

# **Cvičení svalové síly a ovlivnění rozsahu pohybu**

Vacek Jan

# Cvičení svalové síly

- **Svalová síla** kosterního svalu za normálních podmínek a fyziologického průřezu je 3.5 – 5.5 kp/cm<sup>2</sup>
- **Fyziologický průřez** svalu je součet všech ploch průřezu vláken svalových
- **Anatomický průřez** svalu je plocha příčného řezu

# Cvičení svalové síly

- Ke zvyšování síly svalové je nutno sval stimulovat určitým zatížením
  - **Absolutní síla svalu** – nutno aplikovat maximální možný odpor (dochází k zapojení nevyužitých motorických jednotek do kontrakčního vzorce)
  - **Vytrvalostní síla svalu** – menší odpor při velkém počtu opakování
  - **Dynamická rychlost** – menší odpor s rychlým provedením pohybu

## II. Nábor MU

- Malé  $\alpha$ MN začínají pálit dříve než velké, malé MU začínají pracovat dříve
- Nábor MU v pořadí S, FR, FF, inhibice v opačném pořadí
- Důvod – rozdílný práh dráždivosti, rozdílná hustota synapsí, rozdílná délka dendritů.  
Nehomogenní rozvrstvení MU ve svalu

# Nábor MU v triceps surae

- Klidný stoj, setrvalá chůze, skok
- Soleus – konstantní aktivita při všech těchto aktivitách
- Gastrocnemius – 8-12% MCV stoj, 25%  
klidná chůze, skoky – 100% MCV

# Práh náboru MU

Závisí na **rychlosti kontrakce** – čím rychlejší, tím dříve se MU aktivují ( norm.pořadí)

Velmi rychlé kontrakce - projeví se rozdílná rychlost vedení axonů.. velké MU jsou aktivovány dříve

Velmi rychlá změna síly z jedné do druhé úrovně- rychlé,krátké zvýšení aktivity MN nutné k zajištění vysoké rychlosti kontrakce. Během této změny – frekvence všech MU vzroste s mohutnou aktivitou velkých MU . Po dosažení nové úrovně síly klesá aktivita všech MU, velké vypnou zcela.

# Ovlivnění náboru MU

## 1. Druh aferentního podnětu

- Aferentní vstupy z kožních receptorů či stimulační rubrospinalního traktu ⇒ výraznější stimulační velkých a inhibice malých MU..  
*Záleží na druhu aferentního vstupu a jeho fyziologickému vztahu k potřebě adekvátní silou v adekvátním čase zasáhnout*

## 2. Podle směru pohybu

Abductor pollicis – prime mover při abdukce palce – normální pořadí náboru MU

- synergista při flexi palce – obrácený sled náboru



# Frekvence MU

- Rozsah frekvencí MU **6-8 Hz do 20-35 Hz**
- Výjimkou – potřeba prudkého zvýšení síly při začínající kontrakci.. 150Hz  $\Rightarrow$  zkrácení času na dosažení maxima
- Postupná zátěž svalu ruky .. MU(I) – 9Hz, zvýšení síly – vyšší f MU(I) a zároveň se objeví aktivita MU velkých o f 9 Hz. 40% MCV – aktivováno maximum MU, další zvýšení síly cestou zvýšení frekvence

- Rozdíly náboru MU a jejich frekvencí závisí na velikosti a funkci daného svalu

# Zvyšování síly svalu při kontrakci

- Zvýšením počtu aktivovaných MU  
**Adrian- Bronckův zákon**
- Zvýšením frekvence MU
- Synchronní aktivace MU

# Cvičení svalové síly

- Etiologie oslabení síly svalové
  - **Neurogenní** (poškození prvního nebo druhého motoneuronu)
  - **Synaptické** (porucha v oblasti nervosvalové ploténky – myasthenia gravis, porucha iontové rovnováhy,...)
  - **Myogenní** (porucha na úrovni svalového vlákna – myopatický syndrom)
  - **Funkční**- funkční útum svalu na všech etážích CNS

# V. Morfologická odpověď na zátěž

- svaly jsou kontinuálně remodelovány podle funkce, kterou zastávají.
- mění se průřez, délka, síla, vaskulární zásobení a v určitém rozsahu i poměr zastoupení jednotlivých typů vláken
- největší změny – zátěž či imobilizace

# Svalová hypertrofie

- ⊙ jako následek kontrakcí maximální či téměř maximální silou
- ⊙ zmnožení proteinů A i M v myofibrilách, zmnožení myofibril ve vláknech + zmnožení enzymatického aparátu svalu
- ⊙ i bez přítomnosti růstového hormonu, inzulinu, i v negativní N bilanci
- ⊙ vliv délky svalu- nejvyšší rychlost obratu proteinů je v polárních částech
- ⊙ svalová hyperplazie – při extrémních silových nárocích
- ⊙ proliferace vaziva

