

BIOLOGICKÉ SIGNÁLY

léto 2017

Biologické signály (2+2)															
hodina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
čas	7:30 - 9:00		9:15 - 10:45		11:00 - 12:30		12:45 - 14:15		14:30 - 16:00		16:15 - 17:45		18:00 - 19:30		
čt			Přednáška <i>R.Čmejla</i> 204		Laboratoř <i>R.Čmejla</i> <i>K.Spálenka</i> 405		Laboratoř <i>K.Spálenka</i> 405								

BIOLOGICKÉ SIGNÁLY

R.Čmejla

místnost 525, blok B2

cmejla@fel.cvut.cz

léto 2016

Biologické signály (2+2)

hodina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
čas	7:30 - 9:00		9:15 - 10:45		11:00 - 12:30		12:45 - 14:15		14:30 - 16:00		16:15 - 17:45		18:00 - 19:30		
čt			Přednáška <i>R.Čmejla</i> 204		Laboratoř <i>R.Čmejla</i> <i>J.Rusz</i> 405										

<http://sami.fel.cvut.cz/bsg/>

1. týden

Přednáška:

- Úvod
- **Biosignály, rozdělení, parametry**

Laboratoř:

- **Měření a hodnocení doby reakce**

2. týden

Přednáška:

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

Laboratoř:

- **Hlas a řeč, hlasové pole**

3. týden

Přednáška:

- **Geneze biologických signálů**
- Membránové potenciály
- Klidový potenciál (Nernstova a Goldmanova rovnice)
- Akční potenciál (depolarizace, repolarizace, refrakterní fáze)
- Šíření akčního potenciálu
- Modelování elektrických vlastností buněčné membrány
- Hodgkinův-Huxleyho model
- Teorie vedení

Laboratoř:

- **Měření rychlosti vedení nervového vzruchu periferním nervem**

4. týden

Přednáška:

- **Signály nervů, svalů a šlach**
- Elektromyogram (nativní, stimulační, funkční
- zatěžování svalů)
- Motorická jednotka
- Dráždění svalu
- Záznam EMG signálu, parametry signálu
- Zpracování EMG signálu, obálky
- Analýza únavy

Laboratoř:

- **Elektromyogram**

5. týden

Přednáška:

- **Signály srdce I**
- Elektrokardiogram
- Převodní systém srdeční
- Svodové systémy EKG
- Vektor depolarizace srdečního svalu
- Vznik EKG křivky
- Elektrická srdeční osa

Laboratoř:

- **Elektrokardiogram (svody, srdeční osa)**

6. týden

Přednáška:

- **Signály srdce II**
- Další svodové systémy
- Náhradní umístění elektrod
- Vektorkardiografie
- Analýza EKG
- Frekvenční oblast
- Časová oblast
- Základní obrazy EKG signálu
- Rušení a filtrace EKG signálu

Laboratoř:

- **Vektorkardiogram (signály x, y, z)**
- **Potlačení rušení v EKG
(50 Hz, izoelektrická linie, myopotenciály)**

7. týden

Přednáška:

- **Signály srdce III**
- Fonokardiogram
- Srdeční ozvy a spektrální analýza, spektrální momenty
- Pletysmogram
- Pulzní vlna a určení rychlosti jejího šíření
- Polygrafické metody v kardiologii
- Detekce vln v EKG signálu
- Pan-Tompkinsonův algoritmus
- Variabilita srdečního rytmu

Laboratoř:

- **Polykardiografie, II.** EKG svod, pletysmogram, fonokardiogram, (detekce, segmentace a spektrální analýza)

8. týden

Přednáška:

- **Signály mozku I**
- Elektroencefalogram
- Geneze signálů mozku
- Systém rozložení elektrod
- EEG rytmy
- Normální EEG a jeho analýzy
- Artefakty v EEG

Laboratoř:

- **Elektroencefalogram**, hemisféry, alfa aktivita, artefakty, spektrální a korelační analýza

9. týden

Přednáška:

- **Signály mozku II**
- Abnormální EEG
- Grafoelementy paroxysmální aktivity
- Zvrat fáze
- Evokované potenciály
- AEP (BAEP, MLR, SVP)
- VEP
- SEP
- EGG

Laboratoř:

- **AEP, průměrování, detekce epileptiformních hrotů**

10. týden

Přednáška:

- **Signály sluchového ústrojí** (Ing.Tichý)
- Hluchota
- Audiometrie
- Kochleární implantáty
- Kódovací strategie

Laboratoř:

- **Kódovací strategie**

11. týden

Přednáška:

- **Signály zrakového ústrojí**
- Elektrookulogram
- Základní typy očních pohybů (sakády, fixace)
- Závislost mezi napětím EOG signálu a pohybem oka
- Hodnocení prostorového pohybu očí
- Elektroretinogram (fotopický a skotopický)

Laboratoř:

- **Elektrookulogram**, sledování a hodnocení pohybů

12. týden

Přednáška:

- **Plicní funkce**
- **Plicní objemy**
- **Plicní kapacity**
- **Spirometrie**

Laboratoř:

- **Plicní funkce**

13. týden

Přednáška:

- **Polysomnografie**
- Signály používané ve spánkové medicíně a jejich parametry
- Spánkové cykly
- Poruchy spánku
- **Elektrogastrogram**

Laboratoř:

- **Elektrookulogram**

Hodnocení a podmínky udělení zápočtu

Dosažitelné body:

testy	max 25 bodů
semestrální práce ...	max 35 bodů
zkouška .. .	max 40 bodů

Výsledné hodnocení:

- A ... 91 až 100
- B ... 81 až 90
- C ... 71 až 80
- D ... 61 až 70
- E ... 51 až 60
- F ... < 50

Testy:

- celkem 10 testů pouze na následujícím cvičení
- hodnocení protokolu ... **0 až 2,5 bodu**

Protokoly z laboratoří:

- nepovinné vypracování

Semestrální práce:

- rámcové téma: **Zpracování biologických signálů v MATLABu - detekce změn**
- téma pro rok 2017:
BIOSIGNAL CHALLENGE 2017
- <http://sami.fel.cvut.cz/biosignalchallenge2017/>

Zkouška

Písenná část:

- 2 témata z BSG po deseti otázkách
- každá otázka je hodnocena 0 až 2 body

Ústní část:

- diskuse k hodnocení

Termíny zkoušek

Přihlášení v KOSu

Datum	Hodina	Místnost
pondělí 29. května 2017	9:00	405
pondělí 12. června 2016	9:00	405
pátek 23. června 2016	9:00	405
pátek (opravný) 8. září 2016	9:00	405

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. PŘEDNÁŠKA

- **úvod**
- **biosignály – rozdělení**
- **úvod k laboratorním úlohám**

Signály

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

Signály

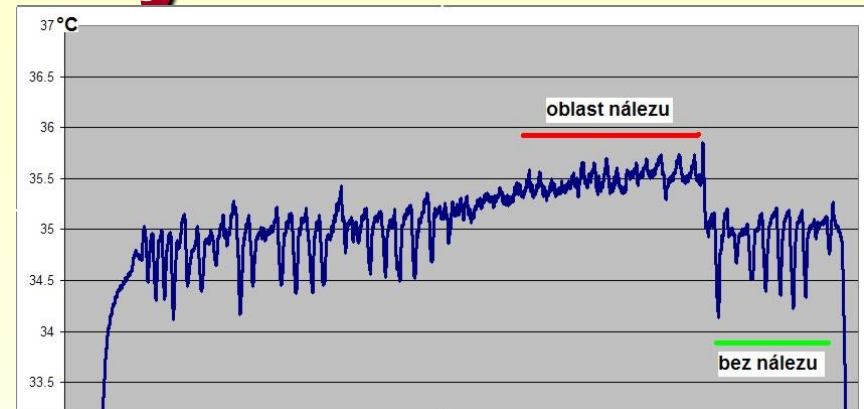
- funkce jedné nebo více nezávisle proměnných, které nesou *informaci* o podstatě a vlastnostech svého zdroje (nebo informaci záměrně do signálu zakódovanou)

Biosignály

- zdrojem informace je živý organismus

Signály – podle počtu proměnných

- **jednorozměrné**
(nejčastěji vyjadřují časovou závislost sledované veličiny)
- **dvourozměrné**
- **vícerozměrné**



Biosignály

- **elektrické**

Biosignály

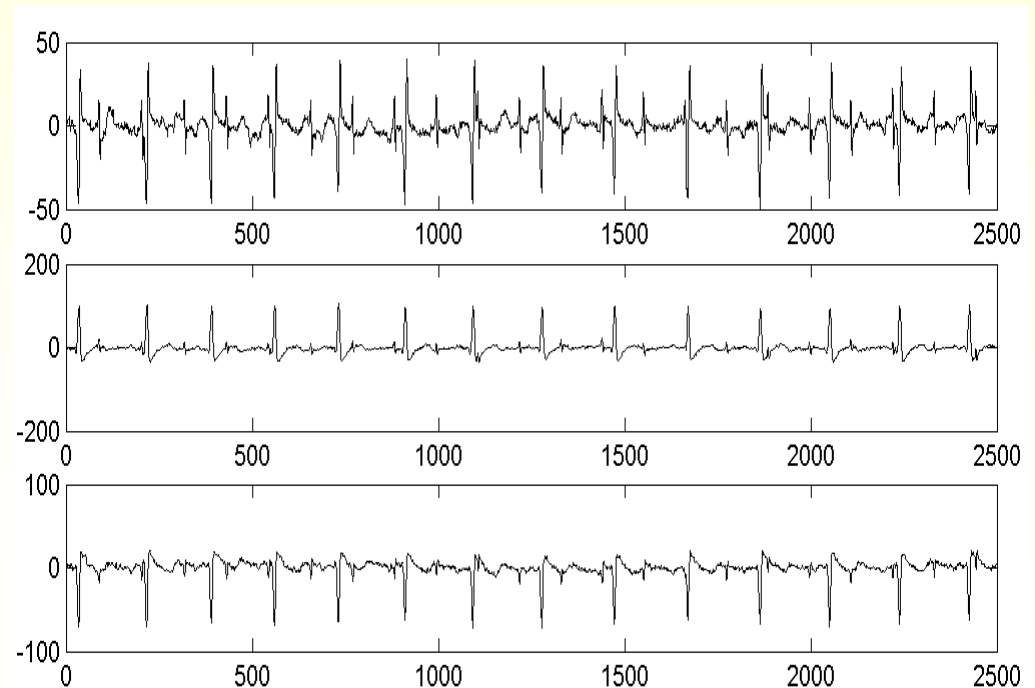
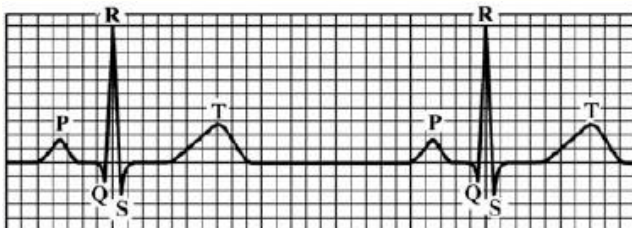
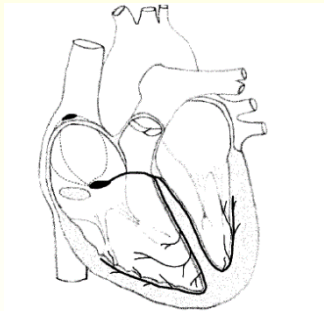
- elektrické
- magnetické

