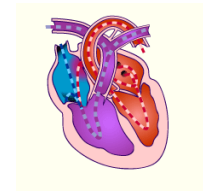
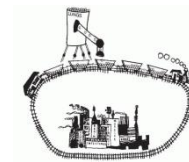
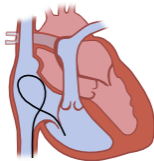
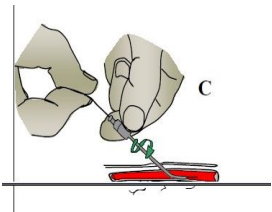


# Hemodynamik och hjärtkateterisering

Eva Nylander

Klinisk Fysiologi US Linköping



# När kommer Du i kontakt med invasiv mätning av tryck och hemodynamik?

- För att uppnå grundförståelse för tryck och flöden i hjärta, cirkulation och annorstädes.  
*Blodtryck, fyllnadstryck, tryckdifferens, drivtryck...*
- Tillämpar noninvasiva metoder för att bedöma tryck- och flödesförhållanden intrakardiellt/intravasalt
- Kommer i kontakt med och har att ta ställning till info från invasiva mätningar t ex inom intensivvård
- Har själv anledning att göra invasiva mätningar

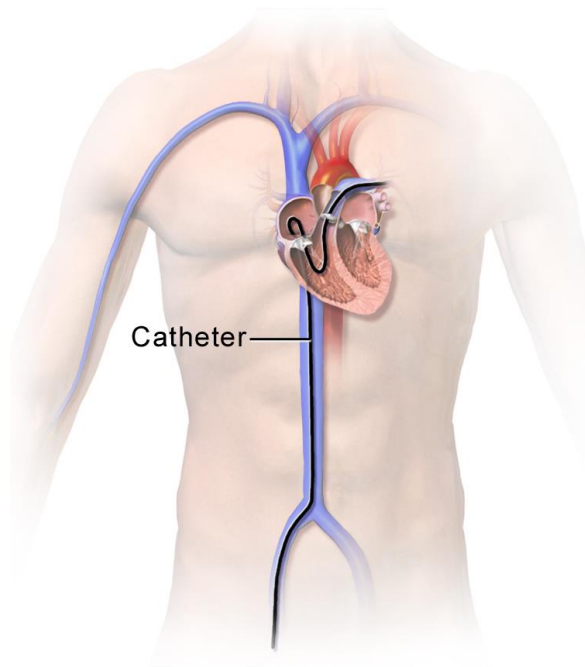
# Indikationer för diagnostisk hjärtkat ?

- Inför hjärttransplantation
  - För pulmonell vaskulär resistens
  - Och för att dokumentera att pat är precis så dålig som det verkar
- För karaktärisering och avancerad behandling av pulmonell hypertension och för att följa upp effekter
- GUCH med multipla problem- klaffläckage, shuntar, kammardysfunktion
- Konstriktiv perikardit
- Enstaka gånger vid svårbedömda insufficiensvitier
- Svårförklarlig dyspné där många andra undersökningar inte givit klarhet

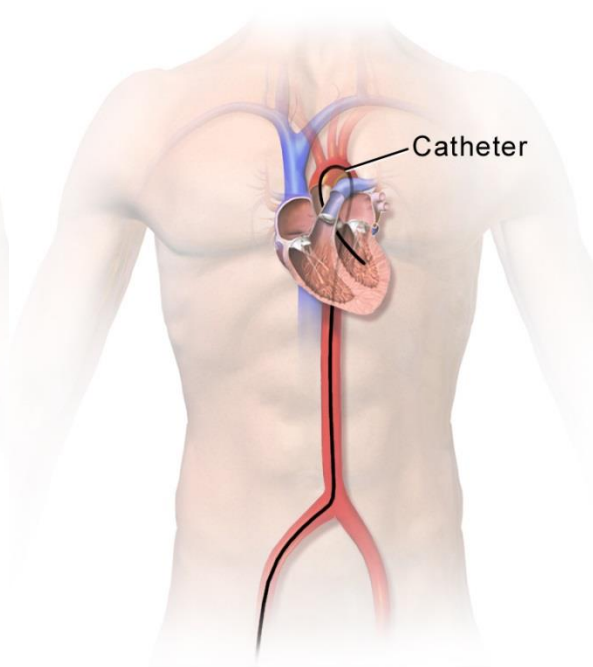
# Principiellt

- När noninvasiv diagnostik är svår eller motsägelsefull
- När kombination av tryck- och flödesinformation är kritisk för bedömningen
- Vid multipla problem

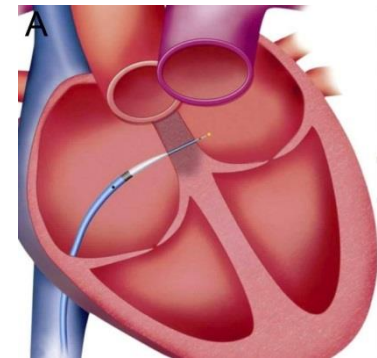
# Vad/ hur gör man?



**Right Heart Catheter**

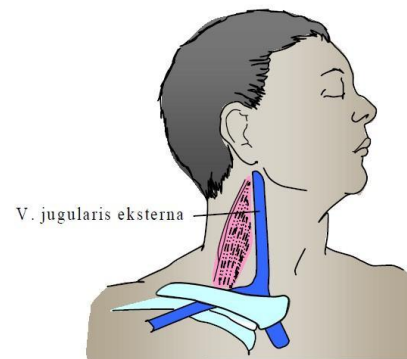
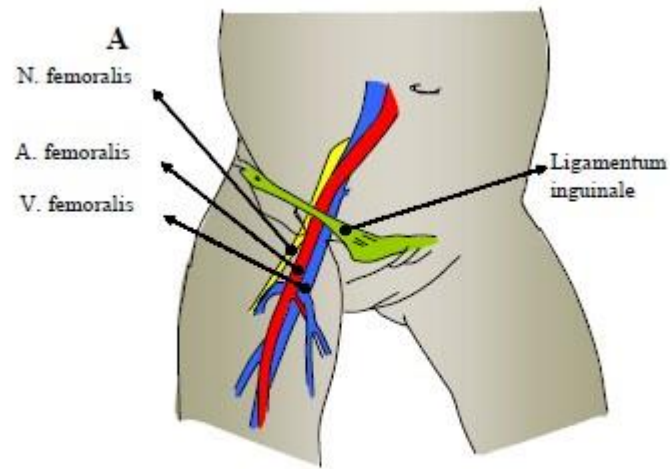
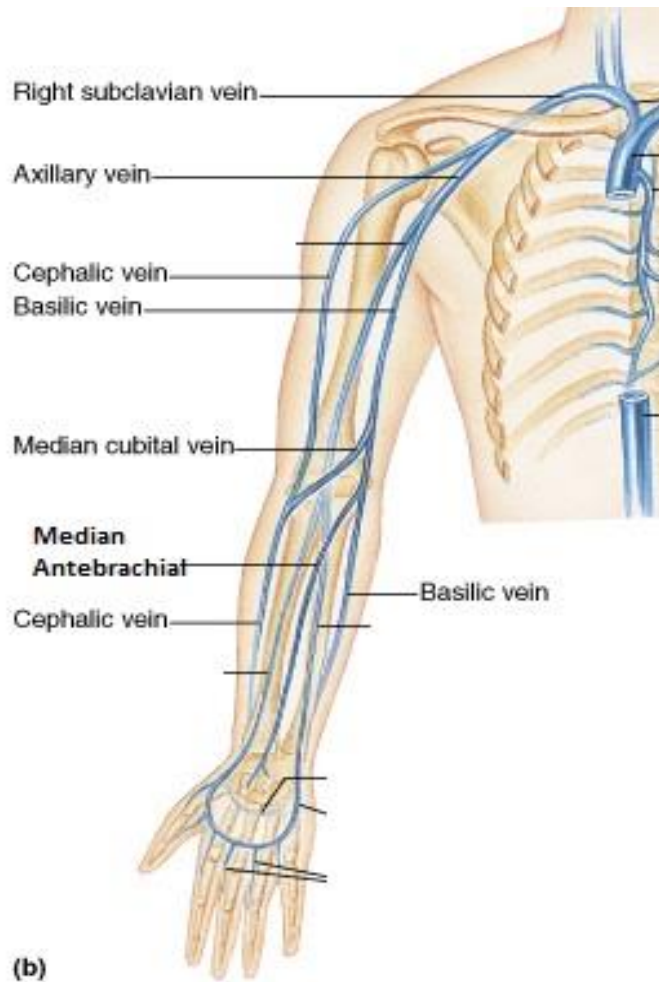


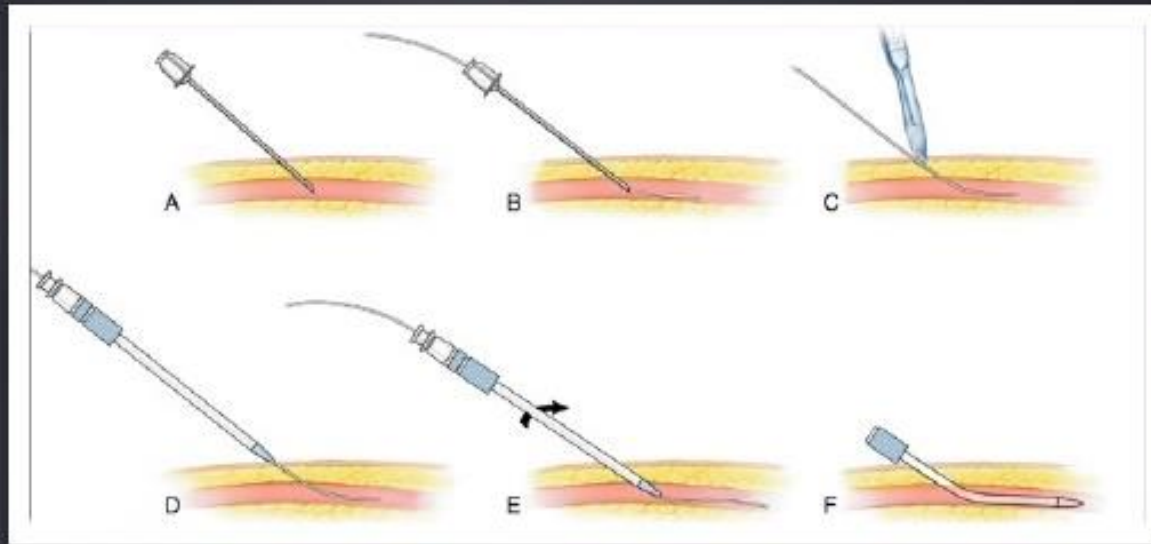
**Left Heart Catheter**



**Transseptal kat.**

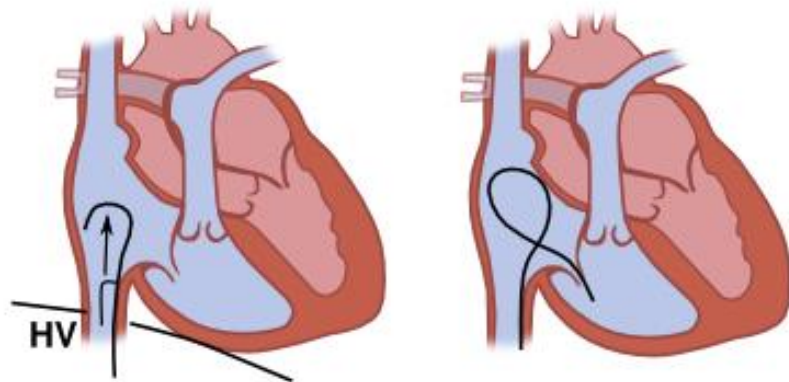
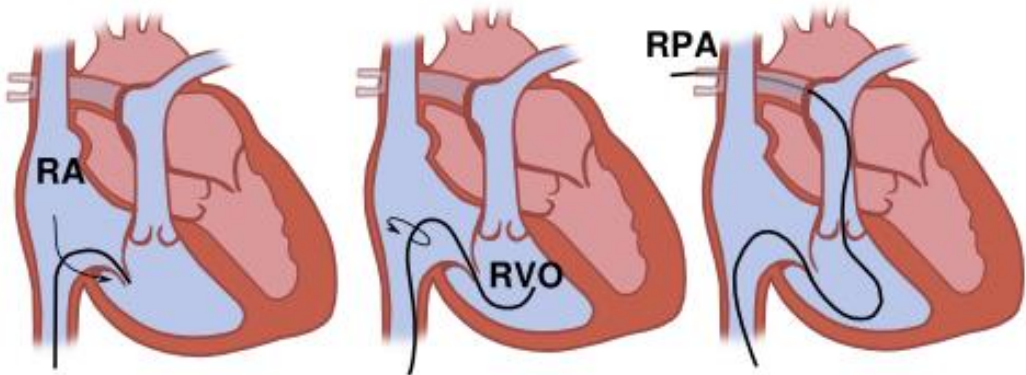
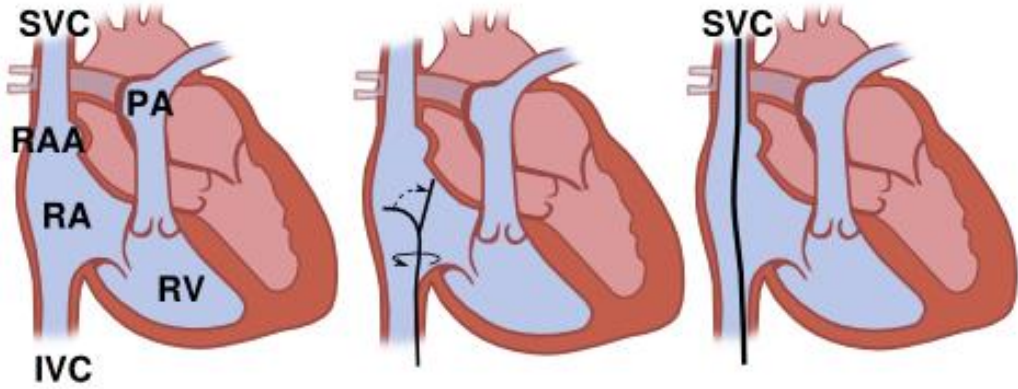
# kärlaccess





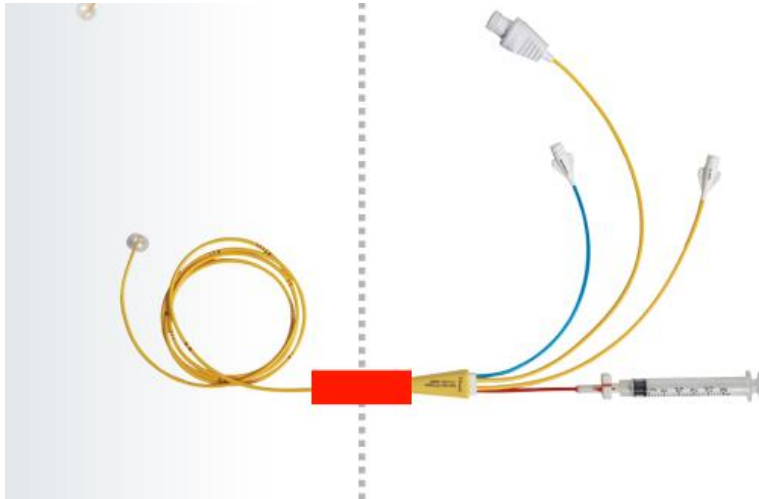
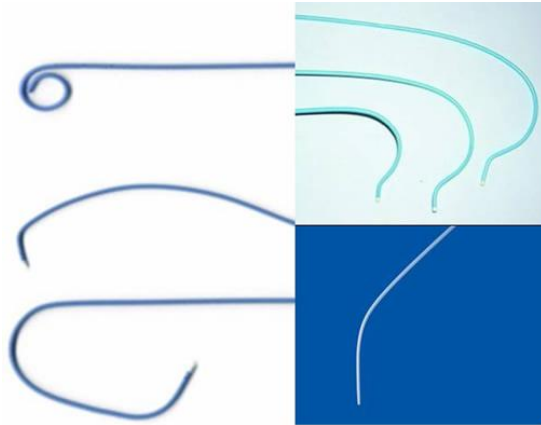
Sven-Ivar Seldinger  
1921-1998

# Seldinger's teknik





# Olika katetrar



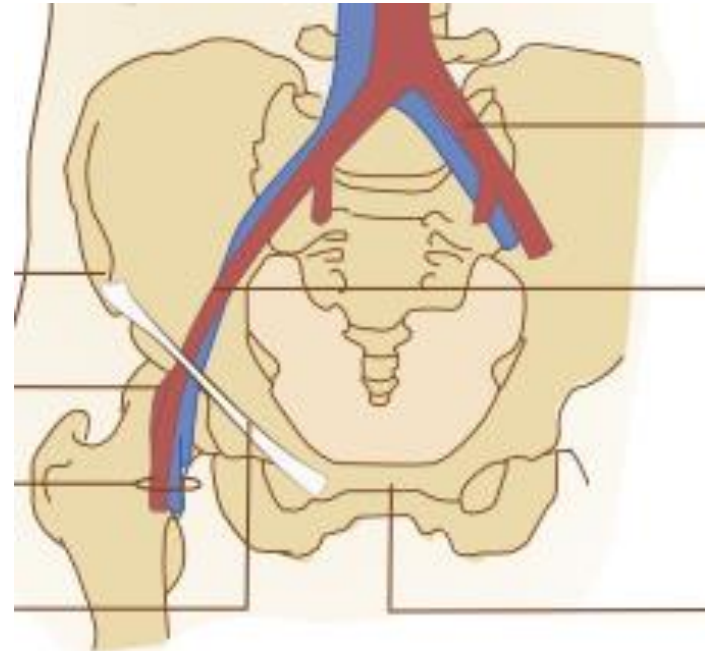
# Risker, komplikationer

- Infektion
- Trombos/ emboli
- Arytmi
- Perforation/tamponad
- Kär/ punktionskomplikation
  - Blödning, hematom
  - Pseudoaneurysm
  - AV- fistel

# Man ska veta vad man gör

EX:

- Punktera söder om inguinallig.
- I a fem communis, färre pseudoaneurysm än vid punktion av a fem superfic

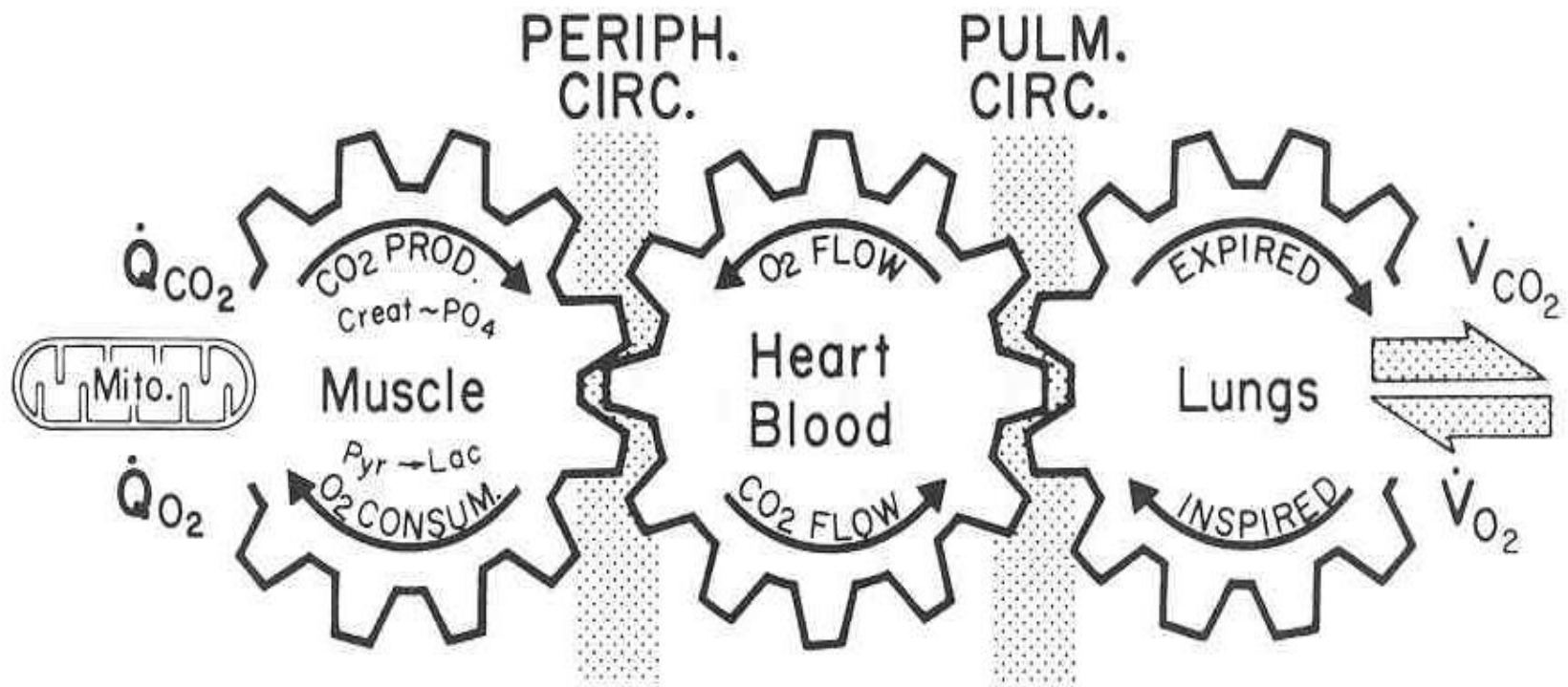


# Vad är hemodynamik ?

Volymer, tryck och flöden, och sambanden dem emellan,  
i hjärtat och cirkulationssystemet

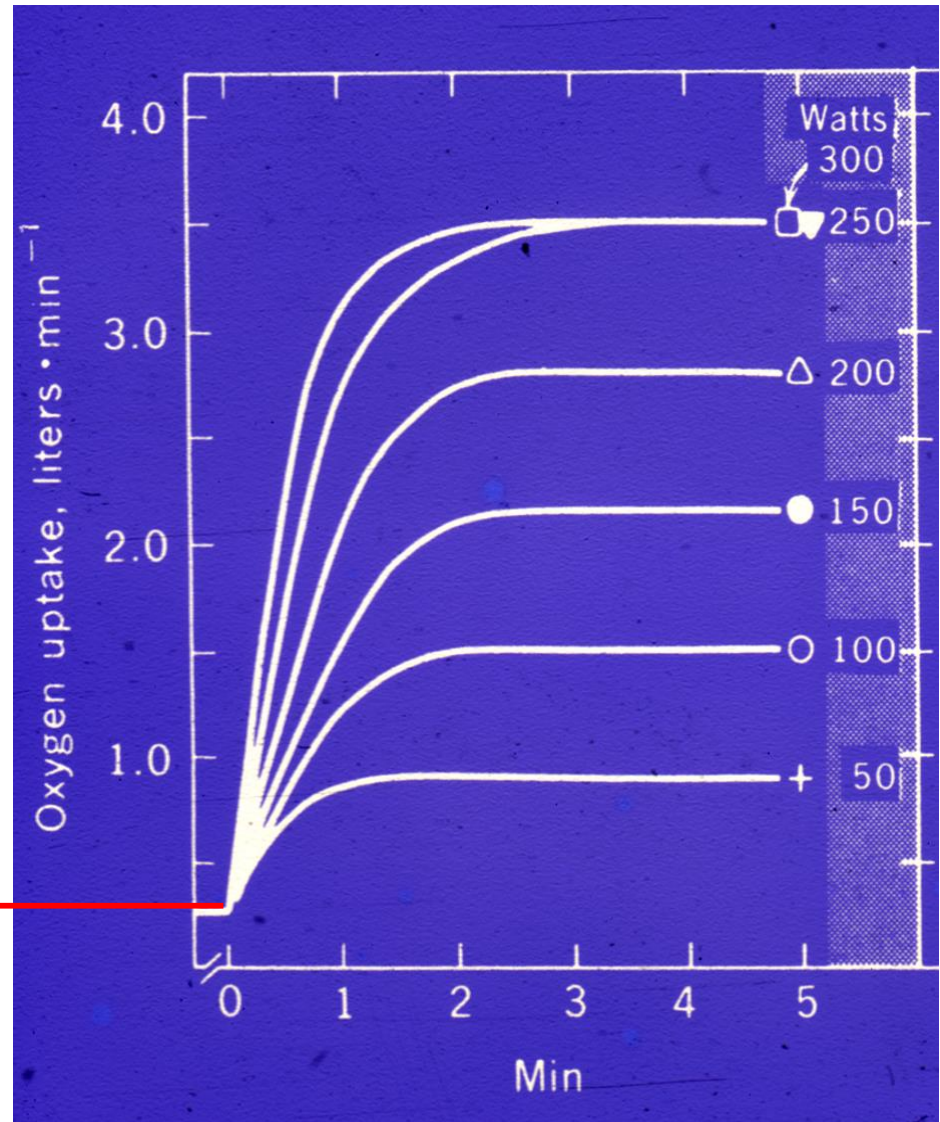
# Vad är meningen med hemodynamiken?

