

# Determinanty síly

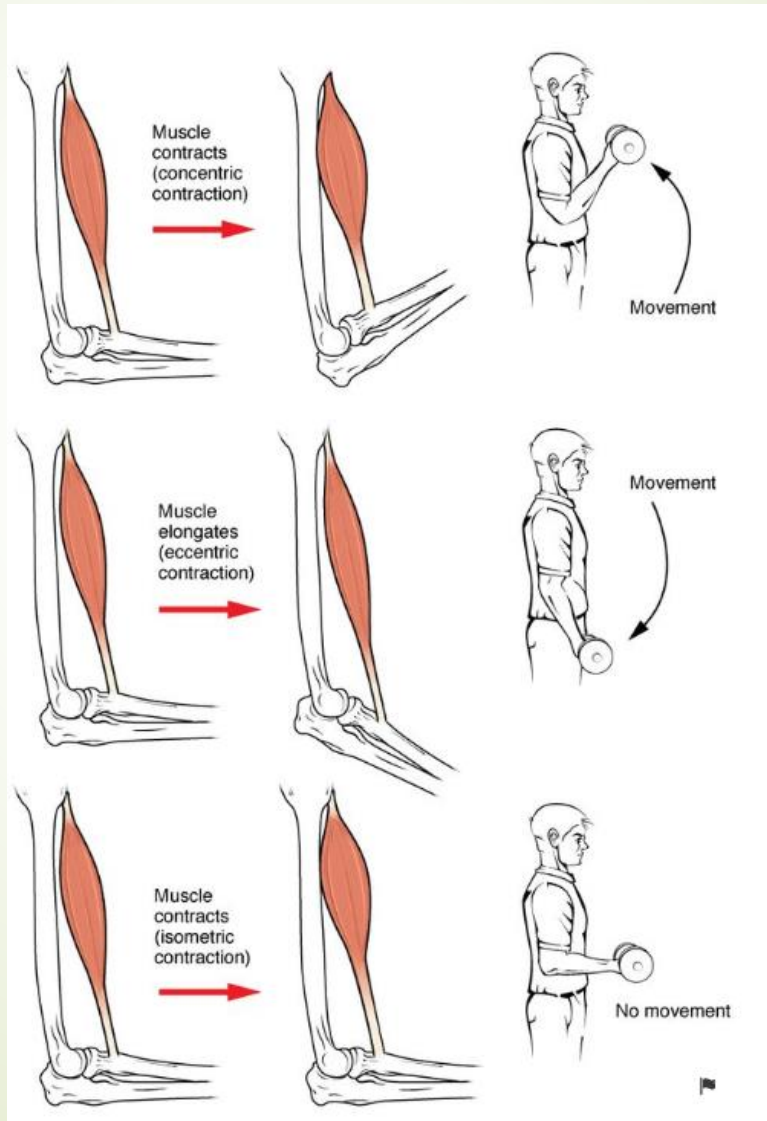
➤ Jan Cacek



# Klasifikace silových schopností



# Svalové kontrakce



# Determinanty silového výkonu

- množství a skladba svalových vláken
- svalová architektura
- hormonální profil
- polymorfismus
- neuromuskulární faktory

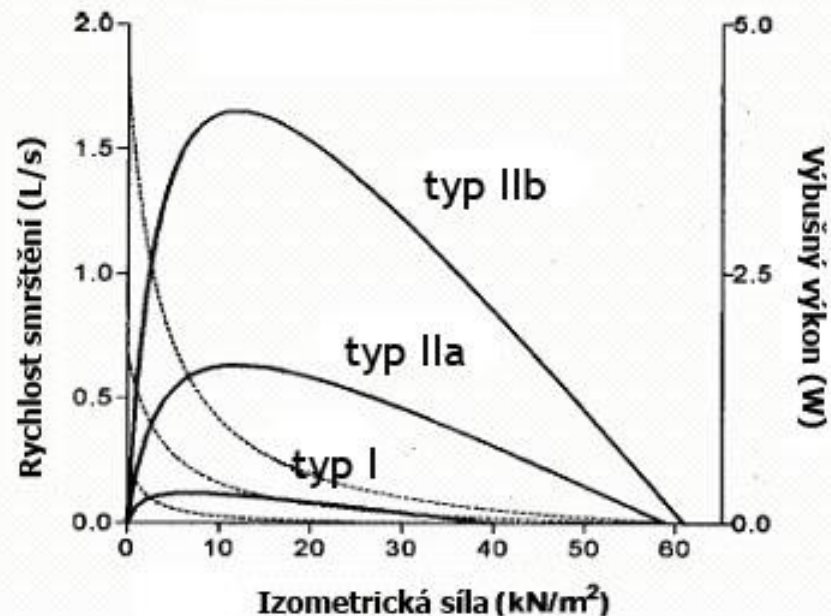
## ➤ Příčné můstky

- existují v několika hlavních variantách (izoformách),
- závisí na typu motorického nervu, jímž je sval ovládán
- izoformy určují vlastnosti svalového vlákna a rychlost jeho smršťování

### ROZLIŠUJEME 3 ZÁKLADNÍ ISOFORMY

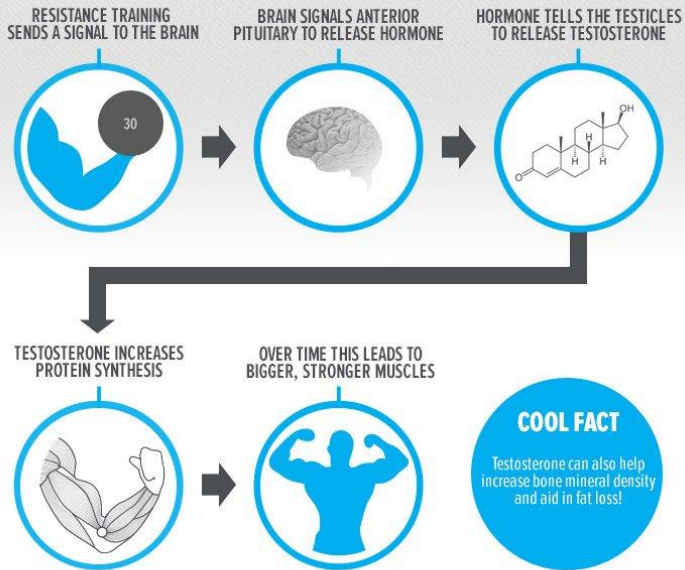
- rozdíly jsou značné během rychlých dynamických kontrakcí,
- zanedbatelné při pomalých pohybech.

■ Bortolotto, S., Reggiani, C., 2002





# HOW DOES MALE TESTOSTERONE WORK?



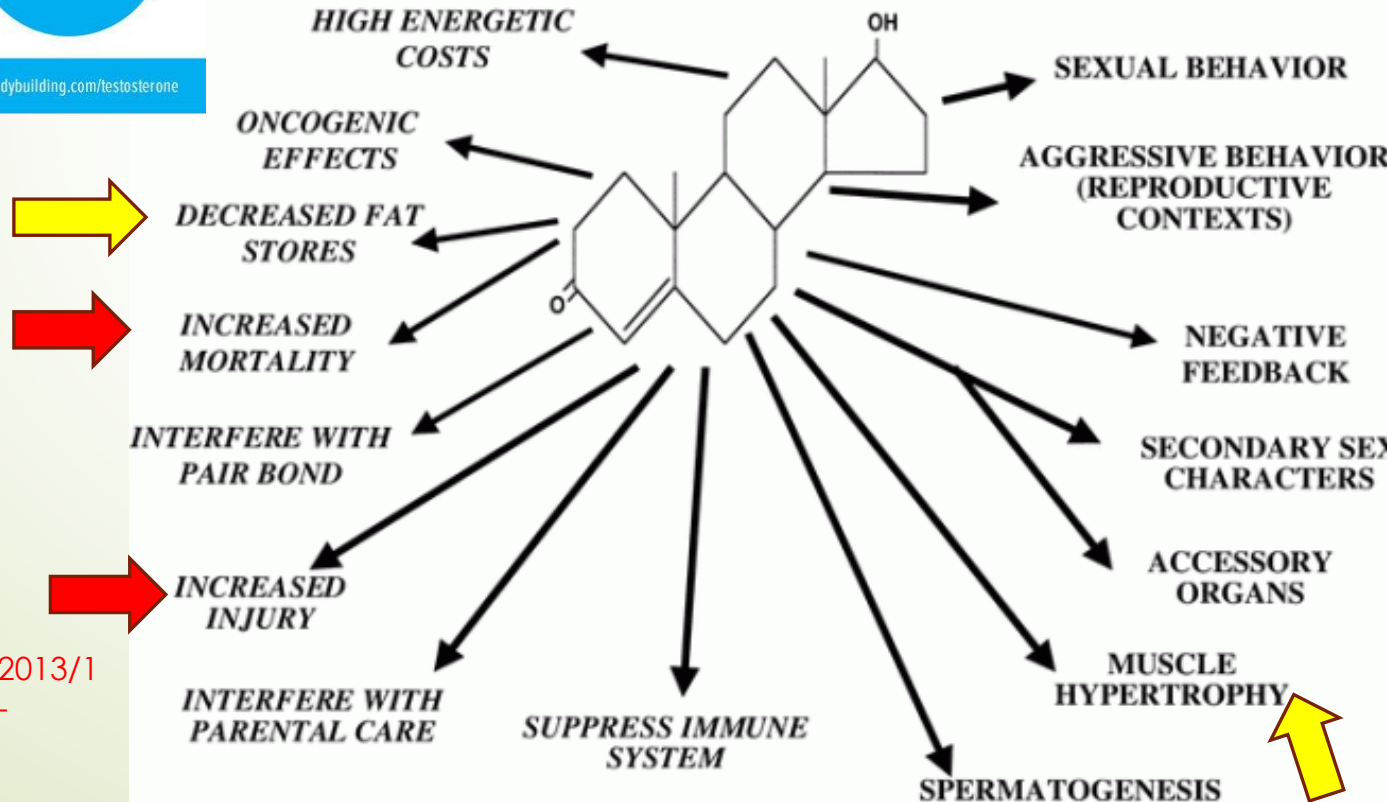
BODYBUILDING.COM

<http://www.bodybuilding.com/testosterone>

- stimuluje sekreci GH a zvyšuje přítomnost neurotransmiterů na sv. vláknech,
- pomáhá aktivovat růst svalové tkáně
- vede k syntéze proteinů.

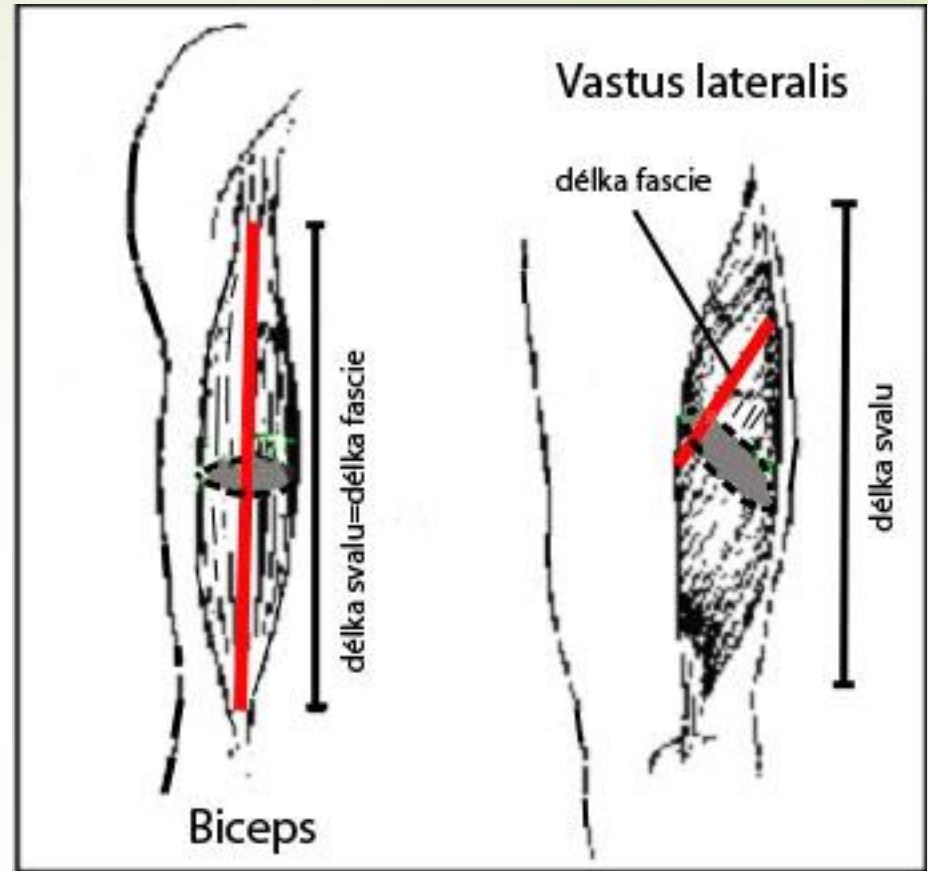
<https://www.precisionnutrition.com/anabolic-hormones-and-muscle>

# TESTOSTERONE



<https://trmorrisnd.com/2013/11/11/a-recent-va-study-published-in-jama-indi/>

# Svalová architektura

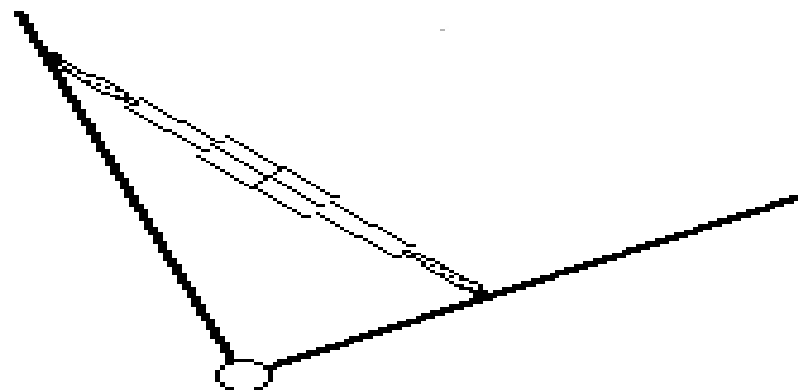
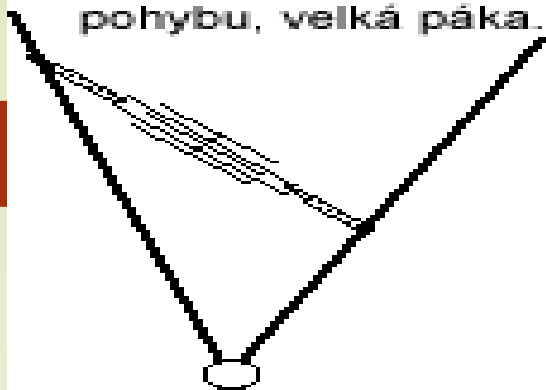


**Fusifornní (vřetenovité) svaly** (např. biceps)

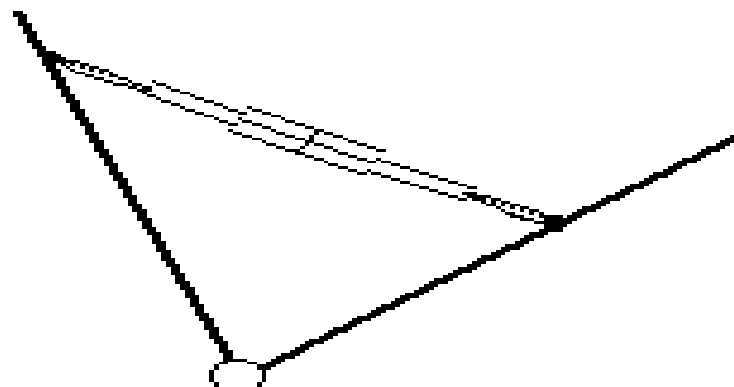
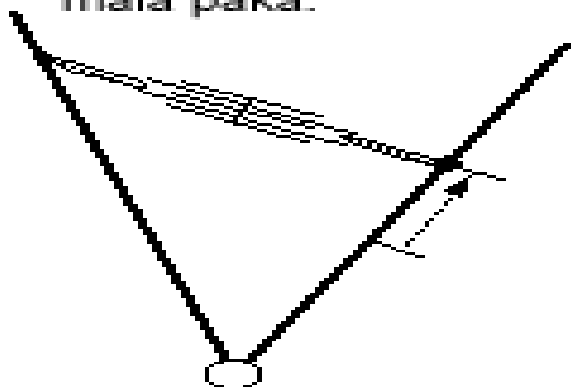
X

**Penniformní svaly** (*vastus lateralis*)

A: Šlacha upevněna v malé vzdálenosti od kloubu, velký rozsah pohybu, velká páka.



