

**Otázka:** Anatomie, fyziologie, výživa a růst svalu

**Předmět:** Biologie

**Přidal(a):** Martin Le

## 1.1 Anatomie (vnitřní stavba svalu)

Svalová vlákna příčně pruhovaná jsou základní aktivní složkou svalu, která svalovým stahem zajišťuje pohyb. Jejich délka a tloušťka kolísá v jednotlivých svalech individuálně. Jednotlivá vlákna jsou spojena minimálním množstvím vaziva.

Určitý počet vláken (10–100) je vazivem spojen a také obklopen zřetelnou vrstvou vaziva a vytváří: primární snopeček svalový – z primárních snopečků jsou vytvořeny malé svaly. U větších svalů jsou primární snopečky spojeny a vznikají sekundární snopce – jsou obaleny vrstvou vaziva a mohou být dále spojeny a vzniknou snopce vyšších řádů. Celý povrch svalu je pak pokryt souvislou vazivovou vrstvou.

Druhou složkou svalu je vazivo, které spojuje a obaluje svalová vlákna, obaluje celý sval a vytváří také úpony svalu ke kosti (šlachy). Vazivo ve svalu se označuje podle umístění – *endomysium* (obaluje a spojuje svalová vlákna a svalové snopce všech řádů) a *epimysium* (obaluje celý sval a nazývá se *fascie* – povázka svalová). *Fascie* také obaluje celé skupiny svalů

a povrch každého oddílu těla (povázka povrchová).

Fasciální přepážky, které dosahují od povrchové fascie k periostu kostí se nazývají *Osteofasciální septa*, ty oddělují prostory pro skupiny svalů. V *osteofasciálních septech* často probíhají kmeny nervů a cév. Dalším vazivem je šlacha svalová, což je tuhé vazivo složené ze snopců hustých paralelních kolagenních fibril. Šlacha má značnou pevnost, unese hmotnost 6-10 kg na 1 mm<sup>2</sup> průřezu.

Ploché šlachy, které mají snopce rozložené v překrývajících se a vzájemně křížících vrstvách se nazývají Aponeurosy. Mají obvykle v každé vrstvě jiný směr (podle působících mechanických tahů). (Čihák, 2011)

## 1.2 Submikroskopická stavba svalového vlákna

Kosterní svalovina tvoří 36-40% tělesné hmotnosti. Vlákna příčně pruhovaného svalu jsou přibližně 10-100 μm široká a až 20 cm dlouhá. Povrchová membrána svalových vláken je označována jako sarkolema, cytoplazma jako sarkoplazma a mitochondrie jako sarkosomy. Uvnitř vláken jsou organizované struktury tvořené bílkoviny kontraktilního aparátu a řada dalších bílkovin potřebných pro zajištění jeho funkce a strukturní integrity.

Svalové vlákno obsahuje stovky myofibril a každá z nich je členěna na pravidelné úseky – sarkomery – základní funkční a strukturní jednotky, jsou na obou koncích ohraničeny Z-disky, na příčném pruhování jako Z-linie. V klidovém stavu může mít svalové vlákno asi 20 000 sarkomer. Tenká (aktinová) filamenta (viz obr.1) jsou ukotvena (kolmo) ve struktuře Z-disků a tlustá (myozinová) jsou umístěna ve středu sarkomery. Střed je spojena s bílkovinou, která bývá patrná jako tzv. M-linie. (Trojan, 2003)

Aktinová a myozinová vlákna se částečně překrývají a vzniká mikroskopický obraz příčného pruhování, kdy se střídají izotropní (I) a anizotropní (A) proužky.

I-proužky jsou mezi sarkomerami rozděleny Z-liniemi, A-proužky mají vnitřní H-zónu, což je místo, kde se aktin a myozin vzájemně nepřekrývají. Při kontrakci se tenká a tlustá filamenta zasunují mezi sebe a tím se zkrátí I-proužek a H-zóna, délka A-proužku se nemění. V M-linii se nachází bílkovina myomezin, které umožňuje udržování 3-dimensionální struktury sarkomery, a kreatin-kinázu, která má významnou funkci v energetice kontrakce. (Trojan, 2003)

### 1.3 Funkce svalu

Svalstvo patří ke vzrušivým tkáním, jeho funkční vlastností je schopnost kontrakce a relaxace. Kontrakce je přímou přeměnou chemické energie na mechanickou a projevuje se aktivní silou a případně i zkrácením svalu. (Trojan, 2003)

Kontrakce (stah) je tedy základní svalovou funkcí. Stah je vyvoláván nervovým podnětem. Rychlost kontrakce je podle druhu svalových vláken různá. Kontrakce proběhne u rychlých vláken do 25 milisekund a u pomalých vláken do 75 milisekund.

