

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Vliv modifikace dechového vzorce při bench-pressu na překonání
kritické fáze pohybu**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.

Vypracoval:

Dominik Kolinger

Praha, srpen 2018

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 23.8.2018

podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce PhDr. Petrovi Šťastnému, Ph.D. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. Dále bych rád poděkoval všem, kteří se podíleli na přípravě a realizaci výzkumu uvedeného v této práci.

ABSTRAKT

- Název:** Vliv modifikace dechového vzorce při bench-pressu na překonání kritické fáze pohybu
- Cíle:** Hlavním cílem této práce je určit rozdíly v době a dráze potřebné k překonání kritické fáze pohybu v závislosti na použitém dechovém vzorci a velikosti zátěže během cvičení bench-pressu. Dalším cílem je určit, zdali se kritická fáze pohybu vyskytuje u cvičení bench-pressu s velikostí odporu 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM.
- Metody:** V této práci byla použita metoda experimentu a metoda analýzy. Metoda randomizovaného experimentu byla použita v rámci hodnocení rozdílů mezi dechovými technikami v předem stanovených laboratorních podmínkách a metoda analýzy byla součástí vyhodnocení získaných dat.
- Výsledky:** Výsledkem této práce byly signifikantní rozdíly v délce a dráze kritické fáze pohybu a jejích jednotlivých částí při změně dechového vzorce během cvičení bench-pressu s maximální zátěží ($p < 0,05$). Jako nejvýhodnější pro překonání kritické fáze pohybu se jevila dechová technika Valsalvův manévr. V rámci zátěže 4 RM naopak nebyly prokázány významné odlišnosti ve výše zmíněných kritériích ($p > 0,05$). Při zátěži 8 RM a 12 RM bylo zjištěno, že se zde kritická fáze pohybu nevyskytuje.
- Klíčová slova:** bench-press, kritická fáze pohybu, dechový vzorec

ABSTRACT

Title: The influence of breathing strategy on sticking region during the bench press exercise.

Objectives: The aim of this work is to determine the differences in duration and track that are necessary to overcome the sticking region while using variations of breathing patterns and loads during the bench-press exercise. The next goal is to find out whether the sticking region occurs in the bench-press with resistance of 1 RM, 4 RM, 8 RM and 12 RM.

Methods: In this thesis I used a method of experimental research combined with method of analysis. Method of randomized experimental research was applied during the actual research in preset conditions in the sports laboratory. Later the collected data was analysed and evaluated using specialized software.

Results: In the empirical part of this thesis I found out that there are significant changes in duration and track of the sticking region and its parts after modifying the breathing pattern during bench-pressing with maximal resistance ($p < 0,05$). The Valsalva maneuver proved to be the best breathing technique in relation to overcoming the sticking region. There seem to be no significant changes in the characteristics of the sticking region and its parts while using different breathing patterns and lifting submaximal loads (4 RM) ($p > 0,05$). This study also found out that the sticking region is not evident in the lift with resistance of 8 RM and 12 RM.

Keywords: bench-press, sticking region, breathing pattern

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	2
2.1. Silové schopnosti.....	2
2.1.1. Druhy silových schopností	2
2.1.2. Zátěžové parametry	3
2.1.3. Metody silového tréninku	5
2.1. Komplexní cviky.....	7
2.2. Bench-press	8
2.2.1. Pravidla Bench-pressu dle IPF	8
2.2.2. Nejčastější chyby v provedení bench-pressu	9
2.2.3. Zapojené svalové skupiny	11
2.3. Dechové techniky.....	12
2.3.1. Valsalvův manévr	12
2.3.2. Lung Packing	13
2.3.3. Hold breath	15
2.3.4. Obrácené dýchání	15
2.4. Kritický úsek zdvíhu (sticking region).....	16
2.4.1. Důvod existence kritického úseku zdvíhu	17

3. CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY	19
4. METODIKA PRÁCE	21
4.1. Popis výzkumného souboru	21
4.2. Použité metody.....	21
4.3. Sběr dat.....	24
4.4. Analýza dat.....	26
5. VÝSLEDKY	27
5.1. Výskyt kritické fáze pohybu	27
5.2. Zátěž 1 RM.....	28
5.3. Zátěž 4 RM.....	38
6. DISKUZE	45
7. ZÁVĚR	48
8. SEZNAM LITERATURY	50
9. SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK	55

1. ÚVOD

Trénink silových schopností je jednou z klíčových částí přípravy ve většině sportovních odvětví. Téměř každý kondiční trenér věnuje silové přípravě alespoň jeden mezocyklus ze svého tréninkového programu. Proto považuji za velmi důležité, aby toto odvětví sportovního tréninku bylo důkladně probádáno a touto bakalářskou prací se tomu snažím přispět.

Tématem mé práce je vliv modifikace dechového vzorce při bench-pressu na překonání kritické fáze pohybu. Toto téma jsem si zvolil, protože se i ve svém volném čase zajímám o silovou přípravu sportovců z různých odvětví, především však lehkootletických disciplín. Současně se od roku 2007 věnuji posilování, zhruba poslední 3 roky se zaměřuji konkrétně na trénink silových schopností a mým hlavním koníčkem je nyní silový trojboj. Dalším důvodem pro výběr tohoto tématu byla touha poznat a naučit se zacházet s vybavením sportovní laboratoře UK FTVS.

Během svého studia i mimo něj jsem získal mnoho teoretických znalostí ohledně silové přípravy, ať už z hlediska fyziologického, anatomického či antropomotorického. Při volbě povinně volitelných a volitelných předmětů jsem se snažil po celou dobu studia zaměřovat na předměty týkající se posilování a fitness, proto na to plánuji nyní navázat a všechny tyto nabyté znalosti se budu snažit uplatnit a rozšířit v následující práci.

Z celé škály cviků pro rozvoj svalové síly jsem si vybral právě bench-press, a to proto, že ho považuji za jeden z nejlepších cviků pro rozvoj maximální síly prsních svalů a horních končetin. Mimo to je bench-press mým oblíbeným cvikem ze silového trojboje, a proto uvítám jakékoliv poznatky, které by vedly ke zlepšení výkonu v tomto cviku.

Výzkum jsme prováděli v týmu 6 lidí a zabral nám přibližně osm měsíců. Během výzkumu jsme měřili i další aspekty tréninku bench-pressu, jako například zapojení svalových skupin nebo tlak v plicích. Mně osobně přišlo nejzajímavější téma, které se hlouběji věnuje dechovým technikám při cvičení bench-pressu a jejich vlivu na část zdvihu, kterou označujeme jako kritická fáze pohybu sticking region). Na tuto specifickou oblast jsem se zaměřil proto, že se mi zdá relativně neprobádaná a nenašel jsem žádný jiný výzkum, který by se této konkrétní problematice věnoval.

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1. Silové schopnosti

V procesu sportovního tréninku je úroveň silových schopností možná tou nejdůležitější kvalitou a to proto, že tvoří základ pro mnohé ostatní komponenty, které určují sportovní výkon¹. Svalová síla je definovaná jako schopnost vyvíjet odpor proti vnější zátěži². Stimulace silových schopností hraje klíčovou roli v přípravě většiny sportovců, kteří se snaží dosáhnout maximálního výkonu nejen v čistě silových disciplínách (vzpírání, silový trojboj, strongman), ale i v disciplínách, které vyžadují rychlost a explozivnost (běhy na krátké vzdálenosti, vrh koulí, skok do výšky a dálky atd.). „Při aktivitách, kdy sportovec zrychluje pohyb vlastního těla, např. při vertikálním výskoku ze stoje, lze pozorovat pozitivní korelaci mezi maximálně maximální silou a maximální rychlostí: Silnější sportovci skáčou výš.“³

2.1.1. Druhy silových schopností

Dělení silových schopností určujeme podle několika kritérií. Primárním kritériem je typ svalové kontrakce podle změn délky svalu a podle napětí svalu, kdy hovoříme o následujících druzích:

- a) izometrické, statické – napětí se zvyšuje, délka se nemění,
- b) izotonické, dynamické – mění se délka svalu, napětí zůstává přibližně stále stejné.

