



Pravostranná srdeční katetrizace

(invazivní hemodynamika jako okno do fyziologie oběhu)

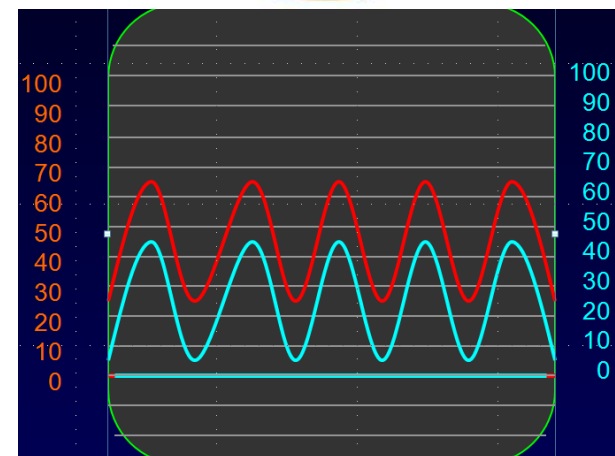
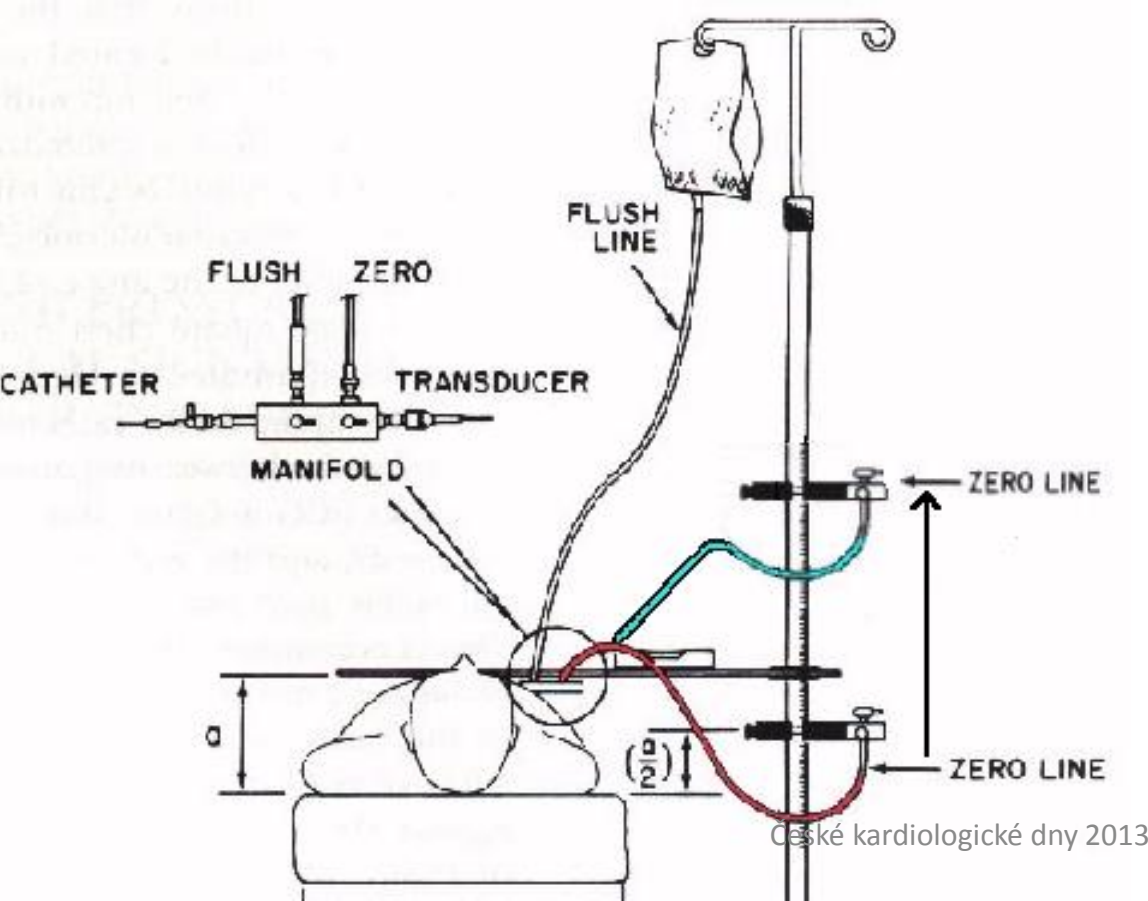
Viktor Kočka

Kardiocentrum

***Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a
3.lékařská fakulta UK v Praze***

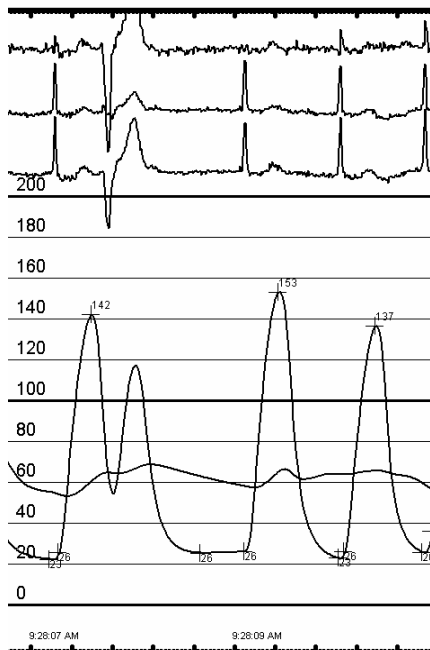
Měření tlaků - technika

- Přenos tlakového signálu tekutinou v katetru a senzor umístěn mimo tělo pacienta („kapsle“)
- Kalibrace !!

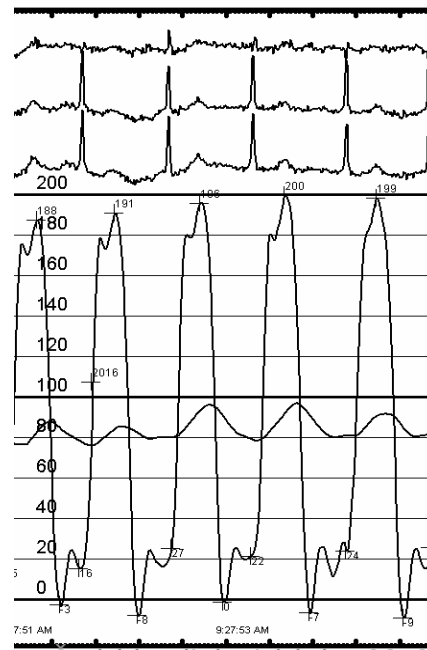


- Kvalitní signál – tlumení je závislé na délce a kalibru katetru, viskozitě tekutiny, absence vzduchových bublin !!

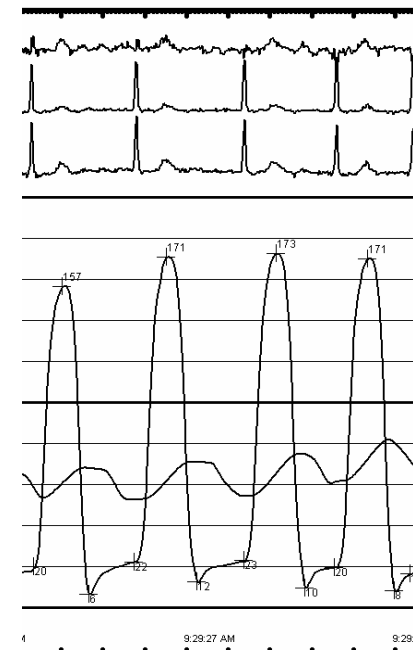
Viskózní kontrast



Dobrá kvalita



Vzduchová bublina





Indikace invazivní hemodynamiky



- **1) u lůžka – ARO, KJ** – kritické stavy (dif.dg. šoků a srdečního selhání)
 - Typicky cestou v.jugularis interna, často bez RTG navigace
- **2) v katetrizační laboratoři** – dříve časté, dnes často nahrazeno echokardiografií. Nejčastěji cestou v.femoralis.
 - Závažná rozhodnutí – před Tx nebo jinou KCH operací
 - Potřeba určení typu, tíže a event. reverzibility plicní hypertenze
 - Nesouhlas mezi klinickým nálezem a echokardiografií
 - Kvantifikace zkratových vad
 - Diagnostika konstriktivní versus restriktivní fyziologie
- **3) během invazivních strukturálních intervencí** – TAVI, ASA

Vždy je jasná otázka, „rutinní“ postup již neexistuje



Rizika pravostranné katetrizace



- Krvácení z místa vpichu, vznik AV fistule
- Arytmie při manipulaci katetru v P oddílech. CAVE
kompletní AV blok při manipulaci katetrem v RVOT u
pacientů s LBBB
- Vyšší radiační zátěž



Měření srdečního výdeje (CO; L/min)



- **Indikace:**

- Výpočet plochy ústí u stenotických vad
- Výpočet cévních resistencí
- Výpočet u zkratových vad

- **Metody stanovení CO:** Normální hodnota 4-8L/min.