Biosignály

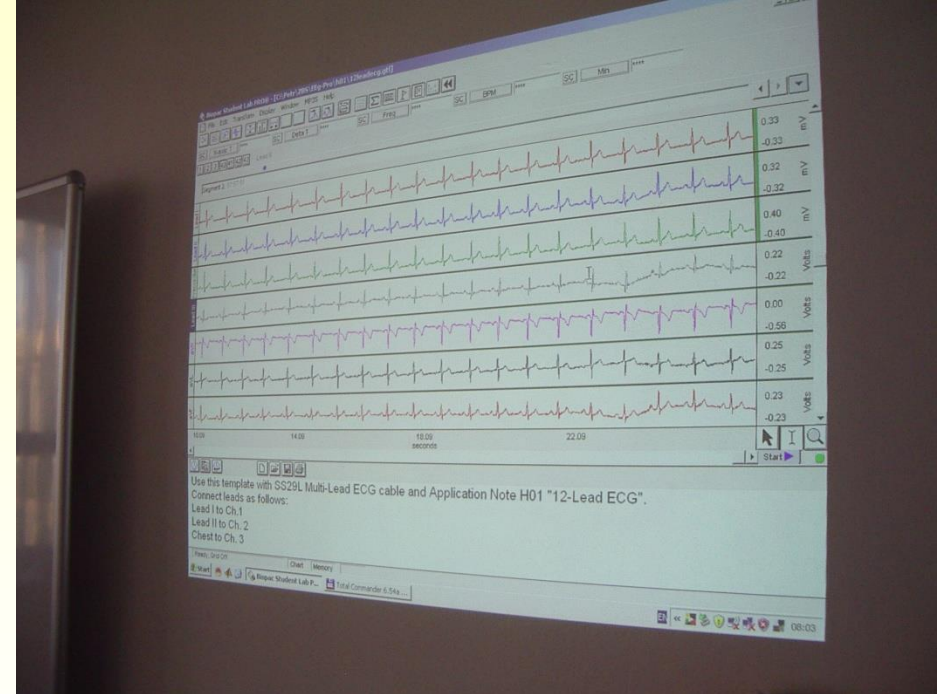
- **elektrické**
- **magnetické**
- **ostatní**
 - **sledování neelektrických veličin pomocí snímačů zajišťujících převod veličin na elektrický signál**
 - akustické, mechanické, optické, chemické, impedanční, ...

Elektrické biosignály – EKG

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



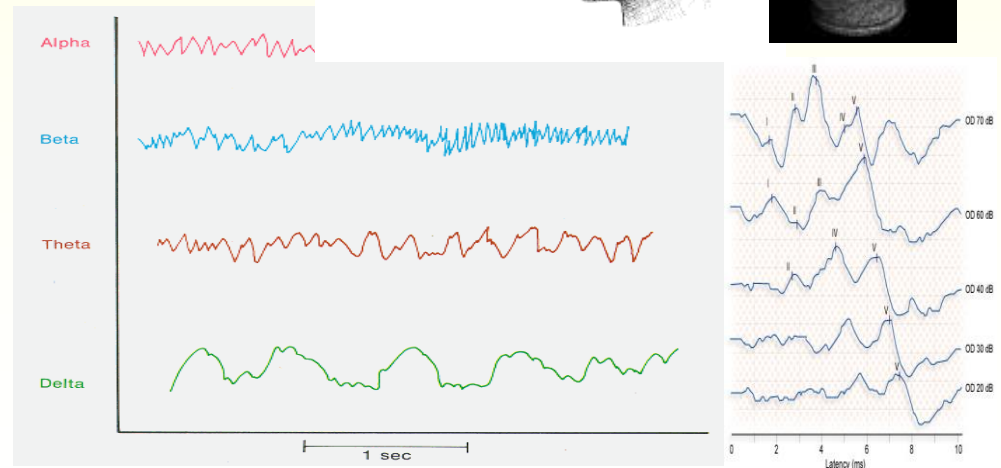
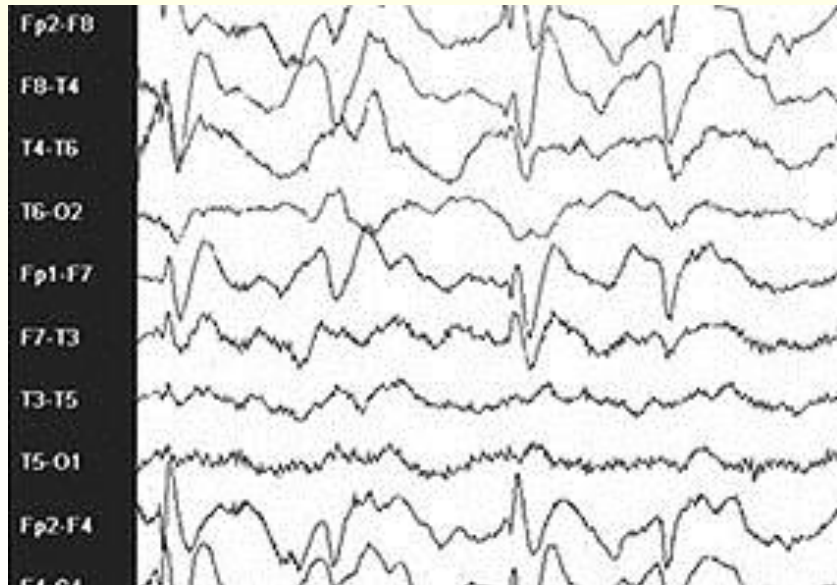
Snímání a analýza EKG signálu



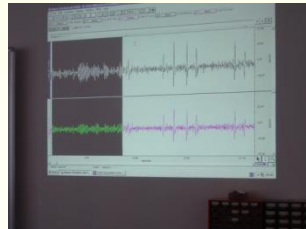
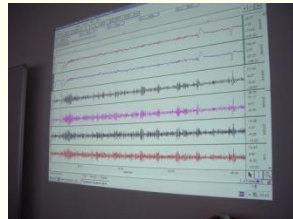
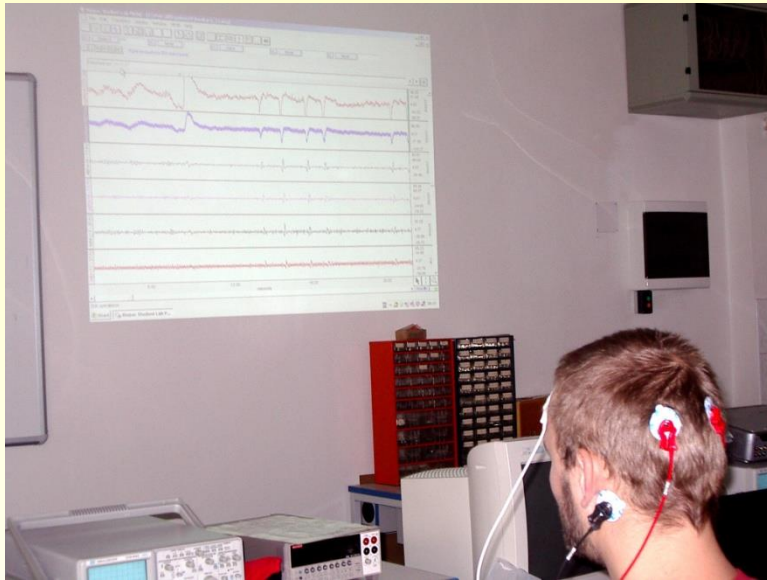
- Standardní 12-ti svodové EKG

