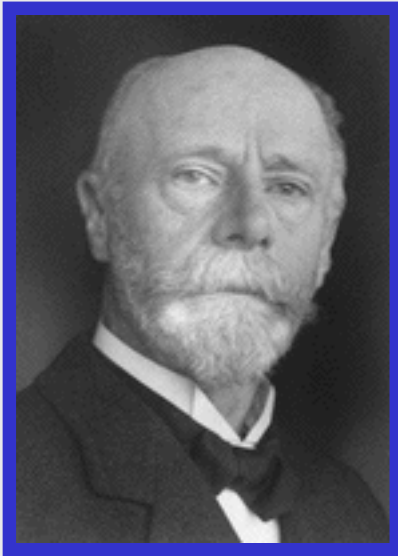


**ELEKTROKARDIOGRAFIE** = metoda umožňující registraci elektrických změn vznikajících činností srdce z povrchu těla.



Willem Einthoven

1860 - 1927

1893 Einthoven zavádí termín „elektrokardiogram“

1895 Einthoven popisuje pět výchylek - P, Q, R, S a T

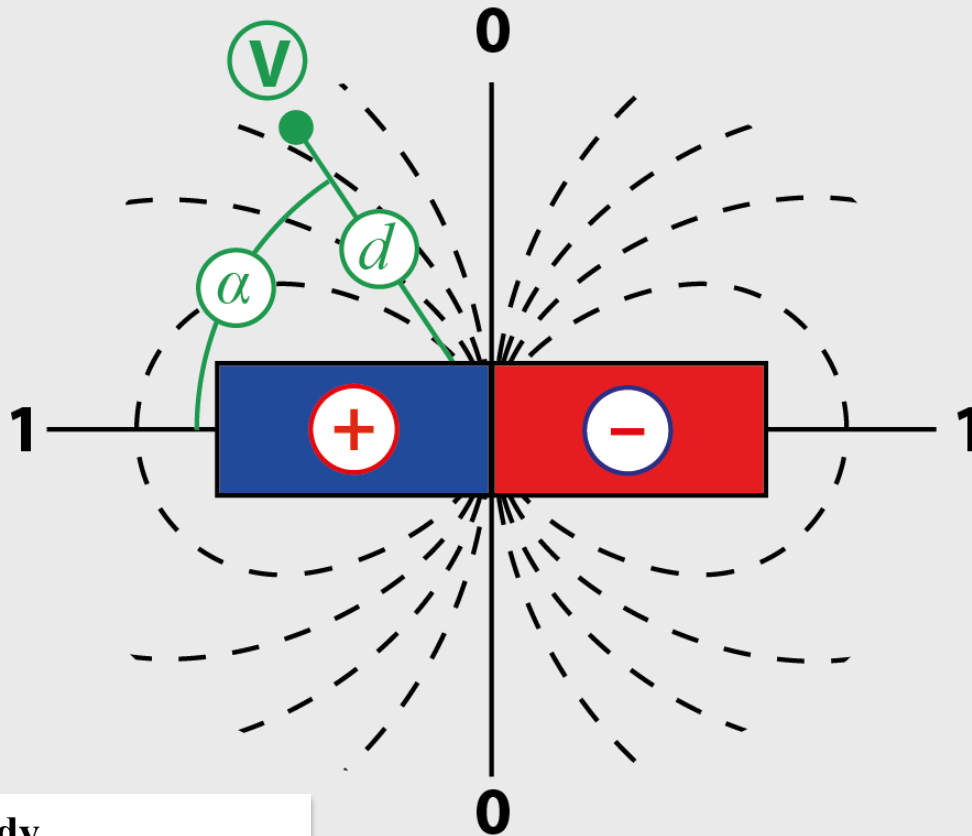
1902 Einthoven publikuje první elektrokardiogram

1905 Einthoven přenáší elektrokardiogramy z nemocnice do své laboratoře (1.5 km) přes telefonní kabel

1924 Einthoven získává Nobelovu cenu

# ELEKTRICKÝ DIPÓL

Stacionární v homogenním vodivém prostředí



## Lokální proudy

- Maximální v ose dipólu (1)
- Nulový v rovině středu (0)

# ŠÍŘENÍ DEPOLARIZAČNÍ FRONTY myokardem

## ELEKTRICKÉ SRDEČNÍ

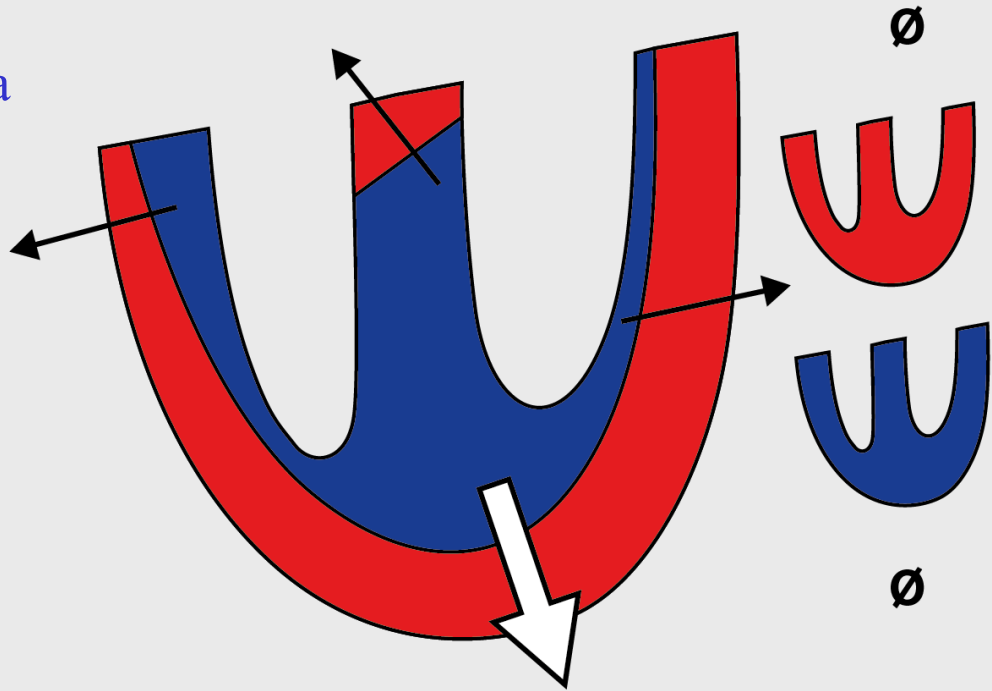
### POLE (vektor)

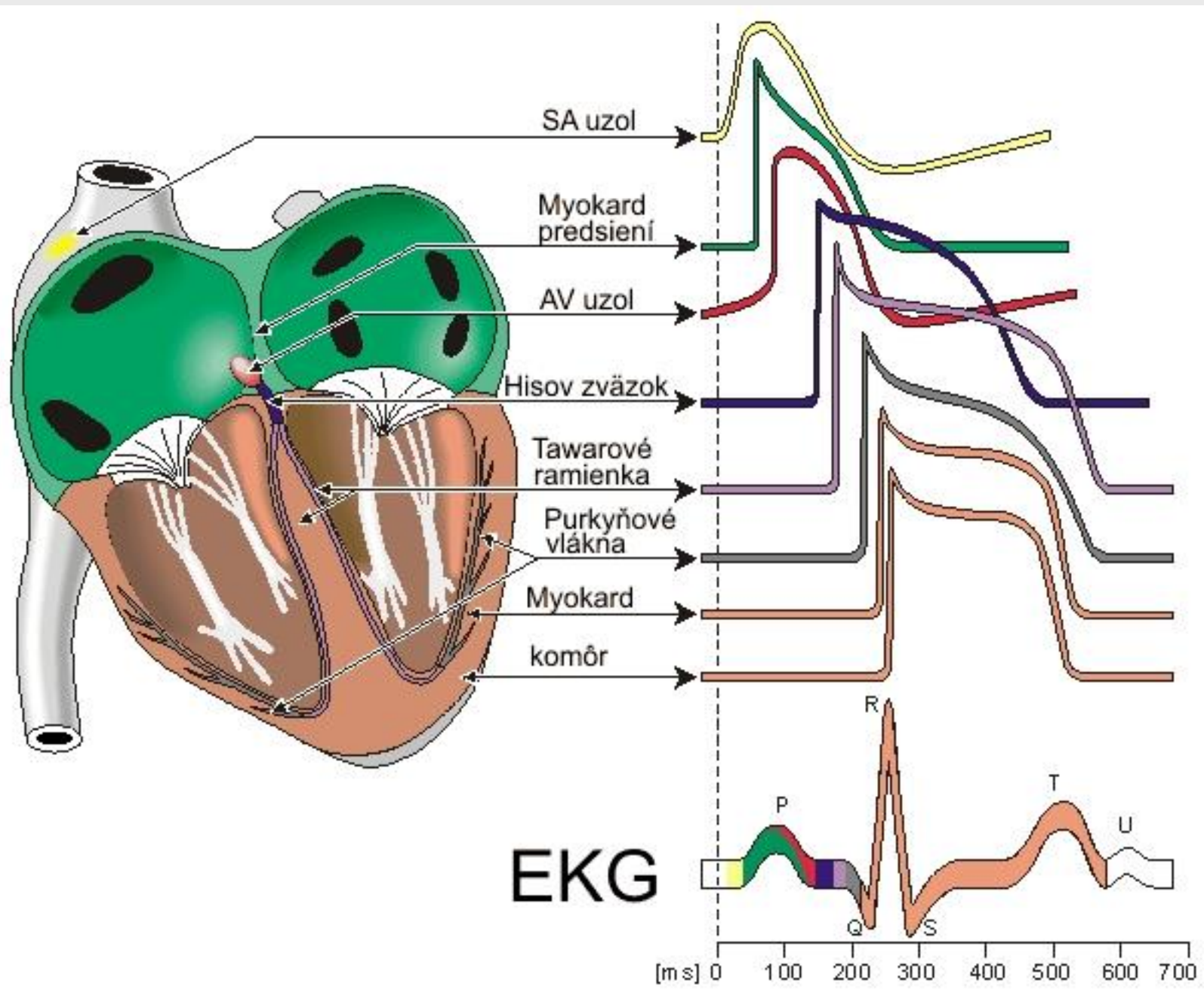
- je tvořeno součtem okamžitých dipólů na depolarizační frontě
- **velikost** je funkcí počtu dipólů a strmosti rozhraní
- **směr** od depolarizované (-) k (re)polarizované (+) oblasti
- **nestacionární**
- **mění intenzitu a směr**
- **deformováno vodivostí prostředí** (Brodyho efekt)

### REGIONÁLNÍ VEKTORY INTEGRÁLNÍ VEKTOR

během excitace se mění:

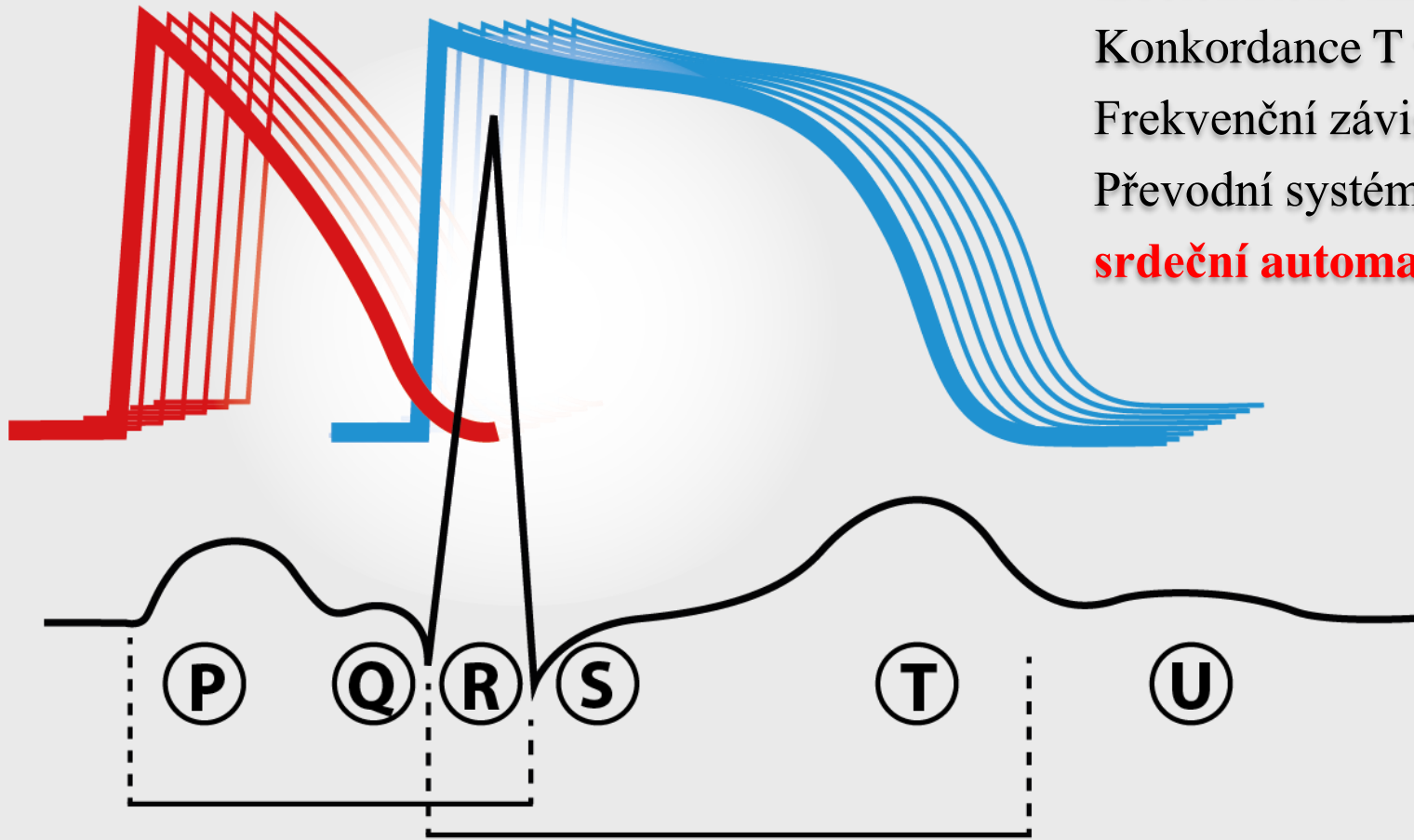
- velikost okamžitých dipólů
- jejich směr
- šíří se na povrch těla – **zde lze změny registrovat, např. EKG**





# EKG

[ms] 0 100 200 300 400 500 600 700



Izoelektrické linie

Konkordance T vlny

Frekvenční závislost

Převodní systém – **gradient**  
**srdeční automacie**

PQ interval  
0,16

QRS  
0,1

QT  
0,3

**závislost na SF**

**Síňová**  
**depolarizace**

**Komorový komplex**  
(depolarizace) (repolarizace)

# EKG křivka poskytuje informace o:

- 1. Frekvence** (změny SF v SA uzlu, respirační „arytmie“, sick sinus syndrom)
- 2. Vedení** (blokády – SA, AV)
- 3. Rytmus** (ES – supraventrikulární, komorové)
- 4. Komorový gradient** (vztah mezi depolarizací a repolarizací:

původ – metabolický, hemodynamický, anatomický, fyzikální...ischemie, hypertrofie,

dilatace, kardiomyopatie, záněty, změny elektrolytů, léky...)