- Fickova metoda AV difference
- Diluční metody (**termodiluce**, barvivová diluce)
- Angiograficky při ventrikulografii

- **Srdeční index** (CI) ($L/min/m^2$) = CO (L/min) / plocha těla (m^2)

- Normální hodnota 2,5-4 ($L/min/m^2$)

- **Tepový objem** (SV) ($ml/stah$) = CO (L/min) / srdeční frekvence ($stah/min$)

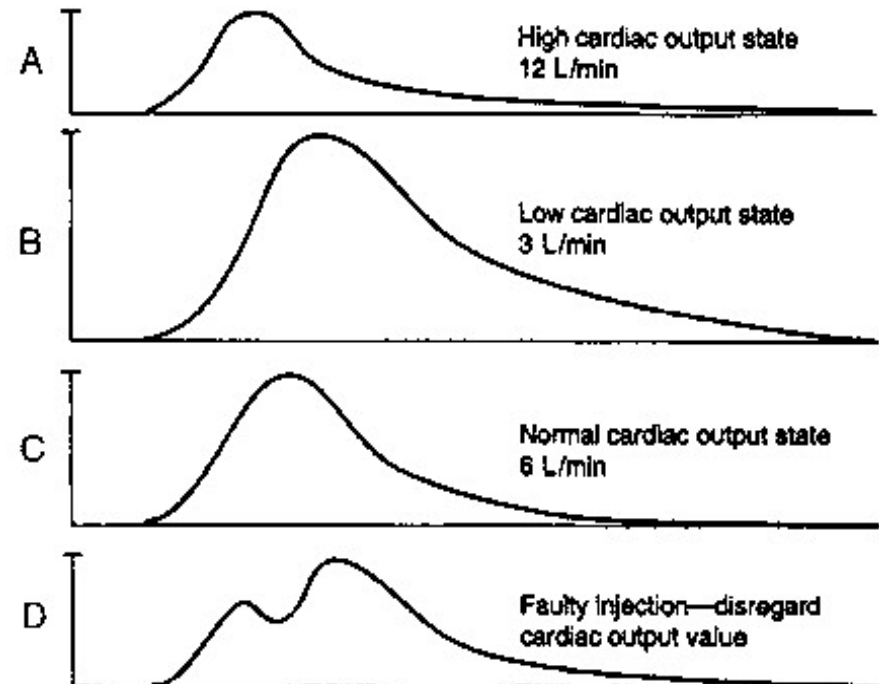
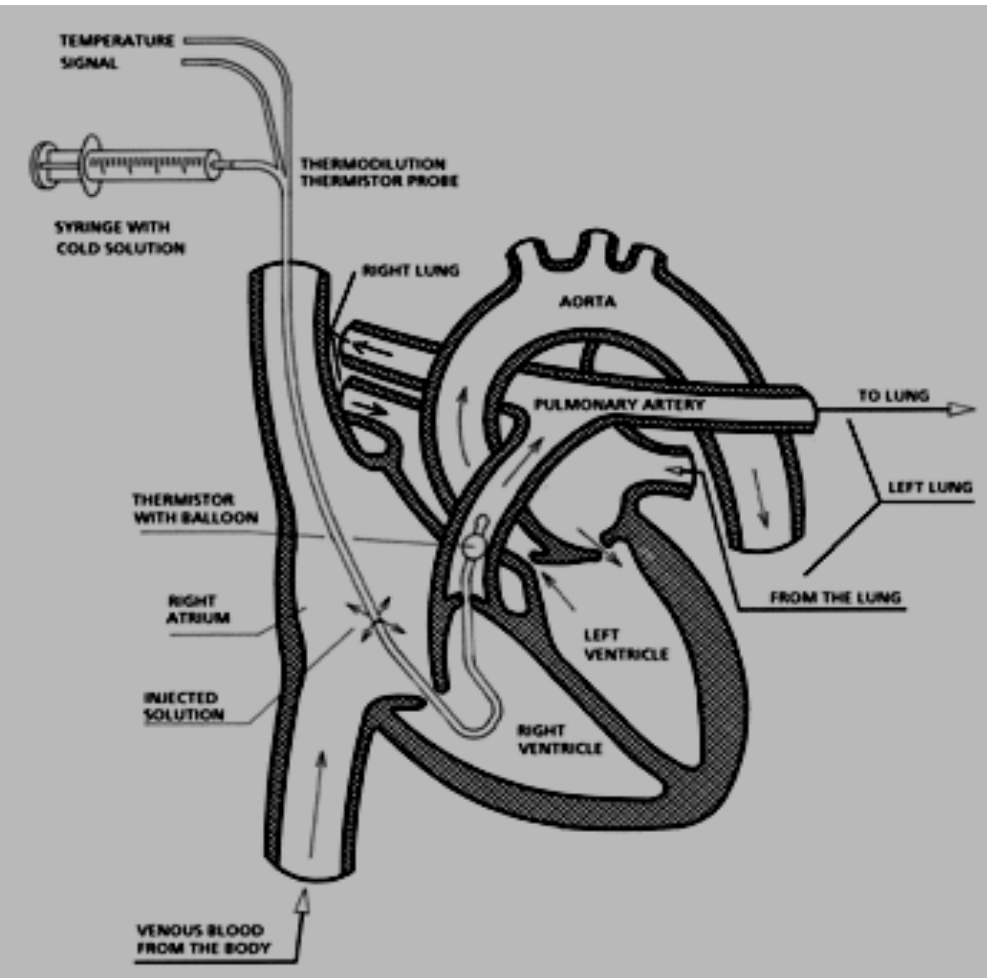
CO – Fickova metoda

- $CO (L/min) = \frac{\text{spotřeba } O_2 (ml/min)}{AV \text{ diference } O_2 (ml/L)}$
- Spotřeba $O_2 (ml/min)$:
 - Přímým měřením dýcháním do vaku (*klaustrofobní*)
 - Odhadem dle tabulek (srdeční frekvence, pohlaví, váha) – chyba až 40% !!!
 - Odhadem 3ml/kg váhy – např. 70kg = 210ml/min
- $AV \text{ diference } O_2 (ml/L) = Hb (g/L) \times \text{konstanta } 1,34 \times \text{rozdíl saturace krve } O_2 \text{ arteriální} - \text{žilní}$
- Příklad: $CO = 210 ml/min / 130 \times 1,36 \times (0,95 - 0,65) = 210 / 53 = 3,96 L/min$



CO - termodiluce

- Rychlá injekce 10ml FS s pokojovou teplotou do PS a detekce změny teploty termistorem v plicnici. Nespolehlivá metoda u trikuspidální regurgitace, zkratů, nízkého výdeje a arytmií.





