

**Jiří Procházka**  
pro [www.sdbd.cz](http://www.sdbd.cz)  
uvádí:

# **Svalová hypertrofie**

# Obsah

2.....	Předmluva
3.....	Záhadná hypertrofie kosterního svalstva (2003)
10.....	Svalová hypertrofie: Nové poznatky a tréninková doporučení (2011)
15.....	Závěrečná ustanovení

# Předmluva

Na následujících 15 stranách naleznete český překlad dvou článků pojednávajících o svalové hypertrofii, prezentovaných na stránkách Univerzity státu Nové Mexiko (Albuquerque) [www.unm.edu](http://www.unm.edu), jejichž vydání rozdělilo 8 dlouhých let. U novějšího článku můžete pozorovat výrazný vliv Brada Schoenfelda, Ph.D. a jeho dvou excelentních studií z let 2010 a 2011.

První článek v roce 2003 publikovali Richard Joshua Hernandez, B.S. a Len Kravitz, Ph.D.

Druhý článek v roce 2011 publikovali Richard Aaron Bubbico a opět Len Kravitz, Ph.D.

# Záhadná hypertrofie kosterního svalstva

**Autoři:** Richard Joshua Hernandez, B.S. a Len Kravitz, Ph.D.

**Překlad:** Jiří Procházka

**Anglický originál:** <http://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/hypertrophy.html>

## Úvod:

Progresivní přetěžování svalstva cvičením, které vede ke zvýšení podílu svalové hmoty a svalového průřezu, nazýváme hypertrofií. Proč ale svalová buňka roste a jak? Navzdory intenzivnímu výzkumu, vědci stále nedokáží plně porozumět, proč se svaly zvyšovanému přetížení neustále přizpůsobují. V tomto článku uvádím krátký, ale relevantní přehled z dostupné literatury, který může pomoci k lepšímu pochopení fenoménu hypertrofie kosterního svalstva.

## Co je to svalová hypertrofie:

Svalová hypertrofie znamená zvětšení svalového průřezu a objemu svalové hmoty <sup>(1)</sup>.

K zvětšování svalu dochází díky rozšiřování jednotlivých svalových vláken (*nikoliv prodlužování*). Srdeční i kosterní svalstvo se neustále přizpůsobuje pravidelně se zvyšující pracovní zátěži, která přesahuje již existující kapacitu svalového vlákna. U srdečního svalu, je následkem efektivnější vytlačování krve skrze srdeční komory. U kosterního svalu dochází ke zvyšování efektivity přenosu síly skrze šlachy upínající se na kosti <sup>(1)</sup>.

Kosterní sval má dvě základní funkce: Provádění stahů, které způsobí požadovaný pohyb těla a zajišťování stabilního držení těla v prostoru. Každý kosterní sval musí být schopen provádět stahy s rozdílným napětím. Progresivním přetížením je myšlena aplikace různě se střídajících úrovní stresu na kosterní sval, který se přizpůsobí vytvářením srovnatelného množství napětí. Sval je schopen přizpůsobit se zvětšením objemu kontraktilních bílkovin a navýšením jejich počtu. Kontraktilní bílkoviny jsou obsaženy v myofibrilách každého svalového vlákna, a tudíž jejich změny přímo zapříčiňují zvětšení jednotlivých svalových vláken a z toho vyplývající větší produkci síly.

## Fyziologie hypertrofie kosterního svalstva:

Fyziologie hypertrofie kosterního svalstva zkoumá roli a působení satelitních buněk, reakce imunitního systému a bílkovinné růstové faktory.

## Satelitní buňky:

Funkce satelitních buněk usnadňuje růst, údržbu a regeneraci poškozené kosterní svalové tkáně <sup>(2)</sup>. Srdeční svalovinu satelitní buňky neovlivňují.

Buňky nazýváme satelitními, protože jsou umístěny na vnějším povrchu svalových vláken, mezi sarkolemou a bazálním plátem (*vrchní vrstva membrány*).