Elektrické biosignály – EEG

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

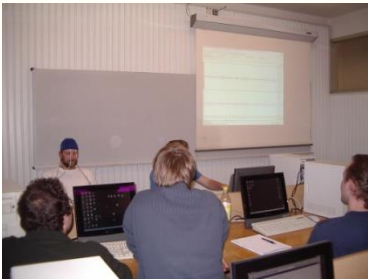


Snímání a analýza EEG signálu



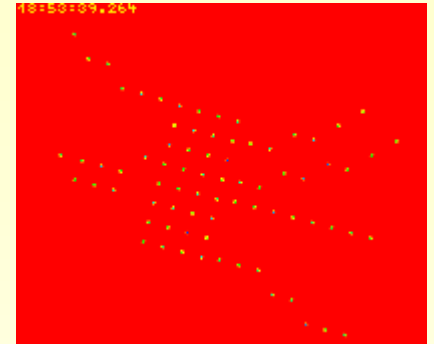
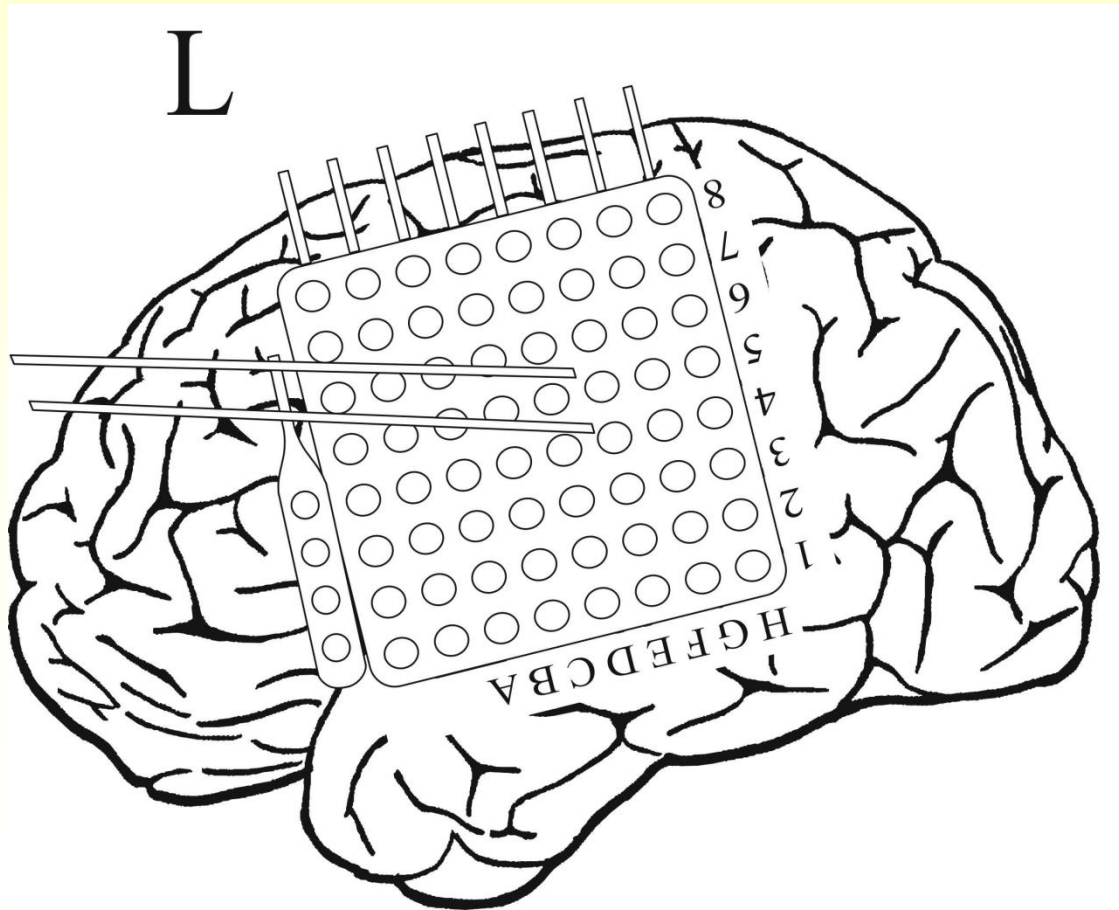
- **Elektroencefalograf**
 - **útlum alfa aktivity**
 - **porovnání hemisfér**

Snímání a analýza EEG signálu



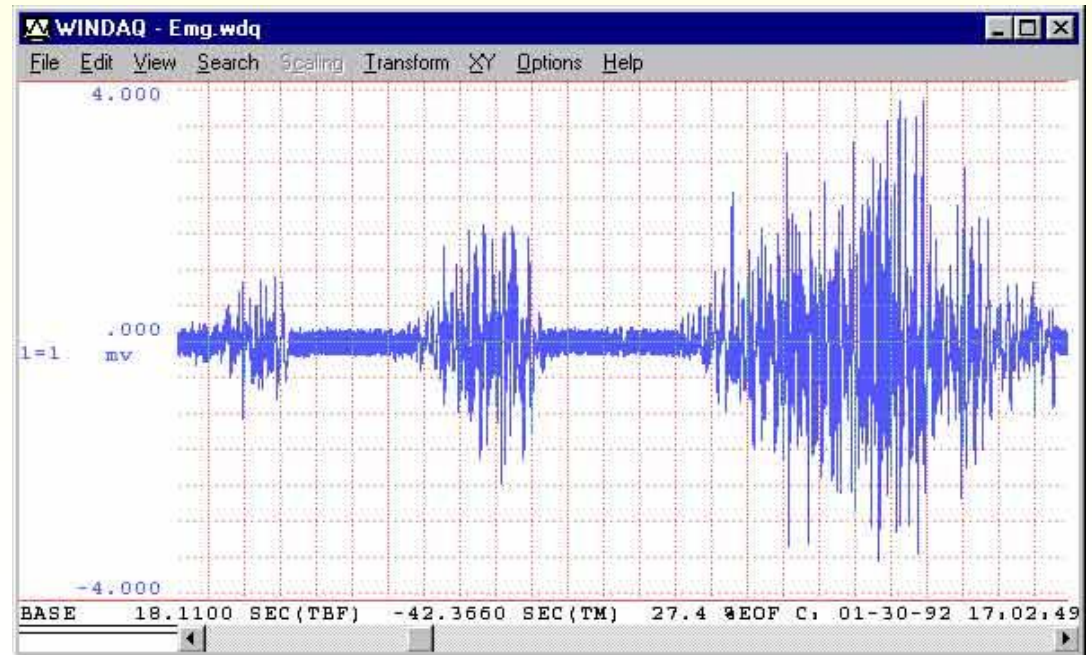
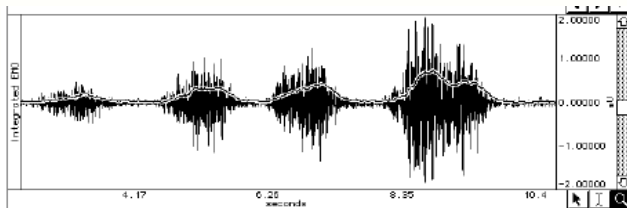
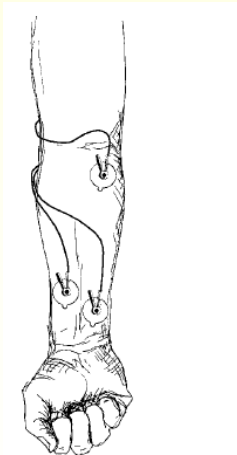
Signály mozku

- Intrakraniální elektrody
- Monitorování epileptických záchvatů

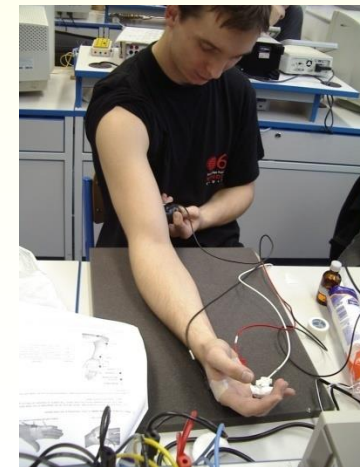
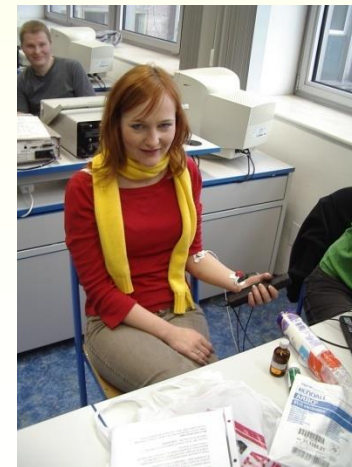


Elektrické biosignály – EMG

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



Snímání a analýza EMG signálu



- **Elektromyografie**

- měření volní kontrakce

- měření rychlosti šíření ulnárním nervem

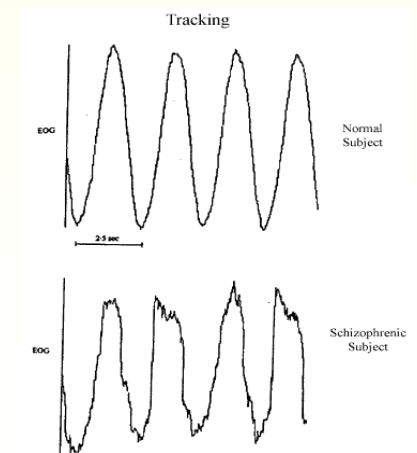
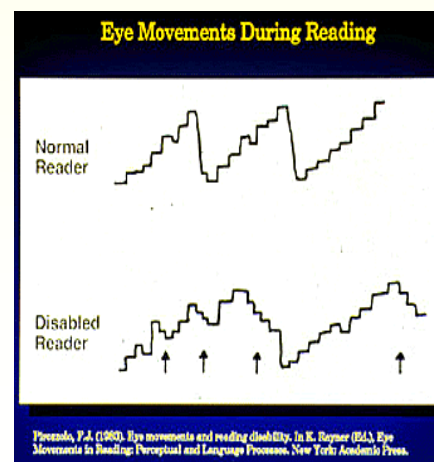
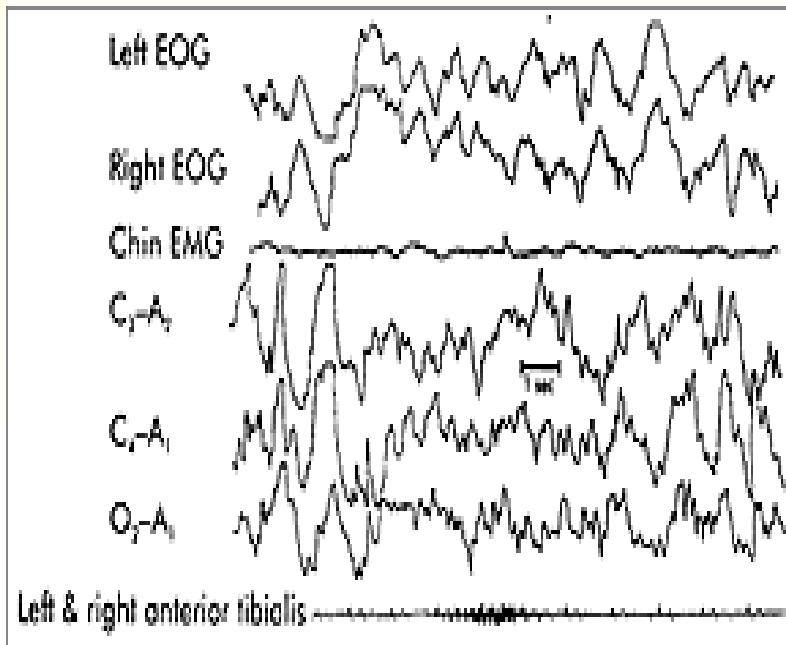
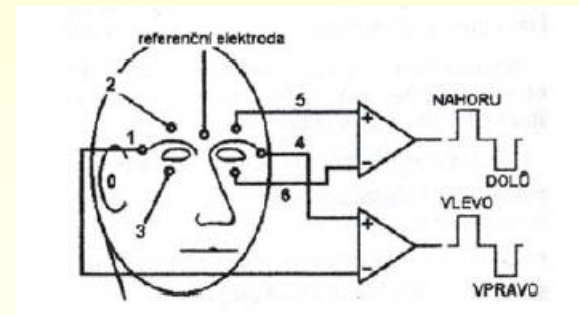
Snímání a analýza EMG signálu



