

# Elektroencefalografie

---

A6M31LET Lékařská technika

Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | [xhavlikj@fel.cvut.cz](mailto:xhavlikj@fel.cvut.cz)

# Elektroencefalografie

---

- diagnostická metoda, umožňující snímání a záznam elektrické aktivity mozku
- invazivní a neinvazivní EEG
- snímání potenciálů z mozkové kůry  
– elektrokortikografie (ECoG)
- videoencefalografie (video-EEG)

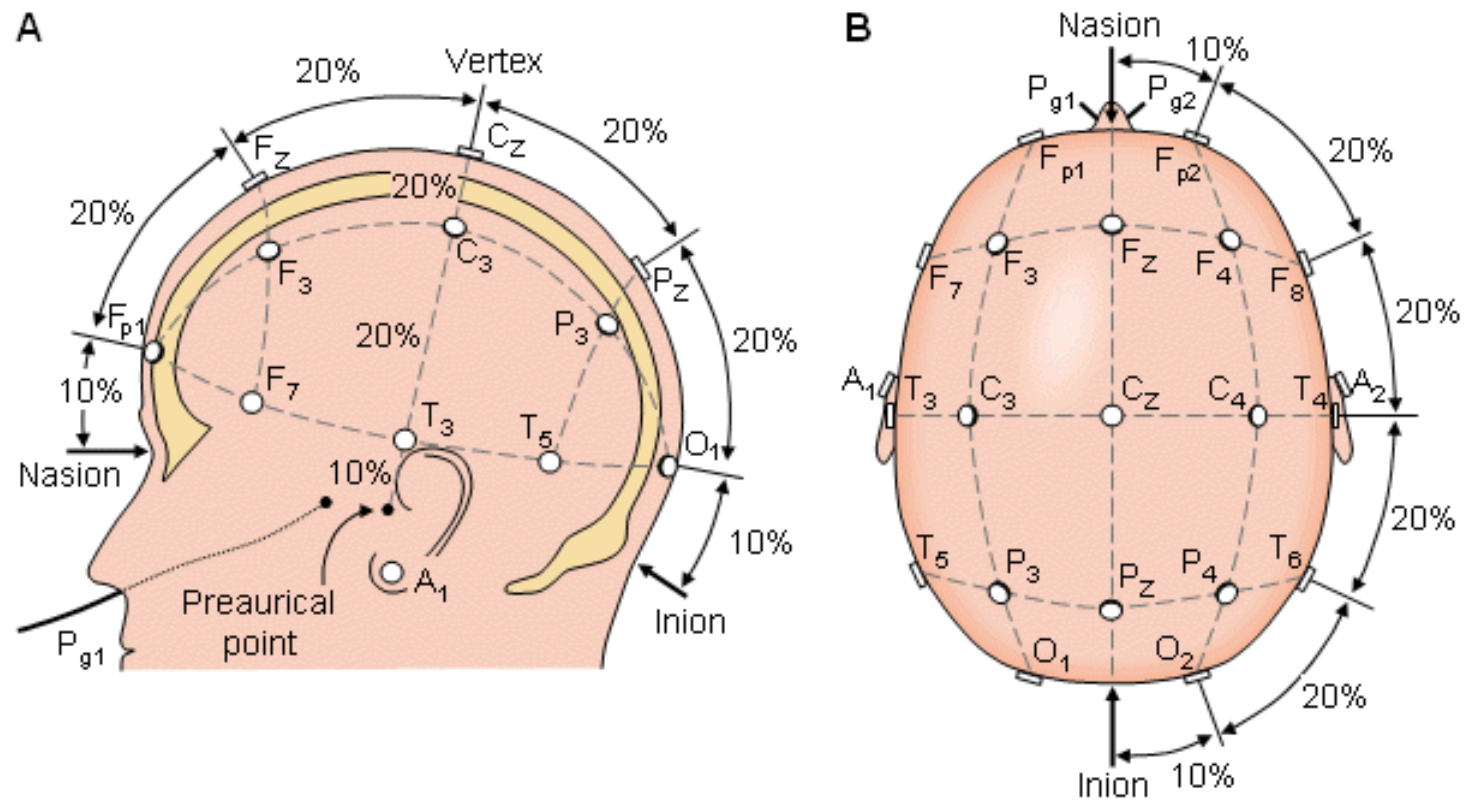
# Elektroencefalografie

---

- klasické vyšetření je záznamem spontánní aktivity
- evokované potenciály
  - zrakové (VEP – visual evoked potentials)
  - sluchové (AEP – auditory evoked potentials)
  - somatosenzorické (SEP – somatosensory evoked potentials)

