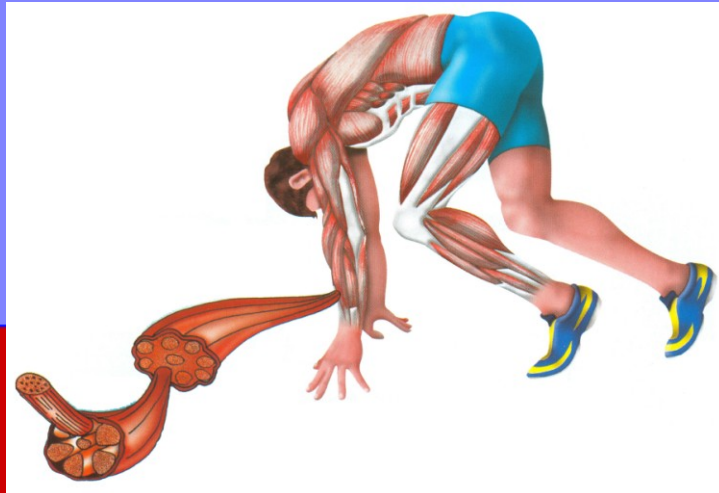


# NEURO-MUSKULÁRNÍ ADAPTACE





# SPORTOVNÍ TERMIONOLOGIE

**MAXIMIÁLNÍ SÍLA**

**MUSCULAR STRENGTH**

**1-repetition maximum (1RM)**

**VÝBUŠNÁ SÍLA**

**MUSCULAR POWER**

**VYTRVALOSTNÍ SÍLA**

**MUSCULAR ENDURANCE**



**TABLE 9.1** Strength, Power, and Muscular Endurance of Three Athletes Performing the Bench Press

Component	Athlete A	Athlete B	Athlete C
Strength <sup>a</sup>	100 kg	200 kg	200 kg
Power <sup>b</sup>	100 kg lifted 0.6 m in 0.5 s = 120 kg · m/s = 1,177 J/s or 1,177 W	200 kg lifted 0.6 m in 2.0 s = 60 kg · m/s = 588 J/s or 588 W	200 kg lifted 0.6 m in 1.0 s = 120 kg · m/s = 1,177 J/s or 1,177 W
Muscular endurance <sup>c</sup>	10 repetitions with 75 kg	10 repetitions with 150 kg	5 repetitions with 150 kg

<sup>a</sup>Strength was determined by the maximum amount of weight the athlete could bench press just once (i.e., the 1RM).

<sup>b</sup>Power was determined as the athlete performed the 1RM test as explosively as possible. Power was calculated as the product of force (weight lifted) times the distance lifted from the chest to full arm extension (0.6 m or about 2 ft), divided by the time it took to complete the lift.

<sup>c</sup>Muscular endurance was determined by the greatest number of repetitions that could be completed using 75% of the 1RM.



# SPORTOVNÍ TERMIONOLOGIE

**AEROBNÍ VÝKON**

aerobní kapacita  $\text{VO}_2\text{max}$

**AEROBIC POWER**

**ANAEROBNÍ VÝKON**

**ATP/CP**

**ANAEROBIC POWER**





**ANAEROBNÍ A AEROBNÍ TRÉNINK**

**INTERVALOVÝ TRÉNINK**

**KONTINUÁLNÍ TRÉNINK**

**INTERVALOVÝ KRUHOVÝ TRÉNINK**



# Typy posilovací trénink

---

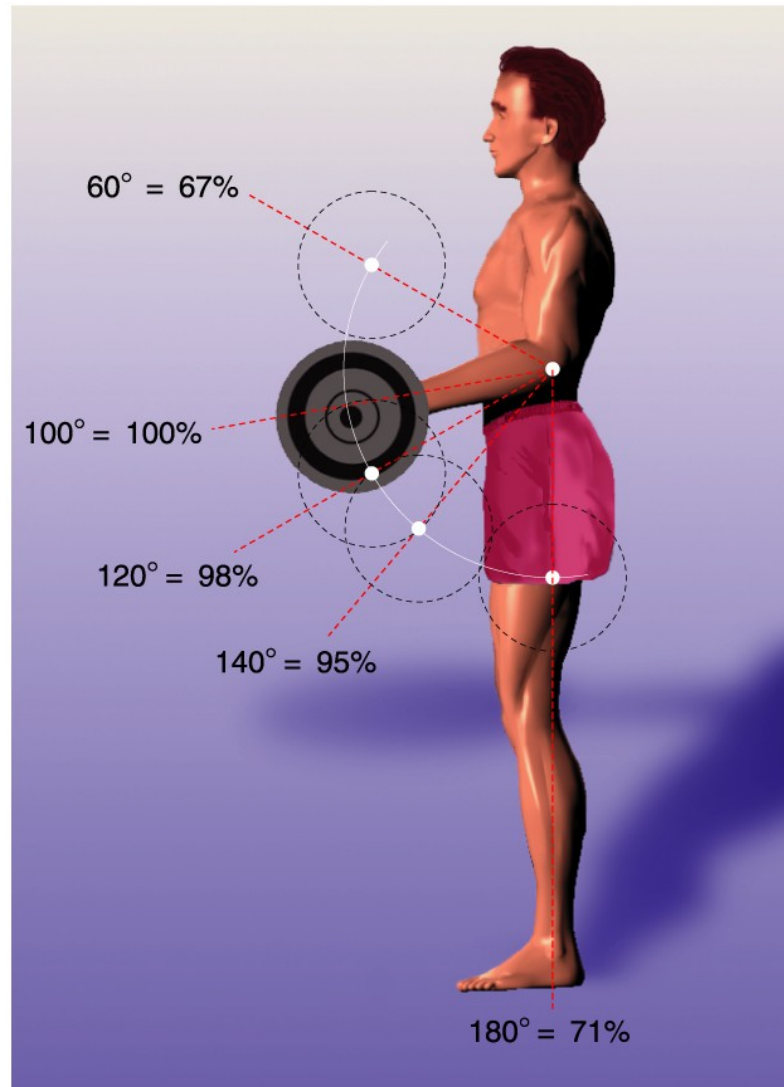
**Trénink statické (izometrické) síly**

**Trénink dynamické síly**

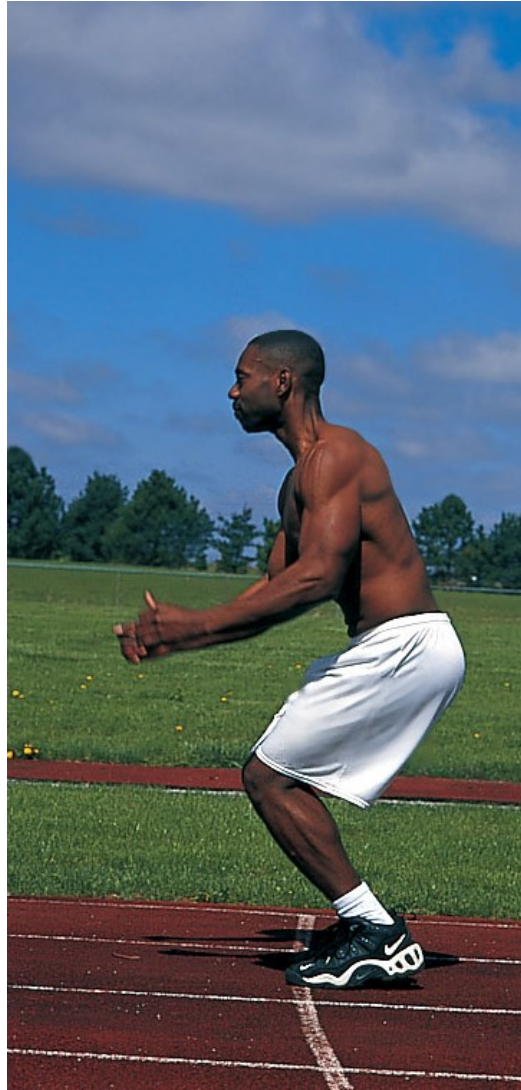
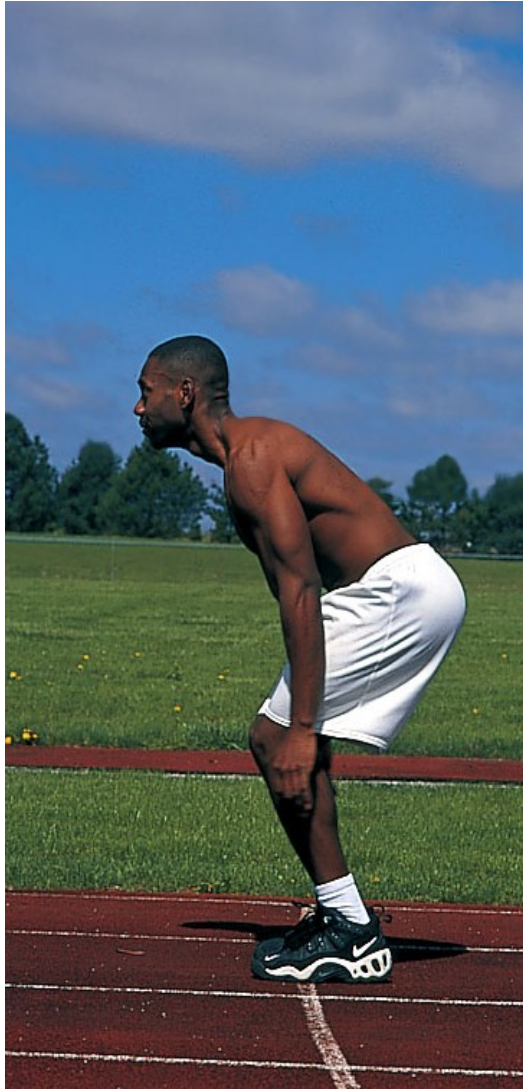
- ◆ bez závaží (vlastním tělem)
- ◆ se závažím
- ◆ excentrický trénink
- ◆ izokinetický trénink
- ◆ plyometrická metoda

