

# Spřažení excitace a kontrakce v srdečním svalu

## Princip mechanismu

Mechanismus **spřažení excitace a kontrakce** zajišťuje spojení elektrické a mechanické činnosti srdce.

**Elektrické děje** v myokardu představují pravidelnou rytmickou tvorbu vzruchů a jejich rozvedení po myokardu. Vzruch je pouze pokynem k mechanické práci srdce (ke kontrakci). Hlavní úlohu zde hrají **ionty  $\text{Ca}^{2+}$** , které zajišťují převod vzruchu ke strukturám provádějícím kontrakci. Vlna **depolarizace** se rychle šíří po **sarkolemě** buněk pracovního myokardu a cestou **T-tubulů** se dostává do nitra buňky (T-tubuly jsou výběžky sarkolemy dovnitř buňky, v nichž je extracelulární prostor). Během **fáze plató** se otevírají **Ca-kanály typu L** a ionty  $\text{Ca}^{2+}$  začínají proudit do buňky ve směru koncentračního gradientu. Následně dochází ke vzestupu jejich koncentrace v cytosolu, což způsobí otevření **Ca-kanálů v sarkoplazmatickém retikulu** a cytosolová koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  vzroste asi stokrát. Tímto nastává **svalová kontrakce**.

## Struktura kontraktilního aparátu

Kontraktilní aparát se skládá z **aktinových** filament a molekul **myosinu**.

### Aktinová filamenta

- 1 mm dlouhá, 5 – 7 nm široká;
- tvořená 2 vzájemně obtočenými řetězci (jako dvě šňůry perel);
- v pravidelných intervalech (40nm) jsou mezi aktinovými řetězci uloženy sférické molekuly **troponinu** spojené s vláknitým **tropomyosinem**, který leží mezi oběma řetězci aktinu.

### Molekula myosinu

- má tvar tenké tyčinky s kulovitým rozšířením na jednom konci;
- jedno myosinové vlákno obsahuje několik set molekul myosinu (tvar tyčky s hlavičkou);
- vlákno má tvar závitnice, periodicky se objevující rozšíření vyčnívající proti aktinovým vláknům.

## Koloběh kalcia během srdeční akce

- Za **normálního stavu** zabraňují tropomyosinová vlákna vazbě aktinu a myosinu (nízká hladina  $\text{Ca}^{2+}$ ).
- Jakmile stoupne **koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$**  v cytosolu, začnou se ionty vápníku vázat na **troponin**.
- Změna konformace komplexu troponin-tropomyosin vede k **odblokování aktivních míst** na molekule **aktinu** pro vytvoření vazby aktinu s hlavicí myosinu.
- Po navázání dojde k **aktivaci ATPázové aktivity** myosinové hlavičky a k následnému ohnutí myosinové hlavičky
- Posunou se aktinová vlákna a dochází ke **svalové kontrakci**.
- Při tomto ději se **štěpí ATP**.
- Od začátku depolarizace až do zahájení stahu uplyne **60 ms**.
- Na konci **fáze plató** ustane proud  $\text{Ca}^{2+}$  do buňky a Ca-kanály v sarkoplazmatickém retikulu se uzavřou.
- **$\text{Ca}^{2+}$ -ATPázová pumpa** začne přečerpávat Ca z cytosolu zpět do sarkoplazmatického retikulu a dojde k rychlému poklesu cytosolové koncentrace Ca.
- Následuje uvolnění Ca z vazby na troponin, který znovu **zablokuje aktivní místa** - dochází ke **svalové relaxaci**.
- Část  $\text{Ca}^{2+}$  je z buňky odstraněno aktivitou sarkolemového  **$\text{Ca}^{2+}$  -  $\text{Na}^{+}$  antiportu**
- Čerpání Ca pomocí ATPázové pumpy vyžaduje energii ve formě **ATP**.
- Pokud se ionty Ca nedostanou k myofibrilám, myokard je trvale relaxován.
- Buňky myokardu obsahují nejméně 4 typy Ca kanálů - klinicky nejvýznamnější jsou **kanály typu L** (jsou dobře ovlivnitelné řadou blokátorů).

## Typy Ca kanálů

1. **Typ L** - umístěn na sarkolemě, zodpovídá za vedení vzruchu v AV uzlu, depolarizaci pacemakerových buněk, spřažení excitace a kontrakce
2. **Typ T** - umístěn rovněž na sarkolemě, hraje hlavní roli ve spontánní diastolické depolarizaci
3. **Kanál řízený ryanodinovým receptorem** - v sarkoplazmatickém retikulu, hlavní úloha při uvolnění Ca ze SR
4. **Kanál řízený  $\text{IP}_3$  receptorem** - v sarkoplazmatickém retikulu, moduluje uvolňování Ca ze SR

# Odkazy

## Související články

- Srdce
- Myokard
- Převodní systém srdeční
- Pacemakerový potenciál

## Použitá literatura

- KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. 1. vydání. Praha : Galén, 2011. s. 790. ISBN 978-80-247-3068-4.