

Zpracování biologických signálů

Biosignály a modely

zima 2022/23

R.Čmejla
místnost 525, blok B2
cmejla@fel.cvut.cz

1. týden 29-09-2022

Úvod

- Biosignály, rozdělení, parametry
- Reakční doba

2. týden 06-09-2022

Geneze biosignálů, modelování neuronu, signály nervů a svalů

- **Elektromyogram** (nativní, stimulační, funkční)
 - Historie EMG
 - Geneze EMG
 - Snímání (elektrody)
- **Aplikace EMG**
 - Diagnostické EMG
 - Kineziologické EMG
 - Ovládání protéz
- **Zpracování EMG**
 - Artefakty
 - Obálky
 - Kvantitativní charakteristiky

3. týden 13-10-2022

Signály srdce I

- Základy EKG
- Svodové systémy
- Geneze EKG křivky
- Další typy EKG
- Základní obrazy EKG
- Zpracování signálů EKG
 - Rušení a filtrace EKG signálu
 - Detekce hrotů a vln

4. týden - 20-10-2022

Signály srdce II

- elektrické
 - speciální EKG
 - fetální EKG, pozdní potenciály, HRV
- akustické
 - srdeční ozvy
 - fonokardiogram
- mechanické
 - pulsní vlna
 - pletysmogram
- polygrafické metody
 - detektor lži
 - polykardiografie

5. týden 27-10-2022

Signály mozku I

- elektroencefalogram EEG
- historie
- systém rozložení elektrod 10/20
- základní typy zapojení
- standardizace (snímání, přístroj, vyšetření)
- analýza EEG a způsoby zobrazení
- normální EEG
- artefakty

6. týden 03-11-2022

Signály mozku II

- Aging
- Abnormální EEG–abnormality základní aktivity–paroxysmální abnormality
- epileptiformní–interiktální–iktální
- periodické–detekce epileptiformníakti

Evokované potenciály EP

- historie EP
- číslicové zpracování EP
- analýza EP
- AEP –sluchové EP
- VEP –zrakové EP
- SEP –somatosenzorické EP
- MEP –motorické EP
- MEP v neurochirurgii

7. týden 10-11-2022

Signály mozku III

- Exkurze do IKEMu – magnetická rezonance

8. týden 24-11-2022

Signály zrakového ústrojí

- Elektrofyziologické signály v oftalmologii
 - Zrakové evokované potenciály
 - Elektroretinogram
 - Klinický elektrookulogram
- Oční pohyby
 - Volní a mimovolní fixace
 - Čtecí pohyby
 - Závislost úhlu a napětí
 - Hodnocení směru očí

Polysomnografie

- spánkové cykly
- poruchy spánku

9. týden 01-12-2022

Hlas a řeč

- Charakteristiky hlásek
- Základní hlasivkový tón a jeho detekce
- Formantové frekvence a jejich detekce
- Poruchy hlasu
- Metody objektivního posouzení hlasu
- Poruchy řeči

10. týden 08-12-2022

Statistická analýza biologických dat (doc.Rusz)

11. týden 15-12-2022

Elektrogastrogram

- elektrická aktivita žaludku
- elektrogastrogram
- potíže trávicího traktu

Plicní funkce

- anatomie a funkce plic
- plicní objemy
- plicní kapacity
- spirometrie

12. týden 05-01-2023

- **Prezentace semestrálních prací**

Literatura:

- **Zpracování biologických signálů**
(dokumenty na webu)
- Svatoš, J.: Biologické signály, ČVUT Praha 1998
- **Penhaker, M. a kol.: Lékařské diagnostické přístroje. Ostrava 2004.**
- **Rozman, J. a kol.: Elektronické přístroje v lékařství, Academia 2006**
 - Mohylová, J., Krajča, V.: ZPRACOVÁNÍ BIOLOGICKÝCH SIGNÁLŮ. Učební text - VŠB-TU Ostrava 2007 - web
 - Farský, Š.: EKG do kapsy, Osveta, Martin, 1996
 - Keller, O.: Elektromyografie, Triton, Praha, 1998
 - Faber, J.: EEG – atlas do kapsy , Triton, Praha, 1998

1. týden

- **biosignály – rozdělení**

Signály

- funkce jedné nebo více nezávisle proměnných, které nesou *informaci* o podstatě a vlastnostech svého zdroje (nebo informaci záměrně do signálu zakódovanou)

Biosignály

- zdrojem informace je živý organismus

Biosignály

Biosignály můžeme využít k:

- pochopení základních fyziologických mechanismů,
- hodnocení specifické biologické události (diagnostice, monitorování),
- a nepřímo i v terapii.

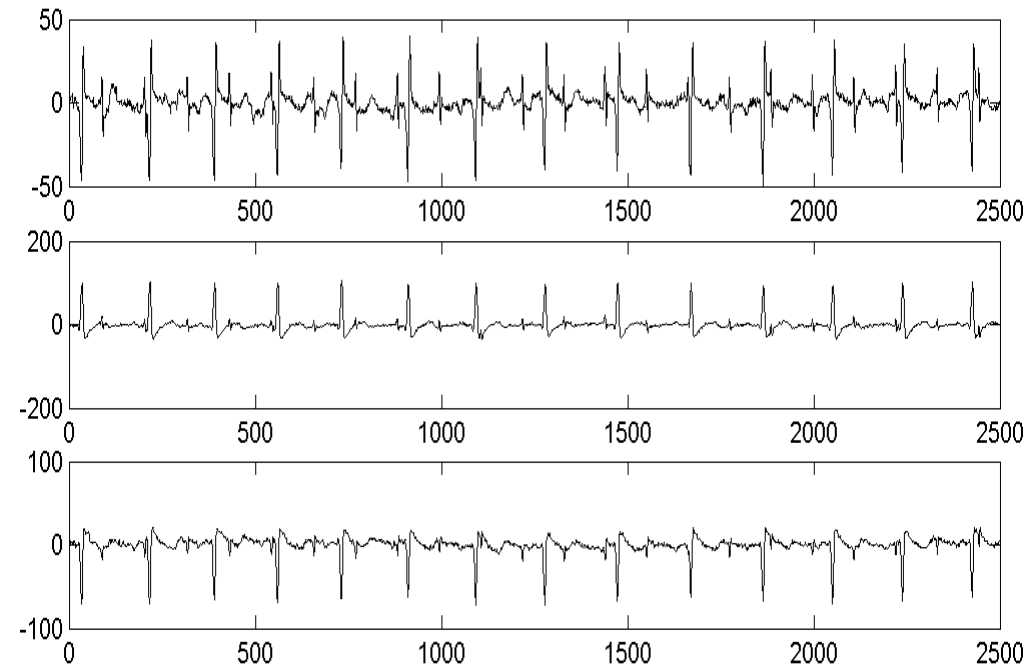
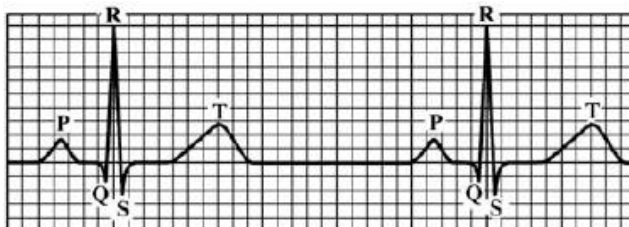
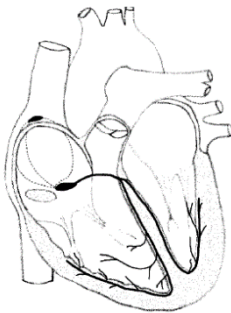


Biosignály

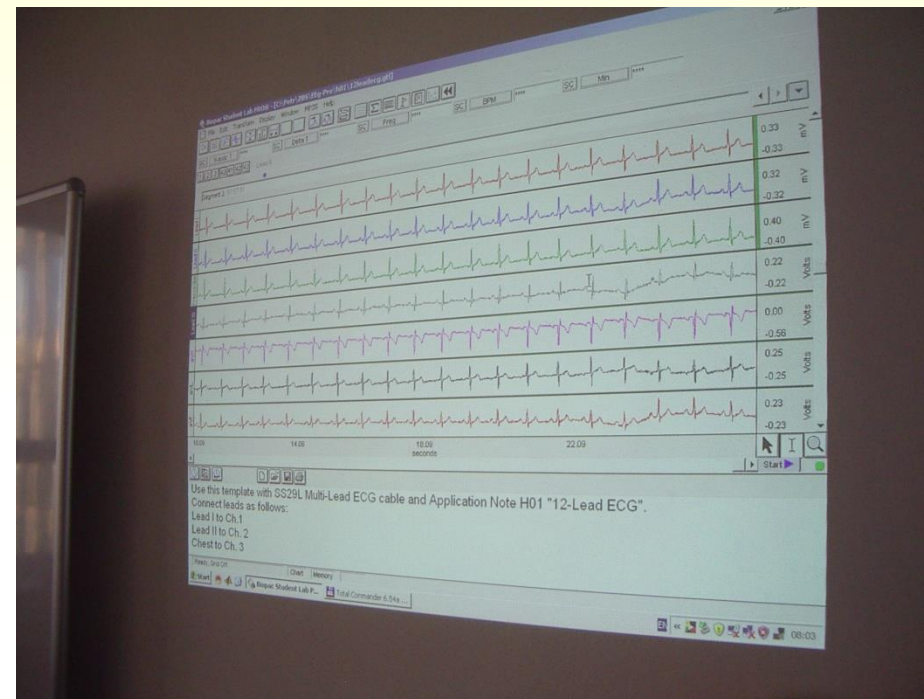
- **elektrické**
- **magnetické**
- **ostatní**
 - sledování neelektrických veličin pomocí snímačů zajišťujících převod veličin na elektrický signál
 - mechanické, akustické, optické, chemické, teplotní, impedanční, ...

Příklady elektrických biosignálů – EKG

název	zdroj	elektrody	rozsahy
elektrokardiogram EKG	srdeční potenciály	povrchové	do 5 mV do 150 Hz



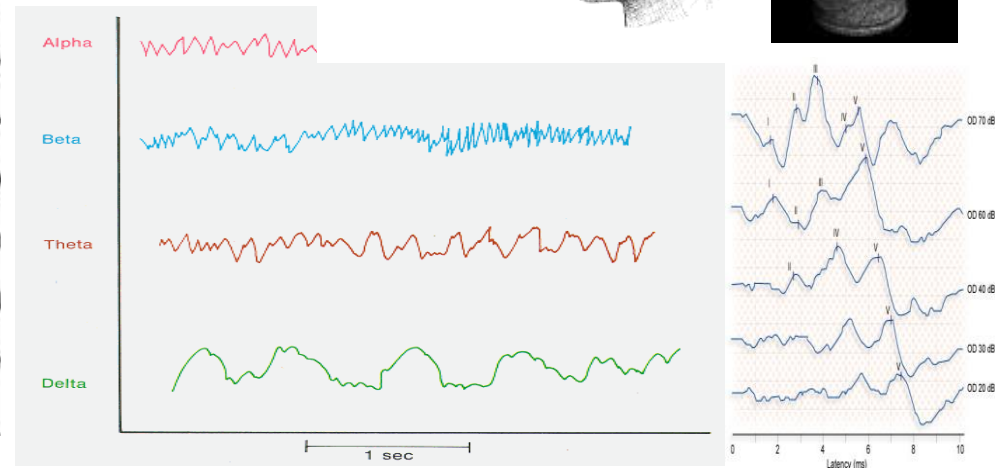
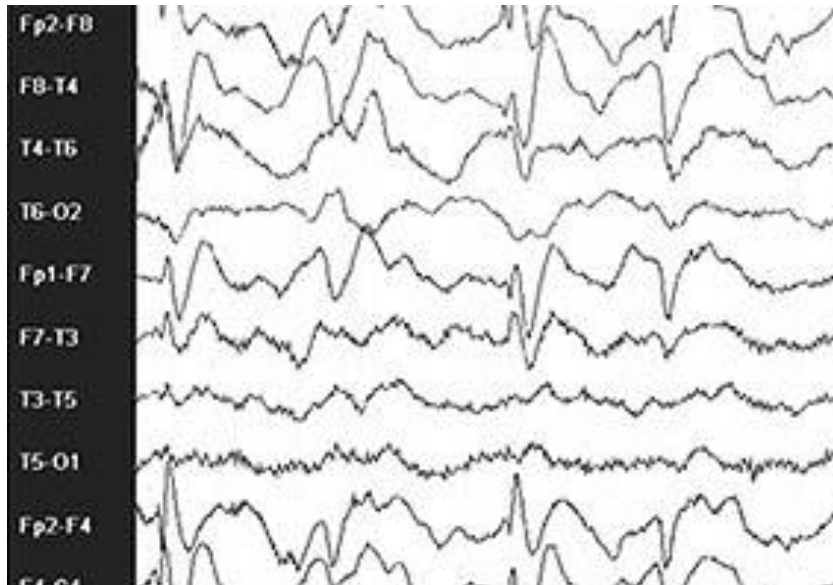
Příklady elektrických biosignálů – EKG



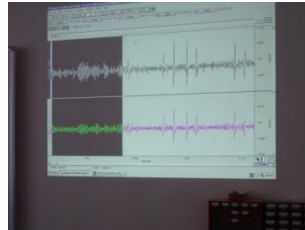
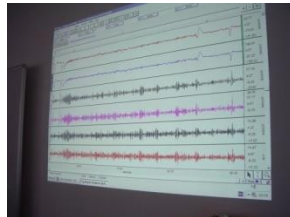
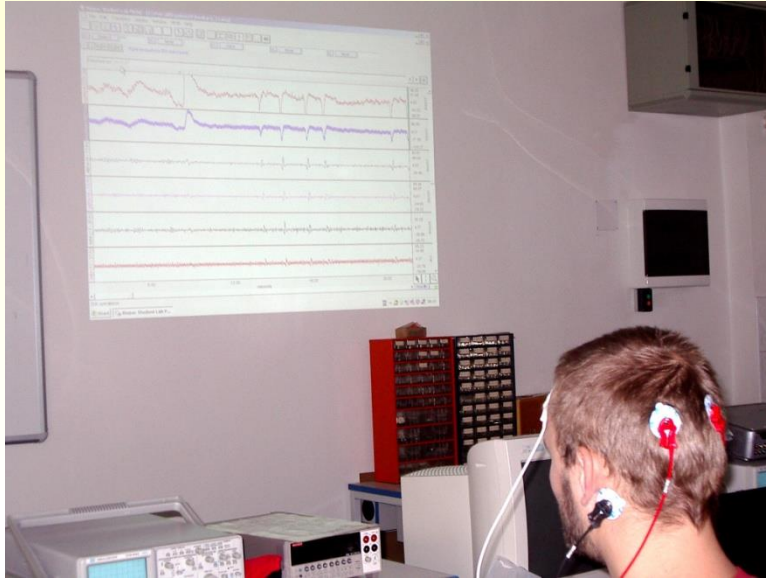
- Standardní 12-ti svodové EKG

Příklady elektrických biosignálů – EEG

název	zdroj	elektrody	rozsahy
elektroencefalogram EEG, (ECoG)	mozkové potenciály	povrchové	do 100 μ V do 80 Hz



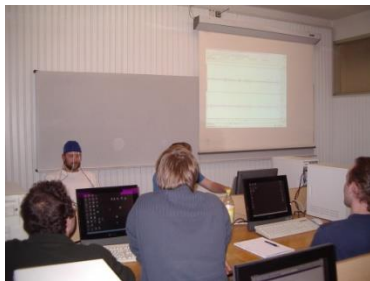
Příklady elektrických biosignálů – EEG



- **Elektroencefalograf**
 - **útlum alfa aktivity**
 - **porovnání hemisfér**

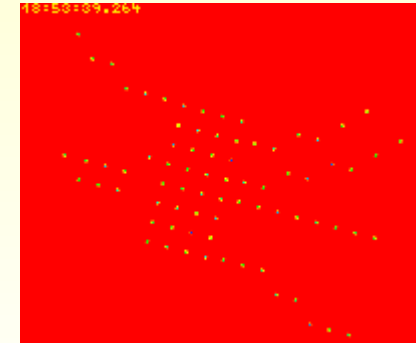
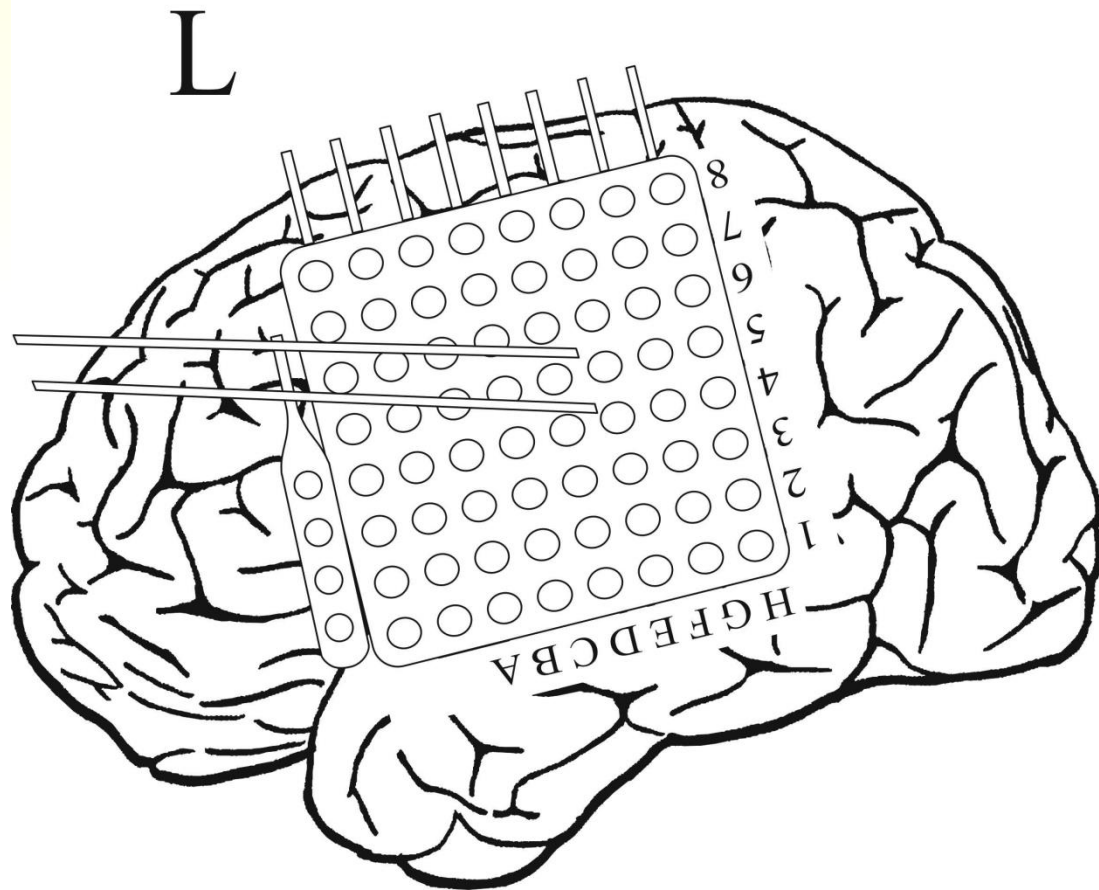


Příklady elektrických biosignálů – EEG



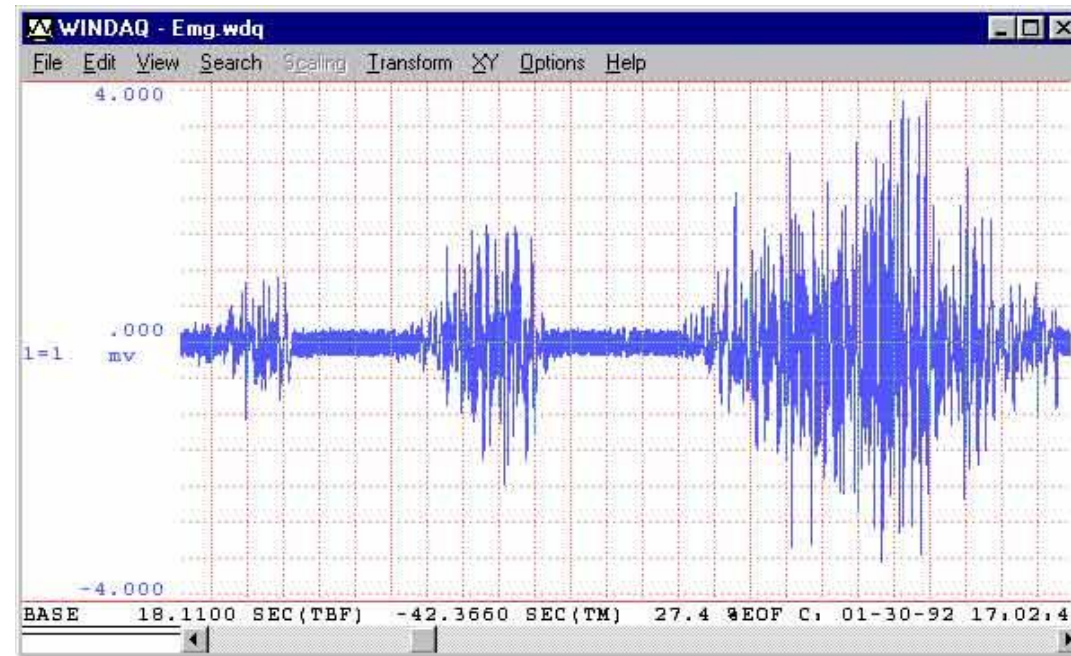
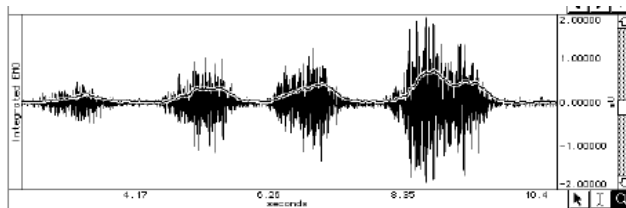
Příklady elektrických biosignálů – EEG

- Intrakraniální elektrody
- Monitorování epileptických záchvatů



Příklady elektrických biosignálů – EMG

název	zdroj	elektrody	rozsahy
elektromyogram EMG	svalové potenciály	povrchové jehlové	do 5 mV do 10 kHz



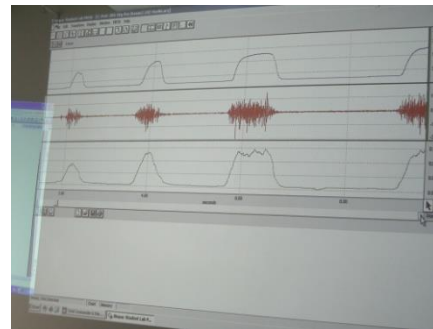
Příklady elektrických biosignálů – EMG



- **Elektromyografie**

- měření volní kontrakce

- měření rychlosti šíření ulnárním nervem



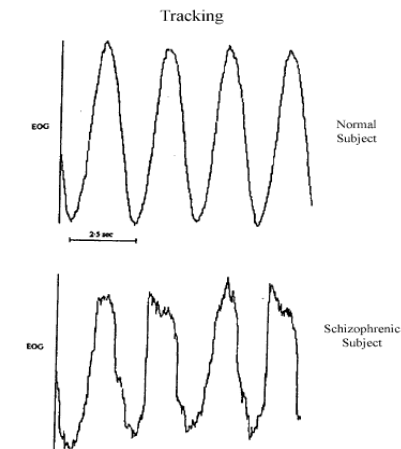
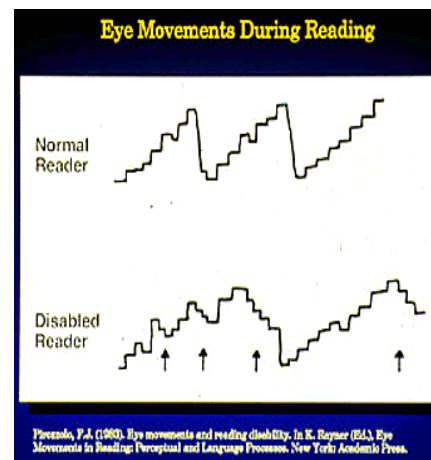
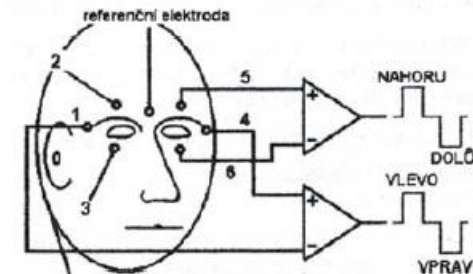
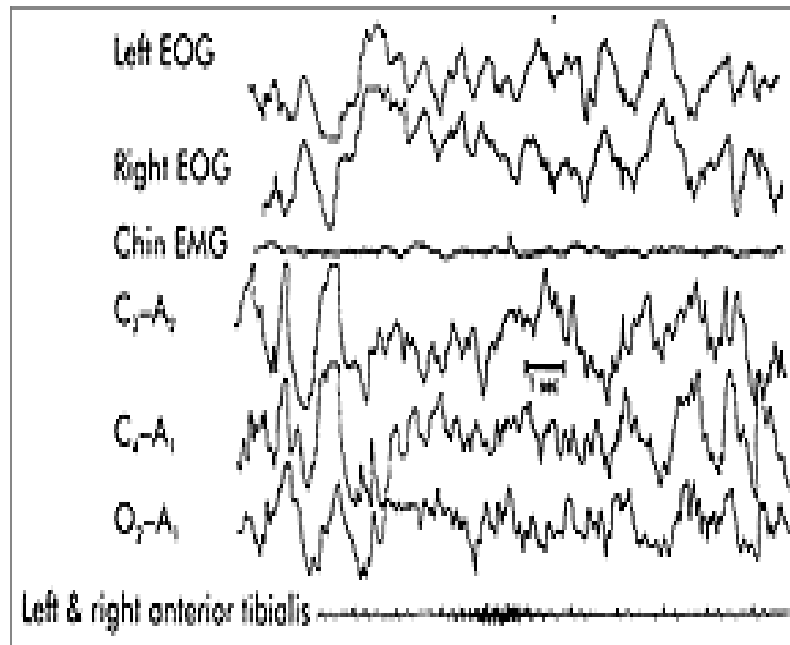
Příklady elektrických biosignálů – EMG



