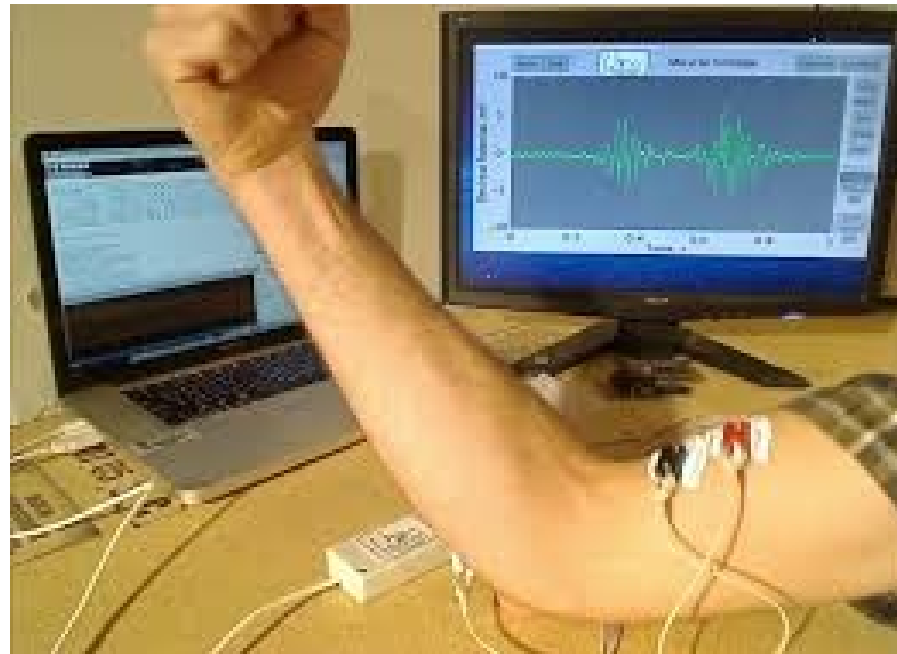
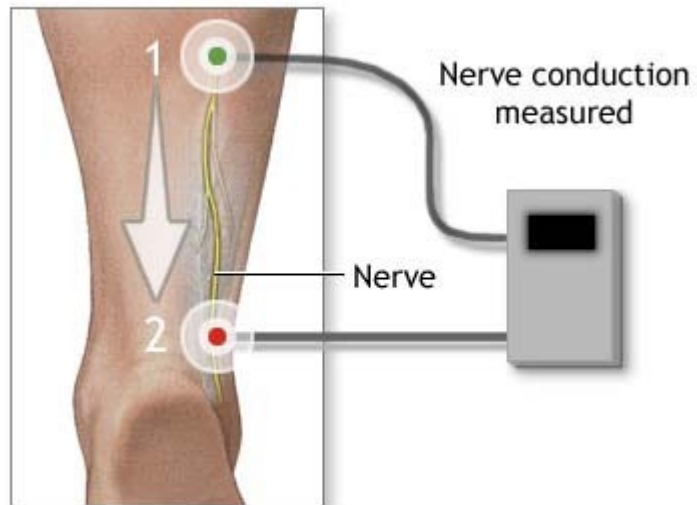


Biomechanika

ELEKTROMYOGRAFIE

- ▶ Základem je snímání povrchové nebo nitrosvalové aktivity.
- ▶ EMG napomáhá hodnotit funkční stav pohybového systému a jeho inervaci.



