



ÚVOD DO MATEMATICKÉ BIOLOGIE



prof. Ing. Jiří Holčík, CSc.

zástupce ředitele IBA pro výuku

© Institut biostatistiky a analýz

OBLASTI ZÁJMU

- ☑ zpracování biologických a medicínských signálů a časových řad, zejména signálů generovaných kardiovaskulárním systémem;
- ☑ modelování fyziologických systémů, procesů a dějů, zejména kardiovaskulárního systému a jeho řízení;
- ☑ rozpoznávání a klasifikace biologických objektů (jejich matematické reprezentace);

PEDAGOGICKÉ AKTIVITY

☑ Bc studium

- Signály a soustavy v matematické biologii (Bi5440), povinný předmět - 3.ročník, 5.semestr
- Zpracování a analýza biosignálů (Bi5445), doporučený volitelný předmět – 3. ročník, 6.semestr

☑ Mgr studium

- Analýza a klasifikace biomedicínských dat (Bi0034), povinný předmět – 2.ročník, 3.semestr
- Optimalizační metody v matematické biologii (Bi3443), doporučený volitelný předmět – 2.ročník, 4. semestr

☑ PhD studium

- Spektrální analýza biosignálů (Bi6446)
- Naturální algoritmy (Bi7447)

PEDAGOGICKÉ AKTIVITY

☑ Bc studium

- Signály a soustavy v matematické biologii (Bi5440), povinný předmět - 3.ročník, 5.semestr
- Zpracování a analýza biosignálů (Bi5445), doporučený volitelný předmět – 3. ročník, 6.semestr

☑ Mgr studium

- Analýza a klasifikace biomedicínských dat (Bi0034), povinný předmět – 2.ročník, 3.semestr
- Optimalizační metody v matematické biologii (Bi3443), doporučený volitelný předmět – 2.ročník, 4. semestr

☑ PhD studium

- Spektrální analýza biosignálů (Bi6446)
- Naturální algoritmy (Bi7447)

VÝZKUMNÉ AKTIVITY

- ☑ kvantifikace vlivu sympatické a parasympatické větve autonomního nervového systému na funkci kardiovaskulární soustavy;
- ☑ klasifikace vybraných druhů hmyzu na základě znalosti množiny příznaků

VÝZKUMNÉ AKTIVITY

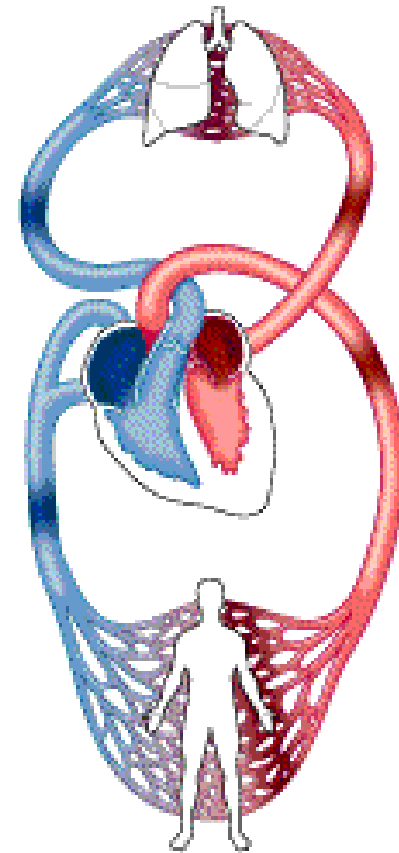
- ☑ kvantifikace vlivu sympatické a parasympatické větve autonomního nervového systému na funkci kardiovaskulární soustavy;
- ☑ klasifikace vybraných druhů hmyzu na základě znalosti množiny příznaků, příp. výběr a uspořádání příznaků podle informačního obsahu

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)

