

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Svalová aktivita při překonávání kritického bodu  
koncentrické fáze bench-pressu**

Bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce:

**doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.**

Vypracoval:

**Václav Kopecký**

Praha, prosinec 2019

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis studenta

## Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. PhDr. Petru Šťastnému, Ph.D. za trpělivost, pomoc a ochotu vést moji práci. Dále bych rád poděkoval Mgr. Dušanu Blažkovi, Bc. Dominiku Kolingerovi, Bc. Karlu Hlavovi, Mgr. Michalu Širokému a všem ostatním, kteří se podíleli na přípravě nebo realizaci společného výzkumu včetně samotných probandů.

## **Abstrakt**

- Název:** Svalová aktivita při překonávání kritického bodu koncentrické fáze bench-pressu
- Cíle:** Hlavním cílem této bakalářské práce je srovnání svalové aktivity primárních hýbačů a pomocných svalů v jednotlivých částech koncentrické fáze bench-pressu (pre-sticking, sticking a post-sticking fáze).
- Metody:** Pro získání potřebných dat byla použita metoda randomizovaného experimentu v předem stanovených laboratorních podmínkách. Následné vyhodnocení dat bylo provedeno metodou analýzy rozptylu.
- Výsledky:** Nervosvalová únava primárních hýbačů se projevila u submaximálních (4 RM) odporů, ve sticking fázi a v post-sticking fázi. U maximálních odporů (1 RM) se tato hypotéza nepotvrdila, jelikož se největší svalová únava projevila až v post-sticking fázi. Dále bylo zjištěna nervosvalová únava u pomocných svalu jak u maximální (1 RM), tak submaximálních (4 RM) odporů.
- Klíčová slova:** bench-press, kritická fáze pohybu, kritický bod, elektromyografie, EMG, svalová aktivita, silový trénink

## **Abstract**

**Title:** Muscle activity when surpassing the sticking region in the concentric phase of a bench-press

**Objectives:** The aim of this work is to compare muscle activity of prime movers and stabilizing muscles in each region of the concentric phase in a bench-press (pre-sticking, sticking and post-sticking phase).

**Methods:** To get all the necessary data a method of randomized experimental research was used in preset laboratory conditions. Afterward a method of analysis was used for data evaluation.

**Results:** Neuromuscular fatigue had occurred at submaximal (4 RM) loads in the primary movers during the sticking and post-sticking phase. In case of maximal (1 RM) loads the hypothesis was rejected due to that fatigue had occurred later, during post-sticking phase. Furthermore a neuromuscular fatigue of stabilizing muscles during maximal (1 RM) and submaximal (4 RM) loads was found.

**Keywords:** bench-press, sticking region, sticking point, electromyography, EMG, muscle activity, resistance training

# Obsah

1	Úvod.....	8
2	Teoretická východiska .....	9
2.1	Silové schopnosti .....	9
2.1.1	Druhy silových schopností.....	9
2.2	Metody rozvoje silového tréninku .....	11
2.2.1	Metoda maximálních úsilí .....	11
2.2.2	Metoda submaximálních a opakovaných úsilí.....	11
2.2.3	Metoda dynamických úsilí.....	13
2.3	Parametry zatížení.....	14
2.3.1	Velikost odporu.....	14
2.3.2	Počet opakování.....	14
2.3.3	Rychlost provedení pohybu .....	14
2.3.4	Délka odpočinku .....	15
2.3.5	Charakter odpočinku.....	15
2.4	Komplexní cviky.....	16
2.5	Bench-press .....	17
2.5.1	Testování síly u BP .....	17
2.5.2	Svalová aktivita u různých variant BP.....	19
2.6	Kritická fáze pohybu .....	20
2.6.1	Existence kritické fáze pohybu .....	20
2.6.2	Jak zmenšit kritickou fázi pohybu .....	21
2.7	Elektromyografie (EMG).....	22
2.7.1	Akční potenciál .....	22
2.7.2	Motorická jednotka .....	23
2.7.3	Šum a faktory ovlivňující EMG signál .....	23
2.7.4	Analýza EMG signálu.....	25

2.7.5	Svalová únava .....	26
3	Cíle a úkoly práce, hypotézy.....	28
3.1	Výzkumná otázka.....	28
3.2	Cíl práce .....	28
3.3	Úkoly práce .....	28
3.4	Hypotézy: .....	29
4	Metodika práce .....	30
4.1	Popis výzkumného souboru .....	30
4.2	Použité metody.....	30
4.3	Sběr dat.....	32
4.4	Analýza dat.....	35
5	Výsledky .....	36
5.1	1 RM.....	36
5.2	4 RM.....	40
6	Diskuze .....	48
7	Závěr .....	50
	Seznam literatury .....	51
	Seznam obrázku, tabulek a grafů.....	55

# 1 Úvod

Od první hodiny tělesné výchovy jsem věděl, že sport je to pravé pro mě. Ve starším školním věku jsem začal se stolním tenisem a následně přešel k florbalu, u kterého jsem několik let zůstal. Mimo tento sport jsem se zhlédl i v posilování, které mi nakonec jako jediné, zůstalo do dnes.

Poprvé mě do posilovny přivedl můj strýc ve 14 letech. Jak je zvykem, jako začátečník jsem v prostředí posilovny tápal. Mnoho cviku jsem neznal, a tak jsem stále opakoval ty samé, o jejich správném provedení nemluvě. Postupem času jsem se pro své potřeby začal v této oblasti více vzdělávat. Po úspěšném ukončení střední školy jsem se rozhodl, vydat se ve vzdělání dál směrem k fitness a vše kolem něj, což mě přivedlo ke studiu na UK FTVS. V prvním ročníku jsem si zvolil směr Aktivity podporující zdraví, abych se mohl vzdělávat v oblastech kondiční přípravy, intervenčních pohybových programů, nebo základech pohybového tréninku.

V období, kdy jsem ještě nepřemýšlel nad tématem mé bakalářské práce, jsem se přihlásil na kurz trenéra fitness na UK FTVS. Na tomto kurzu jsem se potkal s Mgr. Dušanem Blažkem, jenž mi nabídl spolupráci na jeho výzkumu s možností dalšího využití dat pro mou bakalářskou práci. Celý výzkum trval přibližně 4 měsíce ve vzájemné spolupráci 6 členného týmu. Během výzkumu se měřilo mnoho aspektu bench-pressu. Například tlak v plicích, užívání různých dechových technik během cvičení bench-pressu nebo zapojení svalových skupin.

Po ukončení společného výzkumu bylo možné zpracovat hned několik témat. Některá si vybrali moji kolegové, avšak mne nejvíce zaujalo zapojení svalových skupin u bench-pressu během maximálních a submaximálních úsilí. Po následné konzultaci s vedoucím práce jsme se rozhodli pro výběr tématu svalová aktivita při překonávání kritického bodu koncentrické fáze bench-pressu. Jelikož se všechna témata pramenící z tohoto výzkumu zabývají bench-pressem, nemohu vyloučit částečnou podobnost struktury teoretické práce mých kolegů.



## 2 Teoretická východiska

### 2.1 Silové schopnosti

Silové schopnosti patří mezi kondiční schopnosti, kam lze dále přiřadit schopnosti rychlostní a vytrvalostní. Kondiční schopnosti jsou do značné míry ovlivňovány metabolickými procesy, tedy realizace pohybu je podmíněna způsobem získávání a využívání energie.

Síla jako pohybová schopnost jedince je souhrnem vnitřních předpokladů člověka pro vyvinutí síly ve smyslu fyzikálním, je spojena s činností svalů (velikostí svalové kontrakce), kterou lze označit jako svalovou sílu.<sup>1</sup>

Měkota a Novosad (2007) i Perič a Dovalil (2010), popisují silové schopnosti jako schopnost překonávat či udržet odpor vnějšího prostředí svalovou kontrakcí.<sup>2</sup>

#### 2.1.1 Druhy silových schopností

Silové schopnosti primárně dělíme podle, typu svalové kontrakce. Podle změny délky svalu nebo napětí hovoříme o kontrakcích:

- 1) Izometrická (statická) – napětí se zvyšuje, délka se nemění
- 2) Izotonická (dynamická) - mění se délka svalu, napětí zůstává přibližně stále stejné.

Dynamickou (izotonickou) kontrakci můžeme dělit ještě podle typu pohybu svalu na:

- koncentrickou – sval se zkracuje, napětí se nemění,
- excentrickou, brzdívou – sval se násilím protahuje, napětí se nemění

---

<sup>1</sup> MĚKOTA, K. a J. NOVOSAD. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. Učebnice. ISBN 80-244-0981-X.

<sup>2</sup> PERIČ, T. aj. DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.

V Závislosti na parametrech zatížení (velikost odporu, rychlost provedení) lze dále dynamickou sílu rozdělit na:

**výbušnou (explozivní) sílu** – je charakterizována maximálním zrychlením a minimální odporem, využití nachází při hodech, odrazech, kopech, úderech...

**rychlou sílu** – spočívá v nemaximálním zrychlení a v nízkém odporu – např.: starty, série úderu v boxu, běh přes překážky.

**vytrvalostní sílu** – práce s nízkým odporem, nevelkou rychlostí – cyklistika, kanoistika.

**Maximální sílu** – překonává maximální odpor až hraniční odpor malou rychlostí – vzpírání apod.

## 2.2 Metody rozvoje silového tréninku

### 2.2.1 Metoda maximálních úsilí

Metoda maximálního úsilí se používá pro rozvoj, jak intermuskulární (mezisvalové), tak intramuskulární (vnitrosvalové) koordinace. Přičemž intermuskulární koordinace slouží při osvojování techniky, jedinec se učí zapojovat svaly ve správné posloupnosti potřebné k provedení určitého pohybu. A intramuskulární koordinace k nárůstu maximální síly, kdy dochází k co největšímu náboru motorických jednotek.<sup>3</sup> Oproti ostatním metodám vyvolává dvakrát větší nárůst síly. Díky cílení na neurální adaptaci je možný nárůst maximální síly beze změn v tělesné hmotě.<sup>4</sup>

Velikost odporu by se měla pohybovat na hranici 95 – 100% maxima. Doporučený počet opakování v jedné sérii bývá 1 – 3 opakování<sup>5</sup>

Metoda maximálních úsilí má svá omezení. Nedoporučuje se začátečníkům, kteří nemají osvojenou techniku daného pohybu, a tak by se zvýšilo riziko zranění. Dále u některých cviků např.: leh-sedy, je tato metoda spíše zbytečná. A v neposlední řadě, tato metoda vyžaduje velkou míru motivace, přičemž po nezdařeném pokusu může snadněji dojít k vyhoření.<sup>6</sup>

### 2.2.2 Metoda submaximálních a opakovaných úsilí

Obě metody se liší pouze v počtu provedených opakování. U opakovaných úsilí se cvičí do selhaní např.: jedinec vykoná dvanáct opakování z dvanácti proveditelných. Zatímco u submaximálních úsilí jedinec vykoná z dvanácti proveditelných opakování „pouze“ deset opakování. I když se objem vykonané práce liší, podnět pro svalovou hypertrofii je v obou případech stejný.

---

<sup>3</sup> ZATSIORSKY, V. M. a W. J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2.

<sup>4</sup> ØVRETVEIT, K. a T. TØIEN. Maximal Strength Training Improves Strength Performance in Grapplers. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2018 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002863. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00124278-900000000-95136>

<sup>5</sup> PERIČ, T. a J. DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.

<sup>6</sup> ZATSIORSKY, V. M. a W. J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2.

Podle Periče a Dovalila (2010) by velikost odporu měla být okolo 80% maxima, 8 – 15 opakování.<sup>7</sup> Poliquin (1997) uvádí počet opakování 6 – 12 opakování a velikost odporu 70 – 83% maxima viz tabulka.<sup>8</sup> Délka odpočinku mezi sériemi by měla být okolo 3 minut pro trénované sportovce a 5 minut u začátečníku a rekreačních sportovců.<sup>9</sup>

Tabulka 1 - Vztah mezi maximem opakování, intenzitou a tréninkovým efektem (Poliquin, 1990)<sup>10</sup>

Maximální počet opakování	% maxima	Tréninkový efekt
1	100,0	<b>Silový nárůst</b>
2	94,3	
3	90,6	
4	88,1	
5	85,6	
6	83,1	<b>Optimální kompromis maximální síly a hypertrofického růstu</b>
7	80,7	
8	78,6	
9	76,5	<b>Nejlepší pro hypertrofické růst vedoucí ke zvýšení maximální síly</b>
10	74,4	
11	72,3	
12	70,3	
13	68,8	<b>Silově vytrvalostní růst a nižší hypertrofický růst</b>
14	67,5	
15	66,2	
16	65,0	
17	63,8	
18	62,7	
19	61,6	
20	60,6	

<sup>7</sup> PERIČ, T. a J. DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.

<sup>8</sup> Poliquin, C. *The Poliquin principles: Successful Methods for Strength and Mass Development*. Dayton Publications & Writers group, 1997.

<sup>9</sup> DE SALLES, B. F. et al. Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine* [online]. 2009, 39(9), 765-777 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.2165/11315230-000000000-00000. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/11315230-000000000-00000>

<sup>10</sup> Poliquin, C. *The Poliquin principles: Successful Methods for Strength and Mass Development*. Dayton Publications & Writers group, 1997.

### 2.2.3 Metoda dynamických úsilí

Metoda dynamických úsilí se využívá ke zlepšení rychlé a explozivní síly, které se užívají u spousta sportovních dovedností např.: trh, nadhoz. Tato metoda nevede k nárůstu maximální síly ani ke svalové hypertrofii.<sup>11</sup>

Velikost odporu u této metody bývá nízká a to mezi 30 – 60% maxima, počet opakování 6 – 12 opakování, nebo délka zatížení 5 – 15 s. Rychlost pohybu bývá submaximální až maximální.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> PETR, M. a P. ŠŤASTNÝ. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.

<sup>12</sup> PERIČ, T. a J. DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.

