

Biomechanika svalového stahu

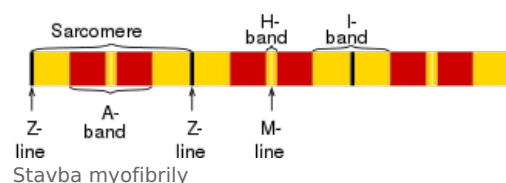
Úvod

Sval je motorický orgán živočichů, který má za úkol měnit chemickou energii vazeb v energii pohybovou pomocí práce vykonané jeho stahem – kontrakcí. Od jiných biologických viskózně elastických látek se sval liší schopností aktivního stahu a poměrně vysokým stupněm elasticity. Nekontrahovaný sval klade odpor deformaci při prodlužování nad tzv. klidovou délku. Pokud deformující síla přestane působit, sval se vrátí do své klidové délky. Při zvětšení působící síly nad mez pevnosti se sval trhá. Tato mez u jednotlivých svalů kolísá v rozmezí 0,4–1,2 MPa.

Sval – stavba

Základní stavební jednotkou kosterního svalu je svalové vlákno – dlouhá mnohoaderná buňka s průměrem asi 50 μm a délkou několika cm. Tento vícejaderný útvar vznikl během diferenciaci pomocí fúze více jednojaderných embryonálních buněk – myoblastů.

Na podbuněčné úrovni se svalové vlákno skládá z mnoha tenčích vláček – myofibril o průměru 0,5–1 μm . Každá myofibrila je po délce rozdělena ve stejné opakující se úseky zvané sarkoméry. Na podélných řezech myofibrilami je možné rozeznat 2 pásma: A – anizotropní, I – izotropní. Jejich pravidelné střídání je příčinou příčného pruhování kosterních svalů, pozorovatelného polarizačním mikroskopem. Izotropní pásmo je uprostřed rozděleno úzkým tmavým pruhem (Z-disk).



Myofibrily jsou dále tvořeny dvěma druhy podélně tvořených vláken – filament: silnější s průměrem 10–15 nm, souměrně obklopenými vždy šesti slabšími o průměru 5–6 nm. V pásmu I se vyskytují pouze tenká vlákna, na okraji pásma A oba druhy vláken, uprostřed pásma A jen vlákna silnější. Tato vlákna jsou tvořena dvěma strukturními bílkovinami: aktinem a myosinem. Myosin je obsažen v silnějších vláknech, aktin ve vláknech slabších. Dalším strukturním proteinem ve svalech je titin, jehož funkcí je vazba myosinových vláken k Z-disku.

Sval – funkce

Podle Huxleyovy a Hansenovy teorie (A. F. Huxley – 1917, britský neurofyziolog, Nobelova cena za lékařství v r. 1963) spočívá podstata svalového stahu v zasunutí slabších vláken aktinu mezi silnější vlákna myosinu. K vlastní kontrakci dochází v důsledku vytvoření dočasných příčných můstků mezi molekulami myosinu v silných vláknech a molekulami aktinu ve vláknech tenkých.

Potřebná energie pro tento proces se získává hydrolýzou ATP, katalyzovanou aktinem aktivovanou ATP-ázou, obsaženou v myosinových makromolekulách. V regulaci svalového stahu hrají důležitou roli vápenaté kationty.

Podnět k svalovému stahu je přiváděn nervovým vláknem v podobě činnostního potenciálu. Místo vstupu nervu do svalu se označuje jako nervosvalová ploténka a představuje druh chemické synapse, kde mediátorem přenosu podnětu je acetylcholin. Ten je uvolněn depolarizací vyvolanou činnostním potenciálem z terminální části nervového vlákna. Plazmatická membrána svalového vlákna (sarkolema) obsahuje velký počet acetylcholinových receptorů, což jsou ve své podstatě ligandem vrátkované sodíkové kanály. Acetylcholin tyto kanály otevře a umožní tokem sodných iontů do svalové buňky přenos podráždění na tuto buňku a tím vznik svalového stahu.

Kontrakce

Existují dvě formy svalové kontrakce: Izotonická (při konstantním zatížení) a izometrická (při konstantní délce). Při kontrakci se uvolňuje teplo a koná mechanická práce. Při výpočtu svalové práce však narážíme na fakt, že výpočet fyzikální práce je roven součinu velikosti síly a dráhy, po níž působí. Této definici odpovídá pouze izotonická kontrakce, při níž lze změřit délku zkrácení.

U izometrické kontrakce je délka svalu konstantní, dráha dle fyzikální definice je rovna nule, takže velikost práce takto není možné vypočítat. Nicméně i tak sval práci koná. Pro její výpočet je nutné použít metod nepřímé kalorimetrie. Mírou této práce je spotřeba kyslíku během kontrakce.

U obou forem svalové práce se uvolňuje teplo. U izotonické kontrakce má toto teplo 2 složky:

Aktivační teplo – je to projev chemických změn, které přivádějí sval z klidového stavu do stavu pohybu.

Zkracovací teplo – toto je uvolňováno během zkrácení svalu a je dáno součinem konstanty ($3,5 \cdot 10^{-4} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$) a zkrácení svalu.

Celková energie, uvolněná během pracovní fáze izotonického stahu, je dána vztahem:

$$E = Q_a + Q_z + W$$

Q_a je aktivační teplo,

Q_z je zkracovací teplo,

W je mechanická práce rovná pracovnímu zdvihu, tj. součinu zátěže P a zkrácení x .

Časový záznam kontrakce izolovaného svalu se nazývá **myogram**. Ke zkrácení nedochází bezprostředně po podráždění, nýbrž až po krátké době latence, což je doba nutná k aktivaci kontrakčních mechanismů.

Odkazy

Související články

- Sval
- Svalové vřeténko
- Kontrakce srdečního svalu
- Spojení excitace a kontrakce

Použitá literatura

- HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vydání. Brno : Neptun, 2001. 381 s. ISBN 80-902896-1-4.