Síla stahu se liší u různých svalů, sval zdvihne hmotnost 5-12 kg na 1 cm<sup>2</sup> průřezu svalových snopců. Rozeznávají se tedy dva typy svalového stahu – isotonická kontrakce a isometrická kontrakce. U isotonické kontrakce se mění délka svalu (zůstává stejné vnitřní napětí svalu). Isotonickou kontrakci dále rozlišujeme na koncentrickou (sval se zkracuje) a excentrickou (sval se prodlužuje) kontrakci.

Isometrická kontrakce se liší v tom, že sval vykonává činnost statickou, nemění délku a jeho akce je patrná na změně svalového bříška. Sval přitom rychle podléhá únavě, protože trvajícím stahem ztěžuje průtok krve. (Čihák, 2011)

### 1.4 Svalová kontrakce

Při kontrakci se filamenta zasunují do sebe a pohyb a síla jsou důsledkem cyklické interakce myozinových hlav s aktinovými filamenti. Interakce je umožněna vyplavením Ca<sup>2+</sup> do cytosolu, které je vyvoláno depolarizací povrchové membrány, mění se hladina Mg<sup>2+</sup>. Vazba Ca<sup>2+</sup> na troponin vyvolá konformační změny, které vedou k zasunutí vláken tropomyozinu hlouběji do štěrbiny mezi vlákny aktinu. Výsledkem vzniklé vazby je aktivace ATPázy myozinu, po ní následuje štěpení ATP za přítomnosti Mg<sup>2+</sup>.

ATP je zdrojem energie pro sval. Jeho zdrojem pro trvalou svalovou činnost je aerobní oxidativní fosforylace. Zásoba ATP ve svalu je malá a může být doplněna reakcí ADP s kreatinfosfátem, který je při tom defosforylován. Při práci je kreatinfosfát doplňován odbouráváním volných mastných kyselin z krve. Při krátkodobých vysokých výkonech je důležitým zdrojem glukóza a při extrémních nárocích využívá vlastní vlastní glykogen.

Mechanická účinnost sarkomer je kolem 40-50%, zbytek energie uniká ve formě tepla. Celková účinnost svalové práce je nižší (20-25%). Při svalové práci vzniká psychická a fyzická únava. Fyzická únava souvisí s nahromaděním metabolitů ve svalových buňkách. Při velmi intenzivním výkonu (např. běh) bývá uváděna synaptická únava (dochází k dočasnému vyčerpání neurotransmiterů[1]). (Trojan, 2003)

## 2 Výživa

Sval potřebuje ke stavbě a funkci základní živiny (bílkoviny, tuky, cukry) a anorganické látky (vápník, hořčík, zinek).

Základní živiny jsou obsaženy v potravě, kterou jíme. Jsou pro náš organismus důležité. Pomocí trávicího systému se přeměňují a vstřebávají v našem těle. V tenkém střevě dochází ke štěpení složitých organických látek na jednoduché. Složené sacharidy se štěpí na jednoduché (glukóza). Lipidy se rozkládají na volné mastné kyseliny a glycerol. Bílkoviny jsou štěpeny na aminokyseliny.

V tenkém střevě se vstřebávají, a krví jsou odváděny do jater, kde dochází k jejich přeměně na glykogen (zásobní látka). Glykogen je při nutnosti potřeby energie rozkládán na glukózu (zdroj okamžité energie).

V potravě však nejsou obsaženy pouze základní živiny, ale i anorganické látky, jako například vápník, hořčík, zinek atd. Vápník se nachází v kostech a zubech asi 99% a zbývající 1 % je v krvi a měkkých tkáních. Vápník je zodpovědný za stavbu kostí, vedení nervových vzruchů, svalovou kontrakci a přívod a odvod živin. Hlavními zdroji vápníku ve stravě je mléko a mléčné výrobky.

Zinek je hlavně důležitý pro funkci smyslů chuti a čichu, dále pro regulaci růstu a podporu procesů hojení. Zinek napomáhá k odstraňování kyseliny mléčné kolující v krvi. S nedostatkem zinku může vést ke ztrátě tělesné hmotnosti, prodloužené hojení, snížení vytrvalosti. Při vysokém příjmu zinku může dojít ke zvýšení rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění.

