

Radim Jebavý

---

# Rozvoj silových schopností na nestabilních plochách

KAROLINUM

# Rozvoj silových schopností na nestabilních plochách

**Radim Jebavý**

---

Recenzovali:

doc. PaedDr. Pavel Ružbarský, Ph.D.

doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr.

Vydala Univerzita Karlova

Nakladatelství Karolinum

Grafická úprava Jan Šerých

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

Vydání první

Za cenné rady a připomínky děkuji doc. PaedDr. Tomáši Peričovi, Ph.D., za pomoc při zpracovávání výsledků katedře LSM, zvláště doc. Jiřímu Balážovi, Ph.D., za pomoc při získávání dat katedře fyzioterapie, zejména PhDr. Mirce Jalovcové, Ph.D., a za grafickou úpravu Ing. Juliu Rusnákovi.

Monografie vznikla s podporou výzkumného záměru Programu rozvoje vědní oblasti č. 39 „Společenskovední aspekty zkoumání lidského pohybu“.

© Univerzita Karlova, 2017

Text © Radim Jebavý, 2017

Illustrations © Zdena Marvanová, 2017

ISBN 978-80-246-3665-8

ISBN 978-80-246-3683-2 (online : pdf)



Univerzita Karlova  
Nakladatelství Karolinum 2017

[www.karolinum.cz](http://www.karolinum.cz)  
[ebooks@karolinum.cz](mailto:ebooks@karolinum.cz)



# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. ÚVOD</b>  | <b>9</b>  |
| 1.1 Použité termíny ve vědecké práci  | 10        |
| <b>2. TEORETICKÝ RÁMEC VÝZKUMNÉ PROBLEMATIKY</b>                                | <b>12</b> |
| 2.1 Silové schopnosti   | 12        |
| 2.1.1 Problematika, vývoj a cíle silového tréninku                              | 12        |
| 2.1.2 Definice silových schopností  | 13        |
| 2.2 Síla ve smyslu fyzikálním   | 13        |
| 2.2.1 Rychlost kontrakce a produkce mechanického výkonu                         | 13        |
| 2.2.2 Hillova křivka  | 14        |
| 2.3 Anatomie a fyziologie svalu, druhy svalových vláken                         | 16        |
| 2.4 Morfologické vlastnosti svalů   | 17        |
| 2.5 Svalová kontrakce   | 20        |
| 2.6 Klasifikace silových schopností   | 21        |
| 2.6.1 Silové schopnosti dle druhu projevu                                       | 21        |
| 2.7 Metody stimulace silových schopností  | 24        |
| 2.8 Současné tréninkové prostředky pro stimulaci silových schopností            | 25        |
| 2.9 Postura a hluboký stabilizační systém                                       | 26        |
| 2.9.1 Svaly tvořící HSS   | 27        |
| 2.9.2 Hlavní funkce HSS a význam pro silové schopnosti                          | 28        |
| 2.9.3 Povrchové svaly versus hluboký stabilizační systém                        | 29        |
| 2.9.4 „Core strength training“ a možnosti využití nestabilních ploch<br>v praxi | 31        |
| 2.9.5 Přehled studií k problematice nestabilních ploch                          | 32        |
| <b>3. FORMULACE PROBLÉMU</b>  | <b>35</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4. METODIKA PRÁCE</b>   | <b>36</b> |
| 4.1 Vědecká otázka   | 36        |
| 4.2 Cíle práce   | 36        |
| 4.3 Hypotézy   | 37        |
| 4.4 Úkoly výzkumu  | 37        |
| 4.5 Design experimentu   | 41        |
| 4.5.1 Analýza dat  | 41        |
| 4.5.2 Proměnné experimentu   | 42        |
| 4.6 Požadavky intervenčního silového programu  | 42        |
| 4.6.1 Měřené indikátory silových schopností  | 45        |
| 4.6.2 Indikátory aktivace HSS  | 47        |
| 4.6.3 Diskuze metodiky   | 48        |
| <br>   |           |
| <b>5. VÝSLEDKY</b>   | <b>50</b> |
| 5.1 Výsledky realizace intervenčního silového programu pro pilotní studii<br>a pro experimentální výzkum | 50        |
| 5.1.1 Tvorba intervenčního silového programu   | 50        |
| 5.1.2 Výběr cvičení, charakteristika probandů a silových indikátorů                                      | 51        |
| 5.2 Výsledky pilotní studie  | 53        |
| 5.2.1 Cíl pilotní studie   | 53        |
| 5.2.2 Vyhodnocení pilotní studie   | 54        |
| 5.2.3 Diskuze k pilotní studii   | 58        |
| 5.2.4 Závěry k pilotní studii  | 59        |
| 5.3 Výsledky intervenčního silového programu   | 59        |
| 5.3.1 Výsledky testu dynamické dřepy   | 60        |
| 5.3.2 Výsledky testu statická výdrž ve dřepu   | 62        |
| 5.3.3 Výsledky testu dynamické tlaky na lavici   | 64        |
| 5.3.4 Výsledky testu statická výdrž v tlaku na lavici  | 66        |
| 5.3.5 Výsledky testu dynamické kliky   | 68        |
| 5.3.6 Výsledky testu statická výdrž v kliku  | 70        |
| 5.3.7 Shrnutí výsledků   | 72        |
| <br>   |           |
| <b>6. DISKUZE</b>  | <b>73</b> |
| 6.1 Výsledky pilotní studie na kvalitu aktivace HSS  | 75        |
| 6.1.1 Vyhodnocení výsledků testu   | 75        |
| 6.2 Diskuze k pilotní studii na kvalitu aktivace HSS   | 77        |
| 6.3 Závěr k pilotní studii na kvalitu aktivace HSS   | 78        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7. KOMPATIVNÍ STUDIE ZAMĚŘENÁ NA KVALITU<br/>AKTIVACE HSS</b>     | <b>79</b> |
| 7.1 Soubor a metodika  | 81        |
| 7.1.1 Výzkumný soubor  | 81        |
| 7.1.2 Silový program   | 81        |
| 7.1.3 Posuzování kvality aktivace HSS                                | 84        |
| 7.1.4 Měření proměnné  | 84        |
| 7.1.5 Vyhodnocení výsledků   | 84        |
| 7.2 Výsledky   | 84        |
| 7.3 Diskuze ke komparativní studii zaměřené na kvalitu aktivace HSS  | 85        |
| <b>8. ZÁVĚR</b>  | <b>87</b> |
| <b>9. DOPORUČENÍ PRO PRAXI</b>                                       | <b>89</b> |
| Seznam zkratk  | 91        |
| Seznam grafů   | 92        |
| Seznam tabulek   | 93        |
| Shrnutí  | 94        |
| Summary  | 95        |
| Zusammenfassung  | 97        |
| Резюме   | 99        |
| Seznam použité literatury  | 101       |
| Seznam příloh  | 109       |
| Příloha 1: Popis indikátorů silových schopností a kritéria měření    | 110       |
| Příloha 2: Popis indikátorů kvality aktivace HSS                     | 118       |
| Příloha 3: Nestabilní plochy použité v intervenčním silovém programu | 121       |
| Příloha 4: Intervenční silové programy                               | 126       |





# 1. Úvod

Současná sportovní praxe klade nároky na všechny složky sportovního tréninku. Neustále dochází ke zvyšování tréninkového zatížení, zejména v oblasti intenzifikace. U většiny sportovců to vyžaduje vysokou připravenost v širší škále silových projevů včetně stimulace vytrvalostní síly, která je mnohými autory (Zatsiorsky & Kraemer, 2014; Baechle et al., 2008; Plowman & Smith, 2007; Siff, 2003; Poliquin, 2001; Bompa, 1999) považována za základ pro bezpečnou stimulaci silových schopností vyšší intenzity.

Komplexní rozvoj nesespecifických silových schopností i stimulace specifických oblastí síly, které využije jedinec pro svůj výkon primárně, patří neodmyslitelně do tréninkového procesu. Problematika efektivity silové přípravy je stále více v popředí a je považována za významné kritérium sportovního tréninku.

