

# Základy molekulární biofyziky, fyzika krevního oběhu



# Fyzikální veličiny v klinické praxi



## Tlak v těle

- *Krev jako tekutina*
- *Akční potenciály práce srdce*
- *Osmotický tlak*
- *Termodynamika*
- *Proudění krve*
- *Plyny k tekutinách*



# Tlaky v lidském těle

- *Tlak v oku, přední a zadní segment oční*
- *Tlak a plíce, intrapleurální prostor*
- *Tlak v GIT, plynatost*
- *Tlak krevní, hypertenze a hypotenze*
- *Nitrolební tlak*
- *Tlak v kloubu, v tekutině a tlak dotykem*

*Měření tlaku metody se liší*



# Tlaky v lidském těle (PASCALŮV ZÁKON)

Tlak vyvolaný vnější silou působící na povrch kapaliny je ve všech místech a ve všech směrech kapalného tělesa stejný.

- tlak  $p$  charakterizuje stav kapaliny v klidu
- tlak měříme manometry
- velikost tohoto tlaku nezávisí na objemu ani hustotě kapaliny
- využití Pascalova zákona - hydraulická a pneumatická zařízení

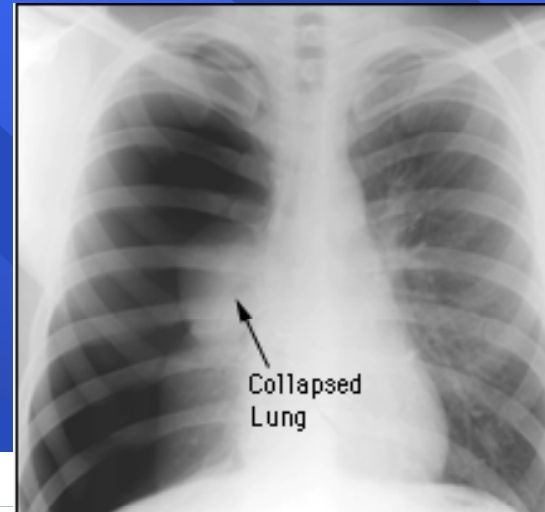
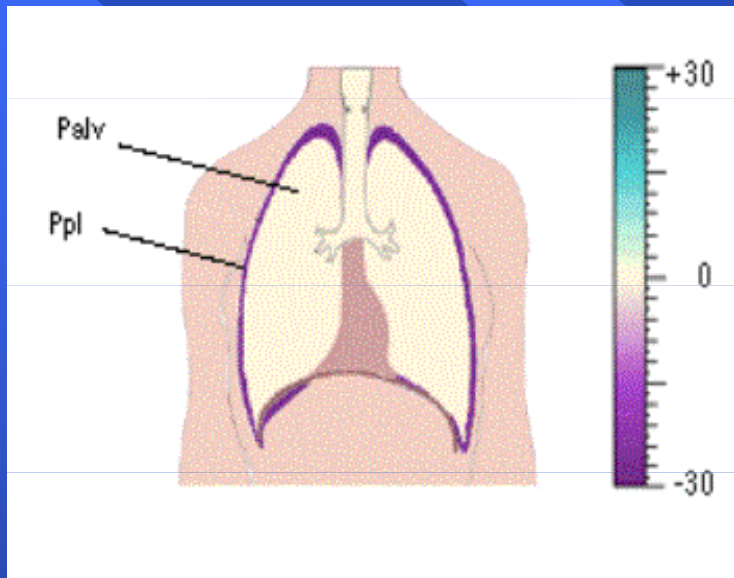
$$p = \frac{F}{S} \quad [p] = \text{Pa} \quad (\text{pascal})$$



# Tlak a plíce, intrapleurální prostor

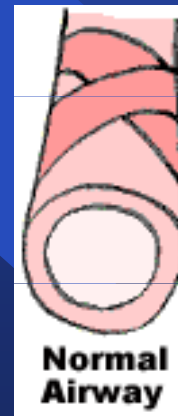
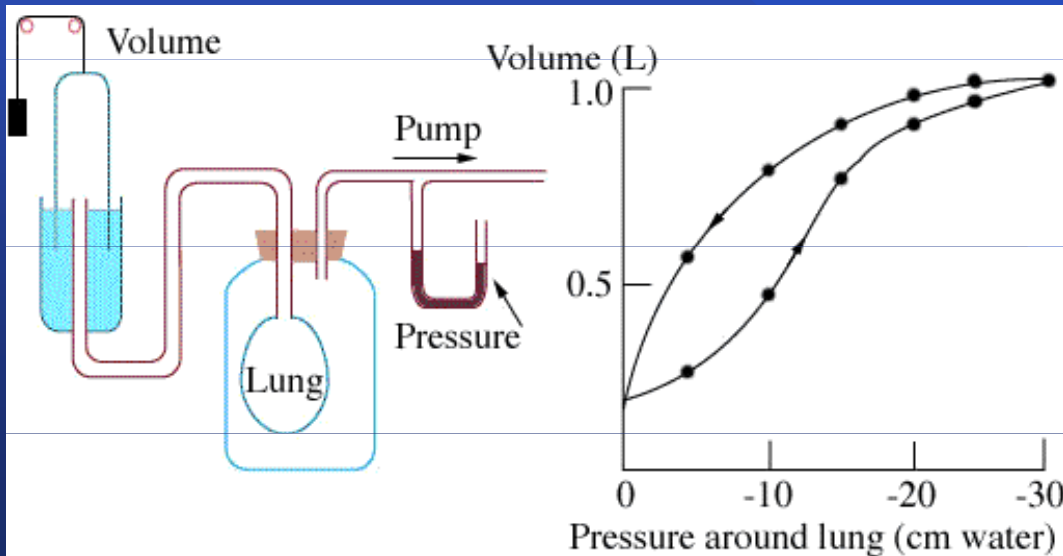
*25000 krát za den dech, 10000 litrů vzduchu.*

*Intrapleurální tlak je 5 až 10 mg Hg*



Right lung pneumothorax - Radiograph

Right lung pneumothorax - CT



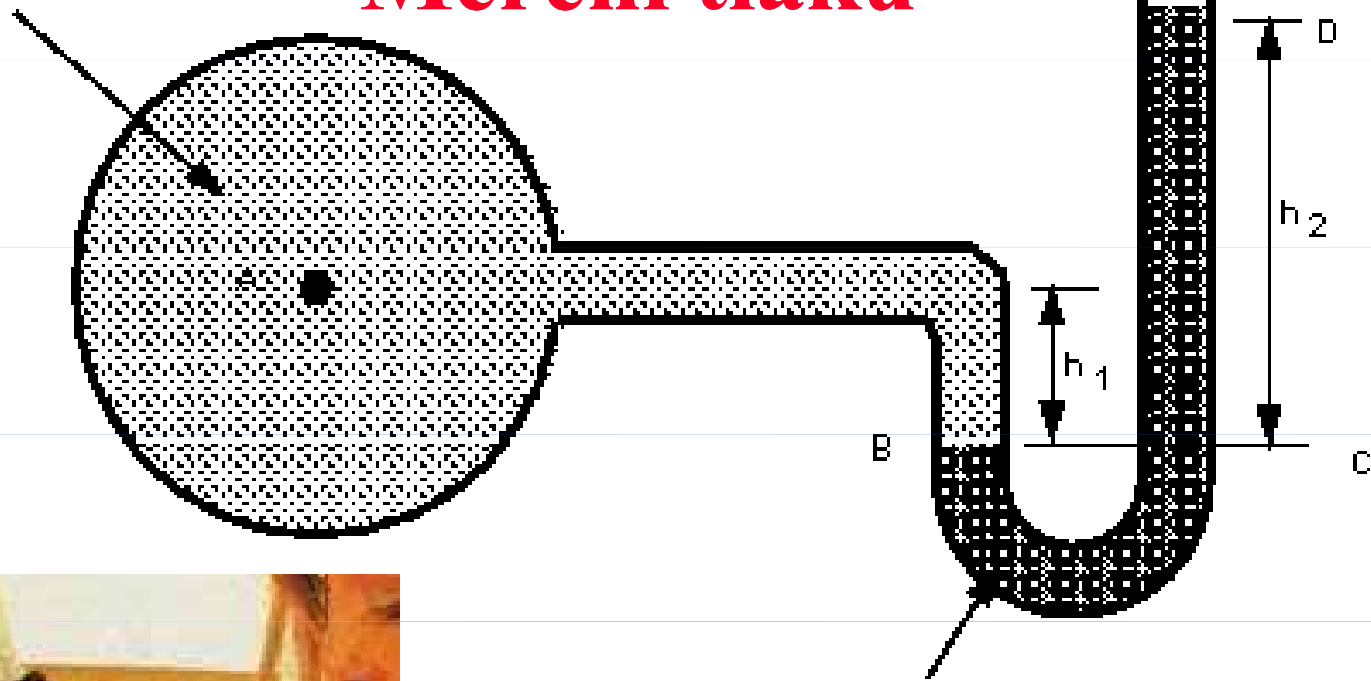
**Astma-odpor vzduchu**

**Fibrosa plic elasticita  
klesá**



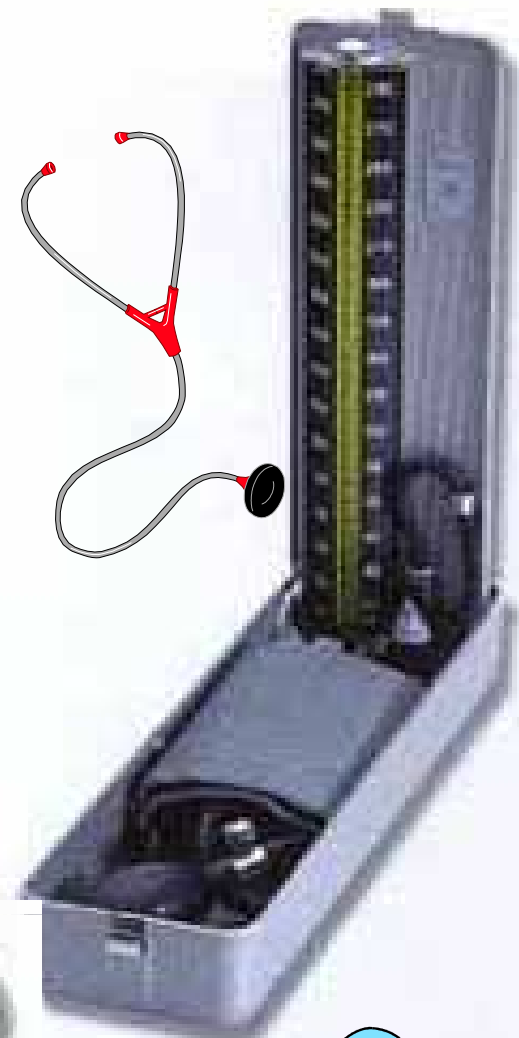
Fluid density  $\rho$

# Měření tlaku



Manometric fluid density  $\rho_{man}$

JO-3001 Single head



# Fyzikální veličiny v klinické praxi

- *Tlak v těle*



- *Krev jako tekutina*

- *Akční potenciály práce srdce*

- *Osmotický tlak*

- *Termodynamika*

- *Proudění krve*

- *Plyny k tekutinách*



# Krev jako tekutina 1

**Srdeční výdej = tep x ejectionní objem**

-5,8 litr/min = 72 tepů/min x 80 ml/tep

**Tlak síla na plochu**

*U cév je nutné počítat: T*

*Povrchové napětí síla na jednotku délky*

**Práce a energie**

**Výkon je 1,2 W**

**Hustota krve  $\rho = 1\ 040$   
kg/m<sup>3</sup>**

**Viskozita závisí na HTK**

**80 % krve v systémovém oběhu**

-15 % arterie -10 % kapiláry -75 % žíly

**20% plicní (malý) oběh**

-46 % arterie - 8 % kapiláry -46 % žíly



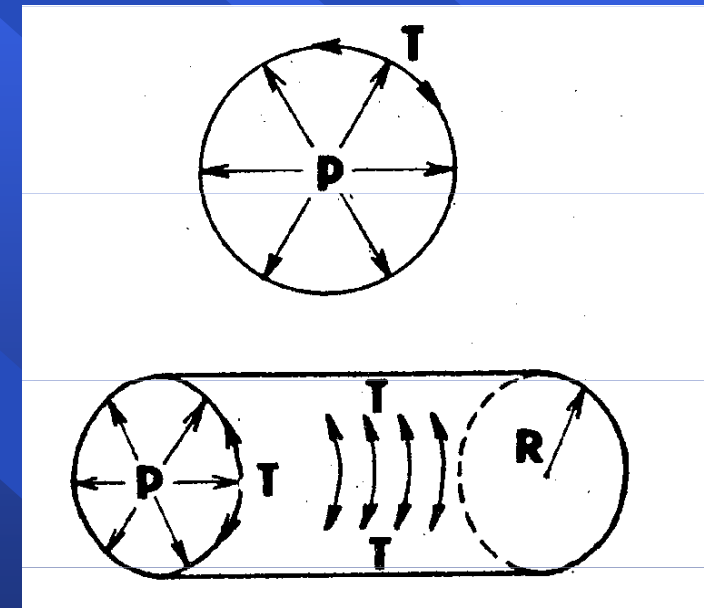


# Tlak a napětí

- *Laplaceův zákon.* Vztah mezi napětím  $T$  (N.m<sup>-1</sup>) ve stěně pružné membrány uzavírající objem kapaliny s rozdílem tlaků  $P$  (Pa) uvnitř a vně membrány je dán rovnicí
- *Objemový tok.* Objem  $\Delta Q$  kapaliny, která protéká přímou trubicí o poloměru  $R$ , délce  $L$  při tlakovém spádu  $\Delta P$  za čas  $\Delta t$  je dán Poiseuillovým – Hagenovým vztahem

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \Delta P \cdot \frac{\pi}{8} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{R^4}{L}$$

$$P = T \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$



# Krev jako tekutina 3

Plasma + erythrocyty + leukocyty + destičky

$5 \times 10^6 / \text{mm}^3$

$7 \times 10^3 / \text{mm}^3$

$2 \times 10^5 / \text{mm}^3$

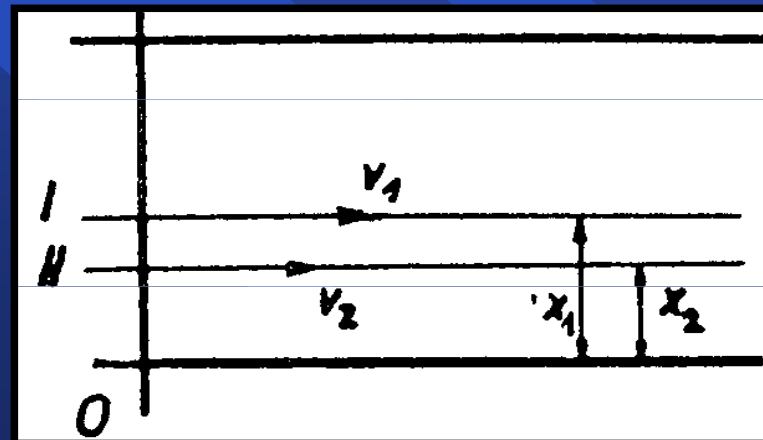
Plasma:  $\text{H}_2\text{O}$  + minerály + bílkoviny, Hematokrit =  $\frac{\text{objem}_{\text{ery}}}{\text{objem}_{\text{celkový}}}$

Viskozita rheologický parametr *síla tření mezi dvěma vrstvami o jednotkové ploše, jeli rozdíl rychlostí 1m/s*

Rychlost sedimentace – úměrná rozdílu hustot, gravitaci, druhé mocnině poloměru, a nepřímo viskozitě

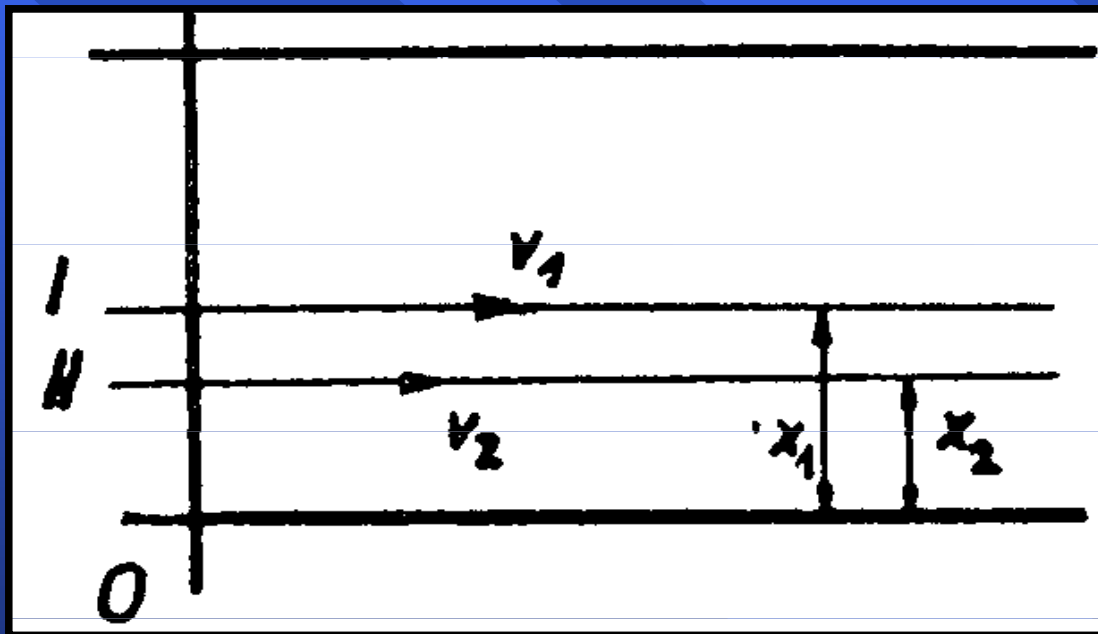
$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho - \rho_0)gr^2}{\eta}$$

$$\eta = \sigma \cdot \frac{\Delta x}{\Delta v}$$



# Traspotní jevy - Viskozita

Viskozita rheologický parametr *síla tření mezi dvěma vrstvami o jednotkové ploše, jeli rozdíl rychlostí 1m/s*



$$\sigma = F/A \text{ (Pa),}$$

$$\sigma = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

$\eta$  je koeficient tření nebo viskozita, a výraz  $\Delta v/\Delta x$  je v limitě pro  $\Delta v \rightarrow 0$  a  $\Delta x \rightarrow 0$  roven vektoru gradientu rychlosti ( $\text{grad } v$ ) ve směru  $x$ .

$$\eta = \sigma \cdot \frac{\Delta x}{\Delta v}$$



# Traspotní jevy - Viskozita

**Viskozita** rheologický parametr *síla tření mezi dvěma vrstvami o jednotkové ploše, jeli rozdíl rychlostí 1m/s*

*Kromě této tzv. dynamické viskozity  $\eta$ , se též užívá kinematická viskozita  $\nu$ , definovaná jako dynamická viskozita dělená hustotou  $\rho$*

*Pokud se hovoří pouze o viskozitě, rozumí se viskozita dynamická.*

*Jednotkou dynamické viskozity je pascalsekunda, Pa.s. Hlavní jednotkou kinematické viskozity je  $m^2.s^{-1}$*

$$\sigma = F/A \text{ (Pa),}$$

$$\sigma = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

$$\eta = \sigma \cdot \frac{\Delta x}{\Delta v}$$



# Viskozita krve

**Viskozita kapalin – byla probírána u krve:**

- 1. zvyšuje se při více ERY**
- 2. Je větší ve středu trubice, kde jsou partikule, u stěn je plasma**
- 3. S teplotou viskozita klesá**
- 4. Viskozita je vyšší při více bílkovinách**
- 5. Hodnota je asi 5 až 6 vyšší než voda**



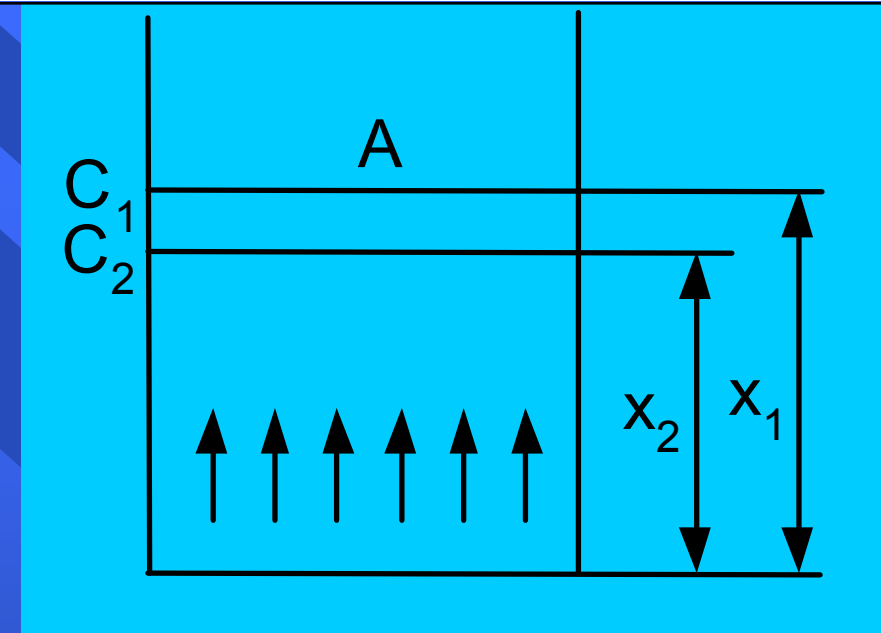
# Difuze

$$\frac{n}{A\tau} = -D \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

*1. Fickův zákon*

*hustotu difuzního toku ( $n/A$ ),  
vyjádřenou v molech na  $m^2$  za sekundu*

*Konstanta  $D$  se nazývá difuzní koeficient ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )*



Difuze je jedním z nejdůležitějších fyzikálních procesů, umožňuje pohyb látek uvnitř buněk

V živých organismech je ovlivněna mnoha faktory, které znemožňují přesný výpočet její rychlosti, přesto však můžeme z hodnot difúzních koeficientů usuzovat na rychlost četných životních procesů



# Vedení tepla

$$\frac{Q}{A\tau} = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

- předávají kinetickou energii následkem vzájemných srážek
- $\lambda$  je koeficient tepelné vodivosti, tepelná vodivost
- $Q$  je teplo (J)
- $\lambda$  – rozměr  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

