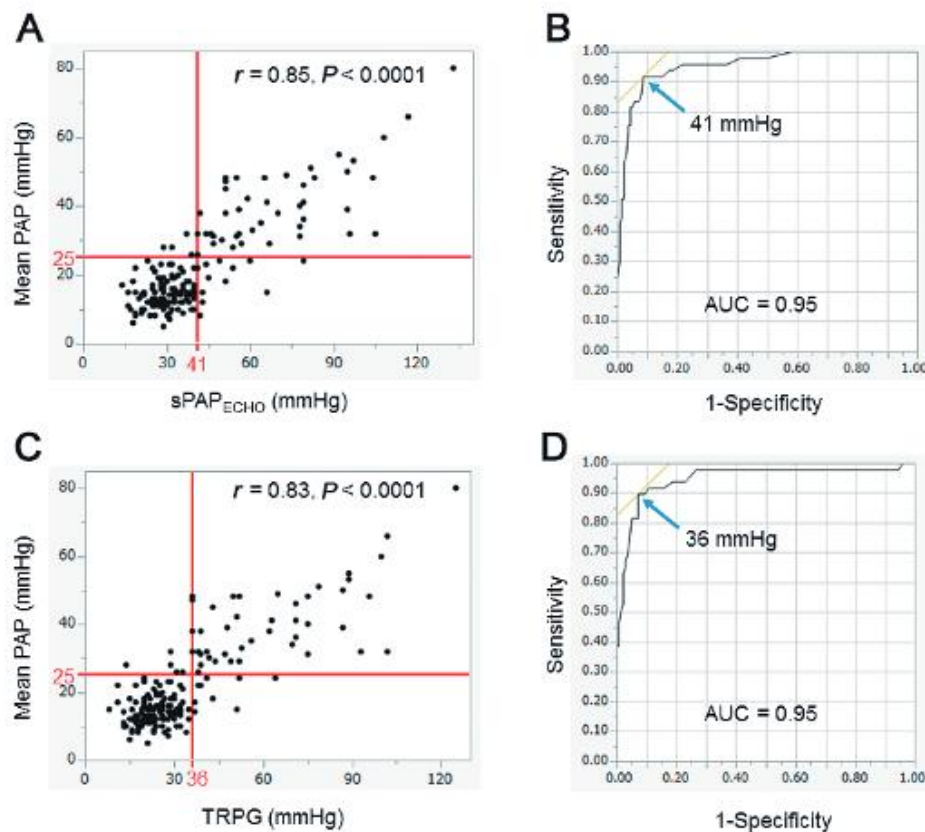


Table IV. Receiver Operating Characteristic Curve Analysis of DE Parameters for Detecting PH (mean PAP \geq 25 mmHg).

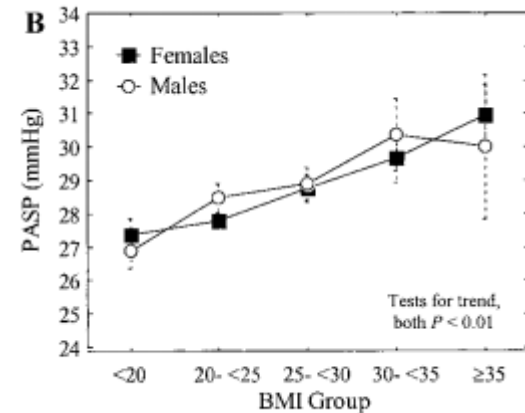
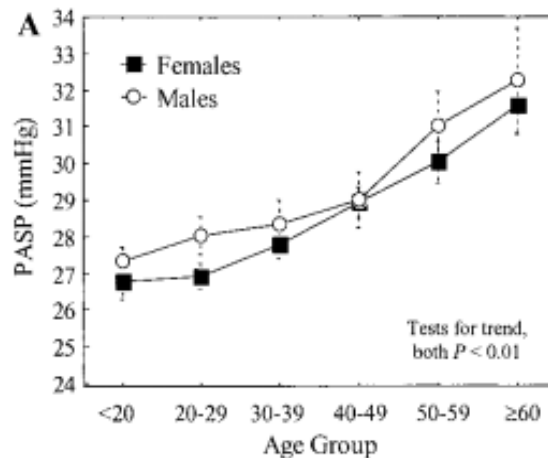
Cut-off value	Sensitivity%	Specificity%	PPV%	NPV%
sPAP _{ECHO} \geq 41mmHg	92	91	79	97
TRPG \geq 36mmHg	90	93	81	96

PPV indicates positive predictive value; and NPV, negative predictive value.

Clinical Correlates and Reference Intervals for Pulmonary Artery Systolic Pressure Among Echocardiographically Normal Subjects

Brendan M. McQuillan, MBBS, FRACP; Michael H. Picard, MD;
Marcia Leavitt, BS; Arthur E. Weyman, MD

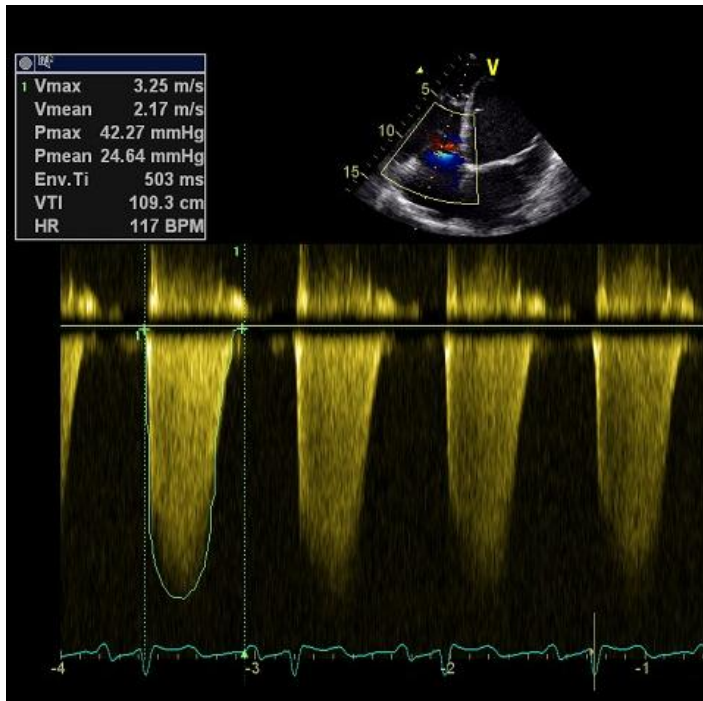
(*Circulation*. 2001;104:2797-2802.)



ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu

Odhad středního tlaku v plicnici (PAPM)



$$\text{PAPM} = \text{PG meanTR} + \text{RAP (mm Hg)}$$

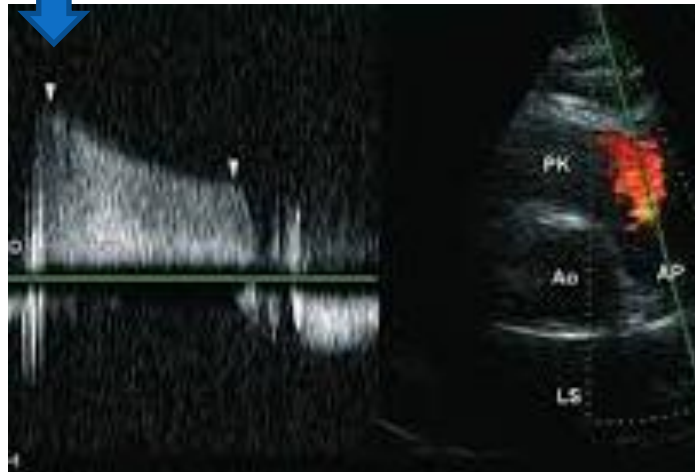
25 mm Hg

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

I. Odhad tlaku v plicnici:

- Využití gradientů pulmonálního regurgitačního proudění

Maximální gradient ~ s invazivně stanoveným PAPM



! Nutné přičíst RAP !