Z tréninkových prostředků využívaných k stimulaci silových schopností jsou nejčastěji používána cvičení s volnými činkami, cvičení na posilovacích strojích a cvičení s vlastní hmotností těla. V poslední době se prosazují nové trendy stimulace silových schopností i s využíváním moderních pomůcek a přístrojů. Jednou z nich jsou např. vibrační pomůcky a také nestabilní oporné plochy. Původně se využívaly jen v preventivní a léčebné rehabilitaci, ale dnes je řada sportovců zařazuje do své přípravy kvůli zvýšení obtížnosti cviku a také zlepšení trupové stability (Jebavý et al., 2012).

Podle autorů, kteří se danou problematikou ve svých studiích zabývají (Ruiz & Richardson, 2005; Kyungmo et al., 2009; Potvin & Benson, 2003; Yanggie & Campbell, 2006; Süss et al., 2008 a dalších) má stimulace silových schopností na nestabilních plochách poměrně velký potenciál. Může zkvalitnit silový trénink, pravděpodobně i rovnováhu sportovců a nepřímo přispět k vyšší sportovní výkonnosti.

## 1.1 Použité termíny ve vědecké práci

V současnosti je v odborné literatuře i praxi prezentováno značné množství termínů, které nejsou jednoznačně definovány a dochází k tomu, že jeden termín je používán v několika kontextech. Z tohoto důvodu jsou v této kapitole definovány **základní pojmy** tak, jak jsou užívány v předkládané monografii.

**Síla** bývá v literatuře chápána v několika kontextech. Jako **slangový termín pro silové schopnosti**, ale i jako **fyzikální veličina (F)**. V naší studii budeme chápat a užívat termín síla jako fyzikální veličinu ( $F = m \times a$ ).

**Stimulace silových schopností** – v práci užíváme tento termín dle Dovalila et al. (2009). Vyjadřuje proces, ve kterém dochází k podněcování silových schopností. V dalších publikacích se vyskytují obdobné termíny jako rozvoj síly nebo rozvoj silových schopností, popř. rozvoj svalové síly.

**Silový trénink** je proces stimulace silových schopností. Jeho obsahem jsou jednotlivá silová cvičení, která v souvislosti s cíli silového tréninku využívá různé metody stimulace silových schopností.

**Silové cvičení** chápeme jako cvičení zaměřující se na stimulaci silových schopností.

**Svalový impuls** je činnost svalu, vyvolávající změnu napětí ve sva-lech.

**Svalová kontrakce** znamená smrštění svalu, stah. Slouží k překonávání nebo udržování odporu, který je vyšší, než určitá norma běžné pohybové činnosti.

**Intenzita** je stupeň projevu úsilí určité pohybové činnosti. V některých oblastech naší studie ji můžeme chápat jako množství vykonané práce v čase.

**Intenzifikaci** chápeme jako zvětšování nebo zvyšování stupně projevu bez navýšeného množství pohybové činnosti.

**Efektivita silového tréninku** je ve studii vysvětlována jako účinnost, která je určena úrovní silových schopností před a po ukončení intervenčního programu.

V souvislosti s použitými indikátory jsme narazili na určitou terminologickou nesourodost mezi odbornou (gymnastickou) terminologií a slangovými termíny, které používá „metajazyk“ tělovýchovné praxe. Jedná se například o termín dřep, klik apod., který je v tělovýchovném „metajazyku“ chápán jako průběh pohybu, zatímco v gymnastickém názvosloví definuje přesně stanovenou polohu. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k určité „stylizaci“ názvu **indikátorů**:

- **dynamický dřep** chápeme jako přechod ze stoje mírně roznožného do dřepu a zpět do stoje mírně roznožného,
- **výdrž ve dřepu** jako výdrž v poloze dřep,
- **dynamický tlak na lavici** jako leh (na zádech) na lavici pokrčmo, chodidla na podložce, předpažit, skrčit zapažmo (dotyk hrudníku) a zpět,
- **výdrž v tlaku na lavici** chápeme jako výdrž v poloze leh na lavici, chodidla na podložce, skrčit zapažmo,
- **dynamický klik** jako vzpor ležmo, klik ležmo (dotyk značky hrudníkem) a zpět,
- **výdrž v kliku** chápeme jako výdrž v poloze klik ležmo.