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

- a) koncentrickou – sval se zkracuje, napětí se nemění,

¹ GAMBETTA, Vern. *Athletic development: the art & science of functional sports conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics, c2007. ISBN 978-0-7360-5100-2, s. 177.

² STONE, M.H. *Position Statement: explosive exercises and training*. 1993, s. 7-15., ISSN 0744-0049

³ ZATSIORSKY, Vladimír M. a William J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2, s. 41.

b) excentrickou, brzdívou – sval se násilím protahuje, napětí se nemění⁴.

Dále je nutné uvést dělení, které bere v potaz rychlost a dobu trvání svalové kontrakce:

a) síla absolutní (maximální) – schopnost spojená s nejvyšším možným odporem, může být realizována při svalové činnosti dynamické nebo statické,

b) síla rychlá a výbušná (explozivní) – schopnost spojená s překonáváním nemaximálního odporu vysokou až maximální rychlostí, může být realizována při dynamické svalové činnosti,

c) síla vytrvalostní – schopnost překonávat nemaximální odpor opakováním v pohybu v daných podmínkách nebo dlouhodobě odpor udržovat, může být realizována při dynamické nebo statické svalové činnosti⁵.

Jednotlivá sportovní odvětví kladou odlišné požadavky na stimulaci a zvyšování úrovně různých druhů silových schopností. Zatímco vzpěrači a trojbojaři věnují tréninku silových schopností většinu času svého ročního tréninkového cyklu, sprinteři věnují čistě silové přípravě obvykle jeden či dva mezocykly (2-6 týdnů) ročně. Zároveň se oproti vzpěračům a trojbojařům zaměřují pouze málo nebo vůbec na rozvoj maximálně maximální síly a soustředí se spíše na rozvoj explozivní síly a zlepšování silového gradientu. Pro trénink různých druhů silových schopností využíváme také několik rozdílných metod silového tréninku.

2.1.2. Zátěžové parametry

Ještě před tím, než budou vymezeny metody silového tréninku, je nutné nejprve definovat jednotlivé zátěžové parametry, které určují vlastnosti a využitelnost jednotlivých metod. Každá tréninková metoda se rozlišuje podle několika zátěžových parametrů:

⁴ PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7, s. 79.

⁵ DOVALIL, Josef. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-760-5, s. 26-27.

- a) velikost odporu – hmotnost zvednutého břemene, nejčastěji uvádíme v % 1RM (repetition max), tedy procentuální poměr maximálního možného výkonu pro jedno opakování daného cviku. Dále můžeme uvést například pouze 4RM, což znamená, že cvičíme s maximální hmotností, kterou jsme schopni uzvednout čtyřikrát za sebou,
- b) počet opakování – volíme v závislosti na velikosti odporu a na druhu síly, který hodláme stimulovat,
- c) rychlost provedení pohybu – nejčastěji uvádíme jako popis tempa cvičení ve vteřinách, např. 4-2-2-1, tedy provádíme excentrickou fázi cviku po 4 vteřiny, dále držíme v dolní pozici izometricky 2 vteřiny, 2 vteřiny trvá excentrická fáze a 1 vteřinu setrváme ve výchozí pozici cviku,
- d) délka odpočinku – stanovíme podle toho, jaký druh silových schopností chceme trénovat. Obecně platí, že pro trénink maximální síly a rychlosti volíme delší pauzy (3-5 minut), pro trénink vytrvalostní síly používáme naopak kratší dobu odpočinku. Dále je pro dobu odpočinku důležité pohlížet na stupeň trénovanosti sportovců, více trénování sportovci potřebují kratší intervaly odpočinku⁶. V neposlední řadě hraje roli i cvik a trénovaná partie, například komplexní cviky pro horní část těla vyžadují delší interval odpočinku, než komplexní cviky zaměřené na dolní polovinu těla⁷,
- e) charakter odpočinku – pasivní či aktivní (lehká protahovací cvičení)⁴,
- f) dalším velmi důležitým faktorem při tvorbě tréninkového programu je výběr samotného cviku. Cvik volíme podle potřeb dané tréninkové jednotky, kterou cílíme na určité svaly či

⁶ DE SALLES, Belmiro Freitas, Roberto SIMÃO, Fabrício MIRANDA, Jefferson DA SILVA NOVAES, Adriana LEMOS a Jeffrey M. WILLARDSON. Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine* [online]. 2009, 39(9), 765-777 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.2165/11315230-000000000-00000. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/11315230-000000000-00000>

⁷ WILLARDSON, JEFFREY M. a LEE N. BURKETT. ACOMPARISON OF 3DIFFERENT REST INTERVALS ON THE EXERCISE VOLUME COMPLETED DURING A WORKOUT. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2005, 19(1), 23-26 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/00124278-200502000-00005. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200502000-00005>

na určité pohyby. Cviky dělíme z hlediska zapojení svalů na izolované a komplexní. Při izolovaném cviku se pohyb většinou děje v rámci jednoho kloubu, zatímco při cvičení komplexních cviků provádíme pohyb v několika kloubech a zapojujeme více svalů. To je také důvod, proč jsme při komplexních cvicích schopni zvednout výrazně vyšší zátěž.

Příkladem můžeme uvést následující popis cvičení:

Bench-press – 6x70 % 1RM, 3-1-1-0, IO (pasivní) – 3 minuty.

V praxi toto znamená, že cvičíme bench-press s 60 % našeho 1 opakovacího maxima, tempo cvičení je: 3 vteřiny excentrická fáze, 1 vteřina setrvání v dolní pozici, 1 vteřina koncentrická fáze a 0 vteřin setrvání ve výchozí pozici, odpočinek je pasivní a jeho interval činí 3 minuty.

2.1.3. Metody silového tréninku

Formu silového tréninku nejčastěji rozlišujeme podle druhu svalové činnosti. Podle tohoto kritéria rozlišujeme celkem 8 následujících metod:

Metoda maximálních úsilí, metoda opakovaných (submaximálních) úsilí, metoda rychlostní (dynamická), metoda vytrvalostní, metoda plyometrická, metoda izometrická, metoda izokinetická, metoda intermediární⁴.

Vzhledem k tomu, že tato bakalářská práce se ve své následující praktické části zabývá pouze metodami, jež jsou typické pro rozvoj maximální síly, bude následná část věnována pouze metodám, pomocí kterých jsme schopni vyvinout maximální svalové napětí.

a) Metoda maximálního úsilí

Tuto metodu nelze doporučit začátečníkům v oblasti silového tréninku, protože velikost zvoleného odporu by se měla blížit maximální hmotnosti, kterou jsme schopni zdvihnout pro jedno opakování v tréninkovém prostředí (TF_{mm}). Občas můžeme do tréninku zařadit i maximální hmotnost zdviženou v soutěži (CF_{mm}), která však klade na sportovce velký emociální tlak a opakované neúspěšné pokusy v této váze mohou vést až k syndromu vyhoření.