- **Elektromyografie**
 - měření volní kontrakce
 - měření rychlosti šíření ulnárním nervem

Příklady elektrických biosignálů – EOG

název	zdroj	elektrody	rozsahy
elektrookulogram EOG	změny potenciálů vyvolané pohybem oka	povrchové	do 1 mV do 100 Hz



Příklady elektrických biosignálů – EOG



- **Elektrookulogram**
 - **fixace očí na pohybující se předmět**
 - **fixace očí při čtení**

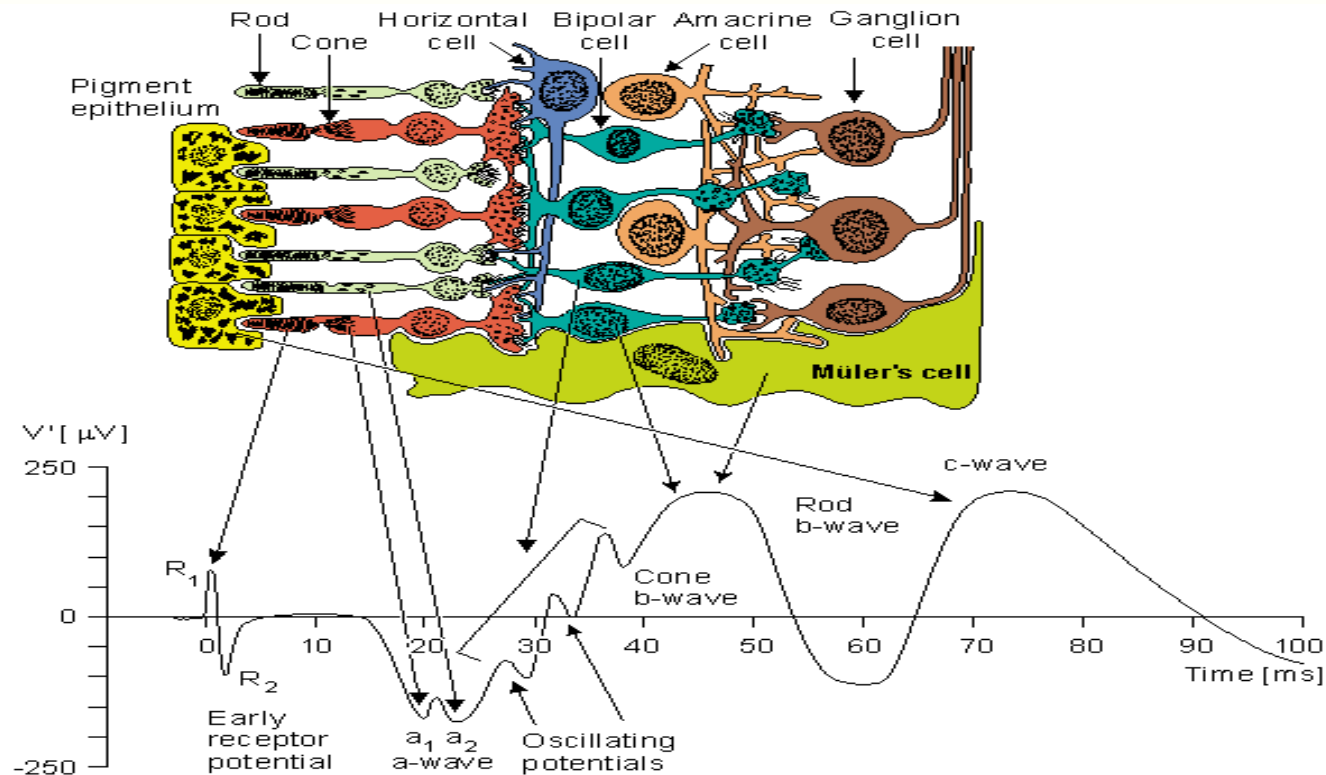
Příklady elektrických biosignálů – EOG



- **Elektrookulogram**
 - fixace očí na pohybující se předmět
 - fixace očí při čtení

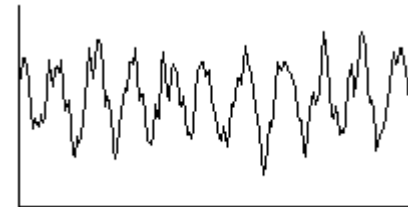
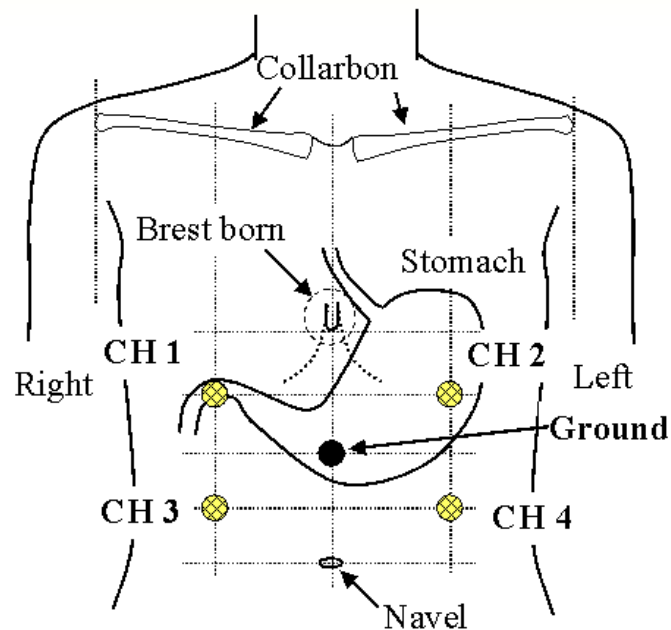
Příklady elektrických biosignálů – ERG

Název	zdroj	elektrody	rozsahy
elektroretinogram ERG	potenciály sítnice	povrchové	do 100 μV do 50 Hz

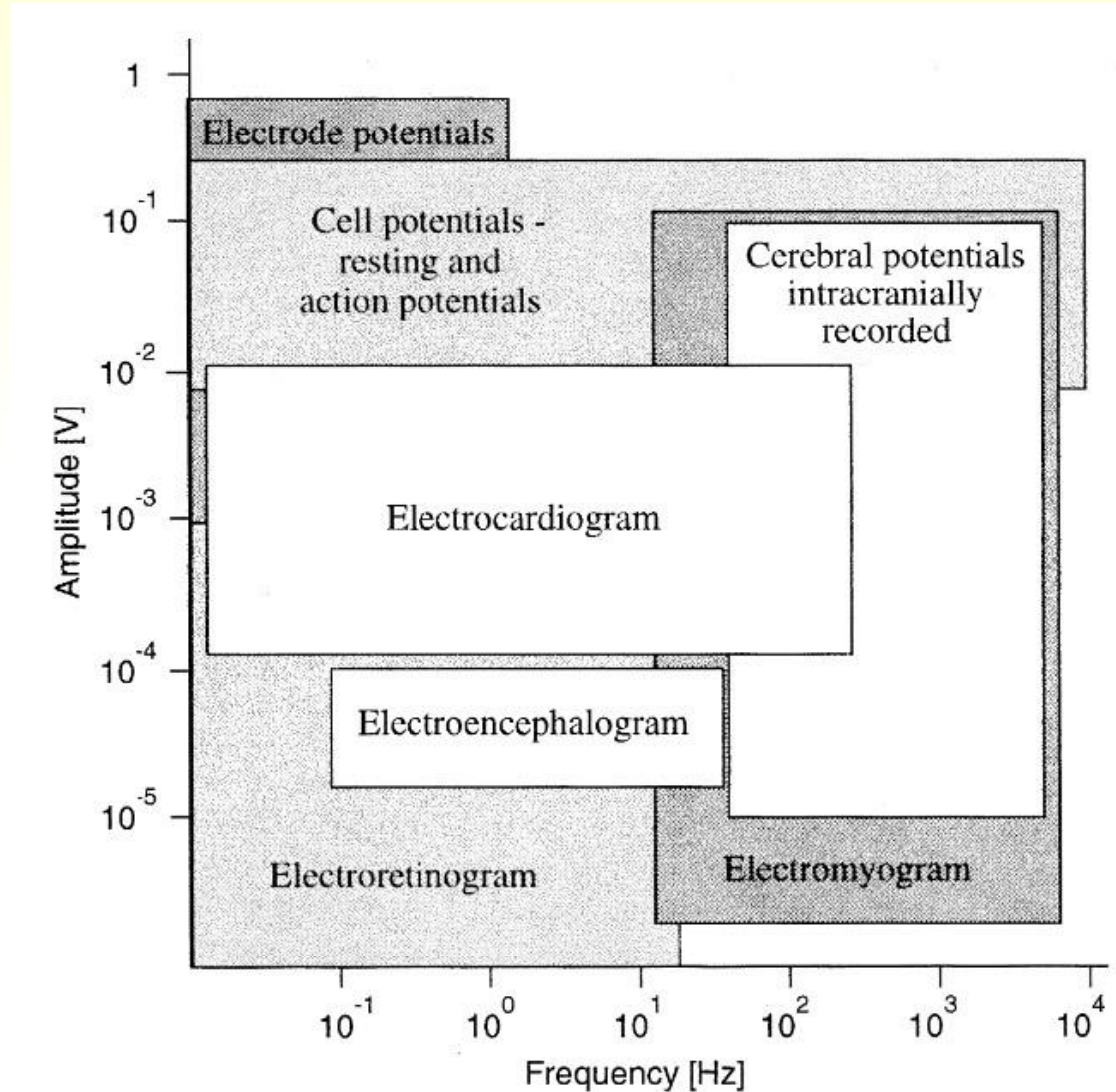


Elektrické biosignály – EGG

název	zdroj	elektrody	rozsahy
elektrogastrogram EGG	potenciály hladké svaloviny žaludku	povrchové	do 100 μV do 2 Hz

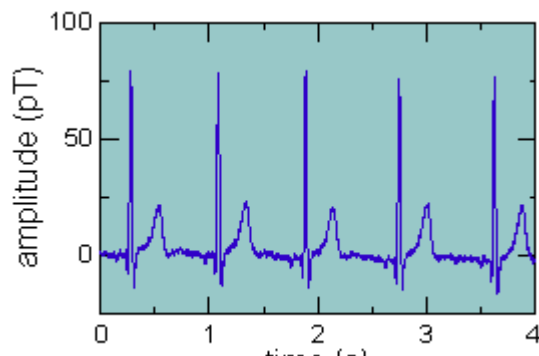


Elektrické biologické signály

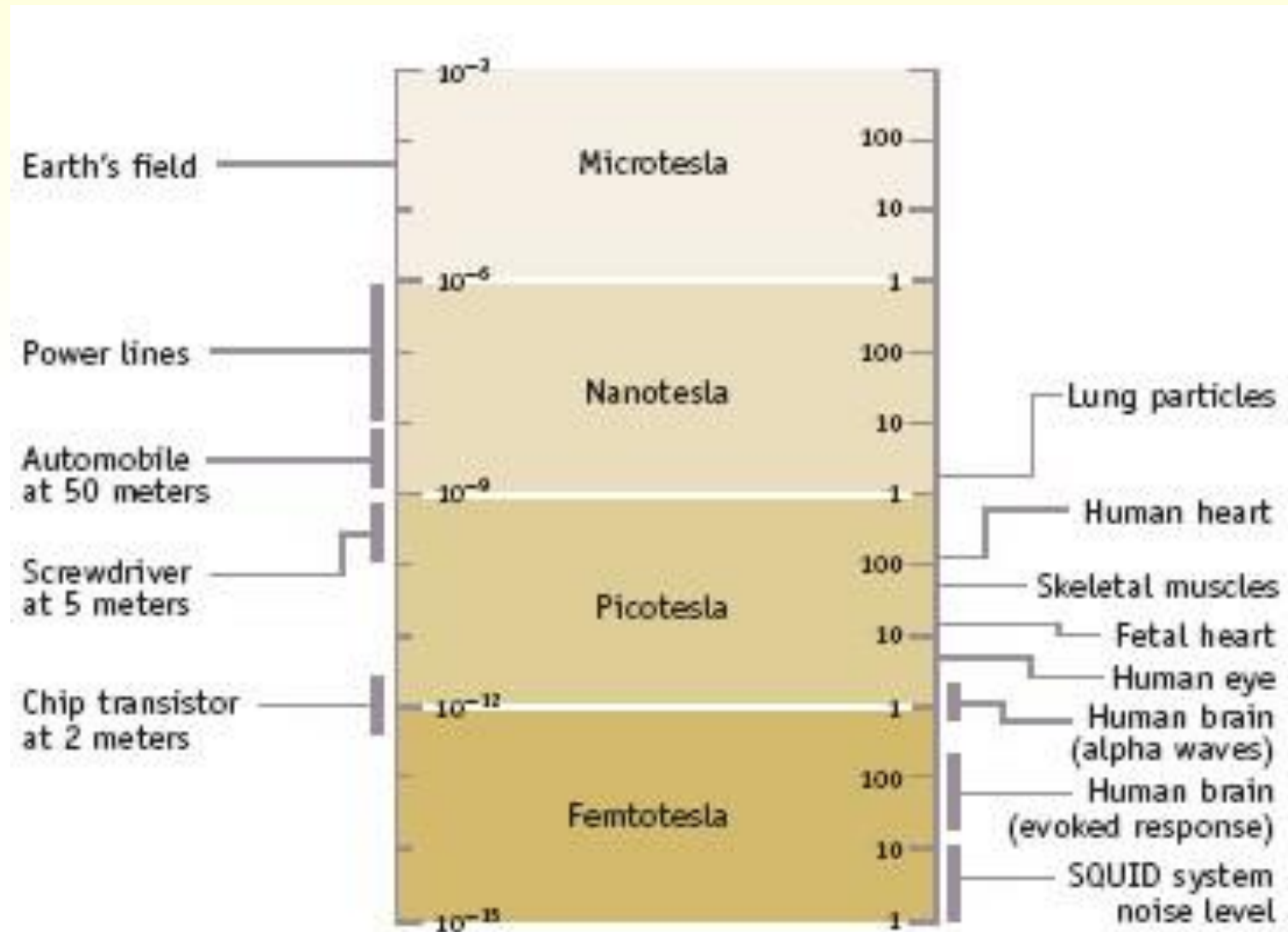


Magnetické biologické signály

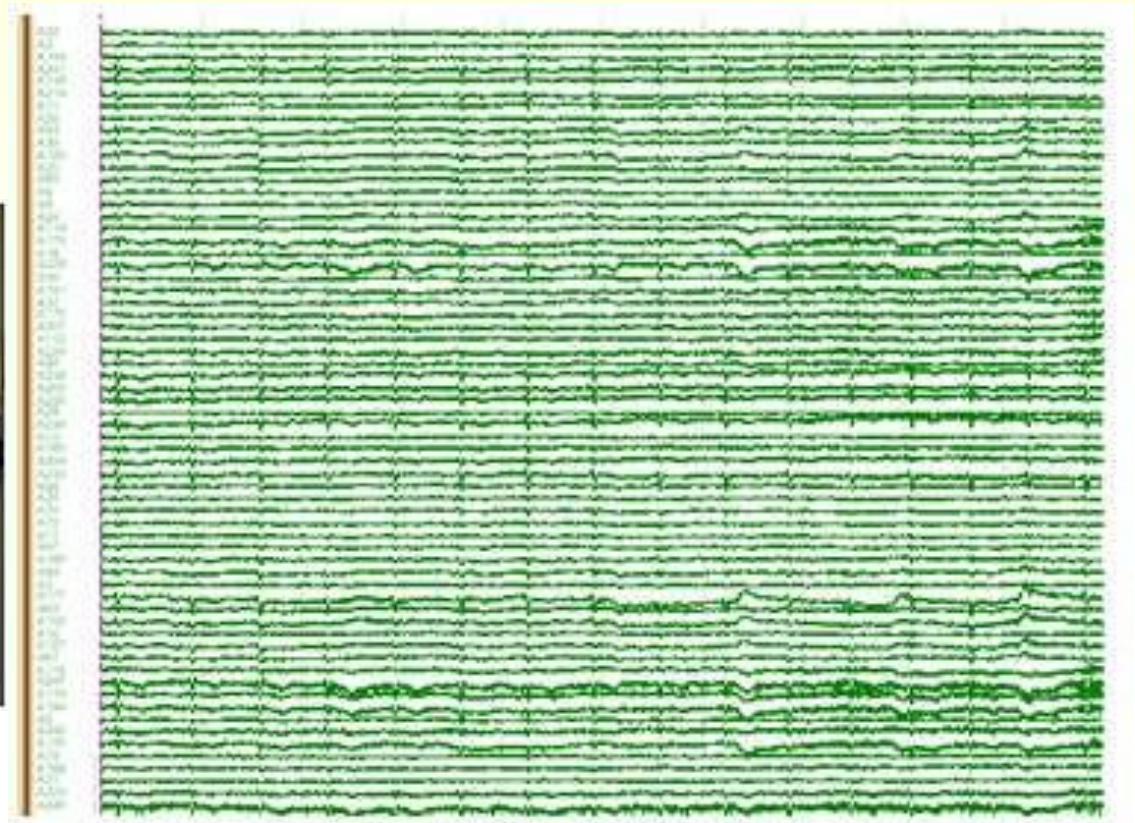
		Ampl. magn. indukce [pT]	Kmitočtové pásmo [Hz]
MKG	magnetokardiogram	50 ... 70	0,05 ... 150
MEG	magnetoencefalogram	1 ... 2	0,5 ... 100
MMG	magnetomyogram	10 ... 90	0 ... 10000
MRG	magnetoretinogram	0,1	0,1 ... 50
MOG	magnetookulogram	10	0 ... 100



Magnetické biologické signály

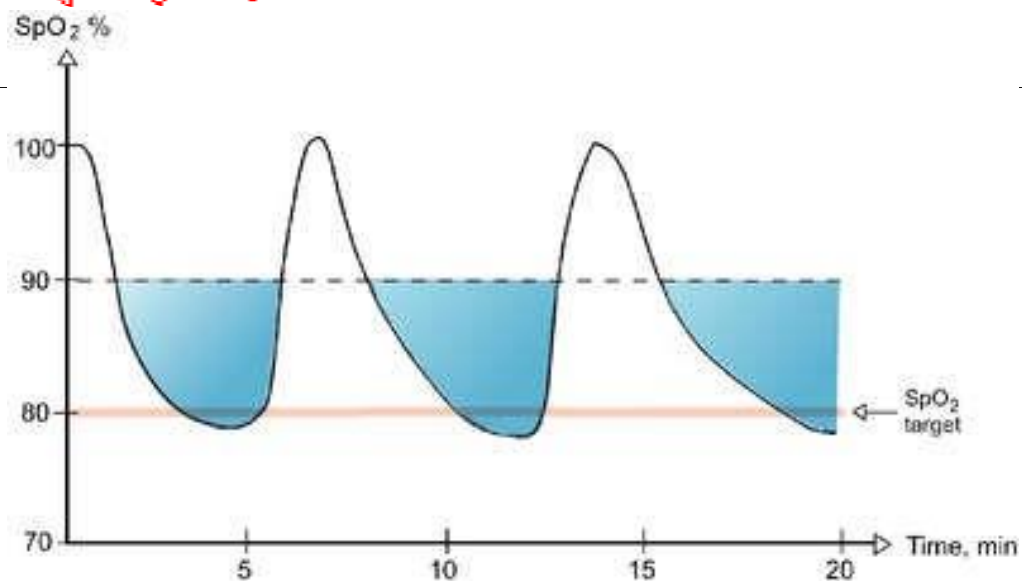
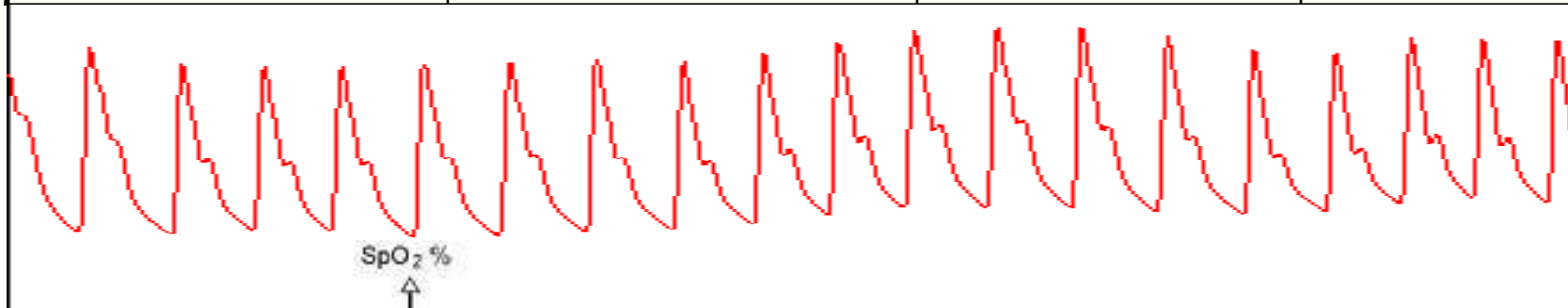


Magnetické biologické signály



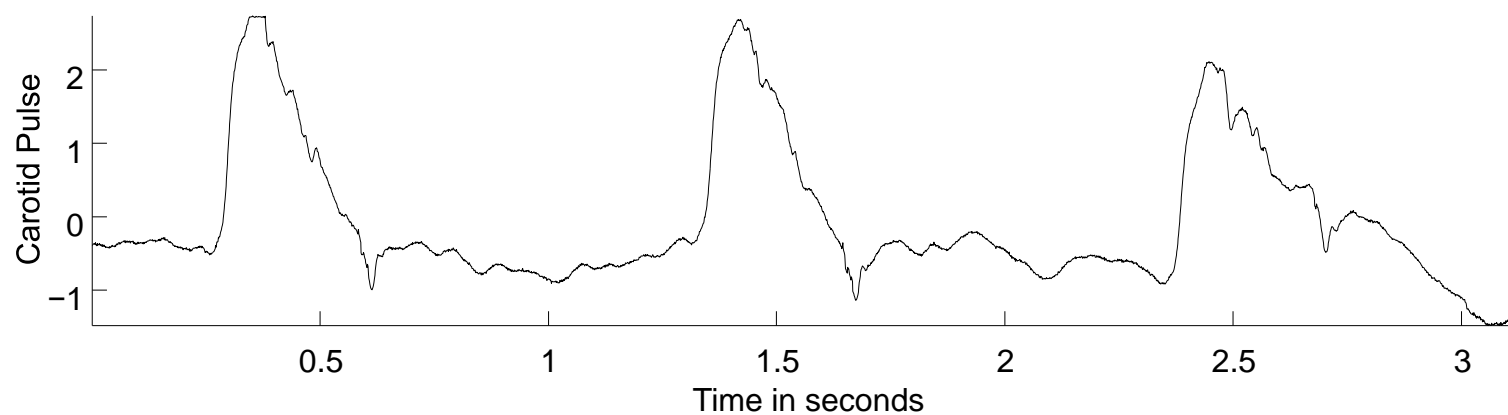
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
pletysmogram	změny objemu částí těla vlivem srdeční činnosti, dýchání, ...	do 30 Hz	nad či kolem zkoumané částí těla



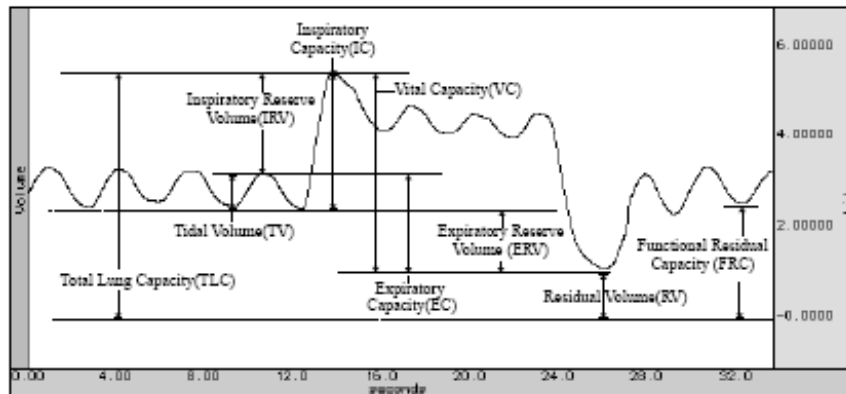
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
karotidiogram	vypuzení krve při systole	do 100 Hz	převodník na krku



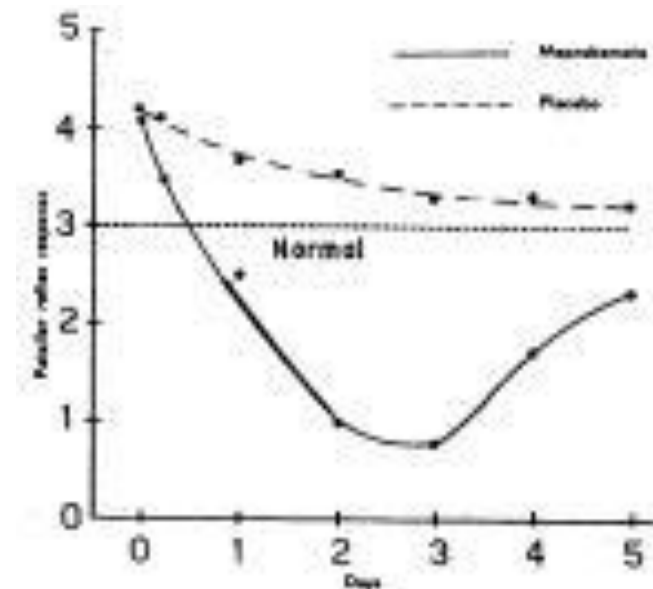
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
pneumo- tachogram	objem a průtoková rychlost vdechovaného a vydechovaného vzduchu do/z plic	do 20 Hz	obvykle v náústku