Satelitní buňky mají jedno jádro, které tvoří většinu objemu buňky. Většinou jsou tyto buňky při běžné funkci nečinné, ale bývají aktivovány, jakmile svalové vlákno utrpí jakoukoliv formu trauma nebo poškození (*například přetížení z odporového tréninku*). Satelitní buňky se následně rozmnoží a nově vytvořené dceřiné buňky jsou přitahovány k poškozenému místu. Na místě se následně spojují se svalovým vláknem a darují mu své jádro, čímž napomáhají jeho regeneraci.

Je důležité zdůraznit, že tento proces nevytváří více svalových vláken (*u lidí*), ale pouze zvyšuje velikost a počet kontraktilních bílkovin uvnitř svalového vlákna (*aktin a myosin*). Po odporovém tréninku trvá tato aktivace satelitních buněk a jejich následné rozmnožování až 48 hodin od vzniku trauma nebo poškození <sup>(2)</sup>.

Množství satelitních buněk přítomných ve svalu se odvíjí od jeho typu. Ve svalech typu I (*pomalá oxidativní*) je díky většímu průtoku krve pětikrát až šestkrát více satelitních buněk, než ve svalech typu II (*rychlá oxidativní + rychlá glykolytická*). Dalším důvodem pro větší množství satelitních buněk ve svalech typu I může být i jejich častější využívání a tudíž větší potřeba malých oprav.

### **Imunologie:**

Jak jsem již popsal dříve, odporový trénink způsobuje kosterním svalům trauma.

Imunitní systém na trauma reaguje komplexním sledem reakcí, které následně vedou k zánětu <sup>(3)</sup>. Smysl zánětlivé reakce tkví v opravě poškození, jeho dalším nerozšiřování a vyčištění poškozené oblasti od odpadních produktů.

Makrofágy, které jsou zapojeny ve fagocytóze (*proces, při kterém určité buňky pohlcují a ničí mikroorganismy a buněčné pozůstatky*) poškozených buněk míří k poškozené oblasti a vylučují cytokiny, růstové faktory a další látky.

Cytokiny jsou bílkoviny, které v imunitním systému slouží jako pomyslní režiséři. Jsou zodpovědné za mezibuněčnou komunikaci. Cytokiny stimulují náhlý nával lymfocytů, neutrofilů, monocytů a dalších buněk s léčivým potenciálem a směřují je k poškozeným oblastem za účelem opravy poškozené tkáně <sup>(4)</sup>.

Tři důležité cytokiny relevantní pro trénink jsou Interleukin-1 (*IL-1*), Interleukin-6 (*IL-6*) a faktor nádorové nekrózy (*TNF*). Tyto cytokiny zprostředkovávají většinu odpovědí na zánět, a proto jsou nazývány zánětovými, či protizánětlivými cytokiny <sup>(5)</sup>. Jsou zodpovědné za rozpad bílkovin, odstranění poškozených svalových buněk a zvýšenou produkci prostaglandinů (*látky podobné hormonům, které pomáhají ovládat zánět*).

### **Růstové faktory:**

Růstové faktory jsou velmi specifické bílkoviny. Patří mezi ně hormony a cytokiny, které jsou součástí svalové hypertrofie <sup>(6)</sup>. Růstové faktory stimulují dělení a diferenciaci (*získání jedné nebo více charakteristik odlišných od původní buňky*) určitých typů buněk. Růstové faktory konkrétně zaměřené na hypertrofii kosterního svalstva jsou inzulínu podobný růstový faktor (*IGF*), fibroblastový růstový faktor (*FGF*) a růstový faktor hepatocytů (*HGF*). Tyto růstové faktory vzájemně spolupracují a společně jsou důležitou součástí svalové hypertrofie.

### **Inzulínu podobný růstový faktor:**

IGF je hormon vylučovaný kosterní svalovinou. Reguluje metabolismus inzulínu a stimuluje syntézu bílkovin. Existují dvě formy: IGF-I, který způsobuje proliferaci a diferenciaci satelitních buněk a IGF-II, který je za proliferaci satelitních buněk zodpovědný. V reakci na odporový trénink je v těle objem IGF-I výrazně zvýšen, což vyústí ve svalovou hypertrofii <sup>(7)</sup>.

