

Když cvičíme, naše svaly posilují, to znamená, že přibývají a zvětšují se bílkovinná vlákna v každé svalové buňce a s nimi i objem myoglobinu a počet mitochondrií. Proto silné svaly obsahují více zdrojů energie v podobě glykogenu a tuku.

Ovšem už když se narodíte máte přibližně proporce své postavy dány a není možné je v dospělosti nějak radikálně změnit cvičením. Proto není divu, že každý sportovec je nejlepší jen v jednom sportu. (Slow-twirching) pomalá svalová vlákna jsou velice dobře zásobena mitochondrii a kapilárami. Produkují tažnou sílu potřebnou k plavání, běhu, a lyžování.

Rychlá svalová vlákna jsou zásobena krví a mitochondrii méně. Tato dodávají energii pro sprint, vzpírání nebo golf.

Podle mikroskopické stavby rozlišujeme 3 typy svalové tkáně

1. svaly hladké (děloha, trávicí trubice ap.)
2. svaly příčně pruhované
3. svalstvo srdeční

Svaly jsou výkonné orgány, které umožňují tělu odpovědět na podnět. Kosterní svaly jsou připojeny ke kostře a jejich stahy nám umožňují pohyby, které ovládáme vlastní vůlí. Hladké svaly a srdeční svalovina pracují nezávisle a nemůžeme jejich činnost ovlivňovat.

Do svalového systému člověka zahrnujeme pouze svaly příčně pruhované, protože tvoří jeden funkční celek s kostrou a umožňují člověku vykonávat volní a automatické pohyby. Tvoří asi 35% váhy těla. Všechny svaly těla se dohromady nazývají svalstvo a je jich asi 600.

Svaly jsou připojeny šlachami ke kostře, které jsou složeny z vazivové tkáně. Začátek svalu nazýváme origo a konec neboli úpon svalu insertio. Většinou se kosterní svaly připojují na kloubní pouzdro na jeho odvrácené straně, takže vlastně kloub překrývají. Masitou část svalu nazýváme svalové bříško. Povrch bříška je kryt pevnou vazivovou blánou - povázkou (fascie) Když dojde ke kontrakci bříška jedna kost zůstává nehybná, ale druhá se pohne.

Svalový úpon vychází z přípoje na nehybné kosti a končí na kosti, která se hýbe.

Když dojde ke svalovému stahu, sval se zkrátí. To znamená, že svaly mohou pouze táhnout, nikdy ne tlačit. Protože ovšem k našemu pohybu potřebujeme jak tah, tak tlak obvykle svaly pracují v antagonisticky, vždy dva proti sobě. Např. takovým párem jsou biceps a triceps na paži, které pohybují nahoru a dolů předloktím (obr. 11,11). Když dojde ke stahu bicepsu, předloktí se stáhne, když dojde ke kontrakci tricepsu, předloktí se natáhne (tab. a obr. 11,12, 11,13 a 11,2 a 11,3)

V laboratoři se studuje práce jednotlivých svalů na svalstvu žáby, když jeden sval extrahujeme a namontujeme na přístroj zvaný fyziograf a sval elektricky stimulujeme stahuje se a relaxuje. Zaznamenává se jeho (hybný moment?) a tento záznam se nazývá myogram.

Mikroskopická anatomie a fyziologie

Všechny kosterní svaly jsou složeny ze svalových vláken (obr. 11,17). Každé vlákno je vlastně buňka, která obsahuje obvyklé buněčné složky, ale jsou označovány speciálními názvy (sarkolema - buněčná membrána, sarkoplasma - cytoplasma, endoplasmatické reticulum - sarcoplasmatické reticulum). Jinak mají svalové buňky některé zvláštnosti. Např. sarkolema tvoří trubičky (tubuly), které vstupují dovnitř buňky, které se dotýkají, ale nespojují se zvětšeným endoplasmatickým retikulem. Tyto trubičky tvoří tzv. T systém - jako transverzální. Zvětšené části sarkoplasmatického reticula, které nazýváme kalciové váčky obsahují vápník, prvek, který je nezbytný pro svalové stahy. Sarkoplasmatické retikulum

