



EKG

Ivana FELLNEROVÁ
 Katedra zoologie PřF UP Olomouc
<http://www.zoologie.upol.cz/zam.htm> 2010/4

Prezentace navazuje na základní znalosti z anatomie srdce, stavby a funkce membrán.

Rozšiřuje přednášky: Funkce membrán
 Srdce, pacemaker...

 Symboly označující animaci resp. video (dynamická prezentace daného fyziologického procesu). Plnohodnotné animace (video) spolu s podrobným výkladem studenti uvidí na přednáškách popř. praktických cvičeníh. Varianta pro tisk, která je k dispozici na internetu obsahuje jen statické popisy těchto procesů.

 Symbol označující odkaz na animaci z internetu, kterou Studenti mohou sami kdykoli otevřít

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Základy elektrofyziologie srdce


Srdeční kontrakce jsou výsledkem periodického střídání **depolarizace a repolarizace** (= změny membránového potenciálu) buněk srdce

Depolarizace:
 vnitřek buňky se stává krátkodobě elektro pozitivním (tok kationtů dovnitř buňky)

Repolarizace:
 obnovuje se elektronegativita vnitřku buňky (tok kationtů směrem ven z buňky)

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Membránový potenciál



Vnitřní prostředí buňky je mírně negativní:
 Uvnitř buňky je větší koncentrace proteinů než vně buňky. Většina organických molekul (hl. proteiny) uvnitř buňky má negativní náboj. Přítomnost negativně nabitých částic uvnitř buňky je kompenzován sodíkovými kationty K^+ = dominantní **intracelulární kationt**.
 Hlavní **extracelulární kationt** = Na^+ je kompenzován aniontem Cl^-

Extracelulární kationty a intracelulární anionty jsou k sobě vzájemně přitahovány. Buněčná membrána plní funkci přehradní hráže, která odolává elektrochemickým silám přitahujícím opačně nabitě ionty k sobě:

Ionty (podobně jako voda za přehradní hrází) mají potenciální energii, tzv. elektrický potenciál

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc



Klidový membránový potenciál

Buňky (všechny ?) mají v klidovém stavu **VYVÁŽENÝ TRANSPORT IONTŮ PŘES MEMBRÁNU;** celkový podíl kladných a záporných částic na membráně je stálý: **BUŇKA MÁ**

klidový membránový potenciál



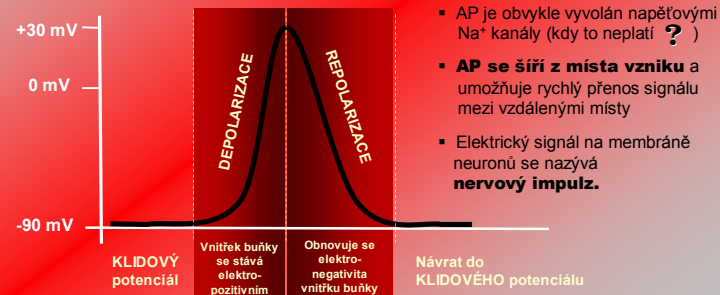
- vyjadřuje **rozdíl náboje vně a uvnitř** membrány (jednotky: volty, milivolty)
- uvádí se v **záporných hodnotách** vzhledem k zápornému náboji uvnitř buňky.
- pohybuje se v rozpětí -20mV až -200 mV, v závislosti na organismu a typu buňky.

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Akční potenciál (AP)

Rovnováha iontů na obou stranách membrány (klidový potenciál) může být z různých důvodů (jakých ?) narušen.