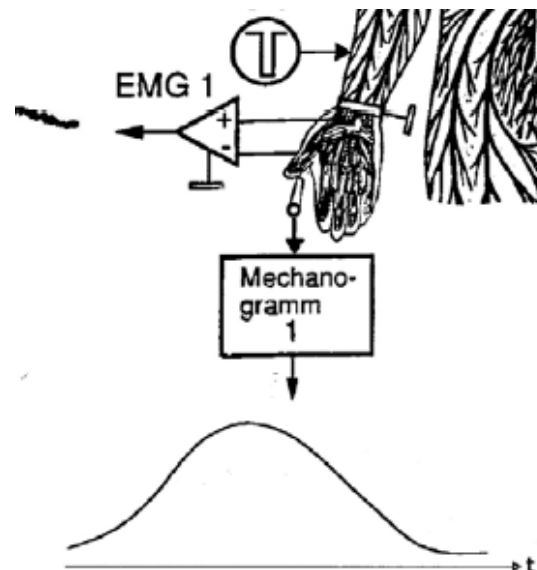
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
reflex Achilovy šlachy	pohyb chodidla vyvolaný poklepem na Achillovu šlachu	do 100 Hz	výchylkový nebo rychlostní šlachy



Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
mechanogram	změna úhlu při pohybové aktivitě	do 20 Hz	snímače různých typů na kosterním svalu



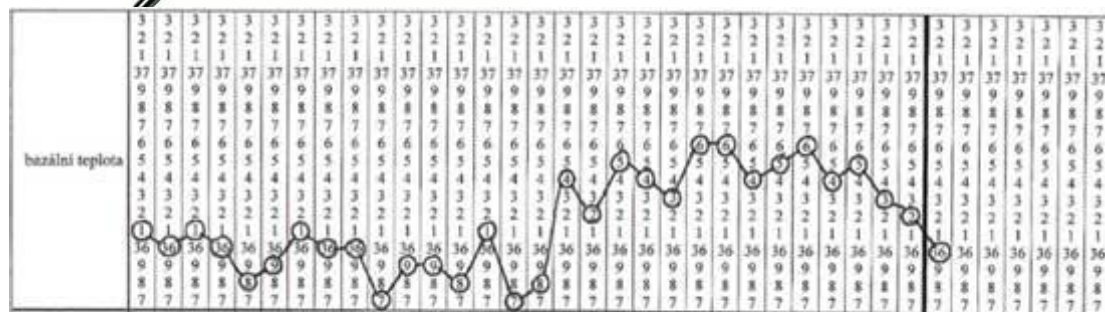
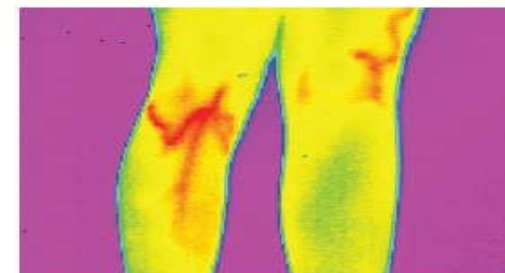
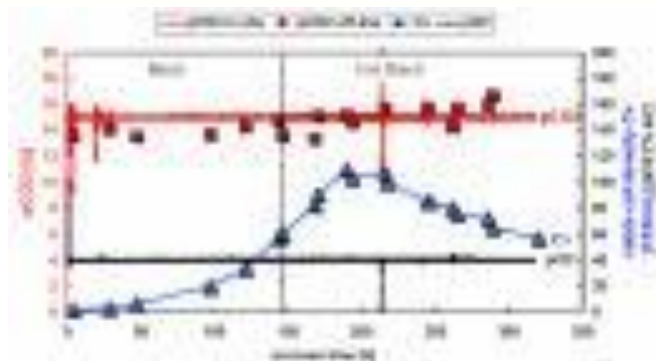
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
pedogram	časové, fázové a úhlové charakteristiky dolních končetin při chůzi	do 400 Hz	kapacitní nášlapné snímače, reflexní značky snímané kamerou



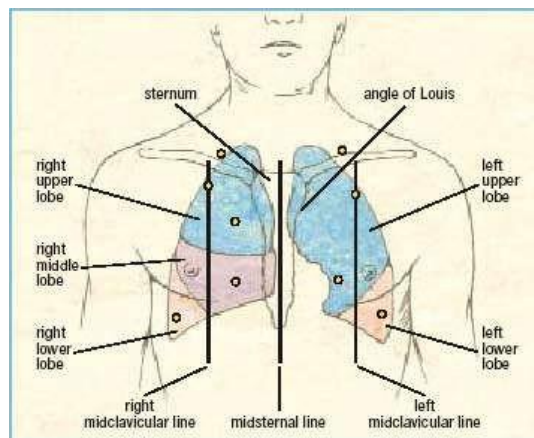
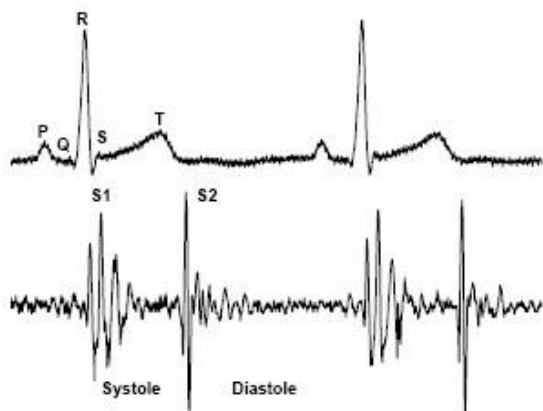
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
termogram	Povrch těla	Stupně C	bodové, teplotní mapy



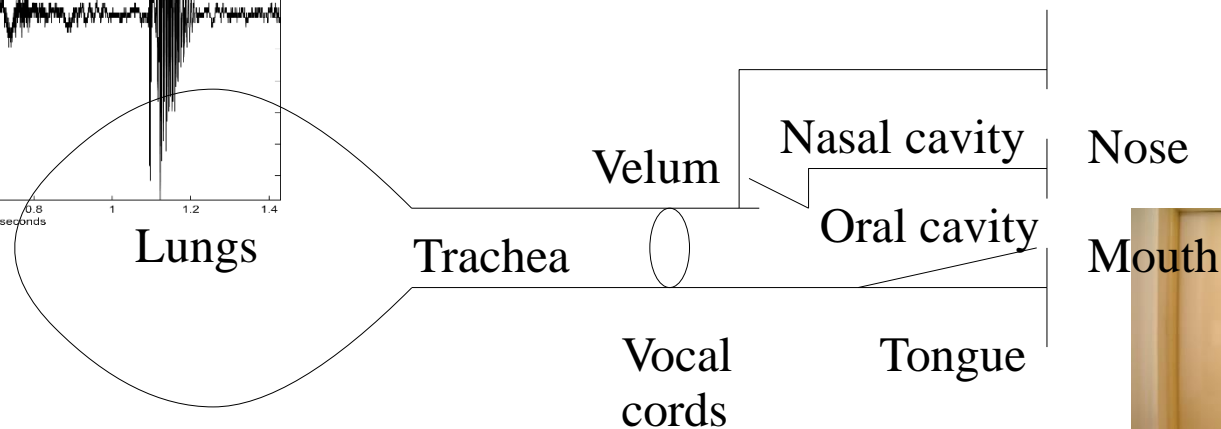
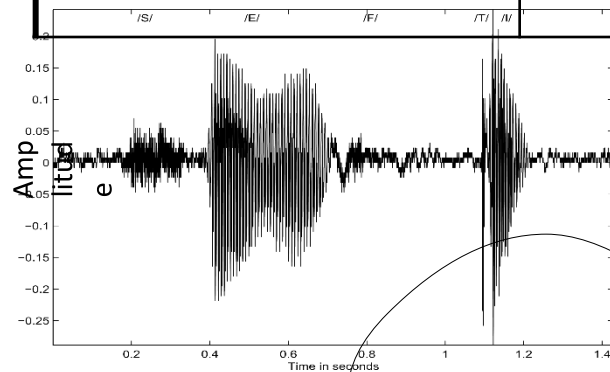
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
fonokardiogram	Srdeční chlopně. respirace	akustické pásmo	mikrofon



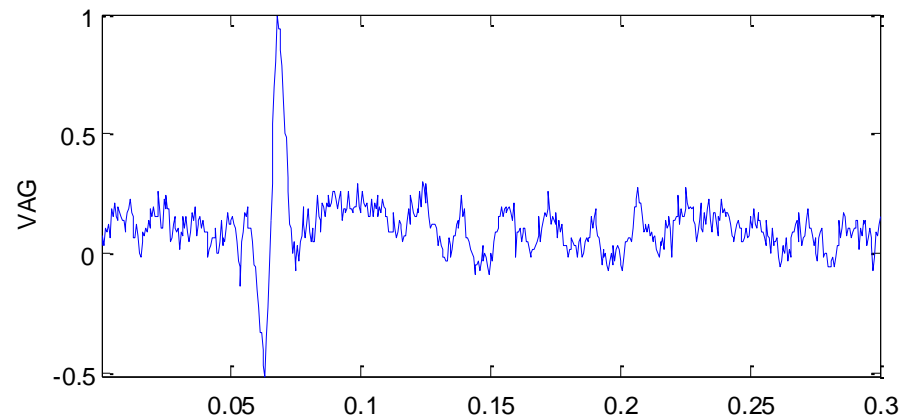
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
Řeč, hlas	Hlasové ústrojí	akustické pásmo	mikrofon

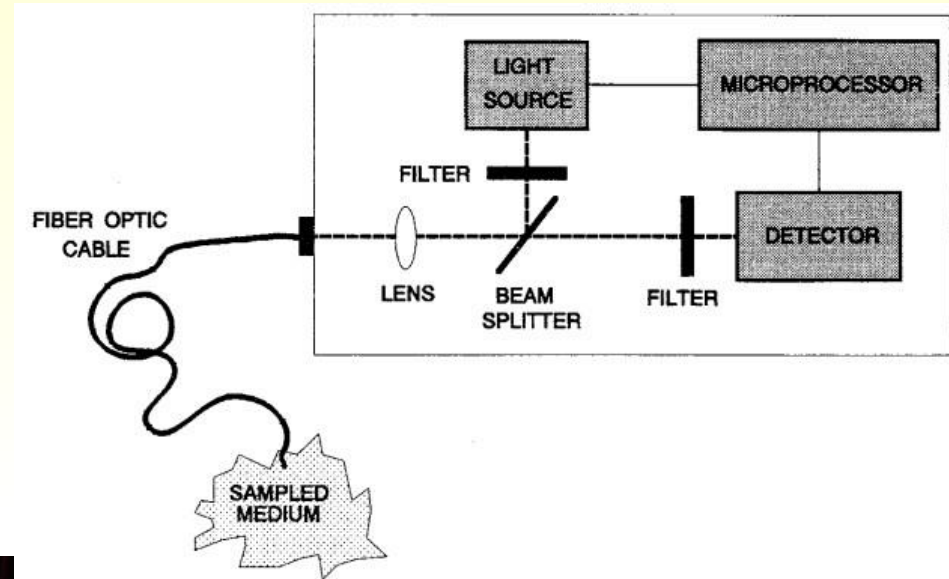
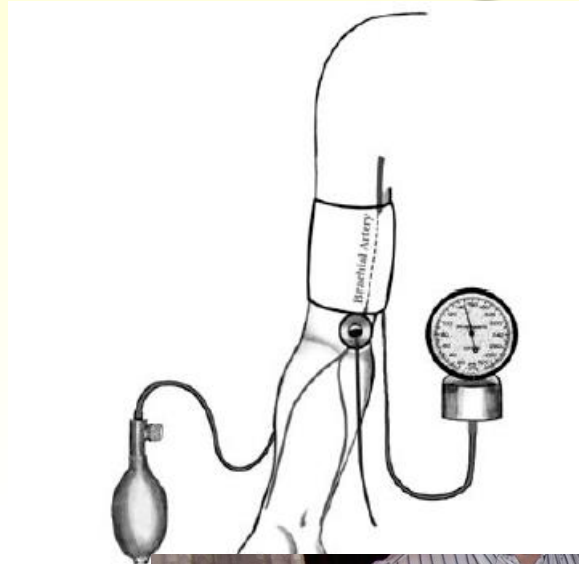


Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
vibroartrogram	pohyb kloubu postiženého zánětem, měknutím chrupavky, apod.	do 80 Hz	akcelerometr nad vyšetřovaným kloubem, mikrofon

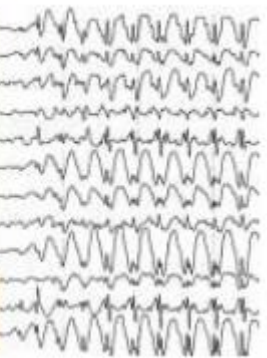


Ostatní biosignály



Klasifikace biosignálů podle původu v orgánech a systémech

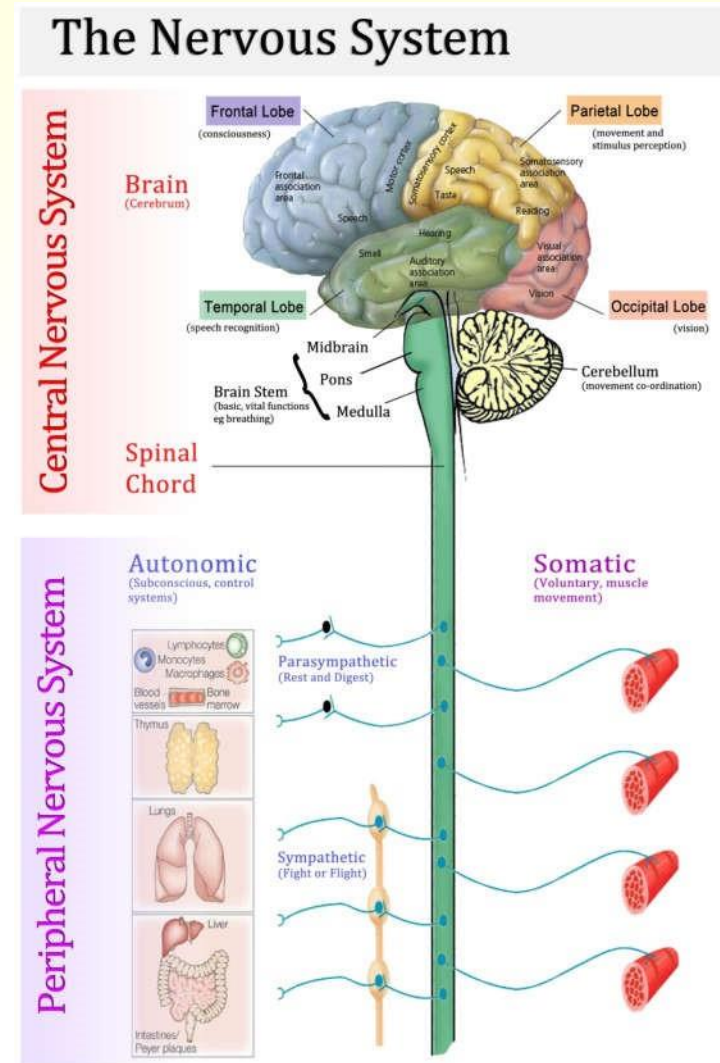
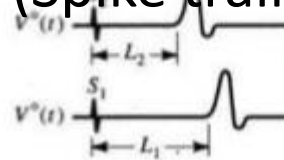
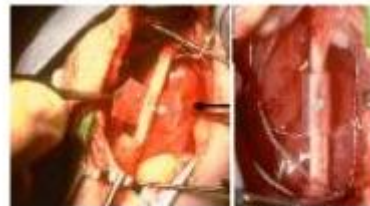
• Mozek



- EEG, MEG
- Evokované potenciály (akustické, zrakové)
- Neurovizualizace (MRI/fMRI, CT, PET, SPECT)

• Nervy a mícha

- Elektroneurogram (Spike trains)



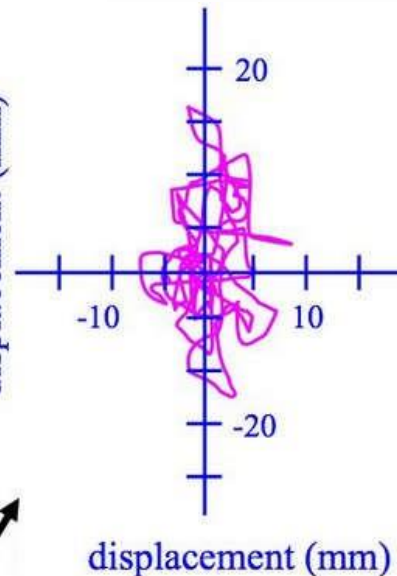
Klasifikace biosignálů podle původu v orgánech a systémech

- **Kosterní svalstvo**
 - **EMG** (elektromyogram)
 - stabilograf (PN)
 - akcelerometrie (chůze)

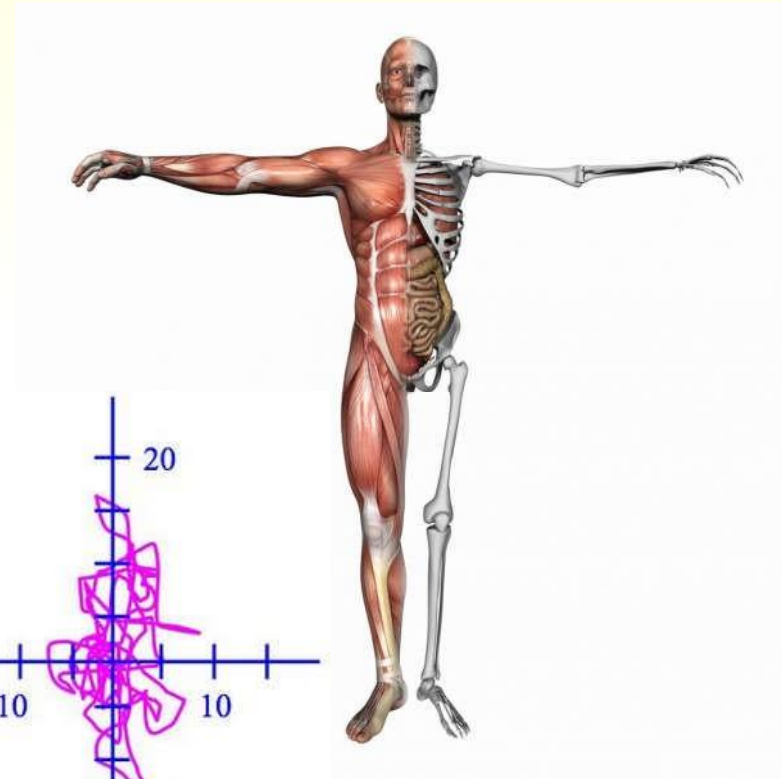


Center of pressure (COP)

displacement (mm)

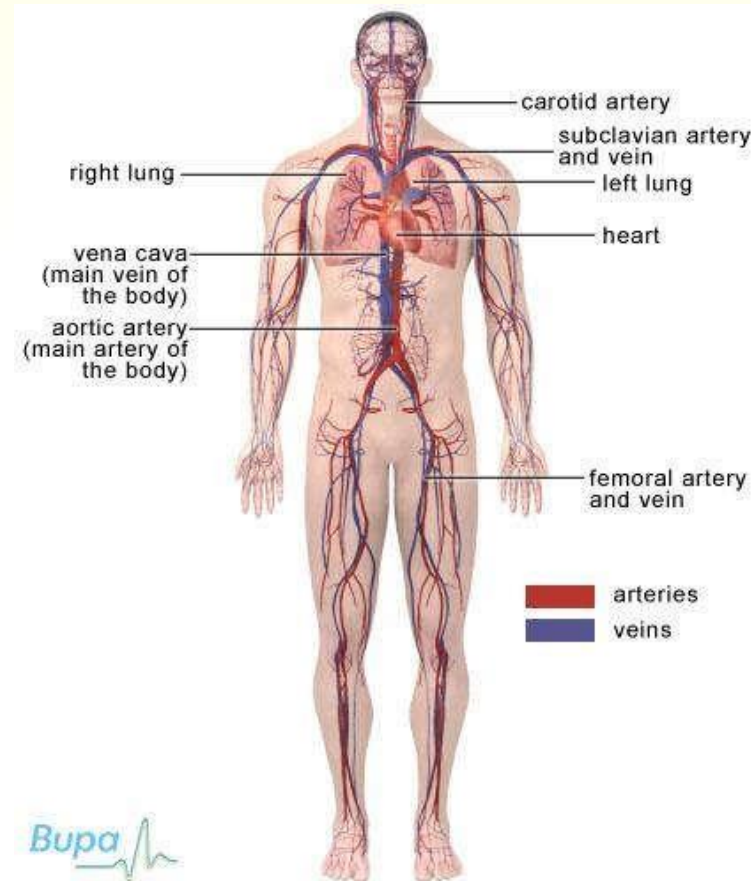


displacement (mm)



Klasifikace biosignálů podle původu v orgánech a systémech

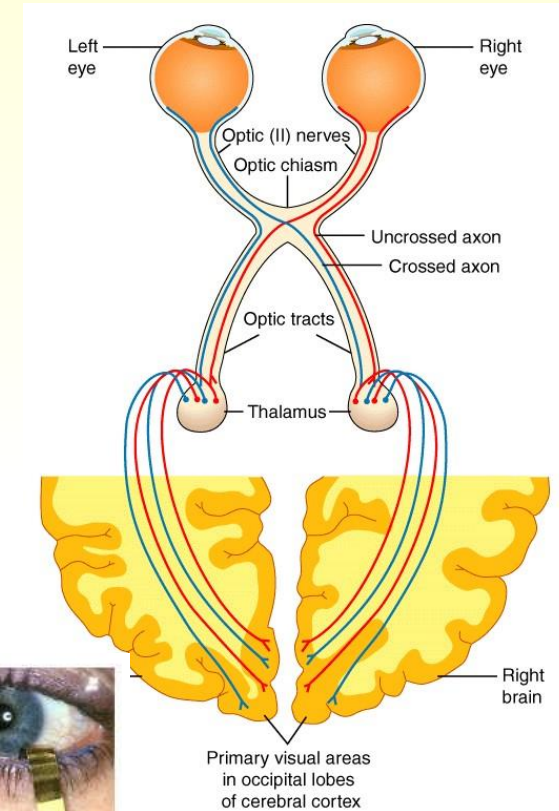
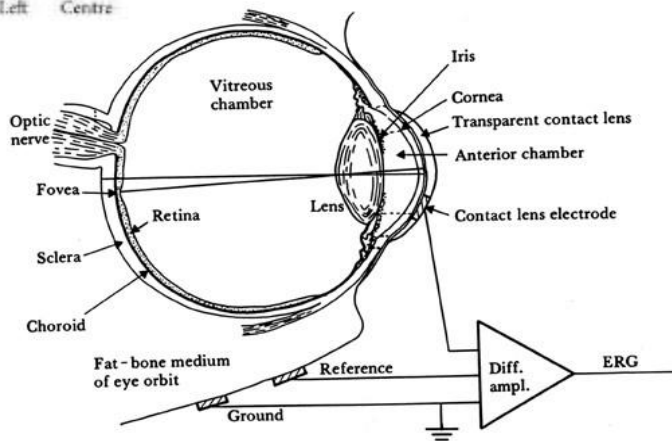
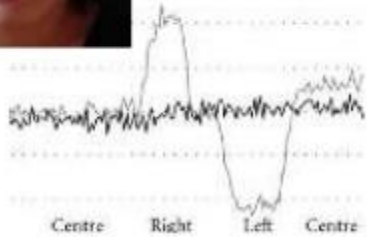
- Srdce (kardiovaskulární systém)
 - EKG
 - Heart Rate Variability
 - FKG
 - FPG
 - Krevní tlak



Klasifikace biosignálů podle původu v orgánech a systémech

• Zrak

- **EOG** (Elektrooculogram)
- **ERG** (Elektroretinogram)
- **VEP** (Visual Evoked Potentials)
- **EEG** (visual cortex)

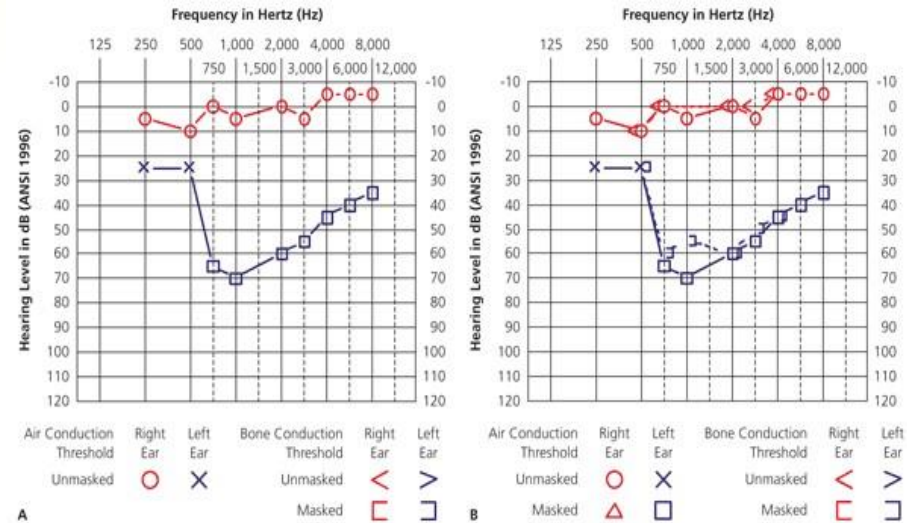
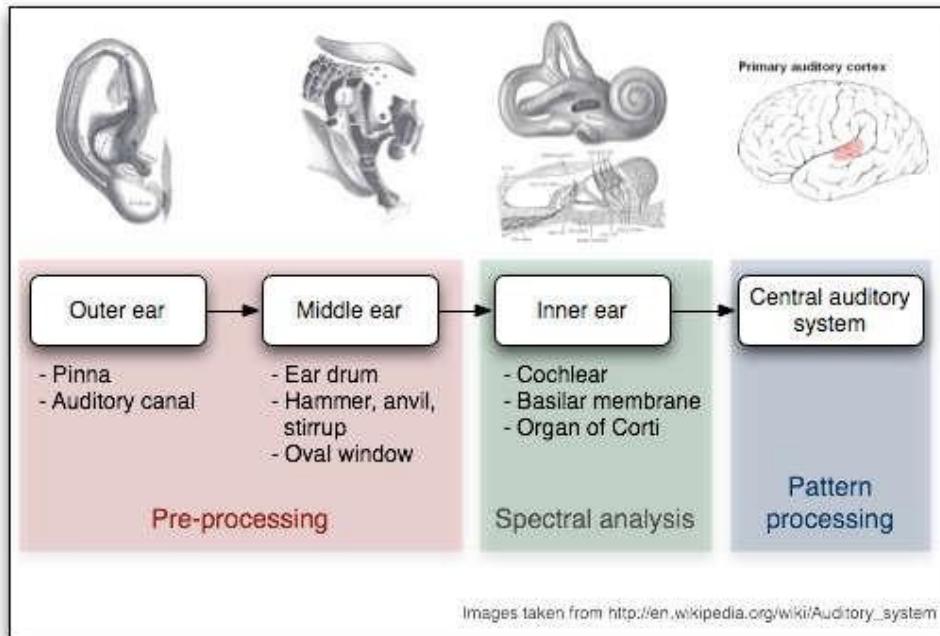


some corneal ERG electrodes



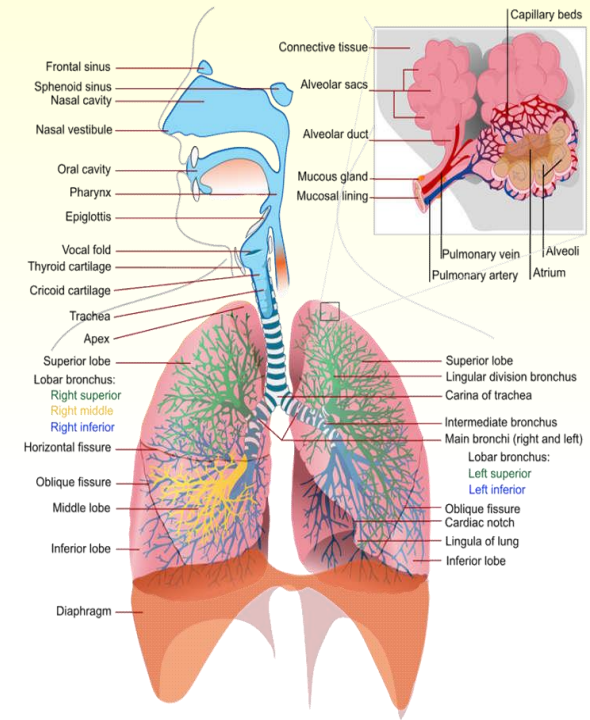
Klasifikace biosignálů podle původu v orgánech a systémech

