



# ÚVOD DO MATEMATICKÉ BIOLOGIE I.

setkání šesté a poslední



**prof. Ing. Jiří Holčík, CSc.**

**UKB, pav.A29, RECETOX, dv.č.112  
holcik@iba.muni.cz**

© Institut biostatistiky a analýz

# VÝZKUMNÉ AKTIVITY

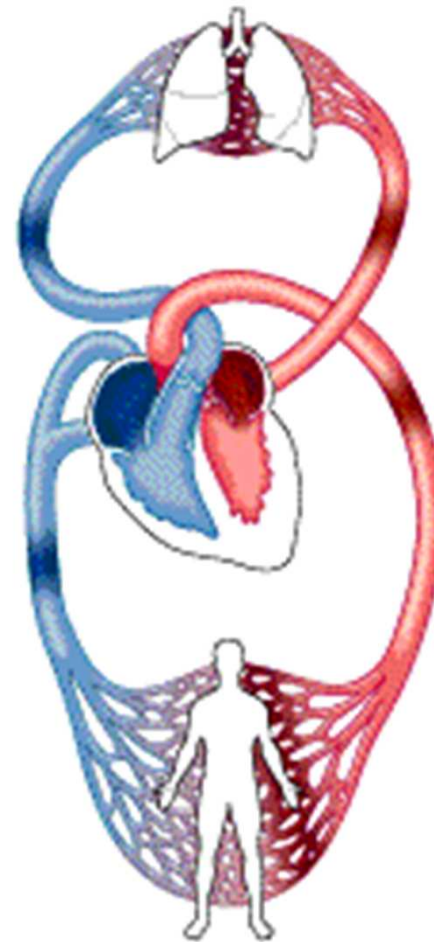
- ☑ kvantifikace vlivu sympatické a parasympatické větve autonomního nervového systému na funkci kardiovaskulární soustavy;
- ☑ hodnocení parametrů signálu EKG při zátěžovém vyšetření koní;
- ☑ stanovení parametrů křivky krevního tlaku pro řízení ventilace při anestézii u koní;

# KVANTIFIKACE VLIVU SYMPATICKÉ A PARASYMPATICKÉ VĚTVE AUTONOMNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU NA FUNKCI KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY

# KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVA

## ÚKOLY

- **zajistit uspokojení požadavků jednotlivých tkání a orgánů:**
  - na zásobení kyslíkem, živinami, minerály, ...;
  - na odstranění metabolických odpadů;
- **poskytnout pohyblivé médium**
  - pro endokrinní (hormonální) řízení;
  - imunitní systém;
- **termoregulace**



# ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY

## ☑ **centrální řízení krevního oběhu**

→ nervová soustava

- ☐ autonomní nervový systém (sympatická a parasympatická větev)