Cévní resistance



- Plicní cévní resistance = $(PA_{\text{mean}} - LA/PCW_{\text{mean}}) / Q_p$
 - Normální hodnota je do 2 Wood Units = $160 \text{ dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^5$
- Systémová cévní resistance = $(Ao_{\text{mean}} - RA_{\text{mean}}) / Q_s$
 - Normální hodnota je do 20 Wood Units = $1600 \text{ dyn}\cdot\text{s}/\text{cm}^5$



Oxymetrie – kvantifikace zkratů



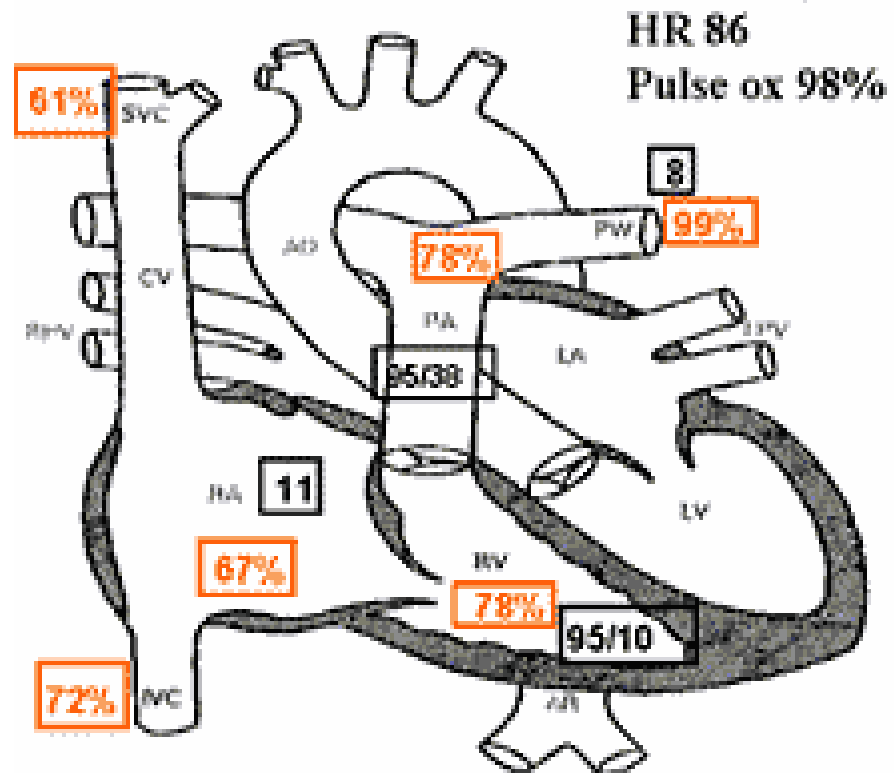
- Průtok plicním řečištěm není stejný jako systémovým řečištěm
- Typický odběr saturací: (PCW, PA, RV, RA, SVC, IVC, aorta) x2
- Technika
 - vždy odsát několik ml krve před odběrem, bez bublin, led
 - rychlé stanovení saturace, včetně iontů a Hb (identické hodnoty)
- Lze detekovat vzestup saturace krve O₂, typicky vzestup o více než 7% budí podezření na zkrat
- Smíšená žilní krev $MV = (3 \times SVC + 1 \times IVC) / 4$
 - Saturace krve v IVC je ovlivněna malou desaturací krve v ledvinách

Oxymetrie – kvantifikace zkratů

- Defekt septa síní s L-P zkratem

$$Q_p/Q_s = \frac{\text{Hb} \times 1.34 \times \text{sat(aorta-PA)}}{\text{Hb} \times 1.34 \times \text{sat(aorta-MV)}}$$

$$= \frac{\cancel{\text{Hb} \times 1.34} \times \text{sat(aorta-MV)}}{\cancel{\text{Hb} \times 1.34} \times \text{sat(aorta-PA)}}$$



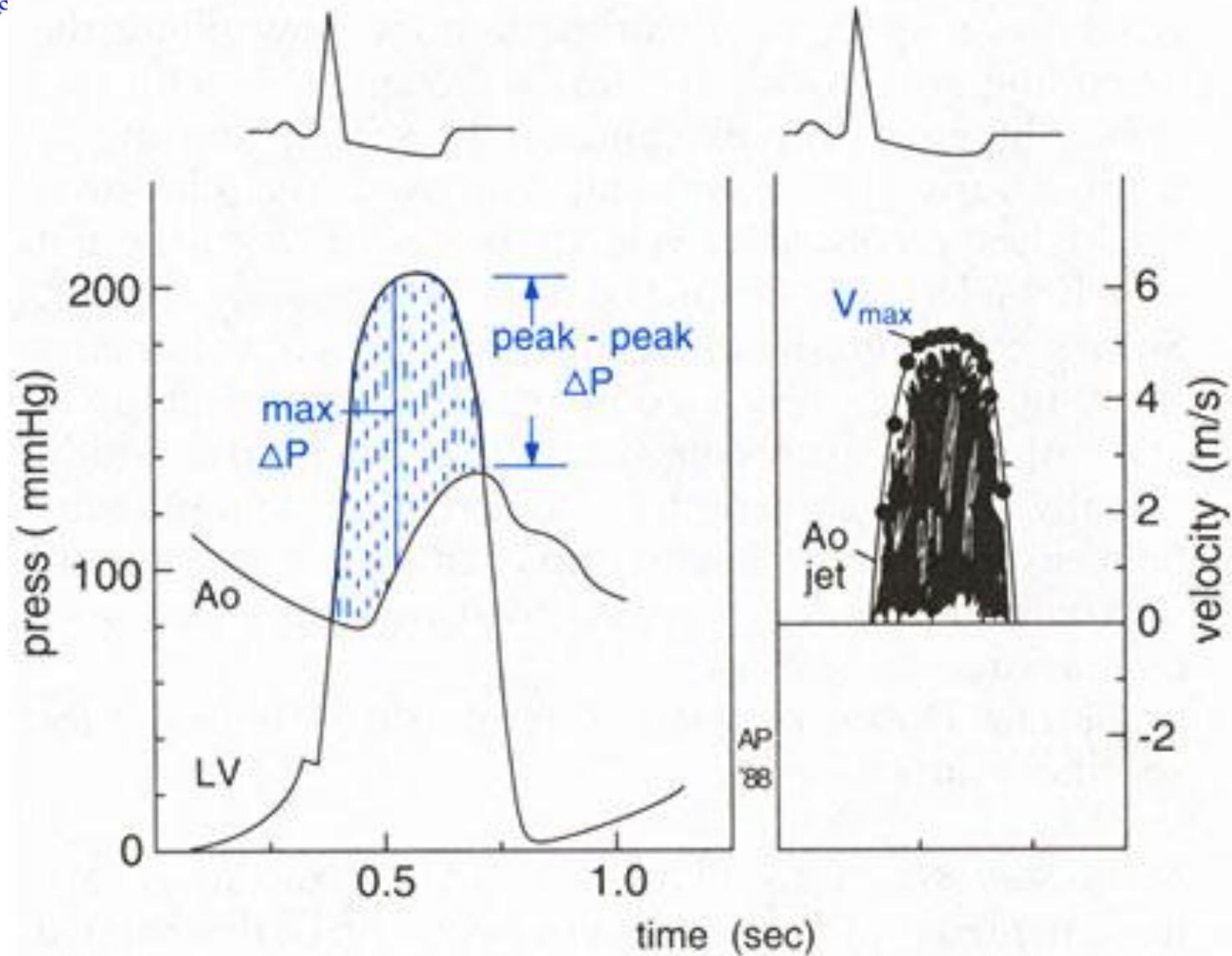


Stenotické vady



- Při znalosti průtoku a gradientu lze vypočítat plochu ústí
[Am Heart J.](#) 1951 Jan;41(1):1-29. [GORLIN R](#), [GORLIN SG](#).
Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts.
- **$AVA = CO / 44.3 \times HR \times \text{ejekční perioda} \times \sqrt{\text{vstřední gradient}}$**
- Jednoduchá kontrola – Hakki formule $AVA = CO / \sqrt{\text{peak grad.}}$
- **Chyba v CO má matematicky větší vliv než chyba v gradientu**
- **Pro Mitrální Stenosu se přidává do jmenovatele koeficient 0,85**
- **Pro trikuspidální a pulmonální chlopeň se používají pouze gradienty, nikoliv Gorlinova formule**

