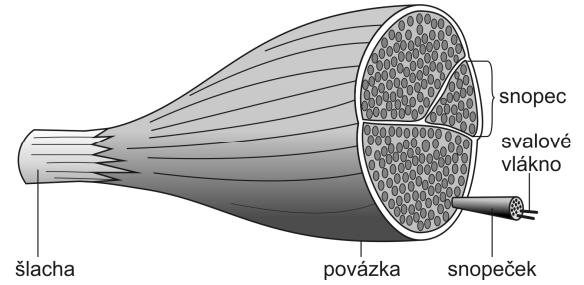


Pohybová soustava

Stavba svalu

Základem svalů jsou **svalová vlákna** (obří protáhlé mnohjaderné buňky). Několik desítek vláken tvoří **snopeček**. U největších větších svalů se snopečky sdružují do větších skupin nazývaných **snopce**. Celý sval je obalen **povázkou** (*fascie*) – vazivovou blánou, která drží sval pohromadě a její hladký povrch usnadňuje vzájemné klouzání svalů při pohybu.

Ke kostem se svaly upínají pomocí vazivové **šlachy**.



Funkce svalu

Svalová vlákna uvnitř obsahují dlouhé vláknité útvary – **myofibrily**. Každá myofibrila se skládá z tisíců **základních svalových jednotek**. Tyto jednotky jsou tvořeny dvěma typy vláknitých bílkovin – **aktinem** (tenčí vlákna) a **myozinem** (silnější vlákna).

Všechny myofibrily ve svalovém vlákně jsou uspořádány tak, že aktinové a myozinové úseky leží ve stejné rovině. Proto sval pod mikroskopem vykazuje jemné příčné pruhování (žíhání).

V **klidu** jsou vlákna aktinu a myozinu od sebe oddálena díky zvláštní látce (bílkovina troponin), která brání zasouvání vláken do sebe.

Kontrakce a relaxace

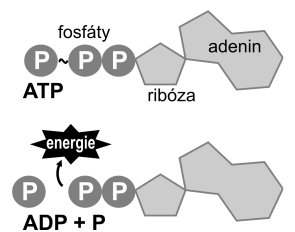
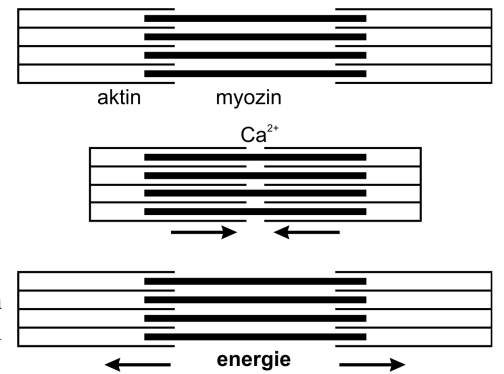
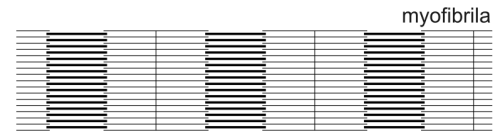
Impulsem pro **kontrakci** je průnik kationtů Ca^{2+} mezi myofibrily. Ionty vápníku vyřadí z činnosti onu "blokovací zarážku", která drží aktin a myozin oddálené. Aktin a myozin mají na svém povrchu specificky uspořádané chemické vazby. Není-li jejich poloha blokována "zarážkou", začnou vazby obou bílkovin vzájemně působit, obě vláknité molekuly po sobě "šplhají", takže se vlákna aktinu zasouvají mezi vlákna myozinu. Tím se celá základní svalová jednotka zkrátí.

Intenzita zkrácení celého svalu (a tím i síla svalového stahu) je dána počtem základních svalových jednotek, které jsou v daném okamžiku ve stadiu kontrakce. Zkrátí-li se sval málo, nastala kontrakce jen u malého počtu základních svalových jednotek.