B: Šlacha upevněna dále od kloubu, malý rozsah pohybu, malá páka.



NETRÉNOVANÝ

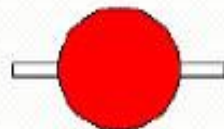
TRÉNOVANÝ

(B)



Krátké svalové břívsko

(A)



Dlouhé svalové břívsko

hypertrofie svalu -limitována délkou svalového břívška,



# Polymorfismy

## Gen pro interleukin 6 (IL-6) – -174 G/C

- ▶ studie prokazují stěžejní úlohu v procesech hypertrofie po cvičení (Ruiz, 2010)
- ▶ siloví sportovci měli vyšší výskyt **alely G**.

## ▶ Gen pro hypoxií indukovaný faktor 1α (HIF1A) – Pro582Ser

- ▶ zjišťován výskyt varianty HIF1A – Pro582Ser u ruských silových sportovců (vzpěrači, zápasníci) na regionální a národní úrovni vs kontrolní skupina

## ▶ Gen pro svalovou izoformu kreatinkinázy (CKM) – rs8111989 A/G

- ▶ Alela G je spojena se silovým výkonem. Byl u ní zjištěn významný výskyt u silově orientovaných sportovců Chen (2017).

## ▶ Gen pro angiotensinogen (AGT) – Met235Thr

- ▶ lze AGT polymorfismus genu Met235Thr považovat za genetický determinant síly, což bylo potvrzeno v několika výzkumech například u skokanů, sprinterů nebo vzpěračů, u kterých bylo pozorováno výraznější zastoupení Met235Thr (Zarębska a kol., 2016).

## ▶ Gen pro syntázu oxidu dusnatého (NOS3) – -786 T/C

- ▶ alela T je spojována se silovým výkonem (Drozdovska, 2013). Drozdovska (2013)
- ▶ významně vyšší frekvence alely T u 53 španělských elitních silových sportovců (skokani, sprinteři)

**Aj...**

## **Neuromuskulární faktory podílející se na produkci svalové síly (FRY a kol.1994)**

- 1. Množství zapojených motorických jednotek (MJ)**
- 2. Frekvence aktivace MJ (Rate Coding)**
- 3. Motorický aktivační vzorec - vnitrosvalová aktivace (koordinace)**
- 4. Svalová aktivační šablona - mezisvalová aktivace (koordinace)**
- 5. Využití elastické energie a reflexů**
- 6. Neurální inhibice**
- 7. Typ MJ (typ svalových vláken)**
- 8. Biomechanické a antropometrické faktory**
- 9. Hypertrofie - velikost průřezu svalových vláken (hyperplazie ???)**



## ► Intermuskulární koordinace

- transfer rozvoje MS do specifických sportovních dovedností – závidí na pohybových vzorech
  - postupem času silový trénink díky lepší mezisvalové koordinaci snižuje aktivaci MJ nutnou pro překonání stejného odporu, a tak zůstává k dispozici více motorových jednotek pro zvýšení zatížení

# ➤ INTRAMUSKULÁRNÍ KOORDINACE

➤ Její složky jsou následující:

- **Synchronizace** - kapacita najímat motorické jednotky současně nebo s minimální latencí (tj. se zpožděním kratším než 5 milisekund)
- **Nábor MJ (recruitment)** - schopnost aktivovat MJ současně = období rozvoje MS
- **Kódování rychlosti (Rate coding)**- schopnost zvýšit rychlost „vypalování“ (rychlost vybíjení MH) za účelem generování (exprese) větší síly = power období



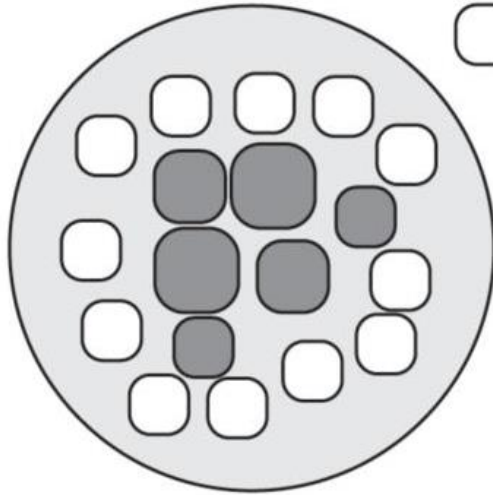
## ➤ NEURÁLNÍ INHIBICE

➤ VYVOLÁNA:

- **Golgiho šlachová tělíska** - smyslové receptory - vyvolávají reflexní inhibici svalu když je vystaven nadměrnému napětí, buď zkrácením nebo pasivním protahováním
- **Renshawovy buňky** - inhibiční spojovací neurony (interneurony), které se nacházejí v míše, jejichž úlohou je **flumit rychlost výboje alfa motoneuronů**, a tím zabránit svalovému poškození způsobenému tetanickou kontrakcí
- **Supraspinální inhibiční signály** - vědomé nebo nevědomé inhibiční signály, které přicházejí z mozku



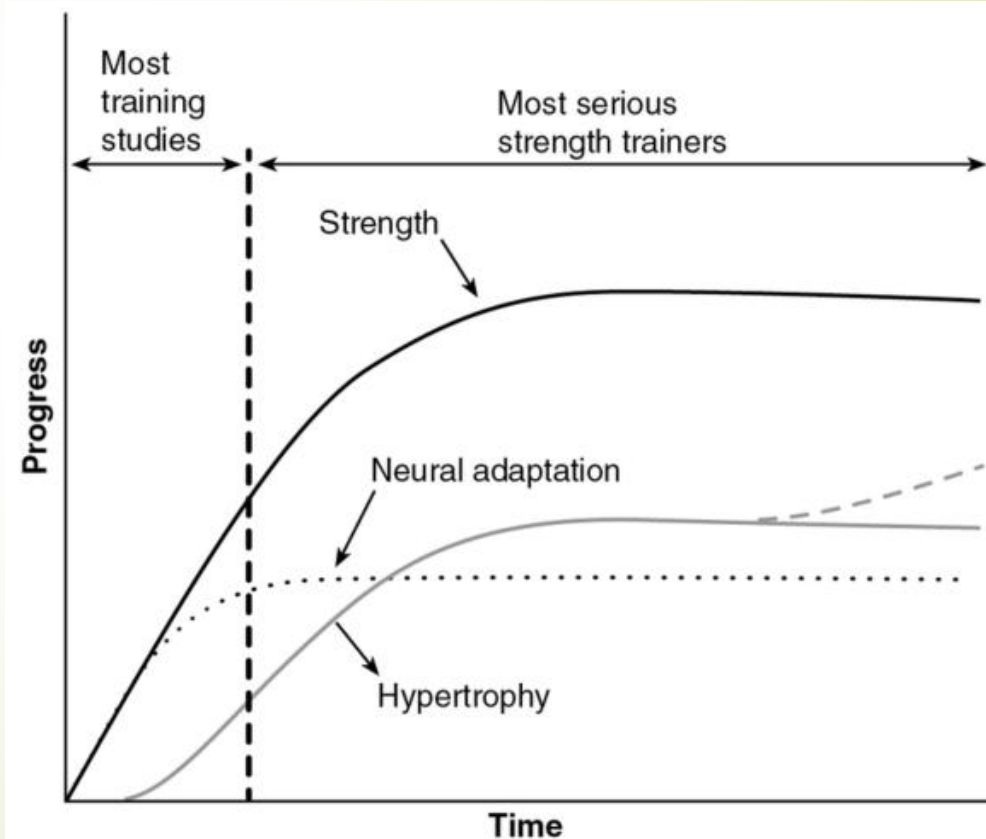
● Nonrecruited  
○ Recruited



**b**

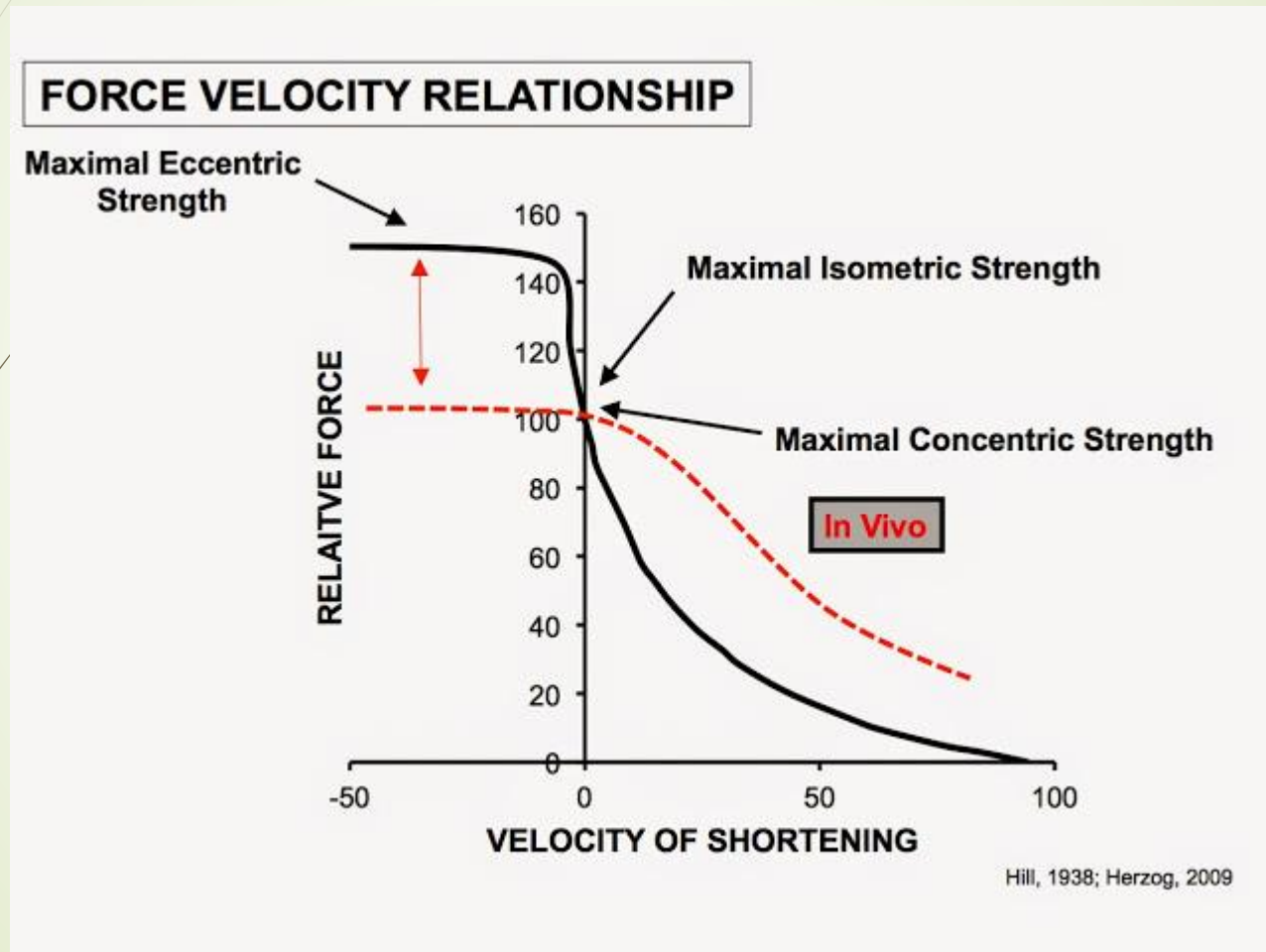
Over time, strength training for intermuscular coordination reduces the motor unit activation necessary to lift the same load, thus leaving more motor units available for higher loads.