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

Elektrické biosignály – EOG

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



Snímání a analýza EOG signálu



- **Elektrookulogram**

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

Snímání a analýza EOG signálu

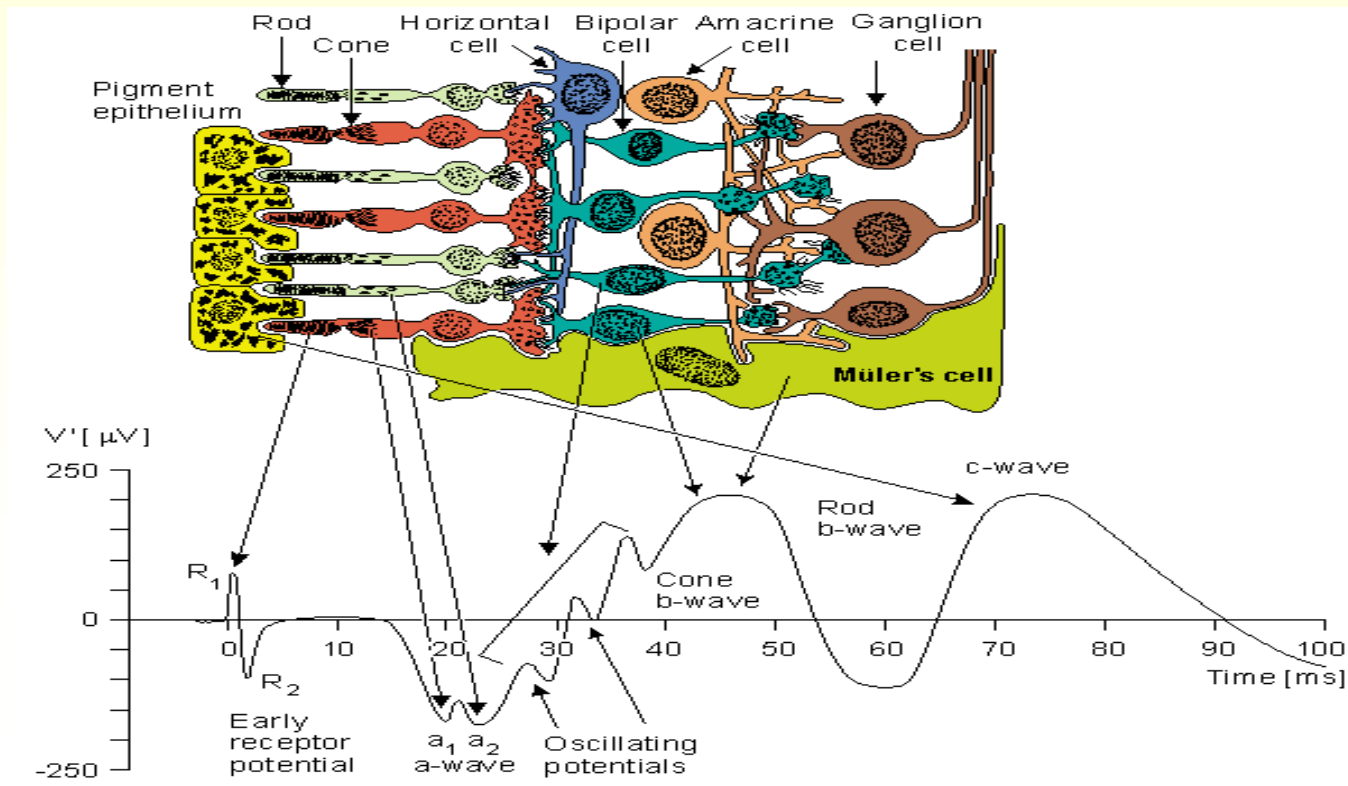


- **Elektrookulogram**

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

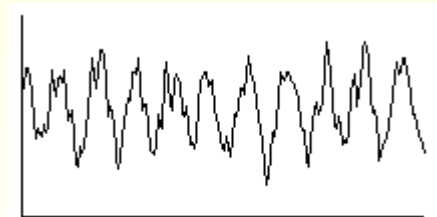
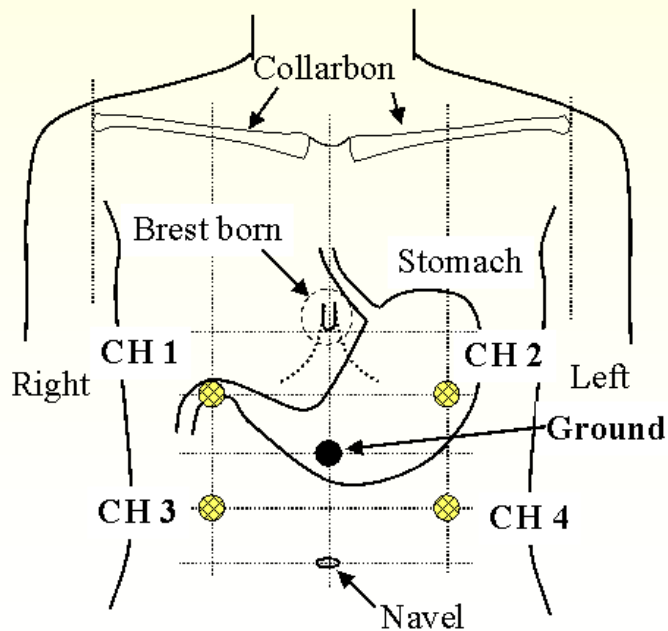
Elektrické biosignály – ERG

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



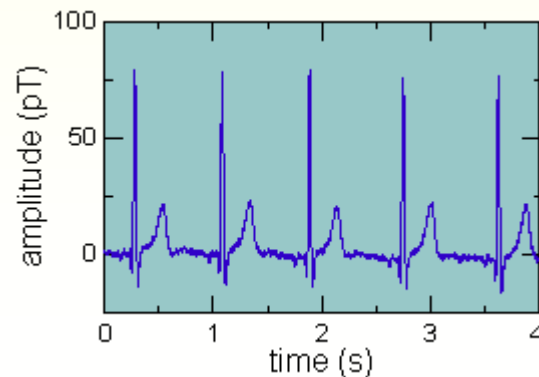
Elektrické biosignály – EGG

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



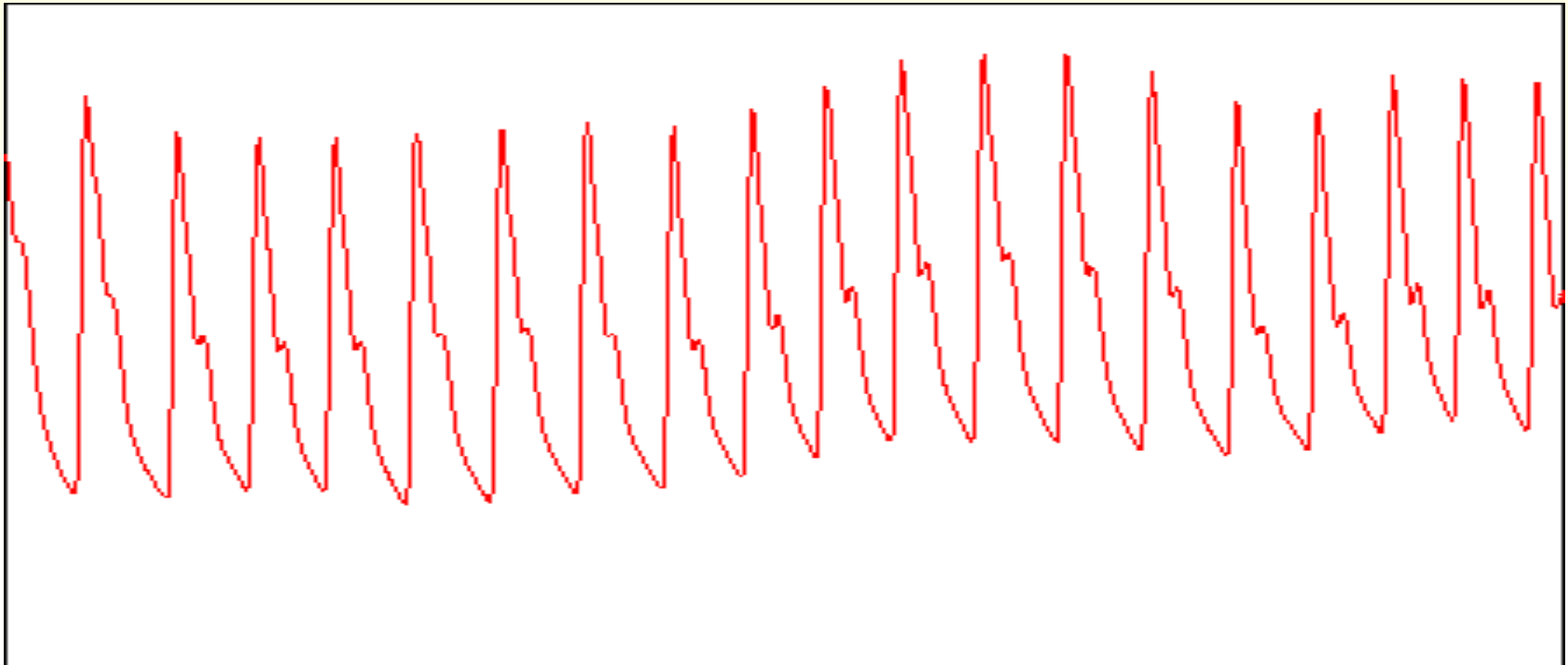
Magnetické biologické signály

		Ampl. magn. indukce [pT]	Kmitočtové pásmo [Hz]
MKG	magnetokardiogram	50 ... 70	0,05 ... 150
MEG	magnetoencefalogram	1 ... 2	0,5 ... 30
MMG	magnetomyogram	10 ... 90	0 ... 10000
MRG	magnetoretinogram	0,1	0,1 ... 50
MOG	magneto okulogram	10	0 ... 100