- Sluch
 - AEP
 - audiometrie
 - otoakustické emise

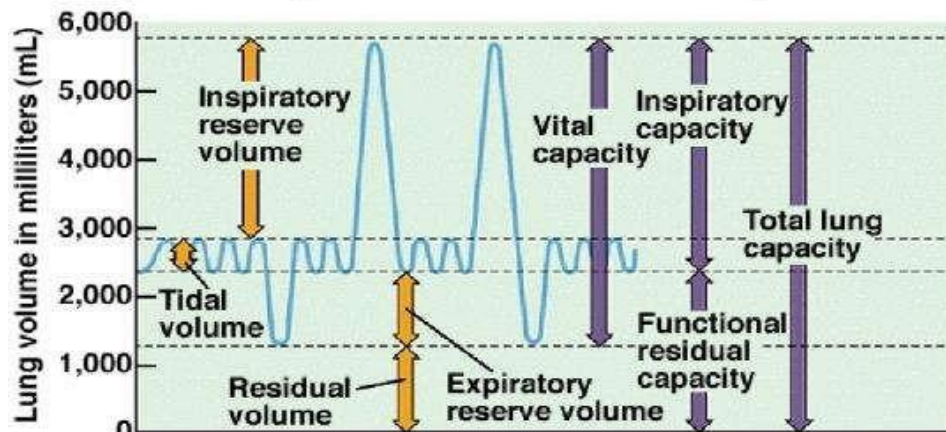


Klasifikace biosignálů podle původu v orgánech a systémech

- **Dýchací soustava**
 - spirometrie (flow-volume)
 - chemické signály (krevní plyny)



Respiratory Volumes and Capacities



Shier/Butler/Lewis, *Hole's Human Anatomy and Physiology*, 8th edition, Copyright © 1999, The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



Klasifikace biosignálů podle původu v orgánech a systémech

- **Trávicí soustava**
 - chemické metody
 - MRI, CT
 - ultrazvuk
 - **EGG**

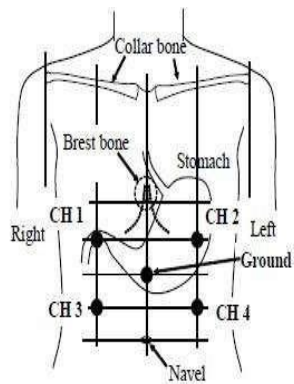
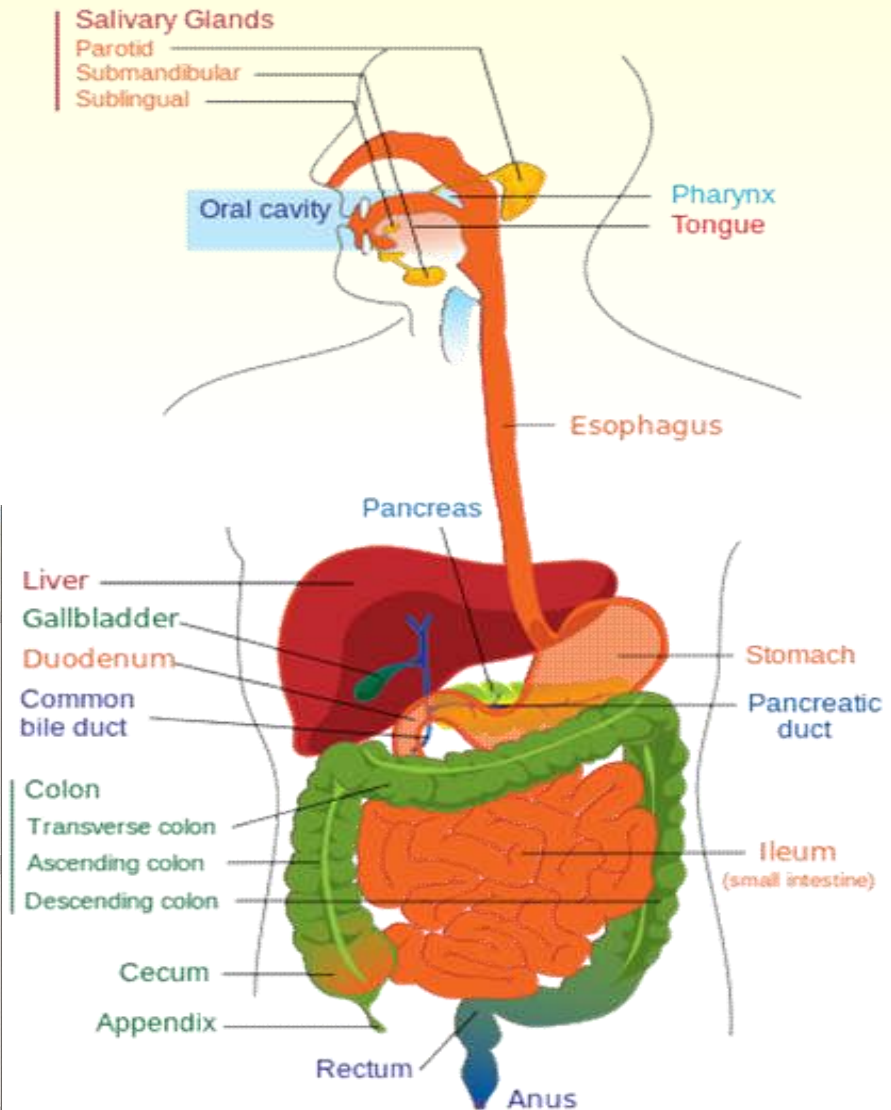
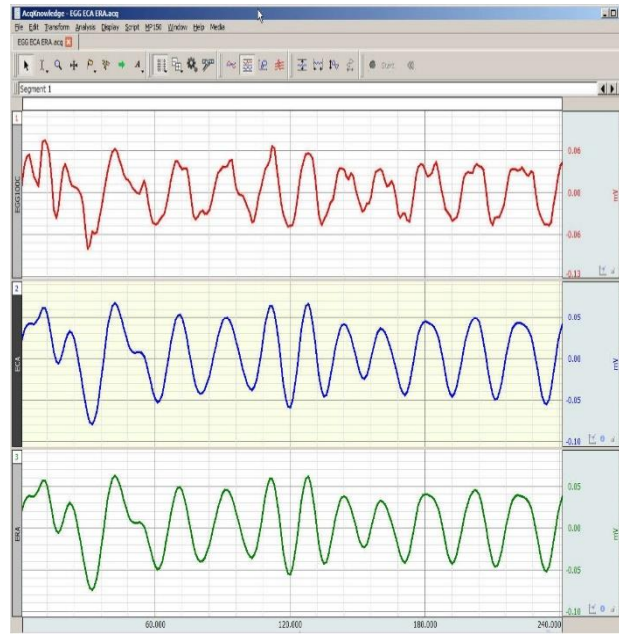
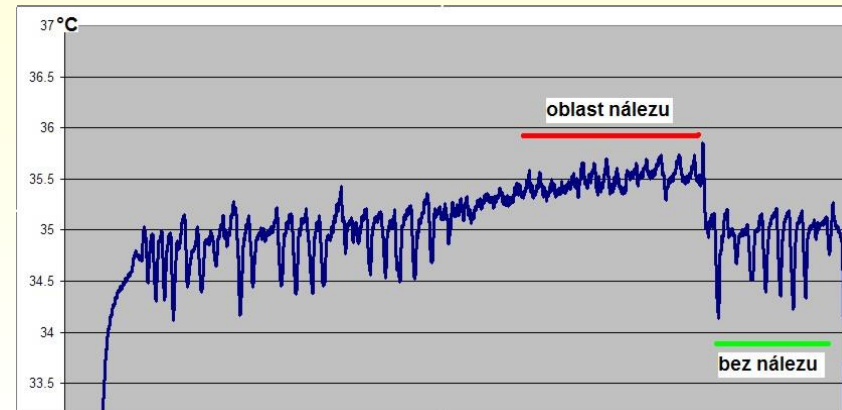


Fig. 1 Location of electrodes

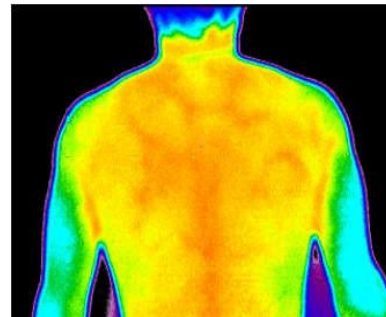


Biosignály – podle počtu proměnných

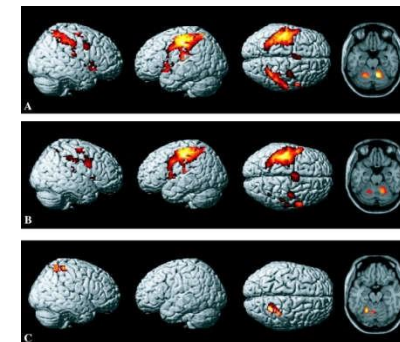
- jednorozměrné
(nejčastěji vyjadřují časovou závislost sledované veličiny)



- dvourozměrné

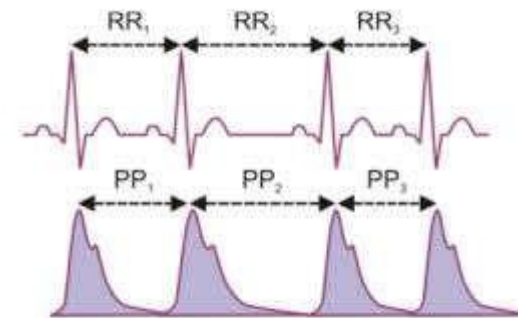
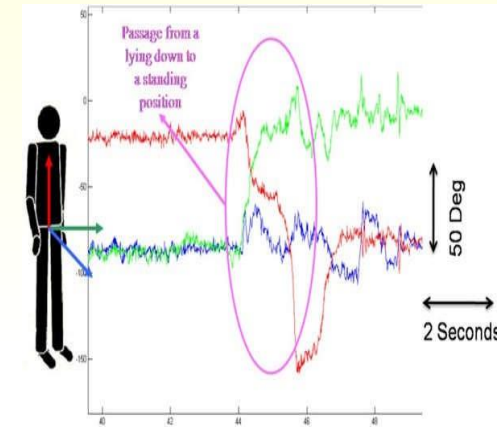
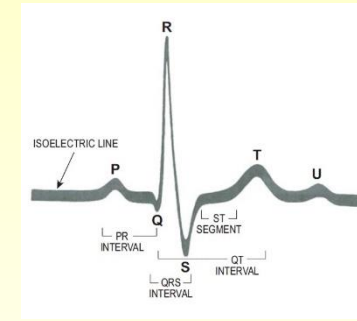
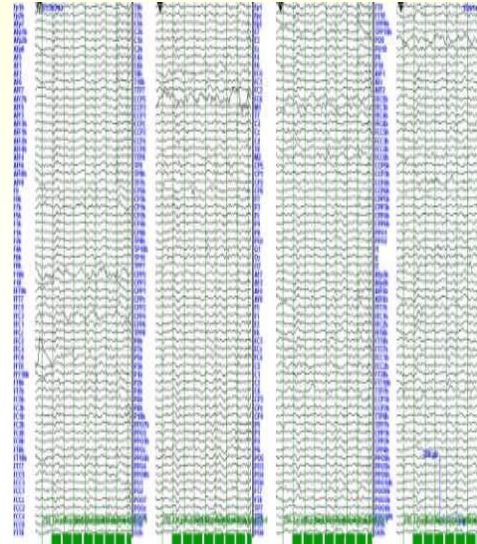


- vícerozměrné



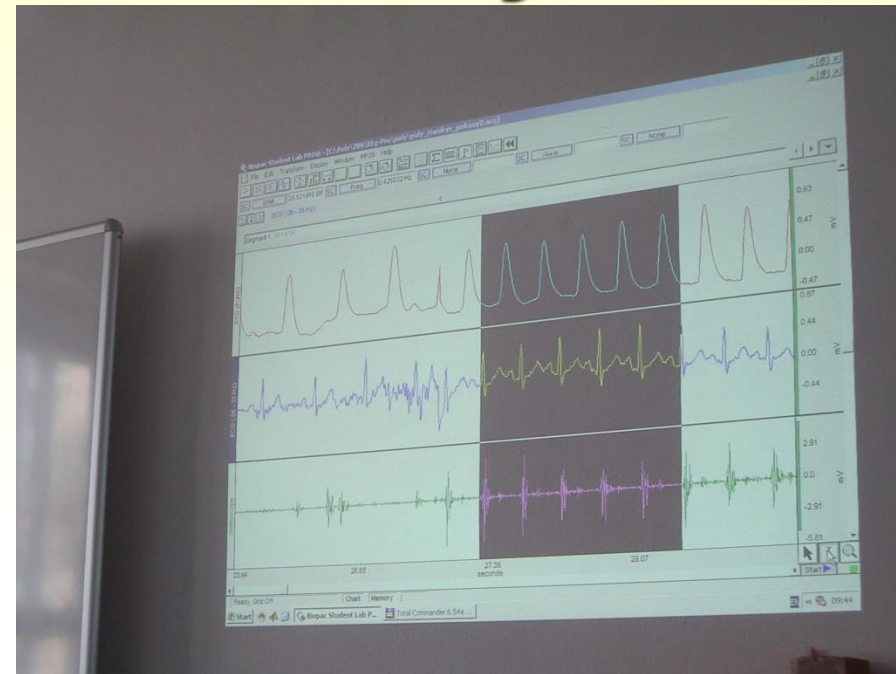
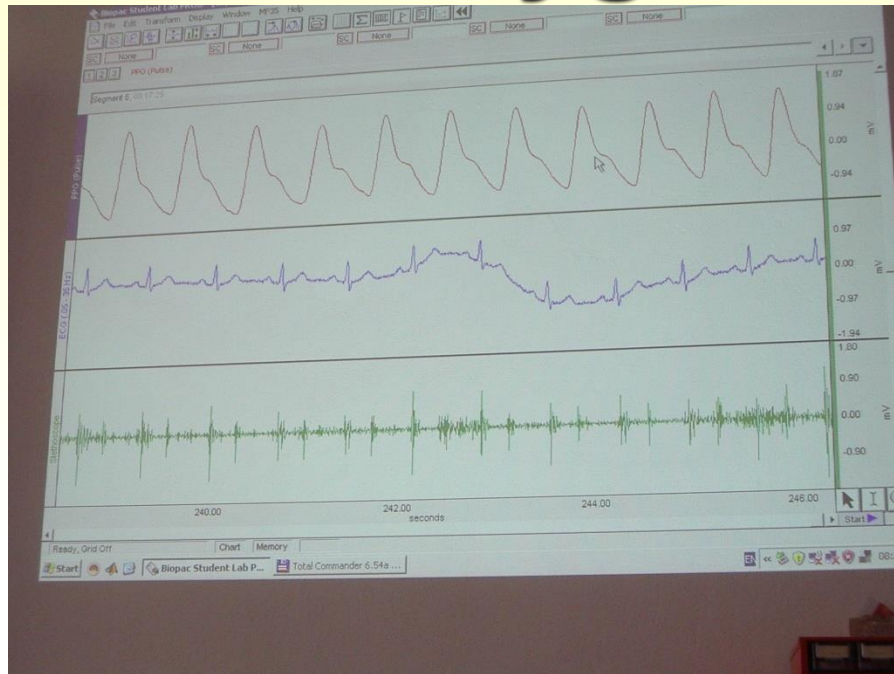
Klasifikace biosignálů podle počtu kanálů

- jednokanálové
- vícekanálové
 - téhož typu
 - EKG
 - EEG, ...
 - různého typu
 - spánková polygrafie
 - foniatrický záznam
 - kardiokotogram
(srdeční rytmus plodu, mechanické stahy dělohy)



Příklad vícekanálových signálů různého typu

Polygrafické metody



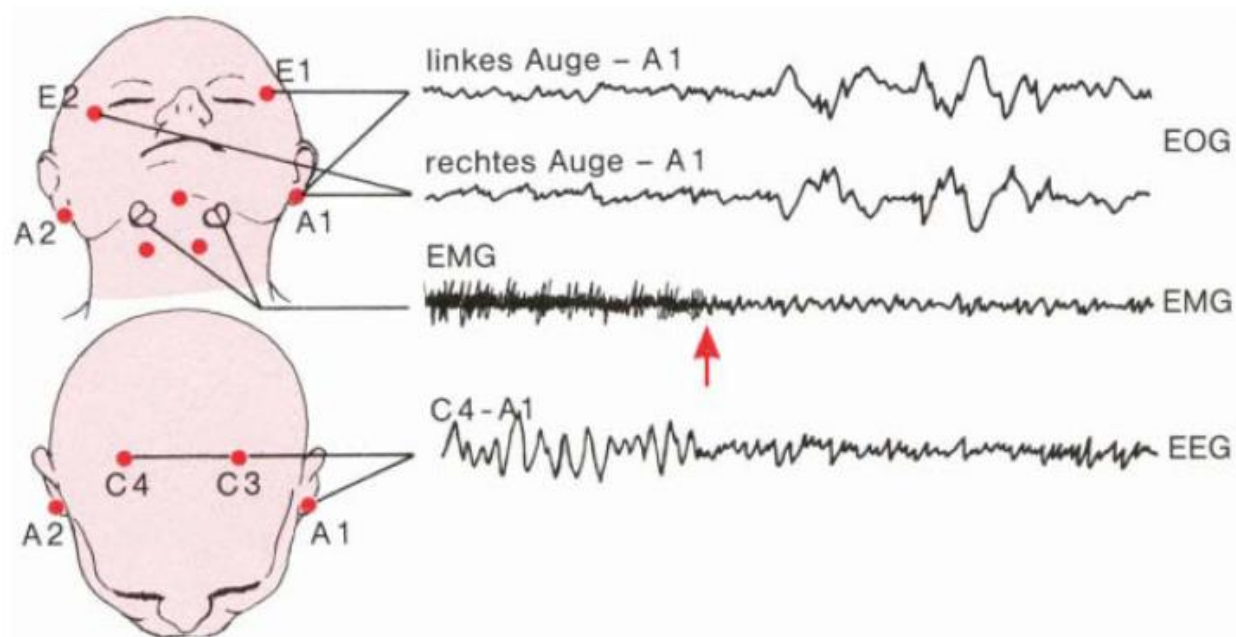
- **Polykardiografie**
 - **pletysmogram**
 - **II. Eithovenův svod**
 - **fonokardiogram**



Příklad vícekanálových signálů různého typu

Polysomnografie

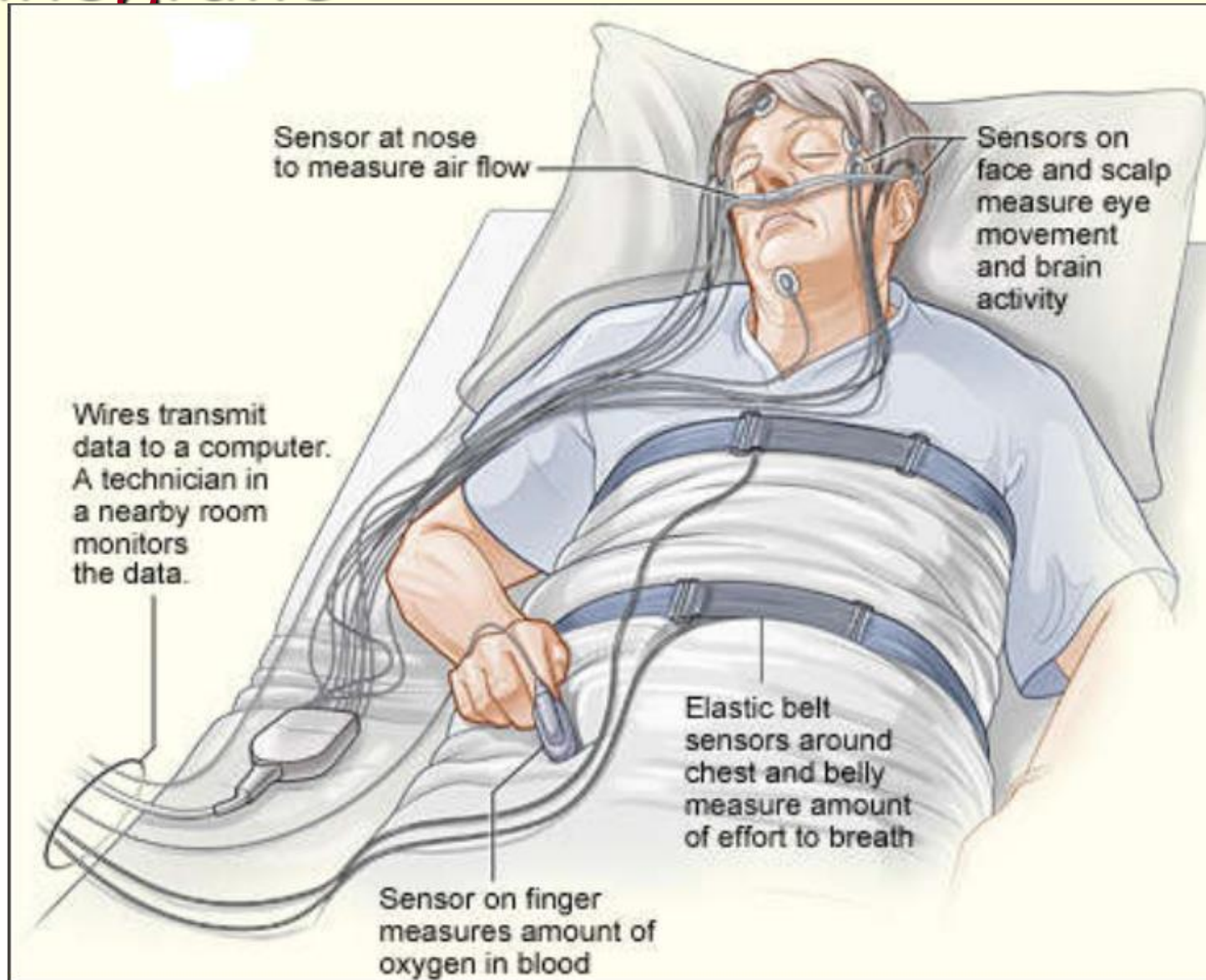
- EEG – min. 2 svody (C4-A1 nebo C3-A2)
- EOG – oční pohyby (2 svody)
- EMG – svalstvo brady (1 svod)