- ➔ Neuromuskulární adaptace nejsou stabilní
- ➔ K hypertrofickým procesům (stabilizují ostatní neuromuskulární adaptace) vlivem nárůstu svalových proteinů dojde až po šesti týdnech a více tréninku

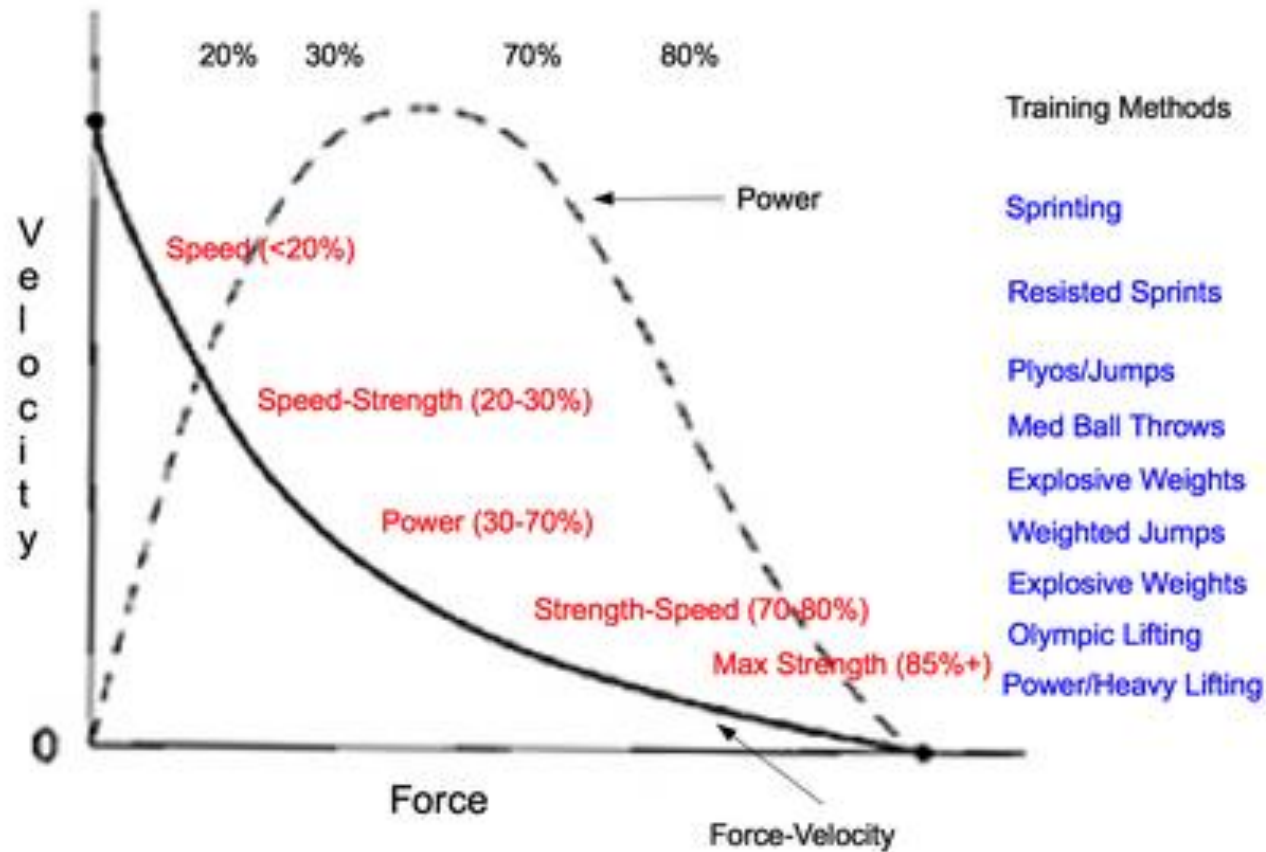


Neural and muscular adaptations to strength training over time, according to Moritani and deVries (1979). Adapted, by permission, from T. Moritani and H.A. deVries, 1979, "Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain," *American Journal of Physical Medicine* 58(3):115-130.

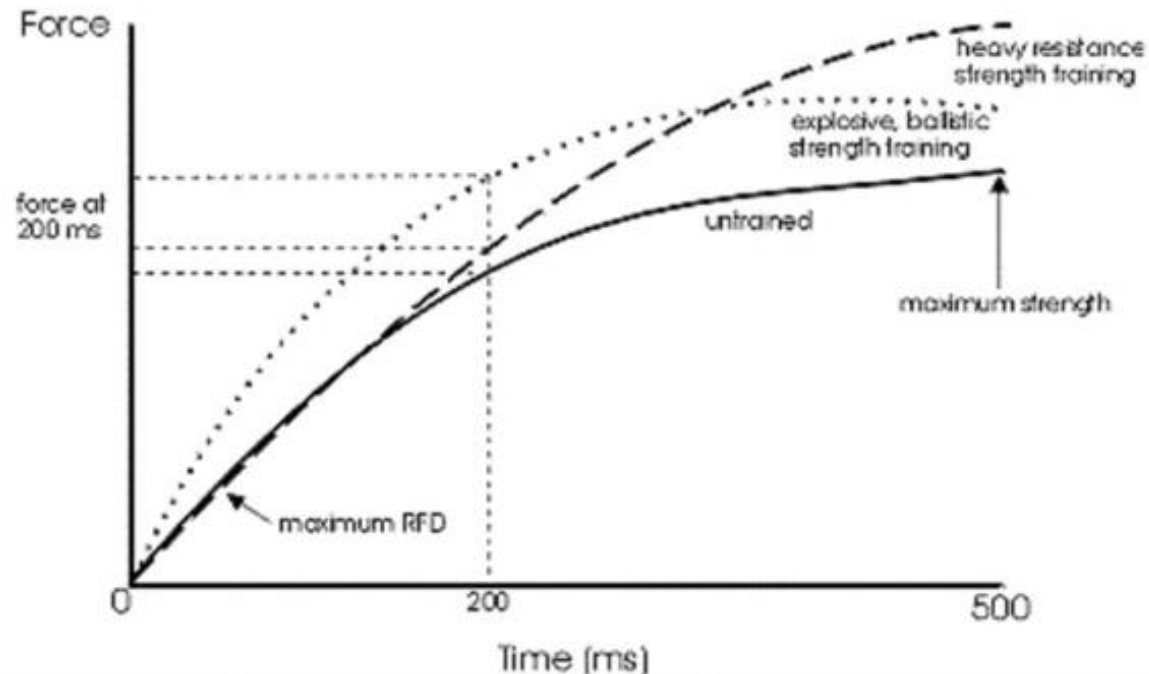
# Vztah síly a rychlosti



- Cooper, 2018 (<https://www.12amlabs.com/blogs/news/shock-method-plyometric-training-for-elite-athleticism>)



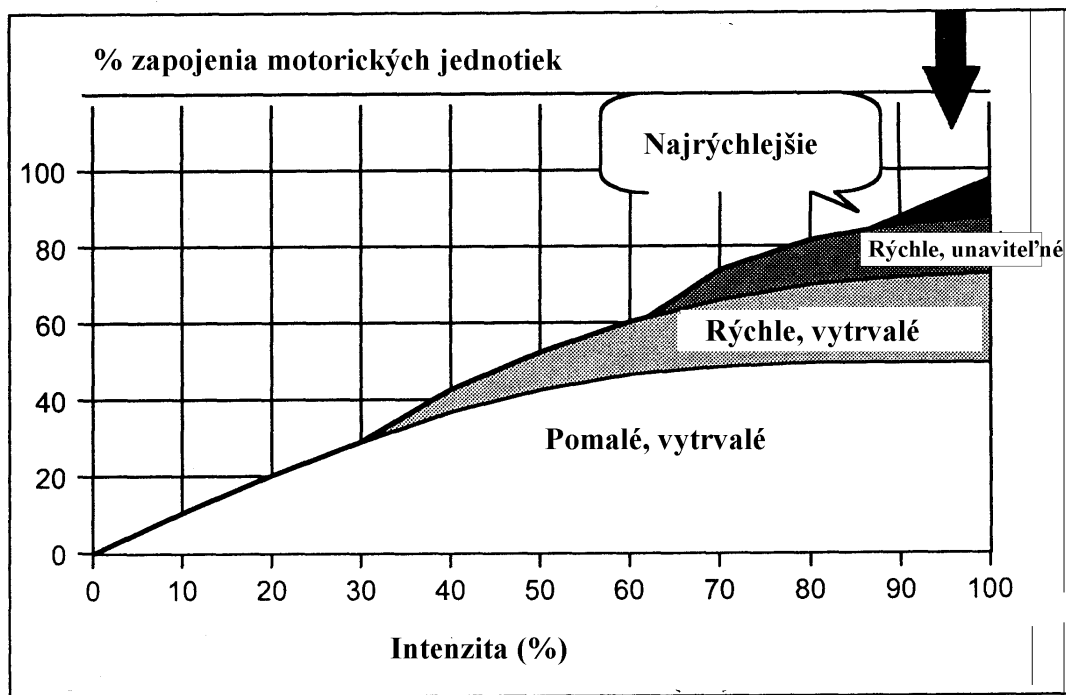
## Neuromuscular activation training



Explosive, ballistic strength training increases maximal strength but especially develops a quicker force development. Heavy resistance strength training develops especially a higher, maximal force (Häkkinen & Komi 1985; RFD rate of force development).

# Při silovém výkonu akceptujeme:

## ➔ Hennemanův princip velikosti



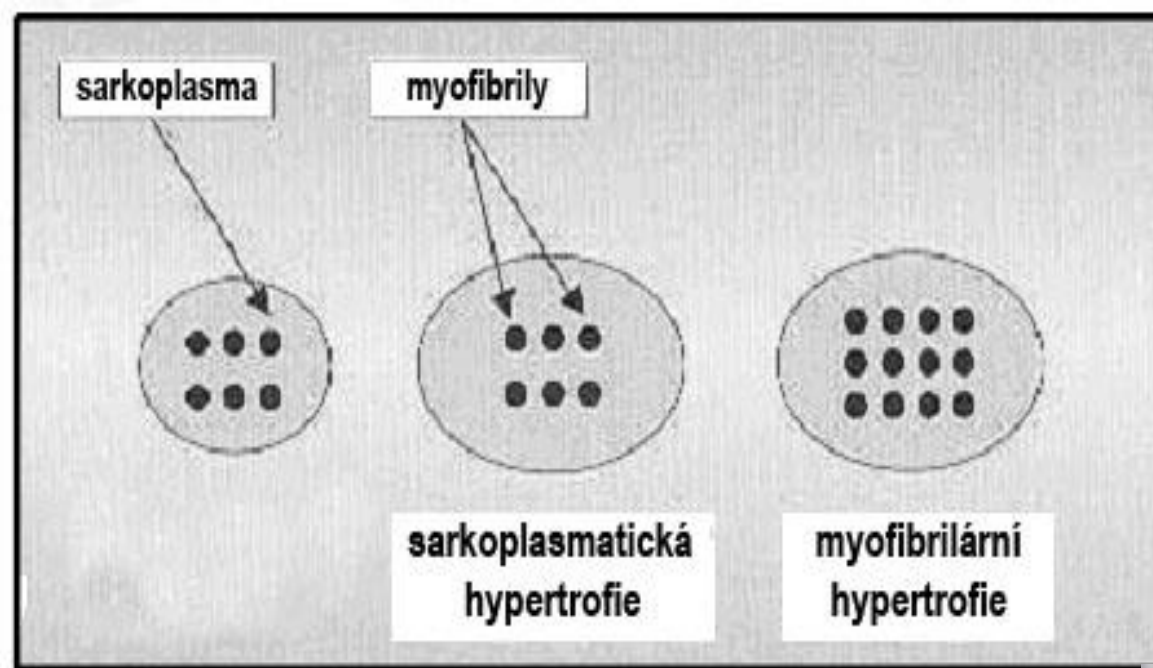
Poradie zapojenia motorických jednotiek v závislosti na intenzite





# Hypertrofie

- Pojem – hrubnutí svalu (průřez sv. vlákna)
- Sarkoplasmatická vs Myofibrilární
  - Zatsiorskij (5 – 60. léta)
  - <https://andersnedergaard.dk/en/kropblog/sarcoplasmic-hypertrophy/>



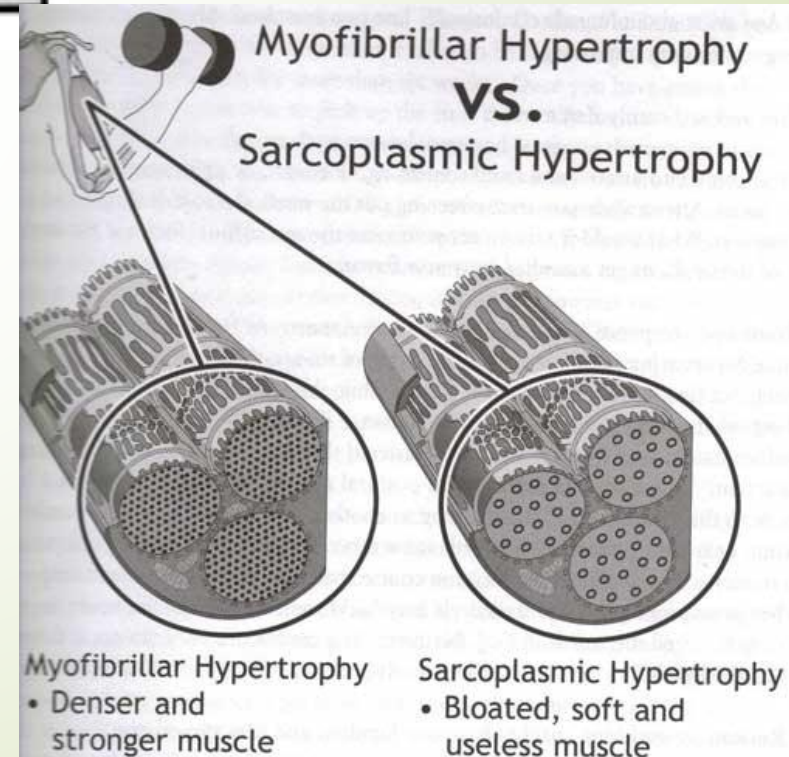
??????

- hypertrofický progres více než 100 %

## svalová vlákna tvořena:

- myofibrily - 85-90 %
- zbytek
  - extracelulární pojivová tkáň,
  - cévy,
  - mitochondrie,
  - glykogen 5 - 10 % → 15 - 20 %
  - membránové invaginace - slouží k šíření elektrických signálů
  - Sarkoplasma 0,5-2 %

(MacDougall et al., 1982)



# Sarkoplas. hypertrofie?

- Výzkum ukazuje nárůst TBW o cca 3 l/12 týdnů (začátečníci)
- Intracelular = ve svalu (sarkoplasma) cca o 1 kg
- svaly nárůst jen 4% za 12 týdnů
- V těle ale až 3 l tekutiny mimo svaly navíc – **kde jsou???**
- Ribeiro et al. 2014