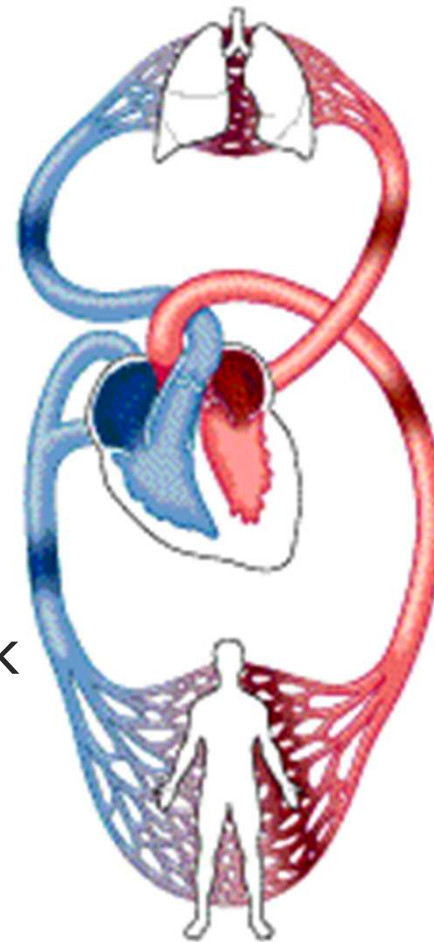
→ hormonální řízení

- ☐ přímo, příp. nepřímo uvolněním vazoaktivních látek

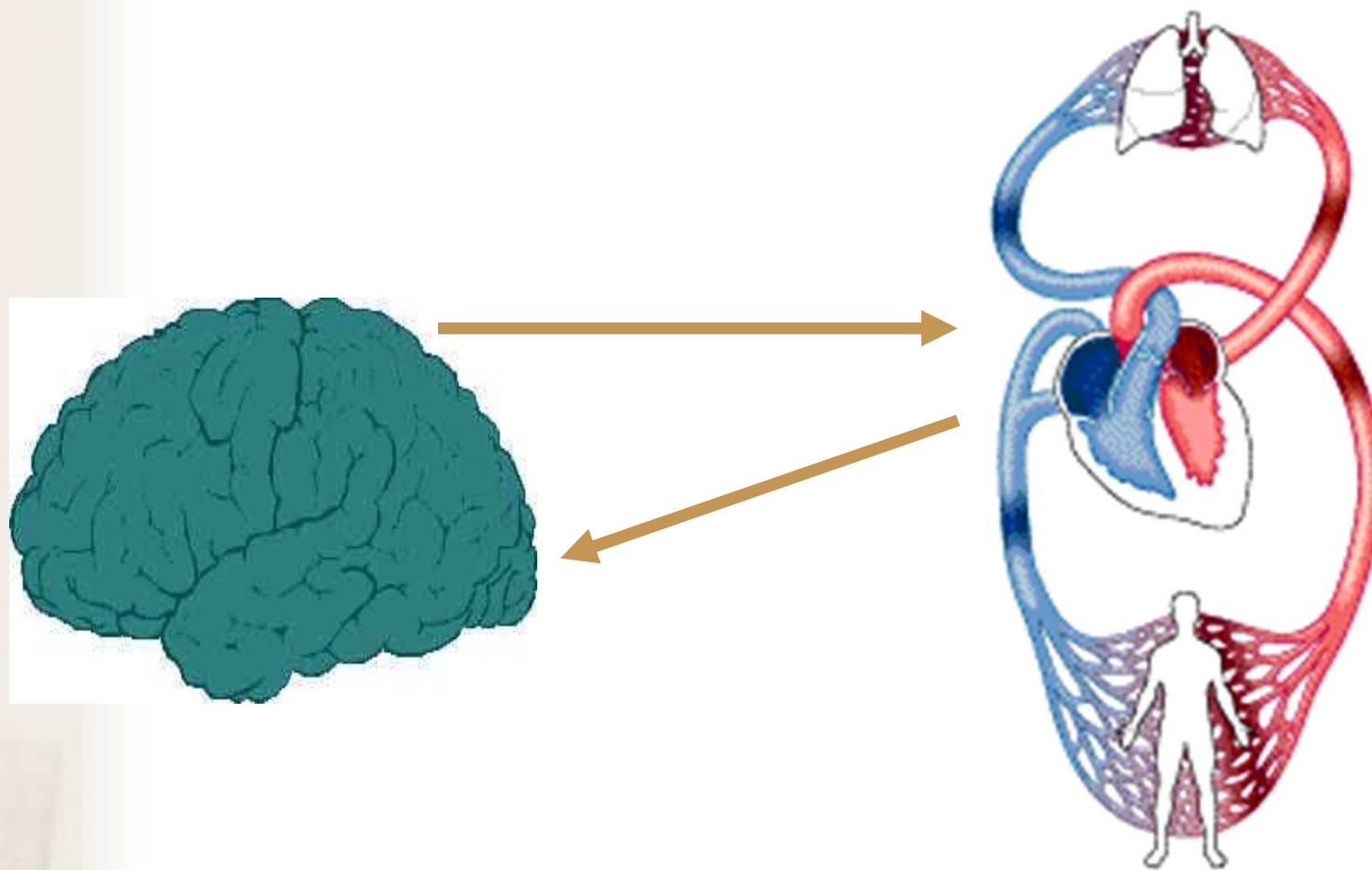
## ☑ **lokální řízení**

→ myogenní efekty

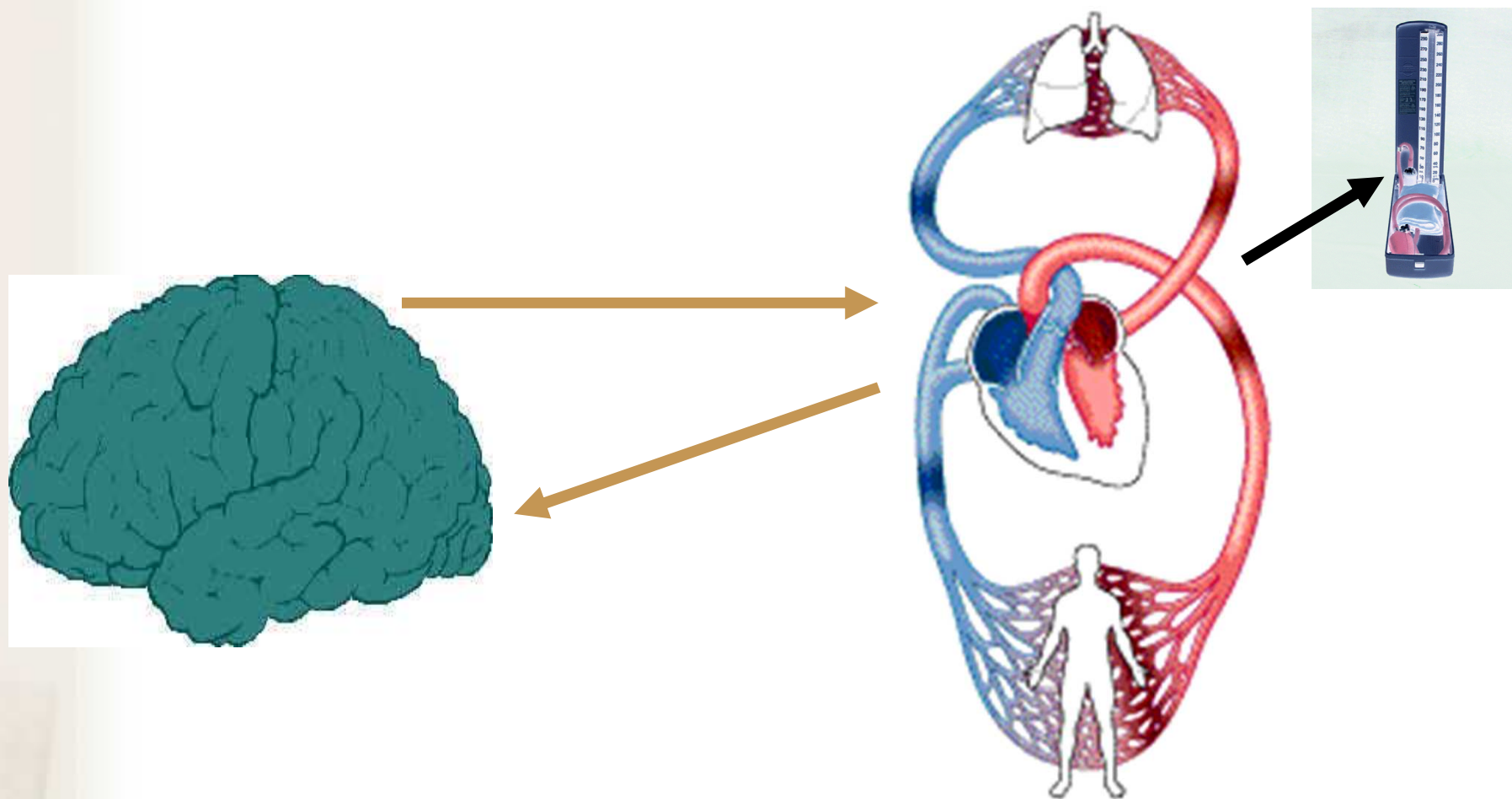
→ metabolické efekty



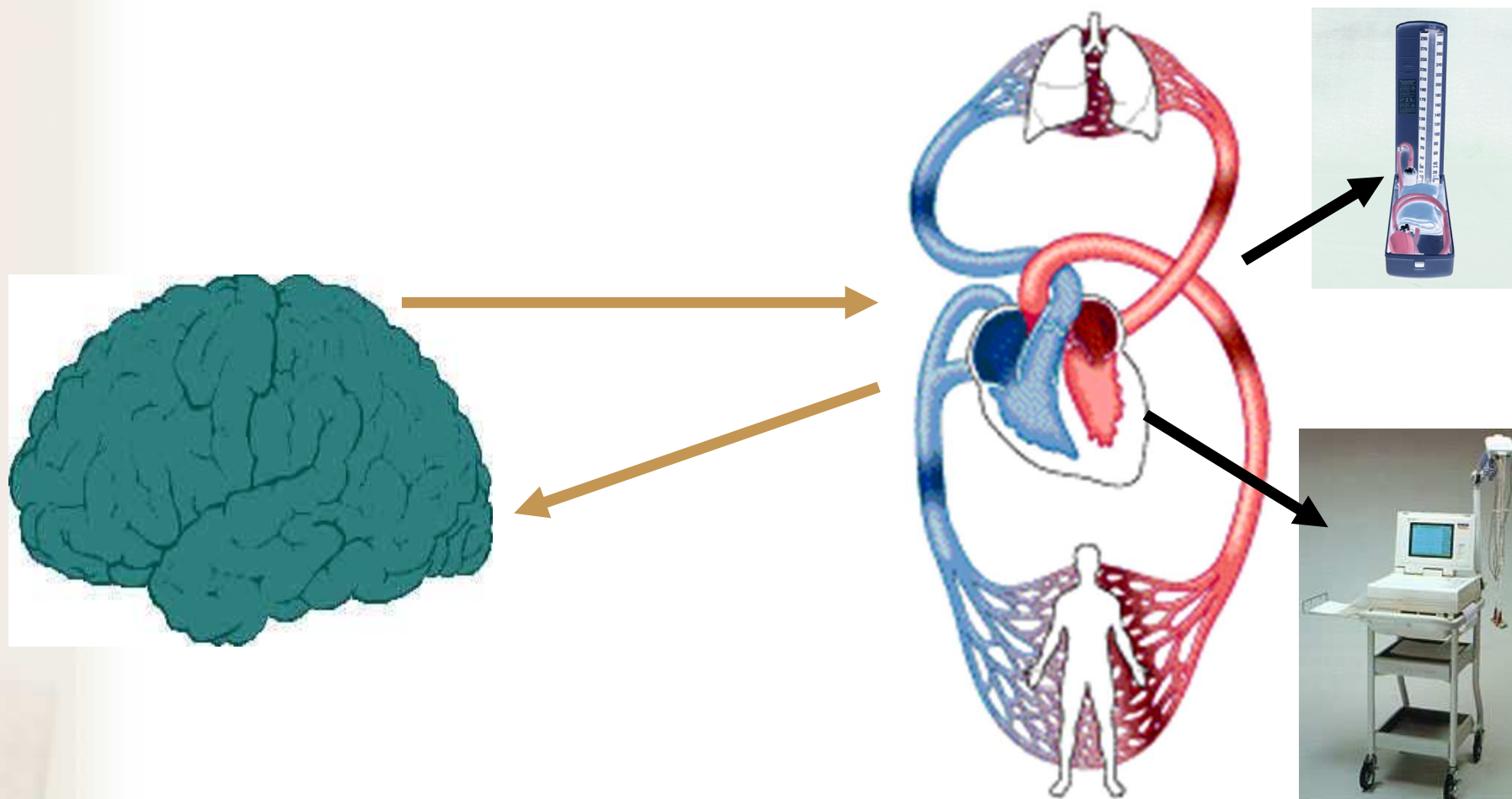
# ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY



# ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY

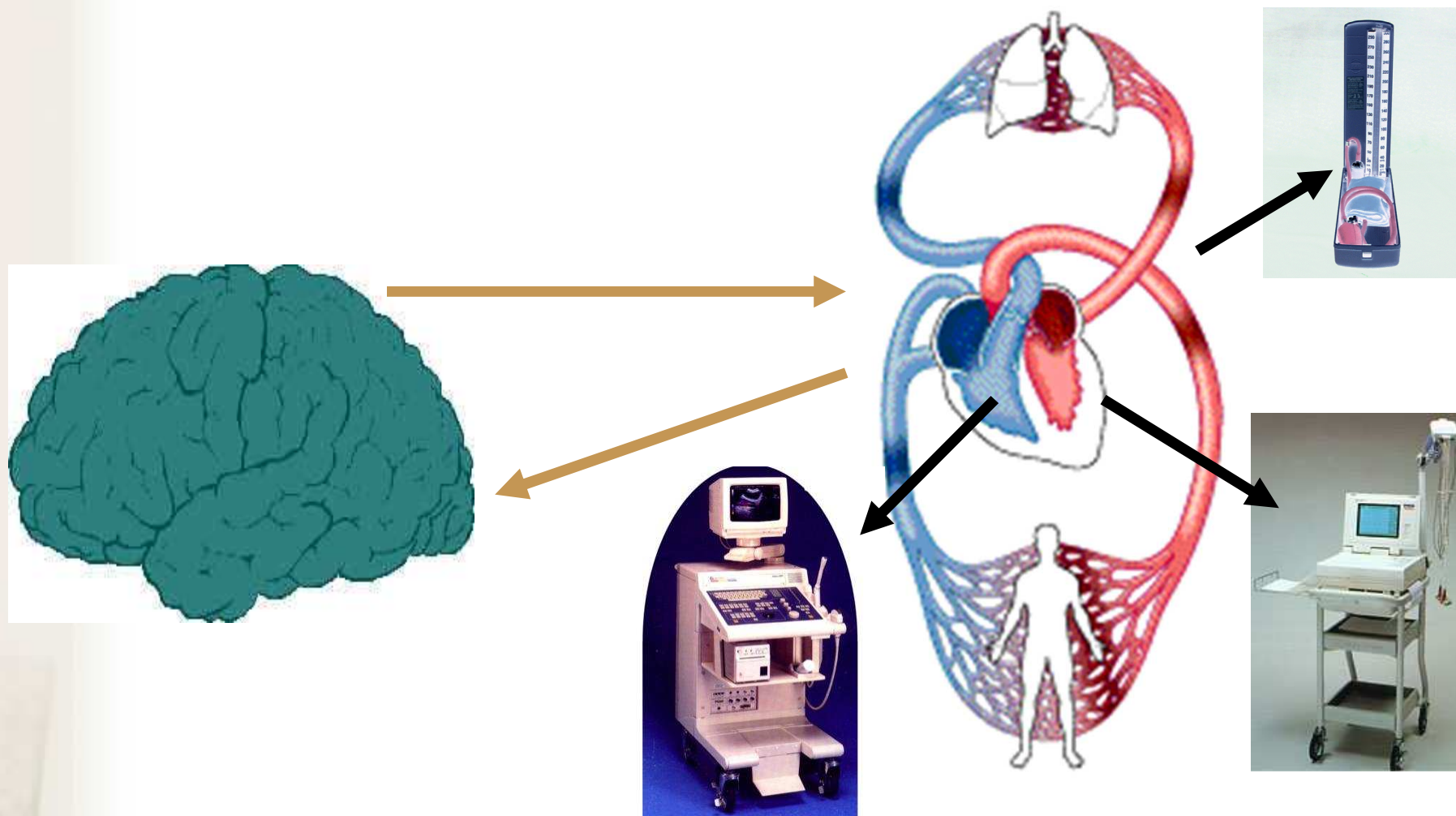


# ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY

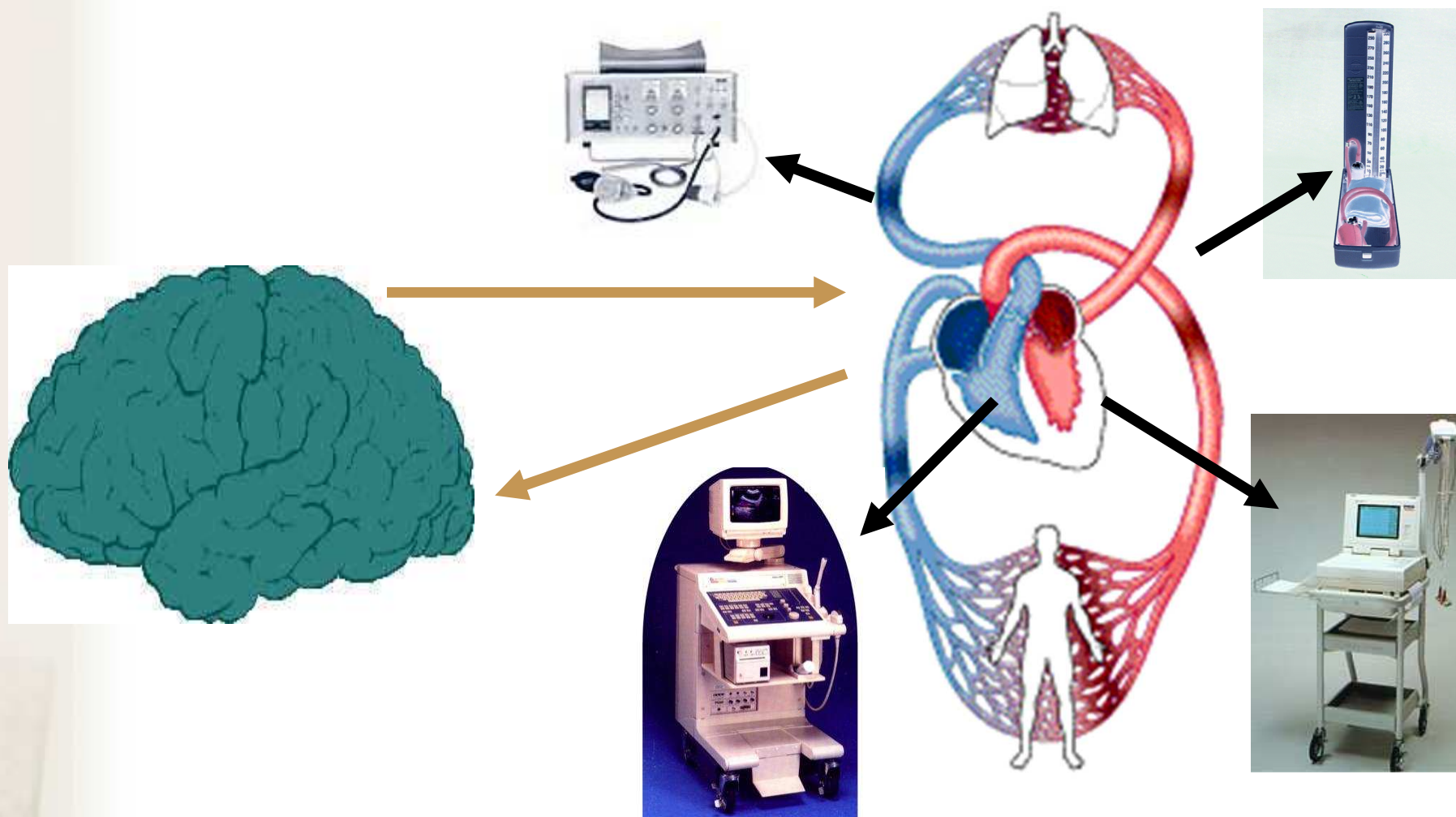




# ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY

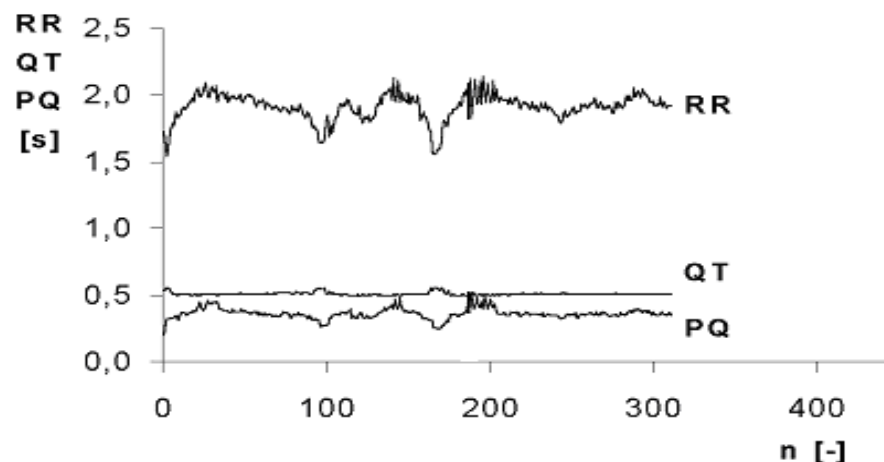


# ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY



# VARIABILITA SRDEČNÍHO RYTMU

- ✓ **VARIABILITA SRDEČNÍHO RYTMU**, tj. fluktuace dob trvání po sobě jdoucích srdečních cyklů, tak hodnot okamžité srdeční frekvence (**HRV** – Heart Rate Variability) je jev, který reprezentuje stav autonomního nervového systému řídicího srdeční činnosti.