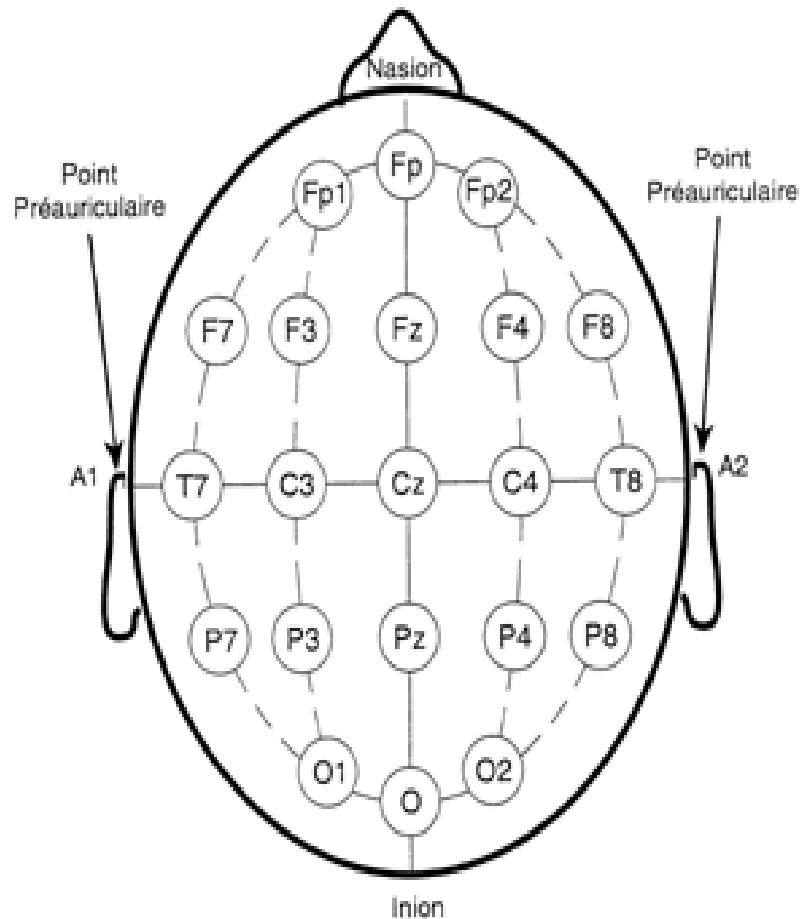
# EEG elektrody

- systém 10 – 20 (Jasper, 1958)



Malmivuo, J. – Plonsey, R: Bioelectromagnetism. Oxford University Press, New York, 1995.

# EEG elektrody



- Písmena
  - F ... frontální (přední)
  - Fp ... frontopolární (přední kolem pólu)
  - C ... centrální (střední)
  - P ... parietální (temenní)
  - T ... temporální (spánkové)
  - O ... okcipitální (týlní)
- Číslo
  - sudá ... pravá hemisféra
  - lichá ... levá hemisféra

# EEG svody

---

- pro systém 10 – 20 je potřeba min. 19 kanálů, obvykle se používá 19 EEG kanálů + EKG a časové značky
- referenční svorky
  - CR (common reference) – svorky  $A_1$  a  $A_2$
  - AVR (averaged reference) – průměr napětí zvolené skupiny elektrod
- konvence polarity
  - záporný rozdíl napětí na vstupu způsobí kladnou výchylku
  - aktivní elektroda je zapojena na invertující vstup

# Elektroencefalogram

---

- lidský mozek obsahuje více než  $10^{10}$  neuronů, odhadovaný tok informací do mozku je  $10^9$  b·s<sup>-1</sup>, z mozku  $10^7$  b·s<sup>-1</sup>
- špičkové napětí 20 – 300 μV, frekvence 0,5 – 70 Hz, rutinně do 50 Hz
- pásma alfa, beta, theta a delta