# 2. Teoretický rámec výzkumné problematiky

## 2.1 Silové schopnosti

### 2.1.1 Problematika, vývoj a cíle silového tréninku

Problematika silového tréninku a stimulace silových schopností byla v minulosti spojená hlavně se sporty jako vzpírání, silový trojboj, kulturistika a atletika (vrhačské disciplíny). V poslední době narůstá význam silového tréninku u celé řady sportovních odvětví. Proto se také vývoj prostředků pro stimulaci silových schopností během posledních let mění i díky studiím, zabývajících se efektivitou silového tréninku. Každé sportovní odvětví má však odlišné cíle silového tréninku. V kulturistice jde především o krásu těla (svalů), ve vzpírání a silovém trojboji o nejvyšší množství zvednutých kilogramů a u vrhačů především o nejvyšší zrychlení pohybu umožňující dosáhnout co nejdříve odhodu nebo odvrhu vrhačského náčiní.

Běžné cíle silového tréninku spočívají v udržování nebo rozvíjení způsobilosti nervosvalového systému rychle vyvíjet svalovou kontrakci, v prevenci před zraněním, udržování způsobilosti svalů, zpevňování kloubních a úponových spojení a po výraznější pohybové inaktivitě optimalizování úrovně základních silových schopností (Měkota & Novosad, 2005).

Prvotní odborná literatura zabývající se podrobněji silovým tréninkem u sportovců sahá do poloviny minulého století. Prvními z velmi uznávaných autorů byli např. Hill, Zatsiorsky a další. V poslední době se věnuje stimulaci silových schopností celá řada odborníků. K těm nejuznávanějším patří i se svými pracemi kromě již zmiňovaného Zatsiorského i Bompa, Kraemer, Verkhoshansky, Siff, Stoppani, Poliquin a další. Ti všichni se snaží ve svých studiích publikovat nové poznatky o silovém tréninku.

## 2.1.2 Definice silových schopností

Silové schopnosti jsou podle velkého množství autorů definovány v mnoha ohledech. Zatsiorsky & Kraemer (2006 a 2014), Siff (2003), Poliquin (2001), Boyle (2003), Barnes et al. (2006), Měkota & Novosad (2005) a další definují sílu jako schopnost překonávat vnější odpor svalovým úsilím. Měkota & Blahuš (1983) uvádějí, že silové schopnosti jsou ty schopnosti, které člověku umožňují překonávat odpor nebo proti odporu působit, a to prostřednictvím svalového napětí. Podle Dovalila et al. (2009), Baechleho et al. (2008) a dalších silovými schopnostmi překonáváme či udržujeme vnější odpor svalovou kontrakcí. Je tedy zřejmé, že o silových schopnostech hovoříme jako o takových pohybových činnostech, kdy svalovou kontrakcí překonáváme odpor, který je vyšší, než určitá norma běžné pohybové činnosti.

Různé silové schopnosti jsou určovány prostřednictvím (výsledné) svalové síly, která vyplývá z kontrakce svalů podílejících se na nějakém pohybu. Svalová síla se měří buď jako (a) maximální fyzikální síla ( $v N$ ), které se dosáhne při určité rychlosti, nebo jako (b) maximální hmotnost ( $v kg$ , popř.  $\%$ ), která může být zvedána až od subjektivního vyčerpání (Hochmann et al., 2010).

Podle Měkoty a Novosada (2005) je pro účinnost silového tréninku třeba vycházet z hlubších znalostí svalové činnosti a jejího nervového řízení. Podstata silových schopností je ve způsobilosti kosterních svalů vyvíjet sílu (ve smyslu fyzikálním). Je to nutná podmínka pro pohyb celého těla nebo jeho částí. Silové schopnosti vyvíjené svalovými kontrakcemi společně s rychlostí těchto kontrakcí určuje velikost mechanického výkonu, který produkuje příslušná svalová soustava v pohybovém aktu.