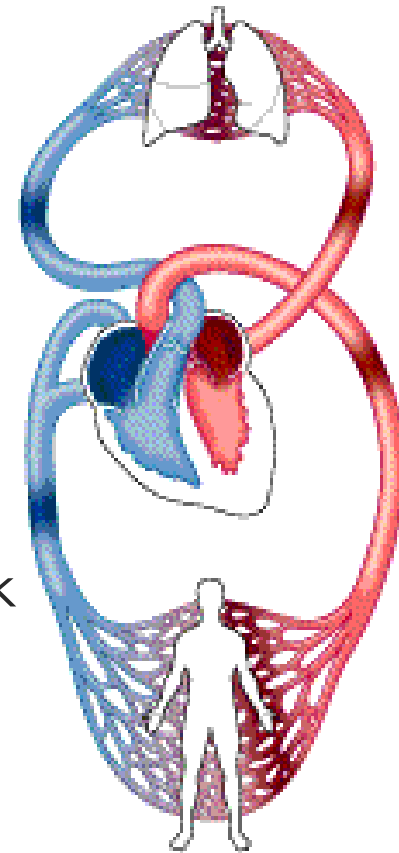
→ hormonální řízení

- přímo, příp. nepřímo uvolněním vazoaktivních látek

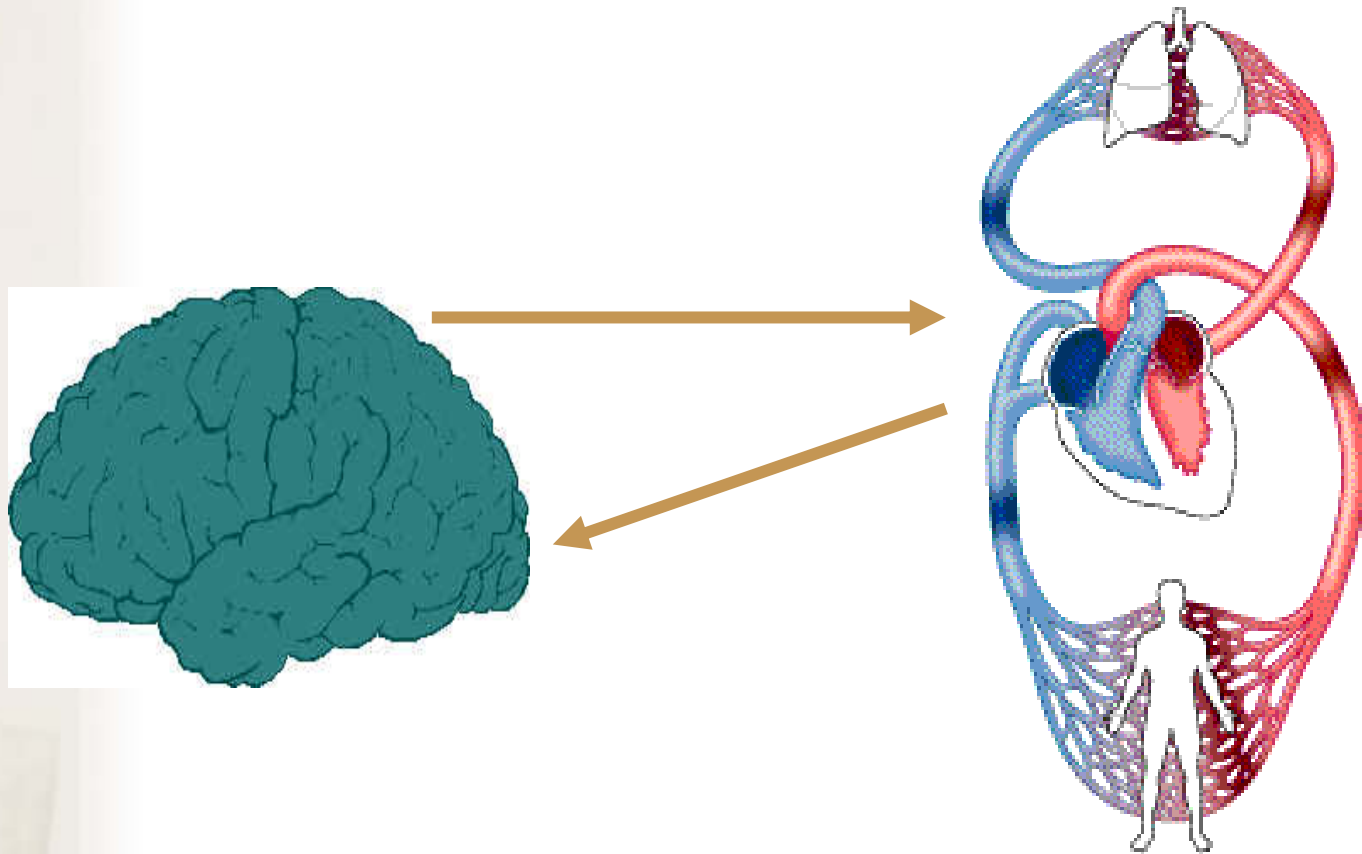
✓ **lokální řízení**

→ myogenní efekty

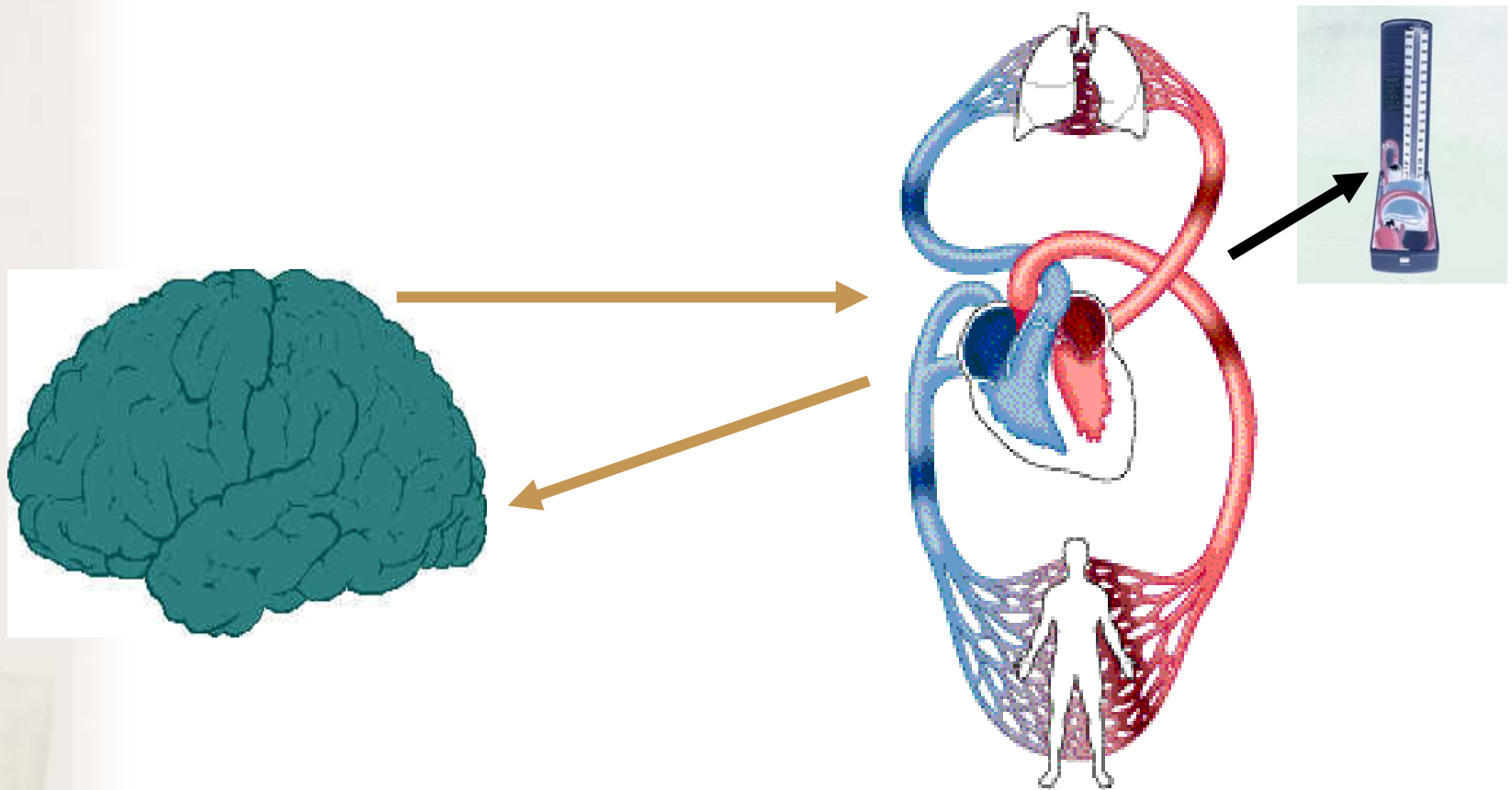