Zdvihání těchto zátěží vyžaduje naprosté zvládnutí techniky daného cviku a zároveň odpovídající zesílení potřebných svalů tak, abychom předešli zraněním. Při této metodě se doporučuje pohybovat se v rozsahu opakování mezi jedním a třemi opakováními na jednu sérii³. Rychlost provedení pohybu je v tomto případě velmi malá, a proto tato metoda není vhodná pro sportovce, kteří ve svém sportu vyžadují explozivní svalovou práci. Doba odpočinku volíme dlouhou (3-5 min), protože se snažíme docílit úplného zotavení a resyntézy ATP a CP. Tato metoda je vhodná především pro zvyšování maximální svalové síly.

b) Metoda submaximálního a opakovaného úsilí

Tyto dvě metody jsou hojně používané mezi kulturisty, protože vyvolávají silné podněty ke svalové hypertrofii⁵. Rozdíl mezi metodou submaximálního a opakovaného úsilí spočívá v počtu opakování. Metoda submaximální využívá středního počtu opakování, zatímco metoda opakovaného úsilí využívá maximálního počtu opakování (do selhání)⁵. Velikost zátěže se při těchto metodách pohybuje v rozmezí 75–85 % 1RM a počet opakování je 6–15x na jednu sérii. Doba odpočinku by se měla pohybovat v rozmezí mezi 3-5 minutami, pokud se snažíme udržet konstantní počet opakování po dobu 2 a více sérií. Podle studie provedené Kraemerem v roce 1997 jsou 3 minuty dostatečná doba odpočinku pro udržení deseti opakování ve třech sériích bench-pressu⁸. Naopak Richmond a Godard provedli v roce 2004 studii, která dokazuje, že 3 minuty není dostatečná doba odpočinku pro udržení stejného počtu opakování při zátěži 75 % 1RM ve 2 sériích. Podle této studie je potřeba 5 minut odpočinku mezi sériemi⁹. Rozdíl mezi těmito dvěma výzkumy je v úrovni trénovanosti testované skupiny. Kraemer prováděl výzkum na vysoce trénovaných sportovcích, zatímco Richmond a Godard na rekreačních sportovcích.

⁸ KRAEMER, William J. A Series of Studies—The Physiological Basis for Strength Training in American Football. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 1997, 11(3), 131-142 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/00124278-199708000-00001. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-199708000-00001>

⁹ RICHMOND, Scott R. a Michael P. GODARD. The Effects of Varied Rest Periods Between Sets to Failure Using the Bench Press in Recreationally Trained Men. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2004, 18(4), 846- [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1519/14833.1. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://nsca.allenpress.com/nscaonline/?request=get-abstract&doi=10.1519%2F14833.1>

Při rozhodování o době odpočinku při metodě submaximálních úsilí je tedy nutné pohlížet na stupeň trénovanosti sportovce.

c) **Metoda dynamického úsilí**

Tato metoda se používá ke zlepšení gradientu síly, tedy toho, jak velkou sílu je sportovec schopen vyvinout v omezeném časovém úseku. Tato metoda klade důraz na udržení vysoké rychlosti cvičení. Proto preferujeme balistická cvičení (trh, nadhoz), při kterých od začátku až do konce zdvihu rychlost zvedaného břemena narůstá. Velikost odporu se pohybuje v rozmezí 30-60 % 1RM. Počet opakování 6–12x nebo 5–15 sekund. Interval odpočinku by měl vést k úplnému zotavení, tedy 3-5 min⁴. Počet sérií volíme podle toho, aby rychlost pohybu zůstala vysoká. Pokud sportovec začne pohyby zpomalovat, je vhodné v tréninku rychlosti nepokračovat.

2.1. Komplexní cviky

„Komplexní (základní) cviky obvykle zahrnují pohyby ve více kloubech a vyžadují koordinované použití většího počtu svalových skupin¹⁰.“ Mezi komplexní cviky řadíme především cviky, jež jsou součástí silového trojboje, tedy dřep, mrtvý tah a bench-press. Dále také cviky z olympijské disciplíny vzpírání, tedy nadhoz a trh. Různé variace na tyto cviky, jako například bulharské dřepy, tlaky s jednoručními činkami, či přitahy osy v předklonu, můžeme také označit za komplexní cviky, avšak není možné v těchto cvicích dosahovat takové velikosti zátěže.

¹⁰ STOPPANI, James. *Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány: 381 posilovacích cviků*. Druhé, přepracované a rozšířené vydání. Přeložil Libor SOUMAR. Praha: Grada Publishing, 2016. Sport extra. ISBN 978-80-247-5643-1.

2.2. Bench-press

Bench-press (BP) je jedním z nejpoblárnějších cviků a zároveň nejčastějším cvikem pro rozvoj a testování síly svalů horní poloviny těla. Je také jedním ze tří cviků silového trojboje (powerlifting). BP provádíme s velkou činkou vleže na lavičce, činka je prvně kontrolovaně spuštěna na hrudník a následuje její zdvih až do úplného propnutí loktů. Pokud hovoříme o rekreačním (nezávodním) provedení, jedná se v zásadě o jednoduchý cvik, který je velmi málo limitován kloubními rozsahy. V závodním provedení je však BP mnohem záluďnějším cvikem, který vyžaduje zvládnutí efektivní techniky, jenž zajistí co nejvyšší výkon a zároveň je v souladu s pravidly dané powerliftingové federace.

2.2.1. Pravidla Bench-pressu dle IPF

IPF (International Powerlifting Federation) lze označit za největší federaci trojboje na světě. Každý rok tato federace pořádá světový šampionát v BP, kde se maximální dosažené výkony pohybují okolo 300 kilogramů. Na šampionátu v roce 2018 dosáhnul nejlepšího celkového výkonu Thomas Davis s výkonem 290 kg při tělesné hmotnosti 195 kg.

Pro BP má tato federace jasně stanovená pravidla. Pro potřebu této práce je níže uveden pouze výběr z těchto pravidel:

„2. Soutěžící musí ležet na zádech s hlavou, rameny a více jak polovinou plochy hýždí v kontaktu s povrchem lavičky. Chodidla musí být celou plochou (jak jen to dovolí obuv) v kontaktu s podlahou nebo s bloky. Ruce uchopí činku palcovým úchopem, osa činky spočívá v uzavřené dlani. Tato pozice musí být dodržena po celou dobu pokusu. Pohyb nohou je povolen, chodidlo však musí zůstat celou plochou v kontaktu s podložkou.

5. Vzdálenost rukou nesmí přesáhnout 81 cm měřeno mezi ukazováčky, tzn. že při maximální šíři úchopu musí ukazováčky překrývat celé značky označující vzdálenost 81 cm. Podhmat je zakázán.“

8. Po obdržení povelu k zahájení pokusu musí soutěžící spustit činku na hrudník nebo na břicho (činka se nesmí dotknout opasku) a nechat ji nehybně spočinout. Poté vydá hlavní rozhodčí

hlasitý signál „Tlak!“ („Press!“). Následně musí závodník vytlačit činku do plně propnutých paží. Když činka spočívá nehybně v této pozici, dostane soutěžící od hlavního rozhodčího hlasitý signál „Odložit!“ („Rack!“) doprovázený zpětným pohybem ruky.“¹¹

Každý soutěžící má tři pokusy, určí si základní zvedanou zátěž na první pokus a po každém pokusu musí nahlásit váhu pro následující pokus do jedné minuty od ukončení předchozího pokusu.

„1. (m) Ve třetím kole mrtvého tahu jsou povoleny dvě změny hmotnosti. Může jít o změny směrem nahoru či dolů vzhledem k původně nahlášenému třetímu pokusu. Tyto změny jsou povoleny jen do té doby, než je soutěžící vyzván hlasatelem k zahájení pokusu s činkou o původně požadované hmotnosti.

(n) Při mistrovských nebo pohárových soutěžích v bench-pressu platí stejná pravidla jako při soutěžích v trojboji. Výjimkou je, že ve třetím pokusu jsou povoleny dvě změny, stejně jako je uvedeno v bodě 1. (m).“¹¹

2.2.2. Nejčastější chyby v provedení bench-pressu

V této podkapitole budou uvedeny nejčastější chyby, kterých se dopouští začátečníci při cvičení BP. Tyto chyby negativně ovlivňují jak svalovou aktivaci, tak i biomechanický průběh pohybu a mohou způsobit zranění kloubů i svalů.

- a) Nestabilní poloha těla – chodidla nejsou zapřena o zem, hýžd'ové svaly nejsou položeny na lavičce, lopatky nejsou stažené k sobě, což způsobí, že ramena jsou předsunutá směrem vzhůru k uším a vpřed (Obrázek 1 - vlevo). Naopak (Obrázek 1 – vpravo) zobrazuje správnou polohu těla¹².