# Elektrokortikografie

---

- snímání pomocí stripů či gridů
- platinové elektrody v proužku nebo v matici, průměr elektrody asi 3 – 4 mm
- slouží k přesnější lokalizaci patologických ložisek



# Evokované potenciály

---

- reakce mozku na senzorický podnět – zrakový, sluchový, somatosenzorický
- generované signály mají řádově menší amplitudu než spontánní EEG
- průměrováním  $N$  realizací zvětšíme SNR  $\sqrt{N}$  krát
- odpovědi ipsilaterální – odpovídá hemisféra, na jejíž straně jsme prováděli stimulaci (sluchově evokované potenciály)
- odpovědi kontralaterální – odpovídá protilehlá hemisféra (zrakové a somatosenzorické potenciály)

# Somatosenzorické EP

---

- evokujeme drážděním periferních nervů (horní a dolní končetiny)
- doba trvání stimulačního pulsu je obvykle 50 – 200  $\mu\text{s}$ , opakovací frekvence 3 – 6 Hz, opakujeme až 200  $\times$
- frekvenční spektrum SEP je 30 – 3000 Hz, amplituda po zprůměrování je 5 – 10  $\mu\text{V}$
- používá se k diagnóze neuropatií, roztroušené sklerózy apod. nebo k posouzení hloubky kómatu

# Sluchové EP

---

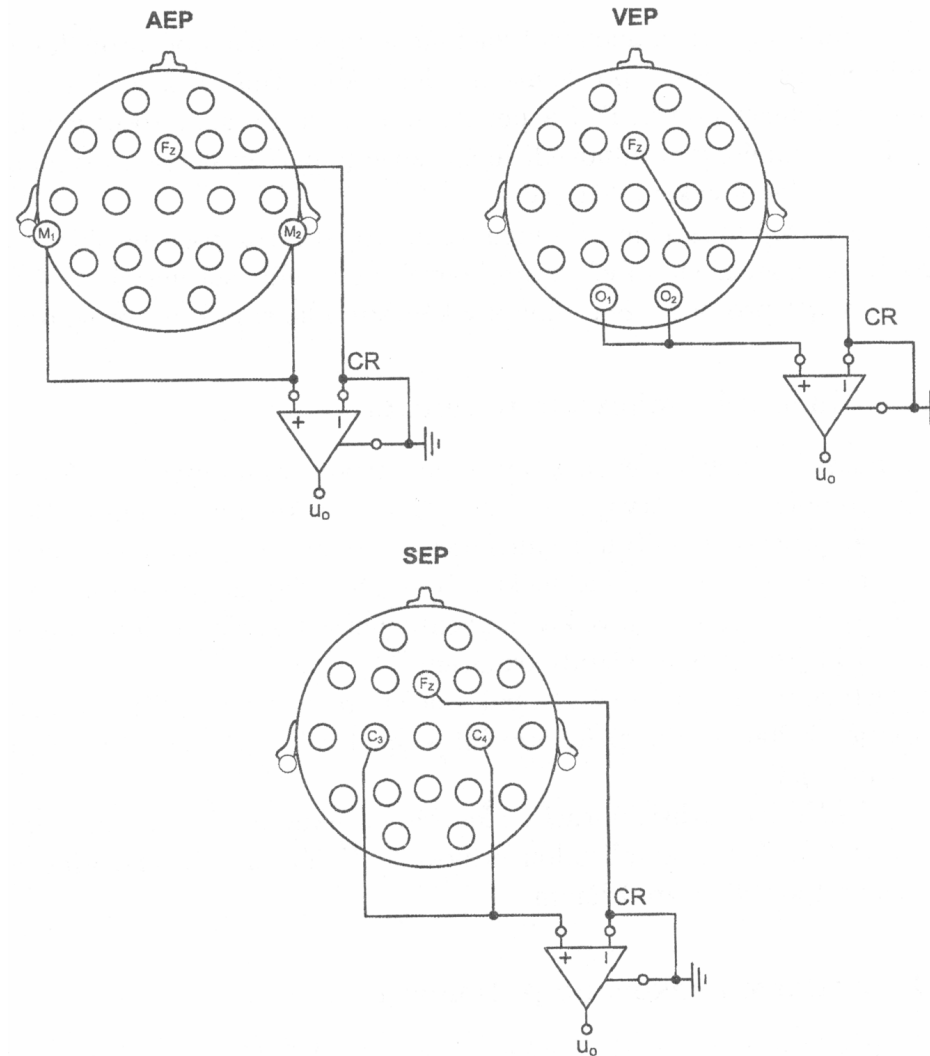
- krátce trvající zvuky (asi 100  $\mu\text{s}$ )
- elektrody se přikládají na výčnělek spánkové kosti těsně za ušními boltci
- opakovací frekvence 1 – 50 Hz, opakujeme až 2000  $\times$
- amplituda po zprůměrování je velmi malá, asi 0,5  $\mu\text{V}$
- slouží k diagnostice poruch hlemýždě a akustického nervu