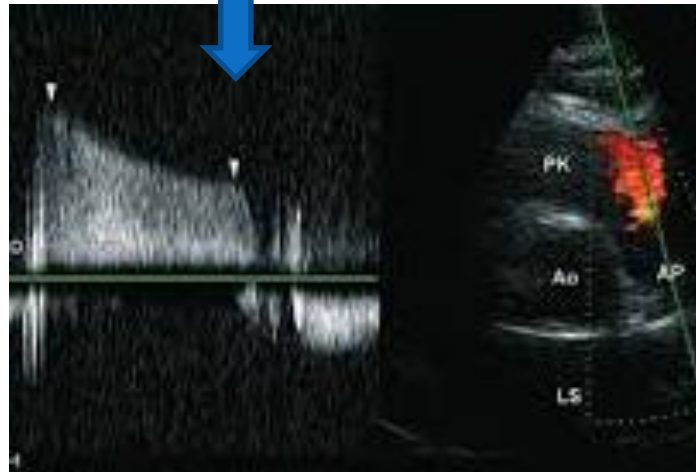
CW záznam pulmonální regurgitace

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

I. Odhad tlaku v plicnici:

- Využití gradientů pulmonálního regurgitačního proudění

End - diastolický gradient ~ s invazivně stanoveným PAPD



! Nutné přičíst RAP !

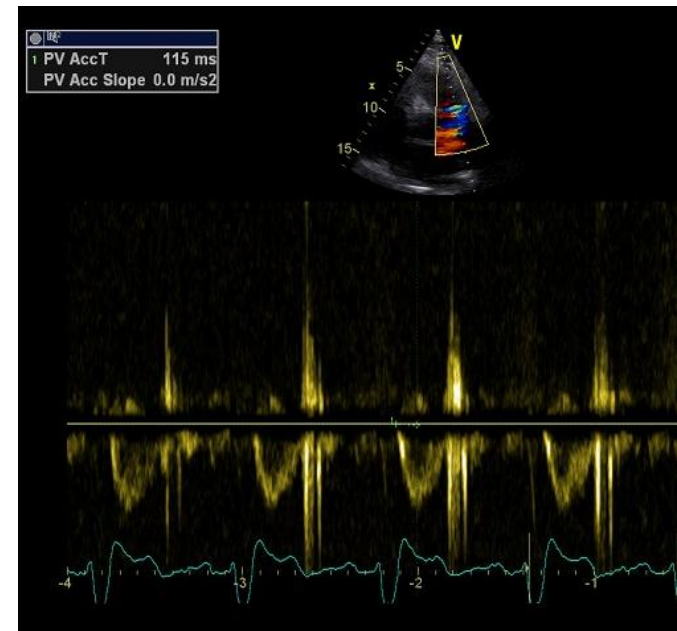
CW záznam pulmonální regurgitace

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

I. Odhad tlaku v plicnici :

Využití hodnocení průtokové křivky ve výtokovém traktu pravé komory

- Nepřímý ukazatel
- Užití PW záznamu
- ACT – akcelerační čas
> 120ms – normální tlaky v plicnici



$$\text{PAPM} = 90 - (0,62 \times \text{ACT}) \text{ mm Hg}$$

Echocardiographic Estimation of Mean Pulmonary Artery Pressure: A Comparison of Different Approaches to Assign the Likelihood of Pulmonary Hypertension

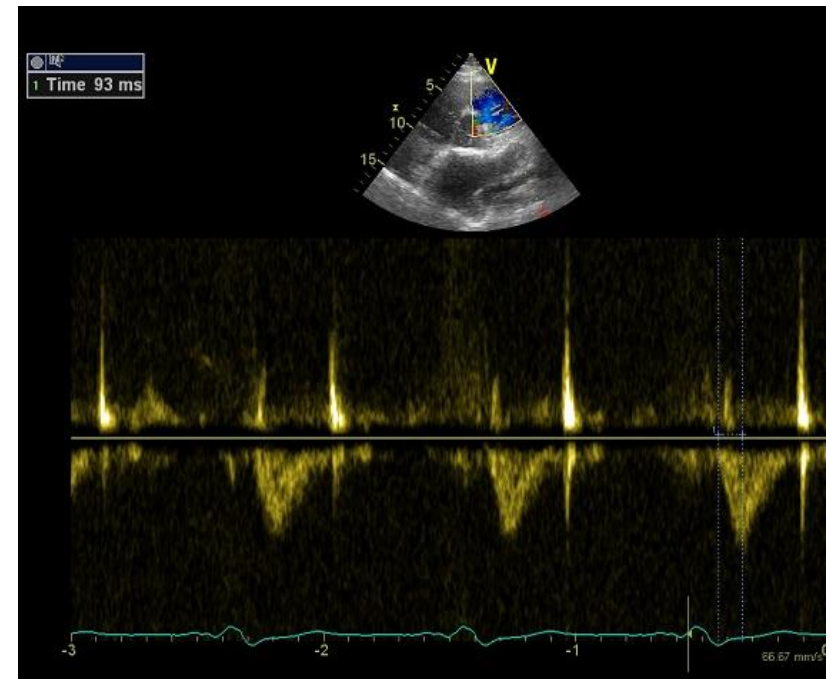
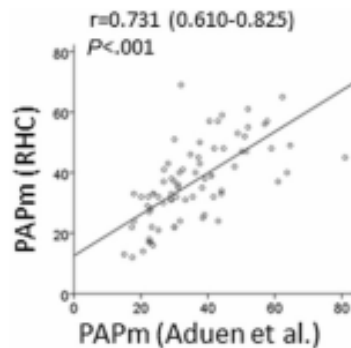


Kristian Hellenkamp, MD, Bernhard Unsöld, MD, Sitali Mushemi-Blake, PhD, Ajay M. Shah, MD, Tim Friede, PhD, Msc, Gerd Hasenfuß, MD, and Tim Seidler, MD, *Göttingen and Regensburg, Germany; and London, United Kingdom*

(J Am Soc Echocardiogr 2018;31:89-98.)