# 3D SMYČKY SRDEČNÍHO VEKTORU

**F** – frontální rovina hrudníku

**S** – sagitální rovina hrudníku

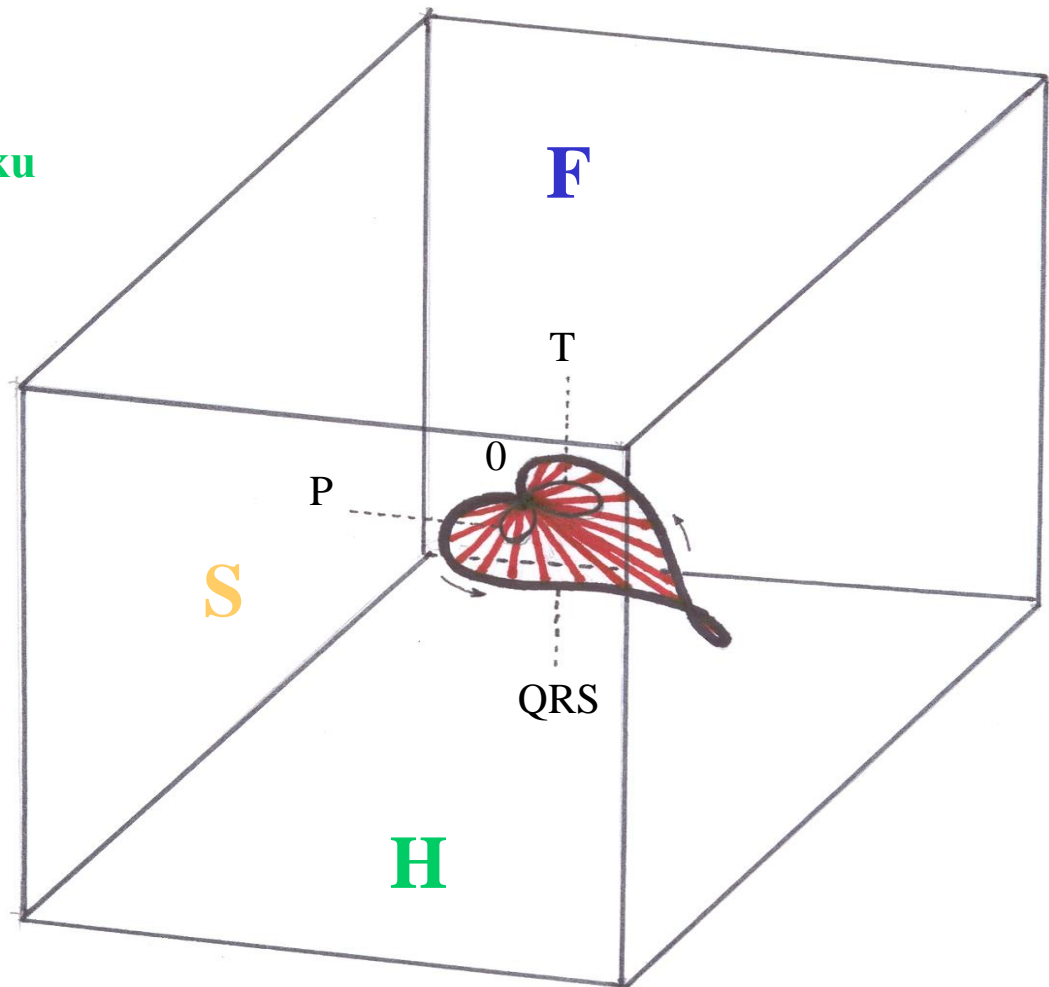
**H** – horizontální rovina hrudníku

0 – elektrický střed srdce

P – síňová depolarizace

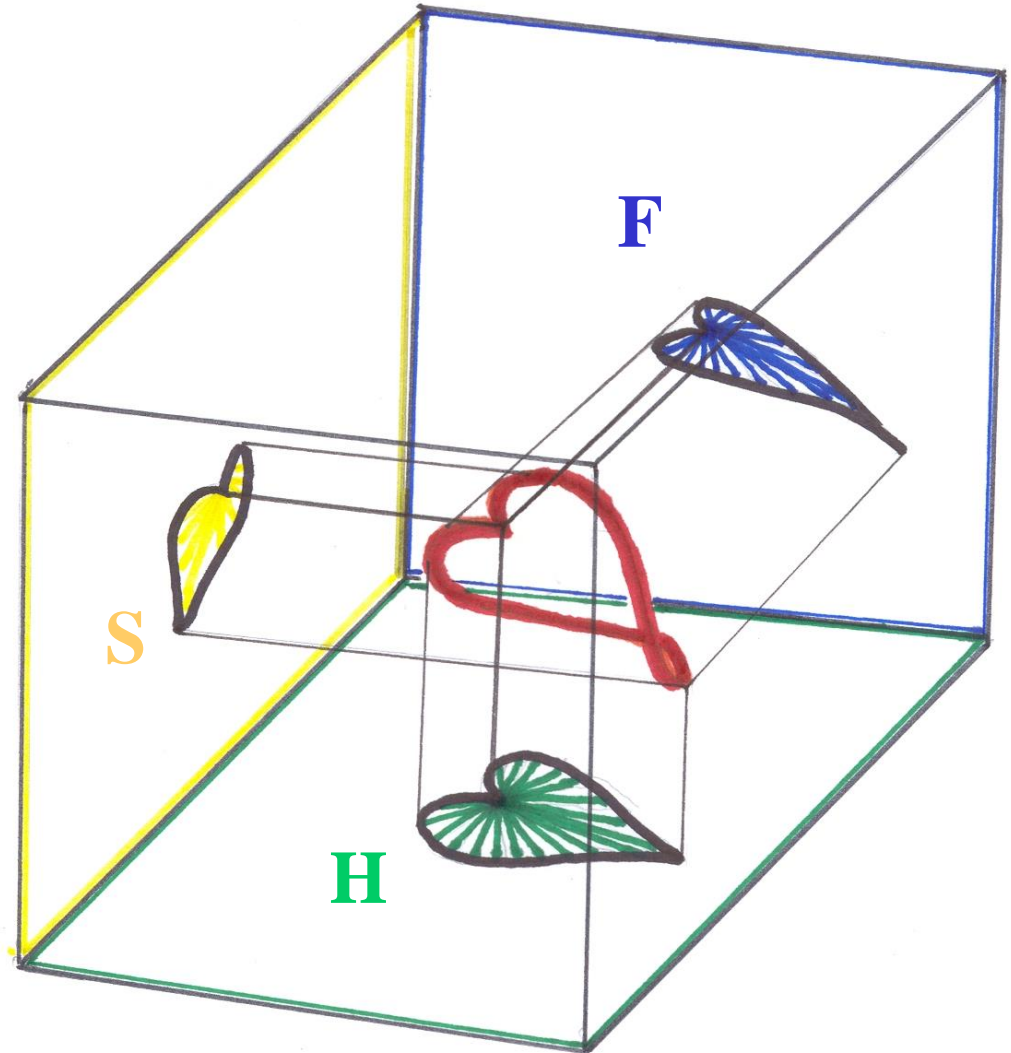
QRS – komorová depolarizace

T – komorová repolarizace



# 2D PROJEKCE HLAVNÍHO SRDEČNÍHO VEKTORU

**F** – frontální rovina hrudníku  
**S** – sagitální rovina hrudníku  
**H** – horizontální rovina hrudní





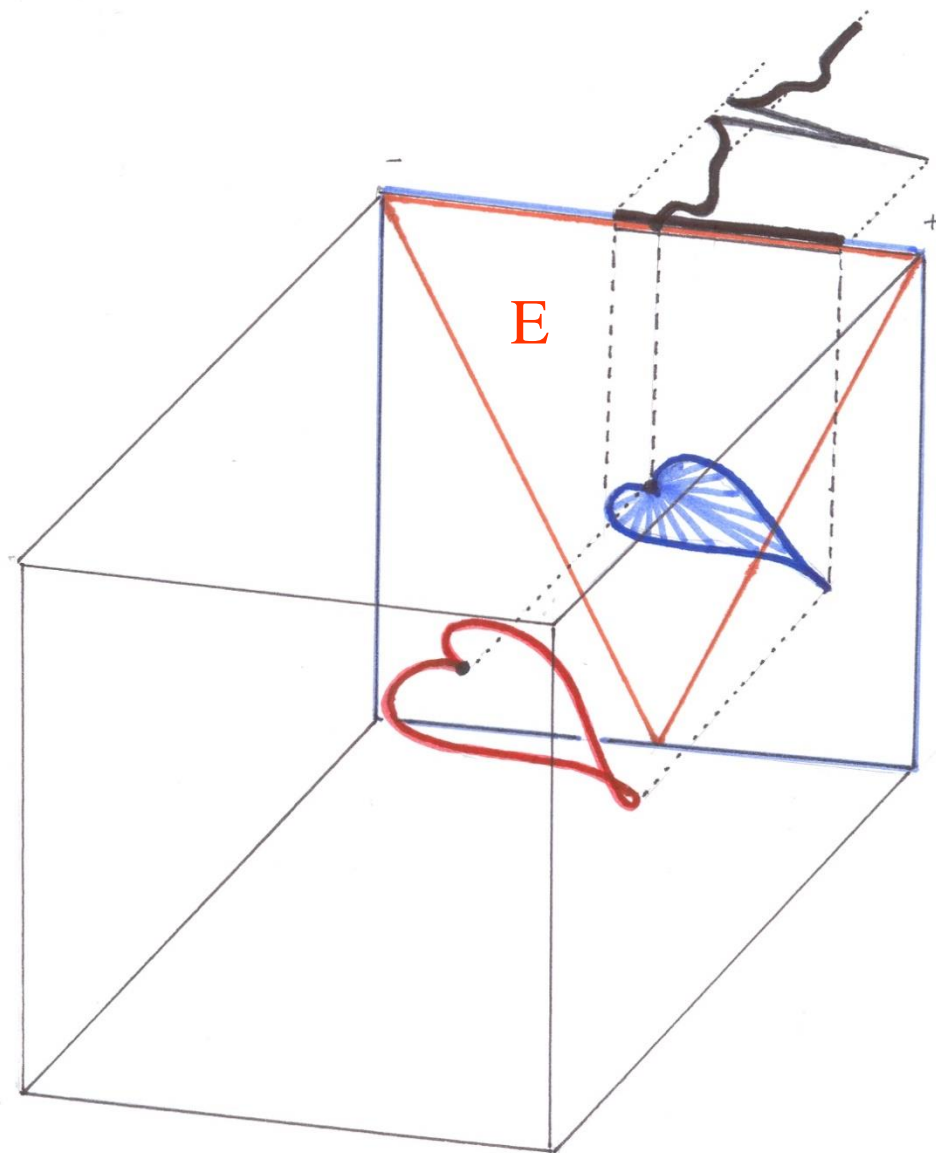
# 1D PROJEKCE HLAVNÍHO SRDEČNÍHO VEKTORU

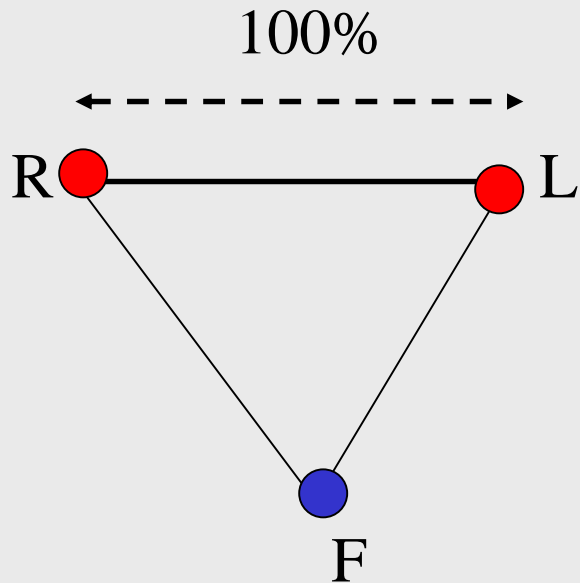
Projekce na povrch hrudníku  
do frontální roviny (2D)