## 2.2 Síla ve smyslu fyzikálním

### 2.2.1 Rychlost kontrakce a produkce mechanického výkonu

Rychlostní složka výkonu je součástí téměř všech projevů napříč širokým spektrem sportovních disciplín. Snahou je vykonat požadovaný pohyb co nejefektivněji a nejekonomičtěji, tedy s maximálním využitím fyzikálních a biomechanických zákonů ku prospěchu výkonu. Projevy rychlé a explozivní síly vyžadují nábor rychlých motorických jednotek (dále jen MJ), které kromě vysloveně rychlostního pohybu mohou být rekrutovány i při nižších rychlostech buď s maximálním (nebo téměř

maximálním) odporem anebo se submaximálním odporem ovšem s dosažením maximálního počtu opakování (Siff, 2003).

Svaly během pohybu produkují práci a výkon ve smyslu fyzikálním, které je možné měřit pomocí dynamometrů. Tyto přístroje jsou schopny registrovat souhrnný efekt silových schopností svalu nebo svalových skupin v určitém směru. Výsledný výkon je však komplexnější veličinou. Obecně je výkon charakterizován jako práce vykonaná za jednotku času. V kontextu výkonu však využíváme vyjádření, které počítá spíše s generovanou silou:

$$P = F \times v,$$

kde  $P$  je mechanický výkon,  $F$  je generovaná síla a  $v$  je rychlost pohybu.

Přesněji by bylo možné tento vzorec rozepsat jako:

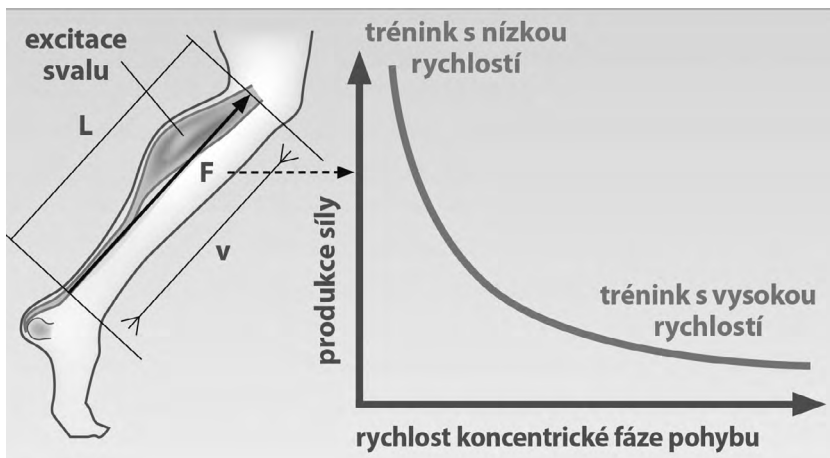
$$P = F \times v \times \cos \alpha = F_t \times v,$$

kde  $F_t$  je tečná složka síly vůči konečnému silovému vektoru. Vztah síly a rychlosti lze tedy zjednodušit až na prvně uvedený vzorec.

Z popisovaných vztahů vyplývá, že výkon je vyjádřen působící silou a rychlostí pohybu. Avšak i samotné silové schopnosti závisí na rychlosti pohybu svalových úponů, na stupni svalového podráždění a délce svalu, při které je sval excitován. Pro silový trénink je obecně vysoce cenná informace, jak velký svalový impulz skutečně produkují. Čím delší je páková délka  $L$  a excitace svalu, tím vyšší je i generovaná síla (viz obr. č. 1). U rychlosti svalového stahu to však neplatí. Silový impulz je totiž vyšší u pomalejšího pohybu než u pohybů rychlých. Výsledný svalový impulz je vždy kombinací rychlosti svalového stahu, excitace svalu a pákové délky (Petr & Štátný, 2012).

