

---

## 5 Svaly

Obsah kapitoly:

### 5.1 Úvod do kapitoly

### 5.2 Hladké svaly

### 5.3 Srdeční sval

### 5.4 Příčně pruhované svaly

#### 5.4.1 Typy svalových vláken

#### 5.4.2 Nervosvalový přenos a kontrakce kosterního svalu

#### 5.4.3 Energetika svalové práce

#### 5.4.4 Druhy svalové kontrakce

#### 5.4.5 Svalová únava a svalové přetížení

**Po přečtení této kapitoly, by si měl být schopný:**

- popsat strukturu kosterního svalu,
- znát jednotlivé typy svalových vláken,
- pochopit princip svalové kontrakce,
- vysvětlit základní procesy resyntézy ATP,
- uvědomit si, jak sval reaguje na nepřiměřené zatížení.

**Klíčová slova:**

Svalové vlákno, myofibrila, sarkomera, myofilamenta, aktin, myozin, sarkoplazmatické retikulum, stah příčně pruhovaného svalu, akční potenciál, rychlá svalová vlákna (IIa, IIx), pomalá svalová vlákna (I), motorická jednotka, nervosvalová ploténka, kontrakce, svalová únava, adenosintrifosfát (ATP), kreatinfosfát (CP), anaerobní glykolýza, glykogen, laktát, oxidativní fosforylace, volné mastné kyseliny, respirační kvocient.

---

## 5.1 Úvod do kapitoly

Lokomoce člověka je umožněna prostřednictvím kosterního (příčně pruhovaného) svalstva. Pohybovou aktivitu související s činností vnitřních orgánů zajišťuje svalstvo hladké. Pohyb krve v cévní soustavě je zprostředkován pomocí srdeční svaloviny (srdce), která má některé vlastnosti kosterního svalu a některé vlastnosti hladkého svalu.

Pohyb je jednou z nejzákladnějších vlastností člověka. Je založen na schopnosti svalových buněk se zkracovat, tuto vlastnost nazýváme kontraktilitou. Svaly jsou aktivní částí pohybového aparátu, kosti pasivní. Svaly mohou pohybovat kostrou díky jejich úponům na kosti a kloubům mezi kostmi.

Svalová tkáň je tvořena svalovými buňkami. Schopnost svalových buněk se kontrahovat a vytvářet mechanické napětí je dána přítomností zvláštních bílkovinných molekul, nazývaných kontraktilní bílkoviny. Ty přeměňují chemickou energii uloženou v molekulách ATP na mechanickou práci. Kontraktilními bílkoviny jsou aktin a myozin a jsou přítomny ve všech typech svalové tkáně. Ale jsou jinak organizované v kosterním, srdečním a hladkém svalu.

Pro studium pohybu člověka je třeba nejprve pochopit fyziologii pohybového systému a to především fyziologii příčně pruhovaného svalu.

## 5.2 Hladké svaly

Hladké svaly jsou aktivní složkou mnoha důležitých vnitřních orgánů (žaludek, střeva, cévy, močový měchýř ad.). Buňky hladkých svalů mají vřetenovitý tvar a jsou podstatně menší než buňky kosterních svalů. Každá svalová buňka obsahuje jedno jádro, které leží přibližně uprostřed buňky. Stejně jako v kosterním svalu i v hladkých svalech jsou přítomna vlákna (filamenta) kontraktilních bílkovin - aktin a myozin. Aktinových filament je asi desetkrát více než filament myozinových. Filamenta hladkých svalů jsou organizována tak, že sval nejeví příčné pruhování jako kosterní svaly. Kontrakce hladkého svalstva je pomalá, asi 20 – 20 000x menší než u kosterních svalů. Funkce velké části hladkých svalů spočívá pouze v udržování nebo změně napětí ve stěnách útrobních orgánů nebo v zúžení trubicovitých orgánů (plíce, průdušky ad.). Hladké svaly jsou inervovány vegetativními (autonomními) nervy, proto je nemůžeme naší vůlí ovládat. Jejich činnost ovlivňují také hormony.

## 5.3 Srdeční sval

Srdeční sval neboli **myokard**, funguje jako pumpa, která přečerpává krev v krevním oběhu a tím umožňuje okysličovat potřebné tkáně. Tato činnost je umožněna díky pravidelné kontrakci srdečních síní a komor.

Struktura srdečního svalu je podobná struktuře kosterního svalu (viz. dále). Specializované svalové buňky (myocyty) jsou zde uspořádány nepravidelně. Myocyty jsou jednojaderné a obsahují velké množství mitochondrií. Funkčnost srdečního svalu je závislá na synchronizované kontrakci všech kardiomyocytů. Buňky myokardu na rozdíl od kosterního svalu jsou schopny generovat vlastní rytmickou aktivitu.