¹¹ *Pravidla silového trojboje* [online]. In: Praha: Český svaz silového trojboje, 2013, s. 18 [cit. 2018-08-04]. Dostupné z: <http://powerlifting.cuscz.cz/pravidla2013.pdf>

¹² *Zásobník cviků (I.): Hrudník – bench-press*. Ronnie.cz [online]. 2014, 2.10.2014 [cit. 2018-08-04]. Dostupné z: <https://kulturstika.ronnie.cz/c-6061-zasobnik-cviku-1-hrudnik-bench-press.html>



Obrázek 1 - Vlevo – nesprávná poloha těla; vpravo – správná poloha těla¹²

- b) Neúplná dráha pohybu – excentrická část zdvihu nekončí dotykem osy hrudníku, ale dříve.
- c) Lokty směřují od těla – v excentrické fázi je důležité umožnit loktům rotovat směrem dovnitř a přitahovat je k tělu.
- d) Příliš široký či úzký úchop – příliš široký úchop klade velkou zátěž na délku prsních svalů, které se můžou v dolní pozici zdvihu přetrhnout. Příliš úzký úchop naopak neumožňuje úplné efektivní zapojení prsních svalů. Obecné pravidlo pro šířku úchopu je takové, že v dolní části zdvihu (osa na hrudníku) by úhel mezi předloktím a nadloktím měl být zhruba 90°.
- e) Bezpalcový úchop – úchop kdy je palec na ose vedle ostatních prstů ruky a ne naproti. Tento úchop je nebezpečný, protože umožňuje vyklouznutí osy, která následně může způsobit sportovci vážná poranění.

2.2.3. Zapojené svalové skupiny

Primární svaly zapojené do pohybu prováděném při BP jsou pectoralis major, triceps brachii a musculus deltoideus, především jeho kličková část (pars clavicularis) a také nadpažková část (pars acromialis), která slouží jako stabilizující sval¹³.

Míru zapojení jednotlivých svalů výrazně ovlivňuje technika provedení cviku, především však šířka úchopu. Při pronačním úchopu osy (nadhmat) je aktivita sternoclaviculární i claviculární části prsních svalů nejvyšší za použití širokého úchopu (200 % biakromiální šířky) a nejmenší za použití úzkého úchopu (vzdálenost jedné dlaně mezi oběma rukama). Aktivita tricepsu je při nadhmatu nejvyšší při úzkém úchopu a nejnižší při širokém. Pokud osu uchopíme supinačním hmatem (podhmat), výrazně vzrůstá aktivita bicepsu především za použití širokého úchopu (o 109 % víc než při použití širokého úchopu nadhmatem). Současně se do pohybu víc zapojují i claviculární část prsních svalů¹⁴.

Širší úchop (>1,5 biakromiální šířky) může také zvýšit riziko poranění ramen a natržení prsního svalu. Posunutí úchopu ze širokého na střední (<1,5 biakromiální šířky) se ukázalo jako výhodné z hlediska prevence zranění a zároveň výrazně neovlivnilo zapojení svalů do pohybu¹⁵.

¹³ KELLIS, ELEFTHERIOS a VASILIOS BALTZOPOULOS. Muscle activation differences between eccentric and concentric isokinetic exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1998, 30(11), 1616-1623 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1097/00005768-199811000-00010. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-199811000-00010>

¹⁴ LEHMAN, GREGORY J. The influence of grip width and forearm pronation/supination on upper-body myoelectric activity during the flat bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2005, 19(3), 587-591 [cit. 2018-08-21]. DOI: 10.1519/00124278-200508000-00017. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200508000-00017>, 2005, 19.3: 587-591.

¹⁵ GREEN, Carly M. a Paul 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. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/00126548-200710000-00001. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-200710000-00001>

2.3. Dechové techniky

Různé dechové techniky mohou výrazně ovlivnit výkon sportovce. Dýchání ovlivňuje míru nitrohručního a nitrobřišního tlaku během cvičení, což dále působí na činnost srdce a činnost hlubokého stabilizačního systému. V průběhu zvedání zátěže je důležité udržet vysoký nitrobřišní tlak a současně udržet optimální míru nitrohručního tlaku tak, aby nedošlo k jeho nepřiměřenému nárůstu a tím se negativně neovlivnila činnost srdce a následně okysličování mozku a svalů.

2.3.1. Valsalvův manévr

Valsalvův manévr je nejrozšířenější dýchací technikou mezi silovými sportovci. Jedná se o techniku, kdy se snažíme vydechnout přes zavřenou hlasivkovou štěrbinu. „*Mechanismem, který je příčinou tohoto jevu, je pneumomuskulární reflex, při němž zvýšený tlak v plicích slouží jako stimul pro zesílení svalové dráždivosti*“.³ Další výhodou Valsalvova manévru je zvýšení nitrobřišního tlaku, který snižuje kompresivní síly působící na meziobratlové ploténky, čímž je chrání proti zranění¹⁶.

Valsalvův manévr má sice pozitivní účinek na vyvinutí maximální síly, ale zároveň tato technika vyvolává negativní kardiovaskulární reakci. Při zadržení dechu se zvyšuje nitrohruční tlak, což má za následek kompresi duté žíly, která vrací krev k srdci. Tím se zmenšuje žilní návrat krve k srdci a kvůli tomu klesá tepový objem i srdeční výkon³. Proto by Valsalvův manévr měli využívat pouze zkušenější sportovci při cvičení s maximální zátěží. Během cvičení se submaximální zátěží by se měl sportovec snažit cíleně vydechovat během koncentrické fáze pohybu¹⁶.

Během cvičení předkopávání se zátěží za použití Valsalvova manévru byl také naměřen značný nárůst systolického i diastolického tlaku (166/108 mmHg) oproti dechovým technikám, kdy

¹⁶ CHILDS, John D. The Impact of the Valsalva Maneuver During Resistance Exercise. *Strength and Conditioning Journal* [online]. 1999, 21(2), 54- [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1519/00126548-199904000-00018. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-199904000-00018>

se při koncentrické fázi cvičení volně vydechuje (159/102 mmHg) či nadechuje (151/99 mmHg)¹⁷.

Naproti tomu bylo dokázáno, že Valsalvův manévr zvyšuje nitrolebeční tlak během cvičení a tím snižuje cerebrovaskulární tlak (systolický tlak minus nitrolebeční tlak), jakožto hlavní ukazatel tlaku, který působí na mozkové cévy. Zvýšení systolického tlaku, které s sebou přináší Valsalvův manévr, má sice negativní vliv na mozkové cévy, ale zvýšením okolního (nitrolebečního) tlaku se výsledný stres působící na mozkové cévy snižuje v průměru o 11 % v porovnání s cvičením bez užití Valsalvovo manévru¹⁸.

2.3.2. Lung Packing

Další dechovou technikou, která se bude objevovat v praktické části této bakalářské práce, je lung packing. Clarence W. Dail pojmenoval tuto techniku jako glossopharyngeální dýchání, podle struktur, které se zapojují při této dechové technice¹⁹. Jedná se o svaly, které inervuje jazykohltanový nerv (Nervus glossopharyngeus). Tyto svaly tlačí vzduch do plic podobnou metodou, jako když polykáme potravu. Jedním takovým polknutím je možné dostat do plic 30-60 ml vzduchu, tedy 10-20 polknutí se rovná objemu jednoho normálního nádechu¹⁹. Bylo naměřeno, že tato technika může zvýšit vitální kapacitu plic až o 39 %²⁰. To je hlavní důvod,

¹⁷ LINSENBARDT, S T, T R THOMAS a R W MADSEN. Effect of breathing techniques on blood pressure response to resistance exercise. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 1992, 26(2), 97-100 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1136/bjism.26.2.97. ISSN 0306-3674. Dostupné z: <http://bjsm.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjism.26.2.97>