## Transportní jevy

— Difuze

— Viskozita

— Vedení tepla



# Fyzikální veličiny v klinické praxi

- *Tlak v těle*

- *Krev jako tekutina*



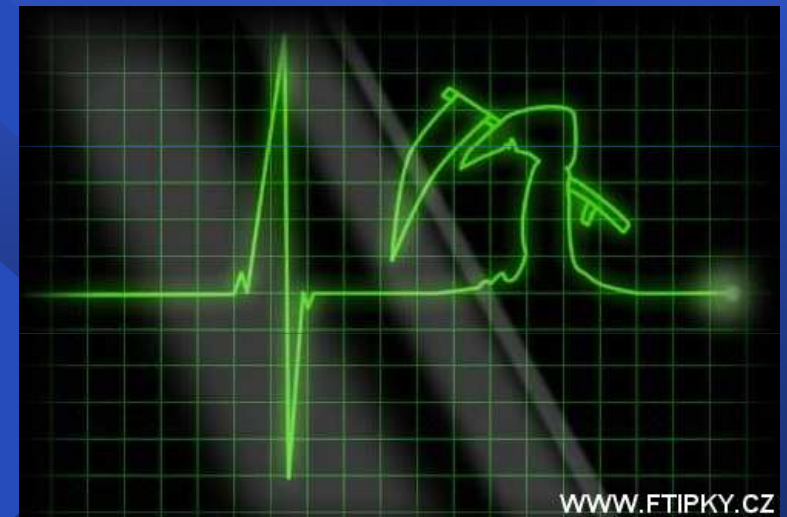
**Akční potenciály práce srdce**

- *Osmotický tlak*

- *Termodynamika*

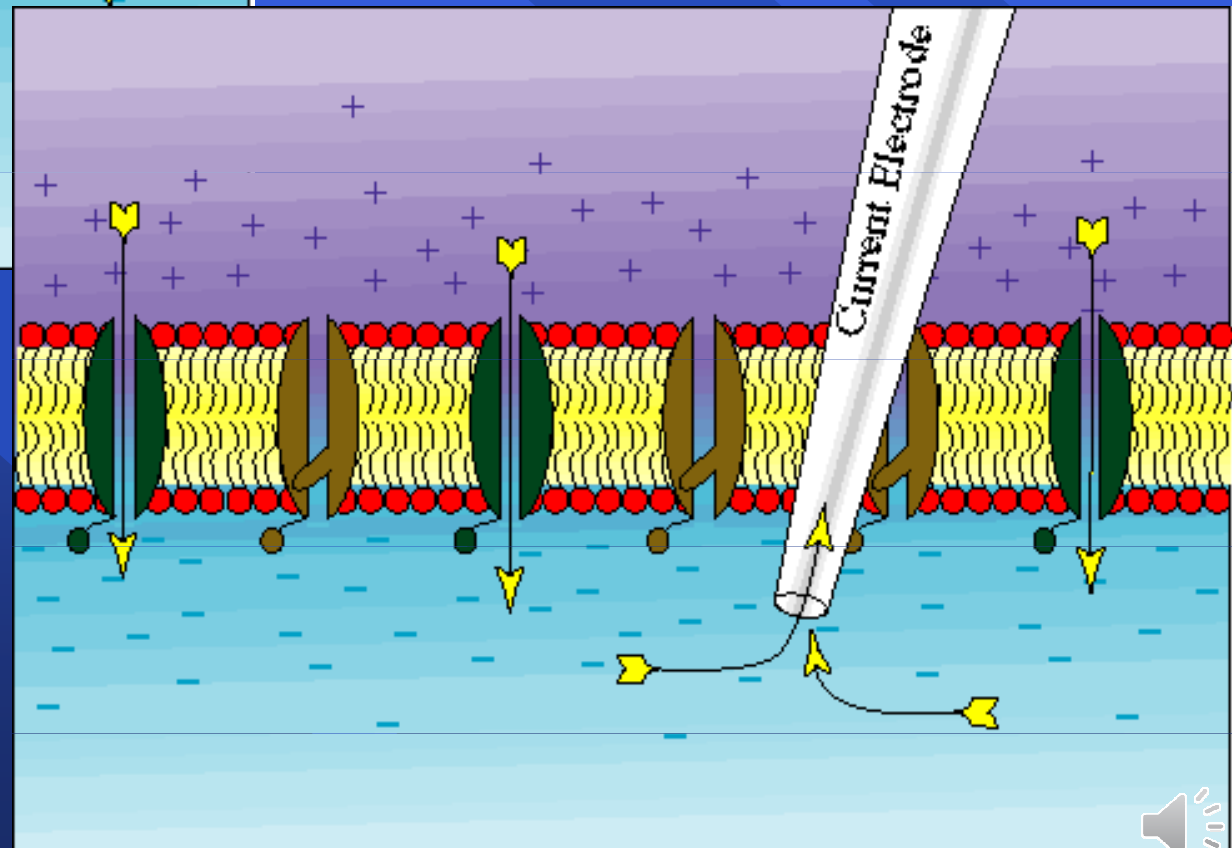
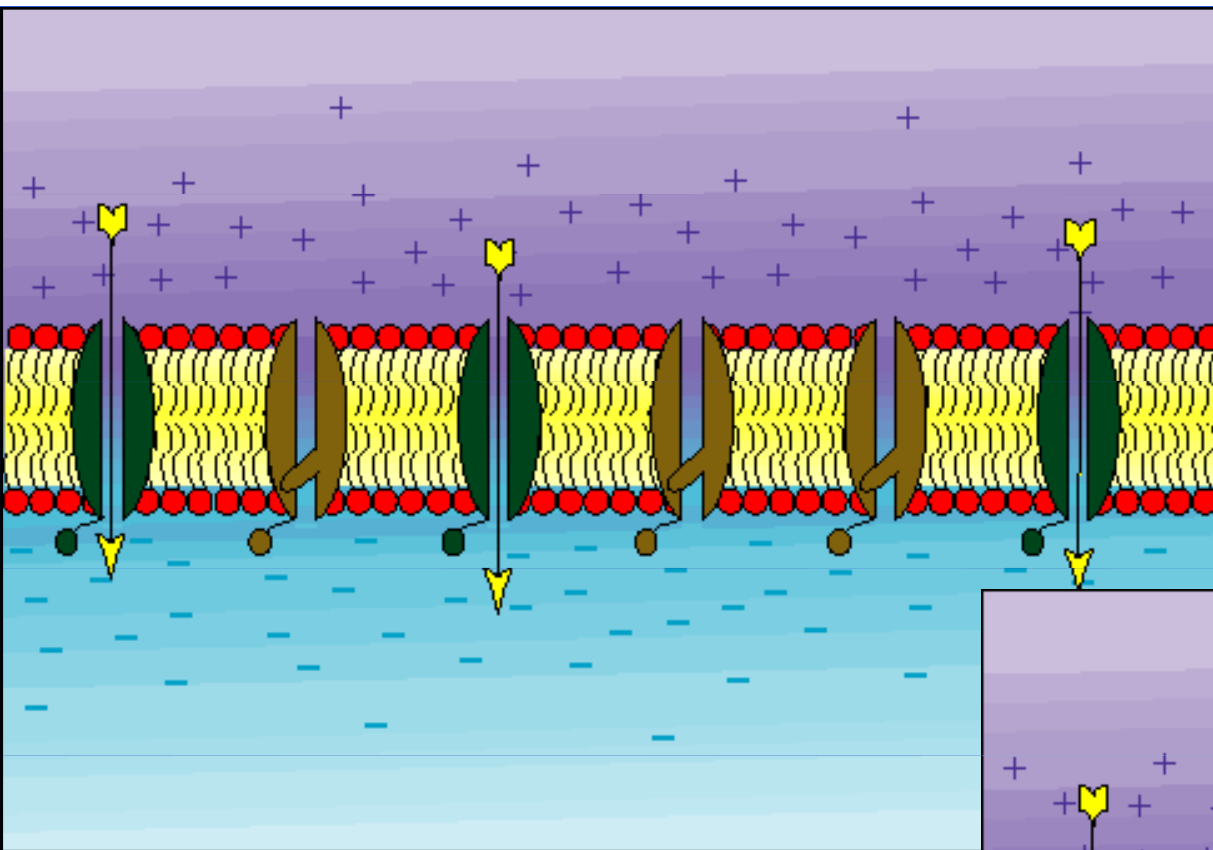
- *Proudění krve*

- *Plyny k tekutinách*

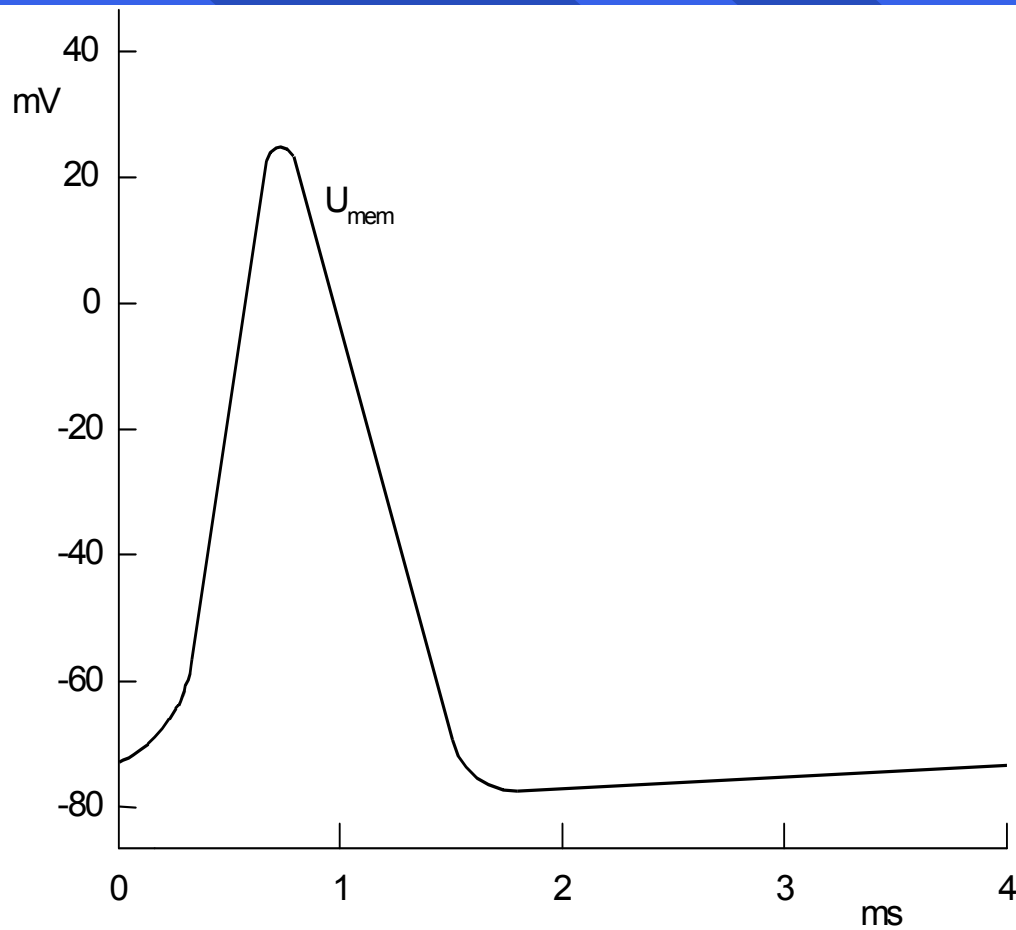




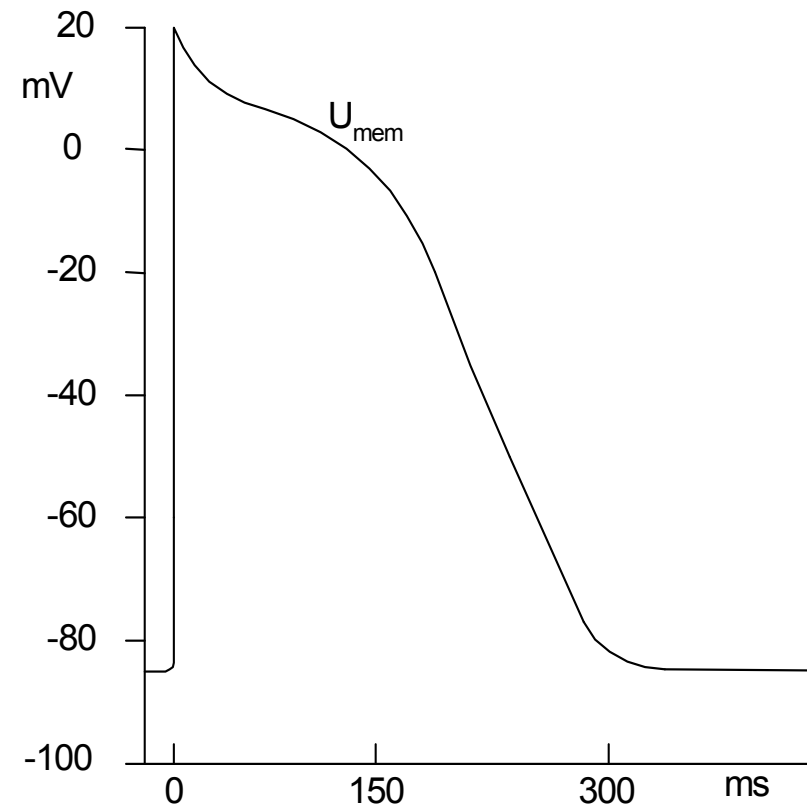
# Záporné napětí-70 mV



# Rozdíl mezi myocytem a ostatní dráždivou svalovou a nervovou tkání



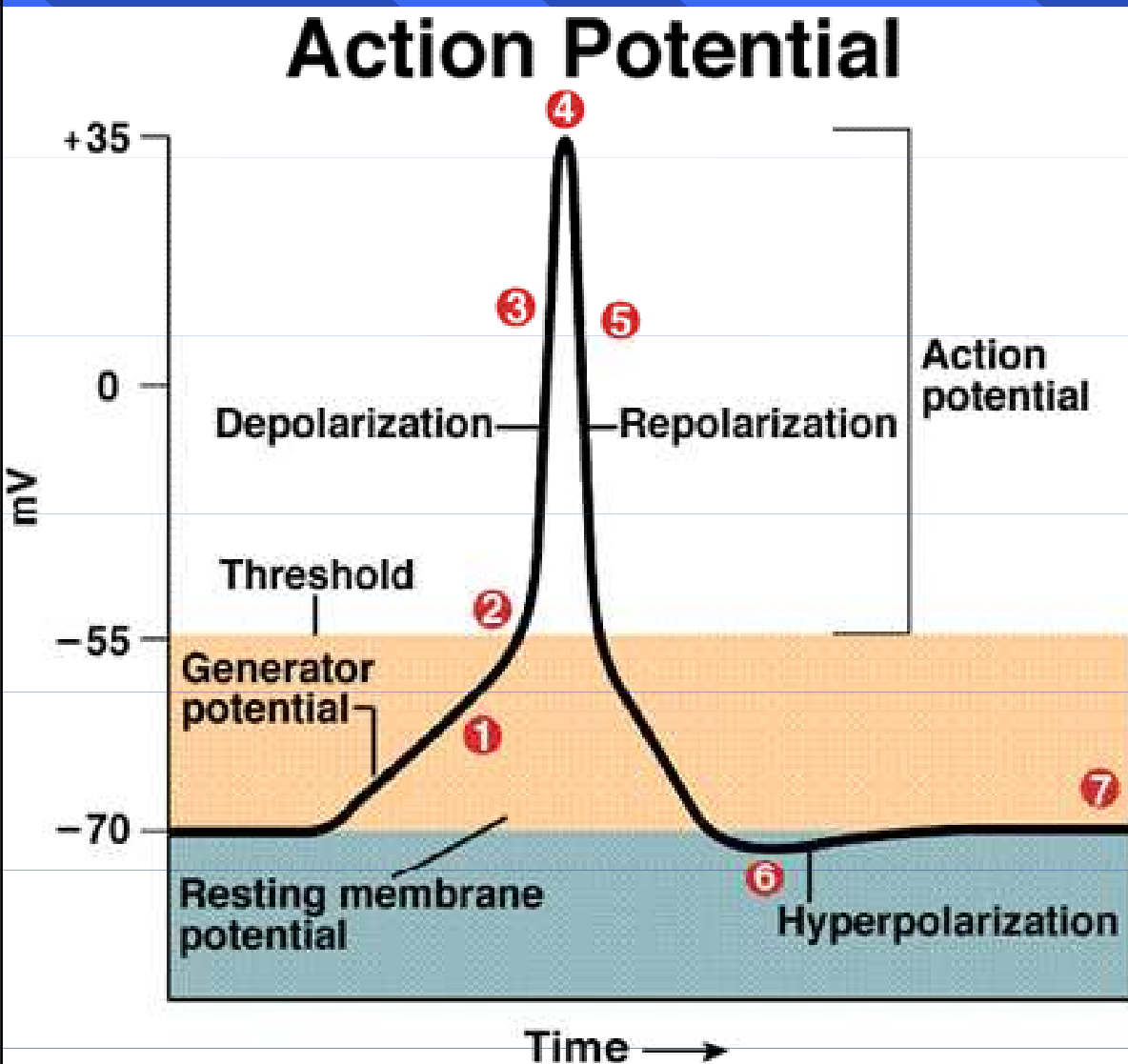
Průběh akčního potenciálu na membráně nerovného vlákna



Průběh akčního potenciálu na membráně buňky srdečního svalu

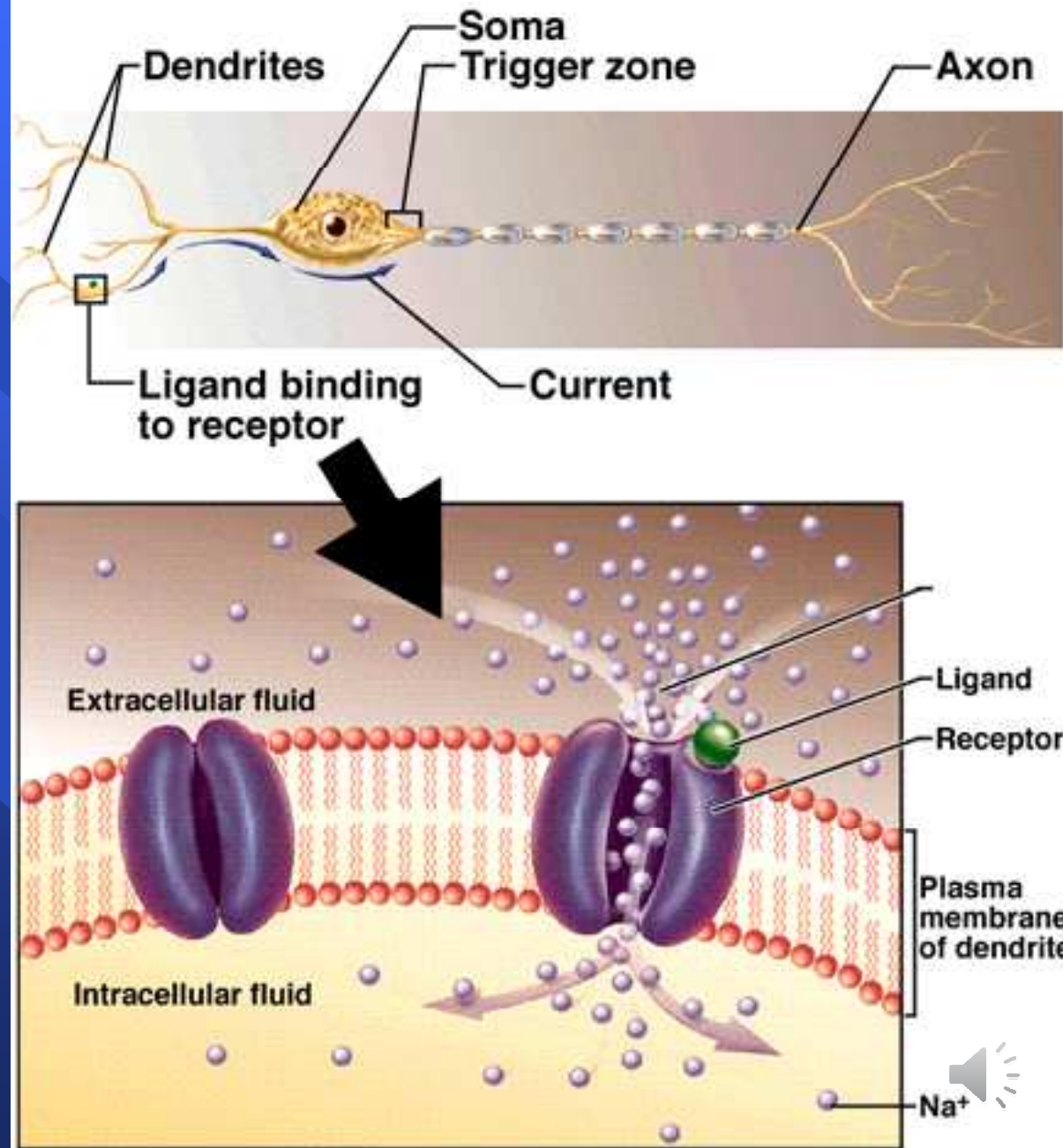
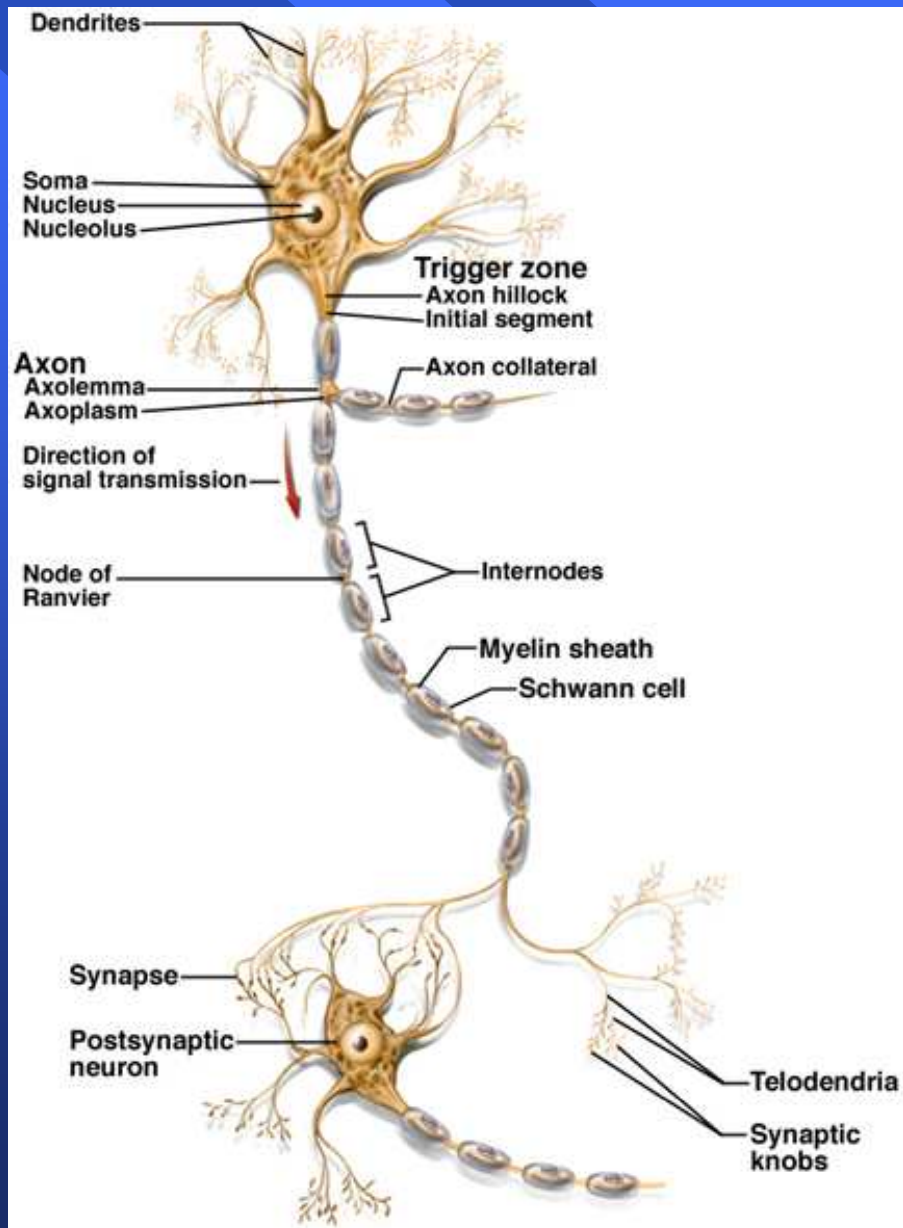