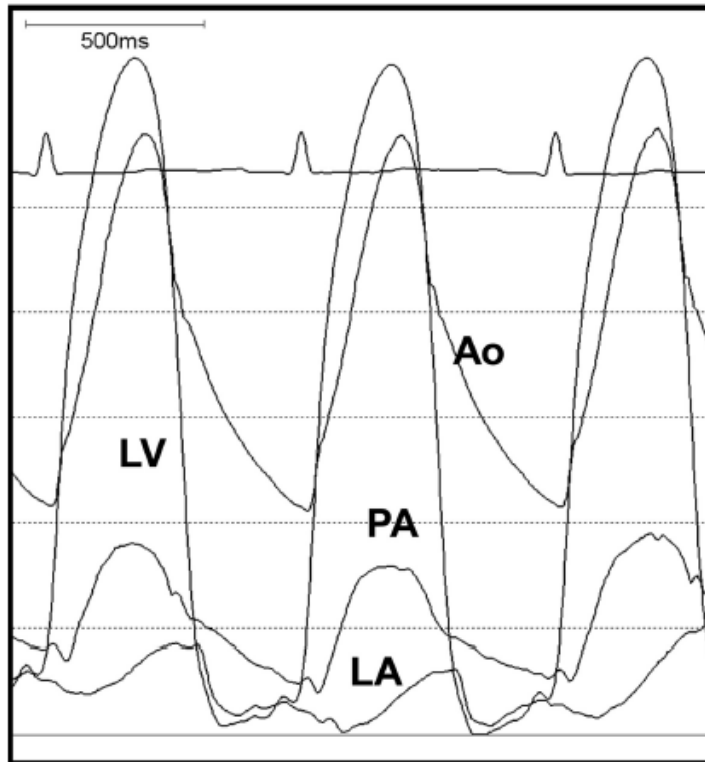
Aortální stenosa



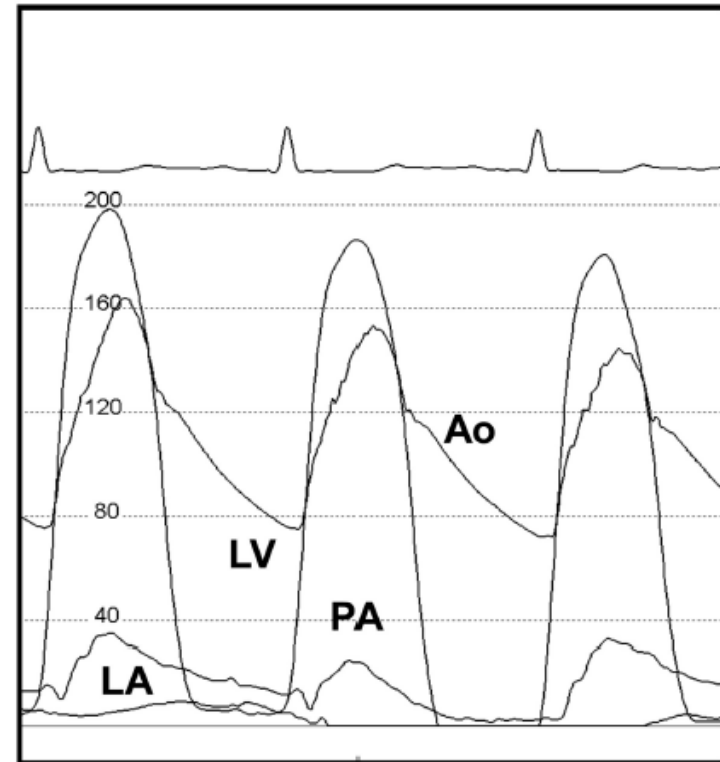
Aortální stenosa - chyby

Srdeční výdej a gradient musí být měřeny současně !!

CO = 4,1 L/min ← **CHYBA** → CO = 4,9 L/min



**Gradient 32 mm Hg
AVA 0.9 cm²**

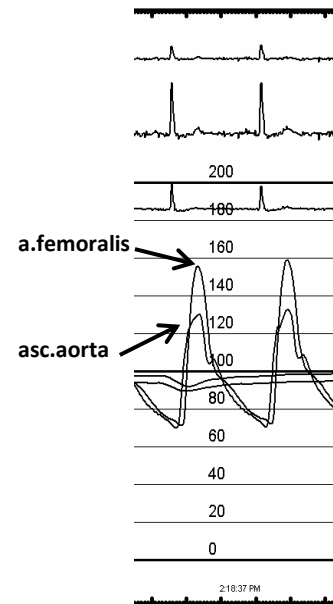
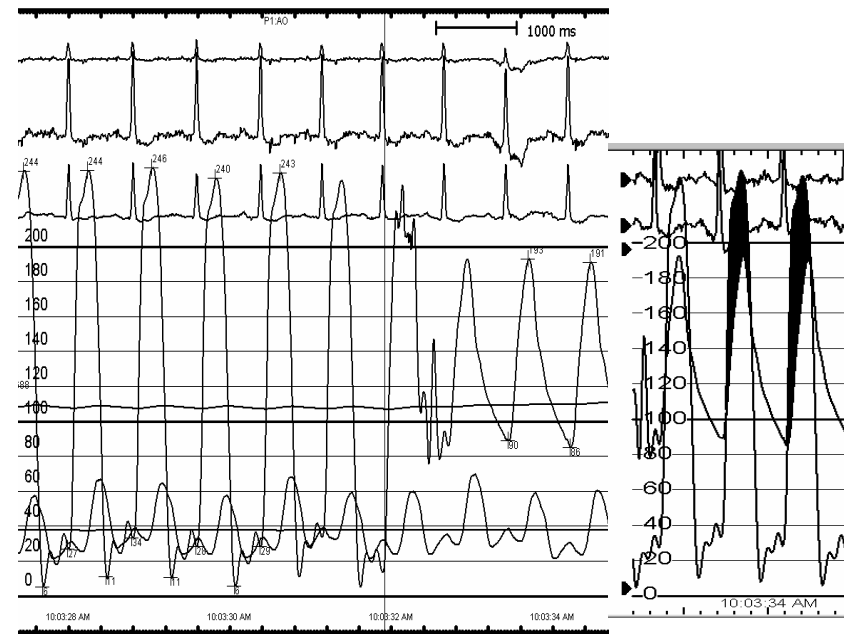


**Gradient 45 mm Hg
AVA 0.9 cm²**



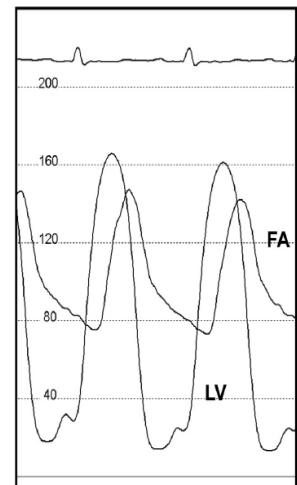
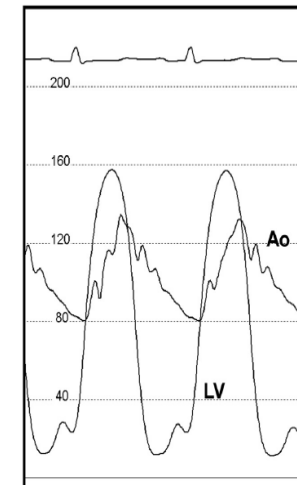
Arytmie, nebo četné KES (katetr v LK)