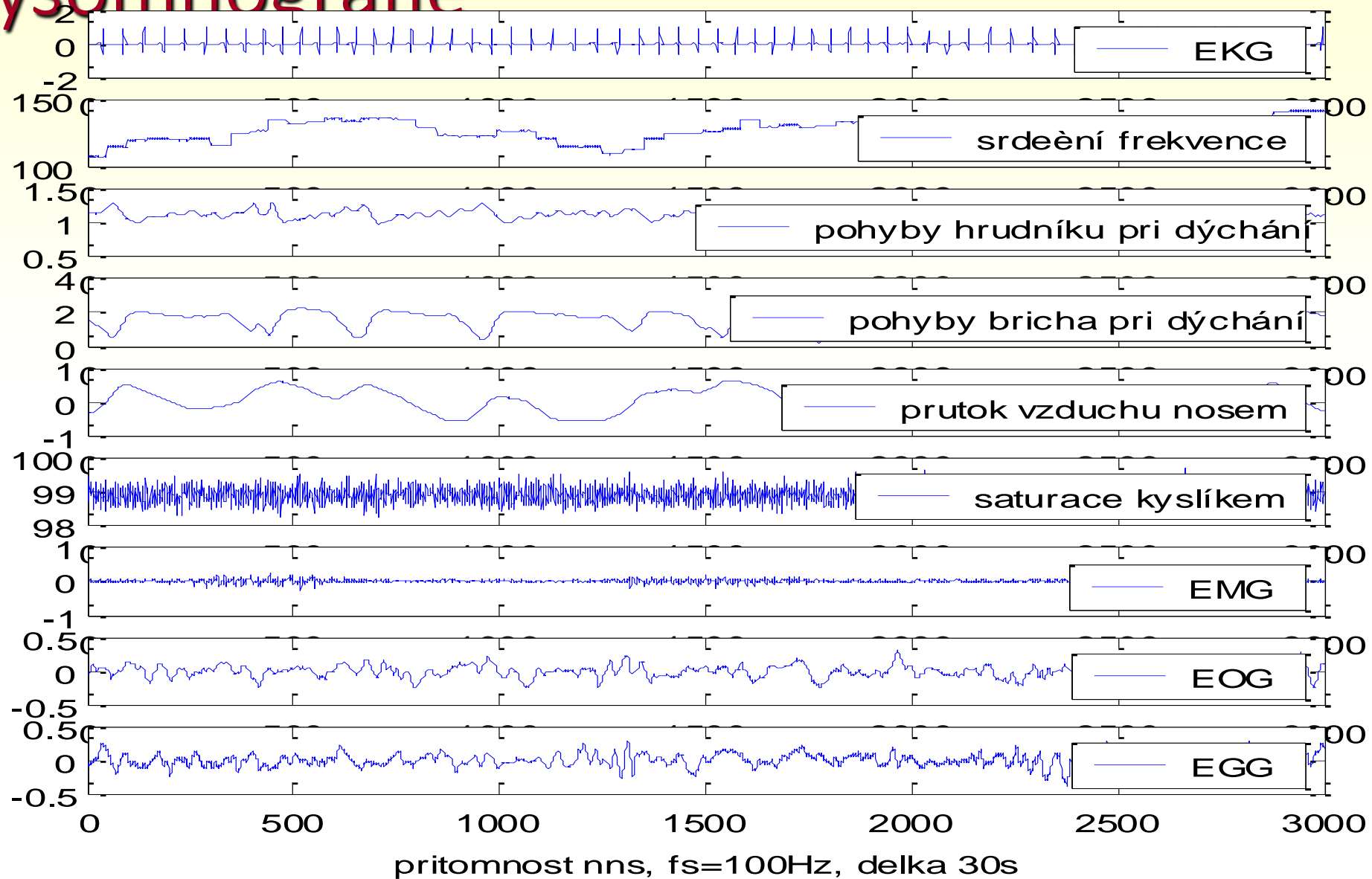
Polysomnografie

- EEG – min. 2 svody (C4-A1 nebo C3-A2)
- EOG – oční pohyby (2 svody)
- EMG – svalstvo brady (1 svod)
- EMG – svalstvo končetin (1 svody)
- EKG – 1 svod
- Průtok vzduchu před nosem a ústy – 1 svod
- Pohyby při dýchání (hrudník, břicho) – 2 svody
- Saturace krve O_2 – 1 svod
- Poloha těla – 1 svod
- Video

Polysomnografie



Polysomnografie



Signály lidského organismu

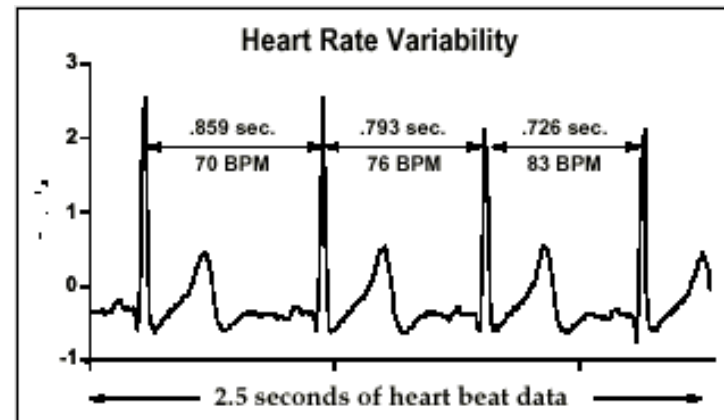
- Spontánní – bez rozhodujícího vnějšího vlivu
 - EKG
 - EEG
- Odezva na specifické buzení
 - elektrické odezvy nervové soustavy na podněty
 - křivka usilovného výdechu
 - odezva Achilovy šlachy

Spontánní signály lidského organismu

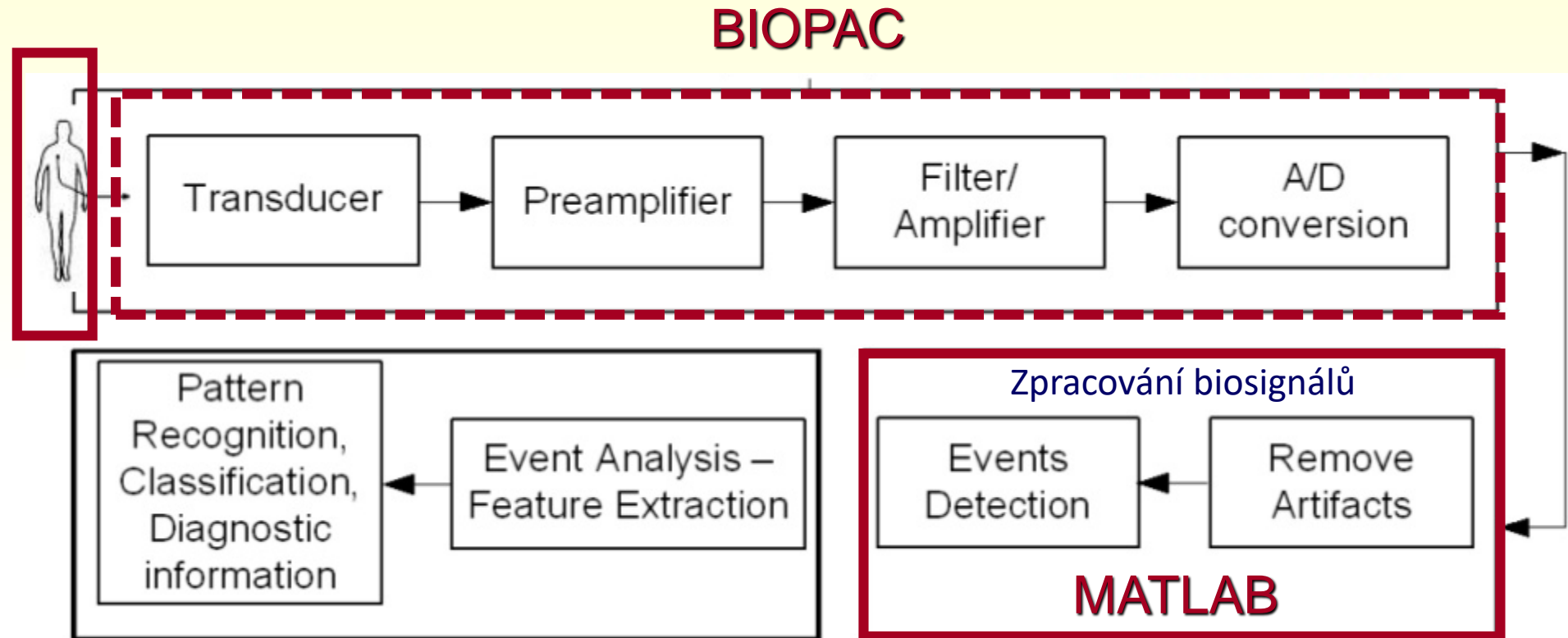
- opakující se (repetiční, kvaziperiodický)
 - EKG
 - respirační signály
- nepravidelné
 - EEG
 - EMG

Spojitost signálů lidského organismu

- většina signálů **je spojitá** (EKG, EEG, EOG, ...)
- snímané signály jsou **diskretizovány**
 - pravidelně (EKG)
 - nepravidelně (teplota)



Zpracování biosignálů

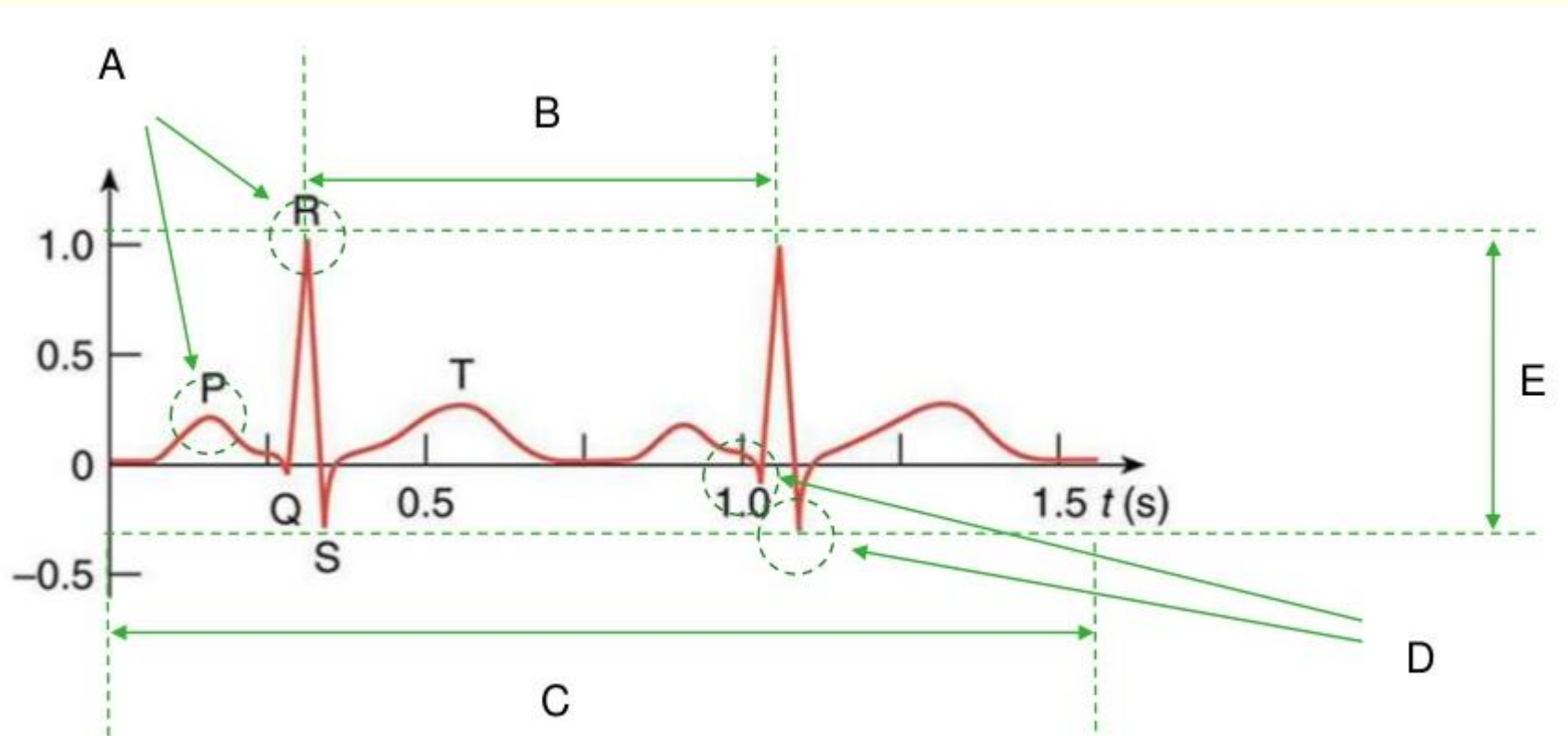


Zpracování biosignálů = nalezení **klinicky významných informací skrytých v biosignálu**

Zpracování biosignálů

charakteristiky biosignálů

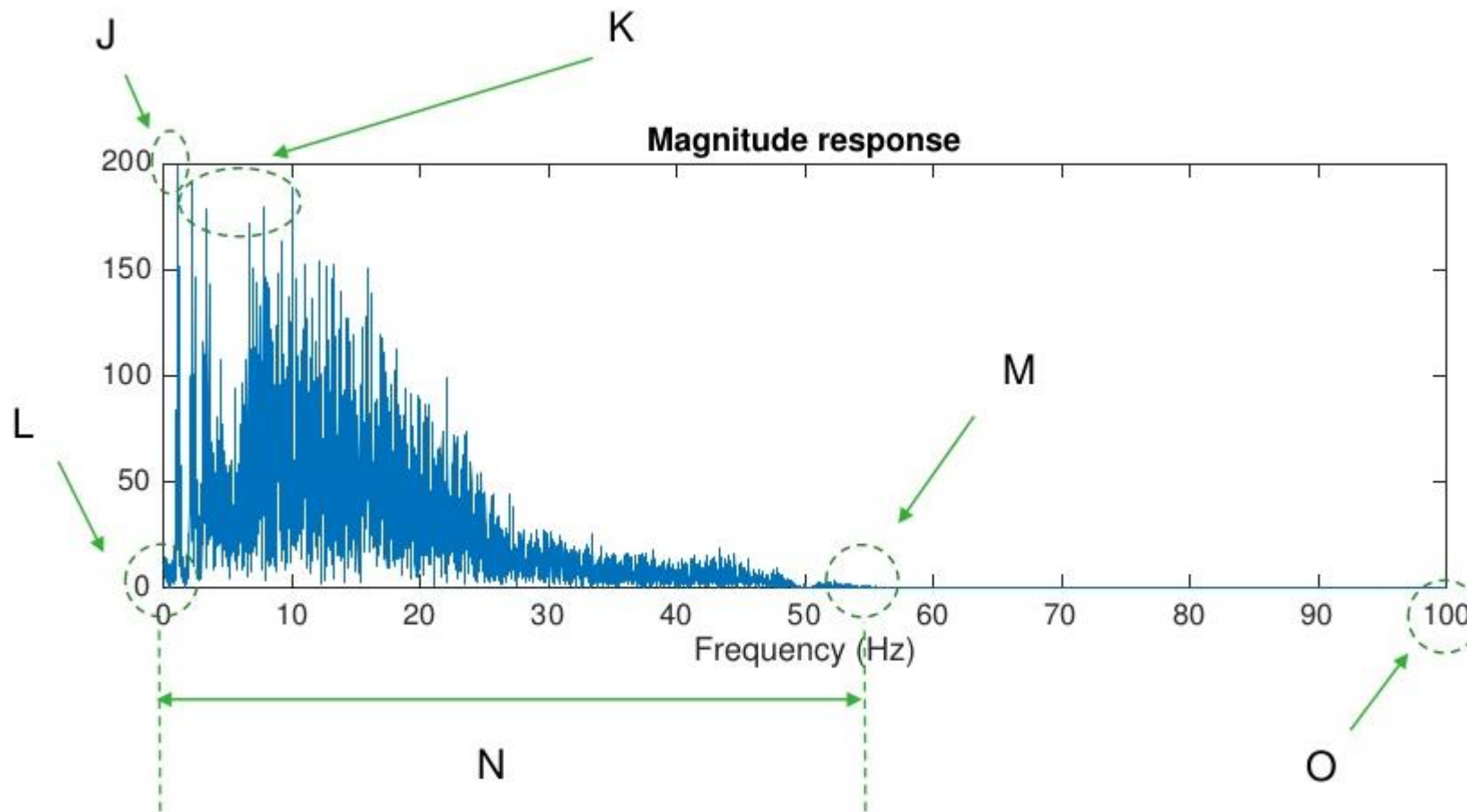
časová oblast



Zpracování biosignálů

charakteristiky biosignálů

frekvenční oblast



MATLAB:

- *fft*
- *ifft*
- *fftshift*
- *abs*
- *angle*
- *periodogram*
- *pwelch*
- *spectrogram*

Zpracování biosignálů

filtrace (potlačení artefaktů)



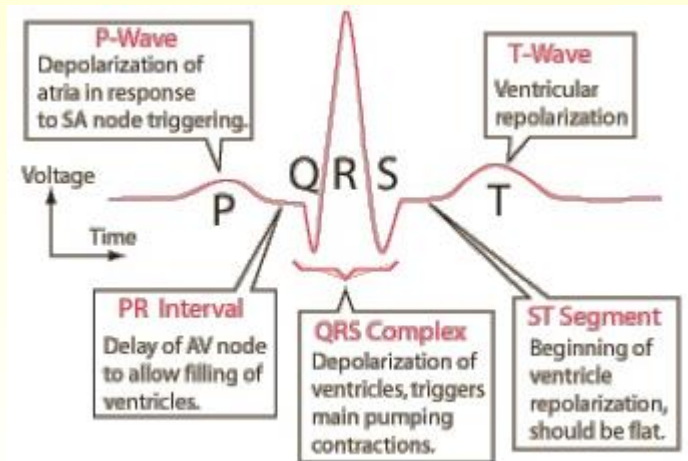
- **číslicové filtry v časové oblasti**
 - offset
 - MA filtry
 - mediánová filtrace
 - odstranění trendu (detrending)
- **číslicové filtry ve frekvenční oblasti**
 - Butterworth / Čebyšev
 - Notch / hřebenové filtry
- **Adaptivní filtrace**
 - Wiener
 - Kalman

MATLAB:

- *mean*
- *filter*
- *medfilt1*
- *polyfit*
- *polyval*
- *butter*
- *iirnotch*
- *iircomb*

Zpracování biosignálů

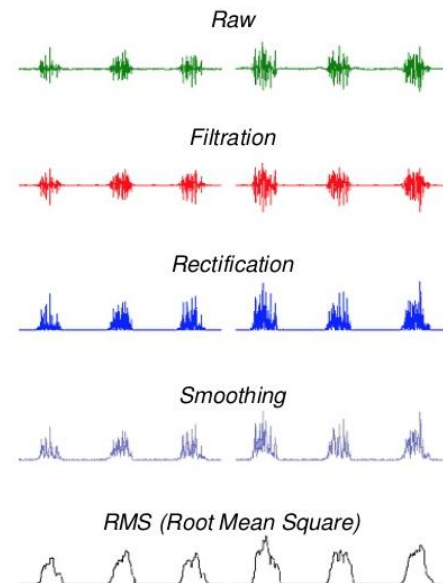
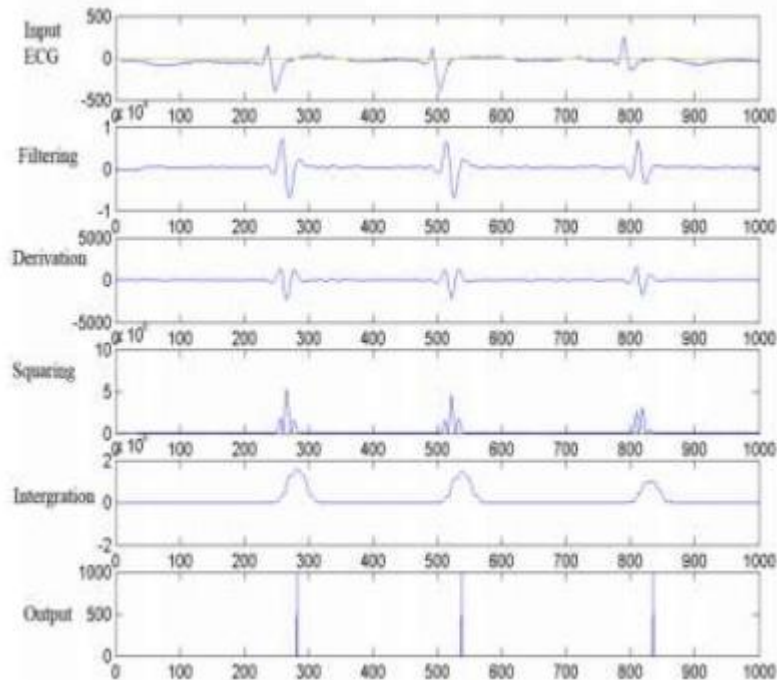
detekce událostí



- odhad obálky
- vymezení vln
- detekce špiček
- vzájemná korelace
- autokorelace

MATLAB:

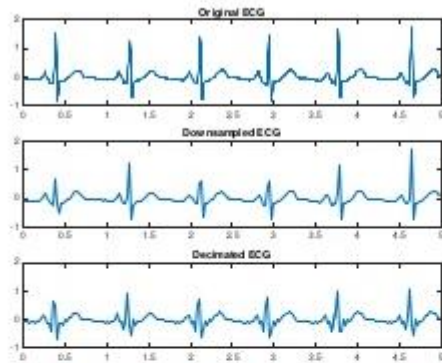
- *diff*
- *rms*
- *envelope*
- *findpeaks*
- *autocorr*
- *xcorr*



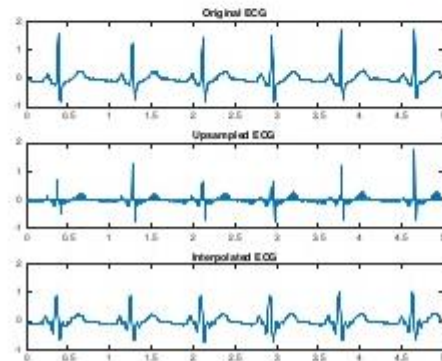
Zpracování biosignálů

kompresa

$$y[n] = \sum_{k=0}^{K-1} x[nM - k] \cdot h[k],$$



$$y[j + nL] = \sum_{k=0}^K x[n - k] \cdot h[j + kL], \quad j = 0, 1, \dots, L - 1,$$

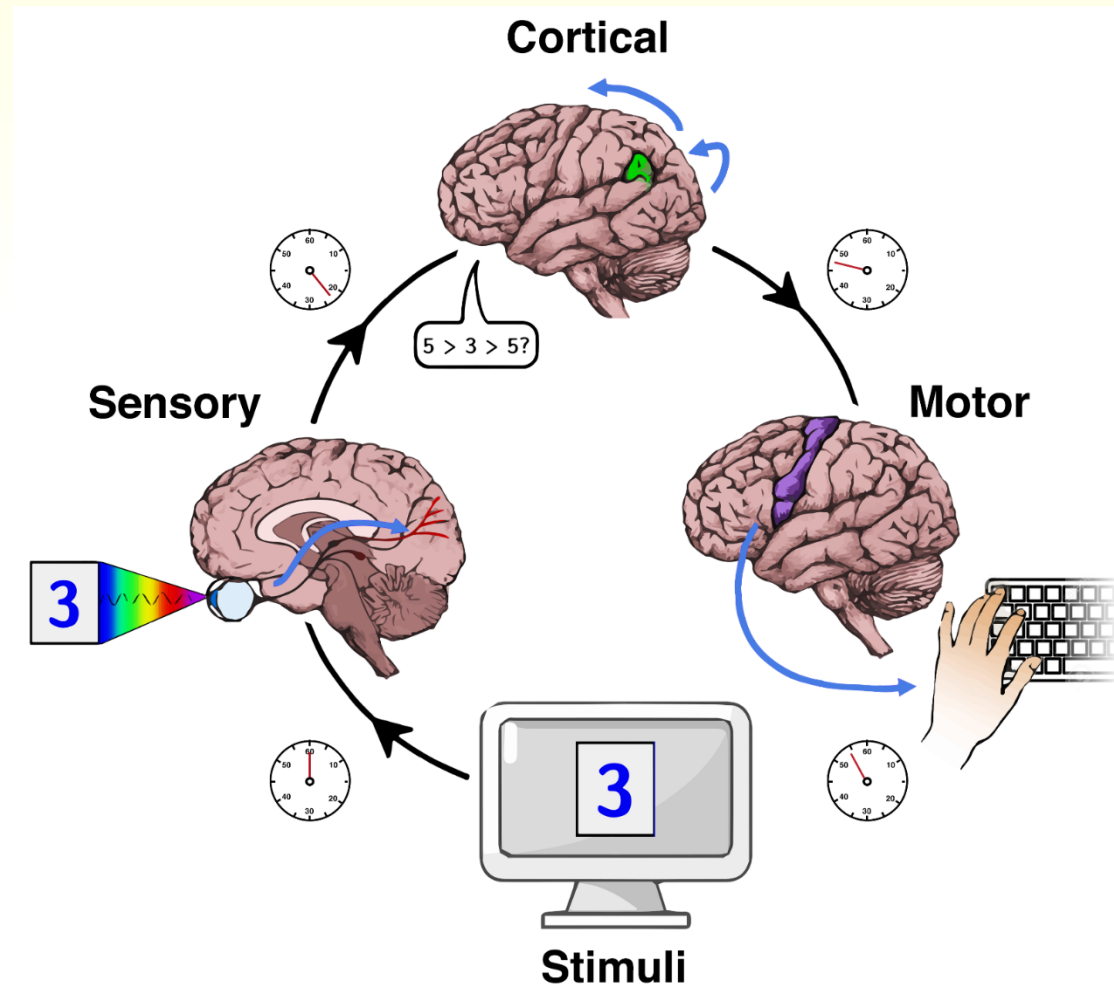


MATLAB:

- *resample*
- *interp*
- *decimate*
- *lpc*

Reakční doba

Reakční doba: zpoždění mezi stimulem a reakcí na něj



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

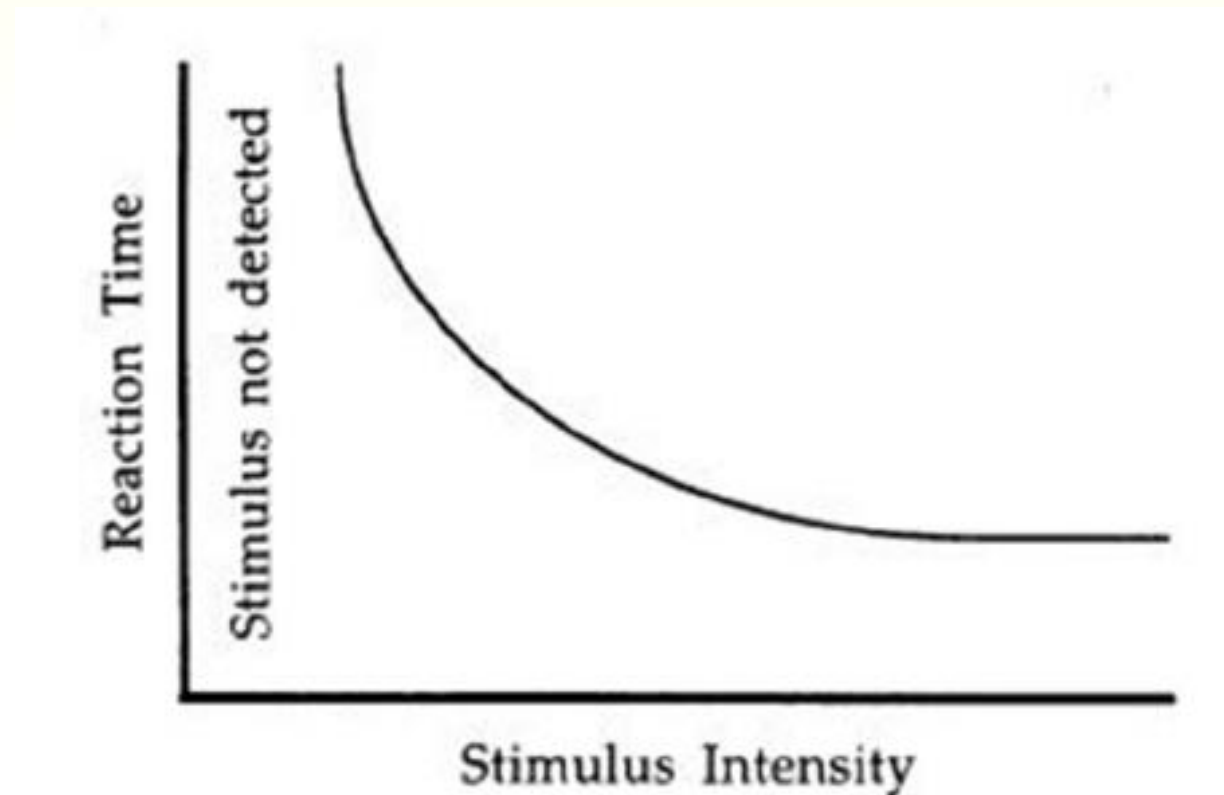
- **typ stimulu**

					
RECEPTOR	hmat	sluch	zrak	čich	bolest
REAKČNÍ ČAS (milisekundy)	90 – 120	120 – 180	150 – 220	310 – 390	130 – 890

Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

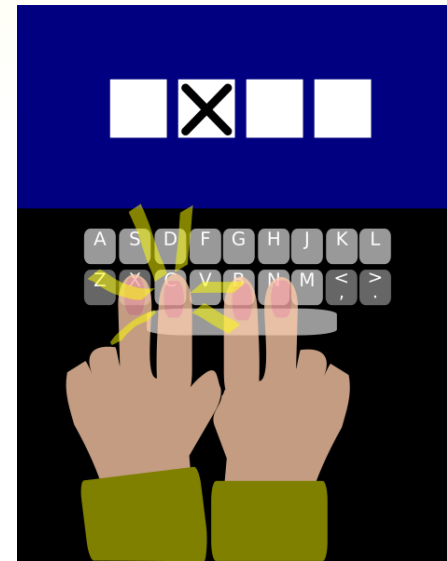
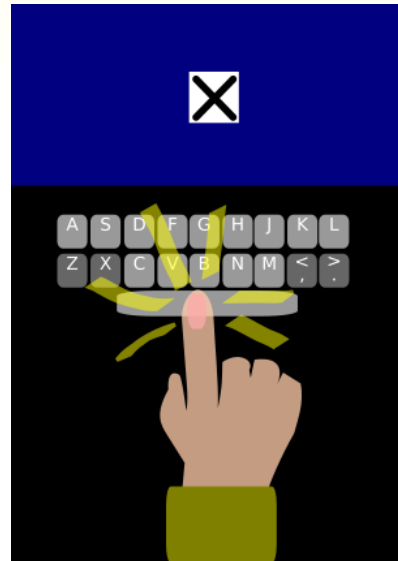
- intenzita stimulu



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

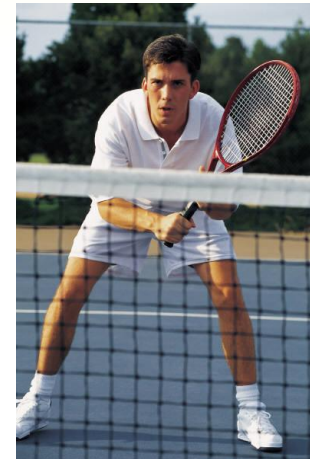
- jednoduché a složité odpovědi



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

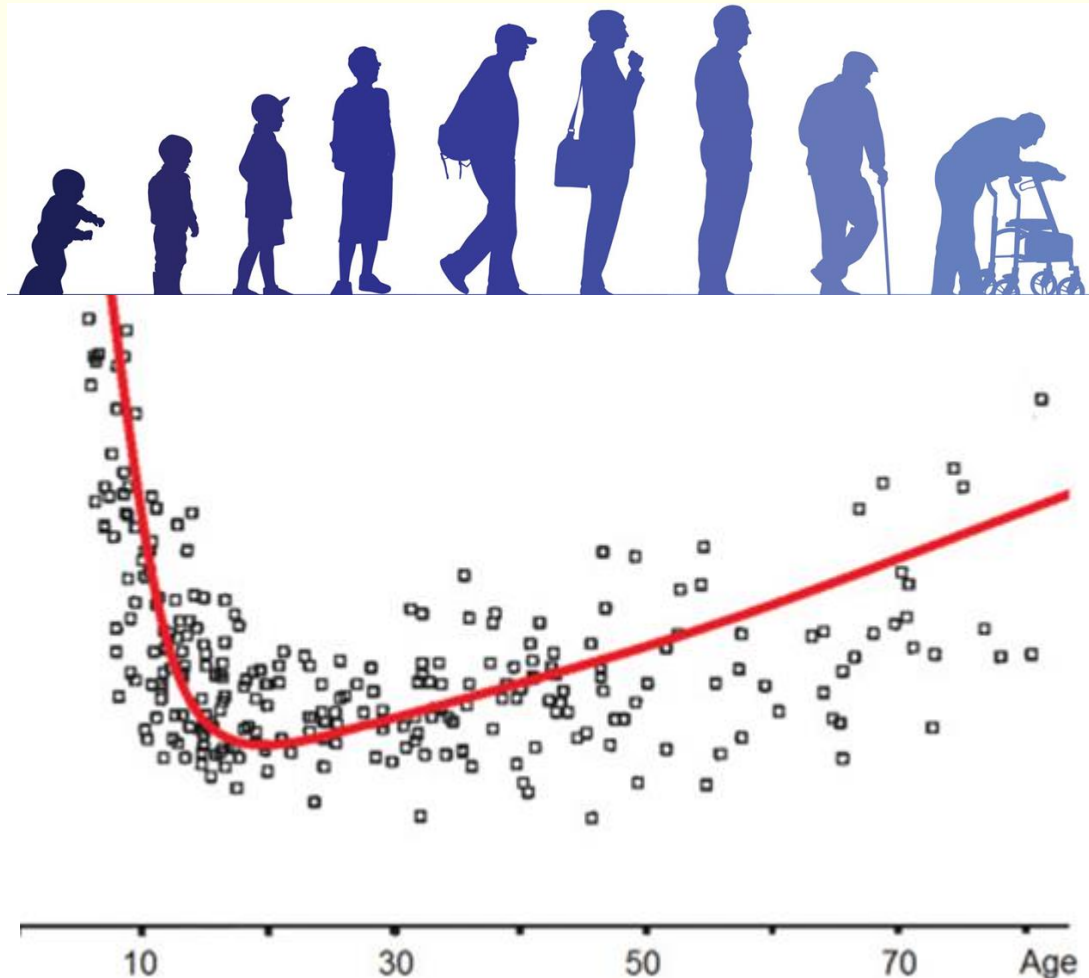
- jednoduché a složité odpovědi



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- věk

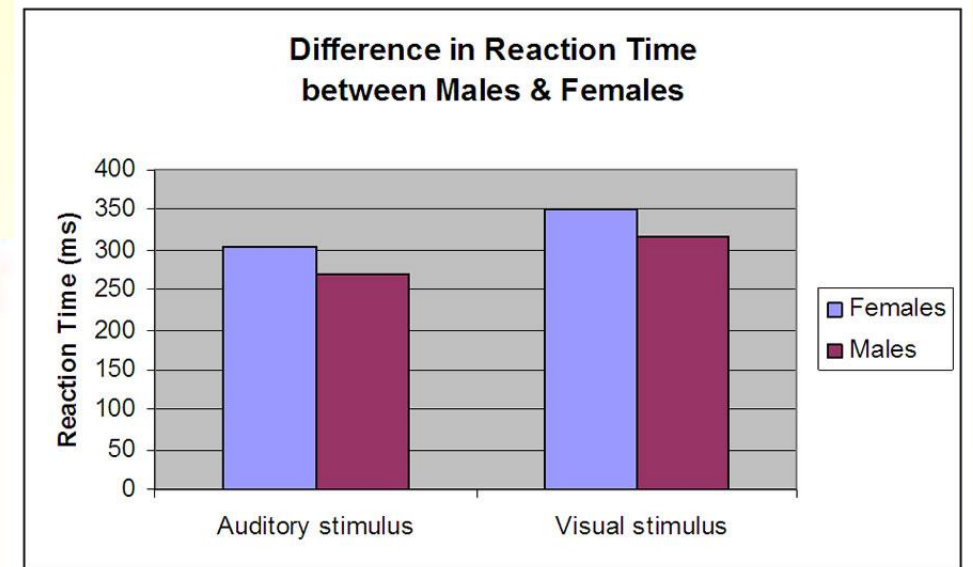
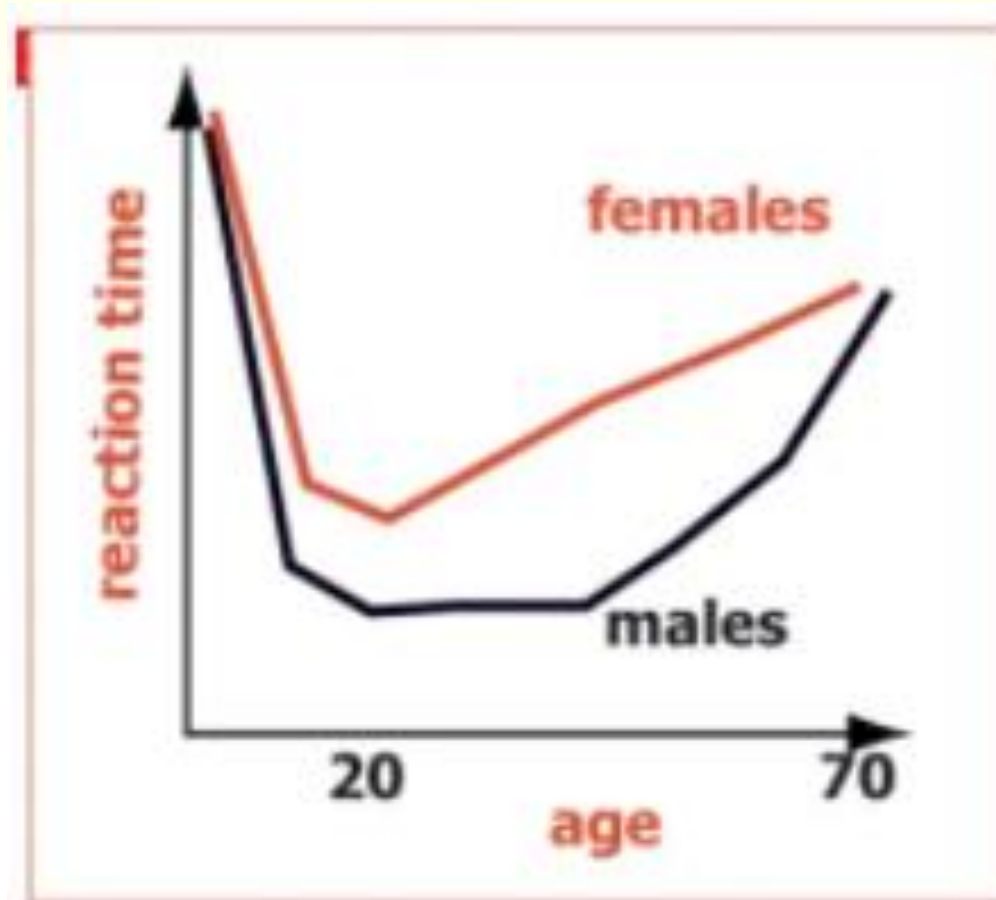




Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

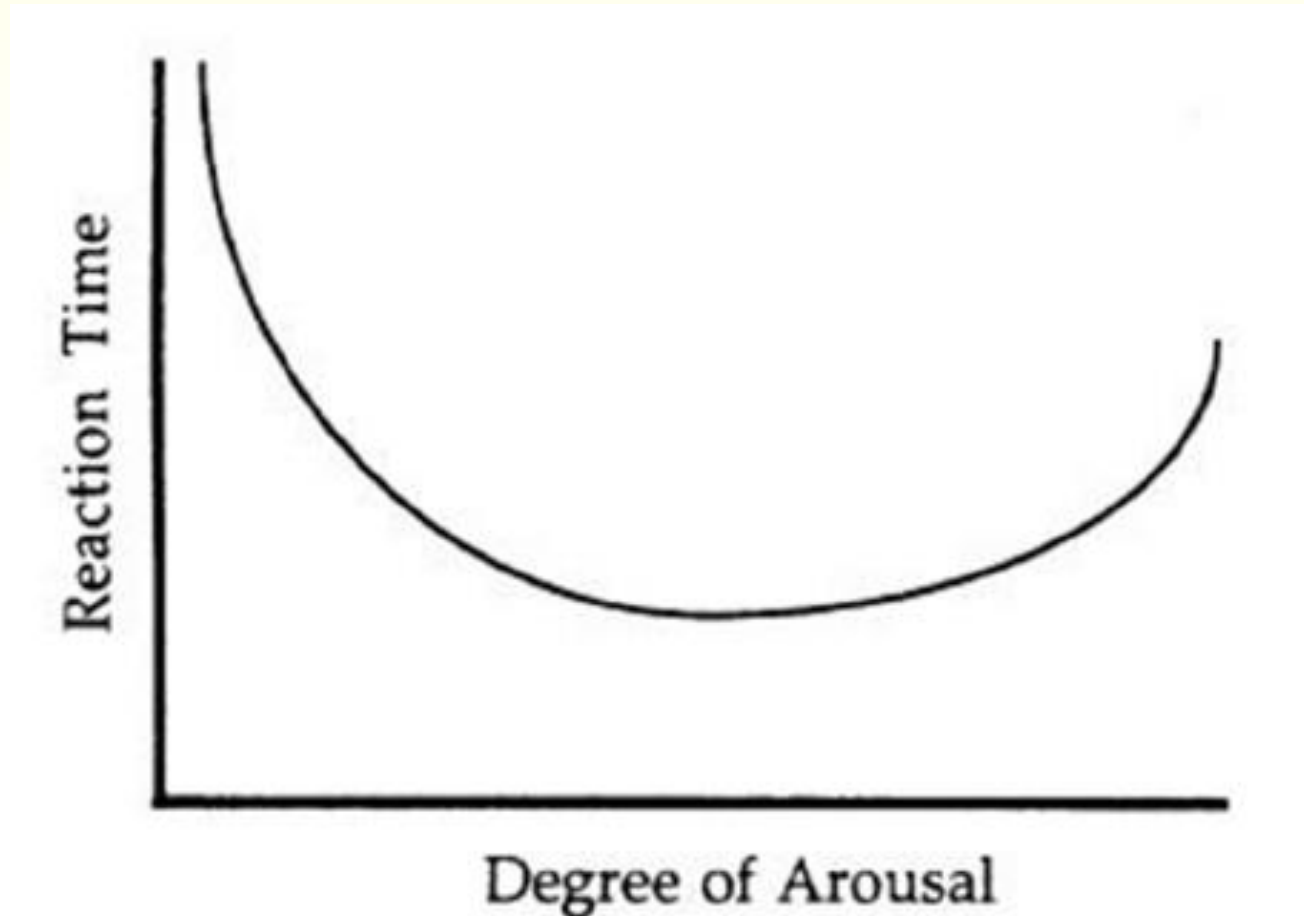
- pohlaví



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

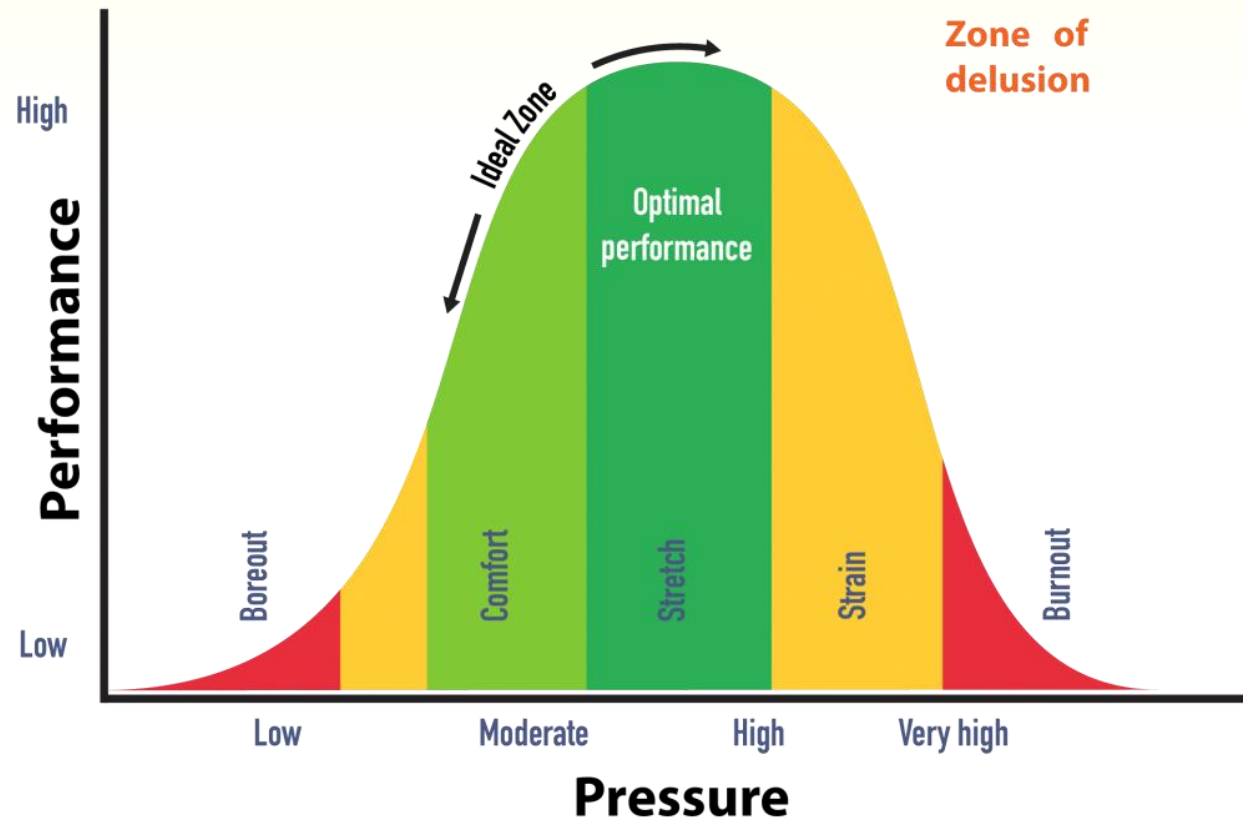
- stav pozornosti



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

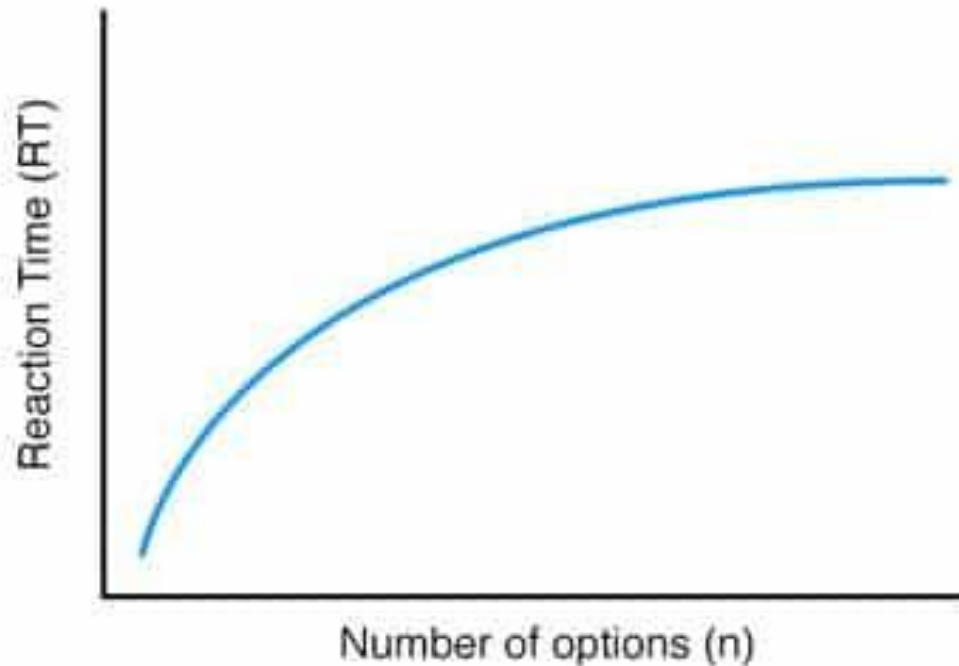
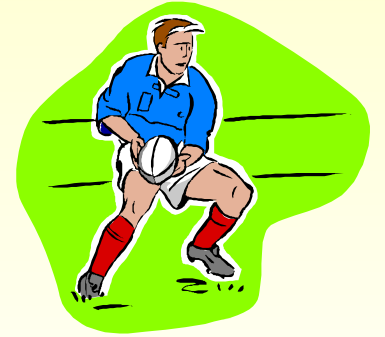
- trest, stres, hrozba



