

# Katetrizace srdečních vad

Doc. MUDr. Josef Štásek, Ph.D.

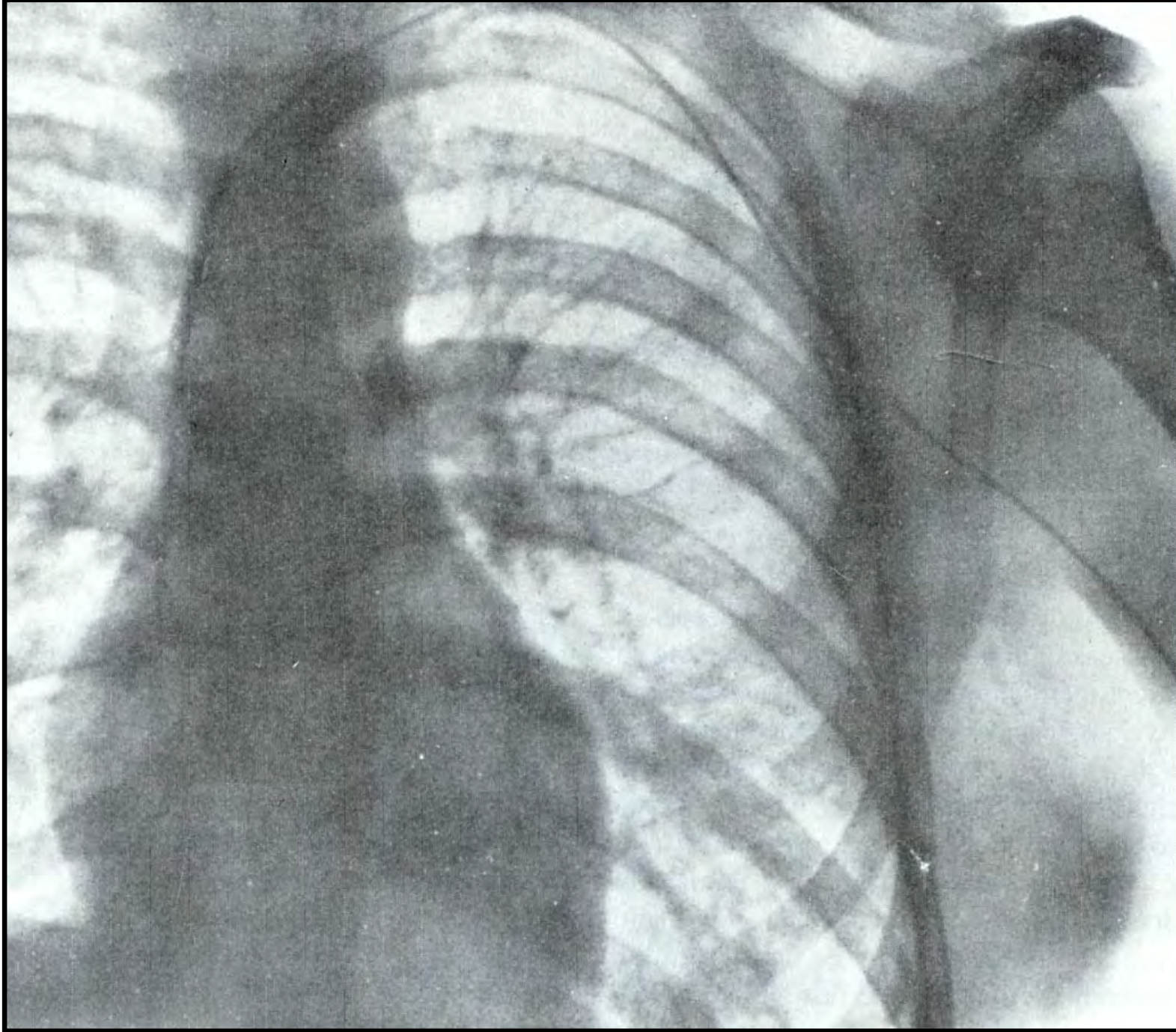
Univerzita Karlova v Praze

I. interní kardiologická klinika

FN a LFUK Hradec Králové

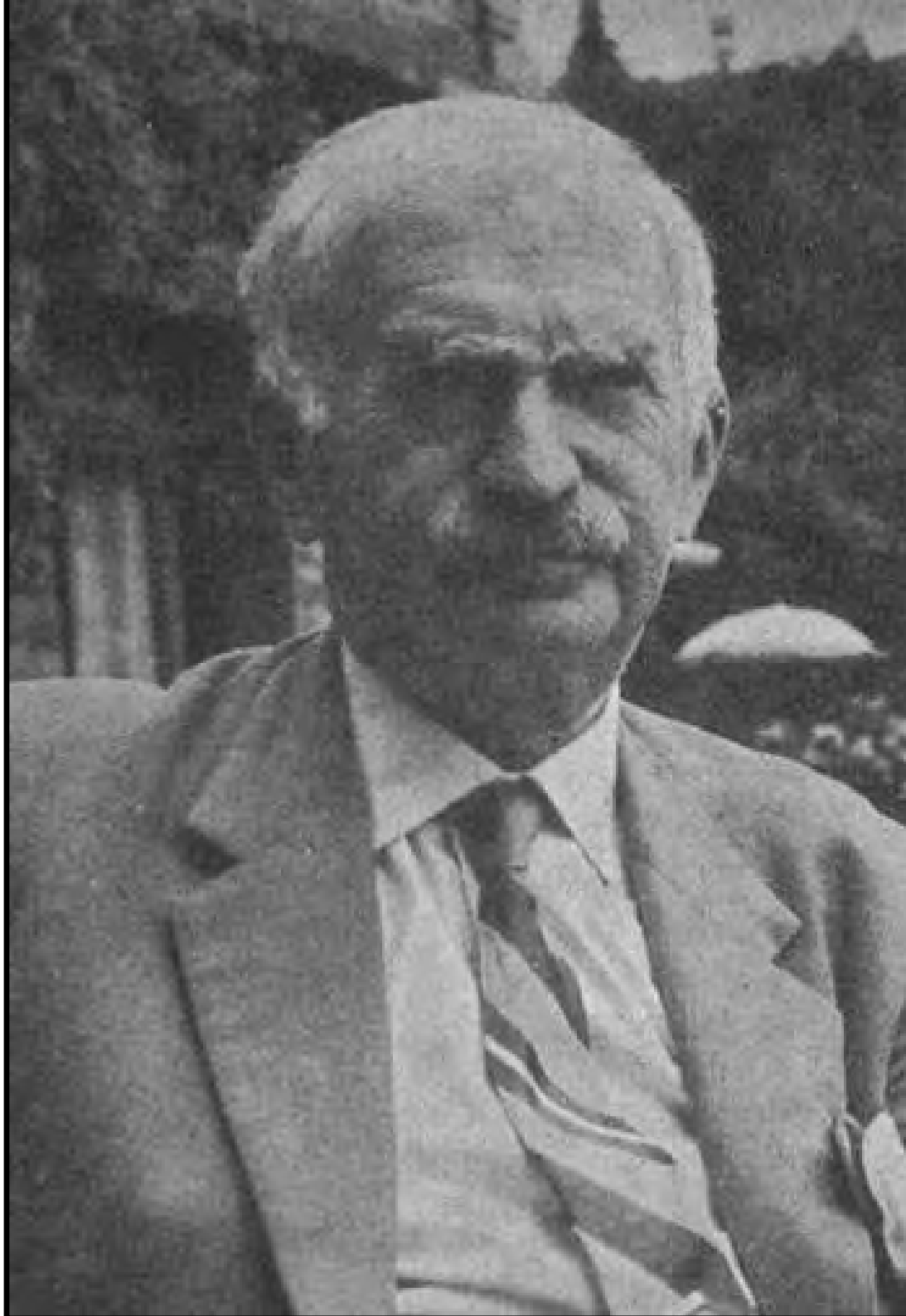
# Historie - hemodynamika

- 1929 Forsman - 1. katetrizace I. síně
- 1930 Klein - 1. katetrizace s měřením MV
- 1945-1955 Cournard, Richards - komplexní rozpracování hemodynamických katetrizačních metod
- Ganz, Endrys, Steinhardt



- X-ray record showing the catheter in the right atrium

- Otto Klein



# Münchener Medizinische Wochenschrift

Nr. 31. 1. August 1930

Schriftleitung: Dr. Hans Spatz, Arnulfstraße 26, unter ständiger Mitarbeit der Herren  
Kerscheneiner, Krecke und Lange / Verlag: J. F. Lehmann, Paul Heyse-Straße 26

77. Jahrgang

Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Originalbeiträge vor.

## Originalien.

Aus der II. Deutschen medizinischen Universitätsklinik in  
Prag. (Vorstand: Prof. Dr. W. Nonnenbruch.)

### Zur Bestimmung des zirkulatorischen Minutenvolumens beim Menschen nach dem Fickschen Prinzip.

(Gewinnung des gemischten venösen Blutes mittels Herz-  
sondierung.)

Von Priv.-Doz. Dr. O. Klein.

Zur Bestimmung des Minutenvolumens des Herzens nach dem Fickschen Prinzip beim Menschen, war es bisher notwendig, den Gasgehalt des gemischten, venösen, in die Lunge einfließenden Blutes auf indirektem Wege zu ermitteln. Die Methode von Fick beruht bekanntlich darauf, das Volumen der in einer Minute vom Herzen geförderten Blutmenge aus der Größe des Lungengaswechsels und der Differenz im Gasgehalt zwischen arteriellem und venösem Blute zu berechnen.

Das Nähere geht man dabei so vor, daß die Differenz des Sauerstoffgehaltes des arteriellen und des gemischten venösen Blutes oder die Differenz des Kohlendioxidgehaltes zwischen venösem und arteriellem Blut bestimmt wird, die Sauerstoffaufnahme bzw. die Kohlendioxidabgabe in den Lungen pro Minute festgestellt und diese Größen miteinander in Beziehung gesetzt werden: <sup>1)</sup>

$$\text{Min.-Vol.} = \frac{G \text{ O}_2 \times 100}{\text{O}_2 (a) \% - \text{O}_2 (v) \%} \quad \text{oder} \quad \text{Min.-Vol.} = \frac{G \text{ CO}_2 \times 100}{\text{CO}_2 (v) \% - \text{CO}_2 (a) \%}$$

<sup>1)</sup>  $G_1$  = Sauerstoffverbrauch pro Minute.  $\text{O}_2 (a)$  = Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes.  $\text{O}_2 (v)$  = Sauerstoffgehalt des gemischt-venösen Blutes.  $G \text{ CO}_2$  =  $\text{CO}_2$ -Abgabe pro Minute.  $\text{CO}_2 (v)$  =  $\text{CO}_2$ -Gehalt des venösen Blutes.  $\text{CO}_2 (a)$  =  $\text{CO}_2$ -Gehalt

des arteriellen Blutes.  $\text{CO}_2 (a)$  =  $\text{CO}_2$ -Gehalt des arteriellen Blutes.

Es erschien daher vom methodischen Standpunkt aus erforderlich, den Gasgehalt des gemischten venösen Blutes womöglich auf direktem Wege zu ermitteln. Der Gewinnung von gemischtem venösem Blut durch Punktion des Herzens stehen begreiflicherweise äußere, aber auch methodische Gründe entgegen. Was die letzteren betrifft, so erscheint die Herzpunktion doch als ein eingreifendes Verfahren und als solches geeignet, durch den starken lokalen Reiz, die intensive Schmerzempfindung und andere Faktoren, wie sie durch den Einstich in die Thoraxwand und in das Perikard notwendigerweise mitbedingt sind, zum Teil aber auch durch Einwirkung auf die Psyche, Atmung und Kreislauf in weitgehenderem Grade zu beeinflussen.

Demgegenüber machten uns die Gewinnung von Blut aus dem rechten Herzen nach dem von Forssmann <sup>2)</sup> inaugurierten Verfahren der Vorhofsondierung für unbedenklich, nachdem wir uns in Vorversuchen von der bei Einhaltung bestimmter Vorsichtsmaßnahmen bestehenden relativen Gefahrlosigkeit der Sondierung überzeugt haben. Als Sonde benutzten wir einen röntgendichten Direktionskatheter von der Lumenweite Nr. 6. Dünners Katheter zu verwenden — Forssmann sondierte mit dem Katheter Nr. 2 — ist nicht zu empfehlen, da man zur Gewinnung von Blut bei Kathetern mit engem Lumen eine große Saugkraft anwenden muß und es dabei leicht vorkommt, daß man bei der Blutentnahme Luft in die Spritze mit ansaugt, wodurch die gewonnene Blutprobe für die Gasanalyse unbrauchbar wird. Die Sonde wird mit kleinstem sterilem Öl eingedrückt, durch die Venesektionsöffnung in die Hautvene eingeführt <sup>3)</sup>. Es ist zu empfehlen, zur Sondierung eine Hautvene zu wählen, deren Verlauf medianwärts geht, da in lateralwärts verlaufenden Venen

- Front page of the *Münchener Medizinische Wochenschrift*

# Katetrizace srdečních vad

- Má vůbec smysl v současné době katetrizovat srdeční vady ?
- Kdy katetrizovat srdeční vadu?
- Jak katetrizovat srdeční vady?
- Které srdeční vady katetrizovat?
- Jaké informace od katetrizace požadujeme?

# Katetrizace srdečních vad

- Jaké informace od katetrizace požadujeme?
  - koronarografické vyšetření před chirurgickým nebo intervenčním řešením vady
  - vyšetření hemodynamiky

# Katetrizace srdečních vad

## stenózy chlopní



1230546 Name: Durcik, Josef Date: 13.02.95 Time: 10:26:47 Condition: 1

nce: 16 LV S/D/E 230/-4/10 AD S/D/M 101/76/88

ECG Aortic D/G/A 129/80 LV dP/dt: 2290 dP/dt/P: 39





# Katetrizace srdečních vad

## Měření tlaků

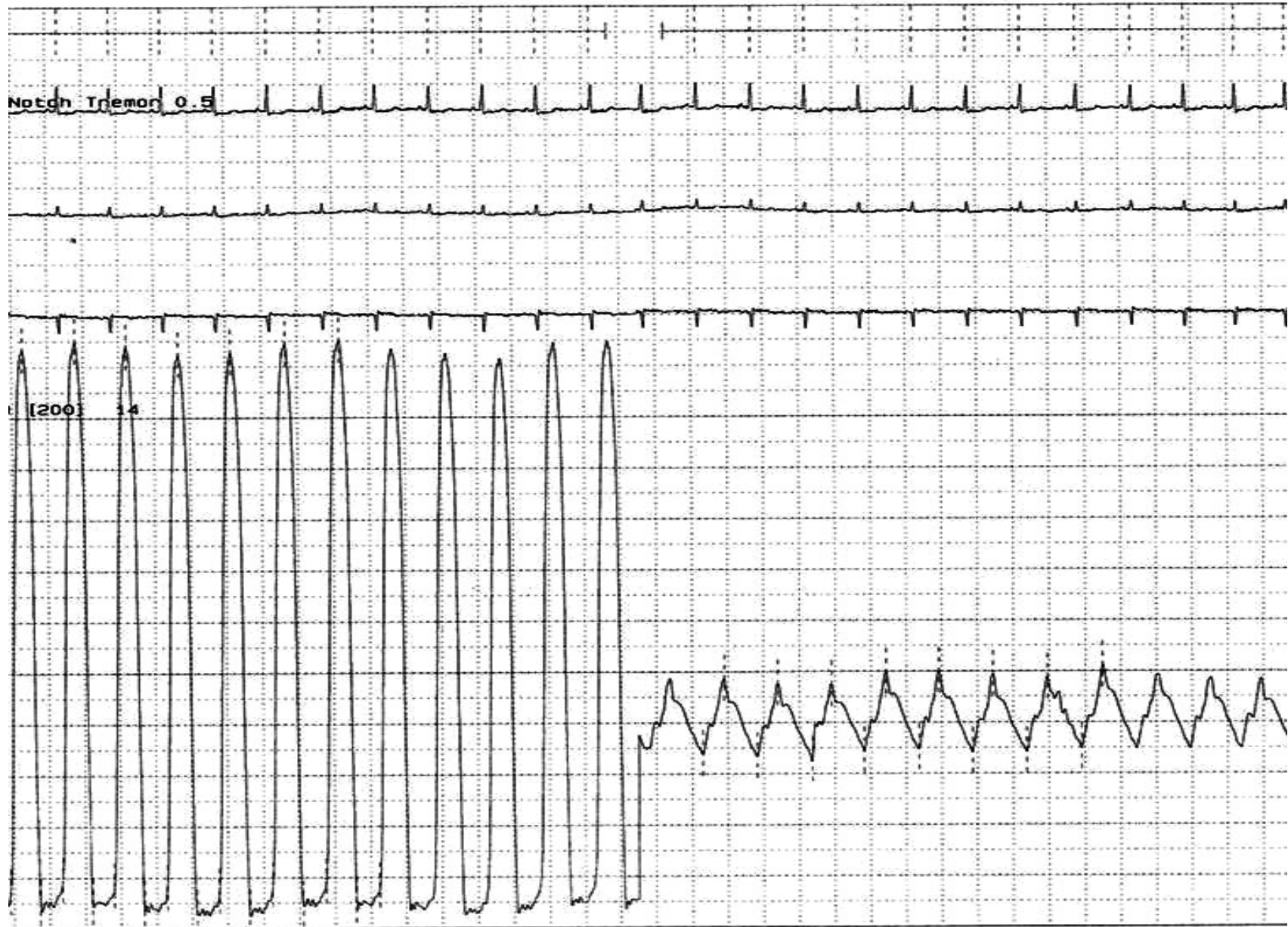
gradient – tlakový rozdíl mezi dvěma oddíly