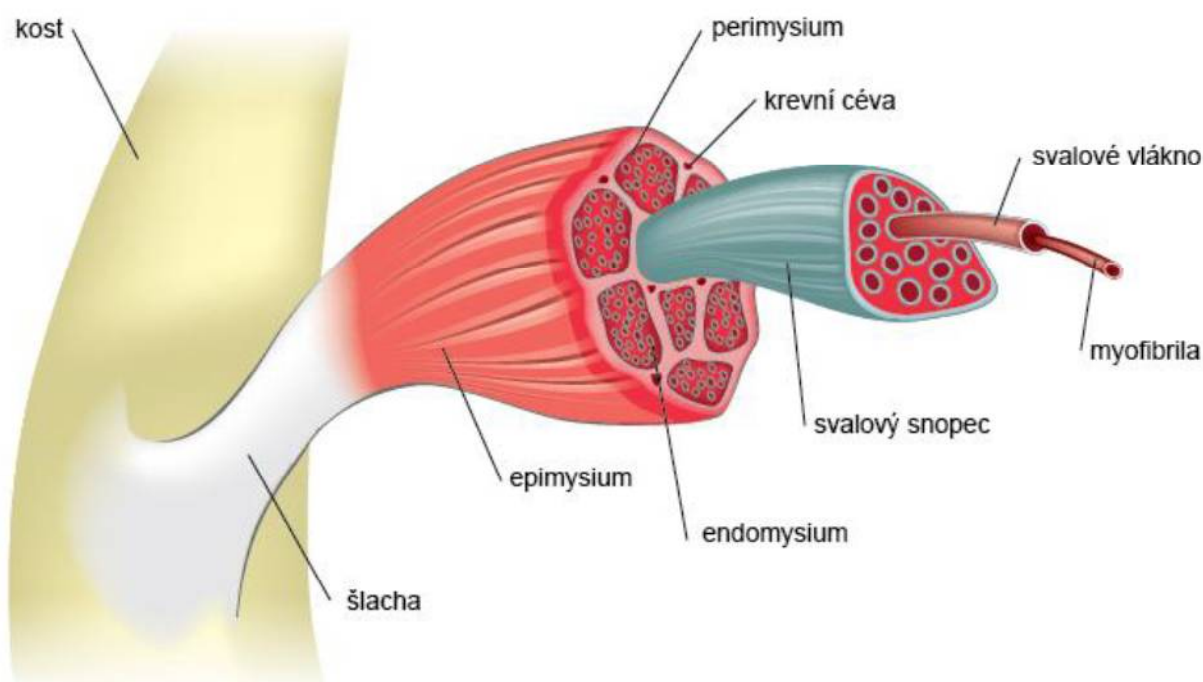
Synchronizovanou činnost myocytů zajišťují specializovaná spojení sousedních buněk, tzv. interkalární disky. Díky těmto diskům dochází v srdeční svalovině k jednoduchému a rychlému přenosu akčního potenciálu. Svalová kontrakce srdečního svalu je, stejně jako u kosterního svalu, zahájena vzestupem intercelulární hladiny  $Ca^{2+}$ . Liší se však mechanismus, který tomuto vzestupu předchází.

Více o funkci srdce v kapitole KREVNÍ OBĚH.

## 5.4 Příčně pruhované svaly

Kosterní svaly tvoří 40 – 50 % celkové hmotnosti. Sval je složen ze svalových snopců, které obsahují velké množství svalových vláken (buněk) válcovitého tvaru (obr. 32). Svalové vlákno má průměr 10-100  $\mu\text{m}$  a délku až 30 cm. Svalová vlákna obsahují větší počet jader a různé množství mitochondrií podle toho, jaký druh činnosti sval vykonává. Svalové vlákno ohraničuje **sarkolema** (plazmatická membrána svalové buňky), která má na povrchu plášť tvořený vrstvou polysacharidů a kolagenních vláken, přecházejících ve šlachu. Sarkolema se místy vchlipuje a tvoří **transverzální tubuly** (T-tubuly), které umožňují rychlejší přenos akčního potenciálu dovnitř buněk. Vlastním kontraktilem aparát buňky jsou dlouhá vlákna, tzv. **myofibrily**. Myofibrily jsou tvořeny kontraktilem bílkovinami **aktinem** a **myozinem**. Jedna myofibrila obsahuje přibližně 1 500 aktinových vláken a 3 000 vláken myozinových. Jsou uloženy v **sarkoplasmě** (cytoplasmě svalové buňky).

Kromě kontraktilem a regulačních bílkovin (aktin, myozin, tropomyozin, troponin), svalové vlákno také obsahuje specifickou bílkovinu – **myoglobin**. Myoglobin slouží jako intracelulární zásoba kyslíku v období svalové práce, v okamžiku, kdy se zhoršuje zásobování svalu okysličenou krví.

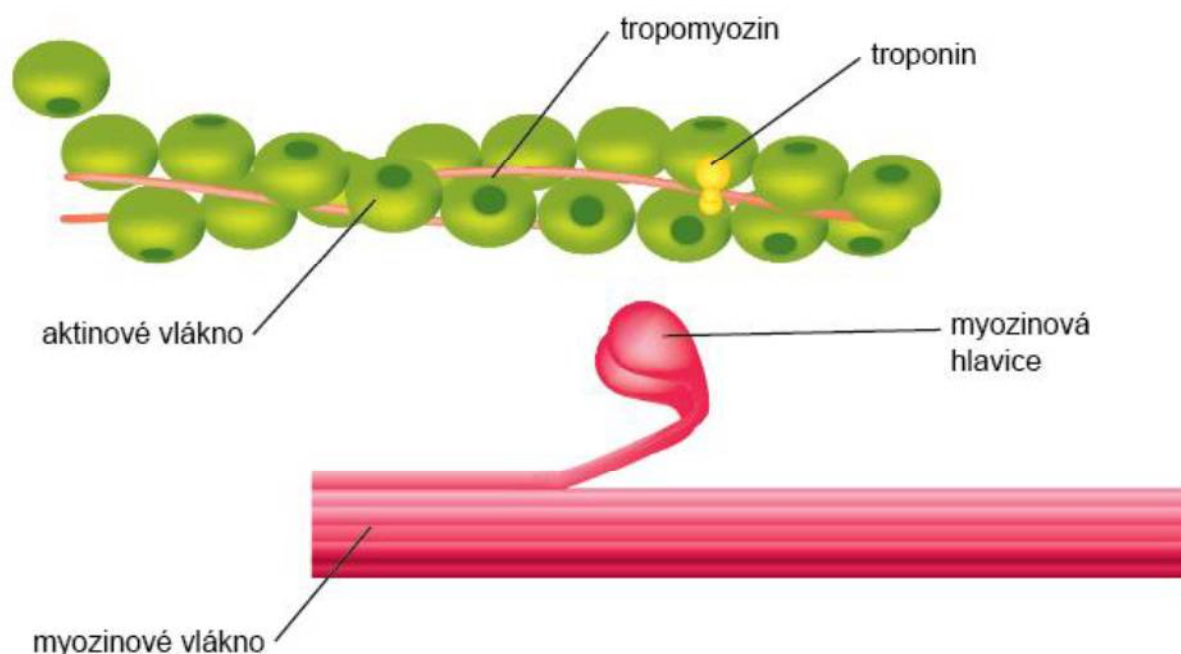


Obr. 32 Struktura kosterního svalu.

Funkční jednotkou příčně pruhovaného svalu je **sarkomera**.

Jednotlivé sarkomery jsou odděleny **Z disky**, na podélném průřezu jsou pak vidět jako **Z linie**. Do těchto linií jsou připojena tenká filamenta aktinu. Jako **proužek I** je označován úsek od linie Z k začátku tlustých filament myozinu. Oblast myozinových filament tvoří **proužek A**.