**Elektrická stimulace svalu**

# ODPOROVÝ TRÉNINK



# PLYOMETRICKÁ METODA





**TABLE 9.2 American College of Sports Medicine's Recommendations for Resistance Training Programs<sup>a</sup>**

Primary goal of resistance training program	Training level	Loading	Volume	Velocity	Frequency (times per week)
Strength development	Novice	60-70% 1RM	1-3 sets, 8-12 reps	Slow, moderate	2-3
	Intermediate	70-80% 1RM	Multiple sets, 6-12 reps	Moderate	3-4
	Advanced	80-100% 1RM	Multiple sets, 1-12 reps	Unintentionally slow to fast	4-6
Muscle hypertrophy	Novice	70-85% 1RM	1-3 sets, 8-12 reps	Slow, moderate	2-3
	Intermediate	70-85% 1RM	1-3 sets, 6-12 reps	Slow, moderate	4
	Advanced	70-100% 1RM; emphasis on 70-85%	3-6 sets, 1-12 reps	Slow, moderate, fast	4-6
Development of muscle power	Novice	0-60% 1RM—lower body; 30-60% 1RM—upper body	1-3 sets, 3-6 reps	Moderate	2-3
	Intermediate	0-60% 1RM—lower body; 30-60% 1RM—upper body	1-3 sets, 3-6 reps	Fast	3-4
	Advanced	85-100% 1RM	3-6 sets, 1-6 reps, various strategies	Fast	4-5
Increased local muscular endurance	Novice	Light	1-3 sets, 10-15 reps	Slow—moderate reps Moderate—high reps	2-3
	Intermediate	Light	1-3 sets, 10-15 reps	Slow—moderate reps Moderate—high reps	3-4
	Advanced	30-80% 1RM	Various strategies, 10-25 reps or more	Slow—moderate reps Moderate—high reps	4-6

<sup>a</sup>These recommendations also include the type of muscle action (eccentric and concentric), single-joint versus multiple-joint exercises, order or sequence of exercises, and the rest intervals. See text for further information.

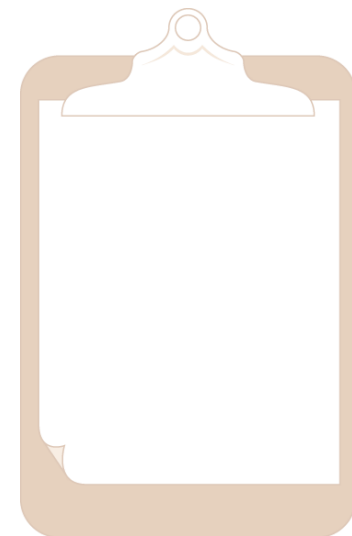
<sup>b</sup>Periodized—see text for explanation of periodization.

Adapted from ACSM, 2009.

# Potřebná analýza

---

- ◆ Jaké svaly potřebuji posilovat?
- ◆ Jakou posilovací metodu zvolím?
- ◆ Jaký energetický systém má být zatížen?



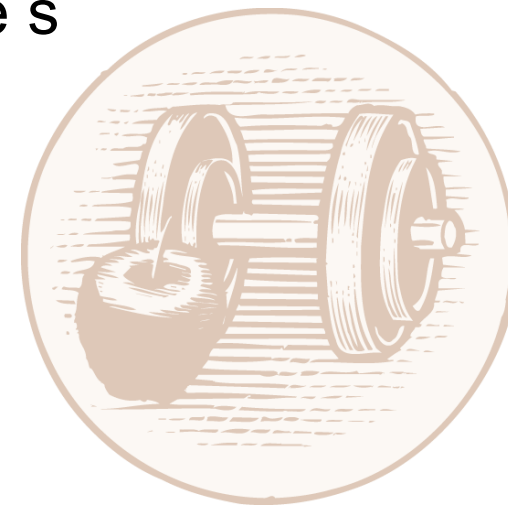
# Výběr vhodného posilovacího tréninku

**Maximální síla** — pár opakování s velkým odporem (kolem 6 opakování), dlouhé přestávky

**Vytrvalostní síla** — hodně opakování s malým odporem (20 opakování), krátké přestávky

**Výbušná síla** — několik opakování se středně velkým odporem; důraz kladen na rychlost pohybu

**Zvětšení objemu svalu** — více než 3 série s 6-12 opakováním; krátké přestávky mezi sériemi



# Adaptační změny - kosti

---

Fyzické zatěžování organismu podporuje růst kostí

- ▶ Kost je po celou dobu života metabolicky aktivní (zvyšuje se obsah minerálních látek – Ca)
- ▶ Trénink zvyšuje (i snižuje) hmotnost kostí (vlivem působení parathormonu)
- ▶ Dlouhodobě neúměrně vysoká intenzita tréninkové zátěže produkuje pokles kostní denzity (osteoporózu)
- ▶ Úměrná intenzita produkuje vyšší denzitu diafýz

# Adaptační změny - kosti

---

Intenzivní zatížení mladého rostoucího organismu však vede v některých případech snad vlivem androgenů z nadledvinek k omezení růstu dlouhých kostí do délky předčasnou osifikací chrupavčitých růstových zón mezi hlavicemi a tělem kostí. Kostí jsou potom širší a kratší.

# Adaptační změny – šlachy, vazy, kluby

---

Zvyšuje se obsah kolagenu a aktivita enzymů

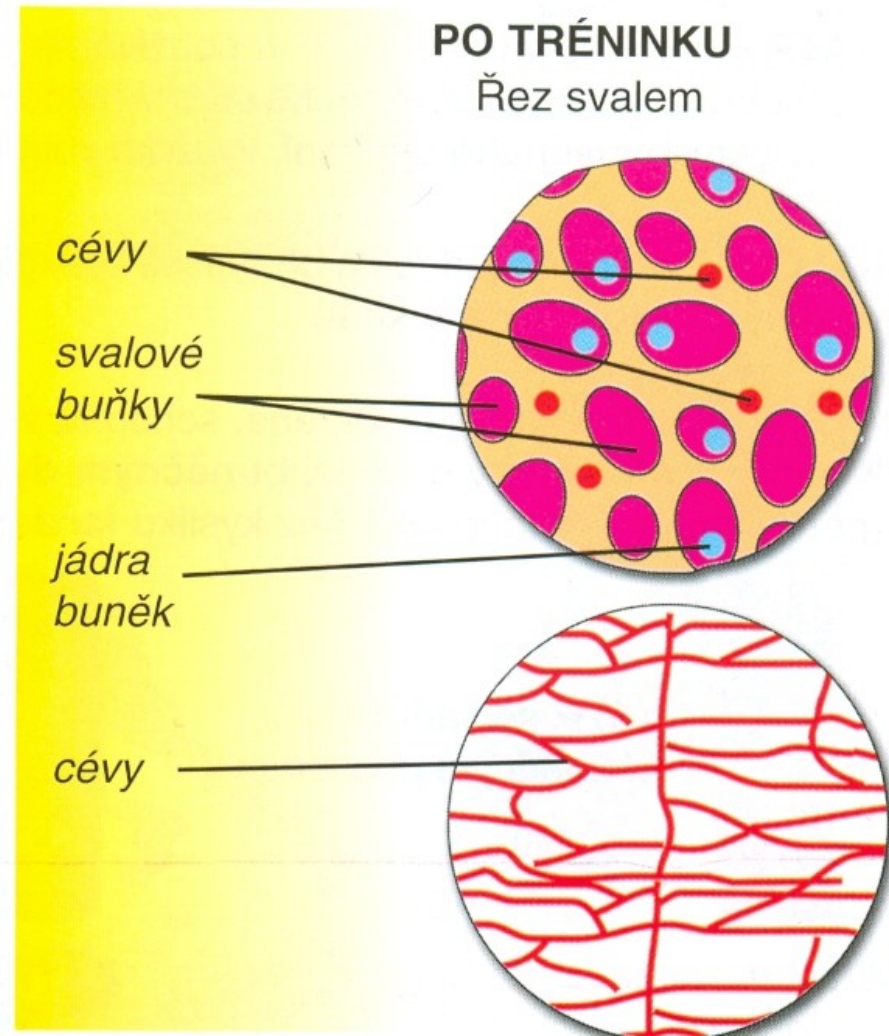
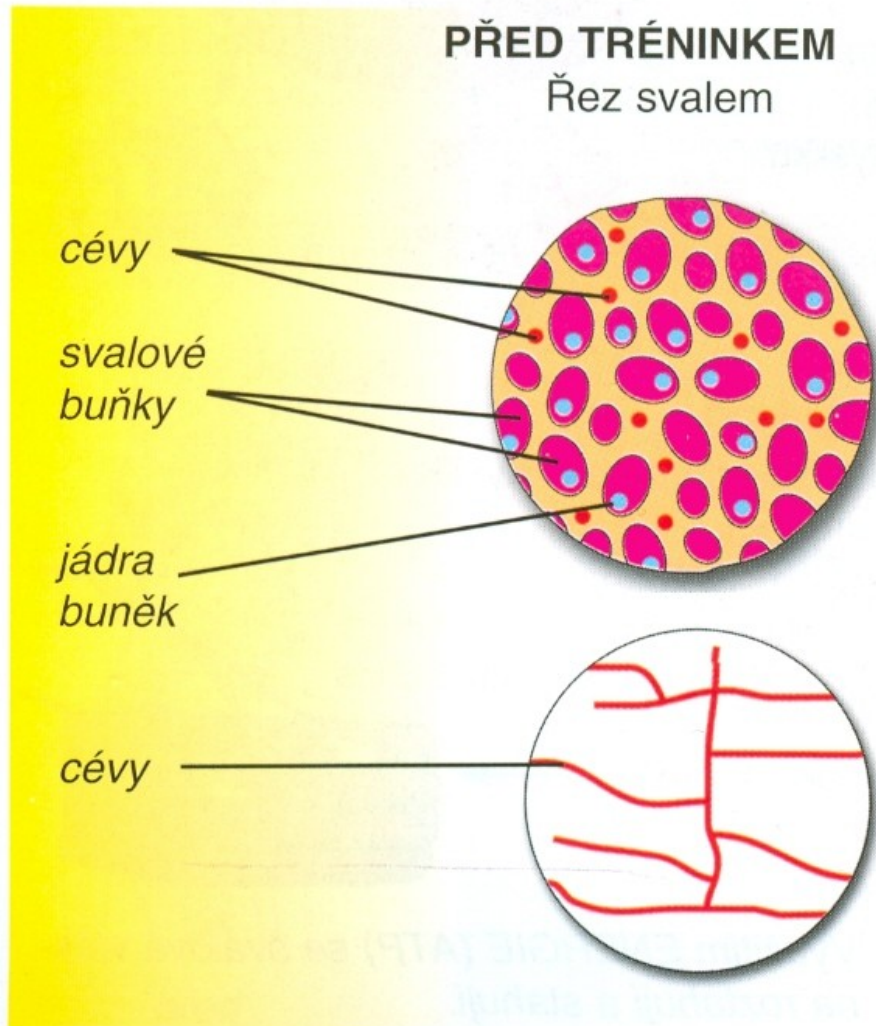
- ▶ Pojivová tkáň je dosti adaptivní
- ▶ Zatížení mění pozitivně tj. posiluje kosti, šlachy i vazy
- ▶ Trvalé přetěžování vede ke vzniku deformujících změn na kloubech, zánětům šlach, bolestem kostí