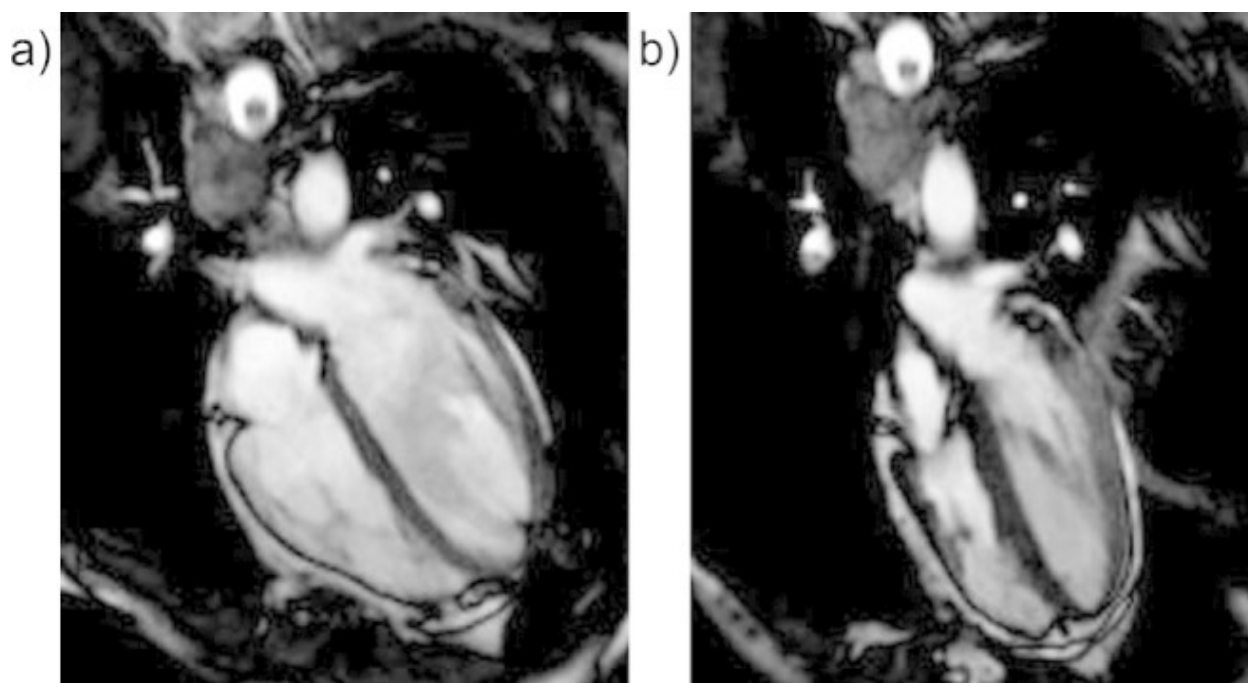
¹⁸ HAYKOWSKY, MARK J., NEIL D. EVES, DARREN E. R. WARBURTON a MAX J. FINDLAY. Resistance Exercise, the Valsalva Maneuver, and Cerebrovascular Transmural Pressure. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 2003, 35(1), 65-68 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1097/00005768-200301000-00011. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-200301000-00011>

¹⁹ ZUMWALT, Miriam, Hazel V. ADKINS, Clarence W. DAIL a John E. AFFELDT. Glossopharyngeal Breathing. *Physical Therapy* [online]. 1956, 36(7), 455-460 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1093/ptj/36.7.455. ISSN 0031-9023. Dostupné z: <http://academic.oup.com/ptj/article/36/7/455/4669553>

²⁰ ÖRNHAGEN H., SCHAGATAY E., ANDRESSON J., BERGSTEN E., GUSTAFSSON P., SANDSTRÖM S. Mechanisms of “buccal-pumping” (“lung packing”) and its pulmonary effects. FOA-B-98-00342-721-SE, 1998; 80-83:

proč je rozšířena především mezi potápěči, jimž umožňuje být delší dobu pod vodou. Potápěči jsou pomocí glossopharyngeálního dýchání schopni zvětšit svojí totální plicní kapacitu o 25 %²¹.

Při použití této techniky však teoreticky hrozí poškození plic, protože při polykání nadbytečného vzduchu v plicích vzniká velmi vysoký tlak – až 8 kPa. Nicméně se předpokládá, že u zdravého jedince by bylo potřeba k poškození plic dosáhnout tlaku 10,7 kPa²². Další negativní vliv lung packingu pramení, stejně jako u Valsalvovo manévru, ze zvětšeného nitrohruďního tlaku, který značně omezuje činnost srdce (Obrázek 2)²³.



Obrázek 2 - Magnetická rezonance srdce, porovnání objemu srdce před (a) a po lung packingu (b)

²¹ LINDHOLM, Peter a Sven NYRÉN. Studies on inspiratory and expiratory glossopharyngeal breathing in breath-hold divers employing magnetic resonance imaging and spirometry. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2005, 94(5-6), 646-651 [cit. 2018-08-13]. DOI: 10.1007/s00421-005-1358-8. ISSN 1439-6319. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-005-1358-8>

²² VANN, RD. Pressure-volume characteristics of “lung-packing.” *Abstract of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc. Annual Scientific Meeting held June 22-26, 1994. Westin Hotel, Denver, Colorado* (<http://www.uhms.org>) [online]. 1994; 212 [cit. 2018-08-14]. Dostupné z: <http://archive.rubicon-foundation.org/5665>

²³ SCHIPKE, Jochen D., Malte KELM, Klaus SIEGMUND, Thomas MUTH, Burkhard SIEVERS a Stephan STEINER. “Lung packing” in breath hold-diving: An impressive case of pulmo–cardiac interaction. *Respiratory Medicine Case Reports* [online]. 2015, 16, 120-121 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1016/j.rmcr.2015.09.007. ISSN 22130071. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213007115300381>

2.3.3. Hold breath

Následující dechovou technikou využitou v tomto výzkumu je technika zadržetí dechu (hold breath). Rozdíl oproti technice lung packing a Valsalvův manévr spočívá v tom, že během excentrické fáze nevydechujeme ani proti zavřené hlasivkové šterbině, ale výdech a následně nádech provádíme až po dokončení koncentrické fáze. Další rozdíl spočívá v tom, že před začátkem excentrické fáze provádíme pouze jeden hluboký nádech a nedochází zde k „polykání“ vzduchu jako při technice lung packing. Neexistuje mnoho studií, které by byly zaměřeny na tuto techniku, protože většina studií se zabývá podobnou technikou – Valsalvův manévr. Většinou je tato technika označována za nevhodnou, díky tomu, že vede ke zvýšení krevního tlaku a tepové frekvence stejně jako Valsalvův manévr. Avšak když porovnáme Valsalvův manévr a techniku hold breath zjistíme, že nárůst systolického tlaku oproti běžné klidové hodnotě během techniky Valsalvův manévr je 190 % a nárůst diastolického 150 %²⁴, zatímco nárůst během techniky hold breath je 89,8 % u systolického tlaku a 88,1 % u diastolického tlaku. Z čehož vyplývá, že technika hold breath méně zatěžuje kardiovaskulární systém než technika Valsalvův manévr²⁵.

2.3.4. Obrácené dýchání

Původní teorie, která hovořila pro aplikaci obráceného dýchání během cvičení, byla taková, že obrácené dýchání by mělo snížit krevní tlak a tím pádem i riziko hypertenze během cvičení. Tato teorie byla podpořena několika studiemi, které dokázaly, že během koncentrické fáze pohybu krevní tlak roste^{24,26}. Dále Linsenbardt, Thomas a Madsen ve svém výzkumu z roku 1992 uvádí: „Výdech snižuje nitrohruční tlak a tím pádem i srdeční zatížení, což by mohlo

²⁴ MACDOUGALL, J. D., D. TUXEN, D. G. SALE, J. R. MOROZ a J. R. SUTTON. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1985, 58(3), 785-790 [cit. 2018-08-13]. DOI: 10.1152/jappl.1985.58.3.785. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1985.58.3.785>

²⁵ LEPLEY, Adam S a Brian M HATZEL. Effects of Weightlifting and Breathing Technique on Blood Pressure and Heart Rate. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, 24(8), 2179-2183 [cit. 2018-08-13]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e2741d. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201008000-00029>

²⁶ MILES, D. S., J. J. OWENS, J. E. GOLDEN, R. W. GOTSHALL a R. L. POHLMAN. CENTRAL AND PERIPHERAL HEMODYNAMICS DURING LEG EXTENSION EXERCISE. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1986, 18(supplement), S59- [cit. 2018-08-17]. DOI: 10.1249/00005768-198604001-00293. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-198604001-00293>

*pomoci tlumit nárůst krevního tlaku, který vzniká během cvičení.*¹⁷ Kombinace těchto dvou faktorů, tedy koncentrická fáze s nádechem, by za těchto předpokladů mohla vést k nižším hodnotám krevního tlaku. Výsledkem tohoto výzkumu však nakonec bylo, že rozdíly mezi technikami, kdy vydechujeme či se nadechujeme během koncentrické fáze, jsou nepodstatné. Tato technika se mezi sportovci nepoužívá také proto, že je méně účinná, než nádech během excentrické fáze pohybu a následný Valsalvův manévr, který vyvolává zvýšení nitrobřišního tlaku²⁷. Což následně vede k lepší aktivaci hlubokého stabilizačního systému a nárůstu produkce síly.