- *vrcholový gradient ( peak-to-peak)*
- **průměrný** ( rozdíl mezi středními tlaky) (LK-Ao,LK-LS,PK-AP,PK-PS)

gradient – měření

- *dvěma katétry*
- *vytahováním*
- *nepřímo*

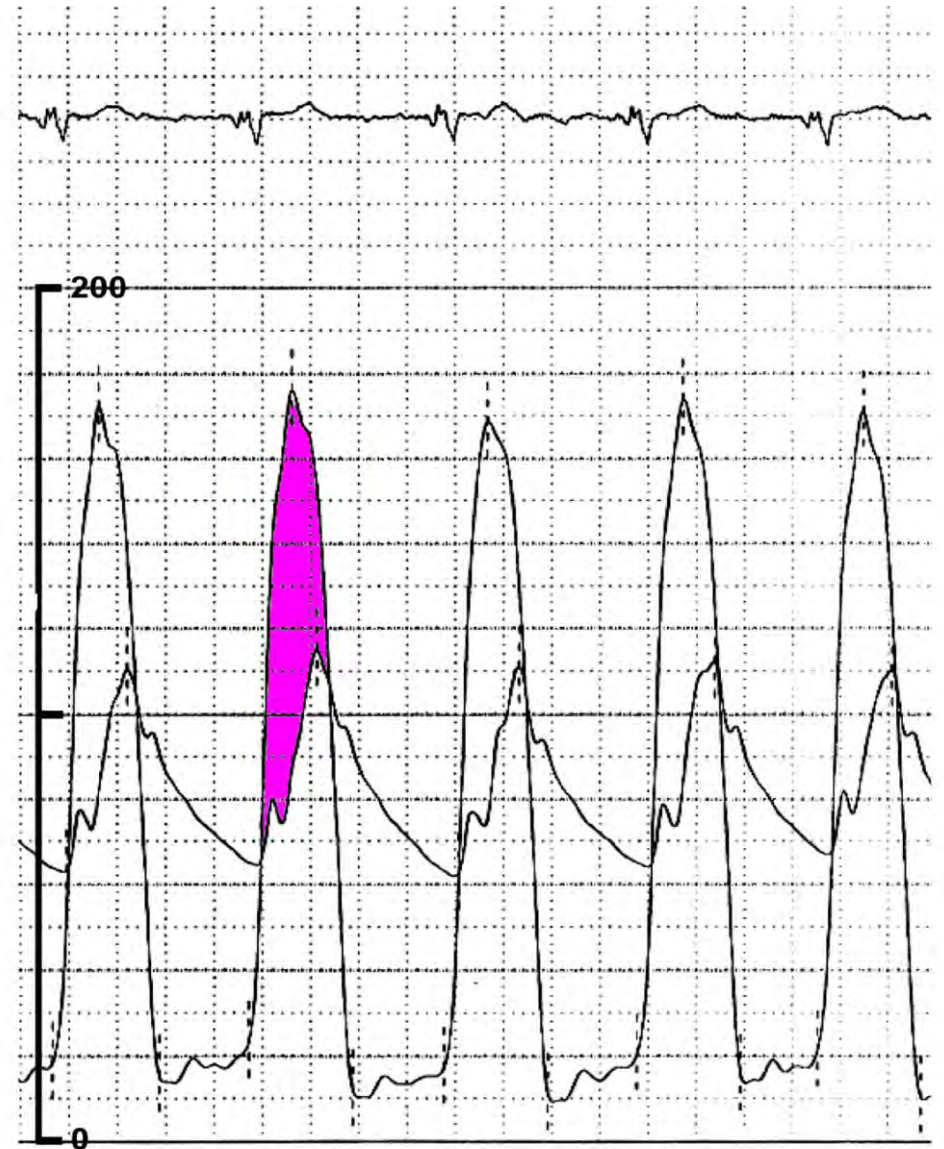
# Katetrizace srdečních vad



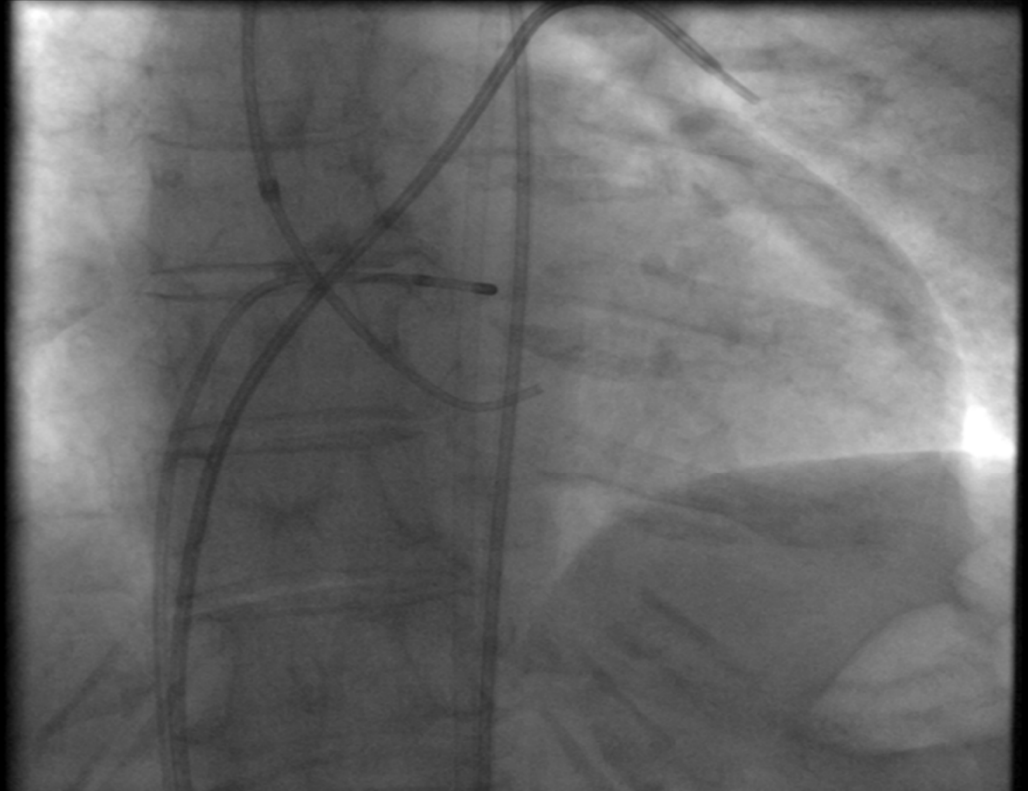
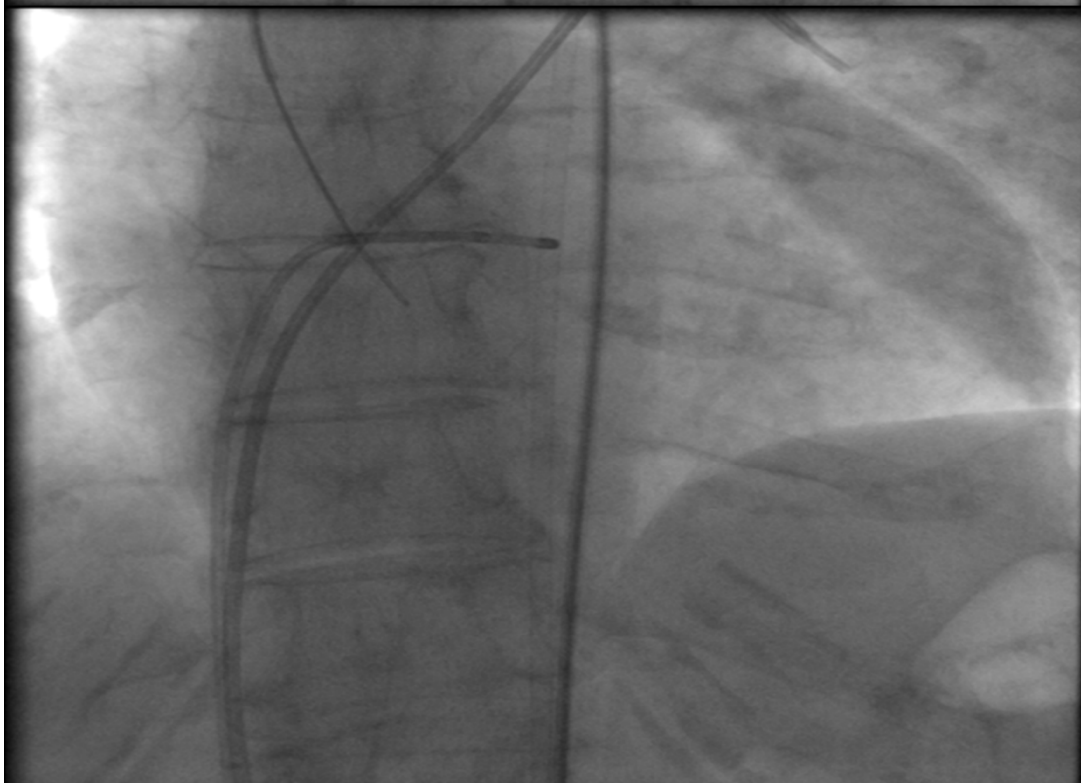
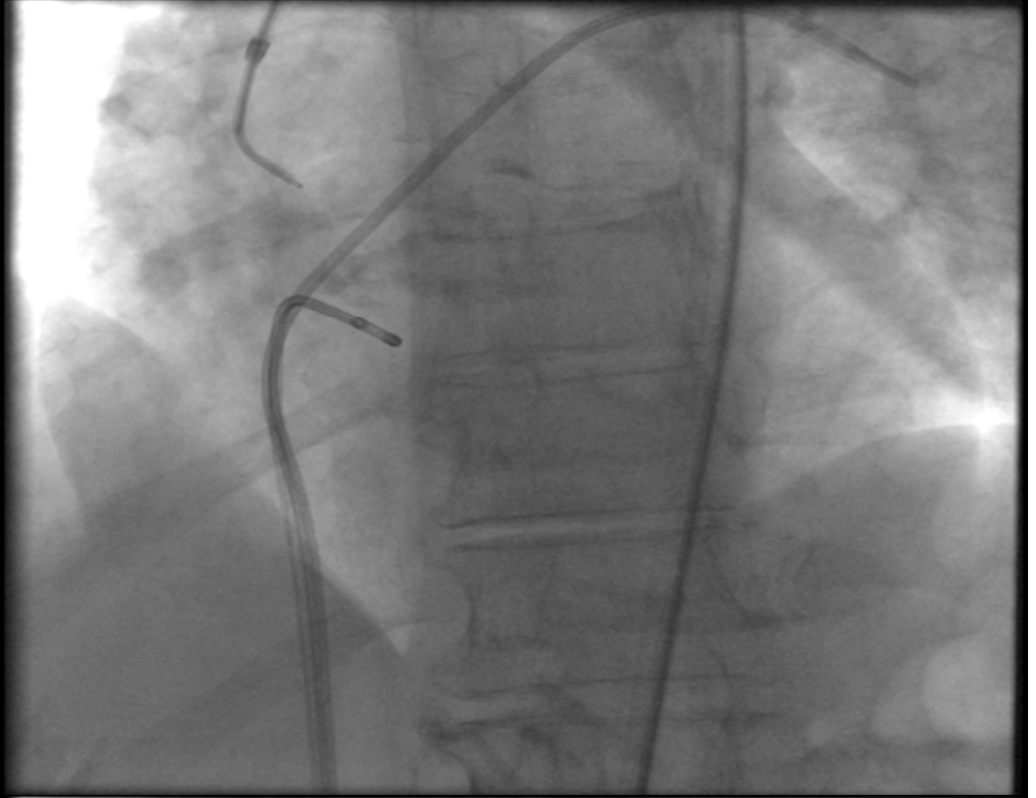
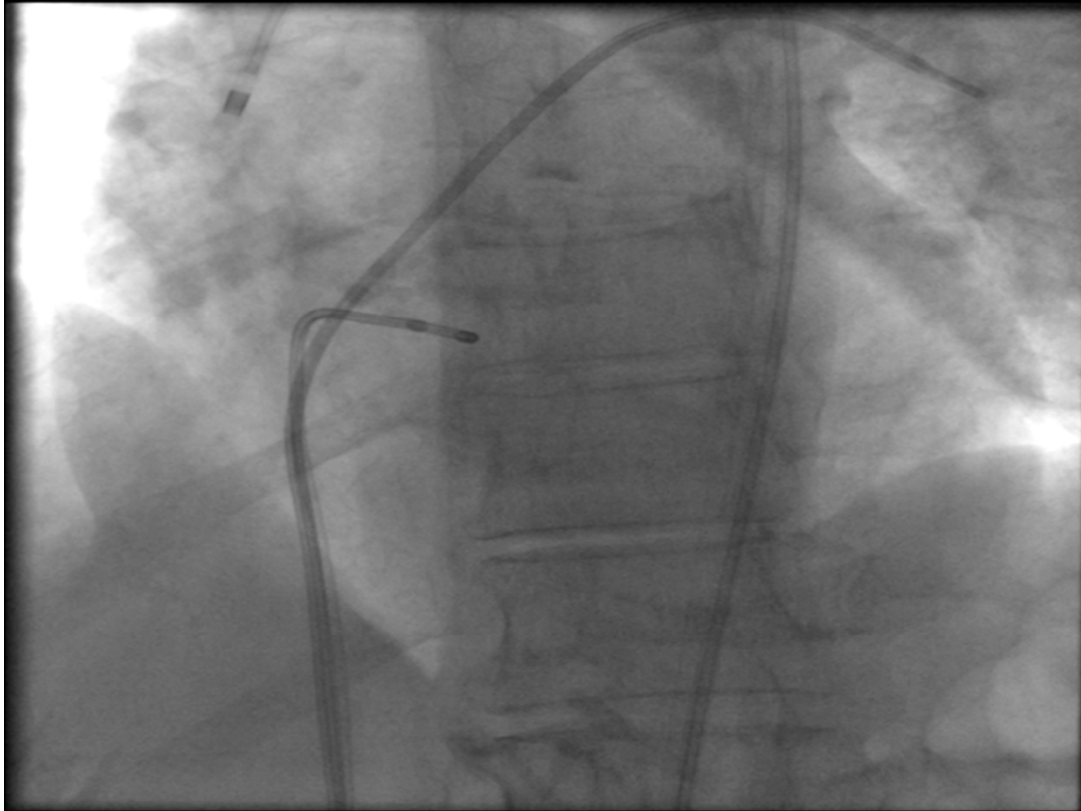
# Katetrizace srdečních vad