# Adaptační změny

---

- ve svalech trénovaných jedinců dochází k četným adaptačním změnám:
  - v oblasti strukturní i biochemické, které jsou patrné i za klidových podmínek
  - v metabolické reakci svalu na fyzické zatížení organismu

# Adaptační změny – trénink a svaly





# Základní vlastnosti sval. vláken (I, IIa, IIx)

	Typ I pomalé červené	Typ IIa rychlé červené	Typ IIx rychlé bílé
Rychlost kontrakce	<b>pomalá</b>	<b>rychlá</b>	<b>rychlá</b>
Síla kontrakce	<b>nízká</b>	<b>střední</b>	<b>vysoká</b>
Odolnost vůči únavě	<b>vysoká</b>	<b>střední</b>	<b>nízká</b>
Obsah glykogenu	<b>nízký</b>	<b>vysoký</b>	<b>vysoký</b>
Průměr	<b>malý</b>	<b>střední</b>	<b>velký</b>
Hustota mitochondrií	<b>vysoká</b>	<b>vysoká</b>	<b>nízká</b>
Hustota kapilár	<b>vysoká</b>	<b>vysoká</b>	<b>nízká</b>
Aktivita ATP-ázy	<b>nízká</b>	<b>vysoká</b>	<b>vysoká</b>
Glykolytická kapacita	<b>nízká</b>	<b>vysoká</b>	<b>vysoká</b>

# Vliv odlišného řízení pohybové aktivity (tréninku) na vlastnosti kosterního svalu

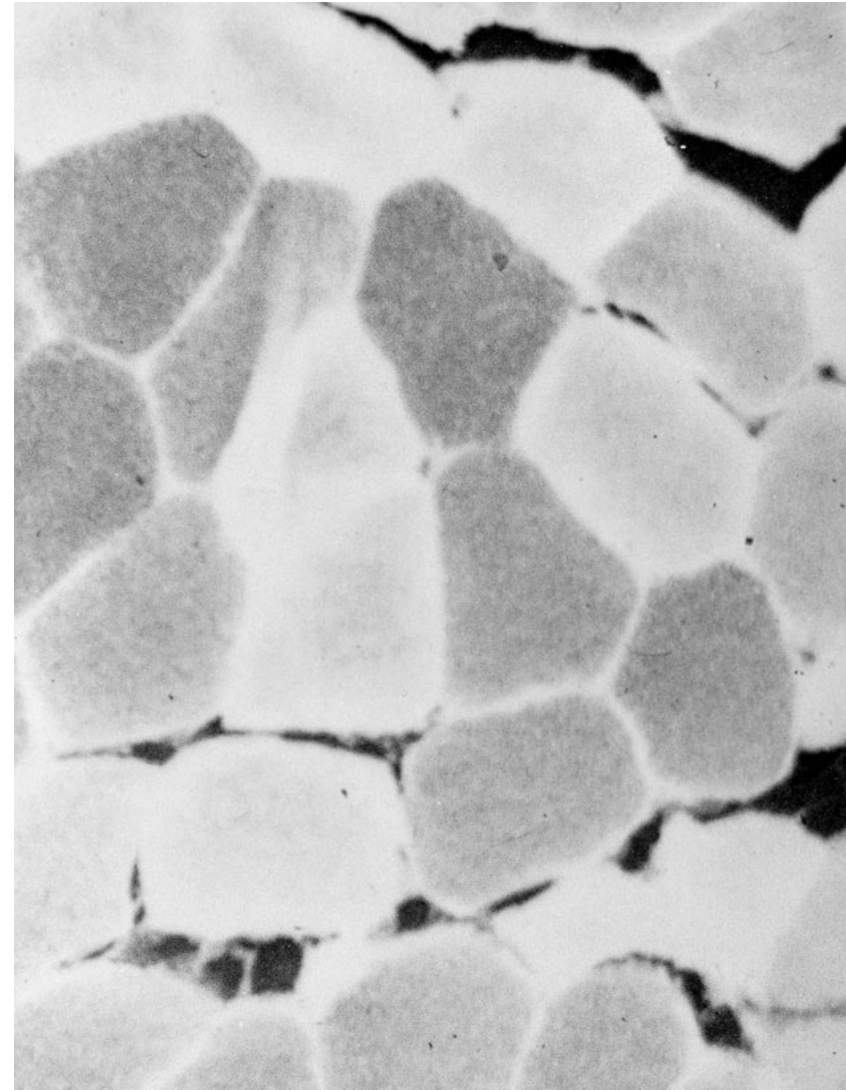
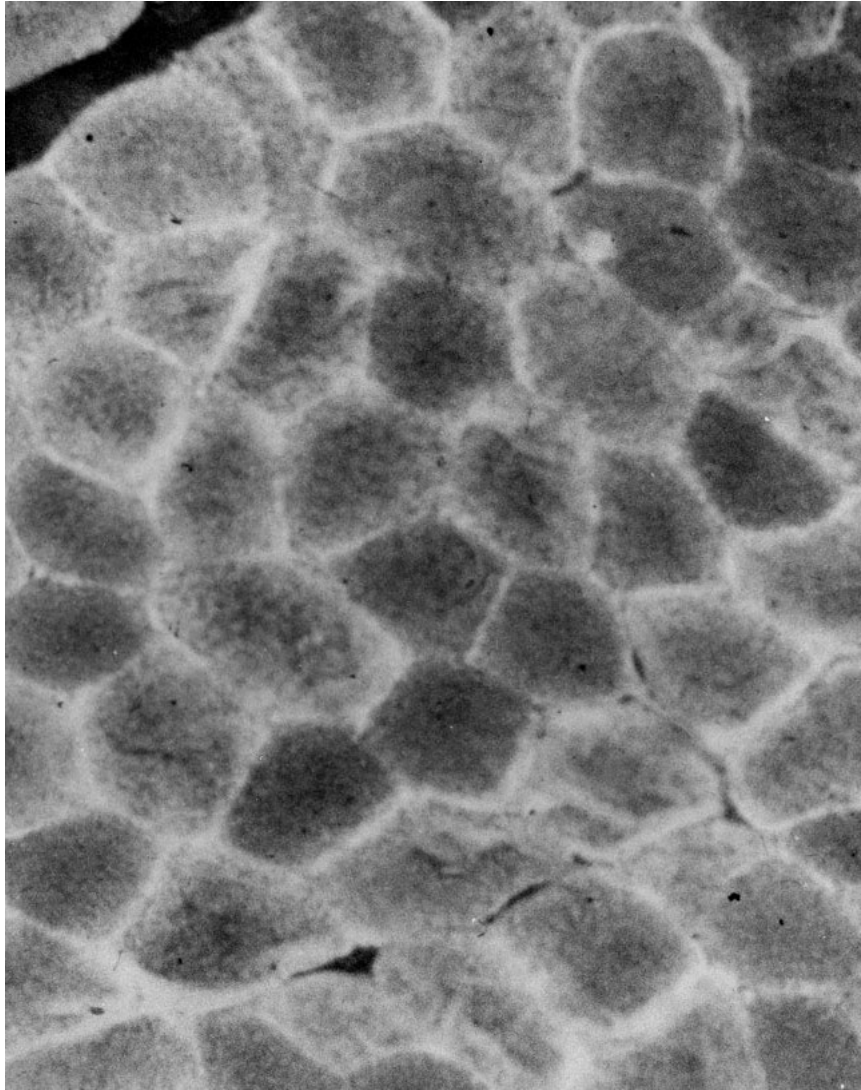
	VYTRVALOST	RYCHLOST	SÍLA
Počet krevní kapilár	↑	?	?
Povrch mitochond. membrán	↑	↑	↓
Příčná aera sval. vláken	variabilní	↑	↑
Ca <sup>2+</sup> transportní kapacita	↓	?	?
ATP+CP	↑	↑	↑
Glykogen	↑	↑	↑
Triglyceridy	↑	↑	↑
Štěpení makroergních fosfátů	?	rychlejší	rychlejší
Glykolýza	↓	↑	↑
Oxidace glycidů	↑	↑	↑
Oxidace volných MK	↑	?	?