→ metabolické efekty



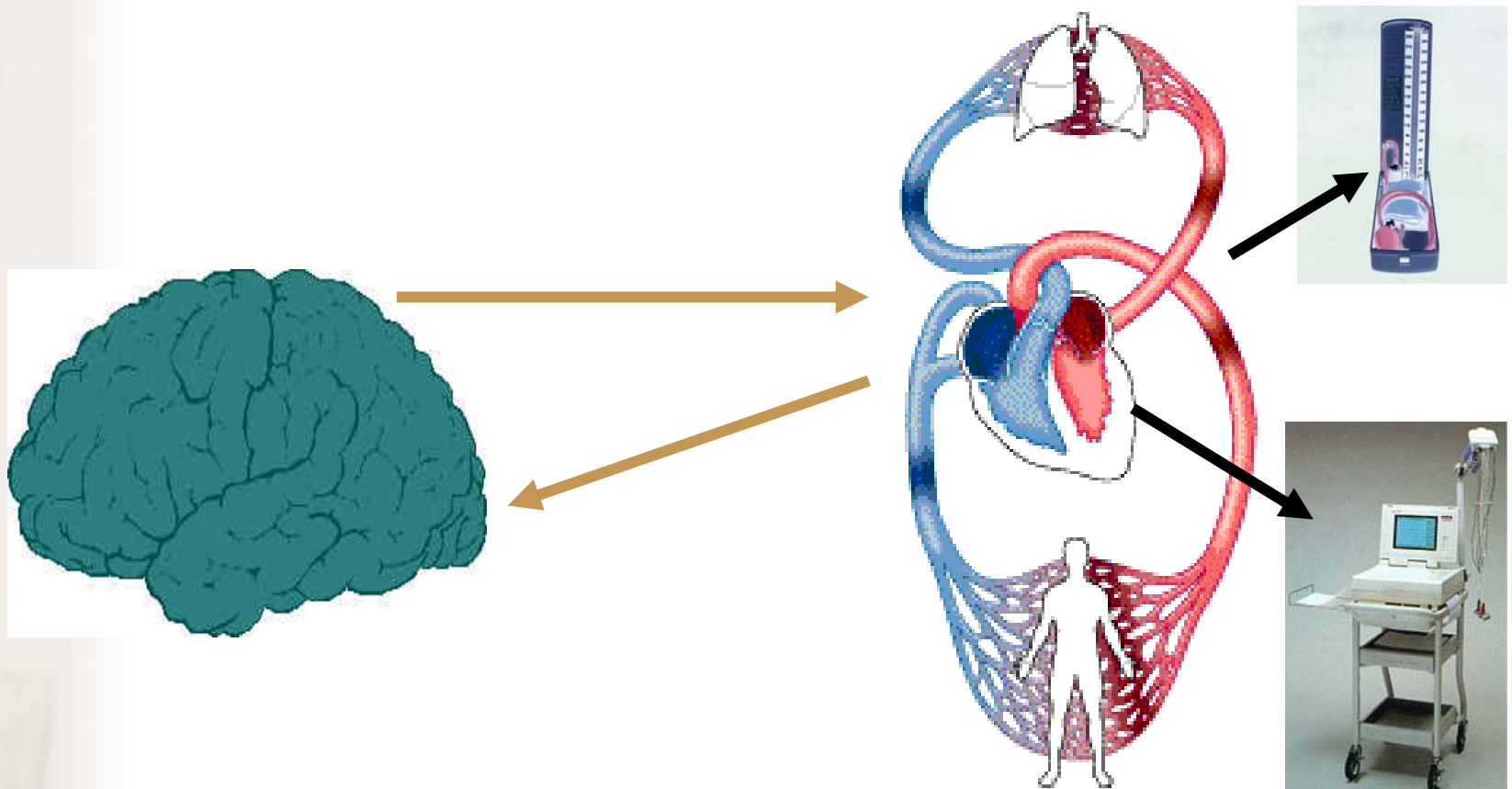
ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY



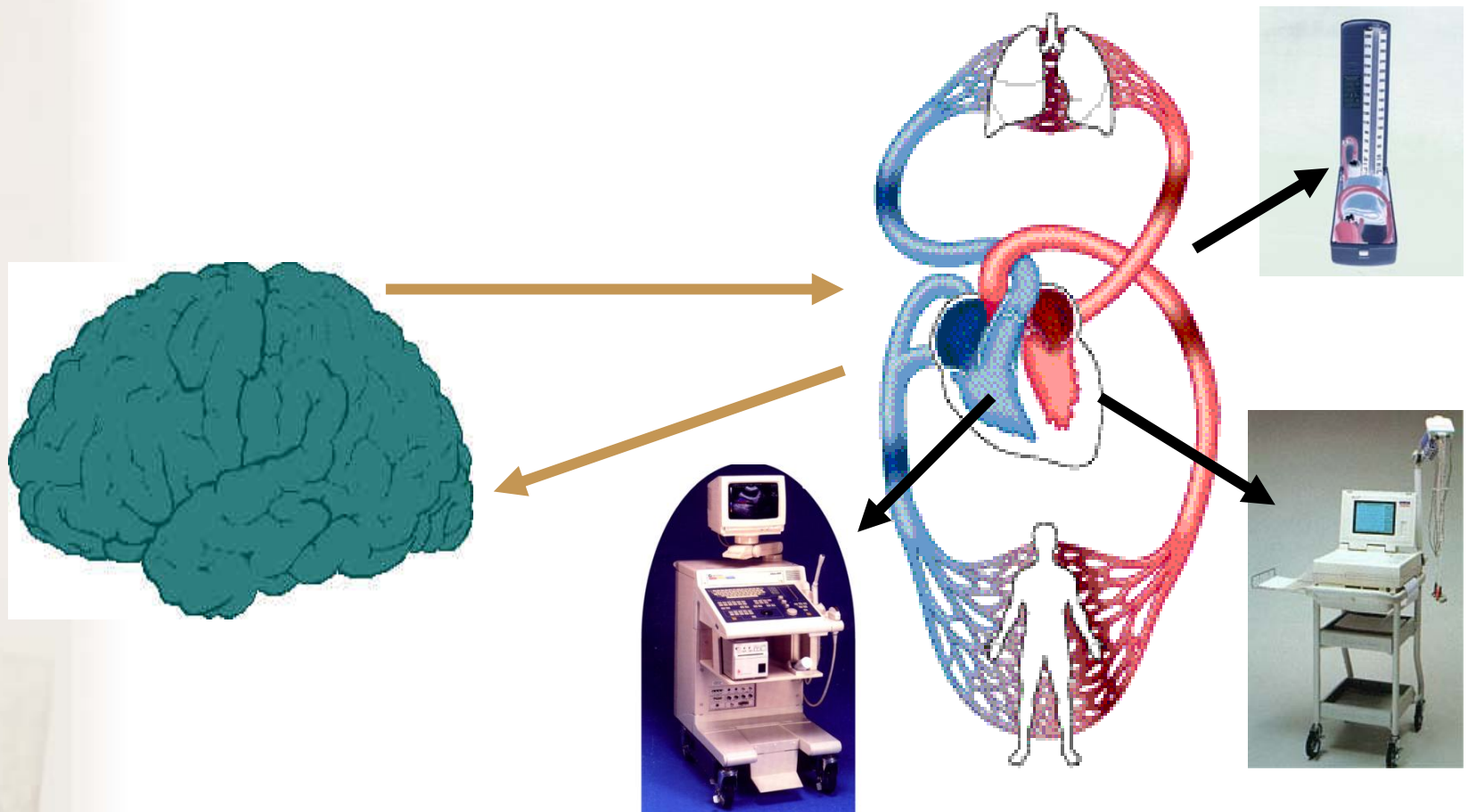
ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY



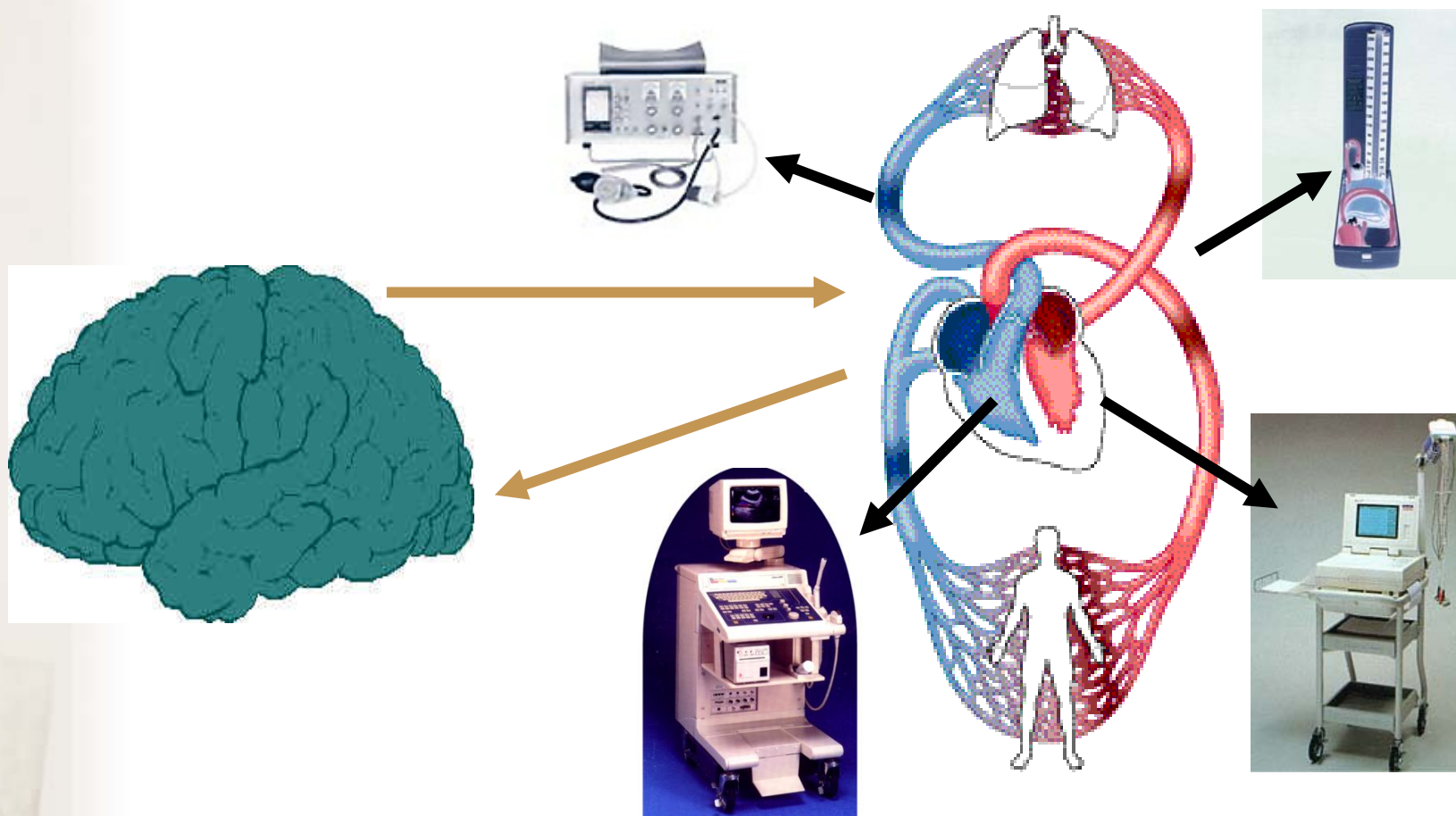
ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY



ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY

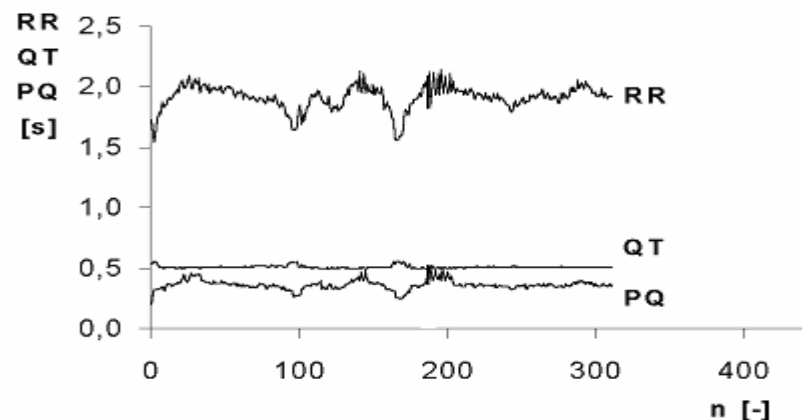


ŘÍZENÍ KARDIOVASKULÁRNÍ SOUSTAVY



VARIABILITA SRDEČNÍHO RYTMU

- ☑ **VARIABILITA SRDEČNÍHO RYTMU**, tj. fluktuace jak 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.

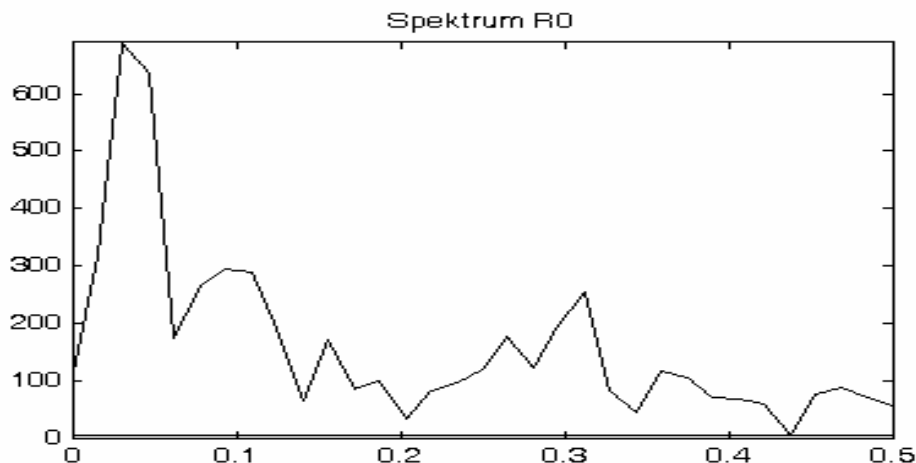


SOUVISLOSTI

- ☑ 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 ~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;