### 2.2.2 Hillova křivka

Produkce síly v čase rovněž souvisí s velikostí silového impulzu, který je nutný k vykonání konkrétního pohybu. V obecné rovině se uplatňuje tzv. Hillova křivka závislosti síly na čase (obr. č. 1). Hillova křivka vychází z Hillovy rovnice popisující vztah síly a rychlosti během svalové kontrakce (Hill, 1938). Zároveň z ní vyplývá, že mezi prací a rychlostí pohybu platí převrácený vztah. Při překonávání stejně těžkého odporu co nejrychleji je generována větší práce než při stejném, pomalém



**Obr. 1:** Hillova křivka a znázornění modelu veličin, které se podílejí na produkci silových schopností;  $F$  = síla generovaná svalem,  $L$  = délka svalu,  $v$  = rychlost kontrakce (Herzog, 1999)

a kontrolovaném pohybu. S rostoucí rychlostí pohybu je možné užití vyššího silového impulzu (obr. č. 1). V tréninku je nutné plánovaně měnit rychlost kontrakce, přičemž pomalejší kontrakce v tréninku maximální síly mohou vést k vyššímu svalovému napětí.

Hillova křivka je poznatek již z doby před 2. světovou válkou. Její přesný průběh a další závislosti podrobně zpracoval Herzog (1999), který poukazuje i na další parametry této křivky. Ukázalo se, že Hillova křivka nefunguje podle původního konceptu, ale základní princip produkce síly pro udělení rychlého a pomalého pohybu se nemění.

Pro měření silových schopností obvykle používáme dynamometry. I když dnes existuje mnoho variant dynamometrů, stále platí, že produkovanou sílu neměříme přímo, ale odvozujeme ji z mechanické impedance a rychlosti pohybu, resp. z hmotnosti a zrychlení (Kraemer et al., 2006). Pro projevy silových schopností pak používáme jednoduché vyjádření, které vychází z druhého Newtonova zákona: Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje se zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímě úměrné hmotnosti tělesa. Sílu potom můžeme vyjádřit jako součin hmotnosti a zrychlení, které jsme předmětu udělili:

$$F = m \times a,$$

kde  $F$  je síla,  $m$  je hmotnost,  $a$  je zrychlení.

Impulz síly je fyzikální veličina vyjadřující časový účinek působení síly:

$$\mathbf{I} = \mathbf{F} \times \Delta t \text{ (síla} \times \text{změna času).}$$

Impulz síly je roven změně hybnosti, která je tělesu udělena. Tím jsme opět u základů toho, co uvede těleso do pohybu. Při hodech a vrzích se např. snažíme, aby odhazovaný míček, oštěp nebo odvržená koule dosáhly co nejvyšší rychlosti při odhodu a odvrhu. Hmotnost je tedy stabilní a hybnost lze zvýšit působící silou nebo právě časovým působením síly (Herzog, 1999).

### 2.3 Anatomie a fyziologie svalu, druhy svalových vláken

Svaly tvoří okolo 45 % hmotnosti průměrného člověka. V lidském těle je celkem 600 svalů, z nichž většina je párová, tedy 300 svalů v každé polovině těla. Rozeznáváme tři typy svalové tkáně: příčně pruhovanou svalovinu, hladkou svalovinu (útrobní svalstvo) a srdeční svalovinu (myokard) (Delavier, 2005; Čihák, 2011).

Příčně pruhovaná svalovina se dále dělí podle hrubé vizuální inspekce (Dylevský, 2009) na červenou, bílou (bledou) a přechodnou svalovinu.

Jednotlivé typy svalových vláken dělíme také podle rychlosti kontrakce a relaxace. Aktivace různých typů vláken závisí na velikosti vyvíjené tenze (v % maxima). Autoři McArdle et al. (2005), Willmor & Costill (2004) i Heller et al. (1996) je člení:

- *na rychlá vlákna* FG (rychlá glykolytická, tzv. fast glycolytic) – fázické svaly, málo kapilarizovaná, odpovědná za maximální silový pohyb,
- *na rychlá vlákna* FOG (rychlá oxidativně-glykolytická, tzv. fast oxidative-glycolytic) – kapilarizovaná, odpovědná za silový a rychlý pohyb,
- *na pomalá vlákna* SO (pomalá oxidativní, tzv. slow oxidative) – tonické svaly, hodně kapilarizovaná, odpovědná za pomalé pohyby a statickou činnost.