# Je možná změna svalových vláken?

---

- ◆ Dřívější studie ukázali, že změna vláken není možná, pouze změna jejich vlastností.
- ◆ Studie křížení inervace ukázali, že nepatrné změny jsou možné.
- ◆ Možná změna z IIx na IIa, a z IIa na I vytrvalostním tréninkem, a IIx na IIa silovým tréninkem.
- ◆ Kombinací vysoké intenzity silového tréninku a krátké intervaly rychlé práce mohou vést ke konverzi vláken I na IIa.

# HYPERTROFIE SVAL. VLÁKEN PO TRÉNINKU



## ZMĚNY PODÍLU TYPŮ SVALOVÝCH VLÁKEN

m. extensor digitorum longus

I ↔ IIA ↔ IIX

I ↔ IIA ↔ IIX

m. soleus

Vysokofrekvenční stimulace (hypertyreóza)

→ → → → → → → → → →

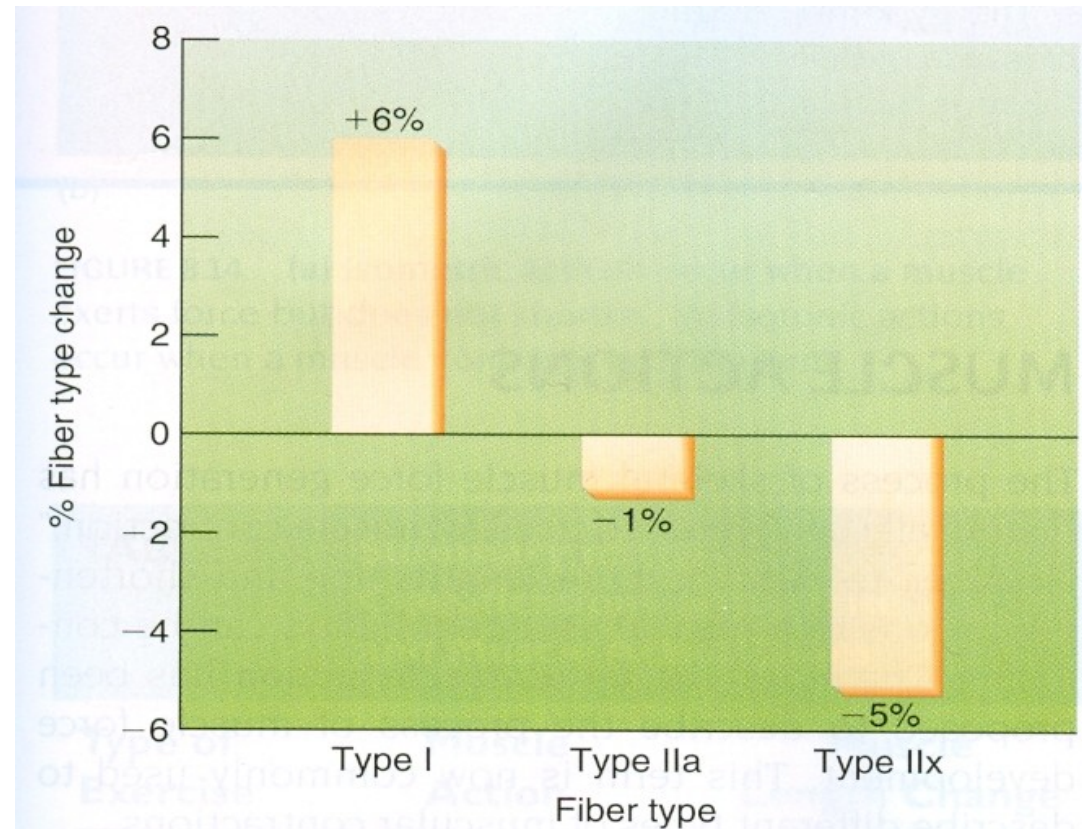
I ↔ IIA ↔ IIX

← ← ← ← ← ← ← ← ← ←

Nízkofrekvenční stimulace (hypotyreóza)

# Změny podílu různých typů svalových vláken po vytrvalostním tréninku

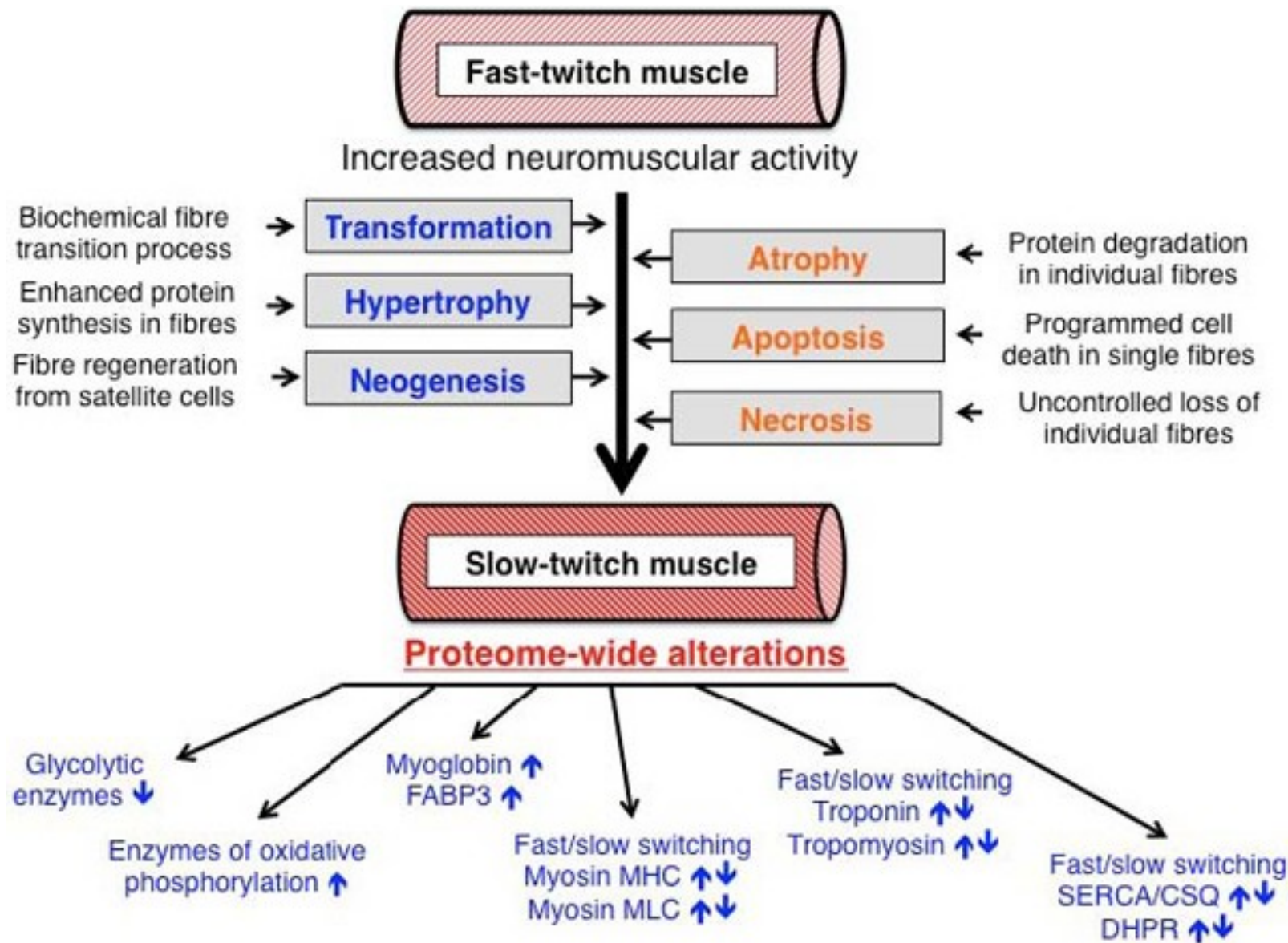
(Powers, 2007)



**FIGURE 8.13** Effects of 16 weeks of endurance exercise training (i.e., 3–4 days/week at 50–60%  $\dot{V}O_2$  max) on human skeletal muscle fiber types. Note that exercise training promoted a significant fast-to-slow shift in muscle fiber type resulting in a net reduction in the percent of fast type IIx fibers and an increase in the percent of slow, type I fibers. Data are from Short et al. (90).