# Zrakové EP

---

- jako stimul se používají tzv. šachovnicové reverzní podněty, frekvence reversace je obvykle 1 Hz, opakujeme asi 100 ×
- amplituda po zprůměrování je zhruba 5 - 10  $\mu\text{V}$ , frekvenční pásmo do 100 Hz
- mají využití při diagnóze roztroušené sklerózy a stanovení rozdílů mezi pravým a levým viděním

# Evokované potenciály



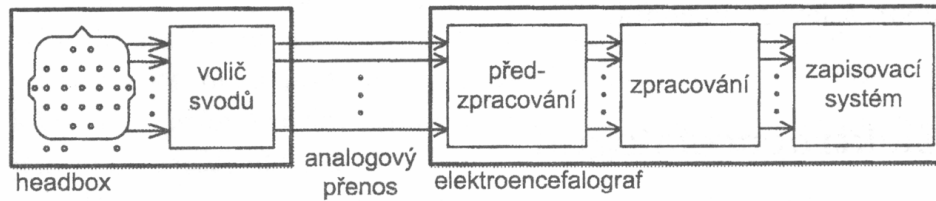
# Elektroencefalograf

---

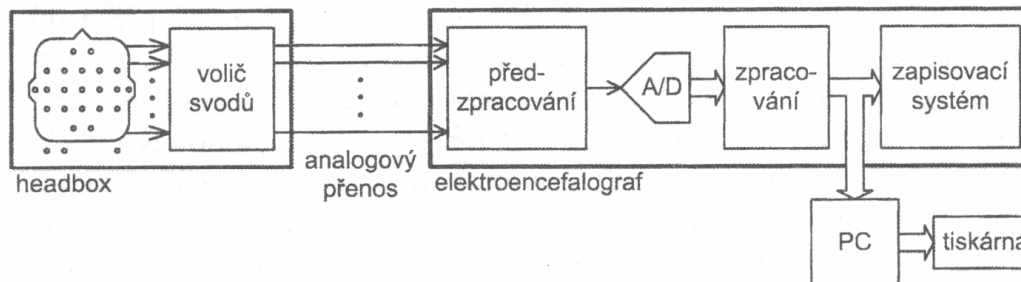
- měl by umožňovat
  - přepínání svodů (montáží)
  - nastavení frekvenčního pásma
  - nastavení zesílení jednotlivých kanálů
  - volbu rychlosti záznamu
  - kalibraci a test kontaktu elektrod
  - zápis časových značek