# SOUVISLOSTI

- ☑ v závislosti na **stavu** a **zatížení** nervového a kardiovaskulárního systému se srdeční rytmus mění v rozsahu 5 ÷ 15 %
- ☑ **vnější faktory** (svalové a psychické zatížení, trávení, poloha, hluk, podnebí, počasí);
- ☑ **vnitřní faktory** (dány autonomní fyziologickou aktivitou – dýchání, oscilace tlaku krve, termoregulace);

# VNITŘNÍ FAKTORY

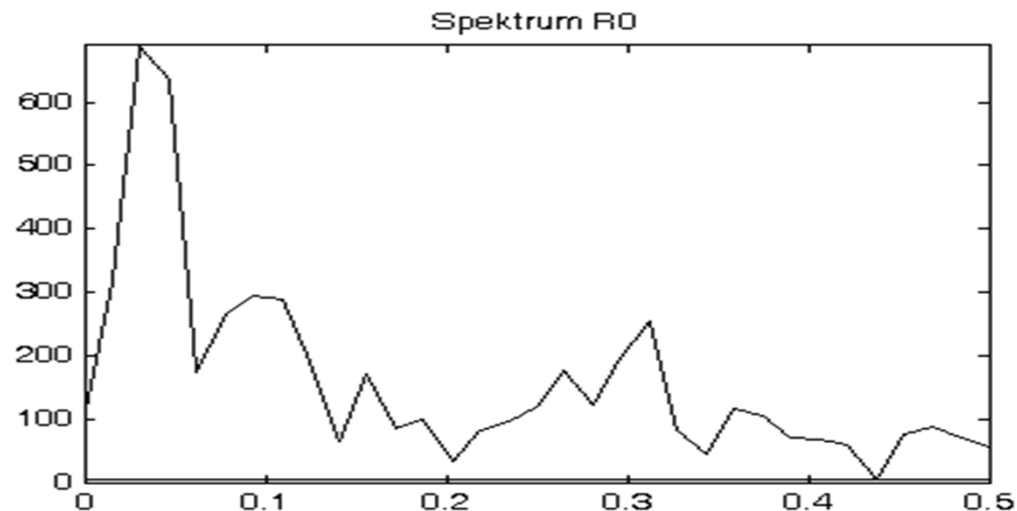
## ☑ dýchání

→ (respirační arytmie x sinová arytmie)

→ frekvence 10 ÷ 30 vdechů/min, tj. 0,15 ÷ 0,5 Hz

☑ **krevní tlak** – spontánní oscilace o frekvenci  $\sim 0,1$  Hz (Mayerovy oscilace)

☑ **termoregulace** – oscilace do 0,08 Hz



# ANALÝZA VARIABILITY KVS KONÍ

- ☑ náhlá srdeční smrt při anestézii  
(u trénovaných koní ⇒ problém nejen zdravotní, nýbrž i ekonomický a právní);
- ☑ vzhledem k tomu, že u koní se vyskytuje syndrom náhlé srdeční smrti až o dva řády častěji než u lidí a o řád častěji než u malých zvířat, lze považovat koně za modelový živočišný druh;
- ☑ reaktivita autonomního nervového systému za různých patologií:
  - esenciální hypertenze;
  - diabetes;
  - astma; ....

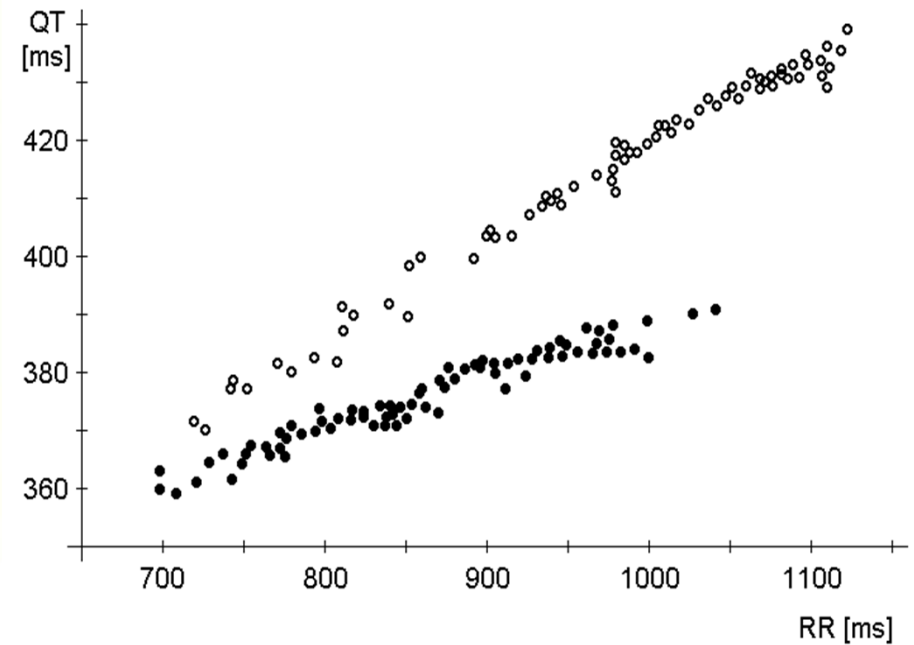
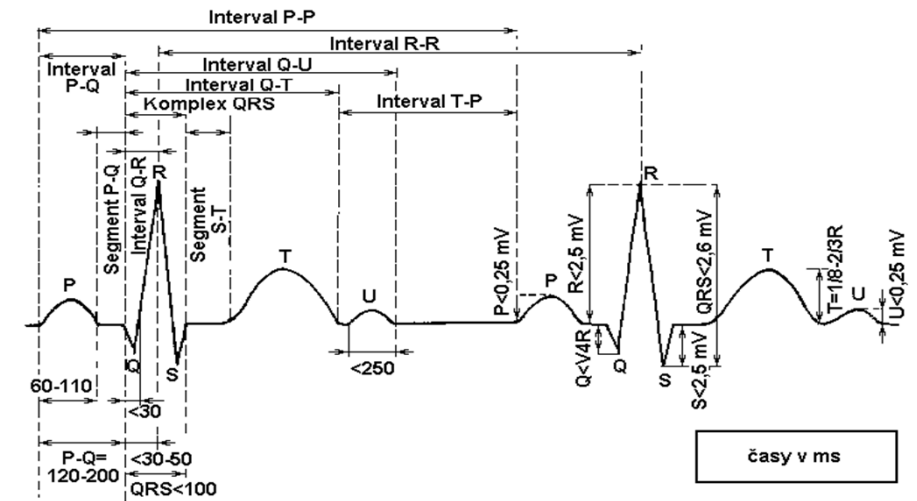
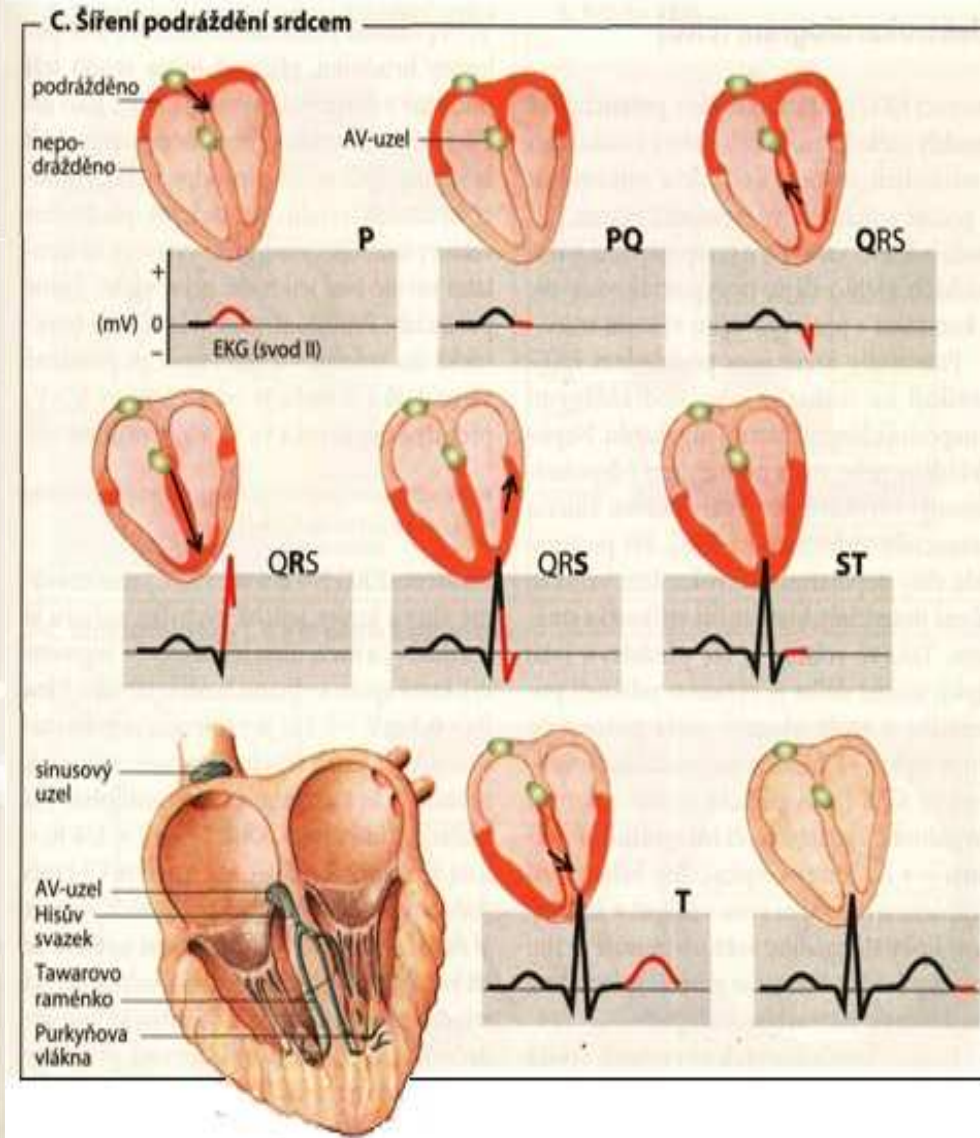
# ANALÝZA VARIABILITY KVS KONÍ

## CO A JAK MĚŘIT?

- činnost nervové soustavy
  - *RR intervaly*, ...? ⇒ EKG ;
- činnost srdce
  - elektrické buzení zejména levé komory – morfologie komplexů QRS-T, *QT intervaly*, ...? ⇒ EKG ;
  - mechanická činnost – průtok, resp. tlak krve ⇒ fonokardiogram, UZV, invazivní měření;
- činnost cévní soustavy
  - průtok, resp. tlak krve ve velkých cévách – invazivní měření, UZV, *impedanční měření*