En viktig del:  
O<sub>2</sub>-transport !



# Syreåtgång i vila och under arbete

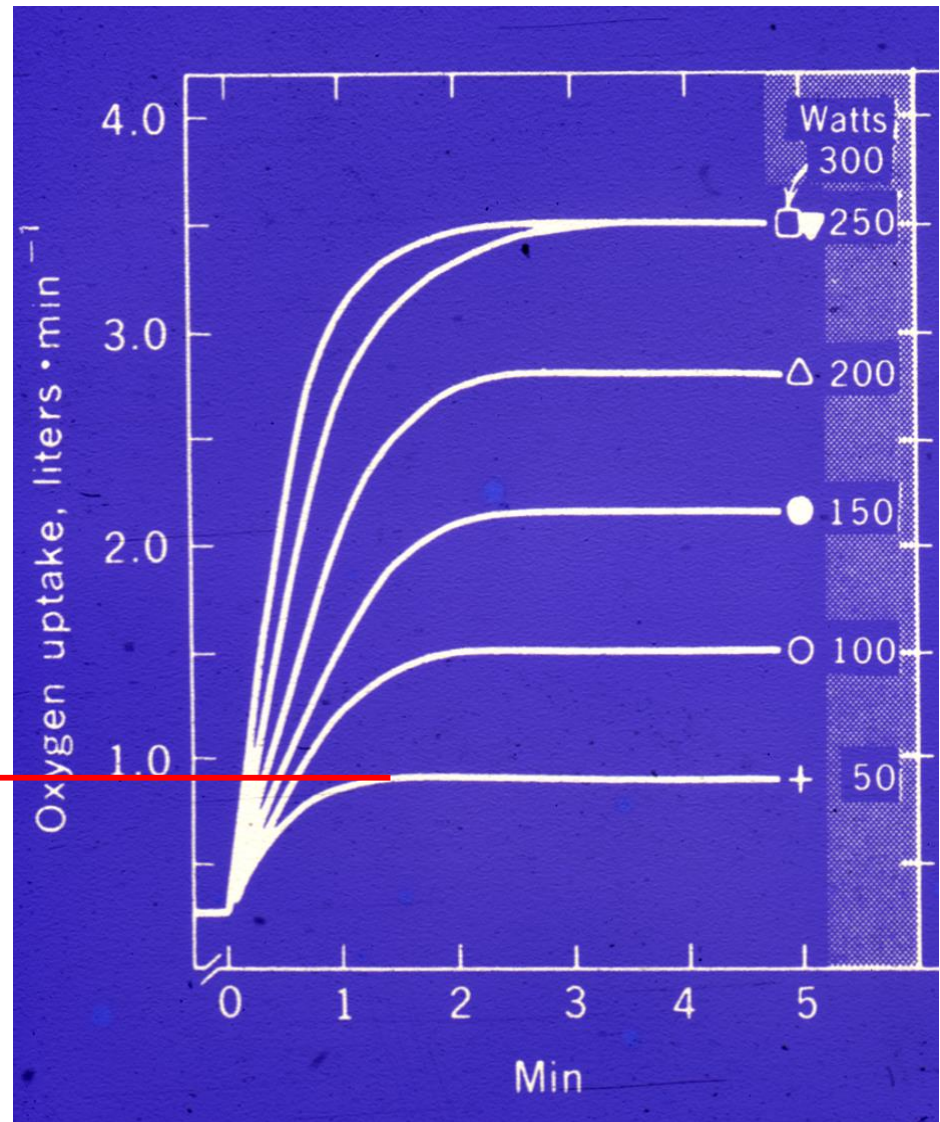
I vila  
ca 250 ml/min  
Högre hos stora personer  
och vid feber, oro mm





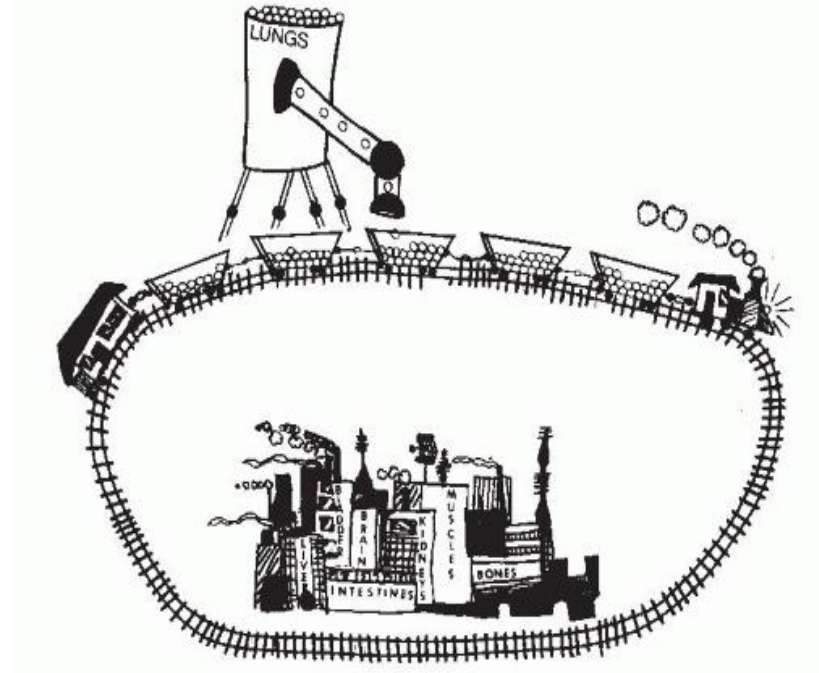
# Syreåtgång i vila och under arbete

50 Watt, motsv.  
gång på plan mark  
Syreåtgång  
3x vilobehovet,  
750-800 ml/min



# Syreupptaget, $VO_2$ , bestäms av

- Hur många liter blod hjärtat pumpar
- Hur mycket syre som används per liter cirkulerande blod



Fick's ekvation:

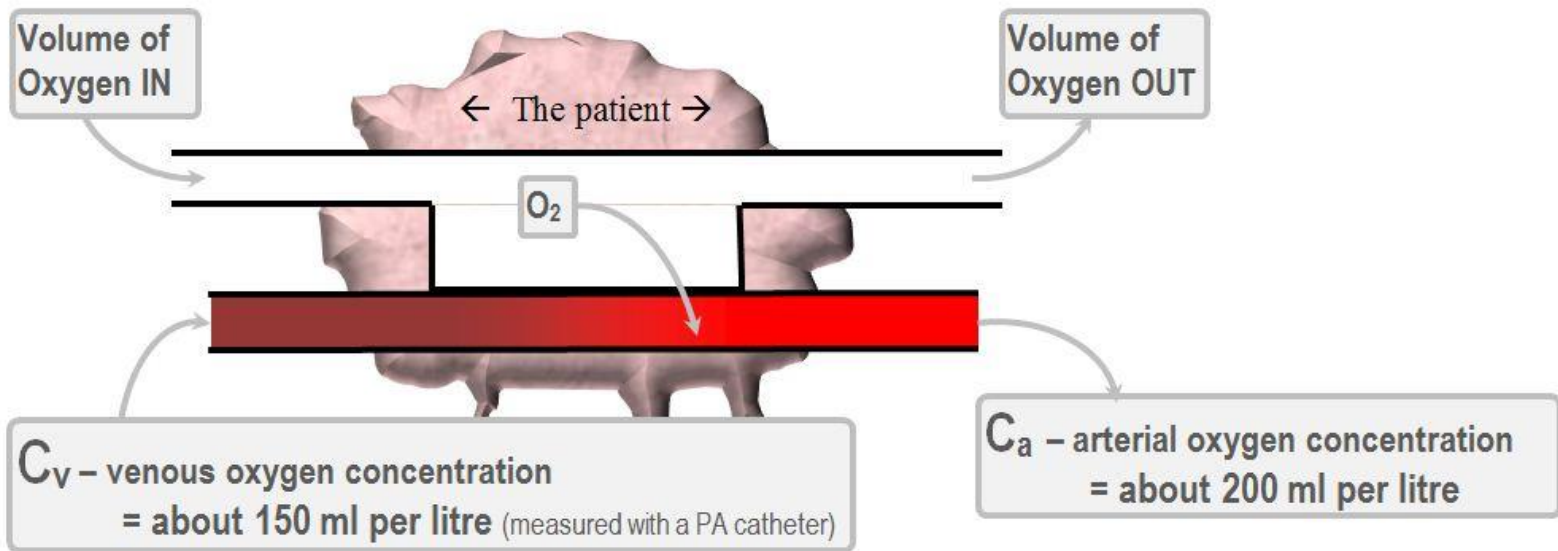
$$VO_2 = \text{Hjärtminutvolym} \times \text{A-V-O}_2\text{-differens}$$

Eller:

$$CO = VO_2 : \text{A-V-O}_2\text{-differens}$$



# Fick's princip



$$CO = \frac{VO_2}{A-V-O_2\text{-differens}}$$

$CO = VO_2 : A-V O_2\text{-differens}$

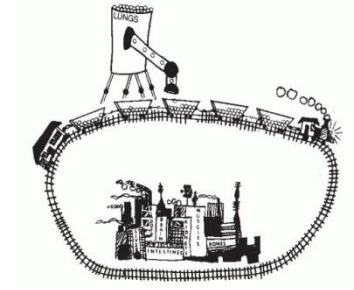
Syreupptag



Blod från

- Artär
- A pulmonalis = blandat venöst

# Syreinhåll



Fysikaliskt löst =  $0.23 \times P_{O_2}$  (kPa),  
utgör vanligen 1-2 %, försumbart  
Hb- bundet = Hb- konc. X syremättnad x k

## Beräkning av syreinhåll

Mängd O<sub>2</sub> per volymenhet blod :

Hb- koncentration, g/l x syremättnad, % x

faktor för omräkning av g Hb till ml O<sub>2</sub> dvs

hur mycket O<sub>2</sub> binder varje gram Hb, = 1,36

sort för O<sub>2</sub>-innehåll således: ml O<sub>2</sub>/l blod

$CO = VO_2 : A-V O_2\text{-differens}$

Så de ingående variablerna,  
med sina analyser, och mätfel att beakta, är

## Syreupptag;

% O<sub>2</sub> i utandningsluft och  
andningsminutvolym

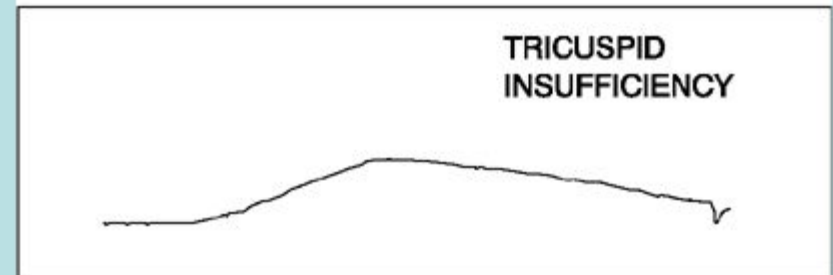
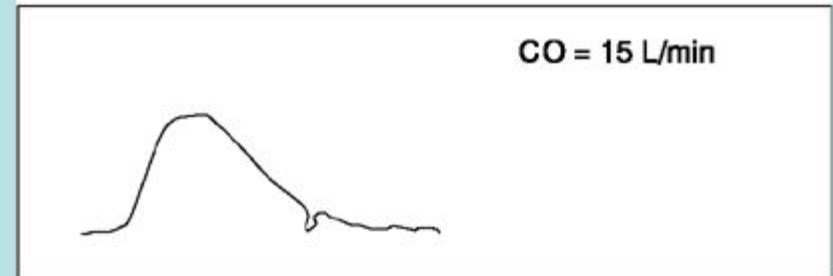
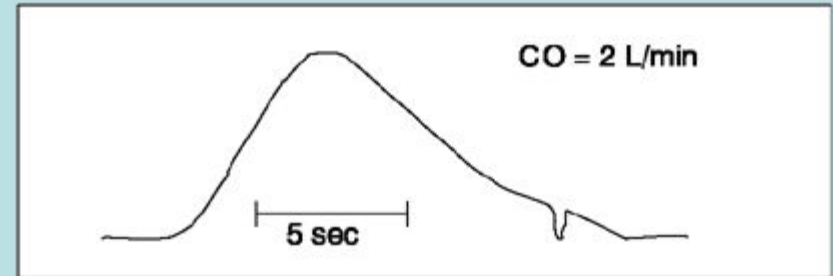
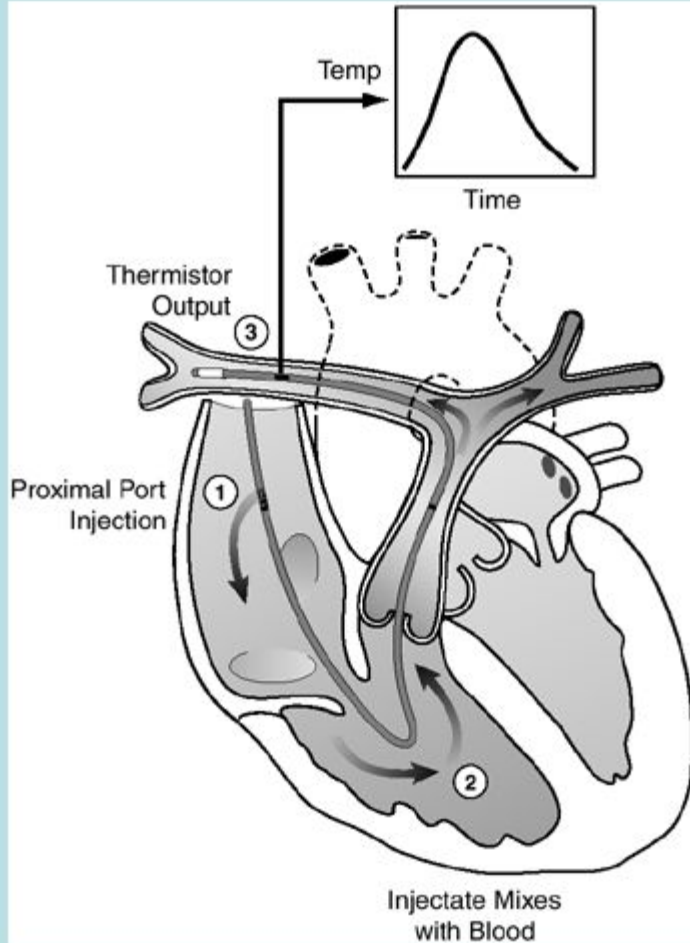


Hb- koncentration

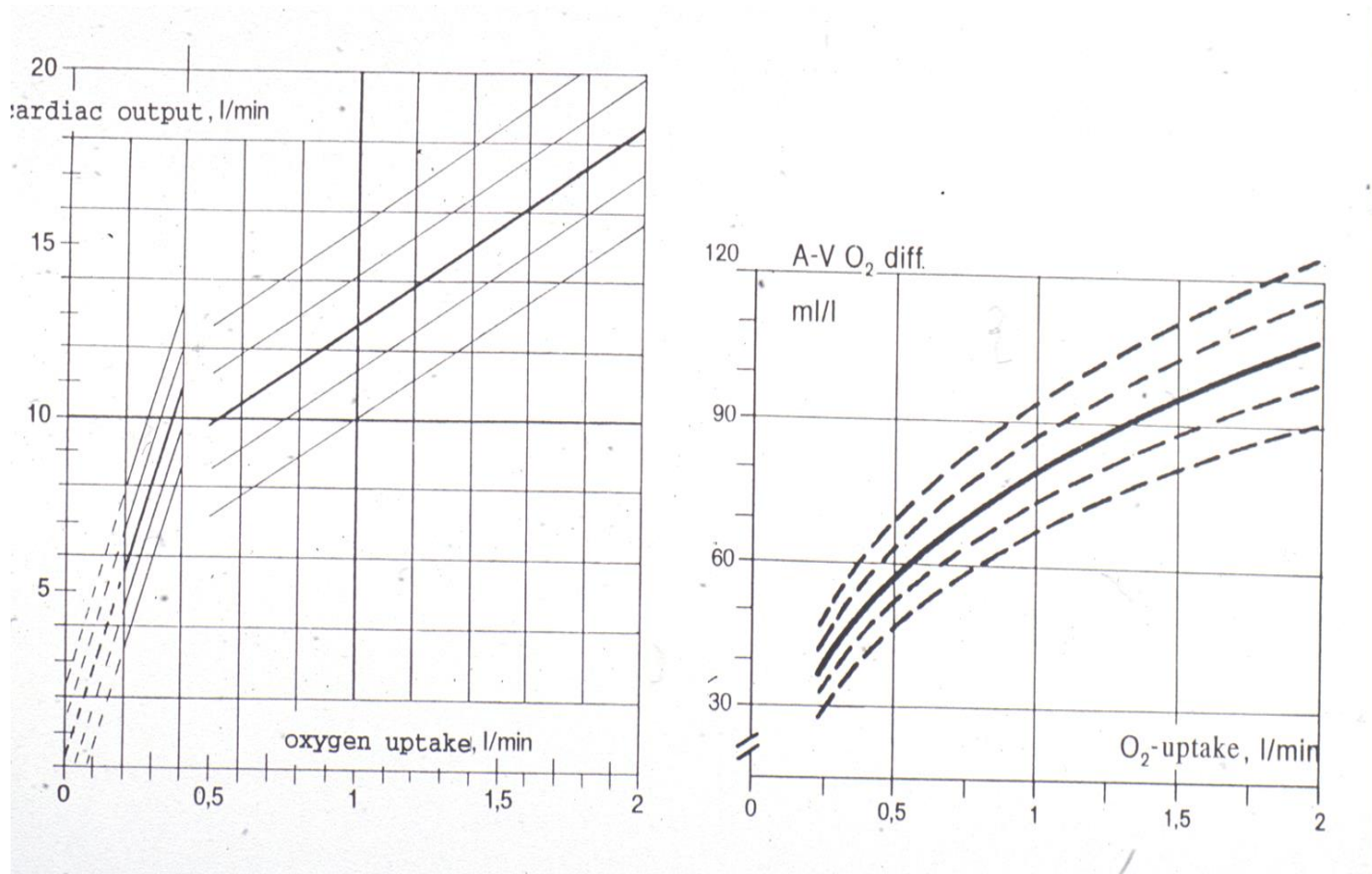
Syremättnad

Och ändå är Fick den minutvolym-  
metod som rätt använd har minst metodfel

# Thermodilution

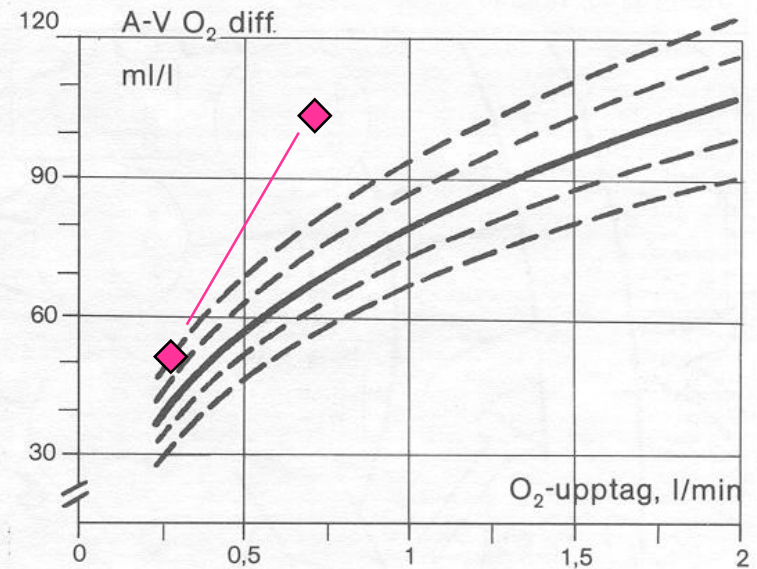
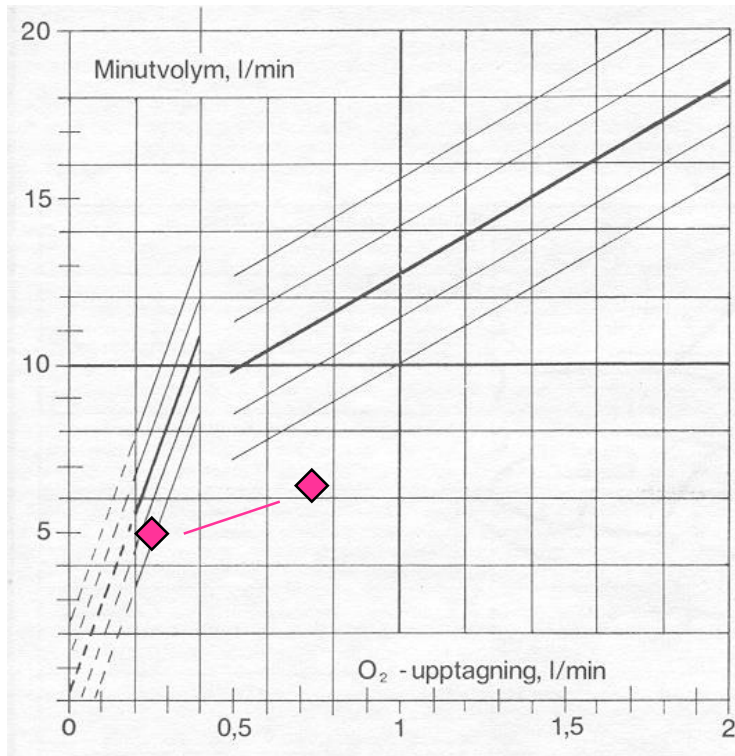