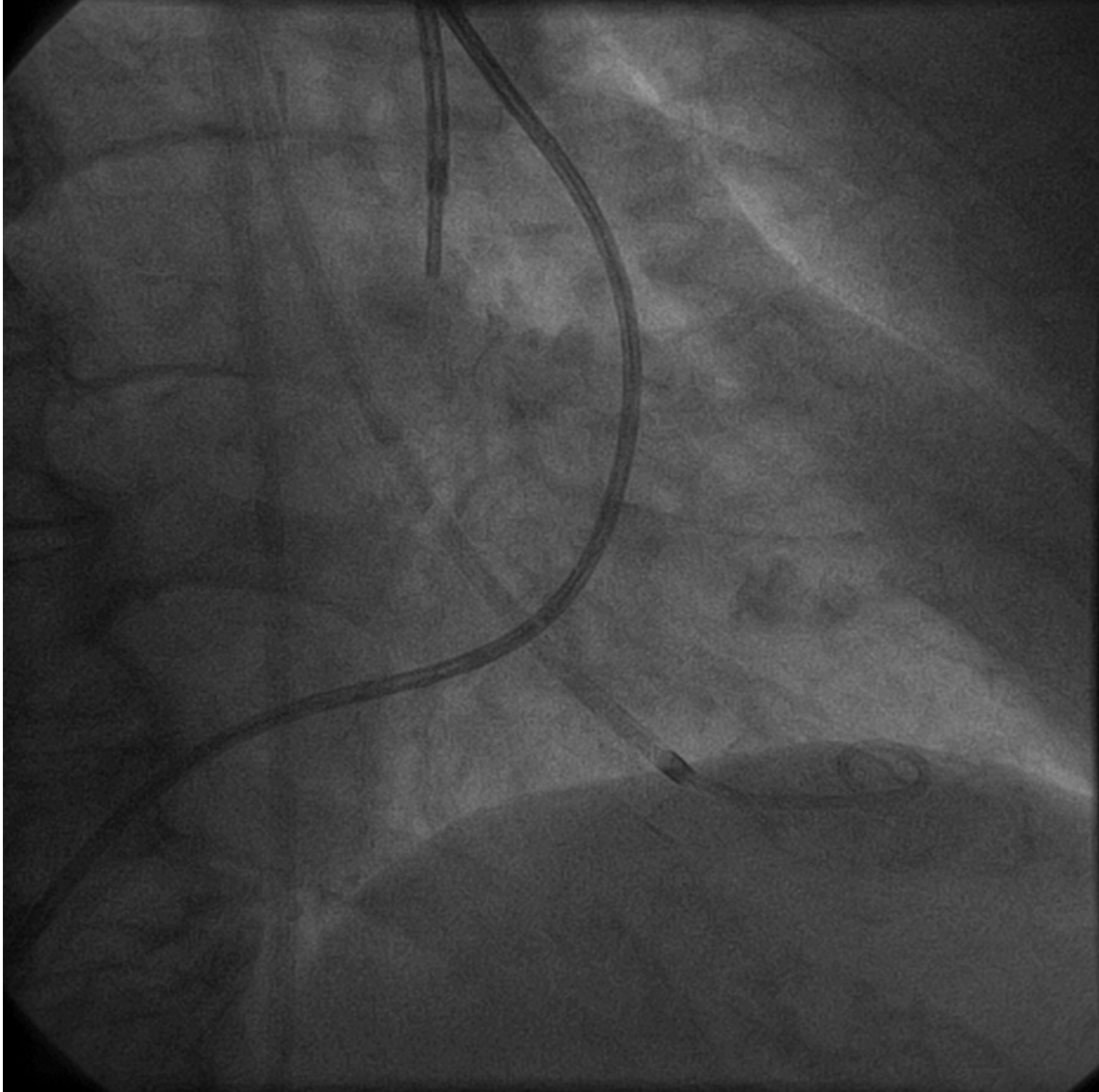
*Ao gradient 24 mmHg*



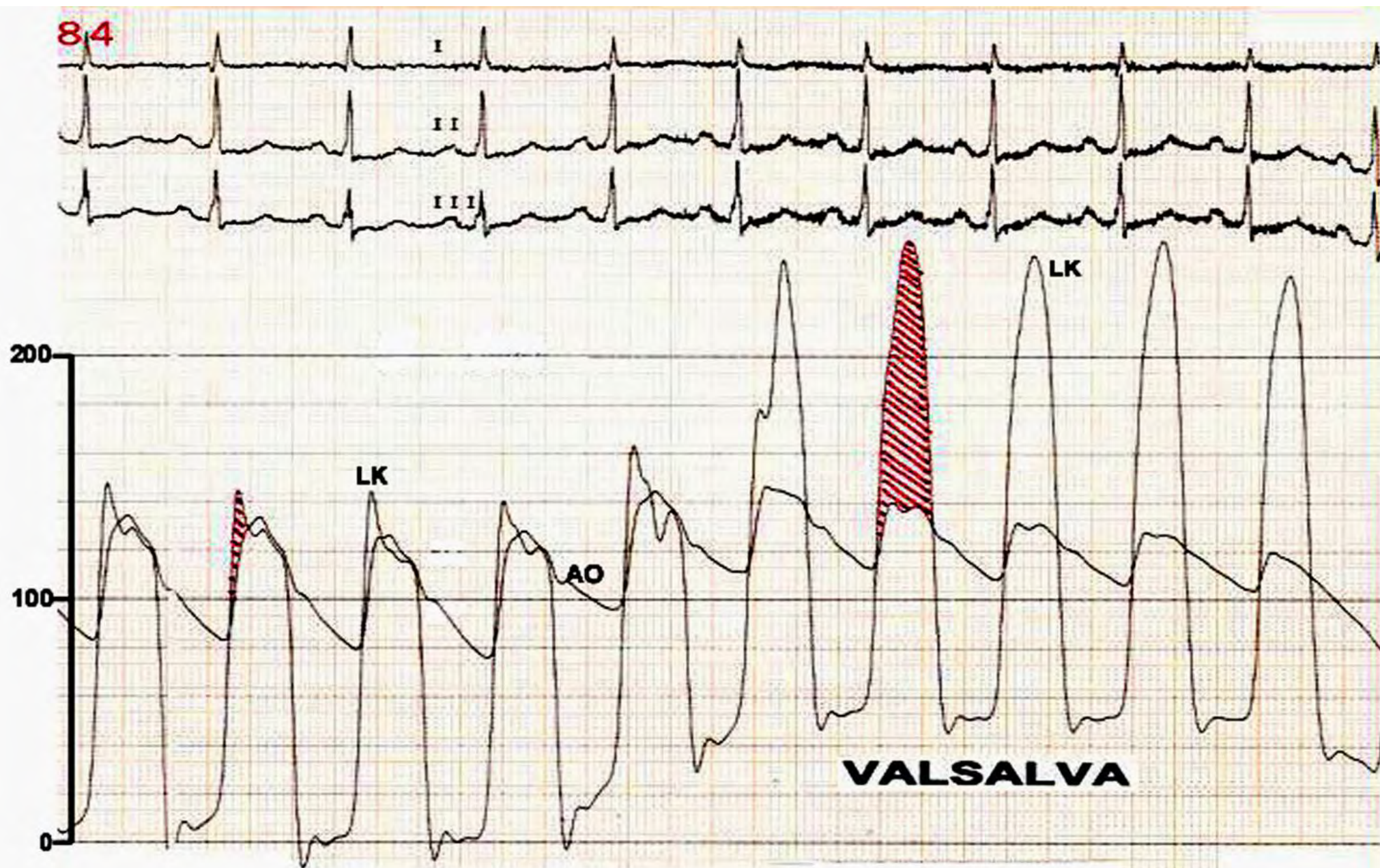
*Ao gradient 50 mmHg*



# Lokalizace stenózy



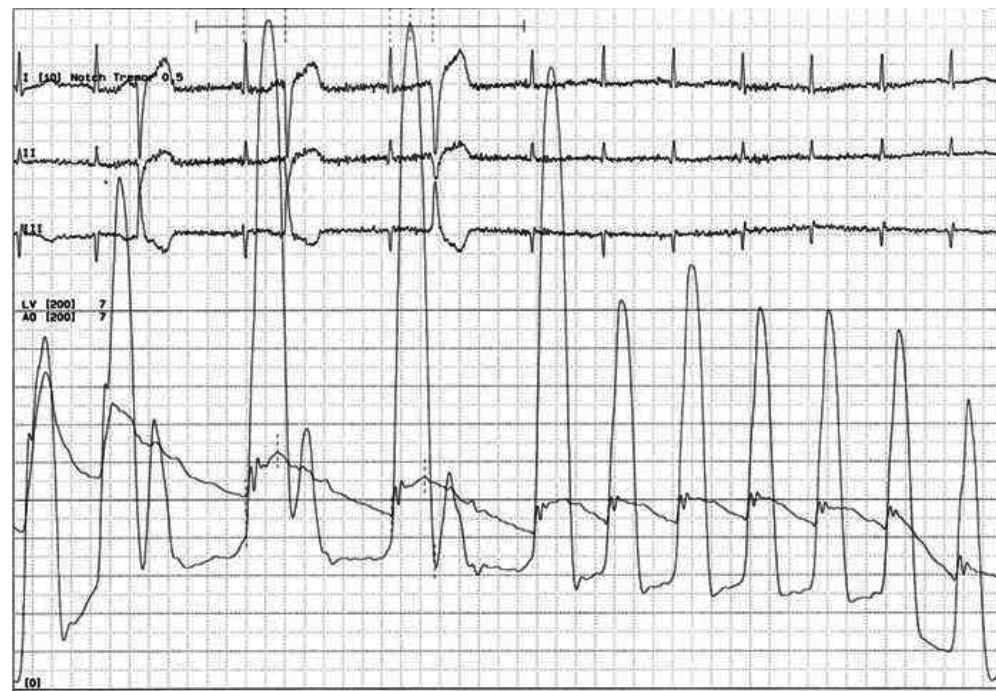
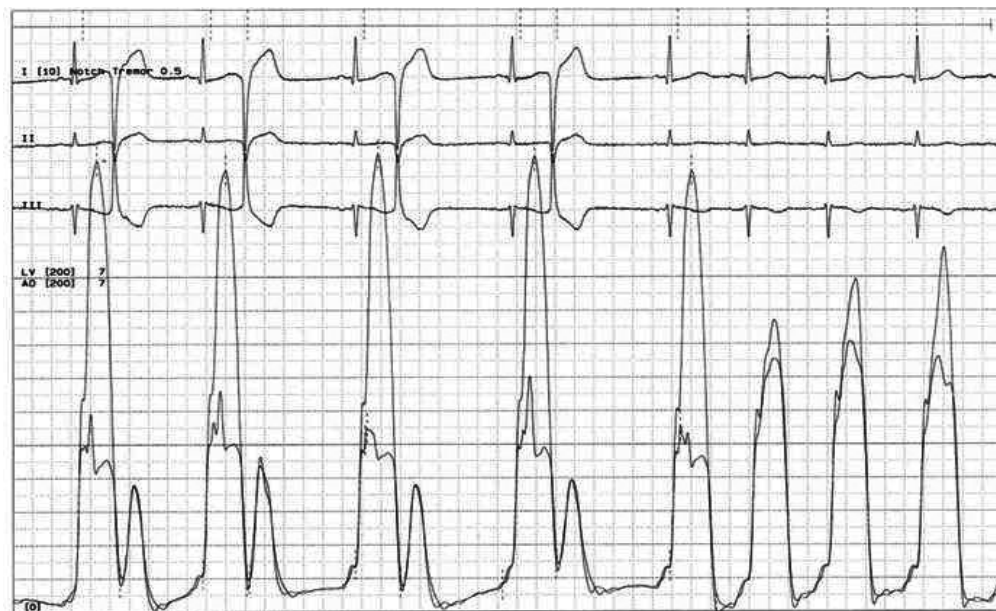
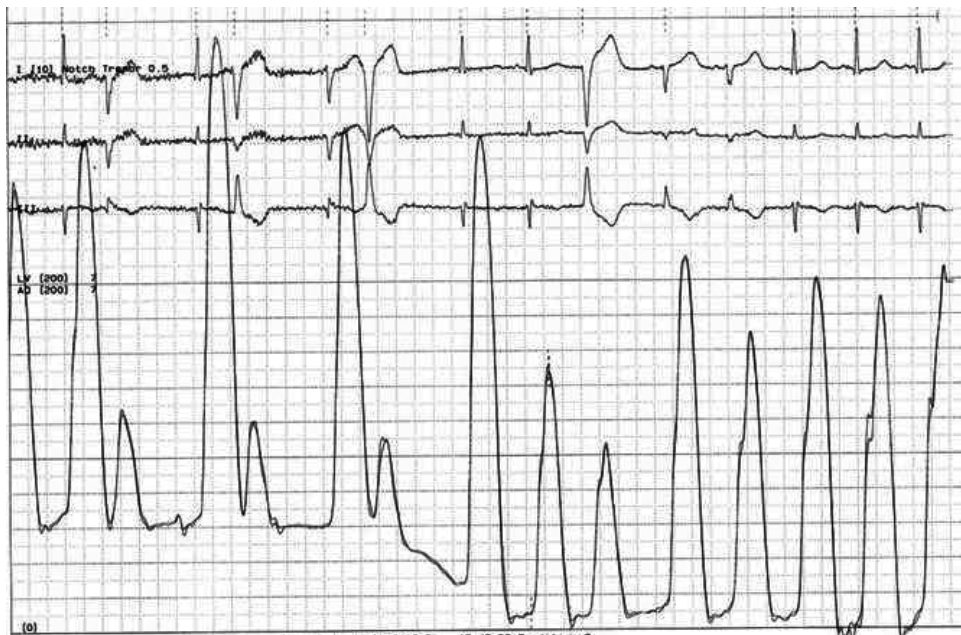
# Katetrizace srdečních vad



# Katetrizace srdečních vad

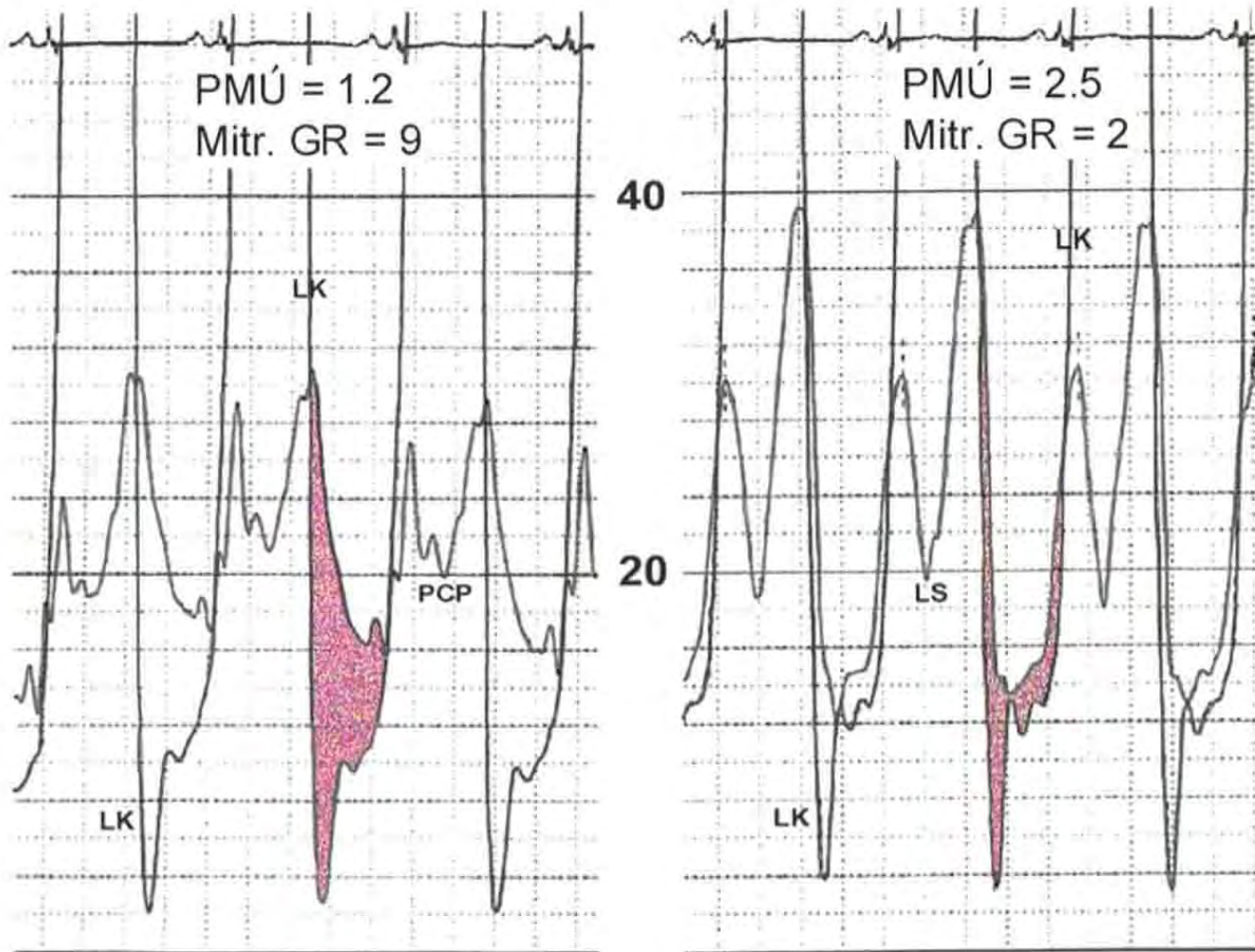


# Katetrizace srdečních vad

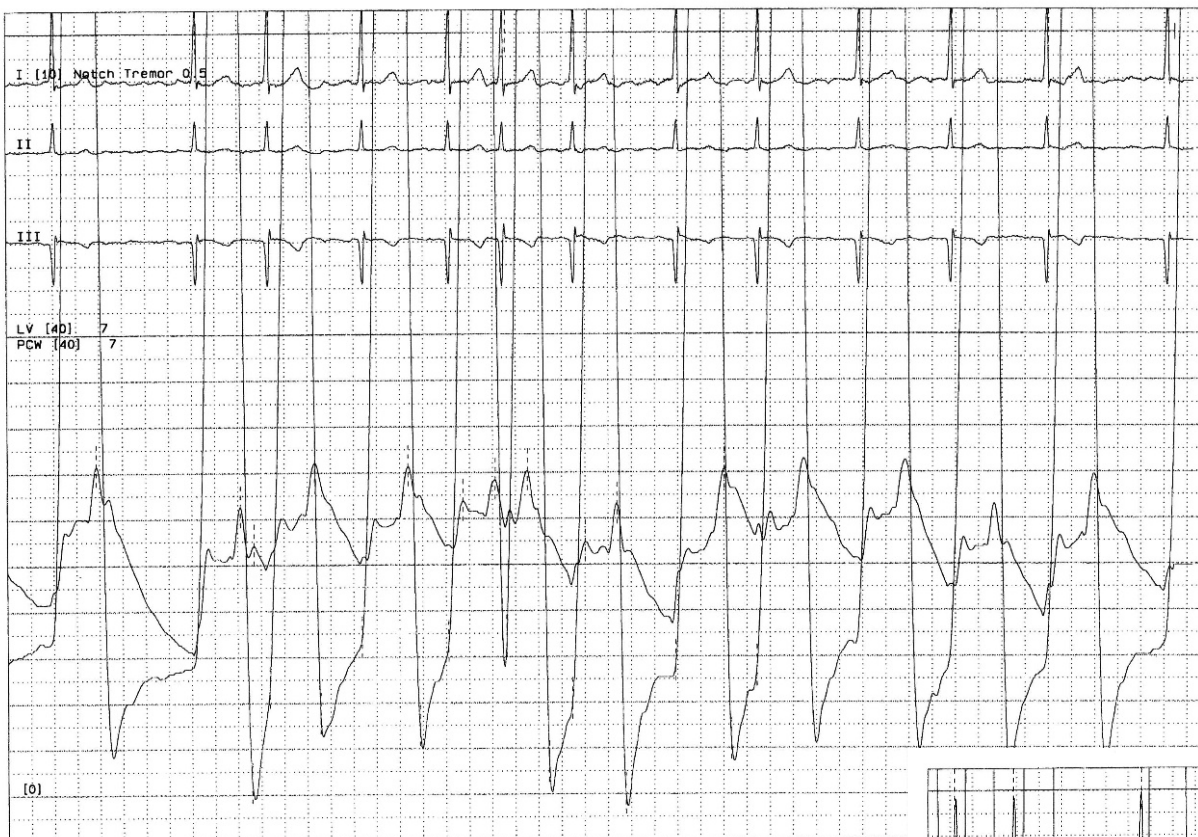




# Katetrizace srdečních vad



**Obr. 99.** Měření mitrálního gradientu u nemocné s ischemickou dysfunkcí levé komory a mírnou až střední mitrální regurgitací. Záznam demonstruje gradient měřený simultánní registrací tlaku LK a PCP (9 mm Hg) ve srovnání s reálným gradientem mezi LK a LS (2 mm Hg). Příčinou chybného změření gradientu je zatlumení PCP křivky, která se však morfologicky jeví jako hodnověrná.



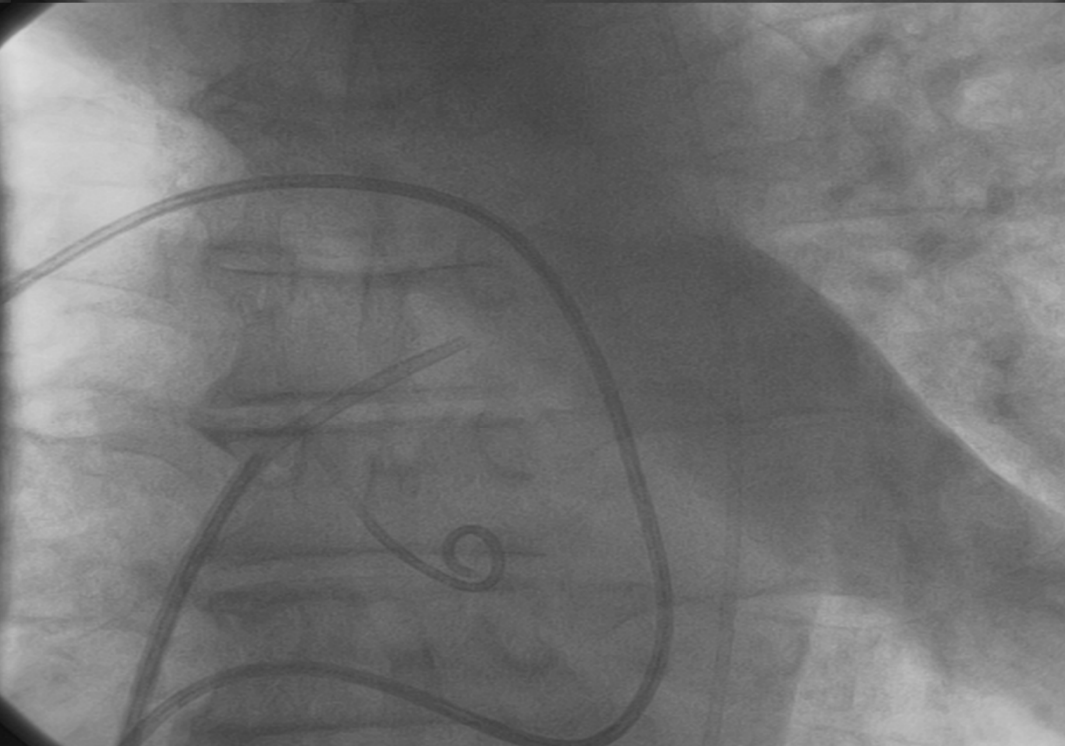
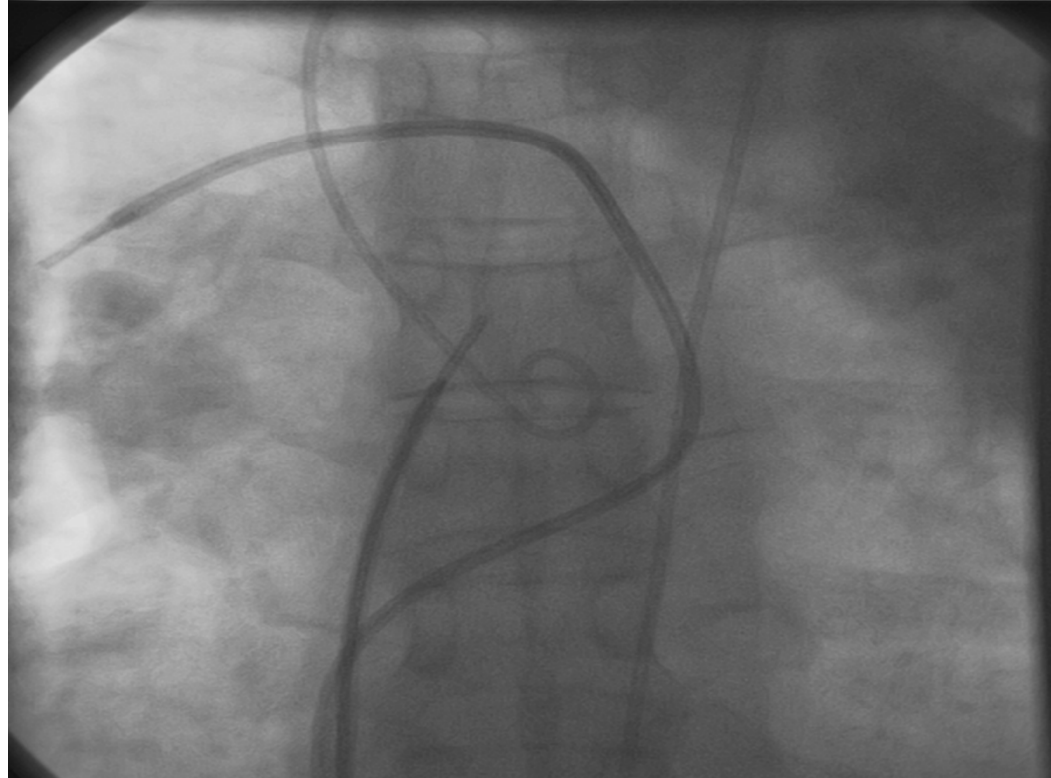
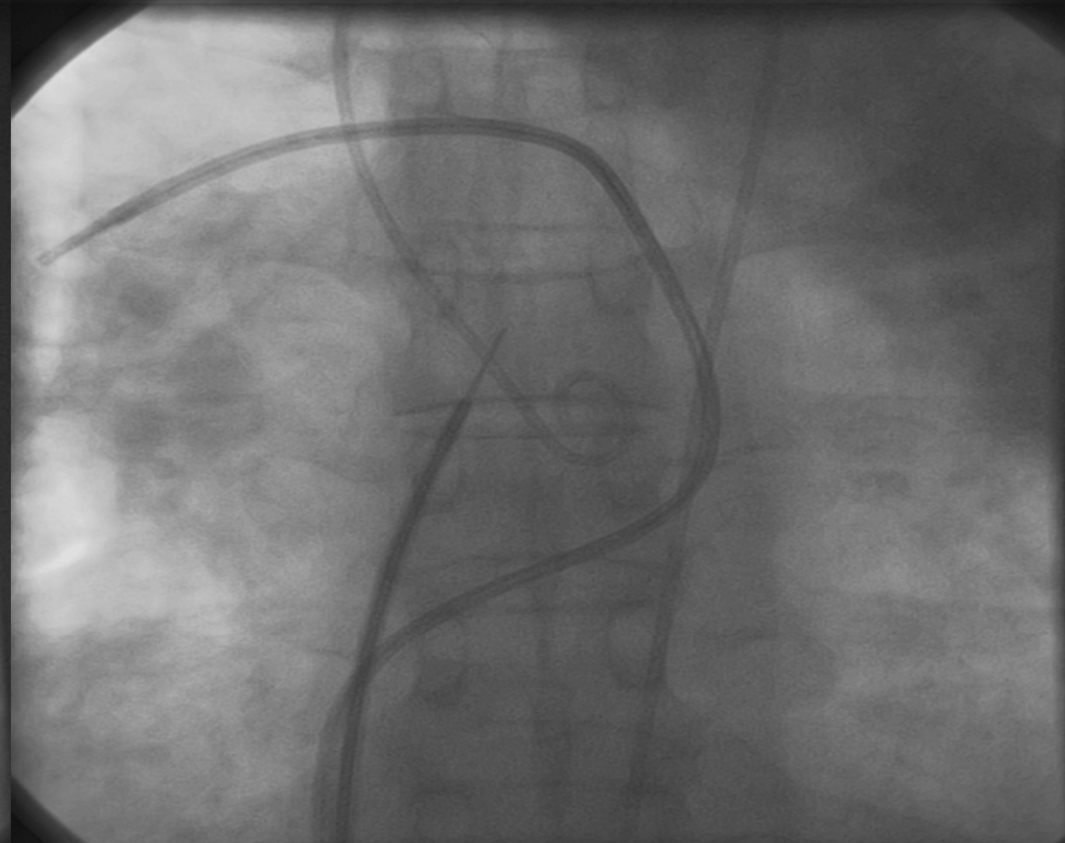
ID: 575918/2286 Name: Novotna, Jadwiga Date: 10.01.2014 Time: 09:11:25 Condition: 1  
Sequence: 7 LV S/D/E 97/5/11 PCW A/V/M 22/28/21 PCW Shift: 80 ms.