a její projekce na přímku  
(1D), osu I. EKG svodu

**rozepsaná v čase**

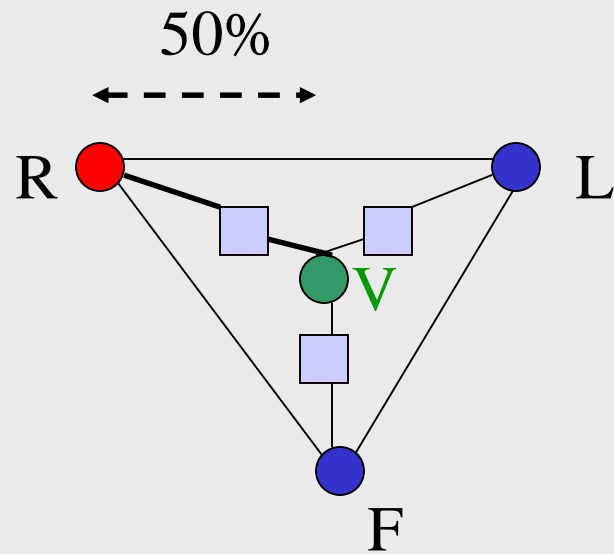
E – Einthovenův trojúhelník



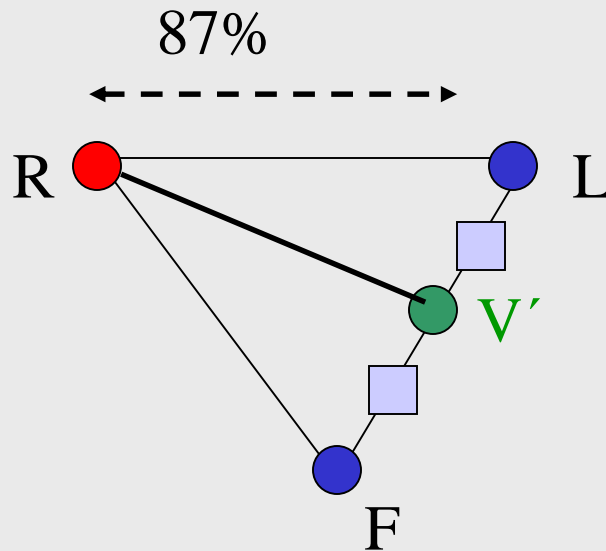


Einthoven, 1913

I, II, III

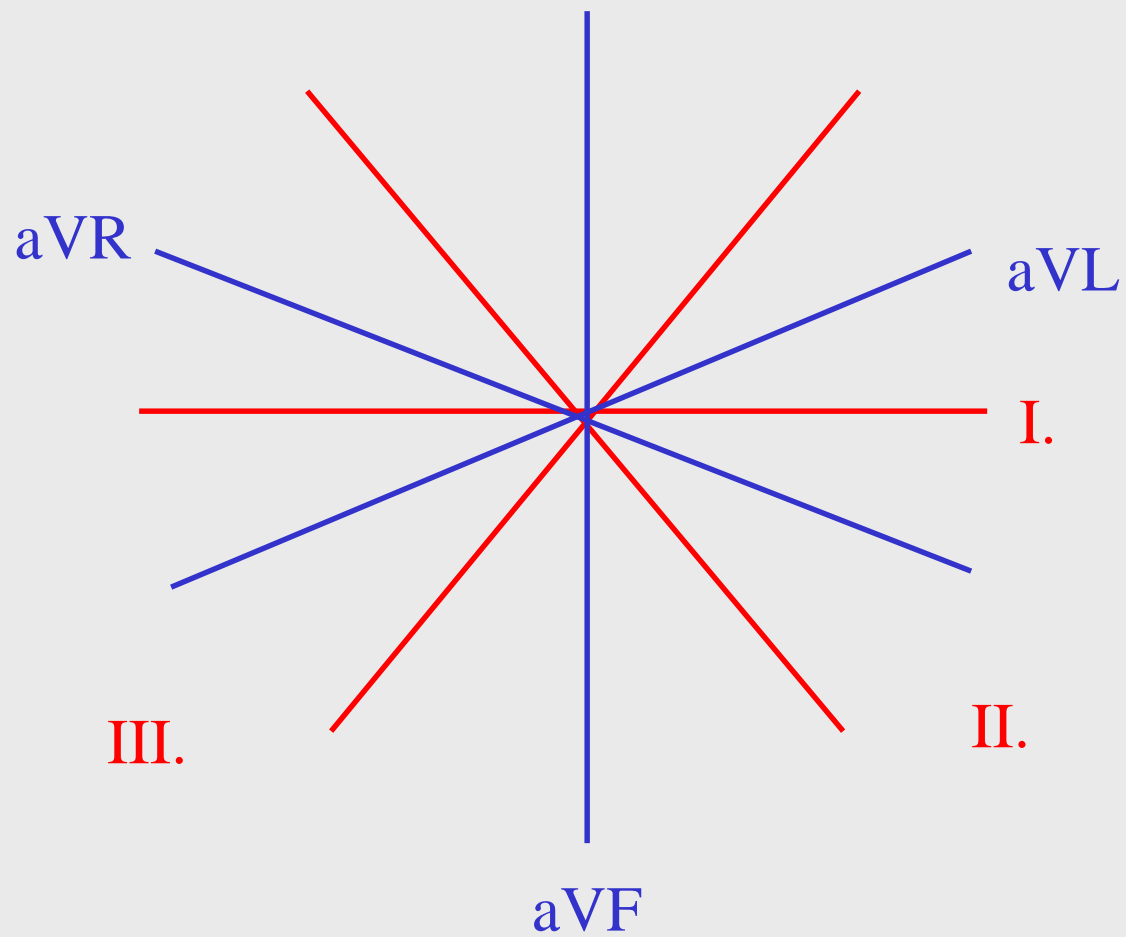


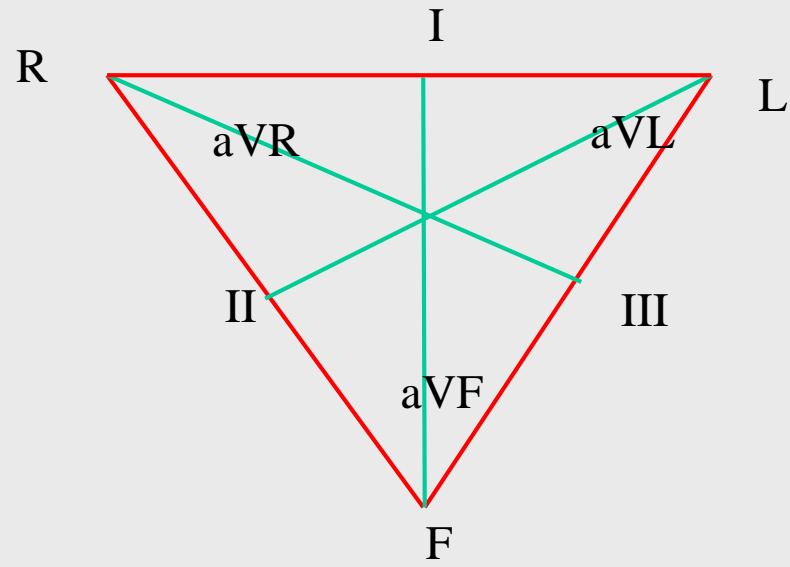
Wilson, 1934, VR, VL, VF



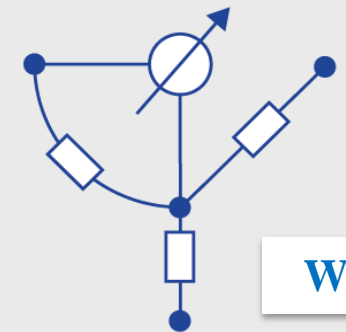
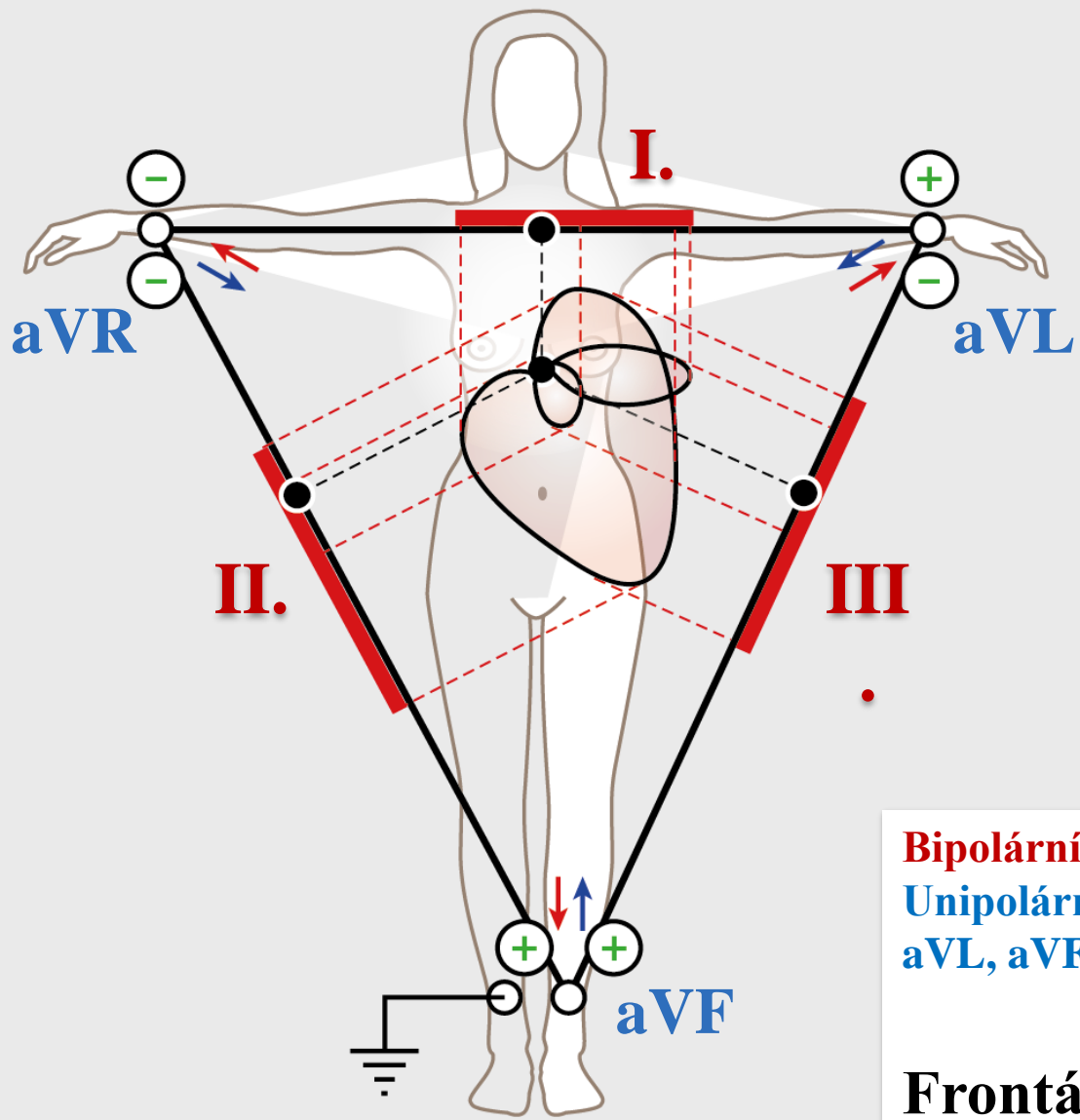
Goldberger, 1947, aVR, aVL, aVF

# HEXAAXIÁLNÍ SYSTÉM (RŮŽICE)

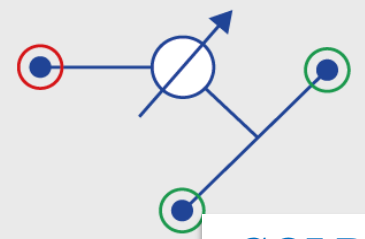




# KONČETINOVÉ SVODY



WILSON

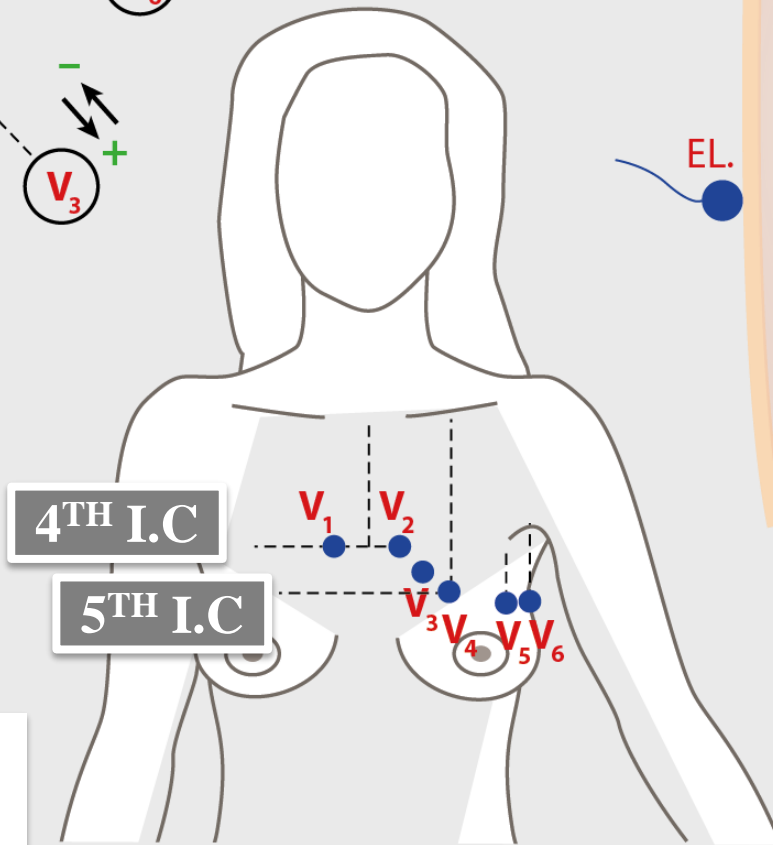
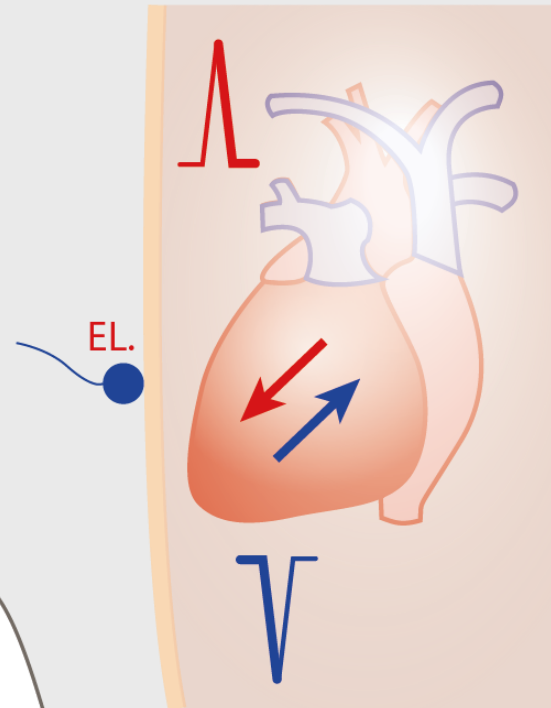
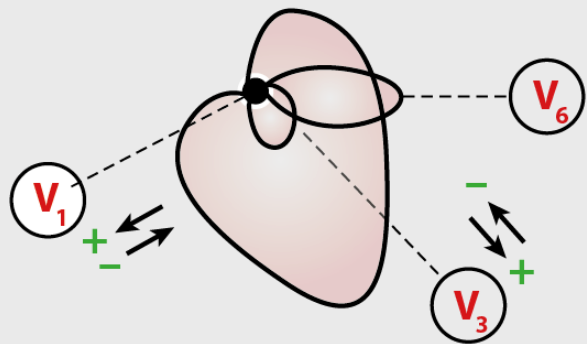


GOLDBERGER  
zvětšené

**Bipolární (I, II, III) - standardní**  
**Unipolární (augmentované) aVR, aVL, aVF**

**Frontální projekce vektoru!**

# HRUDNÍ SVODY



**Horizontální  
projekce  
vektoru!**

# PROJEKČNÍ ROVINY HLAVNÍHO SRDEČNÍHO VEKTORU A EKG SVODY

## Frontální rovina

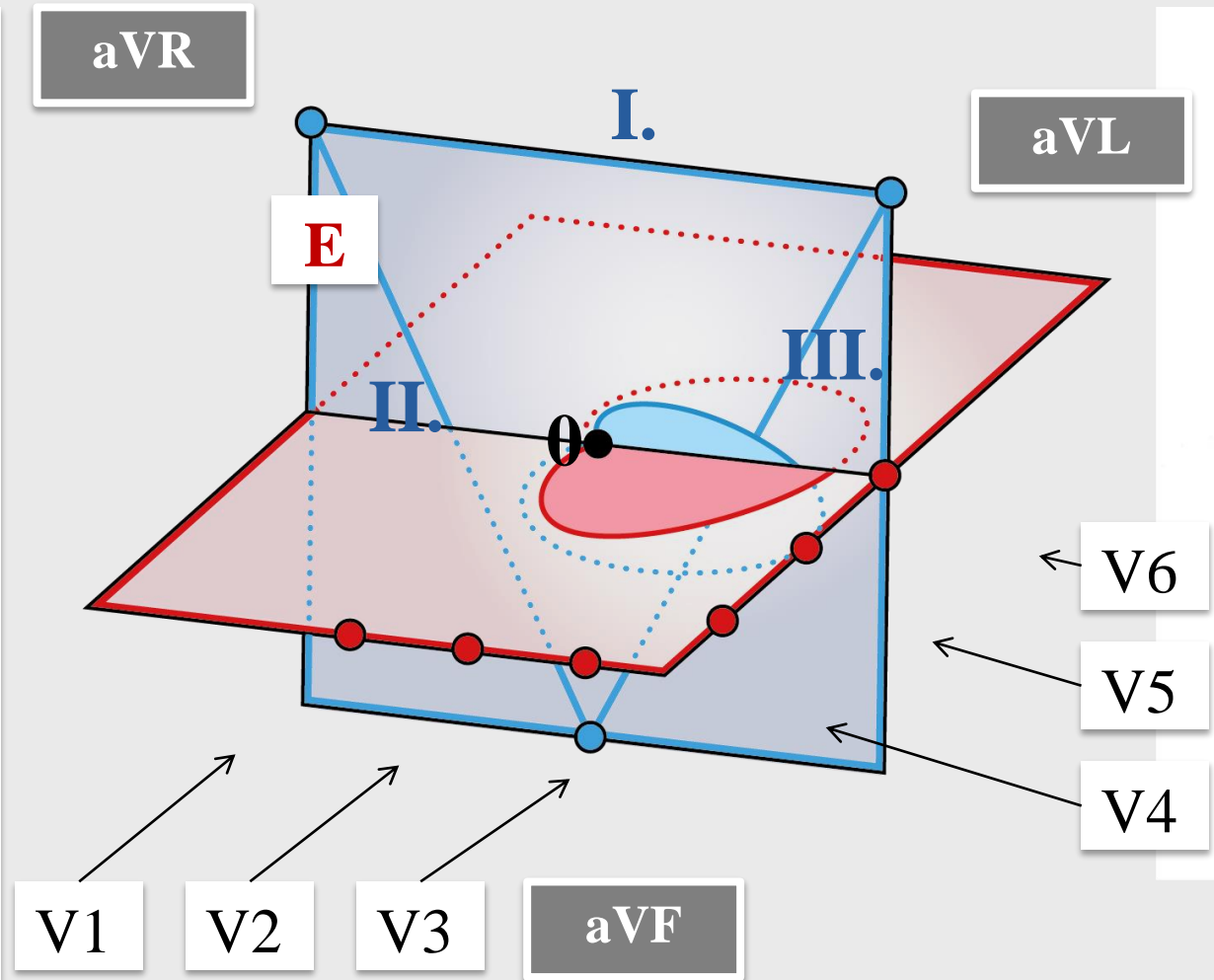
končetinové svody  
I., II., III., aVR, aVL,  
aVF