# Nu kan vi värdera minutvolym och AV- diff i förhållande till syreupptag

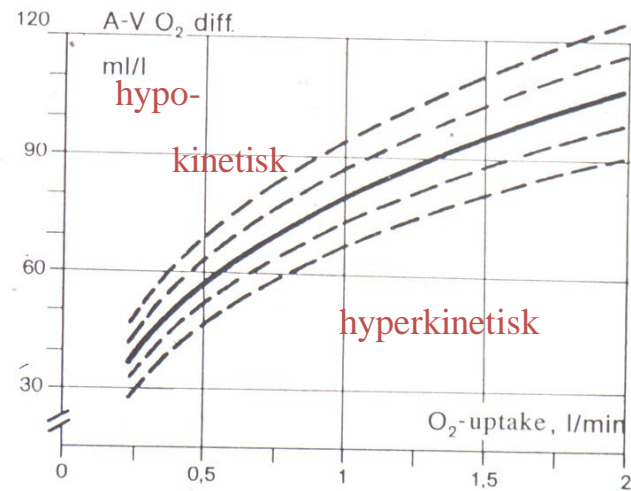
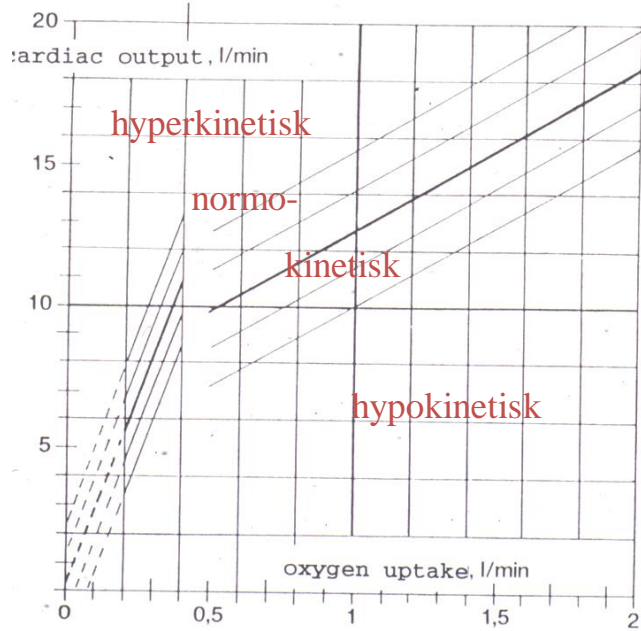




# 58-årig man med dilaterad kardiomyopati

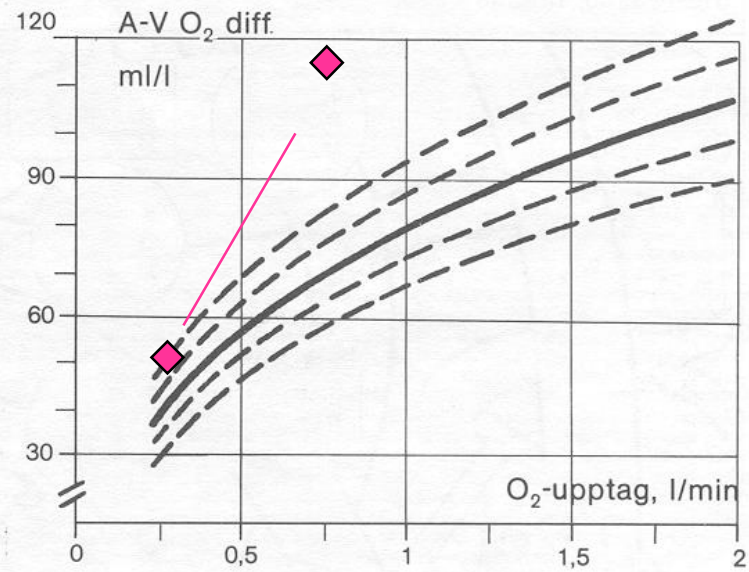
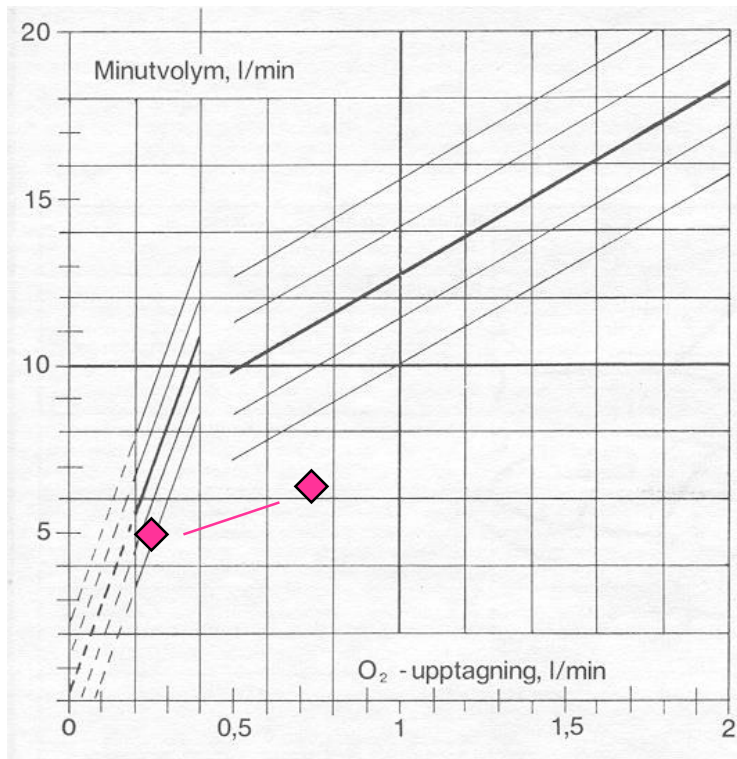


# Kinetik

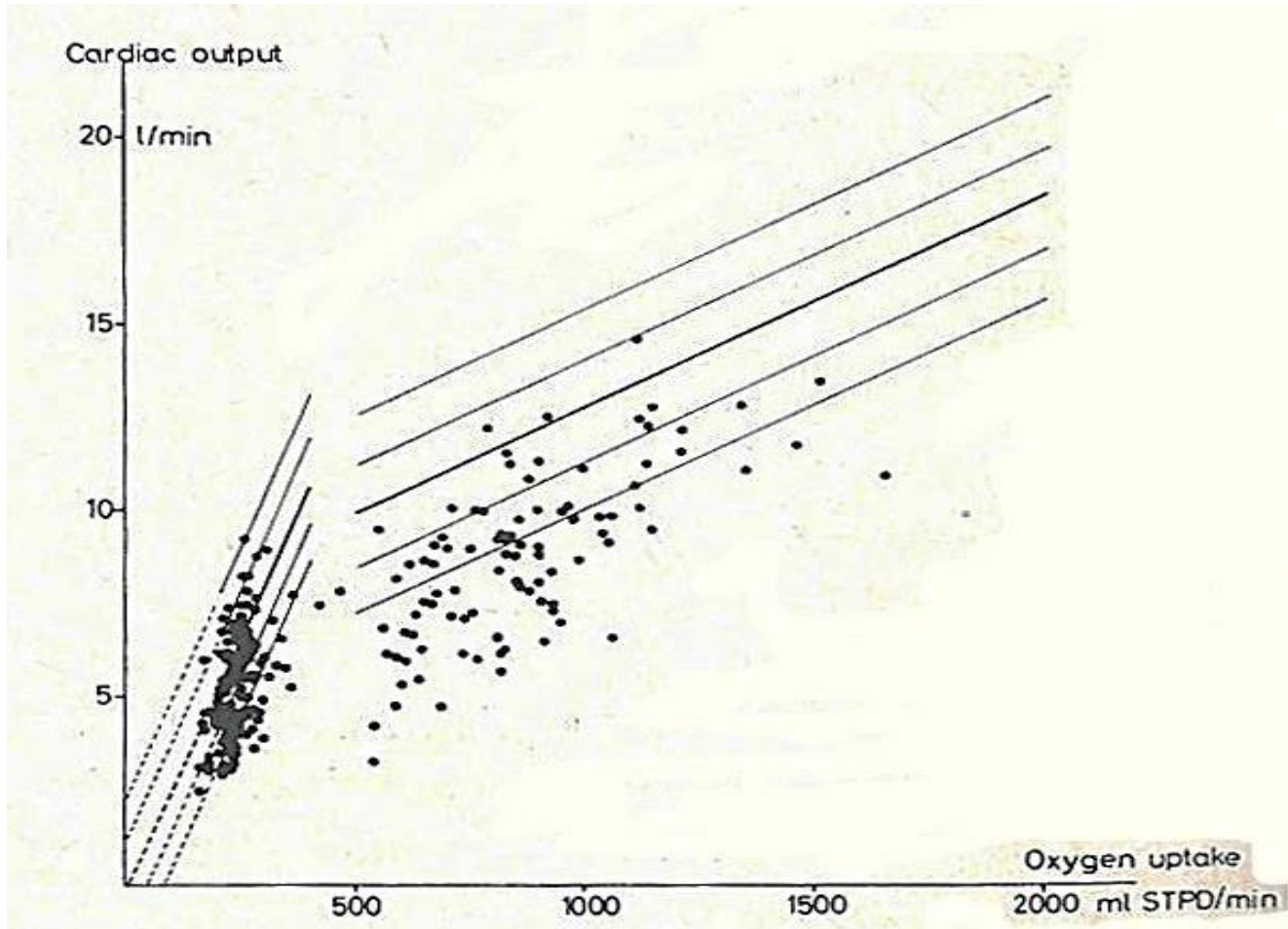




# En kompensation när CO inte räcker till Extrahera mera syre!



# Hemodynamik vid mitralstenos



Jonsson B et al

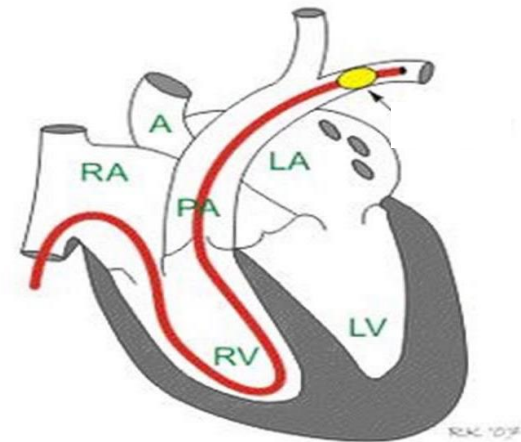
# Vad är hjärtsvikt ?

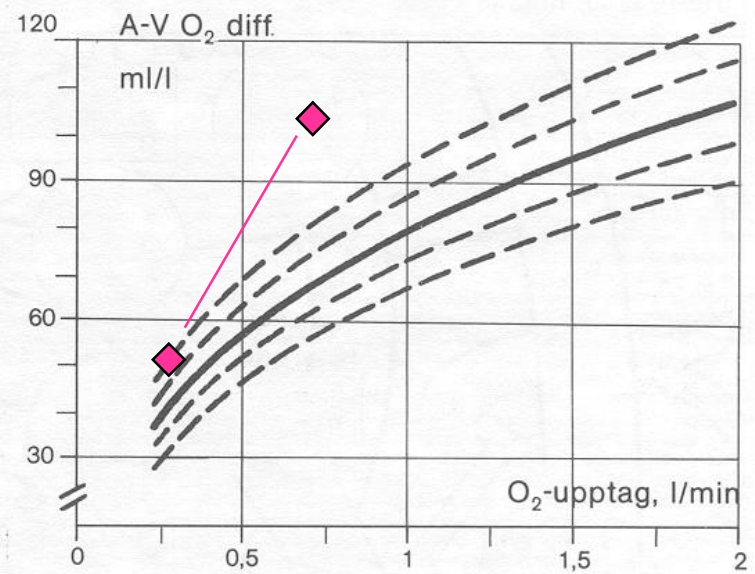
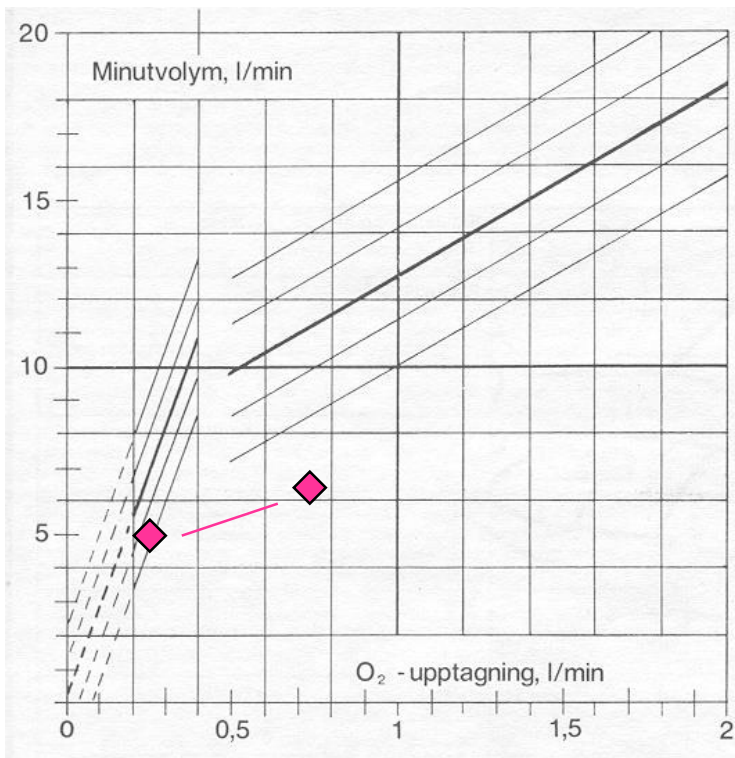
” Cardiac failure is an inability of the heart to deliver blood ( and therefore oxygen) commensurate with the requirements of the metabolizing tissues, at rest or during exercise ”

WHO, 1995

# Hur bedöma om patienten har normokinetisk cirkulation eller ej

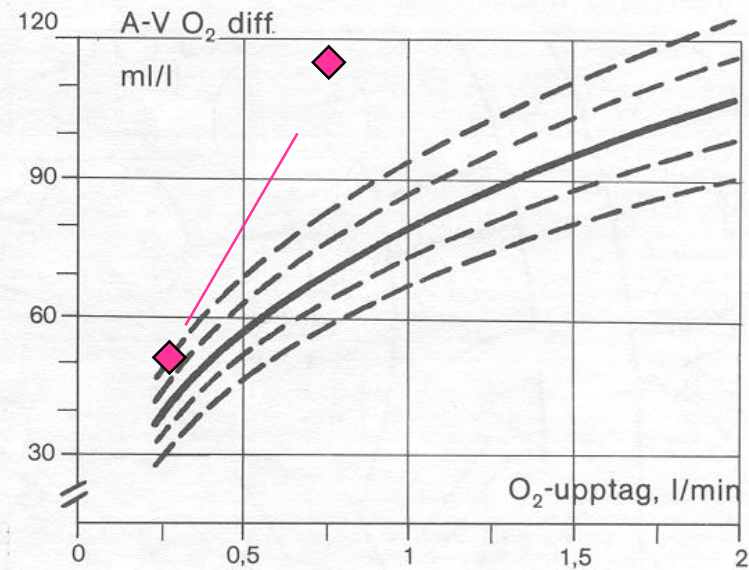
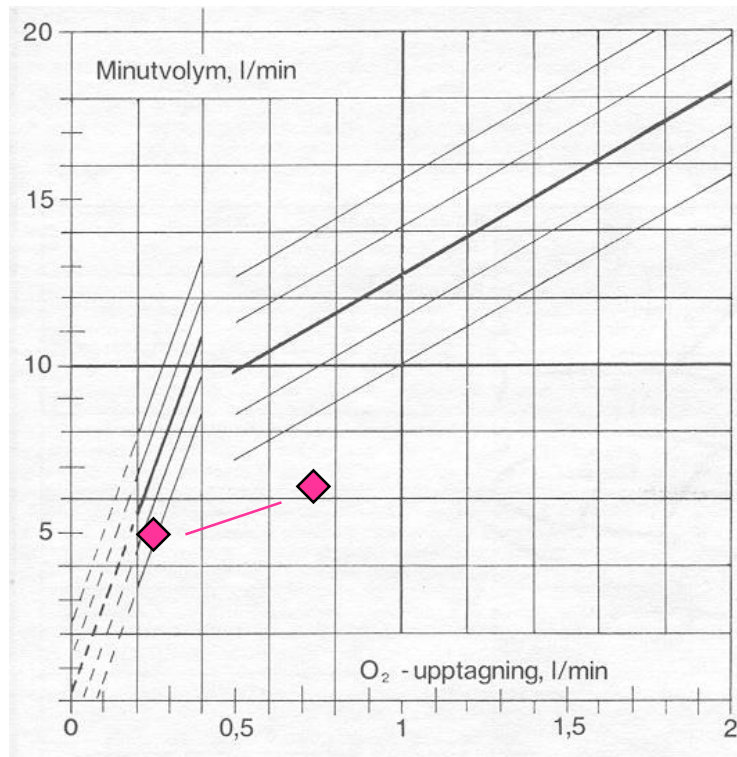
- Mäta syreupptag
- Mäta AV- diff
  - Blod för att räkna ut syreinhåll(mäta SO<sub>2</sub> och Hb) i
  - Artär
  - A. pulmonalis
- Räkna ut cardiac output





# En kompensation när CO inte räcker till Extrahera mera syre!

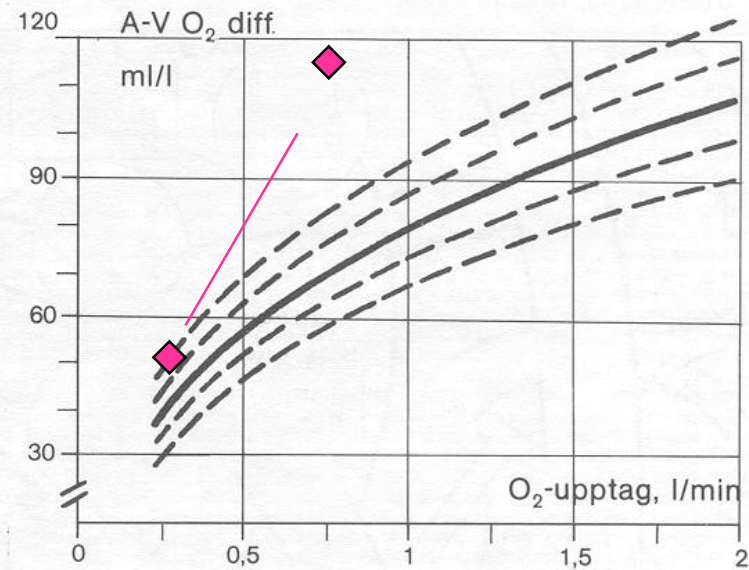
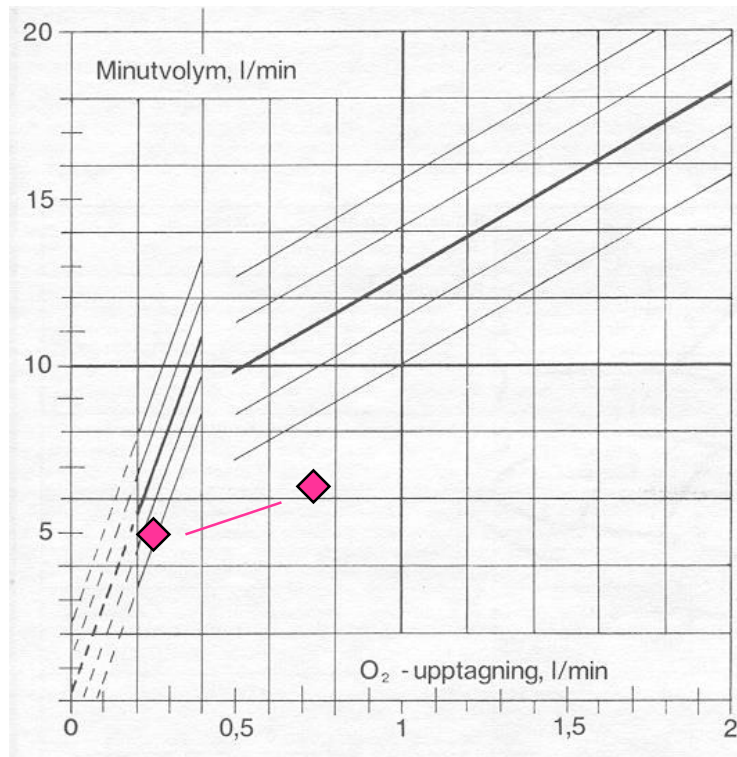
- Syns som ökad AV-O<sub>2</sub>-diff
- Eller sänkt SO<sub>2</sub> i PA
- Eller sänkt SO<sub>2</sub> i central ven
- Varje approximation har begränsningar





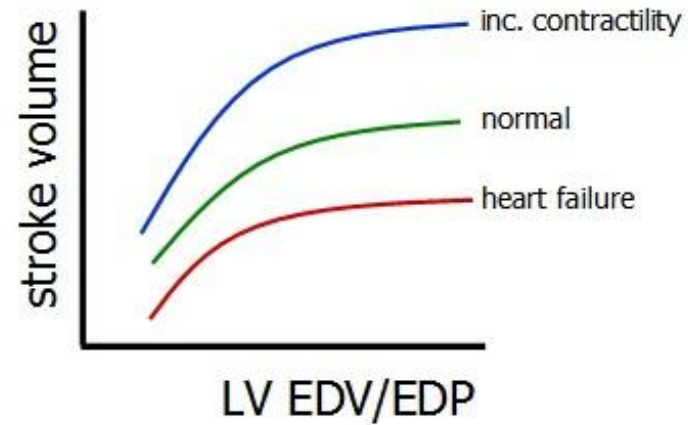
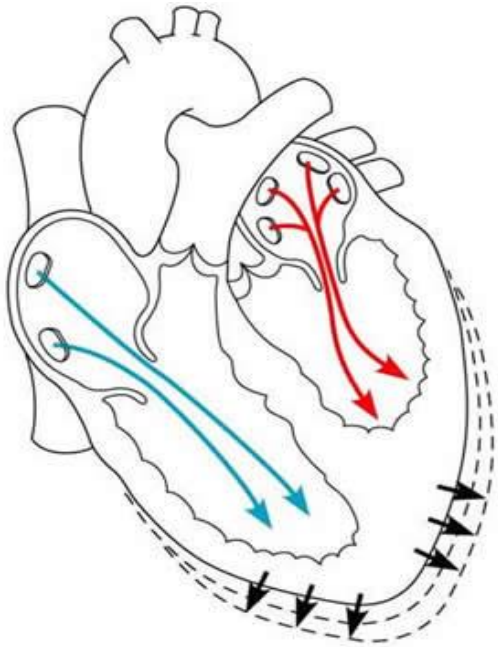
# En kompensation när CO inte räcker till Extrahera mera syre!