# Svalová atrofie

- nepoužívání svalu  $\Rightarrow$  pokles počtu myofibril a úbytek proteinů rychleji než jejich výstavba
- prolongovaný pobyt na lůžku  $\Rightarrow$  výraznější atrofie na DK
- pokles síly je výraznější než úbytek hmoty svalu díky sníženému náboru MU
- 5 týdenní imobilizace  $\Rightarrow$  pokles síly quadricepsu o 45%  
...33% pokles díky snížení centrální aktivace, 12% úbytkem svalové hmoty
- izometrická aktivace  $\Rightarrow$  prevence atrofie, snížení poklesu síly .. zvl.v úhlech posilování

- změny vlivem atrofie se týkají i úhlu postavení vláken svalu k ose působení síly svalu ... do 10% úbytku sval.hmoty je změna zanedbatelná
- imobilizace snižuje i průřez šlach, produkce nového nezralého kolagenu při rychlejším odbourávání starého kolagenu ⇒ úbytek vazivové hmoty ⇒ snížení tuhosti vaziva ⇒ prodloužení elektromechanické latence ( doba od začátku el. projevu aktivace svalového vlákna do realizace napětí na skeletu)



# Reakce svalu na zátěž

- nadměrná pohybová zátěž svalu indukuje oxidativní stres a tvorbu volných radikálů ve svalové tkáni volné radikály – zodpovědné za peroxidaci lipidů ( vzestup MDA – malondialdehyd),
- cvičení vyvolává aktivitu ochranných mechanismů ( superoxid dismuthasa, glutathion peroxidasa, cytochrom c oxidaza, HSP)
- cvičením vyvolané poškození svalu .. vzestup CK,
- obranné faktory – vitamin E, estrogeny
- problém suplementace při zvýšené zátěži ????

# Změny svalu věkem

- Fetální svaly – nízký stupeň diferenciaci na jednotlivé typy vláken.. dominance vláken I a IIC
- Do puberty – minimální rozdíly síly a rychlosti kontrakce
- Puberta – vliv hormonálních změn
- snad vyšší procento vláken I u žen .. větší část svalů pracuje v režimu pomalých vláken. Ženy schopny lépe využívat tukové zásoby na svalovou práci ... přizpůsobeny k dlouhodobým aktivitám o nižší intenzitě

# Změny ve stáří

## 1. Distribuce svalových vláken

změny v poměru zastoupení vláken ve prospěch vláken I. Zastoupení vláken II se snižuje od 3 dekády. Znatelný úbytek v 8 dekádě

## 2. Atrofie

vysoce variabilní, více svaly s převahou vl.II (úbytek velikosti a počtu vláken ??)

## 3. Počet vláken

a/ poškození vláken – snížení schopnosti reparace, úbytek satelitních buněk

b/ ztráta vláken denervací

c/ klesá počet MU , rostou MU kolaterální regenerací

# Příčně pruhovaný sval

- Počet svalových vláken
  - během několika let se zafixuje a zůstává delší dobu prakticky konstantní
  - Změny svalové síly – v naprosté většině dány změnou objemu (hypertrofie, hypotrofie)
  - Poškozená svalová vlákna – opravena či nahrazena vlákny ze satelitních buněk
  - Po 30 roku věku začíná úbytek 0.5-1% sval. hmoty za rok s prudkou akcelerací po 65.r. ...sarcopenia

- Sarkopenie , Ca kachexie ...zmenšení objemu a počtu vláken IIb (fázických)
- Obezita – preferenční ztráta vláken I (tonických)
- Ztráta vláken může být doprovázena
  - Zánětem (Schaap 2006)
  - Infiltrací tukovou tkání (Vettor 2009)
  - Fibrozou (Rice 1989)
  - Redukcí kapilární sítě (Coggan 1992)

# Zevní faktory

- Změna stravovacích zvyklostí
- Ekonomické změny
- Psychické změny .... Tendence k pohybu
- Endokrinní změny
- Vliv farmak ordinovaných na jiná onemocnění

# Satelitní buňky

- Zárodečné buňky – regenerace poškozeného svaly, udržení svalové hmoty
- Věkem – snížení počtu i aktivity SB
  - Hormonální změny prostředí
  - Snížená senzitivita SB na stimulační vlivy
  - Narušení interakcí s fibroblasty, makrofágy, neutrofily
- Snížení kalorického příjmu a zvýšení pohybové zátěže – prodloužení vitality a funkce SB

# Poškození nervosvalového přenosu

- Rozšíření plochy nervosvalové ploténky
- Délka a průměr nervových vláken se snižují
- Reinervace sirotčích vláken – podle typu vláken
- Popisovány případy reinervace i vláken odlišného typu .... Smíšené MU ...
- Odolnější vlákna typu I – reinervovaná vlákna typu II se přizpůsobují



# Sarkoplasmatické retikulum

- Stárnoucí SER – akumulace tubulárních agregátů v membránách... abnormality ve skladování a uvoňování  $\text{Ca}^{2+}$
- Narušení homeostázy Ca

# Je tedy účinná prevence?

- **pravidelná fyzická aktivita** – odporová i aerobní cvičení – pozitivní trofický vliv, snížení zánětlivé, věkem zesílené reakce na zátěž
- zbytečně nepřetěžovat **excentrickou kontrakcí**
- dostatečný přísun **aminokyselin**
- **prevence obezity**

budoucnost – viz výše zmíněné způsoby zásahu do degradace proteinů

- **Výcvik síly ve stáří**

adekvátní posilování  $\Rightarrow$  přírůstky síly jako mladí ..  
přírůstek objemu vláken II , bez zvýšení průřezu  
vláken I.

