

Akční potenciál (biofyzika)

Akční potenciál (AP) je napětí na membráně odlišné od klidového membránového potenciálu, jehož hlavní charakteristikou je, že vzniká principem **vše, nebo nic** – na dané membráně buď vznikne, nebo nevznikne, je tedy principiálně **digitální**. Dále se šíří **bez dekrementu** – se vzrůstající vzdáleností od místa vzniku se jeho vlastnosti (především **amplituda**) nemění, přenáší se bez zeslabení signálu. Tato schopnost souvisí s faktem, že akční potenciál může vzniknout pouze na membráně s **napětově řízenými iontovými kanály**.

Vznik AP

Vznik **akčního potenciálu** si vysvětlujeme tak, že následkem podráždění se otevřou iontové kanály, čímž se změní propustnost membrány pro některé ionty. Propustnost pro ionty K^+ vzroste pouze málo, avšak propustnost pro ionty Na^+ vzroste 600×. To má za následek podstatně rychlejší tok kladných iontů Na^+ z extracelulárního prostředí dovnitř buňky než iontů K^+ směrem opačným. Tím se vyrovná záporný náboj uvnitř buňky a potenciál stoupá od původní záporné hodnoty klidového potenciálu k nulové hodnotě a dokonce dojde k **transpolarizaci** (uvnitř buňky se stává kladným). V další fázi (klesající) se membrána stává opět propustnější pro ionty K^+ než pro ionty Na^+ a potenciál membrány se vrací ke klidové hodnotě.

Snížíme-li depolarizaci hodnotu klidového potenciálu pod určitou prahovou hodnotu (tzv. **prahový potenciál**), odpoví nervové vlákno (obdobně i svalové buňky nebo buňka myokardu) vznikem akčního potenciálu. Rozdíl mezi prahovým a klidovým potenciálem činí většinou 5 až 15 mV. Je-li tedy klidový potenciál např. -70 mV, může prahový potenciál činit -60 mV.

Zákon „vše nebo nic“

Akční potenciál vznikne v excitabilní buňce v případech, je-li vyvolán podnětem, který právě stačí snížit absolutní hodnotu klidového potenciálu na hodnotu prahového potenciálu (prahový podnět), nebo jakýmkoli silnějším podnětem (nadprahový podnět). Fyziologové vyjadřují tuto skutečnost jako platnost zákona „vše nebo nic“. Množství iontů prošlých membránou v průběhu akčního potenciálu je nízké, asi $3 \cdot 10^{-12}$ až $4 \cdot 10^{-12}$ molů na 1 cm^2 plochy membrány. Proces vzniku akčního potenciálu je spojen jen s nepatrnými energetickými nároky. Také doba, po kterou jsou otevřeny iontové kanály, je velmi krátká (kratší než 1 ms). Proto se akční potenciál hodnotou svého maxima pouze přiblíží rovnovážnému membránovému potenciálnímu rozdílu pro Na^+ , který se nestačí plně ustavit.

Po proběhnutí akčního potenciálu následuje velmi krátká doba (asi 1 ms), tzv. absolutní refrakterní perioda, po kterou nelze nový akční potenciál vyvolat. Poté následuje relativní refrakterní perioda (trvající 10–15 ms), po kterou lze vyvolat potenciál, ale pouze nadprahovým podnětem.

Šíření akčního potenciálu

Funkcí nervového vlákna není jen umožnit vznik akčního potenciálu, ale i jeho šíření. Při vzniku a průběhu akčního potenciálu na podrážděném úseku nervového vlákna dochází k iontovým tokům napříč membránou. Šíření akčního potenciálu je podmíněno mechanismem tzv. místních proudů. Tyto místní proudy vznikají mezi vzbuzeným a nevzbuzeným místem membrány. V místě podráždění se však polarizace membrány obrací, vnější strana je nabitá záporně, vnitřní kladně. Podrážděný úsek v této chvíli je opačně nabitý než sousední. Snaha po vyrovnání náboje vede k podélným iontovým tokům, jež způsobí v sousedním úseku depolarizaci a tím pokles potenciálu pod prahovou hodnotu a vznik akčního potenciálu. Tak se akční potenciál šíří podél vlákna.