Akční potenciál

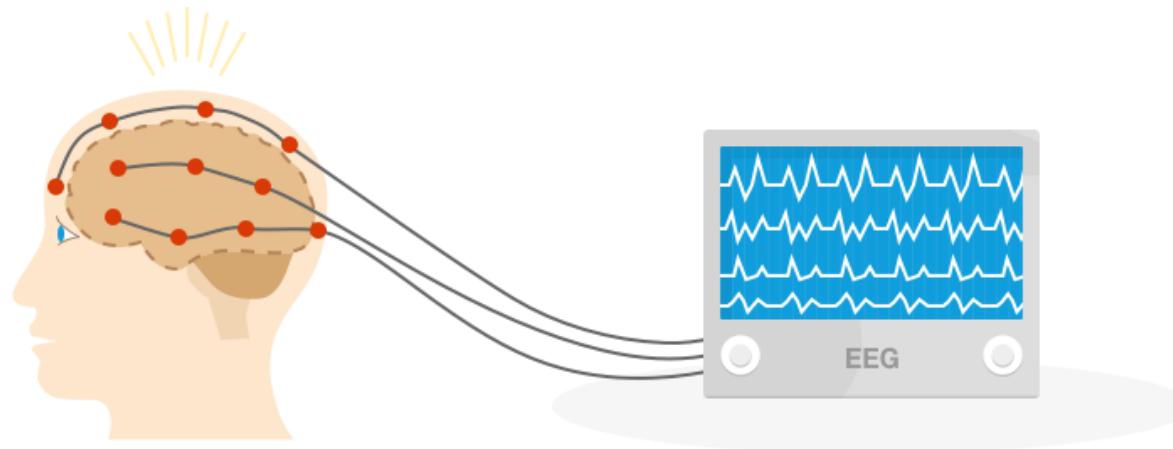
- ▶ Hodnota klidového membránového napětí mezi povrchem a nitrem nervového vlákna je přibližně -50 až -90 mV. Sídlem potenciálu je semipermeabilní buněčná membrána. V klidu nese **vnitřní** povrch membrány **záporný** náboj a **vnější** povrch náboj **kladný**.
- ▶ Akční potenciál vzniká, jestliže membránové napětí překročí tzv. prahovou hodnotu (-60 mV) a způsobí **depolarizaci** buněčné membrány motoneuronu (katabolický proces), vzniká vzruch a energie se tím odevzdává pro šíření vzruchu.
- ▶ Dochází tedy k obrácení polarity membrány – transpolarizaci.
- ▶ Následuje repolarizace (metabolický pochod, anabolický proces), kterým motoneuron čerpá energii, aby byl připraven pro další vzruch.

Elektrická aktivita svalu

- ▶ je obrazem nervosvalové excitace svalové tkáně na nervový podnět z CNS.
- ▶ Je zobrazením aktivního stavu svalu, kdy dochází ve svalové buňce k transformaci chemické energie na energii mechanickou a tepelnou.
- ▶ Dílčí akční potenciály, které přísluší jednotlivým depolarizačním procesům jednotlivých svalových buněk, interferují v signál, který je snímán na povrchu těla a má charakteristický tvar a průběh.

Elektrické biosignály

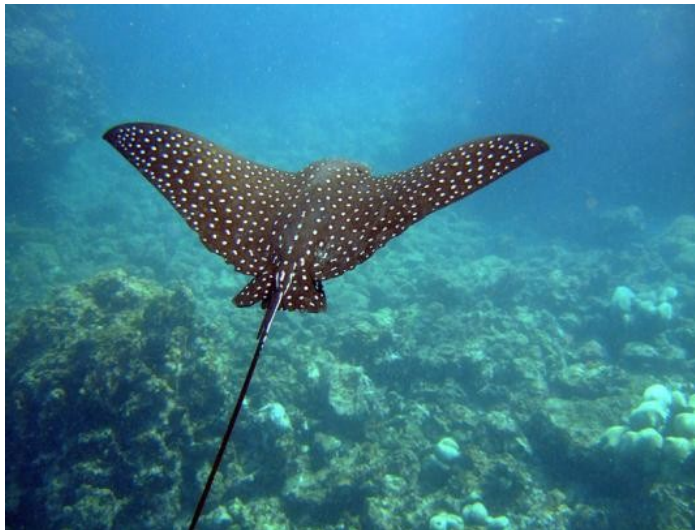
označení signálu	název signálu	zdroj signálu
EMG	elektromyogram	skupina svalových buněk
EKG	elektrokardiogram	skupina srdečních buněk
EEG	elektroencefalogram	skupina nervových buněk
ENG	elektroneurogram	nervové vlákno



Vývoj elektromyografie



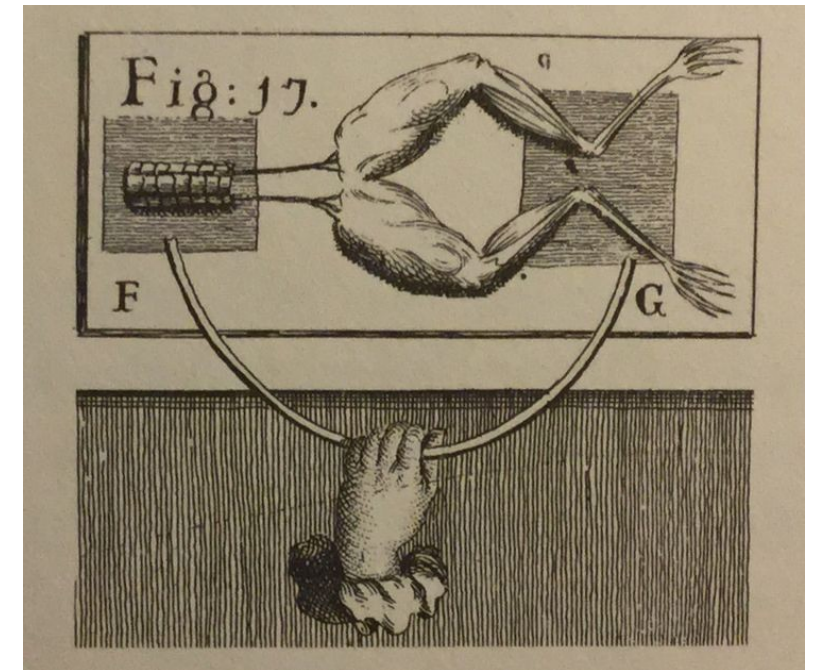
- ▶ **Francesco Redi** – italský lékař a přírodovědec, 1626 – 1697, myšlenka, že svaly vykazují elektrickou aktivitu