**PCW - LK**

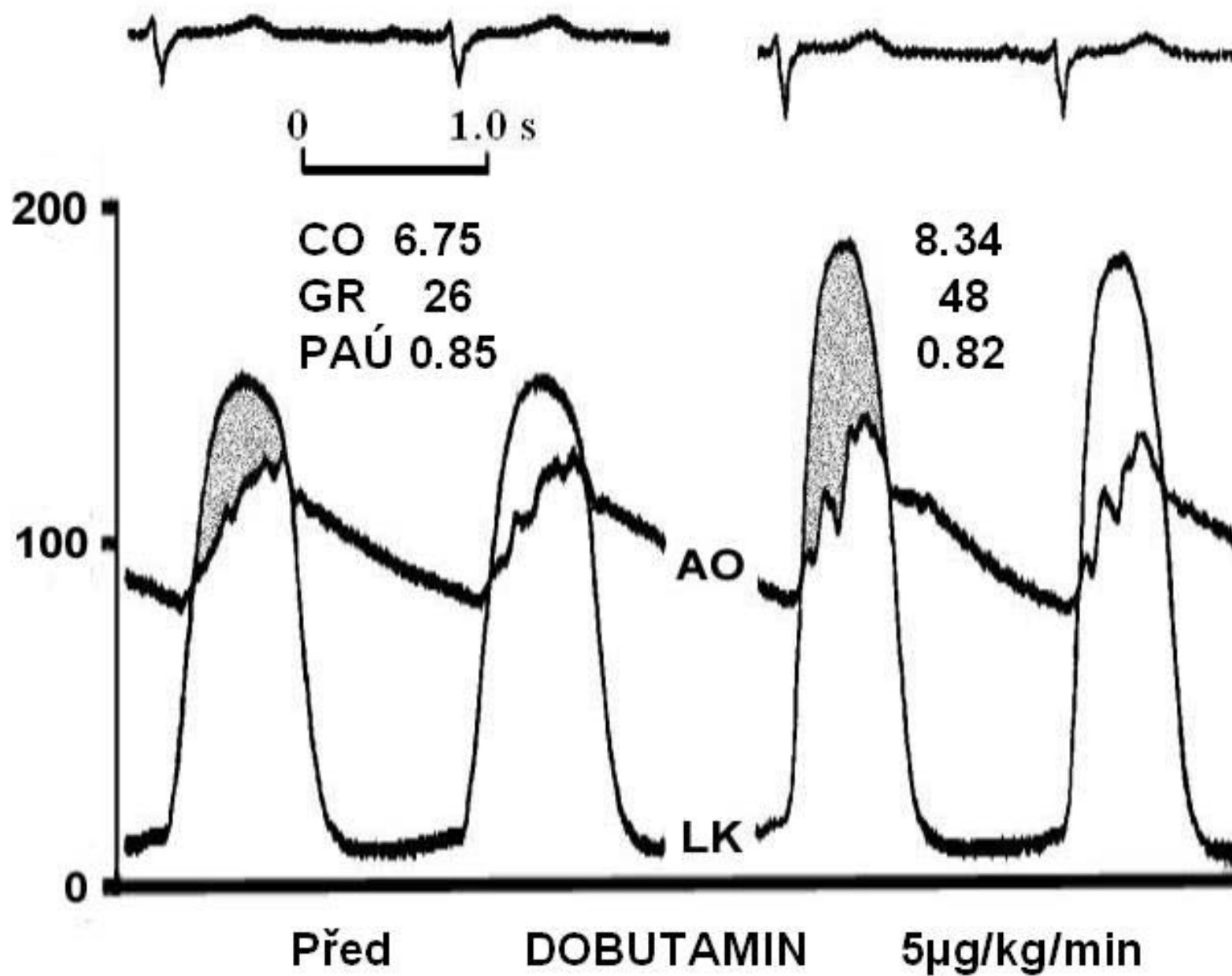
**LS - LK**



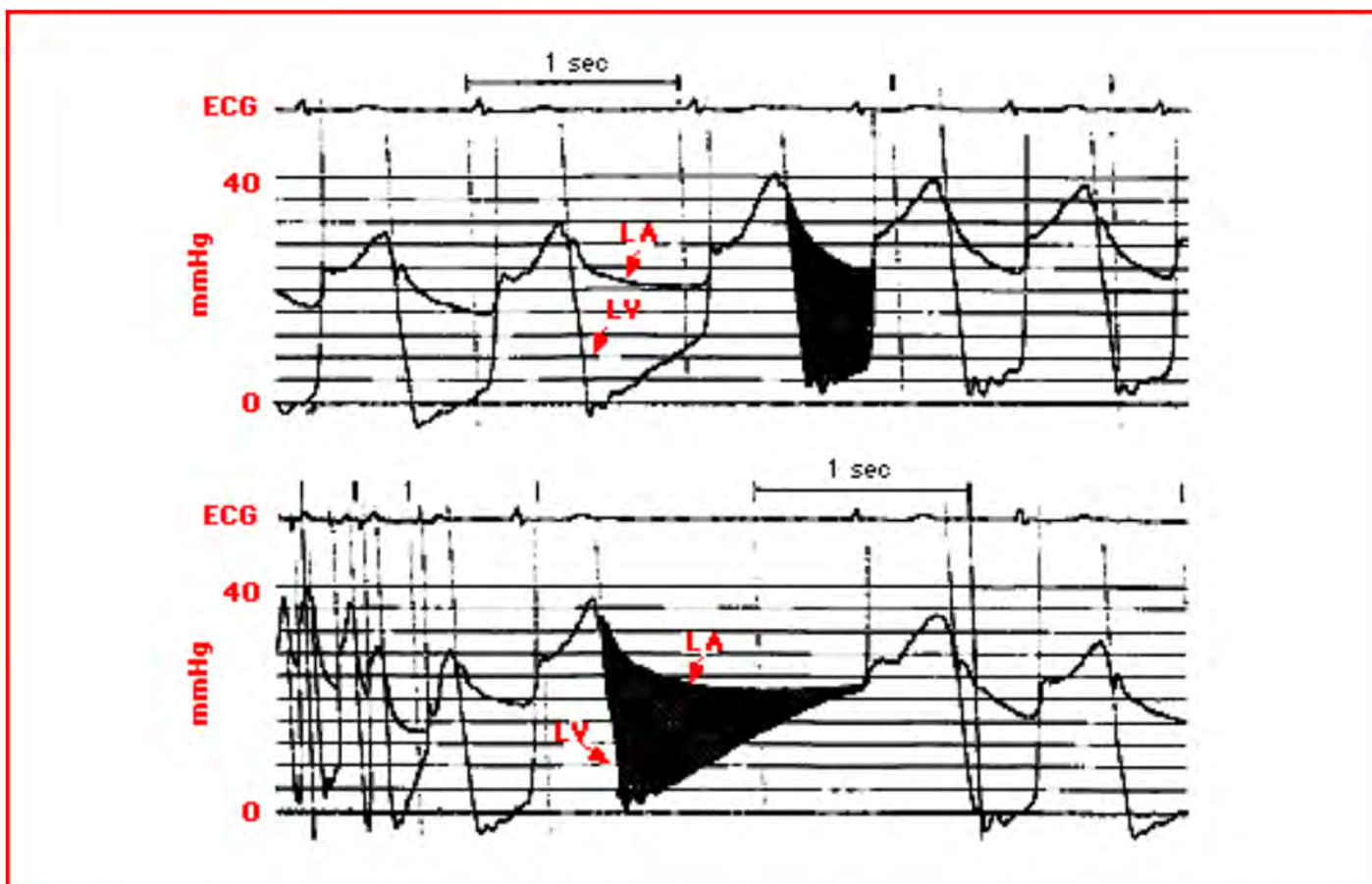
ID: 575918/2286 Name: Novotna, Jadwiga Date: 10.01.2014 Time: 09:27:29 Condition: 1



# Katetrizace srdečních vad



# Katetrizace srdečních vad



**Effect of heart rate on mitral valve gradient** Simultaneously recorded pressures from the left atrium (LA) and left ventricle (LV) in a patient with mitral stenosis who has a persistent diastolic gradient (shaded areas) across the mitral valve. Top panel: When the RR interval is shorter, the mean pressure gradient is greater and the mitral valve area smaller. Bottom panel: A long RR interval results in a gradual equilibration of the LA and LV pressures and the mean gradient is smaller. There is no pressure gradient is present by the end of diastole. (Adapted from Kern, MJ (Ed). Hemodynamic Rounds: Interpretation of Cardiac Pathophysiology from Pressure Waveform Analysis. Wiley-Liss, New York, 1993.)

# Katetrizace srdečních vad

**gradient** – pouze pomocný parametr

- kvadraticky závislý na průtoku !!
- závislost na TF !!
- nepřímé a vytahovací gradienty mohou být značně nepřesné

Hlavní parametr - indexovaná plocha ústí {cm/m<sup>2</sup>}

**GORLINOVA rovnice =**

$$PAÚ = \frac{CO}{44.3 \times C \times \sqrt{GR \times SEP \times F}}$$

*PAÚ = plocha aortálního ústí v cm<sup>2</sup>, CO = srdeční výdej v ml/min, GR = střední tlakový gradient, SEP = systolická ejekční perioda LK v sekundách, F = srdeční frekvence/min, C = empirická konstanta (u AO chlopně = 1)*

*(u kombinovaných vad je nutné započíst % regurgitace)*

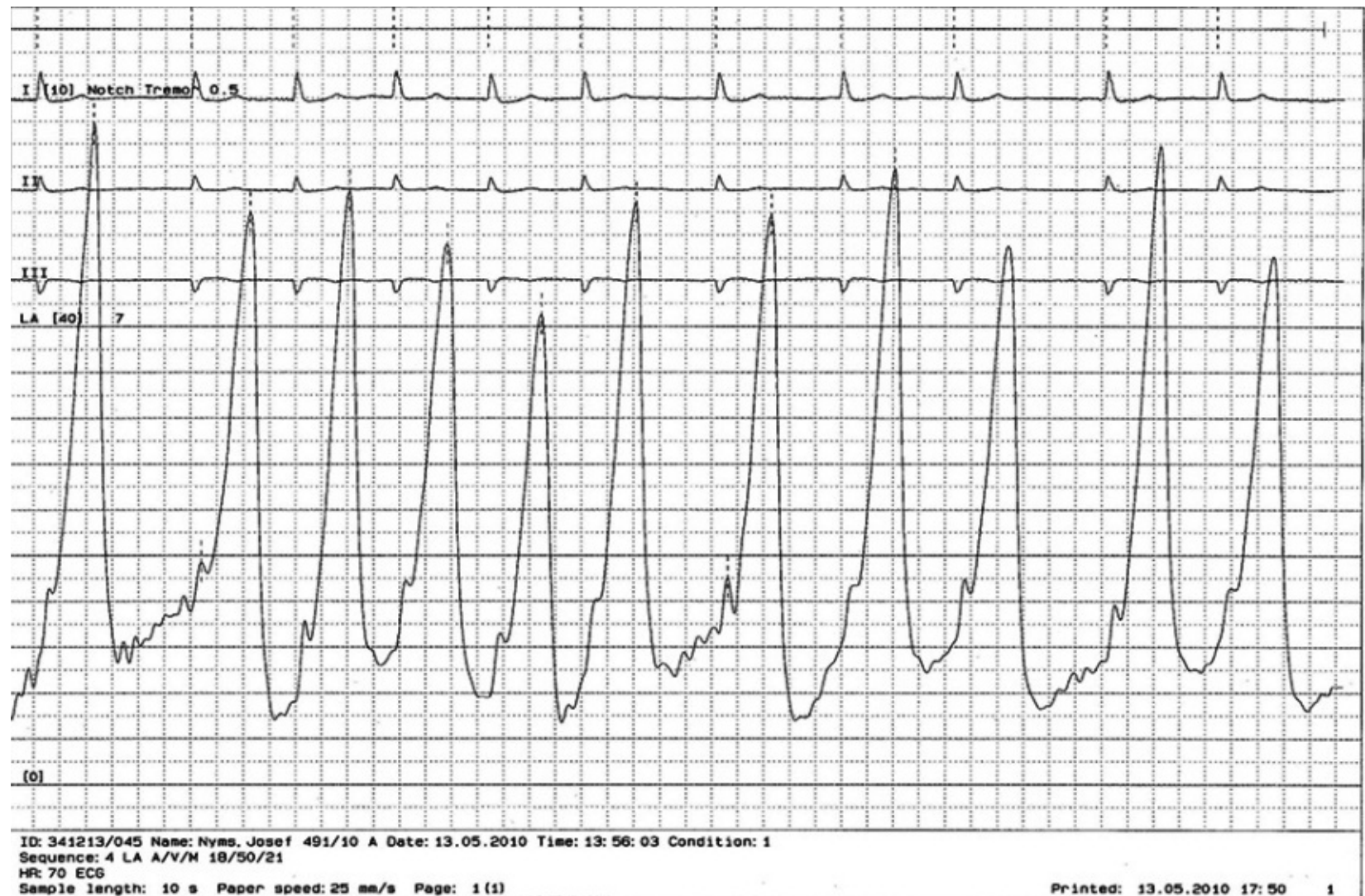
# Katetrizace srdečních vad

## chlopňí regurgitace

- Tč. není dostupná metoda pro kvantitativní hodnocení chlopenních regurgitací
- Kvantitativní hodnocení regurgitací je problematické
- Semikvantitativní hodnocení regurgitace z angiografie
- Nepřímé známky regurgitace z tlakových křivek