2.4. Kritický úsek zdvihu (sticking region)

V roce 1984 Nels Madsen a Thomas McLaughlin provedli studii, ve které zaznamenali u všech 36 z 36 testovaných subjektů bod, ve kterém vertikální rychlost a akcelerace osy při BP dosáhla svého lokálního minima, tzn. v průběhu zdvihu výrazně zpomalila či úplně zastavila. Tento bod pojmenovali „sticking point“²⁸.

Olav Gomo a Roland Van Den Tillaar ve svém článku z roku 2016 uvádí: „*Wilson a Kerr (1989) také našli sticking point, ale místo názvu sticking point použili název sticking region, který určili jako část zdvihu od nejvyšší rychlosti (T_{vmax}) do bodu s nejmenší rychlostí (T_{vmin}). Tato definice se zdála jako víc použitelná při analýze bench-pressu, protože zde existuje určitý časový úsek zdvihu, ve kterém je tlaková síla vyvinutá sportovcem menší než gravitační síla působící na osu, tím pádem pozorujeme spíše kritickou oblast než jednotlivý bod.*“²⁹

²⁷ HACKETT, Daniel A. a Chin-Moi CHOW. The Valsalva Maneuver. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2013, 27(8), 2338-2345 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31827de07d. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201308000-00039>

²⁸ MADSEN, NELS a THOMAS MCLAUGHLIN. Kinematic factors influencing performance and injury risk in the bench press exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1984, 16(4), 376-381. [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1249/00005768-198408000-00010. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-198408000-00010>.

²⁹ GOMO, Olav a Roland VAN DEN TILLAAR. The effects of grip width on sticking region in bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2015, 34(3), 232-238 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1080/02640414.2015.1046395. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1046395>

2.4.1. Důvod existence kritického úseku zdvihu

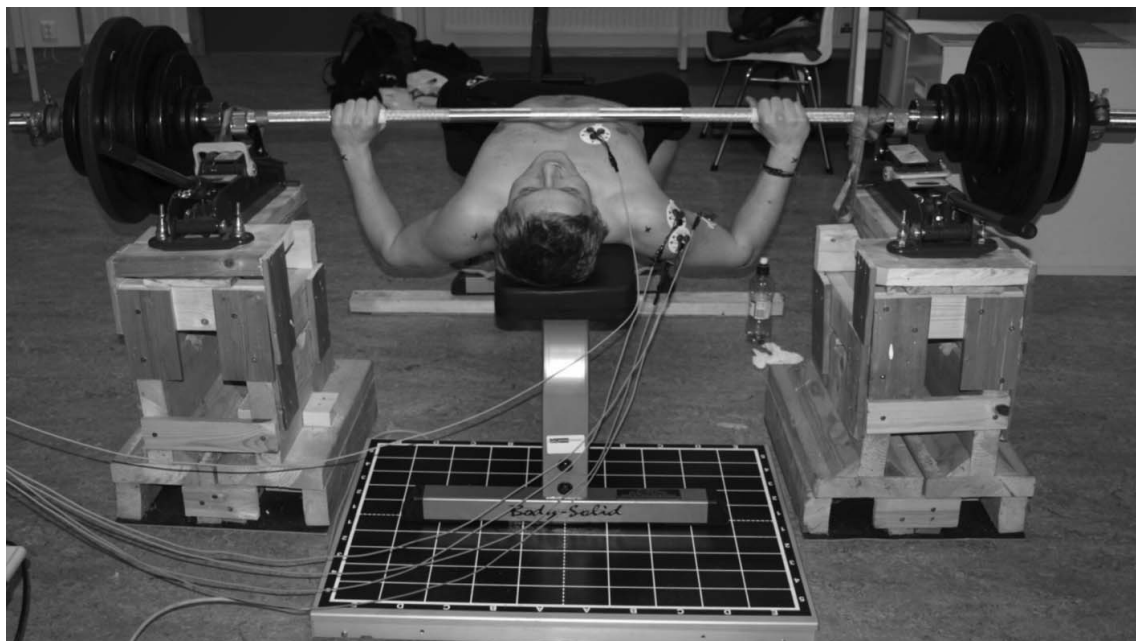
Důvod existence kritického úseku není dodnes úplně jasný. Nicméně existují ale dvě základní hypotézy.

První z těchto hypotéz předpokládá, že kritický úsek je úsek, kdy svaly pracují v nevýhodné pozici z hlediska jejich délky a momentu síly²⁸. Tuto hypotézu vyvrátili Elliott, Wilson a Kerr, kteří dospěli k závěru, že moment síly je výhodnější v kritické oblasti než v předchozí části (pre-sticking region) zdvihu a méně výhodný než v následující fázi (post-sticking region)³⁰.

Druhá hypotéza tvrdí, že sticking region je způsoben sníženým nervovým potenciálem svalů po předchozí excentrické fázi pohybu. Když osa přechází z jednoho směru pohybu do druhého, svaly se dostanou do určité fáze silové relaxace a následně musí opět začít pracovat, což s sebou přináší jisté zpoždění v nervové reakci. Osa se dostane do určité výšky za využití elasticity svalů a poté zpomalí, či zastaví, než opět dojde k plné aktivaci svalů, které pomohou překonat kritický úsek³¹. Tuto hypotézu se neúspěšně snažili ověřit další studií Van Den Tillaar a Ettem v roce 2012. Testovali kritický úsek při izometrickém BP, aby eliminovali SSC (strech-shortening cycle neboli protahovací – zkracovací cyklus). Měření probíhalo pomocí elektromyografu, který zaznamenával aktivitu zapojených svalů při izometrických kontrakcích s fixovanou zátěží 150 % 1RM tak, aby subjekt nemohl břemeno zvednout. Dále měřili sílu, kterou sportovec tlačí do osy, pomocí tlakové desky, jež byla umístěna pod zadní částí lavičky. Toto prováděli od spodní pozice zdvihu (osa na hrudníku) a zvyšovali vzdálenost osy od hrudníku s každým pokusem o 3 cm do té doby, než se dostala do nejvyšší úrovně zdvihu (propnuté lokty). Tak byly naměřeny údaje, které odpovídaly celé délce pohybu při BP. Tyto údaje následně porovnávali s výkonem 1RM při klasickém dynamickém provedení BP.

³⁰ ELLIOTT, BRUCE C., GREGORY J. WILSON a GRAHAM K. KERR. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1989, 21(4), 450-462. [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1249/00005768-198908000-00018. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-198908000-00018>

³¹ VAN DEN TILLAAR, Roland a Gertjan ETTEMA. The “sticking period” in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2010, 28(5), 529-535 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1080/02640411003628022. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640411003628022>



Obrázek 3 - Aranžmá výzkumu zaměřeného na kritický úsek při izometrickém BP³².

Výsledky EMG byly velice podobné u obou metod BP a u obou metod se také objevil kritický úsek, což poukazuje na to, že je nepravděpodobné, aby byl kritický úsek vyvolán poklesem nervového potenciálu způsobeného SSC. Proto je potřeba dalších výzkumů zaměřených na to, proč se při BP s téměř maximální či zcela maximální zátěží vyskytuje kritický úsek³².