Tenká filamenta jsou tvořena dvěma vzájemně obtočenými aktinovými řetězci, mezi nimiž jsou vlákna tropomyozinu a molekuly troponinu. Na aktinových řetězcích jsou vazebná místa pro myozin. Tlustá filamenta jsou tvořena z myozinových molekul. Každá molekula má tvar golfové hole. Hlava myozinové molekuly má ATPázovou aktivitu (obr. 33).



Obr. 33 Aktinové a myozinové vlákno.

Svaly se upínají na kosti pomocí šlach. Vazivovou tkáň šlach tvoří vazivové buňky (fibroblasty a fibrocyty) a mezibuněčná hmota. Kloubní vazy tvoří kolagenní vlákna s malým množstvím elastických vláken. Hlavní funkcí vazů je stabilizace a fixace kloubů. Fyziologické prodloužení vazů v kloubech zodpovídá biomechanickým vlastnostem kolagenních vazů. Vhodným cvičením lze tedy zlepšit rozsah v daném kloubu. Podobné složení mají také šlachy, které se ale stavbou už více podobají svalům. Šlachy vykazují velkou pevnost, ale částečně jsou i pružné (šlacha se může prodloužit asi o 4% své délky). Zjednodušeně bychom mohli říci, že na mikroskopické úrovni přechod svalu do šlachy je přechod svalového vaziva do šlachového vaziva. Přechod šlachy do kosti se nazývá začátkem svalu (origo) a úpon svalu (insertio). Šlachy obsahují šlachová tělíčka, která jsou zapojena se svalovými vlákny v sérii. Jsou aktivována při svalové kontrakci, kdy dochází k napnutí šlachy. Aktivována jsou taktéž při zvýšeném svalovém napětí. Informace ze šlachových tělísek působí útlum alfa-motoneuronů příslušného svalu, tím chrání sval i šlachu před přetížením. Stejnou funkci mají pak ve svalech svalová vřeténka, která reagují na protažení svalu. Čím více je sval protažen, tím více svalových vřetének je drážděno. Svalová vřeténka informují CNS

---

o rychlých (fázických) změnách délky svalu při pohybu a při udržování polohy o změnách dlouhodobých (tonických).

### 5.4.1 Typy svalových vláken

Kosterní svaly, resp. svalová vlákna je možno rozdělit do dvou, resp. tří typů:

- pomalá svalová vlákna – typ I
- rychlá svalová vlákna – typ II (IIa a IIx)

**Pomalá svalová vlákna (typ I)**, jsou také označována jako červená svalová vlákna. Obsahují velké množství myoglobinu (bílkoviny vážící ve svalu kyslík), který je červený. Z anglického názvu SO (slow oxidative = pomalé oxidativní vlákno) vyplývá, že pracují oxidativním (aerobním) způsobem, neboli k resyntéze ATP dochází za přítomnosti přístupu kyslíku. To je umožněno velkým počtem mitochondrií a bohatým prokrvením svalu. Aerobní metabolismus svalu je energeticky výhodnější než anaerobní, takže pomalá svalová vlákna šetří energii a pracují relativně pomalu, ale za to se méně unaví.

**Rychlá svalová vlákna (IIx)**, jsou také označována jako bílá svalová vlákna. Naproti pomalým svalovým vláknům obsahují menší množství myoglobinu a jsou méně prokrvené. Z anglického názvu FG (fast glycolytic = rychlé glykolytické vlákno), vyplývá, že pracují neoxidativním (anaerobním) způsobem, neboli k resyntéze ATP dochází bez přístupu kyslíku. Mají proto velké množství glykolytických enzymů. Díky tomu jsou schopna rychlých pohybů a silných kontrakcí. Jejich nevýhodou je snadno se dostavující únava.

**Rychlá svalová vlákna (IIa)**, jsou také označována jako rychlá červená svalová vlákna. Často jsou v češtině taktéž označována jako vlákna smíšená. Mají některé vlastnosti jako vlákna typu I a jiné vlastnosti jako vlákna typu IIx. Stejně tak to vyplývá i z jejich anglického názvu FOG (fast oxidative glycolytic = rychlé oxidativní glykolytické vlákno). Pracují oxidativním i neoxidativním způsobem.

Základní vlastnosti svalových vláken jsou pro přehlednost prezentovány v tab. 5.

Tab. 5 Základní vlastnosti svalových vláken (upraveno dle Hamar & Lipková 1998).

vlastnosti	typ I	typ IIa	typ IIx
rychlost kontrakce	POMALÁ	RYCHLÁ	RYCHLÁ
síla kontrakce	NÍZKÁ	STŘEDNÍ	VYSOKÁ
odolnost vůči únavě	ODOLNÁ	ODOLNÁ	UNAVITELNÁ
metabolismus	OXIDATIVNÍ	OXIDATIVNÍ A GLYKOLYTICKÝ	GLYKOLYTICKÝ
obsah glykogenu	NÍZKÝ	VYSOKÝ	VYSOKÝ
hustota mitochondrií	VYSOKÁ	STŘEDNÍ	NÍZKÁ
hustota kapilár	VYSOKÁ	STŘEDNÍ	NÍZKÁ
aktivita ATPázy	NÍZKÁ	VYSOKÁ	VYSOKÁ
glykolytická kapacita	NÍZKÁ	VYSOKÁ	VYSOKÁ
průměr vlákna	MALÝ	STŘEDNÍ	VELKÝ

*Poznámka: Ve starší literatuře jsou vlákna IIx označována jako IIb.*

Při zatížení se aktivují jednotlivé typy svalových vláken podle intenzity svalové kontrakce. Při nižší intenzitě zatížení se aktivují téměř výlučně pomalá svalová vlákna. Se vzrůstající intenzitou kontrakce se postupně aktivují i rychlá vlákna, nejprve rychlá oxidativní vlákna a nakonec i vlákna rychlá glykolytická.

Většina kosterních svalů v těle obsahuje všechna výše zmiňovaná svalová vlákna. Některé svaly však mají výraznou převahu vláken určitého typu, např. posturální svaly obsahují více pomalých vláken. Zastoupení jednotlivých typů svalových vláken je dáno geneticky. Podíl svalových vláken u průměrného člověka je 50:50 (typ vláken I vs typ vláken II).