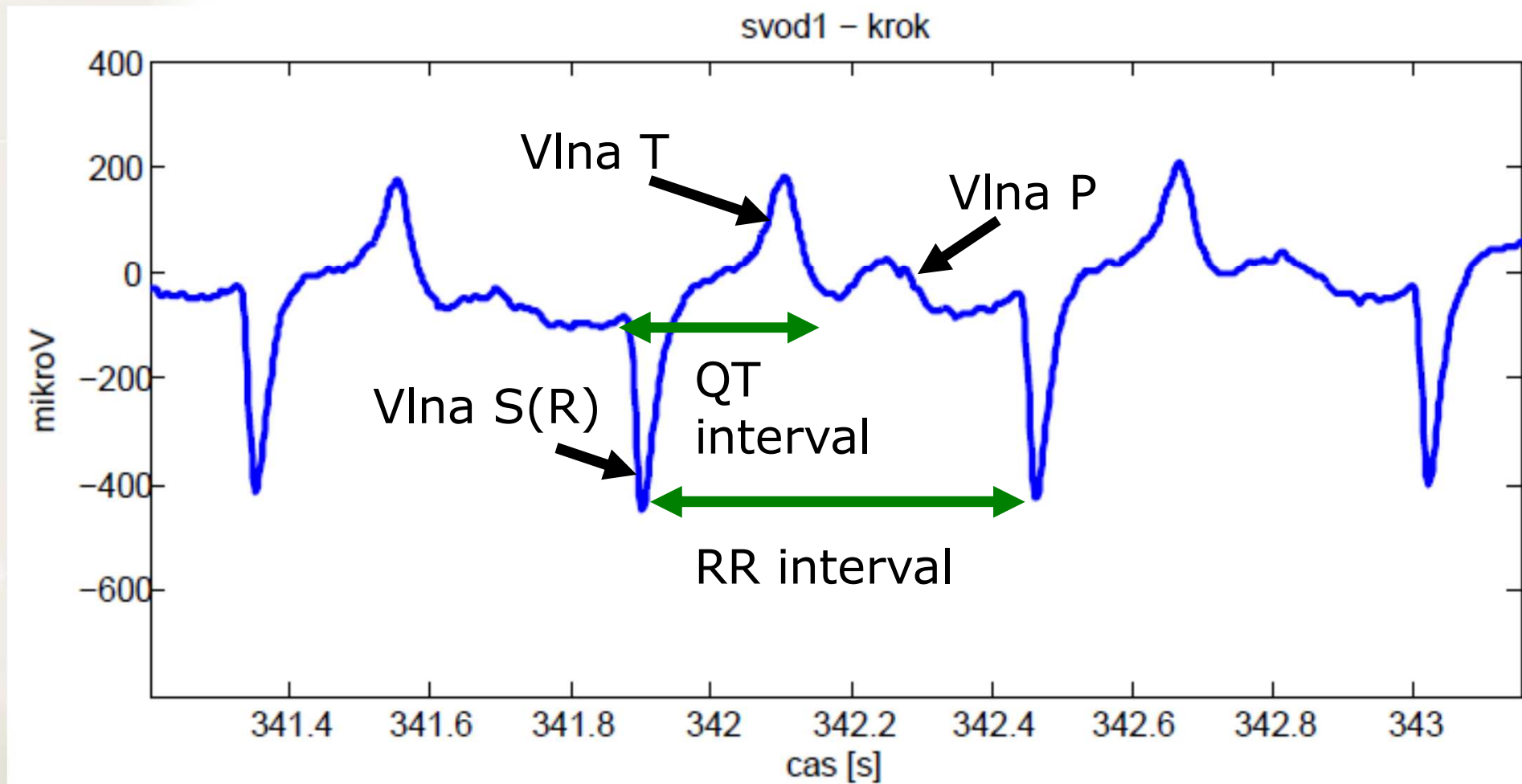
# VZTAH INTERVALŮ RR A QT

## ⇒ LIDÉ ⇐





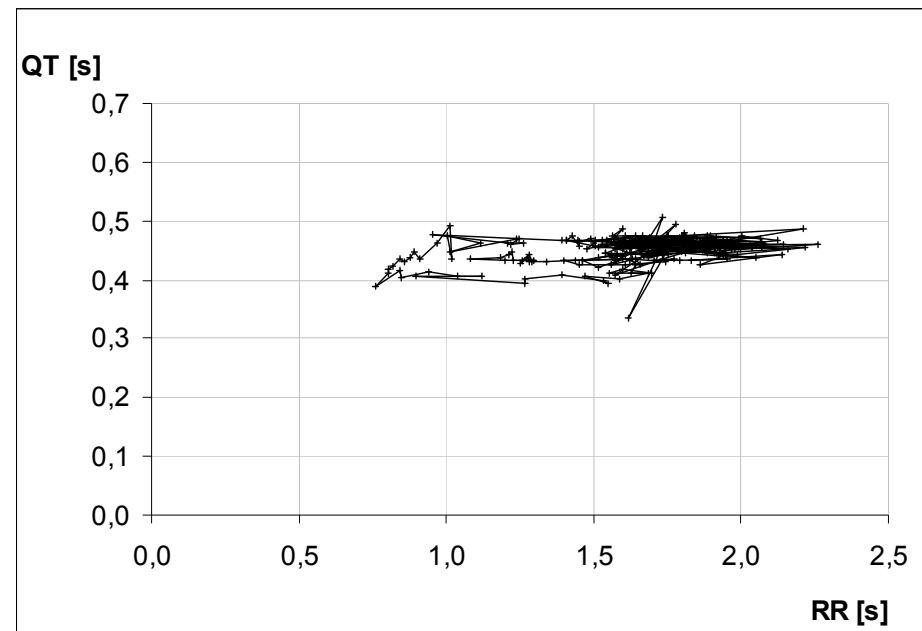
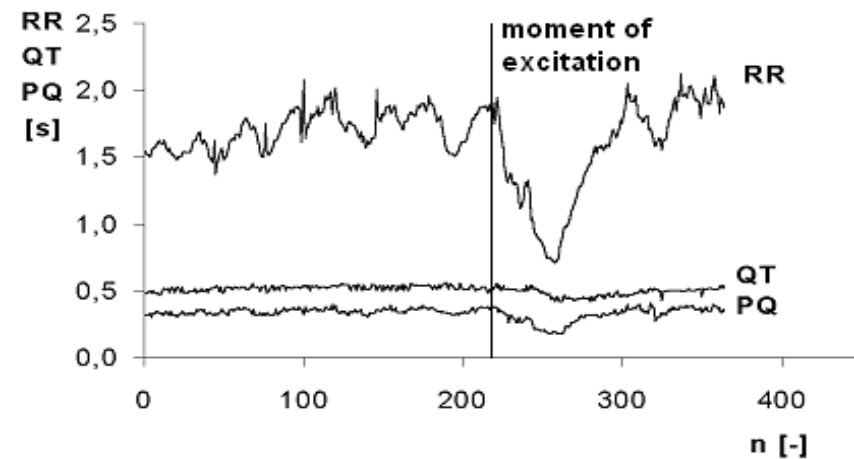
# PARAMETRY, KTERÉ LZE URČOVAT



# VZTAH INTERVALŮ RR A QT

## ⇒ KONĚ ⇐

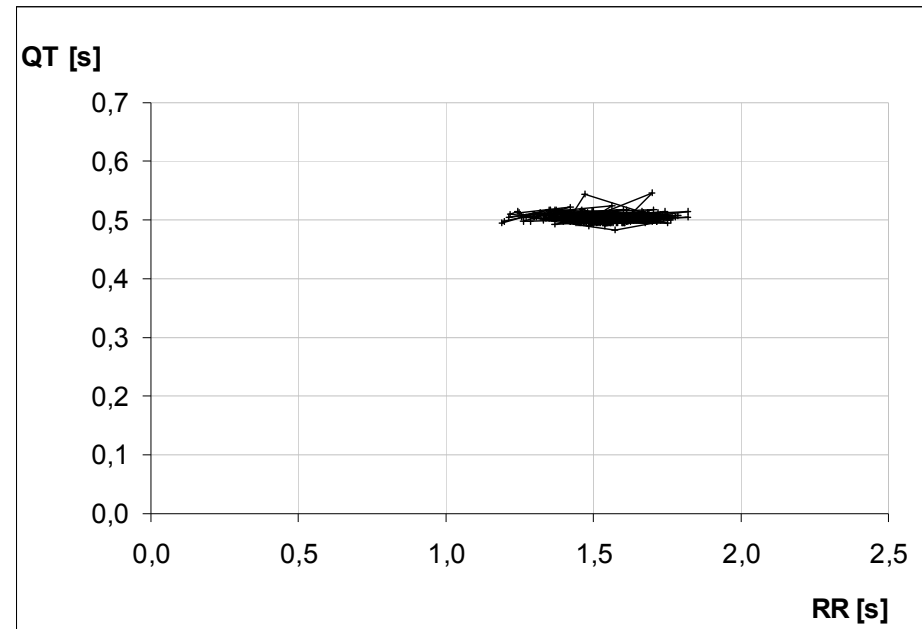
- ☑ zpožděné zkrácení intervalů QT se objevuje po okamžitém zkrácení intervalů RR, často je při návratu do původního stavu následováno pomalými oscilacemi



# VZTAH INTERVALŮ RR A QT

## ⇒ KONĚ ⇐

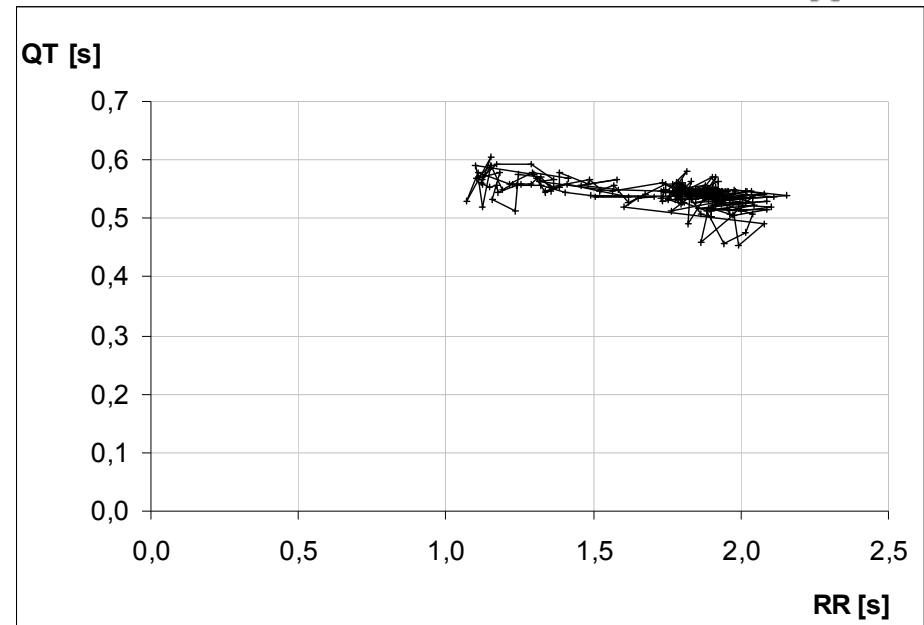
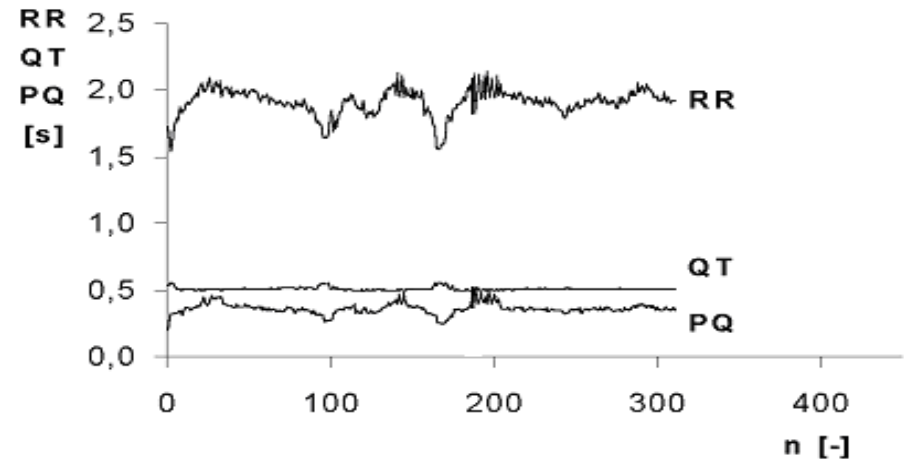
- ☑ zanedbatelná variabilita QT při významné variabilitě srdečního rytmu



# VZTAH INTERVALŮ RR A QT

## ⇒ KONĚ ⇐

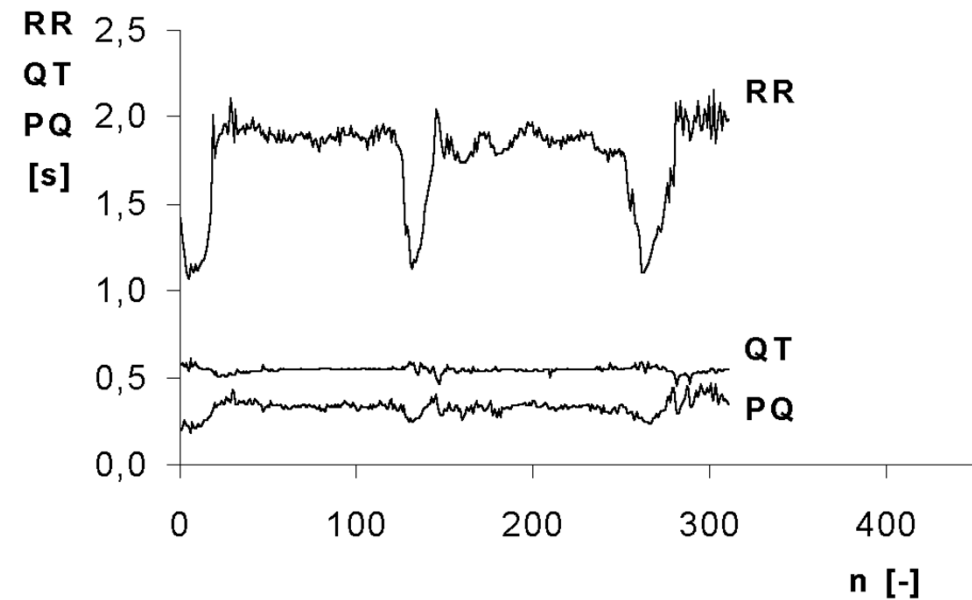
- ✓ nejdříve se při zkracování intervalů RR intervaly QT prodlouží a teprve poté se jejich hodnoty vrátí po počátečního stavu
- ✓ regresní přímka ve stavovém diagramu QT x RR má zápornou směrnici



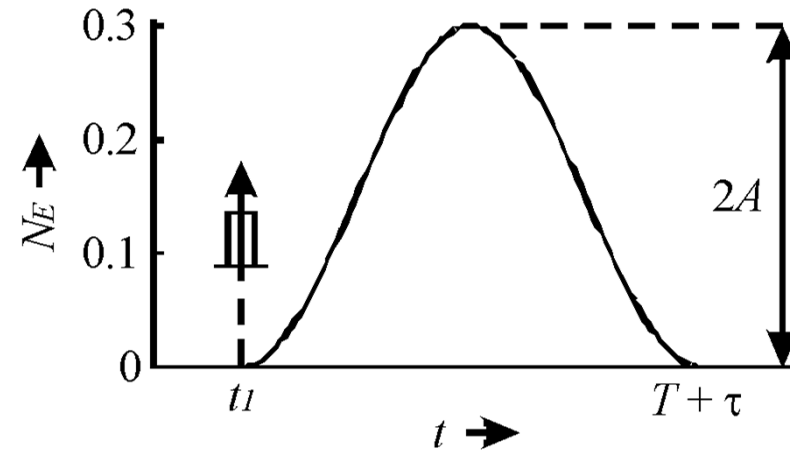
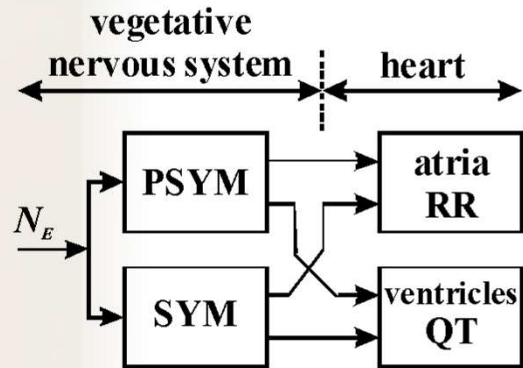
# VZTAH INTERVALŮ RR A QT