Pravidelný SR, pull-back je OK

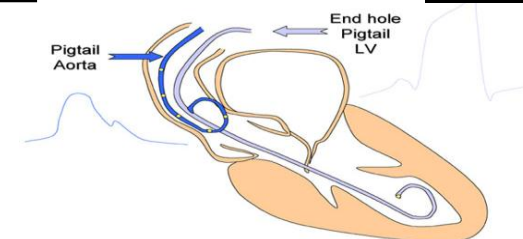


Central Ascending Aorta

Femoral Artery

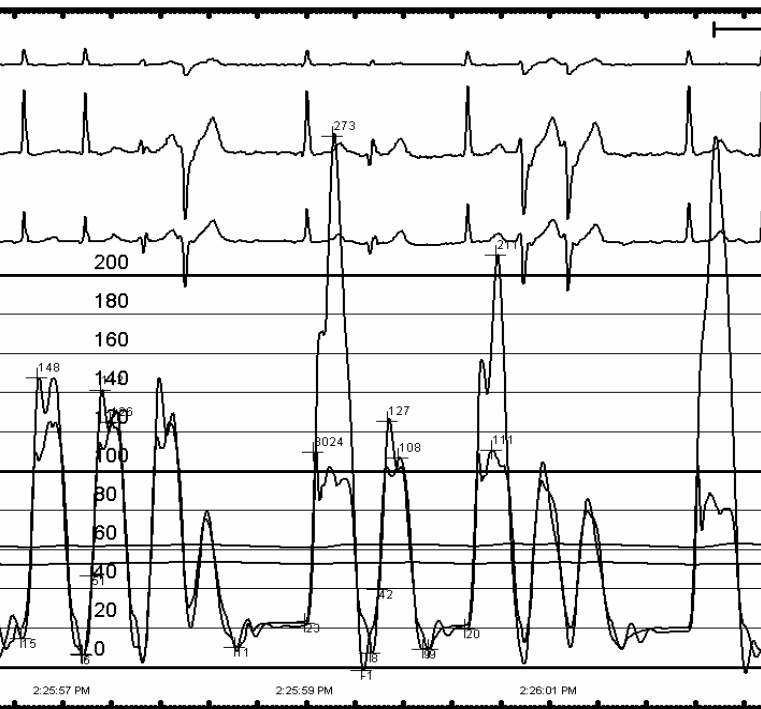


Simultánní měření tlaku v LK a asc.aortě

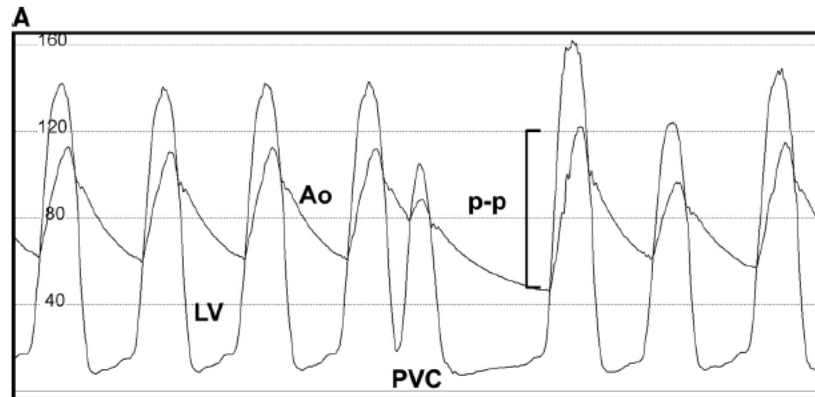


Ao Stenosa versus HOCM

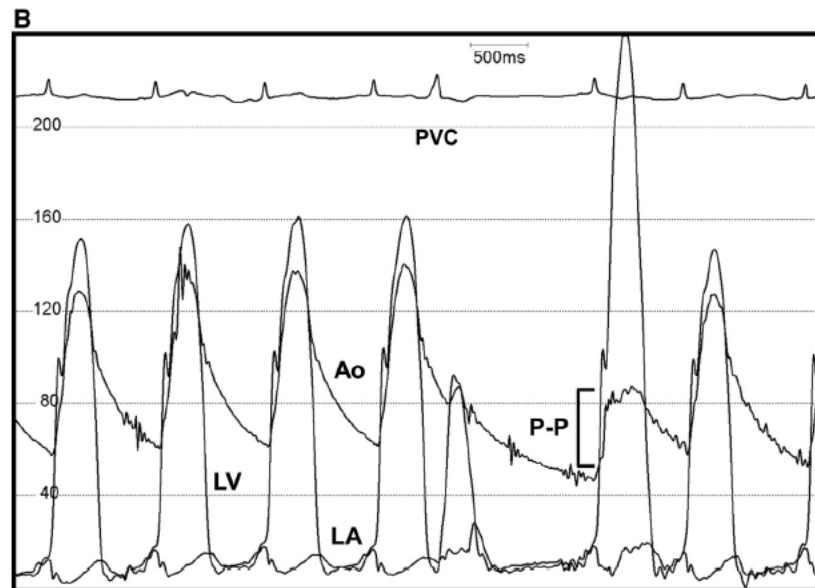
- Rozlišení ECHO KG obtížné, jety se míchají



Průkaz gradientu mezi hrotem LK a LVOT



Ao Stenosa



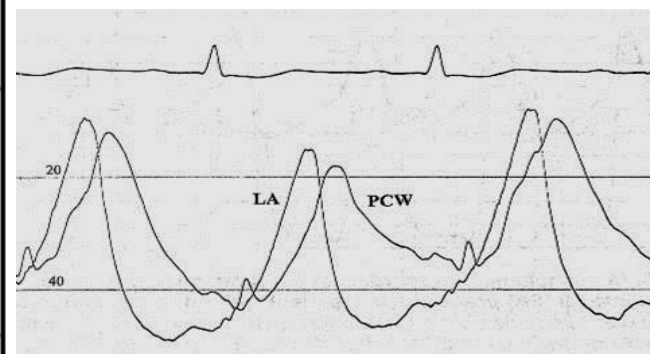
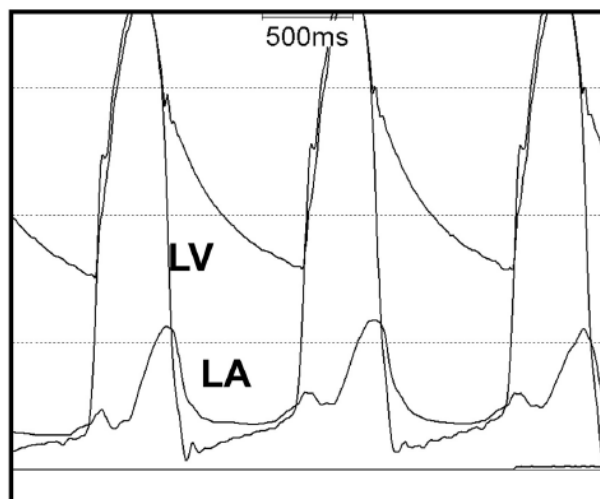
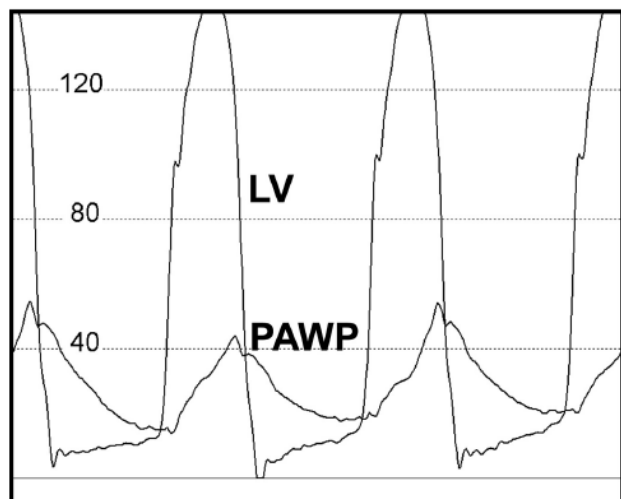
HOCM

Mitrální stenosa

- **Echokardiografie je velmi přesná a spolehlivá**
- Potřeba hemodynamiky je spíše k **posouzení tíže a typu plicní hypertenze**, zvláště při nesouladu mezi ECHO KG a klinikou
- Měření gradientu mezi tlakem v **LK a PCW je zatíženo chybou** (posun a tlumení)