Hořčík podporuje vstřebávání vápníku a podporuje funkci nervů a svalů, včetně regulace srdeční činnosti. Doporučená denní dávka u mužů je 400-420 mg zatímco u žen je doporučená denní dávka 300-320 mg. (Kleiner, 2010)

## 2.1 Jak je sval zásobován energií

Svalové buňky využívají jako zdroj energie ATP (adenosintrifosfát), které slouží jako zdroj energie pro svalovou kontrakci, pro vedení nervových vzruchů a podporuje všechny buněčné procesy. Svalové buňky vytváří ATP z kyslíku a živin dodávané stravou, hlavně ze sacharidů. Tuk je také využíván jako zdroj energie, ale k jeho štěpení dojde jen za přítomnosti kyslíku. (Kleiner, 2010)

Buňky tvoří ATP třemi energetickými systémy - oxidativní, glykolytické a kreatinfosfátové. Kreatinfosfátový systém je velmi výkonný, vysokoenergetický systém schopný dodat velké množství energie v krátkém čase. Může však pracovat jen pár vteřin. Bývá aktivován hlavně při sprintu a podobných výkonech, vyžaduje maximální úsilí. Jeho základní složkou je ATP uložený ve svalu, kde se rychle uvolní. Druhou složkou je kreatinfosfát[2]. Chybějící energie v systému se rychle obnoví, obvykle během 3-5 minut. (Benson, Connolly, 2012)

Glykolytický (anaerobní) systém je aktivován při maximálním úsilí trvajícím od 15 do 90 vteřin. Využíváno je štěpení sacharidů a dodávka energie je rychlá. Takové štěpení sacharidů má však za následek produkci laktátu (kyseliny mléčné). K tvorbě laktátu dochází při nedostatku kyslíku nebo když je energie produkována rychle. (Benson, Connolly, 2012)

Oxidativní (aerobní) systém je základní systém, který dodává energii při aerobních cvičeních a dalších vytrvalostních aktivitách. Tvoří energii pomalu, ale má obrovskou kapacitu a může pracovat několik hodin. Spalování tuků vyžaduje více času a méně intenzivní cvičení. (Benson, Connolly, 2012)

## 3 Tělesné typy

Pro příjem živin je důležité znát tělesný typ naší postavy. Tělesné typy se dělí na 3 skupiny (endomorf, mezomorf a ektomorf). Každá skupina má specifickou rozdílnou skladbu stravy

### 3.1 Endomorf

Má většinou menší postavu. Nabírá na váze velmi snadno, v posilovně nabírá svaly, ale zároveň i tuk. Pro minimalizaci tuku v těle, potřebuje endomorf kombinovat posilovnu s nějakým typem kardia (cviky na spalování tuků) např. běh na pásu, skákání přes švihadlo, dřepy a tak dále.

Endomorf má problémy s vyrýsováním svalů. Stravu musí upravit a vyhnout se tučným jídlům, bílkoviny brát z vajec, ryb a libového masa. Jeho trénink by měl být intenzivní nebo složený ze supersérií (cvičení bez přestávky). Sacharidy by měl přijímat 3,6 g na 1 kg tělesné hmotnosti (např. váha 70kg x 3,6g = denní příjem 252g za den). (Kurečka, 2013)

### **3.2 Mezomorf**

Má velkou tělesnou schránkou, má svaly a atletickou postavu. Pro kulturistiku je to nejlepší typ postavy, jsou přirozeně silní. Snadno nabírá i snižuje váhu. Jsou poznat podle širokých ramen a úzkého pasu a často vyrýsovaných svalů.

Mezomorf by si měl dát pozor na přetrénování, protože k tomu mají sklony, cítí výsledek krátce po započítí tréninku. Měl by si hlídat příjem kalorií než ektomorf. Sacharidy by měly převažovat. Příjem sacharidů se doporučuje 6 g na 1kg tělesné hmotnosti. (Kurečka, 2013)

### **3.3 Ektomorf**

Ektomorf je štíhlý a často vysoký. Chlubí se rychlým metabolismem, který má za následky to, že nenabírá na váze. Má dlouhé tenké kosti, úzká ramena a plochý hrudník. Jeho trénink by měl být velmi intenzivní, ale krátký, zaměřený na velké svalové partie (nohy, prsa, záda).

Měl by vynechat rýsovací (snížení podílu tuku v těle) a izolované (cvičení jediného svalu) cviky. Partie by měl cvičit jednou týdně a dopřát jim dostatek odpočinku. Měl by se vyhnout vytrvalostním aktivitám. Měl by přijímat 7,5 g sacharidů na 1 kg tělesné hmotnosti. (Kurečka, 2013)

## **4 Druhy tréninků**

Pro růst svalů je kromě příjmu živin důležité i cvičení. Při cvičení se můžeme rozhodnout jaký typ tréninku využijeme.

## **4.1 Silový trénink**

Silový trénink je formou cvičení, kterou používají zejména kulturisti, bodybuildeři a silový sportovci. Silový trénink je zaměřen na růst svalové hmoty a maximální síly. Jedním ze základních rysů je vysoká intenzita cvičení, jelikož efektivní trénink se musí vejít do poměrně krátkého času, optimální je 70 minut až 90 minut. Principy silového tréninku jsou velmi vysoké váhy, nízký počet opakování, vysoký počet sérií na cvik a každá série se vykonává až do naprostého vyčerpání svalů.