## ⇒ KONĚ ⇐

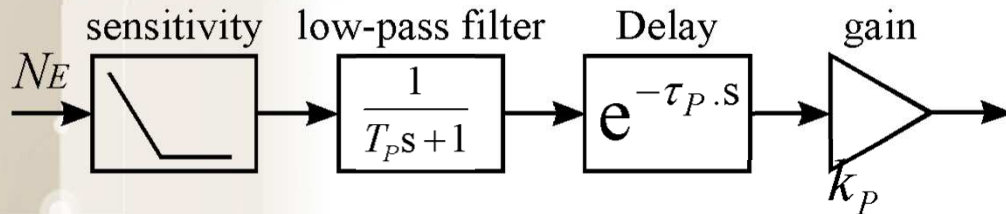
- ☑ spontánní periodické zrychlení srdeční činnosti s dobou opakování cca 180 až 340 s



# VZTAH INTERVALŮ RR A QT

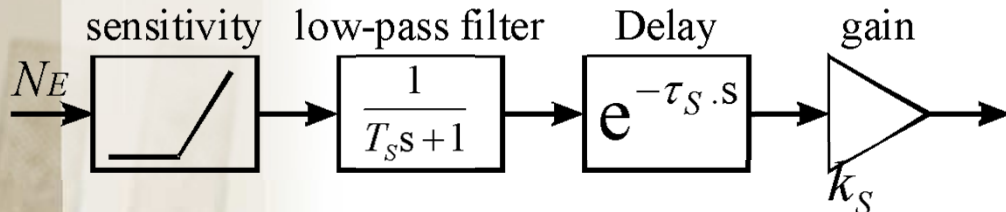


**PSYM – parasympatická větev**



$N_E$  – empiricky stanovený tvar vstupního signálu (emulace zpětné vazby)

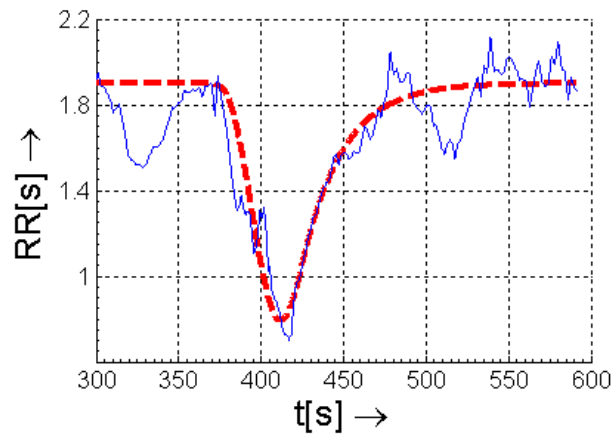
**SYM – sympatická větev**



$$N_E = \begin{cases} A \left[ \sin\left(\frac{2\pi}{T}(t-t_1) - \frac{\pi}{2}\right) + 1 \right] & \text{když } t_1 \leq t \leq t_1 + T \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

$t_1$  – doba stimulace

# VÝSLEDKY



$$T_{SR} = 25 \text{ s}$$

$$T_{PR} = 25 \text{ s}$$

$$T_{SQ} = 19 \text{ s}$$

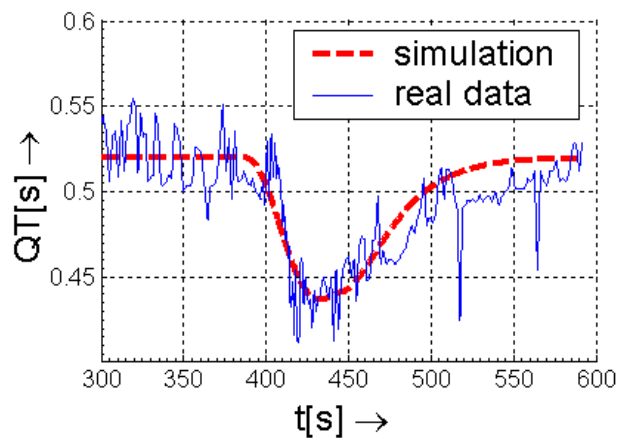
$$T_{PQ} = 17 \text{ s}$$

$$t_{SQ} = 18 \text{ s}$$

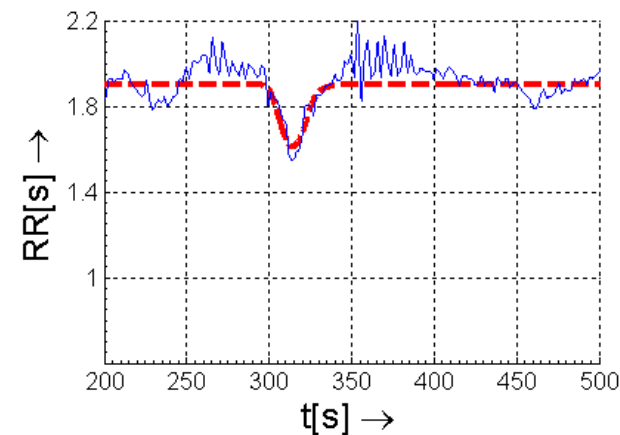
$$t_{PQ} = 20 \text{ s}$$

$$k_{SQ} = -5.1$$

$$k_{PQ} = -4.6$$



očekávaný vztah mezi  
intervaly RR a QT



$$T_{SR} = 4 \text{ s}$$

$$T_{PR} = 4 \text{ s}$$

$$T_{SQ} = 18 \text{ s}$$

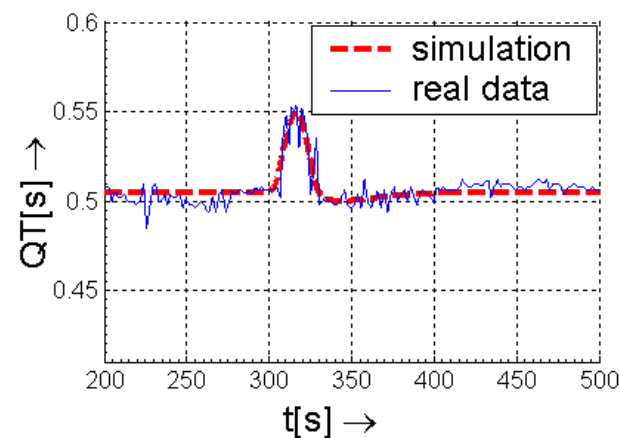
$$T_{PQ} = 18 \text{ s}$$

$$t_{SQ} = 4 \text{ s}$$

$$t_{PQ} = 1.2 \text{ s}$$

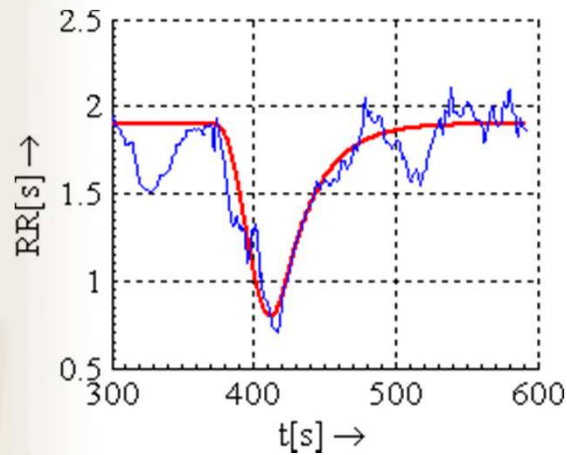
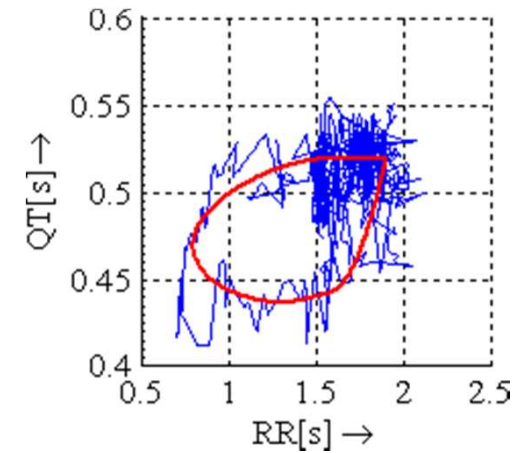
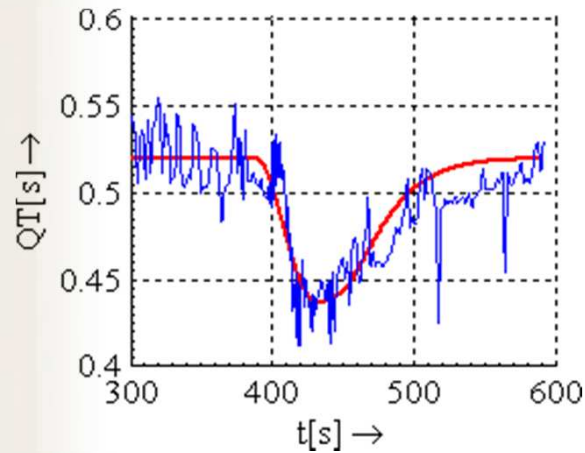
$$k_{SQ} = -4.2$$

$$k_{PQ} = -4.6$$



nestandardní průběh odezvy  
intervalů QT

# VÝSLEDKY – MODEL v2.3



$$T = 58 \text{ s}$$

$$A = 0.233 \text{ nu}$$

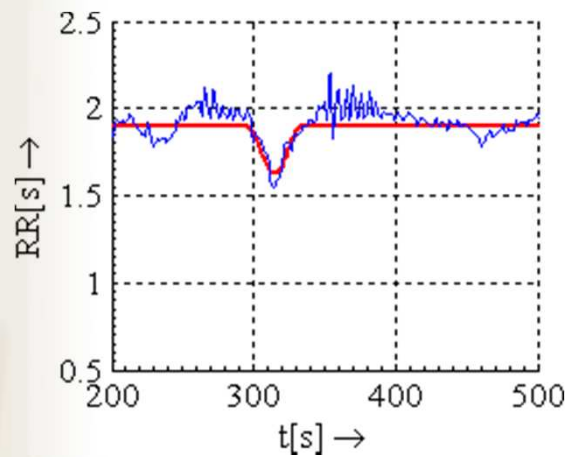
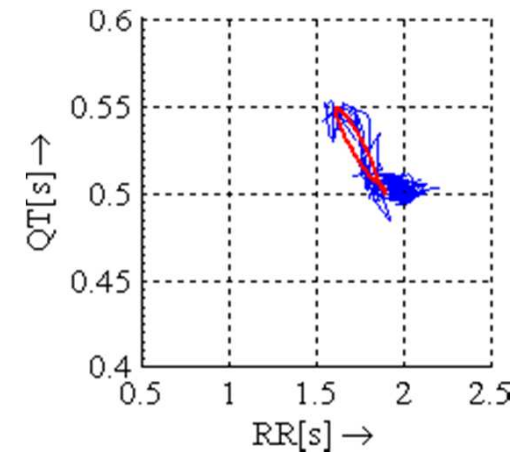
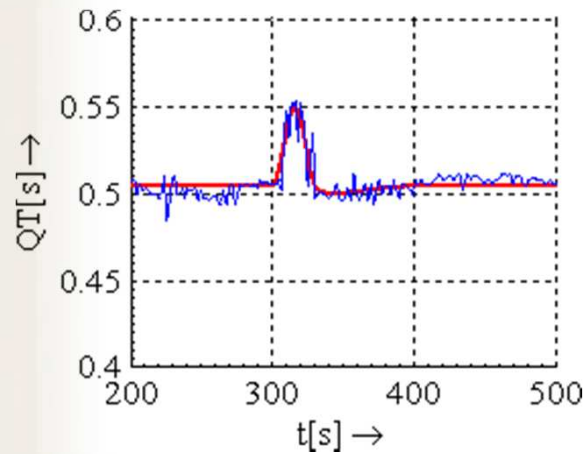
$$RR_{SAU} = 1.33 \text{ s} \quad QT_k = 3.65 \text{ s}$$