## 2.3 Parametry zatížení

Mezi parametry zatížení se řadí velikost odporu, počet opakování a rychlost provedení pohybu. Tyto tři parametry se nazývají metodotvornými činiteli, pro jejich význam při rozeznávání metod. Dále se uvádí také doplňkové činitelé délka odpočinku a charakter odpočinku<sup>7</sup>. American College of Sports Medicine ve svých studiích uvádí některé parametry odlišné a to: intenzitu, počet sérií a opakování, délku odpočinku, pořadí cviků, rychlost provedení pohybu a frekvenci tréninků.<sup>13</sup>

### 2.3.1 Velikost odporu

Zřejmě nejpoužívanějším způsobem jak určit velikost odporu je pomocí procent opakovacího maxima (OM), častěji označován zkratkou RM z anglického repetition maximum.<sup>14</sup> Např.: 85% 1 RM.

### 2.3.2 Počet opakování

Opakování je provedení jednoho cyklu daného pohybu (excentrická fáze a koncentrická fáze)<sup>15</sup>. Počet opakování se volí na základě velikosti odporu – tyto dva parametry jsou vzájemně v negativním vztahu – a na druhu síly, kterou chce jedinec rozvíjet.<sup>16</sup>

### 2.3.3 Rychlost provedení pohybu

U silového tréninku s cílem nárůstu maximální síly, nebo svalové hypertrofie se spíše než rychlost jako taková, určuje podrobnější zápis tempa jednoho cyklu pohybu. Tempo se zapisuje číslicemi, kde každá určuje dobu trvání jednotlivé svalové kontrakce v pohybu.

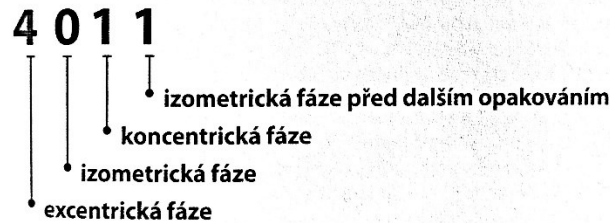
---

<sup>13</sup> DE SALLES, B. F. et al. Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine* [online]. 2009, 39(9), 765-777 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.2165/11315230-000000000-00000. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/11315230-000000000-00000>

<sup>14</sup> PERIČ, T. a J. DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.

<sup>15</sup> TLAPÁK, P. *Tvarování těla pro muže a ženy*. 10. vydání. Praha: ARSCI, 2014. ISBN 978-80-7420-038-0.

<sup>16</sup> PETR, M. a P. ŠŤASTNÝ. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.



Obrázek 1 - Znárodnění zápisu tempa (Petr & Šťastný, 2012)<sup>16</sup>

### 2.3.4 Délka odpočinku

Pauza mezi jednotlivými sériemi bývá opomíjeným parametrem, přesto bývá důležitá pro dosažení cíle silového tréninku. Délka odpočinku se odvíjí od toho, jaký druh silových schopností chce jedinec stimulovat. Pro trénink maximální síly je doporučen delší odpočinek z důvodu úplného zotavení, tedy doplnění energetických rezerv a zotavení CNS, zatímco u tréninku vytrvalosti je odpočinek kratší.<sup>16</sup> Dále se jeho délka odpočinku liší podle cviku, zda se jedná o vícekloubní cvik, kde se do pohybu zapojuje více svalových partií, nebo o jednokloubní (izolovaný) cvik, kde se zapojuje pouze jedna svalová partie.<sup>17</sup>

### 2.3.5 Charakter odpočinku

Rozlišujeme dva druhy odpočinku, aktivní – mírné protahování mezi sériemi a pasivní – sezení, ležení.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> DE SALLES, B. F. et al. Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine* [online]. 2009, 39(9), 765-777 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.2165/11315230-000000000-00000. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/11315230-000000000-00000>

<sup>18</sup> PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.

## 2.4 Komplexní cviky

Cviky můžeme rozdělovat dle míry komplexnosti pohybu:

- a) Cviky jednokloubní – svalová práce v rámci pouze jednoho kloubu např. bicepsový zdvih, francouzský tlak, pullover apod.
- b) Cviky strukturální (vícekloubní) – zapojují svalstvo v rámci dvou a více kloubů. Do této skupiny jsou řazeny i komplexní cviky.<sup>19</sup>

Komplexní cviky obvykle charakterizují vícekloubní cvičení viz výše. Pro takové provedení pohybu je třeba využít práce více svalových skupin jednom momentu. Mezi komplexní cviky se především řadí cviky silového trojboje a to dřep bench-press a mrtvý tah. Další cviky, především s velkou činkou, můžeme uvést cviky vzpěračské, tvoří je nadhoz a trh a jejich různé obměny.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> PETR, M. a P. ŠTASTNÝ. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.

<sup>20</sup> STOPPANI, J.. *Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány: 255 posilovacích cviků*. Praha: Grada, 2008. Sport extra. ISBN 978-80-247-2204-7.



## 2.5 Bench-press

Bench-press je jeden z nejpůvodnějších silových cviků na horní část těla. Bench-press je obvykle prováděn s velkou činkou nadhmatem, v leže na rovné lavici. Činka je nejdříve pokládána na hrudník (excentrická fáze pohybu) a následně tlačena nahoru do propnutých rukou (koncentrická fáze pohybu).<sup>21</sup>

### 2.5.1 Testování síly u BP

Testování síly můžeme určit pomocí metody maxima opakování. Cílem je dosáhnout maximálního počtu opakování v jedné sérii (do selhání).<sup>22</sup> Následně se pomocí predikční rovnice vypočítá velikost 1RM. Například: jedinec vykonal s 80 kg činkou právě 6 opakování. Využijeme rovnici dle Brzyckého (1993):<sup>23</sup>

$$1RM = \frac{100 * W}{102,78 - 2,78 * r}$$

Za  $W$  dosadíme velikost odporu a za  $r$  počet opakování, vyjde nám  $1RM = 96$  kg.

---

<sup>21</sup> VAN DEN TILLAAR, R et al. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press?. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2012, 30(6), 591-599 [cit. 2019-07-23]. DOI: 10.1080/02640414.2012.658844. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2012.658844>

<sup>22</sup> ZATSIORSKY, V. M. a W. J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2.

<sup>23</sup> BRZYCKI, M. Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* [online]. 1993, 64(1), 88-90 [cit. 2019-12-04]. DOI: 10.1080/07303084.1993.10606684. ISSN 0730-3084. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07303084.1993.10606684>

Další možností je 1RM bench-press test.

1. *Jedinec provede zahřátí s libovolnou velikostí odporu, která mu dovolí provést 6 – 10 opakování (přibližně 50% 1RM)*
2. *1 – 5 min odpočinek*
3. *Jedinec vybere velikost odporu podle předešlého úsilí, které mu umožní provést 3 opakování (přibližně 80% 1RM)*
4. *1 min odpočinek*
5. *Velikost odporu se zvýší a jedinec se pokusí o provedení 1RM. Série o jednom opakování by se měly opakovat do doby, kdy je 1RM dosaženo.*
6. *Interval odpočinku by měl být mezi 1 – 5 min, mezi každým pokusem 1RM. Velikost odporu by se měla zvyšovat mezi 5 – 10%. Pokud dojde k neúspěšnému pokusu, měla by se velikost odporu snížit o 2,5 – 5%. 1RM by mělo být dosaženo během 3 – 7 pokusů.<sup>24</sup>*

---

<sup>24</sup> 1RM Testing | Science for Sport. *Sports Science Resource | Science for Sport* [online]. Copyright © Copyright [cit. 24.07.2019]. Dostupné z: <https://www.scienceforsport.com/1rm-testing/>

### 2.5.2 Svalová aktivita u různých variant BP

Velkými hýbači u bench-pressu jsou následující svaly: m. pectoralis major, m. triceps brachii – caput longum, m. deltoideus – pars clavicularis.<sup>25</sup> Existuje mnoho variant bench-pressu, podle šířky úchopu, náklonu opory zad, nebo způsobu provedení pohybu. V této práci se zabývám bench-pressem na rovné lavici, proto si uvedeme jen varianty úchopů:

- c) Široký úchop – pokud jedinec uchopí činku ve vzdálenosti 200% biakromiální šíře (šíře ramen), výsledkem bude větší aktivita m. pectoralis major, ale sníží se aktivita deltoideus a m. triceps brachii oproti případu úzkého úchopu. Navíc u širokého úchopu stoupa aktivita m. biceps brachii.
- d) Úzký úchop – úchop na šíři ramen o přibližné vzdálenosti palců rukou 45 – 60 cm. Při této pozici je menší činnost m. pectoralis major, jehož úlohu přebírá m. deltoideus – pars clavicularis a m. triceps brachii<sup>26</sup>. Aktivita m. biceps brachii je o 30,5% nižší, než u středního úchopu a o 25,9% nižší, než u širokého úchopu<sup>27</sup>. Tato varianta bench-pressu se často užívá v silovém tréninku jako účinný cvik na rozvoj tricepsů.
- e) Střední úchop – úchop, při kterém je vzdálenost mezi palci 60 – 75 cm, je považován za nejideálnější úchop, při kterém je aktivita primárních hýbačů nevyrovnanější.

Dle studie Green, C. M., a Comfort, P. (2007) užití úchopu > 1,5 biakromiální šířky a tedy dosažení abdukce v ramenním kloubu blízké 90° v kombinaci s externí rotací v dolní pozici pohybu, zvyšuje riziko zranění ramen a natržení m. pectoralis major. Úzký a střední úchop toto riziko snižuje.<sup>28</sup>

---

<sup>25</sup> VAN DEN TILLAAR, R et al. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press?. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2012, 30(6), 591-599 [cit. 2019-07-23]. DOI: 10.1080/02640414.2012.658844. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2012.658844>

<sup>26</sup> Metodika Bench pressu - IronFactor - fórum o posilování, kulturistice a fitness. *IronFactor - fórum o posilování, kulturistice a fitness - Obsah* [online]. Copyright © phpBB Limited [cit. 24.07.2019]. Dostupné z: <http://www.ironfactor.cz/viewtopic.php?t=4256>

<sup>27</sup> SAETERBAKKEN, A. H. et al. The Effects of Bench Press Variations in Competitive Athletes on Muscle Activity and Performance. *Journal of Human Kinetics* [online]. 2017, 57(1), 61-71 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1515/hukin-2017-0047. ISSN 1899-7562. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/57/1/article-p61.xml>

<sup>28</sup> GREEN, C. M. a P. COMFORT. The Affect of Grip Width on Bench Press Performance and Risk of Injury. *Strength and Conditioning Journal* [online]. 2007, 29(5), 10-14 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1519/00126548-200710000-00001. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-200710000-00001>

## 2.6 Kritická fáze pohybu

Při tréninku bench-pressu s maximálními odporem McLaughlin (1984) zjistil, že se objevuje bod během koncentrické fáze, kdy se pohyb zpomaluje, nebo dokonce zastaví, než opět zrychlí. Toto pojmenoval jako sticking point (kritický bod). Lander et al. (1985) toto potvrdil, ale pojmenoval tzv.: sticking period (kritická fáze pohybu). Tato fáze trvá od momentu nejvyšší rychlosti pohybu koncentrické fáze po moment nejmenší rychlosti koncentrické fáze pohybu ( $T_{vmax} - T_{vmin}$ ). Jedná se o časový úsek, kdy je vyvíjená tlaková síla na činku menší, než její samotná tíha.<sup>29</sup>

### 2.6.1 Existence kritické fáze pohybu

Jednou z hypotéz existence kritické fáze pohybu je mechanicky nevýhodná pozice pro vývoj síly z důvodu délky svalů nebo vnitřního/vnějšího ramene síly. Během zkoumání tohoto modelu bylo zjištěno, že je externí rameno síly výhodnější během kritické fáze pohybu, než ve fázi před ní (pre-sticking) a méně výhodné, než ve fázi po ní (post-sticking). Tímto byla vyvrácena hypotéza, že externí rameno síly je příčinou kritické fáze pohybu.<sup>30</sup>

Další hypotézou existence kritické fáze je výsledkem nevýhodné pozice muskuloskeletálního systému, kdy délka svalových vláken a poloha segmentů těla je taková, kvůli které je schopnost vynaložit sílu menší.<sup>29</sup>

Poslední zmíněnou hypotézou je, že existence kritické fáze pohybu není způsobena nedostatkem síly, ale poklesem potenciálu, způsobeného elastickou energií z předešlé excentrické fáze pohybu, způsobující silovou relaxaci. V takové chvíli dochází k zpožděné nervové reakci, která zvyšuje svalovou aktivitu k překonání mrtvého bodu.<sup>31</sup> Toto tvrzení bylo vyvráceno dle studie Van den Tillaar and Ettema (2013) ve studii: A Comparison of Muscle Activity in Concentric and Counter Movement Maximum Bench-Press. V této studii sledovali pohyb a svalovou aktivitu během klasického a

---

<sup>29</sup> VAN DEN TILLAAR, R. a G. ETTEMA. The "sticking period" in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2010, 28(5), 529-535 [cit. 2019-11-30]. DOI: 10.1080/02640411003628022. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640411003628022>

<sup>30</sup> MELHUS GOMO, O. *The effects of grip width on sticking region in bench press*. North-Trondelag, 2013. 25 s. Master thesis at North-Trondelag University College, Faculty of Teacher education. Supervisor Roland van den Tillaar.