## Horizontální rovina

V1 – V6

Obě roviny jsou  
posunuty do úrovně  
elektrického středu  
srdce (0)

**E – Einthovenův  
trojúhelník**



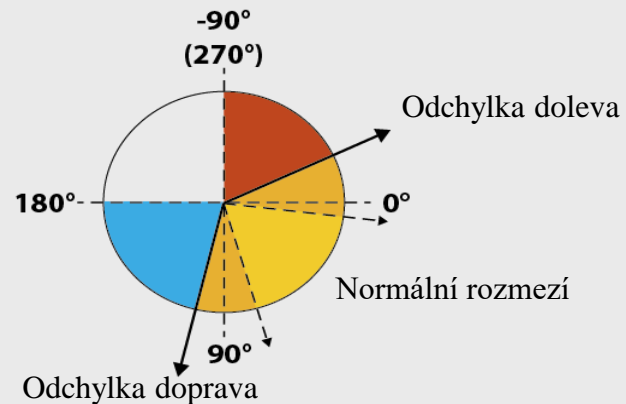
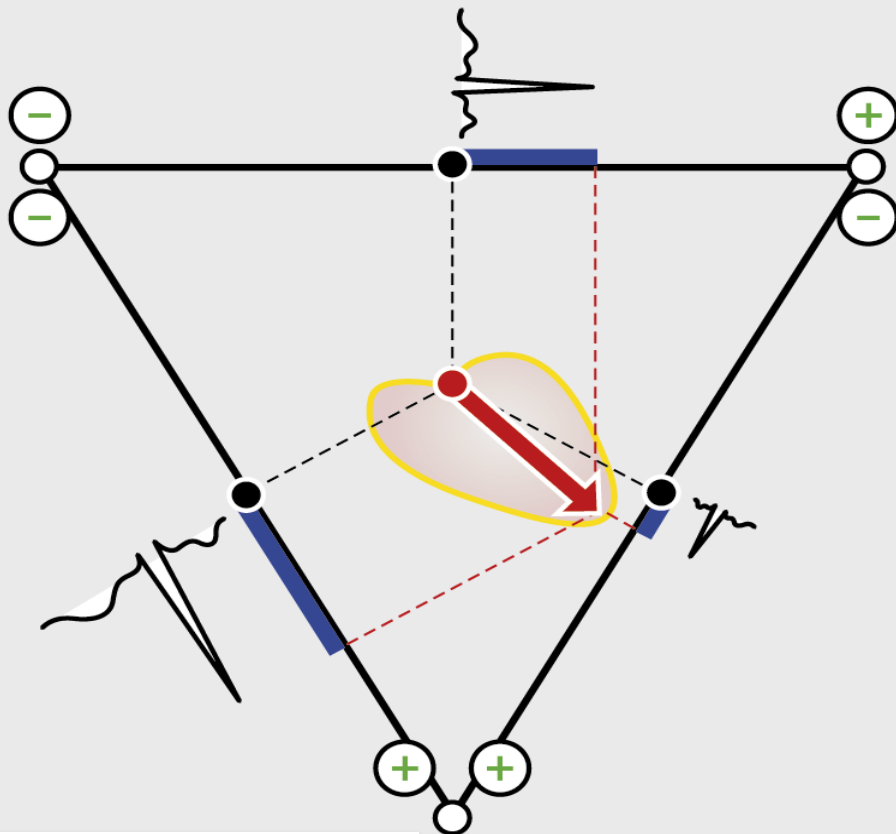
## ELEKTRICKÁ OSA SRDEČNÍ

Součet všech okamžitých vektorů, které tvoří depolarizační komorovou smyčku. Vyjadřuje směr postupující komorové aktivace. Odráží asymetrii v tloušťce stěn komor a srdeční polohu.



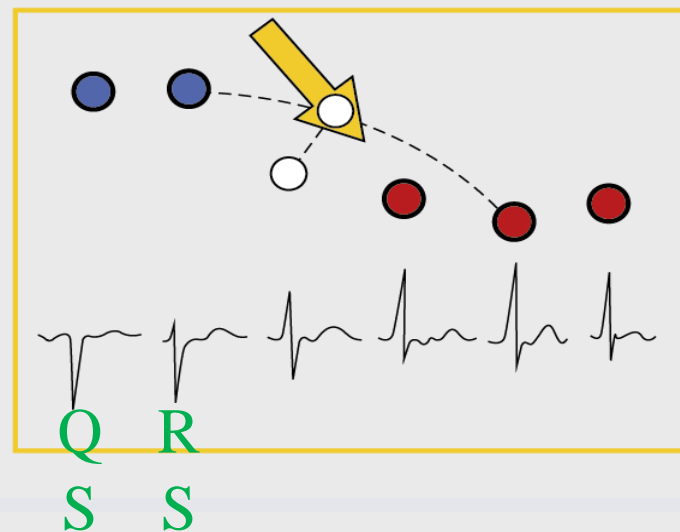
# ELEKTRICKÁ OSA SRDEČNÍ – ve frontální rovině

(R–Q–S) ve svodech I, II, III.

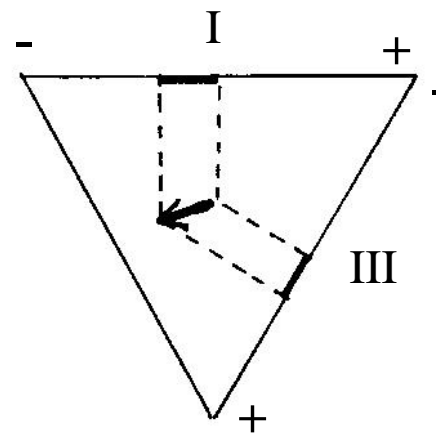
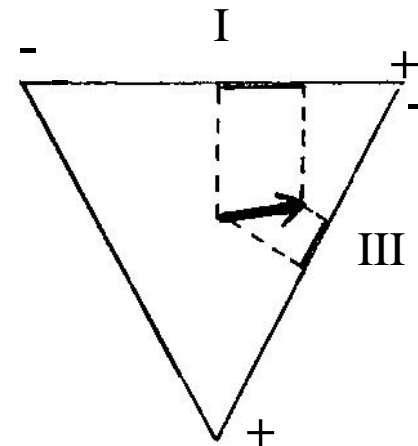
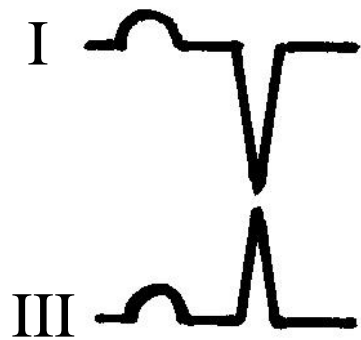
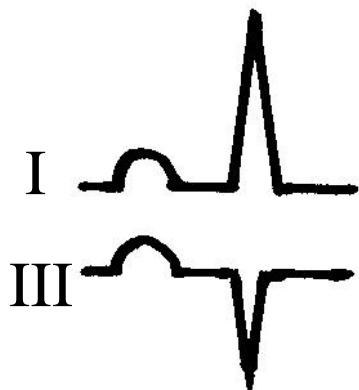