# Dva pojmy mezi fyzikou a fyziologií



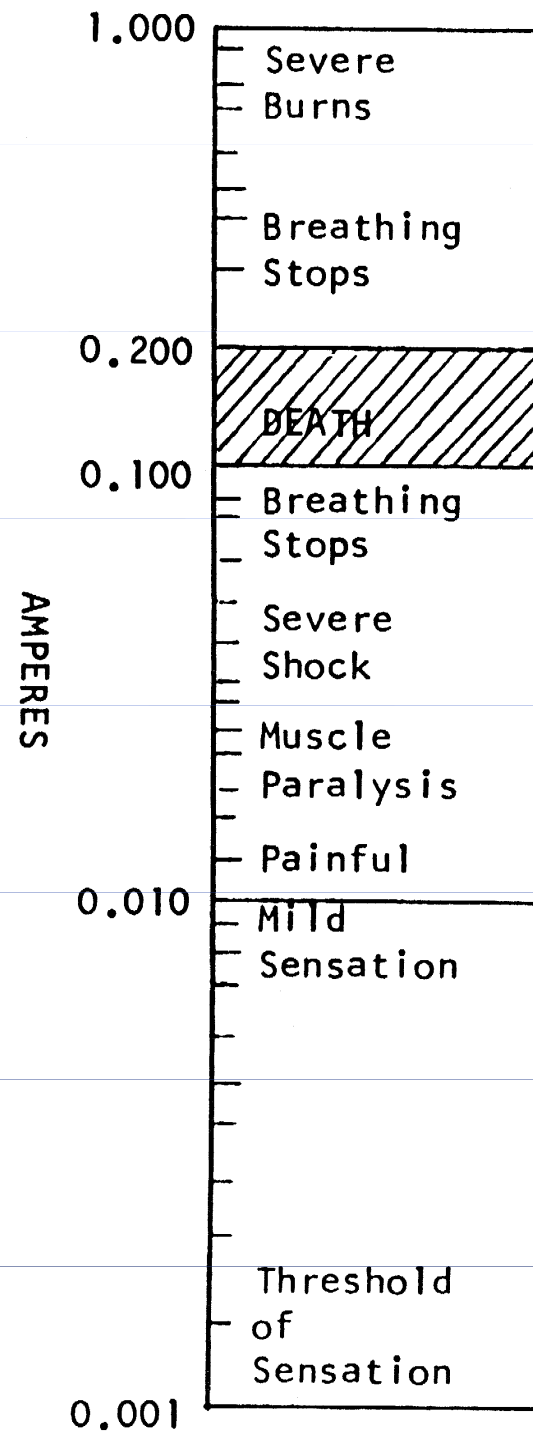
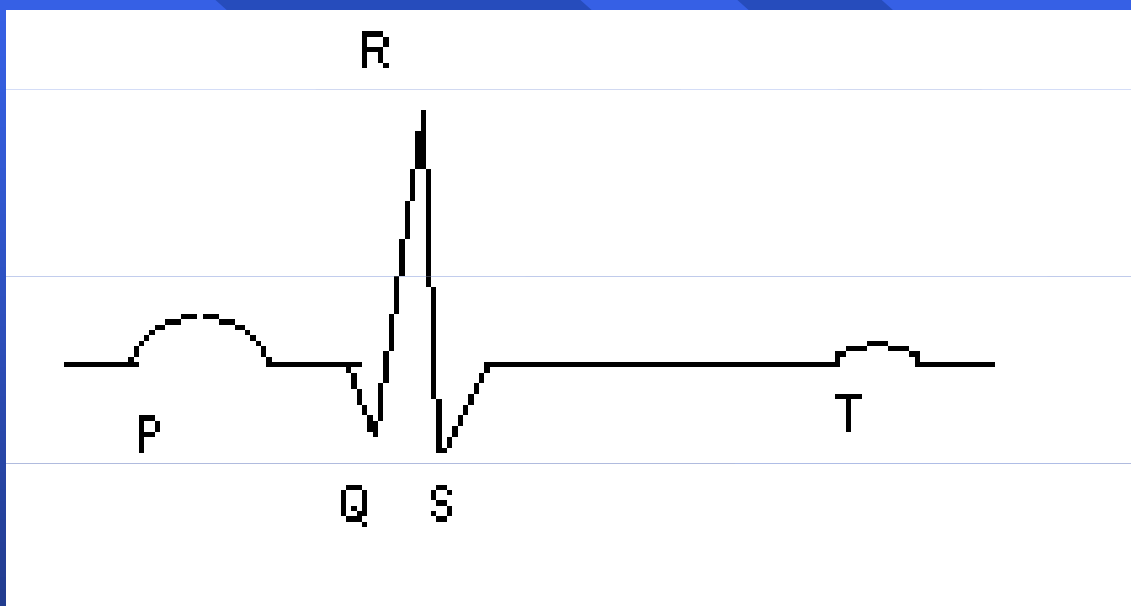
- Dráždivost tkání (např. svalů) vyjádřit pomocí reobáze a chronaxie. proudovými impulsy, existuje určitá hodnota proudu, pod kterou nelze podráždění vyvolat. Ta se nazývá reobáze. Chronaxie je doba nutná k vzniku akčního potenciálu impulzem o dvojnásobku hodnoty reobáze.







# Elektrický proud a popis EKG



# *Přehled tematických okruhů*



**EKG**

**Dočasná kardiostimulace**

**Elektrická kardioverze**

**Defibrilace**

**Trvalá stimulace**

**Diatermie**



# *EKG*

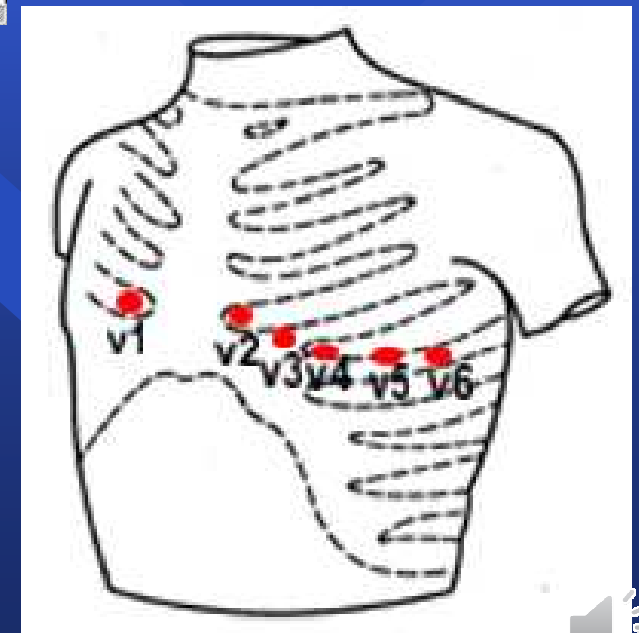
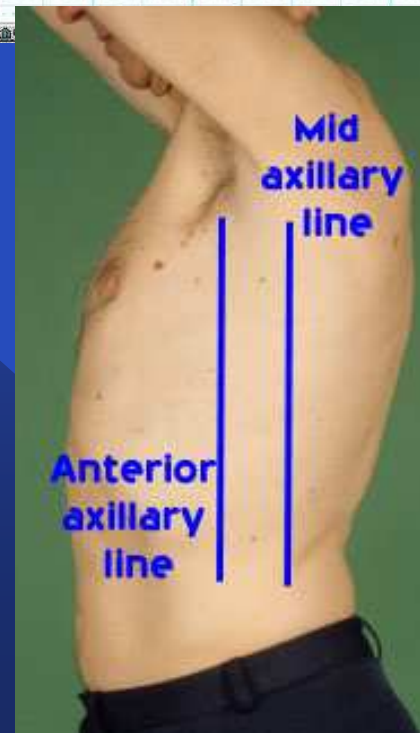
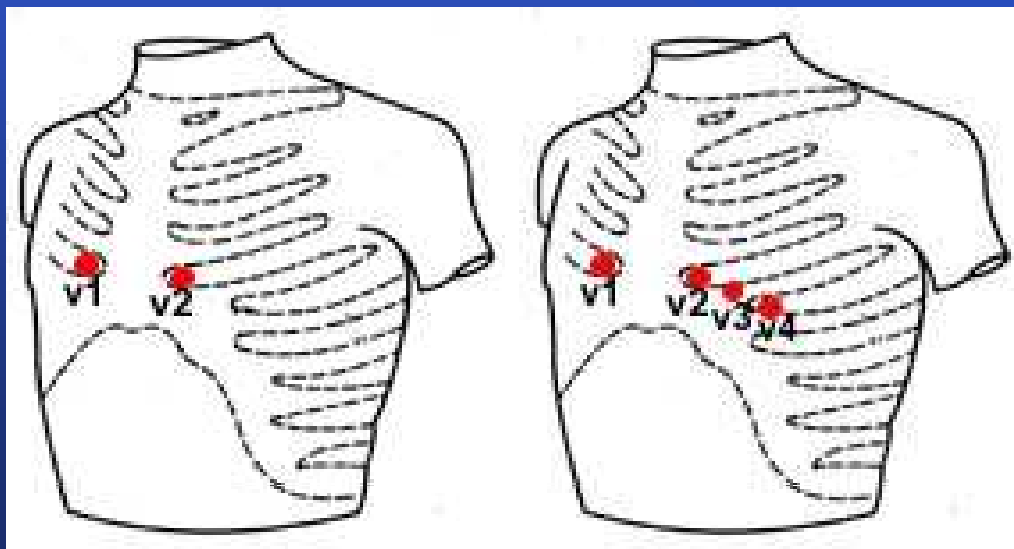
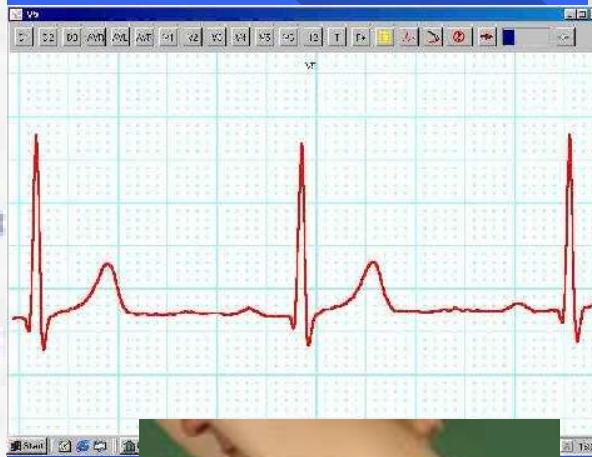
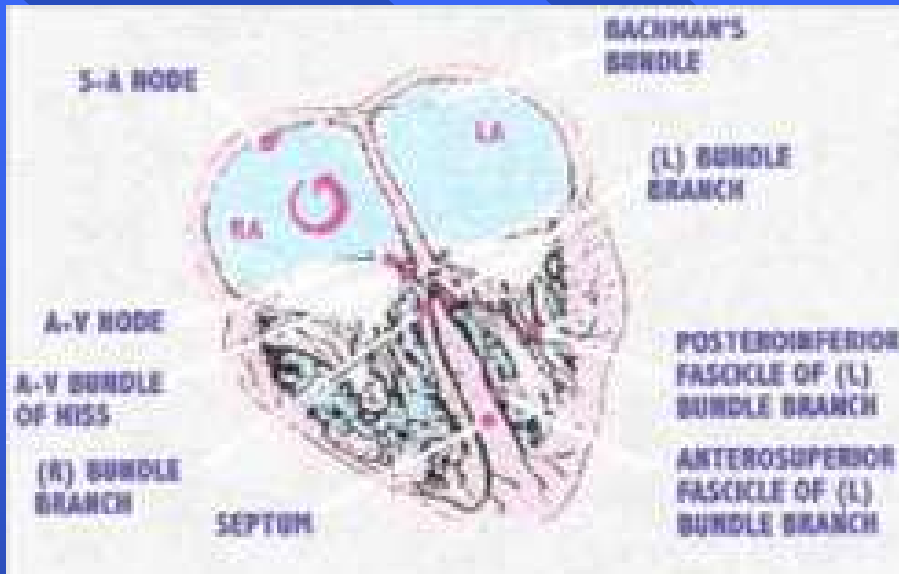


- **Klasické 12 svodové**
- **Kontinuální monitorování**
- **Centrála pro monitorování arytmií**
- **Monitorování ST úseků**

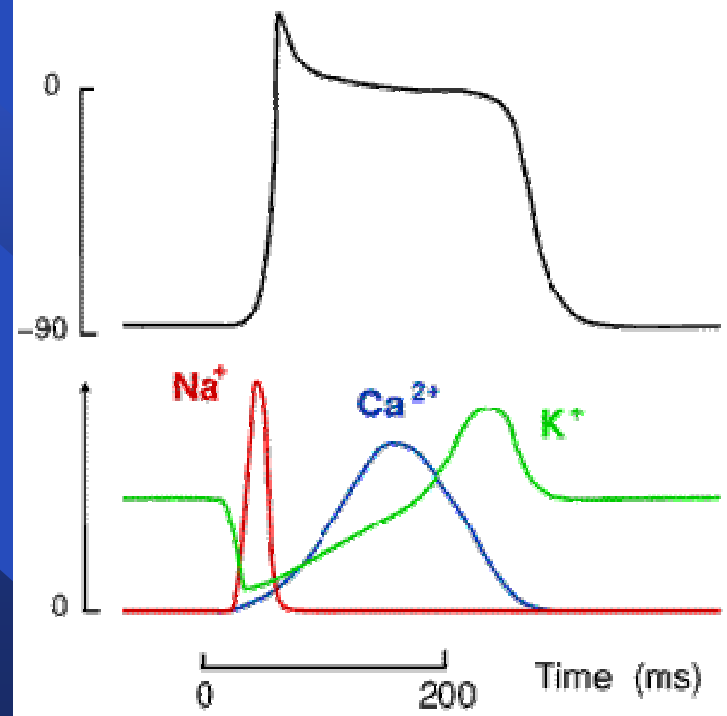
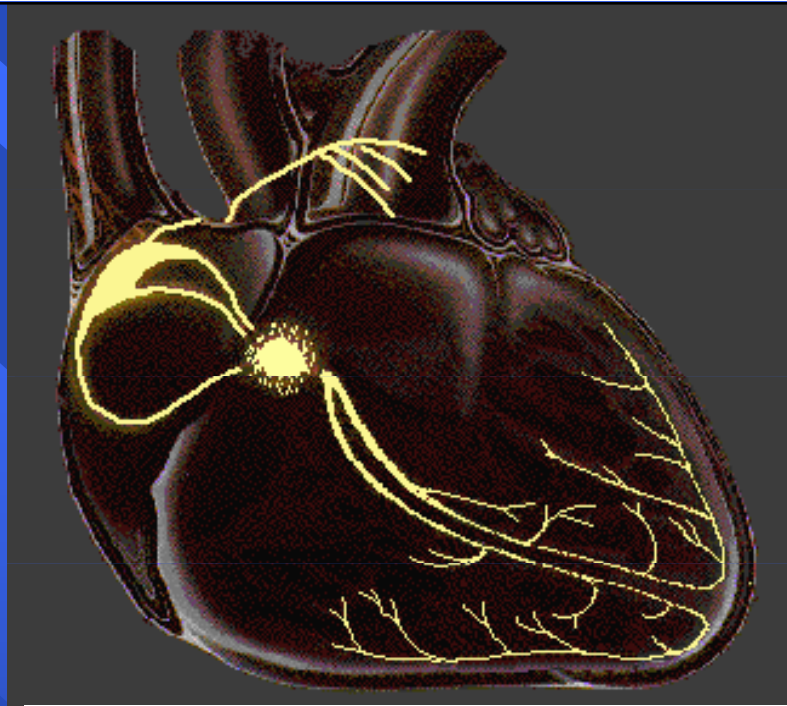
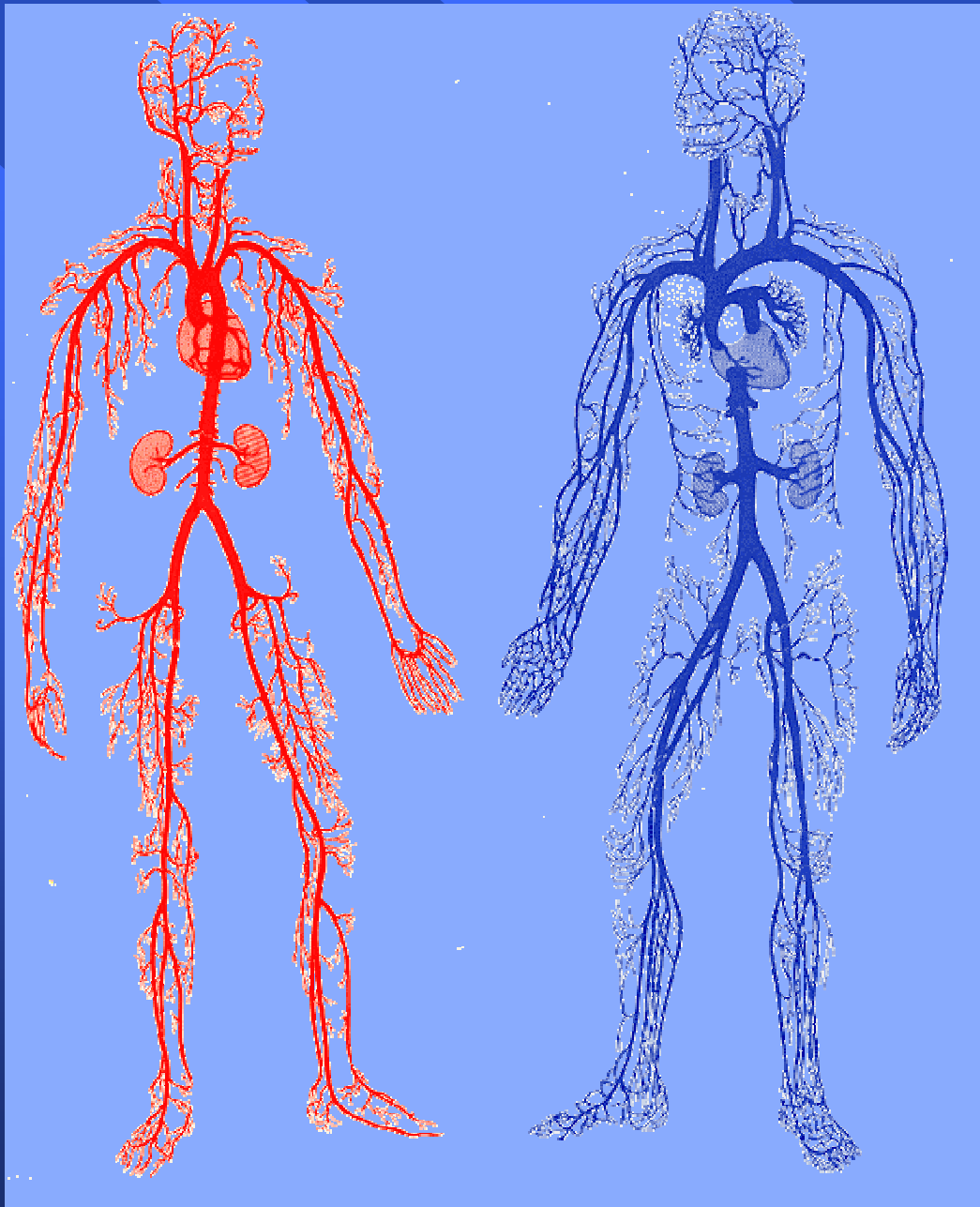


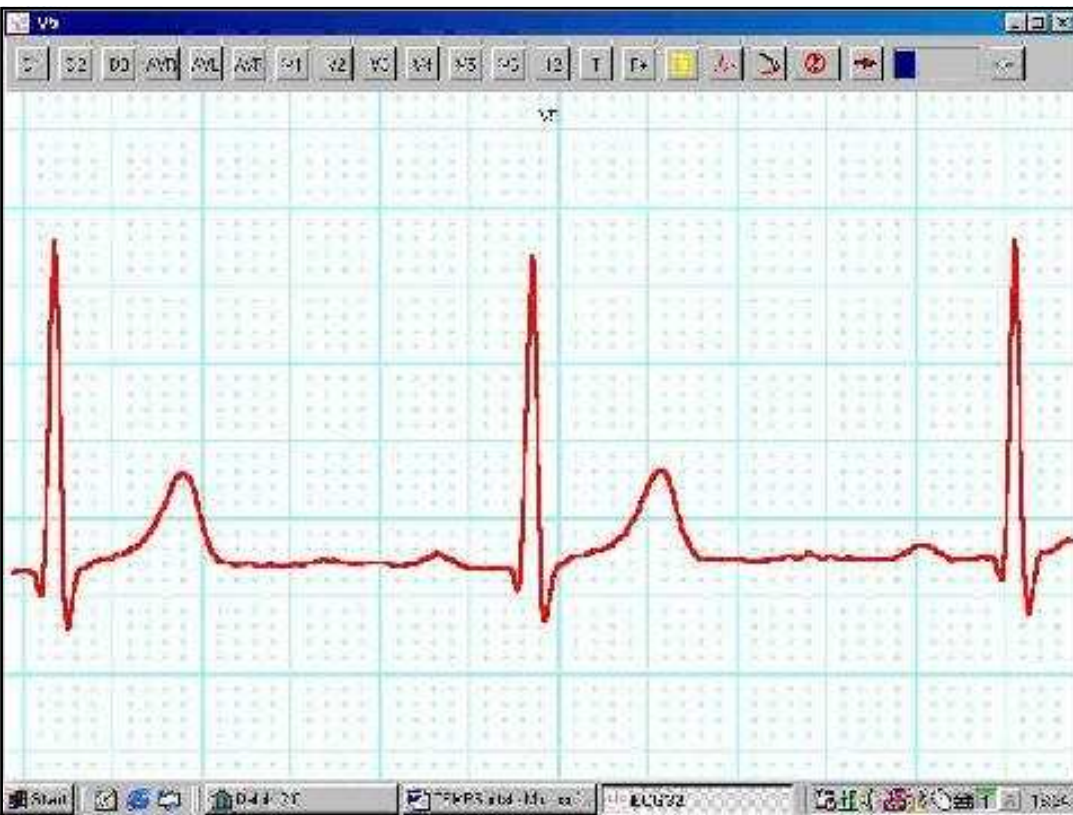


# EKG – teorie a praxe









# Normální EKG

D1... 1..2.3 AVERAGE ST GRAPH Referentiepunten

op

0.17 min  Vorige  Raster  Filter

Fr	68	ASP	31	QRS	32	T	31
PG	156	QRS	90	QT	393	QTC	418

PC LIST PERS

- Linker anterior hemblok
- Linker atrium hypertrofie
- Linker posterior hemblok
- Linker ventrikel hypertrofie
- Normaal EKG**
- Onvolledig linker bundeltakblok

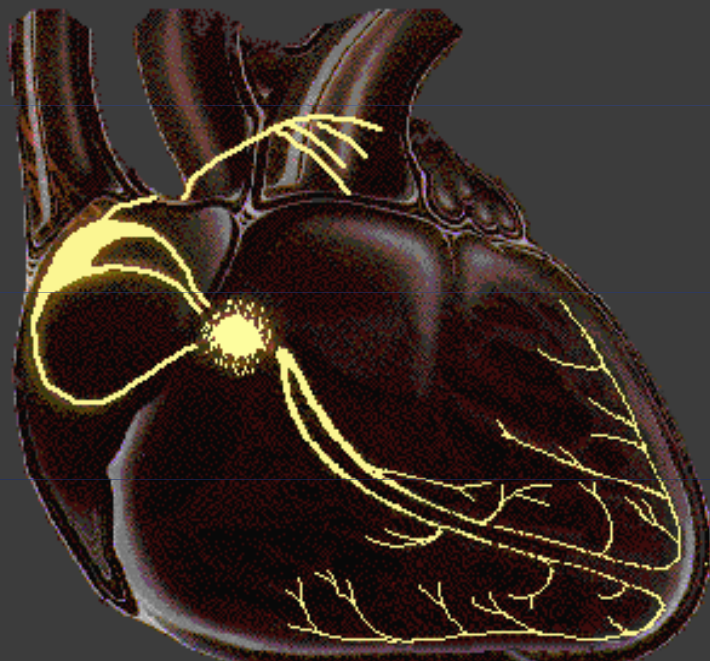
Persoonlijk besluit

Normaal ECG.