K diagnostice zastoupení jednotlivých svalových vláken ve svalech se pro vědecké účely využívá svalové biopsie. Část svalové tkáně se vyjme speciální dutou jehlou (většinou z m. vastus lateralis). Vzorek se zmrazí, nařeže a zkoumá pod mikroskopem.

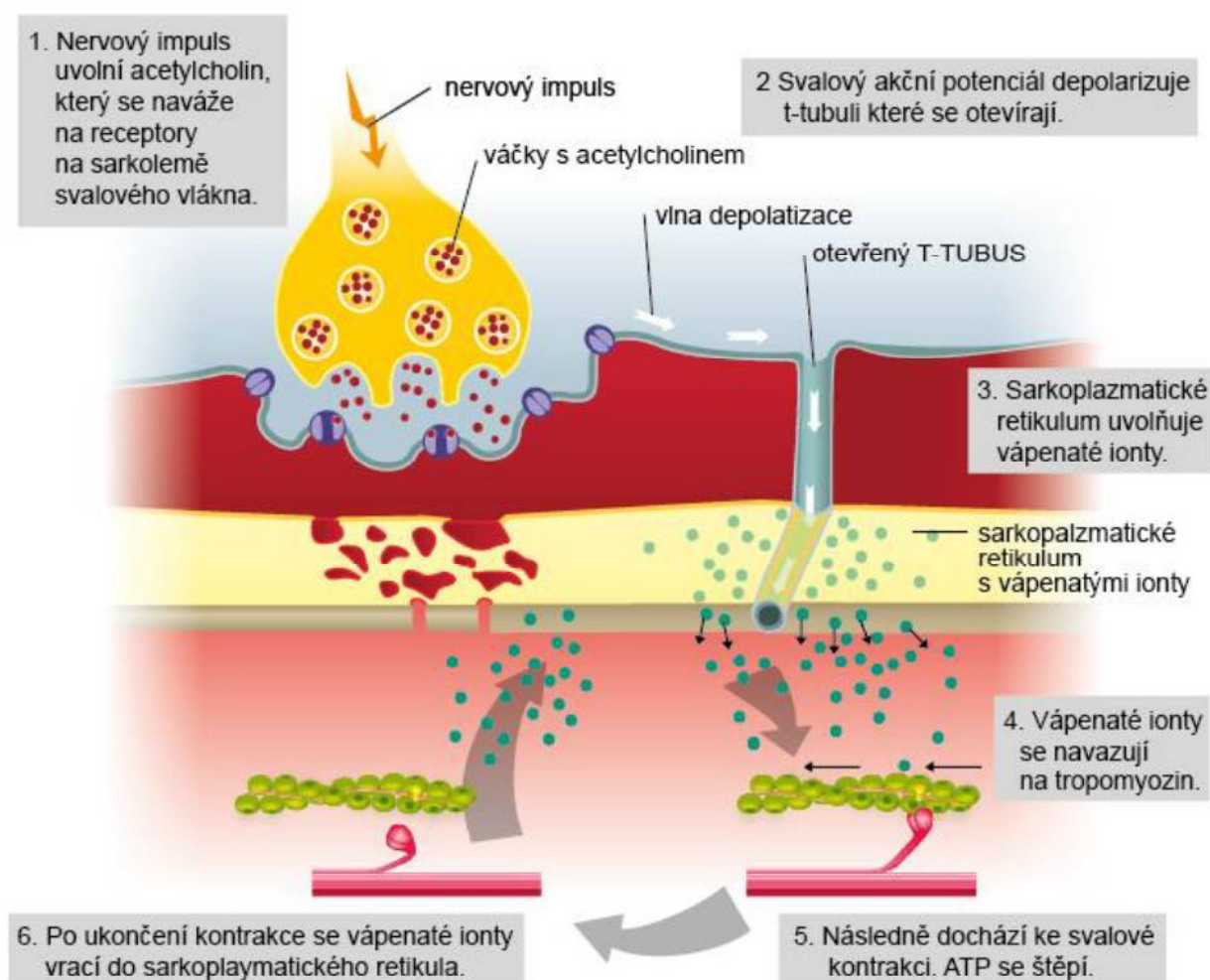
#### 5.4.2 Nervosvalový přenos a kontrakce kosterního svalu

Pro vyvolání kontrakce kosterních svalů je nezbytná aktivita CNS. Neurony, které inervují kosterní svaly, se nazývají **motoneurony**. K přenosu excitačních impulzů z motoneuronů na sval dochází v **motorické ploténce**. Tím dochází k aktivaci a následně kontrakci svalu.