Relaxaci rozumíme návrat základní svalové jednotky do klidového stavu. Relaxace nastává v okamžiku, kdy jsou z myofibrily odstraněny ionty vápníku. Pak se obnoví činnost "zarážek", které násilím oddálí aktin a myozin od sebe a základní svalová jednotka se vrátí do původního stavu.

Při odstraňování vápníku z buňky i při oddalování aktinu a myozinu od sebe se **spotřebovává velké množství energie**.

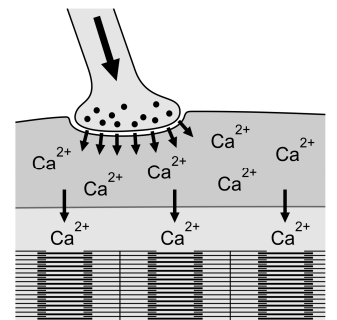
Energie je dodávána pomocí látky zvané v podobě **ATP** (adenosintrifosfát). Je to sloučenina skládající se z molekuly adeninu (dusíkatá báze), ribózy (monosacharid) a tří navázaných fosfátů (zbytků kyseliny fosforečné). Poslední fosfát je navázan makroergní vazbou – na její vytvoření je třeba vynaložit velké množství energie. Odštěpí-li se poslední fosfát, velké množství energie se uvolní (a z ATP vznikne tzv. adenosindifosfát = ADP). Organismy využívají ATP jako univerzální přenašeč energie z energetického centra buňky (např. z mitochondrií) do místa spotřeby energie.



Ovládání svalů

Na každé svalové vlákno nasedají synapse – výběžky neuronu a vytvářejí **nervosvalové ploténky**. Nervové impulsy způsobí, že se k myofibrilám dostanou ionty Ca^{2+} , které vyvolají kontrakci.

Působí-li impuls trvale, k myofibrilám opakovaně proniká (a hned je zase odstraňován) vápník. Za sekundu proběhne přibližně 7 takových cyklů. To je důvodem, proč svaly při trvalém stahu vibrují s frekvencí přibližně 7 Hz (kmitů za sekundu). Velmi silný impuls způsobí, že sval přestane vibrovat a přejde do trvalého stahu nazývaného **tetanus**.

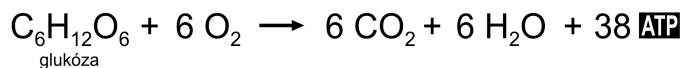


Zdroj energie

Pohotová zásoba energie svalovému vláknu vystačí nejvýše několik sekund. Pak je nutné zásobu energie obnovit buněčným dýcháním v mitochondriích rozkladem **glukózy**. Glukóza je do svalů přiváděna krví nebo se vytváří štěpením polysacharidu **glykogenu** (tzv. „živočišného škrobu“), který je ve svalech uložen jako zásoba energie.

Trpí-li při delší zátěži svalové buňky nedostatkem kyslíku, nemůže probíhat buněčné dýchání. Glukóza je pak rozkládána **anaerobně** – energeticky méně výnosným **mléčným kvašením**, při kterém jako odpadní produkt vzniká **kyselina mléčná**. Její hromadění ve svalech je příčinou **svalové únavy** (projevuje se bolestí a zatuhnutím postižených svalů). Po ukončení námahy tělo musí nahromaděnou kyselinu mléčnou odbourat za účasti mitochondrií. Proto i po námaze má člověk zvýšenou spotřebu kyslíku (zrychlenou dechovou frekvenci) tak dlouho, dokud nevyrovná tzv. **kyslíkový dluh** (tj. dokud neodbourá všechnu kyselinu mléčnou).