# Katetrizace srdečních vad

## Měření tlaků LS – Mi insuf





# Katetrizace srdečních vad

Měření tlaků  
Ao – Ao insuf



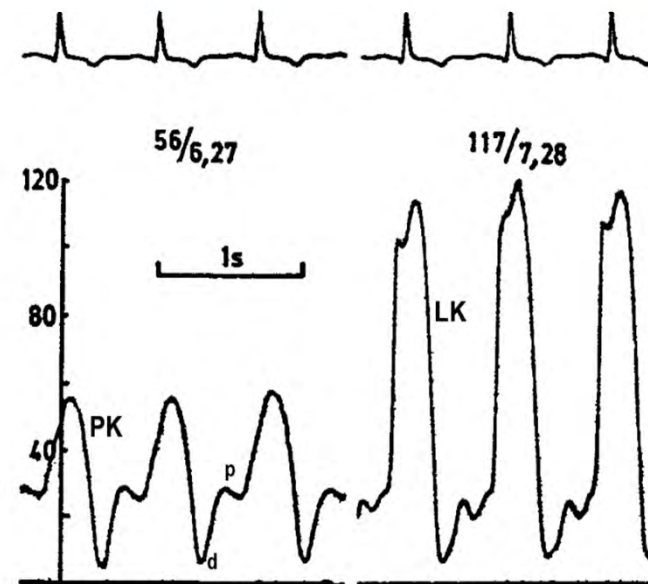
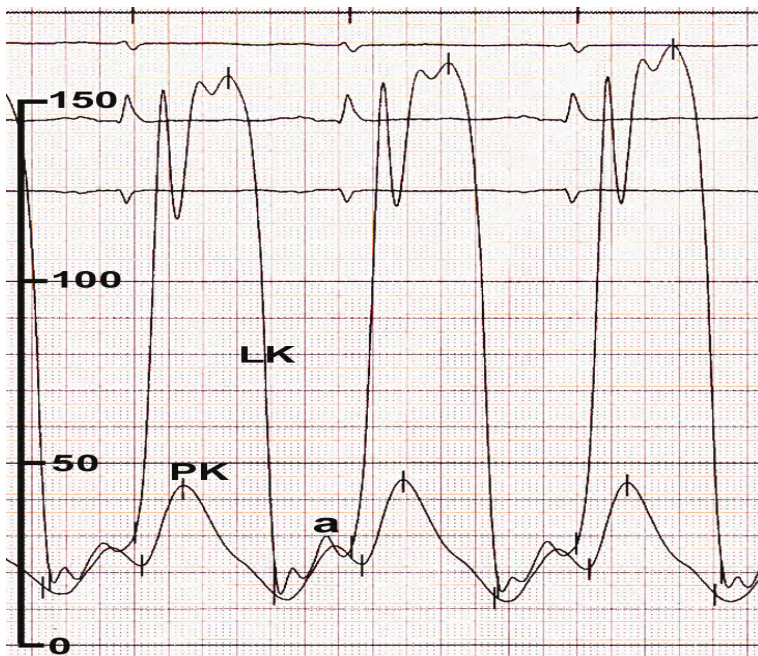
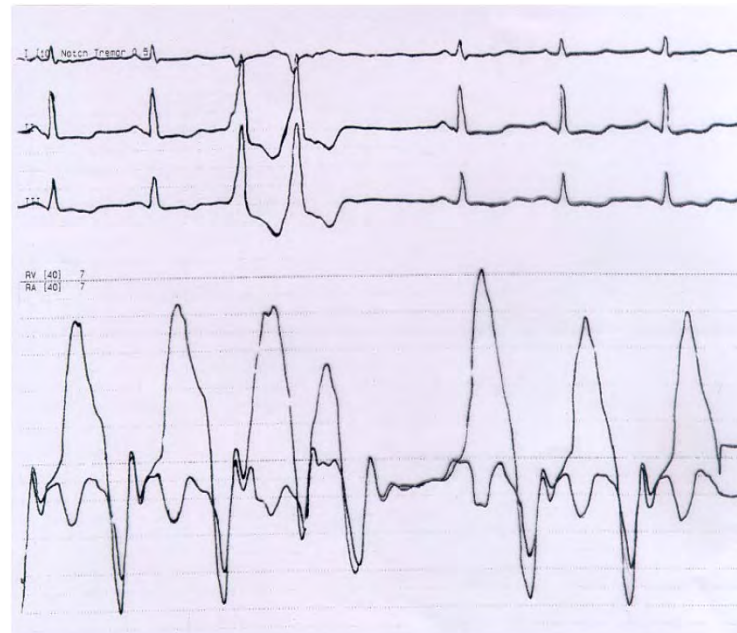
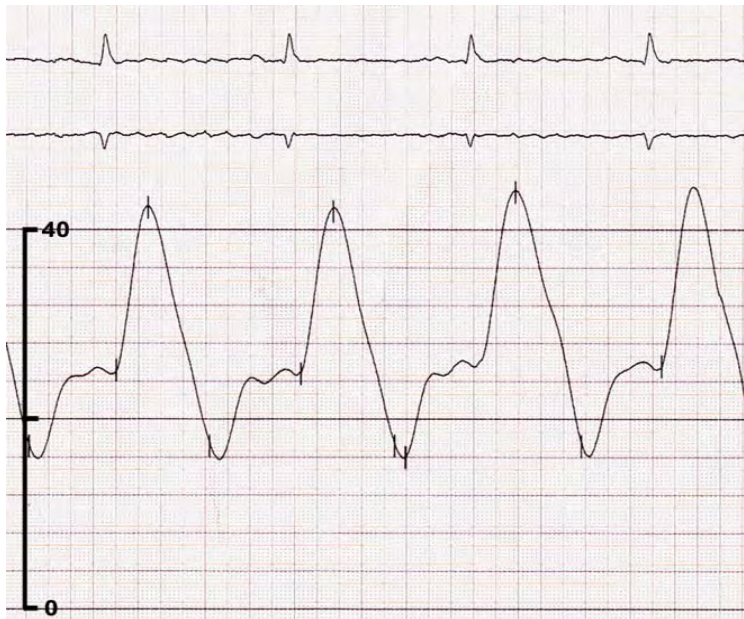
**Ao TK 200/60/109 mmHg**

# Katetrizace srdečních vad

Měření tlaků  
Ao insuf.  
LK - Ao

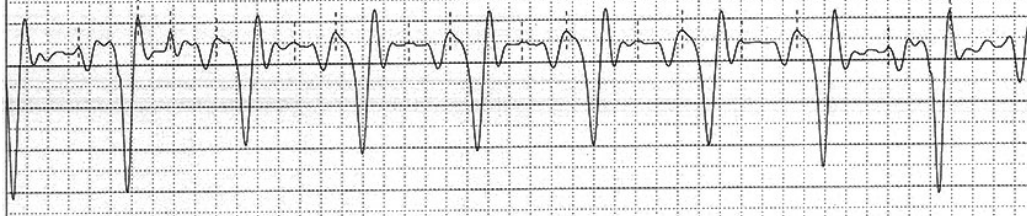


# Katetrizace srdečních vad konstrikce; restriktce

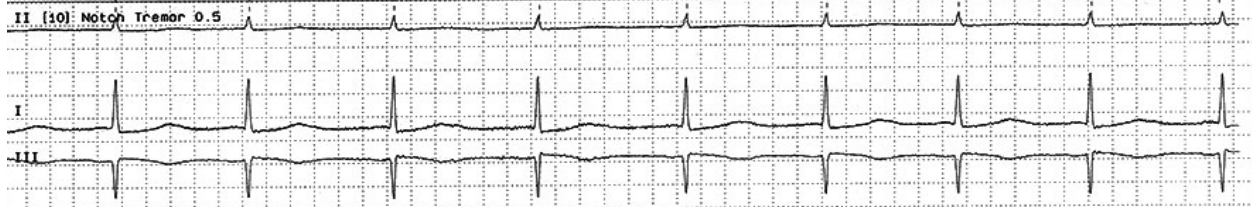




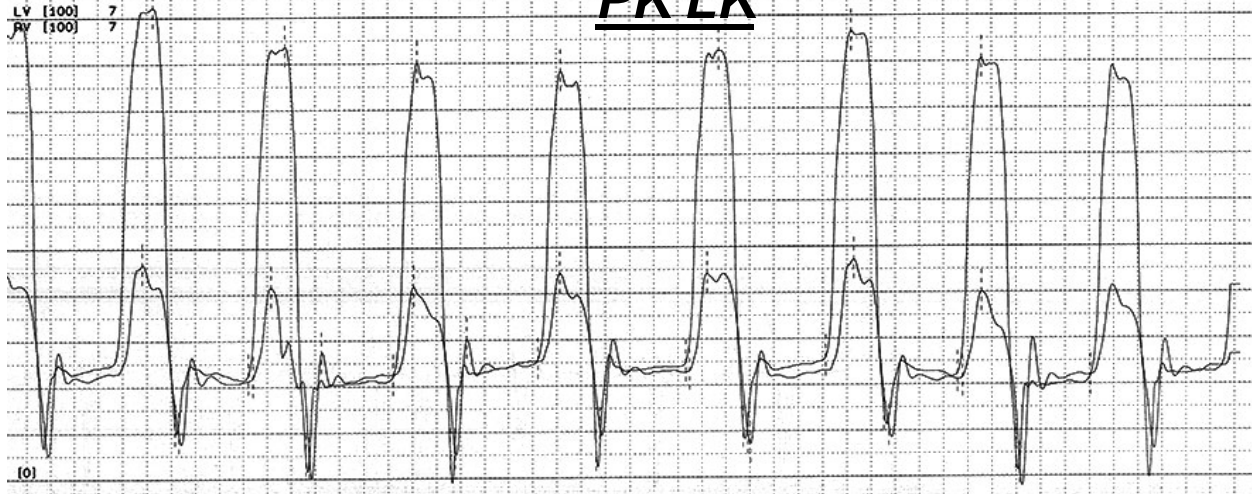
**PS**



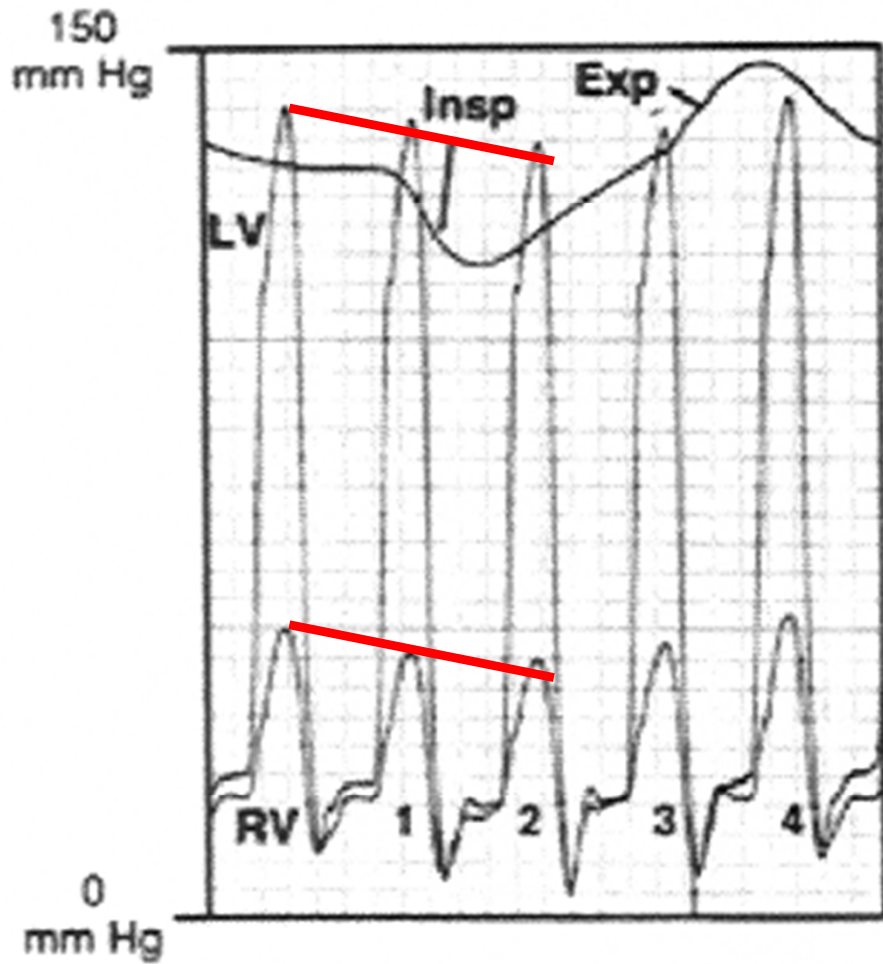
**PCW - LK**



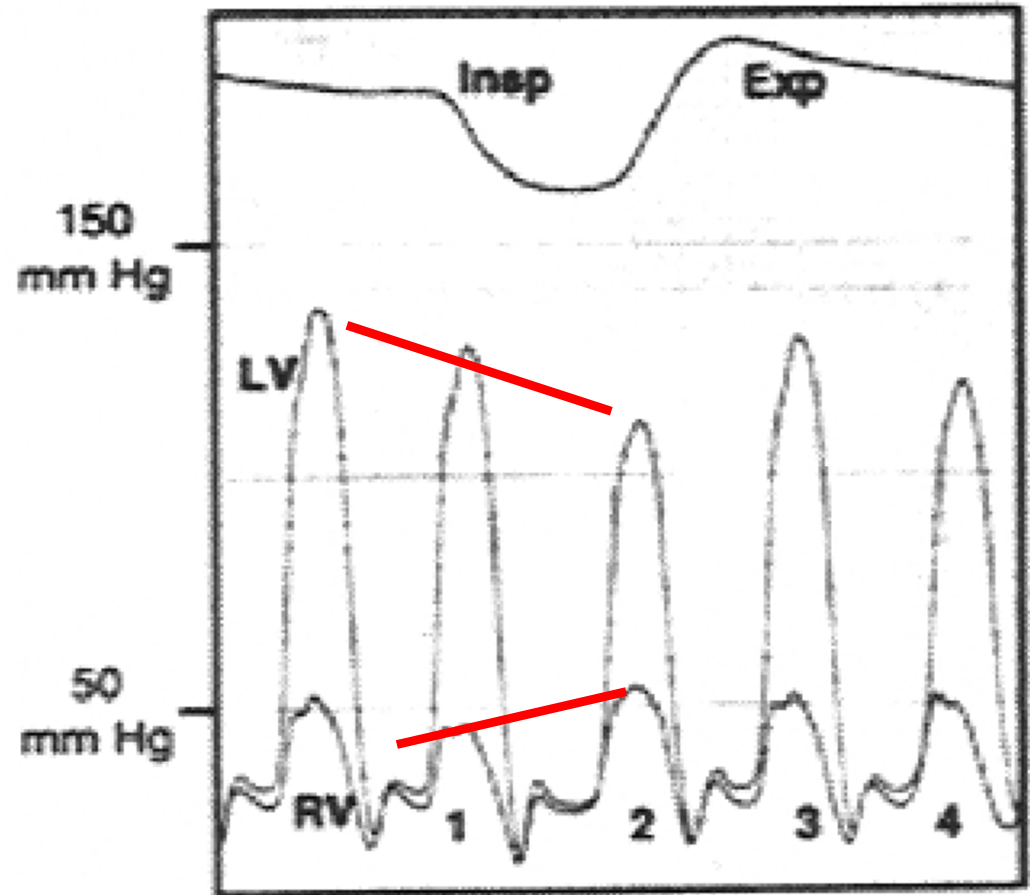
**PK LK**



# Katetrizace srdečních vad

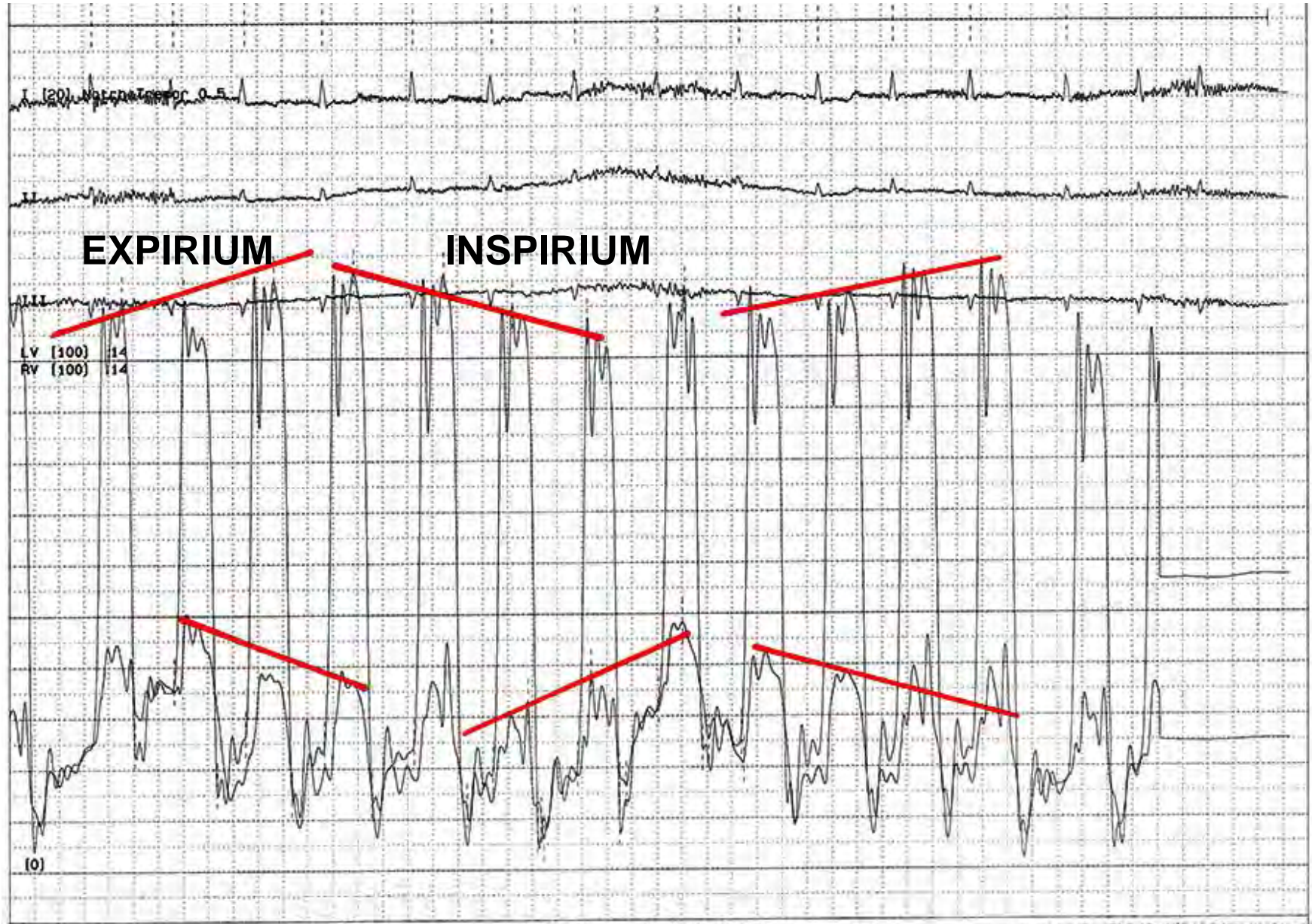


**RESTRIKCE**



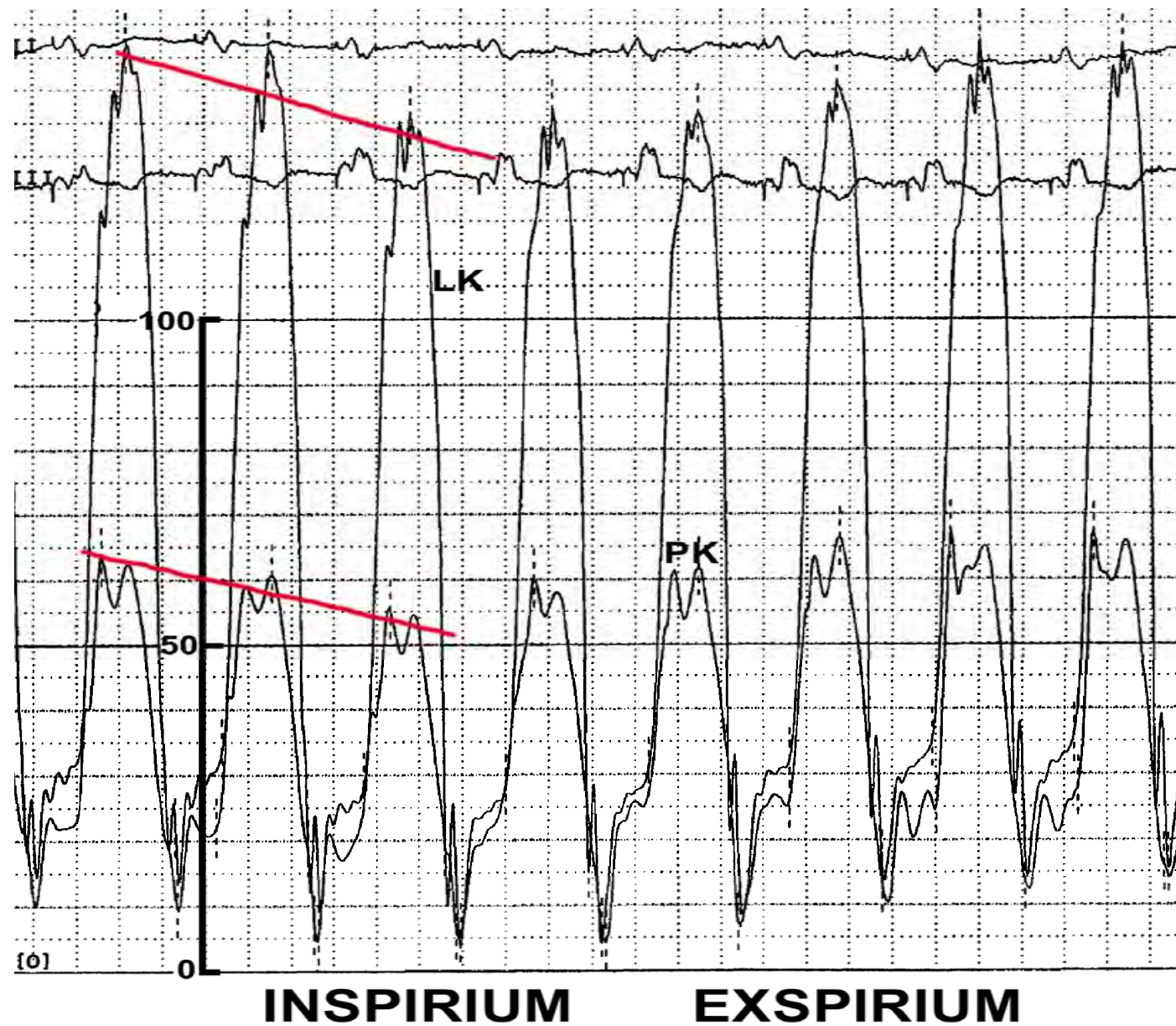
**KONSTRIKCE**

# Katetrizace srdečních vad



Konstriktivní  
perikarditida

# Katetrizace srdečních vad



Restriktivní  
kardiomyopatie

# Katetrizace srdečních vad

## Měření intrakardiálních zkratů

Verifikace a kvantifikace zkratu

- **oximetrie**
- **indikátorové diluční křivky**
  - + **barvivové diluce**
  - \* **termodiluce ( doc. Endrys)**
- **vyjádření: poměr plicního x systémového průtoku - QP:QS**  
**% SBF, %PBF, absolutní objem zkratu l/min**