• **rovnostranný**  
Einthovenův  
trojúhelník

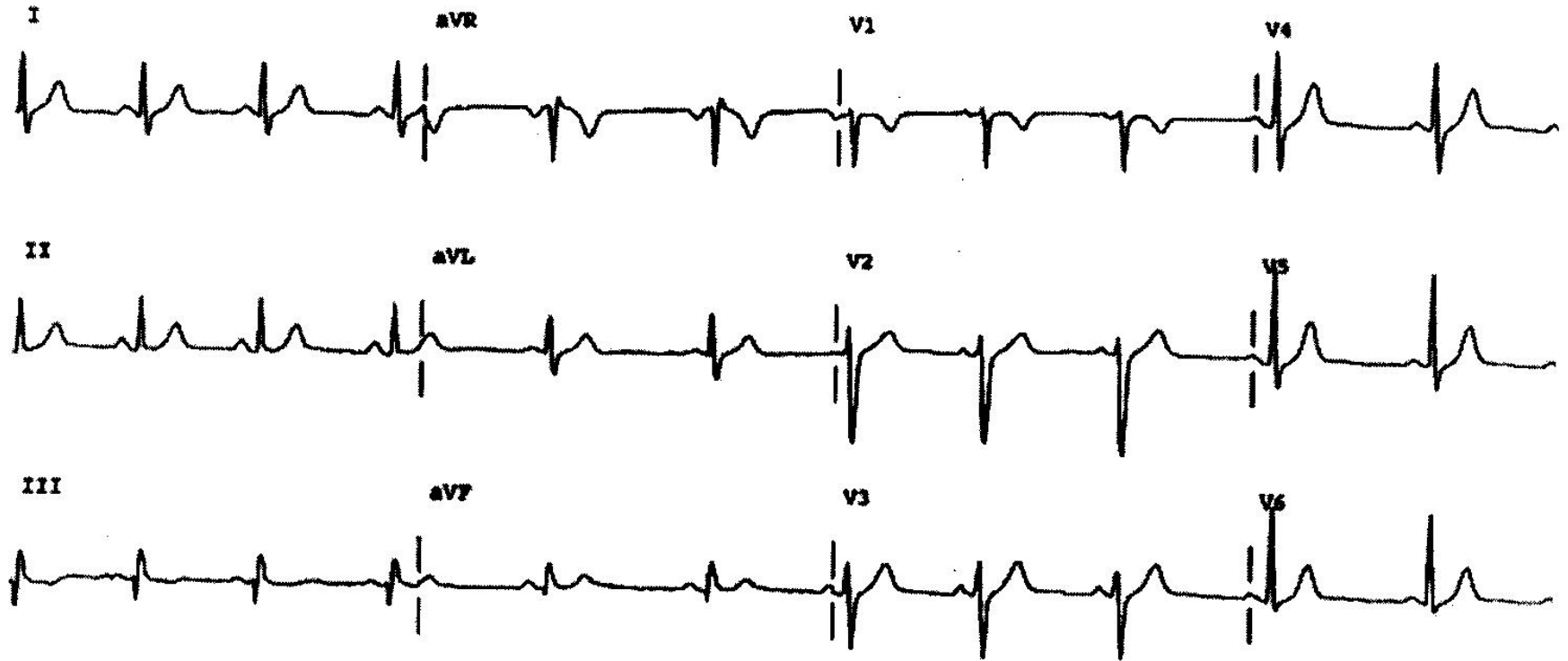
Terminologie



# LEVOTYP, PRAVOTYP

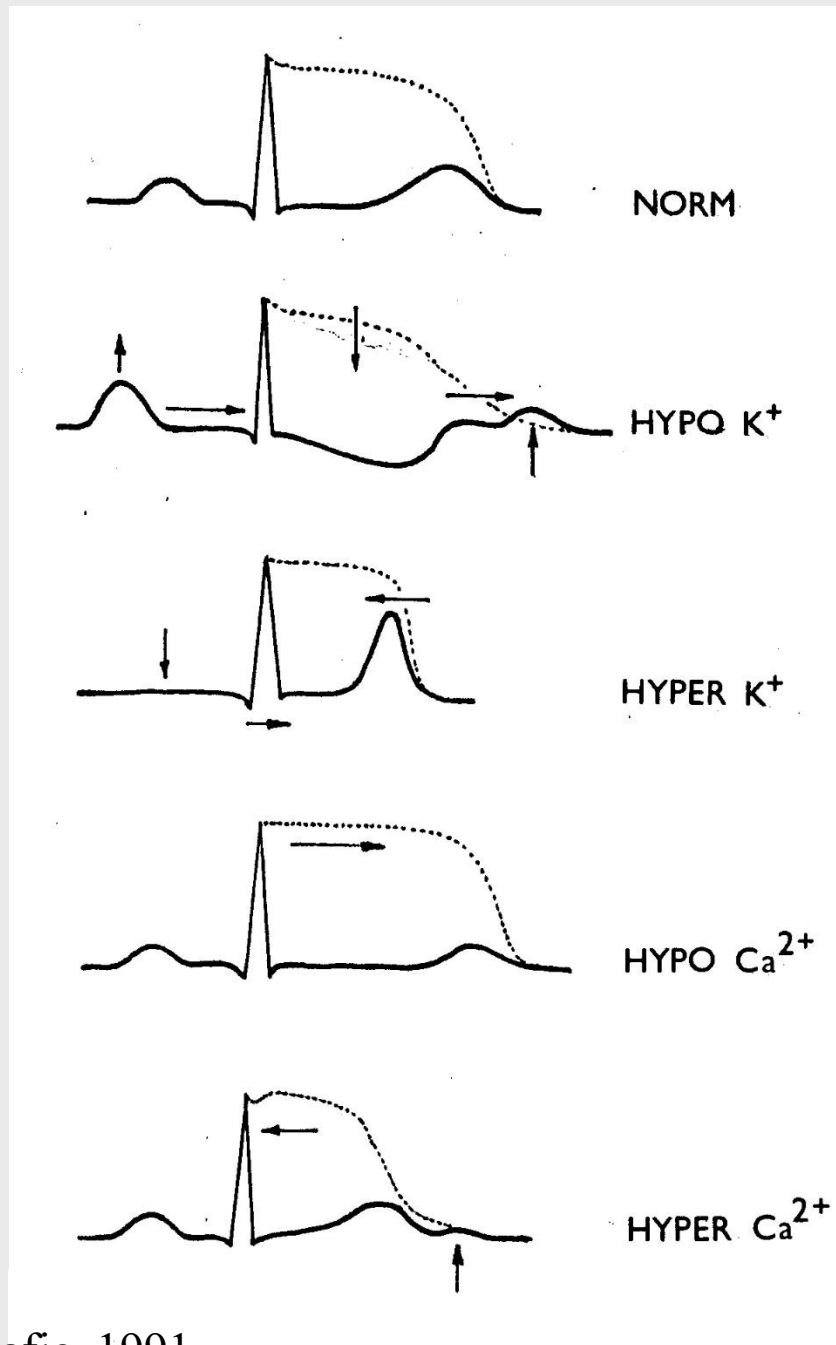
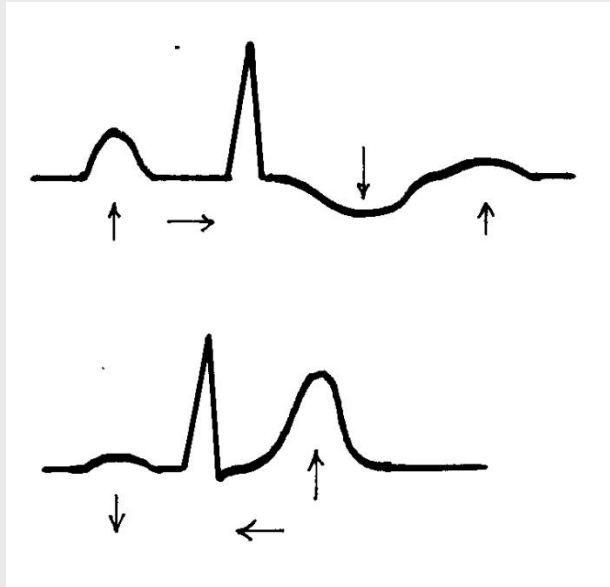


## Normální 12-svodový elektrokardiogram



## EKG křivka – informace o:

1. Velikosti a pozici srdce (elektrická osa)
2. Místě původu elektrického impulsu (P, QRS)
3. Vedení (P-Q, QRS)
4. Ústupu podráždění (T)
5. Rytmu (P-P, R-R)
6. Alteracích akčního potenciálu (ST, T)
7. + vlivu farmak, iontového složení plazmy, atd.



# RESPIRAČNÍ (SINUSOVÁ) ARYTMIE

1847, Ludwig, EKG a dýchání psa – respirační sinusová arytmie

Přítomná již prenatálně.

Přítomná napříč živočišnou říší – u všech obratlovců.

Fyziologický význam???? STABILIZACE STŘEDNÍHO TK (ochrana proti mechanickému vlivu intratorakálního tlaku na arteriální TK)

Klíčový vliv parasympatiku (snížení tonu), sympatikus má modulační úlohu.

## MECHANISMY:

- 1) CENTRÁLNÍ
- 2) REFLEXY Z PLIC
- 3) REFLEXY Z BARORECEPTORŮ
- 4) REFLEXY Z RECEPTORŮ PRAVÉ SÍNĚ
- 5) LOKÁLNÍ VLIVY NA SA UZEL
- 6) VLIV OSCILACÍ pH, p<sub>a</sub>O<sub>2</sub>, p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub>

# Centrální mechanismy

- Centrální generátor RSA
- Respirační neurony v prodloužené míše hyperpolarizují pregangliové vagové neurony
- Výsledkem je snížení vagového tonu v inspiriu – SF v inspiriu vzrůstá

## Reflexy z plic – inflační reflexy

- Podráždění vagových stretch-receptorů v inspiriu utlumí inspirační centrum a zároveň také kardioinhibiční centrum v prodloužené míše

# Reflexy z baroreceptorů

- Nejednotný názor na vliv arteriálních baroreceptorů na vznik RSA
- Kolísání citlivosti baroreceptorů v průběhu dechového cyklu

# Reflexy z receptorů pravé síně

- Bainbridge, 1915
- Reflexní zvýšení SF při roztažení síní
- Platí pro denervované srdce



## Lokální vlivy na SA uzel

- Protažení SA uzlu způsobí rychlejší spontánní depolarizaci
- Vliv mechanosensitivních chloridových kanálů
- Změny prokrvení SA uzlu (a. centralis) a případná komprese SA uzlu rozpínajícími se plicemi

## Vliv oscilací pH, $p_aO_2$ a $p_aCO_2$

- Oscilační aktivita periferních chemoreceptorů přispívá ke vzniku a zesiluje amplitudu RSA

# ARYTMIE = PORUCHY TVORBY NEBO VEDENÍ VZRUCHU

## RYTMUS a FREKVENCE:

Pravidelný: (72/min; 60 – 100/min; **vliv věku**)  
tachykardie (>100/min; **nenámahová**)  
bradykardie (< 60/min; **atletické srdce**)  
náhradní rytmy (junktční < 40/min; komorový ~20/min)

Nepravidelný:

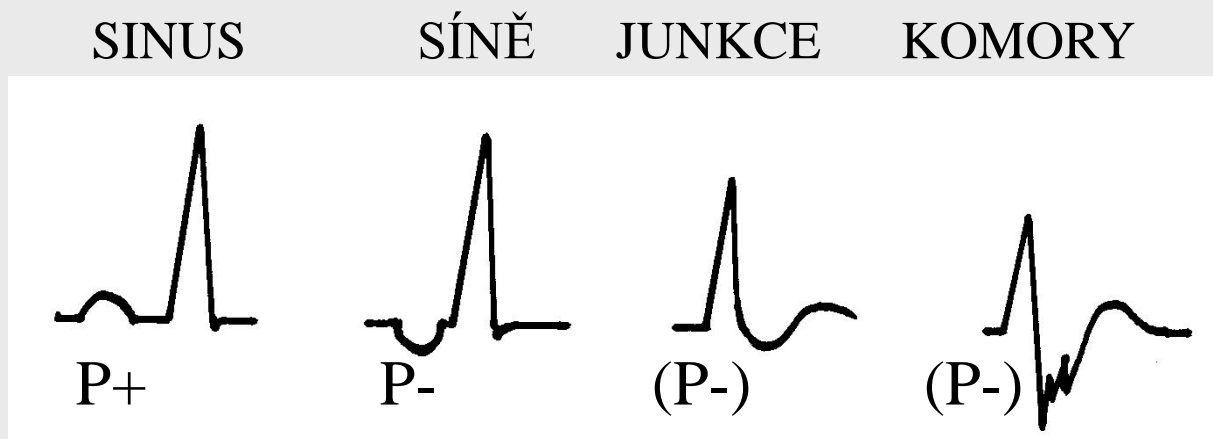
sinusová respirační arytmie (**fyziologická**)

sick sinus syndrom

extrasystoly (ES) jednotlivé, vázané (bigeminie, trigeminie)