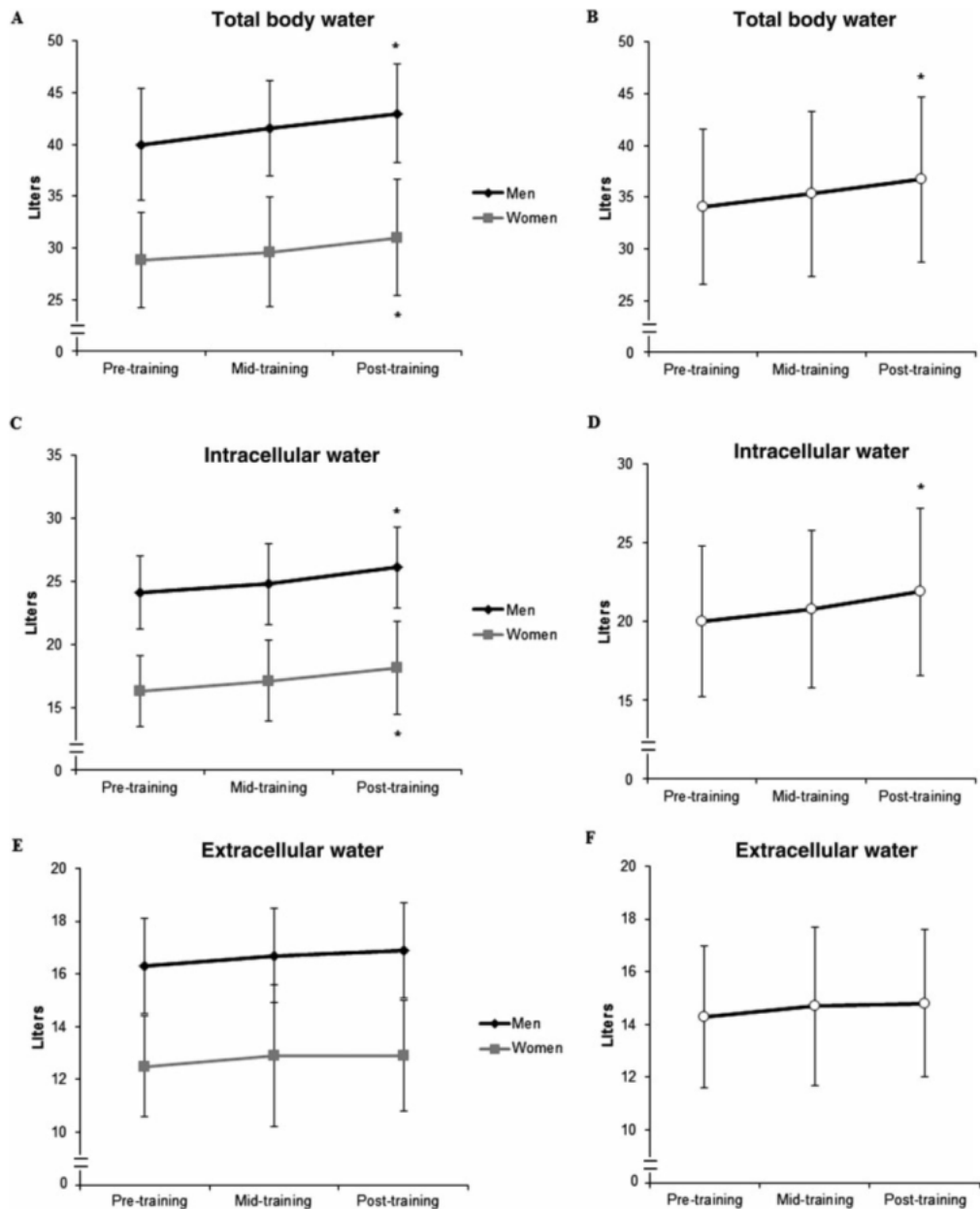


Figure 1. Total body water, intracellular and extracellular water in men and women (Panels A, C and E), and whole sample (Panels B, D and F) at different moments of the study. \* $P < 0.05$  vs. Pre-training. There was no significant sex by time interaction ( $P > 0.05$ ). Data are expressed as mean  $\pm$  standard deviation.





# Heavy loads: greater ↑ in strength and RFD than moderate loads?

## STUDY OBJECTIVE

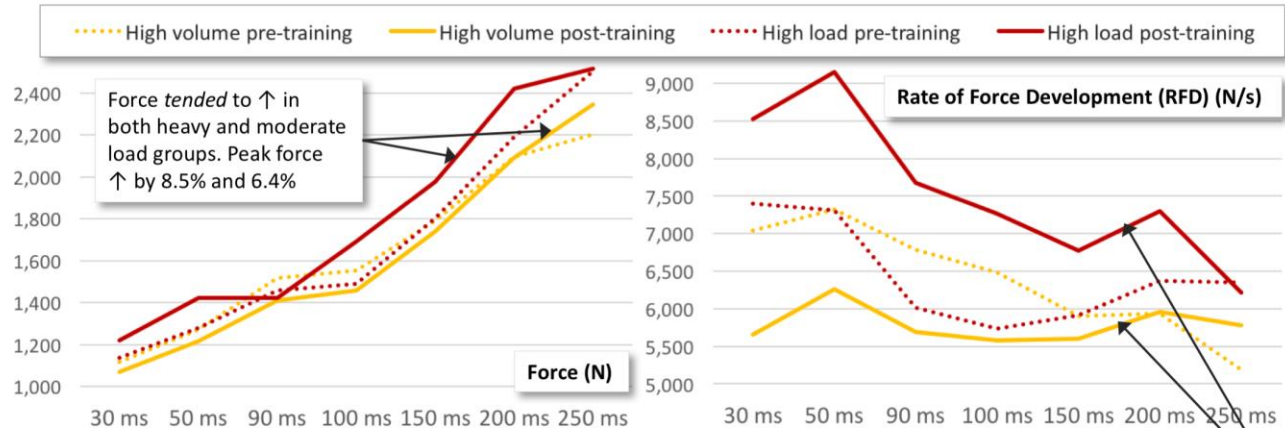
To compare the effects of long-term strength training with the same number of sets of either heavy (3 – 5RM) or moderate loads (10 – 12RM) on changes in force and rate of force development (RFD), in strength-trained males

## MEASUREMENTS

- Peak force and RFD in the isometric mid-thigh pull (IMTP) with a force plate; bar speed in pre-training 1RM squat and 1RM bench press, with a linear position transducer

How was this measured?

**Training:** 4 workouts per week for 8 weeks. Each workout involved 4 sets of 6 exercises. Heavy group did 3 – 5 reps per set with 90% of 1RM, with a 3-minute rest between sets. Moderate group did 10 – 12 reps per set with 70 % of 1RM, with a 1-minute rest between sets.



## WHAT DOES THIS MEAN?

Training with heavy loads tended to cause greater ↑ in maximum strength and RFD compared to moderate loads; the difference was most marked for RFD. Bar speed ↑ similarly in both groups.

Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Wang, R., Gonzalez, A. M., Townsend, J. R., Wells, A. J., & LaMonica, M. B. (2016). Resistance training intensity and volume affect changes in rate of force development in resistance-trained men. *European Journal of Applied Physiology*, 1-8.

Strength & Conditioning  
**Research**

<https://www.strengthandconditioningresearch.com/perspectives/strength-training-sprinting/>

Hypertrofická nebo MS?

3RM vs 10RM

Vliv odlišných forem silového tréninku na Fmax a RFD



## Neural Adaptations According to Strength Training Zones

Adaptations	INTENSITY ZONES (% OF 1RM)					
	6	5	4	3	2	1
	40-60	60-70	70-80	80-85	85-90	90-100
Intramuscular coordination:						
• Synchronization	****	****	****	****	****	****
• Recruitment	**	***	****	****	****	****
• Rate coding	****	***	***	***	****	****
Intermuscular coordination	****	****	***	***	**	*
Disinhibition of inhibitory mechanisms	*	***	***	***	****	****
Specific hypertrophy	**	****	****	***	**	**

Adaptation stimulus: \*\*\*\* = very high; \*\*\* = high; \*\* = medium; \* = low

All loads are supposed to be moved with the most explosive (and technically correct) concentric action that the load allows.

# High training volumes cause greater gains in repetition strength and hypertrophy?

## STUDY OBJECTIVE

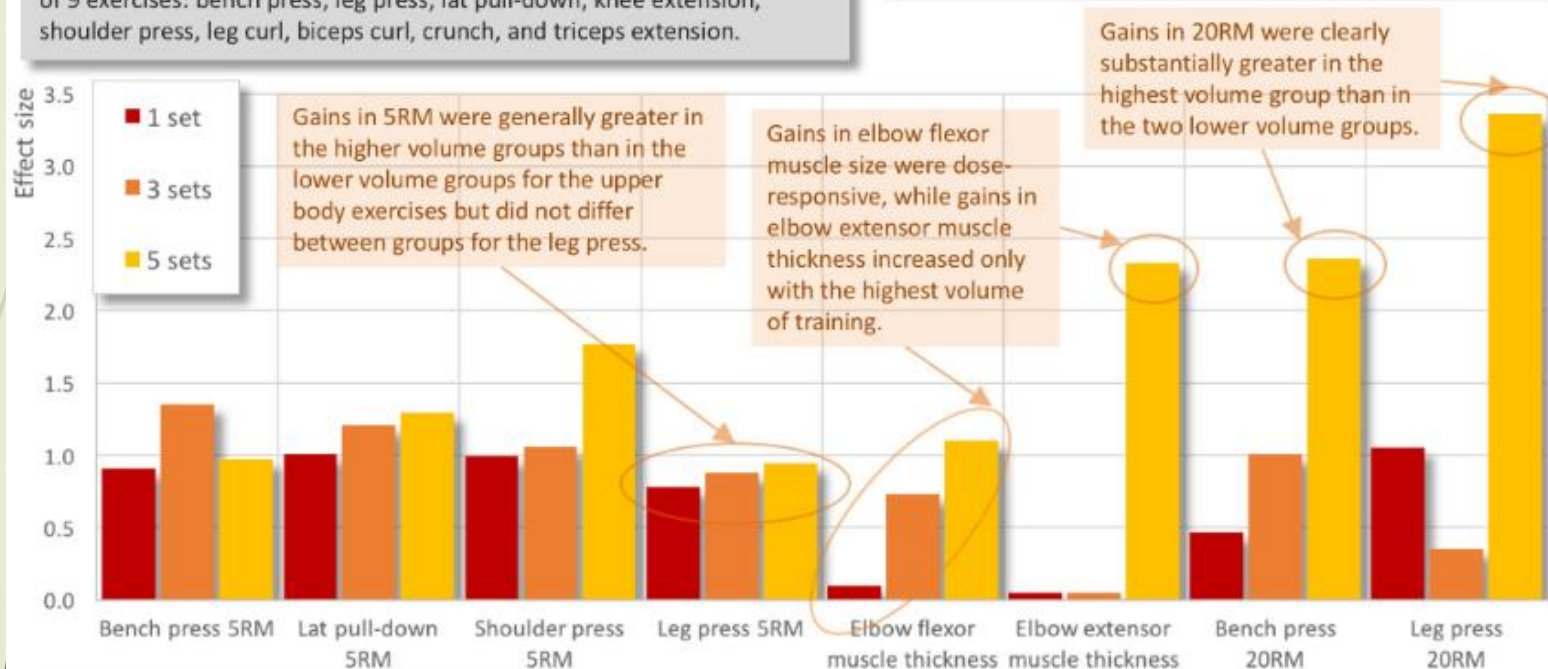
To assess the effects of training volume on gains in strength and muscle size, in a group of military recruits with previous experience of calisthenics

What was measured?

## MEASUREMENTS

- Maximum strength by 5RM bench press, leg press, lat pull-down, and shoulder press; muscular endurance (repetition strength) by 20RM bench press and leg press; muscle size by elbow flexor and extensor muscle thickness, using ultrasound; body composition and fat free mass (FFM) by bodyweight and body fat percentage, using skinfold calipers (data not shown); athletic performance by vertical jump height (data not shown)

**Training:** Subjects trained 3 days a week for 6 months, using 1, 3 or 5 sets of 8 – 12RM to failure (90 – 120 seconds rest between sets and exercises) of 9 exercises: bench press, leg press, lat pull-down, knee extension, shoulder press, leg curl, biceps curl, crunch, and triceps extension.



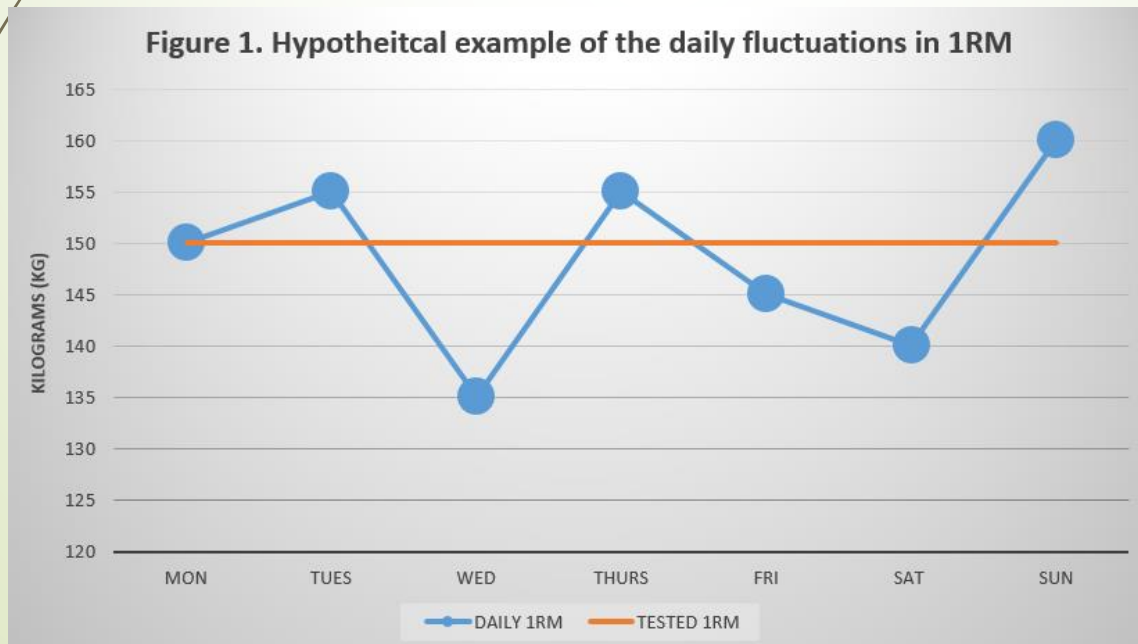
## WHAT DOES THIS MEAN?

Training volume per muscle tested was 3, 9 and 15 sets per muscle group per workout (9, 27, and 45 sets per week) for elbow extensors and 2, 6 and 10 sets per muscle group per workout (6, 18, and 30 sets per week) for elbow flexors. Volume per exercise tested was much less.

Gains in maximum and repetition strength were moderately and substantially dose-responsive to training volume respectively, between 1 and 5 sets per workout (from 3 to 15 sets per week). Hypertrophy was also dose-responsive to training volume, between 2 – 3 and 10 – 15 sets per muscle group per workout (from 6 – 9 to 30 – 45 sets per week).