Dokter **GANSEMAN JOSE**

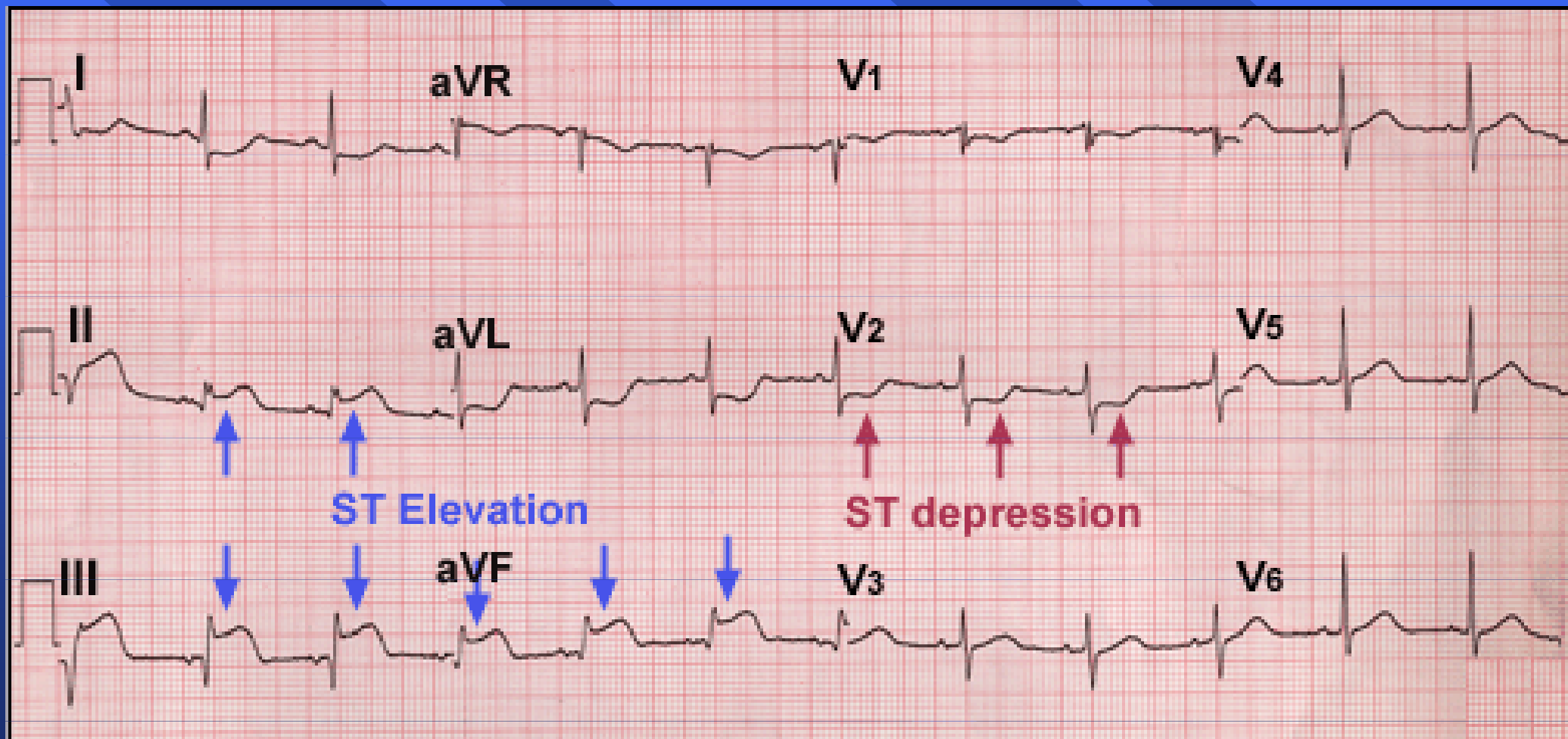
? Help  Ok  Cancel  Comp

Rythme D2





# Změny úseku ST



# Převodní systém srdeční

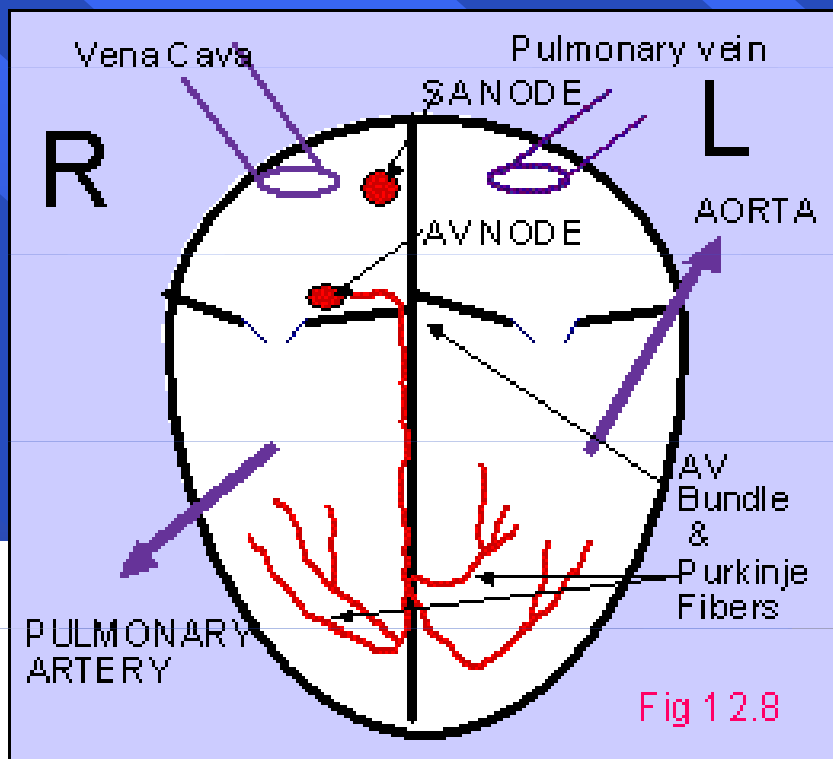
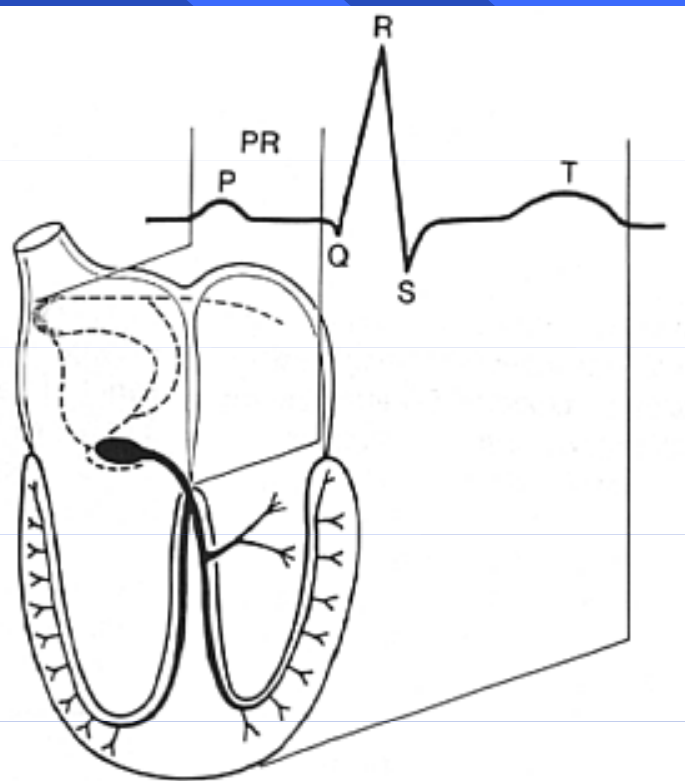
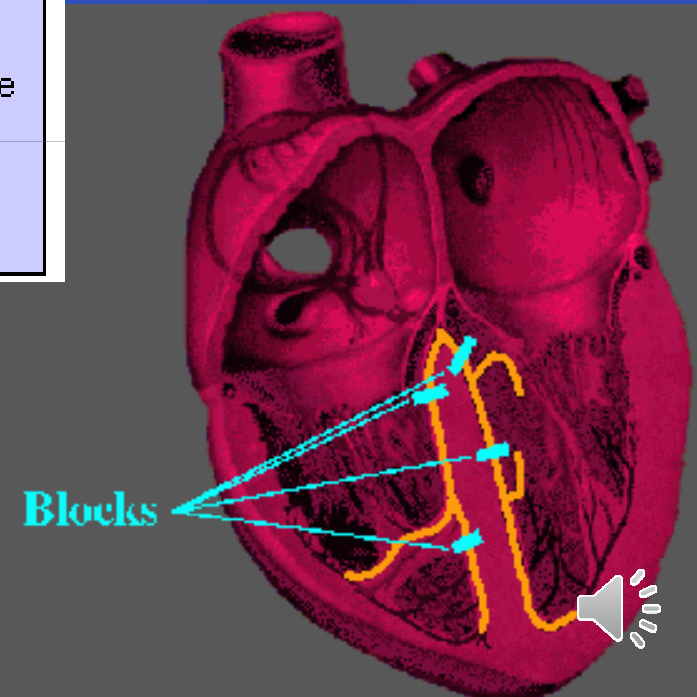
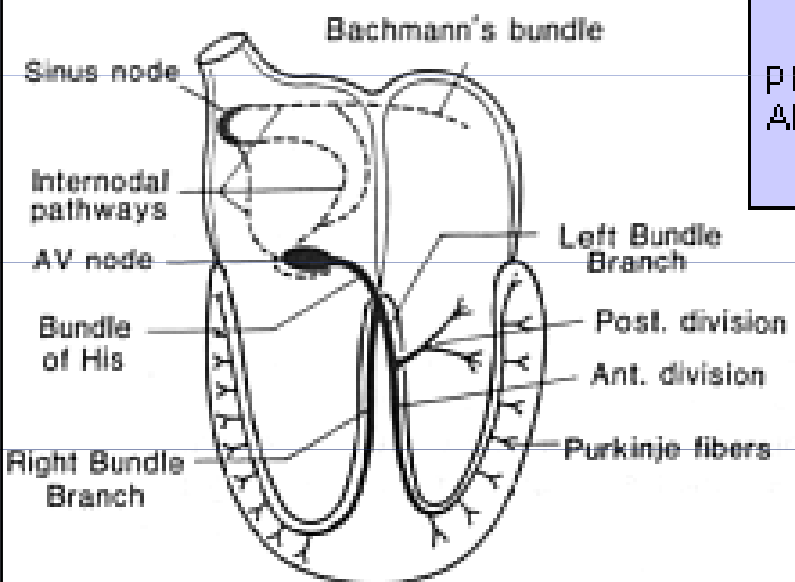
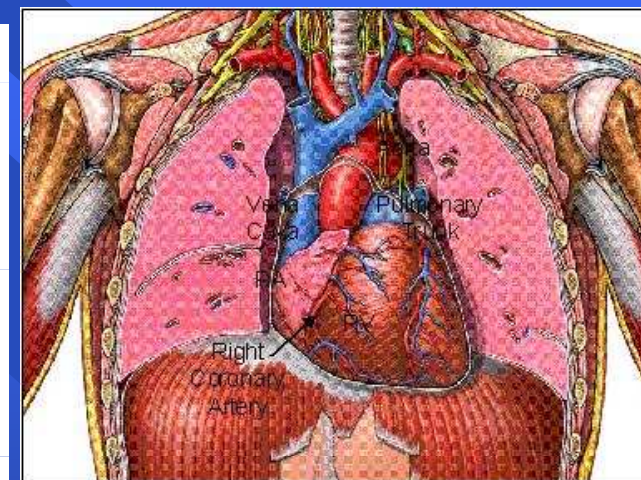
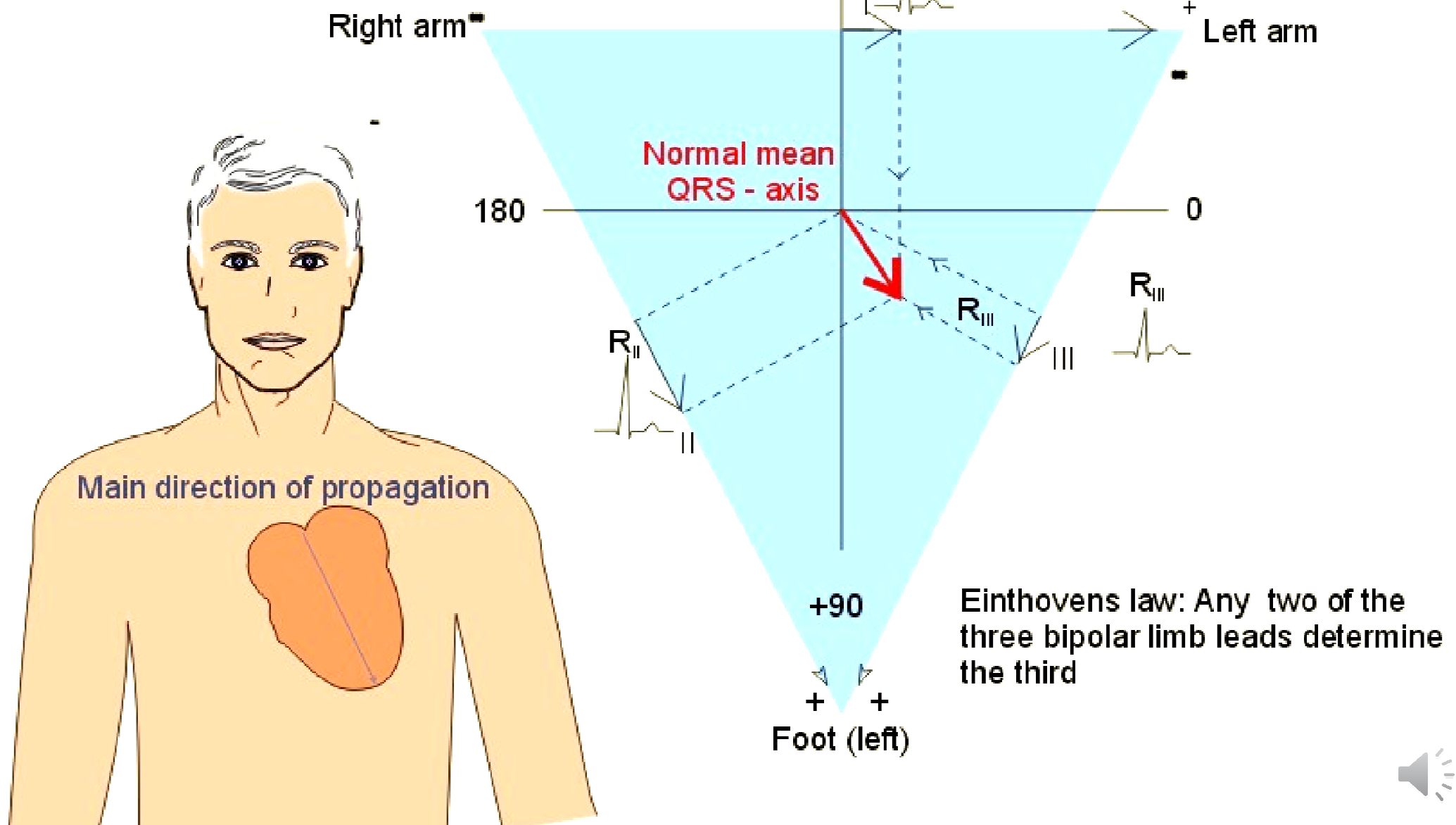


Fig 12.8



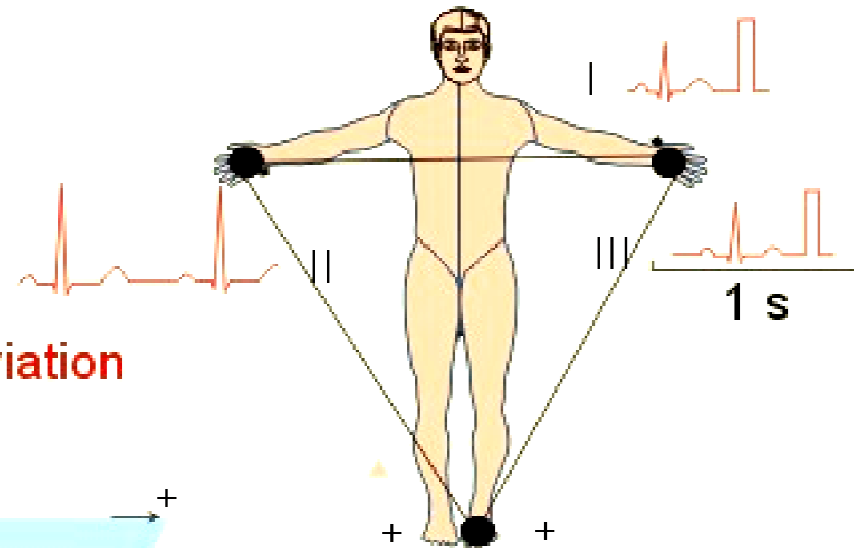
# Electrochemical Generator In A Volume Conductor

Einthovens triangle with 3 standard leads in the frontal plane

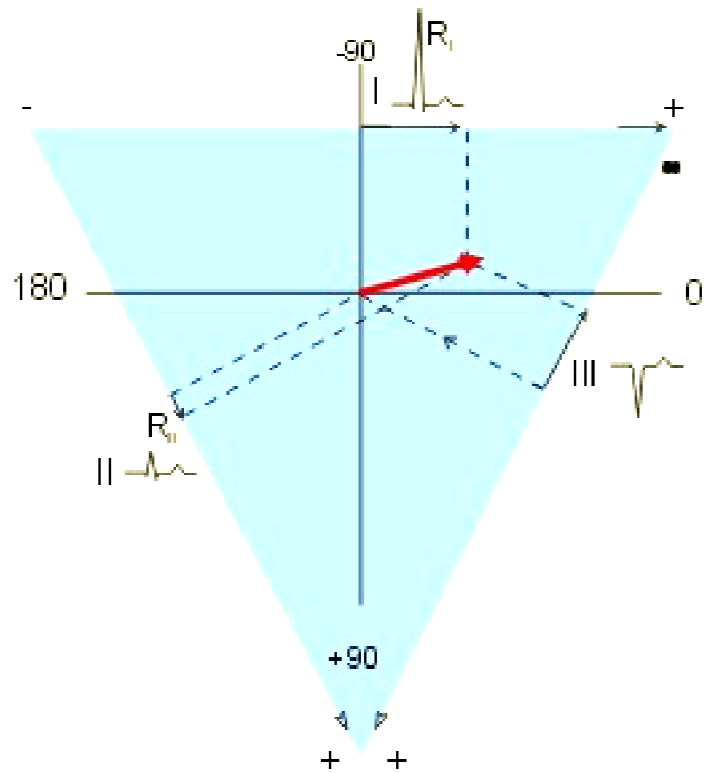


# Standard Limb & Precordial Leads

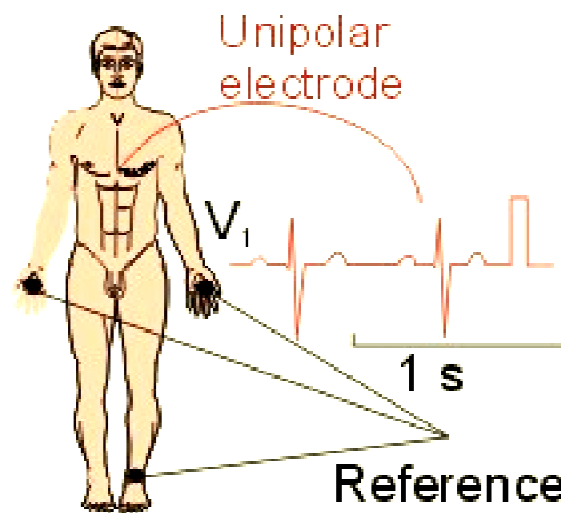
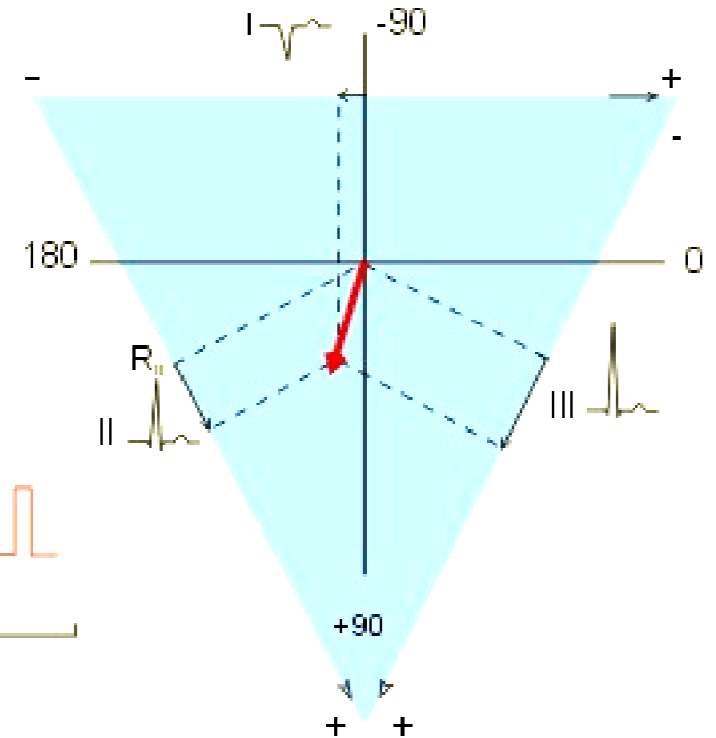
## Einthovens triangle (frontal plane)