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- počet stimulů



Hick's Law

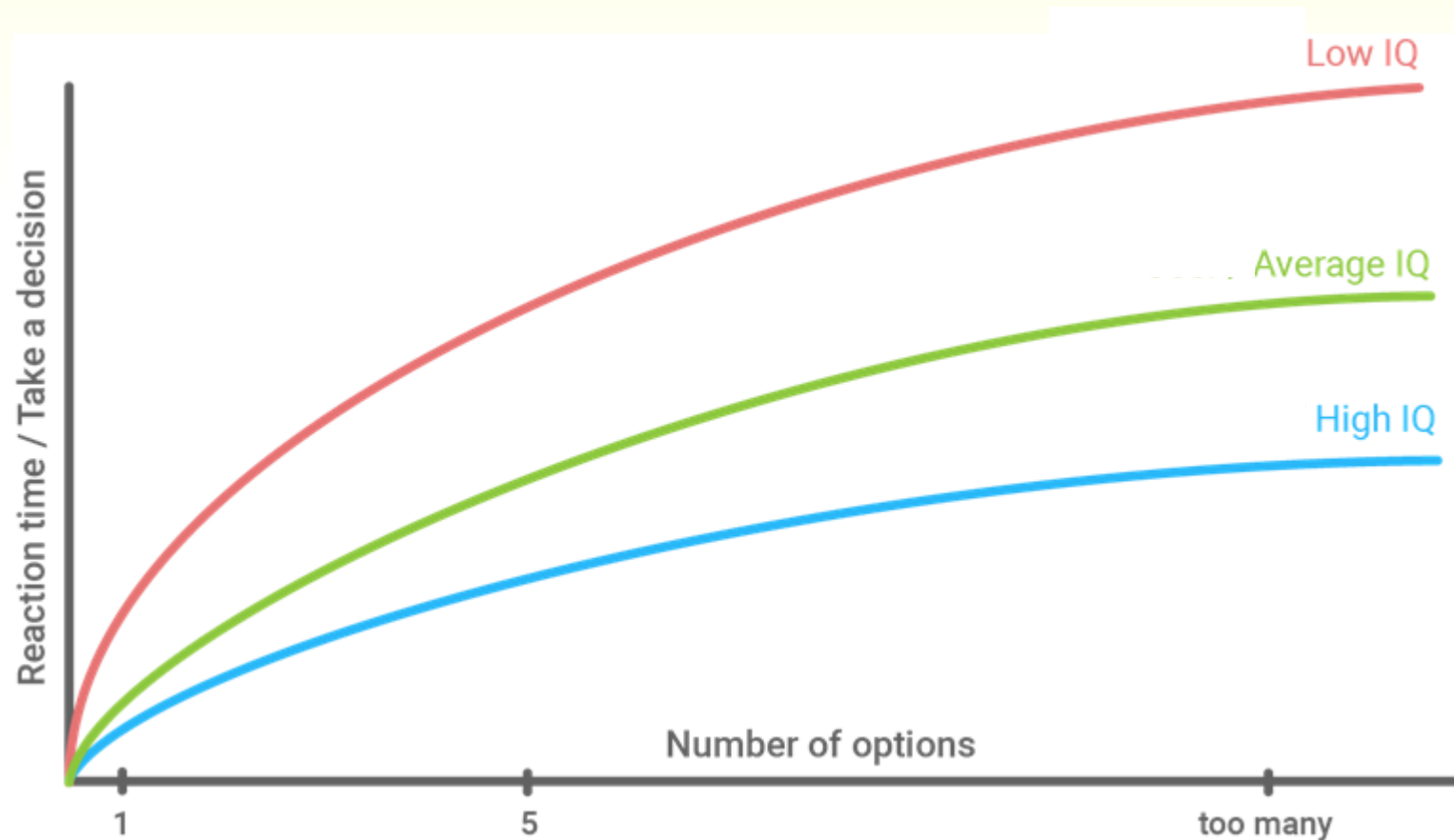
$$RT = a + b \log_2 (n)$$

RT is the Reaction Time
(n) is the number of stimuli
"a" and "b" are constants

Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

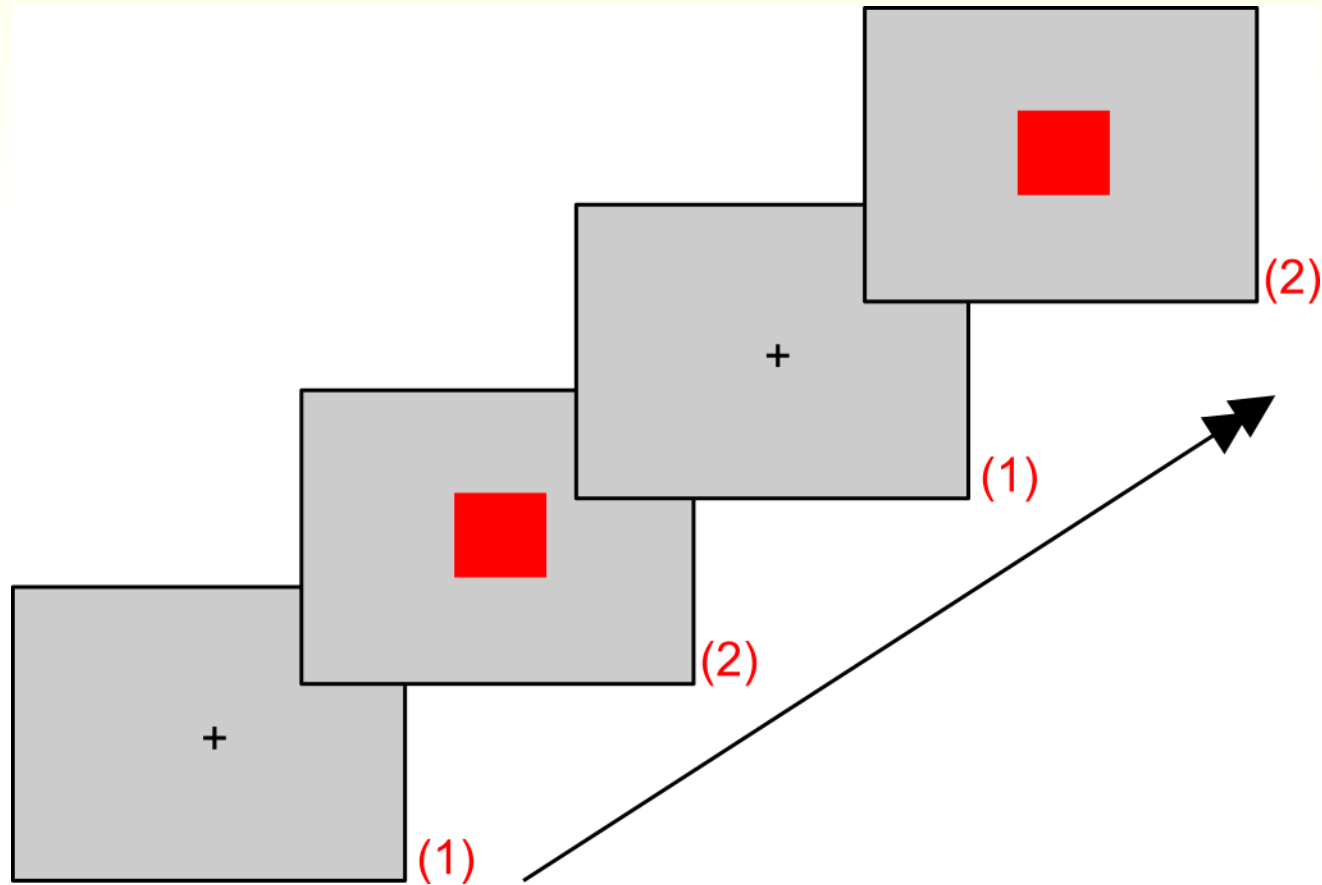
- intelligence



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

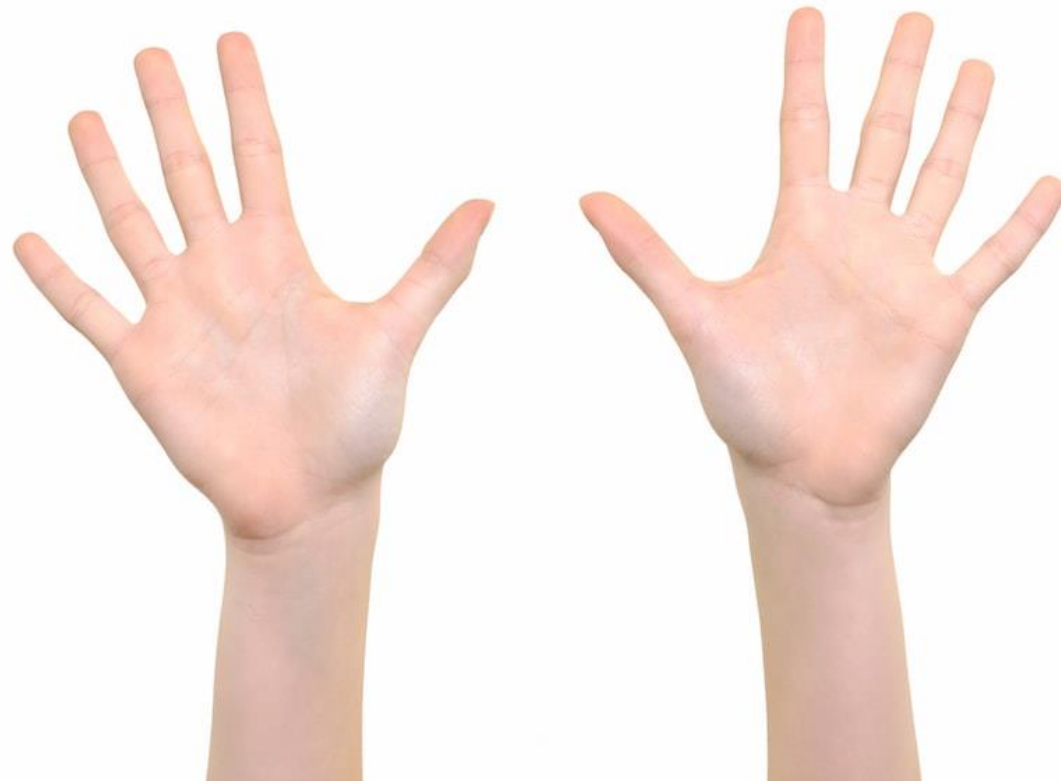
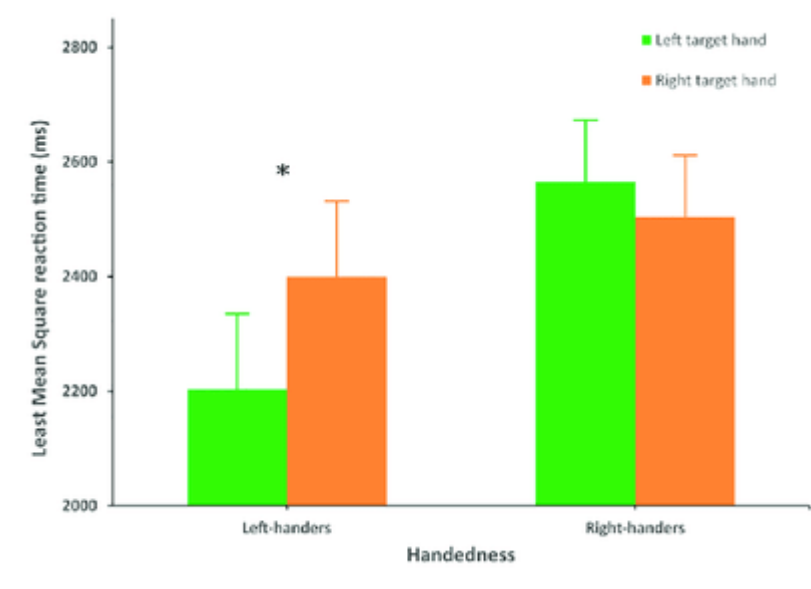
- „sekvenční efekt“



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

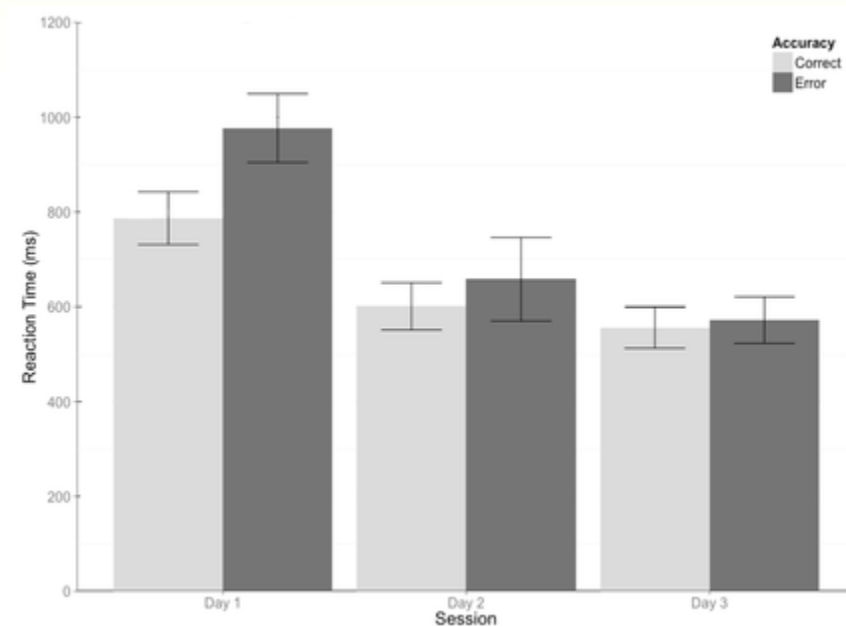
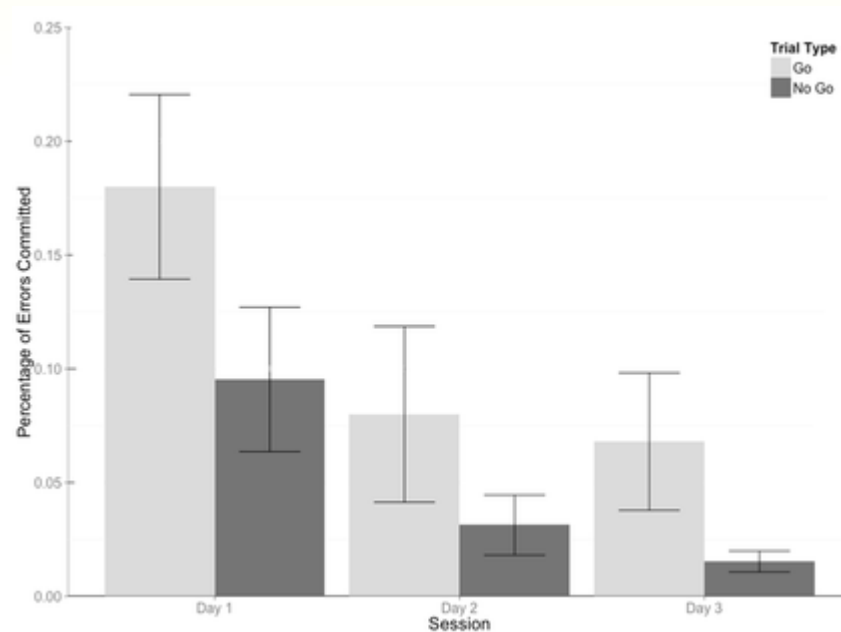
- levá vs pravá ruka



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

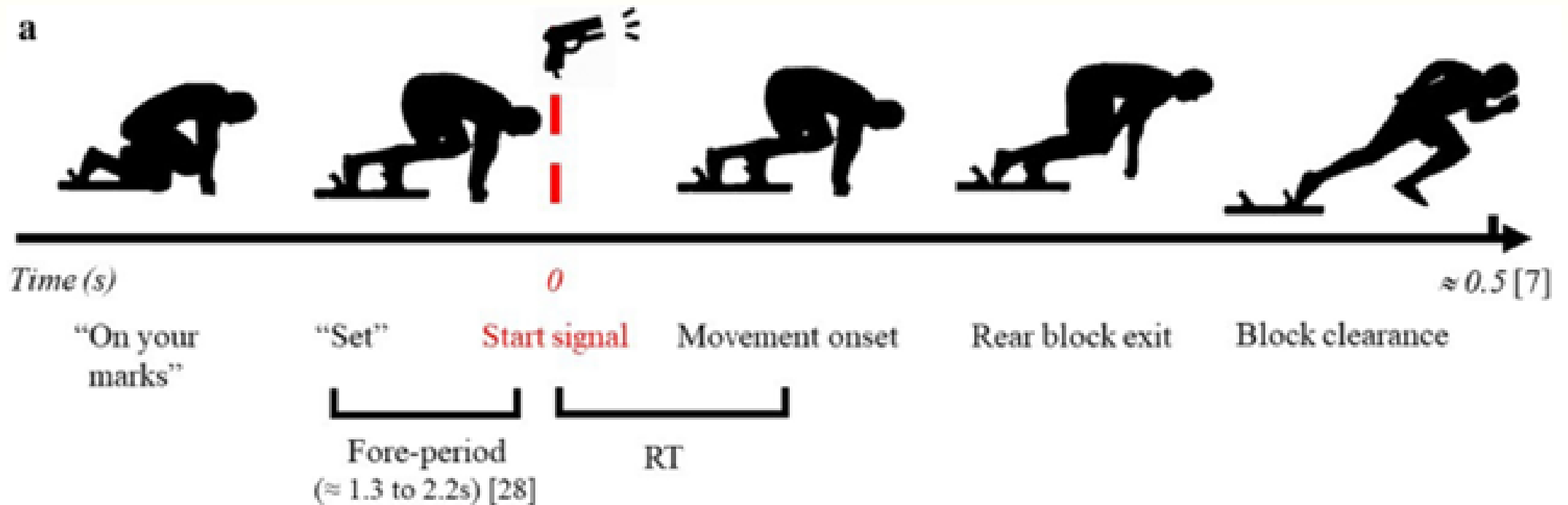
- trénink a chyby



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- upozornění, že přichází podnět



Reakční doba

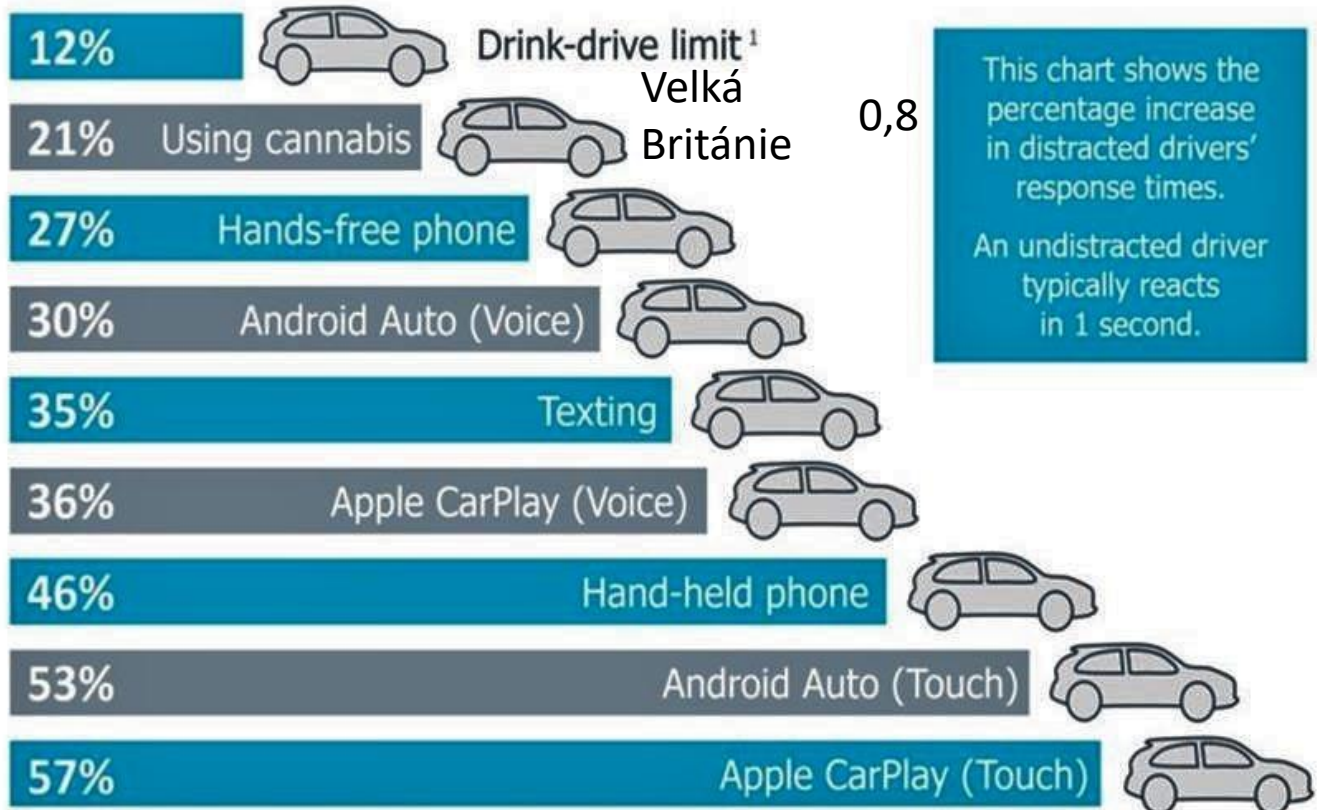
řidič jedoucí v autě s hlasitou hudbou má o 0.16 s delší reakční dobu

Faktory ovlivňující reakční dobu

- rozptýlení, nepozornost



HOW DRIVERS' REACTION TIMES SLOW



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

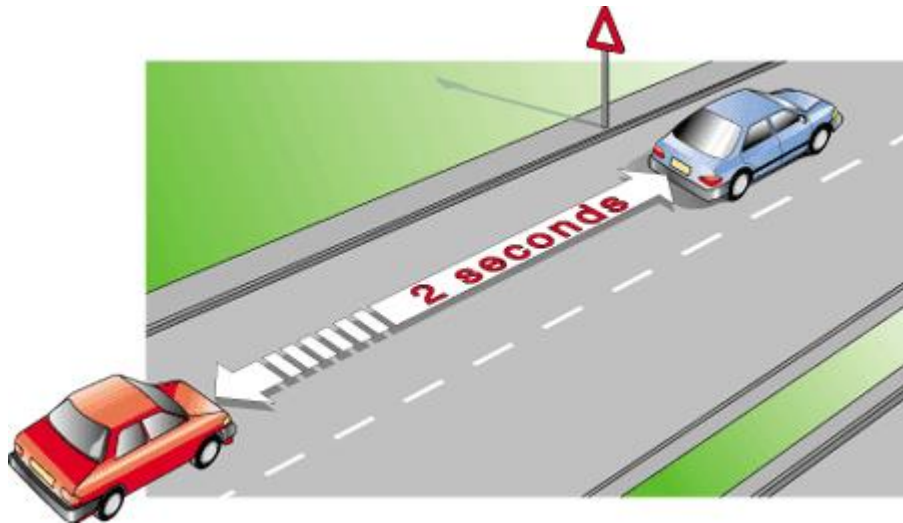
- **přímé vs periferní vidění**

úhel pohledu

do 0.75 stupňů na objekt
do 5 stupňů na objekt
nad 5.0 stupňů na objekt

celková reakční doba

0.37 – 0.79 s
0.69 – 1.34 s
0.78 – 1.49 s



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

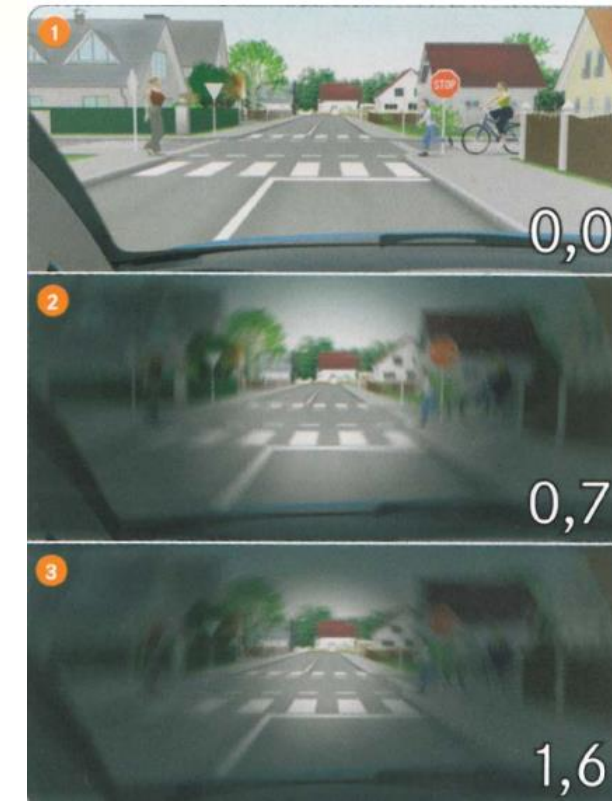
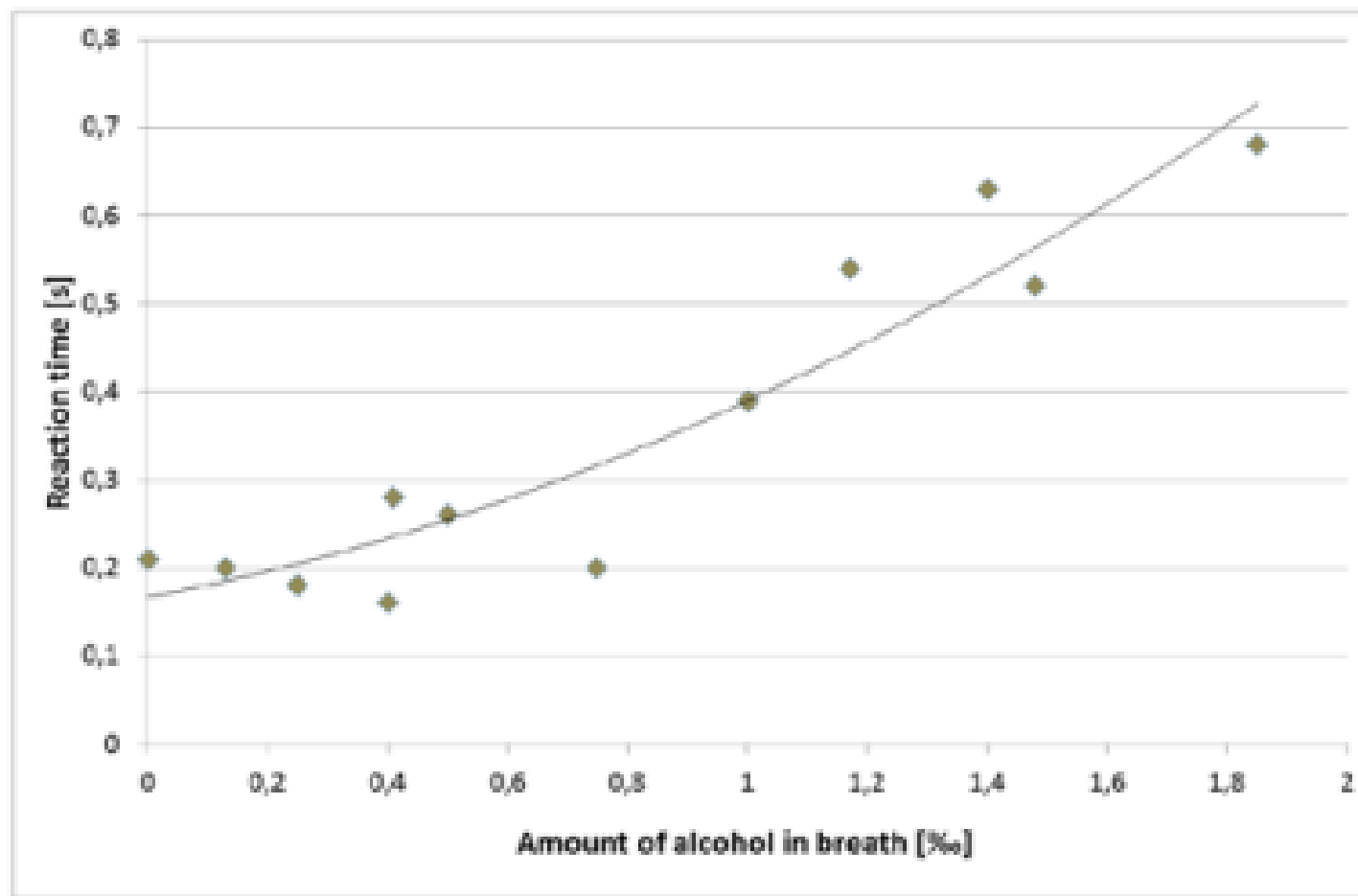
- únava