Vývoj elektromyografie



- ▶ **Luigi Galvani** – italský lékař a fyzik, 1737 – 1798, zkoumal elektrické jevy při pohybech svalů, vytvořil galvanometr na měření malých el. proudů a napětí



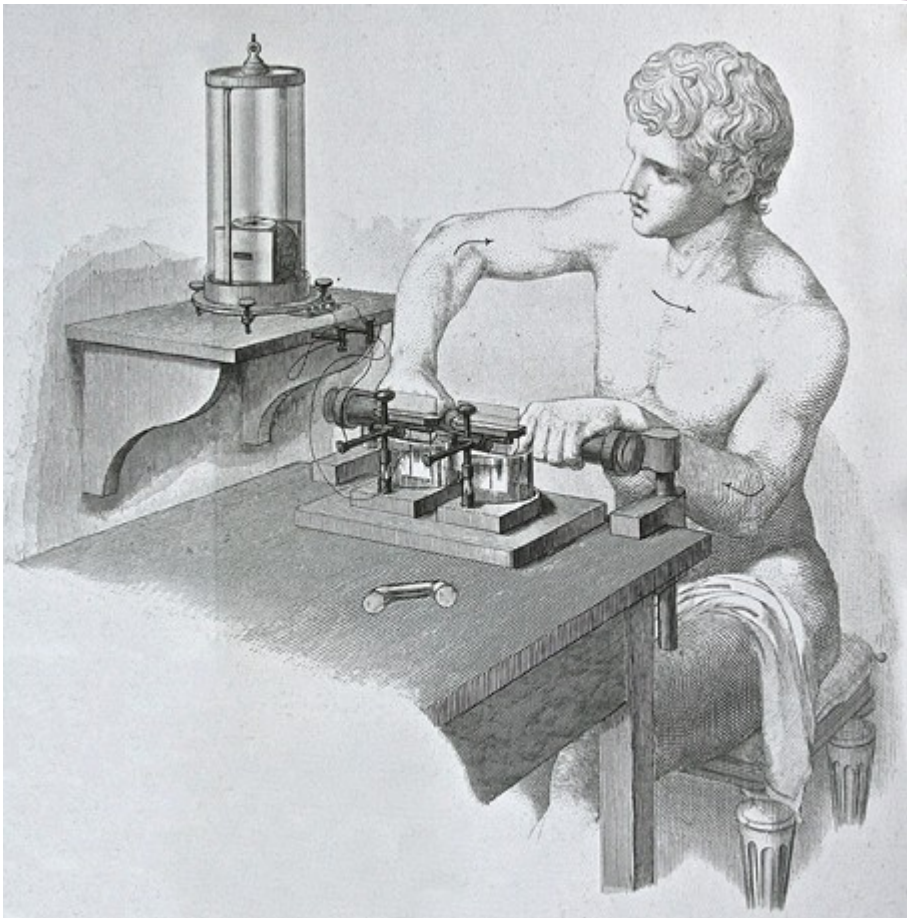
Vývoj elektromyografie



- ▶ **Carlo Matteucci** – italský fyzik a neurofyziolog, 1811 – 1868, jako první změřil elektrickou aktivitu svalu na izolovaném žabím preparátu, pomocí galvanometru
- ▶ **Hermann von Helmholtz** - německý fyziolog, lékař, matematik, fyzik, meteorolog a filozof, 1821 – 1894, změřil rychlost šíření vzruchů nervem