## Orientační posouzení náročnosti cvičení

- vypočítáním *tréninkového objemu*
- vypočítáním *tréninkové intenzity*
  - intenzita vs úsilí
  - Východisko 1 RM



# Intenzita a rychlost při cvičení do selhání

## ► Pokles intenzity

- pokles rychlosti provedení opak. v sérii
- snížení velikosti odporu mezi sériemi při shodném počtu opakování
- Snížení počtu opakování mezi sériemi se stejným odporem

**Table 4.** Average concentric velocity (m/s) for the repetitions in reserve during the back squat.

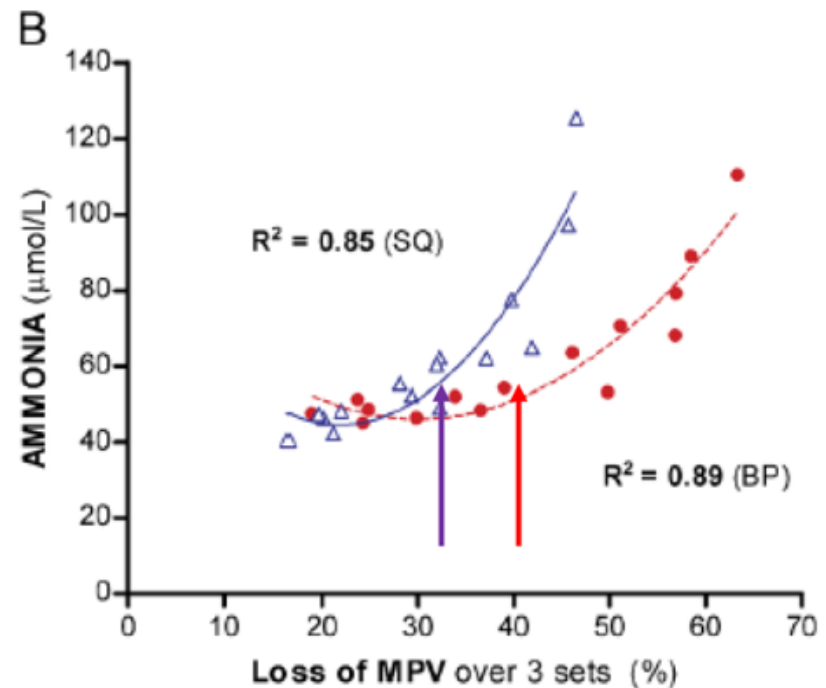
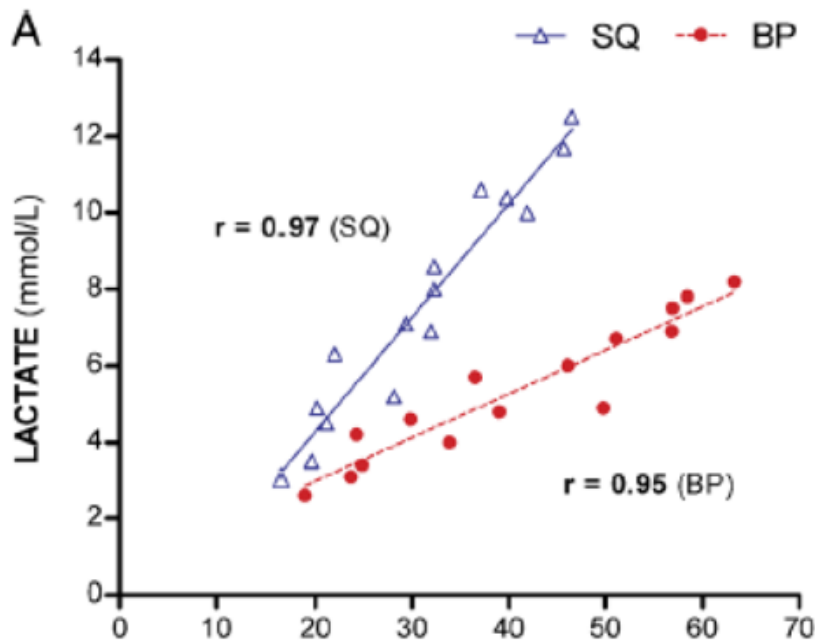
Reps left in the tank	60%	65%	70%	75%	Average (m/s)	SD	CV
9	0.54	0.51	0.50	0.49	0.51	0.02	4%
8	0.52	0.51	0.47	0.49	0.49	0.02	4%
7	0.50	0.50	0.48	0.47	0.49	0.02	4%
6	0.48	0.48	0.46	0.45	0.47	0.01	3%
5	0.49	0.47	0.46	0.44	0.46	0.02	5%
4	0.47	0.46	0.45	0.42	0.45	0.02	5%
3	0.47	0.43	0.43	0.41	0.43	0.02	5%
2	0.44	0.44	0.43	0.39	0.42	0.02	6%
1	0.39	0.40	0.44	0.38	0.40	0.02	6%
0	0.34	0.32	0.33	0.31	0.32	0.01	3%

*This table is adapted from [24] and [5].*

<https://www.scienceforsport.com/velocity-based-training/?fbclid=IwAR2siYHLNdDEQ4F2dqXS64BaM1N4Zbz1pU6RnONzBIkKt72xL0O76l8XjIU>

- Metabolická únava (LA - roste s objemem lineárně)
  - Neuromuskulární (roste po křivce)
  - Pro **nárůst svalové hmoty** (nutně nesouvisí s tělesnou tekutinou) není nutné cvičit do selhání, naopak je nutné cvičit ve velkém objemu
  - **???** Platí toto i pro kulturisty???
- „sarkoplasmatická hypertrofie“

<https://www.scienceforsport.com/velocity-based-training/?fbclid=IwAR2sIYHLNdDEQ4F2dqXS64BaMtN4Zbz1pU6RnONzBlkKt72xL0O76l8XjIU>





➤ Koncentrická a excentrická síla

➤ Rozvíjíme obě složky?

➤ Víme jak na kterou sílu?

➤ Absence výzkumů!

# Koncentrický vs excentrický trénink

<https://www.strengthandconditioningresearch.com/perspectives/strength-training-sprinting/>

## Eccentric training preferentially increases *eccentric* strength?

### STUDY OBJECTIVE

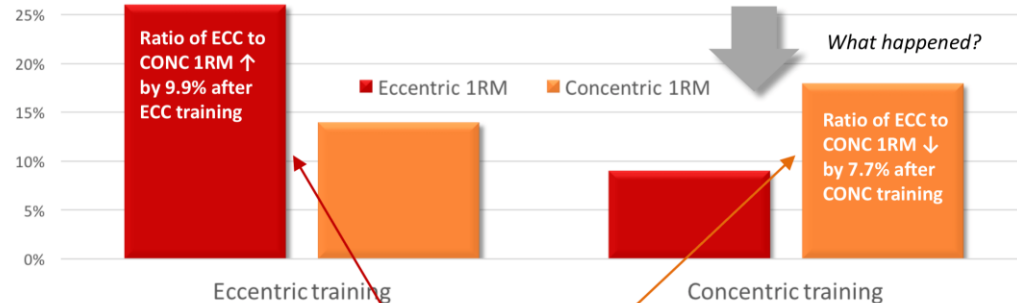
To compare the effects of long-term strength training programs involving either eccentric (ECC) or concentric (CONC) muscle actions on changes in muscular strength and size, in strength-trained males

**Training:** 2 - 3 workouts per week for 12 weeks, using 3 - 5 sets of 4 - 8 reps of a pulley-based biceps curl. The CONC group moved the weight with maximal speed, while the ECC group used a 3 - 4 second duration.

### MEASUREMENTS

- CONC biceps curl 1RM, in the pulley machine
- ECC biceps curl 1RM, in the same pulley machine (duration of  $\geq 3.5$  seconds)
- Ratio of ECC to CONC 1RM strength
- Maximum elbow flexion angular velocity at 30, 50, 70, and 90% of pre-training concentric 1RM
- Anatomical cross-sectional area of the elbow flexors with computed tomography, and changes in fiber type by muscle biopsy and subsequent ATPase histochemistry (data not shown)

How was this measured?



What happened?

### WHAT DOES THIS MEAN?

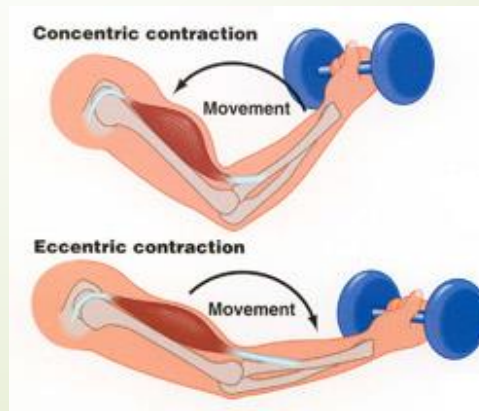
Eccentric training increased **eccentric strength** by more than concentric training, and concentric training *tended* to increase **concentric strength** by more than eccentric training. This caused an  $\uparrow$  in the ratio of ECC to CONC 1RM after eccentric training but a  $\downarrow$  after concentric training.

Vikne, H., Refsnes, P. E., Ekmark, M., Medbø, J. I., Gundersen, V., & Gundersen, K. (2006). Muscular performance after concentric and eccentric exercise in trained men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(10), 1770-1781.

Strength & Conditioning  
**Research**

# Excentrická kontrakce

- ▶ vede k prodloužení svalu, a to v situaci kdy zatížení svalu je větší než vyvíjená síla (Hamill, Knutzen, 2006).
- ▶ Důvodem zatížení může být:
  - ▶ gravitace,
  - ▶ supramaximální zatížení s hodnotami přesahující jedno opakovací maximum (1RM),
  - ▶ činnost antagonistů
- ▶ Zátěž při Exc. kontrakci se pohybuje směrem dolů (ve směru gravitace)
- ▶ Svaly pohyb dolů brzdí a kontrolují, ne iniciují (decelerace),
- ▶ Excentrická zátěž vyžaduje pouze asi 1/6-1/7 množství O<sub>2</sub> než stejné zatížení v režimu koncentrickém (Bigland-Ritchie & Woods in Lastayo et al, 1999)
- ▶ Excentrické cvičení vyžaduje nižší úroveň řízení



Brady, D., 2012)



# Neuromuskulární adaptace

- zvýšená schopnost zapojovat agonistické svaly
- zlepšení inter-svalové koordinace
- snížení aktivace antagonistických svalů – nejednotné závěry (STABILITA KLOUBŮ VS. KROUTIVÝ MOMENT)
- vyšší kapacita pro aktivaci motorických jednotek v excentrické kontrakci (NE u koncentrické) = specifčnost z hlediska typu kontrakce

# Strukturální adaptace

- ▶ První teorie
  - ▶ sval se adaptuje změnou své klidové délky,
  - ▶ dochází ke **zvýšení počtu sarkomer v sérii** a sval je schopen se více prodloužit (Brockett et al., 2001).
- ▶ Druhá teorie:
  - ▶ po první intenzivní etapě excentrického cvičení jsou **slabá vlákna redukována**
  - ▶ silnější a odolnější vlákna zůstávají a mají ochranný efekt (Armstrong et al. In. LaStayo et al., 2003).
  - ▶ Chronická excentrická zátěž způsobuje větší pevnost svalového vlákna. Tato pevnost má význam při protahování svalu, kdy chrání sval před poškozením při nadměrném
- ▶
- ▶ Exc. trénink zvyšuje množství svalové hmoty - **vede ke zvýšení průřezu svalových vláken** - spojeno s růstem počtu i průřezu myofibril – úlohu mají satelitní buňky
- ▶ Není zatím známo, jaký objem práce, intenzita cvičení a intervaly odpočinku jsou optimální pro hypertrofii
  - ▶ Wernbom et al., In. Brady 2012

## Phases Completed

Concentric

Eccentric

Concentric & Eccentric (Quality Reps)

## Hypertrophy per Day

0.06%

0.03%

**0.12%**



Eccentric, isometric and concentric strength gains of knee extensor muscles in eccentric training studies

	Strength $\Delta\%$ (pre- to post-training)			Strength $\Delta\%$ (per training session)		
	ECC	ISO	CON	ECC	ISO	CON
Baroni et al. [107]	↑ 29%	↑ 24%	↑ 15%	↑ 1.38%	↑ 1.14%	↑ 0.71%
Baroni et al. [108]	-	-	-	-	-	-
Ben-Sira et al. [109] - A group	-	-	↑ 16%	-	-	↑ 1.00%
- B group	-	-	↑ 23%	-	-	↑ 1.44%
Blazevich et al. [100]	↑ 39%	-	↑ 16%	↑ 1.30%	-	↑ 0.53%
Blazevich et al. [102]	-	↑ 10%	-	-	↑ 0.33%	-
Franchi et al. [119]	↑ 44%	↑ 11%	-	↑ 1.47%	↑ 0.37%	-
Guilhem et al. [120] - A group	↑ 15-47% <sup>VD</sup>	↑ 16%	ns-↑ 18% <sup>VD</sup>	↑ 2.35%	↑ 0.80%	↑ 0.90%
- B group	ns-↑ 23% <sup>VD</sup>	↑ 14%	ns-↑ 8% <sup>VD</sup>	↑ 1.15%	↑ 0.70%	↑ 0.40%
Higbie et al. [93]	↑ 36%	-	↑ 7%	↑ 1.20%	-	↑ 0.23%
Hortobagyi et al. [94]	↑ 116%	↑ 45%	ns	↑ 3.22%	↑ 1.25%	**
Hortobagyi et al. [95]	↑ 42%	↑ 30%	ns	↑ 1.83%	↑ 1.30%	**
Housh et al. [113]	↑ 29%	-	-	↑ 1.61%	-	-
Mayhew et al. [92]	-	↑ 8%	-	-	↑ 0.67%	-
Melo et al. [103]	↑ 20%	-	-	↑ 0.83%	-	-
Miller et al. [99]	↑ 27%	-	↑ 25%	↑ 0.45%	-	↑ 0.42%
Nickols-Richardson et al. [101]	↑ 29%	-	↑ 15%	↑ 0.48%	-	↑ 0.25%
Poletto et al. [108]	↑ 38-41%	-	-	↑ 3.42%	-	-
Raj et al. [118]	-	↑ 7%	↑ 5-11% <sup>VD</sup>	-	↑ 0.22%	↑ 0.34%
Raue et al. [116]	-	-	ns	-	-	**
Reeves et al. [117]	↑ 9-17% <sup>VD</sup>	ns	ns-↑ 33%	↑ 1.41%	**	**
Rocha et al. [106]	ns-↑ 59% <sup>VD</sup>	↑ 24%	ns	↑ 1.69%	↑ 0.69%	**
Santos et al. [105]	↑ 17-27% <sup>VD</sup>	↑ 16%	-	↑ 2.25%	↑ 1.33%	-
Schroeder et al. [115] - A group	-	-	↑ 19%	-	-	↑ 0.59%
- B group	-	-	↑ 24%	-	-	↑ 0.75%
Seger and Thorstensson [97]	ns-↑ 43% <sup>VD</sup>	-	ns	↑ 1.43%	-	**
Seger et al. [96]	ns-↑ 34% <sup>VD</sup>	ns	ns-↑ 8% <sup>VD</sup>	↑ 1.13%	**	↑ 0.27%
Smith and Rutherford [110]	-	ns-↑ 31% <sup>AD</sup>	ns-↑ 21% <sup>VD</sup>	-	↑ 0.52%	↑ 0.35%
Sorichter et al. [112] - A group	-	ns	-	-	**	-
- B group	-	↑ 9%	-	-	↑ 0.08%	-
Spurway et al. [114]	↑ 18-34% <sup>VD</sup>	ns	ns-↑ 20% <sup>VD</sup>	↑ 1.90%	**	↑ 1.10%
Symons et al. [98]	↑ 26%	↑ 25%	↑ 10%	↑ 0.72%	↑ 0.69%	↑ 0.28%
Tomberlin et al. [91]	↑ 53%	-	ns	↑ 2.94%	-	**
Weir et al. [111]	↑ 29%	ns-↑ 15% <sup>AD</sup>	-	↑ 1.21%	↑ 0.63%	-

ECC = eccentric tests; ISO = isometric tests; CON = concentric tests; ns = not significant; <sup>VD</sup>velocity-dependence; <sup>AD</sup>angle-dependence; M = male; F = female; \*\* not significant values or not informed values of strength increments in pre- to post-training were not considered for analysis in per training session changes; obs.: when more than one velocity was tested, the higher strength increments were used to calculate the strength increment per training