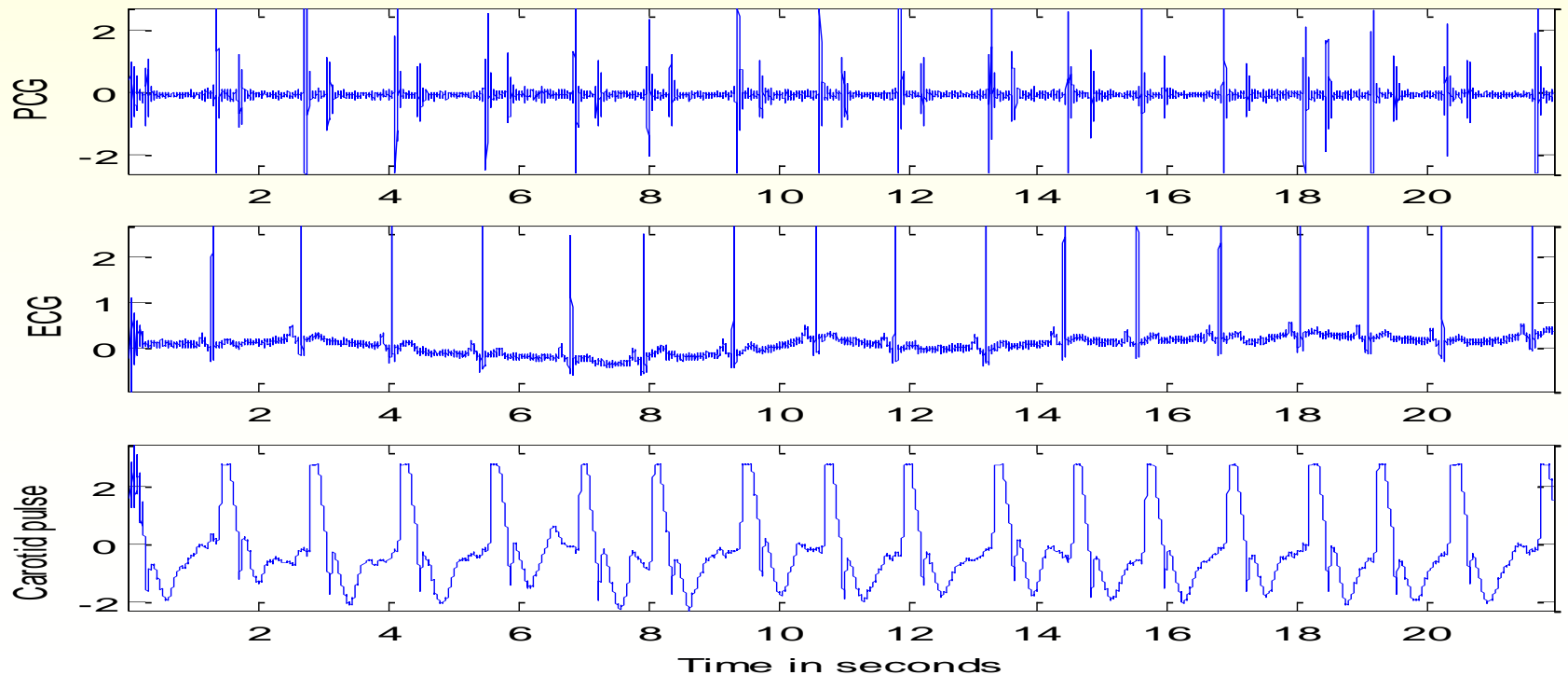
Ostatní biosignály

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



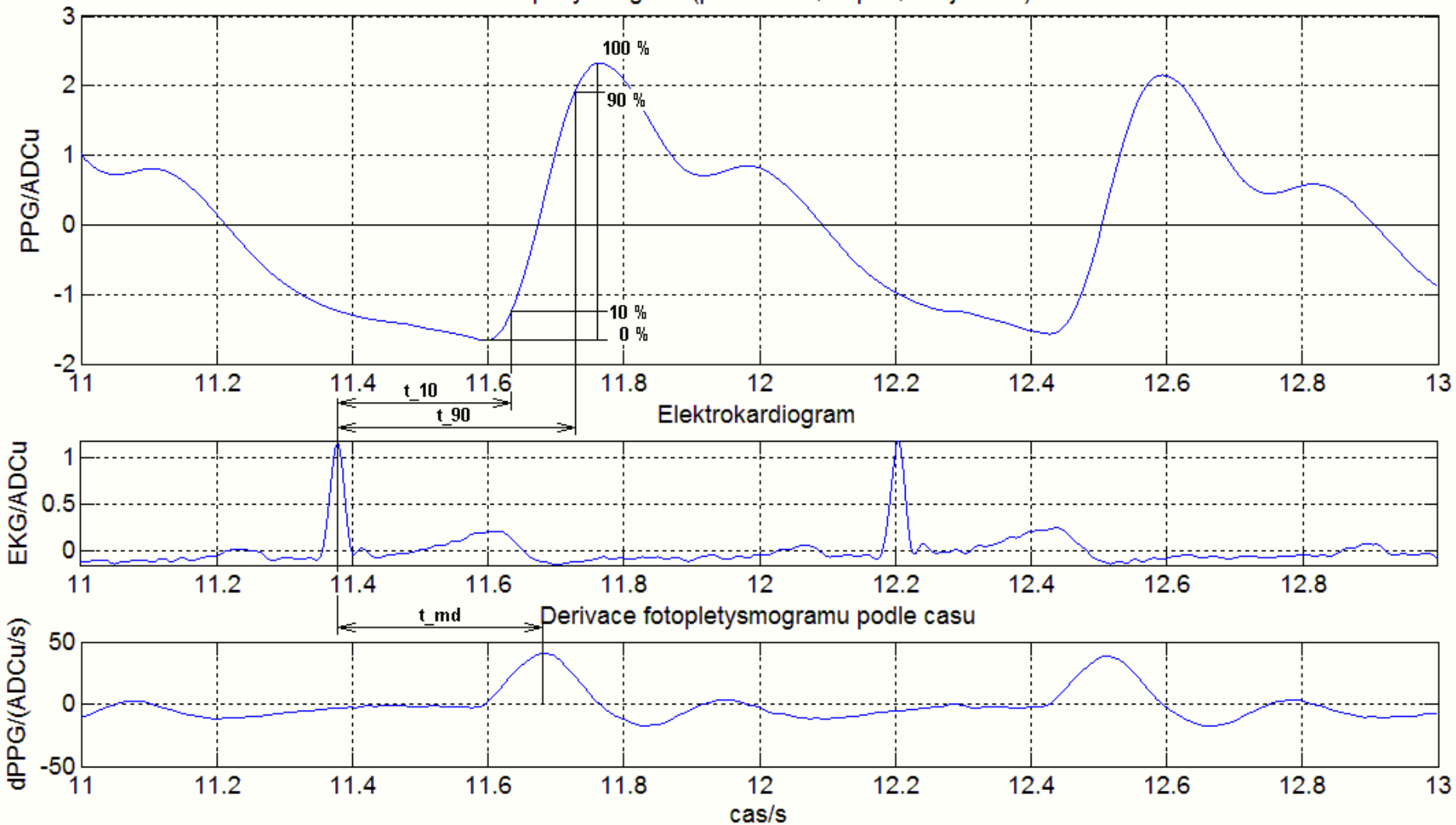
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
karotidogram	pulzní vlna v arteria carotis, příp. art. femoralis	do 30 Hz	v místě maximálního pohybu



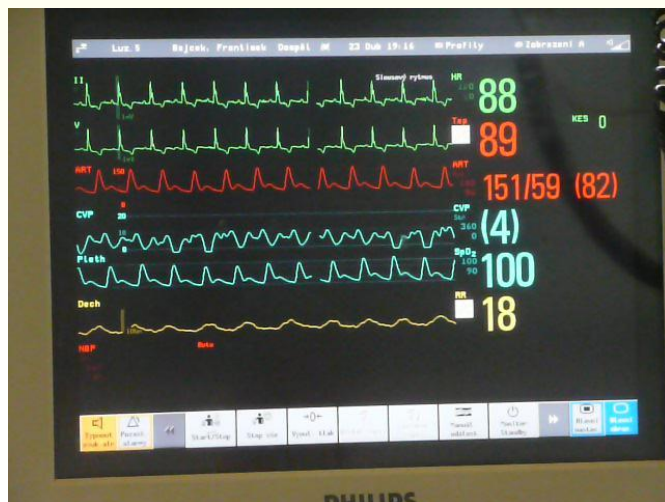
Šíření pulsní vlny

Fotopletysmogram (prava ruka, 2. prst, subjekt 07)



Kontinuální měření krevního tlaku

- s využitím Finapresu
- s využitím invazivního měřiče krevního tlaku
- aparatura použitá při měření ve FN Motol