- Syns som ökad AV-O<sub>2</sub>-diff
- Eller sänkt SO<sub>2</sub> i PA "blandvenös"
- Eller sänkt SO<sub>2</sub> i central ven "centralvenös"
- Varje approximation har begränsningar



# En annan kompensation

Öka fyllnad/fyllnadstryck  
för att öka slagvolymen



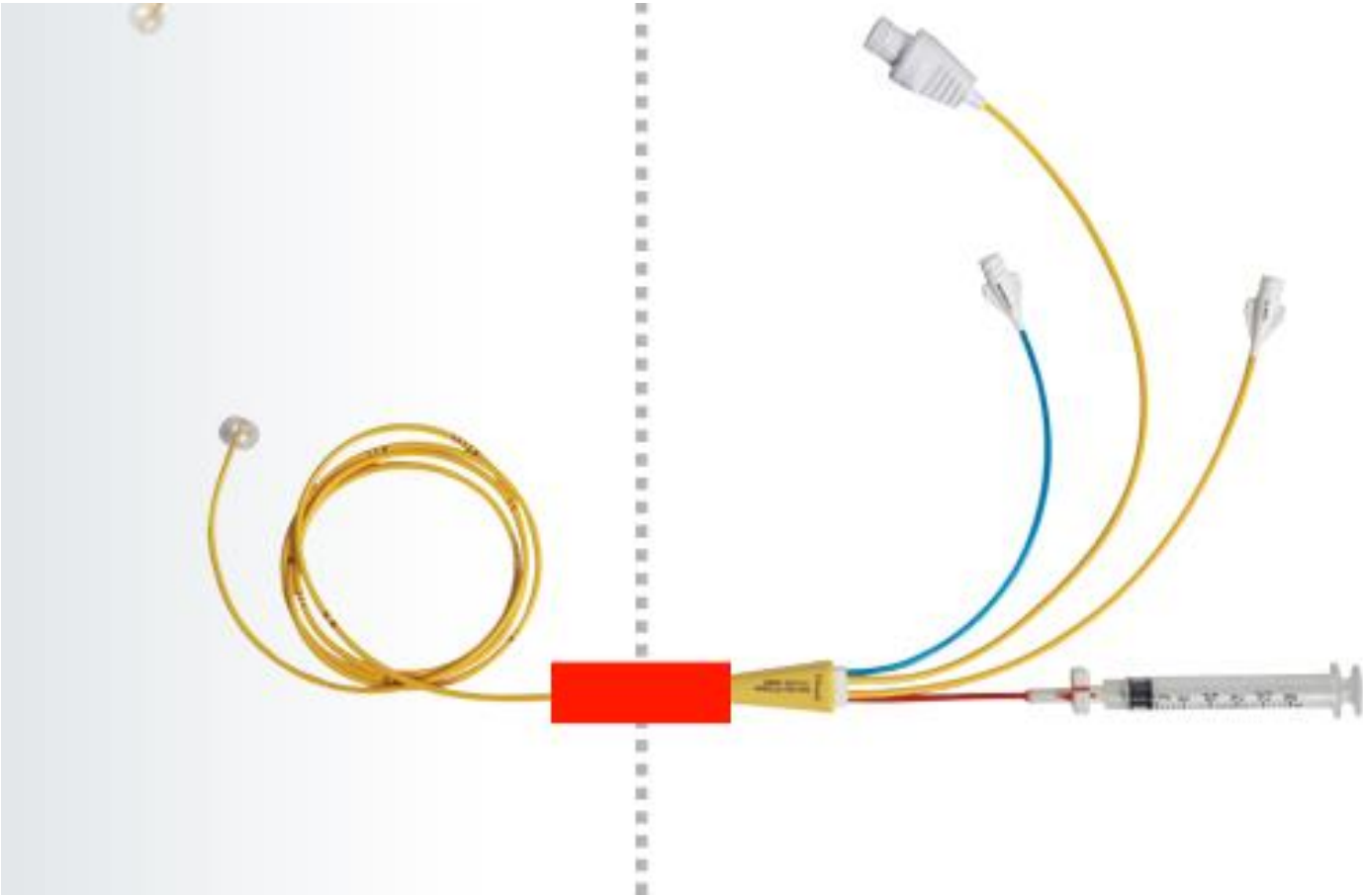


# Tryckmätning

# Tryckmätningssystem

1. Kateterspetsgivare, mäter trycket ”på plats”
2. Vätskefyllt system, mäter det fortplantade trycket, med extern mätare
  - Kateter (+ ev förlängning)
  - Tryckgivare
  - Förstärkare
  - Bildskärm/ skrivare
  - Analys

# kateter

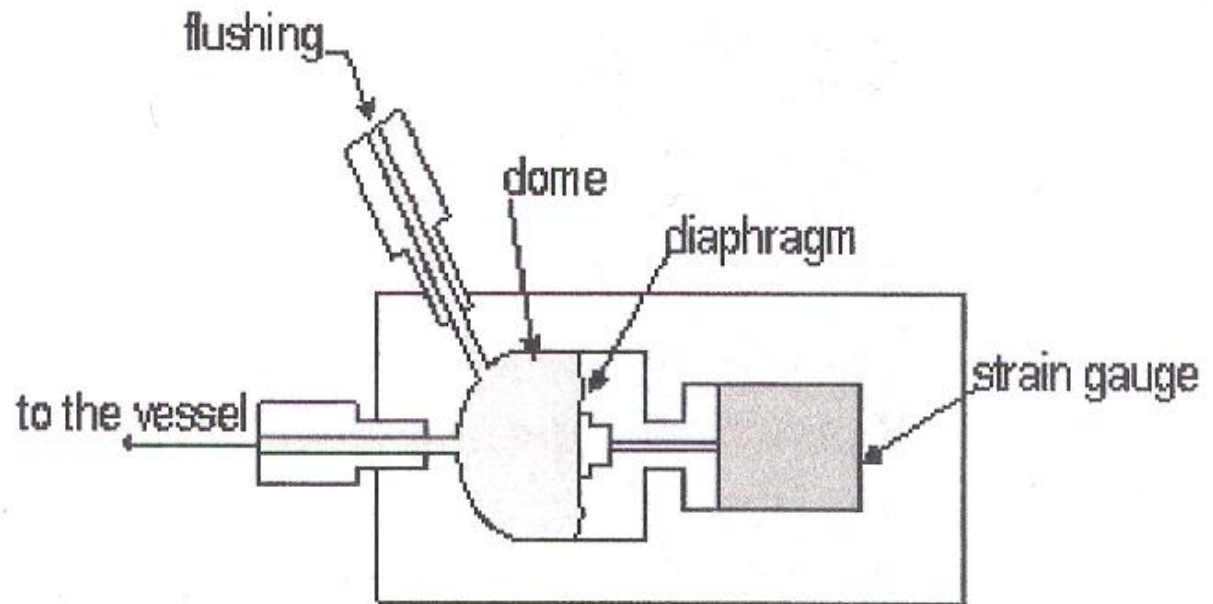


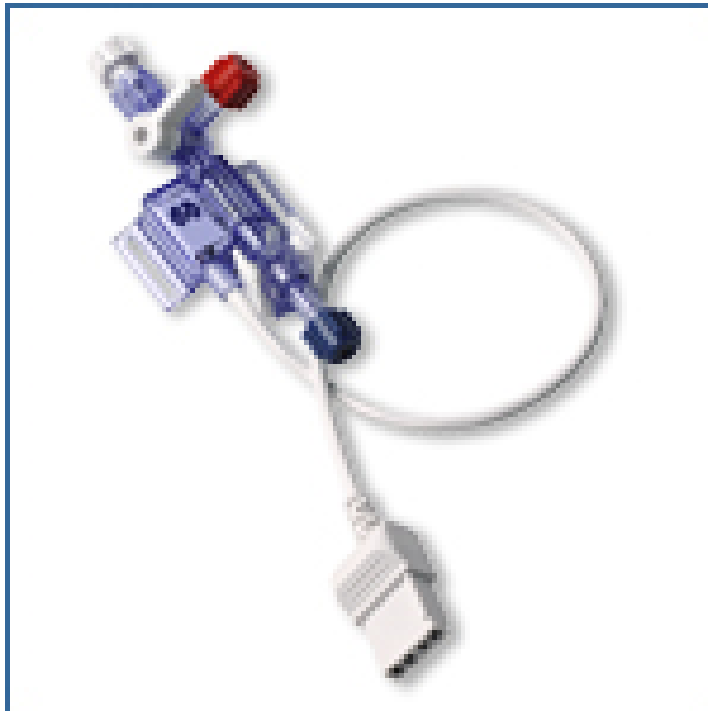
# tryckgivare

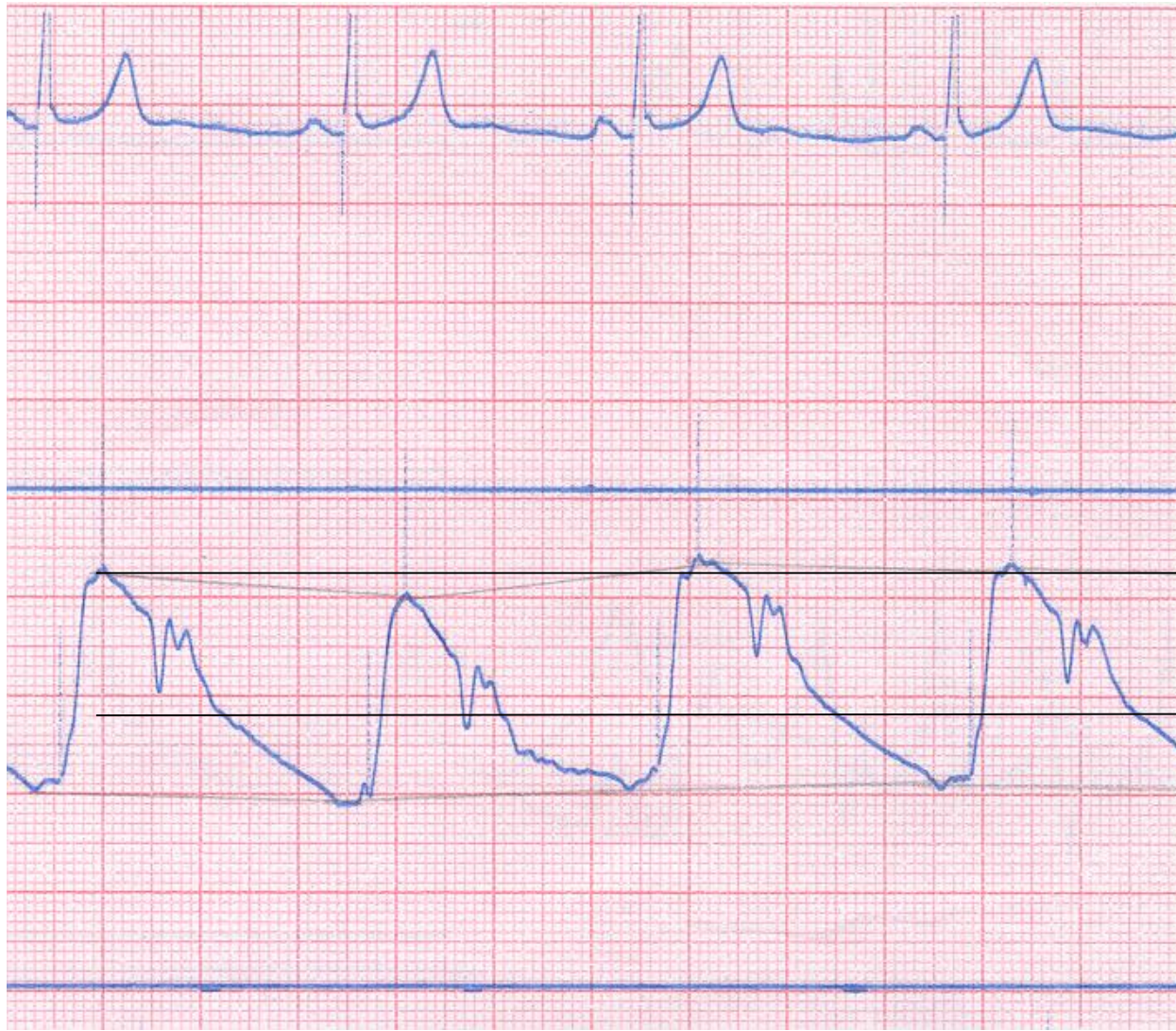
Schematic representation of the transducer.

The pressure inside the dome should equal at every instant the pressure inside the vessel.

Diaphragm displacements are proportional to this pressure.







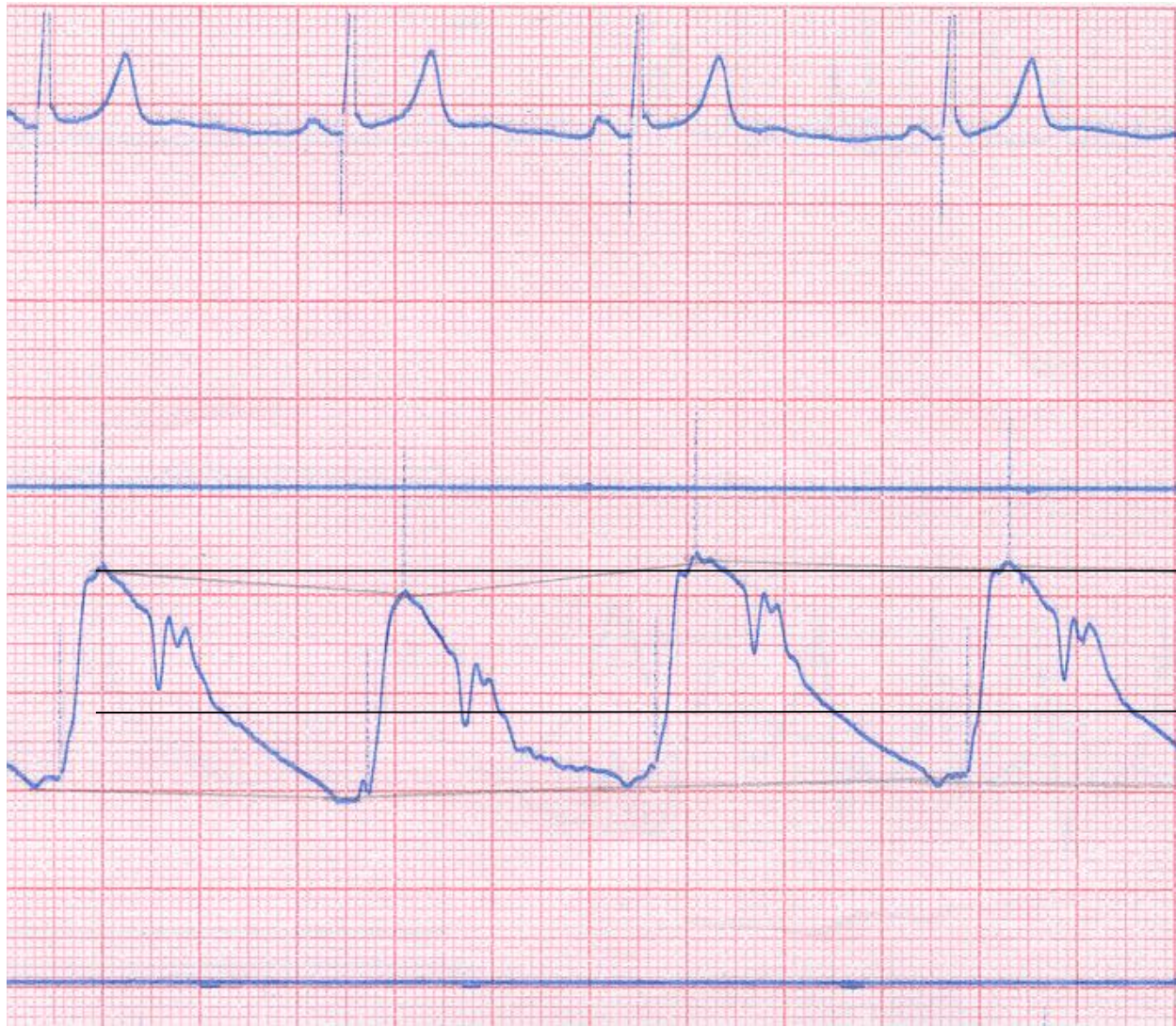
Vi vill mäta  
”blodtryck”  
i kärl och hjärtrum

T ex.