(encases) obkružuje stovky myofibril, což jsou kontrakční složky svalu. Miofibrily mají cylindrický tvar a probíhají po délce svalového vlákna. Ve světelném mikroskopu vidíme, že myofibrily mají na sobě tmavé a světlé proužky, kterým říkáme striace (obr. 11,17). Na základě tohoto vzoru říkáme, kosternímu svalstvu příčně pruhované svalstvo. Na elektronovém mikroskopu (obr. 11,18, 11,19) vidíme uvnitř každého vlákna opět tmavé a světlé pásy. Tyto oblasti studujeme ve vztahu k části myofibrily, kterou nazýváme sarkomera

Sarkomera, struktura a funkce

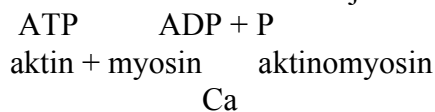
Sarkomera se nachází mezi dvěma tmavými liniemi, které se nazývají Z linie. I pásek je světlý úsek který zahrnuje vždycky konec Z linie. Střed tmavé linie sarkomery nazýváme A pásek. Tento je přerušen světlým středem tzv. H zónou a H zónu přetíná tenký tmavý proužek, zvaný M linie.

Tyto proužky jsou oblasti ve kterých jsou v sarkomeře umístěna filamenta. Sarkomera obsahuje dva druhy filament tenká (aktin) a tlustá (myosin). (obr. 11,19) Tenká filamenta se připojují k Z linii a tlustá filamenta se napojují na M linii

I linie je světlá, protože jen ona obsahuje tenká filamenta, kdežto A linie je tmavá, protože obsahuje jak tlustá tak tenká filamenta, vyjma svého středu, kde se nachází H zóna, který je světlejší, protože obsahuje jen tlustá filamenta.

Kontrakce sarkomery závisí na dvou proteinech (bílkovinách) aktinu a myosinu, kteří tvoří tenká a tlustá filamenta (tab. 11,5). Když se sarkomera stáhne, aktin se zasune mezi myosin a tak se obě k sobě přiblíží. To zkrátí I pásek a H zóna téměř zmizí. V průběhu pohybu se sarkomera zkracuje, zatím co filamenta zachovávají svou délku (obr. 11,20).

Vzorec svalové kontrakce je následující:



Účastníci této reakce jsou vypsáni v tab. 11,6. Jakmile aktinová filamenta se přesunou přes myosinová filamenta, pracuje aktinomyosin. Za přítomnosti Ca části myosinových filament, které se jmenují příčné můstky (obr. 11,20b) se spojují s aktinovými filamenty a přitahují se k nim. Po připojení je ATP odbourána a následuje opět odpojení. Myosin se podílí na odbourávání ATP a proto to není jen strukturální protein ale také ATPázový enzym. Příčné můstky se asi 50x až 100x spojí a rozpojí, když jsou tenká filamenta přitažena do středu sarkomery. Pokud by náhodou nebyl dostatek ATP nedojde k rozpojení. Tím můžeme vysvětlit posmrtnou ztuhlost, která je zapříčiněna trvalým stahem svalstva po smrti. Je jasné, že energii pro svalové stahy dodává ATP. Každé svalové vlákno obsahuje zásobu kreatinfosfátu (fosfokreatin), což je zásoba vysoce energetického fosfátu. Kreatinfosfát se nepodílí přímo na svalovém stahu, ale je využíván pro regeneraci ATP v následující reakci



Nedostatek kyslíku

Pokud byl všechn kreatinfosfát spotřebován a již není v zásobě kyslík potřebný pro aerobní dýchání, svalové vlákno si může vytvořit ATP prostřednictvím anaerobního dýchání.

Anaerobní dýchání, které většinou tělo využívá při dlouhotrvající svalové námaze může svaly zásobit ATP pouze na krátký čas, protože při tomto procesu se tvoří též kyselina mléčná která způsobuje svalové bolesti a únavu.