<sup>31</sup> VAN DEN TILLAAR, R et al. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press?. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2012, 30(6), 591-599 [cit. 2019-07-23]. DOI: 10.1080/02640414.2012.658844. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2012.658844>

koncentrického provedení bench-pressu, kde zjistili výskyt kritické fáze v obou provedení s rozdílem nástupu této fáze. Zatímco u klasické provedení se kritická fáze pohybu projevila ve vzdálenosti činky 2 cm od hrudníku, v koncentrickém bench-pressu se tato fáze projevila až ve vzdálenosti 6cm od hrudníku.<sup>32</sup>

### 2.6.2 Jak zmenšit kritickou fází pohybu

Jednou z metod jak zmenšit kritickou fází pohybu je izometrická metoda, ta je více běžná pro dřep a mrtvý tah, ale dá se využít i u bench-pressu. U maximální izometrické kontrakce se využívá supramaximálního odporu, jelikož jedinec je schopný při izometrické kontrakci vynaložit o 15% sílu, než u kontrakce izotonické. O izometrické kontrakci je známo, že rozvíjí silové schopnosti v omezeném rozsahu pohybu, a to 15°. trénuje-li jedinec izometrickou kontrakci u bench-pressu s úhlem mezi předloktím a nadloktím 90°. Rozvíjí tím sílu v rozsahu pohybu 75 – 105°. Jedná se tedy o rozsah pohybu, ve kterém se projevuje kritická fáze bench-pressu.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> VAN DEN TILLAAR, R. a G. ETTEMA. A Comparison of Muscle Activity in Concentric and Counter Movement Maximum Bench Press. *Journal of Human Kinetics* [online]. 2013, 38, 63-71 [cit. 2019-12-04]. DOI: 10.2478/hukin-2013-0046. ISSN 1899-7562. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/38/1/article-p63.xml>

<sup>33</sup> BRYANT, J. *Bench press: The science*. BookBaby, 2013. ISBN 9781483503790.

## 2.7 Elektromyografie (EMG)

EMG je vyšetřovací metoda, která zaznamenává změnu elektrického potenciálu při svalové aktivaci. EMG má mnoho možností uplatnění, ale zároveň omezení. Celá metoda je založena na snímání povrchové (sEMG) nebo intermuskulární (jehlové iEMG), svalové aktivity.<sup>34</sup>

Počátky elektromyografie sahají do 18. století. Lékař a přírodovědec Luigi Galvani tehdy depolarizoval žabí stehýnka dotekem kovovou tyčí. I když byla jeho interpretace pokusů chybná, dá se jeho pozorování brát jako zrození elektroneurofyziologie. Elektrická aktivita vznikající při stažení svalu člověka byla poprvé zjištěna v polovině 19. století. Pojem „elektromyografie“ vznikl v roce 1876. Moderní vyšetření bylo do neurologické diagnostiky zavedeno až ve 40. letech minulého století.<sup>35</sup>

### 2.7.1 Akční potenciál

Akční potenciál vzniká, pokud dojde ke změně rovnováhy na membráně (prahový podnět) a vyvolá otevírání  $\text{Na}^+$  kanálů. Sodné kationty pak prostupují od intracelulárního prostoru, to vede ke zvýšení množství pozitivních iontů na vnitřní straně membrány, tedy k tzv. depolarizaci. Akční potenciál se z motorického kortexu v mozku šíří pyramidovou drahou k buňkám předních rohů míšních a zde je předáván motoneuronům. Dále se akční potenciál šíří k jednotlivým svalovým vláknům.

Kontrakce svalového vlákna, každé motorické jednotky je děj. Každý nervový vzruch vyvolá pouze jednu kontrakční vlnu, ta je signalizována akčním potenciálem. Rychlost vzruchové a kontrakční vlny může být u jednotlivých svalových vláken různá.

U povrchového EMG prochází akční potenciál především skrz tuk a kůži. EMG signál, je sledem akčních potenciálů motorických jednotek, který je sbírán povrchovými elektrodami připevněnými na kůži v blízkosti kontrahovaných svalových vláken.<sup>34</sup>

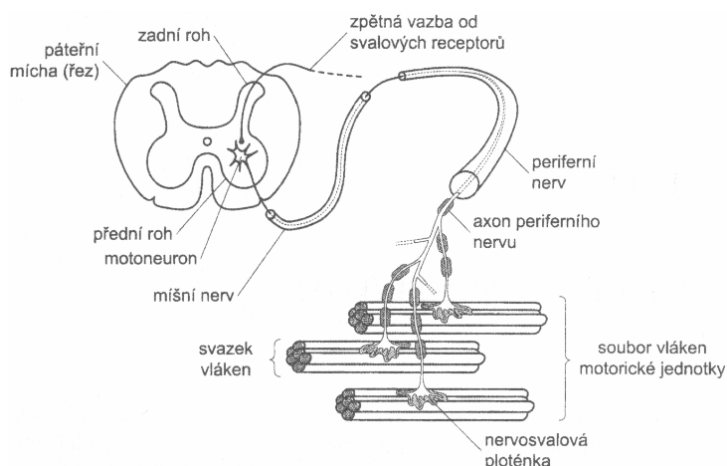
---

<sup>34</sup> Elektromyografie - Fakulta tělesné výchovy. [online]. Copyright © 2019 Fakulta tělesné výchovy [cit. 30.07.2019]. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1512.html>

<sup>35</sup> KRÁL, M. *Evaluace volejbalového podání ze země a z výskoku s následným porovnáním při simulaci podání při stahování kladky pomocí povrchové elektromyografie*. Praha, 2009. 51 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Bronislav Kračmar.

### 2.7.2 Motorická jednotka

Základní funkční i strukturální prvek motoriky. Skládá se z motoneuronu v předním míšním rohu spojeného axonem se skupinou svalových vláken. V míše je motoneuron spojen svými dendrity s míšní neuronální sítí a dostává se tak do styku s drahami, kterými přicházejí do sítě signály jak z centra, tak i z periferie a ovlivňují jeho dráždivost. Při překročení prahu dráždivosti motoneuronu vzniká signál šířící se axonem a aktivující všechna svalová vlákna v motorické jednotce. Průběh akčních potenciálů lze snímat elektromyograficky a tím evidovat objektivně aktivitu MJ ve svalu<sup>36</sup>. Vzruch, šířící se motorickými nervy, aktivuje různé motorické jednotky v jiném okamžiku, tudíž se nekontrahují současně, ale střídavě - asynchronně. Jejich kontrakce však na sebe navazují<sup>18</sup>. Motorická jednotka pracuje rytmicky podle zákona „vše nebo nic“. Synchronizace vybíjení MJ se za normálních situací vyskytuje pouze na konci maximálního úsilí a krátkodobě.



Obrázek 2 - Motorická jednotka (Penhaker et al. 2004)<sup>37</sup>

### 2.7.3 Šum a faktory ovlivňující EMG signál

EMG signál získává elektrický šum během průchodu skrze tkáň a je důležité porozumět jeho vlastnostem.

<sup>36</sup> VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 8072548379

<sup>37</sup> Penhaker, M. a kol.: *Lékařské diagnostické přístroje – učební texty*. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.

Elektrický šum může být rozdělen podle následujících typů:

- 1) Šum elektronických přístrojů – může být eliminován pouze kvalitnějšími komponenty
- 2) Okolní šum – jeho zdrojem je elektromagnetické záření. Povrch těla je stále zaplavený elektromagnetickým zářením a je nemožné se záření vyhnout
- 3) Pohybový artefakt – při přítomnosti pohybového artefaktu jsou data zkreslená, způsobuje nepravidelnost v datech. Může být způsoben špatnou fixací elektrod k tělu nebo pohybem kabelů při měření.

Dále můžeme klasifikovat faktory, které ovlivňují EMG signál. Dělí se do 3 kategorií:

- 1) Kauzativní – mají přímý vliv na signál
  - a. Vnitřní - vychází z anatomických, biochemických a fyziologických vlastností svalu během kontrakce a nelze je vlastním snímáním ovlivnit
  - b. Vnější – typ elektrod (povrchové, intermuskulární) a umístění, tvar elektrod, vzdáleností mezi elektrodami a jejich umístěním vzhledem k průběhu svalu a jeho motorickým bodům apod.
- 2) Intermediární – Mezi intermediární faktory jsou zařazeny fyzikální a fyziologické jevy, které jsou ovlivněny alespoň jedním kauzativním faktorem. Důvodem může být filtrování pásma propustnosti elektrod, kondukční rychlost akčních potenciálů, nebo aktivita okolních svalů (crosstalk).
- 3) Determinující – jsou ovlivněny intermediárními faktory. Faktory jako počet aktivních motorických jednotek, mechanická spolupráce svalových vláken, rychlost pálení motorických jednotek má přímý podíl na informacích v EMG signálu. Amplituda, doba trvání a tvar akčních potenciálů může mít také svůj vliv.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> REAZ, M. B. I. et al. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online* [online]. 2006, 8(1), 11-35 [cit. 2019-08-01]. DOI: 10.1251/bpo115. ISSN 1480-9222. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1251/bpo115>



#### 2.7.4 Analýza EMG signálu

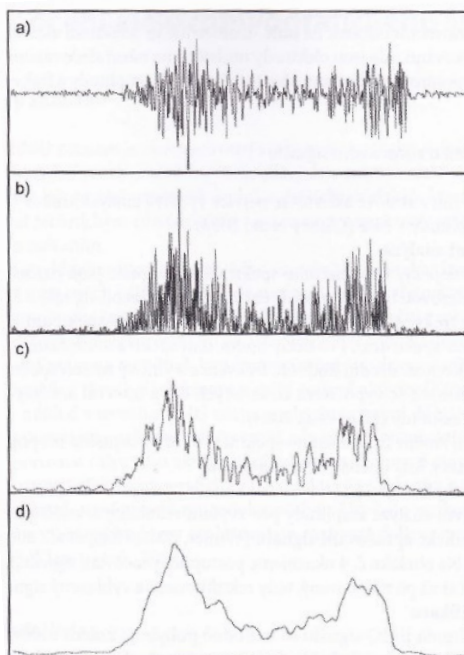
Surový EMG záznam je nezpracovaný elektromyografický signál, který představuje interferenční vzorec akčních potenciálů, jak je snímán elektrodami a upraven zesilovačem. Měl by být prostý externích šumů a dalších artefaktů, které je nezbytné minimalizovat.

Nejvíce se k analýze svalové aktivity využívá analýza změny frekvenčního spektra a amplitudy v čase.

- 1) Frekvenční analýza – pro analýzu se nejčastěji využívá Fourierova transformace, ta převádí signál z časové oblasti do oblasti frekvenční, čím se získá celkové výkonné spektrum EMG signálu. Hodnocení změny frekvenčního spektra se využívá především pro popis svalové únavy, pro tyto účely se využívá průměrná frekvence, střední hodnota frekvence a vlnový rozsah spektra.
- 2) Analýza amplitudy – Kvantitativní analýze předchází zpracování signálu v podobě retifikace a vyhlazení signálu.
  - a. Retifikace – amplituda se pohybuje kolem nuly, zprůměrováním výsledných hodnot bychom dostali výsledek teoreticky roven nule. Retifikací se negativní hodnoty surového záznamu eliminují, nebo převrátí do hodnot pozitivních.
  - b. Vyhlazení – rektifikovaný signál se stále skládá z náhodně uspořádaných amplitud signálu. Vyhlazením se sníží ostré vrcholy vzniklé superpozicí MUAP. Nejvyžívanější jsou 2 typy algoritmů vyhlazení za pomoci retifikovaných hodnot, AVR a RMS.
    - i. AVR – zprůměrní hodnoty v časovém intervalu, čím je interval kratší, tím jsou výsledné hodnoty méně vyhlazené. Doporučuje se rozsah 100 – 200 ms.
    - ii. RMS – vyhlazení pomocí střední kvadratické hodnoty lépe poukazuje na vztah mezi chováním motorických jednotek a svalovou kontrakcí<sup>39</sup>.

---

<sup>39</sup> KROBOT, A. a B. KOLÁŘOVÁ. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1.



Obrázek 3 - Ukázka Signálu EMG (Krobot & Kolářová, 2011) a) surový záznam b) zretifikovaný signál c) zretifikovaný a vyhlazený signál (RMS 25 ms) d) zretifikovaný a vyhlazený signál (RMS 100 ms)<sup>40</sup>

### 2.7.5 Svalová únava

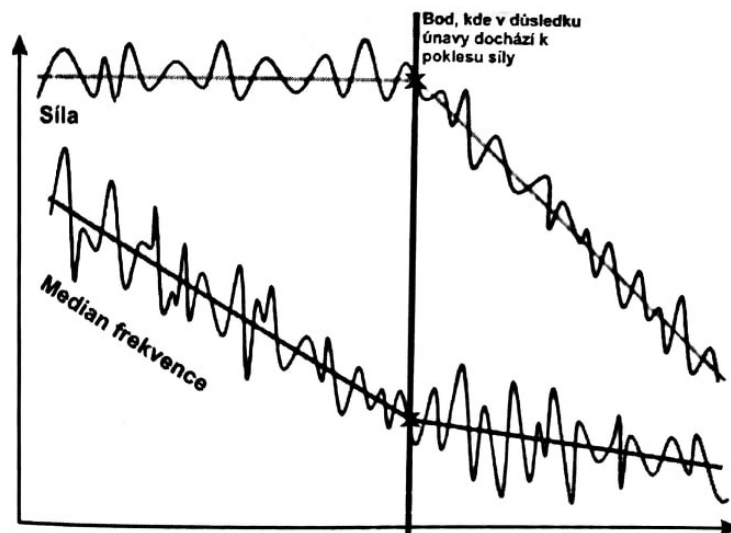
Svalovou únavu definujeme jako pocit slabosti, svalové bolesti nebo pokles výkonnosti. Může být lokální nebo celková.