# Katetrizace srdečních vad

## Měření intrakardiálních zkratů

Verifikace a kvantifikace zkratu  
- oximetrie

### OXIMETRICKÉ MĚŘENÍ ZKRATU

SVV se musí vypočítat z hodnot HDŽ a DDŽ.  
Bylo uveřejněno několik vzorců:

HDŽ

špatný

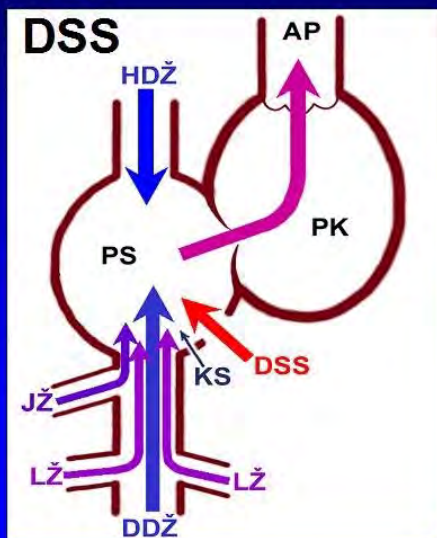
(3 HDŽ + 1 DDŽ) : 4

běžně  
užívaný

(1 HDŽ + 2 DDŽ) : 3

nejlepší

Čím je větší rozdíl saturací  
mezi HDŽ a DDŽ, tím je  
závažnější chyba měření.



$$\%LP = \frac{AP - SVV}{P\check{Z} - SVV} \times 100$$

$\%LP$  = levoprávý zkrat v procentech plicního průtoku,  $AP$  = průměrná saturace vzorků z plicnice,  $SVV$  = saturace vzorku smíšené venózní krve,  $P\check{Z}$  = saturace vzorku plicní žíly (v případě nedostupnosti se použije vzorek systémové tepny)

$$QP : QS = \%LP : (100 - \%LP) + 1$$

$$[15] \quad PP = \frac{\text{Spotřeba } O_2}{P\check{Z} O_2 - AP O_2}$$

kde  $PP$  = plicní průtok v l/min, spotřeba  $O_2$  je v ml/min,  $P\check{Z} O_2$  = obsah  $O_2$  ve vzorku plicní žíly v ml/l,  $AP O_2$  = obsah  $O_2$  ve vzorku plicnice v ml/l

Absolutní hodnoty systémového průtoku můžeme stanovit analogicky podle rovnice:

$$[16] \quad SP = \frac{\text{Spotřeba } O_2}{SA O_2 - SVV O_2}$$

kde  $SP$  = systémový průtok v l/min, spotřeba  $O_2$  je v ml/min,  $SA O_2$  = obsah  $O_2$  ve vzorku systémové arterie v ml/l,  $SVV O_2$  = obsah  $O_2$  ve smíšeném venózním vzorku v ml/l

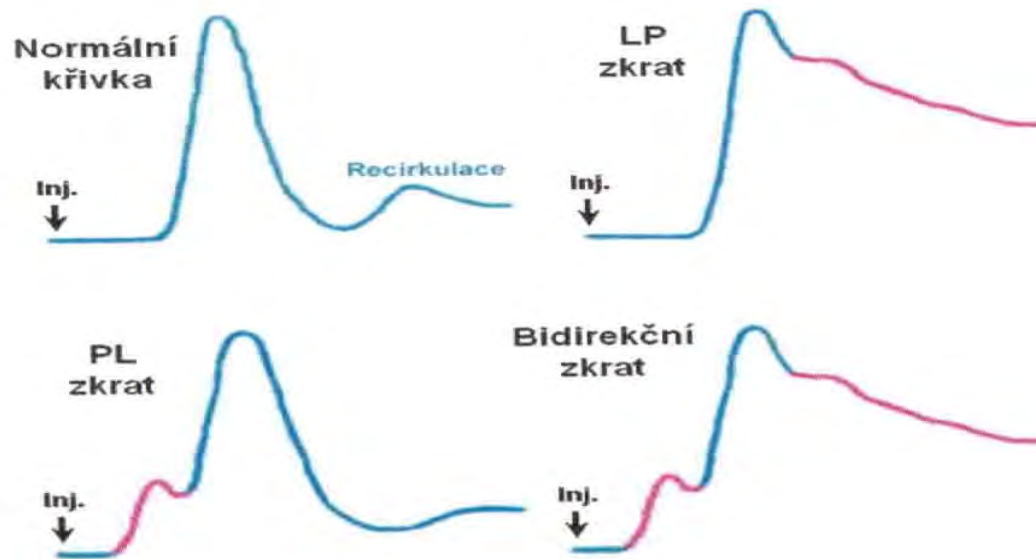
$LP$  se potom snadno vypočítá jako rozdíl plicního ( $PP$ ) a systémového průtoku ( $SP$ ):

$$[17] \quad LP = PP - SP$$

# Katetrizace srdečních vad

## Verifikace intrakardiálních zkratů

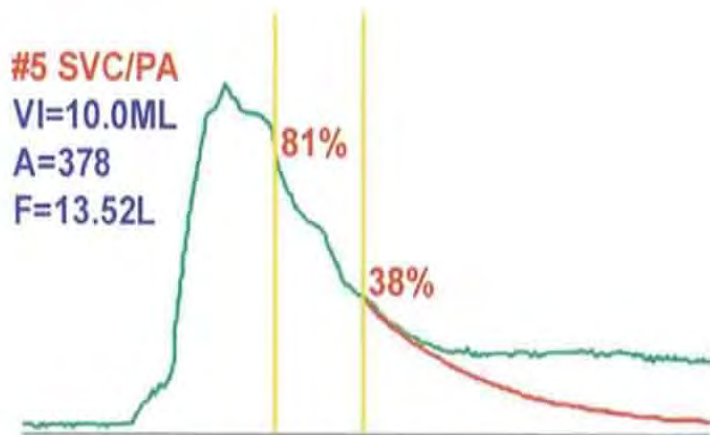
- indikátorové diluční křivky



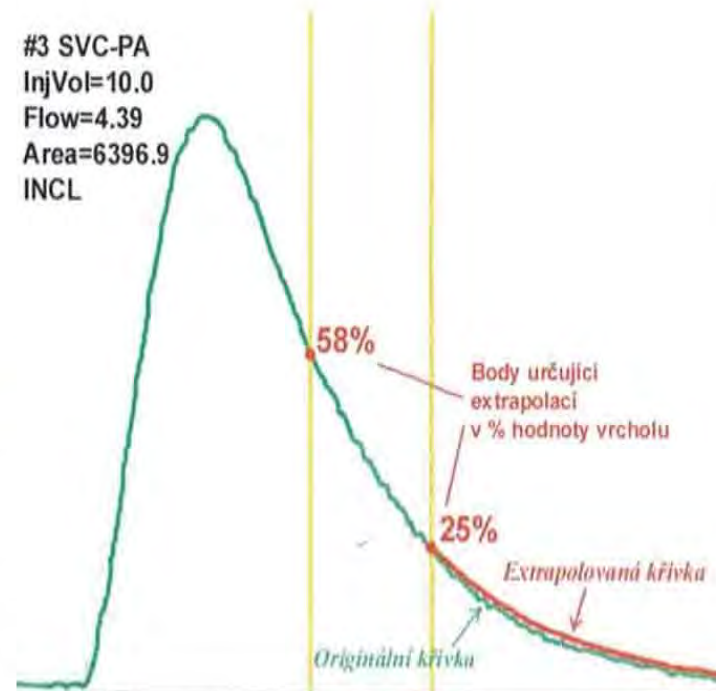
*Obr. 38. Barvivové diluční křivky. Změny charakteristické pro intrakardiální zkraty ve srovnání s normální křivkou. Patologické změny jsme pro názornost zobrazili červeně. Vzhledem k různé registrační aparatuře jsou výchytky registrovány buď směrem nahoru, jako v tomto případě, nebo naopak dolů (obr. 35, 36, 39 – většina barvivových křivek).*

# Katetrizace srdečních vad

## Verifikace intrakardiálních zkratů



*Obr. 65. Křivka HDŽ-AP typicky deformovaná LP zkratem u nemocného s defektem síňového septa a velkým LP. Originální křivka (zelená) je ve své distální části zřetělovacího ramene deformovaná LP zkratem a probíhá výrazně nad extrapolovanou částí křivky (červenou). Tento jev je známkou LP viditelnou na první pohled zejména ve srovnání s obr. 66. Velmi dobrá separace zkratové vlny i při velkém LP je podmíněna registrací termosondou.*



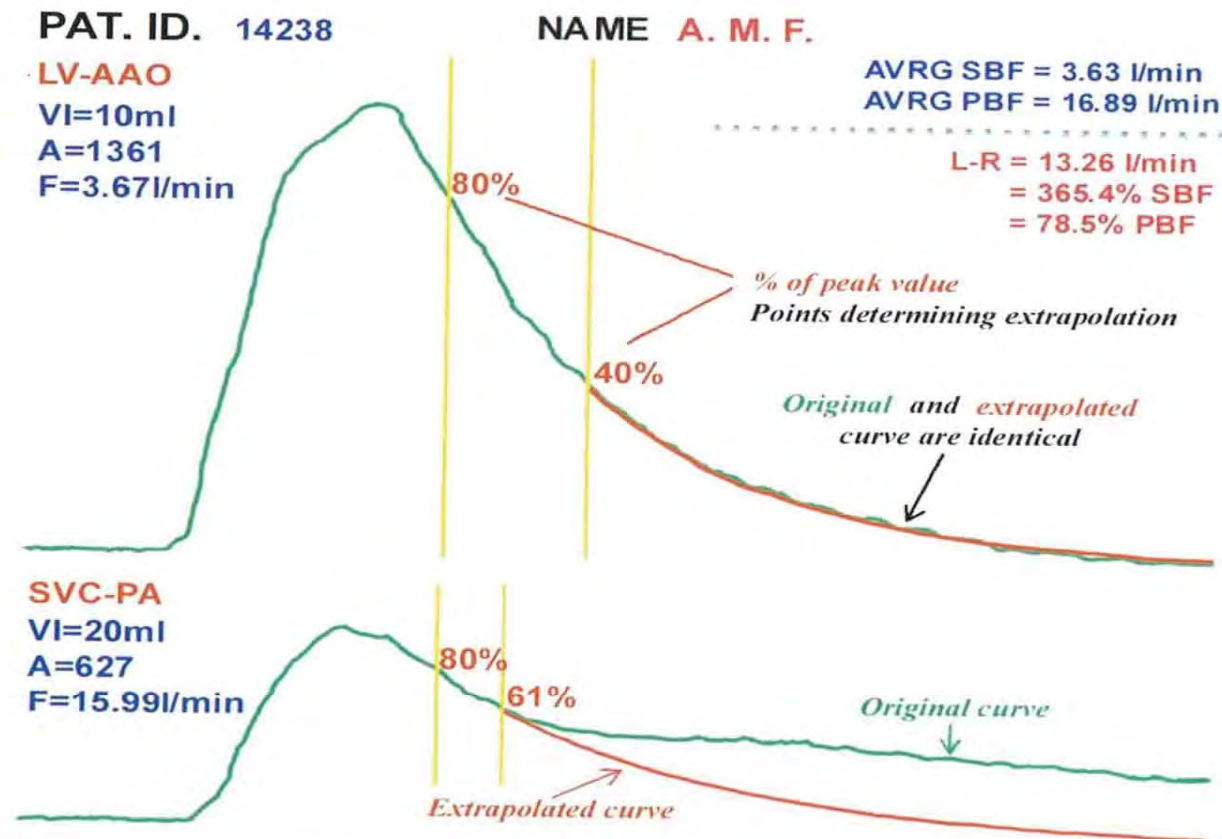
*Obr. 66. Křivka HDŽ-AP má normální tvar a vylučuje LP zkrat. Obě křivky (originální i extrapolovaná) se kryjí. Žluté přímky umožňují zvolit úsek, určující exponenciální extrapolaci křivky.*

# Katetrizace srdečních vad

## Kvantifikace intrakardiálního

## L-P zkratu

## u ASD

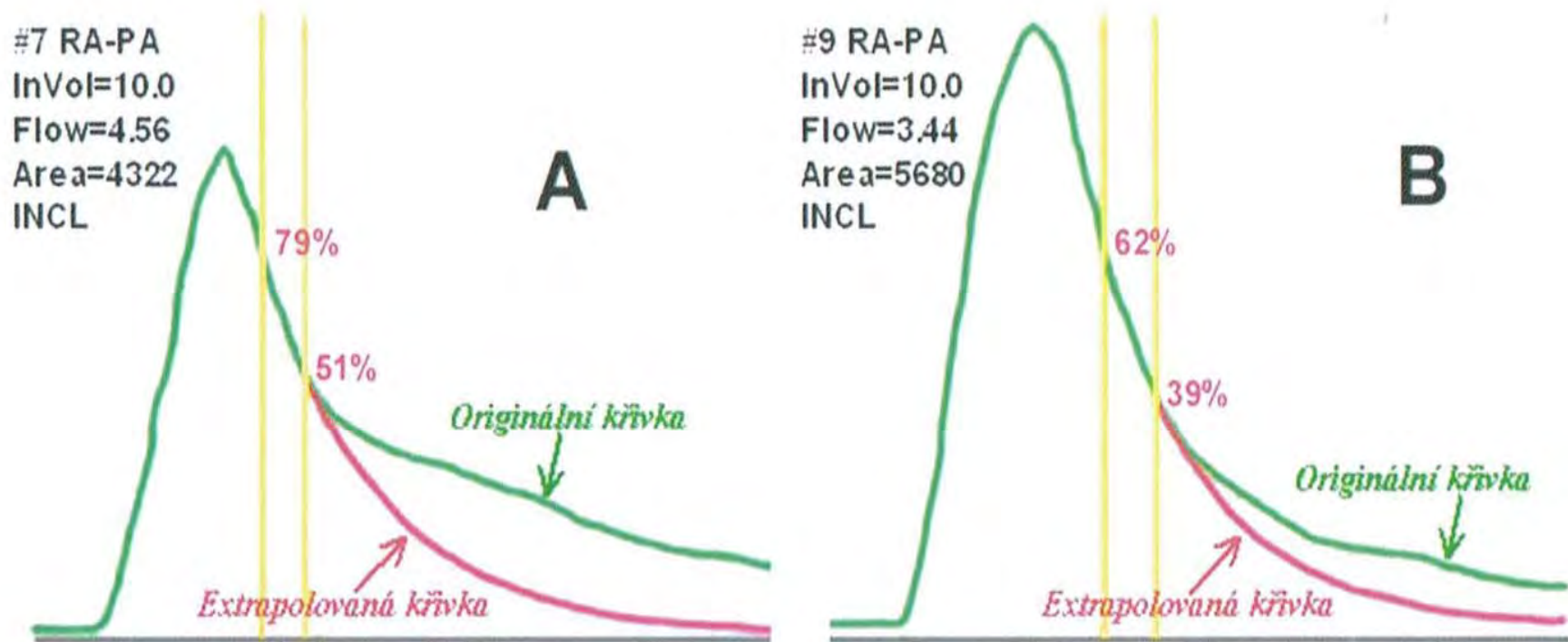


Obr. 73. Měření velikosti LP zkratu u nemocného s velkým defektem síňového septa a závažným LP. Horní křivka LK-AO měří systémový průtok a nejeví známky LP. Dolní křivka HDŽ-AP měří plicní průtok a má typický zkratový tvar (originální křivka je nad extrapolovanou). VI = vsříkované množství studeného roztoku, A=plocha křivky, F= průtok změřený křivkou, L-R = LP zkrat, AVRG SBF = průměrná hodnota všech křivek měřících syst. průtok, AVRG PBF = průměrná hodnota všech křivek měřících plicní průtok.

# Základy hemodynamických měření

## Kvantifikace L-P zkratu

### u ASD (před a po uzavření)



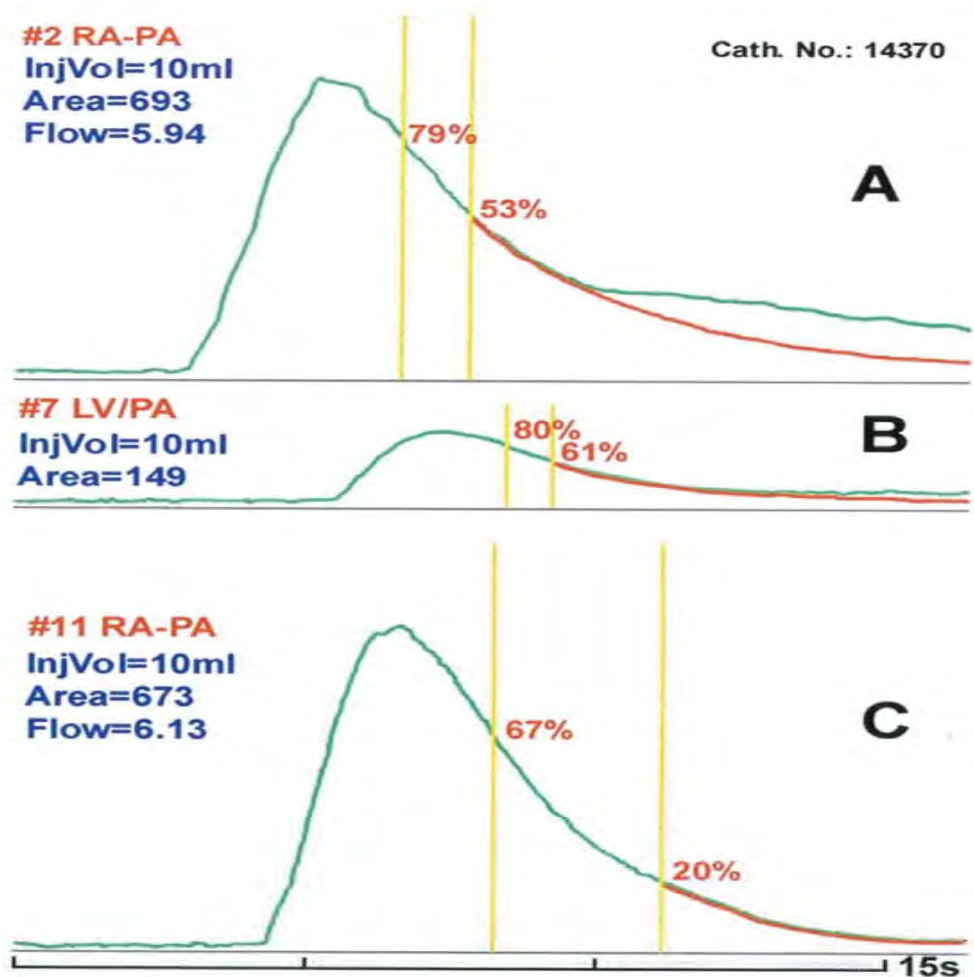
**Obr. 76.** Měření plicního průtoku u nemocného s defektem síňového septa před (křivka A) a po implantaci Amplatzova okluderu (křivka B). Došlo k poklesu plicního průtoku, avšak LP zkrat v menším rozsahu přetvárá.