### Left-sided axis deviation



### Right-sided axis deviation

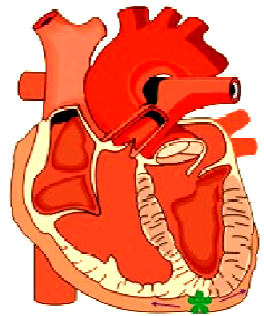
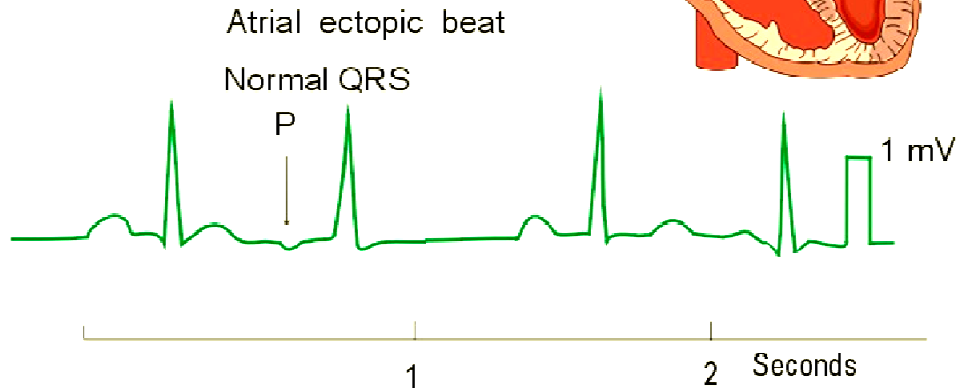
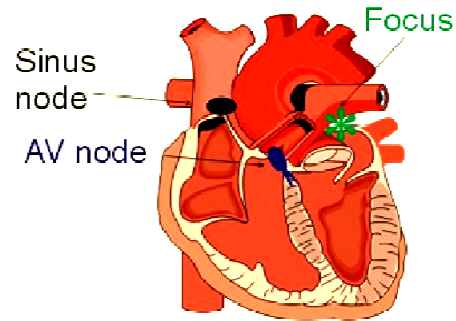


Precordial leads: V<sub>1</sub> - V<sub>6</sub> Reference electrode  
(Horizontal plane)



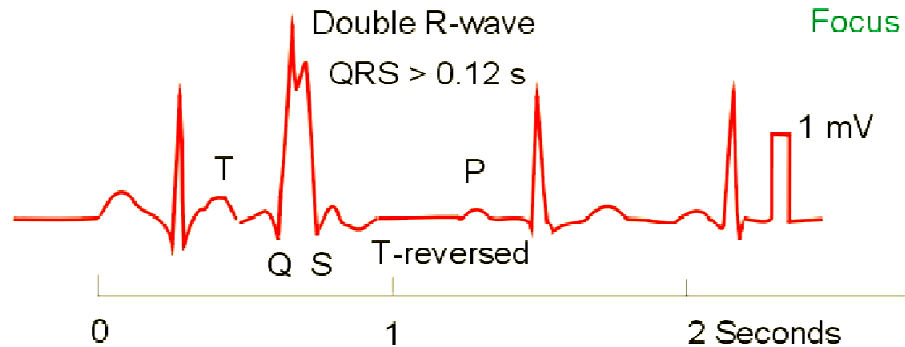
## Atrial Ectopic Beat

Overdrive: Increased pump activity --- hyperpolarisation  
 -- suppression



## Ventricular Ectopic Beat

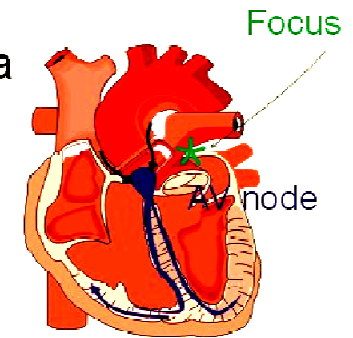
(Extrasystole)



## Atrial & Ventricular Tachycardia

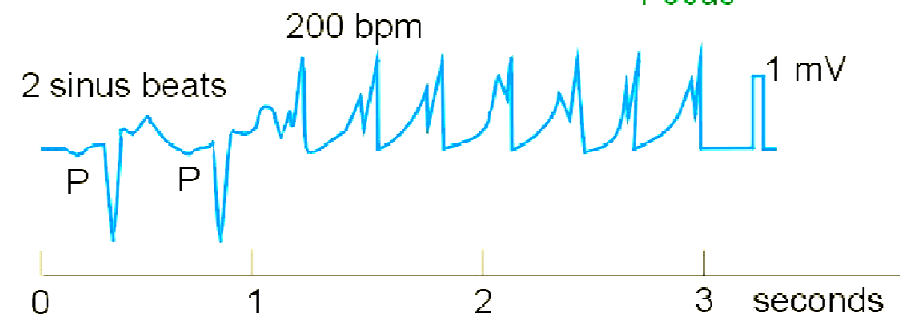
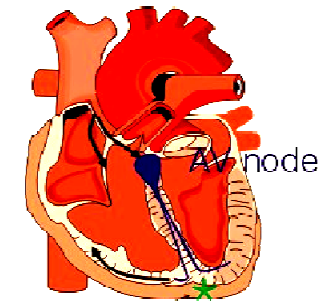
### Atrial tachycardia

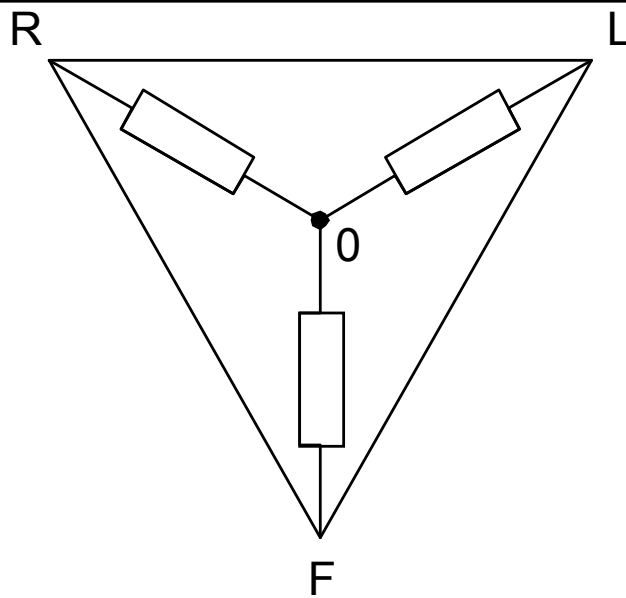
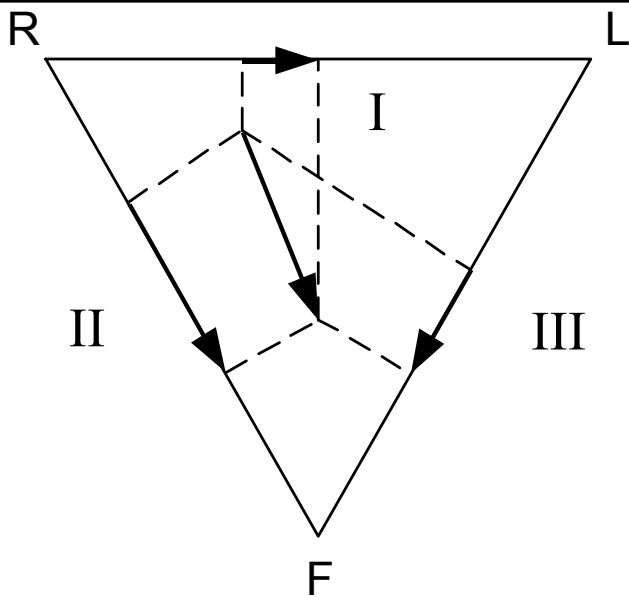
(>200)



### Ventricular tachycardia

(>120; disturbed QRS)



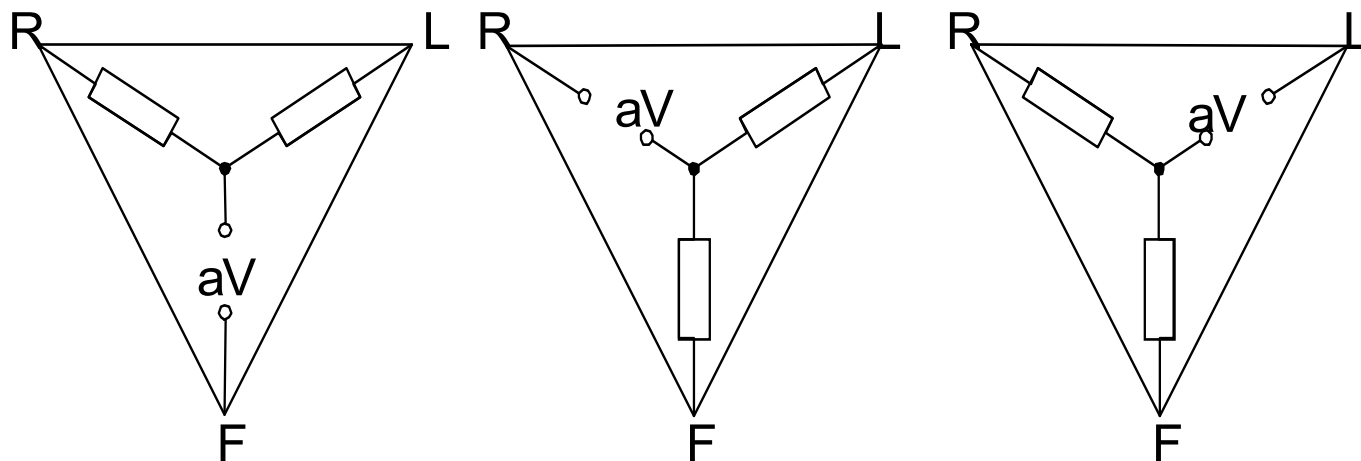


Einthovenův trojúhelník (vlevo) a Wilsonova svorka (vpravo)

- V1-V6
- aVF, aVR, aVL

tří bipolárních  
svodů: svod I - RL,  
svod II - RF a svod  
III - FL

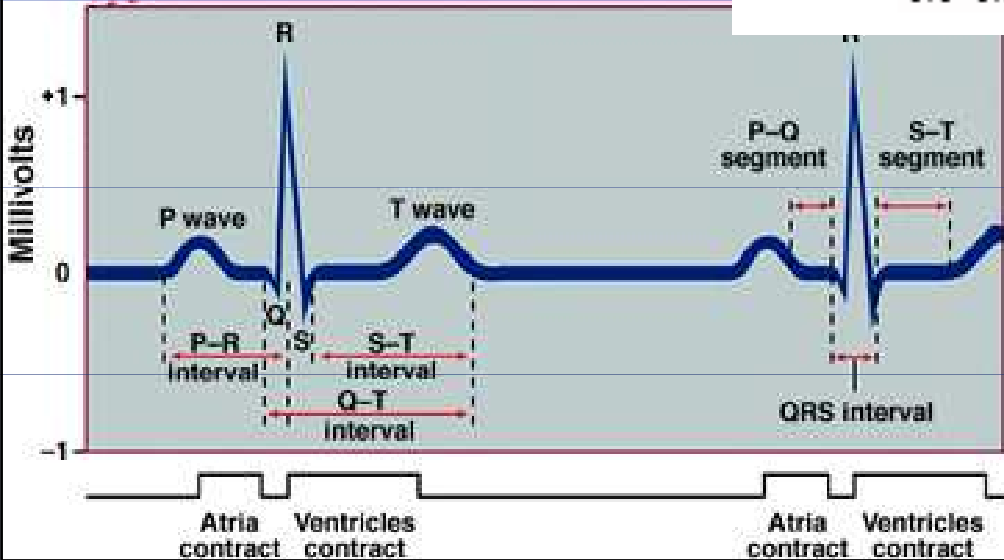
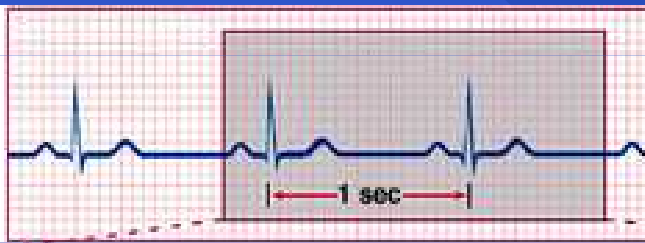
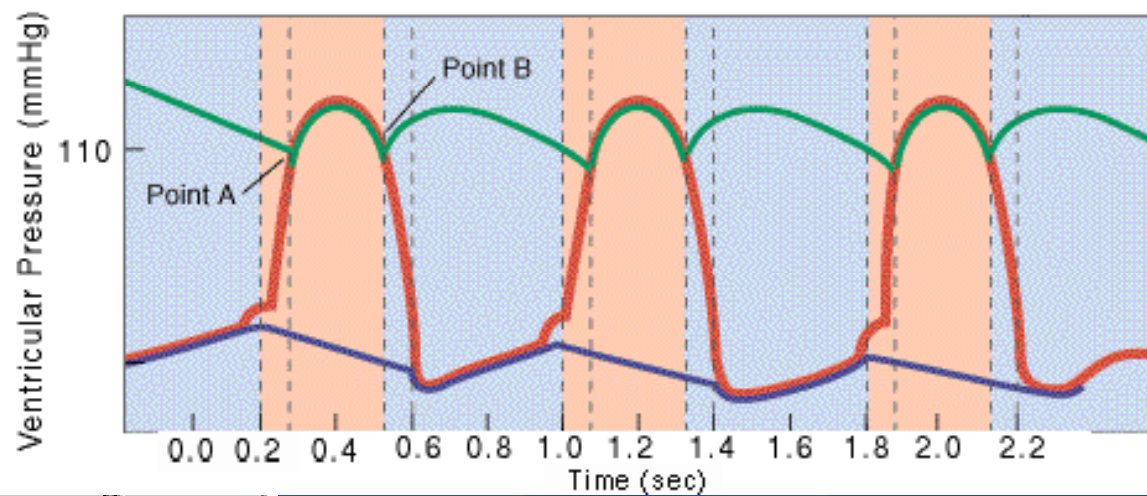
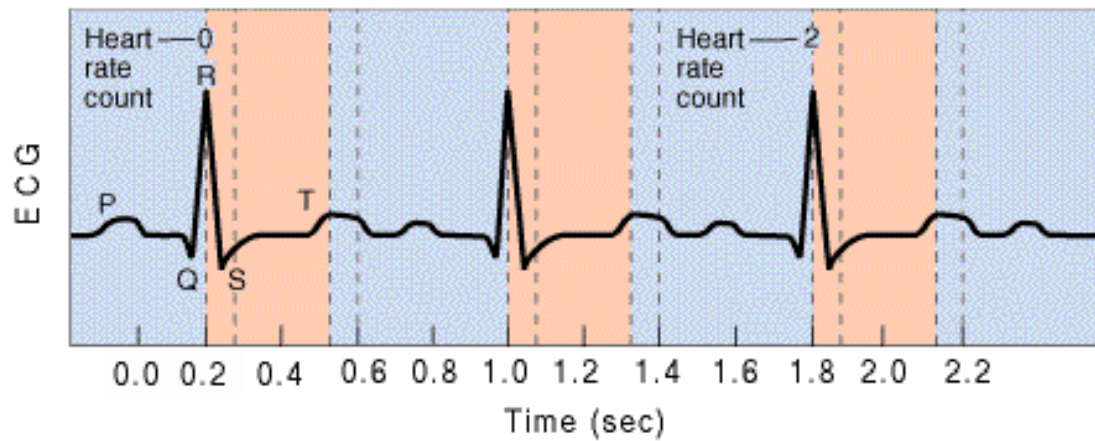
**Celkem 12 svodů**



Zesílené Goldbergerovy svody



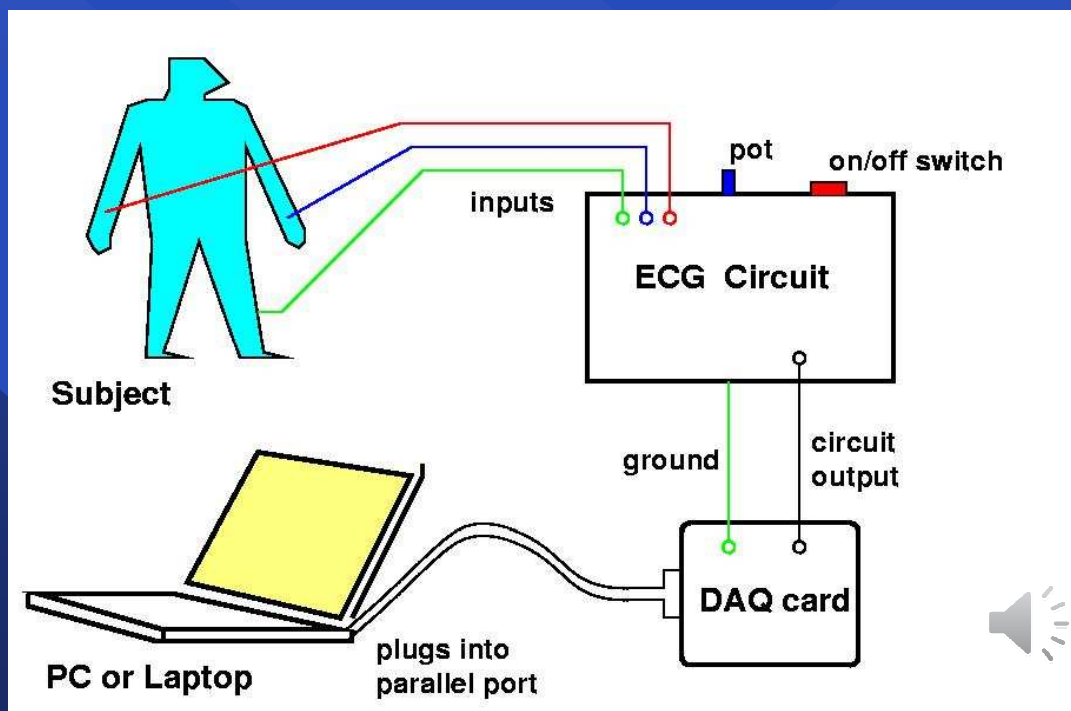
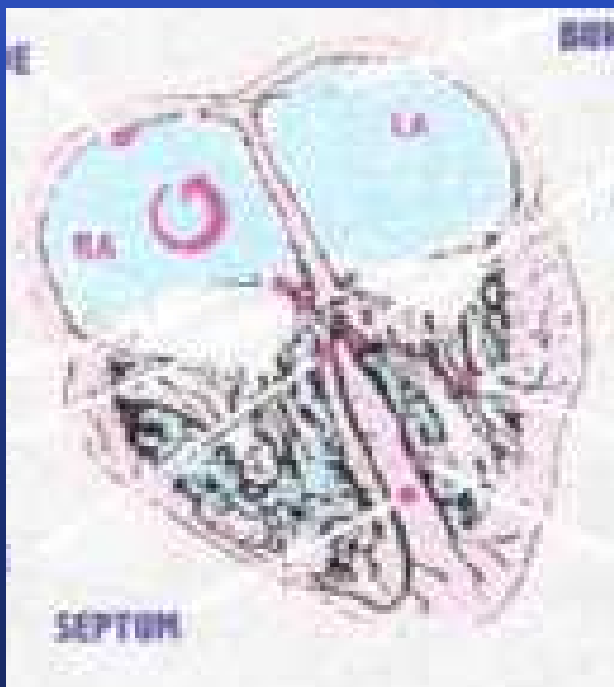