³² VAN DEN TILLAAR, Roland, Atle Hole SÆTERBAKKEN a Gertjan ETTEMA. 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. 2018-08-14]. DOI: 10.1080/02640414.2012.658844. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2012.658844>

3. CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY

Hlavním cílem této práce je určit rozdíly v době a dráze potřebné k překonání kritické fáze pohybu v závislosti na použitém dechovém vzorci a velikosti zátěže během cvičení bench-pressu.

Různé dechové techniky by měly vykazovat různou kardiovaskulární odezvu, která se následně pozitivně či negativně promítne na kvalitě svalové práce, jenž určuje výkon v BP. Existuje několik výzkumů zkoumajících mnoho faktorů a jejich vliv na podobu kritického úseku během cvičení BP. Například Van Den Tillaar se zabývá tím, jaký má na kritickou fázi pohybu vliv úchop či míra volnosti provedení BP (volná osa, multipress, jednoruční činky)^{29,33}. Žádný z těchto výzkumů však neklade důraz na dechové techniky použité během zdvihu. V následujícím textu se proto zaměřím na 4 dechové techniky, které je možné použít během cvičení BP. Analyzuji data, jež byla nasbírána pomocí trojrozměrného záznamu pohybu, dále vyhodnotím dobu a dráhu excentrické i koncentrické fáze zdvihu, kritického úseku a jeho jednotlivých částí. Poté porovnáím tyto údaje s dalšími údaji, které byly naměřeny za použití jiné dechové techniky v rámci toho zkoumání a současně i s předchozími výzkumy zaměřenými na kritickou fázi pohybu.

Dalším cílem této práce je určit, při jaké zátěži a počtu opakování se vyskytuje kritická fáze. Výsledkem jedné z prací z roku 2010 Rolanda Van Den Tillaara bylo, že při zdvihání zátěže na BP při zátěži odpovídající 100 % 1RM došlo k selhání během zdvihu z důvodu poklesu rychlosti a akcelerace osy, kdy závodník nepřekonal kritickou fázi pohybu³¹.

³³ TILLAAR, Roland Van Den a Atle SÆTERBAKKEN. The Sticking Region in Three Chest-Press Exercises with Increasing Degrees of Freedom. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2012, 26(11), 2962-2969 [cit. 2018-08-12]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182443430. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201211000-00007>

Naopak, při cvičení se zátěží odpovídající 70 % 1RM a nižší, se kritická fáze pohybu neobjevuje³⁴. V následující práci očekávám, že potvrdím teorie vzniklé z těchto výzkumů a potvrdím či vyvrátím následující hypotézy:

H₁: Kritická fáze pohybu se vyskytuje při BP u maximálních i submaximálních odporech 1 RM, 4 RM, 8RM a 12 RM.

H₂: Změny v dechovém vzorci vyvolají změnu délky trvání či dráhy celého kritického úseku, nebo alespoň jeho jednotlivých částí během cvičení bench-pressu se zátěží o velikosti 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM.

³⁴ NEWTON, Robert U., Aron J. MURPHY, Brendan J. HUMPHRIES, Greg J. WILSON, William J. KRAEMER a Keijo HÄKKINEN. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 1997, 75(4), 333-342 [cit. 2018-08-07]. DOI: 10.1007/s004210050169. ISSN 1439-6319. Dostupné z: [Dhttp://link.springer.com/10.1007/s004210050169](http://link.springer.com/10.1007/s004210050169)

4. METODIKA PRÁCE

4.1. Popis výzkumného souboru

Probandi tvořící testovaný vzorek pro tento výzkum se skládali z 24 mužů ve věku 20-28 let, kteří měli předchozí zkušenosti s BP. Všichni testovaní jedinci se dříve aktivně věnovali nebo stále věnují posilování. Žádný z nich v průběhu testování netrpěl zdravotními obtížemi, jež by ho omezovaly ve výkonu v BP. Před samotným testováním byl udělen souhlas etické komise (číslo souhlasu: 146/2015) a celá studie probíhala za dodržování současných etických standardů pro výzkum ve sportu.

Tabulka 1 - Charakteristika výzkumného souboru, vlastní tvorba.

	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
Věk	20	28	23	2,4
Výška (cm)	172,5	192	181,3	5,24
Váha (kg)	66	100	84,53	9,25

4.2. Použité metody

Probandi cvičili podle daného protokolu, který byl náhodně rozdělen do dvou dnů. Mezi těmito částmi byl alespoň 2 dny odpočinek. Všichni testovaní jedinci byli upozorněni, aby se vyhnuli jakémukoliv tréninku, jenž zahrnuje zatížení svalů horní poloviny těla alespoň 2 dny před samotným testováním. Protokol zahrnoval pět dechových technik, které probandi prováděli randomizovaně. Jednalo se o techniky Valsalvův manévr (VM, dle kapitoly 2.3.1.), lung packing (PAC, dle kapitoly 2.3.2.), hold breath (HB, dle kapitoly 2.3.3.), obrácené dýchání (REVB, reverse breathing, dle kapitoly 2.3.4.). Poslední technikou byl rovný bench-press (FBP, flat bench press), při kterém bylo využito volní dýchání a zároveň byly zdviženy nohy do pozice pokrčit přednožmo.

Všechny dechové techniky byly prováděny za velikosti odporu 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM. U dechové techniky lung packing jsme vynechali zatížení 8 RM a 12 RM z důvodu náročnosti této techniky, která vyžaduje maximální soustředění. Při tomto počtu opakování by vzhledem

k délce série mohlo dojít k nedodržení techniky, ať už dechové či samotné techniky BP. Dále tato technika při delším trvání série (více než 4 opakování) způsobuje probandům značný diskomfort.

Měření probíhalo na rovné lavici s výškou 60 cm a rozměrem lehátka 110 x 25 cm, za účelem dosažení stabilní pozice nohou měl testovaný jedinec pod chodidly bloky o výšce 20 cm. Použitá osa byla Eleiko IPF Powerlifting competition bar o váze 20 kg. Maximální šířka úchopu byla stanovena na 81 cm, přičemž všichni probandi využili maximální šířku úchopu.

Účastníci výzkumu cvičili BP podle pravidel IPF, až na pravidlo o úplném zastavení na hrudníku. Bylo povoleno provedení touch and go (dotyk a zdvih), ale ne však odrážení osy od hrudníku. Po dobu všech měření byli v laboratoři přítomni mimo cvičícího alespoň dva lidé, kteří sloužili jako dopomoc v případě neúspěšného pokusu.

Po příchodu do sportovní laboratoře byl každý testovaný jedinec seznámen s postupem výzkumu. Následovalo zahřátí, které zahrnovalo zprvu krátké zahřívací cviky (panák, běh na místě), poté mobilizační cviky na horní polovinu těla, následně cvičení s gumovým expanderem po 10 opakováních (předpažování, upažování, tlak ve stoji od prsou do předpažení, přitahy ve stoji z předpažení do zapažení pokrčmo). Dále byly na probanda nalepeny elektrody pro elektromyografický (EMG) záznam a značky (markery) pro kinematický záznam. Elektromyografický záznam je však předmětem jiného zkoumání, kterým se tato práce nezabývá. Kůže pod značkami byla hladce oholena a odmaštěna tak, aby značky držely na svém místě. Před samotným měřením proběhl test MVIC (maximal voluntary isometric contraction) na EMG, tedy test maximální volní izometrické kontrakce a také test 3 maximálních výdechů, při kterých byl měřen tlak v ústní dutině.

Následovalo rozcvičení s osou, které probíhalo podle tohoto protokolu: První rozcvičovací série pouze s osou o libovolném počtu opakování. Druhá rozcvičovací série byla se zátěží 40 % 1 RM po 8 opakováních. Třetí se 70 % 1 RM po 5 opakováních. Rozcvičení bylo záměrně krátké, aby se předešlo vyčerpání energetických zásob a následnému zkreslení maximálních výkonů. Současně při rozcvičovacích sériích probíhal i nácvik obtížnějších dechových technik (obrácené dýchání, lung packing). Mezi každou rozcvičovací sérií byl dodržen interval odpočinku alespoň jedné minuty. Po dokončení tohoto protokolu následovala pauza v délce trvání 3 minut.