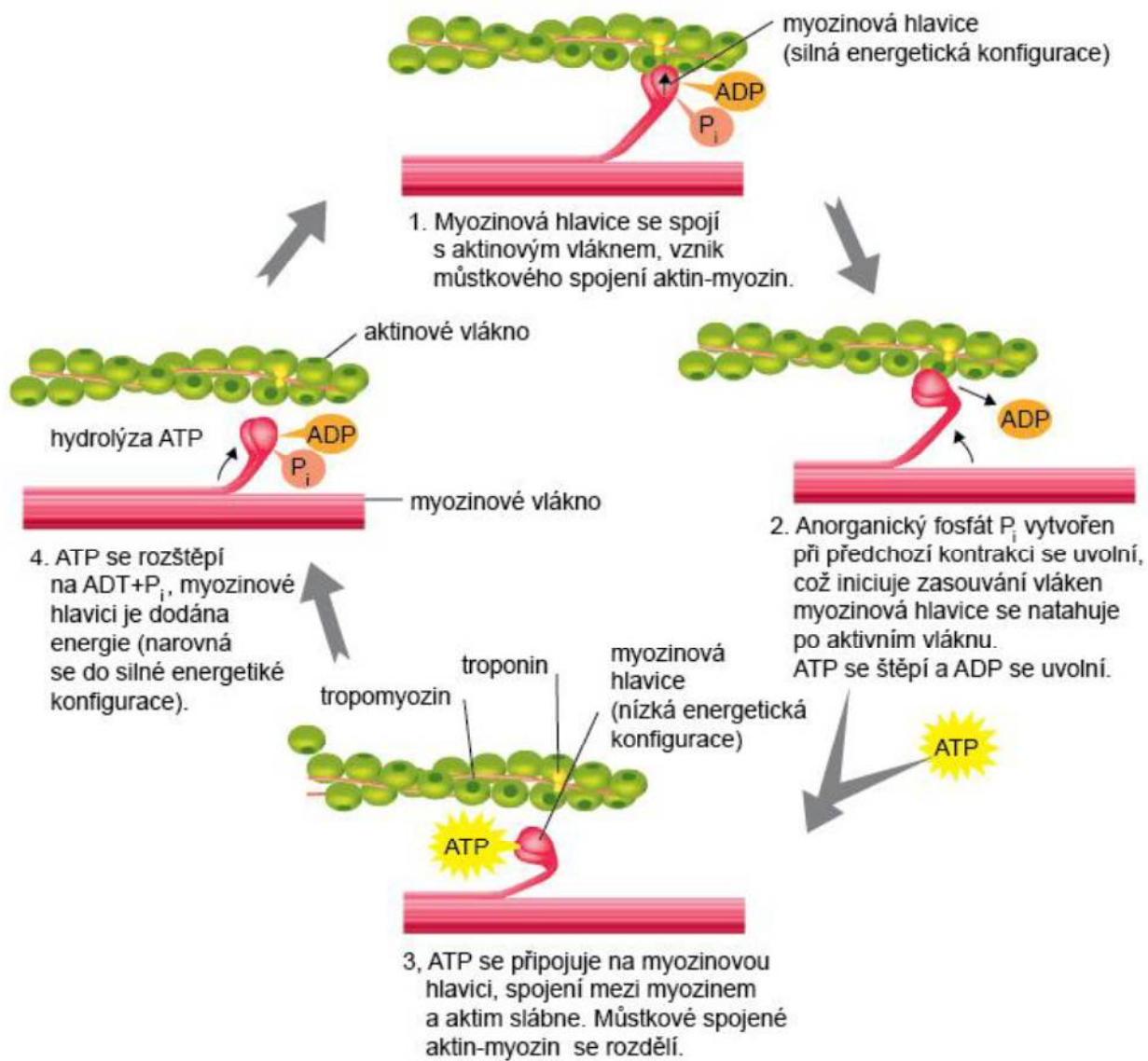
V zakončení motoneuronu se nachází velké množství vezikul s neurotransmiterem **acetylcholinem**. Při průchodu akčního potenciálu nervovým vláknem se váčky otevřou do synaptické štěrbině. Acetylcholin se vyplaví a naváže se na postsynaptické receptory. Toto navázání mediátoru na receptor způsobí

v postsynaptické membráně otevření kanálů pro sodíkové ionty, a vyvolá tak vznik akčního potenciálu na svalové buňce. Tento potenciál se následně šíří po celé svalové buňce. T-tubuly jej odvádějí k hlubším strukturám svalové buňky tak, že cisterny sarkoplazmatického retikula jsou aktivovány v podstatě najednou (obr. 34).

Po aktivaci sarkoplazmatického retikula se do sarkoplazmy uvolní **ionty  $\text{Ca}^{2+}$** , které se poté navážou na troponin, a tím zahájí proces svalové kontrakce. Pro posun filament ve svalovém vlákně, a tedy ke vzniku svalové kontrakce, je zapotřebí energie. Tato energie je ve svalech ukryta v podobě **adenosin trifosfátu**, neboli **ATP**. Molekuly ATP se vážou na hlavy myozinu, které mají ATPázovou aktivitu. V okamžiku napojení myozinové hlavičky na aktinové vlákno se ATP rozštěpí na  $\text{ADP} + \text{P}_i$  a myozinové hlavičky se připojí k aktinovému vláknu a sklopí o  $40^\circ$ , což má za následek, že aktinová a myozinová vlákna se vůči sobě posunou (obr. 35). S vazbou a rozpadem další molekuly ATP se hlavičky myozinu uvolní od aktinu a vrátí do původní polohy. Zhruba po jedné minutě se vápenaté ionty aktivně pumpují zpět do sarkoplazmatického retikula, zde jsou uskladněny do příchodu dalšího akčního potenciálu.



Obr. 34 Nervosvalový přenos.



Obr. 35 Svalová kontrakce.

### 5.4.3 Energetika svalové práce

Z metabolického hlediska můžeme lidský organizmus chápat jako dynamický systém, ve kterém probíhá stálá výměna hmoty a energie s vnějším prostředím. Přísun energie je diskontinuální proces (po dávkách), zatímco výdej energie je kontinuálním dějem, jehož intenzita kolísá v širokém rozpětí. Rozdílný charakter přísunu a spotřeby energie vyžaduje tvorbu rezerv, představujících stále dosažitelný energetický zdroj pro metabolické děje (viz. dále).

Ve svalu se chemická energie mění přímo na mechanickou (pohybovou) energii. Většina chemické energie (asi 80 %) se však mění na teplo.

Jak už bylo psáno výše, svalová kontrakce využívá jako přímý zdroj energie **adenosintrifosfát (ATP)**. ATP je nukleotid složený z adenosinu a z trojice fosfátů (obr. 36), často je označován jako makroergní sloučenina. Potřebnou energii pro svalovou kontrakci získáváme hydrolyzou ATP (obr. 37).