Únava v EMG signálu se projeví zvýšenou amplitudou a posunem frekvenčního spektra k nižším frekvencím. Nárůst amplitudy je nejspíš způsoben zvýšenou prostorovou nebo časovou sumací akčních potenciálů nebo synchronizací výbojů. Spektrální změny odrážejí časový průběh fyziologických a biochemických procesů spojených s únavou.<sup>41</sup> K určení únavy je lepší použít střední hodnotu frekvence (De Luca, 1997).<sup>42</sup>

<sup>40</sup> KROBOT, A. a B. KOLÁŘOVÁ. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1

<sup>41</sup> REAZ, M. B. I. et al. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online* [online]. 2006, 8(1), 11-35 [cit. 2019-08-01]. DOI: 10.1251/bpo115. ISSN 1480-9222. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1251/bpo115>

<sup>42</sup> DE LUCA, J. C. The use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. 1997,13, 135-163 [cit. 2019-12-04]. Dostupné z: <https://www.delucafoundation.org/download/bibliography/de-luca/078.pdf>



Obrázek 4 – Projev únavy při kontinuální izometrické kontrakci – porovnání frekvenčního spektra a poklesu síly (Krobot & Kolářová, 2011)<sup>43</sup>

<sup>43</sup> KROBOT, A. a B. KOLÁŘOVÁ. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1

## 3 Cíle a úkoly práce, hypotézy

### 3.1 Výzkumná otázka

Lze určit nervosvalovou únavu jako jednu z příčin kritické fáze pohybu u bench-pressu?

### 3.2 Cíl práce

Hlavním cílem je srovnání svalové aktivity primárních hýbačů a pomocných svalů v jednotlivých částech koncentrické fáze bench-pressu (pre-sticking, sticking a post-sticking fáze).

Svalová aktivita a její vliv na kritickou fázi pohybu bench-pressu byla po mnoho let zkoumána hlavně pomocí amplitudové analýzy, která zobrazuje svalovou aktivitu jako elektrické napětí. Například Roland van den Tillaar se zabývá efektem únavy na kritickou fázi a EMG v 6 RM bench-pressu<sup>44</sup>. Sám v této práci zmiňuje, že by bylo v budoucnu dobré se zaměřit spíše na frekvenci, než amplitudu a tak získat detailnější pohled na nervosvalové řízení během bench-pressu.

### 3.3 Úkoly práce

Provedení frekvenční analýzy EMG frekvence horního kvartilu u vybraných svalů (rectus abdominis, obliquus abdominis, latissimus dorsi, pectoralis major pars clavicularis a pars sternocostalis, triceps brachii, deltoidesu anterior a posterior) při cviku bench-press o zátěži 1 RM a 4 RM. Pomocí analyzovaných dat z trojrozměrného záznamu pohybu přesně určit fáze pohybu a k nim přiřadit EMG frekvenci horního kvartilu. Statistická data dále porovnat s předchozími výzkumy a potvrdit či vyvrátit dané hypotézy.

---

<sup>44</sup> VAN DEN TILLAAR, R. a A. H. SAETERBAKKEN. Fatigue effects upon sticking region and electromyography in a six-repetition maximum bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2013, 31(16), 1823-1830 [cit. 2019-11-28]. DOI: 10.1080/02640414.2013.803593. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2013.803593>

### **3.4 Hypotézy:**

H1: Nervosvalová únava primárních hýbačů (pectoralis major pars sternocostalis, pectoralis major pars clavicularis, triceps brachii, deltoideus anterior) se při maximálních a submaximálních odporech nejvíce projeví v kritické fázi bench-pressu.

H2: Nervosvalová únava pomocných svalů u bench pressu (rectus abdominis, obliquus abdominis, latissimus dorsi, deltoideus posterior) se při maximálních a submaximálních odporech nebude projevovat.

## 4 Metodika práce

### 4.1 Popis výzkumného souboru

Testovaný vzorek byl tvořen 24 probandy mužského pohlaví (věk  $23,3 \pm 2,5$  let; výška  $181,9 \pm 5,0$  cm; váha  $84,8 \pm 8,9$  kg). Všichni mají víceleté zkušenosti se silový tréninkem v prostředí posiloven a mají tedy zkušenosti s bench-pressem. Po čas testování žádný z probandu netrpěl zdravotními obtížemi, jež by limitovali samotný výkon v bench-pressu. Před testováním byl udělen souhlas etické komise (č. souhlasu: 146/2015) a celý výzkum probíhal dle etických standardů pro výzkum ve sportu.

### 4.2 Použité metody

Před začátkem výzkumu byl každý z probandů obeznámen s průběhem testování, a vyplnil dotazník, týkající se aktuálního fyzického a psychického stavu. Následovalo rozcvičení tvořené zahřátím organismu (klus na místě apod.), lehkým zapracováním pomocí odporových gum (cviky na: externí rotátory paže, tricepsy, zádové a prsní svaly), završené strečinkem. Po zahřátí se na tělo probanda upevnily markery pro kinematickou analýzu, která zaznamenává přesný pohyb činky a segmentů těla, dále byly nalepeny elektrody elektromyografie pro záznam aktivity svalů během pohybu. Kinematická analýza byla předmětem jiného výzkumu, a tak se této práci nijak netýká. Před začátkem testování byl proveden test maximální volní izometrické kontrakce.

Dalším krokem bylo rozcvičení s osou. První série byla se samotnou osou bez jakéhokoliv závaží o libovolném počtu opakování. Druhá série o 8 opakováních s velikostí odporu 40% 1 RM a třetí série o 5 opakováních s velikostí odporu 70% 1 RM. Další série se nekonaly z důvodu šetření energetických zásob potřebných pro samotné testování.

Testování začínalo pokusy 1 RM, pokud došlo k selhání, odpor byl snížen. Taktéž naopak, pokud rychlost koncentrické fáze byla příliš vysoká a nejevila známky kritické fáze pohybu, odpor byl zvýšen. Mezi pokusy byl dodržován odpočinek o minimální délce 3 minut. Po testování 1 RM následovalo 4 RM, 8 RM a 12 RM, 8 a 12 RM nejsou součástí této práce, jelikož se u nich nevyskytoval sticking region nebo jeho výskyt byl

nejednoznačný<sup>45</sup>. Pro 4 RM byl odpor nastaven na 90% 1 RM. Odpočinek byl opět v minimální délce 3 minut.

Všechna testování byla provedena na rovné lavici o délce 110 cm, šířce 25 cm a výšce 60 cm, s osou Eleiko IPF Powerlifting competition bar o váze 20 kg. Šířka úchopu byla stanovena na 81 cm podle soutěžních pravidel mezinárodní federace silového trojboje. Podle těchto pravidel byla také dodržována technika během testování. Výjimku tvořilo pravidlo o úplném zastavení osy na hrudníku, kdy byl probandům povolen krátký dotyk osy hrudníku (bez odrazu). Během testování byli přítomni alespoň dva pracovníci k obsluze laboratorní techniky a pro případ nutné dopomoci u neúspěšného pokusu.

---

<sup>45</sup> KOLINGER, D. *Vliv modifikace dechového vzorce při bench-pressu na překonání kritické fáze pohybu*. Praha, 2018. 55 s. Bakalářská práce na UK FTVS. Vedoucí bakalářské práce doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.

### 4.3 Sběr dat

Pro sběr dat byl použit trojrozměrný záznam pohybu (Qualisys, Švédsko). Celý pohyb byl zaznamenáván na 9 kamer se snímající frekvencí 200 Hz. 8 kamer zaznamenávalo pohyb markerů umístěných na probandovi a načiní a jedna kamera natáčela videozáznam pro kontrolu v případě nejasností ohledně průběhu právě probíhajícího pokusu.

Co se týče markerů, 3 byly připevněny na ose (1 na středu, 2 na koncích osy), 1 připevněn na horní polovině hrudní kosti, aby nedocházelo dotyku s osou. Další marker byl připevněn na lokti (os olecranon). Dále byly připevněny 2 clustry s větším počtem markerů na předloktí a nadloktí.

Data 1 RM a 4 RM z Qualisys byla zaznamenána a dále zpracována v programu Microsoft Excel do tabulek viz tabulka 2 a 3.

Tabulka 2 - záznam excentrické fáze, koncentrické fáze a sticking region 1 RM

Čas (s)		Doba (s)
<b>Excentrická</b>		
Horní pozice	Dolní pozice	Doba fáze
3,31	5,71	2,4
Dolní fáze	Horní fáze	Doba fáze
<b>Koncentrická</b>		
5,72	9,99	4,27
<b>Sticking region</b>		
Začátek	konec	Doba SR
5,98	7,62	1,64
<b>Doba (s)</b>		
<b>PreSticking</b>	<b>PostSticking</b>	
0,26	2,37	



Tabulka 3 - záznam excentrické fáze, koncentrické fáze a sticking region 4 RM

Opakování	čas (s)		Doba (s)
	<b>Excentrická</b>		
	Horní pozice	Dolní pozice	Doba fáze
1	7,74	9,32	1,58
2	12,01	13,43	1,42
3	16,48	17,9	1,42
4	22,07	23,7	1,63
	<b>koncentrická</b>		
	Dolní fáze	Horní fáze	doba fáze
1	9,35	10,52	1,17
2	13,45	14,82	1,37
3	17,97	19,85	1,88
4	23,73	26,78	3,05
	<b>Sticking point region</b>		
	začátek	konec	doba SR
1	9,69	9,89	0,2
2	13,6	14,11	0,51
3	18,22	19,5	1,28
4	23,98	25,75	1,77
	<b>Doba (s)</b>		
<b>Jednotlivé fáze</b>	<b>PreSticking</b>	<b>PostSticking</b>	
1	0,34	0,63	
2	0,15	0,71	
3	0,25	0,35	
4	0,25	1,03	

Tato data jsem uspořádal do přehlednější tabulky (Tabulka 4, Tabulka 5) a následně přemístil do nového souboru Excel, kde byly tyto časy 1 RM shromážděny ode všech probandů pro další zpracování.

*Tabulka 4 - Uspořádané časy 1 RM*

<b>eccentric</b>	3,31	5,71
<b>concentric</b>	5,72	9,99
<b>conc - pre stick</b>	5,72	5,98
<b>conc stick</b>	5,98	7,62
<b>conc post stick</b>	7,62	9,99

*Tabulka 5 - Uspořádané časy 4 RM*

Opakování			
1	<b>eccentric</b>	7,74	9,32
1	<b>concentric</b>	9,35	10,52
1	<b>conc - pre stick</b>	9,35	9,69
1	<b>conc stick</b>	9,69	9,89
1	<b>coc post stick</b>	9,89	10,52
2	<b>eccentric</b>	12,01	13,43
2	<b>concentric</b>	13,45	14,82
2	<b>conc - pre stick</b>	13,45	13,6
2	<b>conc stick</b>	13,6	14,11
2	<b>coc post stick</b>	14,11	14,82
3	<b>eccentric</b>	16,48	17,9
3	<b>concentric</b>	17,97	19,85
3	<b>conc - pre stick</b>	17,97	18,22
3	<b>conc stick</b>	18,22	19,5
3	<b>coc post stick</b>	19,5	19,85
4	<b>eccentric</b>	22,07	23,7
4	<b>concentric</b>	23,73	26,78
4	<b>conc - pre stick</b>	23,73	23,98
4	<b>conc stick</b>	23,98	25,75
4	<b>coc post stick</b>	25,75	26,78

Pro sběr dat aktivity svalů byl použit povrchový elektromyograf. Na vybrané svaly levé části těla probanda byly upevněny elektrody (EKG Bluesensor NF-50-K/W/1). Elektrody se upevňovaly na středy svalových bříšek svalů pectoralis major pars sternalis, pectoralis major pars clavicularis, deltoideus anterior, triceps brachii-caput longum, rectus abdominis, a obliquus abdominis. Funkčnost elektrod byla zkontrolována v programu Spyke 6, kde byly jednotlivé elektrody přiřazeny ke konkrétním svalům. Frekvence snímání byla nastavena na 200 Hz.

#### **4.4 Analýza dat**

Pomocí skriptu v programu Matlab byl z hodnot, viz Tabulka 3 a souborů EMG, vypočítán medián, horní a dolní kvartil svalové frekvence jednotlivých měřených svalů během všech fází pohybu.

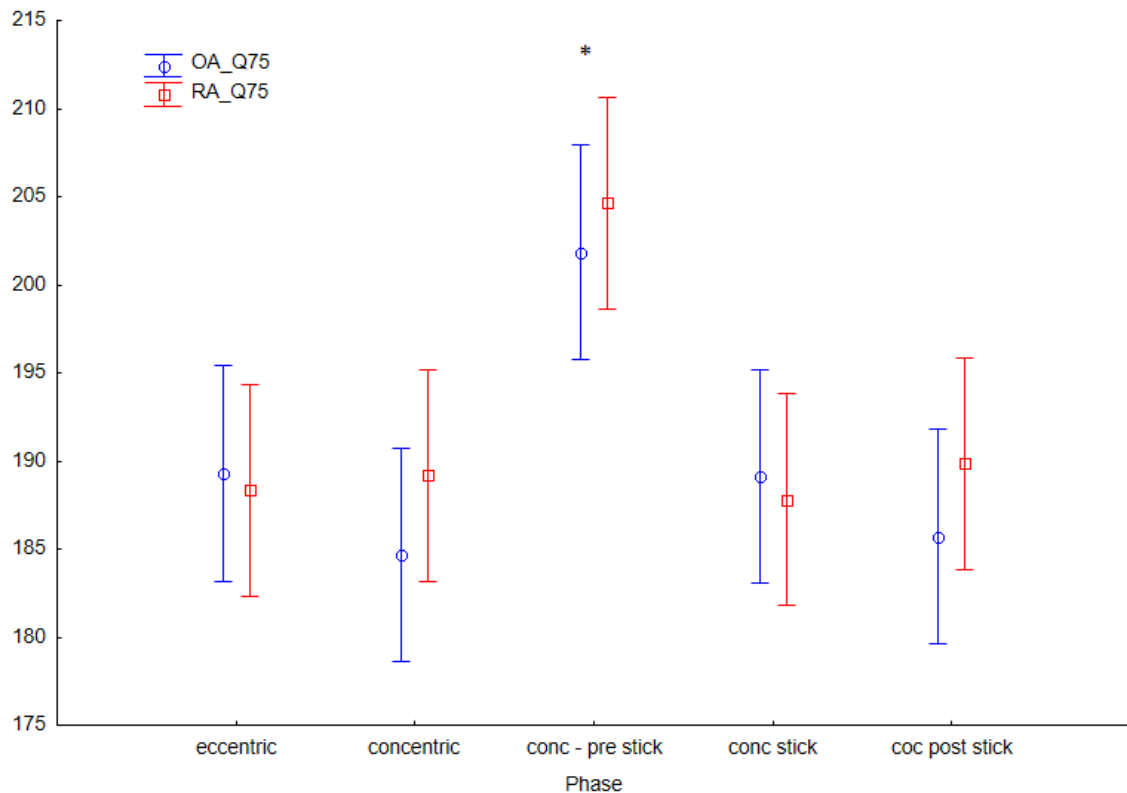
Pro statistickou analýzu dat 1 RM i 4RM byla použita analýza rozptylu (ANOVA). Pro tuto analýzu byl použit program STATISTICA. Výsledky ANOVA jsou vypočítány z horního kvartilu (Q75) se směrodatnou odchylkou. Kritická hodnota signifikance byla nastavena na  $p \leq 0.05$ . Výsledky byly zaneseny do grafů.