ACT < 100 ms

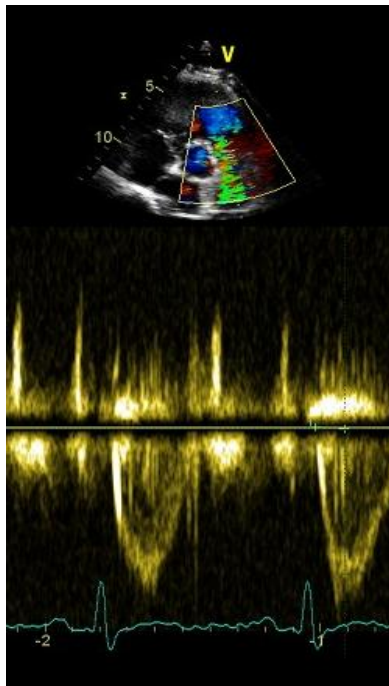
– zvýšená pravděpodobnost PH



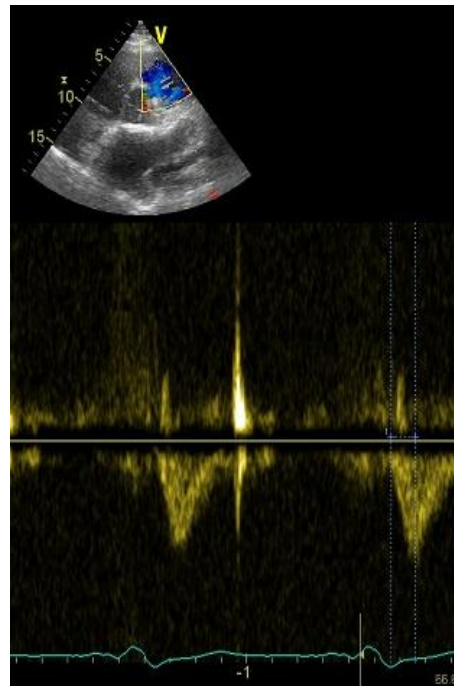
ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

I. Odhad tlaku v plicnici :

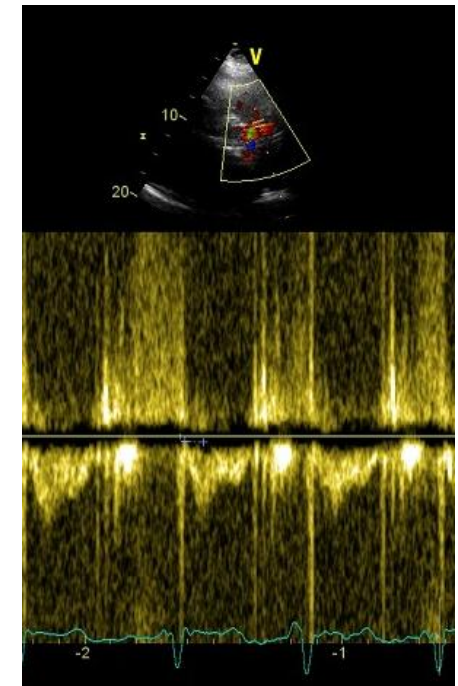
Typy průtokových křivek v RVOT



Typ I



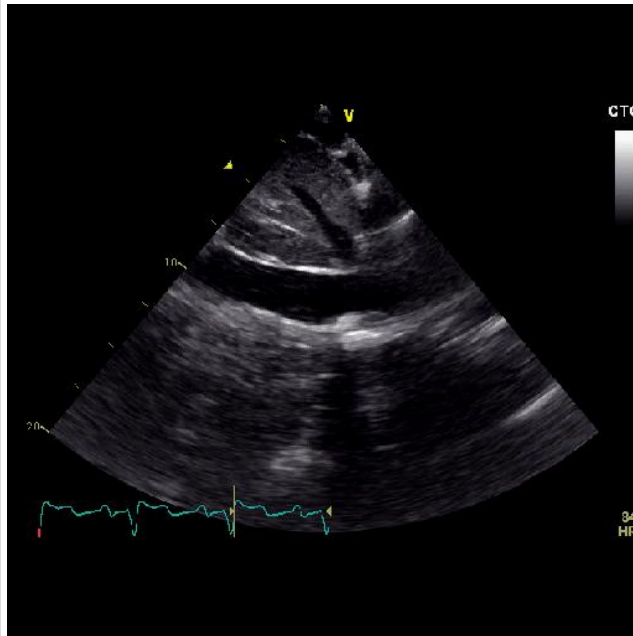
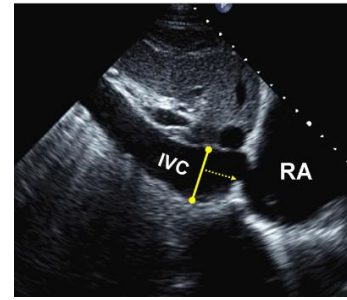
Typ II



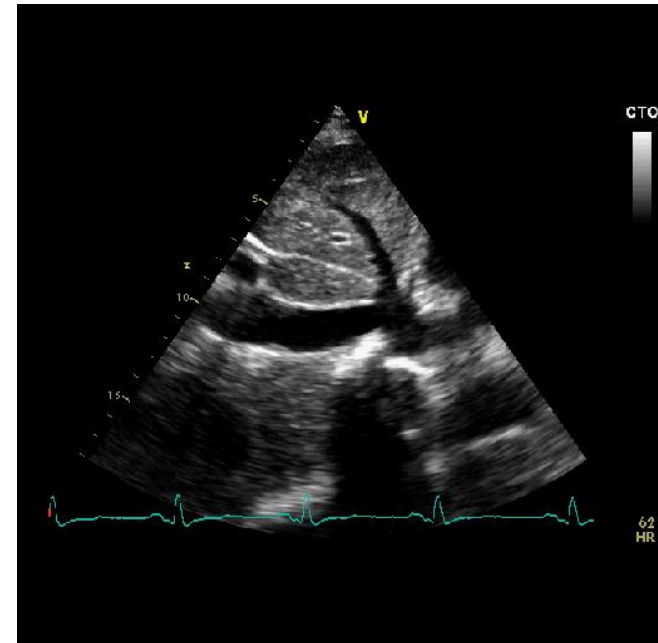
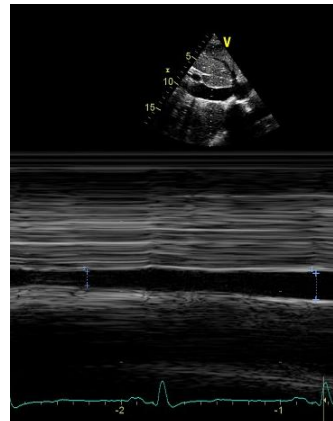
Typ III

Odhad tlaku v pravé síni (RAP):

- Rozměr VCI
- Respirační variace VCI – při klidném dýchání
 - při maximálním nádechu (sniff)



VCI nekolab



VCI kolab

Odhad tlaku v pravé síni (RAP):

GUIDELINES AND STANDARDS

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

Lawrence G. Rudski, MD, FASE, Chair, Wyman W. Lai, MD, MPH, FASE, Jonathan Afilalo, MD, Msc, Lanqi Hua, RDCS, FASE, Mark D. Handschumacher, BSc, Krishnaswamy Chandrasekaran, MD, FASE, Scott D. Solomon, MD, Eric K. Louic, MD, and Nelson B. Schiller, MD, *Montreal, Quebec, Canada; New York, New York; Boston, Massachusetts; Phoenix, Arizona; London, United Kingdom; San Francisco, California*