# Minimalizace příznaků opožděného nástupu svalové bolesti (DOMS)

- ▶ Dostavuje se, pokud náhle vzrůstá intenzita nebo objem excentrického cvičení, nebo je vykonáván nezvyklý pohyb o vysoké intenzitě (Nosaka, Newton, 2002)
  - ▶ Excentrický trénink začátečníků
- ▶ Příčina
  - ▶ narušením struktury sarkomery a poškozením mechanismu spřažení excitace a kontrakce (Warren et al. in Proske, Morgan, 2001, s. 333)
- ▶ Typické příznaky
  - ▶ snížená svalová síla,
  - ▶ zvýšení hladiny kreatinkinázy v séru,
  - ▶ poškozením struktury svalového vlákna,
  - ▶ zánět,
  - ▶ zvýšením aktivity proteolytických enzymů a bolestí (Stupka et al., 2001).
- ▶ minimalizace = excentrické cvičení vykonávat dle principů přiměřenosti a postupnosti (nízká intenzitě na začátku stimulace)
- ▶ projevy bolesti = následek špatně řízeného tréninku

# Trendy a možnosti využití

Excentrický trénink – technika				
Technika	provedení	Doba trvání	Série/opakování	Příklady cvičení
technika 2/1	Zvedání závaží v koncentrické fázi pomocí 2 končetin, spouštění pouze 1 končetinou	5s	70 – 80% 1RM Vybraného cviku  60s – interval odpočinku	Předkopávání, zakopávání, dřepy, bicepsový zdvih atd.
Kombinovaná technika dvou cviků	Složený pohyb z koncentrického multikloubního cviku a izolovaného excentrického cviku	5s	4 – 5 sérií x 5 opakování 90 – 110% 1RM 60s – interval odpočinku	Vzpěračský nadhoz
Pomalou/rychle	Super pomalá excentrická fáze zatímco koncentrická je explozivní	Různorodost vlivem zátěže  Nižší % 1RM umožňuje delší excentrickou kontrakci (60% 10 – 12s)	60 – 85 % 1RM 60s- interval odpočinku	Tricepsově stahování kladky, dřepy s činkou, bench press atd.
Negativní (spramax.)	Brzdící technika vyžadující dopomoc 1 – 2 lidí	Závislá na zatížení	Jedno opakování 4 – 6 sérií 110 – 130% 1RM	Dřep, bench press atd.

► Typy excentrického tréninku dle Mike, Kerkick a Kravitz In: Horák, (2016)

► Délka zotavení mezi cvičeními by měla být minimálně 24-48 hodin (Nosaka, Newton, 2002).

# Východiska rozvoje síly

➤ Postup v RTC

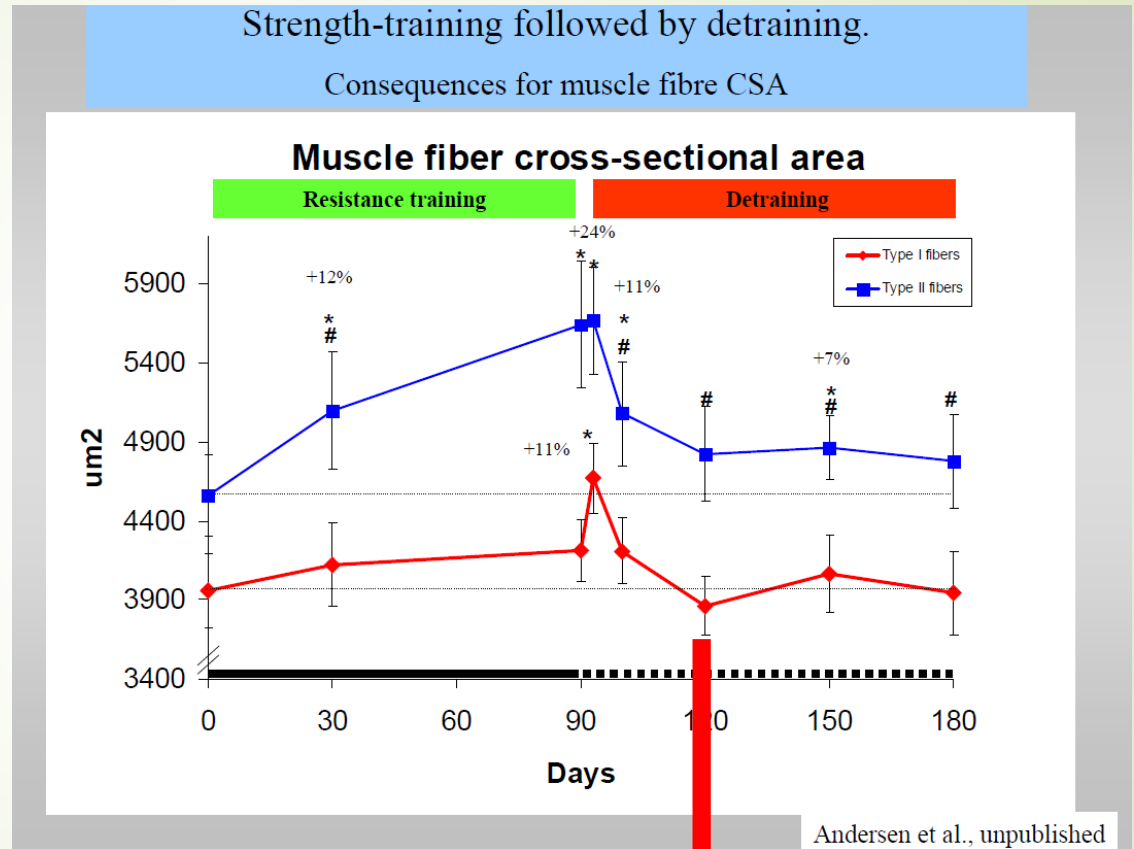
➤ kontinuita ➔

➤ postupnost

➤ přiměřenost

➤ individualizace

➤ specifická

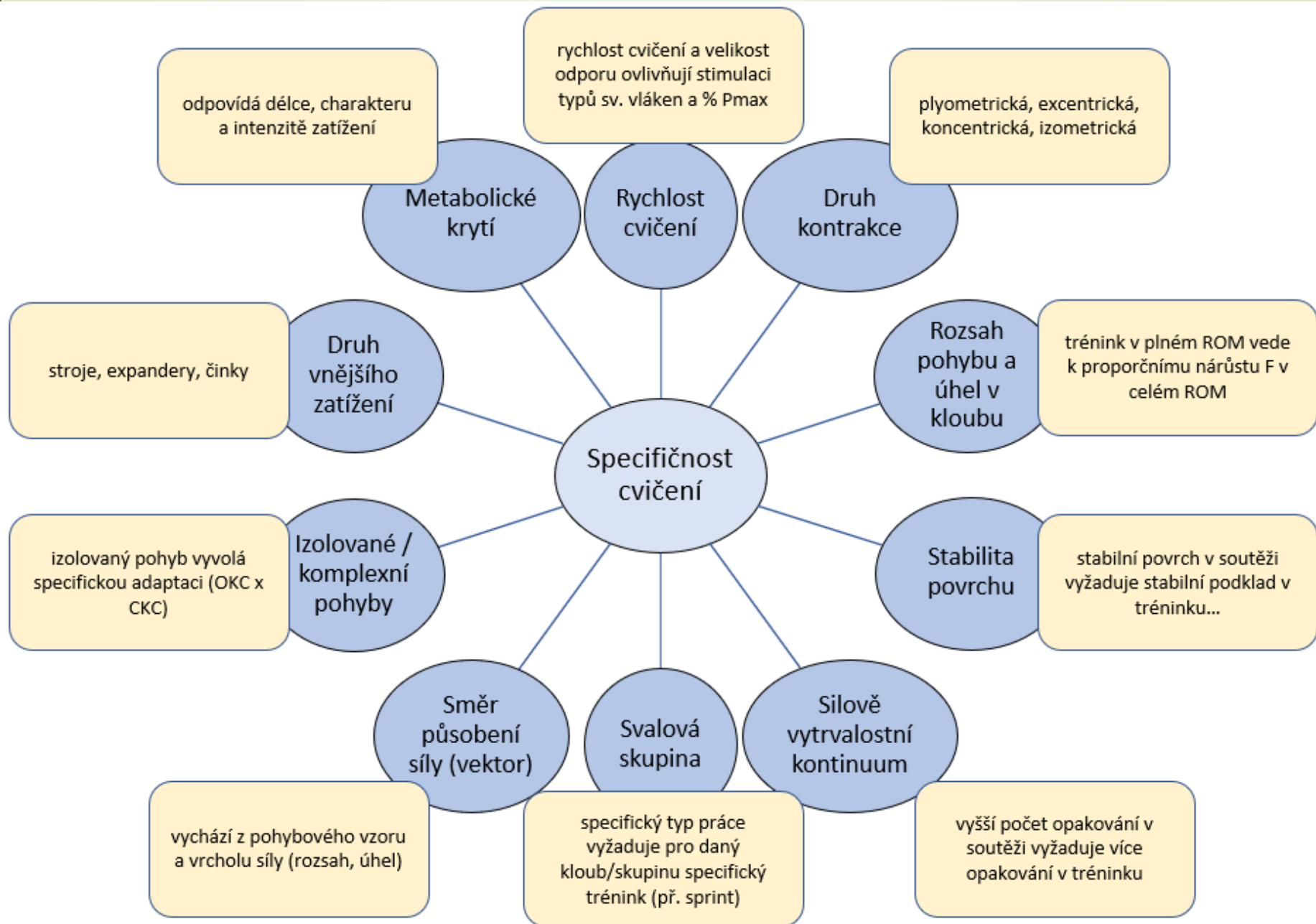


(Andersen, přednáška)

- ZVÝŠENÉ RIZIKO PORANĚNÍ
- SNÍŽENÝ VÝKONNOSTNÍ POTENCIÁL

# specifičnost

- **Struktura SV**
- Rychlost
- Typ kontrakce
- Vektor síly
- Svalová skupina
- Vrchol síly ve vztahu k rozsahu pohybu (úhlu) a rychlosti
- Stabilita (podklad)
- Rozsah pohybu
- Metabolické krytí
- Jedno vs multikloubní cvičení





## UKA klasifikace tělesných cvičení

**Specifická závodní cvičení (CE)**

Cvičení identická se soutěžním provedením pohybu (př. skokani = kompletní skoky)

**Speciálně rozvíjející cvičení (SDE)**

Cvičení identická částem soutěžního provedení pohybu (př. v disku = odhody ze stoje; sprinteři = resistenční sprinty)

**Speciální přípravná cvičení (SPE)**

Cvičení neodpovídající soutěžnímu provedení pohybu, ale stimulující shodné svalové skupiny a energetické systémy (př. vzpírání, odrazy...)

**Všeobecná přípravná cvičení (GPE)**

Cvičení neodpovídající soutěžním provedením pohybu ani eng. systémům

# F<sub>max</sub> a rychlost

## Maximal concentric force vs. 100 m time

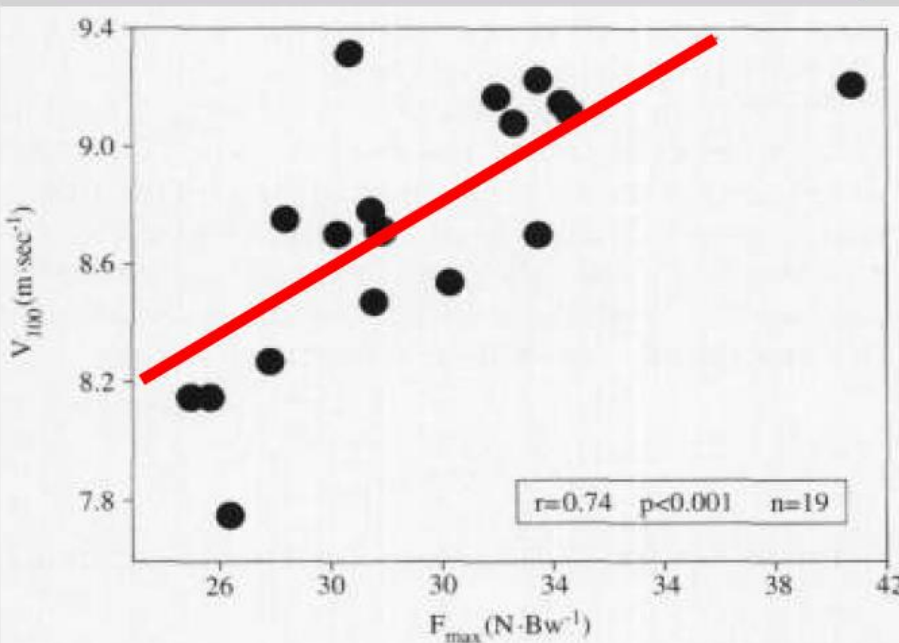
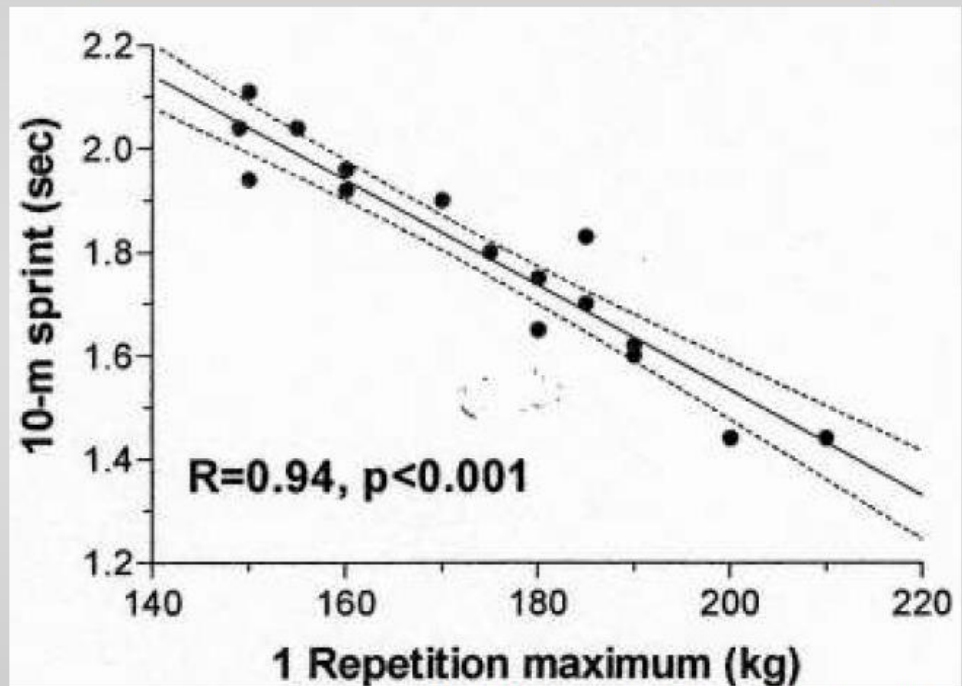


Fig. 2.—Relationship between the maximal force ( $F_{max}$ ) and the mean velocity reached during a 100 m sprint ( $V_{100}$ ).