Systoliskt

Diastoliskt



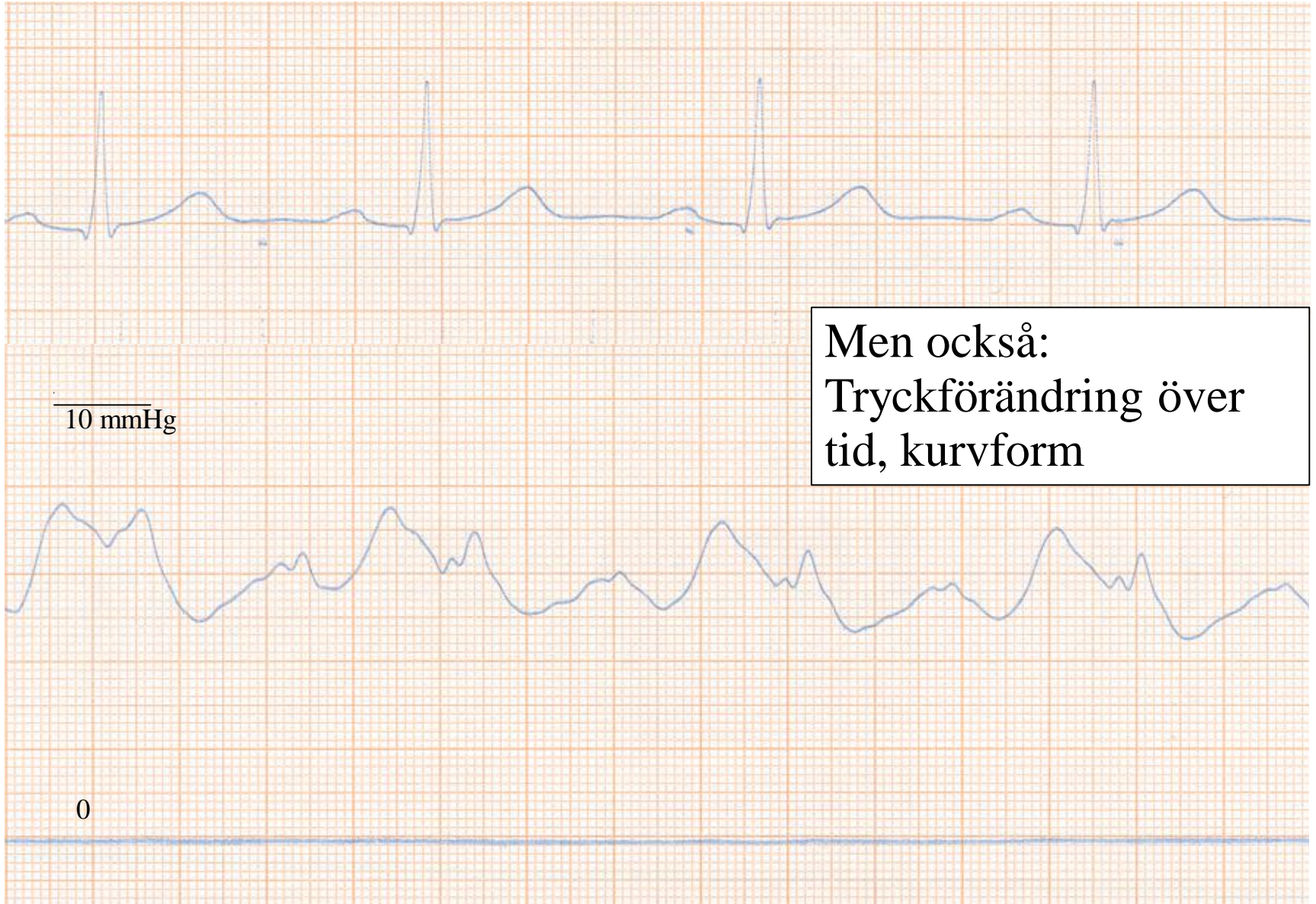


Systoliskt

Medel

Diastoliskt





10 mmHg

Men också:  
Tryckförändring över  
tid, kurvform

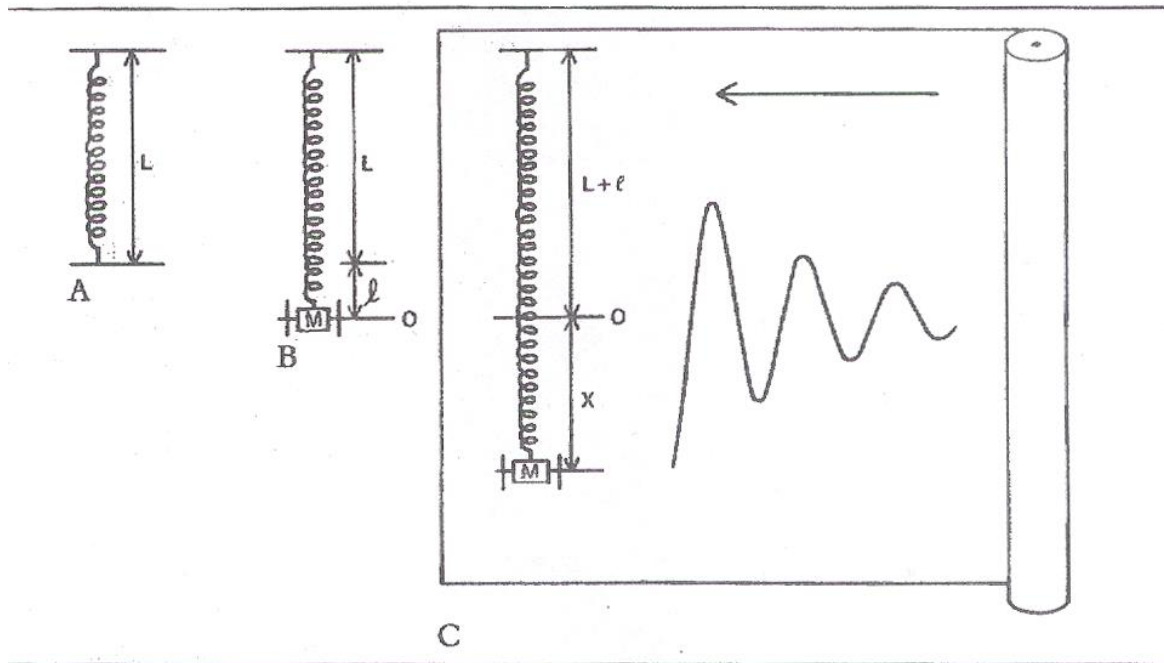
0



# Trycket och dess variation inne i hjärta eller blodkärl ska återges korrekt av tryckmätningssystemet

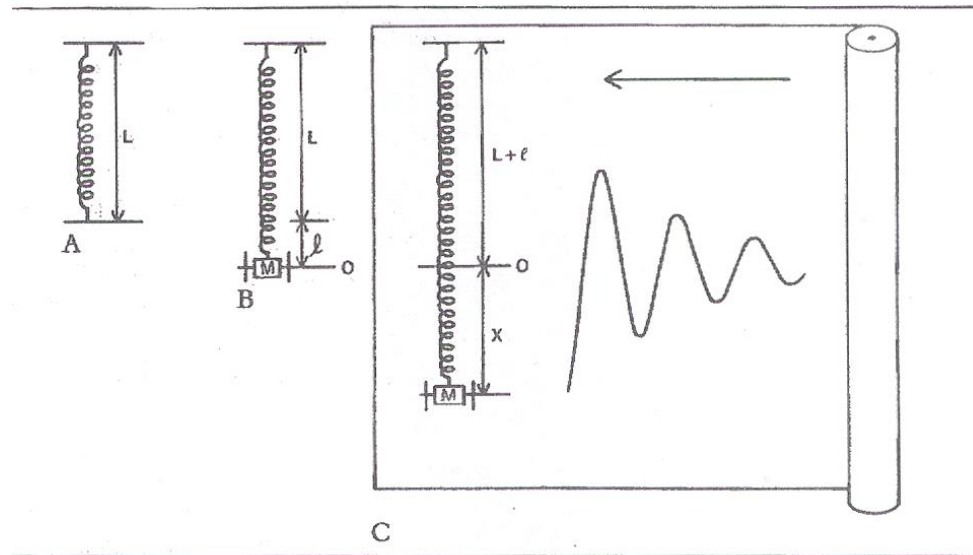
- Tryckvågens fortplantning i katetern påverkas av dess längd, radie och compliance
- Vi skulle av den anledningen vilja ha korta, grova och stela katetrar
- Men av biologiska- medicinska skäl vill vi gärna ha långa, tunna och mjuka katetrar

Vätskepelaren och dess fluktuationer i en kateter kan jämföras med en spiralfjäder



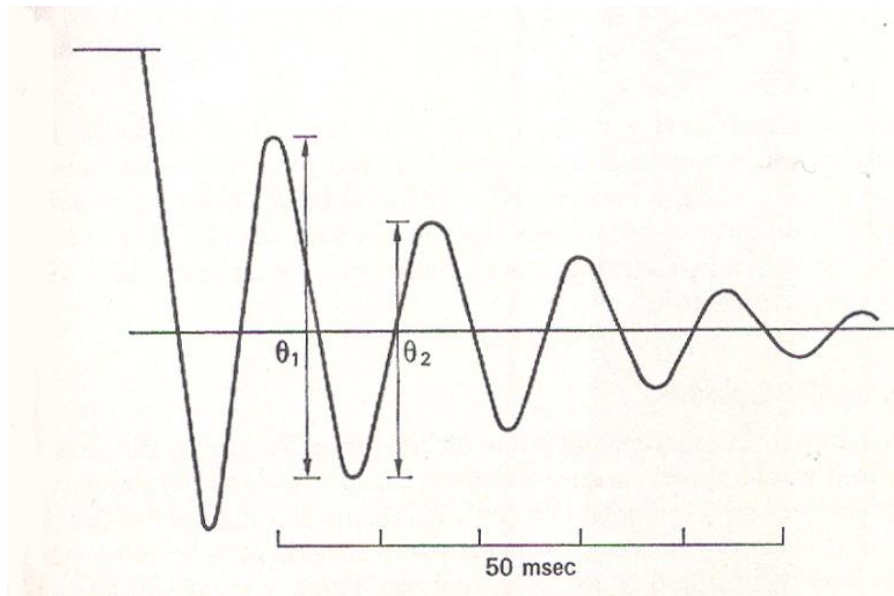
# Svängningarnas amplitud och frekvens beror på

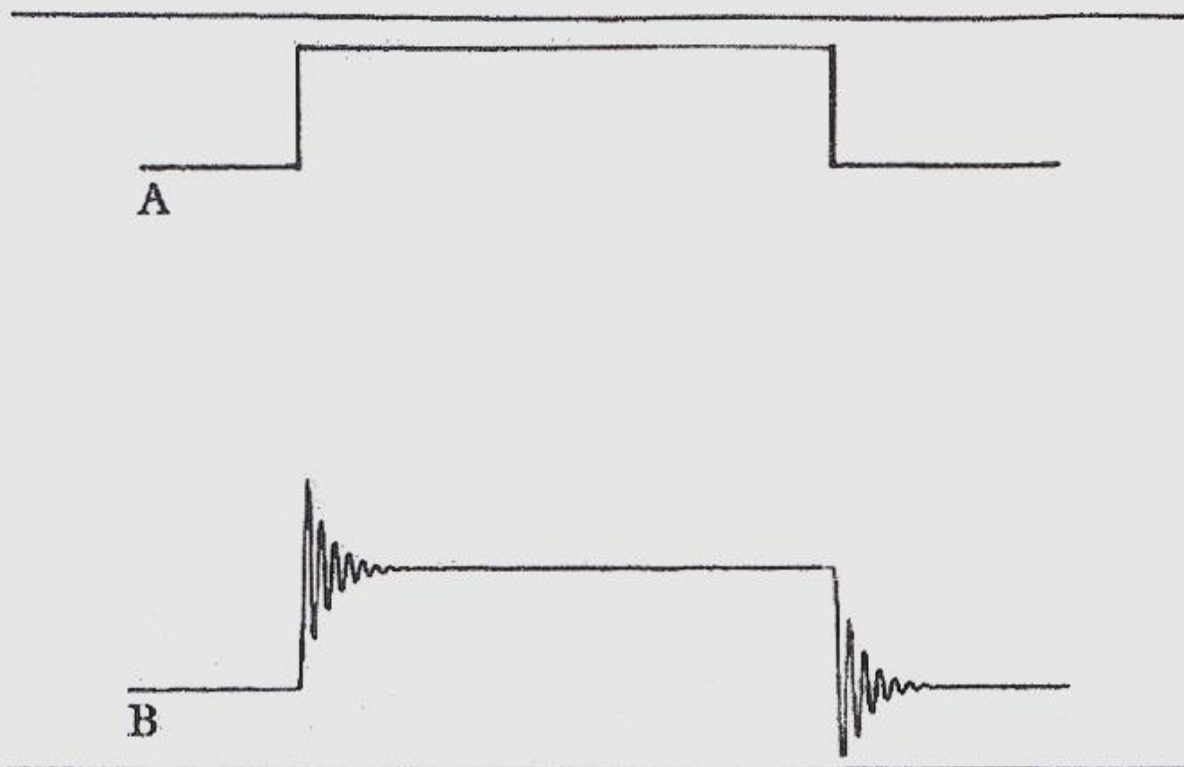
- Massan
- Fjäders elastiska krafter
- Friktionen



# Svängningar i ett vätskefyllt katetersystem

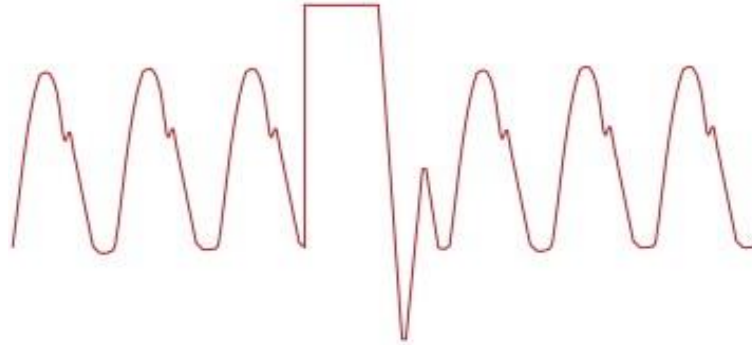
- Massan motsvarar vätskan i katetersystemet
- Elastiska krafter f.a. i tryckmätarmembranet
- Friktionen- viskositetseffekt av vätskans rörelse i katetern



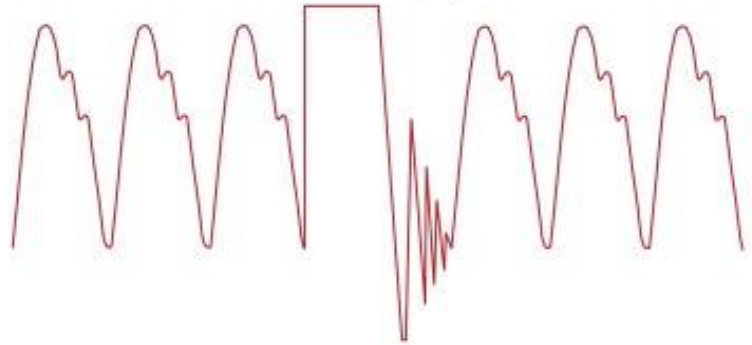


*Fig 1. (A) The input signal to a blood pressure recording system: square wave depicting a sudden pressure change. (B) The output signal: the use of a flush device to produce a square wave on a fluid-filled catheter generates a sinusoidal pressure wave of progressively decreasing amplitude and constant frequency.*

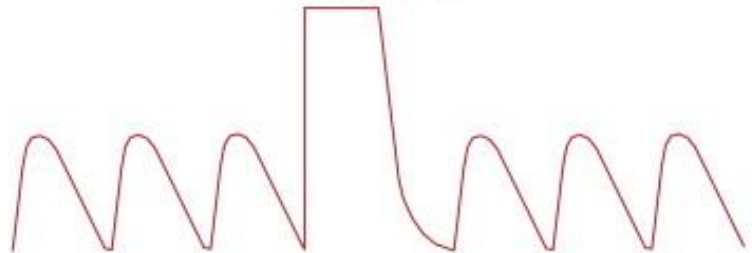
Correct damping



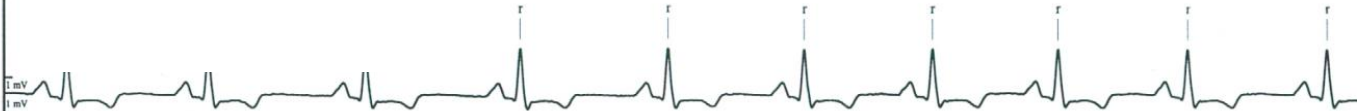
Underdamping



Overdamping



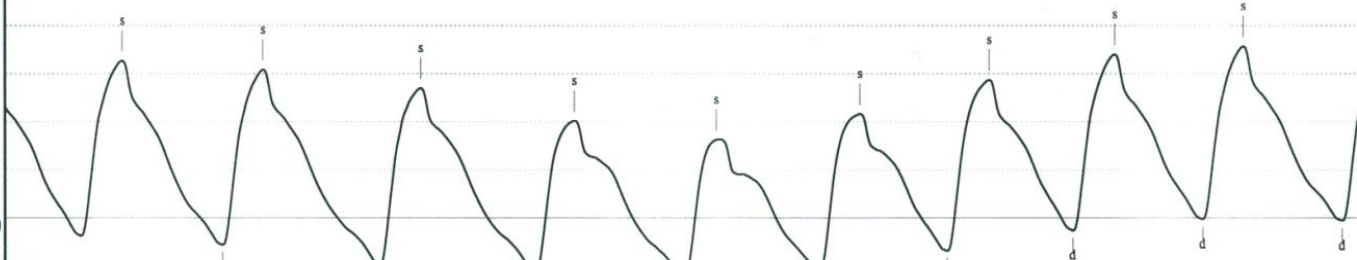
II  
Gain: 50



100  
200

aorta

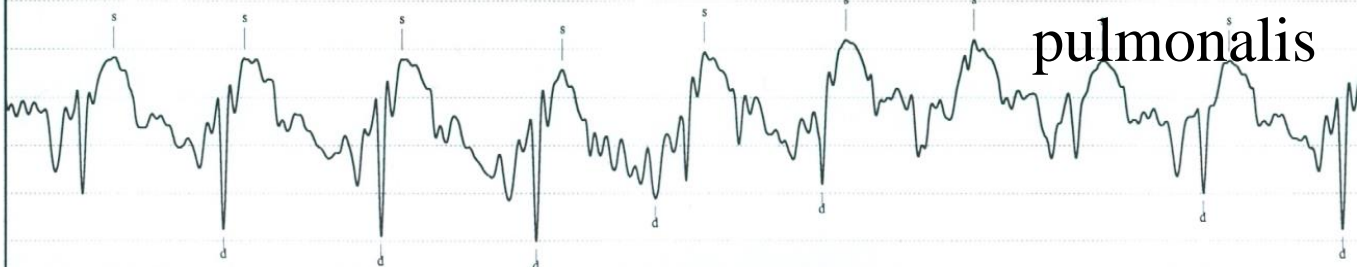
50  
100



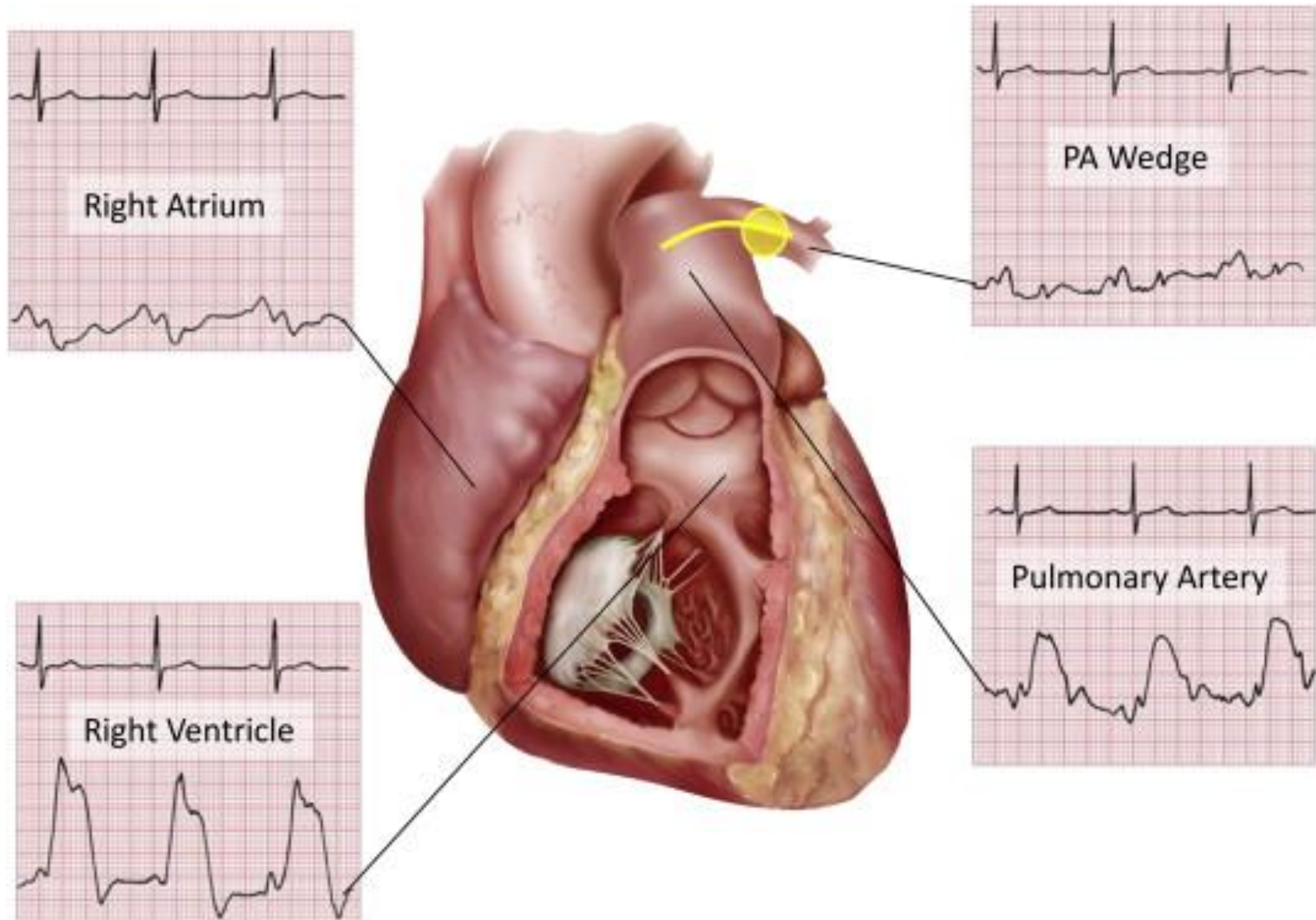
a.

pulmonalis

0



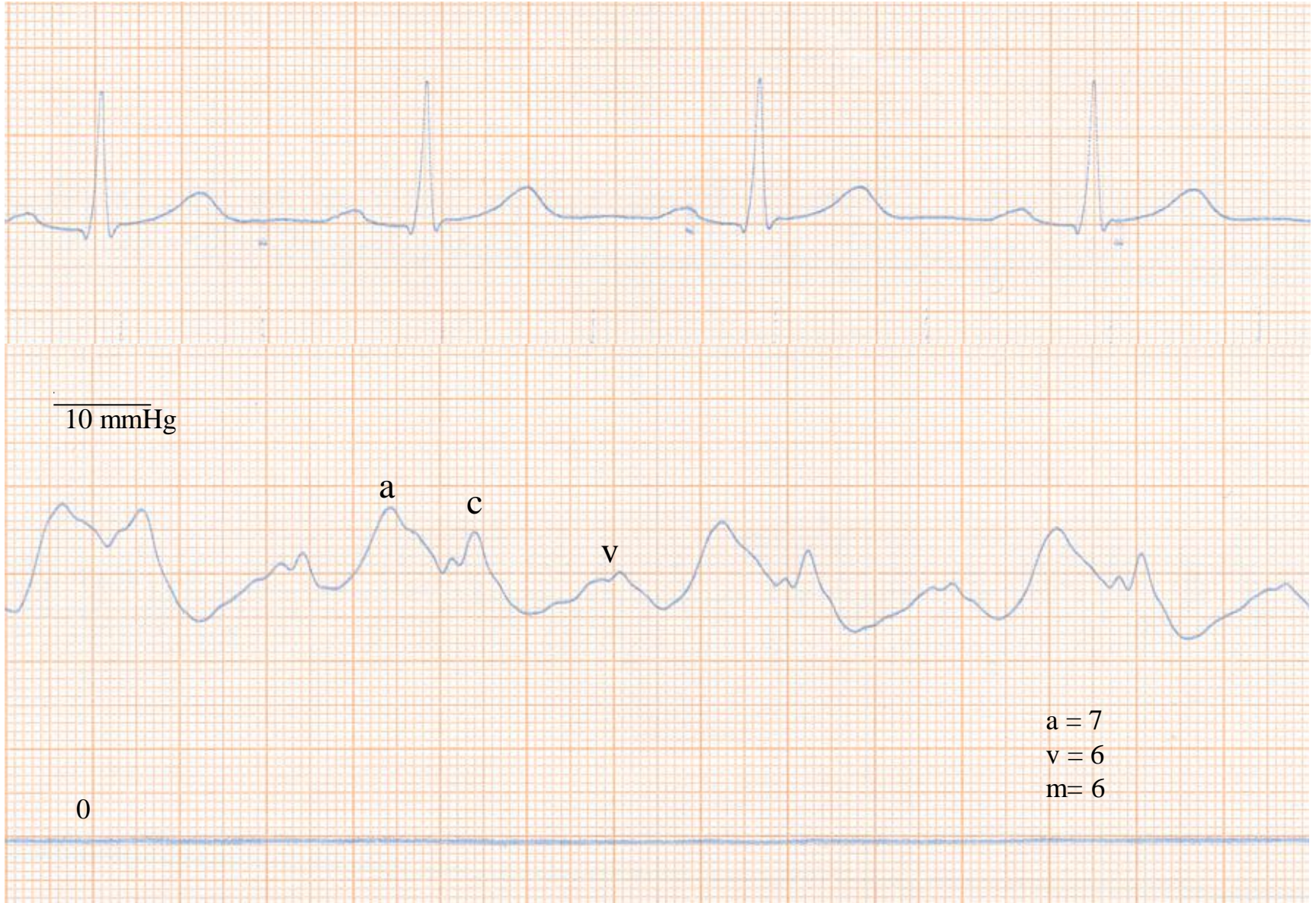




Stephanie Whitener, Ryan Konoske, Jonathan B. Mark

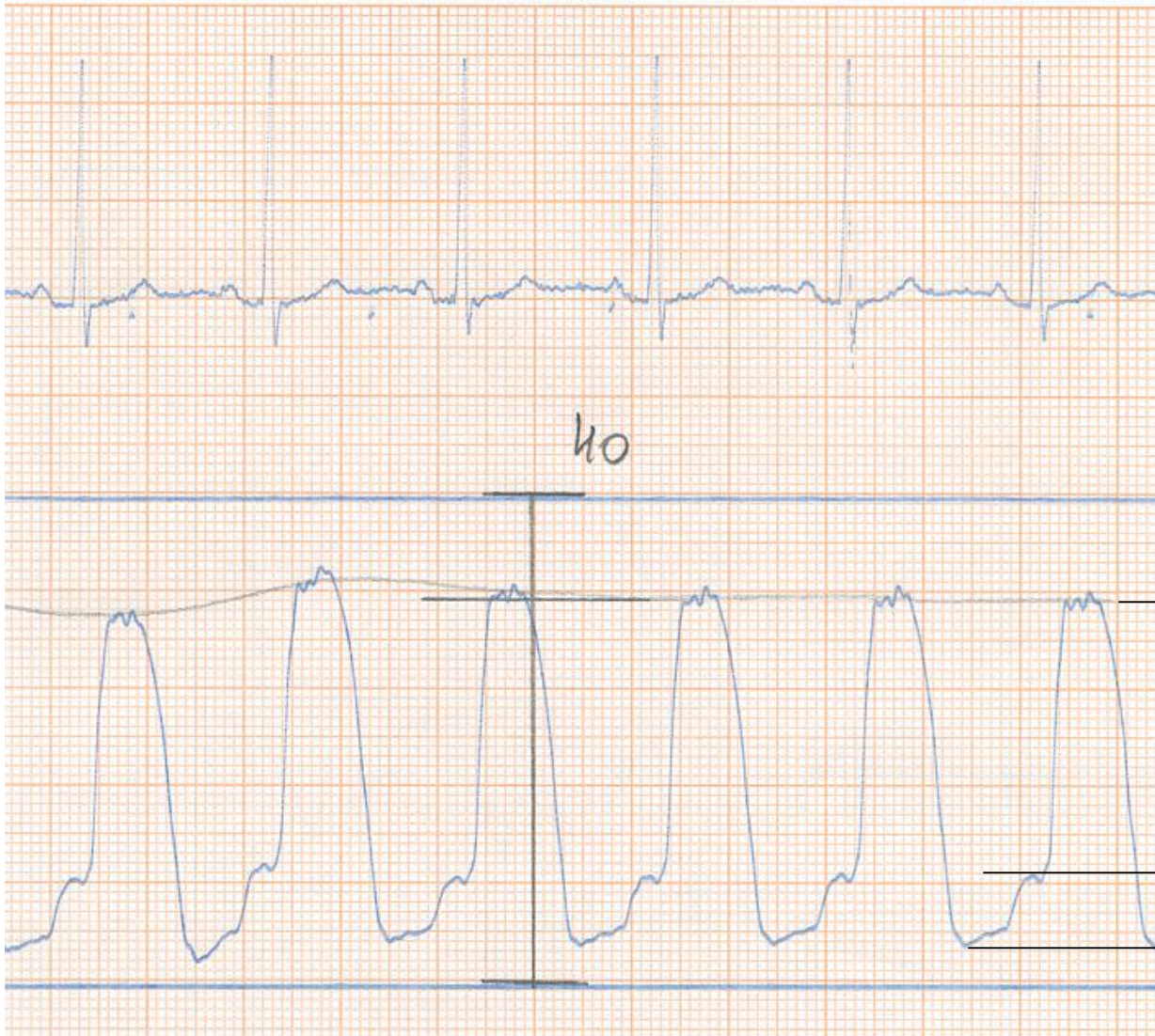
**Pulmonary artery catheter**, Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, Volume 28, Issue 4, 2014, 323–335