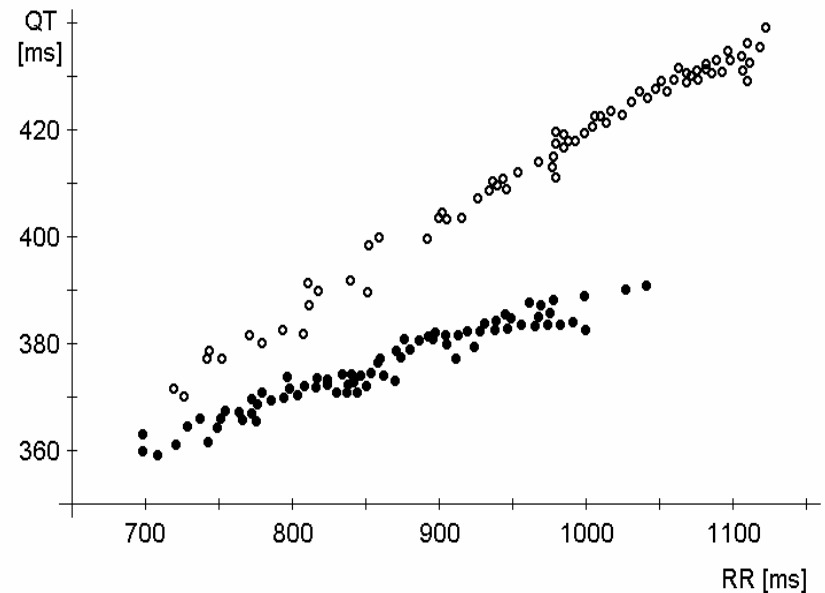
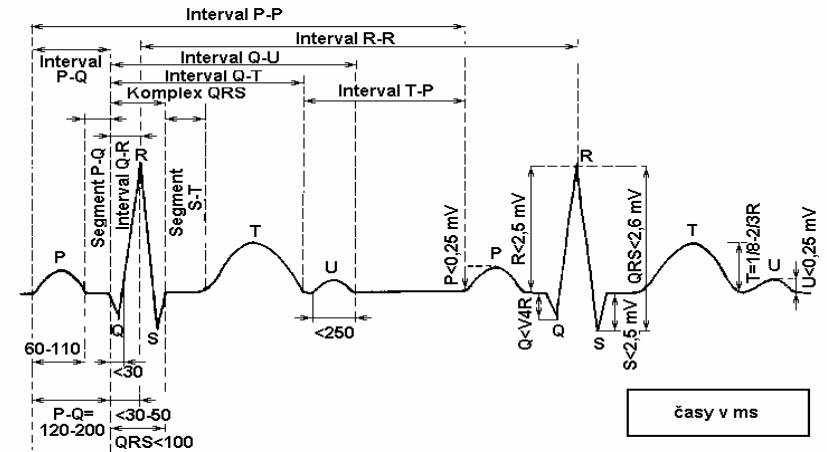
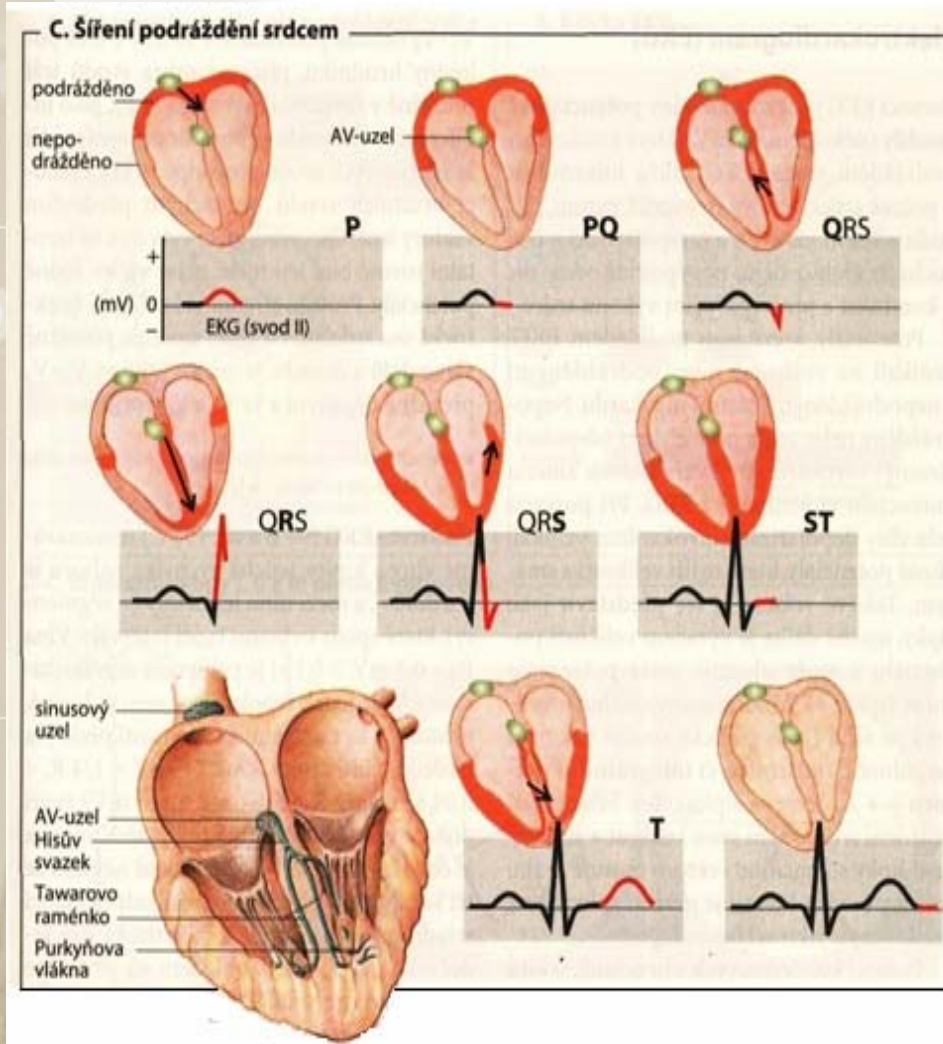
ANALÝZA VARIABILITY KVS KONÍ

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

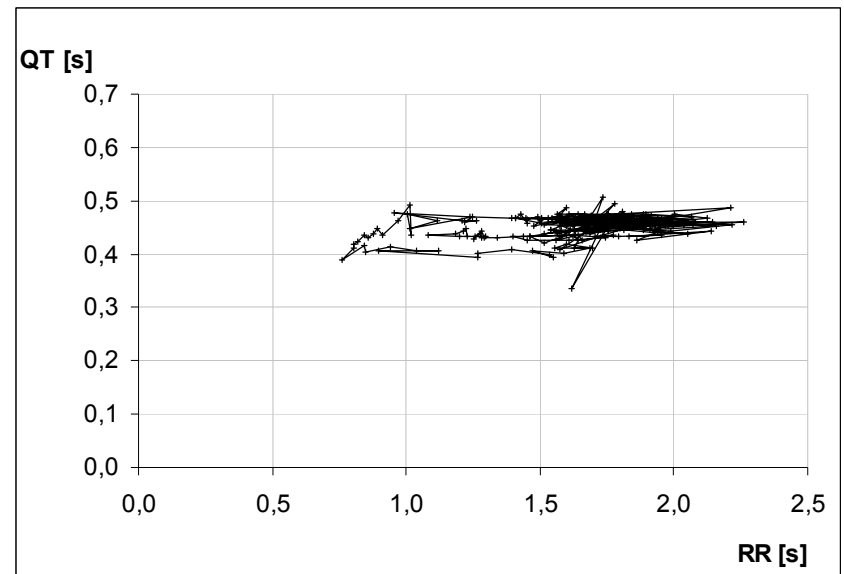
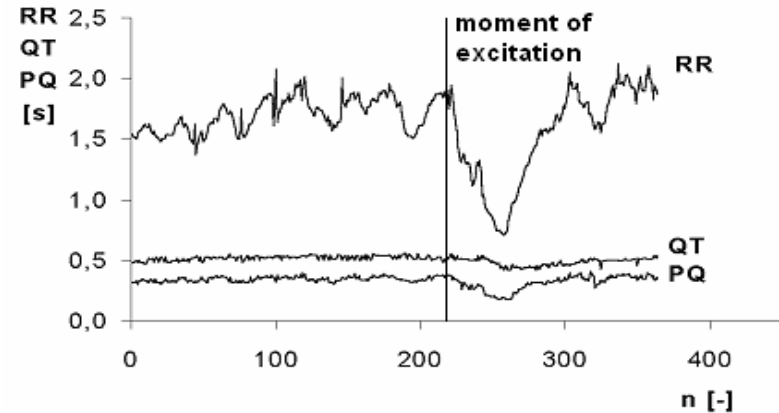
⇒ LIDÉ ⇐



