

# Elektrická aktivita buněk, tkání a orgánů

V živém organismu můžeme sledovat, jak se elektrická aktivita jednotlivých buněk promítá do elektrické aktivity tkání nebo celých orgánů. V klinické praxi musíme rozlišovat, zda pozorovaný signál vychází z jedné (např. akční potenciál) až několika buněk (např. motorické jednotky), nebo je sumačním potenciálem z celého orgánu (např. mozku – EEG, myokardu – EKG apod.).

## Elektrická aktivita buněk a tkání

### Nervová tkáň

Neurony (buněk nervové tkáně) vykazují vysokou míru dráždivosti a vodivosti. Odpovídají na stimulaci změnou klidového membránového potenciálu. Klidový membránový potenciál je elektrické napětí mezi vnitřním a vnějším povrchem buňky vznikající jako důsledek nerovnoměrného rozložení iontů. Pohybuje se v rozmezí  $-65$  až  $-70$  mV. Depolarizace membrány (zvýšení membránového potenciálu nad  $-50$  mV) vede k excitaci neuronu. Probíhá influxem  $\text{Na}^+$  a/nebo  $\text{Ca}^{2+}$  do buňky. Naopak hyperpolarizace (snížení membránového potenciálu pod  $-70$  mV) vede k inhibici neuronu. Nastává při influxu  $\text{Cl}^-$  a/nebo efluxu  $\text{K}^+$  z buňky. Propagace změny rozdílu elektrického potenciálu mezi vnějším a vnitřním povrchem se nazývá nervový impuls. Sumací asi 200 impulsů se vytváří akční potenciál.

Akční potenciál má 4 fáze:

- **polarizace** – povrch vlákna je kladně nabitý
- **depolarizace** – postupná změna polarity povrchu
- **transpolarizace** – povrch vlákna je záporně nabitý
- **repolarizace** – návrat k původní hodnotě

Akční potenciál je vzruch vedený axonem neuronu celulifugálně k dalším neuronům či efektorovým buňkám (elementem svalové tkáně nebo buňkám žláz). Vzniká pouze po překročení určité prahové hodnoty, šíří se bez dekrementu. Je základním prvkem kódování a přenosu informací.

### Svalová tkáň

Svalové buňky komunikují (změnou akčního potenciálu na membránách synapse) prostřednictvím nervově-svalové ploténky s axony a dendrity neuronů. Jednotlivé typy svalové tkáně mají vlastní specifika. Srdeční sval (myokard) – klidový membránový potenciál má okolo  $-80$  mV – akční potenciál (systola) má charakteristické plató – fáze nástupu akčního potenciálu je velmi rychlá, fáze obnovení klidového potenciálu naopak velmi pomalá. Hladká svalová tkáň – membrány těchto buněk mají nižší klidový potenciál díky vyšší propustnosti pro ionty  $\text{Na}^+$  – u některých hladkých svalovin je průběh akčního potenciálu charakterizovaný přítomností plató podobně jako u svalu srdečního. Kosterní svalová tkáň – klidový i akční potenciál probíhá podle všeobecných pravidel.

## Elektrická aktivita orgánů

### Srdce

Srdce je dutý orgán, jehož stěny tvoří srdeční svalovina. Nachází se zde systém svalové tkáně morfologicky odlišný od zbylé svaloviny síní a komor. Je specializovaný na tvorbu a přenos impulsů vyvolávajících kontrakci myokardu. Struktura buněk převodního systému se od běžné buňky svaloviny liší nižším obsahem myofibril, vysokým obsahem glykogenu a elektro-fyziologickými vlastnostmi. Uzlová část převodního systému (uzel sinoatriální a atrioventrikulární) má poměrně nízkou rychlost ( $0,02$ – $0,1$  m/s) šíření vzruchu, ale naopak vysokou schopnost automatic (schopnost samočinného vzniku vzruchu a následného stahu). Ostatní části převodního systému vynikají vysokou rychlostí šíření vzruchu – depolarizační vlny ( $4$  m/s). Základní vlastnosti myokardu:

- **Automacie** (chronotropie) – schopnost tvořit vzruchy. Výsledkem vzruchové aktivity je sled pravidelných rytmických stahů i bez vnějšího podráždění.
- **Vodivost** (dromotropie) – přenos vzruchu na celou srdeční jednotku (síně i komory), čímž je zajištěn synchronní stah všech svalových vláken.
- **Dráždivost** (bathmotropie) – možnost vyvolat stah dostatečně silným, nadprahovým podnětem.
- **Stažlivost** (inotropie) – schopnost svalových vláken reagovat na podráždění změnou své délky.

Podnět pro kontrakci srdce vzniká v sinoatriálním uzlu (Keithův-Flackův), který se nachází v pravé síni v blízkosti v. cava superior (sinusový rytmus  $60$ – $80$ /min.). Odtud se elektrické podráždění šíří oběma síněmi prostřednictvím internodálních drah do atrioventrikulárního uzlu (Aschoffův-Tawarův), jenž je umístěn při septálním okraji trojčipé chlopně (nodální rytmus  $30$ – $40$ /min.).