(Wiesner, 2013)

## **4.2 Objemový trénink**

Jde o získávání svalového objemu ve kterém je třeba doplnit dostatečným přísunem bílkovin, aby byl účinný. Takový trénink je velmi intenzivní, protože se cvičí s těžkými váhami a velmi tvrdě (cvičení s vyšším počtem opakování). Při cvičení v tomto tréninku se doporučuje cvičit min. 40 minut a max. 50 minut, protože při tomto čase se do krve vyplavuje velké množství růstového hormonu.

Objemový trénink je velice blízký k silovému tréninku, klade na svalstvo značné nároky, proto je pravděpodobnost, že pocítíme bolest svalů, která se dostavuje druhý až třetí den po tvrdém tréninku. Optimální frekvence objemového tréninku je 3x za týden. (Marrp, 2009)

## **4.3 Strava pro silový a objemový trénink**

Abychom získali sílu, musíme přijímat velké množství bílkovin. Při silovém tréninku potřebujeme zvýšený přívod proteinu, protože při zvedání vyšších vah dochází k většímu zatížení svalových vláken. Podporuje totiž obnovu a regeneraci svalových vláken. Při silovém a objemovém tréninku musíme přijímat nejméně 3,3 g bílkovin/den na jeden kilogram tělesné hmotnosti.

Sacharidy nemusejí být příliš vysoké, protože silový trénink nepředstavuje tak velký objem zátěže. Výdej energie při objemovém tréninku není tak vysoký, a proto není třeba přijímat tolik sacharidů (stačí 3-4 g sacharidů/den na kilogram váhy). Většina přijatých sacharidů by měla pocházet z pomalu vstřebatelných zdrojů, jako jsou ovesné vločky, celozrnné cereálie a některé druhy ovoce, avšak s výjimkou potravinového jídla, které by mělo být založeno na rychleji

vstřebatelných sacharidech, aby se hladina insulinu dostala na normální hodnoty.

Je důležité, aby součástí diety na sílu bylo červené maso jako zdroj zinku (podporuje tvorbu testosteronu) a kreatinu, který stimuluje uvolňování rychlé energie ve svalech a tím podporuje sílu. Energetický podíl tuků na denním kalorickém příjmu má být alespoň 20 % a spektrum zdrojů tuků má obsahovat takové zdravé tuky jako avokádo, ořechy, olivový olej, arašídové máslo, lososa a tuňáka. (Stoppani, Aceto, 2011)

#### 4.3.1 Syrovátkový protein

Nejčastěji používaným doplňkem stravy je syrovátkový protein. Syrovátka není moc dobrým zdrojem bílkovin, protože jich obsahuje asi jen 12% a vysoké procento tuku. Proto se používají syrovátkové koncentráty a izoláty, které mohou obsahovat až 90% bílkovin s velmi nízkým obsahem tuku.

Základní funkcí proteinových koncentrátů je získání kvalitní svalové hmoty a kvalitnější regenerace svalových vláken. Jsou ideální při intenzivním tréninku pro výživu svalů na zvýšení jejich objemu, zvýšení výkonnosti a zkrácení doby regenerace. Tyto proteinové přípravky jsou obohaceny různými doplňky ke snížení nežádoucích katabolických dějů ve svalové tkáni (ztráta vybudované svalové hmoty).

U běžné populace a rekreačních cvičenců je doporučovaný příjem asi 1 gram bílkovin na kilogram tělesné hmotnosti. Takovéto množství je reálné dodat tělu v denní dávce jídla. Nejvyšší kvalita z hlediska výživy je bílkovina obsažená v bílcích vajec, mléce, mléčných výrobcích (tvaroh), a mase. (Trampota, 2014)

Tabulka 1

#### Složení kravského mléka (v %) (Šedivý, 2008)

Celkový obsah bílkovin	3,2 %
· kasein	2,6 %
· syrovátková bílkovina	0,6 %
tuk	3,6 %



laktóza	4,8 %
Minerální látky	0,7 %
voda	87,6 %

[1] chemická látka uvolňovaná z nervového zakončení na synapsi. Slouží k přenosu impulsu přes synaptickou štěrbinu a umožňuje tak další vyvolání určité reakce (stah svalu)

[2] Vysokoenergetická forma kreatinu obohacená o fosfátovou skupinu. Vzniká fosforylací kreatinu.

1. [Biomechanika podpůrně-pohybového systému - biofyzika](#)
2. [Svaly - maturitní otázka](#)
3. [Svalová soustava - maturitní otázka z biologie \(3\)](#)