sinusové, síňové, junktční, komorové

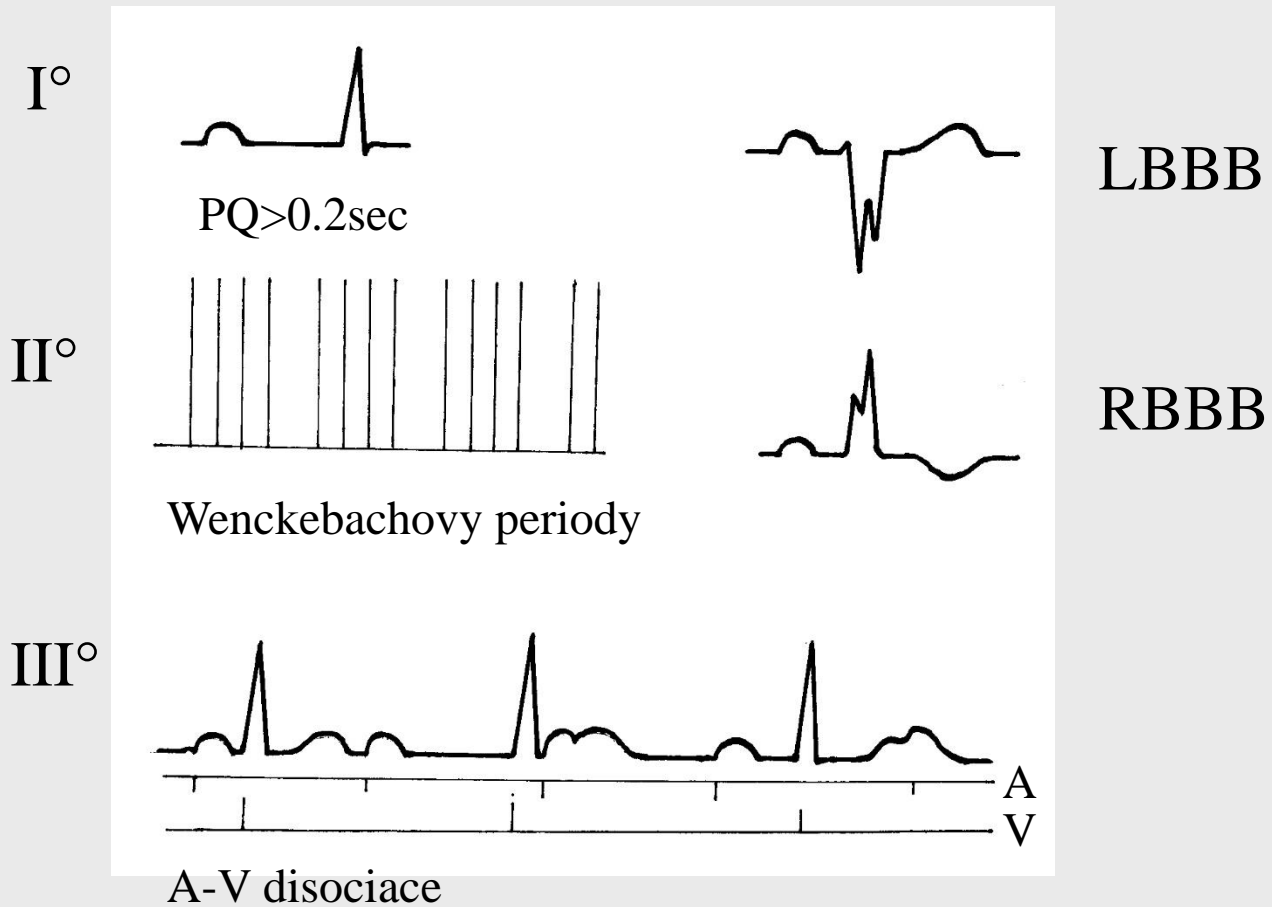
## MÍSTO PŮVODU VZRUCHU



- Polarita vlny P
  - Interval PQ (QP)
- (fyziologický interval PQ: 0,12 – 0,2 s)

# BLOKÁDY

- SICK SINUS SYNDROM
- AV BLOKÁDY

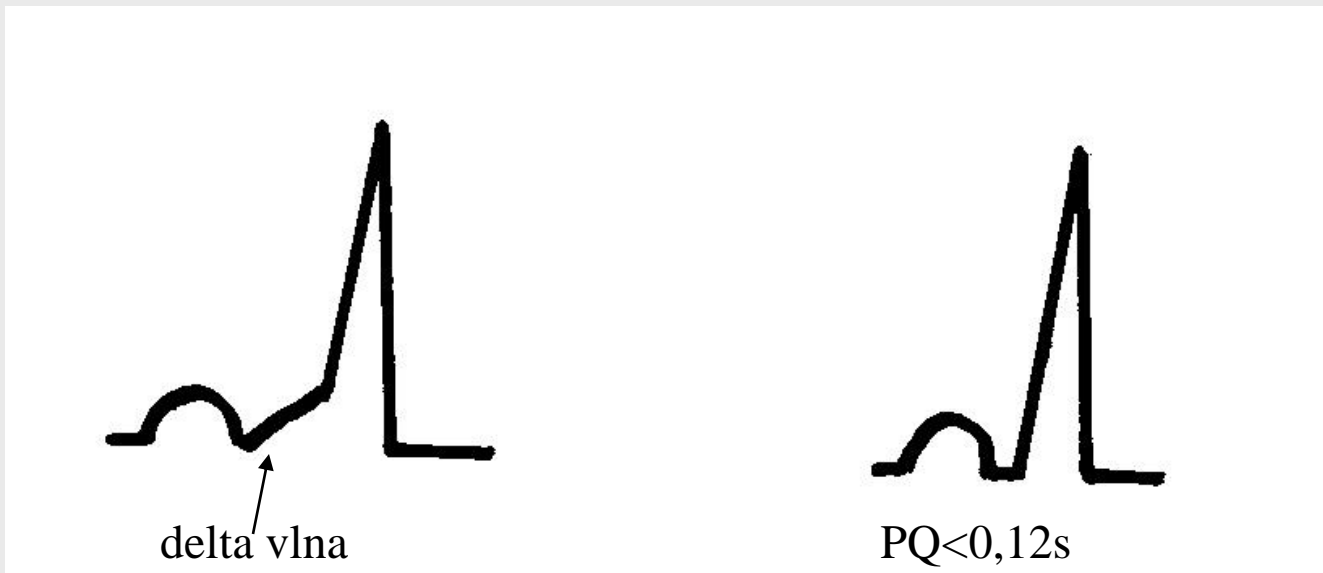


- BLOKÁDA TAWAROVA RAMÉNKA (BBB)

# PREEXCITACE

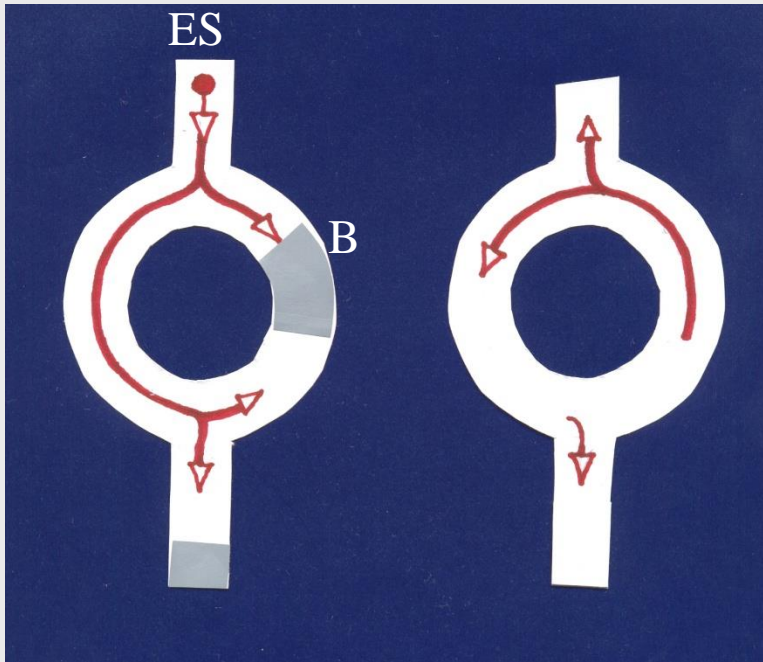
AV uzel je „obcházen“, rychlé vedení

- „krátký nodus“
- Wolf-Parkinson-Whiteův syndrom (WPW) – náchylné k paroxysmální tachykardii – viz. re-entry



# REENTRY

Společný mechanismus (paroxysmálních) tachykardií, extrasystol, bigeminií, apod.



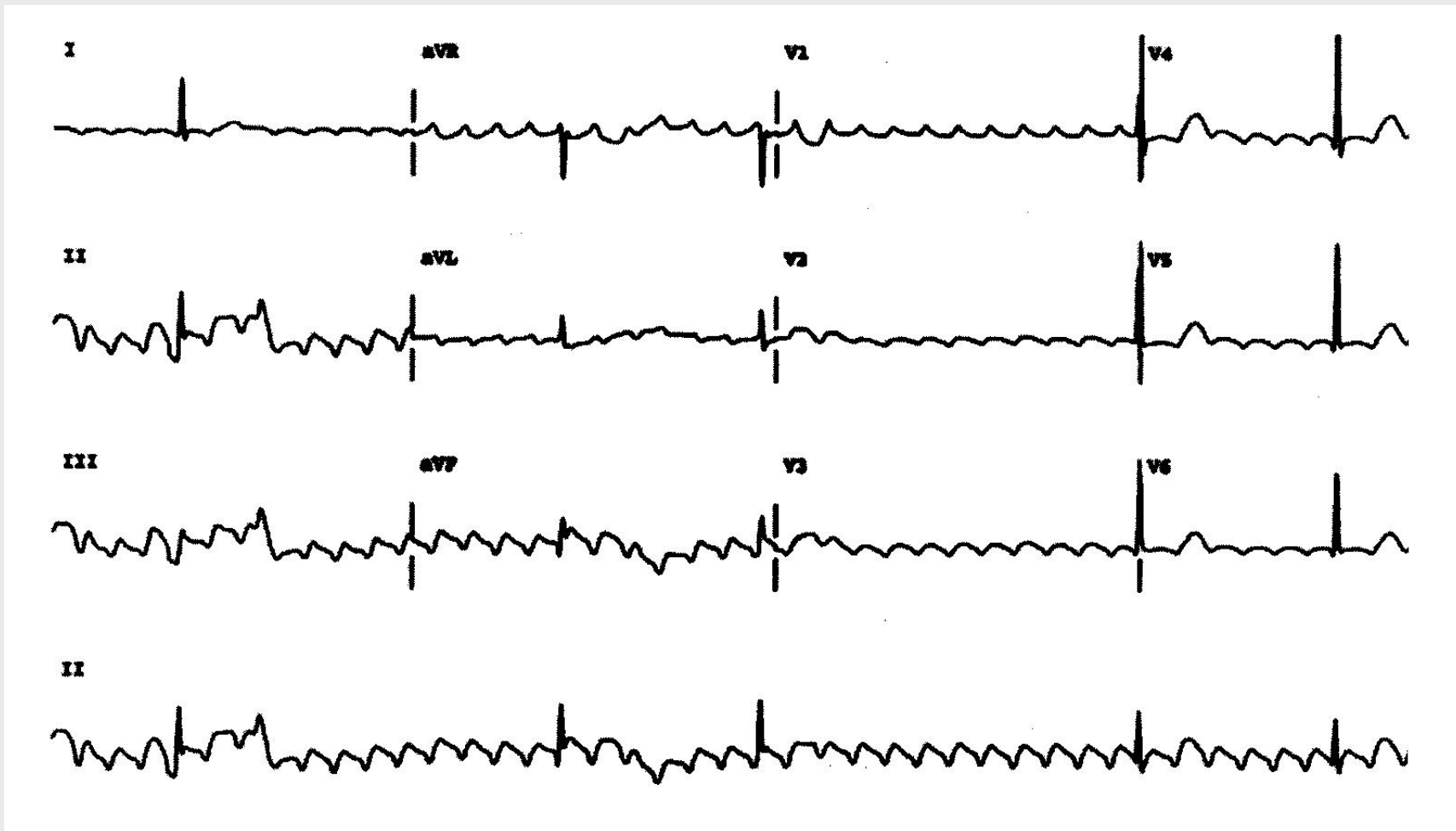
- **Dvojí dráha**  
Divergence a konvergence excitačních cest
- **Jednosměrný blok**
  1. Dlouhá refrakterní perioda
  2. Zpomalené vedení
- **Krouživý vzruch**

- Smyčky nejčastěji na úrovni AV junkce
- Determinanty re-entry:
  1. Určitý rozsah (velikost) smyčky
  2. Určité načasování spouštěcí ES

# TACHYARYTMIE

- **SINUSOVÁ TACHYKARDIE**
- **PAROXYSMÁLNÍ TACHYKARDIE** (supraventrikulární, komorové)
- **FLUTTER** (>250/min; síňový)
- **FIBRILACE** (>600/min; síňová, komorová; zhroucení elektrické homogeneity)