Všichni známe hluboké zrychlené dýchání po dlouhé svalové námaze. Takovýto přísun kyslíku tělo potřebuje, aby se vyrovnalo s kyselinou mléčnou, která se nahromadila v těle při

svalové námaze. To je tzv. nedostatek kyslíku, který musí tělo zaplatit aby se zbavilo kyselina mléčné. Kyselina mléčná je odváděna do jater kde je jedna pětina jejího množství zcela rozložena na CO_2 a vodu v Krejsově cyklu a dýchacím procesu. ATP získaná hlubokým dýcháním přeměňuje zbylé 4/5 kyseliny mléčné zpět na glukózu.

Stah a relaxace svalových vláken

Nepoškozené kosterní svaly mají svalový tonus (napětí), to znamená, že některá svalová vlákna jsou vždy stažená. Pokud svaly trupu, krku a nohou najednou povolí a relaxují člověk zkolabuje.

K udržování stálého svalového tonu jsou ve svalech umístěna speciální senzory - svalová vřeténka. Vřeténko se skládá ze svazečku speciálně modifikovaných svalových vláken spojených s vlákny nervovými obtočenými kolem dokola jejich středu. Vřeténko kontrahuje společně se svalem a posléze posílá stimul do CNS a umožňuje CNS regulovat svalové stahy a tak udržovat svalový tonus.

Svalová vřeténka ve svalech a Golgioho tělíska ve šlachách (mají podobnou funkci jako vřeténka) jsou základem hybného čítí -propriocepce. (udržují vzpřímený postoj, polohu těla, různé pohyby).

Nervy, které inervují svaly a nervové impulsy přikazují svalům, kdy se mají stáhnout.

Motorický axon uvnitř každého nervu vysílá své větve do několika svalových vláken, kterým dohromady říkáme motorická (hybná) jednotka (vlákna, která patří jednomu neuronu). Ve svalech které vykonávají jemné pohyby jsou motorické jednotky malé (8 - 10 vláken), u svalů specializovaných na hrubší pohyby jsou motorické jednotky složeny z většího počtu vláken (i 500). Každá větev má zakončení, které obsahují synaptické váčky s neurosvalovým transmitterem acetylcholinem. Tyto váčky leží naproti sarkolemy svalového vlákna. Tato oblast se nazývá nervosvalové spojení a má ty samé složky jako synapse to znamená: presynaptickou membránu, synaptickou štěrbinu, a postsynaptickou membránu. Výjimkou zde je pouze to, že postsynaptická membrána je část sarkolemy svalového vlákna. Sarkolema je stejně jako nervová membrána polarizována. Uvnitř má náboj negativní a vně pozitivní. Nervové impulsy zapříčiňují, že synaptické váčky se spojí s presynaptickou membránou a vylijí acetylcholin do synaptické štěrbinu. Když acetylcholin se dostane k sarkolemě depolarizuje ji. Výsledkem je akční svalový potenciál, který se šíří skrze sarkolemu a T systém, kde jsou uchovávány vápenaté ionty ve váčcích sarkoplasmatického retikula. Když se akční potenciál dostane do kalciového váčku tento vypustí vápenaté ionty, které difundují do sarkoplasmu a spojí se zde s tenkými filamenti. Tenké filamentum je složeno ze dvou stočených pásků globulárních molekul aktinu. K aktinovým filamentům jsou připojeny dva typy bílkovin tropomyosin, který tvoří vlákna, která jsou obtočená okolo aktinových filament a troponin, který je navázán v určitých intervalech na tropomyosin. Vápník se slučuje s troponinem a způsobuje, že tropomyosinová vlákna se posunuje tak, že místa pro navázání myosinu jsou přístupná.

Silná myosinová filamenta se skládají ze svazku myosinových molekul z nichž každá má oblou hlavičku. Tyto hlavičky tvoří příčné můstky, které se připojují na přípojová místa aktinu. Svalová kontrakce se zastavuje, jakmile nervové impulsy přestávají stimulovat svalové vlákno. S poklesem akčního potenciálu dochází k přesunu vápenatých iontů zpět do jejich skladovacích váčků prostřednictvím aktivního transportu a dochází k relaxaci svalu.