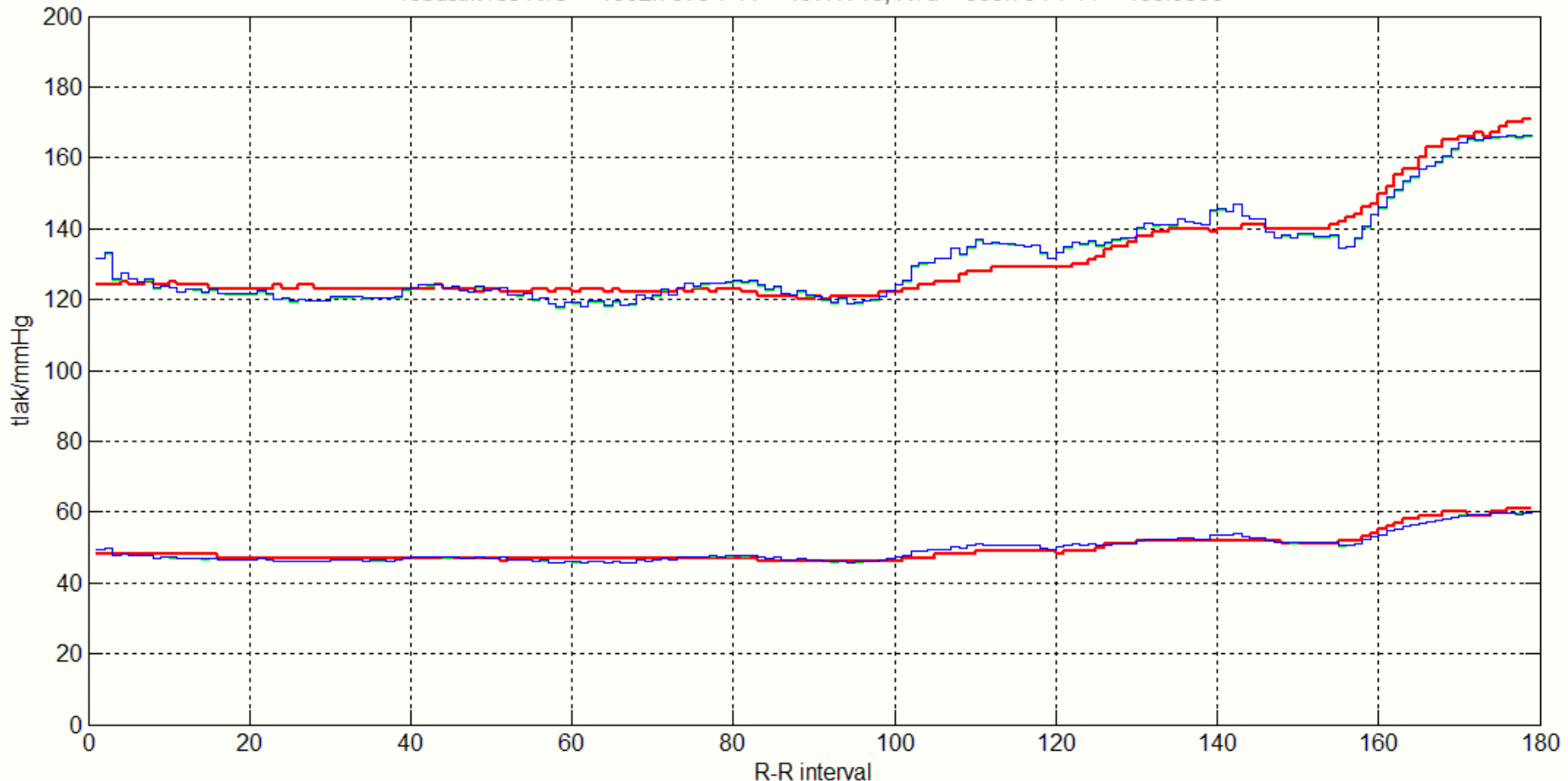
Odhad tlaku na základě doby šíření (příklad)

Syst. a diast. KT, zelene je aproximace prubehu polyfit a modre robustfit. Soubor tlakc_m_oto_ee_0_4.txt, Prumer casu do 90 % a 10 %

pred = 15, zac = 1, cast = 100

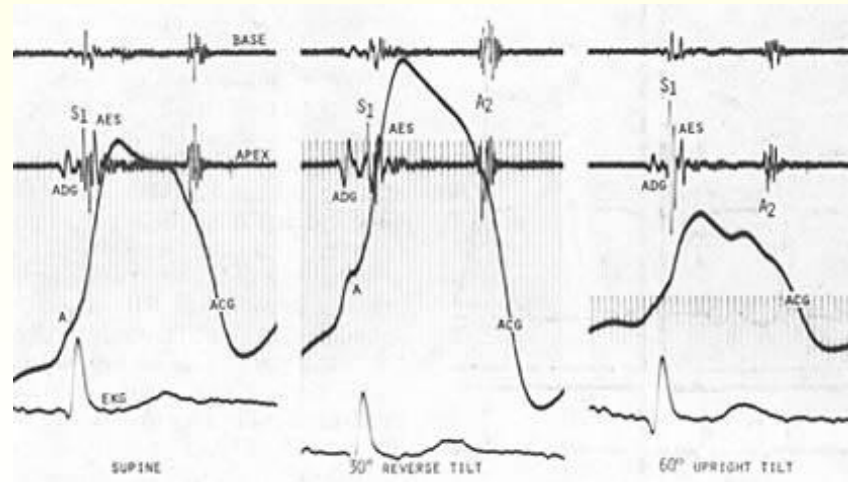
polyfit rce KTs = $-1059.9108 \cdot \text{PTT} + 436.1435$, $\text{KTd} = -312.0537 \cdot \text{PTT} + 139.216$

robustfit rce KTs = $-1062.7675 \cdot \text{PTT} + 437.1715$, $\text{KTd} = -309.794 \cdot \text{PTT} + 138.5938$



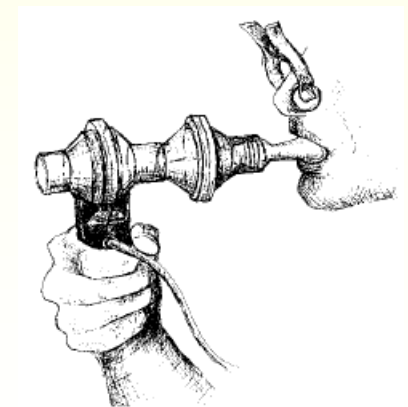
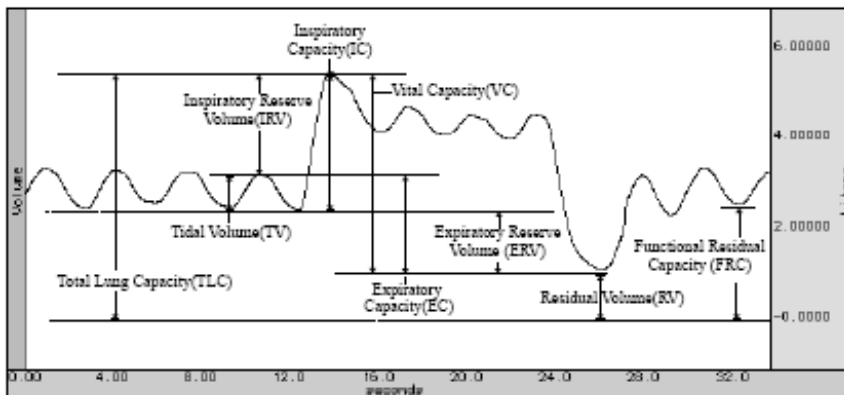
Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
apexkardiogram	relativní pohyb srdečního hrotu vůči hrudní stěně	do 20 Hz	na povrchu hrudníku v místě max. vibrací



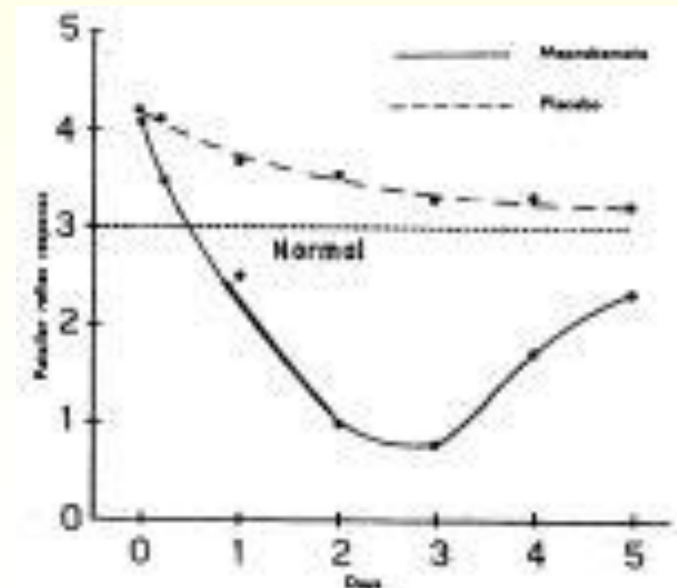
Ostatní biosignály

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



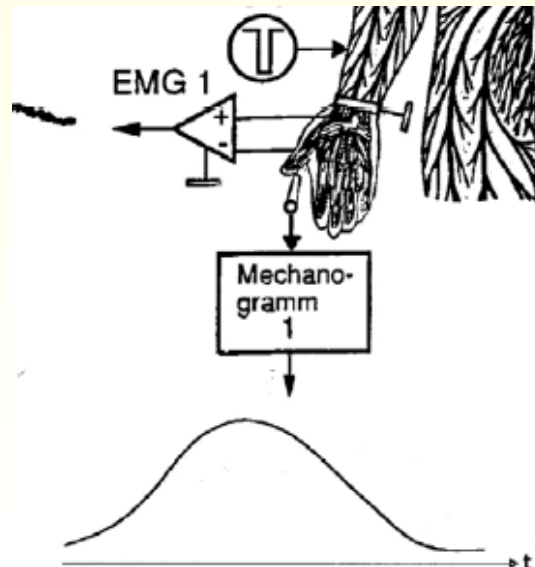
Ostatní biosignály

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



Ostatní biosignály

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



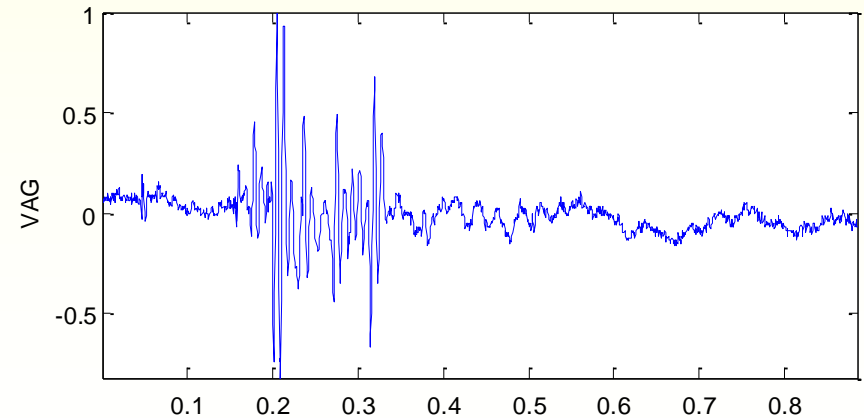
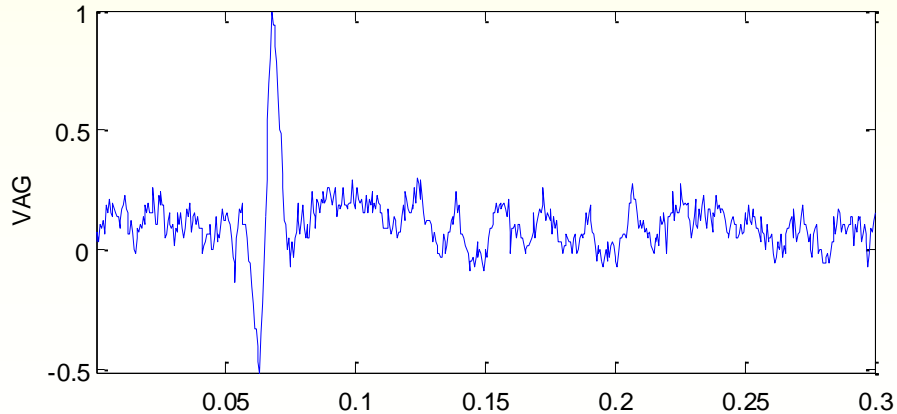
Ostatní biosignály