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

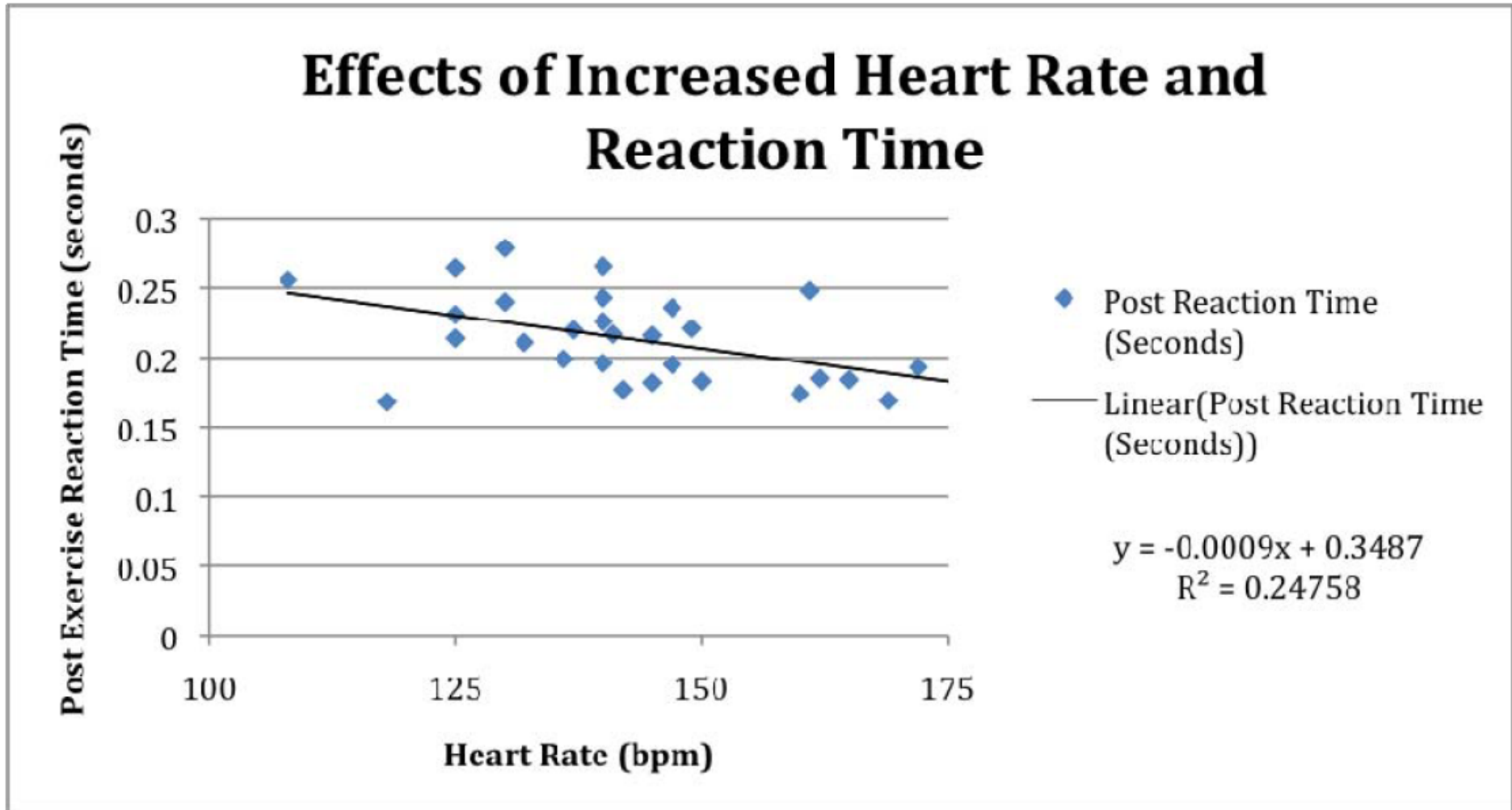
- alkohol



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

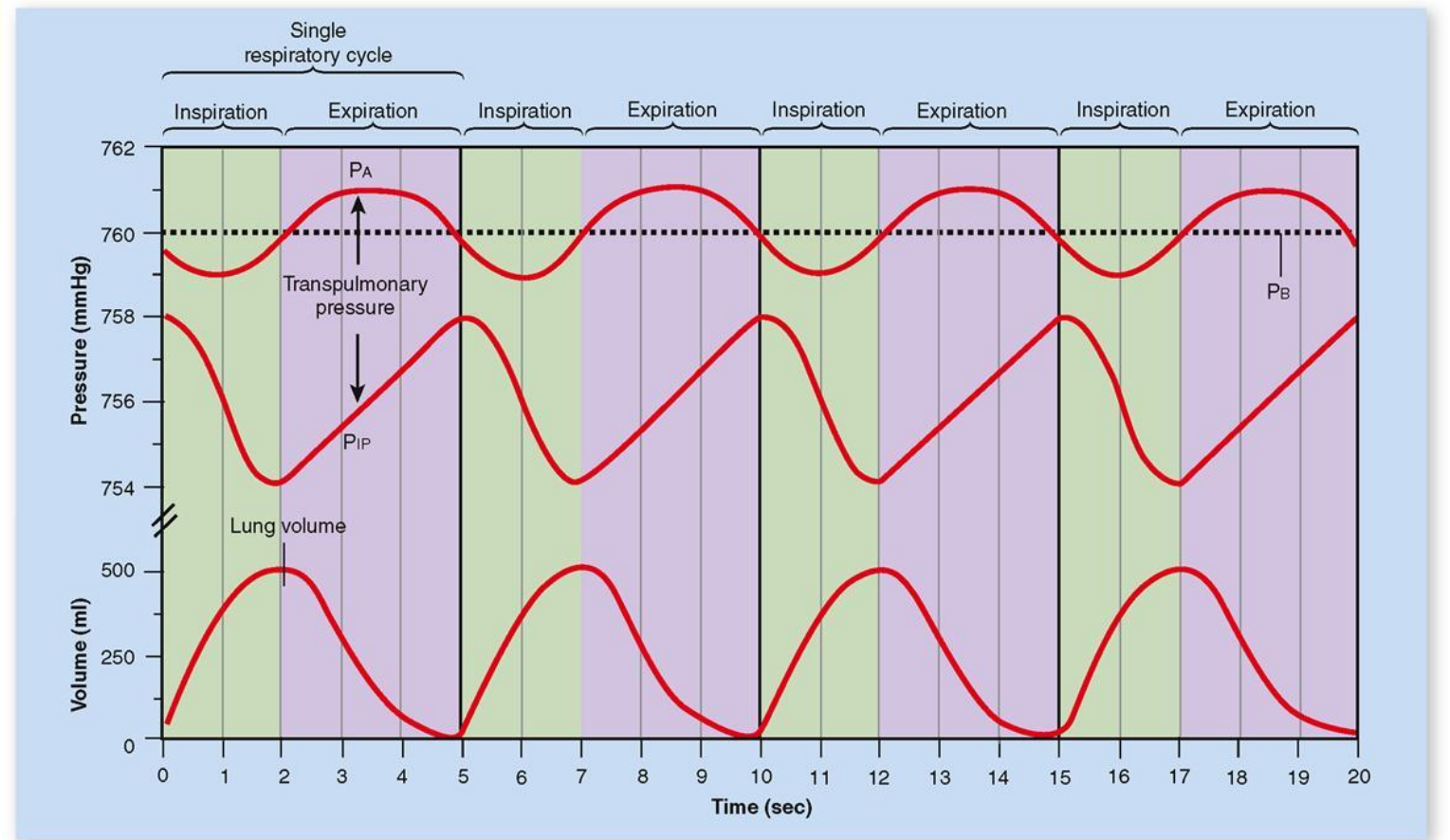
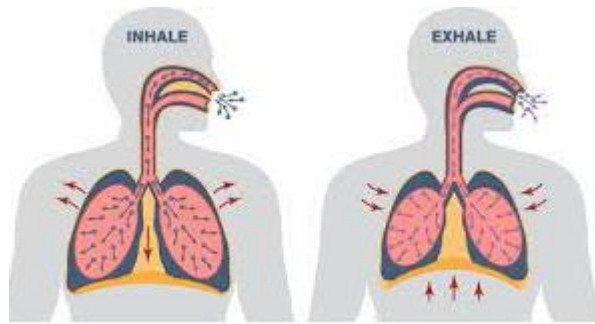
- Cvičení



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

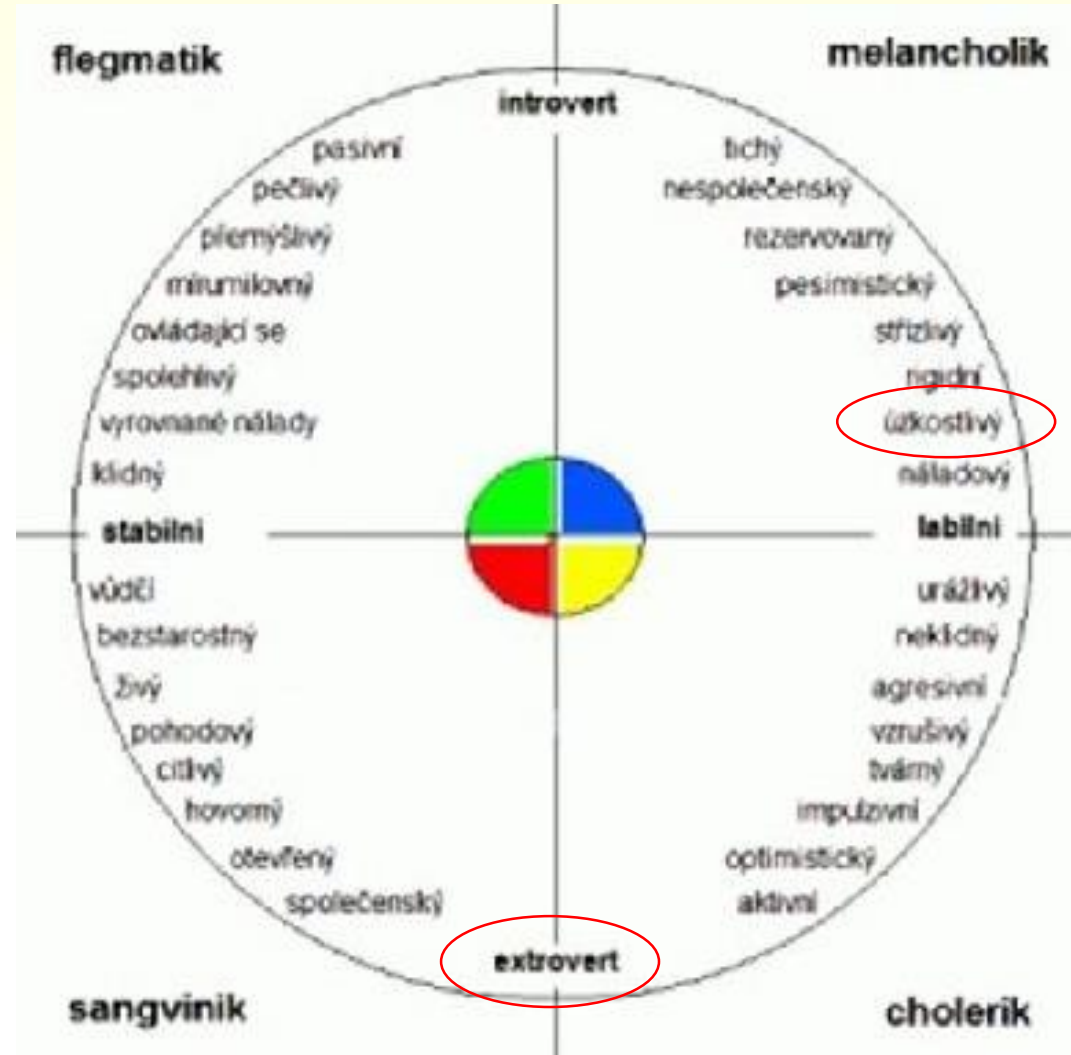
- **dechový cyklus**



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- typ osobnosti



Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- léky

Durlach a kol. (2002)



stimulanty



tlumivé léky

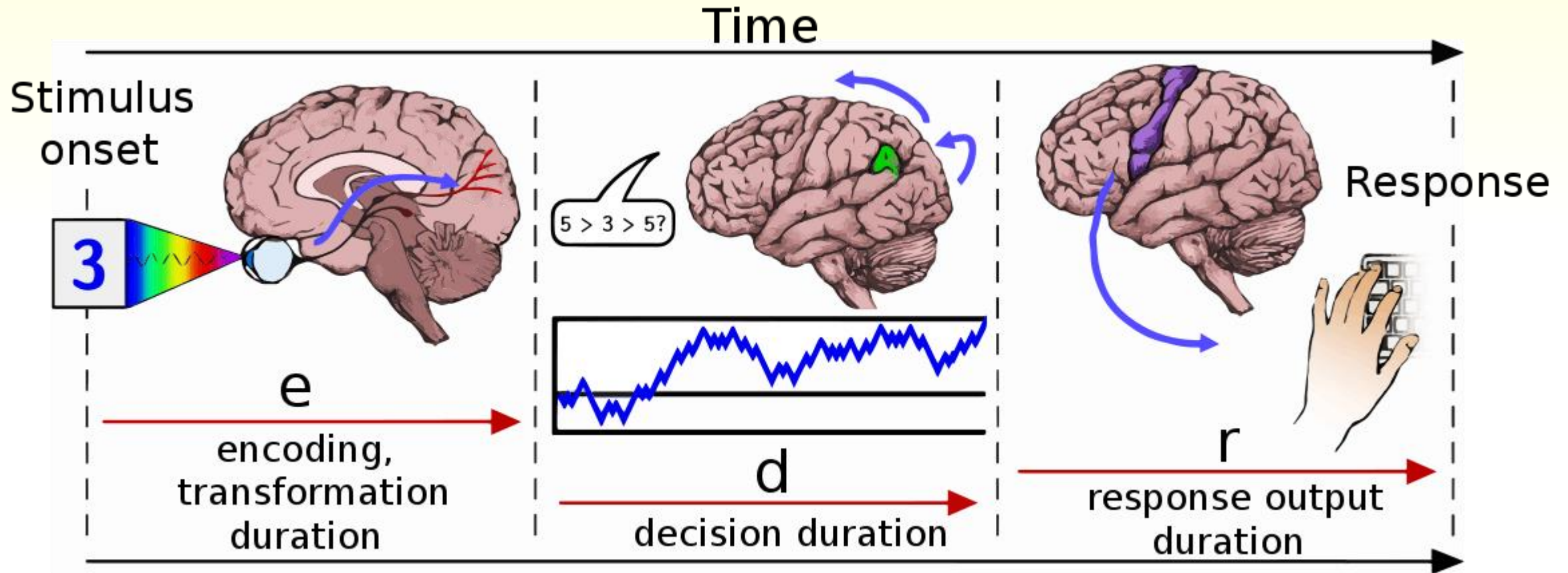
Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- **nemoc**

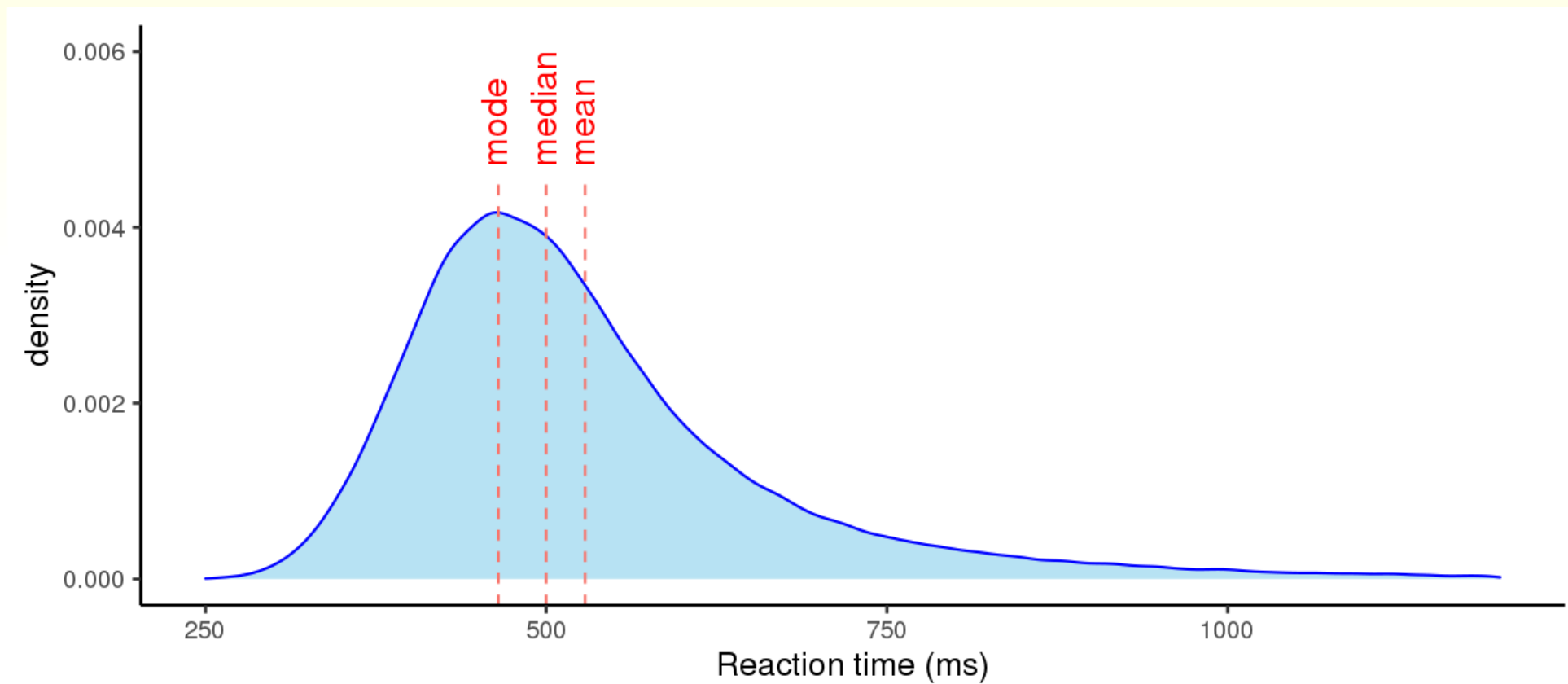


Měření reakční doby



$$\text{Total RT} = e + d + r$$

Měření reakční doby



Měření reakční doby

Web

Zrakové i audio stimuly

- <https://gizmos.explorellearning.com/index.cfm?method=cResource.dspView&resourceID=43>
(registrace)

Zrakové stimuly

- <https://faculty.washington.edu/chudler/java/redgreen.html>
- <https://www.justpark.com/creative/reaction-time-test>
- <https://www.mathsisfun.com/games/reaction-time.html>
- <https://humanbenchmark.com/tests/reactiontime>

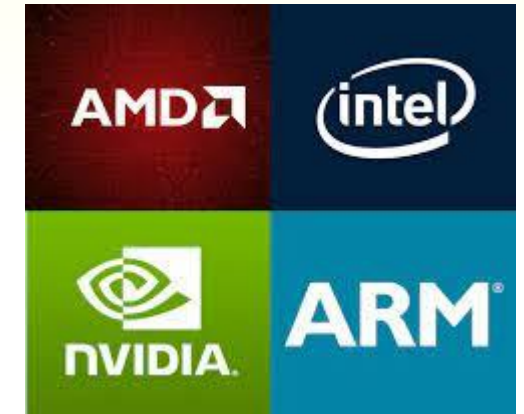
Audio stimuly

- <https://playback.fm/audio-reaction-time>
- <https://new.cognitivefun.net/task/cogfun-16-auditory-reaction-time>

Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- **technické aspekty**



Měření reakční doby

Laboratorní úloha pomocí BIOPACu

Zrakové nebo/a audio stimuly

- náhodné
- periodické

Zpracování signálů v MATLABu

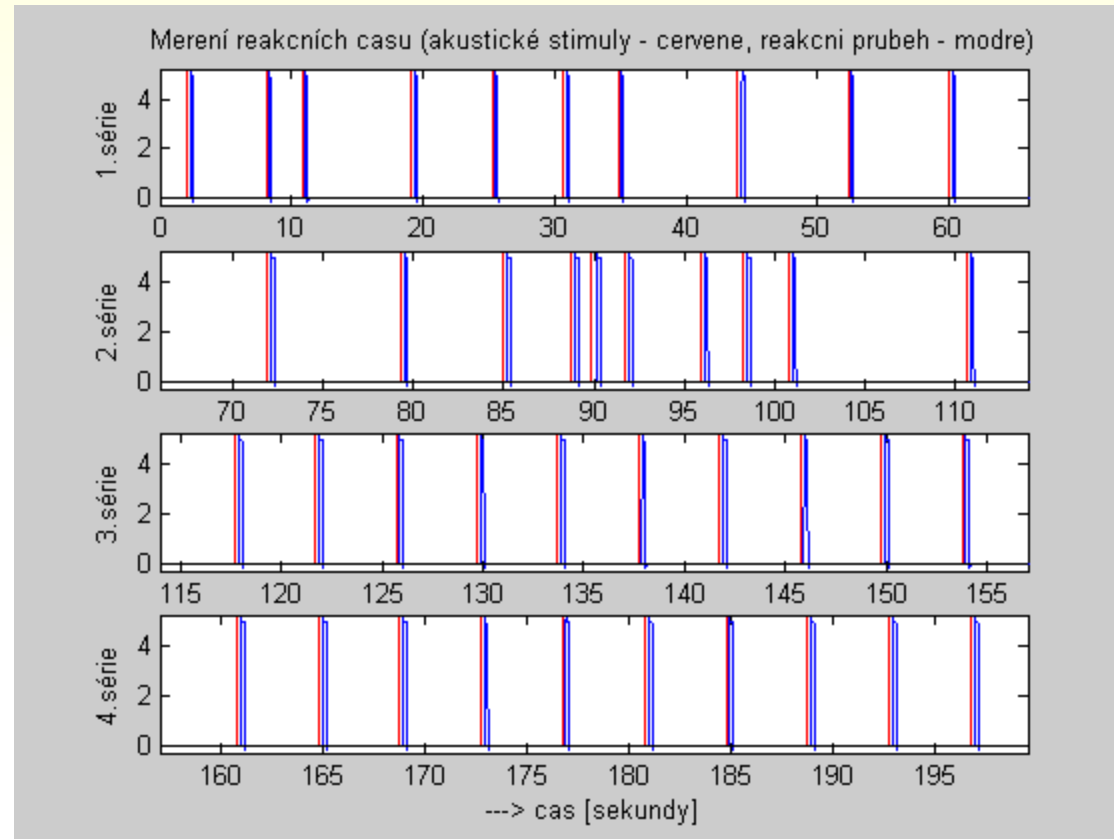
- časy stimulů
- časy odpovědí

Analýzy

- Statistické vyhodnocení
- Ověření hypotéz

Měření reakční doby

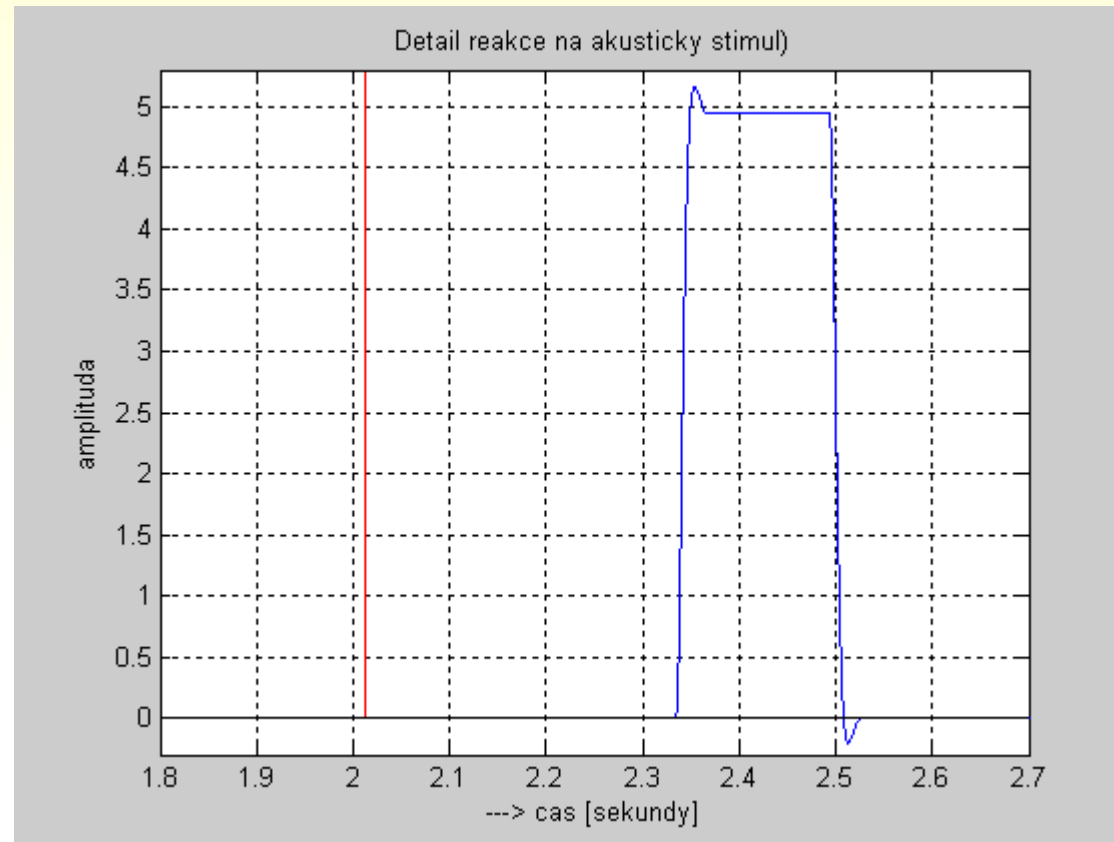
Čtyři série stimulů a odezev



Měření reakční doby

Zpracování signálů

znacky01.txt
znacky02.txt



fs = 500 Hz

odezvy01.txt
odezvy02.txt

prahování a kvantování signálu do úrovní 0 a 1
detekce náběžných hran
nalezení pořadí vzorků a časů náběžných hran

>
diff, >
find

Měření reakční doby

Měření pro jednotlivce

REAKČNÍ ČASY [ms]				
Stimul č.	1.série (náhodných impulsů)	2.série (náhodných impulsů)	3.série (periodických impulsů)	4.série (periodických impulsů)
1	340	282	186	232
2	282	262	162	200
3	336	264	232	220
4	198	326	180	196
5	212	424	240	174
6	226	304	266	166
7	232	244	228	260
8	208	266	206	186
9	222	236	186	282
10	198	238	196	218
Minimum	198	236	162	166
Maximum	340	424	266	282
Stř.hodnota	245.5	284.6	208.2	213.4
Rozptyl	2956	3221	1042	1369
Směr.odchylka	54.4	56.7	32:3	37.0

Měření reakční doby

Vyhodnocení skupiny

Vyhodnocení skupiny pro **náhodné** impulsy:

REAKČNÍ ČASY [ms]					
Student č.	Minimum	Maximum	Stř.hodnota	Rozptyl	Směr.odchylka
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Vypočtené průměry					

Měření reakční doby

Vyhodnocení skupiny

Vyhodnocení skupiny pro **periodické** impulsy:

REAKČNÍ ČASY [ms]					
Student č.	Minimum	Maximum	Stř.hodnota	Rozptyl	Směr.odchylka
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Vypočtené průměry					

Reakční doba

Faktory ovlivňující reakční dobu

- náročnost odpovědi
- počet stimulů
- typ stimulu
- intenzita stimulu
- stav pozornosti
- věk
- pohlaví
- levá vs pravá ruka
- přímé vs periferní vidění
- únava
- trénink
- rozptýlení, nepozornost
- upozornění, že přichází podnět
- alkohol
- sekvenční efekt
- dechový cyklus
- typ osobnosti
- cvičení
- stres
- léky
- inteligence
- nemoc
- technické aspekty

Měření reakční doby

Náměty pro statistické analýzy a hypotézy

- Rozdělení pravděpodobnosti reakční doby
- Reakce na pravidelné stimuly je rychlejší než na nepravidelné
- Reakce na sluchové stimuly jsou rychlejší než na zrakové
- Reakční doba při distrakci jinou úlohou (aritmetické úkoly)
(rychlé, hlasité odečítání čísla 7 od stovky)
- Muži mají rychlejší reakci než ženy
- Pravá ruka je rychlejší než levá (u praváků, u leváků naopak)
- Levá ruka leváků je rychlejší než pravá ruka praváků
- Reakce se s věkem prodlužuje (alespoň 3 věkové skupiny po generacích)
- Vypití šálku kávy ovlivní reakční dobu (Durlach a kol. (2002))
- Cvičení ovlivní reakční dobu