Druhy svalových kontrakcí

Máme dva druhy svalových kontrakcí

1. izotonickou
2. izometrickou

Při izotonické kontrakci se sval smršťuje a stahuje. Při izometrické kontrakci sval nemění svou délku (že je sval v činnosti poznáme podle ztvrdnutí svalového bříška). Izometrické stahy nastávají při různých výdržích.

Vliv kontrakce na velikost svalu

Jak jsme se zmínili dříve, silná svalová aktivita po delší dobu svaly posiluje a zvyšuje jejich objem. Toto zvětšení nazýváme hypertrofií a objevuje se, pokud sval pracuje aspoň na 75% svého maximálního výkonu. I když pro hypertrofii svalu stačí několik minut velice intenzivního cvičení denně. Přitom se nezvětšuje počet svalových vláken, zvětšuje se pouze velikost každého svalového vlákna. Vlákná mají větší metabolický potenciál a větší počet myofibril. To znamená, že mohou déle pracovat než se unaví. Někteří atleti berou steroidy, především testosteron a příbuzné chemikálie, aby zvýšili růst svalů.

Když svaly nejsou používány nebo jsou používány málo (jen slabé kontrakce) dochází k jejich ubývání atrofii. Atrofie se může objevit, když máme např. končetinu v sádře nebo když je poškozené nervosvalové spojení. Pokud není obnovena nervová stimulace svalu, svalová vlákna budou postupně nahrazena tukem a vazivem. Při atrofii dochází také ke zkracování svalových vláken a k deformacím některých částí těla.

Svalová práce

jejich definice je působení svalové síly po určité dráze.

Rozlišujeme práci

pozitivní sval pracuje proti nějakému odporu nebo dodává energii nějakému tělesu hod míče statickou svalovou výdrž ležení tašky

negativní sval zadržuje váhu nějakého tělesa, působí proti jeho odporu, např. chytání míče

Vývoj svalstva

u novorozence jsou všechny svaly plně vyvinuty, ale nejsou schopny plného výkonu, plné výkonnosti dosahuje až ve starším školním věku.

Názvy jednotlivých svalů nejsou jednotné mohou se nazývat podle viz tabulka

Kosterní svalstvo se dělí do skupin podle oblasti, kde se na kostře nacházejí

Svaly hlavy

tvoří dvě hlavní skupiny - svaly mimické a svaly žvýkací

Mimické svaly začínají na kosti a upínají se do kůže podílejí se na mimice obličeje a ovládají otvory trávicích a dýchacích cest a podílejí se na formování čelistí a zubů. Někdy jsou také nazývány orofaciální soustava.

K okostici je připojena vazivová blána (galea aponeurotica) k ní se připojují

sval čelní musculus frontalis, sval týlní musculus occipitalis, okolo očnic je kruhový sval oční m. orbicularis oculi, dále je v obličeji kruhový sval ústní m. orbicularis oris a nejmohutnější mimický sval tvářový m. buccinator. Další mimické svaly jsou drobné (zdvíhač horního rtu a nosního křídla, zdvíhač ústního koutku, stahovač ústního koutku, stahovač dolního rtu)

Žvýkací svaly pohybují dolní čelistí: zevní sval žvýkací m. masseter, sval spánkový m. temporalis dále jsou zde zevní a vnitřní sval křídlový.

Svaly krku

Nacházejí se mezi krční páteří, lebkou a hrudníkem. Jsou v několika vrstvách.

podkožní sval krku m. platysma, zdvihač hlavy m. sternocleidomastoideus, nad a pod jazylkové svaly, svaly kloněné muscoli scaleni, dlouhý sval krku a dlouhý sval hlavy m. longus colli a m. longus capitis.