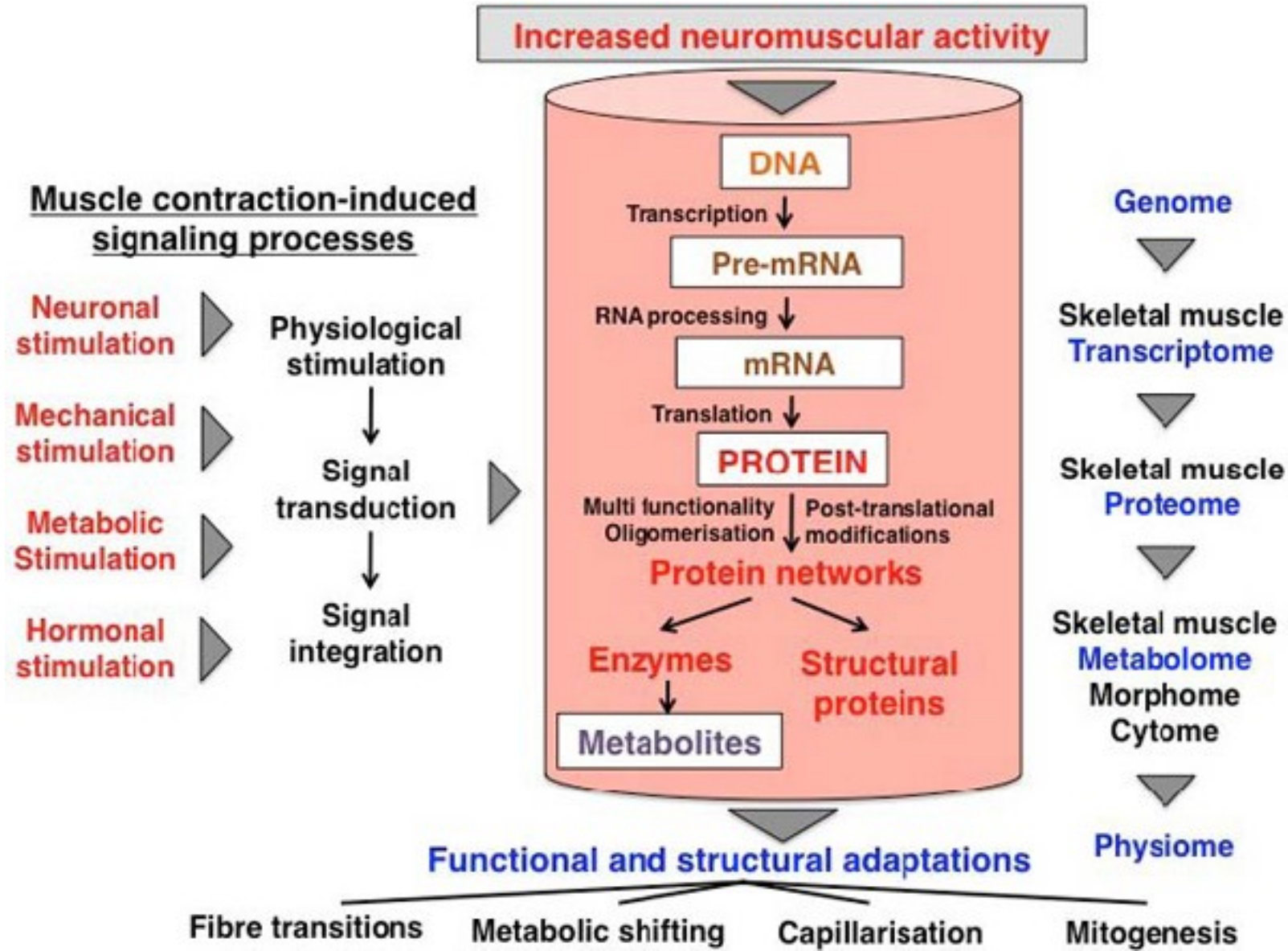
# PŘEMĚNA RYCHLÝCH SVALOVÝCH VLÁKEN NA POMALÁ

<http://www.oapublishinglondon.com/article/565>



# MECHANIZMY HYPERTROFIE SVALOVÝCH VLÁKEN A PŘEMĚNY RYCHLÝCH VLÁKEN NA POMALÁ

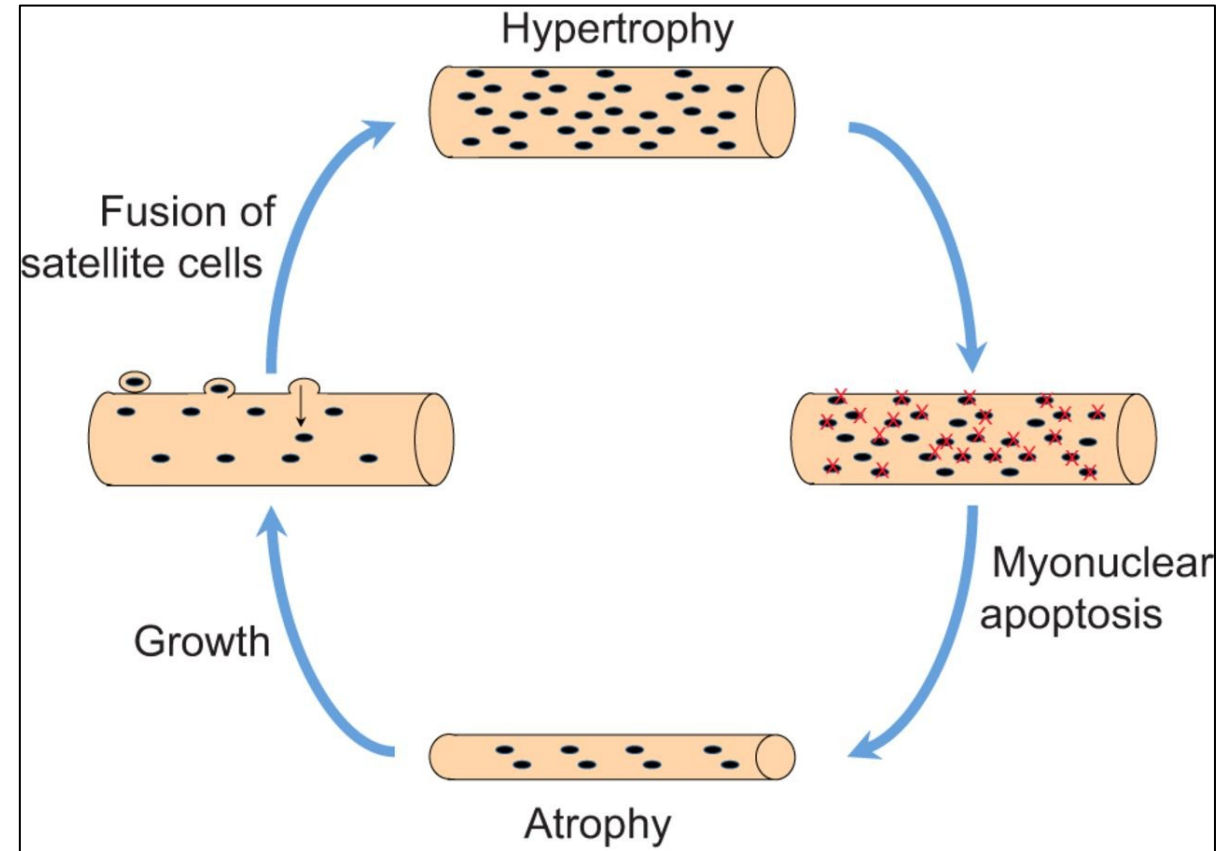
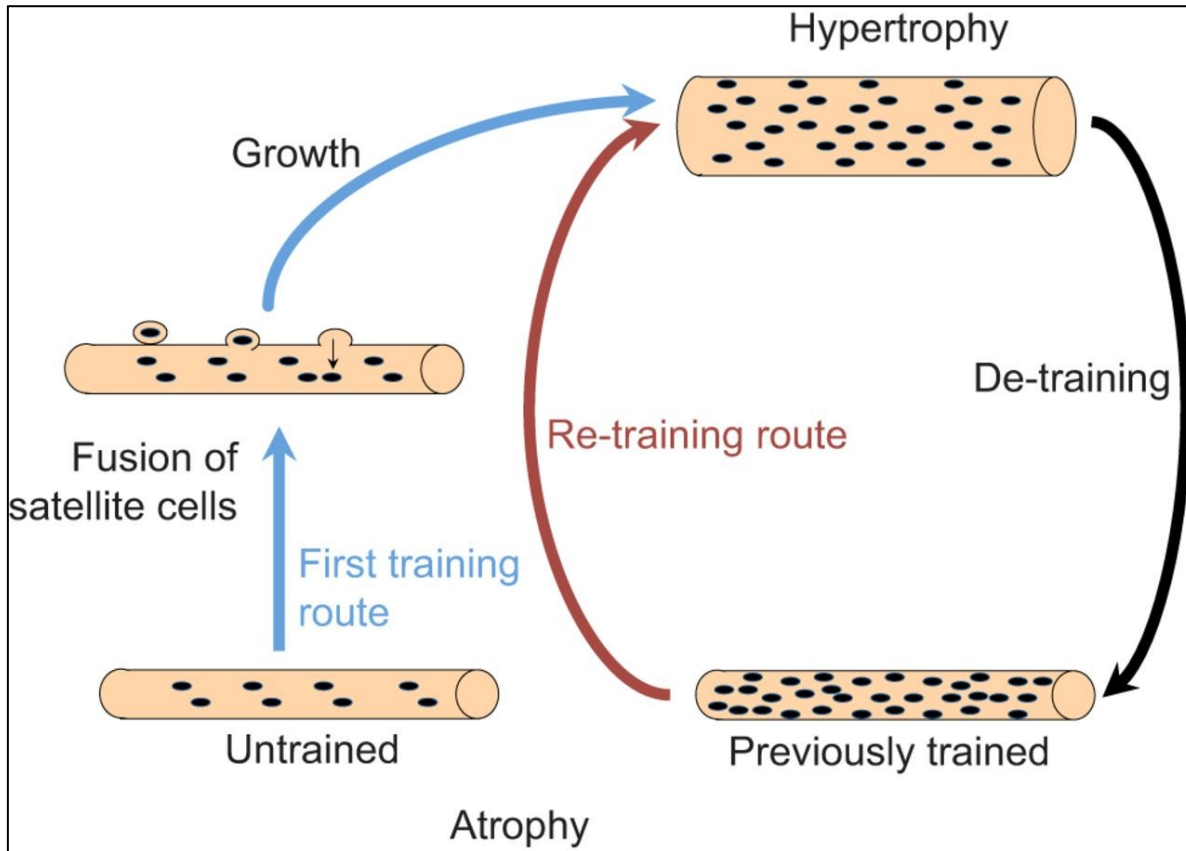
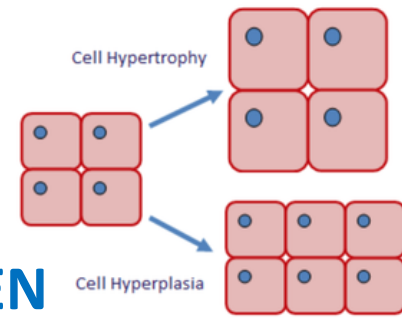
<http://www.oapublishinglondon.com/article/565>