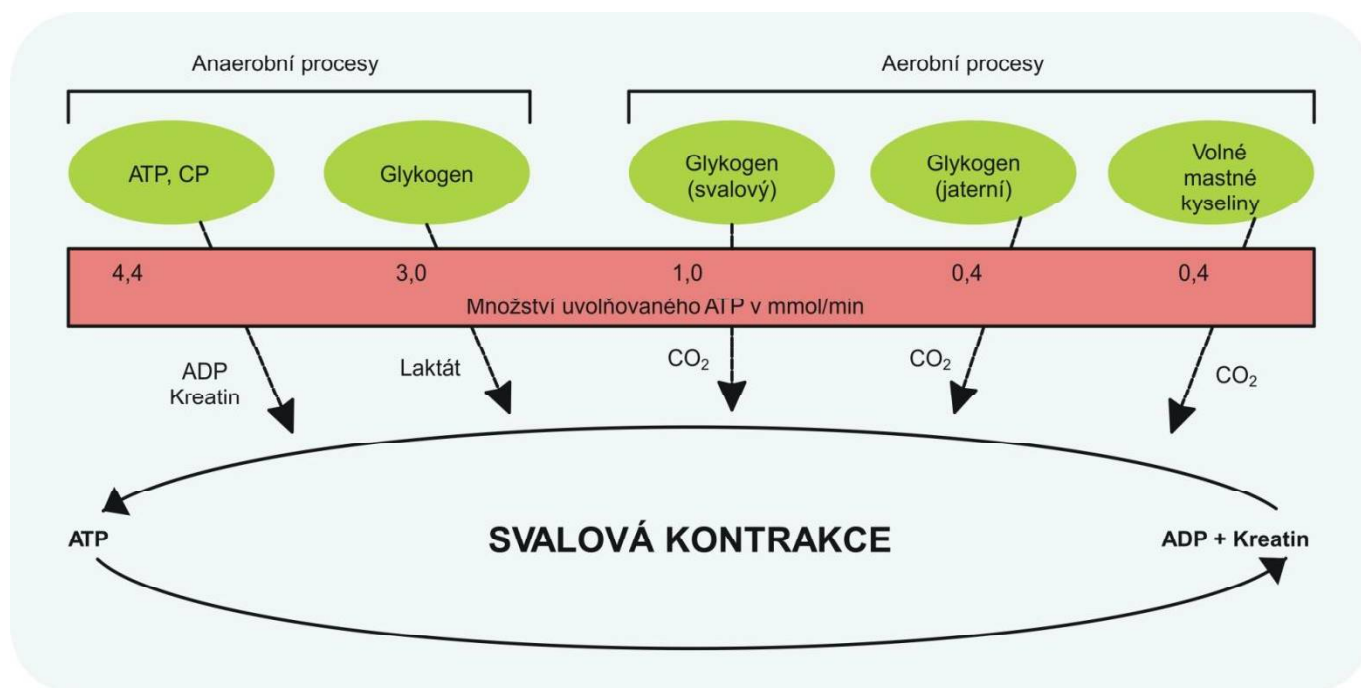


Obr. 36 Zjednodušené schéma ATP.



Obr. 37 Zjednodušené schéma štěpení ATP.

Ovšem zásoba ATP je ve svalových buňkách omezená. Běžec na 100 m by se s ní dostal jen na 10-20 m daleko. Proto je třeba, aby ve svalových buňkách docházelo neustále k obnově (resyntéze) ATP z dalších zdrojů, z metabolismu sacharidů a lipidů (obr. 38).



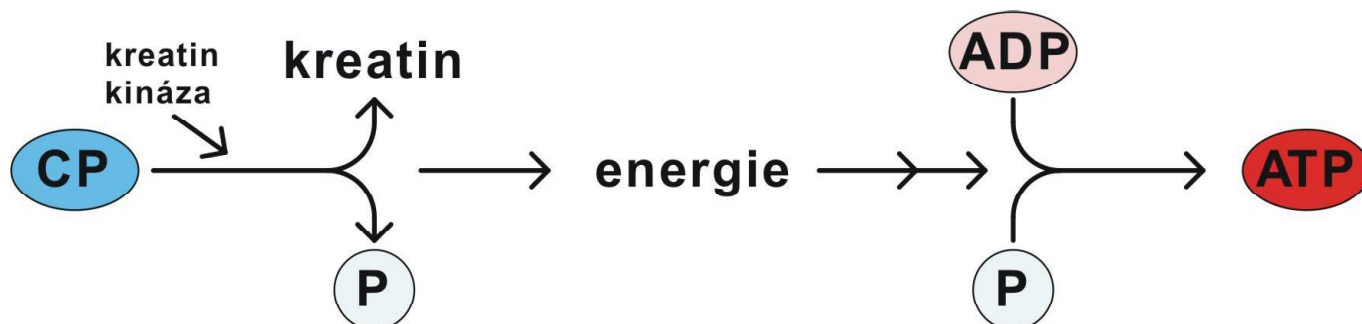
Obr. 38 Jednotlivé energetické systémy svalové kontrakce.

K resyntéze ATP ve svalu dochází:

- štěpením kreatinfosfátu (CP)
- anaerobní glykolýzou
- aerobní oxidací glukózy a mastných kyselin

### Štěpení kreatinfosfátu

ATP se resyntetizuje z ADP přidáním fosfátu. Část energie nutné pro tuto reakci je dodávána rozkládáním glukózy na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Ve svalu je přítomna další energeticky bohatá sloučenina fosforu, tzv. **kreatinfosfát (CP)**, která může po krátkou dobu dodávat potřebnou energii pro svalovou kontrakci. Kreatinfosfát je hydrolyzován na kreatin, fosfát a energii. Volný fosfát a energie jsou použity na syntézu ATP (obr. 39).



Obr. 39 Zjednodušené schéma štěpení kreatinfosfátu.

### Anaerobní glykolýza

Anaerobní glykolýza nastupuje po štěpení kreatinfosfátu. Ve svalu uložený glykogen je odbouráván přes glukózo-6-fosfát na kyselinu mléčnou neboli laktát (obr. 40). Při lehké intenzitě zatížení je laktát metabolizován v srdci a játrech. A přibližně po minutě je anaerobní glykolýza vystřídána aerobním odbouráváním glukózy a mastných kyselin. Při vyšší intenzitě zatížení dále probíhá anaerobní glykolýza, s tím rozdílem, že nyní je přednostně odbourávána glukóza z krevního řečiště.

*Zdrojem a podstatou acidózy ve vnitřním prostředí při cvičení není laktát, ale především vodíkové kationty ( $\text{H}^+$ ), které se uvolňují při rozpadu ATP, a částečně také z kyseliny mléčné, která se rozpadá na  $\text{H}^+$  a laktát (sůl kyseliny mléčné). (Laktát sám o sobě je spíše mírně zásaditý.) Hromadění laktátu a acidóza jsou příčinou kyslíkového dluhu a únavy. Kdyby se kyselina mléčná ze svalu neodstraňovala, zvýšení koncentrace iontů  $\text{H}^+$  by inhibovalo tvorbu kyseliny mléčné a tedy i proces glykolýzy, čímž by se zpomalilo uvolňování energie. Celkové množství energie, které organismus dokáže uvolnit během anaerobní glykolýzy, je limitované schopností tolerovat kyselé prostředí ve svalových buňkách, schopností vázat a metabolizovat vznikající kyselé látky.*