# Elektroencefalograf

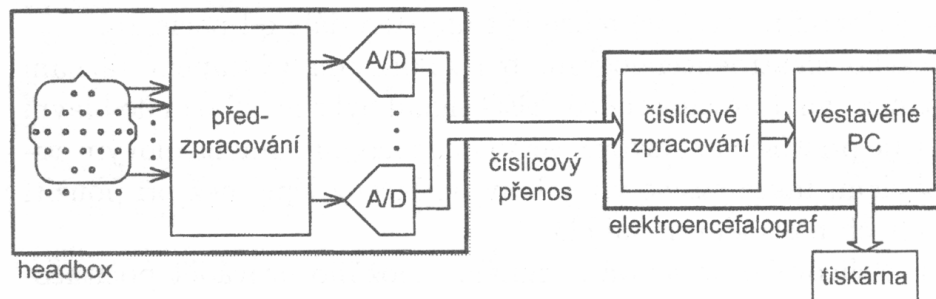
**klasické papírové EEG**



**EEG s počítačovou analýzou záznamů  
(analogový přenos signálu z headboxu)**



**EEG s počítačovou analýzou záznamů  
(číslicový přenos signálu z headboxu)**

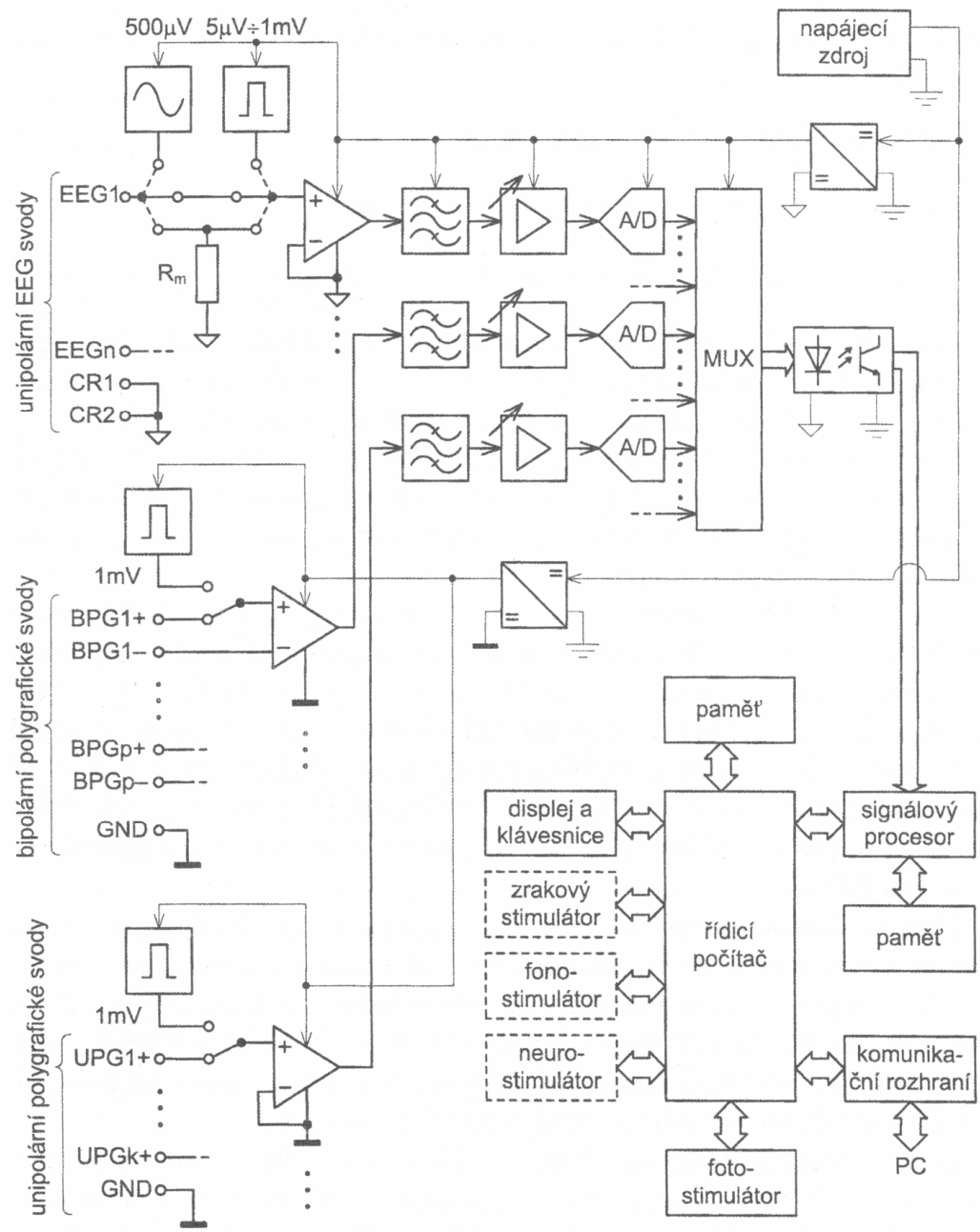


# Elektroencefalograf

---

- headbox (buď pouze konektory a volič svodů a nebo předzpracování + A/D převod) + vlastní elektroencefalograf
- obvody unipolárních EEG svodů + uni/bipolárních polygrafických svodů