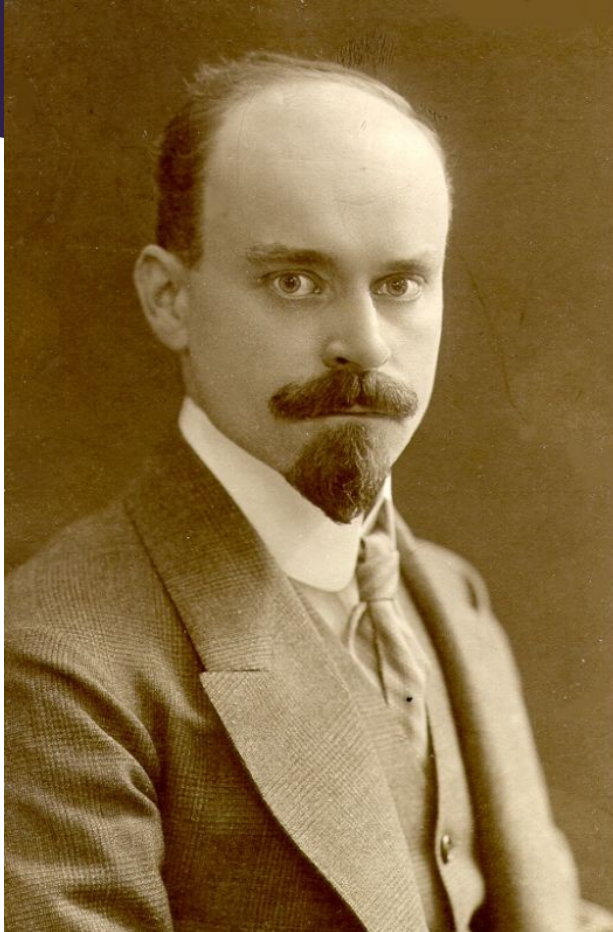


Vývoj elektromyografie

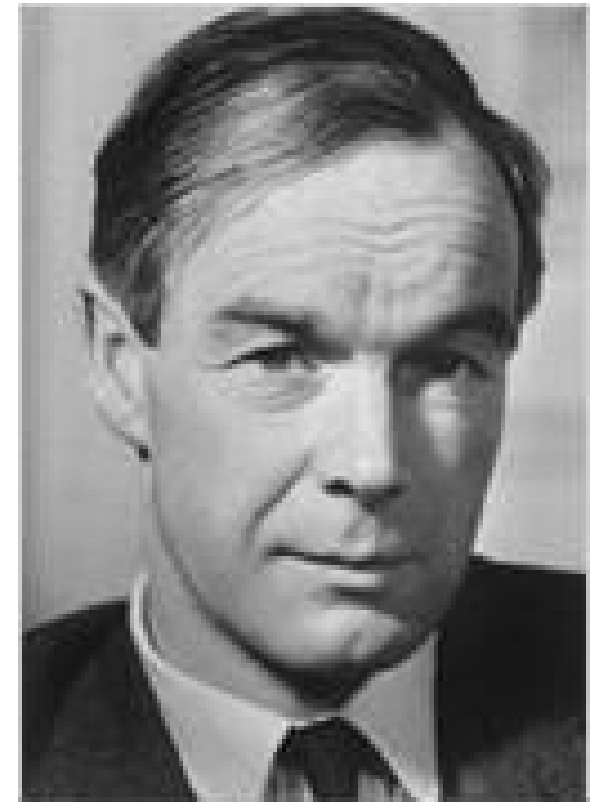
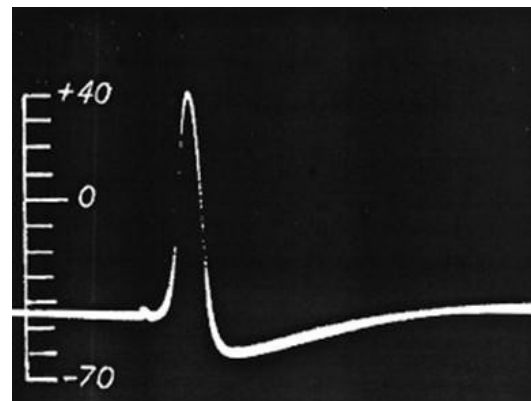


• **Emil Du Bois-Reymond** – německý lékař a fyziolog, 1818 – 1896, objevitel akčního potenciálu, zaznamenal elektrickou aktivitu svalů pomocí registrační elektrody a registroval elektrickou odpověď ze svalu na volní kontrakci – počátek **elektromyografie**