Right atrium





Right ventricle

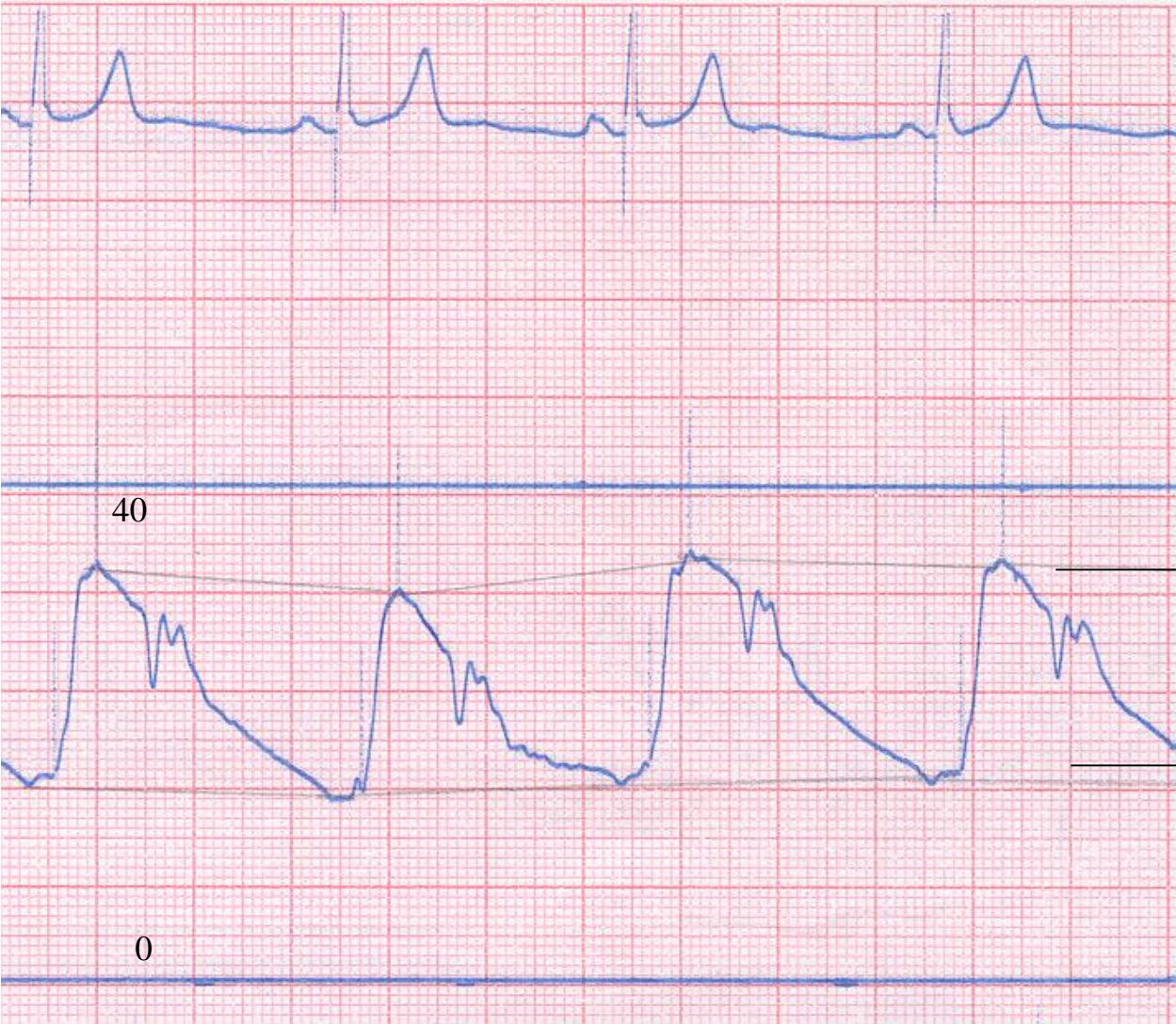


S = 31

ed (Ds) = 9

id (Dt) = 3

Pulmonary artery



40

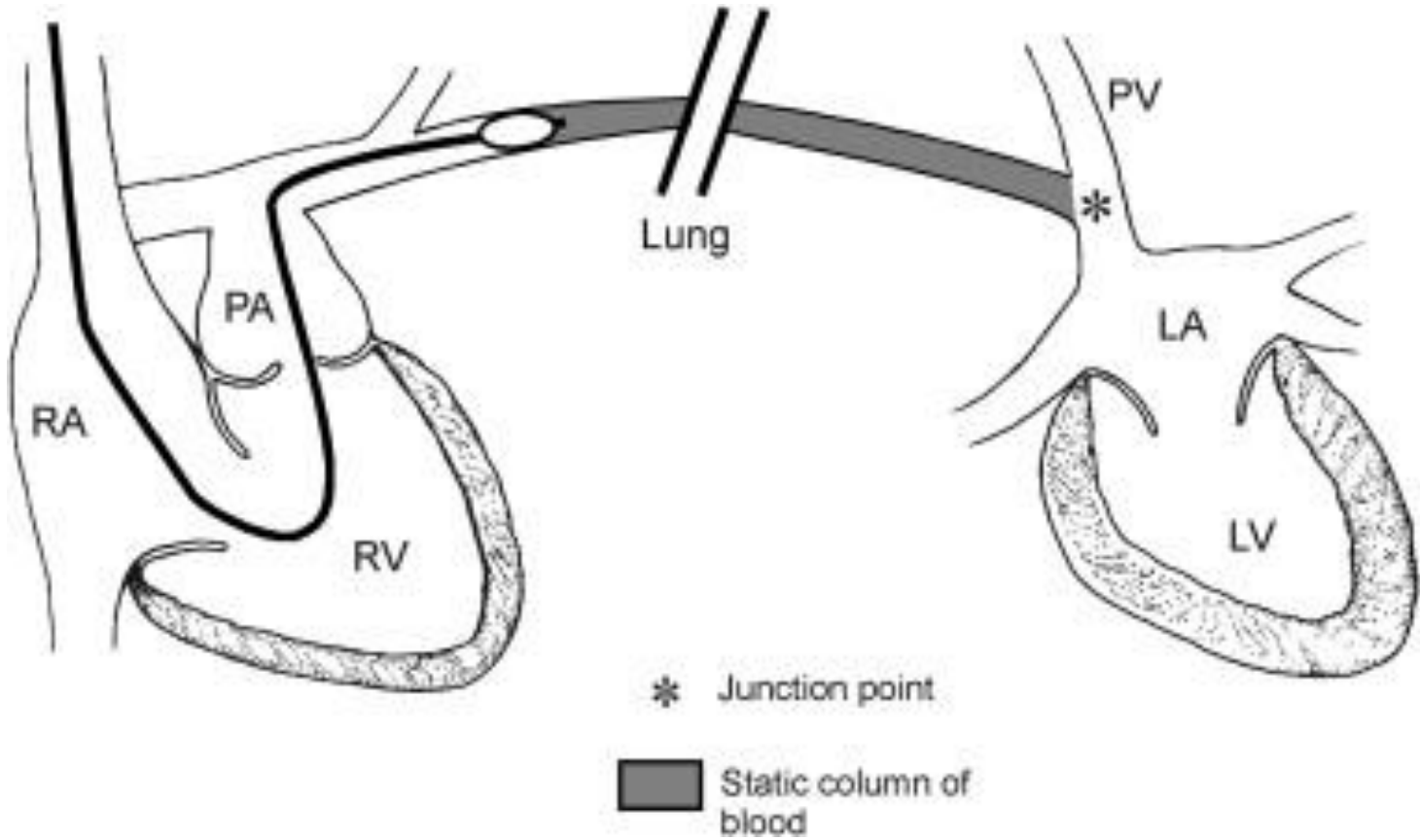
0

S = 34

m = 24

d = 18

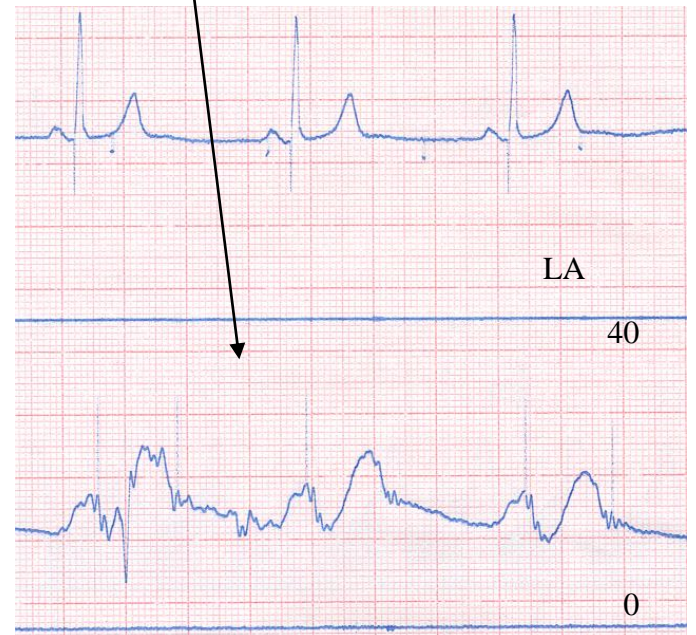
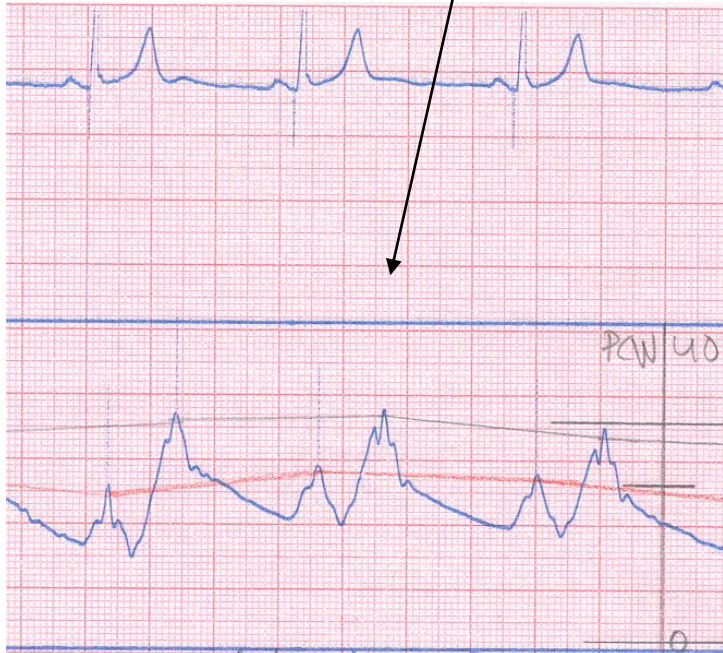
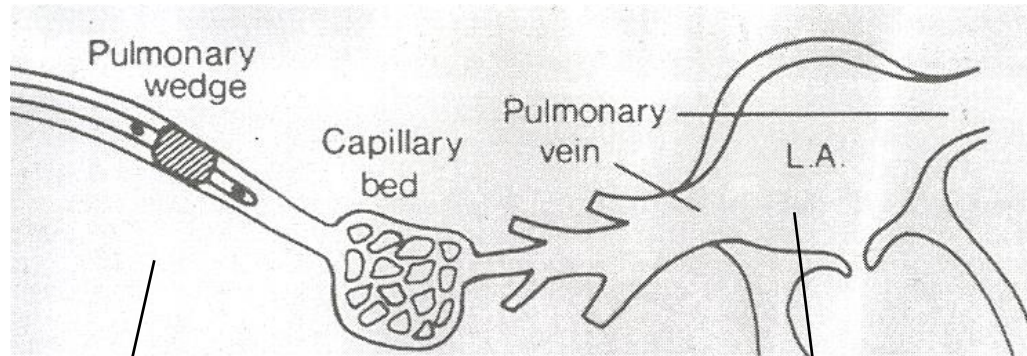




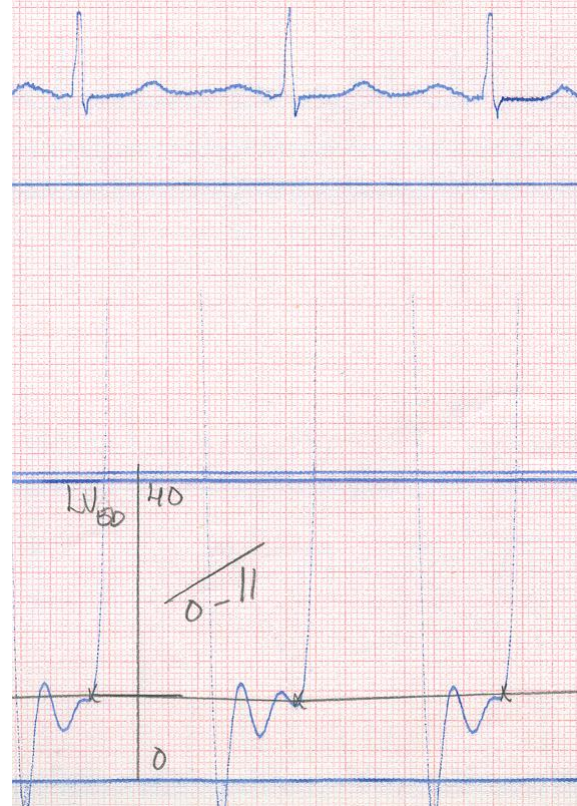
Stephanie Whitener, Ryan Konoske, Jonathan B. Mark

**Pulmonary artery catheter**, Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, Volume 28, Issue 4, 2014, 323–335

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2014.08.003>



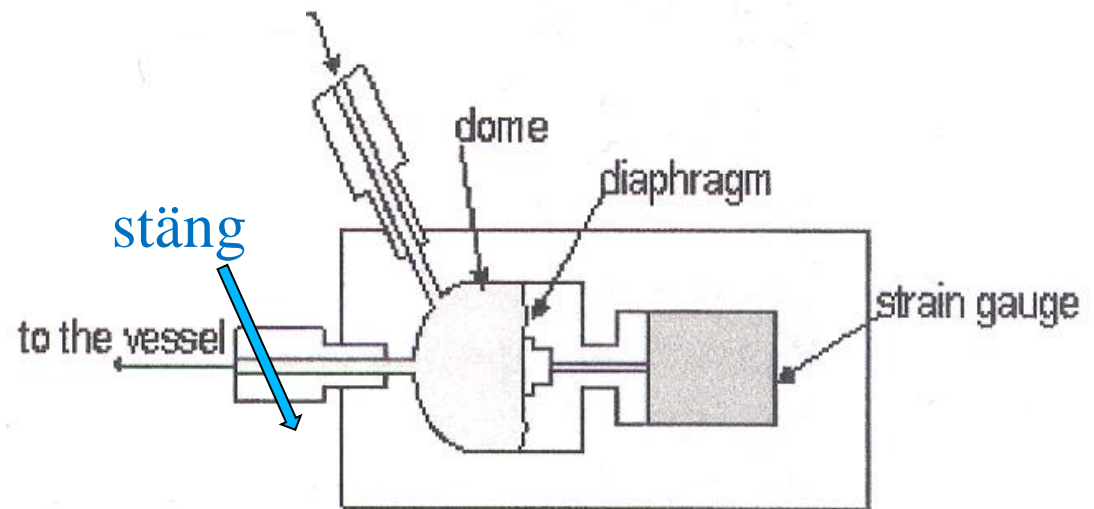
Left ventricle



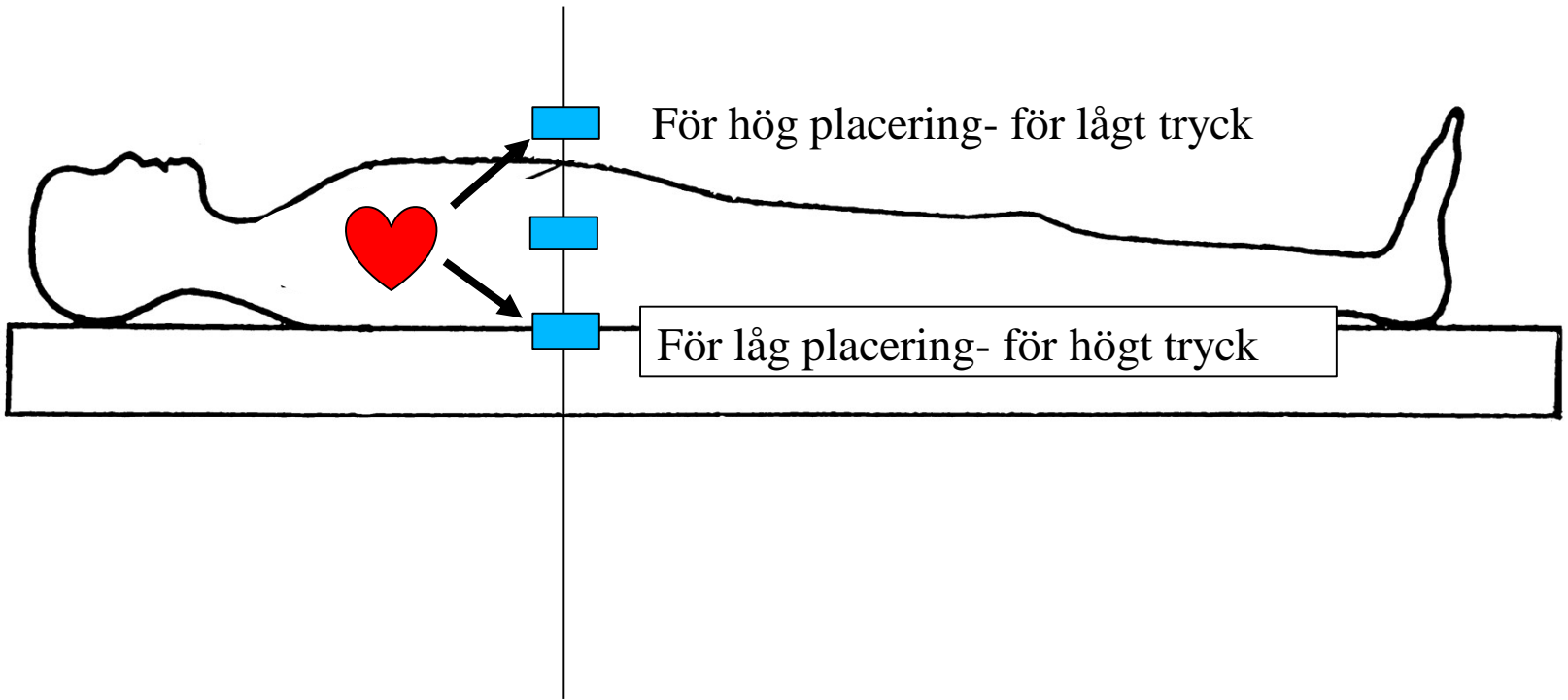


# Invasiva tryck mäts i relation till en referensnivå, "noll"

öppna mot luft



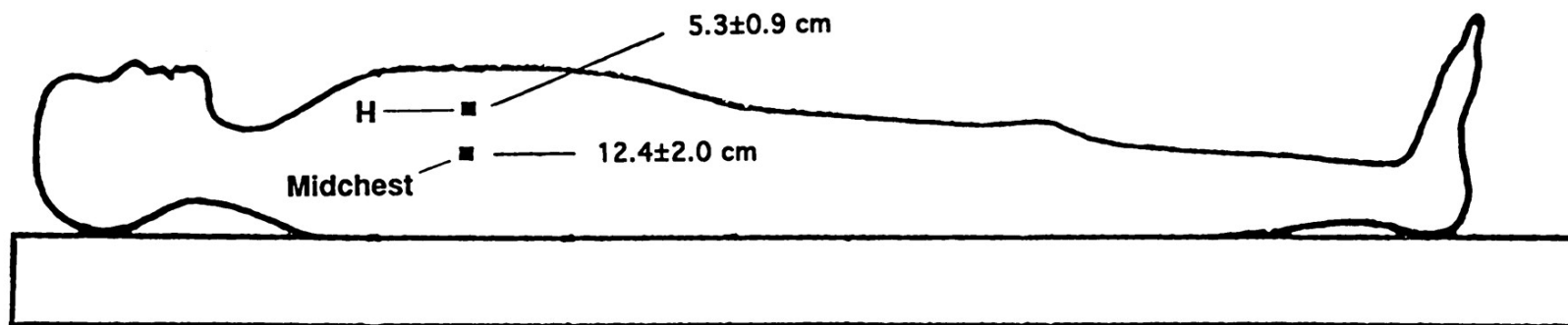
# Receptorns placering i höjddled spelar roll för de uppmätta tryckens nivå