$$\tau_{SYM\_QT} = 18 \text{ s} \quad k_{SYM\_QT} = 4.8$$

$$\tau_{PSYM\_QT} = 19 \text{ s} \quad k_{PSYM\_QT} = 4.3$$



# VÝSLEDKY – MODEL v2.3



$$T = 32 \text{ s}$$

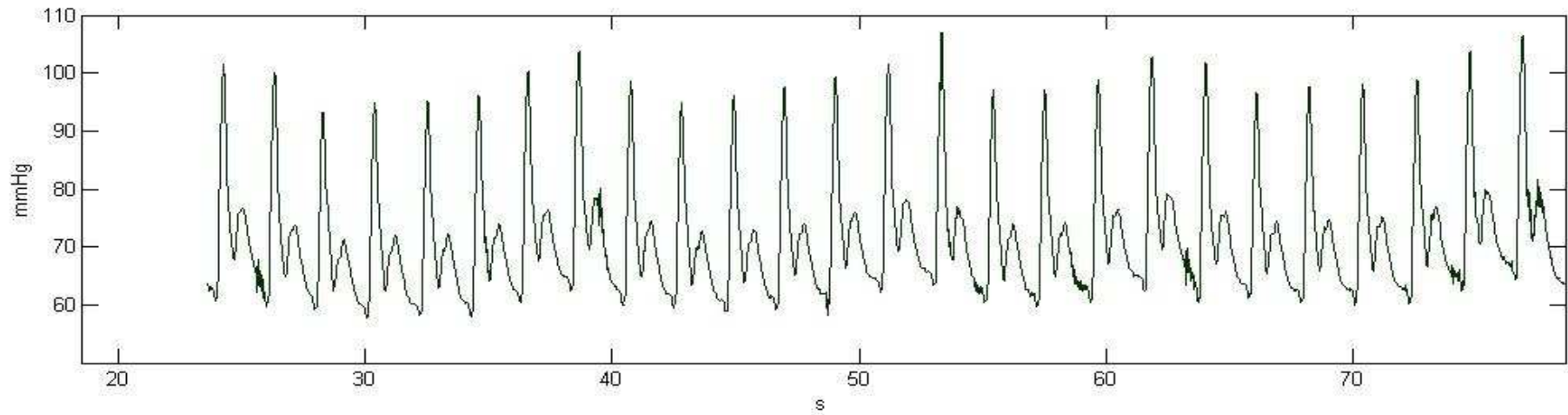
$$A = 0.0418 \text{ nu}$$

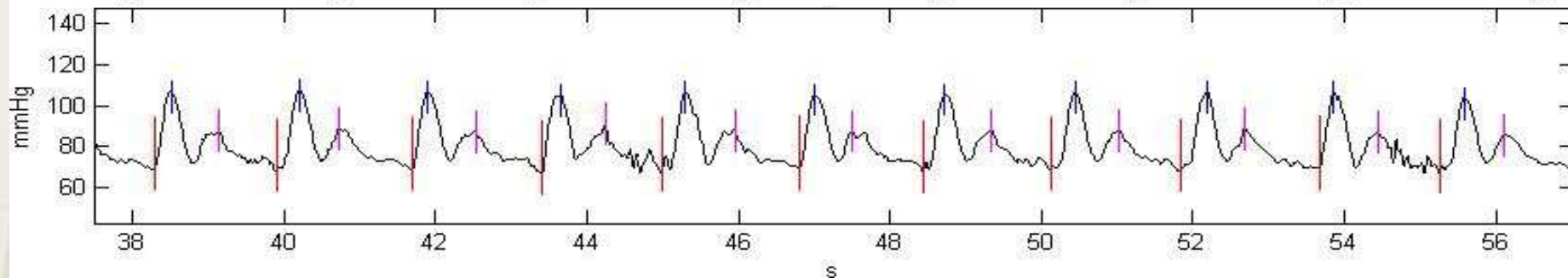
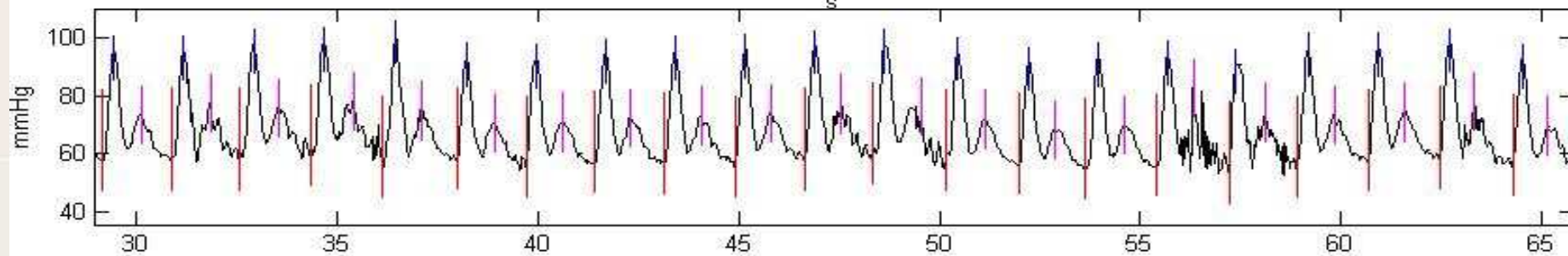
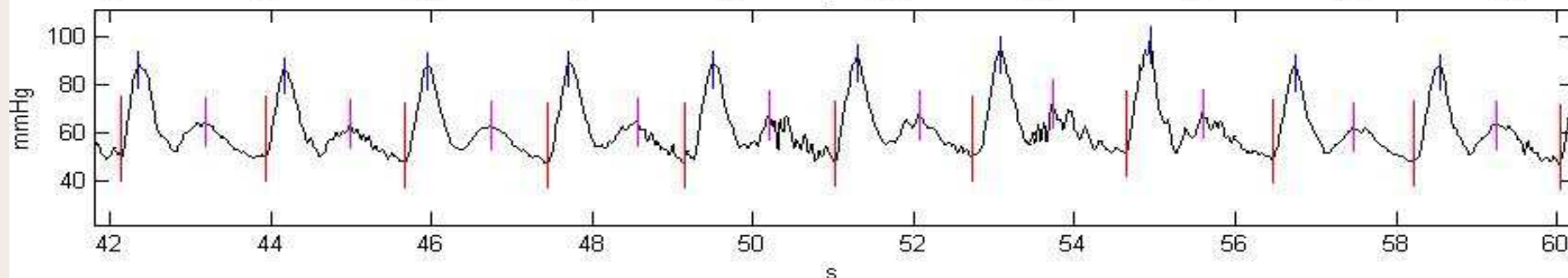
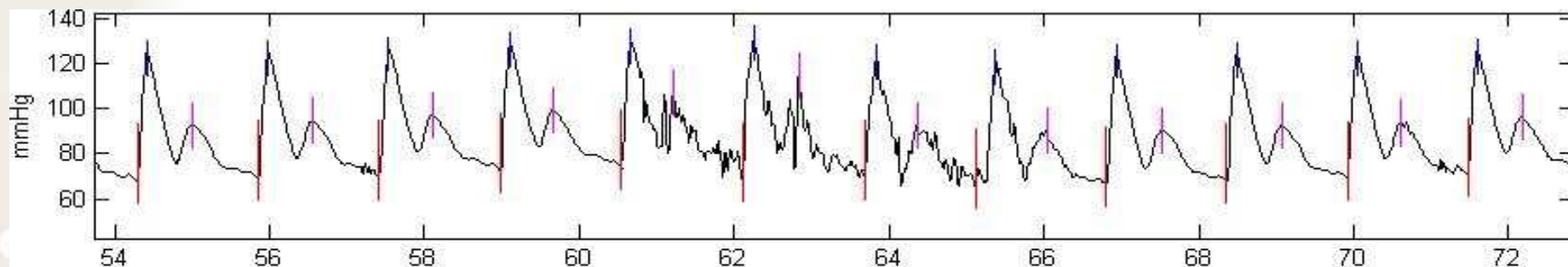
$$RR_{SAU} = 1.33 \text{ s} \quad QT_k = 3.36 \text{ s}$$

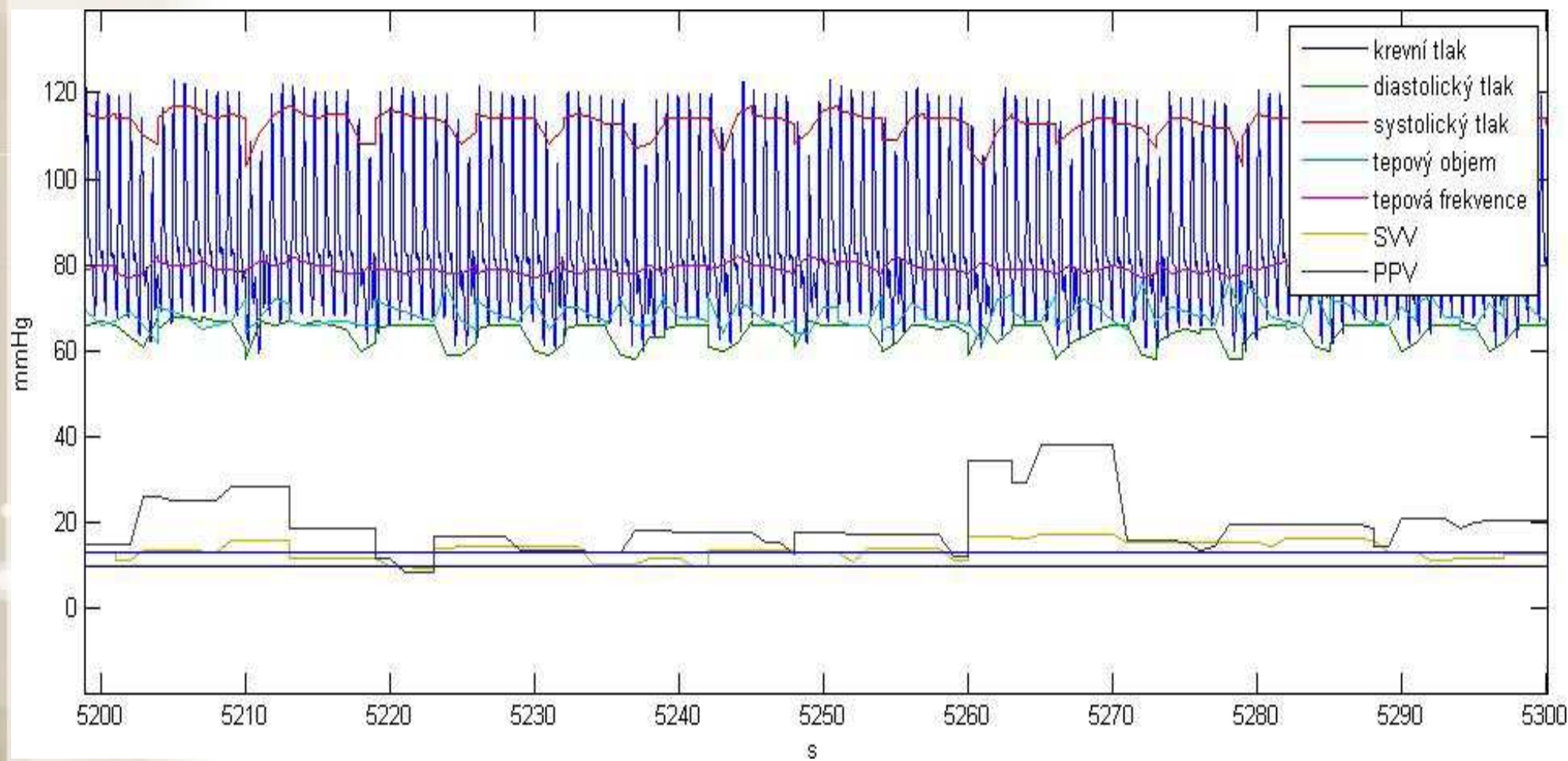
$$\tau_{SYM\_QT} = 6.4 \text{ s} \quad k_{SYM\_QT} = 3.8$$