### **Fibroblastový růstový faktor:**

FGF je uložen v kosterní svalovině. Má 9 různých forem, z nichž pět způsobuje proliferaci a diferenciaci satelitních buněk, což vede ke svalové hypertrofii. Množství FGF, které kosterní svalovina uvolní je přímo úměrné stupni svalového poškození <sup>(8)</sup>.

### **Růstový faktor hepatocytů:**

HGF je cytokin s rozličnými buněčnými funkcemi. V kosterní svalovině aktivuje satelitní buňky a může způsobit jejich migraci do poškozených oblastí <sup>(2)</sup>.

### **Hormony v hypertrofii kosterního svalstva:**

Hormony jsou chemikálie, které orgány vylučují za účelem započítí nebo regulace aktivity orgánu nebo skupiny buněk v rozdílné části těla. Je důležité podotknout, že hormonální funkce jsou ovlivňovány stravou a životním stylem (*stres, spánek a obecné zdraví*). Hormony uvedené níže hrají důležitou roli v hypertrofii kosterního svalstva.

### **Růstový hormon:**

Růstový hormon (*GH*) je peptid, který v kosterním svalstvu stimuluje inzulínu podobný růstový faktor (*IGF*), čímž podporuje aktivaci satelitních buněk a jejich proliferaci a diferenciaci <sup>(9)</sup>. Nicméně, sledované hypertrofické účinky uměle přidávaného GH odhalily, že skupiny, kterým byl při odporovém tréninku GH podáván měly menší nárůst kontraktilních bílkovin, ale větší retenci tekutin a akumulaci pojivové tkáně <sup>(9)</sup>.

### **Kortizol:**

Kortizol je steroidní hormon (*hormon mající steroidní jádro, které může projít skrze buněčnou membránu bez receptoru*), který je produkován v kůře nadledvin. Je to stresový hormon stimulující glukoneogenezi, což je tvorba glukózy z nesacharidových zdrojů, jako jsou například aminokyseliny a volné mastné kyseliny.

Kortizol taktéž ve většině buněk potlačuje využití glukózy, což může zapříčinit katabolismus (*rozpad*) bílkovin a následné využití jejich aminokyselin pro tvorbu bílkovin s rozdílnými vlastnostmi, které mohou být v případě stresu kriticky důležité.

Z hlediska hypertrofie je zvýšení koncentrace kortizolu spojena s rozkladem svalových bílkovin a následnému nežádoucímu potlačení hypertrofie kosterního svalstva <sup>(10)</sup>.

### **Testosteron:**

Testosteron je androgen, či jinak řečeno mužský pohlavní hormon. Hlavní fyziologická role androgenů je podpora růstu a vývoje mužských pohlavních orgánů a rysů.

Testosteron ovlivňuje především nervový systém, kosterní svalstvo, kostní dřeň, kůži, vlasy a pohlavní orgány.

Výrazně větší množství testosteronu, který má anabolický (*svaly budující*) efekt produkují muži, což přispívá k rozdílům mezi pohlavími (*tělesná váha a složení*).

Testosteron zvyšuje syntézu bílkovin, která vyvolává svalovou hypertrofii <sup>(11)</sup>.

### **Typy vláken a hypertrofie kosterního svalstva:**

Síla, kterou sval vytváří je závislá na jeho celkové velikosti a složení svalových vláken.

Kosterní svaly dělíme do dvou hlavních kategorií: Pomalá svalová vlákna (*Typ I*) a rychlá svalová vlákna (*Typ II*). Rozdíl mezi těmito vlákny tkví v metabolismu, rychlosti stahu, nervosvalových rozdílech, zásobách glykogenu, hustotě sítě kapilár a v reakci na svalovou hypertrofii <sup>(12)</sup>.

### **Vlákna typu I:**

Vlákna typu I, taktéž známá jako pomalá oxidativní vlákna jsou zodpovědná především za udržení tělesného postoje a kosterní podporu. Příkladem svalu skládajícího se převážně z pomalu oxidativních vláken je šikmý sval lýtkový. Větší hustota sítě kapilár u vláken typu I je způsobena jejich větším zapojením ve vytrvalostních aktivitách. Vlákna typu I jsou schopna vytvářet napětí po delší časové úseky, jelikož pro způsobení kontrakce vyžadují menší vzruch, než vlákna typu II, ale taktéž vytvářejí menší sílu.