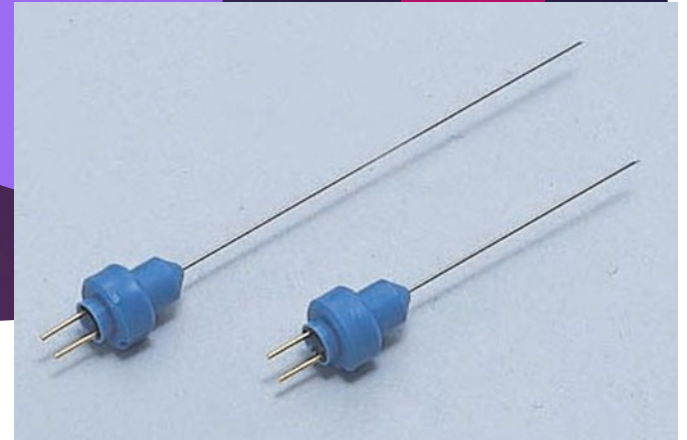




- ▶ **Hans Piper** – německý fyziolog, 1877 – 1915, použil první kovové elektrody na registraci svalové aktivity, zdokumentoval typické frekvenční kmity pro různě vynaloženou sílu
- ▶ 1939 – první opublikovaný záznam akčního potenciálu (**Sir Hodgkin, Huxley**)

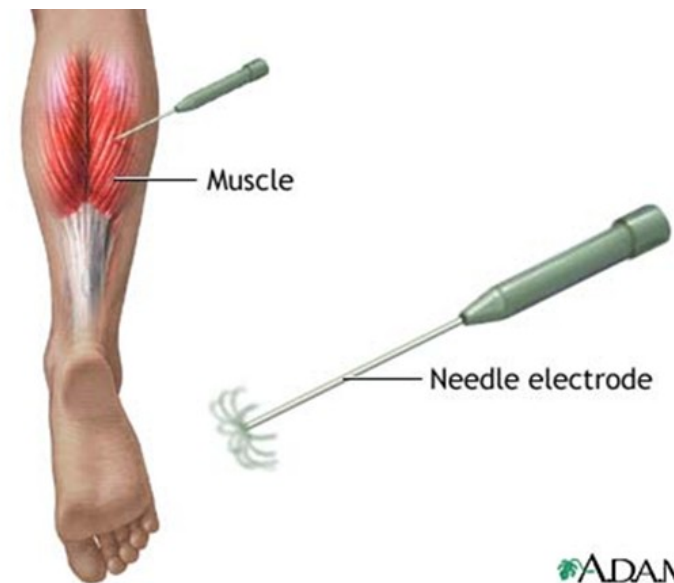


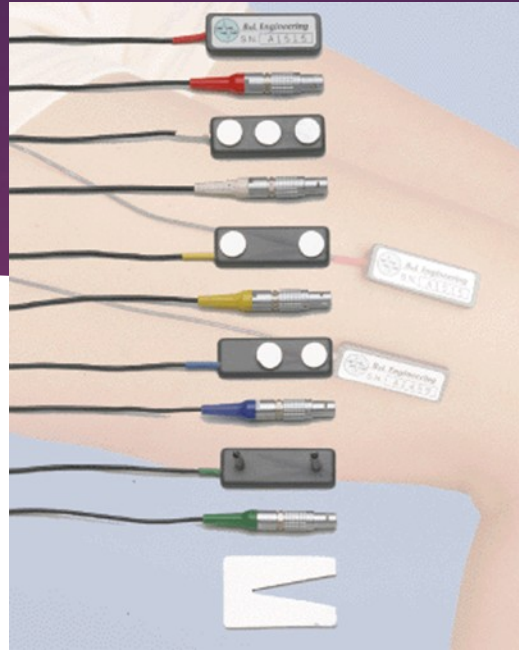
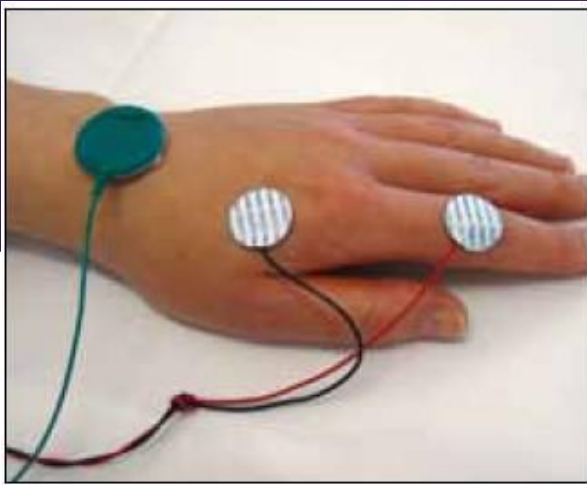
Snímání EMG signálu