$$\tau_{PSYM\_QT} = 4.4 \text{ s} \quad k_{PSYM\_QT} = 4.2$$

# STANOVENÍ PARAMETRŮ KŘIVKY KREVNÍHO TLAKU PRO ŘÍZENÍ VENTILACE PŘI ANESTÉZII U KONÍ





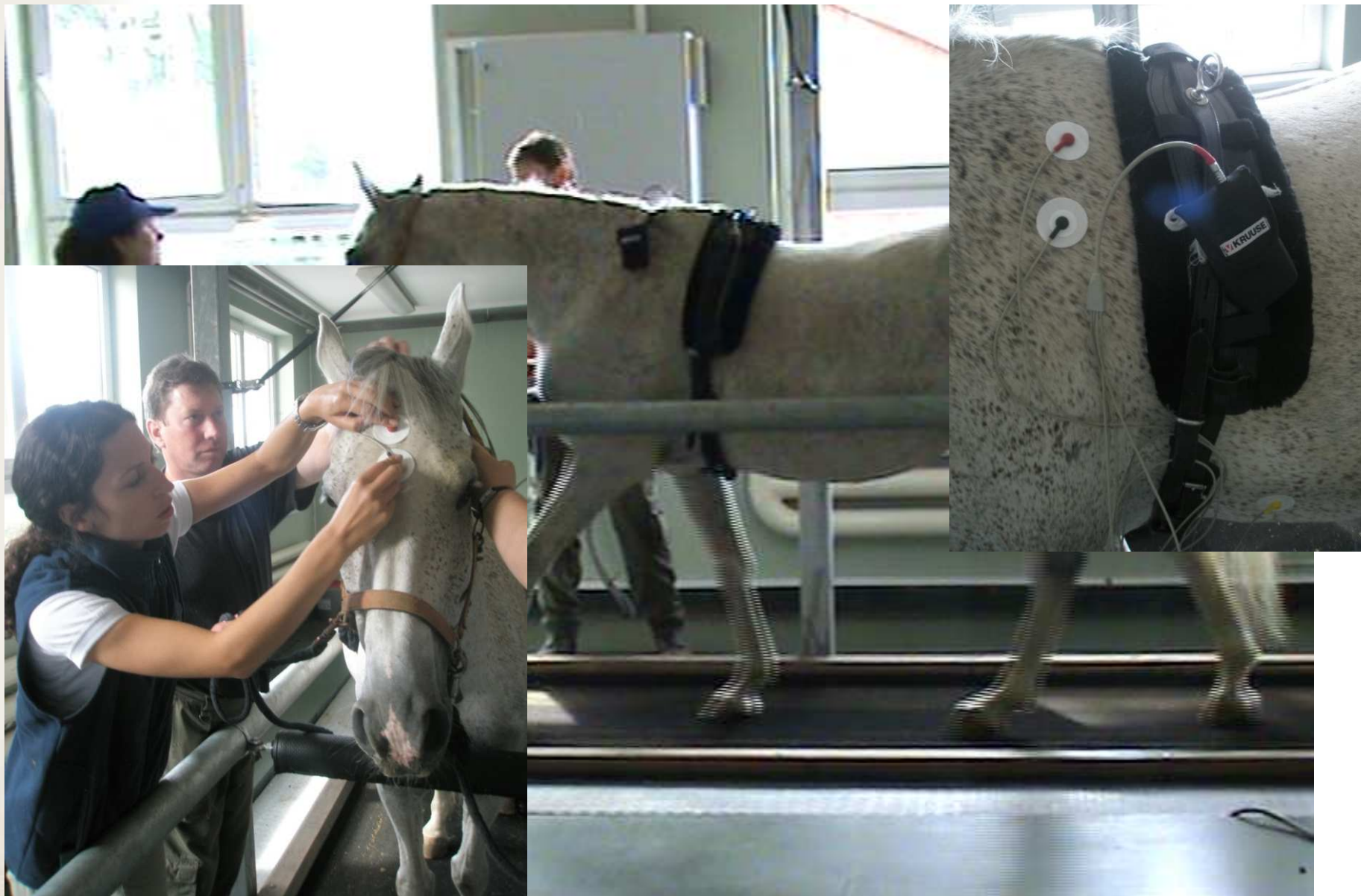


# HODNOCENÍ PARAMETRŮ SIGNÁLU EKG PŘI ZÁTĚŽOVÉM VYŠETŘENÍ KONÍ

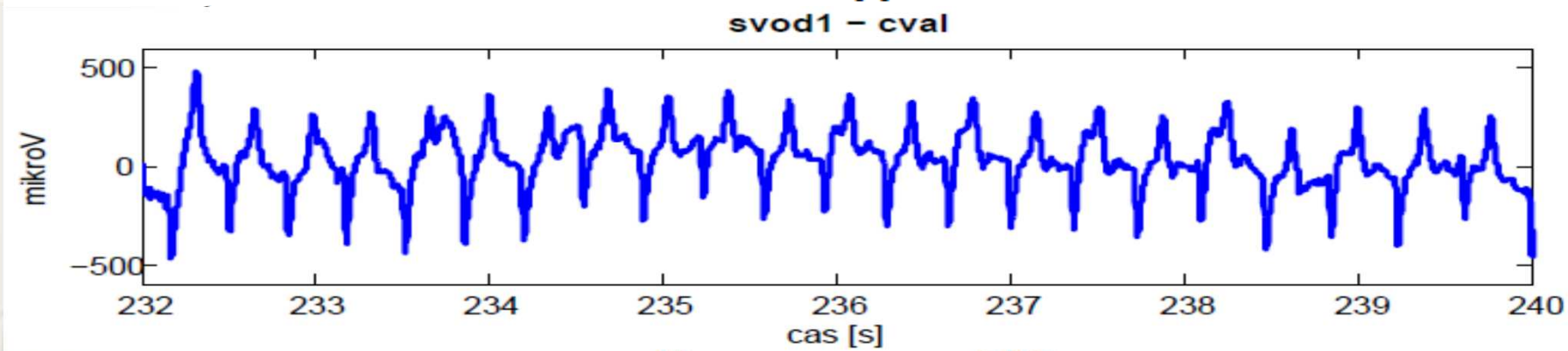
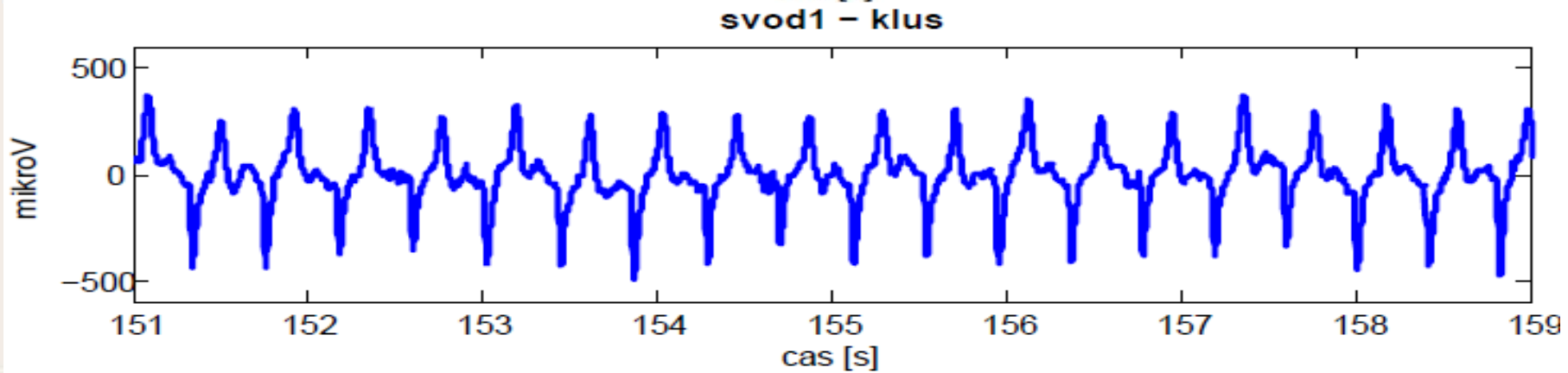
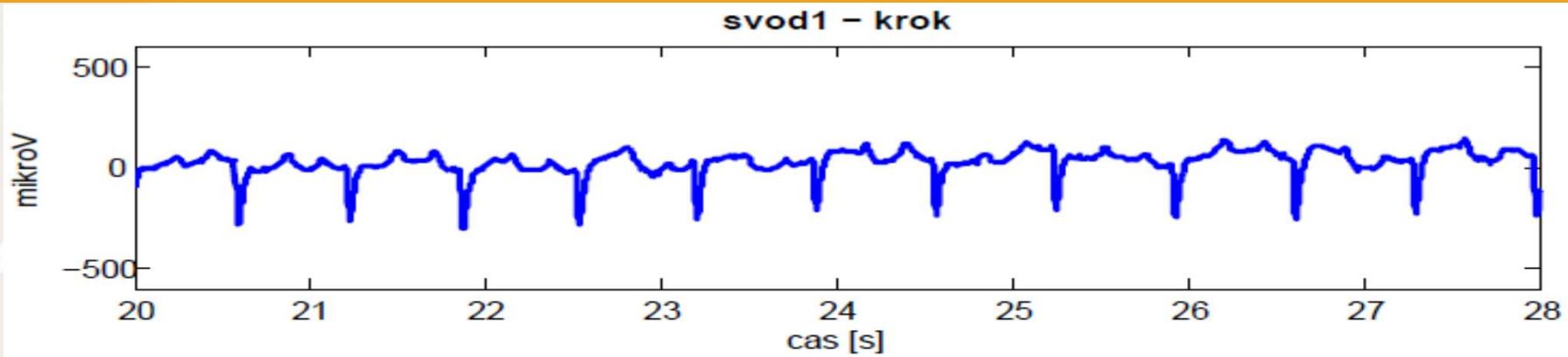
# ZÁTĚŽOVÉ VYŠETŘENÍ KONÍ