Aerobní podmínky



Anaerobní podmínky



Úloha svalů při termoregulaci

Vlivem chladu naše tělo spouští obrannou reakci, která začíná pokusem o **aktivaci izolační vrstvy „srsti“** (vzpřímení chloupků – „husí kůže“) a **zúžením cév v kůži** (omezení tepelných ztrát). Následuje **třesová termogeneze**, kdy je teplo vyráběno vibracemi svalů (viz např. „drkotání zubů“). Poté se spouští **netřesová termogeneze** s tvorbou tepla pomocí zvýšeného metabolismu vnitřních orgánů (např. jater) a u dětí hlavně díky tzv. **hnědé tukové tkáni** umístěné především v břišní dutině.

Hlavní svaly a svalové skupiny

Svaly hlavy a krku

mimické svaly – způsobují pohyby obličeje, některé se jedním koncem upínají do kůže

např. kruhový sval ústní (*musculus orbicularis oris*), kruhový sval ústní oční (*musculus orbicularis oculi*), čelní sval (*musculus frontalis*), zdvihač koutků rtů (*musculus levator anguli oris*), smíchový sval (*musculus risorius*)

žvýkačké svaly – zajišťují pohyb dolní čelisti

např. sval žvýkač (*musculus masseter*), sval lícní (*musculus zygomaticus*)

zdvihač hlavy (*musculus sternocleidomastoideus*)

Svaly trupu

velký prsní sval (*musculus pectoralis major*)

přímý sval břišní (*musculus rectus abdominis*)

zevní šikmý sval břišní (*musculus obliquus externus abdominis*)

trapézový sval (*musculus trapezius*)

široký sval zádový (*musculus latissimus dorsi*)

mezižeberní svaly (*musculi intercostales*) - zajišťují dýchací pohyby hrudníku (zvenku nejsou vidět)

bránice (*diaphragma*) – odděluje hrudní a břišní dutinu, napomáhá k dýchání (zvenku není vidět)

Svaly horní končetiny

deltový sval (*musculus deltoideus*)

dvojhlavý sval pažní (*musculus biceps brachii*)

trojhlavý sval pažní (*musculus triceps brachii*)

svaly předloktí (natahovače a ohybače ruky) a **svaly ruky** (natahovače a přitahovače prstů)