Při nízké intenzitě cvičení je svalová kontrakce generována převážně SO vlákny, při vyšší intenzitě se postupně aktivují FOG vlákna a při vysoké až maximální intenzitě se výrazně zapojují vlákna FG (Willmor & Costill, 2004).



## 2.4 Morfologické vlastnosti svalů

Při stimulaci silových schopností se především uplatňují vlivy morfologicko-fyziologické a neurofyziologické. Oba ovlivňují rozdílným způsobem stimulaci silových schopností podle charakteru zatěžování. Důležitá je především jejich intenzita a frekvence.

Při funkční a morfologické vlastnosti svalů mluvíme o zastoupení jednotlivých typů vláken, které se liší svými morfologickými, histochemickými a funkčními vlastnostmi. Z morfologických vlastností svalu je podstatná plocha jeho příčného průřezu. Čím větší je, tím větší představuje potenciál pro vyvinutí silových schopností (Čihák, 2011; Grasgruber & Cacek, 2008).

Úroveň vyvíjeného silového impulzu výrazně ovlivňuje počet MJ a jejich synchronizace zapojení do kontrakce svalu. Nervové impulsy pro zapojení MJ vycházejí z CNS. Frekvence nervových impulsů, a tím také typ a počet zapojujících se svalových vláken, závisí na rychlosti pohybu a velikosti odporu. Při nižších odporech rozhoduje o převažujícím typu zapojených svalových vláken rychlost pohybu. Způsobilst vyvíjet silové schopnosti není určena pouze funkčními a morfologickými vlastnostmi svalové tkáně, ale celého nervosvalového systému, ve kterém hraje klíčovou roli nervové řízení svalové činnosti (Měkota & Novosad, 2005; Grasgruber & Cacek, 2008).

Mezi faktory ovlivňující svalovou kontrakci patří průběh svalové kontrakce, rychlost kontrakce a délka svalu. Zde platí, že se zvyšováním velikosti odporu se snižuje maximální možná rychlost provedení pohybu proti tomuto odporu a naopak.

Energetické krytí svalové činnosti záleží na objemu a intenzitě pohybové činnosti. Při krátkodobých činnostech vysoké intenzity je energie krytá převážně z ATP – CP systému a anaerobního glykolytického systému. Při delší činnosti a hlavně nemaximální intenzitě dominuje aerobní metabolismus (Heller et al., 1996).

Zkvalitnění úrovně silového impulzu v důsledku silového tréninku mohou podle Psotty et al. (2006) podmiňovat následující adaptace:

1. Změny v nervovém řízení
  - Adaptace frekvence a rychlosti vedení vzruchů.
  - Optimalizace **intermuskulární koordinace**. Podle Meissnera (2004) představuje tato intermuskulární koordinace souhru více svalů, které se podílejí na jednom určitém pohybu. Je-li tato koordinace dobře rozvinutá a výrazná, pozitivně se to projevuje na sledech našich pohybů, protože v takovém případě pracují všechny

zúčastněné svaly v souhře, kontrahují a uvolňují se. Schmidtbleicher (1984) uvádí, že intermuskulární koordinace je první fází silové adaptace. Projevuje se už asi po dvou týdnech silové přípravy.