Svaly hrudníku

Zase jsou v několika vrstvách jejich vnější vrstva přechází na horní končetinu . Ve vnitřní vrstvě se připojují oběma konci ke kostře hrudníku.

velký sval prsní m. pectoralis major, malý sval prsní m. pectoralis minor, malý sval podklíčkový m. subclavius, pilovitý sval přední m. serratus anterior, zevní a vnitřní svaly mezižební muscoli intercostales externi et interni, bránice diaphragma

Svaly břicha

přímý sval břišní m. rectus abdominis, šikmý sval břišní zevní a vnitřní m. obliquus abdominis externus et internus, příčný sval břišní m. transversus abdominis, čtyřhranný sval bederní m. quadratus lumborum

Svaly zad

sval trapézový m. trapezius, široký sval zádový m. latissimus dorsi, zadní pilovité svaly a vzpřimovač páteře, zdvihač řitní m. levator ani

Svaly končetin

horní končetina

sval deltový m. deltoideus, sval nadhřebenový m. supraspinatus, podhřebenový m. infraspinatus, svaly oblé m. teretes, dvouhlavý sval pažní m. biceps brachii, hluboký sval pažní m. brachialis, sval hákový m. coracobrachialis, trojhlavý sval pažní m. triceps brachii, pronující sval oblý m. pronator teres, pronující sval čtyřhlavý m. pronator quadratus, na přední straně předloktí se nachází skupina ohybačů zápěstí a palce z nichž jmenujme především hluboký ohybač prstů m. flexor digitorum profundus a dlouhý ohybač palce m. flexor pollicis longus, které mají své místo v evoluci člověka. Na zadní straně předloktí jsou sval vřetení m. brachioradialis a sval supinující m. supinator

Dolní končetina

sval bedrokyčlostehenní m. iliopsoas, velký sval hýžďový, m. gluteus maximus, střední sval hýžďový m. gluteus medius, malý sval hýžďový m. gluteus minimus. , sval hruškovitý m. piriformis, napínač povázky stehenní , čtyřhlavý sval stehenní m. quadriceps femoris, krejčovský sval m. sartorius, velký přitahovač m. adductor magnus, štíhlý sval stehenní m. gracilis, dvojhlavý sval stehenní m. biceps femoris, sval poloblantý m. semimembranosus, sval pološlašitý m. semitendinosus, trojhlavý sval lýtkový m. triceps surae, dále jsou to svaly ovládající prsty nohou.

Podle tvaru - dvojhlavý, vřetenovitý, deltový, čtyřhranný, kosočtverečný, trapézový, pilovitý, kruhovitý nebo dlouhé , ploché a krátké

Podle funkce - ohybače - flexory, natahovače - extenzory, odtahovače - abduktory, přitahovače - adduktory, svěrače - sfinktery
Podle směru svalových snopců - sval přímý, příčný, šikmý
Podle krajiny kde sval leží - sval prsní, čelní ..
Podle stavby - sval dvojhlavý, trojhlavý, čtyřhlavý