# Betydelsen av vätskepelarens höjd

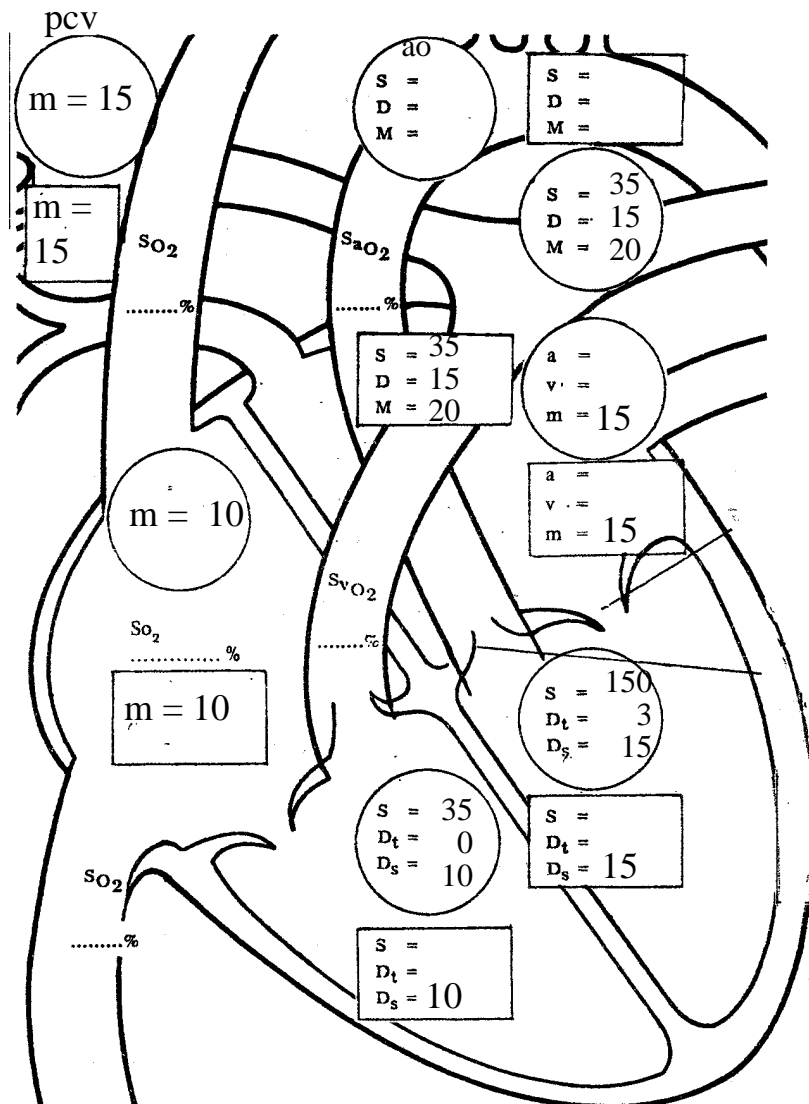
- $1 \text{ mmHg} = 1.36 \text{ cm H}_2\text{O}$
- $1 \text{ cm H}_2\text{O} = 0.76 \text{ mmHg}$
  
- $5 \text{ cm H}_2\text{O} = 4 \text{ mmHg}$
- $10 \text{ cm H}_2\text{O} = 8 \text{ mmHg}$
- $20 \text{ cm H}_2\text{O} = 16 \text{ mmHg}$

# Referensnivån



Att välja 5 cm under sternum eller halva thoraxdjupet som referens kan skilja i storleksordning 7 cm, motsv 5 mmHg. Man måste veta vilken referensnivå som använts när man tar ställning till tryckdata

Icke- standardisering av referensnivån ger betydande mät-osäkerhet. Ett höger förmakstryck på 7 eller 12 mm Hg är skillnad mellan normalt och klart patologiskt



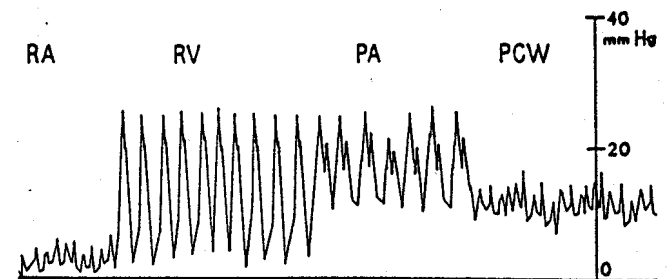
## Vad är normalt ?

övre referensvärden vid

0- nivå = halva thoraxdjupet

○ = vila

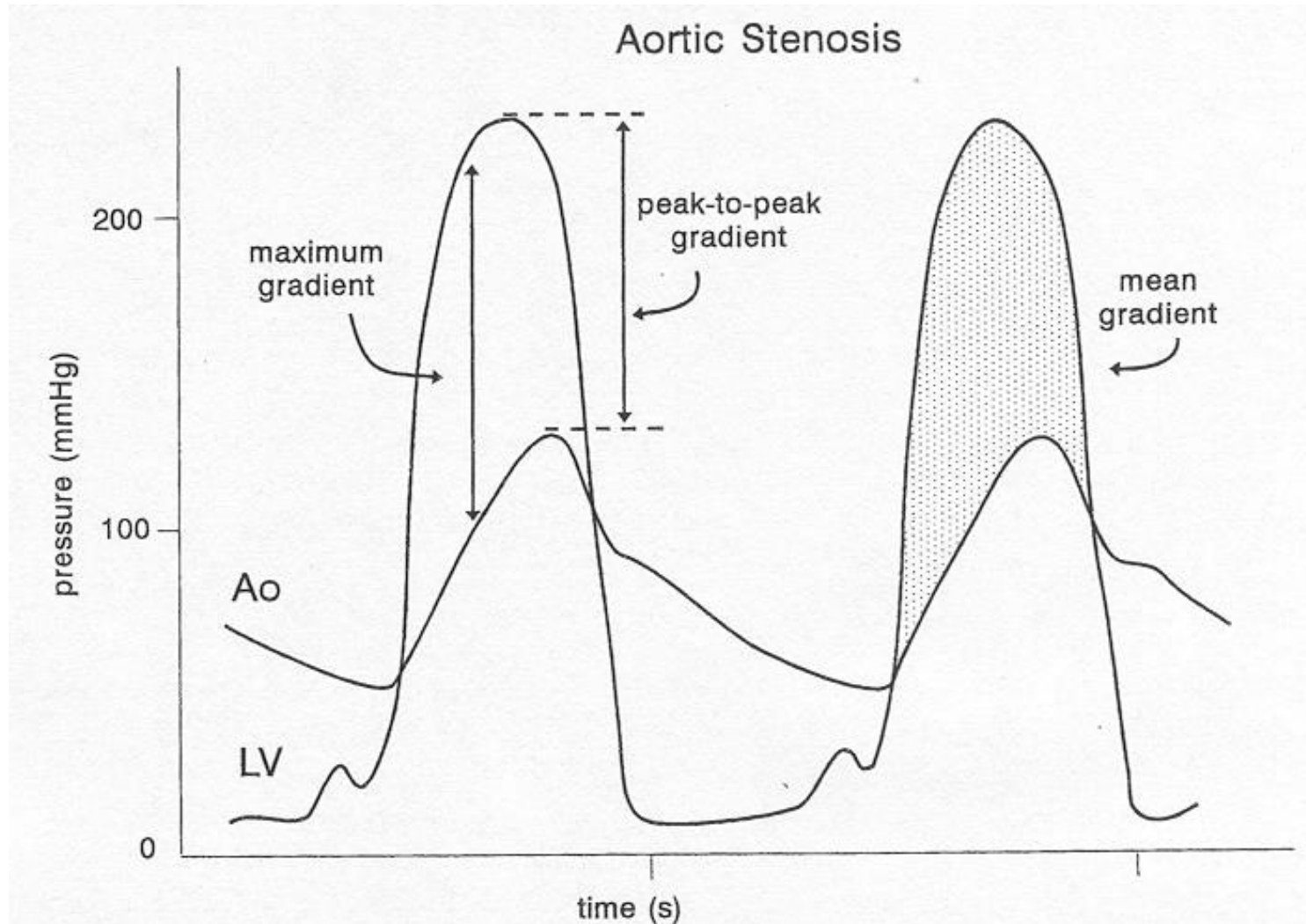
□ = arbete



Tryck som tryck?

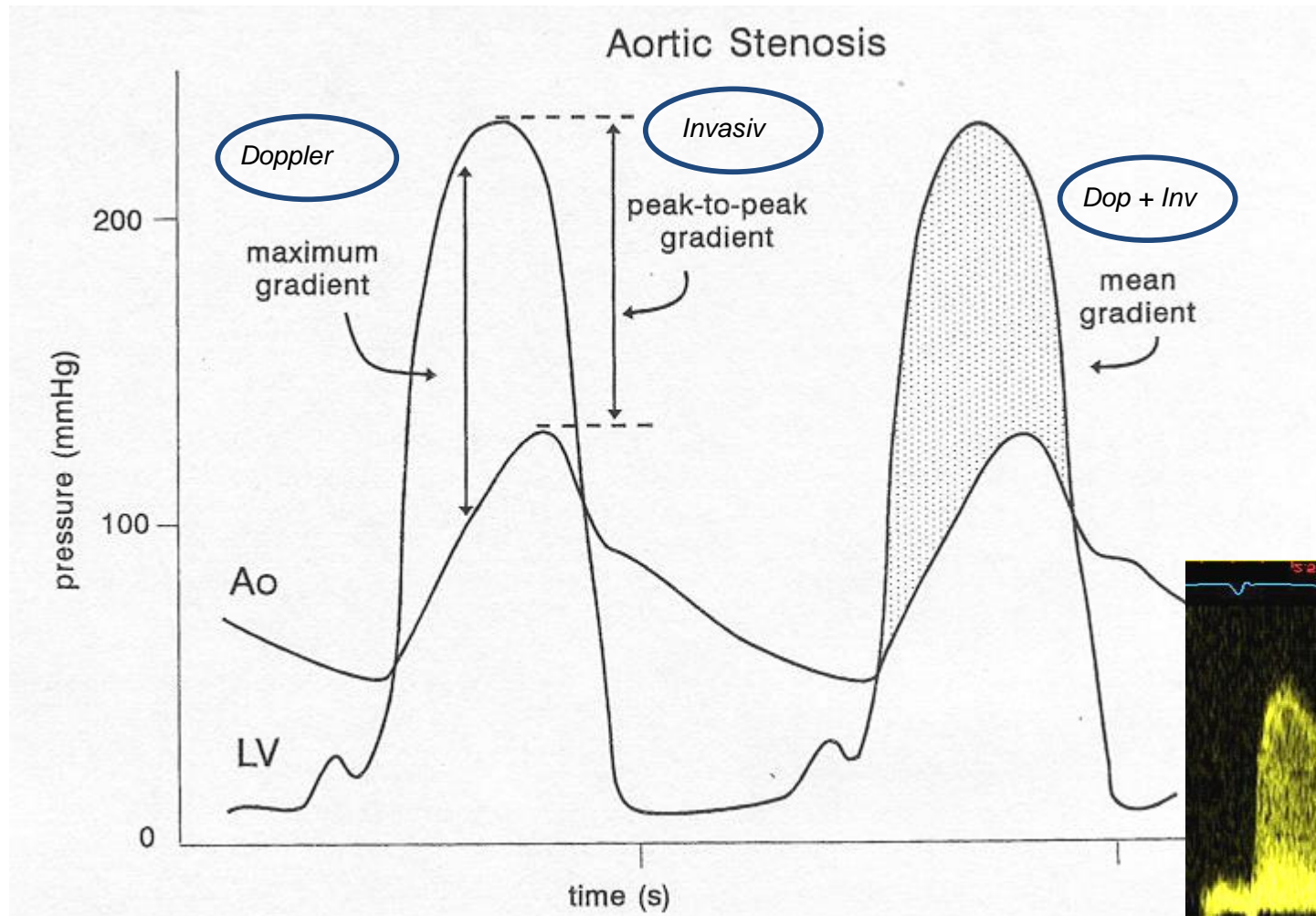


# Tryckskillnad vid aortastenos, olika sätt att mäta

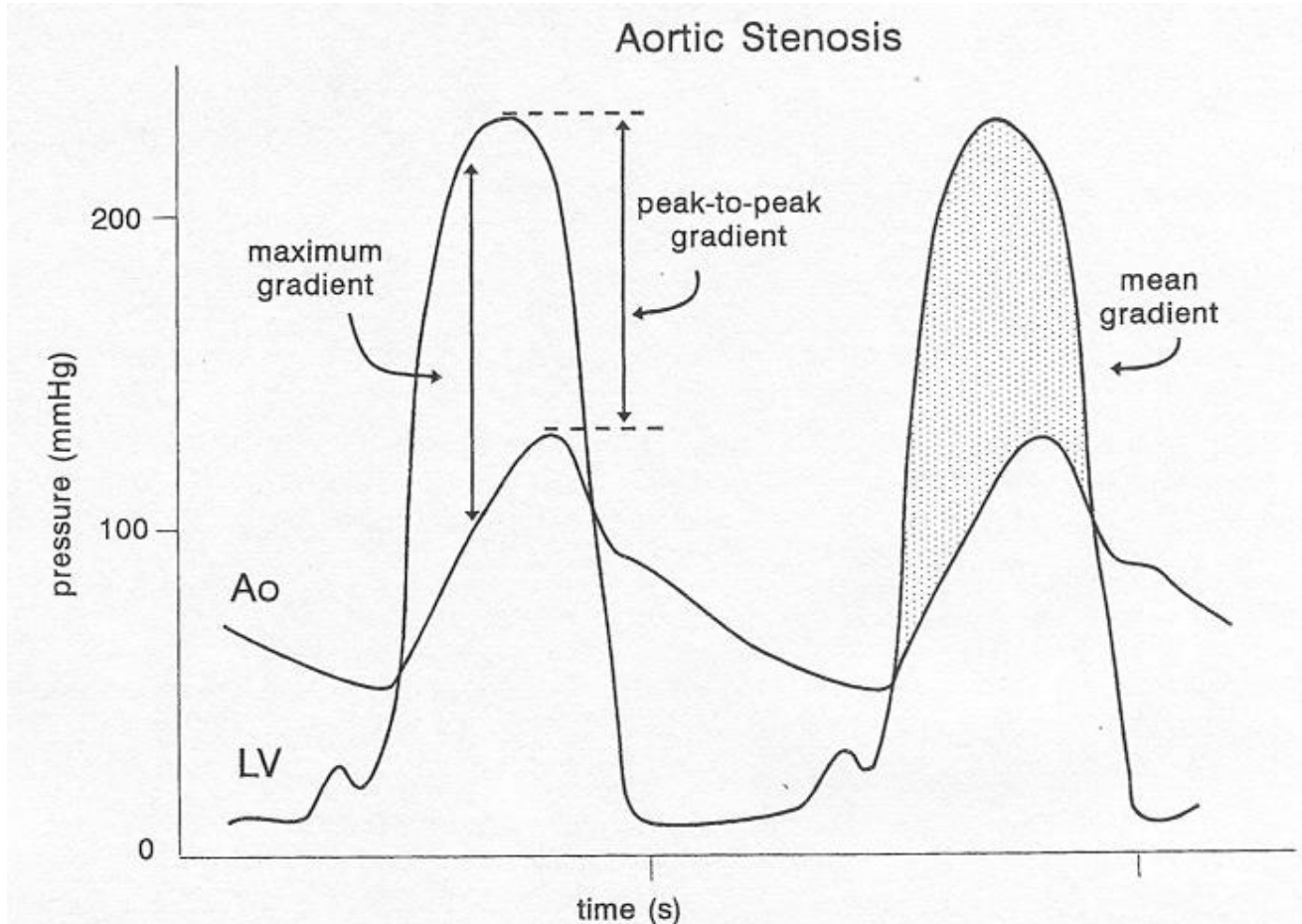




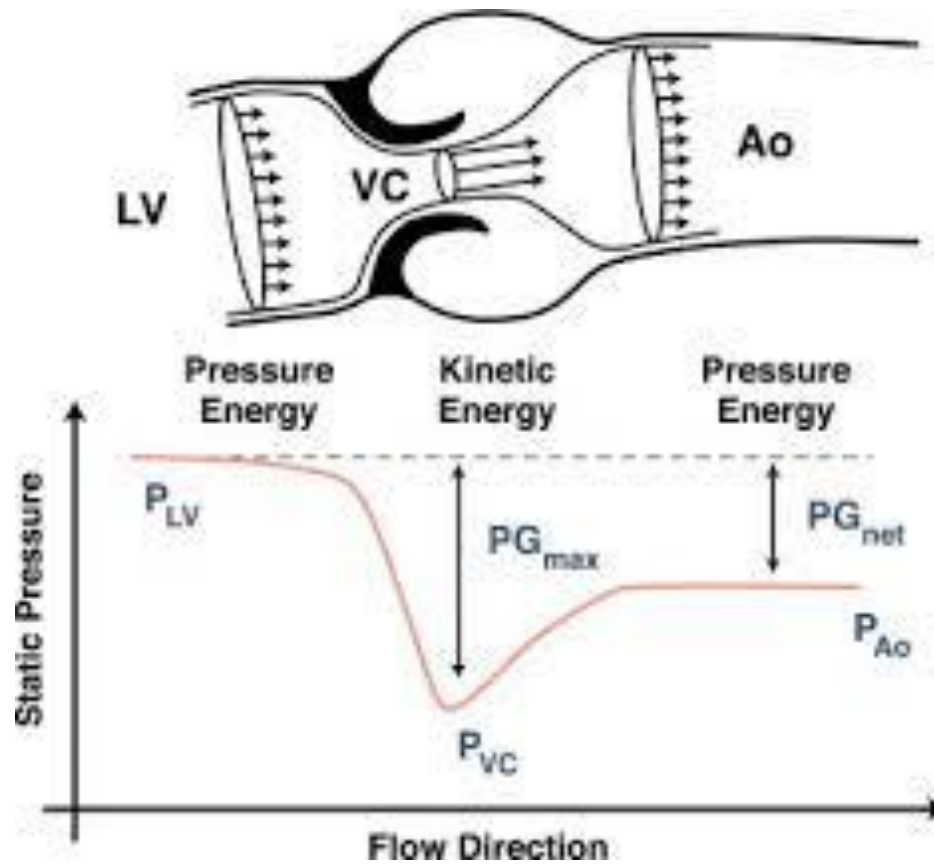
# Mätning av tryckskillnad



..och oavsett vilken tryckskillnad man mäter så beror den av flödet!

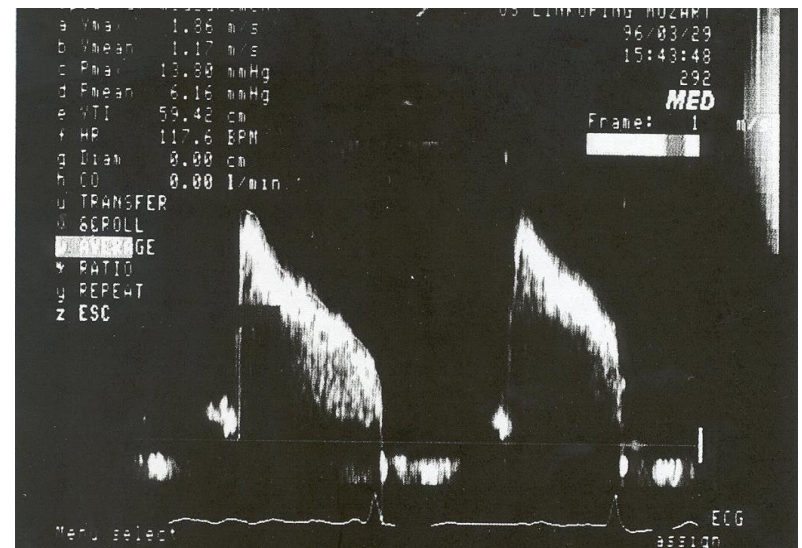
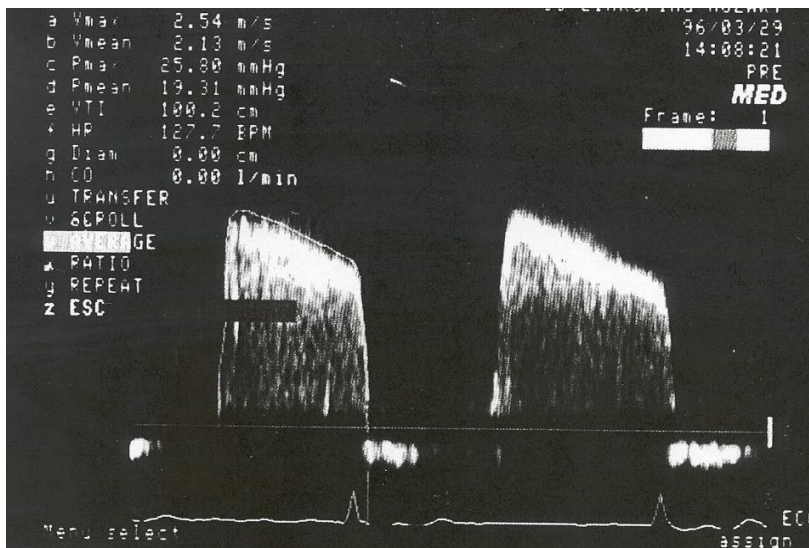
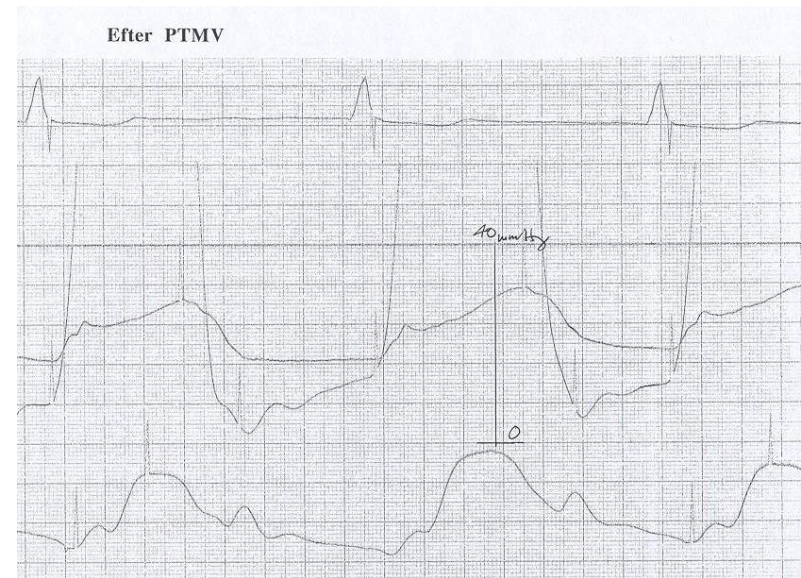
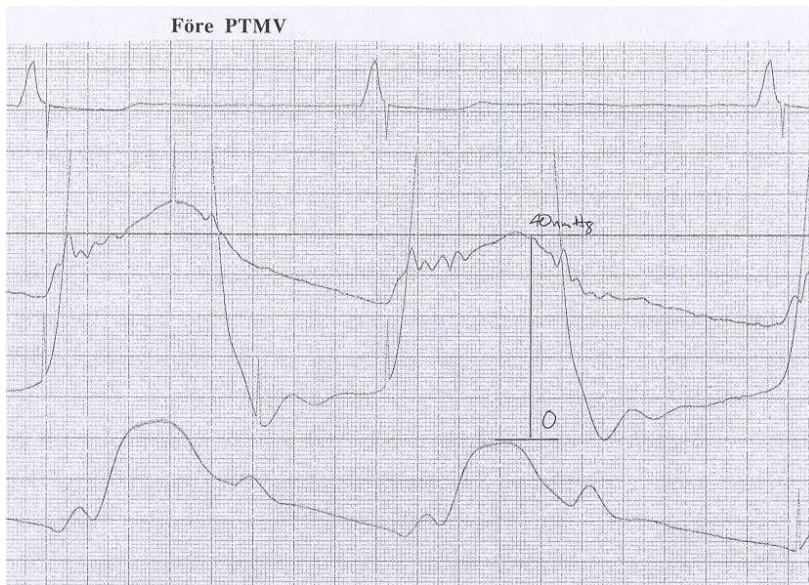