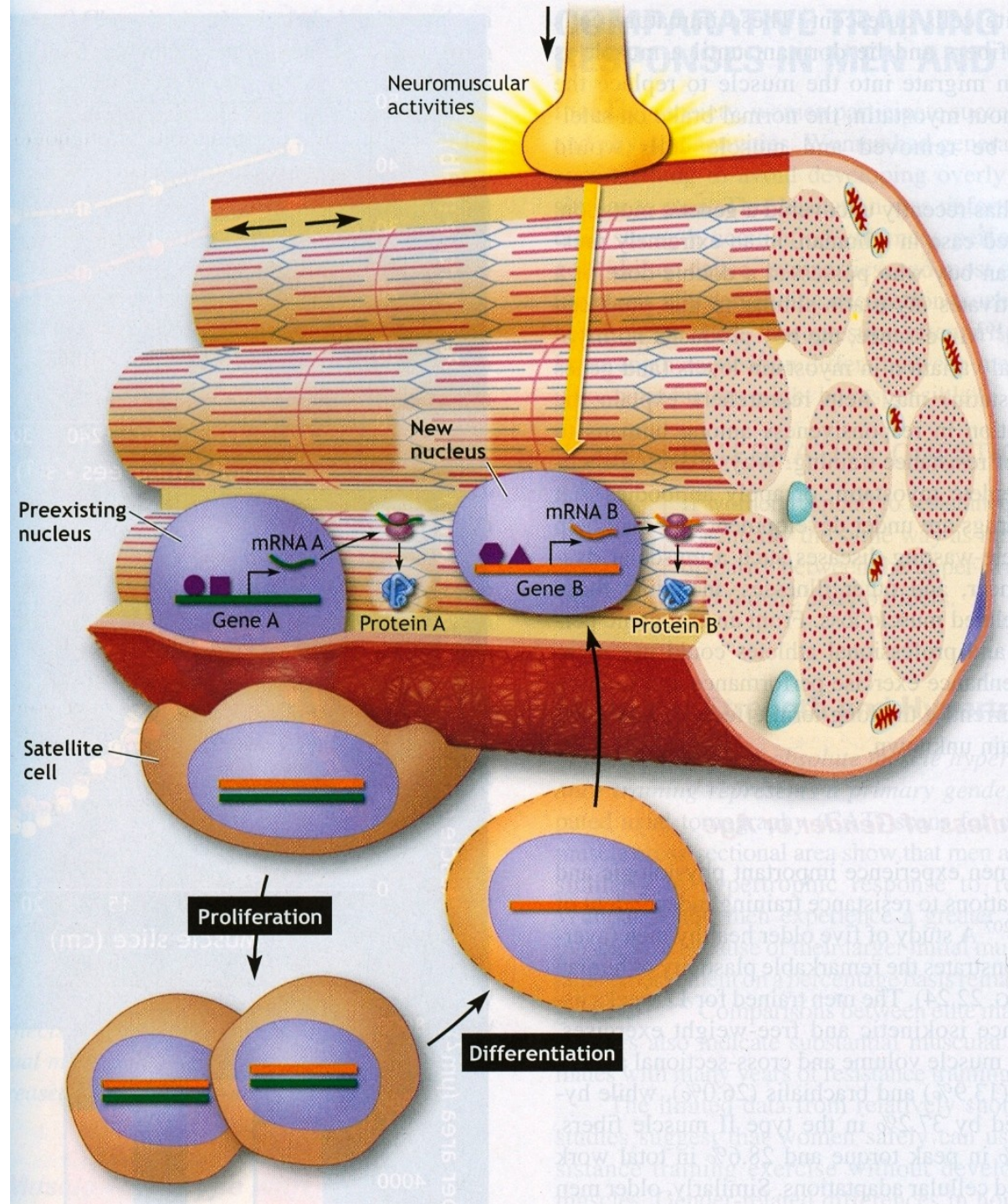


# MECHANIZMY → HYPERTROFIE / HYPOTROFIE SVALOVÝCH VLÁKEN

<http://jeb.biologists.org/content/219/2/235>



# Svalová adaptace



# Adaptace svalových vláken

**POMALÁ VLÁKNA** **RYCHLÁ VLÁKNA**

**TYP TRÉNINKU**

**SÍLA**

**VYTRVAL**

**SÍLA**

**VYTRVAL**

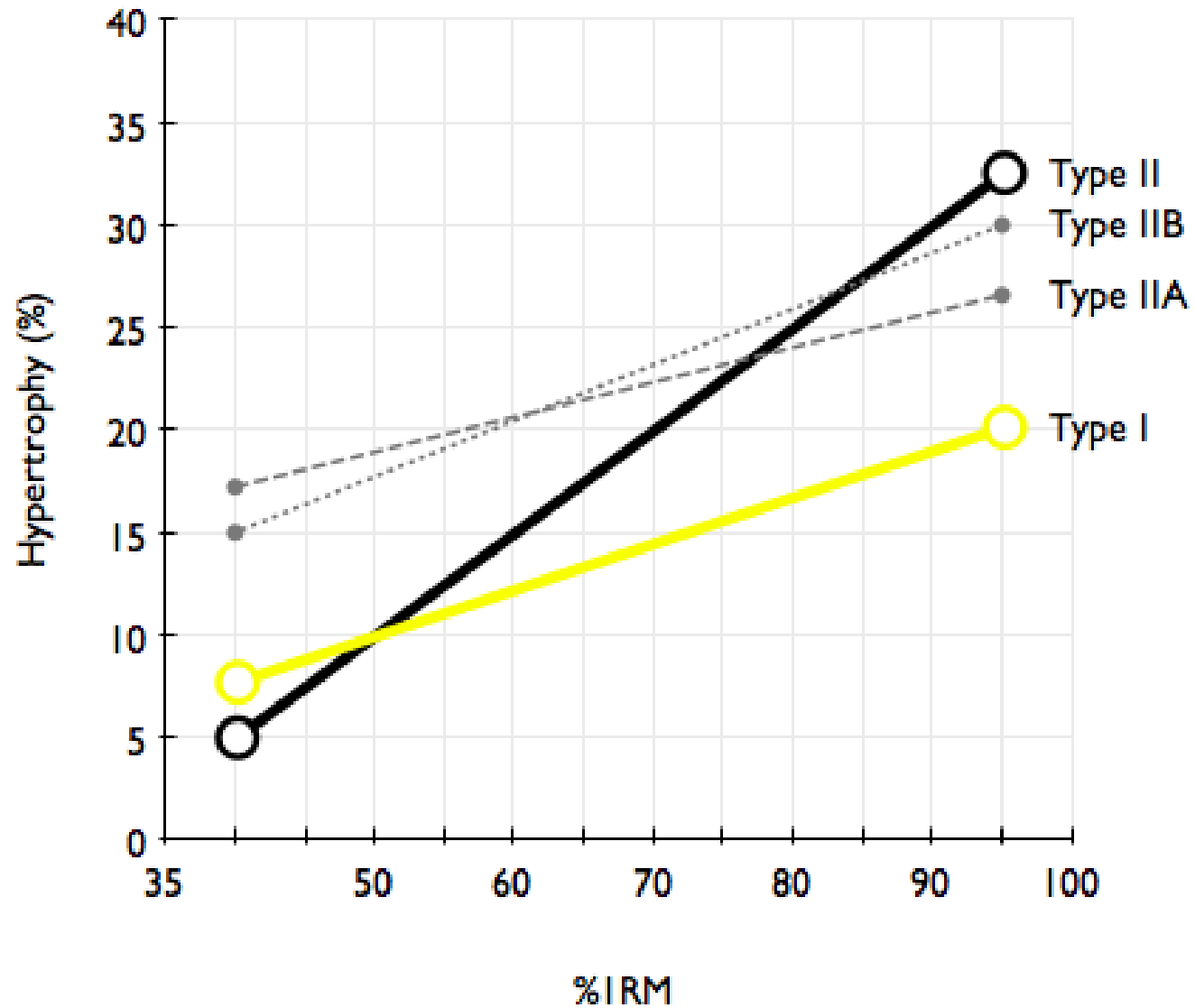
**OST**

**OST**

<b>Procento složení</b>	<b>0 nebo ?</b>	<b>0 nebo ?</b>	<b>0 nebo ?</b>	<b>0 nebo ?</b>
<b>Velikost</b>	<b>+</b>	<b>0 nebo +</b>	<b>++</b>	<b>0</b>
<b>Kontrakce</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Oxidativní kapacita</b>	<b>0</b>	<b>++</b>	<b>0</b>	<b>+</b>
<b>Anaerobní kapacita</b>	<b>? nebo 0</b>	<b>0</b>	<b>? nebo 0</b>	<b>0</b>
<b>Obsah glykogenu</b>	<b>0</b>	<b>++</b>	<b>0</b>	<b>++</b>
<b>Oxidace tuků</b>	<b>0</b>	<b>++</b>	<b>0</b>	<b>+</b>
<b>Hustota kapilár</b>	<b>?</b>	<b>+</b>	<b>?</b>	<b>? nebo +</b>
<b>Průtok krve během cvičení</b>	<b>?</b>	<b>? nebo +</b>	<b>?</b>	<b>?</b>

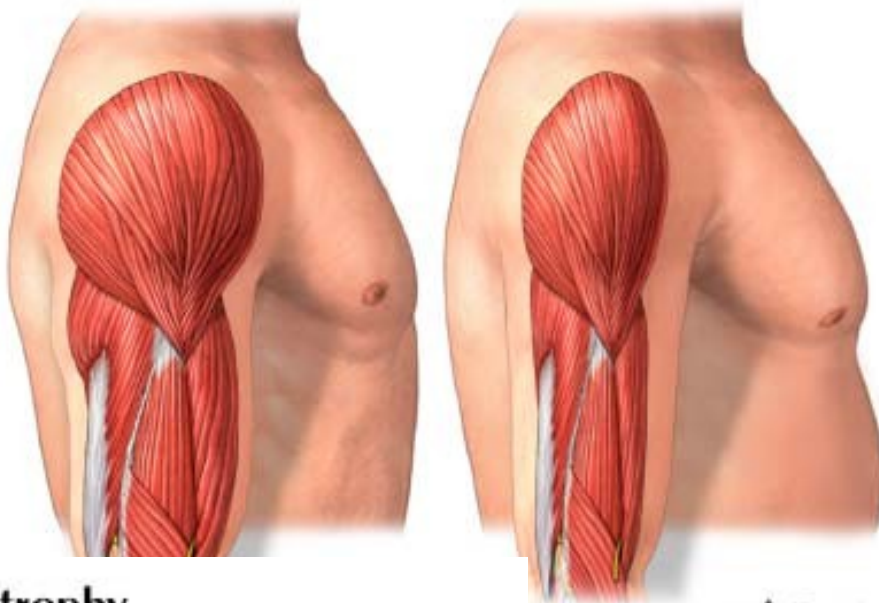
# HYPERTROFIE RŮZNÝCH TYPŮ SVALOVÝCH VLÁKEN