Table 3 Estimation of RA pressure on the basis of IVC diameter and collapse

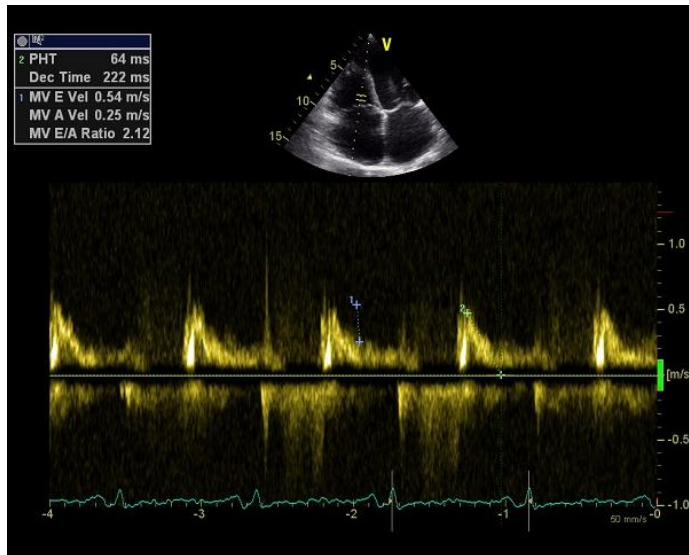
Variable	Normal (0-5 [3] mm Hg)	Intermediate (5-10 [8] mm Hg)		High (15 mm Hg)
IVC diameter	≤2.1 cm	≤2.1 cm	>2.1 cm	>2.1 cm
Collapse with sniff	>50%	<50%	>50%	<50%
Secondary indices of elevated RA pressure				<ul style="list-style-type: none">• Restrictive filling• Tricuspid E/E' > 6• Diastolic flow predominance in hepatic veins (systolic filling fraction < 55%)

CAVE – vytrvalostní atleti – dilatace VCI bez zvýšení plicích tlaků

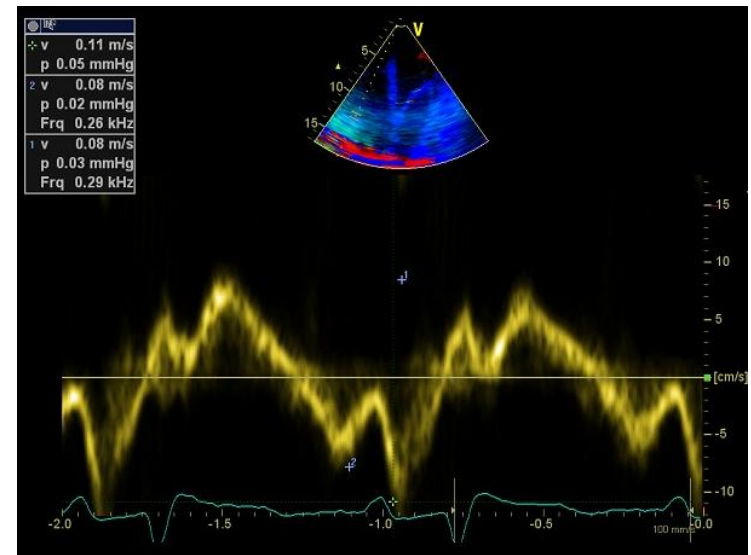
ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

Odhad tlaku v pravé síni (RAP):

- Hodnocení toku na trikuspidálním ústí a rychlosti pohybu trikuspidálního anulu



PW záznam proudění přes trikuspidální ústí



TDI PW záznam rychlosti pohybu trikuspidálního anulu

Odhad tlaku v pravé síni (RAP):

- Hodnocení toku na trikuspidálním ústí a rychlosti pohybu trikuspidálního anulu

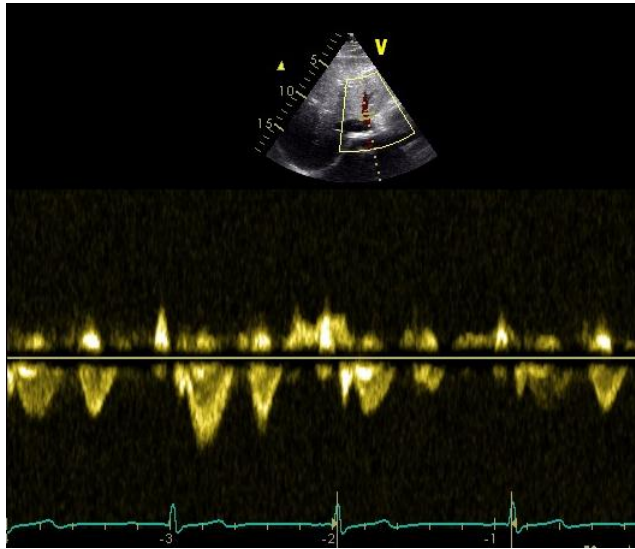
Porucha relaxace $E < A$ ($E/A < 0,8$) – nezvýšený RAP

Pseudonormální charakter E/A $0,8 - 2,1$ a $E/Et > 6$ – zvýšený RAP

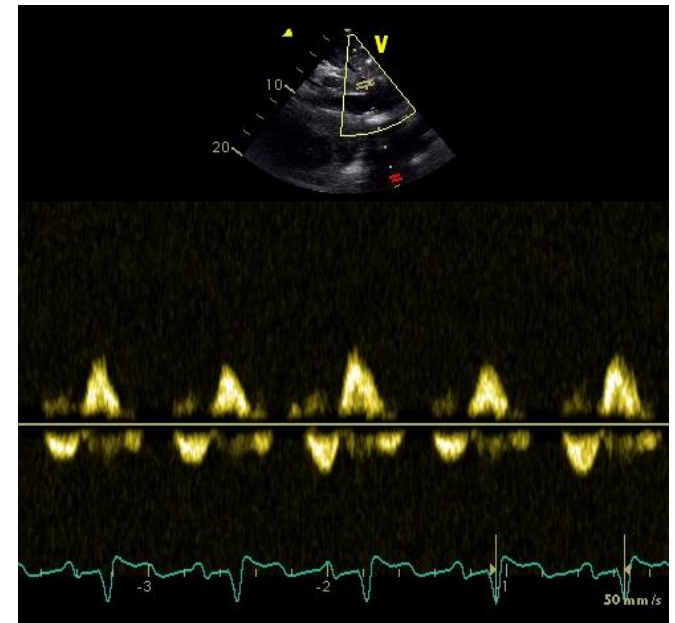
Restriktivní typ plnění $E/A > 2,1$ a $DT < 120\text{ms}$ - vysoký RAP

Odhad tlaku v pravé síni (RAP):

- PW záznam toku v jaterních žilách v subkostální projekci



Respirační variace



ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

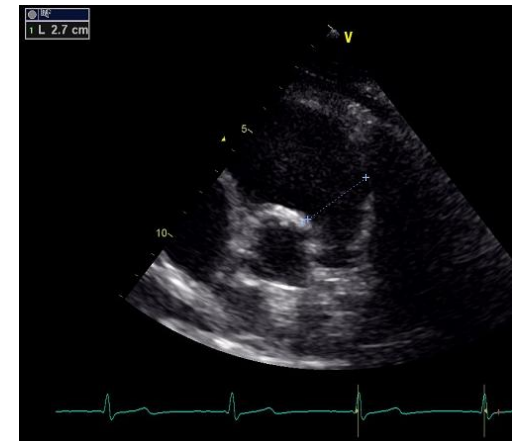
Odhad plicní cévní rezistence PVR

$$PVR = (PAPM - PCWP) / CO \quad (WU)$$

PAPM – viz výše

PCWP ~ LAP z E/e' - nepřesné

$$CO = \frac{\pi \times D^2}{4} \times VTI \times TF \quad (ml/min)$$

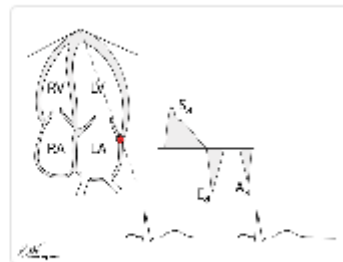
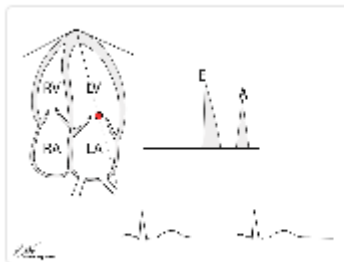


ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

PCWP by E/e' (Nagueh Formula)

E/e' ratio < 8 is usually associated with normal LV filling pressures (PCWP < 15 mmHg), while a ratio > 15 is associated with increased filling pressures (PCWP > 15mmHg). Between 8 and 15, there is a gray zone with overlapping of values for filling pressures.

$$e' = (e'_{\text{lateral}} + e'_{\text{septal}}) / 2$$
$$PCWP = 1.24(E/e') + 1.9$$



MDMath

Inputs

E cm/s ▾

e' (lateral) cm/s

e' (septal) cm/s

Clear

Calculate

Results

e' (average) m/s

E/e'

PCWP

mmHg

Odhad plicní cévní rezistence PVR

GUIDELINES AND STANDARDS

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

Lawrence G. Rudski, MD, FASE, Chair, Wyman W. Lai, MD, MPH, FASE, Jonathan Afilalo, MD, Msc, Lanqi Hua, RDCS, FASE, Mark D. Handschumacher, BSc, Krishnaswamy Chandrasekaran, MD, FASE, Scott D. Solomon, MD, Eric K. Louie, MD, and Nelson B. Schiller, MD, *Montreal, Quebec, Canada; New York, New York; Boston, Massachusetts; Phoenix, Arizona; London, United Kingdom; San Francisco, California*

Recommendation: The estimation of PVR is not adequately established to be recommended for routine use but may be considered in subjects in whom pulmonary systolic pressure may be exaggerated by high stroke volume or misleadingly low (despite increased PVR) by reduced stroke volume. The noninvasive estimation of PVR should not be used as a substitute for the invasive evaluation of PVR when this value is important to guide therapy.

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

Odhad tlaků v plicnici:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu
- Využití gradientů pulmonálního regurgitačního proudění
- Využití hodnocení průtokové křivky ve výtokovém traktu pravé komory

Odhad tlaků v pravé síni

Odhad plicní cévní rezistence

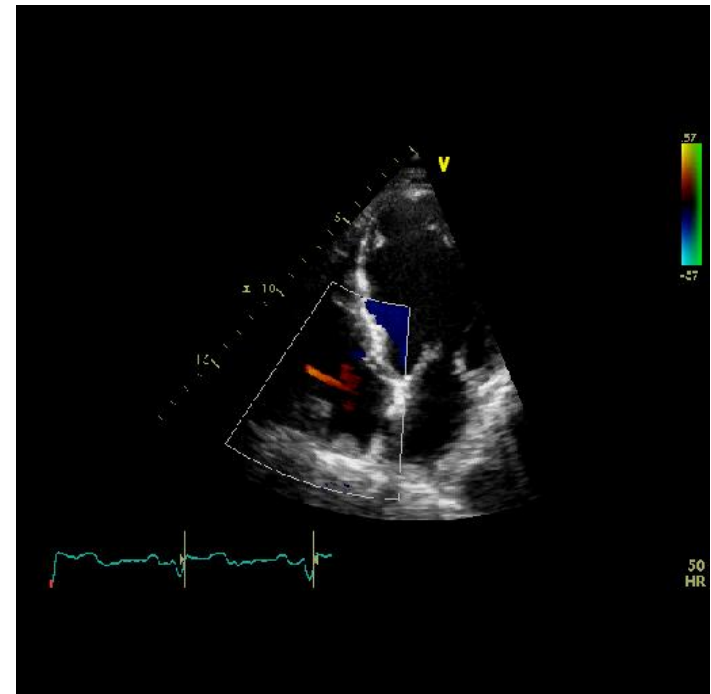
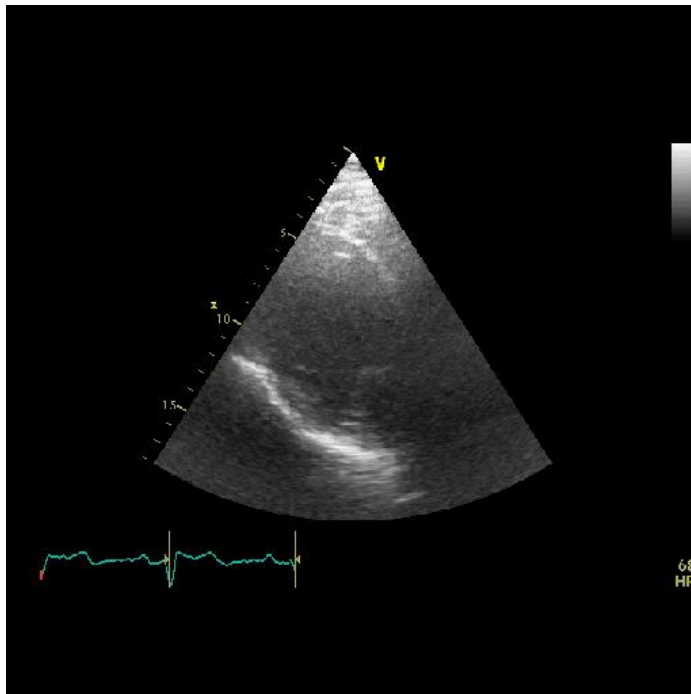
II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu

III. Korelace echokardiografického hodnocení tlaků v malém oběhu s pravostrannou srdeční katetrizací

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu:

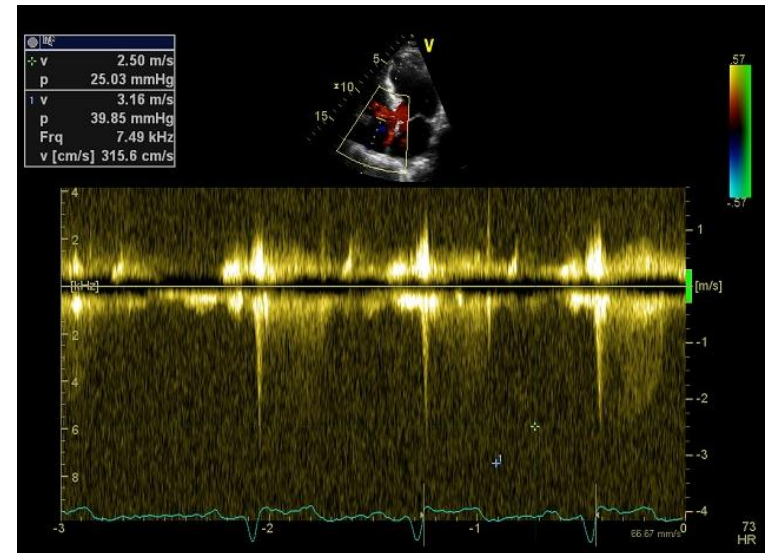
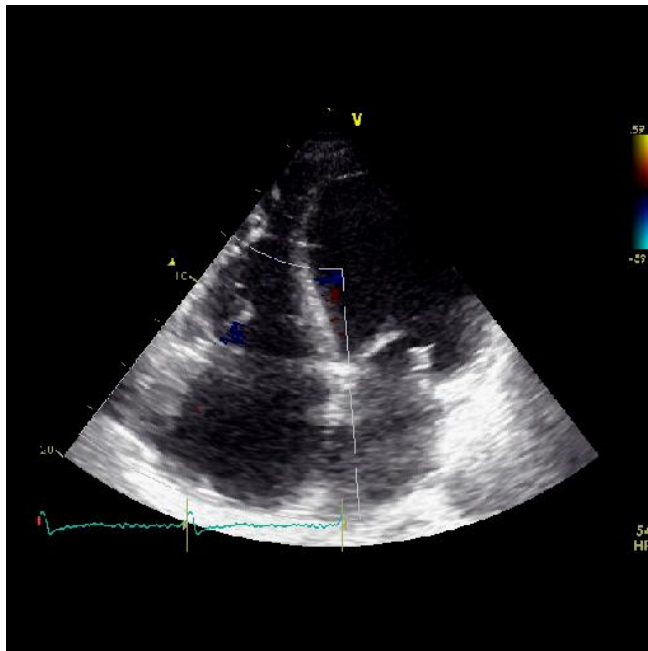
- Špatná vyšetřitelnost pacienta



ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

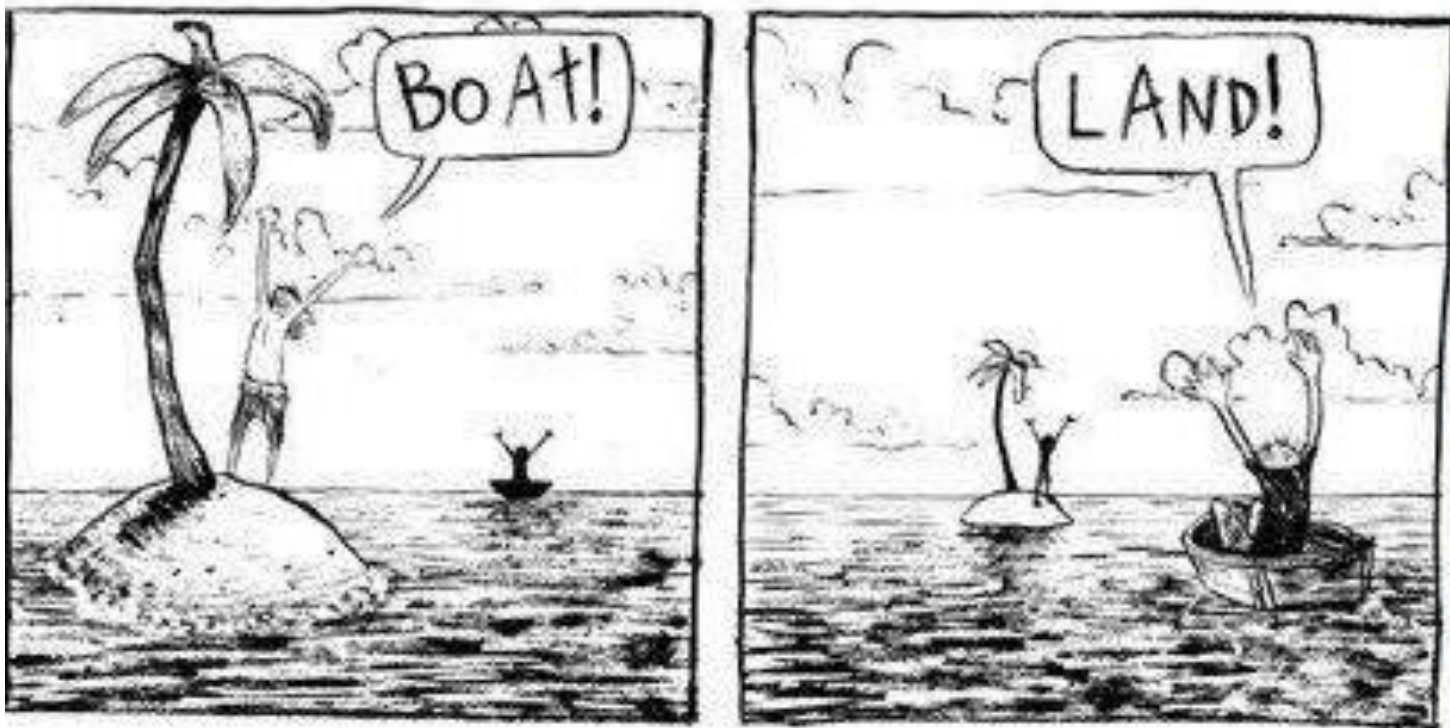
II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu



Špatný CW signál trikuspidální regurgitace – podhodnocení tlaků

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

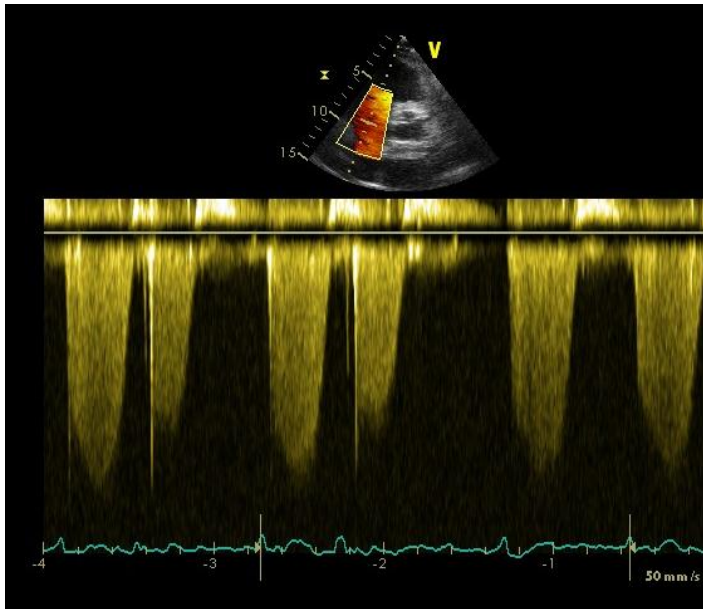


... úhel pohledu ..

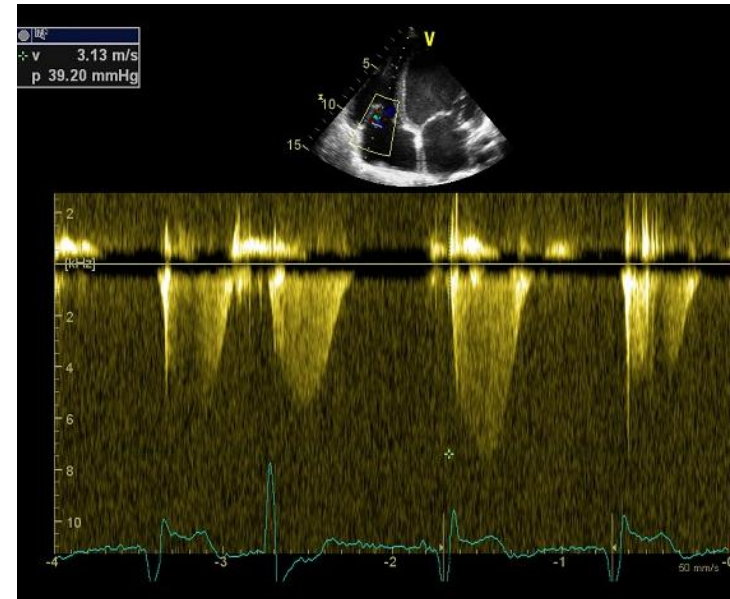
ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu



Fibrilace síní

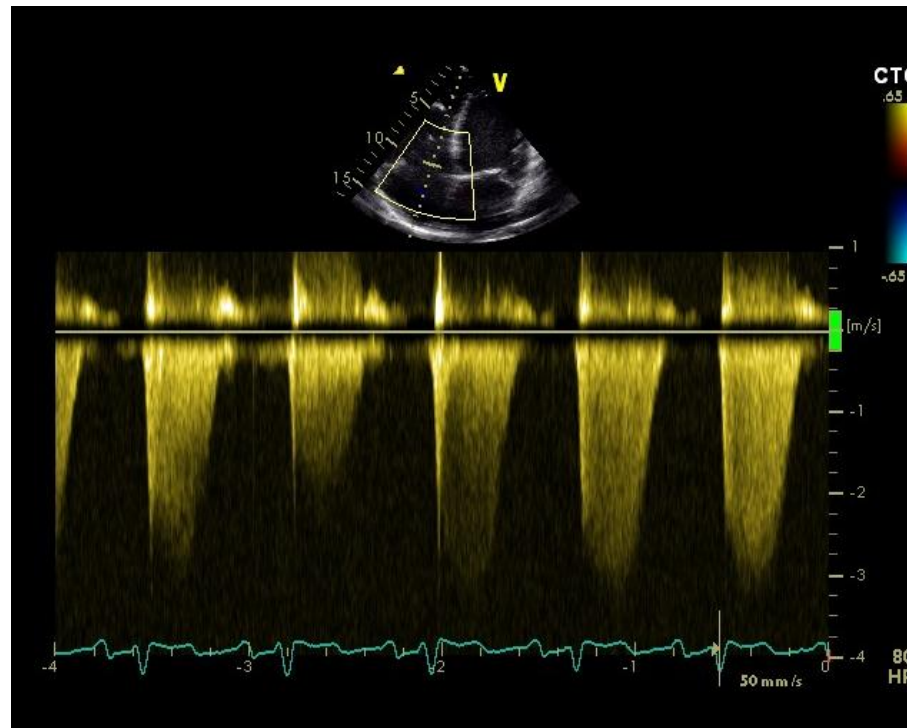


KES

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu

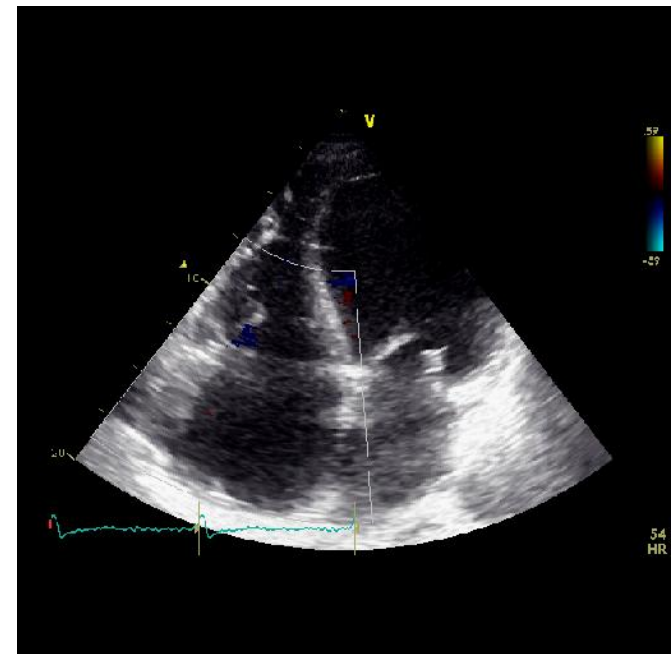
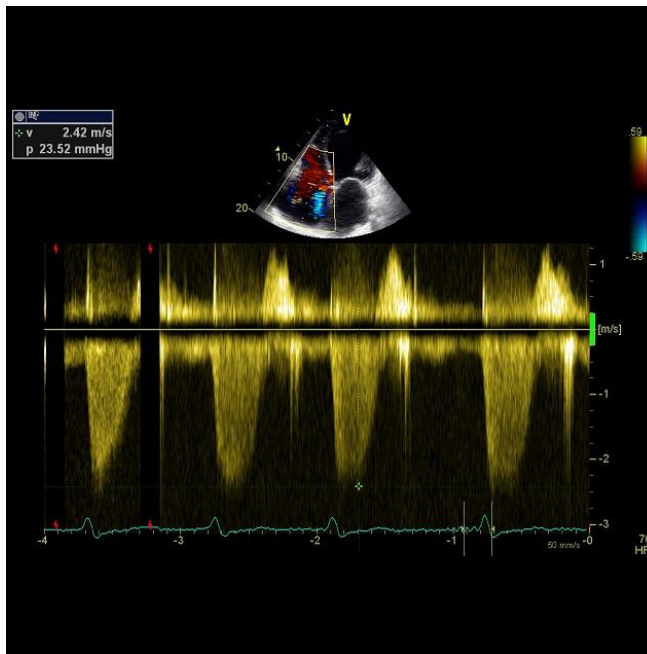


Respirační variace

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu



Významná trikuspidální regurgitace – podhodnocení PAPS

II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu:

- Pacienti na UPV

- nelze použít hodnocení rozměrů VCI a jejich respiračních variací

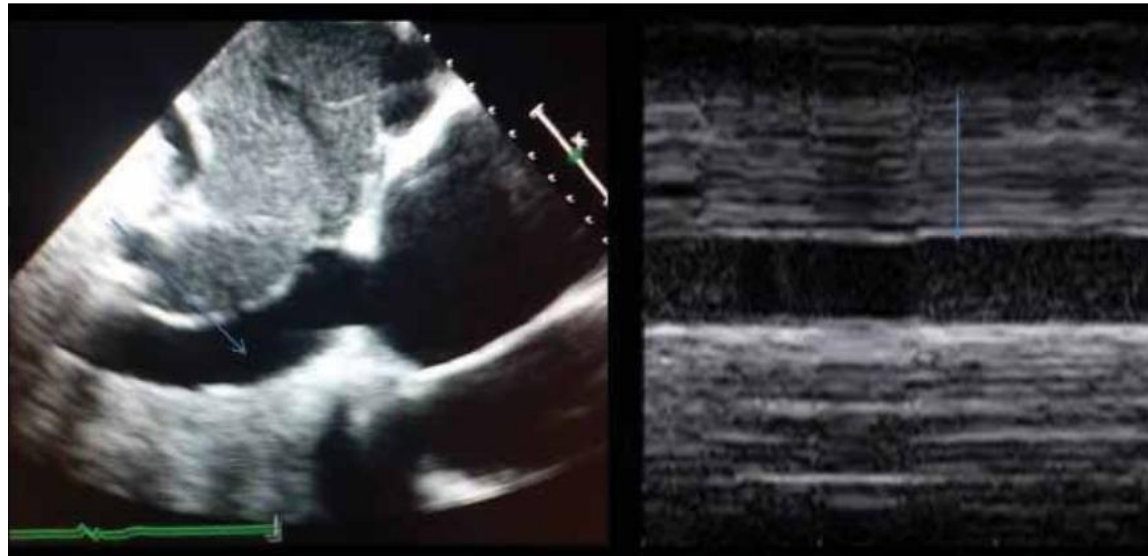


Fig. 2: Dilatation and absent collapse in Inferior vena cava (IVC) in subcostal view (arrows) in a patient on mechanical ventilation.