## 5 Výsledky

### 5.1 1 RM

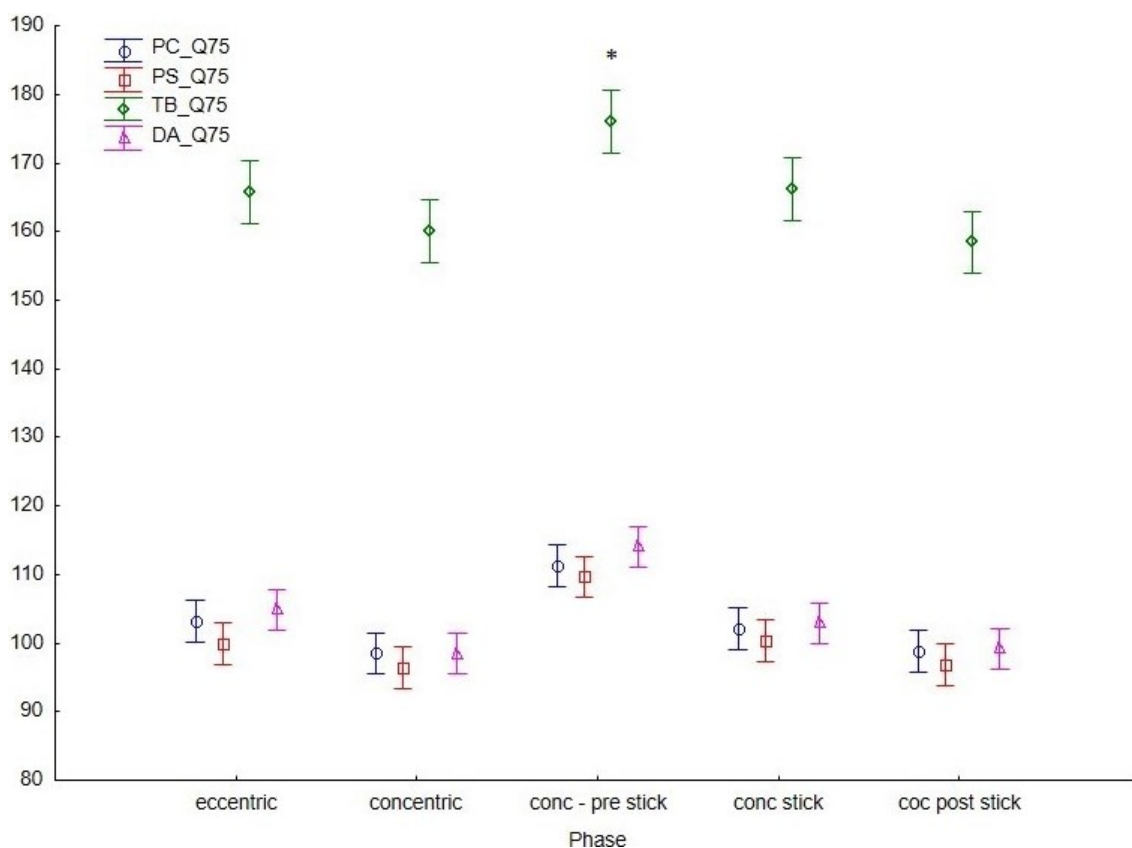
Vysvětlivky:

- Eccentric = excentrická fáze pohybu
- Concentric = koncentrická fáze pohybu
- Conc – pre stick = pre-sticking region (fáze)
- Conc stick = sticking region (fáze)
- Conc post stick = post-sticking region (fáze)



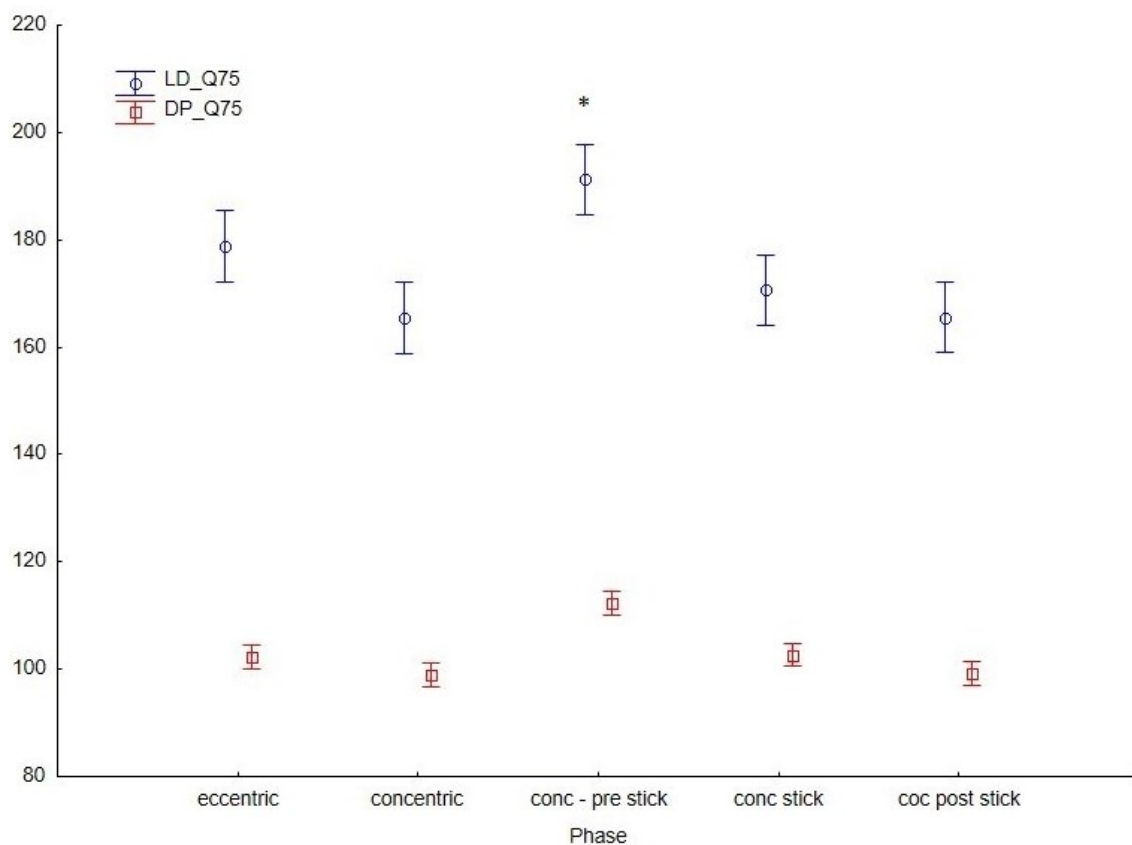
Graf 1 – Horní kvartil EMG frekvence RA = rectus abdominis a OA = obliquus abdominis během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „\*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala rozdíly EMG frekvence v horním kvartilu koncentrické fáze 1 RM BP pro svaly rectus abdominis a obliquus abdominis ( $F(8, 1026) = 3.7806$ ,  $p = .00022$ ), kde post hoc test odhalil, prokazatelně vyšší frekvenci během pre-sticking fáze, než v jakékoliv jiné fázi pohybu. Žádný velký rozdíl mezi měřeními svaly nebyl.



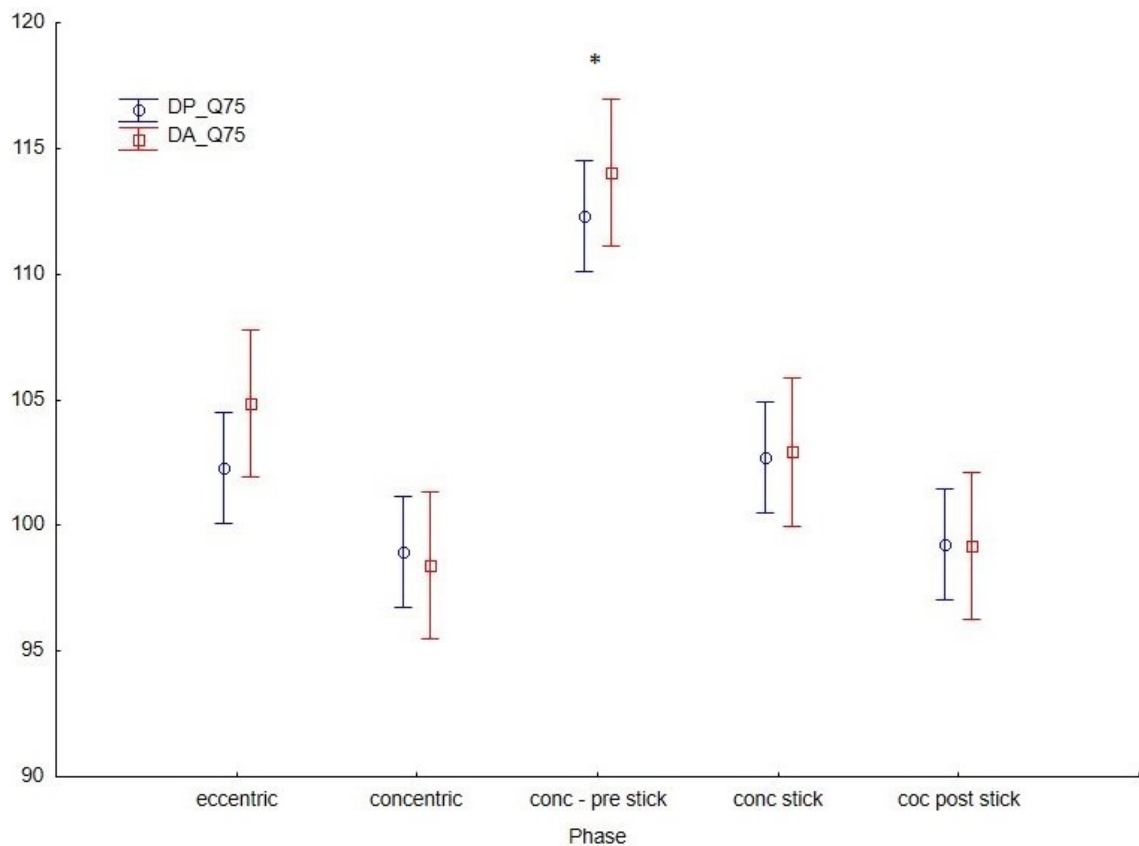
Graf 2 - Horní kvartil EMG frekvence PC = pectoralis major (pars clavicularis), PS = pectoralis major (pars sternocostalis), TB = triceps brachii a DA = deltoideus anterior během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „\*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala rozdíly EMG frekvence v horním kvartilu koncentrické fáze 1 RM BP u primárních hýbačů, tedy u svalů pectoralis major (pars clavicularis), pectoralis major (pars sternocostalis), triceps brachii a deltoideus anterior ( $F(16, 1561.8) = 7.4963, p=0.0000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu primárních hýbačů během pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze. Triceps brachii vykázal o mnoho vyšší frekvenci horního kvartilu, než zbylé primární hýbače.



Graf 3 - Horní kvartil EMG frekvence LD = latissimus dorsi a DP = deltoideus posterior během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „\*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala rozdíly EMG frekvence v horním kvartilu koncentrické fáze 1 RM BP pro svaly latissimus dorsi a deltoideus posterior ( $F(8, 1026)=15.066$ ,  $p=0.0000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu latissimu dorsi i deltoideu posterior u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze. Latissimus dorsi vykázal výrazně vyšší frekvenci horního kvartilu, než deltoideus posterior.