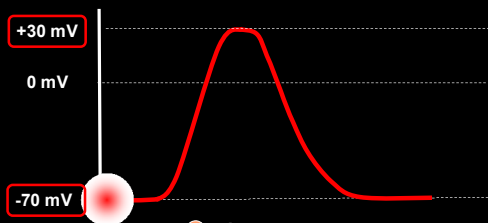
Narušení rovnováhy v distribuci iontů na obou stranách membrány způsobí **otevření napětím řízených kanálů**, které umožní **rychlý průtok iontů přes membránu** po směru koncentračního spádu. Tok iontů **vytváří elektrický proud**; náhlý přesun iontů **změní krátkodobě polaritu membrány** a vyvolá tzv. **AKČNÍ POTENCIÁL (AP)**.



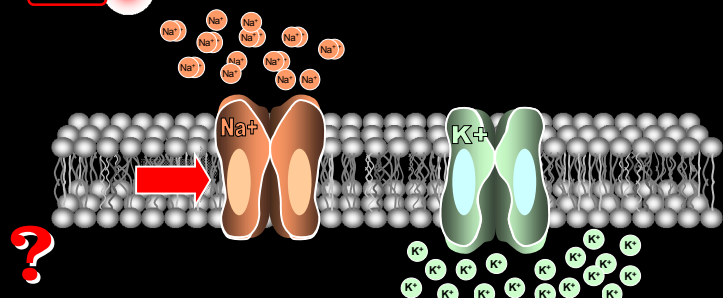
Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Akční potenciál – základní schéma

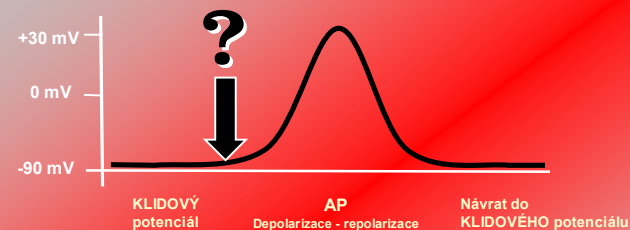
Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



- Klidový potenciál**
 K^+ zavřeny
 Na^+ zavřeny
- Depolazizace (AP)**
 Na^+ se otevírají
 K^+ uzavřeny
- Repolarizace**
 Na^+ se uzavírají
 K^+ otevřeny



Vznik AP: prahový (spouštěcí) signál



Prahovým (spouštěcím) signálem pro vznik AP (= otevření iontových kanálů a následný tok iontů) může být:

- Vazba signální molekuly
- Přítokem iontů ze vzdálenějších oblastí **TÉŽE BUŇKY**
- Přítokem iontů ze **SOUSEDNÍ BUŇKY**

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Vznik AP: Přímá vazba signální molekuly

Kanály se otvírají v důsledku konformační změny po navázání signální molekuly (např. ACETYLCHOLIN na nervosvalové ploténce, GLYCIN jako inhibitor Cl kanálů, GABA a GLUTAMÁT v mozku, ionty, ATP-ne jako zdroj energie!!!).

Signální molekula

receptor

iontový filtr

Řízená vrátka

Změna polarity membrány – vznik AP

Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc

Vznik AP: Nepřímá signalizace přes G protein

Kanál se otvírá prostřednictvím tzv. druhého posla (G proteinu) na základě vazby signální molekuly na receptor. (NORADRENALIN β adrenergických receptorů sympatiky, ACETYLCHOLIN muskarinních receptorů parasympatiky)

Signální molekula

receptor

iontový filtr

Řízená vrátka

Signál ke kanálu prostřednictvím druhého posla (G proteinu)

Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc

ŠÍŘENÍ AP v neuronu

Na⁺

Otevření elektricky řízených Na⁺ kanálů narušením rovnováhy na membráně

Šíření AP po membráně neuronu

Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc

ŠÍŘENÍ SIGNÁLU interkalárními disky

Na⁺ Ca⁺⁺

Funny kanály Ca²⁺ kanály

PM

Na⁺ kanály

interkalární disky

buňka pacemakeru

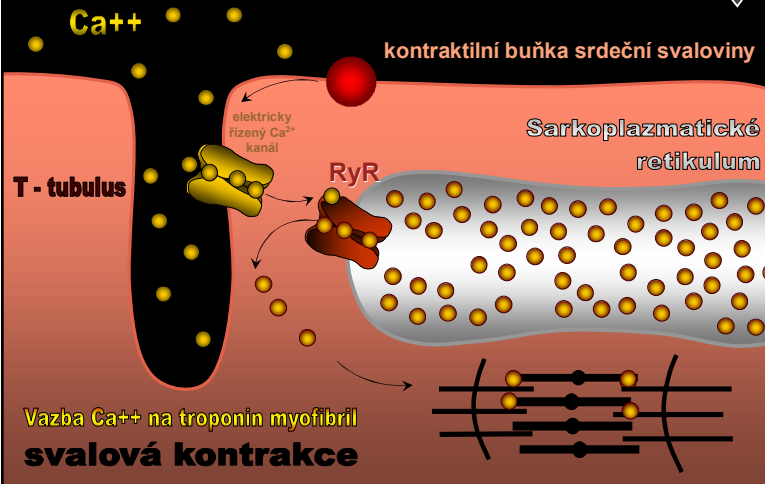
kontraktilní buňka

kontraktilní buňka

Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc

AP (excitace) → svalový stah (kontrakce)

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



Podstata EKG

Srdeční kontrakce jsou výsledkem periodického střídání **depolarizací a repolarizací** buněk srdce.

Depolarizace: vnitřek buňky se stává krátkodobě elektropozitivním (tok kationtů dovnitř buňky)
Repolarizace: obnovuje se elektronegativita vnitřku buňky (tok kationtů směrem ven z buňky)

Elektrické změny (vyvolané tokem iontů) se od srdce šíří tělesnými tekutinami až na povrch těla (extracelulární tělesné tekutiny jsou díky přítomnosti NaCl velmi dobrým vodičem)

Elektrické změny lze zaznamenat **elektrodami** přiloženými přímo na srdce nebo na povrch těla.

Pozn. Elektrody detekují všechny svalové kontrakce, proto jsou elektrické projevy spojené se srdeční činností jasné jen tehdy, když je pacient plně uvolněný a nekontrahuje se kosterní svaly.

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



ZÁKLADNÍ POJMY



➔ **Elektrokardiografie:**
standardní neinvazivní metoda funkčního vyšetření elektrické aktivity myokardu