Díky větší závislosti na oxidativním metabolismu (*komplexní energetický systém, který přeměňuje energii za působení kyslíku*) lépe využívají tuky a sacharidy <sup>(12)</sup>.

Hypertrofie vláken typu I byla zaznamenána při progresivním přetížení <sup>(13,15)</sup>. Je nutno podotknout, že k hypertrofii vláken typu I může dojít nejen cvičením odporovým, ale taktéž cvičením aerobním <sup>(14)</sup>.

### **Vlákna typu II:**

Vlákna typu II mohou být nalezena ve svalech, které vyžadují produkci většího množství síly v krátkém časovém úseku. Například dvojhlavý sval lýtkový a vnější hlava čtyřhlavého svalu stehenního. Vlákna typu II mohou být dále rozdělena na typ IIa a typ IIb.

### **Vlákna typu IIa:**

Vlákna typu IIa, taktéž známá jako rychlá oxidativní glykolytická (*FOG*) jsou hybridem mezi vlákny typu I a IIb (*mají charakteristické rysy obou zmíněných typů*). Při kontrakci se spoléhají se na anaerobní (*reakce, které produkují energii bez využití kyslíku*) i oxidativní metabolismus <sup>(12)</sup>.

Při provádění obojí odporového i vytrvalostního tréninku jsou vlákna typu IIb přeměňována na vlákna typu IIa, což vyústí ve zvýšení poměru vláken typu IIa ve svalu <sup>(12)</sup>. U vláken typu IIa při odporovém tréninku taktéž dochází ke svalové hypertrofii prostřednictvím rozšíření svalového průřezu <sup>(13)</sup>. V případě nevyužívání (*atrofie*) jsou vlákna typu IIa přeměněna zpět na vlákna typu IIb.

### **Vlákna typu IIb:**

Vlákna typu IIb jsou taktéž známá jako rychlá glykolytická vlákna (*FG*). Tato vlákna se z hlediska energie potřebné pro kontrakci spoléhají pouze na anaerobní metabolismus, což je hlavním důvodem, proč obsahují vysoké množství glykolytických enzymů. Díky větší velikosti axonu, těla neuronu a svalového vlákna, rychlejšímu vedení u alfa-motoneuronů a většímu množství vzrušení potřebného pro start akčního potenciálu vytvářejí vlákna typu IIb největší množství síly <sup>(12)</sup>.

Ačkoliv je tento typ vláken schopen vytvoření největšího množství síly, tak dokáže napětí udržet jen po velmi krátkou dobu (*nejkratší dobu ze všech typů svalových vláken*).

Přeměna vláken typu IIb ve vlákna typu IIa uvedená v předchozím odstavci je přisuzována navýšení oxidativní kapacity silově trénovaného svalu. Jelikož vlákna typu IIa mají větší oxidativní kapacitu než vlákna typu IIb, tak je změna pozitivním přizpůsobením na požadavky cvičení <sup>(13)</sup>.

### **Závěr:**

Svalová hypertrofie je mnohorozměrný proces, zahrnující spoustu faktorů. Zahrnuje komplexní spolupráci satelitních buněk, imunitního systému, růstových faktorů a hormonů s jednotlivými svalovými vlákny každého svalu. Ačkoliv cílem nás, fitness profesionálů a osobních trenérů je učení se stále nových a více efektivních tréninkových variant, tak základní pochopení způsobu jakým se svalové vlákno přizpůsobuje akutnímu a chronickému tréninkovému stimulu je pro naši profesi důležitým vzdělávacím základem.

## **Strukturální změny, které jsou výsledkem hypertrofie svalových vláken:**

Zvýšení objemu aktinových filament

Zvýšení objemu myosinových filament

Zvýšení objemu myofibril

Zvýšení objemu sarkoplazmy

Zvýšení objemu pojivové tkáně

Zdroj: [Wilmore, J.H. and D. L. Costill](#). Physiology of Sport and Exercise (2nd Edition). Champaign, IL: Human Kinetics, 1999.