- **Výcvik vytrvalosti ve stáří**

hlavním faktorem - intenzita a trvání stimulu  
zvýšení svalové oxidativní kapacity, kapilární  
denzity, zvýšení procenta vláken II a proti II b

# Programy na zvýšení svalové síly

- Síla je dána schopností svalů překonávat svou kontrakcí zevní odpor
- Síla statická x dynamická
- Výcvik síly
  - hypertrofie vláken
  - Nácvik aktivace maxima MU
- Posilování – pokud možno neunavený CNS

# a/ Metoda krátkodobých maximálních úsilí

- Submaximální odpor
  - 90-95%      2-3x opakování      4-5 serií
- Blízké maximu
  - 80-90%      3-5x opakování      7-8
- Odpor dostatečný k aktivaci svalu – adaptační reakce již po prvním cviku
- Pomalé pohyby – cvičíme sílu statickou
- Rozbívá útlum, učí aktivovat větší počet MU

## b/ Metoda opakovaných úsilí

- Odpor 80-35% - větší počet opakování- jeden cvik nenaruší homeostázu svalu – potřeba cvičit do únavy.
- 7-10 opakování v jedné serii
- proti středním odporům - rychlost
- Proti malým odporům vytrvalost
- Pauzy mezi seriemi – k adaptačním reakcím dochází v klidové fázi
- Hypertrofie svalových vláken

# Minimální účinný odpor

- K přírůstku síly      nad 35%
- K udržení síly      20-35 %
- Síla klesá – pod      20%

# Programy na zvýšení svalové síly

- velký odpor , nízký počet opakování
1. Koncentrická kontrakce
    - De Lorme* : 10RM 10x50%RM, 75%, 100% 5dní  
, 2 dny pauza, nové 10 RM
    - Oxford*:  
10x100%RM, 75%, 50% 1RM ,
    - Atha* : 6RM
  2. Izometrická kontrakce – přírůstky síly  
maximální v úhlu posilování, doporučený čas  
kontrakce 6sec , 1 maxim.kontrakce 1 sec pro  
každý sval denně



# Programy na zvýšení výkonnosti

- nízký odpor, vysoký počet opakování
- vede ke schopnosti pracovat po delší dobu
- adaptace se týká jak svalů tak i KV aparátu
- vyšší výkonnost svalů – pracuje více aerobně
- maraton.běžci – dlouhodobá zátěž ⇒ přeměna vláken anaerobních na aerobní – posun IIb na IIa

- zvyšuje se aktivita aerobních enzymů, zvyšuje se velikost a počet mitochondrií
- zmenšuje se průměr vláken, zvyšuje se rezistence na únavu
- malé intenzity zátěže preferenčně aktivují malé MU.. na většinu aktivit stačí vlákna I a IIa
- elektrostimulace přednostně stimuluje velké axony  $\Rightarrow$  aktivace vláken II
- dlouhodobá elektrostimulace o nízké frekvenci vede k přestavbě IIb přes IIc na IIa

# Možnosti terapeutického ovlivnění svalového oslabení

## 1. Cvičení dle svalového testu

- Analytická metoda, vychází z polohy a ze směru pohybu při svalovém testu.
- Jednotlivé svaly cvičíme do svalového stupně 3, pak začleňujeme do komplexu pohybu.
- Pasívní protahování svalu vede k udržování elasticity svalu.

# Možnosti terapeutického ovlivnění svalového oslabení

## 2. Izometrické cvičení dle Hettingera

- Metoda posilování používá krátkých izometrických cvičení s 90% použité síly – počet opakování je 10, doba stahu je 6 sekund, pauza 5-10 sekund
- Izometrická maxima

# Možnosti terapeutického ovlivnění svalového oslabení

## Cvičení síly svalové s využitím biofeedbacku

- Jde o posílení běžné dostředivé signalizace a její využití k facilitaci stahu svalů – cvičení před zrcadlem, komentář fyzioterapeuta k prováděnému pohybu, snímaný myopotenciál povrchovými elektrodami převést na akustický signál ...

# Možnosti terapeutického ovlivnění svalového oslabení

## Cvičení na posilovacích zařízeních

- Vychází se ze cvičení dle svalového testu, kdy manuální odpor fyzioterapeuta je nahrazen přístrojem (posilovacím zařízením)
- Požadovaný směr a rozsah pohybu bez vzniku substitučních pohybů je dán nastavením přístroje
- Lze použít tam, kde stupeň svalové síly převyšuje alespoň odpor kladený gravitací

# Možnosti terapeutického ovlivnění svalového oslabení

## Elektrostimulace během svalové kontrakce

- Stimulace během izometrického stahu svalu – zvětšení svalové masy a tím tenze při stahu statického charakteru
- Stimulace během koncentrické kontrakce svalu – zvýšení dynamické síly