► Jehlová elektromyografie

- Registrační jehlové elektrody
- Diagnostika nervosvalových onemocnění





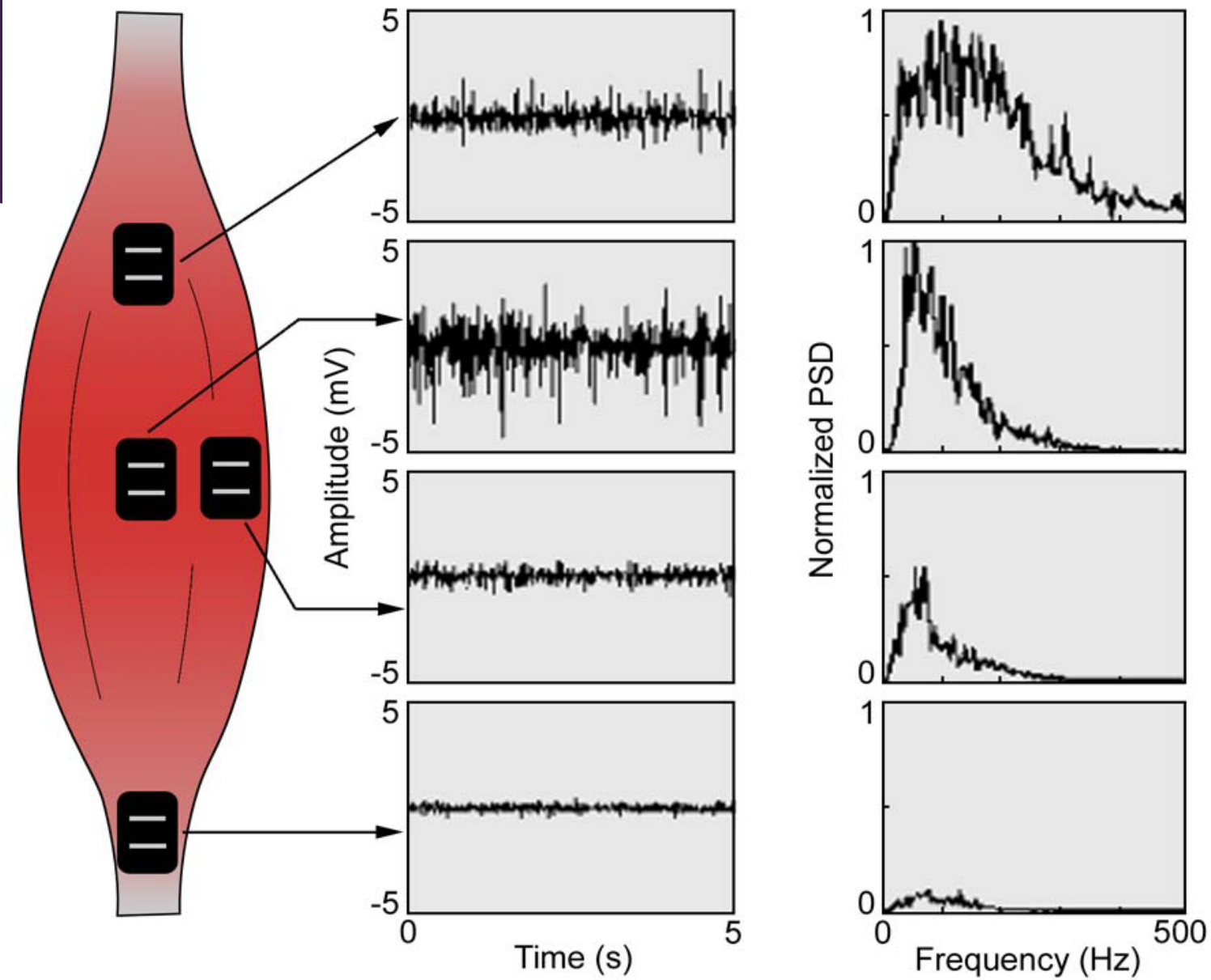
► Povrchová elektromyografie

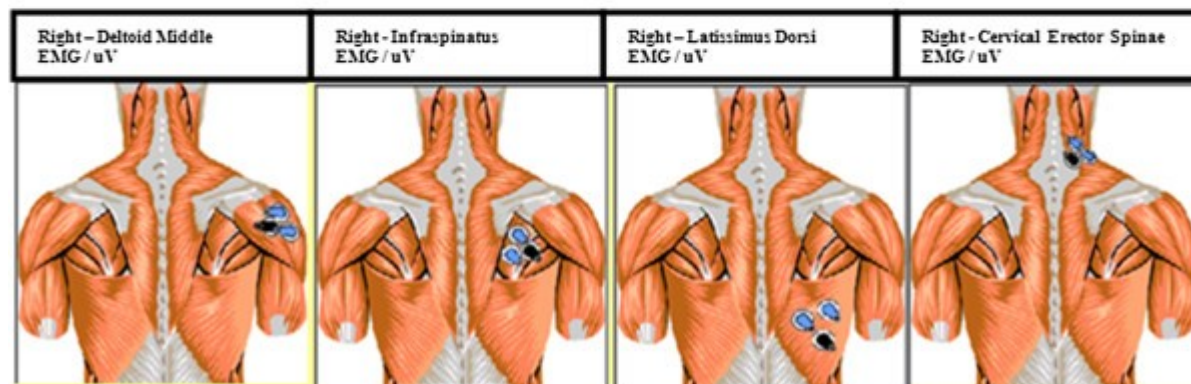
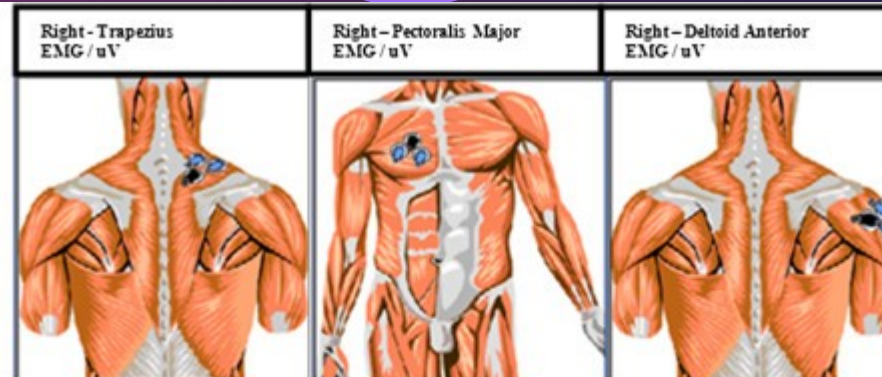
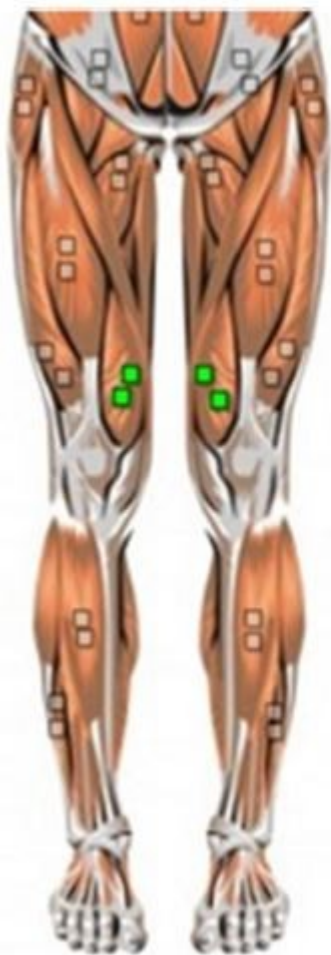
- zaznamenáváme potenciály z většího množství motorických jednotek
- Zapojení elektrod unipolární (snímají potenciál z jedné elektrody proti nulovému potenciálu) x bipolární (snímají rozdíl potenciálů mezi 2 elektrodami)



Typy elektrod

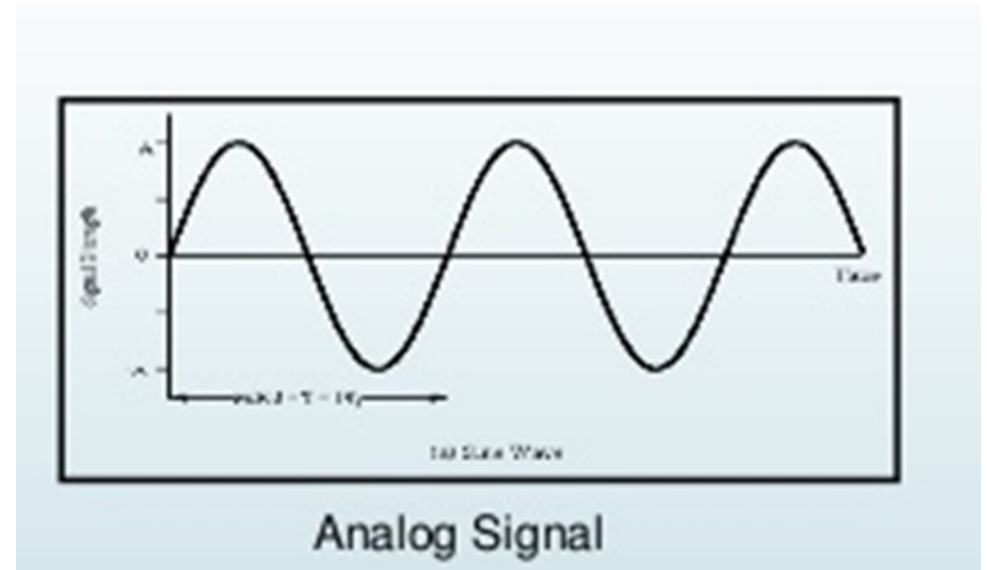
- ▶ **Registrační** elektrody - největší velikost snímané amplitudy je dosažena snímáním signálu ze středu svalového břicha.
- ▶ **Referenční** elektroda se umísťuje na místo s nejmenší elektrickou aktivitou, nad šlachou, výsledný EMG signál je rozdílem napětí mezi aktivní a referenční elektrodou.
- ▶ **Zemnicí** elektroda - umísťena tam, kde nepředpokládáme výskyt velké svalové skupiny. Nejlépe na místo, kde je nejbližší kůži kost nebo jiné šlachy, neupínající zkoumaný sval
- ▶ **Stimulační** elektrody - slouží k provádění kondukčních testů. Většinou jsou bipolární a je nutno je umístit tak, aby katoda byla vždy blíže registrační elektrodě. Užívají se stimuly o délce 0,1–1,0 ms, intenzity 10–40 mV. Obecně užíváme stimuly o 3–4násobné intenzitě oproti prahovým senzitivním stimulům.