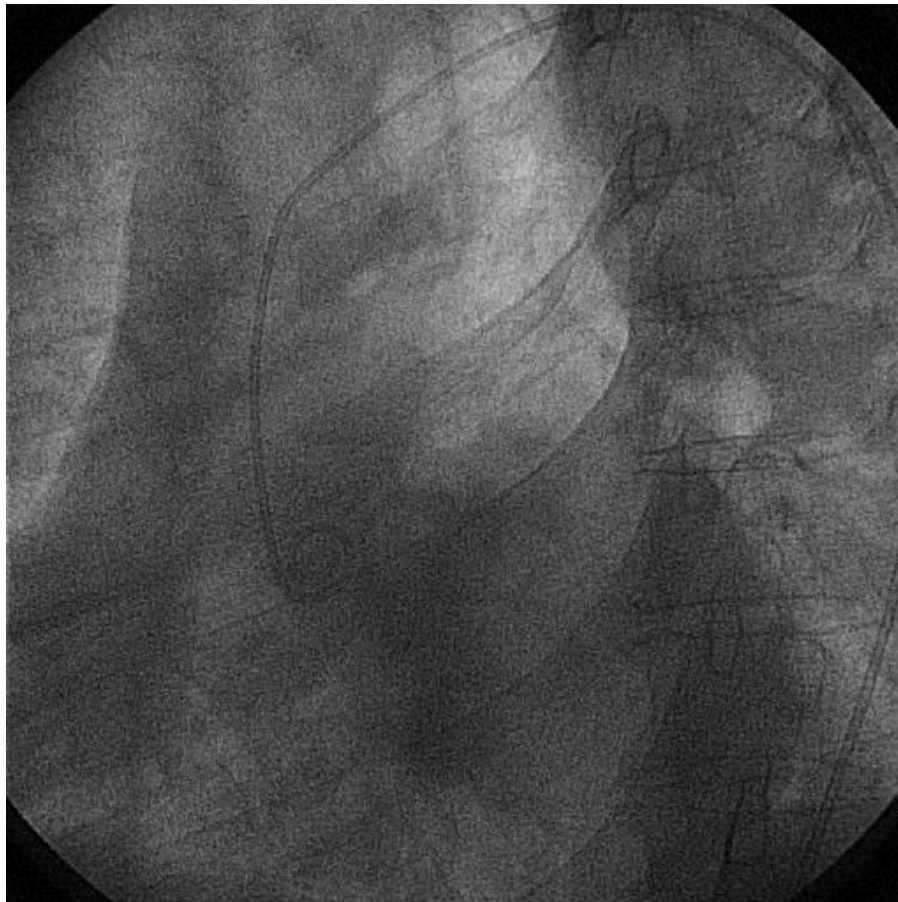
**Mean Mitral Gradient
15 mm Hg**

**Mean Mitral Gradient
6 mm Hg**



Regurgitační vady

- Angiograficky nehodnotíme „jety“, ale densitu KL
- Nutné podat dostatečné množství KL a zvolit vhodnou projekci



Aortální regurgitace

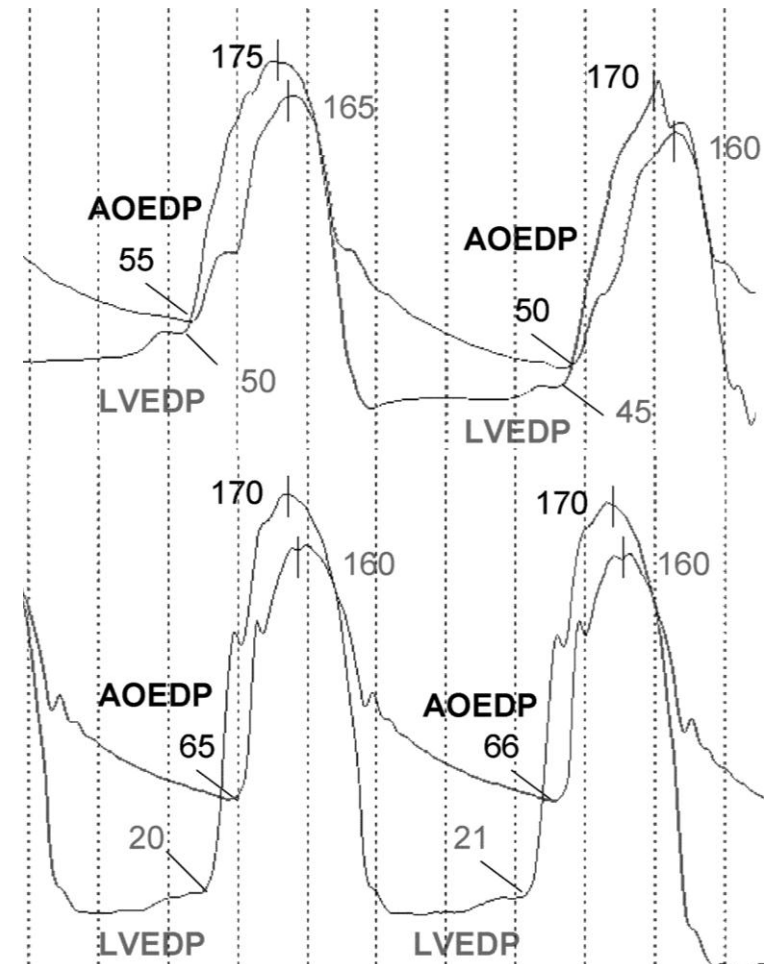
- Rozdíl systolického a end-diastolického tlaku v aortě nad 100mmHg

- Index Aortální Regurgitace

$$\text{AoR Index} = (\text{AoEDP} - \text{LVEDP}) / \text{Ao systolic}$$

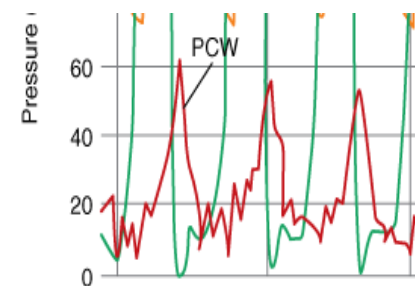
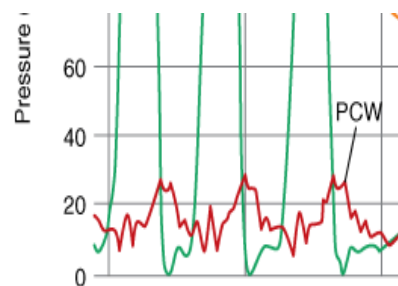
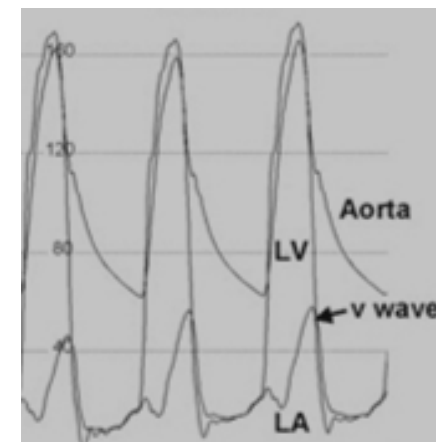
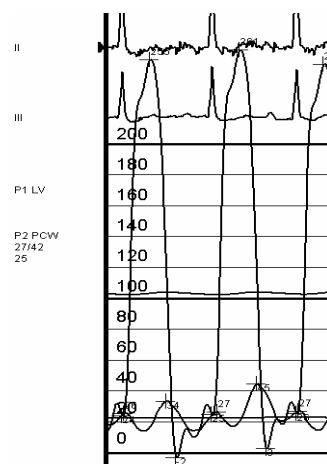
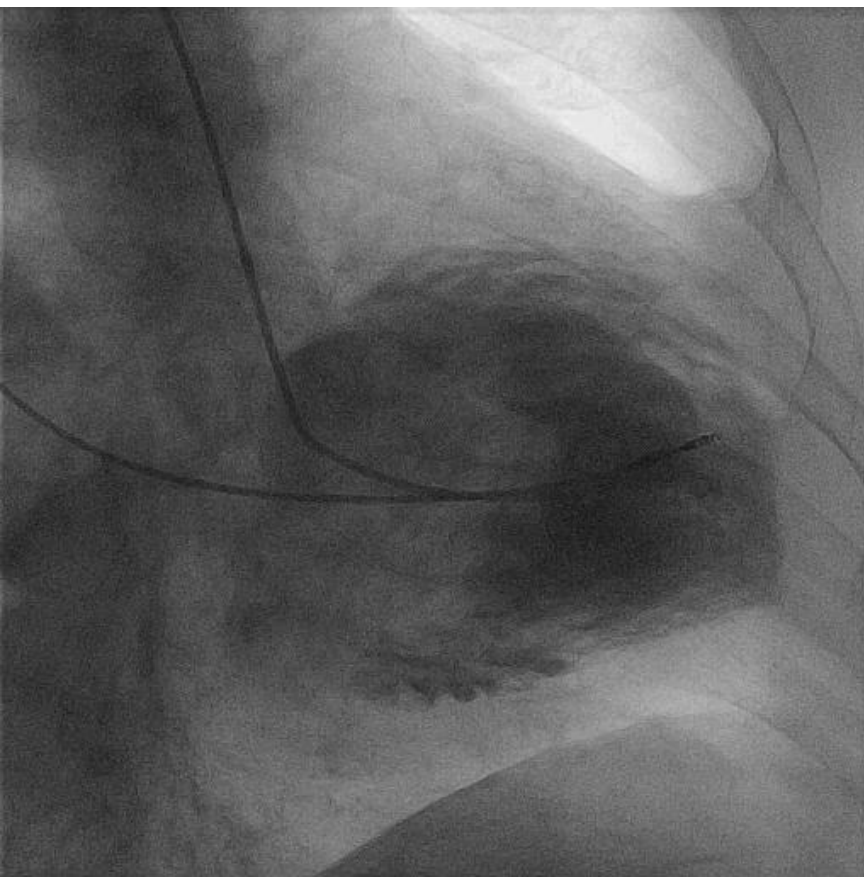
Hodnota nad 25 značí méně významnou vadu