➔ **Elektrokardiograf (přístroj)**



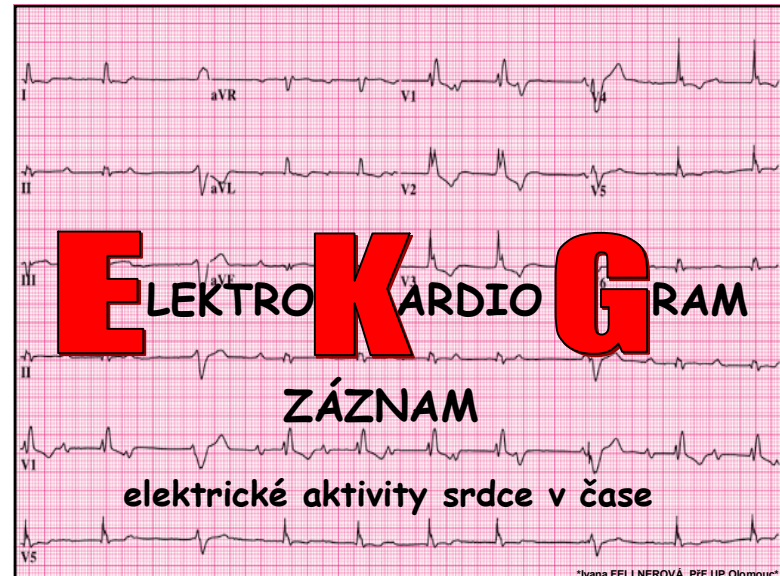
➔ **Elektrokardiogram (záznam)**



➔ **Elektrody, Svody**



Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

PŘÍSTROJ
zaznamenávající
elektrickou
aktivitu srdce

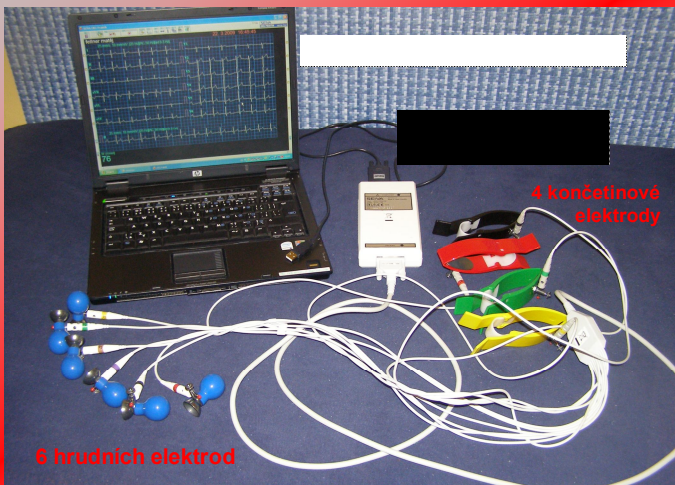


ELEKTRO**K**ARDIO**G**RAF




Ivana FELLNEROVÁ, PÍF UP Olomouc

Přenosné EKG Seiva Praktic



4 končetinové
elektrody

6 hrudních elektrod

Přenosné EKG Seiva Praktic



Připojení hrudních
a končetinových
elektrod



Ivana FELLNEROVÁ, PÍF UP Olomouc

Elektrody a svody

ELEKTRODY

- Vodiče
- Přikládají se na tělo
- Snímají elektrickou aktivitu povrchu těla

Elektrokardiografické SVODY

Systém spojení elektrod s elektrokardiografem
Umožňují záznam potenciálu srdečního svalu v různých prostorových osách

SVODY BIPOLÁRNÍ: snímají rozdíl potenciálů mezi dvěma elektrodami

SVODY UNIPOLÁRNÍ: snímají potenciál z jedné elektrody proti nulovému potenciálu

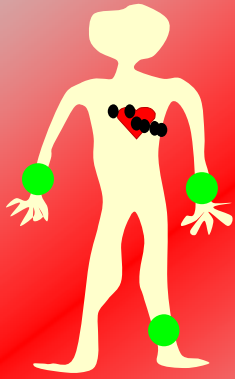
Ivana FELLNEROVÁ, PÍF UP Olomouc



Standardní 12 svodové EKG

Využívá 9 elektrod umístěných na povrchu těla: **3 na končetinách**

6 na hrudi



Propojením jednotlivých elektrod získáme 12 svodů

6 svodů vznikne různou kombinací propojení končetinových elektrod = tzv. **KONČETINOVÉ SVODY**

6 svodů vznikne spojením hrudníkových elektrod s elektrodiagramem = tzv. **HRUDNÍ SVODY**

Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc



Standardní 12 svodové EKG

Proč se používá 9 elektrod (resp. 12 svodů)



Každý svod nám umožňuje pohled na činnost srdce z jiného úhlu

- Záznam činnosti jednotlivých částí srdce je přesnější
- Umožňuje odhalit abnormality, které jsou viditelné pouze u některých svodů

EKG je „elektrický pohled“ na trojrozměrný objekt

Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc



KONČETINOVÉ svody

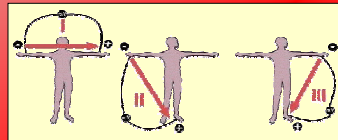
3 bipolární končetinové svody

Einthovenovy svody:

(Eithovenův trojúhelník)

snímají změny potenciálu

vždy mezi dvěma elektrodami

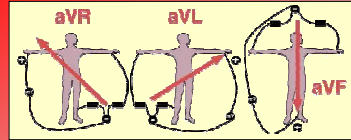


I II III

3 unipolární končetinové svody

Tzv. Goldbergerovy:

snímají změny potenciálu mezi danou elektrodou a svorkou vzniklou spojením dvou protilehlých elektrod