# Základy hemodynamických měření

## Kvantifikace L-P zkratu

### u PDA

(před a po uzavření)



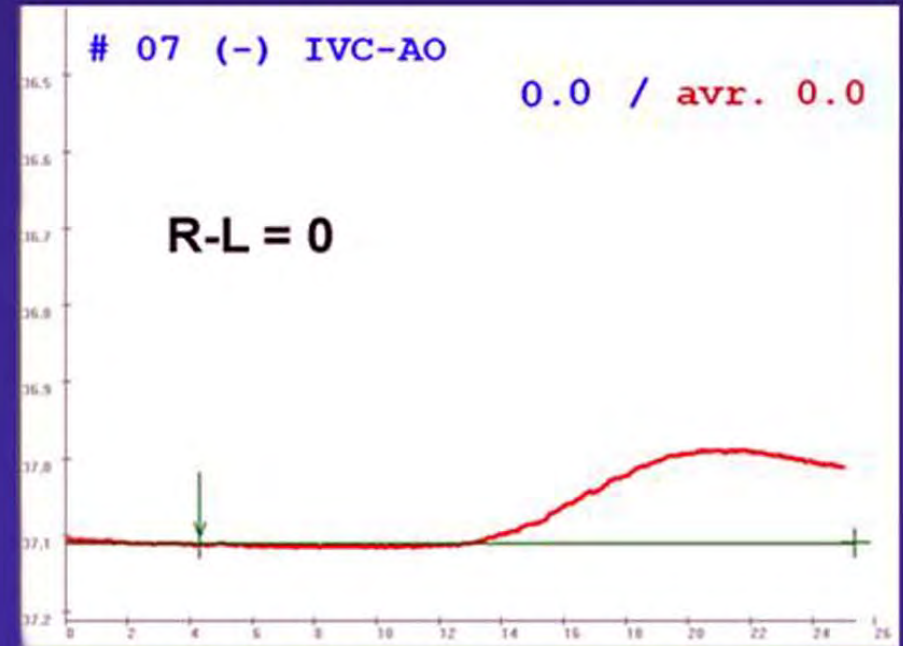
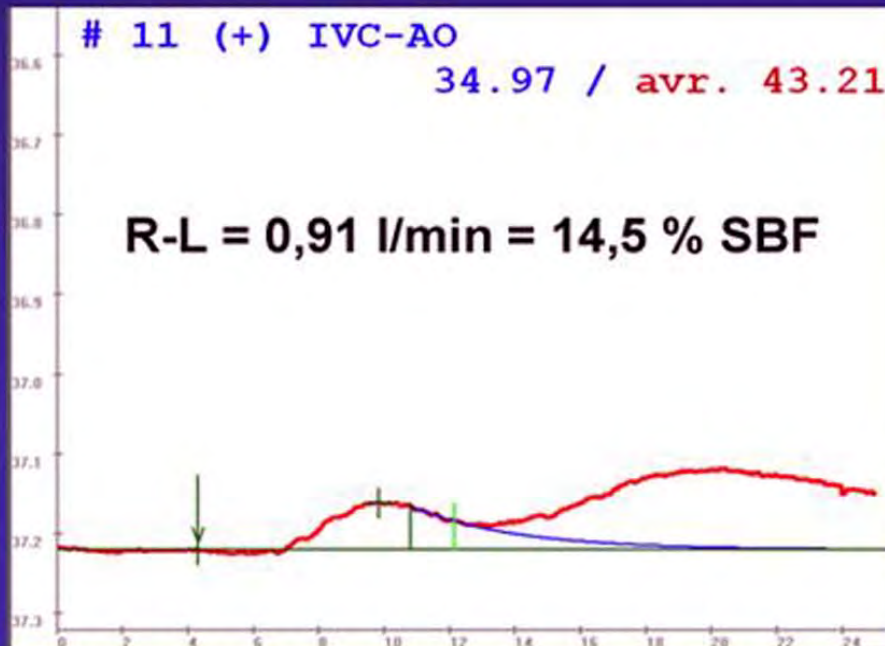
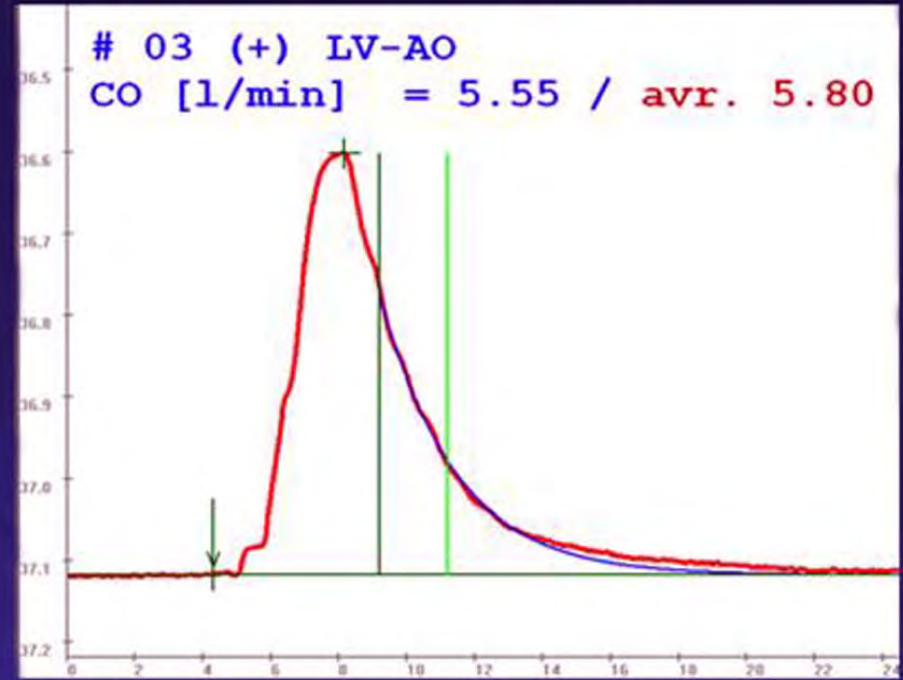
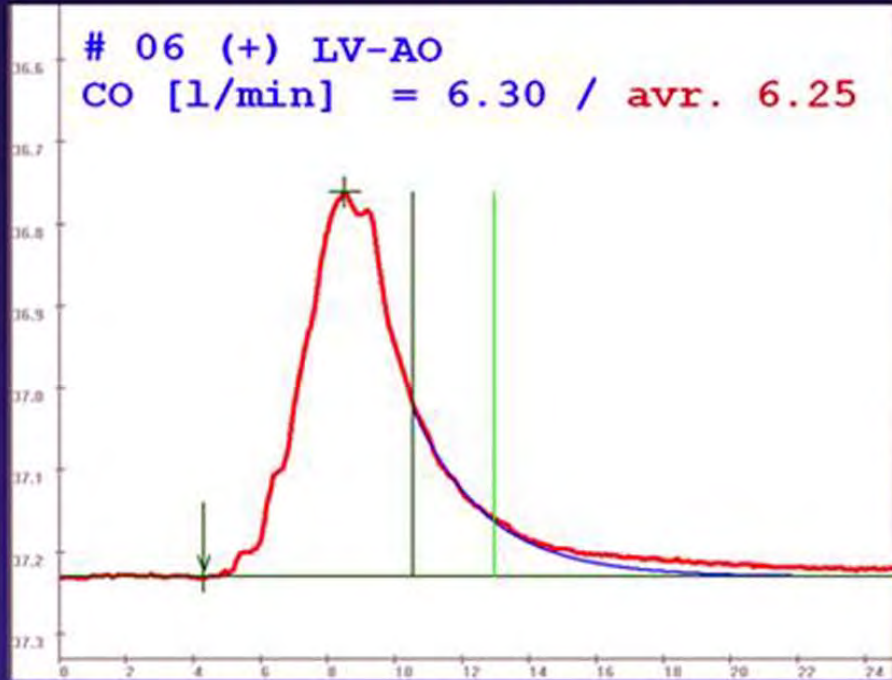
Obr. 71. Měření LP u nemocného s koronární pístějí ústící do pravé síně před (křivky A a B) a po perkutánní obliteraci (křivka C). Znamky malého LP (22 % plicního průtoku) po uzavěru vymizely (originální a extrapolovaná křivka se kryjí).



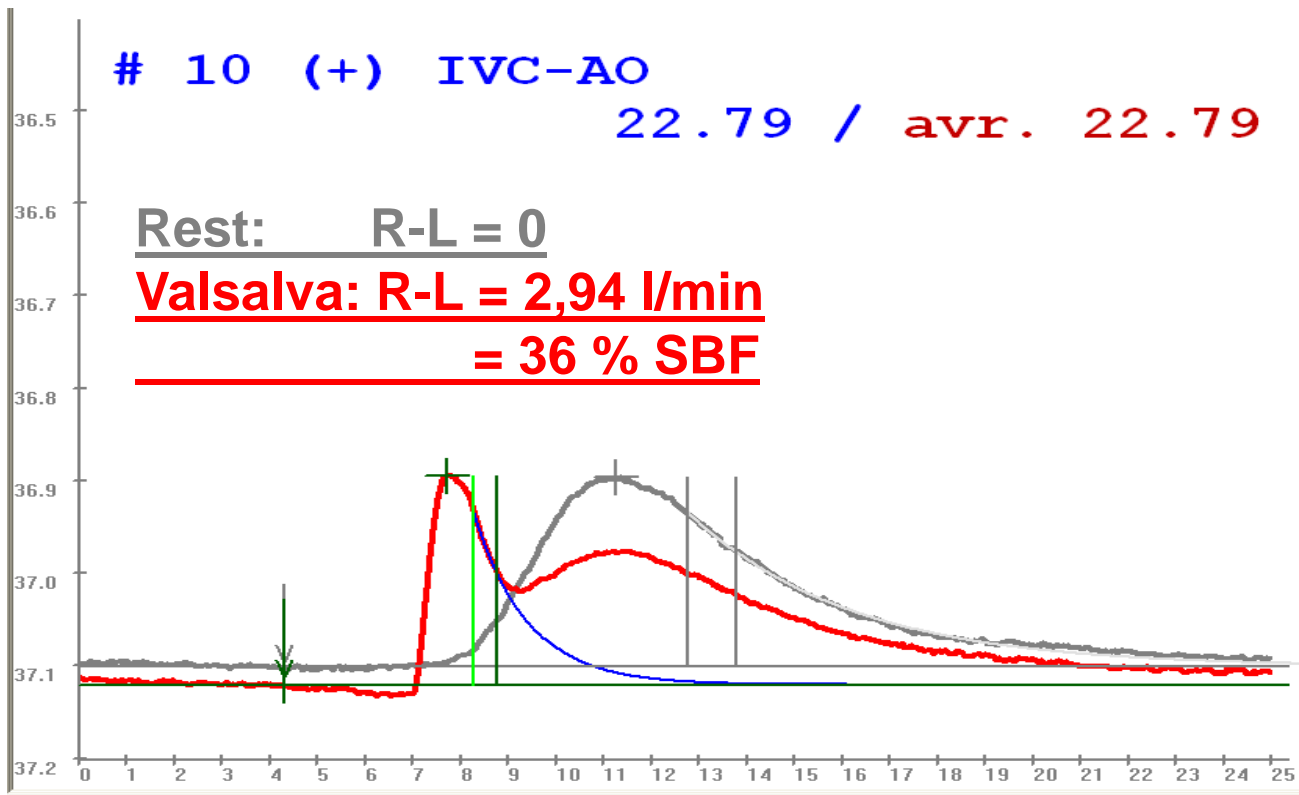
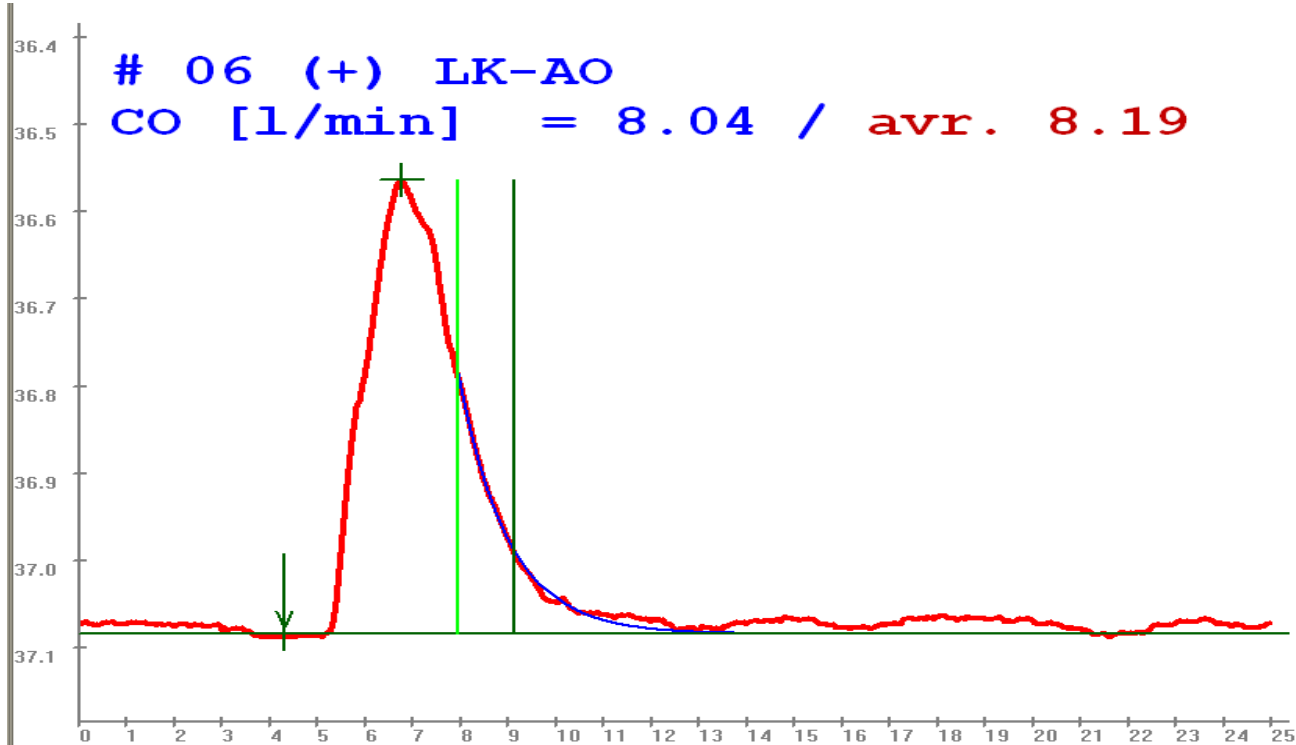
# Before closure

# PFO

# After closure







# Katetrizace srdečních vad

## Měření vaskulární rezistence

Vaskulární rezistence je definována jako poměr **poklesu tlaku** při průchodu cévním segmentem k **průtoku** tímž segmentem (*průměr řečiště, viskozita krve*)

**Plicní arteriální rezistence (PVR) =  $P_{AP} - P_{LS} : CO$**  (u zkratových vad PBF!!)

(*vyšší rezistence – hypoxie, vyšší průtok, uzávěr AP, výpotky, ventilace...;*

*nižší rezistence – O<sub>2</sub>, NO, vazodilatační látky*)

**Systémova vaskulární rezistence (SVR) =  $P_{Ao} - P_{PS} : CO$**

Jednotky : Woodovy jednotky (Wj.) , SI jednotky dyn-sec-cm<sup>-5</sup>

norma PVR = 0,8Wj (0,8x80=67 dyn-sec-cm<sup>-5</sup>)

norma SVR = 14,6Wj (0,8x80=1170 dyn-sec-cm<sup>-5</sup>)

# Zkratové srdeční vady dospělých

- Muž 64 let
- DSS verifikován před 40 lety
- Odmítl navrhovanou operaci
- Před 4 roky uzavření již nedoporučeno
- Srdeční selhání při FIS, úprava po verzi

MI: 0.2  
T6H  
19 MAY 10  
12:37:57  
2/0/E/F5  
FN HK

PAT T: 37.0C  
TEE T: 38.2C

GAIN 50  
COMP 65  
127BPM

16CM  
34HZ



# Zkratové srdeční vady dospělých

Katetrizace:

- **AP 67/23/39 mmHg**
- PBF 15,45 l/min    SBF 8,09 l/min  
CI 3,69 l/min/m<sup>2</sup>
- L – R zkrat = 7,37 l/min tj. 91% SBF  
Qp/Qs 1,91 : 1
- R – L zkrat = stopa,
- PVR 1,6 Wj.