VZTAH INTERVALŮ RR A QT

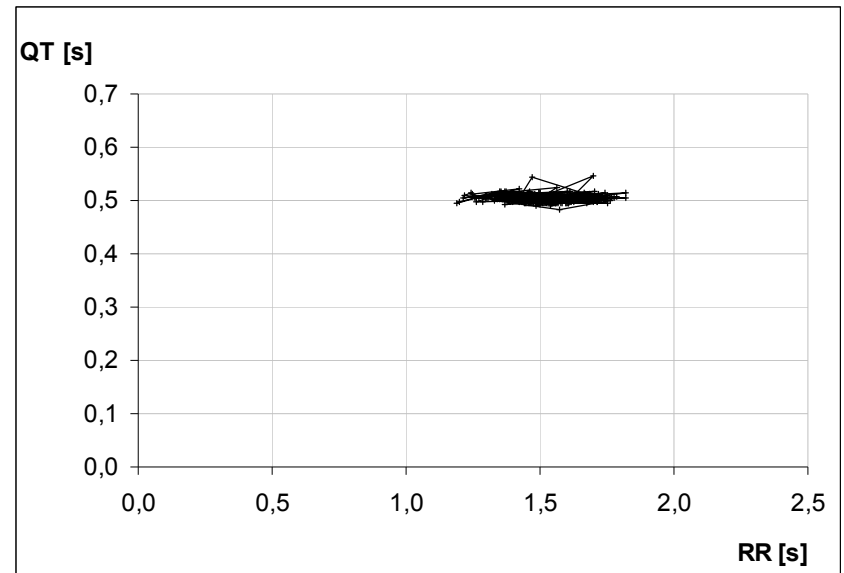
⇒ KONĚ ⇐

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



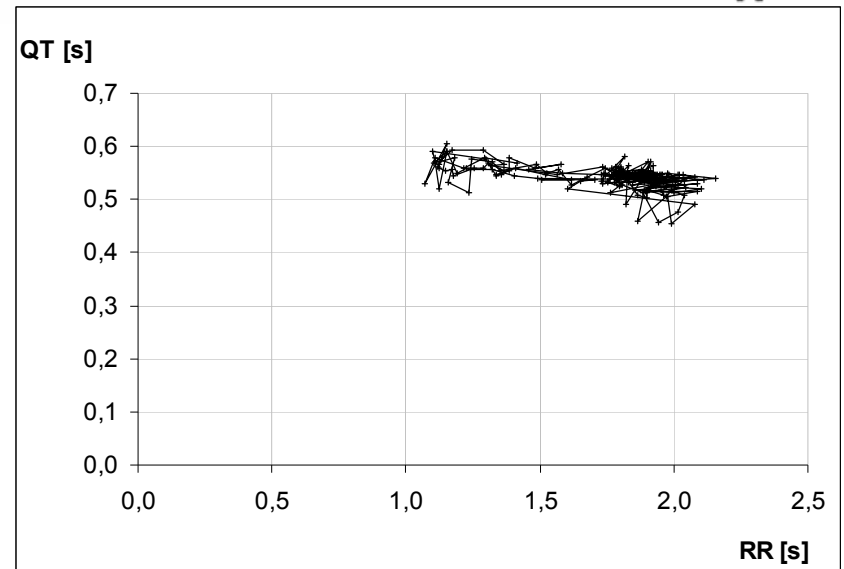
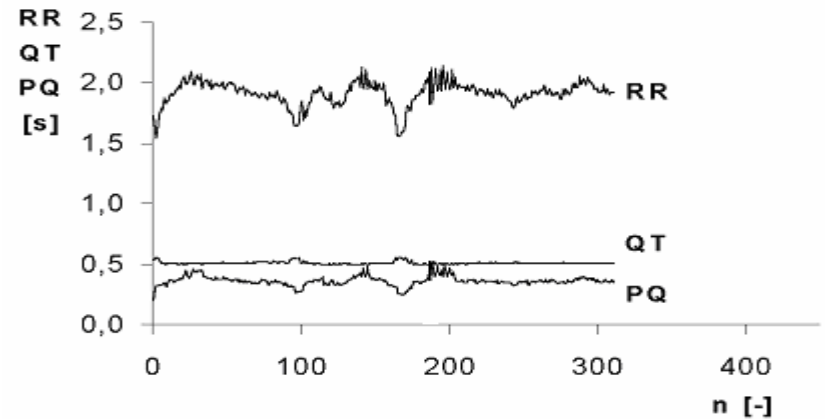
VZTAH INTERVALŮ RR A QT ⇒ KONĚ ⇐

- ☑ zanedbatelná variabilita QT při významné variabilitě srdečního rytmu



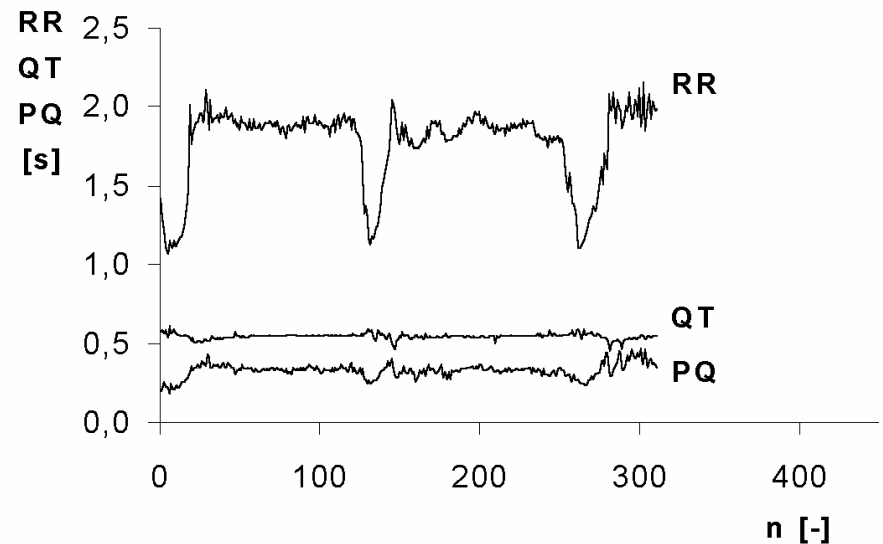
VZTAH INTERVALŮ RR A QT ⇒ KONĚ ⇐

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

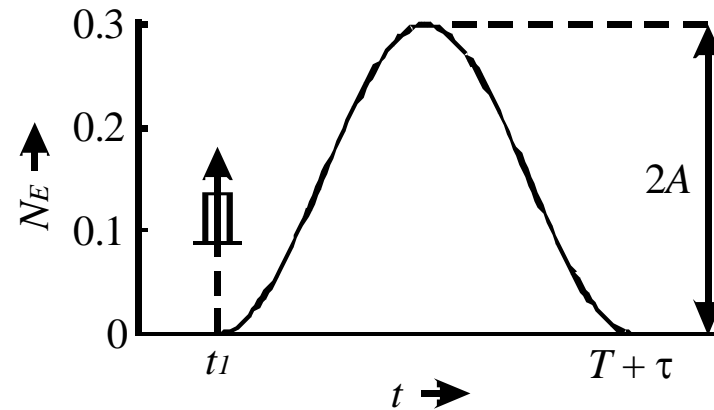
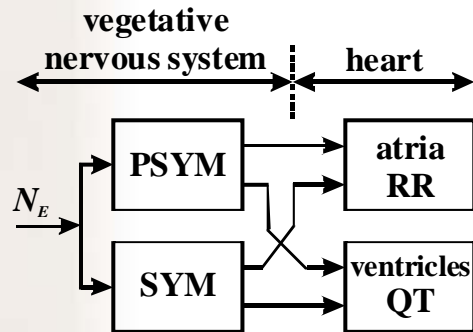