Graf 4 - Horní kvartil EMG frekvence DA = deltoideus anterior a DP = deltoideus posterior během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „\*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fází

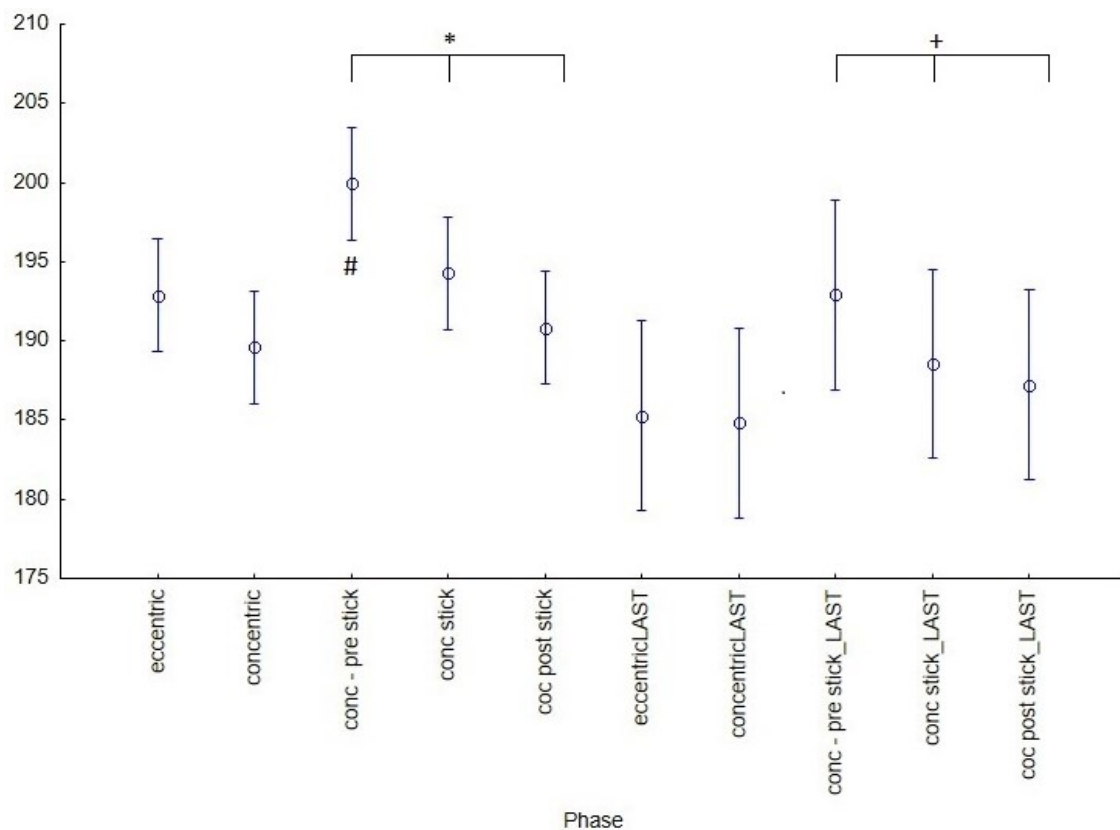
2 faktorová ANOVA ukázala rozdíly EMG frekvence v horním kvartilu koncentrické fáze 1 RM BP pro svaly deltoideus anterior a posterior ( $F(8, 1026) = 15.066, p = 0.0000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu deltoideu anterior i deltoideu posterior u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze. Oba svaly se do pohybu zapojovaly obdobně.

## 5.2 4 RM

Vysvětlivky:

- První tři opakování
  - Eccentric = excentrická fáze pohybu
  - Concentric = koncentrická fáze pohybu
  - Conc – pre stick = pre-sticking region (fáze)
  - Conc stick = sticking region (fáze)
  - Conc post stick = post-sticking region (fáze)
  
- Druhé opakování
  - Eccentric\_LAST = excentrická fáze pohybu
  - Concentric\_LAST = koncentrická fáze pohybu
  - Conc – pre stick\_LAST = pre-sticking region (fáze)
  - Conc stick\_LAST = sticking region (fáze)
  - Conc post stick\_LAST = post-sticking region (fáze)

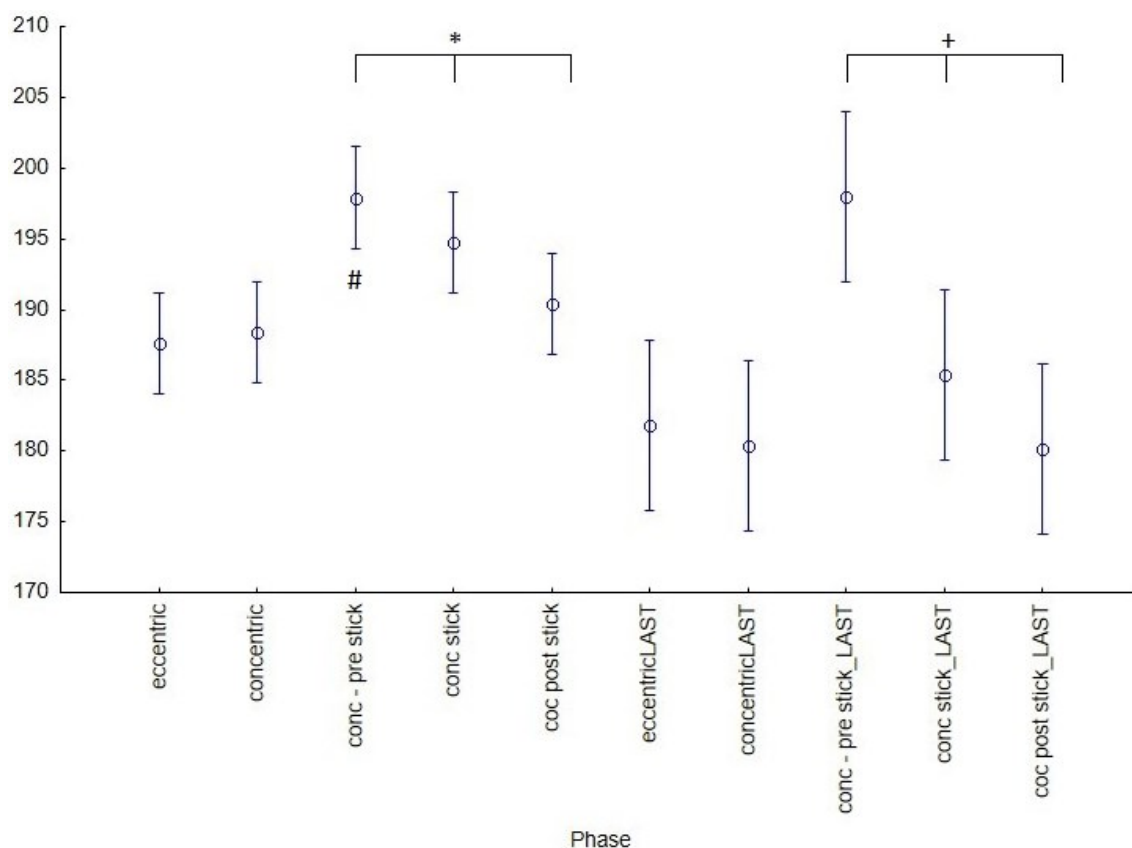




Graf 5 - Horní kvartil EMG frekvence rectus abdominis během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené = „\*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala pro rectus abdominis rozdíly v EMG frekvenci horního kvartilu koncentrické fáze 4 RM BP ( $F(9, 1865) = 4.1356, p = .00003$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu rectu abdominis u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze.

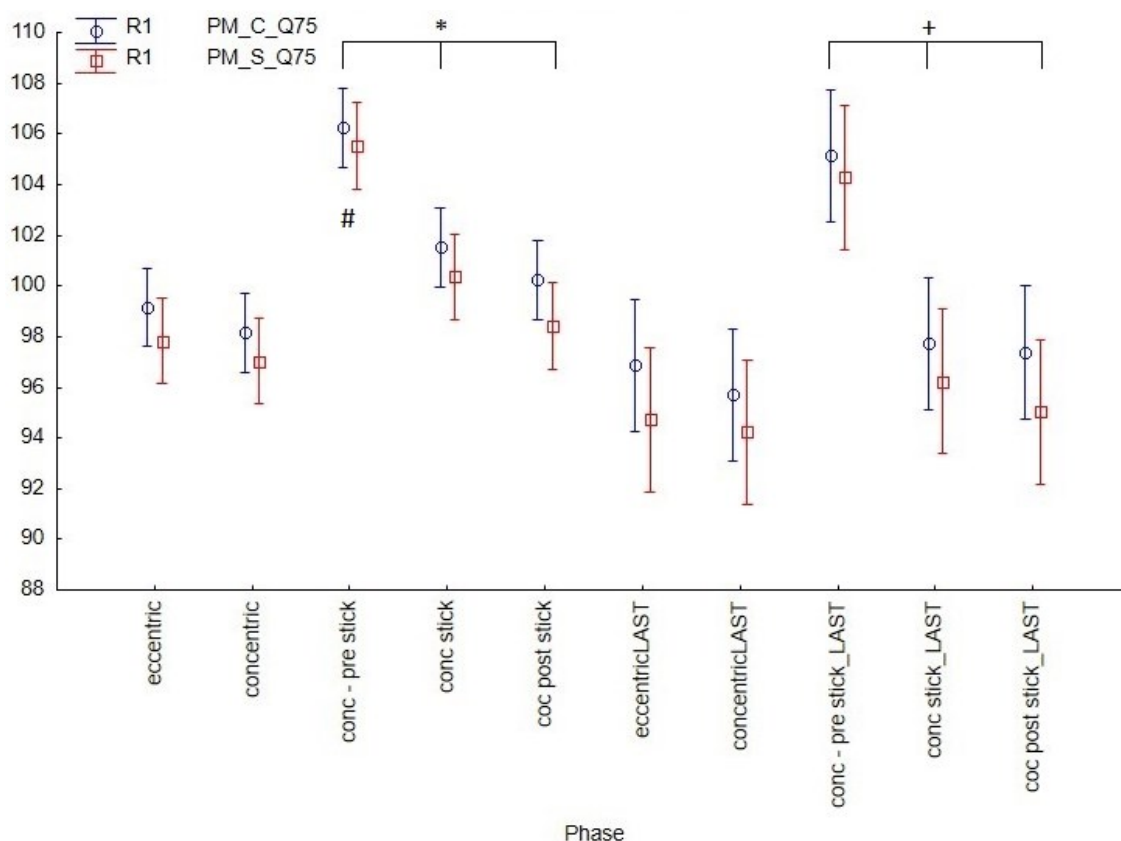
U prvního opakování je frekvence o mnoho vyšší, než u posledního. To platí po celou dobu koncentrické fáze. Frekvenční spektrum EMG je během prvního a posledního opakování stejné.



Graf 6 - Horní kvartil EMG frekvence obliquus abdominis během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tři a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „\*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala pro obliquus abdominis rozdíly v EMG frekvenci horního kvartilu koncentrické fáze 4 RM BP ( $F(9, 1865) = 7.2064, p = .00000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu obliquus abdominis u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze.

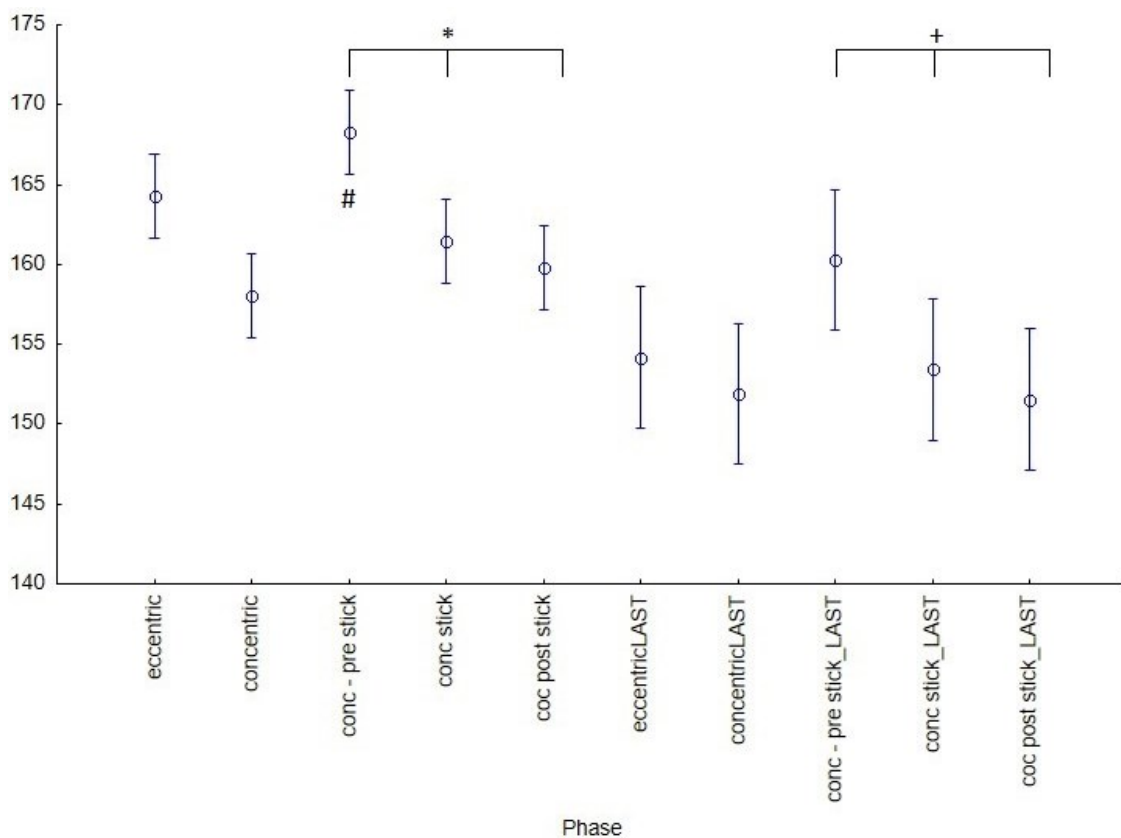
Během prvního opakování je frekvence u sticking a post-sticking fáze o mnoho vyšší, než u posledního opakování, výjimku tvoří u obou opakování fáze pre-sticking, které jsou v horním kvartilu EMG frekvence podobné.



Graf 7 - Horní kvartil EMG frekvence PM\_C = pectoralis major (pars clavicularis) a PM\_S = pectoralis major (pars sternocostalis) během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „\*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fází

2 faktorová ANOVA ukázala rozdíly v EMG frekvenci horního kvartilu koncentrické fáze 4 RM BP ( $F(9, 1865) = 13.789, p = 0.002$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu pectoralis major (pars clavicularis) a pectoralis major (pars sternocostalis) u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze.