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



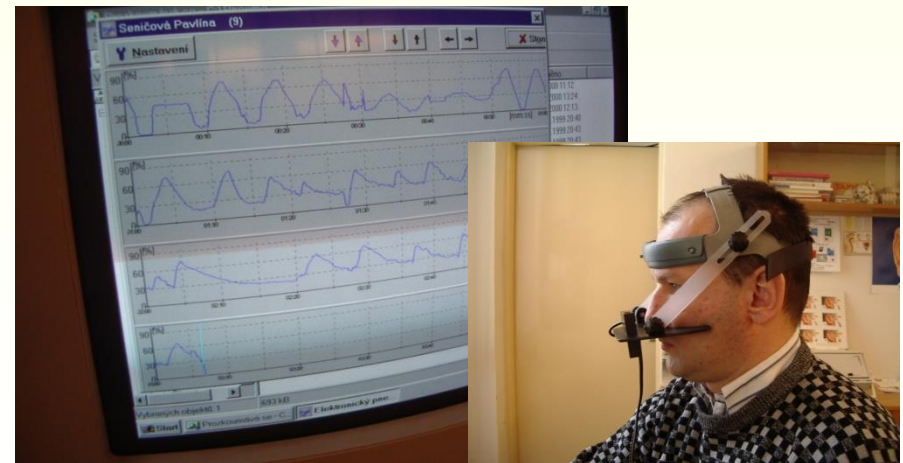
Ostatní biosignály

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



Ostatní biosignály

Název	zdroj	rozsah	snímání
hlasové pole, nazalita	hlasivky	do 8 kHz	mikrofon

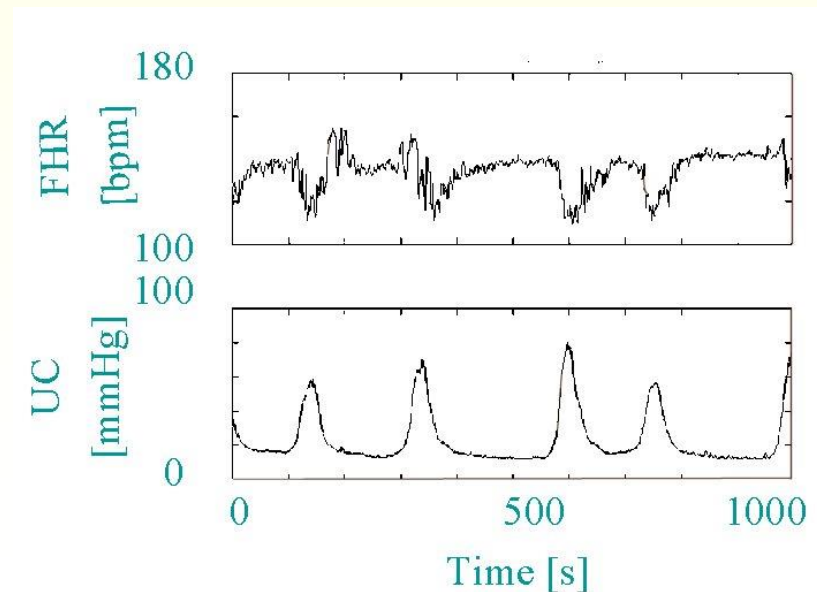


Biosignály podle počtu kanálů

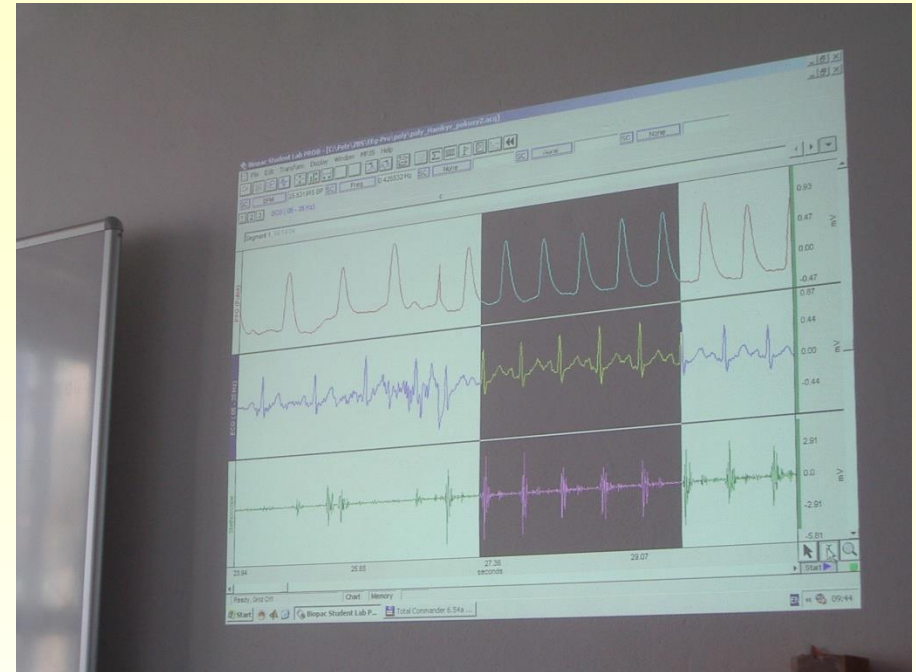
- **jednokanálové**
- **vícekanálové**

Biosignály podle počtu kanálů

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



Polygrafické metody

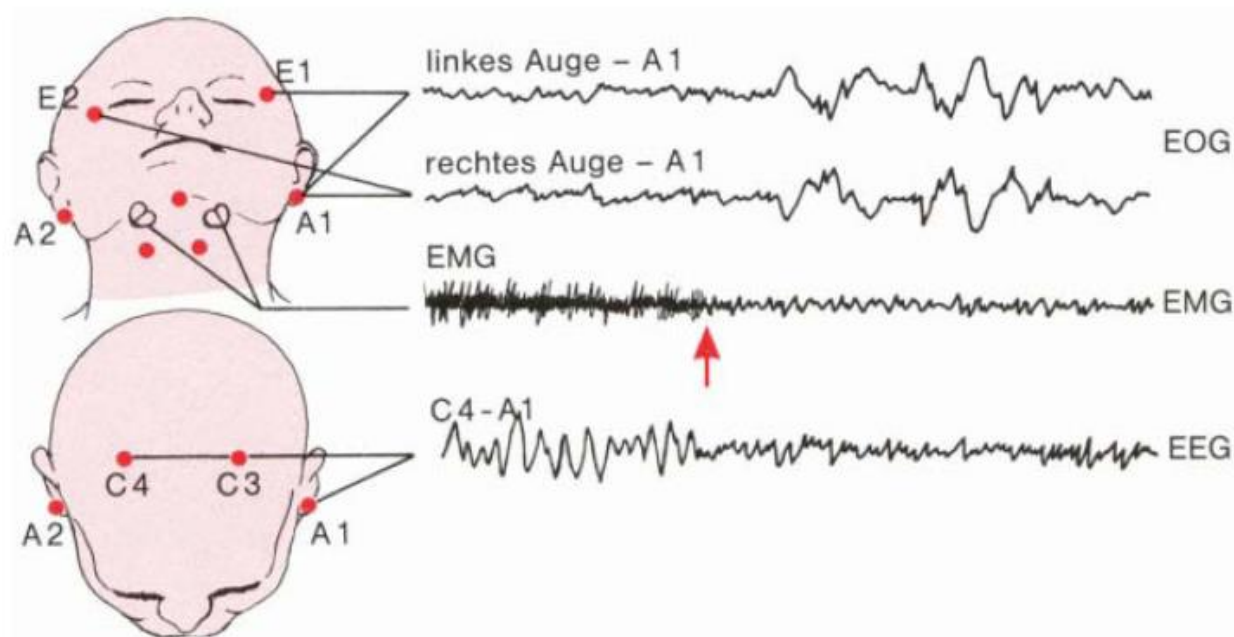


- Polykardiologie
 - pletysmogram
 - II. Eithovenův svod
 - fonokardiogram



Polysomnografie

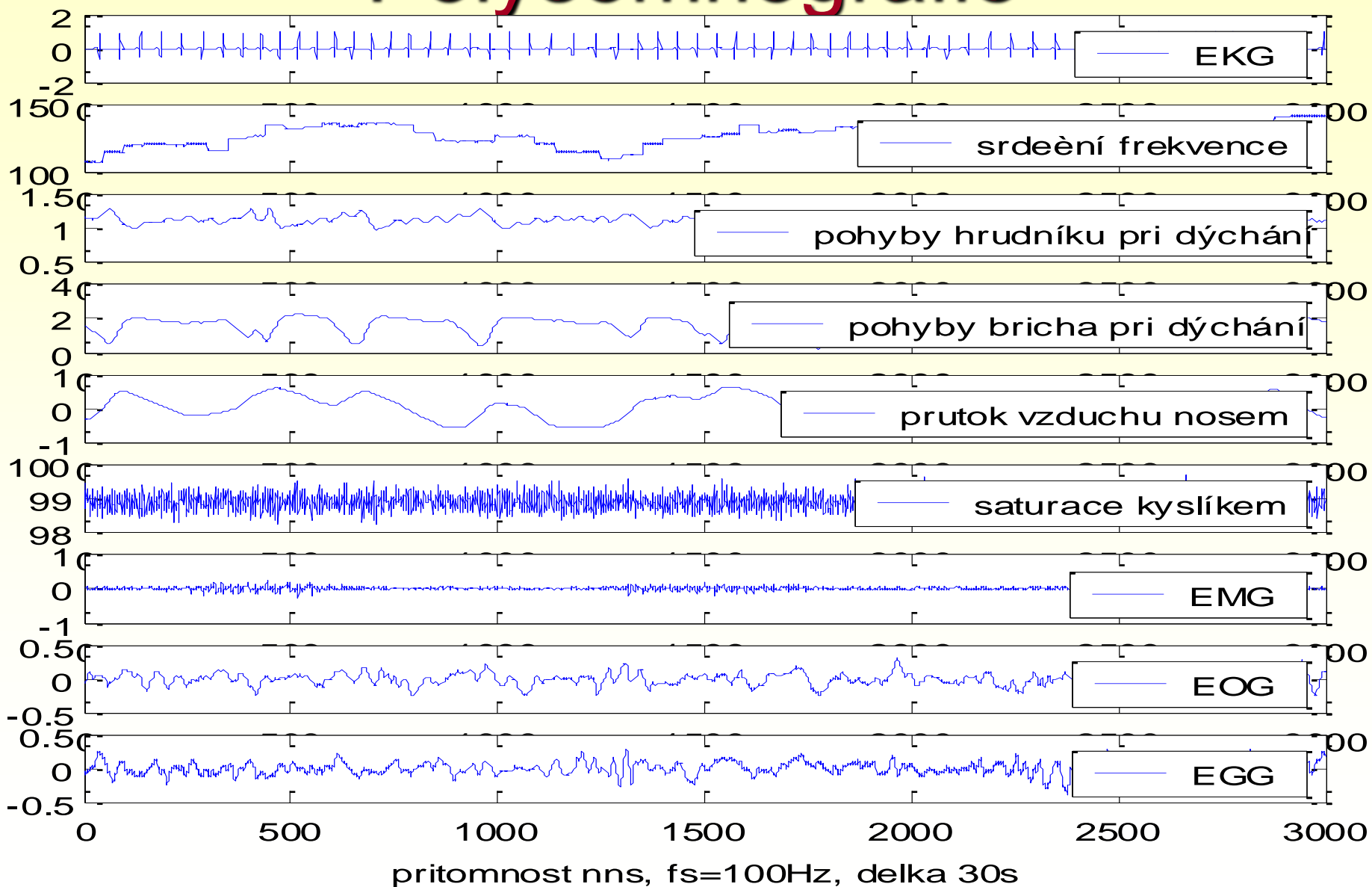
- EEG – min. 2 svody (C4-A1 nebo C3-A2)
- EOG – oční pohyby (2 svody)
- EMG – svalstvo brady (1 svod)



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



Signály lidského organismu

- Spontánní – bez rozhodujícího vnějšího vlivu
 - EKG
 - EEG

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

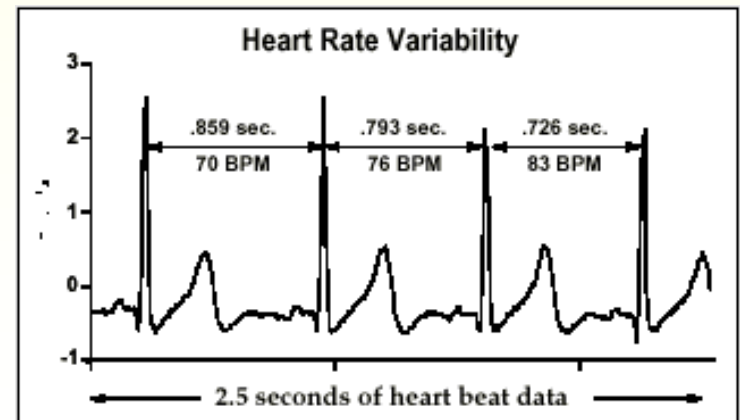
- opakující se (repetiční, kvaziperiodický)
 - EKG
 - respirační signály
- nepravidelné
 - EEG
 - EMG

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)



Laboratorní úloha č.1

- **Cíle úlohy:**
- pořízení biologických signálů
- načtení signálů do Matlabu
- zobrazení signálů
- zpracování signálů

Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce

Reakční doba:

zpoždění mezi stimulem a reakcí na něj

Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce

Reakční doba:

zpoždění mezi stimulem a reakcí na něj

Měření reakční doby:

pomocí stimulů

Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce

Reakční doba:

zpoždění mezi stimulem a reakcí na něj

Měření reakční doby:

pomocí stimulů

- náhodnými
- periodickými

Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce

Reakční doba:

zpoždění mezi stimulem a reakcí na něj

Měření reakční doby:

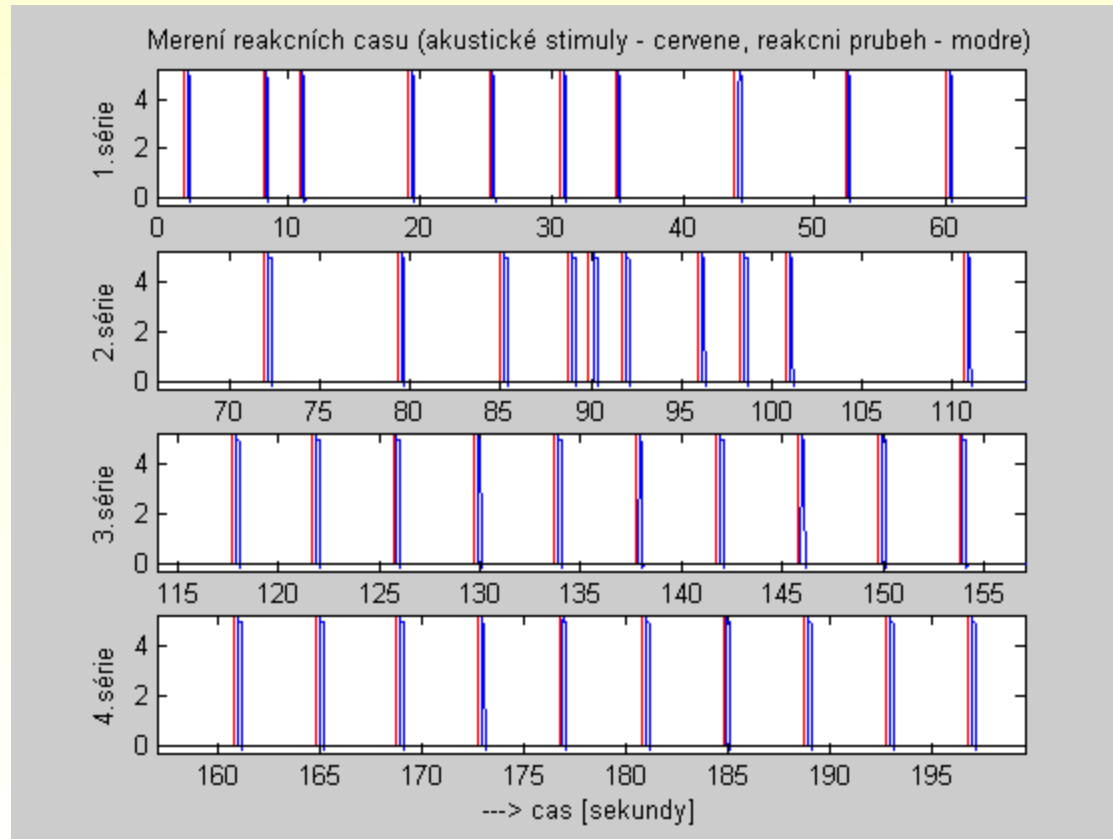
pomocí stimulů - náhodnými
- periodickými

Vyhodnocení:

- aritmetický průměr
- variační rozpětí
- rozptyl
- směrodatná odchylka

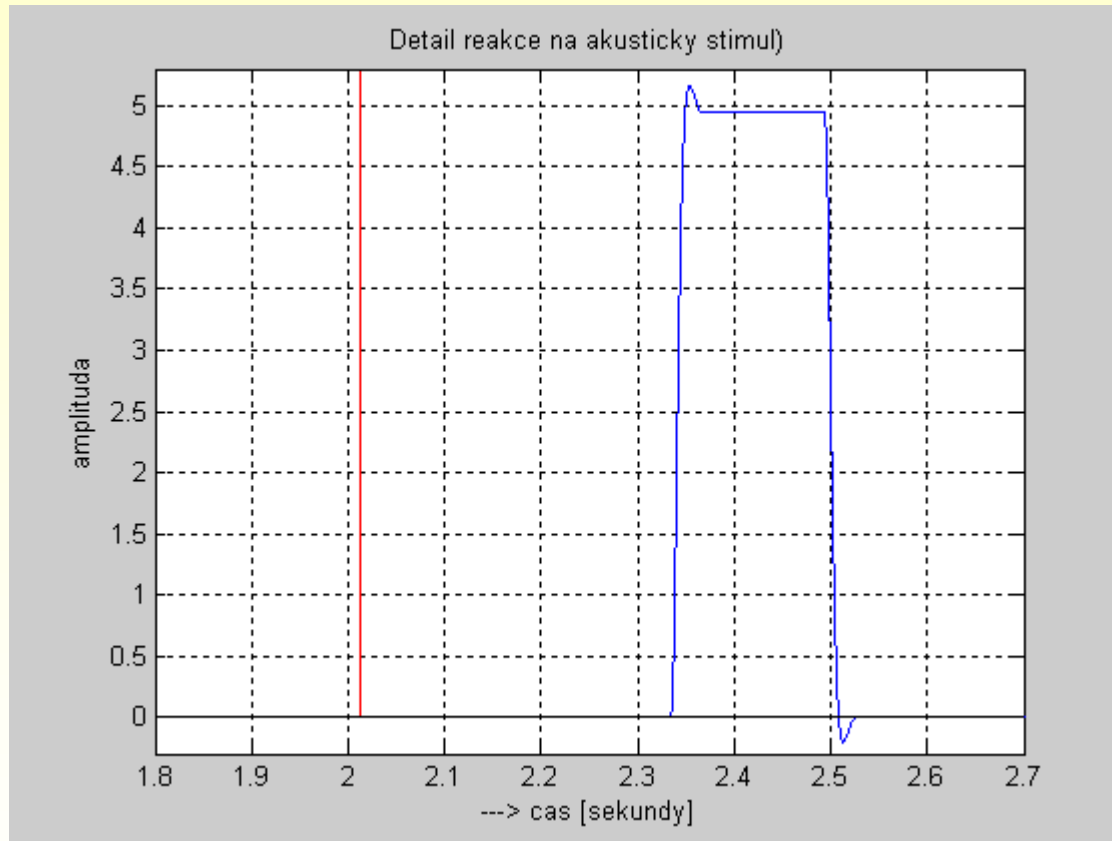
Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce



Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce



znacky01.txt
znacky02.txt

odezvy01.txt
odezvy02.txt

Zpracování signálů:

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

>
diff, >
find

Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce

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

Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce

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					

Laboratorní úloha č.1

Měření a hodnocení doby reakce

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					