Pulsus bisferiens - HOCM nebo AoReg



Mitrální regurgitace

- Vysoká vlna „v“ v zaklínění – definována jako ≥ 2 x vyšší než střední tlak v zaklínění (LS). Není příliš spolehlivý parametr.
- Postkapilární plicní hypertenze

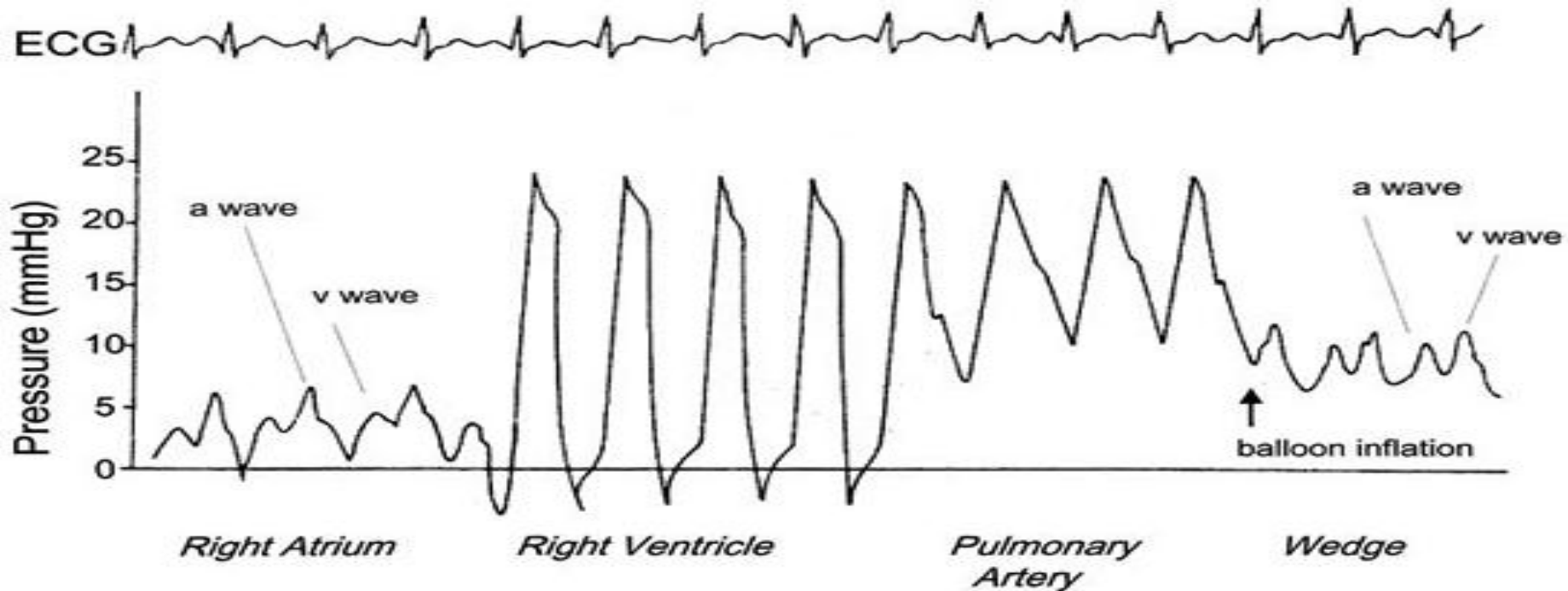


Source: Fauci AS, Kasper DL, Braunwald E, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, Loscalzo J: *Harrison's Principles of Internal Medicine*, 17th Edition: <http://www.accessmedicine.com>

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Plicní hypertenze

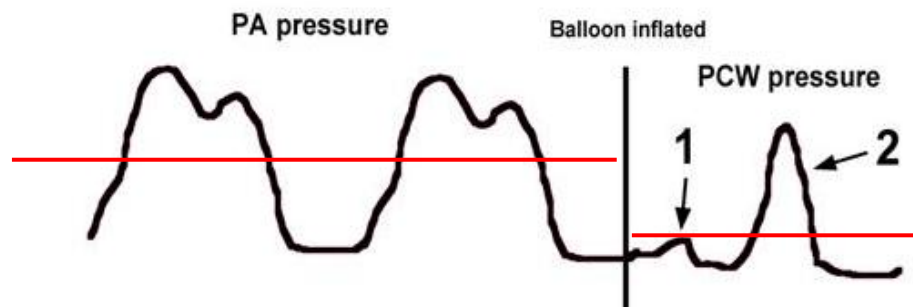
- Obecně – známka horší prognózy mnoha diagnóz



Tabulka 3 Stupně závažnosti plicní hypertenze

	<i>Lehká</i>	<i>Střední</i>	<i>Těžká</i>
Střední tlak v plicnici (mm Hg)	26-35	36-45	>45
Systolický tlak v plicnici (mm Hg)	36-45	46-60	>60

Plicní hypertenze



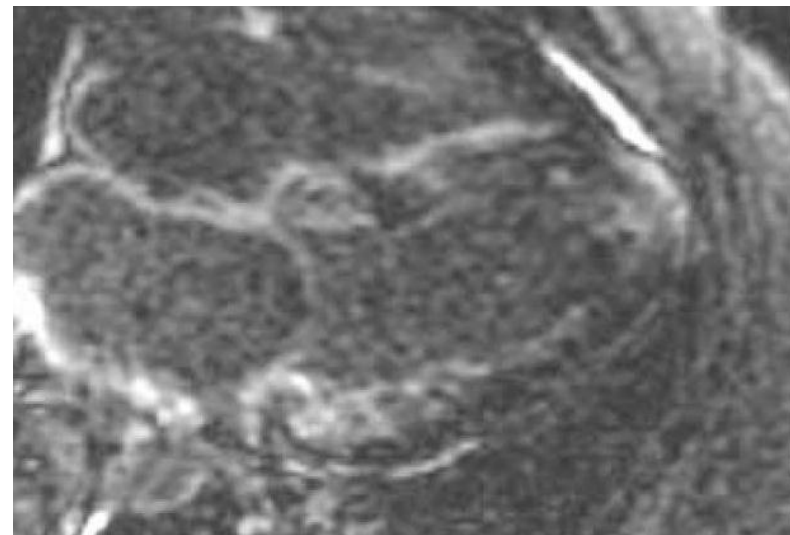
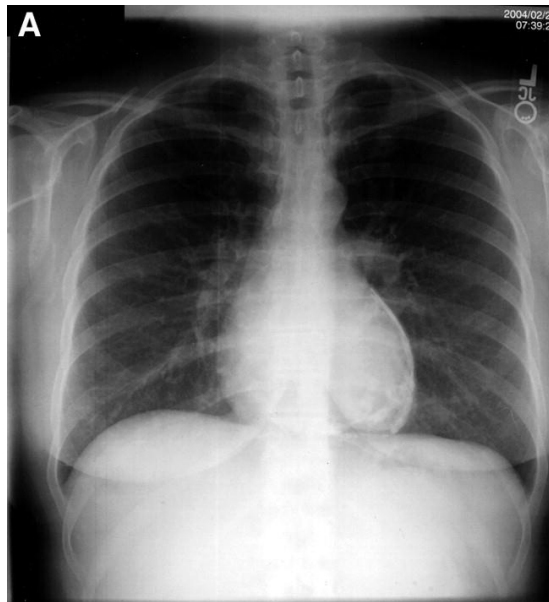
Transpulmonální gradient
 $PA_{\text{mean}} - PCW_{\text{mean}}$

Tabulka 1. Hemodynamické rozdělení plicní hypertenze (PH) (střední tlak v plicnici 25mmHg a více)

		Tlak v zaklínění (mmHg)	Transpulmonální gradient	Srdeční výdej	Klinická skupina
<u>Prekapilární PH</u>		≤15		snížený či normální	1,3,4,5
<u>Postkapilární PH</u>		>15			
	pasivní		≤12	snížený či normální	2
	reaktivní, dříve smíšená PH		>12	snížený či normální	2
Hyperkinetická		≤15	>10	zvýšený (plicní průtok)	část 1.4