Bret et al, 2002

## Short sprint vs. Maximal strength



Wisloff et al., Br. J. Sports Med., 2004



# Východiska Plyometrického tréninku

# principy

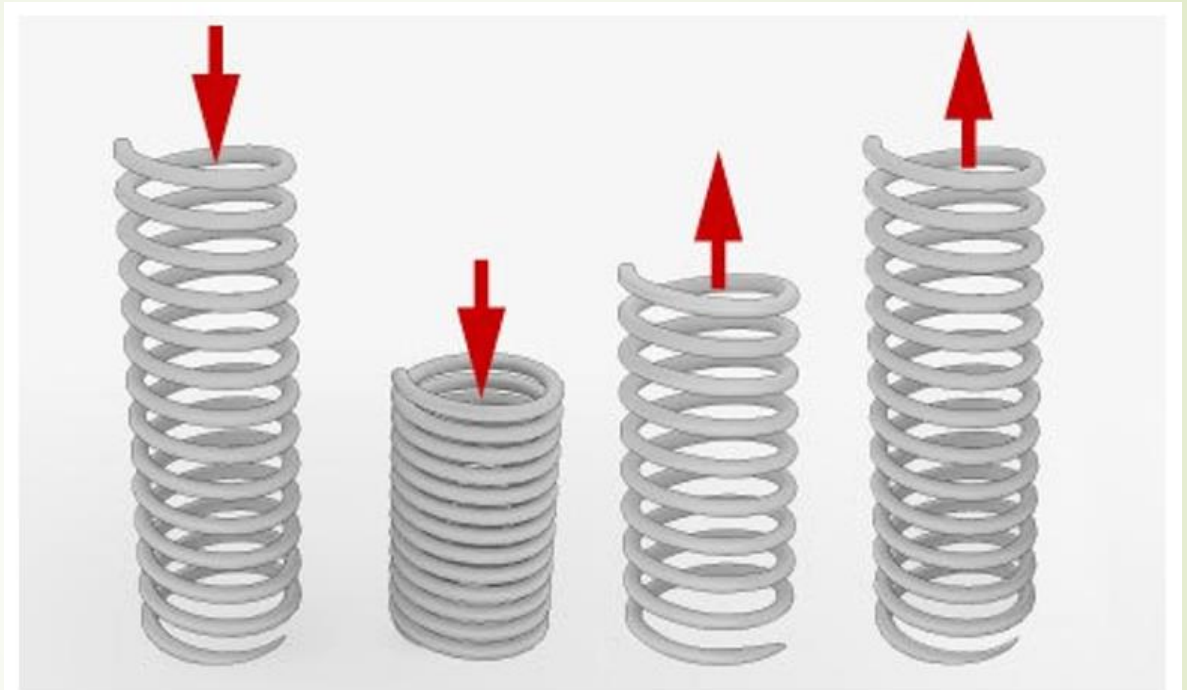
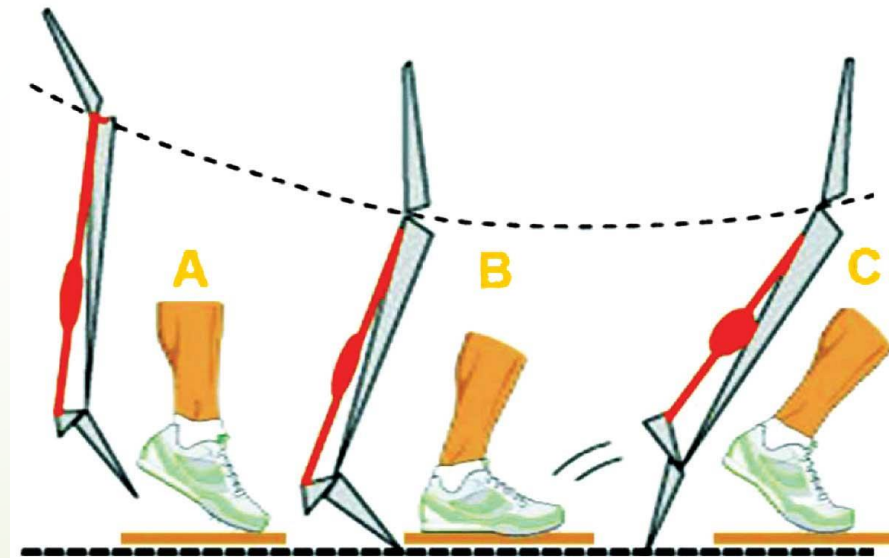


Figure 2. Spring-like mechanism of the SSC.  
cycle/

ing-

- ▶ **fáze I** = excentrická (A) - předaktivační fáze natažení agonistického svalu
  - ▶ Elastická energie je uložena v sériových elastických komponentách
  - ▶ Svalová vřeténka jsou stimulována .
- ▶ **fáze II** = amortizace (B) – „statická“ fáze mezi fázemi I a III
  - ▶ Typ Ia aferentní nervové synapse.
  - ▶ Alfa motoneurony vysílají signál do agonistické svalové skupiny.
- ▶ **fáze III** = koncentrická (C) - zkrácení agonistických svalových vláken
  - ▶ Elastická energie se uvolňuje z elastických sériových komponent.
  - ▶ Alfa motoneurony stimulují agonistickou svalovou skupinu.

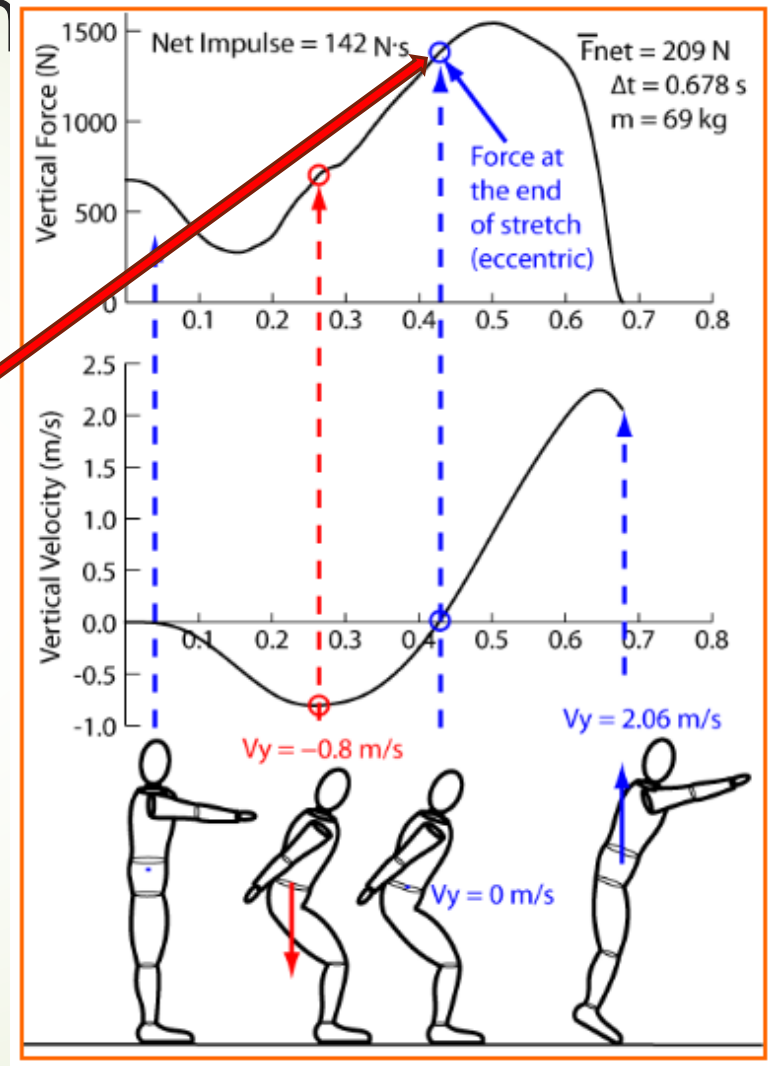
## Tři fáze Plyometrických cvičení






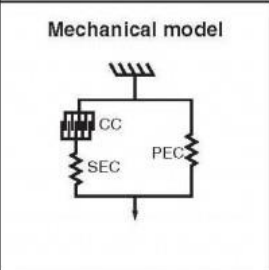
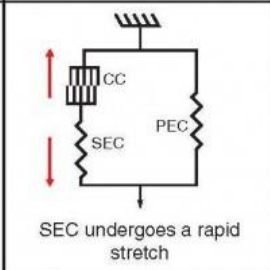
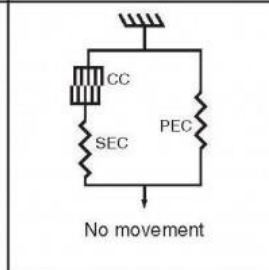
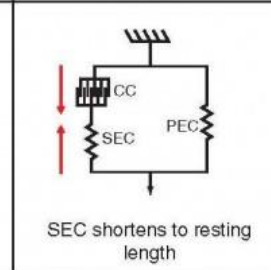
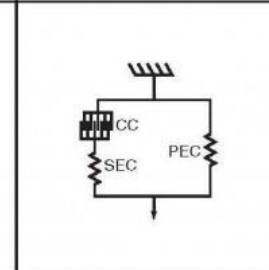
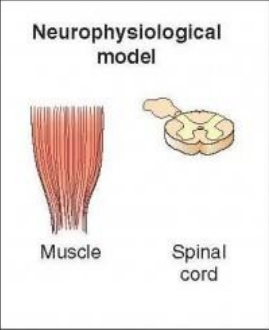
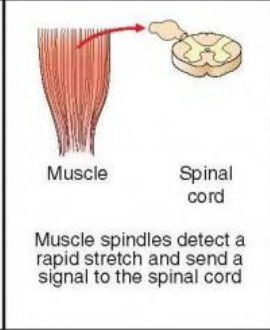
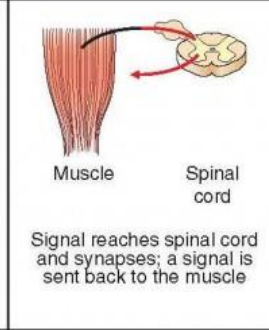
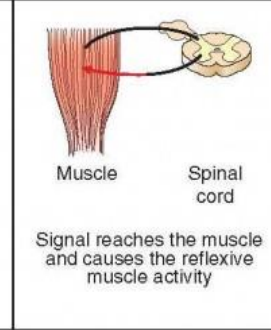
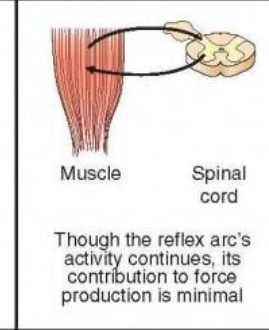




# Základní inform

- Pokud není přechod mezi excentrickou a koncentrickou fází okamžitý, energie se rozptýlí uvnitř svalu.
- Excentrická fáze vyvolá strečinkový reflex - zvyšuje aktivaci svalstva = silnější kontrakce.
- excentrická fáze zatěžuje komplex svalů a šlach, což způsobuje, že koncentrická fáze SSC začíná na vyšší úrovni síly, než pouze koncentrický pohyb

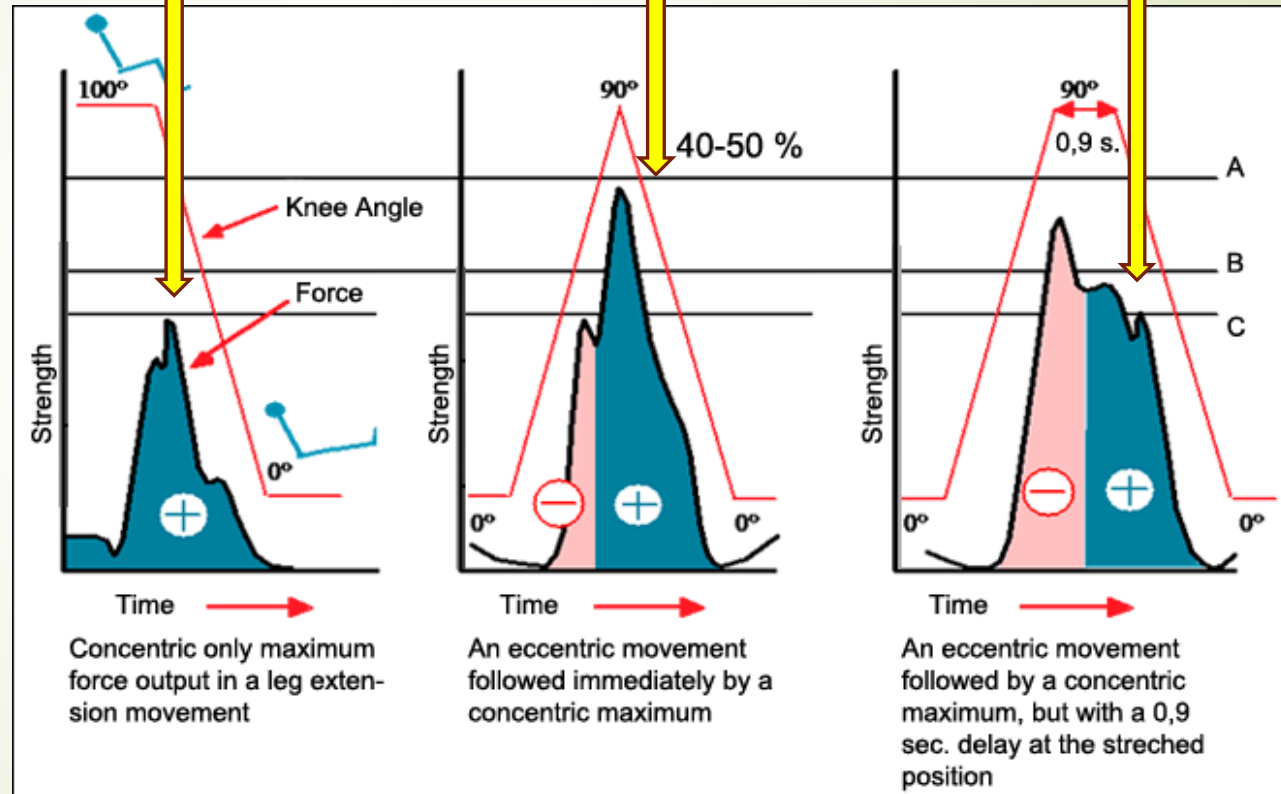


				
Resting position	Countermovement	Pause	Jump up	
<b>Mechanical model</b> 	 SEC undergoes a rapid stretch	 No movement	 SEC shortens to resting length	
<b>Neurophysiological model</b> 	 Muscle Spinal cord Muscle spindles detect a rapid stretch and send a signal to the spinal cord	 Muscle Spinal cord Signal reaches spinal cord and synapses; a signal is sent back to the muscle	 Muscle Spinal cord Signal reaches the muscle and causes the reflexive muscle activity	 Muscle Spinal cord Though the reflex arc's activity continues, its contribution to force production is minimal
<b>Stretch-shortening cycle</b>	<b>Eccentric phase</b>	<b>Amortization phase</b>	<b>Concentric phase</b>	