# Zkratové srdeční vady dospělých

- Žena 57 let
- Dušnosti, nevykonnost
- Art. hypertenze
- Autoimunní thyreoitida
- Depresivní syndrom
- Přijata ke katetrizaci pro **UZ čerstvě** zjištěný DSS (20-22mm) těžká plicní hypertenze

# Zkratové srdeční vady dospělých

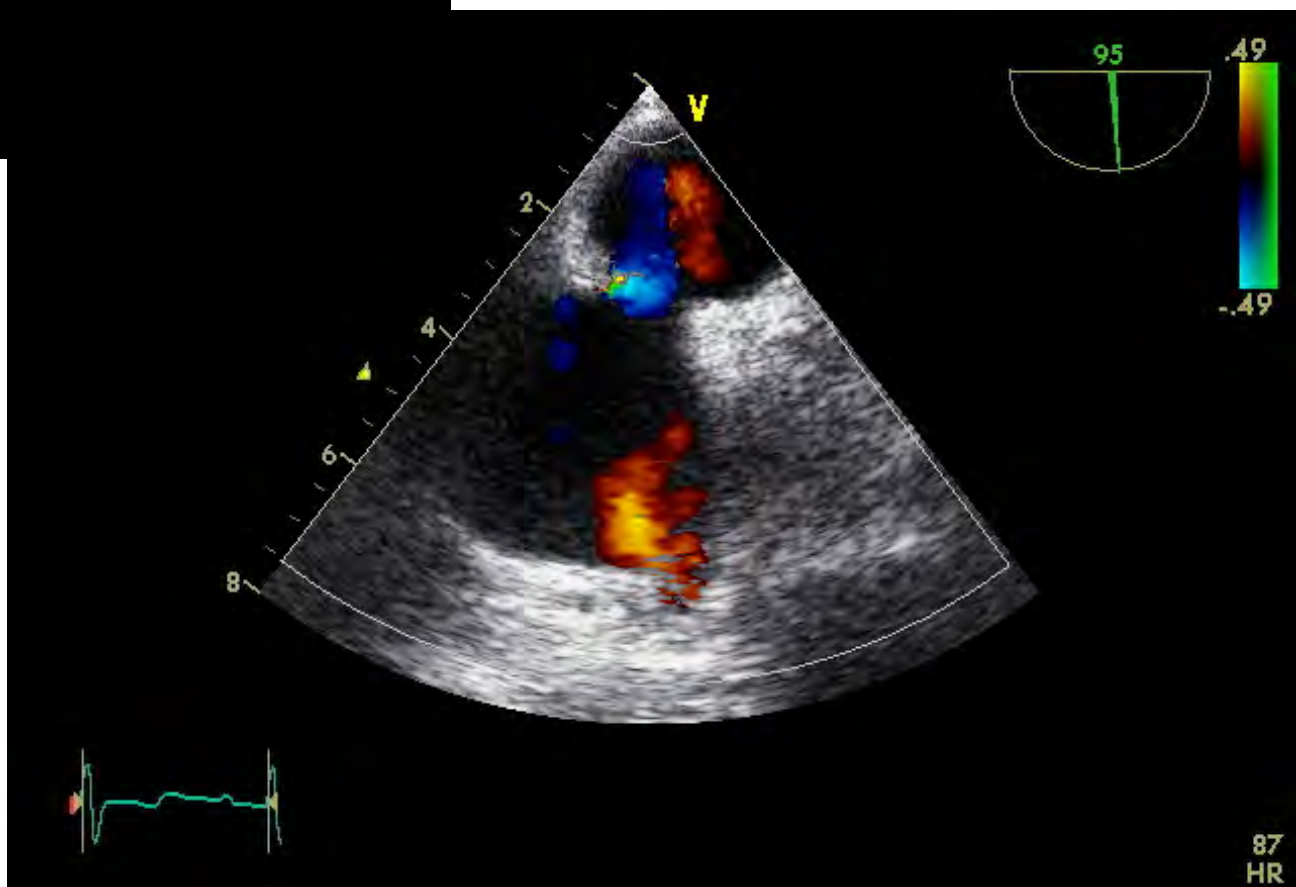
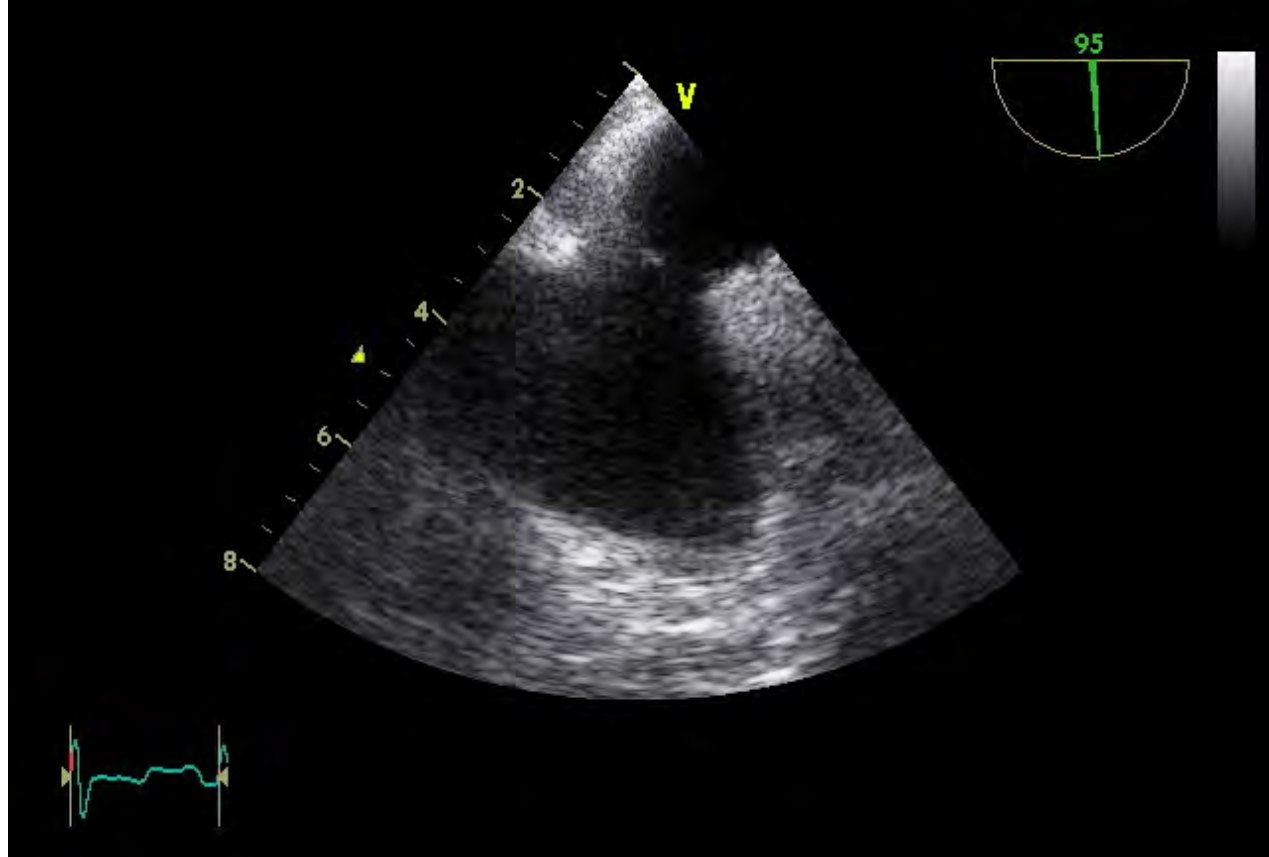
Katetrizace:

- **AP 87/29/51 mmHg**
- **PBF 8,21 l/min    SBF 3,68 l/min**  
**CI 2,27 l/min/m<sup>2</sup>**
- **L – R zkrat = 4,53 l/min tj. 123% SBF**  
**Qp/Qs 2,23 : 1**
- **R – L zkrat = 0,17 l/min tj. 4,7% SBF**
- **PVR 4,75 Wj.**

# Zkratové srdeční vady dospělých

- Žena 55 let
- Art. hypertenze, jinak dosud „**zdravá**“
- Přijata pro narůstající dušnost, bolest na hrudníku, abnormální EKG – normální KG





# Zkratové srdeční vady dospělých

Katetrizace:

- **AP 88/34/55 mmHg**
- PBF 3,21 l/min    SBF 3,5 l/min  
CI 2,27 l/min/m<sup>2</sup>
- L – R zkrat = 0
- R – L zkrat = 0,61 l/min tj. 7,3% SBF
- PWR 15 Wj.

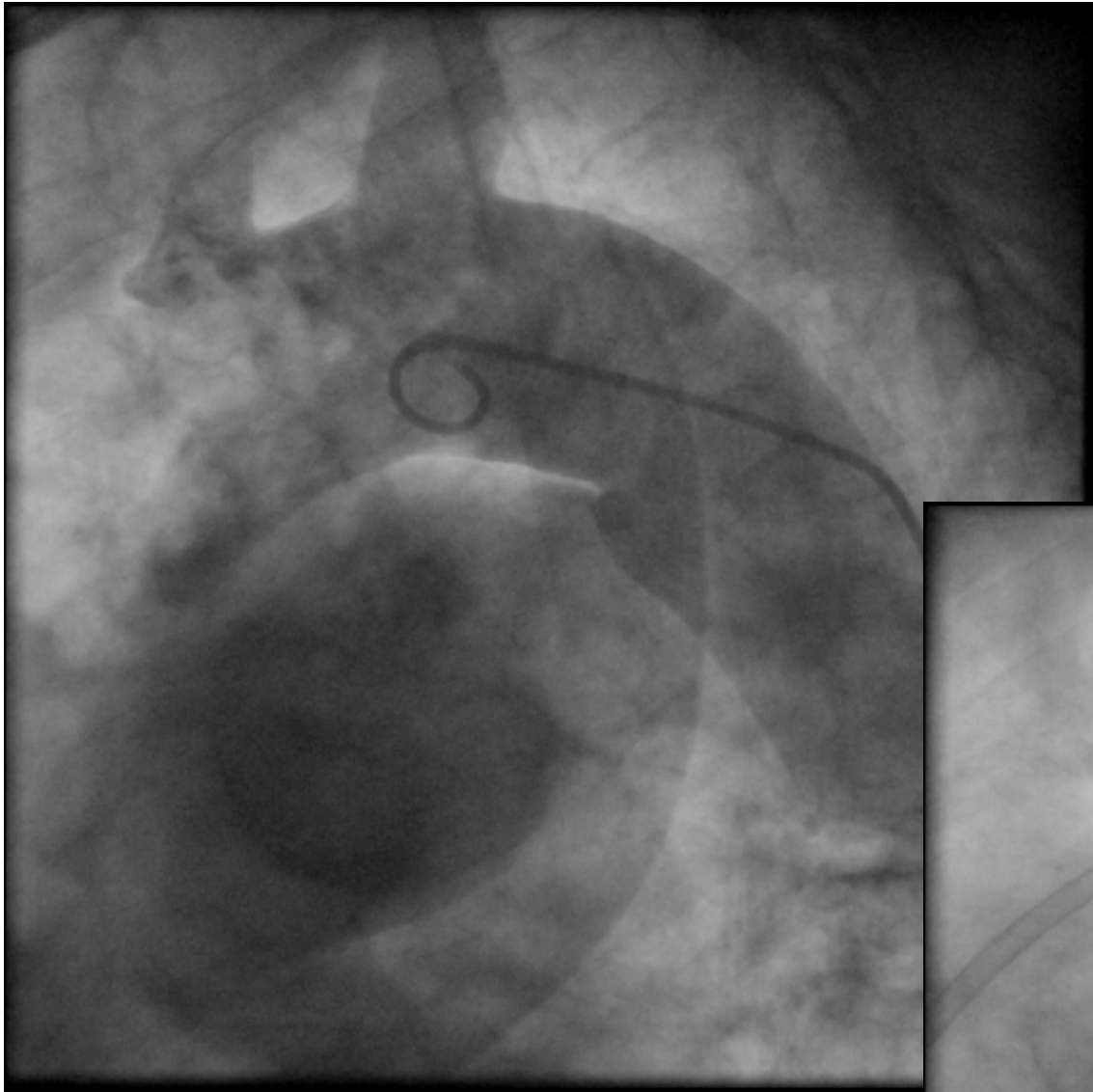
# Zkratové srdeční vady dospělých

- Žena 70 let
- **PDA údajně nevýznamný**, BE v r. 1965
- Opakované srdeční selhání, přechodně obraz kardiogenního šoku po katetrizaci (NA + Levosimendan)
- Chronická FIS
- Periferní T lymfóm na rameni 2007

# Zkratové srdeční vady dospělých

Katetrizace:

- **AP 78/47/57 mmHg**
- PBF 6,64 l/min    SBF 2,86 l/min  
CI 1,94 l/min/m<sup>2</sup>
- L – R zkrat = 3,78 l/min tj. 132% SBF  
Qp/Qs 2,34 : 1
- R – L zkrat = 0
- PVR 6,9 Wj.

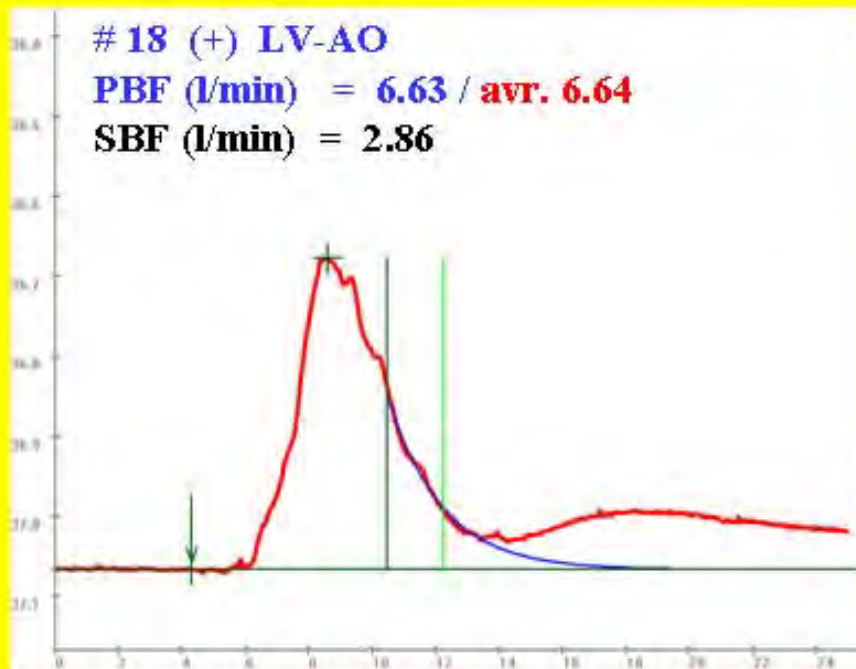


## Before closure of PDA

# 18 (+) LV-AO

PBF (l/min) = 6.63 / avr. 6.64

SBF (l/min) = 2.86



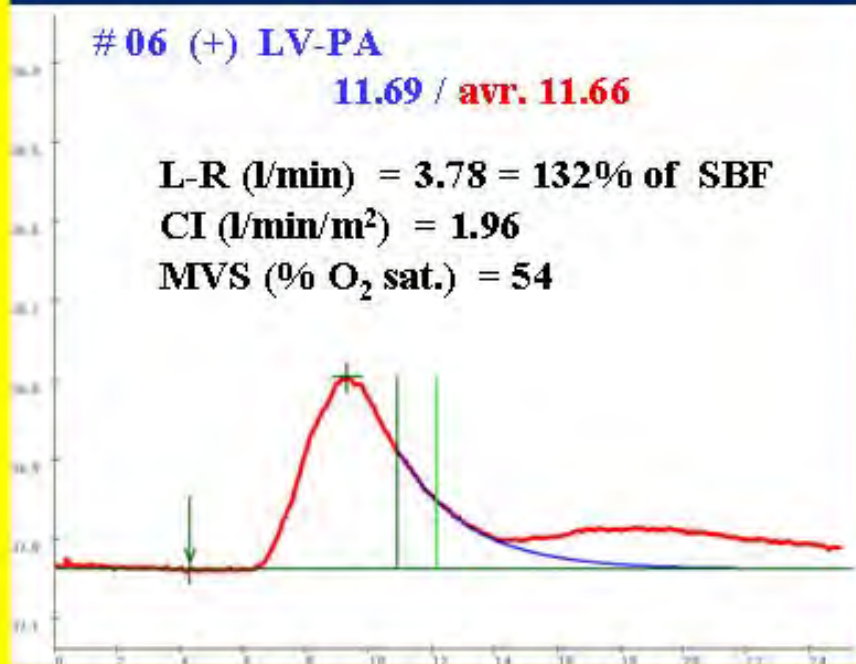
# 06 (+) LV-PA

11.69 / avr. 11.66

L-R (l/min) = 3.78 = 132% of SBF

CI (l/min/m<sup>2</sup>) = 1.96

MVS (% O<sub>2</sub> sat.) = 54

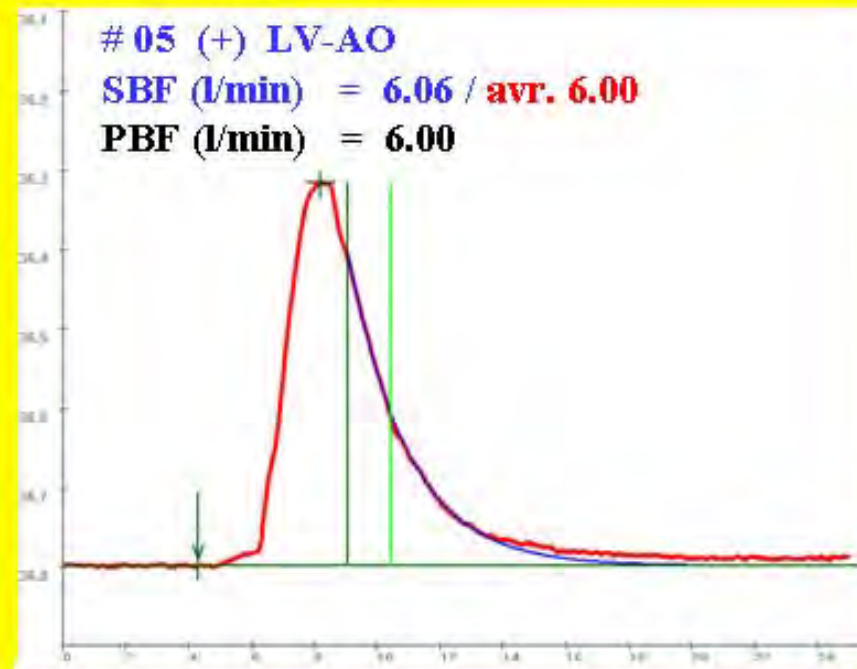


## After closure of PDA

# 05 (+) LV-AO

SBF (l/min) = 6.06 / avr. 6.00

PBF (l/min) = 6.00



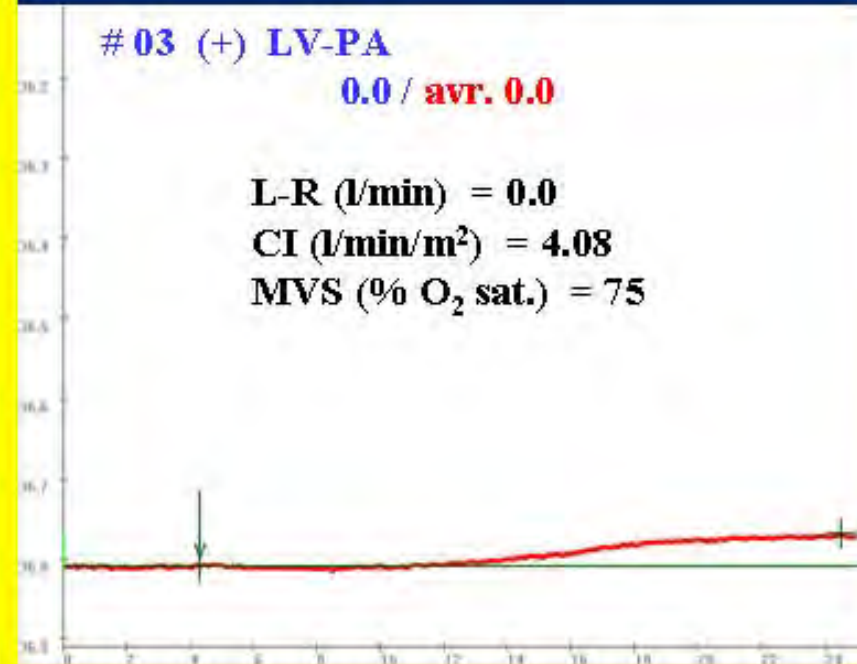
# 03 (+) LV-PA

0.0 / avr. 0.0

L-R (l/min) = 0.0

CI (l/min/m<sup>2</sup>) = 4.08

MVS (% O<sub>2</sub> sat.) = 75



# Katetrizace srdečních vad

## Závěry:

- katetrizační vyšetření má stále svůj význam
- pomoc pro dg. nejasných, hraničních stavů,
- musí být splněny základní podmínky kvality, jinak nemá katetrizace význam
- správná interpretace nálezů
- potřeba zachování „rutiny“