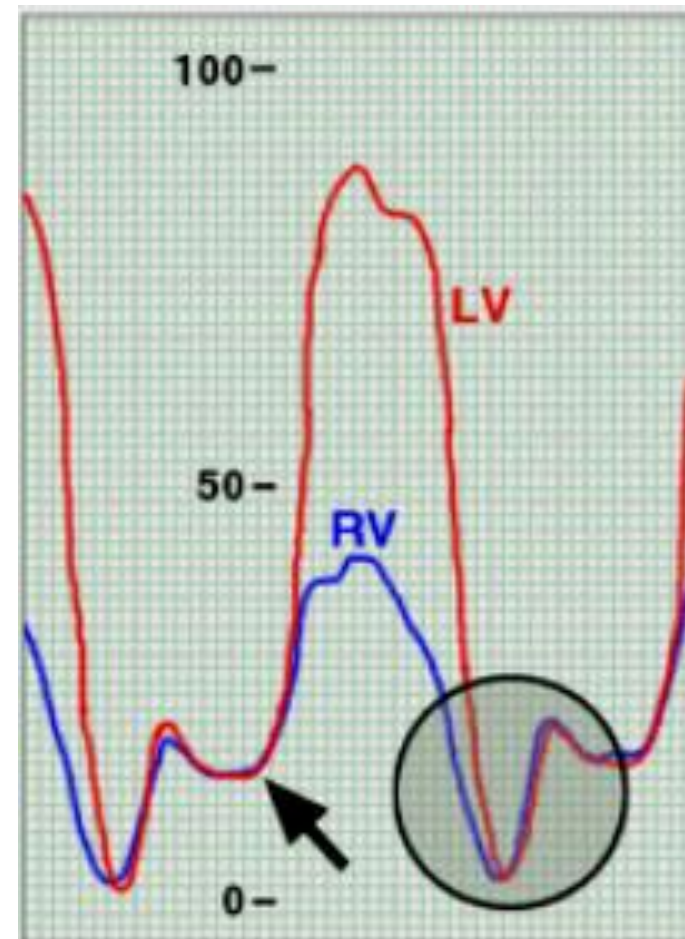
Konstrikce versus Restrikce

- Pravostranné srdeční selhání u pacienta s normální EF LK
- Přibývá pacientů po radiaci hrudníku a chemoterapii a pacientů po sternotomii
- Moderní zobrazovací metody mohou významně pomoci – např. kalcifikace perikardu na angiografii či CT, typický nálezn na MRI u amyloidosy

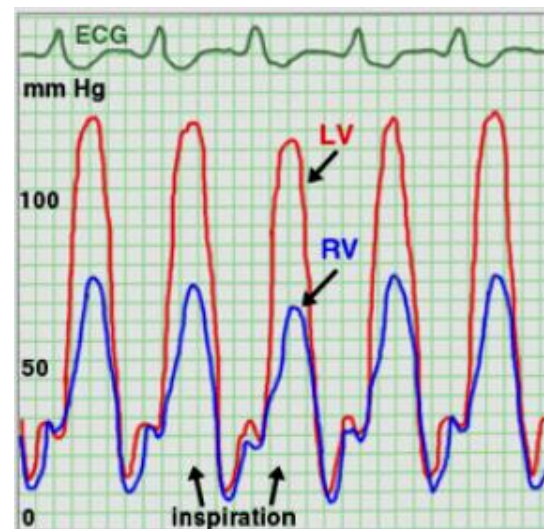
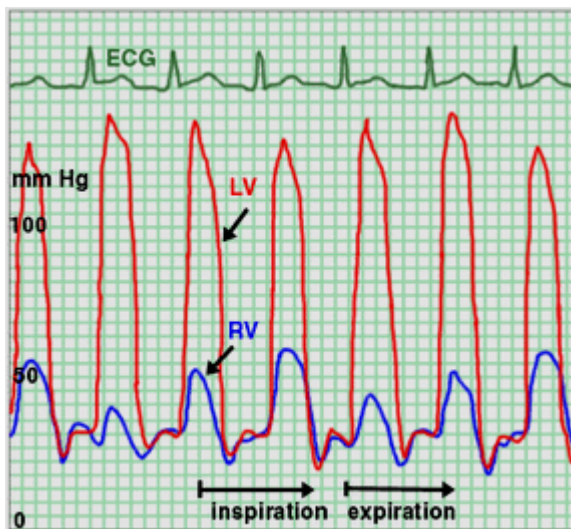


Konstrikce versus Restrikce

- Dip a plateau
- Ekvalizace tlaků v LK a PK v diastole
- U pacientů vyšetřovaných ve stabilním stavu s normálním tlakem v PS může být nutná objemová zátěž k detekci těchto znaků



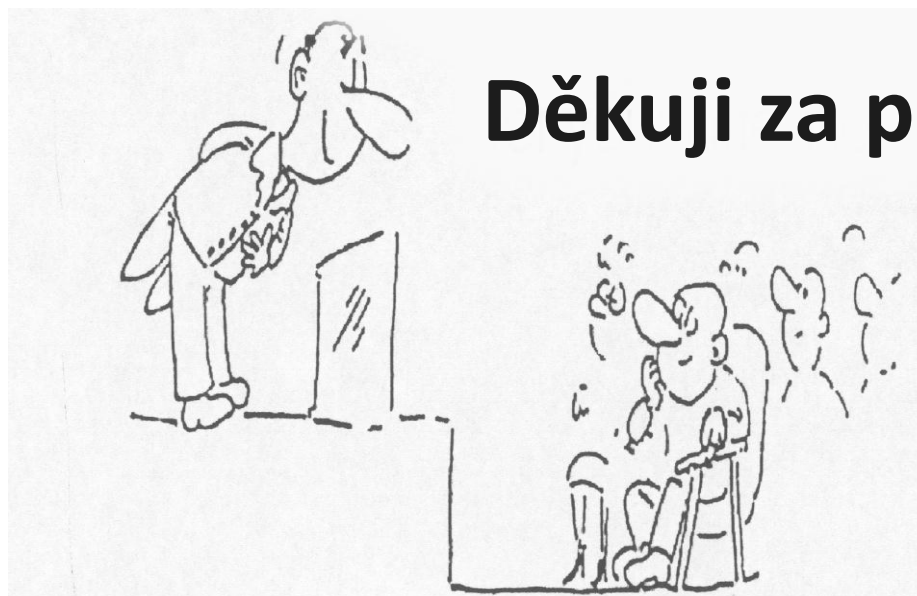
Konstrikce versus Restriktice



	Constrictive Pericarditis	Restrictive Cardiomyopathy
End diastolic pressure equalization (LVED-RVED)	≤ 5 mm Hg	> 5 mm Hg
Pulmonary artery pressure	< 55 mm Hg	> 55 mm Hg
RVEDP / RVSP	$> 1/3$	$\leq 1/3$
Dip-plateau morphology	LV rapid filling wave > 7 mm Hg	LV rapid filling wave ≤ 7 mm Hg

Závěr

- Hemodynamické vyšetření v katetrizační laboratoři v 21. století není nikdy rutinní – diagnosa u typických a jednoduchých nálezů je stanovena pomocí neinvazivních metod a invazivní vyšetření je indikováno pouze u komplikovaných stavů
- Individuální přístup a precizní technika je zásadní



Děkuji za pozornost



Zdroje



- **Databáze hemodynamických vyšetření, Oddělení invazivní kardiologie, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady**
- **Základy invazivní hemodynamiky, Jiří Widimský, Petr Widimský, Triton**
- **Morton J Kern, The Cardiac Catheterization Handbook, Mosby**
- **Hemodynamics in the Cardiac Catheterization Laboratory of the 21st Century, Nishimura and Carabello, *Circulation*. 2012;125:2138-2150**
- **Hemodynamic Principles, Alan Keith *Berger*, MD. Divisions of Cardiology and Epidemiology. University of Minnesota. Minneapolis**
- http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.med.umn.edu%2Fintcardio%2Fcurriculum%2Fmodules%2FHemodynamic%2FHemodynamic_files%2FHemodynamic.ppt&ei=BzWVUt28J4KFhQfWqIH0Aw&usg=AFQjCNHYBVT02dOen1wQrCc4egMVcoSQkg