# Holterovské monitorování



- Záznam 24 hodin,
- Počítač zpracuje
- ES –komorové a síňové

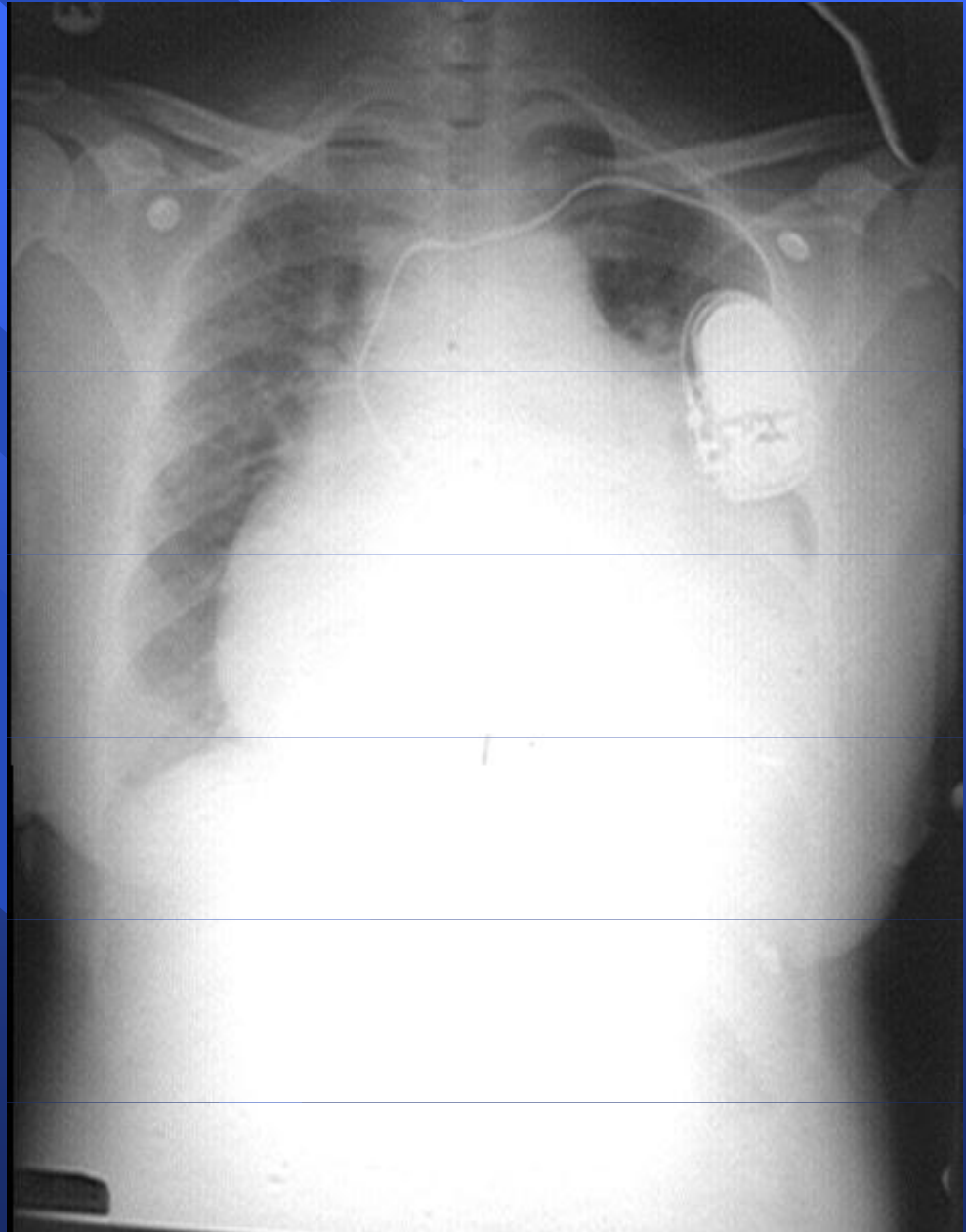
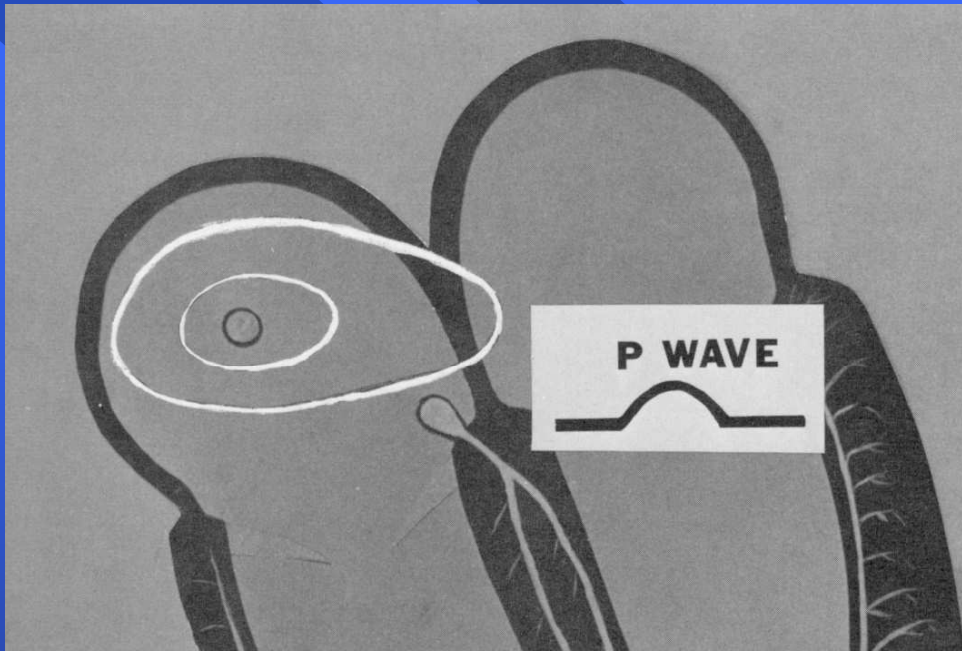


# *Kardiostimulace*



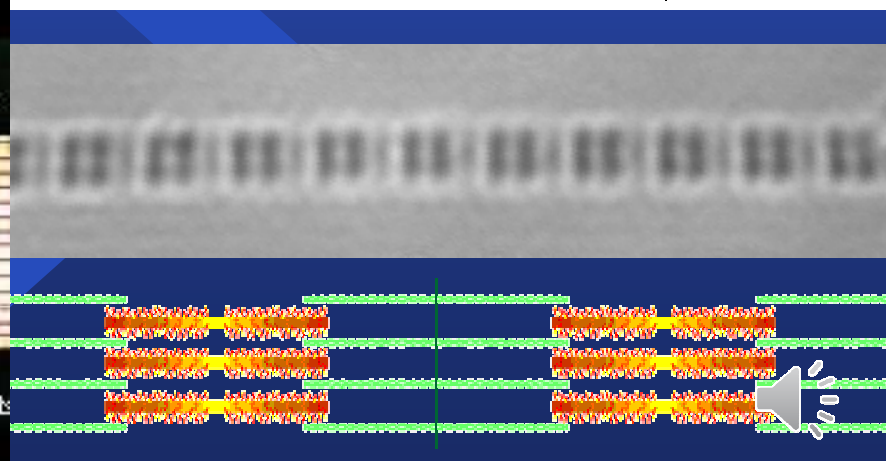
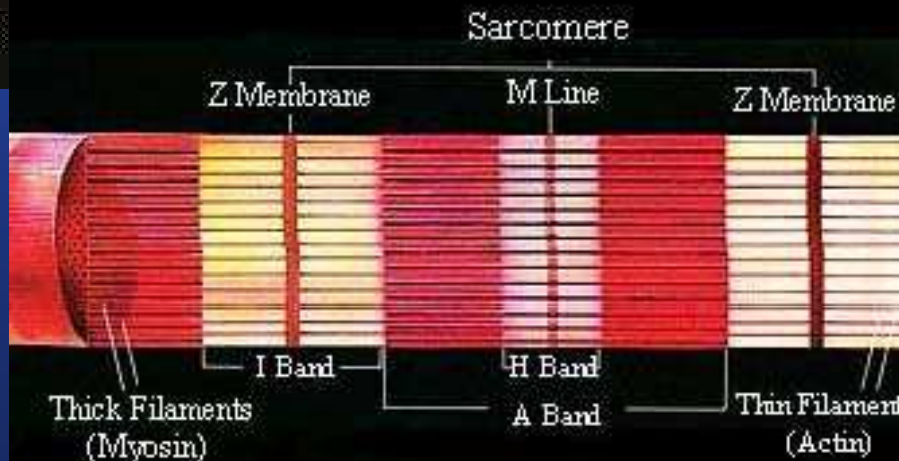
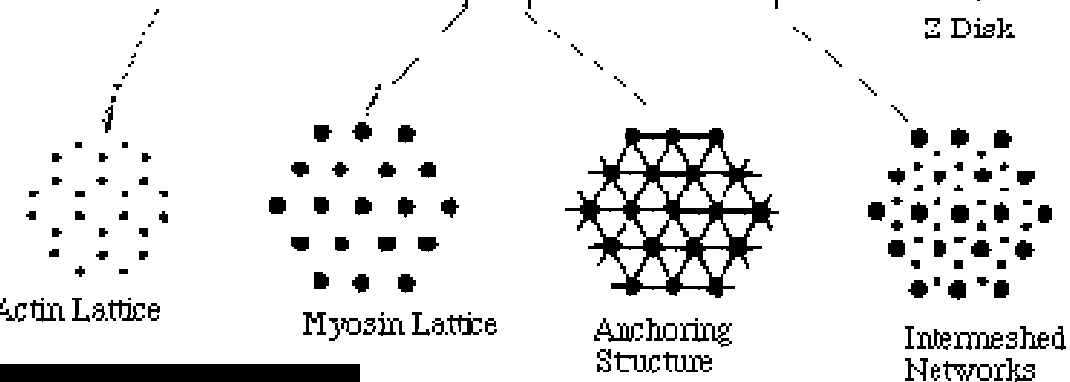
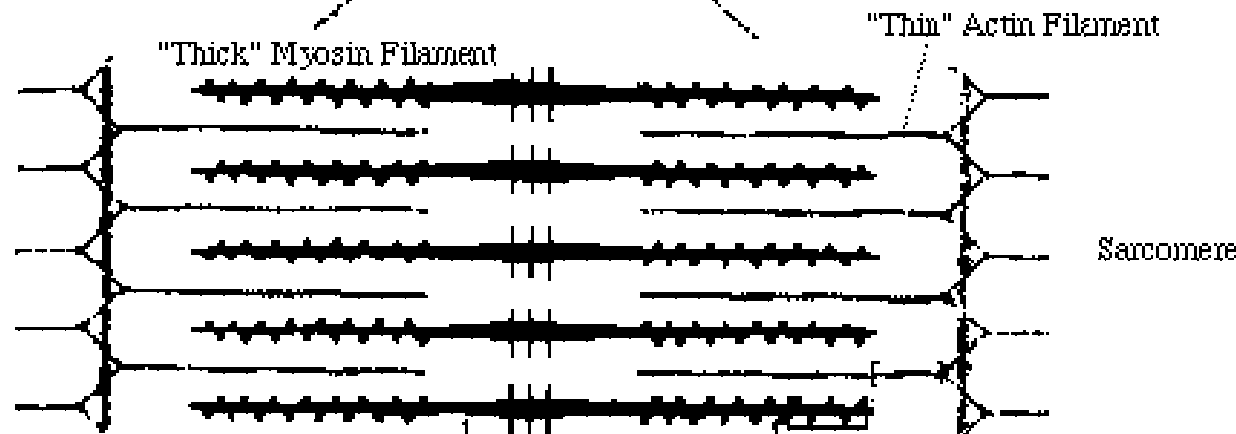
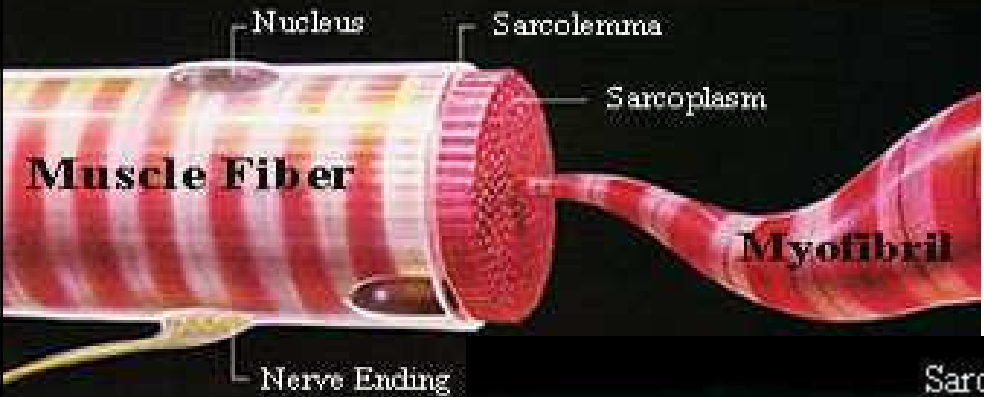
- **dočasná intravasální kardiostimulace**
- **dočasná trastorakální kardiostimulace**
- **dočasná jícnová kardiostimulace**







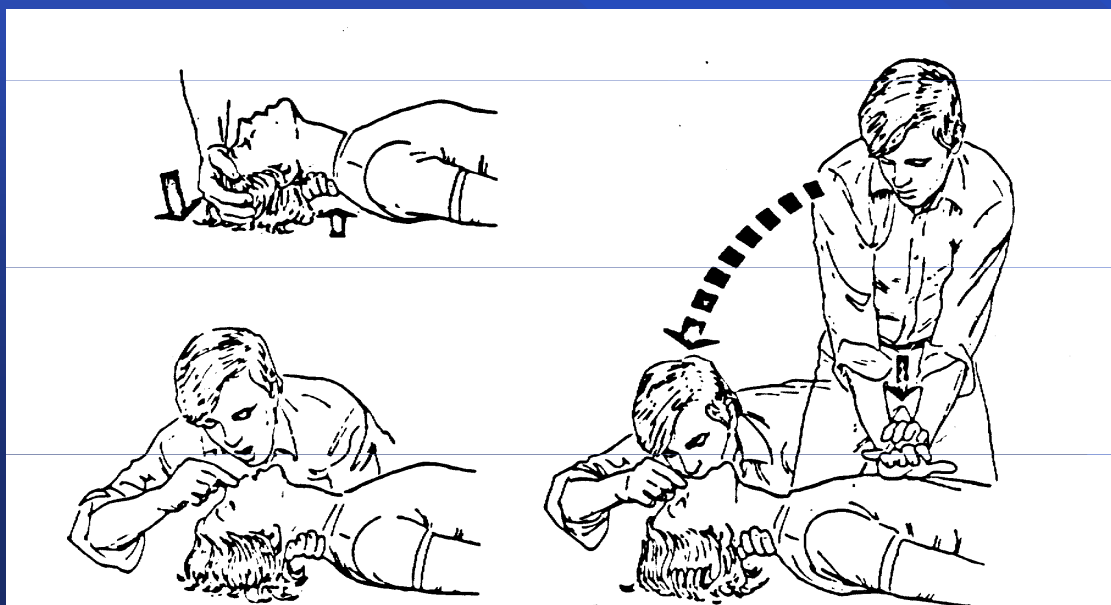
# Sval



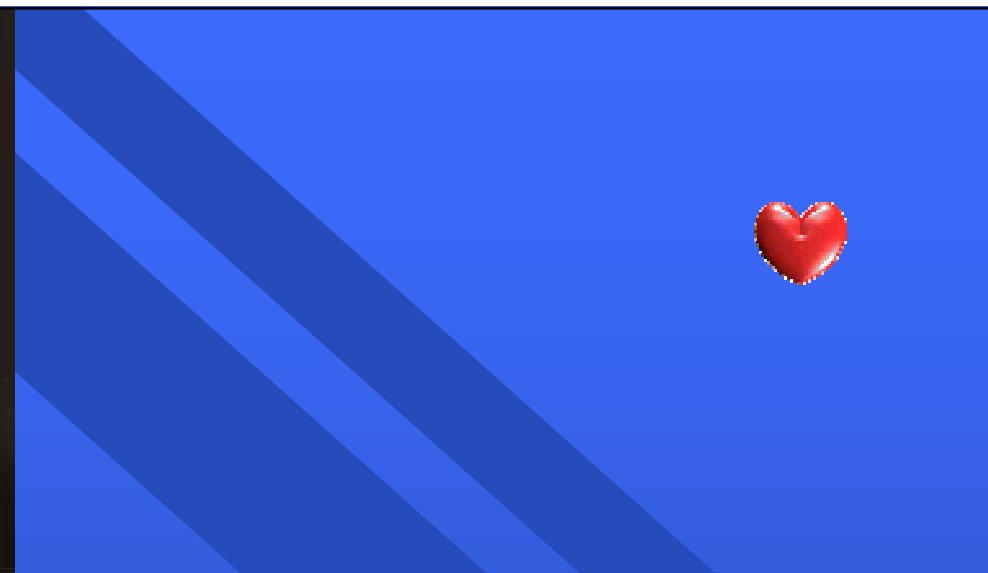
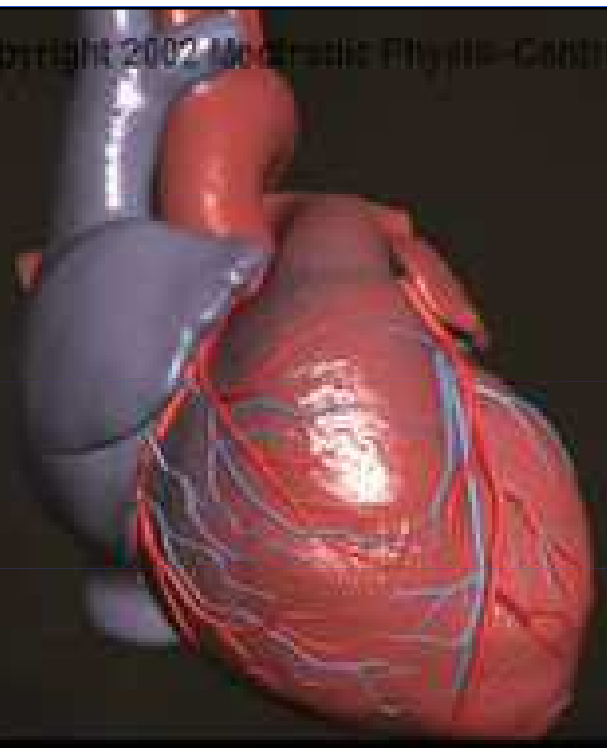
# Kardioverze - JIP



- Puls má energii 50 Ws až 300 Ws
- Synchronizace R vlnou na EKG
- Nedotýkat se postele ani pacienta



Copyright 2002 Medtronic Physio-Control





# *Defibrilace, kardioverze*

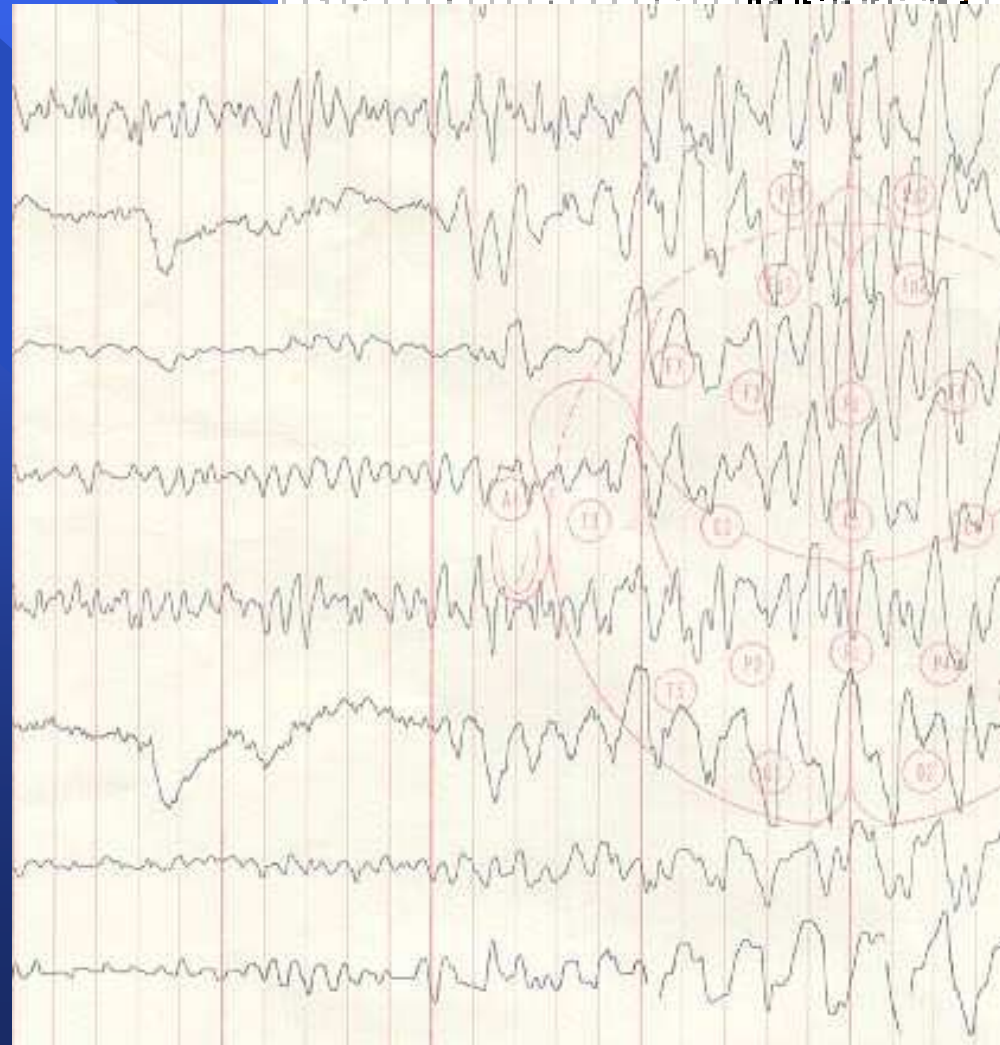




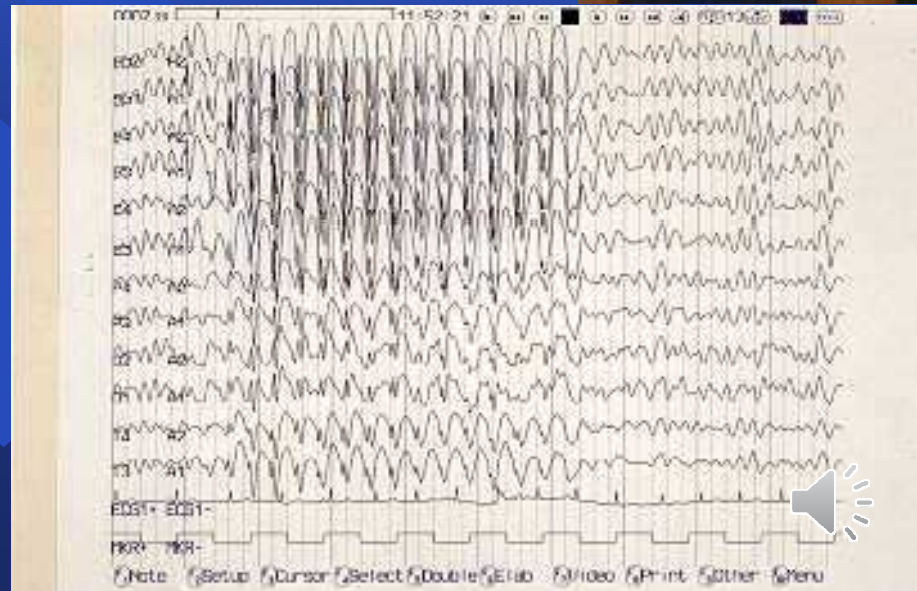
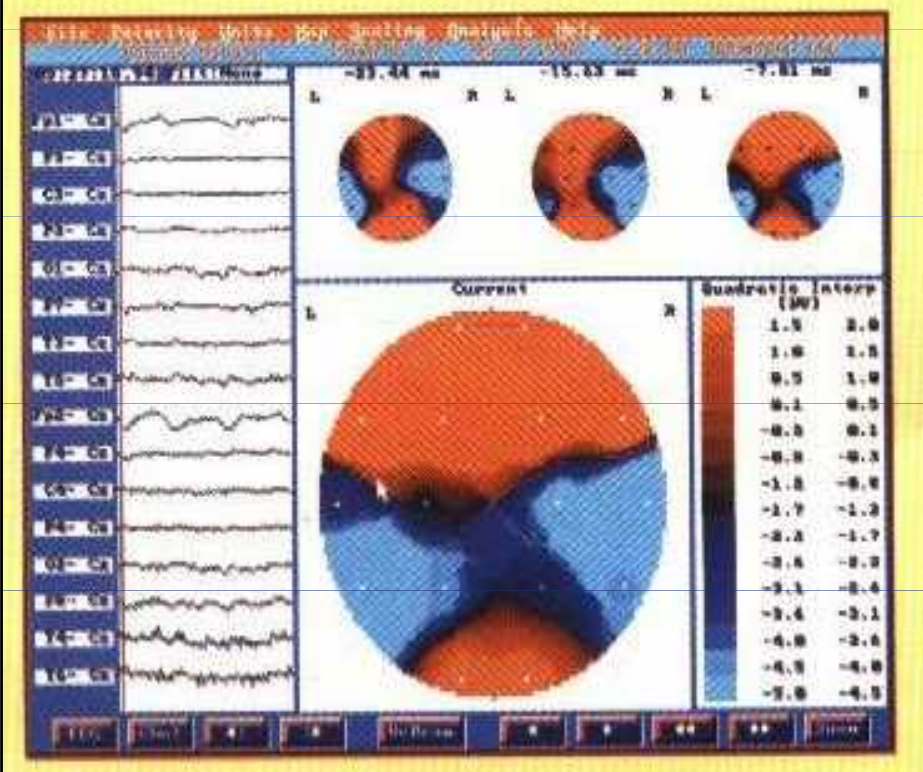
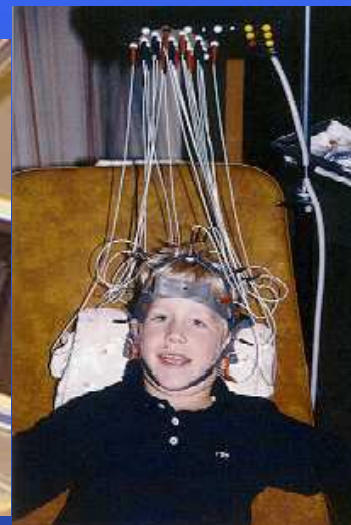
# EEG - epilepsie



EEG's use head sensors to measure brain activity.