VZTAH INTERVALŮ RR A QT ⇒ KONĚ ⇐

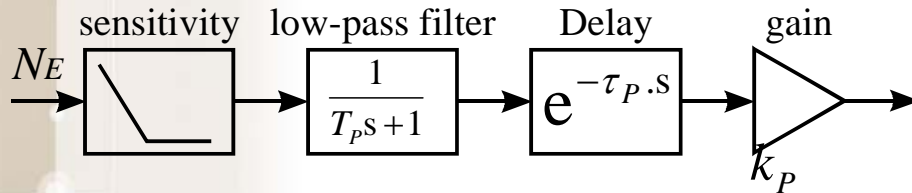
- ☑ spontánní periodické zrychlení srdeční činnosti s dobou opakování cca 180 až 340 s



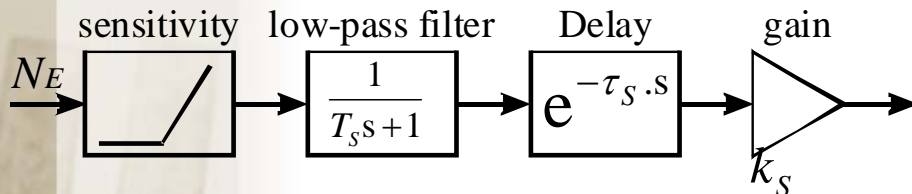
VZTAH INTERVALŮ RR A QT



PSYM – parasympatická větev



SYM – sympatická větev

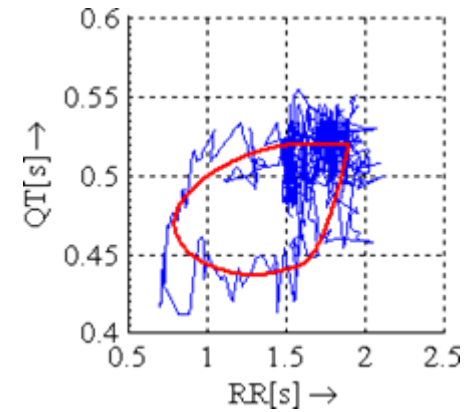
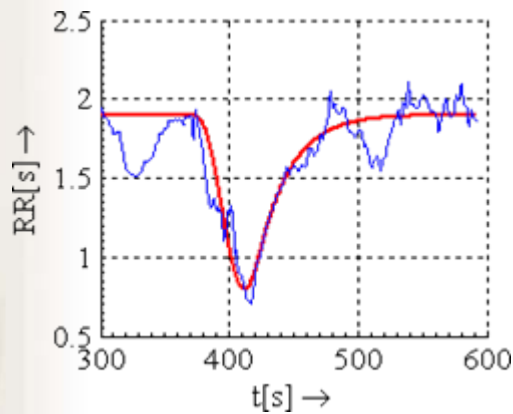
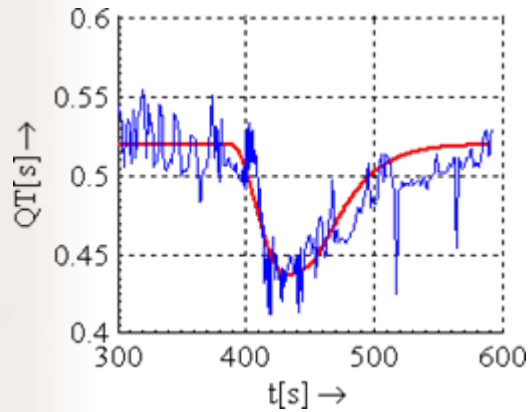


N_E – empiricky stanovený tvar vstupního signálu (emulace zpětné vazby)

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

t_1 – doba stimulace

VÝSLEDKY – MODEL v2.3



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

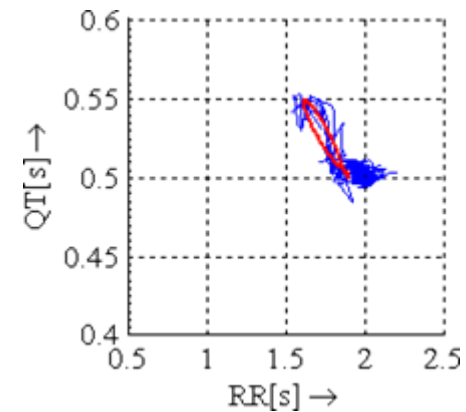
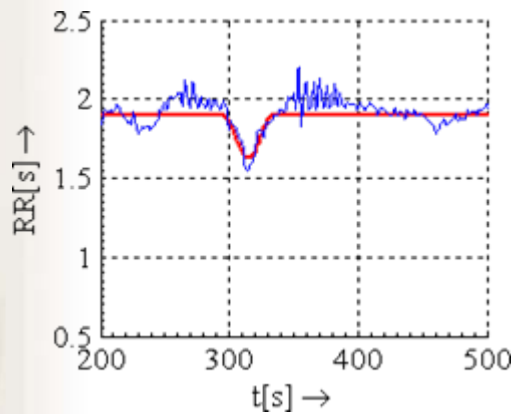
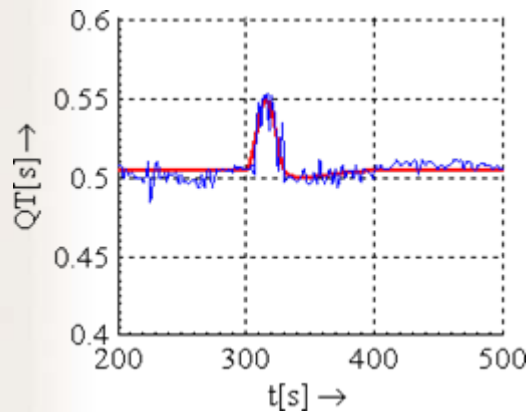
$$A = 0.233 \text{ nu}$$