### Aerobní oxidace glukózy a mastných kyselin

S postupným prodlužováním zatěže se zvyšuje podíl aerobních pochodů. Dochází k oxidaci glukózy a volných mastných kyselin. Podstatu aerobního uvolňování energie tvoří spalování uhlíku a vodíku na oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a vodu ( $\text{H}_2\text{O}$ ), které je možné vyjádřit touto všeobecnou oxidační reakcí (obr. 39):



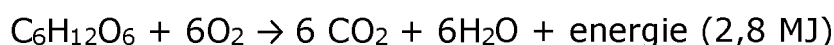
V lidském těle však tato uvedená reakce probíhá několika mezistupni, které tvoří předpoklad postupného štěpení a oxidaci živin za současné tvorby energie a její dočasné uskladňování ve formě ATP. Z pohledu plynulého uvolňování energie, má důležitý význam dýchací řetězec. Tento enzymatický systém

---

zabezpečuje, že konečné reakce energetického metabolismu probíhají přes několik mezistupňů a nepůsobí explozivně. Při každé z nich se část energie akumuluje do makroenergetické vazby ATP. Spojení procesů dýchacího řetězce a obnovy ATP a ADP se označuje jako **oxidativní fosforylace**.

*Pokud jsou zdrojem energie pro aerobní resyntézu ATP sacharidy, první fáze aerobního odbourávání glukózy, resp. glykogenu až po kyselinu pyrohroznovou je totožná s anaerobní glykolýzou. Při nedostatku kyslíku nebo při příliš vysoké potřebě energie v pracujících svalech se pyruvát redukuje na laktát, za aerobních podmínek se v procesu oxidativní dekarboxylace mění na acetylkoenzym A, který je základním substrátem cyklu kyseliny citronové (Krebsův cyklus). V něm dochází ke konečnému uvolnění energie. Laktát je také zdrojem energie v pracujících svalech. Kromě toho dochází také k recyklaci glukózy z laktátu v játrech (Coriho cyklus).*

Souhrnná rovnice oxidace glukózy:



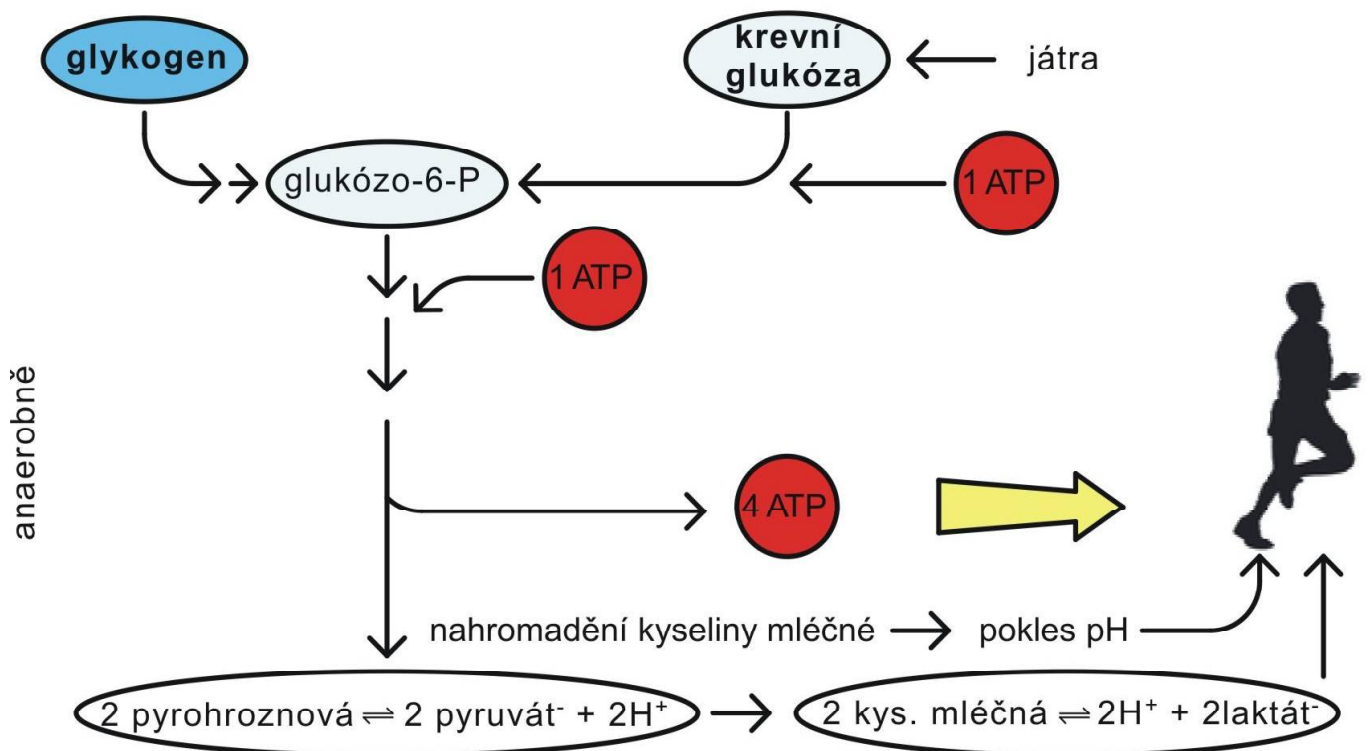
Poměr vytvořeného oxidu uhličitého a spotřebovaného kyslíku se označuje jako **respirační kvocient**. Při spalování sacharidů je tento poměr v rovnováze, tedy respirační kvocient rovná se 1.

Lipidy na rozdíl od sacharidů, představují prakticky téměř neomezený zdroj energie pro svalovou práci. Do svalových buněk se dostávají v podobě volných mastných kyselin a jejich spalování také probíhá v procesu  $\beta$ -oxidace a Krebsově cyklu. Při  $\beta$ -oxidaci a v dýchacím řetězci se z dlouhé molekuly mastné kyseliny postupně odštěpují radikály acetylkoenzymu A. Lipidy v lidském těle představují heterogenní směs triglyceridů, sloučenin mastných kyselin, navázaných na glycerol. Při spalování tuků se vytváří méně oxidu uhličitého než spotřebovaného kyslíku, takže respirační kvocient má hodnotu 0,7.