# Sběr signálů EEG





# Fyzikální veličiny v klinické praxi

- *Tlak v těle*
- *Krev jako tekutina*
- *Akční potenciály práce srdce*

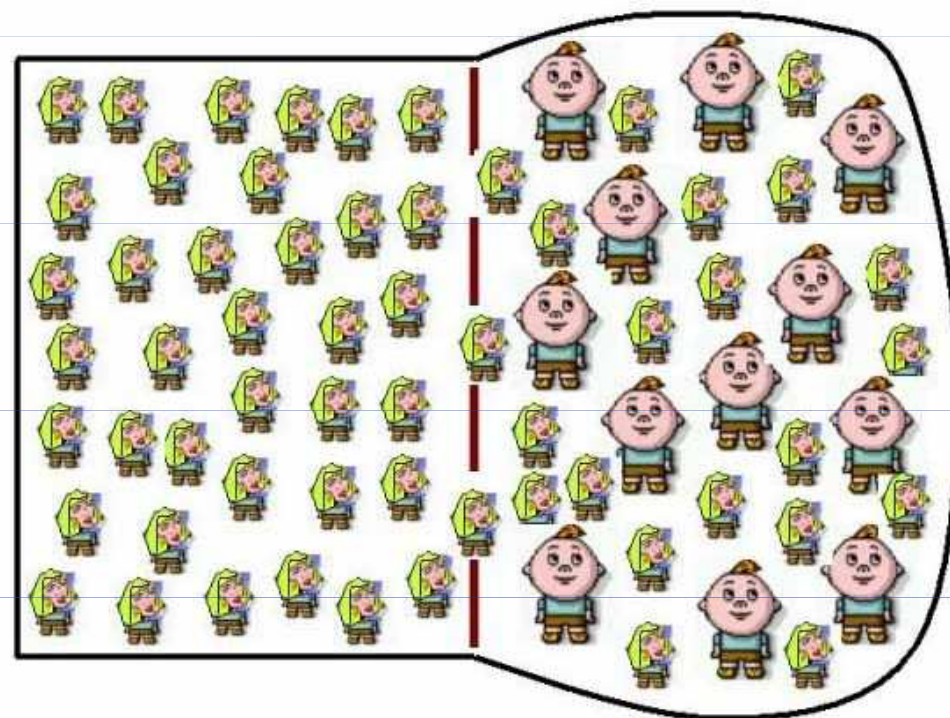
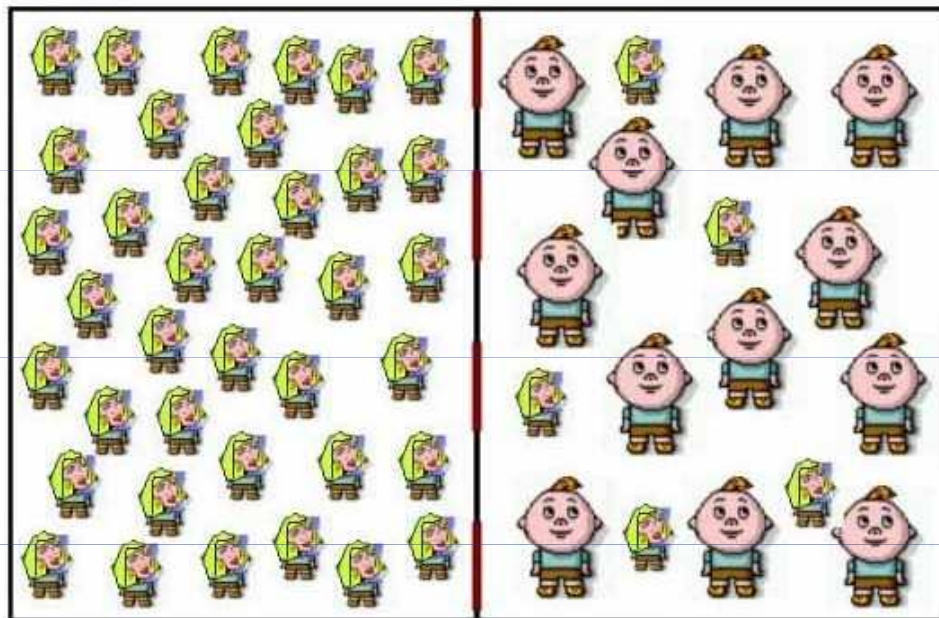


## Osmotický tlak

- *Termodynamika*
- *Proudění krve*
- *Plyny k tekutinách*

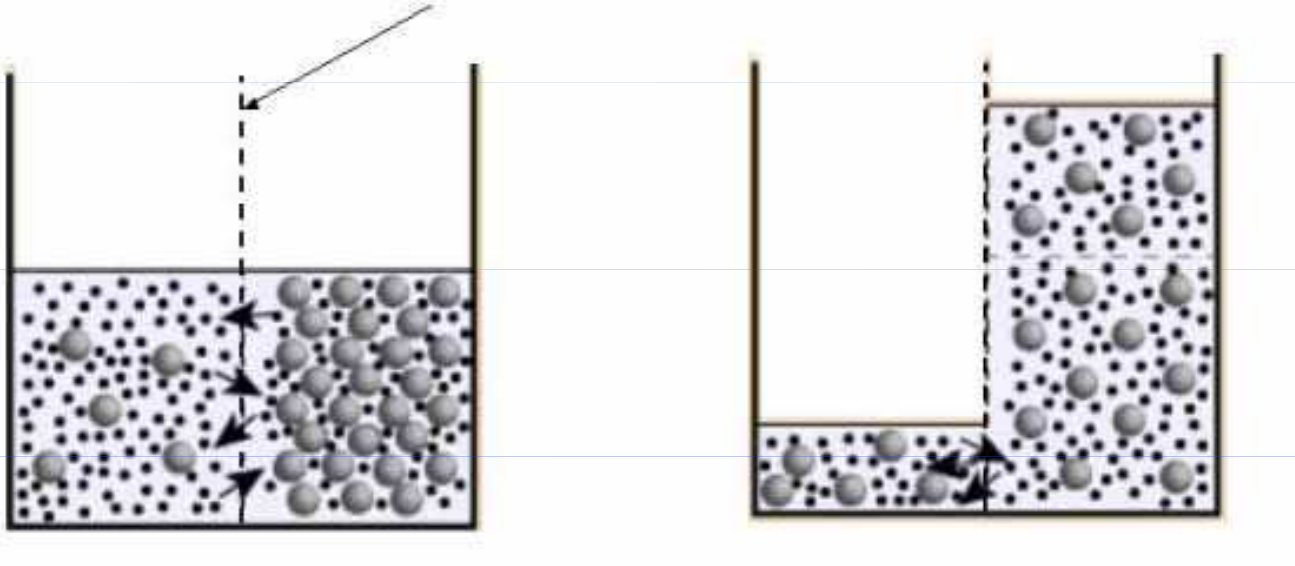


# Osmotický tlak – matematický popis



# Osmotický tlak

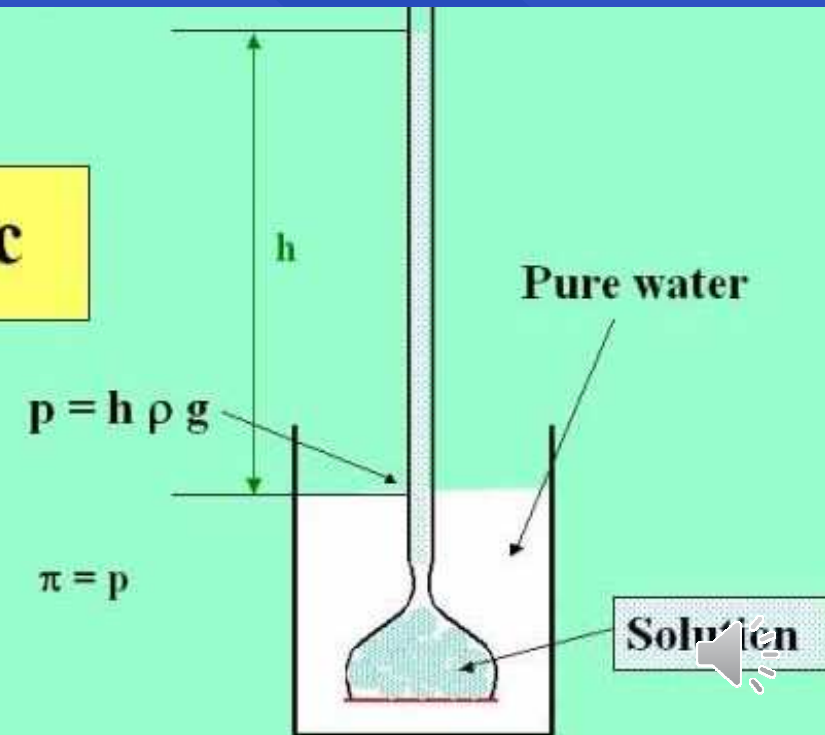
Semipermeabilní polopropustná stěna či membrána



rozpouštědlo

látka rozpuštěná v roztoku

$$\pi = RTc$$



$$\pi = - \frac{RT}{V_{pm}} \ln \frac{x_{o2}}{x_{o1}}$$

One compartment is pure solvent ( $x_{o1}=1$ )  
 The solution is incompressible ( $V_{pm}=\text{konstans}$ )  
 Solvent concentration is low

$$= c \quad (\text{concentration of the solute})$$

Vant'Hoff's law:

$$\pi = RTc$$

$$\pi = RTc$$

**Molality:** The number of moles of solute in 1 kg of solvent

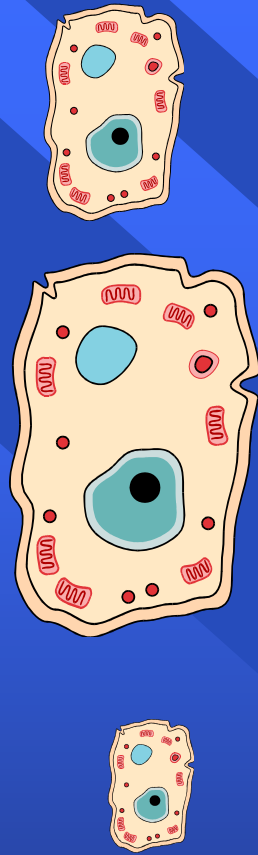
**Osmolarita = molaritě násobené počtem disociovaných iontů**

**0,3 M glycerin 0,3 Osmol**

**0,3 M NaCl 0,6 Osmol**







Human and animal cells



Isotonic solution

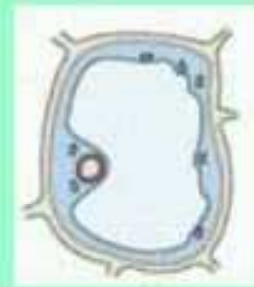


Hypotonic solution



Hypertonic solution

Plant cells



$$\pi = \sigma RTc$$

„reflection”  
coefficient

$$0 \leq \sigma \leq 1$$

Isotonický není isoosmotický

- koloidní osmotický tlak
- Membrány jsou propustné pro rozpouštědlo





# Termodynamika

$$dU = dQ + dW$$

matematickým vyjádřením *I. termodynamické věty* a vyjadřuje zákon zachování energie. Systém může konat práci ( $-W$ ) jen tehdy, poklesne-li jeho vnitřní energie nebo je – li mu dodáno teplo. V této souvislosti považujeme práci nebo teplo za „+“ jsou-li do systému dodány, za „-“, jsou-li systémem vydány. Stroj, který by vykonával mechanickou práci aniž by spotřeboval odpovídající množství jiné formy energie, by byl v rozporu s *I. větou termodynamickou* a nazývá se *perpetum mobile I. druhu*.



# Energie J

**Práce je makrofyzikální uspořádaná forma energie ze systému co koná na systém co ji bere**

**Teplo je mikrofyzikální neuspořádaná forma energie mezi systémy, práce se může převést na jakoukoliv formu energie, ale teplo ne tam je část může být na makropráci.**

**Q= přírůstek U + práce**

**Entalpie – za stejného tlaku –  $A = p \cdot \Delta V$**

**H= U+PV izobarické děje**

**reversibilní a irever. Děje**

**tzv. degradace energie – její přeměna část na práci**

**Specifické teplo – kalorimetrická rovnice – energie ke zvýšení teploty o 1 stupeň 1 Kg látky nebo molu**

**Skupenské teplo spotřeba energie na přeměnu 1 kg či molu při teplotě tání či tuhnutí.**

$$dS = \frac{dQ}{T}$$



# Energie J

Entalpie –  $H = U + PV$  izobarické děje

Volná energie  $F$  – práce využitelná při izotermickém ději

Volná entalpie  $G$

Chemický potenciál

$$F = U - TS$$

$$G = H - TS$$

$$\mu_i = \left( \frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{T, p, n_j \neq n_i}$$

Specifické teplo – kalorimetrická rovnice – energie ke zvýšení teploty o 1 stupeň 1 Kg látky nebo molu

Skupenské teplo spotřeba energie na přeměnu 1 kg či molu při teplotě tání či tuhnutí.

**Tělo:**

**1.zářením 2.prouděním 3.vedením 4.vypařováním**



# Termodynamika

Teploměry: jednotka SI základní jednotka kelvin 1 K  
K měření délková objemová roztažnost – délková  
objemová, el. odporu, svítivost.

Termoregulace, - silová zařízení

Sterilizace autoklávy, kalorimetrie.

Léčebné užití tepla – solux infračervené el.mg


Ultrafialové, diatermie, hypertermie

Termodynamické pojmy

– energie, - celková vnitřní + práce, entalpie, entropie,  
chemický potenciál, volná energie entalpie, *učebnice  
střední školy.*

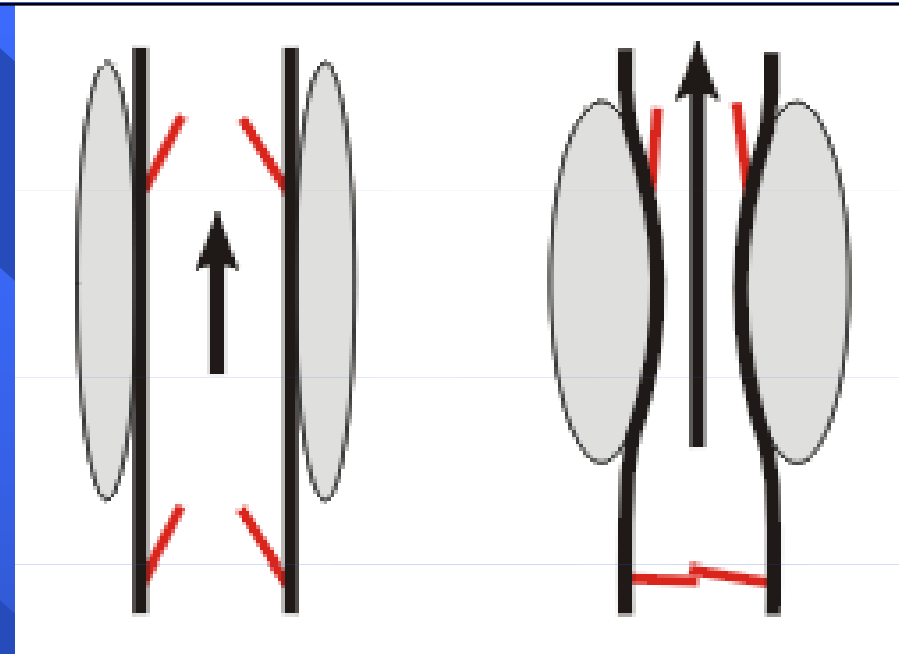


# Fyzikální veličiny v klinické praxi

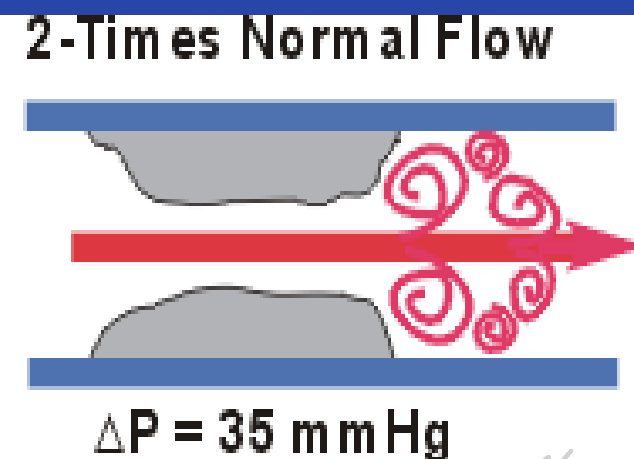
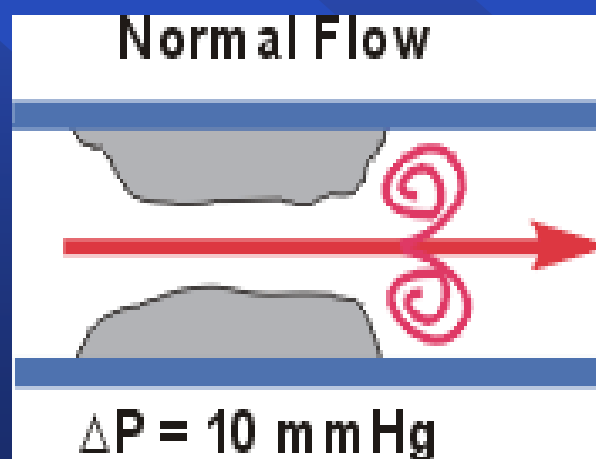
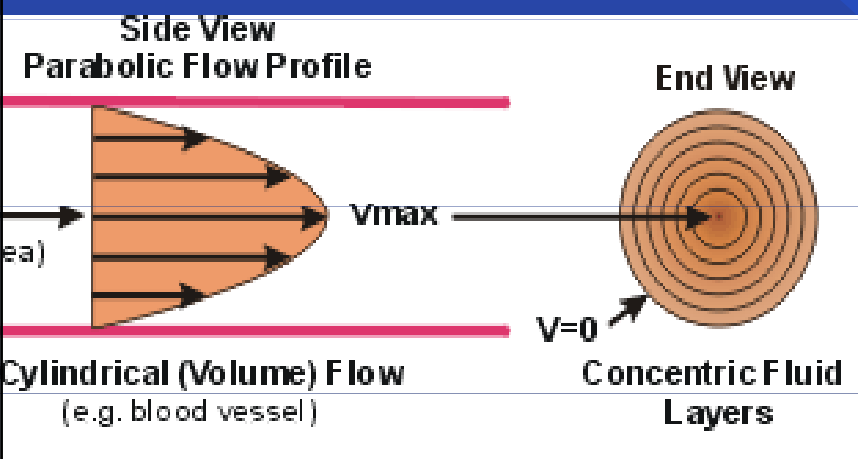
- *Tlak v těle*
- *Krev jako tekutina*
- *Akční potenciály práce srdce*
- *Osmotický tlak*
- *Termodynamika*
-  **Proudění krve**
- *Plyny k tekutinách*



# Periferní srdce žilní systém, chlopně a tepová vlna, tepna těsně u žíly



## Proudění tekutin – laminární turbulentní



# Typy proudění

*ideální kapalina viskozita 0, reálná,*

## Reynoldovo číslo

$R = \text{rychlost} \times \text{poloměr} \times \text{hustota} / \text{viskozita}$