<http://danogborn.com/underestimating-type-i-fibres/>



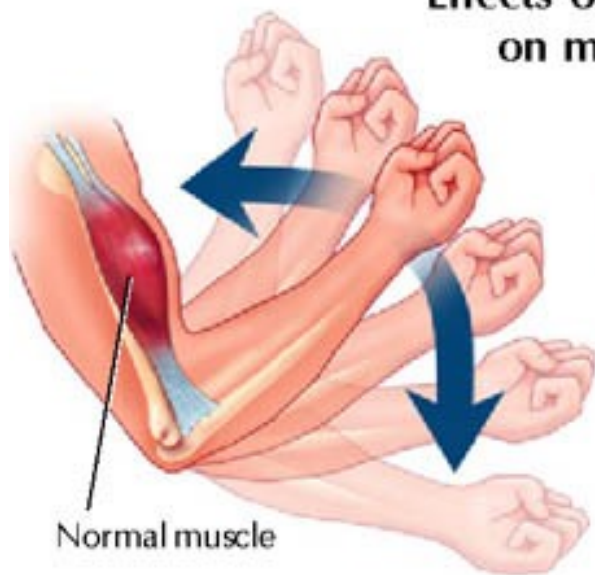
Active

Inactive

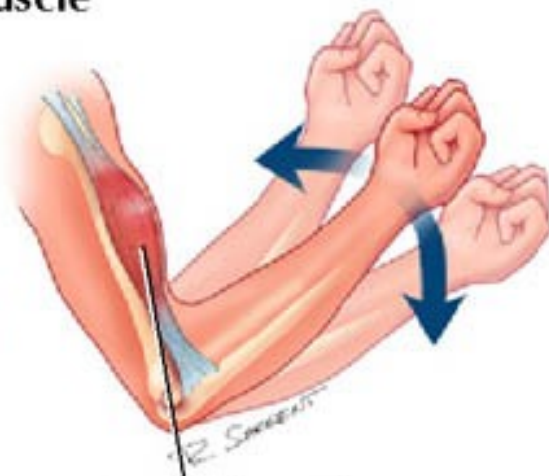


ADAM.

### Effects of atrophy on muscle



Normal muscle



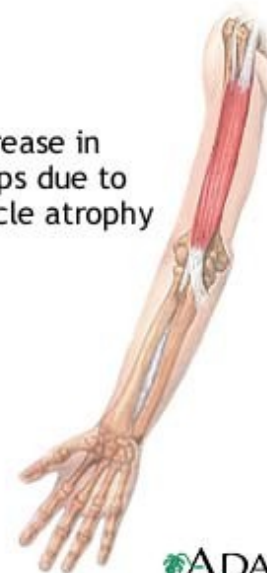
Atrophied muscle:

- decreased size
- decreased strength
- decreased mobility

Normal biceps brachii muscle



Decrease in biceps due to muscle atrophy



ADAM.

Fig. 1

ADAPTACE SVALU NA SILOVÝ A RYCHLOSTNÍ TRÉNINK	ADAPATCE SVALŮ NA VYTRVALOSTNÍ TRÉNINK
HYPERTROFIE II	VASKULARIZACE
I → IIA	↑ MITOCHONDRIE
HYPERPLAZIE II	IIA → I
↑ ATP, CP	HYPERTROFIE I
neuromuskulární aktivita	

# KŘEČE SVALU (cramps)

## PŘÍČINY - MECHANIZMY

- **usilovné anaerobní cvičení (anaerobní glykolýza) - izometrické / dynamické (sprint)**  
→ ↑ senzitivita na  $\text{Ca}^+$  / ↑ koncentrace  $\text{Ca}^+$  v buňce → **[fixace vazby Aktin-Myozin]**
- **vyčerpávající vytrvalostní zátěž, podchlazení, hypohydratace**  
→ ↓ prokrvení svalové tkáně → ↓ ATP → přesun  $\text{K}^+$  z buňky do ECT  
→ myolýza → přesun  $\text{K}^+$  z buňky do ECT
- **↓ příjem  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$  (iontový nápoj) → ↓  $\text{Mg}^+$  v plazmě**

## PROJEVY

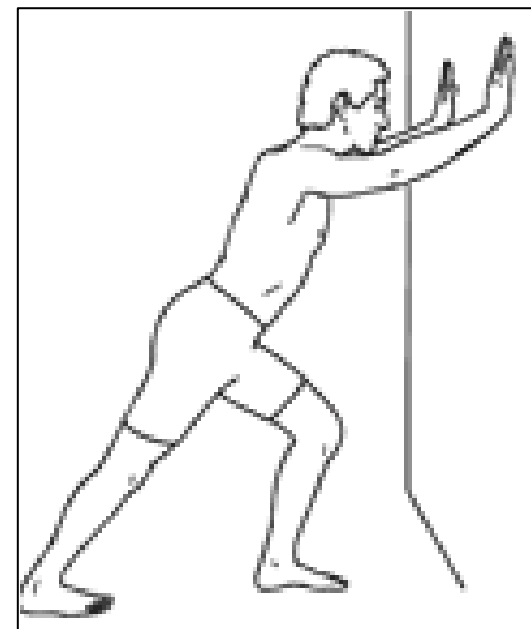
- **dlouhodobá kontrakce svalu** (neschopnost relaxace) a
- **bolest svalu** (minuty – hodiny)

## PRVNÍ POMOC

- **pasivní natažení svalu**
- zahřátí, masáž

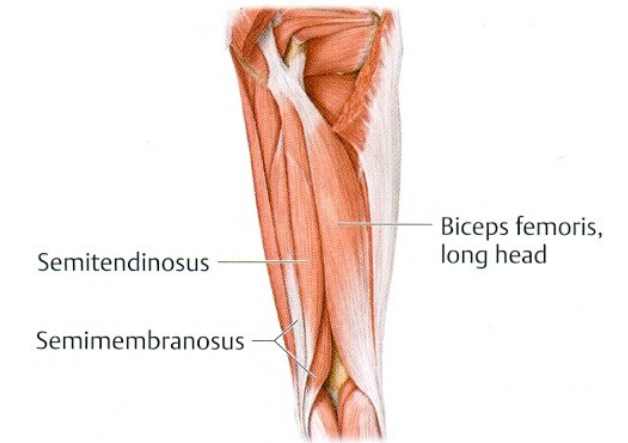
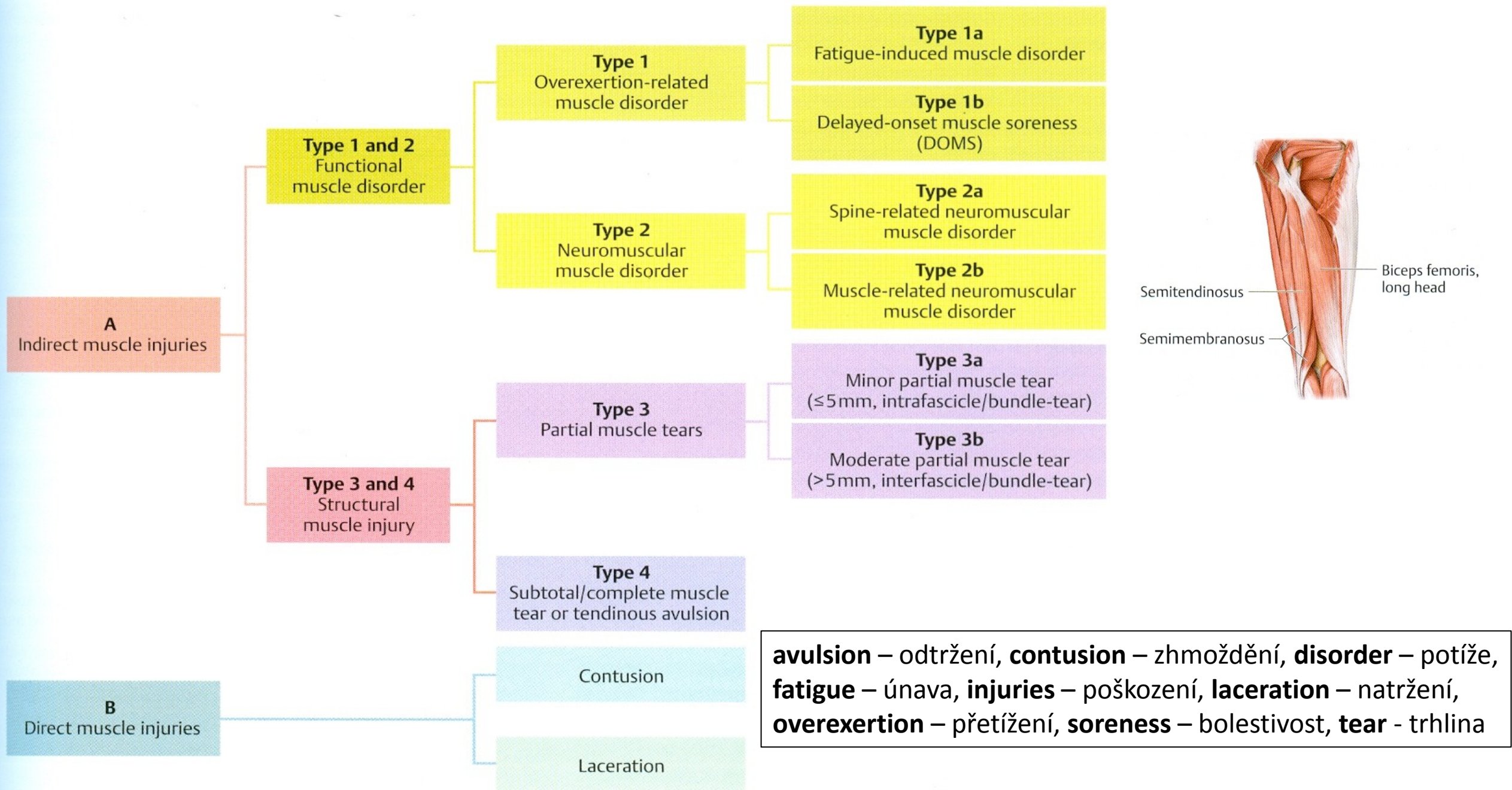
## PREVENCE

- **odstranění příčin**



# Klasifikace akutního poškození svalů podle 2011 Munich Consensus Conference

[Müller-Wohlfarth HW. et al. Terminology, classification, patient history, and clinical examination. In: Müller-Wohlfarth HW. et al. (eds.). *Muscle Injuries in Sports*. Thieme: Stuttgart, 2013: pp. 135-167.]