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

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

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

VÝSLEDKY – MODEL v2.3



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

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

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

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

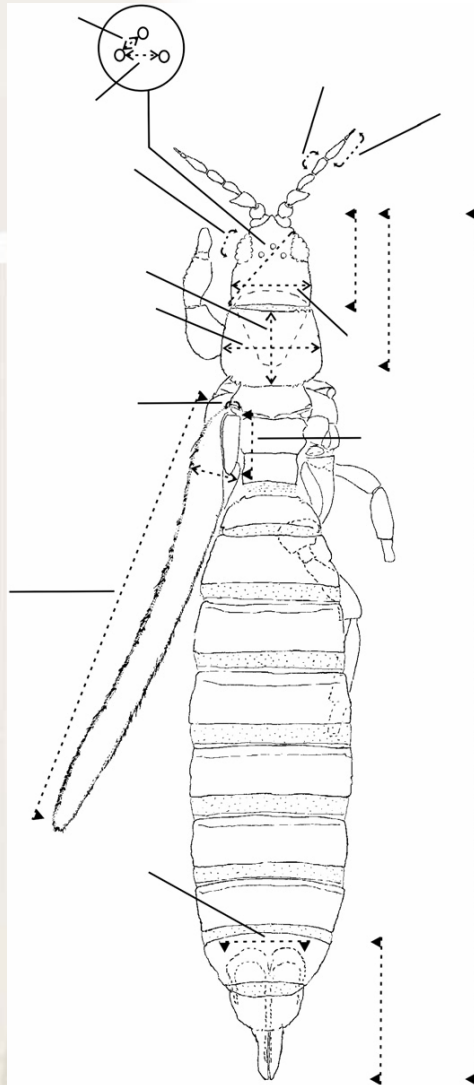
$$\tau_{PSYM_QT} = 4.4 \text{ s} \quad k_{PSYM_QT} = 4.2$$

KLASIFIKACE VYBRANÝCH DRUHŮ HMYZU NA ZÁKLADĚ ZNALOSTI MNOŽINY PŘÍZNAKŮ

AUTOMATICKÁ KLASIFIKACE TŘÁSNĚNEK (THYSANOPTERA)

		♂	♀	celkem
Aeolothrips	albicinctus Haliday, 1836	6	11	17
	astutus Priesner, 1926	6	12	18
	ericae Bagnall, 1920	–	9	9
	fasciatus Linnaeus, 1758	4	13	17
	intermedius Bagnall, 1934	6	17	23
	versicolor Uzel, 1895	–	11	11
	vittatus Haliday, 1836	–	15	15
Chirothrips	aculeatus Bagnall, 1927	15	15	30
	ambulans Bagnall, 1932	–	15	15
	hamatus Trybom, 1895	15	15	30
	manicatus Haliday, 1836	15	15	30
	pallidicornis Priesner, 1925	15	15	30
Dendrothrips	degeeri Uzel, 1895	4	70	74
	ornatus Jablonowski, 1894	–	75	75
	saltatrix Uzel, 1895	2	12	14
Limothrips	cerealium Haliday, 1836	15	15	30
	consimilis Priesner, 1926	15	15	30
	denticornis Haliday, 1836	15	15	30

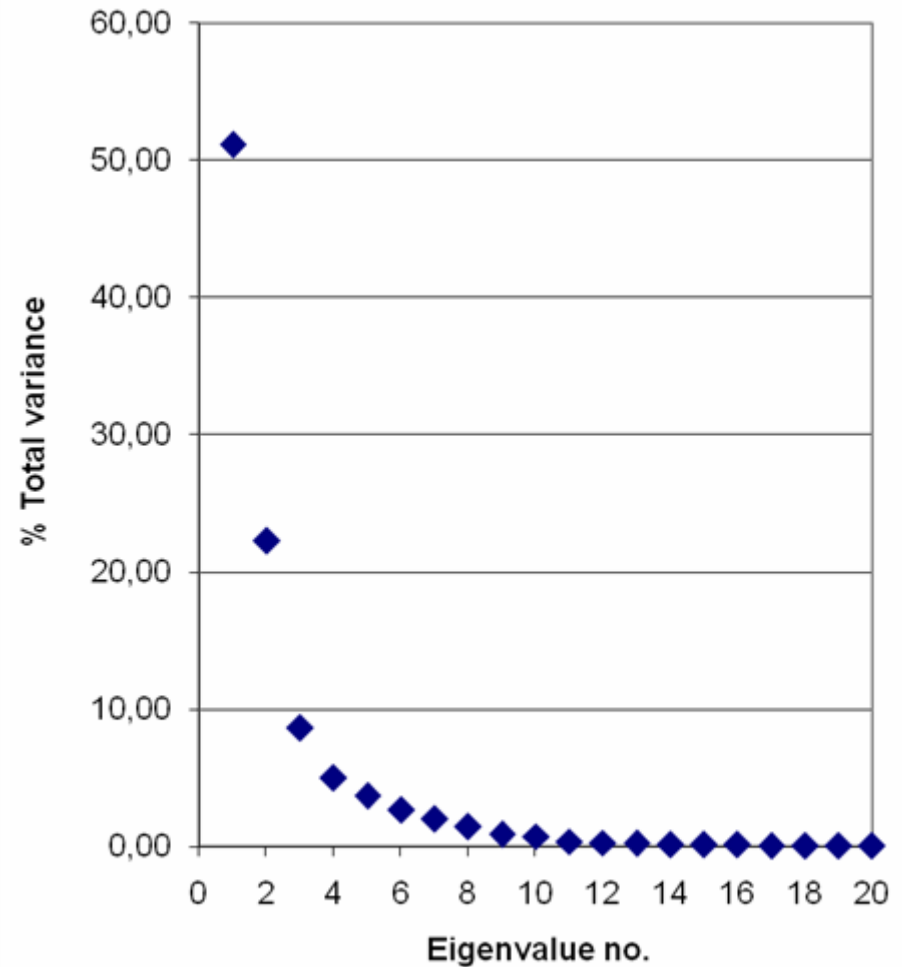
AUTOMATICKÁ KLASIFIKACE TŘÁSNĚNEK (THYSANOPTERA)



- 1 head width
- 2 head length (dorsal side)
- 3 head length (ventral side, including mouthcone)
- 4 clavus length
- 5 clavus width
- 6 forewing length
- 7 forewing basal width
- 8 total body length (excluding antenna and penis)
- 9 pronotum width
- 10 pronotum length
- 11 eye length
- 12 ovipositor length
- 13 ovipositor width
- 14 antennal segment V length
- 15 antennal segment VI length
- 16 distance between the posterior pair of ocelli
- 17 distance between an anterior and posterior pair of ocelli
- 18 forewing with three light bands (yes/no)
- 19 clavus distinctly widest basally (yes/no)
- 20 sex (m/f)

AUTOMATICKÁ KLASIFIKACE TŘÁSNĚNEK (THYSANOPTERA)

No.	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative E.V.	Cumulative %
1	10,23	51,16	10,23	51,16
2	4,46	22,29	14,69	73,45
3	1,73	8,63	16,42	82,08
4	0,99	4,97	17,41	87,05
5	0,74	3,72	18,15	90,77
6	0,53	2,66	18,69	93,43
7	0,40	2,01	19,09	95,43
8	0,28	1,42	19,37	96,86
9	0,17	0,86	19,54	97,72
10	0,15	0,74	19,69	98,46
11	0,07	0,37	19,77	98,83
12	0,06	0,28	19,82	99,12
13	0,04	0,20	19,86	99,31
14	0,04	0,18	19,90	99,49
15	0,03	0,16	19,93	99,65
16	0,02	0,12	19,95	99,76
17	0,02	0,08	19,97	99,85
18	0,01	0,07	19,98	99,91
19	0,01	0,05	19,99	99,96
20	0,01	0,04	20,00	100,00



Těším se s vámi znovu na viděnou na přednáškách, při práci na vašich závěrečných projektech a nebo i jen tak.