Pokud nefunguje SA uzel nebo je přenos z něj blokován, funkci pacemakeru přebírá další část převodního systému. AV uzel zpomaluje signál asi o  $0,1$  s před jeho rozšířením na komory, zajišťuje tím kompletní vyprázdnění síní před kontrakcí. Čas potřebný pro přechod vzruchu AV uzlem je  $130$  ms. Jeho pokračováním je Hissův svazek, který se

rozděluje na pravé a levé ramínko. Ramínka představují spojení do příslušných komor. Terminální rozvětvení elektrického převodního systému tvoří Purkyňova (subendokardiální) vlákna, která vedou elektrické signály z ramínek do všech oblastí svaloviny komor. Myokard je aktivovaný směrem z endokardu k epikardu.

Převodní systém srdce však nepracuje zcela nezávisle na celém organismu. Přizpůsobení činnosti srdce potřebám organismu zabezpečuje autonomní nervový systém. Záznam sumární elektrické aktivity je elektrokardiogram (EKG). Křivka EKG je sumárním potenciálem, který je výsledkem akčních potenciálů jednotlivých svalových vláken.

## Mozek

Mozek (lat. *encephalon*) je orgán centrálního nervového systému obratlovců uložený v lebeční dutině. Skládá se z více než 12 miliard neuronů a asi 50 miliard podpůrných buněk (glií). Nervové buňky jsou vysoce elektricky aktivní. Základem je depolarizace a následná repolarizace jejich buněčné membrány, která se šíří z těla buňky k periferním výběžkům. Vzniká tak elektrický dipól, který se stává zdrojem místních proudů. Mozková tkáň obsahuje také mnoho synapsí, které jsou zdrojem excitačních/inhibičních elektrických potenciálů. Výsledný obraz elektrické aktivity mozku vzniká jako prostorová a časová sumace těchto elementárních elektrických dějů. Elektrickou činnost nervových buněk můžeme zaznamenávat a diagnosticky využít. Obraz elektrické aktivity mozku snímáme: přímo z povrchu mozku – elektrokortikogram (ECoG) nebo z povrchu kůže hlavy – elektroencefalogram (EEG).

## EEG - Encefalogram

Encefalogram je záznam elektrické aktivity mozku získaný měřením z povrchu kůže hlavy. Může se měřit unipolárně (snímá se rozdíl potenciálů mezi dvěma elektrodami, diferentní a indiferentní) nebo bipolárně (snímá se rozdíl potenciálů mezi dvěma diferentními elektrodami). Způsob snímání i počet snímacích elektrod se řídí podle potřeby vyšetření. EEG je výsledkem sumace biopotenciálů velkého množství neuronů ležících v blízkosti snímací elektrody. Tvar a charakter encefalografické křivky je proto proměnlivý. Křivky mozkové aktivity se liší během bdění a v spánku. Aktuální mozková aktivita závisí na právě vykonávané činnosti vyšetřovaného.

Samotná encefalografická křivka popisuje několik různých typů EEG vln:

- vlny  $\alpha$ :  $f = 8\text{--}13\text{ Hz}$ ,  $A = 50\text{ }\mu\text{V}$ . Jedná se o rytmus charakteristický pro duševní a tělesný klid.
- vlny  $\beta$ :  $f = 15\text{--}20\text{ Hz}$ ,  $A = 5\text{--}10\text{ }\mu\text{V}$ . Je to rytmus zdravého člověka v bdělém stavu.
- vlny  $\gamma$ :  $f = 4\text{--}7\text{ Hz}$ ,  $A = 50\text{ }\mu\text{V}$ . Tento rytmus se normálně vyskytuje v dětství. V dospělosti je patologický.
- vlny  $\delta$ :  $f = 1\text{--}4\text{ Hz}$ ,  $A = 100\text{ }\mu\text{V}$ . Za normálních okolností se může objevit v hlubokém spánku. V bdělém stavu je patologický.

Vedle snímání spontánní elektrické aktivity se někdy provádí nepřímé dráždění mozkové kůry, např. prostřednictvím zrakového nebo sluchového podnětu. Odpověď na toto podráždění se v EEG zaznamenávají evokované potenciály, které mají též diagnostický význam.

## Odkazy

### Související články

- Elektrické a magnetické vlastnosti tkání
- Srdeční akční potenciál
- Elektrická gastrointestinální aktivita
- EKG
- EEG

### Použitá literatura

- VAJNER, Luděk, et al. *Lékařská histologie I : Obecná cytologie*. 1. vydání. 2010. 0 s. ISBN 978-80-246-1860-9.
- HRAZDIRA, Ivo. *Biofyzika : učebnice pro lékařské fakulty*. 2. vydání. Praha : Avicenum, 1990. ISBN 80-201-0046-6.
- EAMOS,. *Mechanické a elektrické projevy kardiovaskulárního systému* [online]. [cit. 2015-11-02]. <[http://www.eamos.cz/amos/kbf/modules/low/kurz\\_text.php?identifik=kbf\\_1526\\_t&kod\\_kurzu=kbf\\_1526&id\\_kap=1&startpos=5](http://www.eamos.cz/amos/kbf/modules/low/kurz_text.php?identifik=kbf_1526_t&kod_kurzu=kbf_1526&id_kap=1&startpos=5)>.