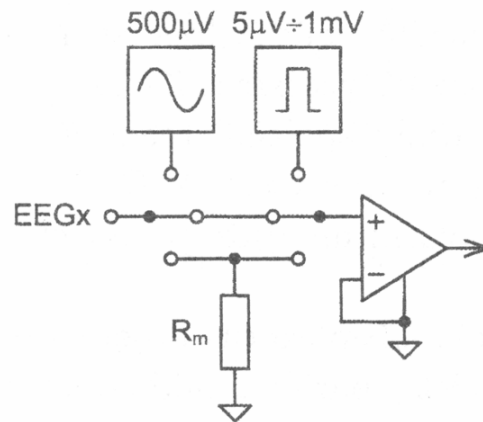
# Elektroencefalograf

---

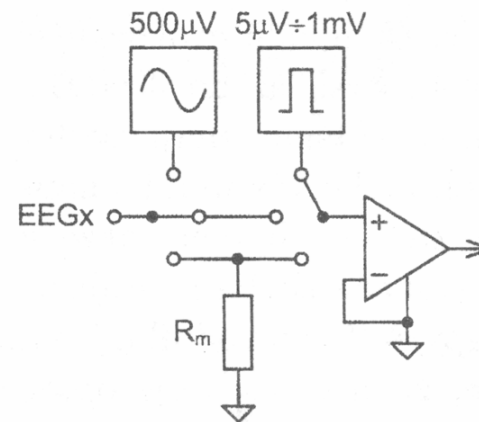
- vstupní předzesilovač
  - alespoň 100 M $\Omega$  vstupní odpor
- pásmová propust
  - odfiltrování stejnosměrné složky, anti-aliasingový filtr
- A/D převodník
  - vzorkovací frekvence obvykle 256 Hz (u evokovaných potenciálů až 6 kHz), rozlišení 16 b

# Elektroencefalograf

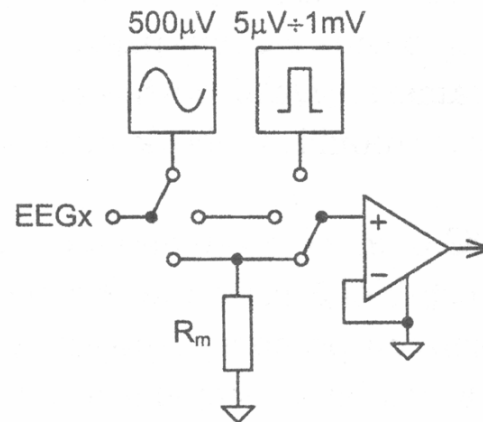
předzpracování EEG signálu



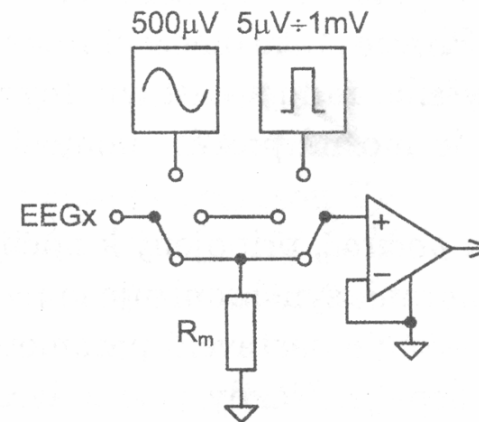
kalibrace



zdroj napětí pro test impedance elektrody



měření napětí při testu impedance elektrody



# Elektroencefalograf

---

- kalibrace
  - jeden zdroj pro všechny kanály nastavitelný v rozsahu 5  $\mu\text{V}$  až 1 mV
- měření impedance elektrod
  - harmonický signál s amplitudou 500  $\mu\text{V}$  a frekvencí 15 Hz

# Literatura

---

1. Malmivuo, J. – Plonsey, R: Bioelectromagnetism – Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields. Oxford University Press, New York, 1995.
2. Penhaker, M. a kol.: Lékařské diagnostické přístroje – učební texty. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.
3. Rozman, J. a kol.: Elektronické přístroje v lékařství. Academia, Praha, 2006.
4. Chmelař, M: Lékařská přístrojová technika. CERM s. r. o., Brno, 1995.