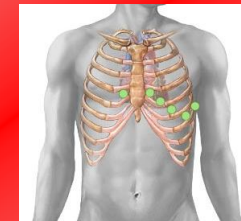
aVR aVL aVF

Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc



HRUDNÍ svody

6 unipolárních hrudních svodů



Tzv. Wilsonovy:

snímají změny potenciálu mezi

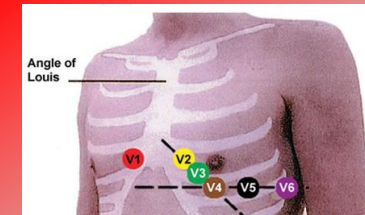
danou elektrodou umístěnou

mezi 4. a 6. mezižebřím a

svorkou vzniklou spojením tří

končetinových svodů

= nulová elektroda



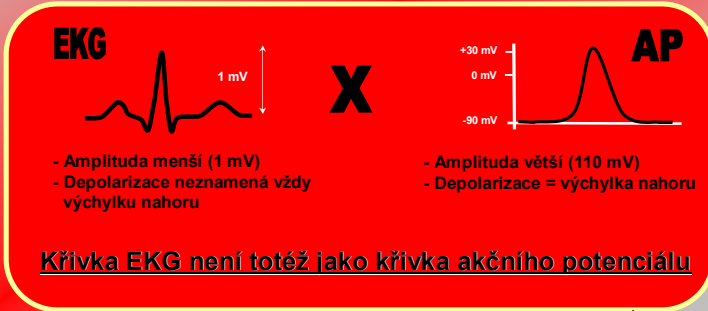
V1 - V6

Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc



EKG křivka: EKG vs. AP

EKG křivka (na záznamovém papíře nebo na monitoru) představuje **VÝSLEDNÝ OBRAZ** snímaný všemi 9 elektrodami, resp. 12 svody



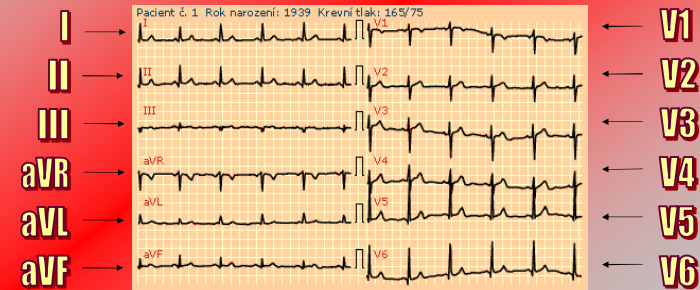
Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc



EKG: 12 křivek

Záznam je tvořen 12 křivkami příslušejícími jednotlivým svodům:

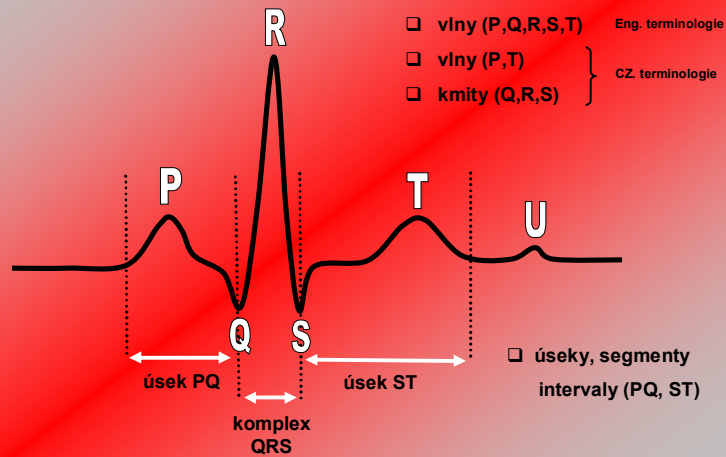
- 3 svody končetinové bipolární I, II, III
- 3 svody končetinové unipolární aVR, aVL, aVF
- 6 svodů unipolárních hrudních V₁ – V₆



Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc



Tvar EKG křivky



Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc

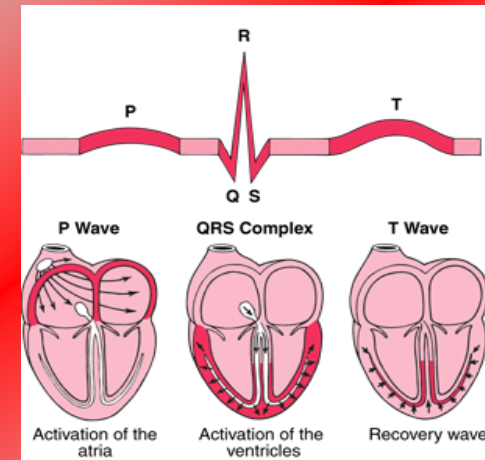


Tvar EKG křivky

„vlna P“
depolarizace síní

„úsek QRS“
depolarizace komor
repolarizace síní

„vlna T“
repolarizace komor



Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc



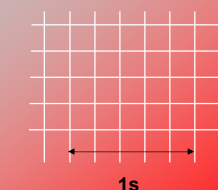
Co hledat na EKG ?

- **Srdeční frekvence a rytmus**
- **Abnormality vlny P**
(chybí např. u fibrilací síní nebo u komorové tachykardie
vysoká: hypertrofie P síně, široká: hypertrofie L síně)
- **Komplex QRS**
(normální šířka je 0,12 s, tj. <1/3 čtverečku; delší znamená abnormalitu nitrokomorového vedení)
- **Srdeční osa**
- **Úsek ST** (zvýšení u [akutního infarktu myokardu](#), snížení u ischemie)
- **Vlna T** (poruchy elektrolytu, hyper-, hypokalemie)

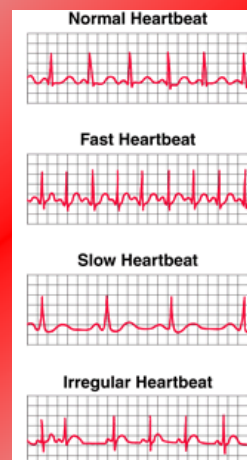
Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



Srdeční FREKVENCE a RYTMUS



interval R-R (čtverce)	srdeční frekvence
1	300
3	100
4	75
5	60
6	50



60 – 100 t/s

TACHYKARDIE
> 100

BRADYKARDIE
< 60

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



Srdeční OSA

Průměrný směr šíření depolarizační vlny komorami při pohledu zepředu se nazývá srdeční osa.

Normální srdeční osa směřuje od čísla 11 k číslu 5 (na ciferníku)

Změny srdeční osy mohou signalizovat hypertrofie komor:

Deviace osy doprava: hypertrofie pravé komory, typické pro plicní embolii
Deviace osy doleva: hypertrofie levé srdeční komory, typické pro převodní poruchy

Stanovuje se z komplexu QRS ve svodech I, II a III

Pozn. Jestliže se depolarizace šíří **směrem ke svodu**, je zapisována výchylka převážně **pozitivní**; jestliže se vlna depolarizace šíří **směrem od svodu**, zapisuje se převážně **negativní výchylka**.

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



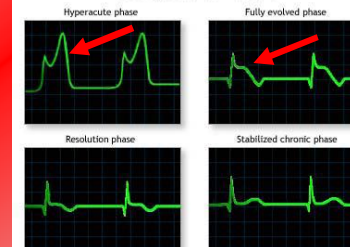
Infarkt myokardu



Změny především v úseku ST, Tzv. Pardeho vlna



Post Myocardial Infarction



Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

EKG křivka