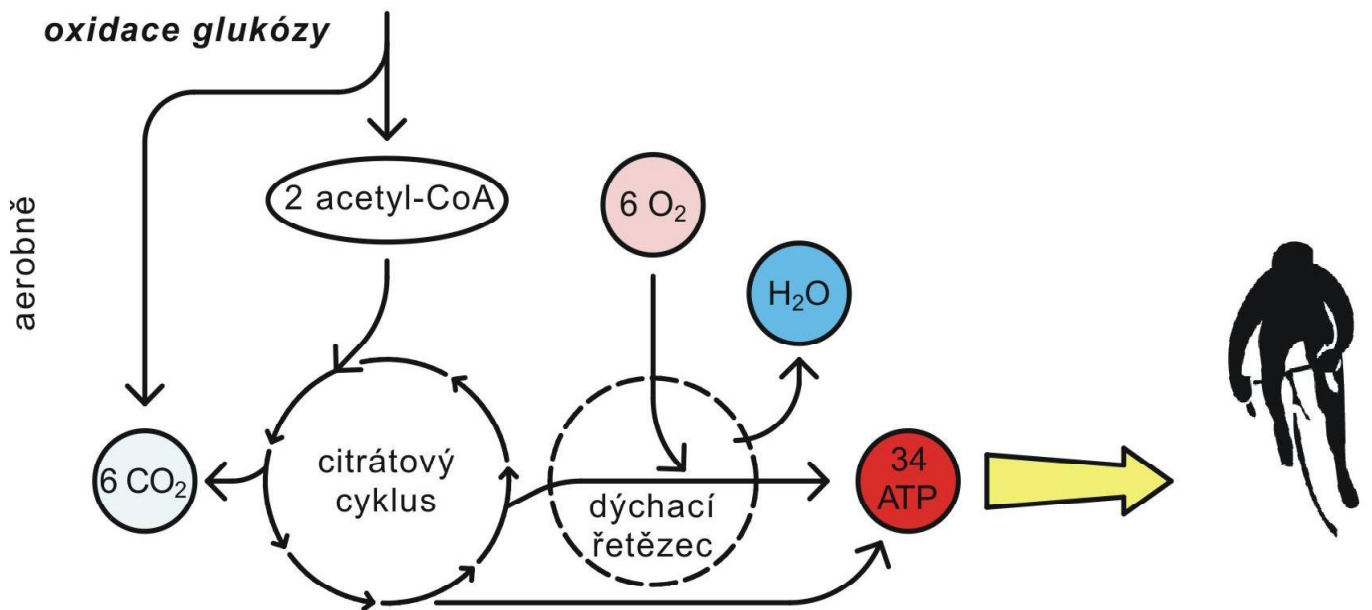
*Tuky mají vysokou energetickou hodnotu. Spálením 1 kg tuku získá organismus 37,7 kJ, což dvojnásobně převyšuje množství energie vznikajícím při spalování cukrů.*

*Tvorba energie z tuků je však náročnější na kyslík. Při využití 1 l kyslíku se spálením tuků získá jen 19,7 kJ, tj. asi o 8 % méně jako při resyntéze ATP z cukrů. Při stejném množství kyslíku se při utilizaci tuků uvolní méně energie, což znamená i nižší intenzitu tělesného zatížení, vyjádřenou nap. rychlostí běhu.*

### anaerobní glykolýza



### oxidace glukózy



Obr. 40 Zjednodušené schéma metabolismu svalu.

---

#### 5.4.4 Druhy svalové kontrakce

V praxi lze definovat různé druhy svalové kontrakce, resp. jsme schopni definovat, jaký typ svalové kontrakce při konkrétním stahu převažuje. Krajními, v teorii často uváděnými typy kontrakce, jsou **izometrická** a **izotonická kontrakce**, vedle koncentrické práce svalů (zkrácení) existuje i excentrická práce (s prodloužením) např. u m. quadriceps femoris při chůzi s kopce, při dřepu apod. Pohyby člověka jsou prováděny kontrakcemi svalů s různou mírou napětí a zkrácení nebo prodloužení a jejich různých kombinací.

Při izometrické kontrakci (z lat. izo = stejný, metrie = svalová délka) se sval nezkracuje a pouze roste jeho napětí. Při izotonické kontrakci (z lat. izo=stejný, tonus=svalové napětí) se nemění napětí svalu, ale mění se jeho délka. Více o typech svalových kontrakcí ve skriptech Praktická cvičení z fyziologie.

#### 5.4.5 Svalová únava a svalové přetížení

Ke svalové únavě dochází především při vyčerpání energetických zásob a nahromaděním metabolických produktů v pracujících svalech.

Velké a neobvyklé tělesné zatížení vyvolává svalovou bolest (tzv. namožení svalů), která vzniká mikrotraumaty ve svalech (trhliny v Z-ploténkách, mechanické poškození myofibril). Následuje otok a bolest, což jsou typické příznaky (mikro)zánětu. Tento stav je taktéž nazýván jako svalová horečka. Vzniká především při excentrických kontrakcích ve svalech (např. běh z kopce, běh se zatížením, trénink ve ztíženém prostředí – písek apod.). Svalová horečka se projevuje po skončení tréninku a zhoršuje se během několika hodin, největší bolest obvykle pociťujeme druhý den, kdy se přetížené svaly po nočním spánku těžko rozhýbávají. Postižený cítí svalovou bolest a otok a často i zvýšení teploty v místech přetížených svalů (odtud název svalová horečka). Potíže se zvyrazňují při dalších kontrakcích. Příznaky mizí do 2-3 dnů.

#### Důležité

- Kosterní svaly jsou tvořeny svalovými buňkami (svalovými vlákny) a obsahují kontraktilní bílkoviny **aktin** a **myozin**.
- Svalová vlákna elementárně dělíme na **pomalá (typ I)** a **rychlá svalová vlákna (typ IIa a typ IIx)**. Liší se základními vlastnostmi. Zatím co pomalá vlákna jsou téměř neunavitelná a pracují oxidativně, rychlá vlákna se unaví rychleji a pracují především neoxidativním způsobem.
- Místo nervosvalového spojení se nazývá **motorická ploténka**. Ke svalové kontrakci je nutný zdroj energie **adenosintrifosfát (ATP)**.
- K resyntéze ATP dochází štěpením kreatinfosfátu (**CP**), **anaerobní glykolýzou** a **oxidací glukózy, mastných kyselin** a laktátu.