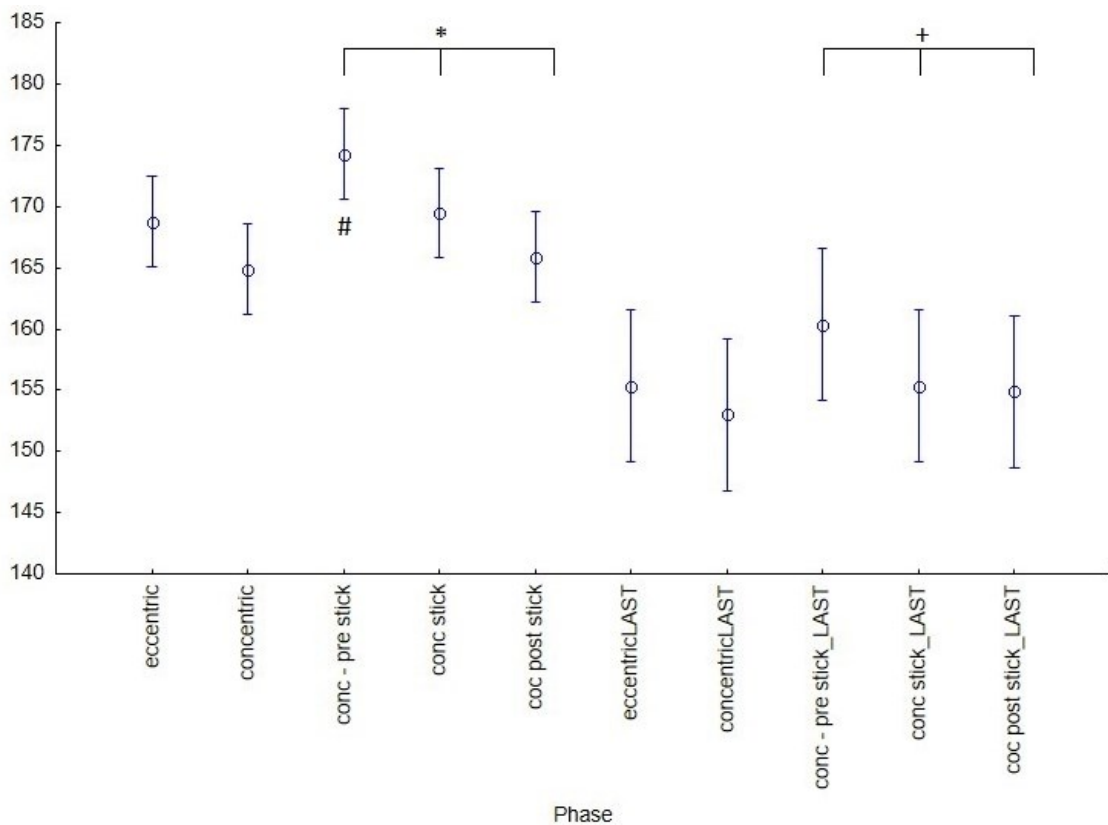
U prvního opakování je frekvence o mnoho vyšší, než u posledního opakování. To platí po celou dobu koncentrické fáze. Frekvenční spektrum EMG je během prvního a posledního opakování stejné.



Graf 8 - Horní kvartil EMG frekvence triceps brachii během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „\*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala pro triceps brachii rozdíly v EMG frekvenci horního kvartilu koncentrické fáze 4 RM BP ( $F(9, 1865) = 10.412, p = .00000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu tricepsu brachii u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze.

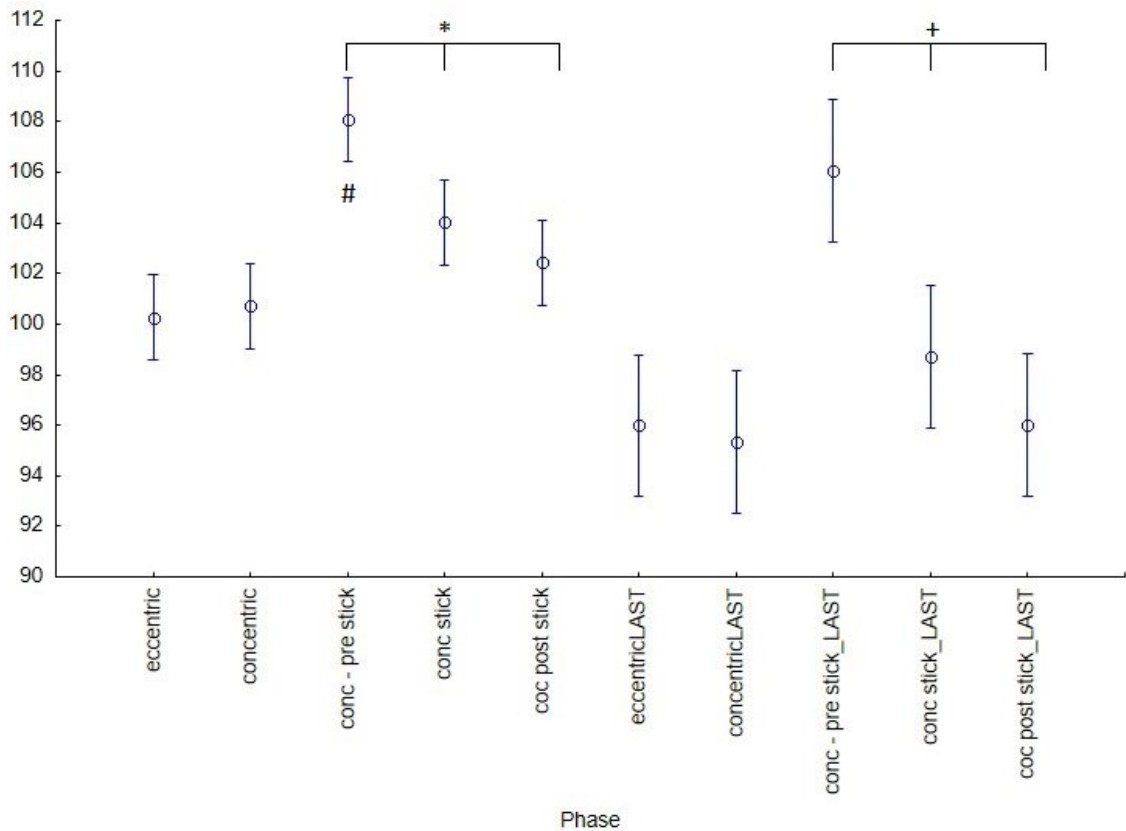
U prvního opakování je frekvence o mnoho vyšší, než u posledního. To platí po celou dobu koncentrické fáze. Frekvenční spektrum EMG je během prvního a posledního opakování stejné.



Graf 9 - Horní kvartil EMG frekvence latissimus dorsi během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „\*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala pro latissimus dorsi rozdíly v EMG frekvenci horního kvartilu koncentrické fáze 4 RM BP ( $F(9, 1865) = 8.8362, p = .00000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu latissimu dorsi u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze. Během prvního opakování byla frekvence horního kvartilu vyšší u sticking fáze, než post-sticking fáze, zatímco u posledního opakování je EMG frekvence v horním kvartilu stejná jak u sticking fáze, tak u post-sticking fáze.

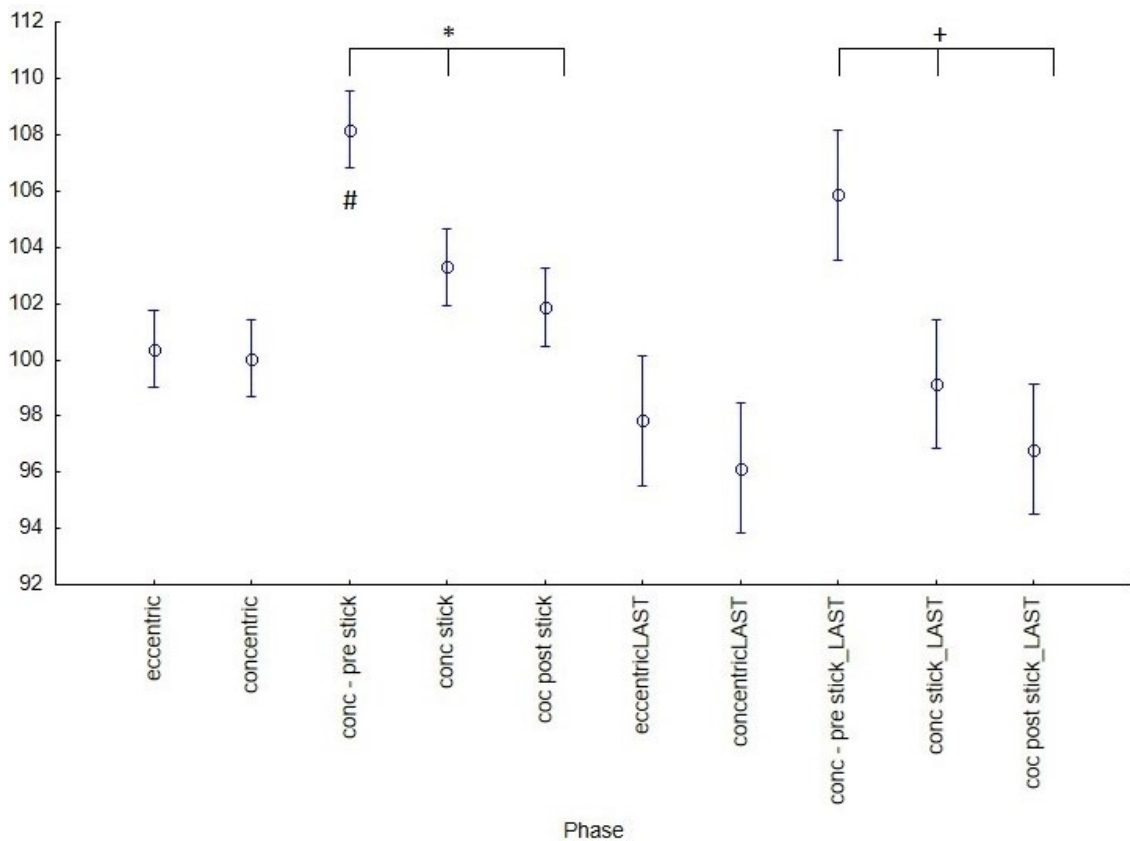
U prvního opakování je frekvence o mnoho vyšší, než u posledního. To platí po celou dobu koncentrické fáze.



Graf 10 - Horní kvartil EMG frekvence deltoideus anterior během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „\*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala pro deltoideus anterior rozdíly v EMG frekvenci horního kvartilu koncentrické fáze 4 RM BP ( $F(9, 1865)=14.733, p=0.0000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu deltoideu anterior u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze.

U prvního opakování je frekvence o mnoho vyšší, než u posledního. To platí po celou dobu koncentrické fáze. Frekvenční spektrum EMG je během prvního a posledního opakování stejné.



Graf 11 - Horní kvartil EMG frekvence deltoideus posterior během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „\*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi

2 faktorová ANOVA ukázala pro deltoideus posterior rozdíly v EMG frekvenci horního kvartilu koncentrické fáze 4 RM BP ( $F(9, 1865) = 18.622, p = 0.0000$ ). Post hoc test odhalil prokazatelně vyšší frekvenci horního kvartilu deltoideu posterior u pre-sticking fáze, než u sticking a post-sticking fáze, a vyšší frekvenci horního kvartilu u sticking fáze, než post-sticking fáze.

U prvního opakování je frekvence o mnoho vyšší, než u posledního. To platí po celou dobu koncentrické fáze. Frekvenční spektrum EMG je během prvního a posledního opakování stejné.

## 6 Diskuze

Frekvenční spektrum EMG horního kvartilu u koncentrické fáze 1 RM a prvního opakování 4 RM bylo stejné. Velikost frekvence se lišila jen velmi málo, případné odchylky můžeme odůvodnit různou velikostí odporů (100% u 1 RM a 90% u 4 RM). Podobně jako můžeme vidět u výzkumu Walkera (2012), který zkoumal nervosvalovou únavu během maximálních a submaximálních úsilí u cvičení legpressu.<sup>46</sup>

Primární hýbače (deltoideus anterior, pectoralis major pars sternocostalis a pars clavicularis) a deltoideus posterior disponují u pre-sticking fáze, během prvních tří i posledního opakování 4 RM, podobnou frekvencí. Triceps brachii jako jediný z primárních hýbačů takovou podobnost nemá. Jeho frekvence během pre-sticking fáze mezi prvními třemi a posledním opakováním klesá. Tyto rozdíly potvrzují domněnku van den Tillaara (2013), který usuzuje, že zodpovědnými svaly na překonání kritické fáze jsou pectoralis major a deltoideus.<sup>47</sup> Právě výše zmíněná stejná frekvence EMG v pre-sticking fázi u svalů deltoideus anterior a posterior, pectoralis major pars sternocostalis a pars clavicularis, může poukazovat na schopnost lépe odolat únavě a tím snadněji vynaložit sílu k překonání kritické fáze.

Nejvyšší frekvence u 1 RM i 4 RM byla zjištěna v pre-sticking fázi, kdy následoval výrazný pokles ve sticking fázi. Toto zjištění koresponduje se studií van den Tillaara (2012), který ve svém výzkumu usuzuje, že jedním z důvodů existence kritické fáze pohybu je špatná mechanická pozice. Uvádí, že největší vynaložená síla byla zpozorována právě v pre-sticking fázi s následným výrazným poklesem síly na začátku sticking fáze, kdy v post-sticking fázi síla zůstala relativně stejná. Následně dochází k poklesu ve frekvenci EMG i vyvíjené síly, což může značit, že i svalová únava je jedním z důvodů existence kritické fáze pohybu.<sup>48</sup>

---

<sup>46</sup> WALKER, S. et al. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2012, 22(3), 356-362 [cit. 2019-12-05]. DOI: 10.1016/j.jelekin.2011.12.009. ISSN 10506411. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1050641111002276>

<sup>47</sup> VAN DEN TILLAAR, R. a A. H. SAETERBAKKEN. Fatigue effects upon sticking region and electromyography in a six-repetition maximum bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2013, 31(16), 1823-1830 [cit. 2019-11-28]. DOI: 10.1080/02640414.2013.803593. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2013.803593>

<sup>48</sup> VAN DEN TILLAAR, R et al. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press?. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2012, 30(6), 591-599 [cit. 2019-07-23]. DOI: 10.1080/02640414.2012.658844. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2012.658844>



Projevená únava břišních svalů (rectus abdominis a obliquus abdominis) u 1 RM a 4 RM může být výsledkem provedení koncentrické fáze v nádechu, za účelem zvýšení nitrohruďního tlaku, a následného výdechu v post-sticking fázi. Toto tvrzení by korespondovalo se studií Suzuki et al. (1991), který uvádí, že výdech proti odporu vyvolává únavu u svalu rectus abdominis, který společně s obliquus abdominis patří mezi výdechové svaly.<sup>49</sup>

Při ověřování hypotézy H<sub>1</sub>, jsme zjistili, že k nejvyšší únavě dochází v post-sticking fázi. Zatímco naším předpokladem bylo, že k největší únavě dojde ve sticking fázi, kdy je EMG frekvence horního kvartilu značně nižší, ale ne minimální. Mnohem zřetelněji se únava projevila ve výsledcích 4 RM, kde můžeme mezi prvními třemi a posledním opakováním pozorovat výrazné rozdíly. K únavě a tedy i poklesu EMG frekvence horního kvartilu dochází u sticking fáze a zůstává stejná i u post-sticking fáze.