## **Reference:**

1. [Russell, B., D. Motlagh,, and W. W. Ashley](#). Form follows functions: how muscle shape is regulated by work. *Journal of Applied Physiology* 88: 1127-1132, 2000.

2. [Hawke, T.J., and D. J. Garry](#). Myogenic satellite cells: physiology to molecular biology. *Journal of Applied Physiology*. 91: 534-551, 2001.

3. [Shephard, R. J. and P.N. Shek](#). Immune responses to inflammation and trauma: a physical training model. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 76: 469-472, 1998.

4. [Pedersen, B. K.](#) Exercise Immunology. New York: Chapman and Hall; Austin: R. G. Landes, 1997.

5. [Pedersen, B. K. and L Hoffman-Goetz](#). Exercise and the immune system: Regulation, Integration, and Adaptation. *Physiology Review* 80: 1055-1081, 2000.

6. [Adams, G.R., and F. Haddad](#). The relationships among IGF-1, DNA content, and protein accumulation during skeletal muscle hypertrophy. *Journal of Applied Physiology* 81(6): 2509-2516, 1996.

7. [Fiatarone Singh, M. A., W. Ding, T. J. Manfredi, et al.](#) Insulin-like growth factor I in skeletal muscle after weight-lifting exercise in frail elders. *American Journal of Physiology* 277 (Endocrinology Metabolism 40): E135-E143, 1999.

8. [Yamada, S., N. Buffinger, J. Dimario, et al.](#) Fibroblast Growth Factor is stored in fiber extracellular matrix and plays a role in regulating muscle hypertrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(5): S173-180, 1989.

9. Frisch, H. Growth hormone and body composition in athletes. *Journal of Endocrinology Investigation* 22: 106-109, 1999.
10. Izquierdo, M., K Hakkinen, A. Anton, et al. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Medicine and Science in Sports Exercise* 33 (9): 1577-1587, 2001.
11. Vermeulen, A., S. Goemaere, and J. M. Kaufman. Testosterone, body composition and aging. *Journal of Endocrinology Investigation* 22: 110-116, 1999.
12. Robergs, R. A. and S. O. Roberts. *Exercise Physiology: Exercise, Performance, and Clinical Applications*. Boston: WCB McGraw-Hill, 1997.
13. Kraemer, W. J., S. J. Fleck, and W. J. Evans. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exercise and Sports Science Reviews* 24: 363-397, 1996.
14. Carter, S. L., C. D. Rennie, S. J. Hamilton, et al. Changes in skeletal muscle in males and females following endurance training. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 79: 386-392, 2001.
15. Hakkinen, K., W. J. Kraemer, R. U. Newton, et al. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiological Scandanavia* 171: 51-62, 2001.
16. Schultz, E. Satellite cell behavior during skeletal muscle growth and regeneration. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(5): S181-S186, 1989

# Svalová hypertrofie: Nové poznatky a tréninková doporučení

**Autoři:** Aaron Bubbico a Len Kravitz, Ph.D.

**Překlad:** Jiří Procházka

**Anglický originál:** <http://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/hypertrophy2011UNM.html>

## Úvod:

Svalová hypertrofie neboli zvětšování svalové buňky je předmětem diskuze a zájmu ve všech oborech zabývajících se zdravím, fitness a sportem. Důvod proč tělo reaguje na svalové přetížení růstem svalové buňky, je stále podrobován rozsáhlému výzkumu.

Mnoho typů tréninku svalovou hypertrofii způsobuje. Tento fakt je podložen výsledky atletů ve spoustě sportů, u nichž lze pozorovat svalový vývoj při využívání rozdílných tréninkových metod.

Cílem tohoto článku je průzkum některých aktuálních poznatků týkajících se svalové hypertrofie a vyzdvižení několika efektivních tréninkových přístupů při jejím dosahování.