**avulsion** – odtržení, **contusion** – zhmoždění, **disorder** – potíže, **fatigue** – únava, **injuries** – poškození, **laceration** – natržení, **overexertion** – přetížení, **soreness** – bolestivost, **tear** - trhlina



## FUNKČNÍ POŠKOZENÍ SVALU (trvání s léčbou < týden)

**bolestivý problém svalu bez zjevného makroskopického poškození vláken**

### (1a)

Omezené zvyšující se napětí podél svalu (ztuhnutí) **po přetížení** - při změně tréninku, povrchu kurtu ...

SVALOVÁ BOLEST PŘI POHYBU, ZTUHLOST SVALU

### (1b)

Více rozšířená bolestivost po svalu **po nezvyklém brždění** pohybu s excentrickými kontrakcemi nebo **po dlouhotrvajícím metabolickém přetížení**

SVALOVÁ BOLEST, ZTUHLOST A SLABOST I V KLIDU,

### (2a)

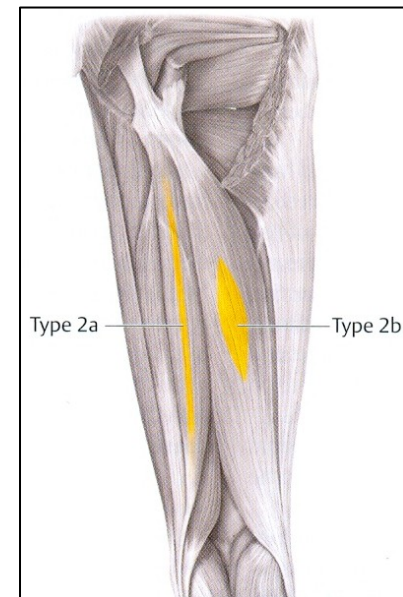
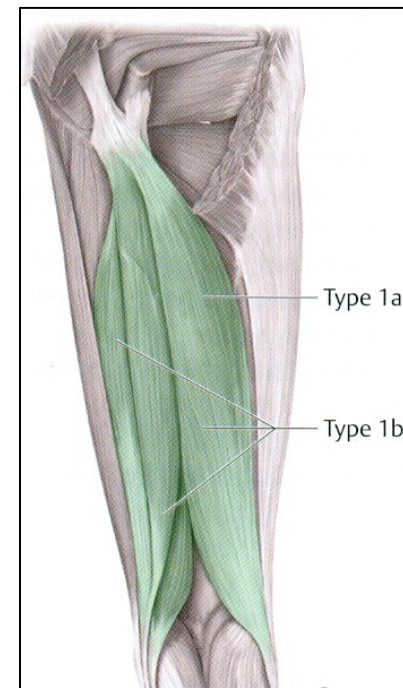
Omezené zvyšující se napětí podél svalu **v důsledku funkční nebo strukturální vertebrogenní poruchy** (lumbální, sakroiliakální, ...)

BOLESTIVÁ ZTUHLOST SVALU, TUPÁ AŽ BODAVÁ BOLEST – ZHORŠUJÍCÍ SE SE SVALOVOU AKTIVITOU

### (2b)

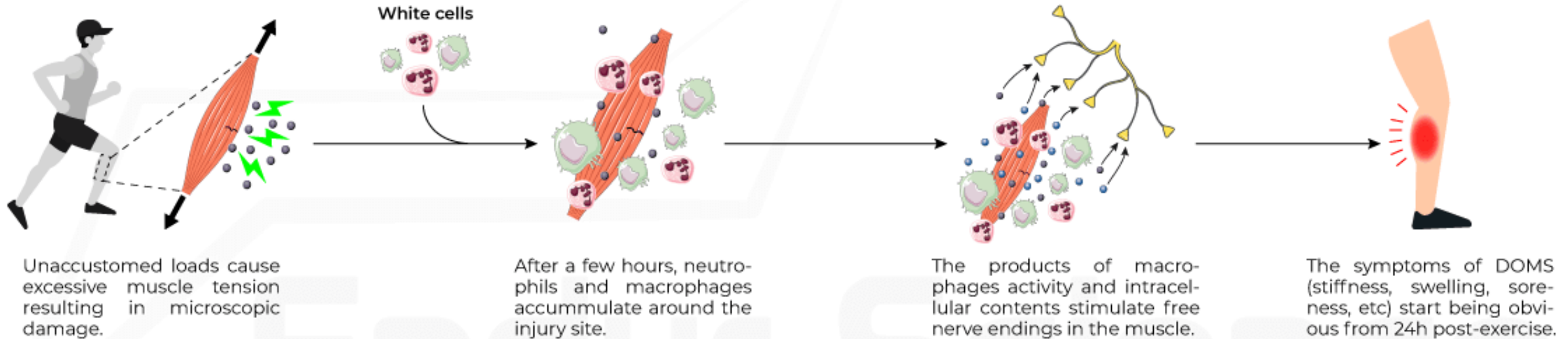
Vřetenovitě omezená oblast zvýšeného svalového napětí **v důsledku dysfunkce neuro-muskulárního řízení** (reciproční inhibice)

BOLESTIVOST – ZVYŠUJÍCÍ SE S ROSTOUCÍ SVALOVOU ZTUHLOSTÍ A NAPĚTÍM



# Delayed-Onset Muscle Soreness

## PROPOSED MECHANISM by Armstrong and Smith

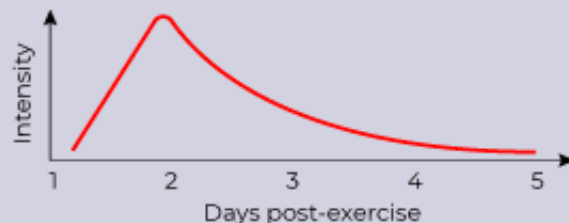


### Eccentric actions cause greater DOMS

In eccentric actions, large loads are supported by a **smaller cross-sectional area** than in concentric contractions.



### How much does it last?



### Lactate hypothesis

Unaccustomed exercises that barely increase lactate levels are associated with greater DOMS than familiar exercises with higher lactate concentrations.



 Endur Science



## STRUKTURÁLNÍ POŠKOZENÍ SVALU

### zjevné makroskopické poranění

#### (3a)

Akutní poranění svalu – **malé natržení** maximálně v rozsahu svalového snopce (< 5 mm; trvání s léčbou 10-14 dnů)

NÁHLÁ OSTRÁ BODAVÁ (JEHLOVÁ) BOLEST PO POCITU „PRASKNUTÍ (KŘUPNUTÍ)“

#### (3b)

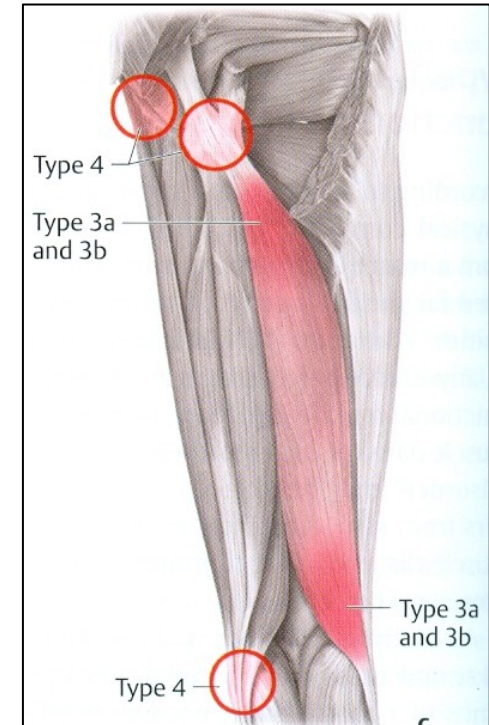
Akutní poranění – **větší natržení** větší než snopec (> 5 mm; trvání s léčbou ~6 týdnů)

OSTRÁ BODAVÁ BOLEST, ČASTO ZŘETELNÉ NATRŽENÍ V OKAMŽIKU PORANĚNÍ – KŘUPNUTÍ S NÁSLEDNOU NEUTUHAJÍCÍ BOLESTÍ

#### (4)

Akutní poranění – **velké natržení až kompletní přetržení** svalu s distrakcí jeho bříska a odtržením šlachy (trvání s léčbou > 12 týdnů)

NÁHLE VZNIKLÁ TUPÁ BOLEST PO VÝRAZNĚJŠÍM KŘUPNUTÍ



# SVALOVÁ VLÁKNA PO MARATONU