Hypotéza byla tedy potvrzena u výsledků 4 RM, kdy se opravdu nejvíce únava projevuje u sticking fáze a zůstává stejná u post-sticking, zatímco u 1 RM byla vyvrácena, jelikož k největší únavě dochází až v post-sticking fázi.

U hypotézy H<sub>2</sub> jsme předpokládali, že se svalová únava pomocných svalů neprojeví. Očekávali jsme, že se frekvence zvýší, čímž dojde ke zvýšení zapojení rekrutovaných MJ a tak pomocné svaly pomůžou překonání sticking fáze unaveným primárním hýbačů. Při pohledu na výsledky 4 RM zjistíme, že u svalů obliquus abdominis, rectus abdominis, latissimus dorsi a deltoideus posterior, dochází k poklesu frekvence mezi prvními třemi a posledním opakováním. Což nás vede k závěru, že i u pomocných svalů dochází k nervosvalové únavě. Tímto tuto hypotézu vyvracíme.

Limitací tohoto výzkumu je náhodný výběr výzkumného souboru, převážně studenti FTVS, kdy každý z nich má jinou sportovní specializaci. Každý proband tedy disponuje jinou trénovaností, proto by bylo pro výzkum vhodnější zvolit probandy ze stejné specializace, nejlépe orientované na silový trénink. Dalším problémem může být překrývání kabelů elektrod EMG a tím může dojít k vytvoření pohybového artefaktu, kterému se při provádění pohybu a množství připevněných elektrod občas proband nevyhne. Dalšími ovlivňujícími faktory mohou být, nedostatek spánku a s ním spojená únava, nízká motivace, nervozita apod.

---

<sup>49</sup> SUZUKI, S., J. et al. Expiratory muscle fatigue in normal subjects. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1991, 70(6), 2632-2639 [cit. 2019-12-11]. DOI: 10.1152/jappl.1991.70.6.2632. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1991.70.6.2632>

## 7 Závěr

V této práci byla zkoumána aktivita 8 svalů (4 primárních hýbačů a 4 pomocných svalů) v jednotlivých částech koncentrické fáze bench-pressu (pre-sticking, sticking a post-sticking fáze) u maximálních (1 RM) a submaximálních (4 RM) odporů. Jejím cílem bylo srovnání svalové aktivity primárních hýbačů a pomocných svalů v jednotlivých částech koncentrické fáze bench-pressu.

Cílem teoretické části bylo seznámit čtenáře s teorií potřebnou k pochopení praktické části, jejím obsahem byly silové schopnosti, parametry zatížení, nebo zařazení cviku bench-press mezi komplexní cviky a v neposlední řadě vysvětlení, co je kritická fáze pohybu a jak můžeme měřit svalovou aktivitu pomocí elektromyografie.

V praktické části bylo pomocí experimentu na 24 probandech provedena měření pomocí elektromyografie a následně provedena analýza rozptylu (ANOVA). Tato analýza měla odpovédět na hypotézy  $H_1$ , ve které jsme předpokládali, že nervosvalová únava primárních hýbačů se při maximálních a submaximálních odporech nejvíce projeví v kritické fázi bench-pressu. A hypotézu  $H_2$ , že nervosvalová únava pomocných svalů u bench-pressu se při maximálních a submaximálních odporech projevovat nebude. První hypotézu jsme potvrdili pouze částečně, a to u submaximálních (4 RM) odporů, kde se opravdu únava projevila u primárních hýbačů ve sticking fázi a v post-sticking fázi. U maximálních odporů jsme tuto hypotézu vyvrátili, z důvodu nedostatku možností naměřených dat. Druhá hypotéza byla vyvrácena, když se nervosvalová únava projevila u všech pomocných svalů.

Při psaní teoretické části jsem se naučil hlouběji pracovat s odbornou literaturou, vyhledávat cizojazyčné odborné články a jak se v nich orientovat. Což považuji za hodnotné pro mé další sebevzdělávání v oblasti fitness.

Během spolupráce na výzkumu jsem se seznámil s prací v laboratoři od přípravy markerů pro uchycení na probanda, podání instrukcí probandům, až po zacházení s počítačovými programy pro měření. Uvědomil jsem si také jak těžké a časově náročné je takovýto výzkum připravit a přivést do zdárného konce.

Do budoucna by tématem pro další práci z pohledu svalové aktivity mohla být také amplitudová analýza, která by ve spojení s frekvenční analýzou pomohla hlouběji pochopit nervosvalové řízení během bench-pressu.

## Seznam literatury

1 RM Testing | Science for Sport. *Sports Science Resource | Science for Sport* [online]. Copyright © Copyright [cit. 24.07.2019]. Dostupné z: <https://www.scienceforsport.com/1rm-testing/>

BRYANT, J. *Bench press: The science*. BookBaby, 2013. ISBN 9781483503790.

BRZYCKI, M. Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* [online]. 1993, 64(1), 88-90 [cit. 2019-12-04]. DOI: 10.1080/07303084.1993.10606684. ISSN 0730-3084. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07303084.1993.10606684>

DE SALLES, B. F. et al. Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine* [online]. 2009, 39(9), 765-777 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.2165/11315230-000000000-00000. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/11315230-000000000-00000>

Elektromyografie - Fakulta tělesné výchovy. [online]. Copyright © 2019 Fakulta tělesné výchovy [cit. 30.07.2019]. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1512.html>

GREEN, C. M. a P. COMFORT. The Affect of Grip Width on Bench Press Performance and Risk of Injury. *Strength and Conditioning Journal* [online]. 2007, 29(5), 10-14 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1519/00126548-200710000-00001. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-200710000-00001>

KOLINGER, D. *Vliv modifikace dechového vzorce při bench-pressu na překonání kritické fáze pohybu*. Praha, 2018. 55 s. Bakalářská práce na UK FTVS. Vedoucí bakalářské práce doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.

KRÁL, M. *Evaluce volejbalového podání ze země a z výskoku s následným porovnáním při simulaci podání při stahování kladky pomocí povrchové elektromyografie*. Praha, 2009. 51 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí diplomové práce Bronislav Kračmar.

KROBOT, A. a B, KOLÁŘOVÁ. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2762-1.

DE LUCA, J. C. The use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. 1997,13, 135-163 [cit. 2019-12-04]. Dostupné z: <https://www.delucafoundation.org/download/bibliography/de-luca/078.pdf>

MELHUS GOMO, O. *The effects of grip width on sticking region in bench press*. North-Trondelag, 2013. 25 s. Master thesis at North-Trondelag University College, Faculty of Teacher education. Supervisor Roland van den Tillaar.

Metodika Bench pressu - IronFactor - fórum o posilování, kulturistice a fitness. *IronFactor - fórum o posilování, kulturistice a fitness - Obsah* [online]. Copyright © phpBB Limited [cit. 24.07.2019]. Dostupné z: <http://www.ironfactor.cz/viewtopic.php?t=4256>

MĚKOTA, K. a J. NOVOSAD. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. Učebnice. ISBN 80-244-0981-X.

PERIČ, T. a J. DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.

Penhaker, M. a kol.: *Lékařské diagnostické přístroje – učební texty*. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004.

PETR, M. a P. ŠŤASTNÝ. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.

Poliquin, C. *The Poliquin principles: Successful Methods for Strength and Mass Development*. Dayton Publications & Writers group, 1997

REAZ, M. B. I., M. S. HUSSAIN a F. MOHD-YASIN. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online* [online]. 2006, 8(1), 11-35 [cit. 2019-08-01]. DOI: 10.1251/bpo115. ISSN 1480-9222. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.1251/bpo115>

SAETERBAKKEN, A. H. et al. The Effects of Bench Press Variations in Competitive Athletes on Muscle Activity and Performance. *Journal of Human Kinetics* [online]. 2017, 57(1), 61-71 [cit. 2019-07-24]. DOI: 10.1515/hukin-2017-0047. ISSN 1899-7562. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/57/1/article-p61.xml>

STOPPANI, J. *Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány: 255 posilovacích cviků*. Praha: Grada, 2008. Sport extra. ISBN 978-80-247-2204-7.

SUZUKI, S., J. et al. Expiratory muscle fatigue in normal subjects. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1991, 70(6), 2632-2639 [cit. 2019-12-11]. DOI: 10.1152/jappl.1991.70.6.2632. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1991.70.6.2632>

TLAPÁK, Petr. *Tvarování těla pro muže a ženy*. 10. vydání. Praha: ARSCI, 2014. ISBN 978-80-7420-038-0.

VAN DEN TILLAAR, R. a G. ETTEMA. A Comparison of Muscle Activity in Concentric and Counter Movement Maximum Bench Press. *Journal of Human Kinetics* [online]. 2013, 38, 63-71 [cit. 2019-12-04]. DOI: 10.2478/hukin-2013-0046. ISSN 1899-7562. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/38/1/article-p63.xml>

VAN DEN TILLAAR, R. a G. ETTEMA. A Comparison of Successful and Unsuccessful Attempts in Maximal Bench Pressing. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 2009, 41(11), 2056-2063 [cit. 2019-11-30]. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181a8c360. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-200911000-00013>

VAN DEN TILLAAR, R. a A. H. SAETERBAKKEN. Fatigue effects upon sticking region and electromyography in a six-repetition maximum bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2013, 31(16), 1823-1830 [cit. 2019-11-28]. DOI: 10.1080/02640414.2013.803593. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2013.803593>

VAN DEN TILLAAR, R et al. Is the occurrence of the sticking region the result of diminishing potentiation in bench press?. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2012, 30(6), 591-599 [cit. 2019-07-23]. DOI: 10.1080/02640414.2012.658844. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2012.658844>

VAN DEN TILLAAR, R. a G. ETTEMA. The “sticking period” in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2010, 28(5), 529-535 [cit. 2019-11-30]. DOI: 10.1080/02640411003628022. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640411003628022>

VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 8072548379

WALKER, S. et al. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2012, 22(3), 356-362 [cit. 2019-12-05]. DOI: 10.1016/j.jelekin.2011.12.009. ISSN 10506411. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1050641111002276>

ØVRETVEIT, K. a T. TØIEN. Maximal Strength Training Improves Strength Performance in Grapplers. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2018 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002863. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://Insights.ovid.com/crossref?an=00124278-900000000-95136>

ZATSIORSKY, V. M. a W. J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2.

## Seznam obrázku, tabulek a grafů

Obrázek 1 - Znázornění zápisu tempa (Petr & Šťastný, 2012).....	15
Obrázek 2 - Motorická jednotka (Penhaker et al. 2004).....	23
Obrázek 3 - Ukázka Signálu EMG (Krobot & Kolářová, 2011) a) surový záznam b) zretifikovaný signál c) zretifikovaný a vyhlazený signál (RMS 25 ms) D) zretifikovaný a vyhlazený signál (RMS 100 ms).....	26
Obrázek 4 – Projev únavy při kontinuální izometrické kontrakci – porovnání frekvenčního spektra a poklesu síly (Krobot & Kolářová, 2011).....	27
Tabulka 1 - Vztah mezi maximem opakování, intenzitou a tréninkovým efektem (Poliquin, 1990) .....	12
Tabulka 2 - záznam excentrické fáze, koncentrické fáze a sticking region 1 RM.....	32
Tabulka 3 - záznam excentrické fáze, koncentrické fáze a sticking region 4 RM.....	33
Tabulka 4 - Uspořádané časy 1 RM.....	34
Tabulka 5 - Uspořádané časy 4 RM.....	34
Graf 1 – Horní kvartil EMG frekvence RA = rectus abdominis a OA = obliquus abdominis během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi.....	36
Graf 2 - Horní kvartil EMG frekvence PC = pectoralis major (pars clavicularis), PS = pectoralis major (pars sternocostalis), TB = triceps brachii a DA = deltoideus anterior během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	37
Graf 3 - Horní kvartil EMG frekvence LD = latissimus dorsi a DP = deltoideus posterior během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	38
Graf 4 - Horní kvartil EMG frekvence DA = deltoideus anterior a DP = deltoideus posterior během jednotlivých fází 1 RM BP. Hodnoty označené „*“ = statisticky významný rozdíl. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi.....	39
Graf 5 - Horní kvartil EMG frekvence rectus abdominis během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný	

rozdíl, hodnoty označené „*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	41
Graf 6 - Horní kvartil EMG frekvence obliquus abdominis během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	42
Graf 7 - Horní kvartil EMG frekvence PM_C = pectoralis major (pars clavicularis) a PM_S = pectoralis major (pars sternocostalis) během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	43
Graf 8 - Horní kvartil EMG frekvence triceps brachii během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	44
Graf 9 - Horní kvartil EMG frekvence latissimus dorsi během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	45
Graf 10 - Horní kvartil EMG frekvence deltoideus anterior během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	46
Graf 11 - Horní kvartil EMG frekvence deltoideus posterior během jednotlivých fází 4 RM BP u prvních tří a posledního opakování. Hodnoty označené „#“ = statisticky významný rozdíl, hodnoty označené „*“ = 1-3. opakování koncentrické fáze, hodnoty označené „+“ = poslední opakování koncentrické fáze. Statisticky významný rozdíl pre-sticking fáze oproti sticking a post-sticking fázi .....	47