Svaly dolní končetiny

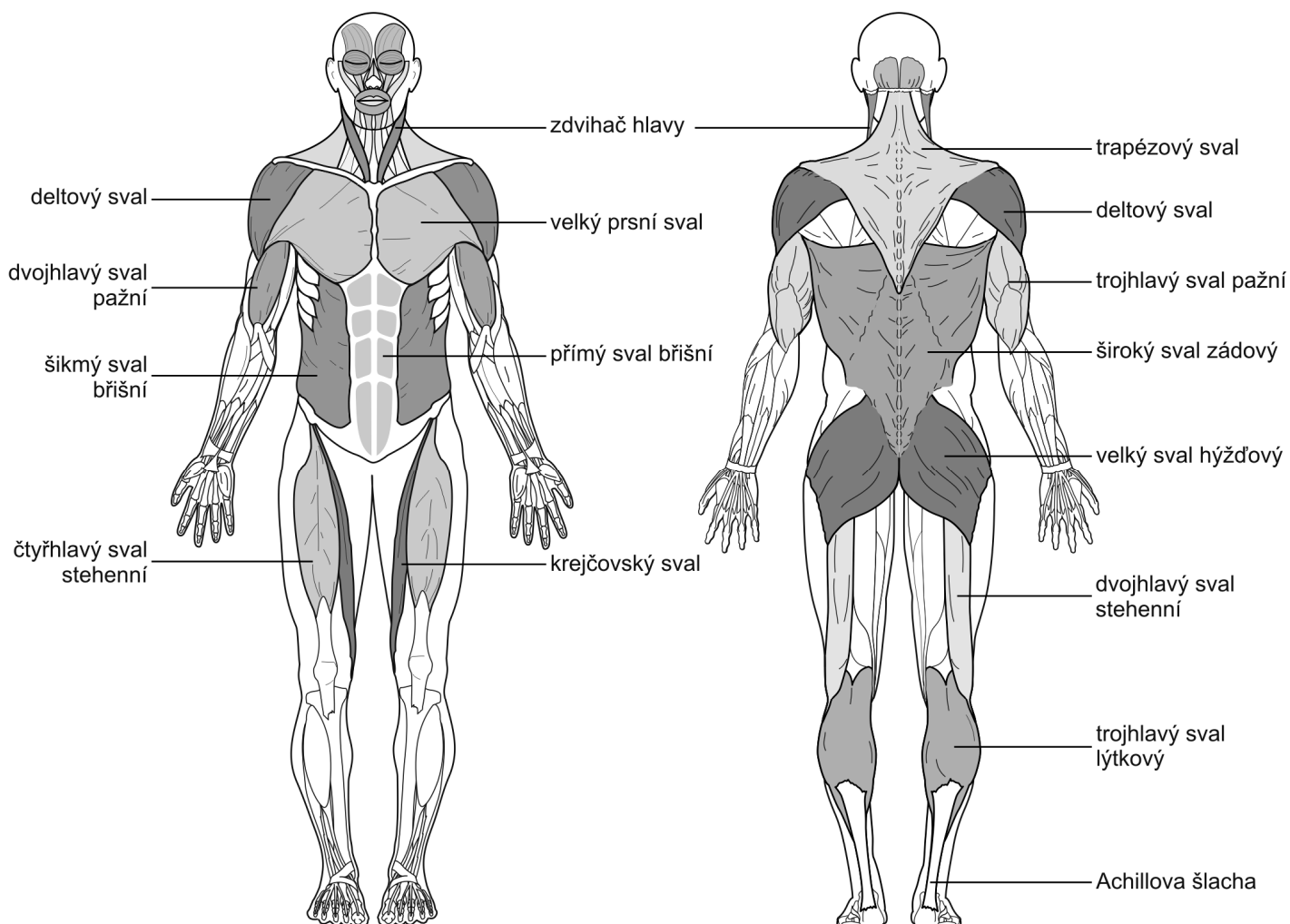
čtyřhlavý sval stehenní (*musculus quadriceps femoris*) – na přední straně stehna

krejčovský sval (*musculus sartorius*) – nejdelší sval v těle

velký sval hýžd'ový (*musculus gluteus maximus*)

dvojhlavý sval stehenní (*musculus biceps femoris*) – na zadní straně stehna

trojhlavý sval lýtkový (*musculus triceps surae*) – upíná se k patní kosti Achillovou šlachou (největší šlacha v těle)



Poruchy pohybové soustavy

svalová atrofie: ochabnutí svalů, úbytek svalové hmoty z důvodu nedostatečného zatěžování či dlouhodobé nečinnosti (časté při úrazech či obrnách)

obrna: neovladatelnost svalů, vzniká v důsledku poškození nervových drah, může být úplné (plegie) nebo částečné (paréza); vzniká v důsledku úrazu i dalších příčin včetně infekce (např. **poliomyelitida** = „dětská obrna“ – infekční virové onemocnění postihující páteřní míchu)

mechanické porušení svalu či šlachy: vzniká v důsledku úrazu nebo prudkého natažení nedostatečně rozvíjeného svalu

záněty a další podráždění šlach: bývají důsledkem nepřiměřeného přetěžování či nesprávných pohybů (např. tzv. „tenisový loket“, záněty šlach a vazů zápěstí v důsledku práce s počítačovou myší ap.)

brnění svalů: je zpravidla způsobeno nedostatečným zásobením svalu kyslíkem (např. skřípnutá céva); nedostatek energie způsobí občasně kontrakce jednotek v myofibrile

svalová křeč: vzniká v důsledku úplného vyčerpání živin a kyslíku ve svalech (delší dobu skřípnutá céva, chlad a vyčerpání ap.) nebo v důsledku šokujícího impulsu (elektrický proud, skřípnutí nervu)