# Tryckåtervinning vid aortastenosis





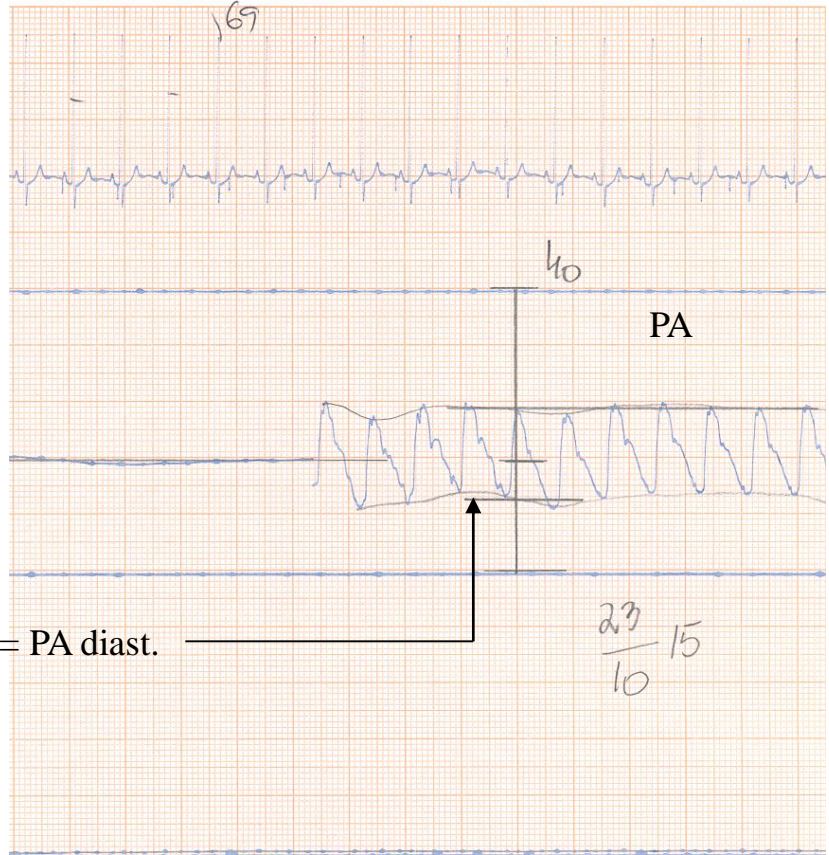
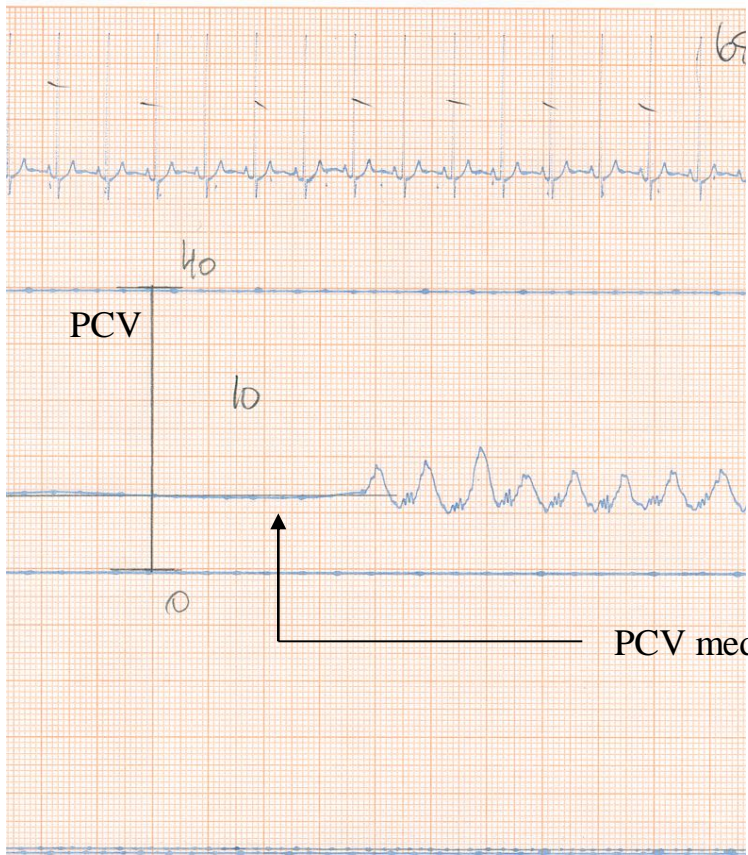
# Mitralstenosvärdering, invasivt och noninvasivt



## Några reflektioner avseende tryckmätning

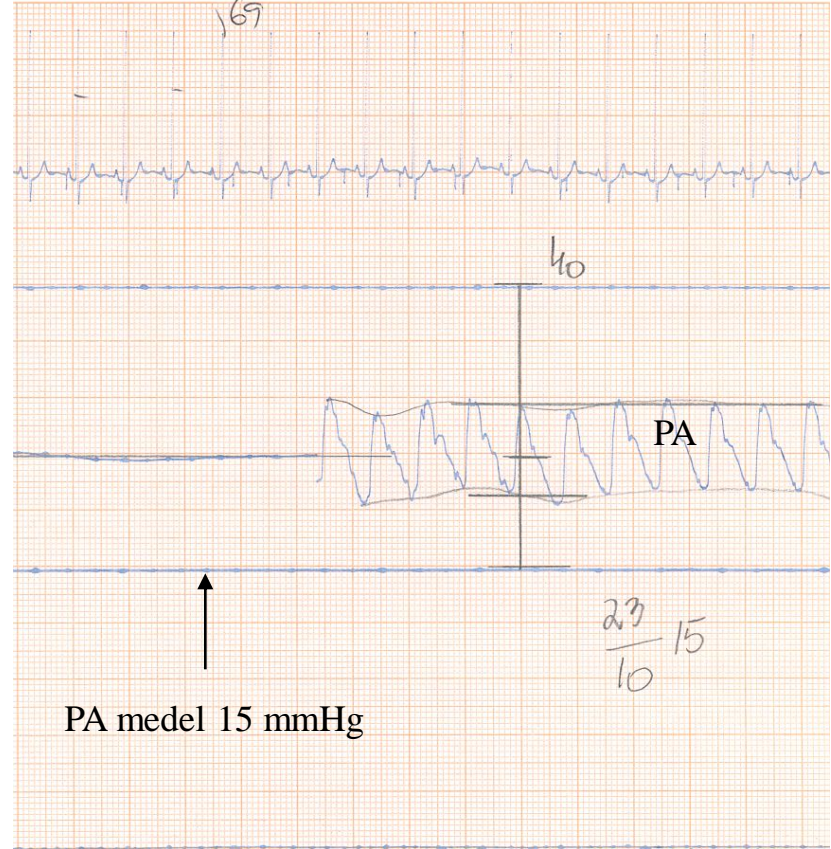
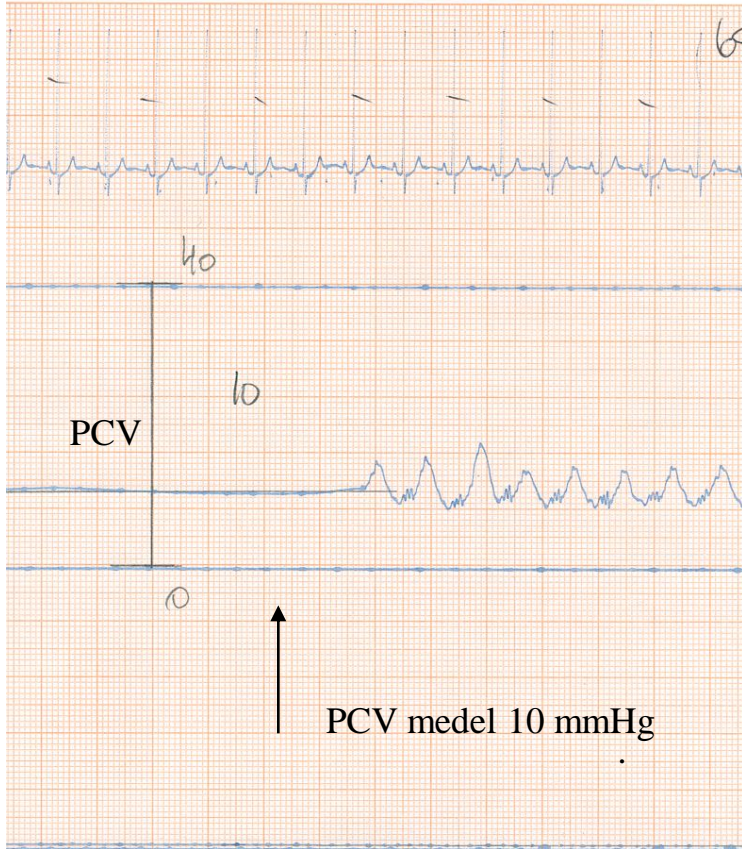
- Invasiv tryckmätning har sina metodproblem och felkällor som det är bra att vara medveten om
- Och det är inte alltid "guldstandard"
- Var skeptisk mot en trycksiffra om du inte sett kurvan
- Ibland tillför invasiv tryckmätning värdefull information när noninvasiva metoder är svårbedömda





PCV medel = PA diast.





“Transpulmonell gradient” PA medel- PCV medel = 15-10 = 5 mmHg

Cardiac output: 4,8 l/min

**Resistens = tryckdifferens / flöde (Ohms lag)**

**Pulmonell vaskulär resistens, PVR = PA medel - PCVmedel/ CO**

15- 10 / 4,8 = 1,0 mmHg/l/min (WU)

# Ett högt lungartärtryck



Beror det på högt fyllnadstryck till vänster kammare, eller hög lungkärlsresistens ?

PA

Systoliskt 80 mmHg, diastoliskt 30 mmHg, medel 46 mmHg



# Man mäter PCV- tryck som är normalt



PA medel 46 mmHg

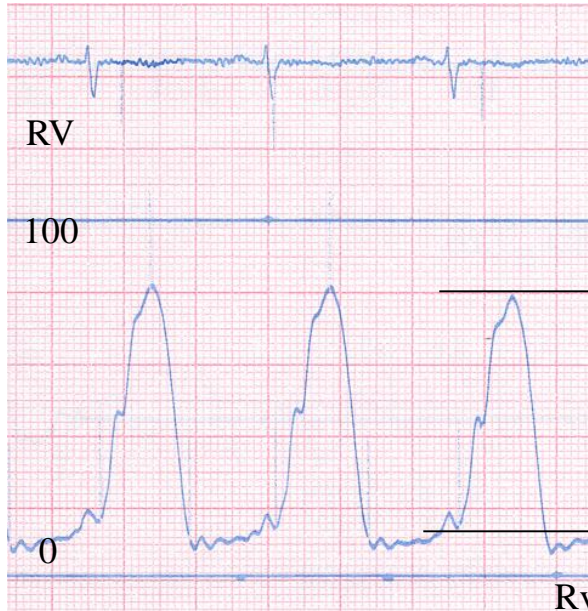
Cardiac output 4,0 l/min

PVR ?



PCV medel 14 mmHg

$$PVR = (46 - 14) / 4 = 8 \text{ mmHg/l/min}$$



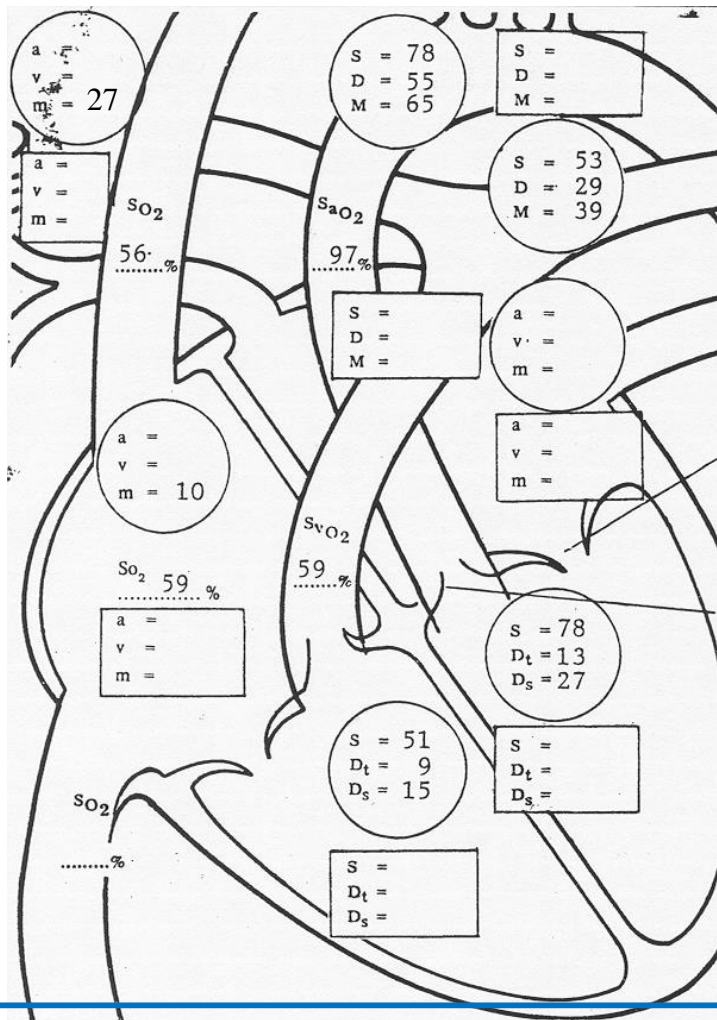
a = 13  
v = 10  
m = 9

Patienten har en pulmonell arteriell hypertension

Men fyllnadstrycket till höger kammare, mätt som medeltrycket i RA, är normalt

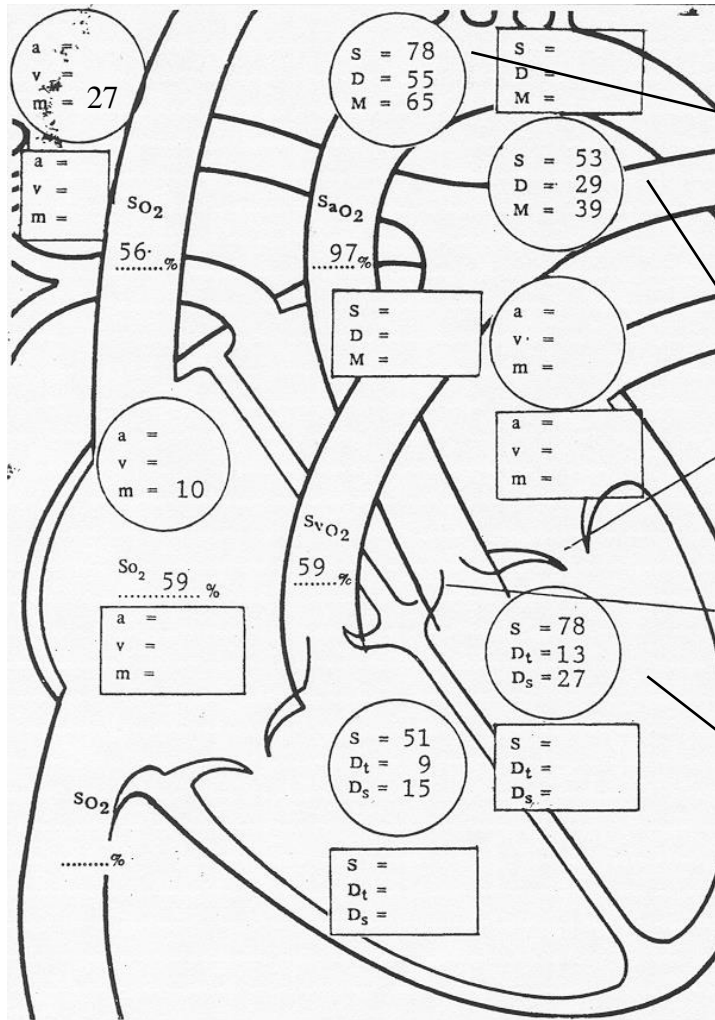


# Kvinna 40 år, med dilaterad kardiomyopati



Undersökning- betingelser	O <sub>2</sub> upptag ml/min STPD	AV-O <sub>2</sub> diff ml/l	Minut- volym l/min	Hjärt- frekv	Slag- volym ml	PVR mm Hg l/min
MV vila	261	65	4,0	78	52	3,0

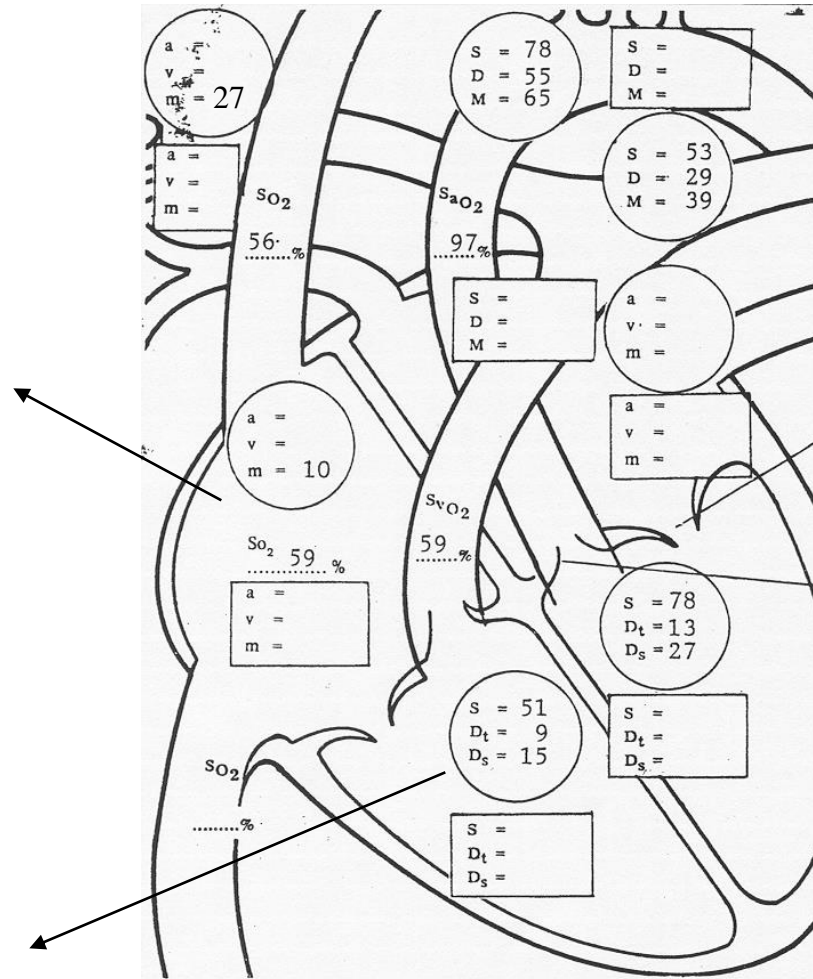
Kvinna 40 år, med dilaterad kardiomyopati



Undersökning-betingelser	O <sub>2</sub> upptag ml/min STPD	AV-O <sub>2</sub> diff ml/l	Minut- volym l/min	Hjärt- frekv /min	Slag- volym ml	PVR mm Hg l/min
MV vila	261	65	4,0	78	52	3,0



# Kvinna, 40 år, med dilaterad kardiomyopati



Undersökn- betingelser	O <sub>2</sub> upptag ml/min STPD	AV-O <sub>2</sub> diff ml/l	Minut- volym l/min	Hjärt- frekv /min	Slag- volym ml	PVR mm Hg l/min
MV vila	261	65	4,0	78	52	3,0

# Budskap 1

- Kroppens syrebehov tillgodoses av cardiac output och syreextraktion.
- Otillräcklig cardiac output kan i viss mån kompenseras med ökad syreextraktion
- Under även ett mycket lätt arbete är kravet på syre och därmed hjärtminutvolym, betydligt större än i vila
- Vid nedsatt slagvolym, är en kompensation ett ökat fyllnadstrycken till kamrarna

# Budskap 2

- För en hemodynamisk bedömning behövs en uppfattning om
  - Tryck = fyllnadstryck vä/ hö, systemartärtryck, tryck i lilla kretsloppet
  - Flöden = slag- o minutvolym
  - Volymsstatus
  - Klafffunktion, mm
- Kunskap om tryckförhållanden ( även deras tidsförlopp och samband) och kinetik hjälper oss tolka våra noninvasiva undersökningar och våra patienters problem