## Co je to svalová hypertrofie:

Svalová hypertrofie je růst velikosti svalového vlákna způsobený zvětšením svalového průřezu. Při hypertrofii nejsou u lidí vytvářena nová svalová vlákna. (Paul a Rosenthal, 2002) ovšem zaznamenali, že fenomén vytváření nových svalových vláken byl zpozorován v některých studiích zvířat, a to především vzhledem k unikátním strukturálním rozdílům jejich svalové anatomie.

Při svalové hypertrofii dochází u lidí na buněčné úrovni k zvýšení počtu kontraktilních bílkovin a zvětšení rozměru kontraktilních bílkovin (Schoenfeld, 2010).

Schoenfeld dodává, že taktéž dochází i k nárůstu množství tekutiny (*sarkoplazmy*) a nekontraktilních pojivových tkání prokládajících sval. Tento koncept bývá nazýván sarkoplazmatickou hypertrofií. Proske a Allen dodávají, že při excentrickém tréninku, kdy je sval při prodlužování přetěžován, vytvářejí svalové buňky podélně nové sarkomery (*nejmenší funkční jednotky svalových vláken*), čímž svalové vlákno prodlužují.

Je důležité podotknout, že nárůst síly v prvních několika měsících tréninku je převážně zapříčiněn nervovou adaptací (Schoenfeld, 2010). (Gabriel, Kamen a Frost, 2000) vysvětlují, že v raných tréninkových fázích je sval otevřenější k přijímání nervových vjemů. Základem pro zvýšený příjem nervových vjemů jsou u jednotlivých typů svalových vláken rekrutační vzory motorických jednotek. Každá motorická jednotka, která inervuje několik svalových vláken, představuje jednotlivý nerv.

### **Rekrutace motorických jednotek:**

Protože velikost motorické jednotky (*v průměru*) je přímo spojena se schopností vytvářet sílu, bývají většinou motorické jednotky rekrutovány právě za účelem zvětšení jejich velikosti. Pokud fyzická aktivita vyžaduje pouze malé požadavky na sílu, aktivují se pomalá oxidativní vlákna (*Typ I*).

V případě navýšení síly působící na sval jsou aktivována rychlá oxidativní glykolytická vlákna (*Typ IIa*), kterým pomáhají vlákna typu I. Při nejnáročnějších silových požadavcích jsou aktivována nejsilnější a největší svalová vlákna, která nazýváme rychlá glykolytická (*typ IIb*). Těm opět dle stejného principu pomáhají svalová vlákna typu I a IIa (Enoka, 1995).

### **Satelitní buňky, cytokiny a hormony: Průzkum nových poznatků ohledně mechanismů svalové hypertrofie:**

Satelitní buňky jsou kmenovými buňkami kosterního svalstva (Schoenfeld, 2010). Stejně jako kmenové buňky mají i satelitní buňky unikátní fyziologické vlastnosti a funkce. Satelitní buňky, které mohou být charakterizovány jako malé jednojaderné (*jedno jádro*), jsou přítomny mezi bazální membránou svalového vlákna (*bazální laminou*) a sarkolemou (*polarizovaná plazmatická membrána*). Jejich funkcí je oprava poškozené svalové tkáně a spouštění růstu kosterního svalstva po jakémkoliv svalovém přetížení. Jakmile jsou satelitní buňky stimulovány svalovým přetížením, tak dojde k jejich sloučení se svalovým vláknem a vytvoření nového jádra umožňujícího svalovou hypertrofii.

Unikátem lidské fyziologie je právě přítomnost více jader ve svalových vláknech. Schoenfeld podotýká, že každé jádro je odpovědné za přesně určenou část objemu svalového vlákna. Tento pojem je nazýván myonukleární doména. Stimul způsobený odporovým tréninkem aktivuje komplexní odezvu buněčných signálních drah, cytokinů a hormonů, které společně spouštějí svalovou hypertrofii. Tři velmi rozdílné signální dráhy v buňce spouští stav bílkovinné syntézy a zároveň inhibují bílkovinný rozpad: vápník-dependentní dráha, mitogenem aktivovaná proteinkinázová dráha a rapamycinová dráha (Schoenfeld, 2010).