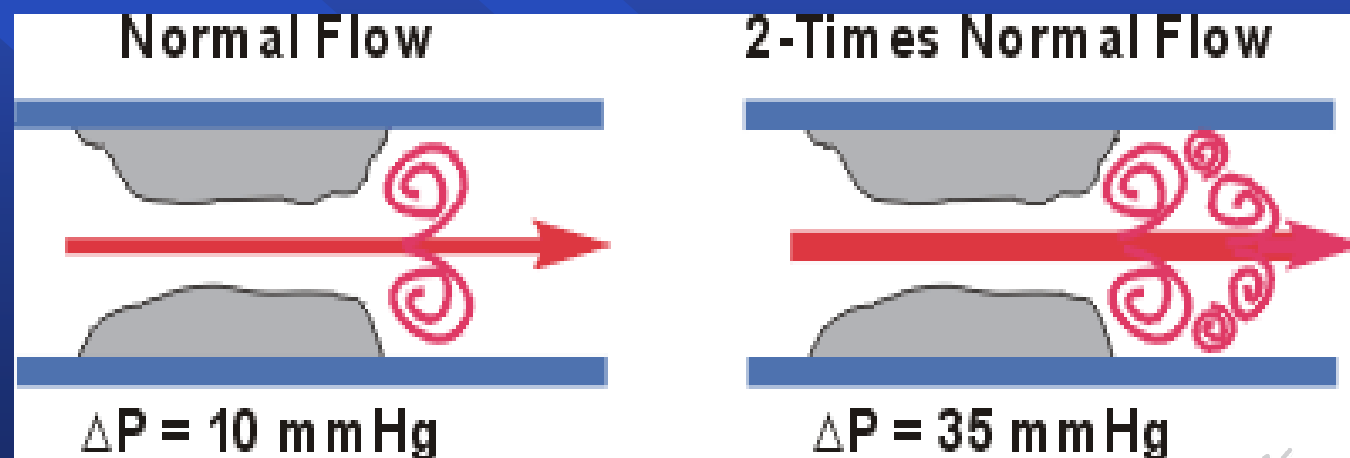
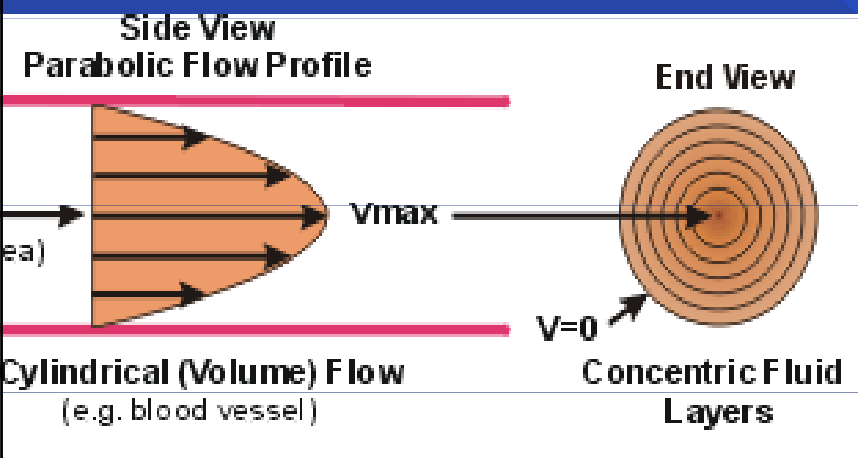
Rychlost m/s

Poloměr m

Hustota  $\text{kg/m}^3$

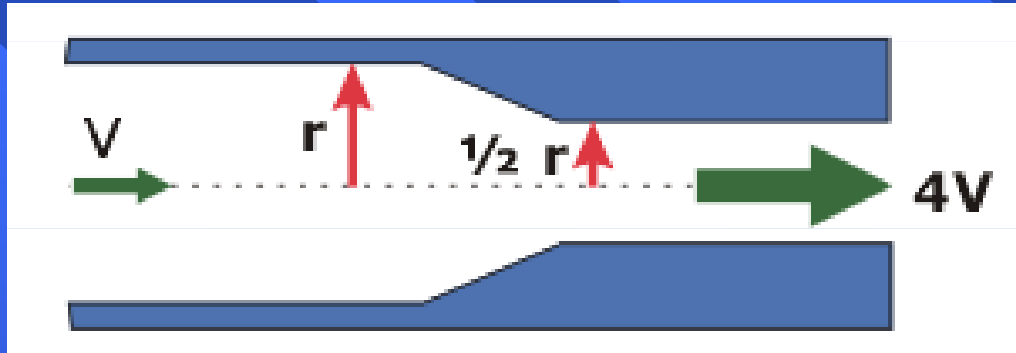
Viskozita  $\text{Ns/m}^2$

Do 100 stacionární do 1000 je laminární a nad 1000 turbulence





# Proudění – rovnice: kontinuity a Bernoulliho



rovnice kontinuity: průřezem  $S_1$  i  $S_2$  proteče za stejný časový interval tekutina o stejné hmotnosti

pro nestlačitelné kapaliny pak platí:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = konst.$$

při proudění platí zákon zachování mechanické energie

z rovnice kontinuity vyplývá, že tekutina má v  $S_2$  větší rychlost než v  $S_1 \Rightarrow$  tekutina má v  $S_2$  větší kinetickou energii než v  $S_1 \Rightarrow$  při zvýšení kinetické energie se musí snížit tlaková potenciální energie  $E_p = W = p \times \Delta V$

$$\frac{1}{2} \rho_1 v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \rho_2 v_2^2 + p_2 = konst.$$



# PROUDĚNÍ IDEÁLNÍCH TEKUTIN

- hydrodynamický paradoxon - z Bernoulliho rovnice plyne, že v místě s vyšší rychlosti má kapalina nižší tlak
- při velkém zúžení trubice může tlak klesnout pod hodnotu atmosférického tlaku a do trubice je nasáván vzduch.
- využití u rozprašovačů, vodních vývěv, karburátoru,... využití hydrodynamického paradoxonu a Bernoulliho rovnice: rozprašovač, vodní vývěva, karburátor.....

## PROUDĚNÍ SKUTEČNÉ (REÁLNÉ) KAPALINY

síly, které brzdí pohyb kapaliny - původ ve vzájemném silovém působení částic kapaliny - síly vnitřního tření, způsobují přeměnu části kinetické energie kapaliny na její vnitřní energii

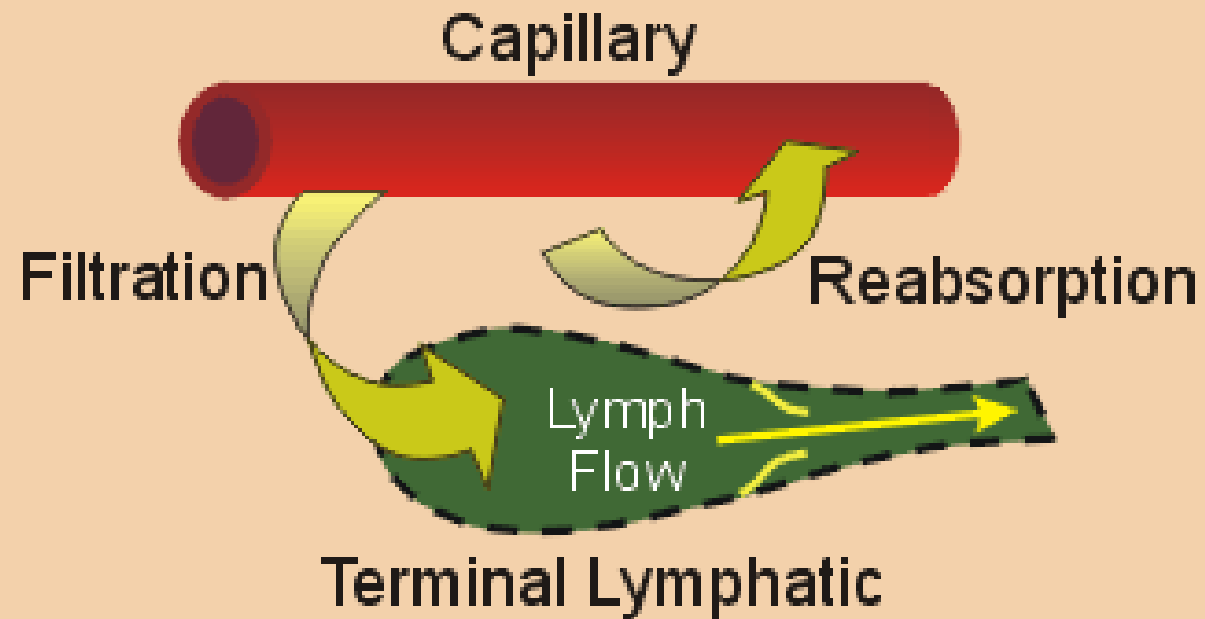
kapalina proudí v trubici různými rychlostmi

laminární proudění - při ustáleném proudění a malých rychlostech

turbolentní proudění - větší část mechanické energie proudící kapaliny se přeměňuje na vnitřní energii kapaliny



# Pohyb tekutiny v kapiláře, zjednodušeně pro dvě veličiny



$P_T$   $\pi_T$

$P_C$  = capillary hydrostatic pressure

$P_T$  = tissue hydrostatic pressure

$\pi_C$  = capillary plasma oncotic pressure

$\pi_T$  = tissue fluid oncotic pressure

$P_C$   $\pi_C$

$$NDF = (P_C - P_T) - \sigma (\pi_C - \pi_T)$$

When  $NDF > 0 \rightarrow$  Filtration

When  $NDF < 0 \rightarrow$  Reabsorption



# Technické parametry cirkulace

Céva typ	prů- měr	Celk. řez V cm <sup>2</sup>	Podíl objemu(%)	Tlak (Hgmm/kPa)	tok (m/s)
Aorta	25 mm	2.5	15	120/80	0.33
Artery	4 mm	20		90/60	
Arteriole	30 μm	40		85/30	
Capillary	8 μm	2500	5	30>10/4	0.0003
Venule	20 μm	250	59	10-14	
Vein	5 mm	80		5- 8	0.006
Vena cava	30 mm	8		0/0	0.22



# Vztlak a odpor vody

## Přehled našich pojmů a dosud řečeného

Tlak  $p = \rho gh$

Rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice

Archimedův zákon vztlak =  $G \times \frac{\text{hustota}_{\text{kapaliny}}}{\text{hustota}_{\text{tělesa}}}$

Odpor vody

Síla odporu =  $c \cdot S \cdot \rho \cdot v^2 / 2g$   $c$  - je činitel tvaru

Viskozita kapalin – byla probírána

Proudění laminární a turbulentní

Reynoldsovo číslo



# Fyzikální veličiny v klinické praxi

- *Tlak v těle*
- *Krev jako tekutina*
- *Akční potenciály práce srdce*
- *Osmotický tlak*
- *Termodynamika*
- *Proudění krve*



**Plyny k tekutinách**





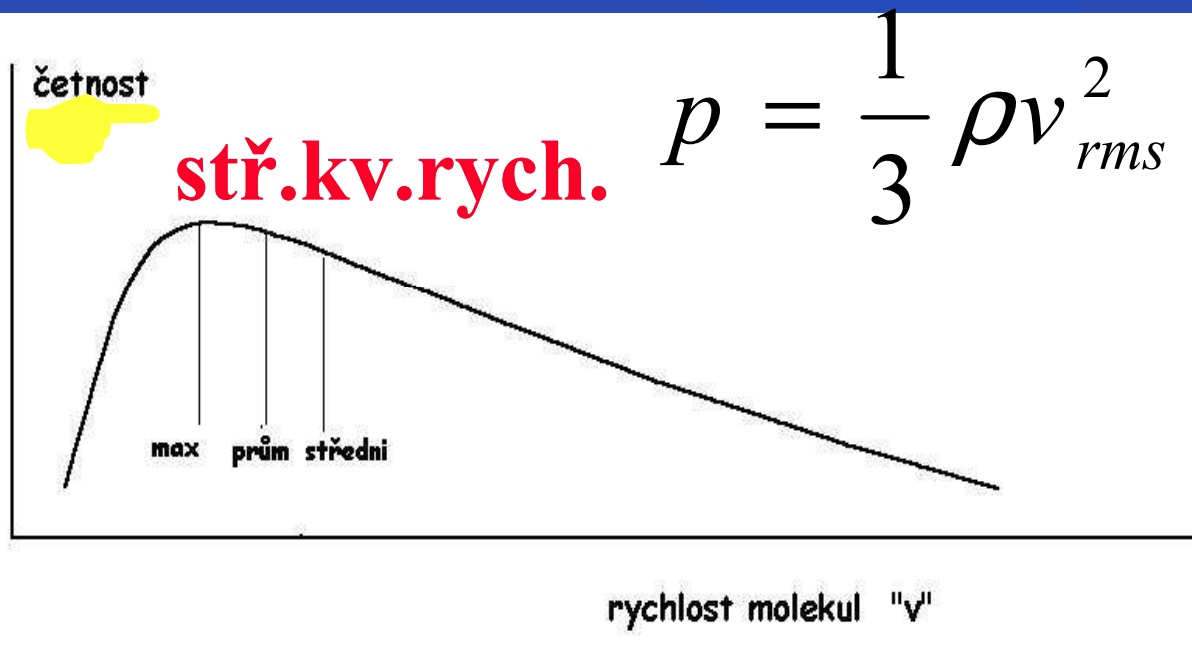
# MOLEKULÁRNÍ BIOFYZIKA

■ *Skupenské stavy hmoty*

■  $pV = nRT$

■ *Maxwellovo-Boltzmannovo rozdělení*

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = nRT$$



Nejpravděpodobnější

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

Průměrná

$$v_{av} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot m}}$$

Střední kvadratická

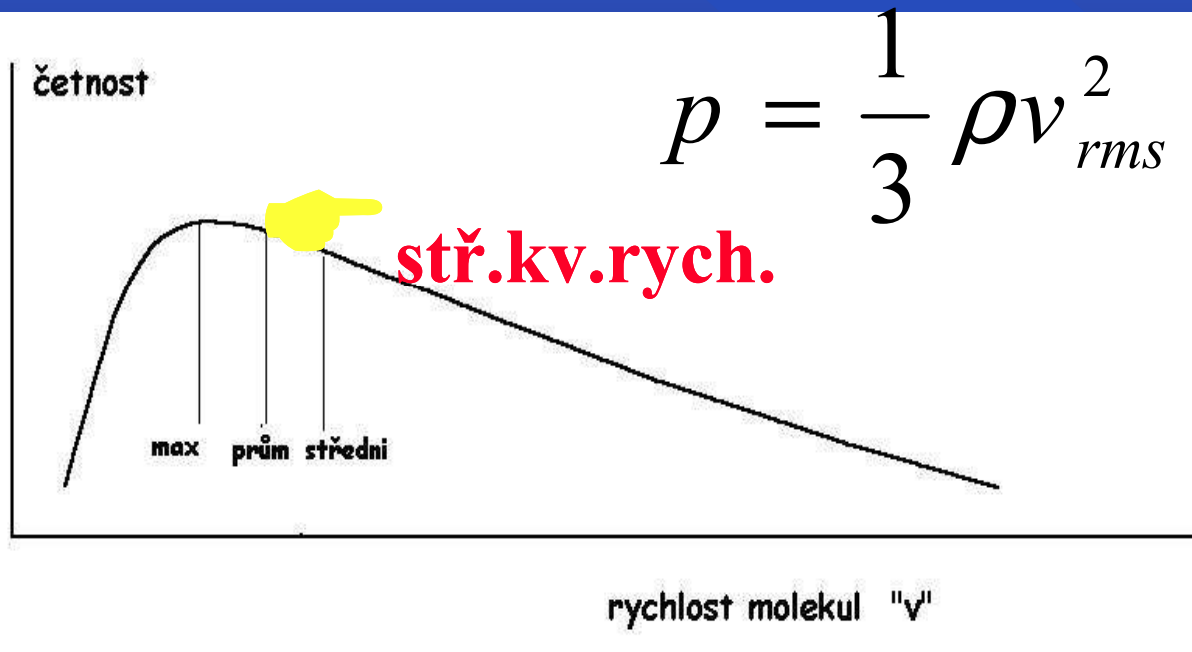
$$v_{ef} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$



# MOLEKULÁRNÍ BIOFYZIKA

$$v_{ef} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

## ■ *Maxwellovo-Boltzmannovo rozdělení*



$$E_{k, stř} = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T = \frac{3}{2} kT$$

$k = R/N_A = (8.31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1})/(6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$  je Boltzmannova konstanta a T je absolutní teplota.



# MOLEKULÁRNÍ BIOFYZIKA

■ *Skupenské stavy hmoty*

■  $pV = nRT$

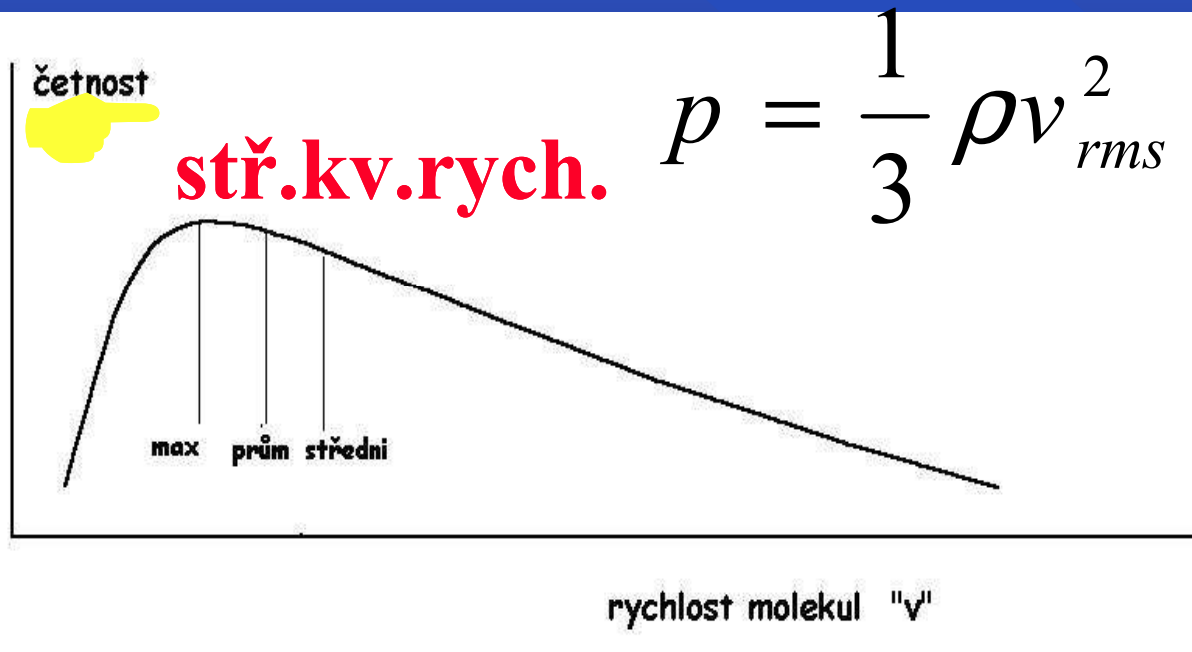
■ *Maxwellovo-Boltzmannovo rozdělení*

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = nRT$$

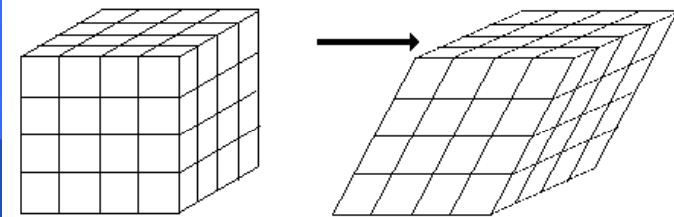
Nejpravděpodobnější  $v_{ef} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$

Průměrná  $v_{av} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot m}}$

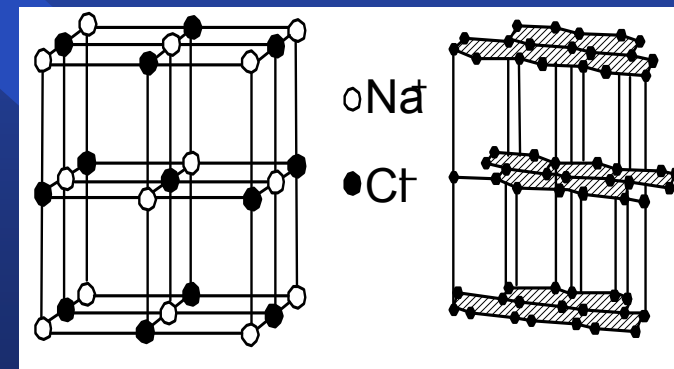
Střední kvadratická  $v_{ef} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$



## Kapalinya tuhé látky



- U kapalin - izotropní, nelze zanedbat vzájemnou soudržnost molekul,
- Tuhé látky přesné prostorové uspořádání,
- Pozor přechlazené kapaliny
- "elektronový plyn"
- Plasma - fyzikální



# Klasifikace disperzních systémů

- a) disperze analytické (do 1 nm). Jejich název plyne z toho, že částice nemůžeme fyzikální cestou zjišťovat, můžeme je identifikovat pouze chemicky, analyticky;
- b) disperze koloidní (1–1000 nm);
- c) disperze hrubé (1  $\mu\text{m}$  a větší)





## Sedimentace- fyzika nikoliv FW

- Klesání částic ve směru působením gravitačního pole se nazývá sedimentace. Proti tomuto ději však působí tepelný pohyb molekul.

- *sedimentační rovnováha*

- *Stokesovým zákonem*

- $F_g - F_{vztlak} = V(\rho - \rho_0)g$

- $F_g - F_{vztlak} = F_{odpor}$ ,

$$F_{odpor} = 6\pi\eta r v$$

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho - \rho_0)gr^2}{\eta}$$

viskozita prostředí  $\eta$



# Plyny rozpuštěné v kapalině

- Plyn se do kapaliny absorbuje
- V rovnovážném stavu přechází v časové jednotce stejné množství molekul daného plynu z plynné fáze do kapalně a naopak

Henryho zákon říká, že váhové množství plynu rozpuštěné za dané teploty v kapalině je přímo úměrné tlaku plynu nad kapalinou

Rozpustnost plynů v kapalině s rostoucí teplotou klesá

Henryho zákon má význam ve fyziologii dýchání.

$$\frac{m}{V_{kap}} = kP$$

$$c_{kap} = \alpha^* P$$

**$c_{kap}$  koncentrace  
plynu v kapalně  
fázi vyjádřena v  
počtu molů na  
litr**



# Rozpouštění plynů v kapalinách

**Zvýšený atmosférický tlak – hyperbarie – potápěči, embolie –  
Kesonová nemoc**

**Hypobarie – *blázní na druhé straně* – horolezci (*horská nemoc*)**

**Vnější dýchání-objemové změny hrudníku, plíce se pasivně vlastní  
pružností přizpůsobují hrudníku**

**Podtlak a pneumotorax**

**Výměna plynů difuze – Fickův zákon**

*Rychlost difuze je dána difuzní konstantou, plochou a gradientem  
koncentrace*



Konec této části lékařské fyziky