# SÍŇOVÝ FLUTTER (kmitání)

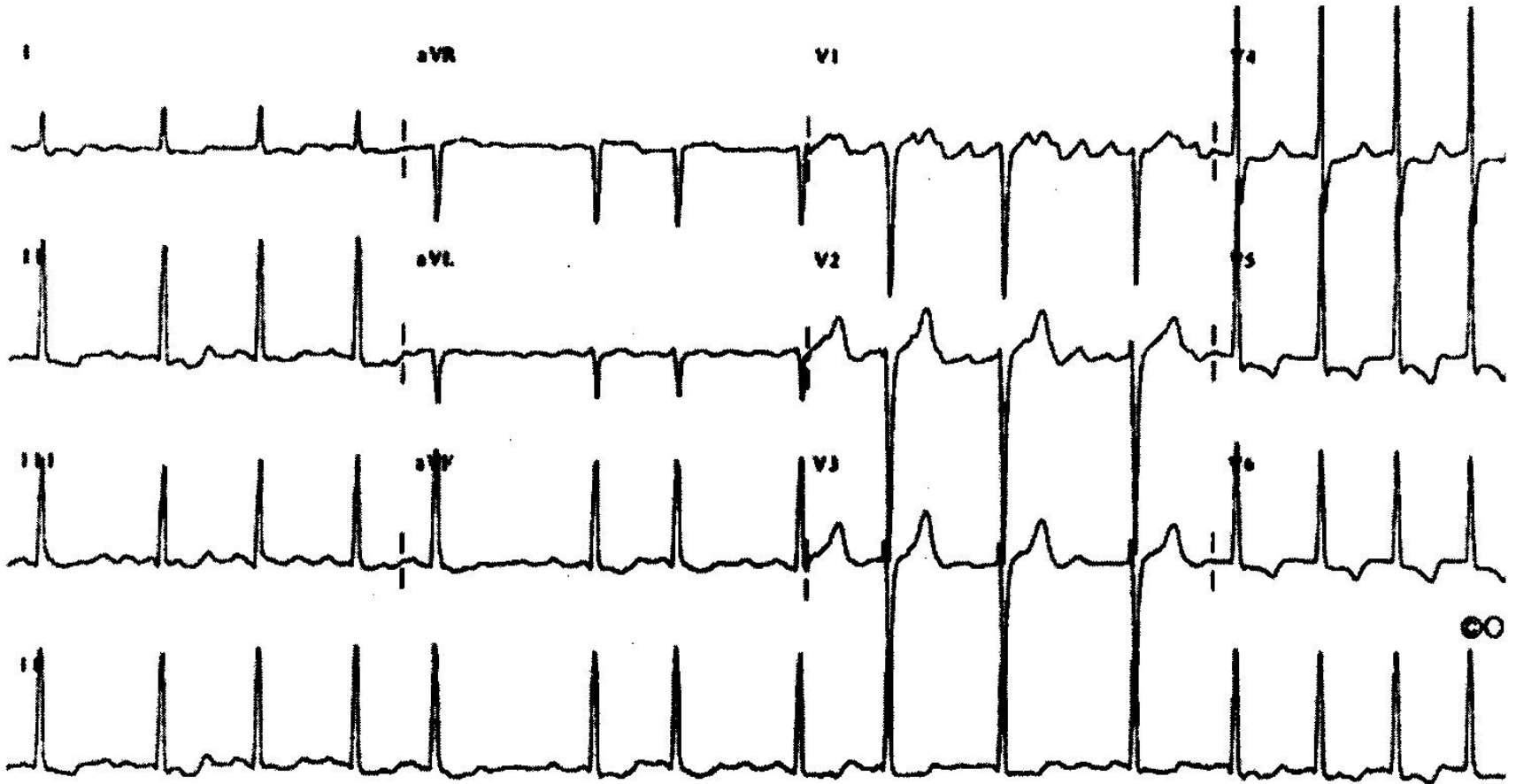


Frekvence 250 – 600/min

Síňokomorová blokáda n:1



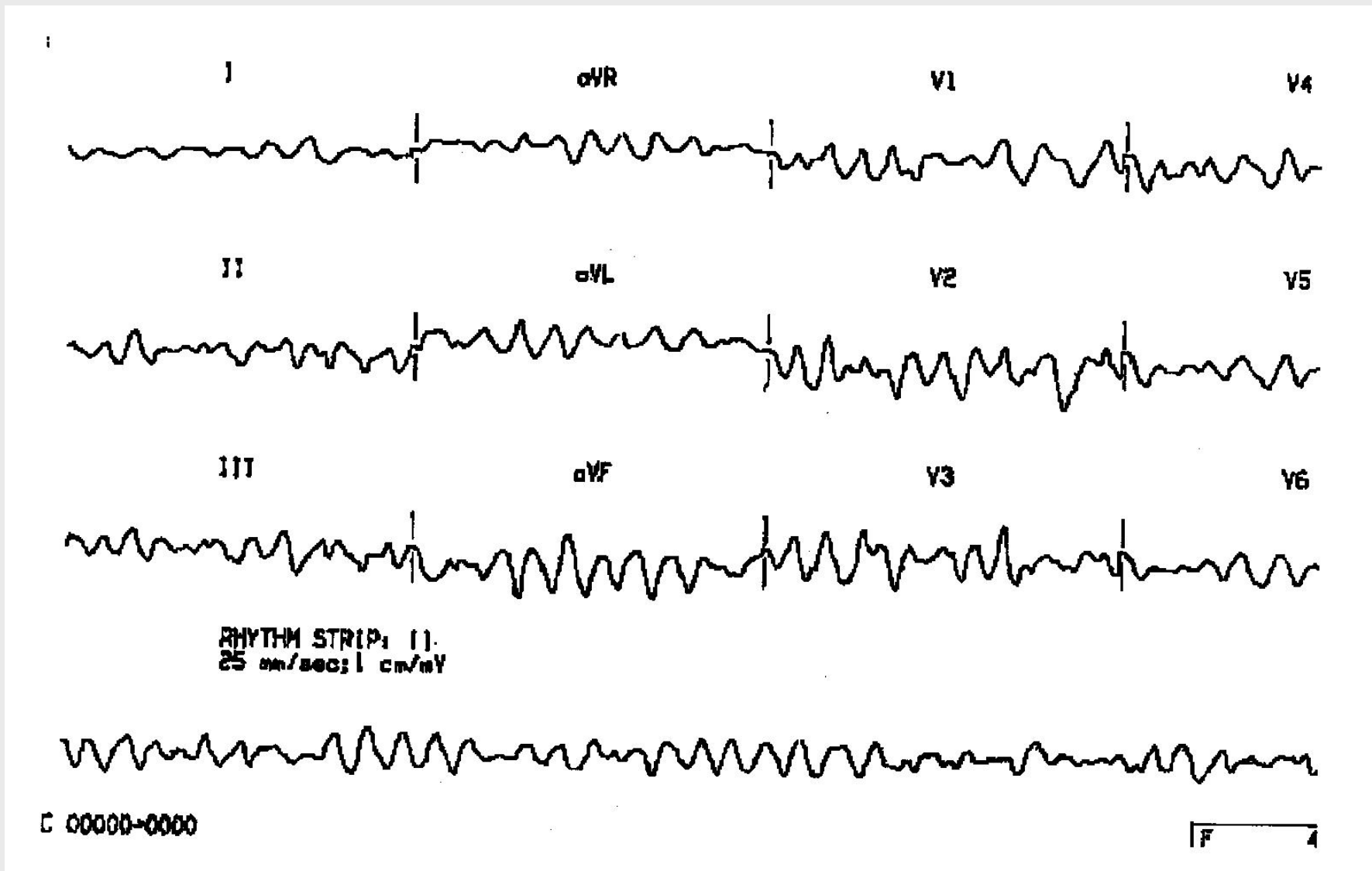
# SÍŇOVÁ FIBRILACE (míhání)



Nepravidelný komorový rytmus

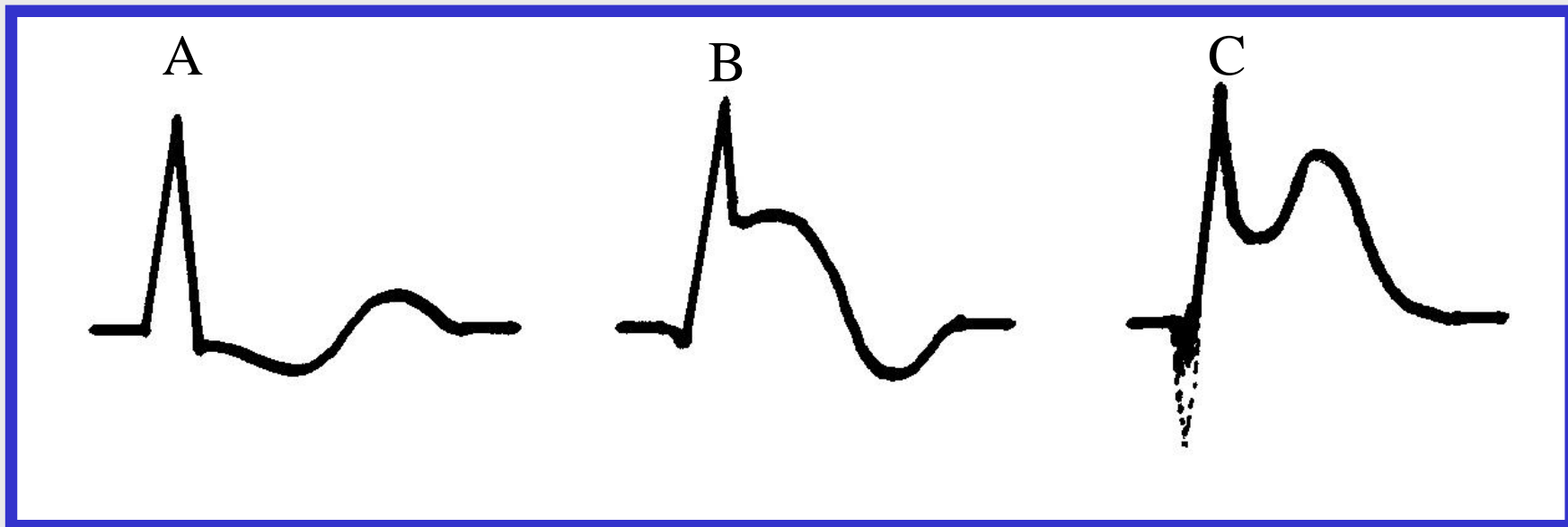
+ f-vlnky

# KOMOROVÁ FIBRILACE (míhání)



Frekvence nad 600/min, **LETÁLNÍ**

## OBRAZ SRDEČNÍ ISCHEMIE



A: námahová angina pectoris

B: akutní non-Q infarkt myokardu

C: akutní Q infarkt myokardu

# ANTIARYTMIKA

- BLOKÁTORY Na KANÁLU – prodlužují inaktivaci  $I_{Na}$ , tj. refrakteritu, „zruší“ rychlé cesty
- BLOKÁTORY Ca KANÁLU – „zruší“ rychlé cesty
- BLOKÁTORY K KANÁLU – prodlužují refrakterní periodu
- $\beta$ -SYMPATOLYTIKA – zpomalují srdeční frekvenci

Schémata a animace zpracovalo

**Servisní středisko pro e-learning na MU**

<http://is.muni.cz/stech/>

CZ.1.07/2.2.00/28.0041

Centrum interaktivních a multimediálních studijních opor pro inovaci výuky a efektivní učení



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