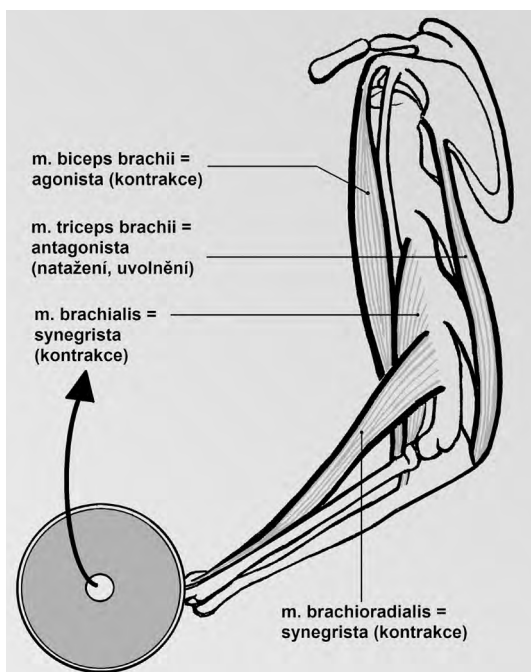
- Optimalizace **intramuskulární koordinace**. Meissner (2004 a 2006) uvádí, že intermuskulární koordinace přímo ovlivňuje úroveň silových schopností, které představují aktivační schopnost jednotlivých svalových buněk v rámci jednoho svalu. Pokud zvedáme jen lehká závaží, je třeba k překonání odporu aktivovat je málo svalových buněk. Každá MJ přitom podléhá principu „všechno nebo nic“, což znamená, že se svalové vlákno buď úplně kontrahuje, nebo zůstává nečinné. Následkem toho v praxi je, že začátečníci mohou kontrahovat jen část svalových vláken. Postupně se intramuskulární koordinace zlepšuje, protože se sval zdánlivě učí mobilizovat dosud neaktivní svalová vlákna. Výsledkem je větší silová schopnost daného svalu bez zvětšení jeho objemu. Měkota & Novosad (2005) uvádí, že intramuskulární koordinace závisí na počtu zapojených MJ, tedy závisí na úrovni podnětu – dráždivého impulsu. Jednotlivé typy svalových vláken mají rozdílnou prahovou hodnotu podráždění pro zahájení svalového stahu. SO vlákna mohou být aktivována již velmi nízkou úrovní dráždění. Naopak FO vlákna reagují až při silné úrovni dráždění. Zapojení jednotlivých typů je postupné podle narůstající síly dráždění, pro kterou je rozhodující frekvence dráždivých impulzů působících na zapojenou MJ. Schmidtbleicher (1984) konstatuje, že efekt zlepšení intramuskulární koordinace se může projevit až po šesti až osmi týdnech silové přípravy.
- **Zvýšený počet zapojovaných MJ** ve cvičeních s vysokými nároky na silové schopnosti.

2. Změna morfologické charakteristiky – zvětšení příčné plochy svalu.
3. Změny ve funkčních vlastnostech svalů.
4. Zlepšení využití elastické energie, která se kumuluje v elastických strukturách svalů a šlach při jejich excentrické kontrakci.
5. Zvýšení energetických zásob a aktivity enzymů anaerobního metabolismu.

Podle Siffa (2003) svalové kontrakce s impulzy probíhají souběžně, ale je možné, že jeden typ koordinace svalů se projeví na zlepšení silových schopností o něco dříve než ten druhý.

Svaly jsou rozloženy kolem kloubů. V důsledku toho jednotlivé svaly působí v různých směrech. *Podle zapojení* do pohybu udává Čihák (2011) a Dovalil et al. (2009) tyto svaly:

- **agonista:** označení pro sval, který pro určitý směr působí jako iniciátor pohybu;
- **antagonista:** sval nebo svaly působící protichůdný pohyb;
- **antagonistické dvojice svalů:** jsou vytvářeny agonistou a antagonistou a pohyb záleží na souhře těchto dvojic;
- **synergisté:** svaly, které se na jednom pohybu spoluúčastní (obr. č. 2). Při svalové souhře je situace složitější a do činnosti pak podle Čiháka (2011) vstupuje více svalů. *Dle funkce* je dále dělí:
  - na sval hlavní: je to obvykle jeden ze skupiny synergistů pro určitý pohyb;
  - na svaly pomocné: jsou to ostatní svaly spolupracující se svalem hlavním.



**Obr. 2:** Znárodnění práce funkční svalové skupiny na příkladu ohýbání paže (Dovalil et al., 2009)

Na dokonalé intramuskulární koordinaci se podílí synchronizace aktivovaných a neaktivovaných MJ. Při svalovém stahu nastává jejich střídání. Při vyvinutí maximální síly je současně zapojen velký počet MJ. Měkota & Novosad (2005) uvádějí, že na svalové činnosti se podílejí jak agonisté, tak antagonisté. Pro efektivitu této činnosti je nezbytná nejen koordinace zapojených svalových skupin – agonistů, ale i stupěň