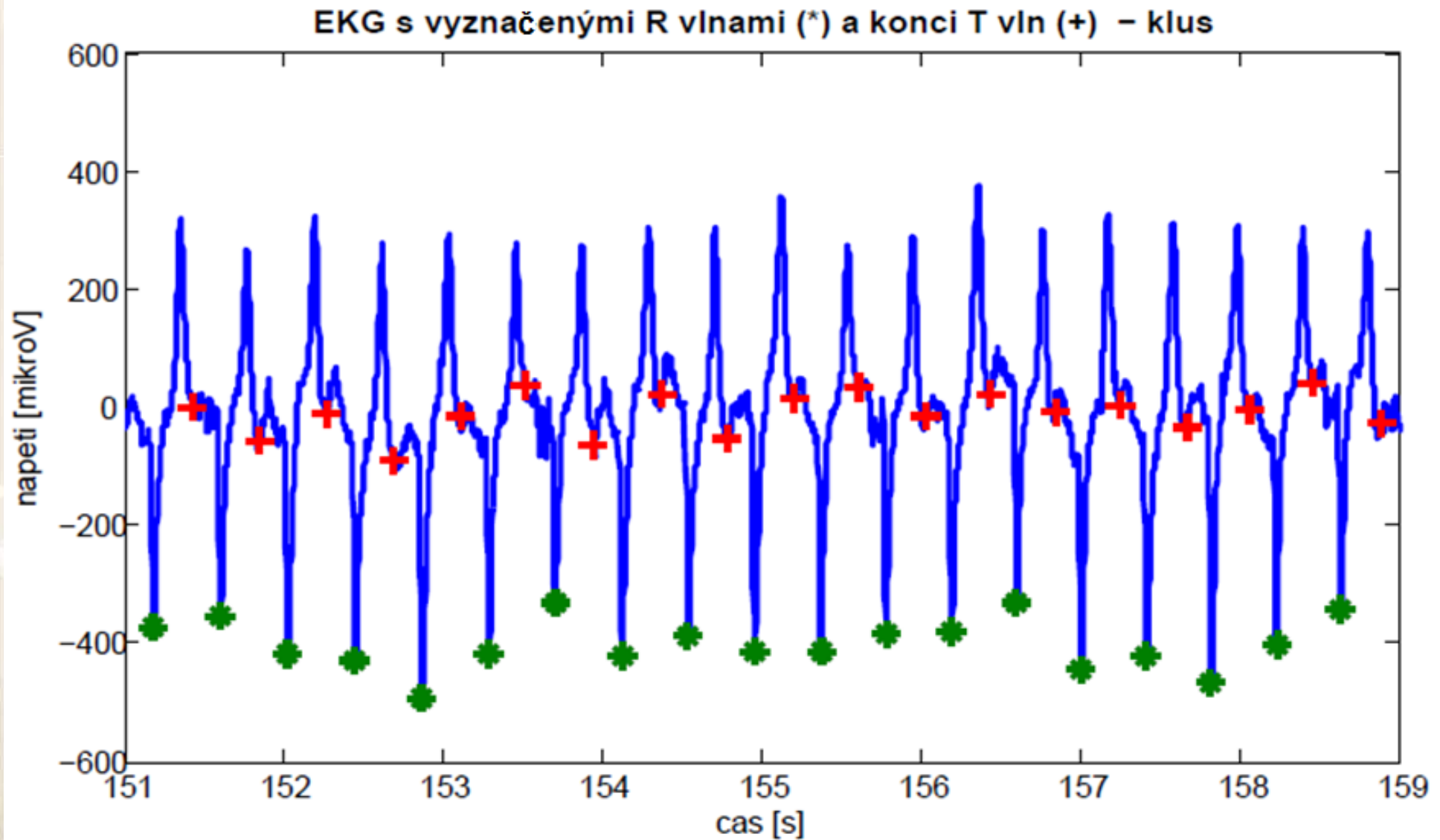
# ZÁTĚŽOVÉ VYŠETŘENÍ KONÍ



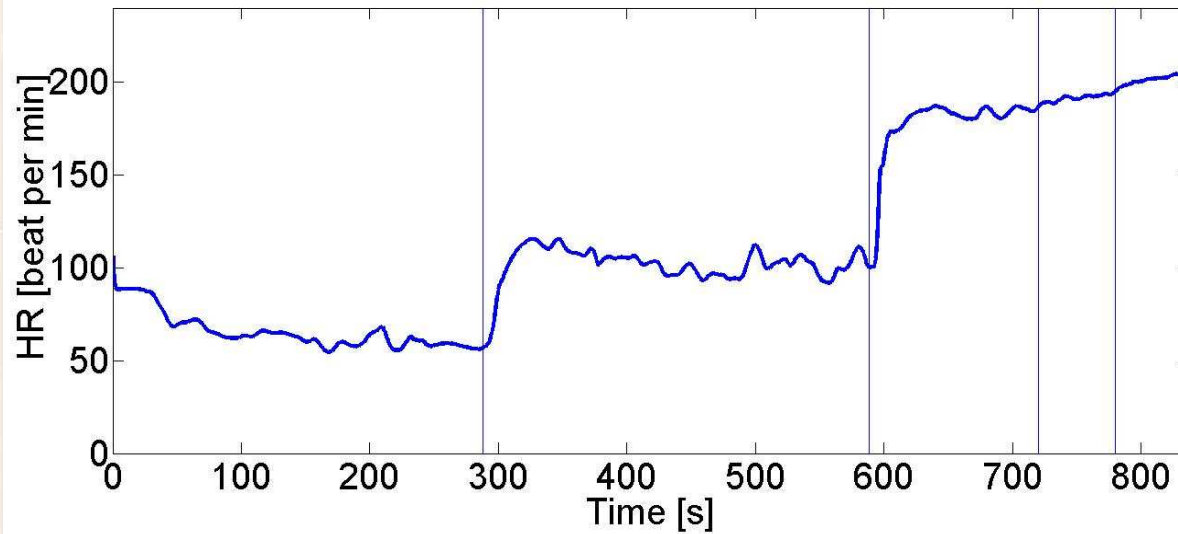




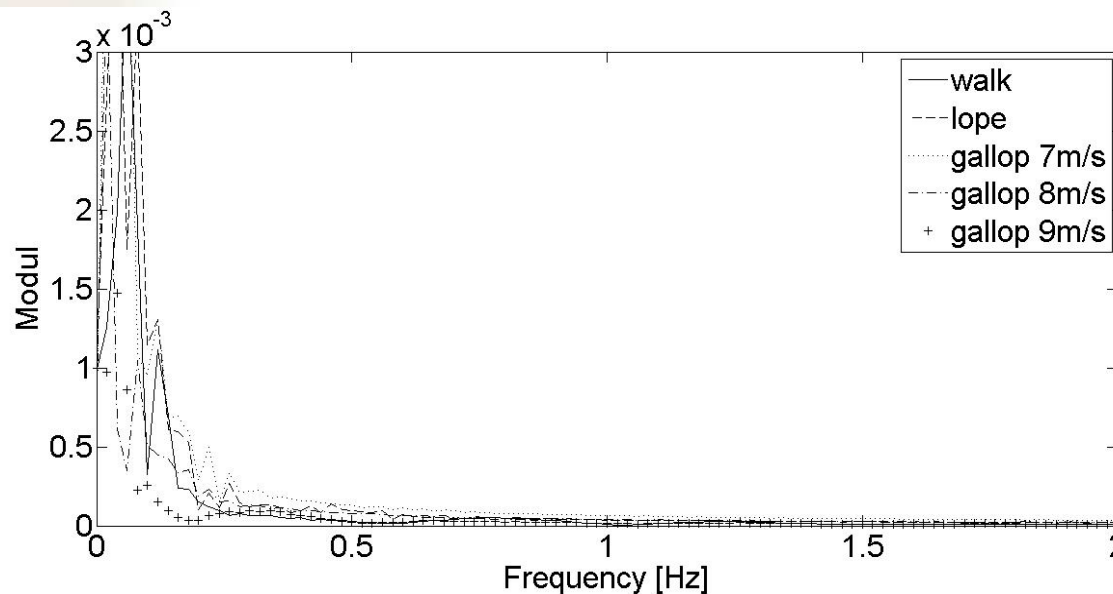
# VÝSLEDEK DETEKCE QRS KOMPLEXŮ A KONCŮ VLN T KLUS



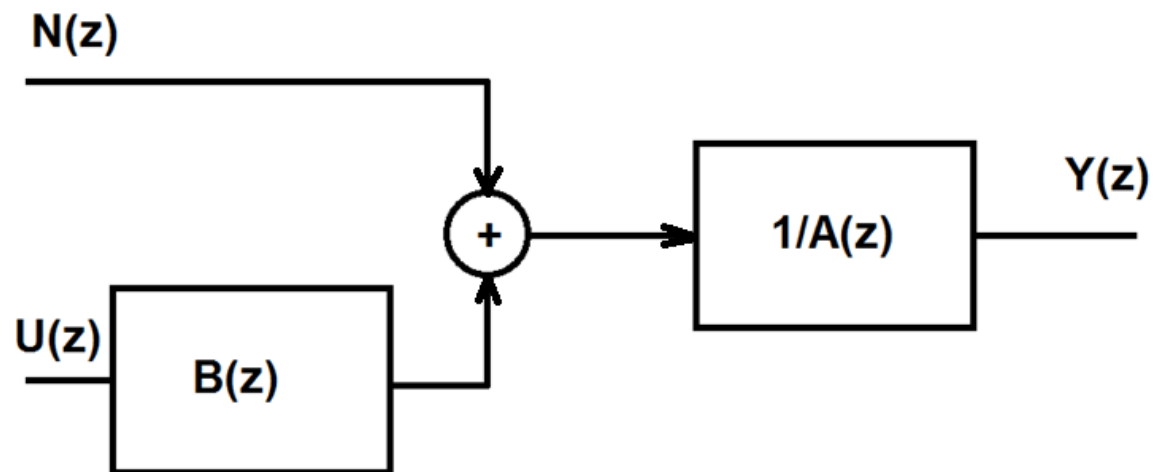
# POSLOUPNOST RR INTERVALŮ A FREKVENČNÍ SPEKTRA JEJÍCH ÚSEKŮ



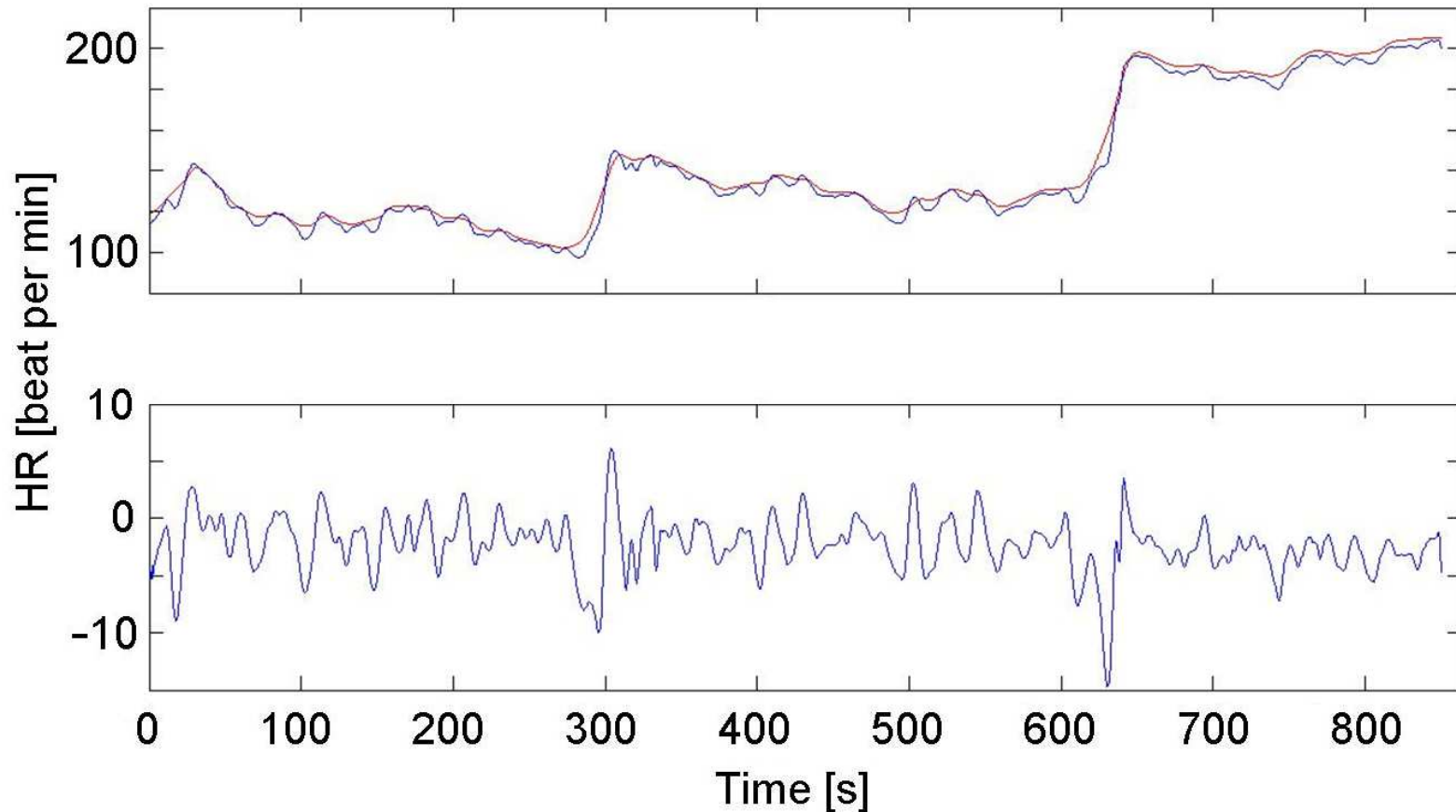
posloupnost RR intervalů při standardizované zátěži



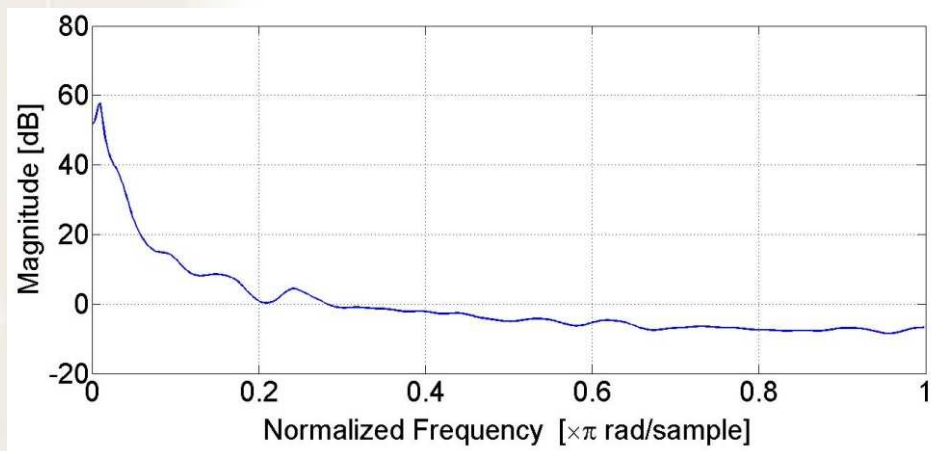
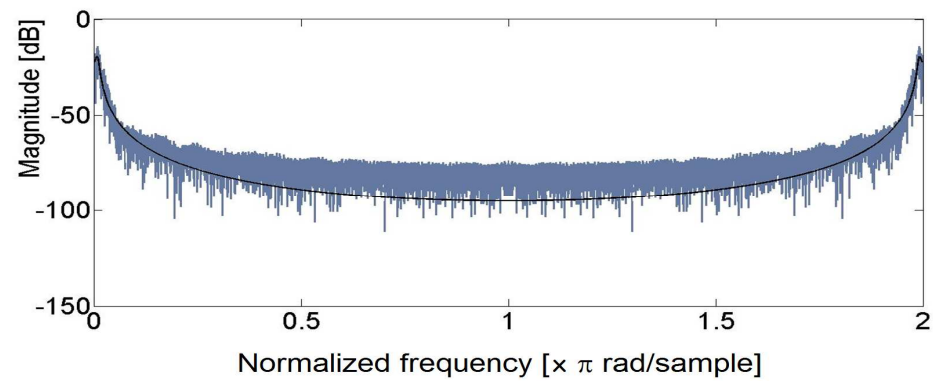
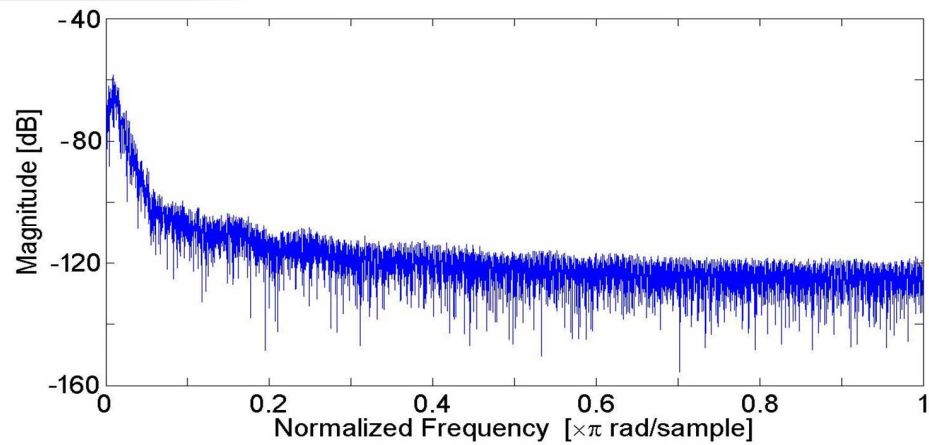
frekvenční spektra jednotlivých fází zátěže



$$Y(z) = \frac{B(z)}{A(z)} \cdot U(z) + \frac{1}{A(z)} N(z)$$



odstranění nestacionární složky RR intervalů  
a eliminovaná stacionární složka



# VÝUKA

## ☑ Bc studium

- Časové řady (Signály a lineární systémy) (Bi5440)  
povinný předmět - 3.ročník, 5.semestr
- Vícerozměrné metody (Bi8600) + cvičení (Bi8600c)  
povinný předmět - 3. ročník, 5. semestr  
(RNDr.E.Janoušová, RNDr J.Jarkovský)

## ☑ Mgr studium

- Lineární a adaptivní zpracování dat (Bi0440)  
povinný předmět - 1.ročník, 1.semestr (Ing.D.Schwarz)
- Analýza a klasifikace dat (Bi0034)  
povinný předmět - 1.ročník, 1.semestr (RNDr.E.Janoušová)
- Spektrální analýza časových řad (Bi6446)  
doporučený volitelný předmět - jarní semestr



**PŘEJI VÁM PĚKNÉ VÁNOCE  
A ÚSPĚŠNÉ PRVNÍ ZKUŠEBNÍ OBDOBÍ**