Vlastnosti EMG signálu

- ▶ Výsledný EMG záznam není prostou sumací jednotlivých elementárních napětí, ale platí pro něj zákony interference jednotlivých výbojů.
- ▶ Výsledné rozpětí amplitudy signálu je $20 \mu\text{V}$ až jednotky mV
- ▶ Frekvenční oblast signálu je od jednotek Hz do 500 Hz , s hlavní oblastí od 50 Hz do 150 Hz
- ▶ Šum u EMG: vzniká nejčastěji v komunikačních přístrojích a z rozvodné sítě, nízkofrekvenční šum ($0 - 25 \text{ Hz}$) způsobený pohybem



Zpracování EMG signálu

- ▶ **Digitalizace signálu:** Svalový signál – analogový (spojitý) – převod na digitální (diskrétní) - A/D převodníky
- ▶ **Filtrace:** odfiltrování frekvencí nižších než 20Hz a vyšších než 500Hz – pomocí dvoupásmového filtru
- ▶ **Rektifikace:** usměrnění tj. převedení všech negativních výchylek na výchylky pozitivní o stejné velikosti (Otáhal)
- ▶ **Vyhlazení amplitudy EMG:** např. zprůměrováním hodnot amplitudy v okně o velikosti 200ms (velikost okna závisí na potřebách a zkušenostech experimentátora)

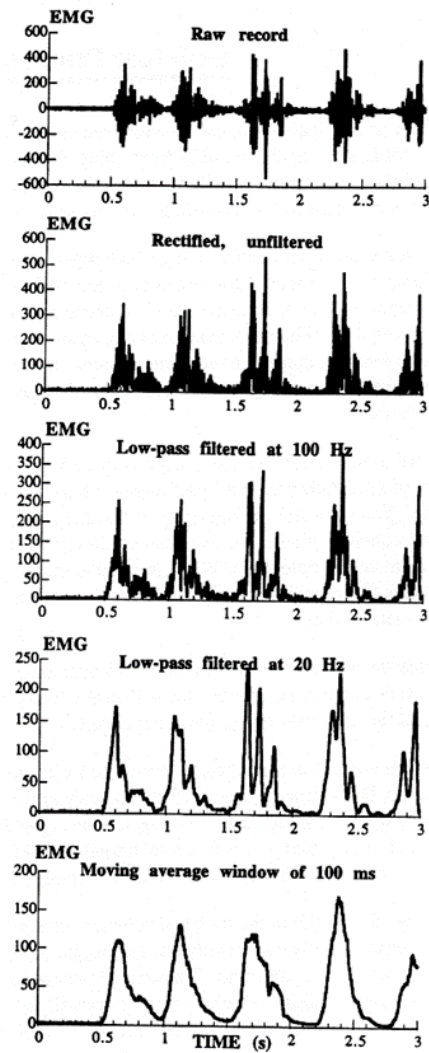


Figure 6.10 The effects of different filtering and rectification procedures on an EMG signal recorded with surface electrodes from a human biceps muscle during a series of brief voluntary contractions. The upper signal is the “raw” (unprocessed) EMG signal sampled at a high frequency (1000 Hz) by the computer. Note the similarities (e.g., burst timing) and differences in the signal under different filtering.

Využití EMG měření ve sportu

- ▶ V biomechanice dominují tři aplikace při používání povrchového EMG:
 - 1) Ukazatel zahájení svalové aktivity
 - 2) Udává informace o silových přírůstcích vyvolaných jednotlivými svaly nebo skupinou svalů
 - 3) Ukazatel únavových procesů nastávajících uvnitř svalu

<https://www.youtube.com/watch?v=u49aR1D8M40>