Český název	Latinský název	Funkce
Hlava a krk		

svaľ čelní	m. frontalis	svrašťuje čelo
kruhový svaľ oční	m. orbicularis oculi	mrkání
svaľ lícní	m. zygomaticus	zvedá koutky úst (úsměv)
zevní svaľ žvýkácí	m. masseter	pohyby dolní čelisti
kruhový svaľ ústní	m. orbicularis oris	špulení úst
Horní končetina a trup		
šikmý svaľ břišní zevní	m. obliquus abdominis exter.	stlačuje břicho a otáčí trup
přímý svaľ břišní	m. rectus abdominis	ohýbá trup
velký svaľ prsní	m. pectoralis major	ohýbá ramena a ruku ventrálně
svaľ deltový	m. deltoideus	natahuje a zvedá ruku v rameni
dvouhlavý svaľ pažní	m. biceps brachii	ohýbá předloktí
Dolní končetina		
napínač povázky stehenní	m. tensor fasciae latae	odtahuje stehno
dlouhý přitahovač	m. adductor longus	přitahuje stehno
svaľ bedrokyčelní	m. iliopsoas	ohýdá stehno
svaľ křečcovský	m. sartorius	otáčí stehno
čtyřhlavý svaľ stehenní	m. quadriceps femoris	natahuje stehno
dlouhý svaľ lýtkový	m. peroneus longus	vytáčí chodidlo
přední svaľ holenní	m. tibialis anterior	ohýbá a vtáčí chodidlo
skupina ohybačů a natahovačů prstů		ohýbají a natahují prsty
Svaly dorzální strany těla		
Hlava a krk		
svaľ týlní	m. occipitalis	pohybuje kůží hlavy dozadu
zdvíhač hlavy	m. sternokleidomastoideus	otáčí hlavu na stranu, ohýbá hlavu a krk
svaľ trapézový	m. trapezius	zvedá a přitahuje ramena a hlavu
Paže a trup		
široký svaľ zádový	m. latissimus dorsi	zvedá a přitahuje ramena a paži dorzálně
svaľ deltový	m. deltoideus	odtahuje a zvedá paži
zevní šikmý svaľ břišní	m. externus obliquus	otáčí trupem
trojhlavý svaľ pažní	m. triceps brachii	natahuje předloktí
skupina natahovačů a ohybačů zápěstí		ohýbají a natahují ruku v zápěstí
skupina natahovačů a ohybačů prstů		natahují a ohýbají prsty
Pánev a dolní končetina		
velký svaľ hýžďový	m. gluteus maximus	natahuje stehno
dvouhlavý svaľ stehenní	m. biceps femoris	ohýbá bérce
dvojhlavý svaľ lýtkový	m. gastrocnemius	natahuje nohu - chůze po špičkách

Odpověď všechno nebo nic

Jednotlivé svaly buďto reagují na podnět - stahují se nebo tak nečiní. První stimul bývá tak slabý, že nedojde ke kontrakci, ale jakmile stimul dosáhne nějaké prahové hodnoty, sval se stáhne celý. Proto se říká, že svalové vlákno podléhá zákonu všechno nebo nic.

Naopak jednotlivá vlákna mohou zesílit svalový stah v závislosti na síle stimulu, když tato překročí prahový podnět. Každý jednotlivý sval se skládá z mnoha vláken a stupeň jeho kontrakce závisí na počtu svalových vláken, která se stahují. Maximální svalový stimul je takový podnět, za nějž již nedochází k zesílení svalového stahu.

Svalový stah

Když je sval umístěn na fyziografu a je drážděn maximálními podněty stáhne se a následně relaxuje. (obr. 11,15) Tato činnost, která trvá pouze zlomek vteřiny se nazývá svalový stah. (11,15a) obrázek ukazuje myogram svalového stahu, který je rozdělen na tzv. latentní periodu, nebo také periodu mezi mezi stimulacemi a iniciací kontrakce, dále na periodu kontrakce a na relaxační periodu po kontrakci.

Když se kosterní sval stimuluje rychle dvakrát zasebou, odpoví pouze na první podnět, ale na druhý ne. Protože pro svalová vlákna potřebuje periodu pro relaxaci, před následujícím stimulem. Velice krátký moment, který se nachází mezi dvěma po sobě následujícími stimuacemi na druhou z nich však sval neodpovídá se nazývá refrakční perioda.

Sumace a tetanus

Pokud sval stimuluje rychle za sebou dvěma prahovými podněty měl by odpovědět dvěma za sebou jdoucími akcemi bez celkové relaxace. Tímto způsobem se násobí svalová práce dokud sval nedosáhne maximálního tetanového stahu (obr. 10,15b). Myogram již nezachycuje jednotlivé stahy, ale všechny stahy dohromady jako rovnou linii. Tetanové stahy mohou pokračovat do té doby pokud sval k nim zbývá dostatek energie. (fatigue) je evidentní, když svaly relaxují a čkoliv jsou dále stimulovány.

Tetanické stahy se objevují vždy, když jsou svaly aktivně používány. Obvykle když je zapojena pouze část jednotlivého svalu, některá vlákna relaxují a jiná kontrahují. Protože obvykle jen velice zřídka svaly se zcela unaví.