Signální bílkoviny imunitního systému, které nazýváme cytokiny, působí vzájemně se specializovanými svalovými receptory. Jejich společným cílem je podpora tkáňového růstu.

V neposlední řadě hrají důležitou roli v podpoře svalové hypertrofie některé anabolické hormony (*podporující svalový růst*), které zahrnují například inzulinu podobný růstový faktor, testosteron a růstový hormon (Schoenfeld, 2010).

### **Příklady tréninkových metod podporujících svalovou hypertrofií:**

(Schoenfeld, 2011) vysvětluje, že navzdory chybějícímu přímému výzkumu existuje několik tréninkových metod, které podporují svalový růst. Tyto metody podněcují jeden nebo více faktorů, které aktivují svalovou hypertrofií.

### **Snižování váhy neboli "Drop sets":**

Existuje nespočet variací na snižování vah v sérii. Cvičenec může například provést 8 opakování rozpažování do selhání s jednoručkami vážícími 35lb, následně jednoručky odložit a pokračovat do dalšího selhání 8 opakováními s jednoručkami vážícími 25lb. Následně opět jednoručky odložit a pokračovat do dalšího selhání 8 opakováními s jednoručkami vážícími 15lb.

Pro většinu cvičenců bývá pro zmíněnou techniku dostatečný 10 až 25% pokles váhy.

### **Proměnlivé pauzy mezi vícero sériemi:**

Běžně bývají při odporovém cvičení využívána tři základní rozpětí pauz: krátké (*30 a méně sekund*), střední (*60 až 90 sekund*) a dlouhé (*3 a více minut*), (Willardson, 2006). Krátké pauzy mohou způsobit značné množství metabolického stresu, o kterém se nyní předpokládá, že je potentním stimulem pro hypertrofií. Nicméně s kratšími pauzami (*mezi vícero sériemi*) je náročnější využívat těžších závaží, které jsou zapotřebí ke svalovému přetížení.

Proměnlivost pauz (*mezi vícero sériemi*) může cvičenci napomoci k vytvoření většího metabolického stresu na jeden typ sérií a k většímu mechanickému napětí na druhý typ sérií. Oba typy podporují hypertrofií.

### **Excentrický trénink:**

(Schoenfeld, 2011) podotýká, že značné množství dokončených výzkumů poukazuje na výborné svalové přírůstky při excentrickém tréninku (*kompletní přehled naleznete na 2010 IFJ, svazek 7, #9*).

Jednou z populárních excentrických technik je supramaximální technika, při které cvičenec zvedá závaží (*za pomoci osobního trenéra*), které je na úrovni 105 až 125 % maxima, a následně jej 3 až 4 sekundy excentricky spouští.

### **Vynucená opakování:**

S pomocí osobního trenéra cvičenec v sérii po dosažení momentálního vyčerpání provádí 2 až 4 další opakování.

## **Supersérie:**

Supersérie neboli spojené série jsou jakékoliv dvě série prováděné za sebou (*bez sebemenšího odpočinku*). (Schoenfeld, 2011) poznamenává, že metabolický stres, který tato tréninková technika spouští může být zodpovědný za svalové přírůstky.

Možné supersériové strategie (*a jejich příklady*): agonista/antagonista (*bicepsový zdvih/tricepsová extenze*), opačná akce (*rozpažování s jednoručkami v leže na lavici/přítahy spodní kladky v sedě*), spodní část těla/vrchní část těla (*bench-press/leg-press*), pouze spodní část těla (*výpady a výpony*) a pouze horní část těla (*rozpažování s jednoručkami v leže na lavici a bench-press*).

## **Závěrečný komentář:**

Je pozoruhodné sledovat vědce, kteří teprve nyní začínají chápat a vysvětlovat mnohé techniky pro svalovou hypertrofii, které jsou po desetiletí známé. Fyziologické reakce na trénink se liší v závislosti na věku, fyzické zdatnosti, hladině hormonů, pohlaví a toleranci na mechanické přetížení. Hlavní odpovědností osobního trenéra je posouzení, která strategie je pro klienta a dosažení jeho cílů tou nejlepší.