Echocardiography in a Patient on Mechanical Ventilation

ECHOKARDIOGRAFICKÉ HODNOCENÍ TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

I. hodnocení tlaků v malém oběhu:

- Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu
- Využití gradientů pulmonálního regurgitačního proudění
- Využití hodnocení průtokové křivky ve výtokovém traktu pravé komory

II. Úskalí hodnocení tlaků v malém oběhu

III. Korelace echokardiografického hodnocení tlaků v malém oběhu s pravostrannou srdeční katetrizací

Accuracy of Doppler Echocardiography in the Hemodynamic Assessment of Pulmonary Hypertension

Micah R. Fisher^{1*}, Paul R. Forfia^{2†}, Elzbieta Chamera², Traci Houston-Harris¹, Hunter C. Champion², Reda E. Girgis¹, Mary C. Corretti², and Paul M. Hassoun¹

¹Division of Pulmonary and Critical Care Medicine; ²Division of Cardiology, Department of Medicine, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland

AMERICAN JOURNAL OF RESPIRATORY AND CRITICAL CARE MEDICINE VOL 179 2009

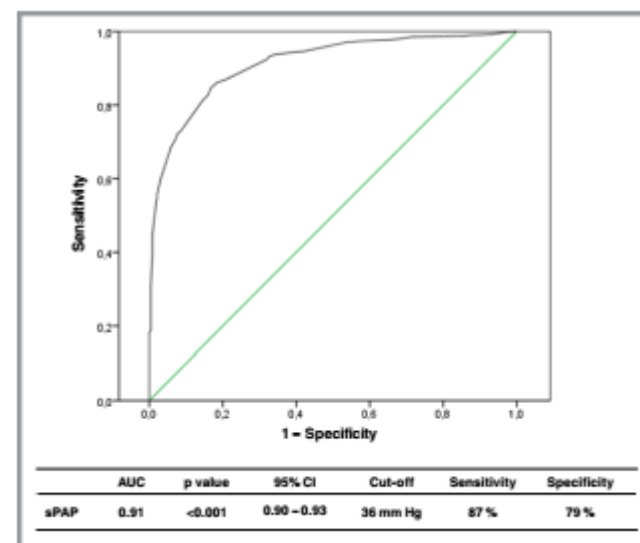
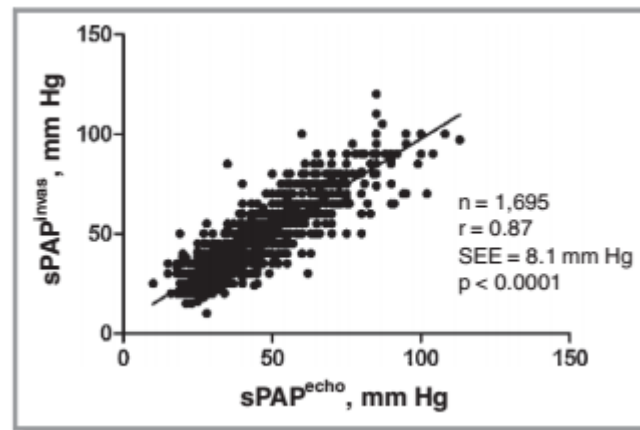
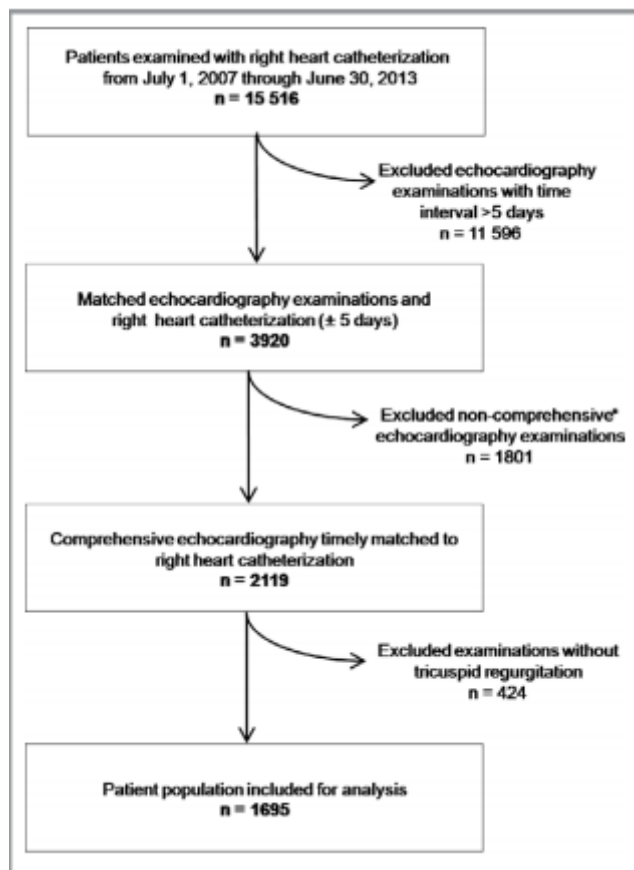
- 65 pacientů
- ECHO a PK během 1 hodiny
- Rozdíl PASP – ECHO a PK
> 10mm Hg u 48%
- 38% nadhodnocení > 20 mm Hg
(převážně špatné RAP)
- 80% podhodnocení > 20mm Hg
(převážně špatná kvalita signálu Tri)
- 6 pacientů – bez tri reg
X u 4 pac. PH při PK

RHC	DE	Category _{cath}	Category _{Doppler}
PASP Underestimates			
70	48	severe	mild
76	46	severe	mild
65	43	severe	mild
90	54	severe	mild
72	51	severe	mild
118	56	severe	moderate
106	56	severe	moderate
105	94	severe	severe
76	59	severe	moderate
126	74	severe	severe
119	77	severe	severe
60	30	moderate	none
66	33	moderate	none
64	51	moderate	mild
61	50	moderate	mild
PASP Overestimates			
113	127	severe	severe
80	103	severe	severe
96	108	severe	severe
78	100	severe	severe
80	102	severe	severe
70	81	severe	severe
70	89	severe	severe
84	111	severe	severe
65	76	severe	severe
64	120	moderate	severe
60	82	moderate	severe
63	78	moderate	severe
58	73	moderate	severe
62	73	moderate	severe
48	65	mild	severe
54	74	mild	severe

TABLE 3. COMPARISON OF PH SEVERITY ACCORDING TO PASP DERIVED FROM RHC VS. PASP ESTIMATED BY DE*

Reliability of Noninvasive Assessment of Systolic Pulmonary Artery Pressure by Doppler Echocardiography Compared to Right Heart Catheterization: Analysis in a Large Patient Population

Sebastian Greiner, MD; Andreas Jud; Matthias Aurich, MD; Alexander Hess, MD; Thomas Hilbel, MD; Stefan Hardt, MD; Hugo A. Katus, MD, PhD; Derliz Mereles, MD





„Podle tabulek by jste při vaší váze měla měřit čtyři a půl metru.“