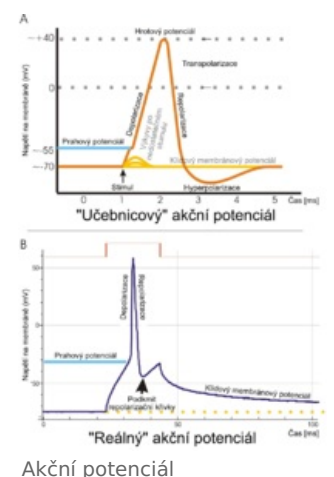
Rychlost šíření akčního potenciálu je pro dané nervové vlákno konstantní veličinou a závisí na struktuře a elektrických vlastnostech buněčné membrány, vnitřního a vnějšího prostředí. U různých buněk kolísá v rozmezí $100 \pm 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zvětšuje se, je-li průměr vlákna větší.

V myelinizovaných nervových vláknech je šíření akčního potenciálu rozdílné. Tato vlákna jsou obalena myelinovou pochvou, která je přerušovaná v 1–3 mm vzdálenostech Ranvierovými zářezy. Myelin má dobré izolační vlastnosti a nevede elektrický proud. Místní proudy proto nemohou procházet přes myelinový obal a uzavírají se mezi jednotlivými Ranvierovými zářezy. Vzruch se šíří od jednoho zářezu k druhému (saltatorické šíření). Tvar akčního potenciálu je v místě zářezu stejný jako u nemyelinizovaného a šíří se až desetkrát rychleji.

Akční potenciál svalových buněk

Kosterní sval

Klidový potenciál membrány kosterního svalu se ustavuje podobně jako klidový potenciál membrány nervového vlákna. Během činnosti svalu v něm vzniká a šíří se akční potenciál, podobným způsobem a na základě podobného mechanismu jako u nervových buněk. Povel k činnosti kosterního svalu přichází od zakončení axonu motorického



Akční potenciál

nervu. Různé axony jsou svým zakončením připojeny na různé počty svalových vláken. Svalová vlákna ovládaná jedním axonem tvoří tzv. motorickou jednotku. Ta pracuje, podobně jako nervové vlákno, v souladu s pravidlem „vše nebo nic“, takže všechna vlákna jedné motorické jednotky jsou aktivována téměř současně. Různého napětí (tonusu) svalu se dosahuje buď změnou frekvence akčních potenciálů nebo změnou počtu motorických jednotek uváděných v činnost.

Srdeční sval

U buněk srdečního svalu je klidový membránový potenciál (během diastoly) okolo -80 až -90 mV. V průběhu systoly vzniká akční potenciál, který, na rozdíl od potenciálu nervového vlákna, má charakteristické plató. Fáze depolarizace je velmi rychlá, repolarizace naopak pomalá. Celý průběh akčního potenciálu a tím i refrakterní perioda je řádově delší než u nervového vlákna a delší než u kosterního svalu. Při depolarizaci se, podobně jako u nervové buňky, uplatní hlavně rychlý průnik sodných kationtů iontovými kanály. V oblasti plata se uplatňují odlišné mechanismy. Jednak se zvýší propustnost membrány pro vápenaté ionty, které pak působí podobně jako sodné ionty, takže přispějí (spolu s ionty Na^+ , které mohou dále pronikat spolu s nimi nespecifickým kanálem) k udržení stavu depolarizace, a jednak se během akčního potenciálu snižuje propustnost membrány pro ionty K^+ , což brání repolarizaci. Teprve po snížení zvýšené permeability pro ionty Ca^{2+} se zvýší permeabilita pro ionty K^+ a dojde k repolarizaci a ustanovení klidového potenciálu. V srdci jsou centra automacie, ve kterých jsou buňky schopné spontánní depolarizace. Spontánní depolarizace je základem srdeční automacie.

Hladké svalstvo

Membrány buněk hladkého svalu mají nižší klidový potenciál (okolo -50 mV), což je způsobeno vyšší propustností pro ionty Na^+ . U některé hladké svaloviny je průběh akčního potenciálu charakterizován přítomností fáze plató, podobně jako u srdečního svalu.

Odkazy

Související články

- Akční potenciál (fyziologie)
- Klidový membránový potenciál

Zdroj

- KYMPLOVÁ, Jaroslava. *Katalog metod v biofyzice* [online]. [cit. 2012-09-20]. <<https://portal.lf1.cuni.cz/clanek-793-katalog-metod-v-biofyzice>>.