Pouze koncentrický pohyb

Typický příklad využití SSC pro generování síly v koncentrické fázi

Délka E a A fáze 0,9s – koncentrická fáze = nižší produkce síly



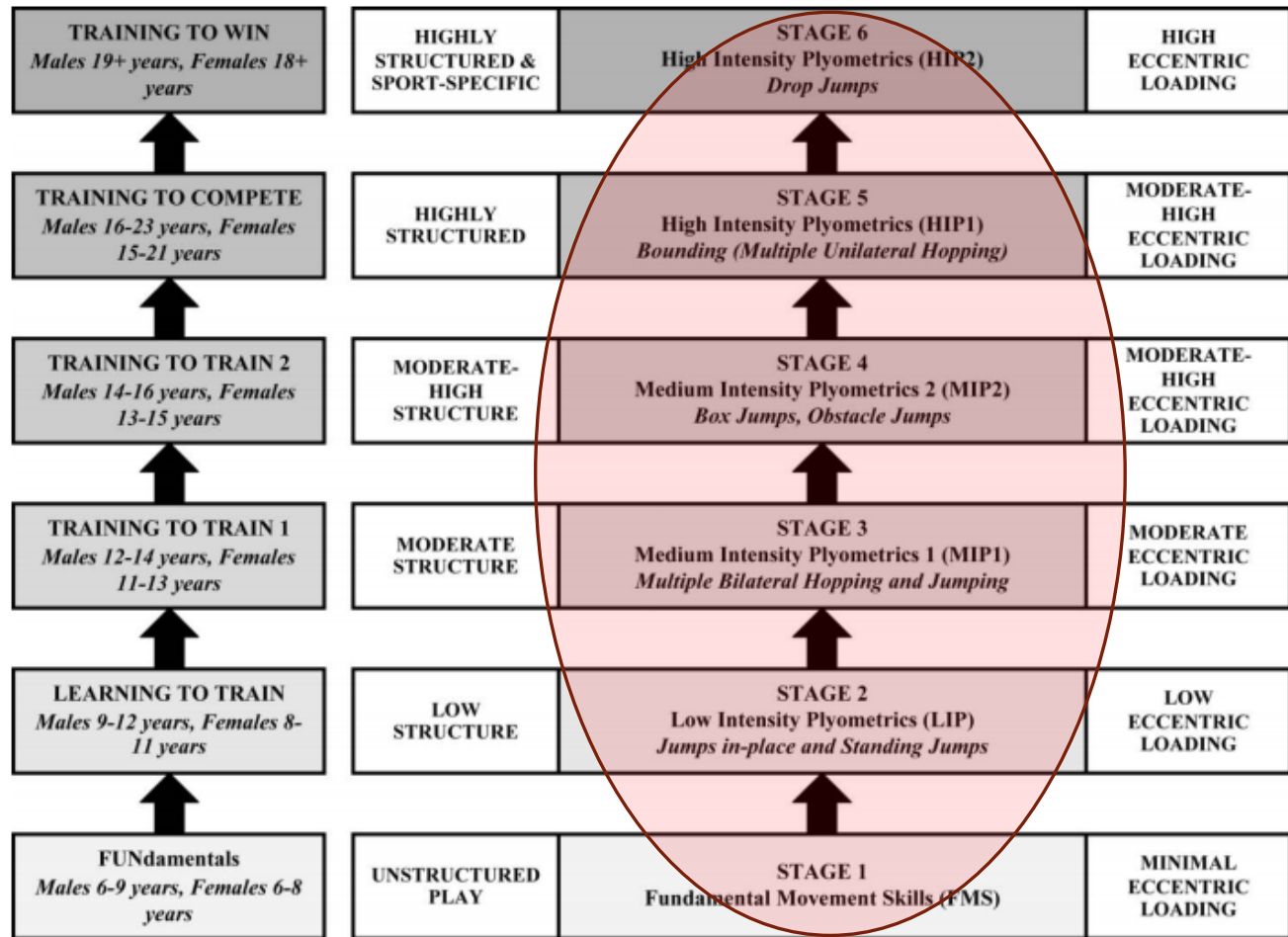
Elektromyografie a charakteristika produkované síly extenzorů dolních končetin u elitních vzpěračů během izometrického, koncentrického a variabilního cyklu SSC

Häkkinen K; Komi P V; Kauhanen H., 1989. *International journal of sports medicine* 1986;7(3):144-51  
In: <https://www.david.fi/technology/design/effectiveness/>

DOPORUČENÝ POSTUP

# LTAD a PLY

<https://pdfs.semanticscholar.org/5cca/6ab67ae6f697bda907207e6e338139a3ecf9.pdf>

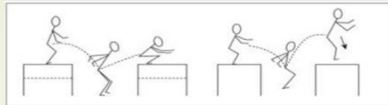


Plyometric progression model.



# Plyometric Preparation & Progressions

by Jacob Jennings



practical considerations

## Phase - 1 Movement/Coordination

Examples	Focus	Characteristics
General Play Skipping Jumping Jump Rope	Self-Directed Unstructured Coordination Fun	Low impact Challenge NM System Repetition Introduction to force reduction and production

## Phase - 2 Landing and Force Absorption

Characteristics	Focus	Examples
Low and Slow Low level eccentric Slow eccentric Slower contact times Slower RFD Sub-maximal Large ROM	Structure Landing technique Force absorption NM Efficiency RFD Repetition Quality	Box Jump Depth Drop Squat Jump CMJ Broad Jump Hop and Stick Dynamic Calf Raise Pogos

## Phase - 3 Plyometric Strength

Examples	Focus	Characteristics
Squat Jumps Continuous Jumps Hops Small Hurdle Jumps Bench Drives Alternating Split Jumps Pogos	Structure Technique Force generation SSC RFD NM Efficiency Quality	High force High ROM SSC Low rate SSC Quicker RFD Shorter contact times Close to maximal effort Moderate-large ROM Less stiffness

## Phase - 4 Plyometric Power

Characteristics	Focus	Examples
High eccentric force Low ROM SSC High rate SSC Sports Specific ROM Rapid contact times Maximal effort High stiffness Quick RFD	Structure Stiffness RFD Quick ground contact Quality Intensity	Drop Jumps High Hurdle Jumps Rebound Jumps Bounding Distance hops Pogos

## General Rules

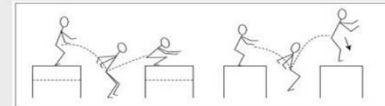
- Bilateral before Unilateral
- Slow before Fast
- Low before High
- Short before Long
- Consider Joint Involvement
- Periodise
- Quality over Quantity
- General before Sports Specific

Linear and Lateral



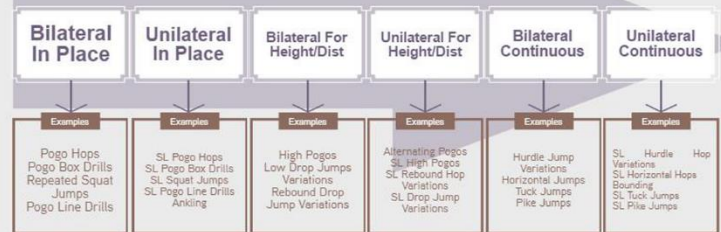
# Plyometric Progressions

by Jacob Jennings



practical considerations

## Reactive Plyometrics



Athletes may be performing plyometric exercises in multiple streams depending on their competency and where in their overall plan they are. For example, an athlete may be in the final bilateral stream yet only in stream 1 or 4 when it comes to unilateral capacity.

1 Foot Contact Classification	Contact Load Multiplication Factor	Volume
1 Bilateral contact	X 1	?
1 Unilateral contact	X 2	

<https://www.strengthofscience.com/articles/practical-application-plyometric-progression-plan/>



# index reaktivní síly

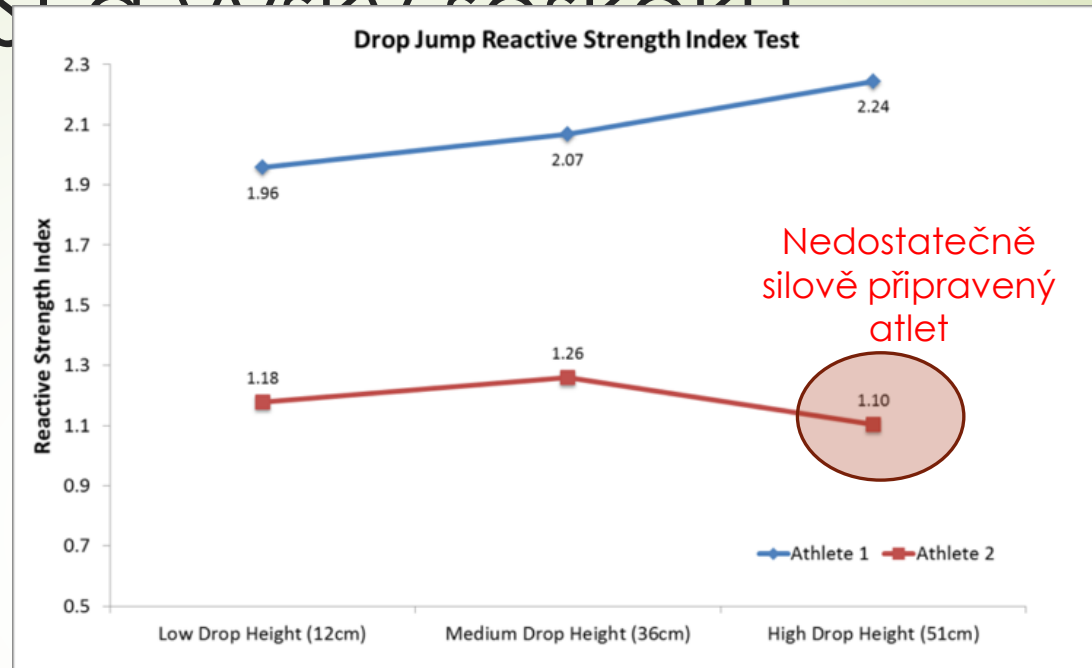
poměr zahrnující dvě metriky:

- Výška výskoku - jak vysoko můžete skákat?
  - Rychlost výskoku - jak rychle můžete skákat?
- 
- Příklad: sportovec vyskočí 50 cm (0,5 m) s kontaktem s podložkou 200 ms (0,2 s)
  - $RSI = 2,5$  jednotek.
  - RSI lze zlepšit:
    - zvýšením výšky skoku
    - nebo zkrácením doby kontaktu s podložkou.



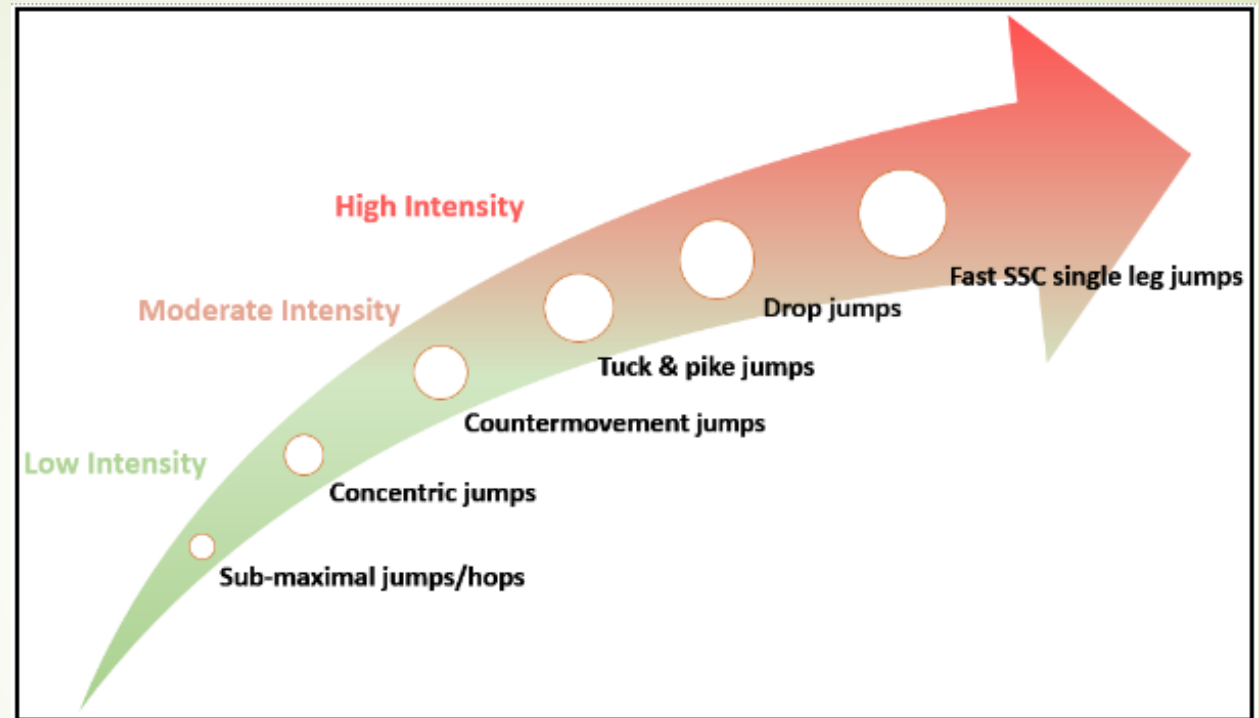
- [https://www.trainwithpush.com/blog/reactive-strength-index-revisited?utm\\_medium=website&utm\\_source=blog&utm\\_campaign=bottom+click](https://www.trainwithpush.com/blog/reactive-strength-index-revisited?utm_medium=website&utm_source=blog&utm_campaign=bottom+click)

# Vztah RSI a výšky seskoků



- [https://www.trainwithpush.com/blog/reactive-strength-index-revisited?utm\\_medium=website&utm\\_source=blog&utm\\_campaign=bottom+click](https://www.trainwithpush.com/blog/reactive-strength-index-revisited?utm_medium=website&utm_source=blog&utm_campaign=bottom+click)

Spíše se jedná o škálu  
technické a silové  
náročnosti



## Ebbenova škála intenzity plyo cvičení

- <https://www.trainwithpush.com/blog/the-reactive-strength-index-revisited-part-3-by-eamonn-flanagan>

## Plyometric Volume Guidelines (Given in Contacts per Session)

Athletic Level	Low-intensity Drills	Moderate-intensity Drills	High-intensity Drills
Beginner (no experience)	80–100	60 (100–120 total*)	40 (100–120 total*)
Intermediate (some experience)	100–150	80–100 (150–200 total*)	60–80 (150–200 total*)
Advanced (vast experience)	140–200	100–120 (180–220 total*)	80–100 (180–220 total*)

\*Includes some low-intensity drills as movement preparation for the more advanced drills

- ▶ ACE Personal Trainer Manual (4th edition) In: Crockford, J.
  - ▶ <https://www.acefitness.org/education-and-resources/professional/expert-articles/4943/total-body-plyometrics-workout>



Díky za pozornost