## **Pět otázek ohledně svalové hypertrofie:**

### 1) Jaké jsou neivýznamnější faktory podporující hypertrofii?

(Schoenfeld, 2011) zdůrazňuje mechanické napětí, svalové poškození a metabolický stres jako tři hlavní faktory, které při cvičení podporují hypertrofii. Mechanické napětí je přímo spojeno s intenzitou cvičení, která je tím pádem klíčem ke stimulaci svalového růstu. Svalové poškození vedoucí k bolesti svalů, zahajuje zánětlivou reakci, která aktivuje procesy spojené se satelitními buňkami.

Metabolický stres je výsledkem vedlejších produktů anaerobního metabolismu (*např. ionty vodíku, laktát, anorganické fosfáty*). Aktuálně věříme, že metabolický stres podporuje hormonální faktory, které vedou ke svalové hypertrofii (Schoenfeld).

### 2) Která část těla roste rychleji, horní část nebo spodní část?

Zdá se, že horní končetiny vykazují růst dříve, než spodní část těla (Schoenfeld, 2011).

### 3) Jaká je ideální intenzita pro nejlepší hypertrofní efekt?

Maximální růst vzniká při zátěžích mezi 80 až 95 % maxima pro 1 opakování (Fry, 2004).

### 4) Jak se v hypertrofních reakcích na trénink liší kulturisté a siloví trojbojaři.

(Fry, 2004) říká, že siloví sportovci vykazují větší hypertrofii svalových vláken typu II, zatímco kulturisté mají srovnatelnou hypertrofii obou typů svalových vláken (*typ I a typ II*).

## 5) Co je lepší pro hypertrofii: Jednokloubové nebo vícekloubové cviky?

Vícekloubové cviky produkují větší množství anabolických hormonů, než jednokloubové cviky a tudíž by měly být upřednostňovány (Hansen a spol. 2001)

### Reference:

- Enoka, R.M. (1995). Morphological features and activation patterns of motor units. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 12(6), 538-559.
- Fry, A.C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679.
- Gabriel, D.A., Kamen, G. and Frost, G. (2000). Neural adaptations to resistive exercise: Mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*, 36(2), 131-149.
- Hansen, S., Kvorning, T., Kjaer, M., and Sjogaard, G. (2001). The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(6), 347-354.
- Paul, A.C. and Rosenthal, N. (2002). Different modes of hypertrophy in skeletal muscle fibers. *The Journal of Cell Biology*, 156(4), 751-760.
- Proske, U. and Allen, T.J. (2005). Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Sport Science Reviews*, 33(2), 98-104.
- Schoenfeld, B.J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.
- Schoenfeld, B. (2011). The use of specialized training techniques to maximize muscle hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal*, 33(4), 60-65.
- Willardson, J.M. (2006). A brief review: Factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *Journal of Strength Conditioning Research*, 20(4), 978-984.

### Životopisy:

1) Aaron Bubbico vlastní bakalářský titul v oboru Věda o cvičení a ve stejném oboru momentálně pracuje na magisterském titulu na Univerzitě státu Nové Mexiko (Albuquerque). Je vlastníkem a operátorem Quality Fitness Training v Albuquerque, NM. Zájmy jeho výzkumu zahrnují excentrický trénink, hypertrofni adaptace, hypertrofni mechanismy a periodizaci.

2) Len Kravitz, Ph.D. je programovým koordinátorem Vědy o cvičení a vědcem na Univerzitě státu Nové Mexiko (Albuquerque), kde taktéž vyhrál ocenění Učitel roku. Obdržel prestižní Can-Fit-Pro Lifetime Achievement Award a byl Americkou radou pro cvičení vybrán fitness vzdělavatelem roku 2006.

# Závěrečná ustanovení

- 1) Tato E-kniha je k dispozici zdarma a tudíž je zakázáno její kopie, či vyjmuté části jakkoliv zpoplatňovat!
- 2) Bez písemného svolení autora nesmí být text žádným způsobem upravován!
- 3) Veškeré citace z knihy musí být uvedeny se zdrojem.
- 4) Aktuální vydání nemá ISBN, či jiný identifikační kód.