Samotné měření začínalo vždy dechovou technikou Valsalvův manévr (VM). Pokud subjekt neměl naměřenou zátěž pro jedno opakovací maximum, které naměřil nejdéle jeden týden před účastí ve výzkumu, byla tato zátěž určena na základě předpokladu, jenž určil proband. Následující pokusy už byly měřeny, nicméně zátěž byla snížena, pokud došlo k selhání nebo naopak zvýšena, pokud pokus byl příliš rychlý na to, aby se jednalo o 1 RM. Při určování 1 RM byla samozřejmě brána v potaz i zpětná vazba od cvičence. Mezi každým pokusem byl dodržen odpočinek alespoň 3 minuty. Každý pokus, který nebyl adekvátní 1 RM byl smazán a nebyl v následujícím výzkumu použit.

Po stanovení 1 RM u dechové techniky VM byly také stanoveny předpokládané maximální zátěže pro ostatní dechové techniky, které opět byly v případě potřeby upraveny stejným způsobem viz výše. Předpoklad pro ostatní dechové techniky byl určen jako procentuální část 1 RM při VM, přičemž 1 RM u techniky lung packing odpovídala 80-85 %, u techniky hold breath 90 %, obrácené dýchání 75-% a volní dýchání 95 %.

Zátěže pro ostatní počty opakování byly určeny následujícím způsobem: 4 RM se rovná 90 % 1 RM, 8 RM se rovná 80 % a 12 RM je rovno 70 % 1 RM.

Posloupnost jednotlivých dechových technik a velikosti zátěží byla dána náhodně, avšak probandi cvičící v jeden den cvičili vždy stejný protokol. Všeobecným pravidlem bylo, že se postupuje od větší zátěže k menší.

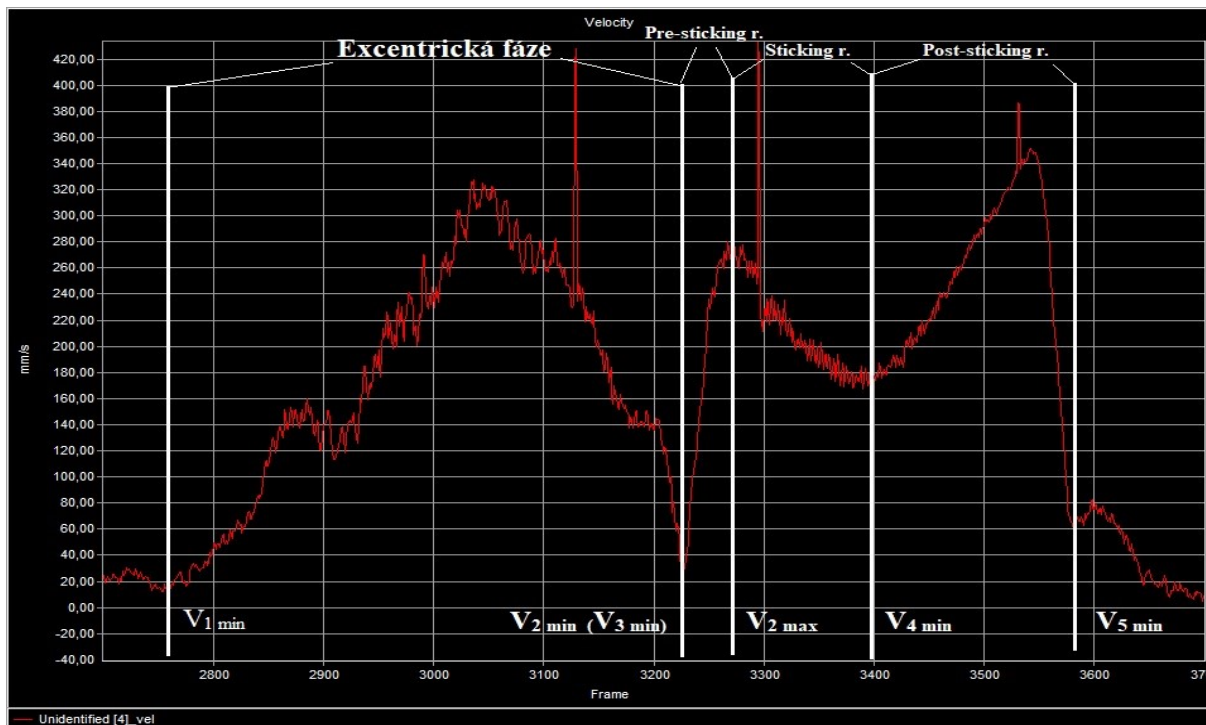
Interval odpočinku mezi sériemi byl nastaven na 3–5 minut v závislosti na subjektivním pocitu testovaného jedince.

4.3. Sběr dat

K získání dat v rámci tohoto výzkumu byl použit systém pro trojrozměrný záznam pohybu (Qualisys, Švédsko). Pohyb byl zaznamenávám na 9 kamer nastavených na frekvenci snímání 200 Hz, z čehož 8 z nich sloužilo k zaznamenání pohybu markerů umístěných na testovaném subjektu. Jedna kamera natáčela videozáznam, který sloužil k případnému zorientování se v tom, co se zrovna dělo v rámci jednoho měření, pokud to nebylo jasné přímo z pohybu markerů.

Markery byly rozmístěny následujícím způsobem: tři markery na ose (1 uprostřed, 2 na obou krajích osy), jeden marker byl umístěn na probandovo horní polovině sterna, tak aby se v dolní pozici pohybu nedotýkal prostředního markeru na ose. Dále 9 markerů bylo rozmístěno na paži ve formě dvou shluků po čtyřech na dvou clusterech, 1 cluster na nadloktí, 1 cluster na předloktí a 1 marker samostatně na olecranonu.

Po naměření všech potřebných dat jsem dále pracoval s rychlostí a dráhou prostředního markeru na ose tak, že jsem analyzoval jeho rychlostní křivku, na ní určil jednotlivé části zdvihu a zaznamenal jejich čas v rámci jednoho měření. Poté jsem v těchto bodech také zaznamenával dosavadní dráhu osy v mm, podle kterých jsem následně vypočítal dráhu v mm jednotlivých částí zdvihu. Excentrickou fázi pohybu jsem zpracoval jako jeden celek a analyzoval jsem zde horní část zdvihu neboli bod, kdy se osa dala do pohybu směrem dolů – $V_{1 \min}$ (začátek) a druhou nejnižší zaznamenanou rychlost – $V_{2 \min}$ (konec). Zatímco koncentrickou fázi jsem rozdělil do několika částí podle jednotlivých bodů rychlosti v rámci zdvihu. Začátek koncentrické fáze byl v místě s nejnižší rychlostí předtím, než se osa poprvé začala pohybovat směrem nahoru – $V_{3 \min}$. Další bod jsem zaznamenal ve chvíli druhé nejvyšší rychlosti osy – $V_{2 \max}$, následující bod v místě čtvrté nejnižší rychlosti – $V_{4 \min}$. Rozmezí mezi $V_{3 \min}$ a $V_{2 \max}$ nazýváme pre-sticking region. Rozmezí mezi $V_{2 \max}$ a $V_{4 \min}$ tvoří sticking region. A nakonec rozmezí mezi $V_{4 \min}$ a pátou zaznamenanou nejnižší rychlostí – $V_{5 \min}$ je post-sticking region. U všech těchto veličin jsem zaznamenal jejich čas (t) a dráhu (s). Pro snadnější pochopení přikládám obrázek (Obrázek 4).



Obrázek 4 - Typický průběh jednoho opakování s rozdělením do 4 částí podle grafu rychlosti osy, vlastní tvorba.

Dále jsem zaznamenával údaje o času a rychlosti do tabulky v programu Excel (Tabulka 2).

Tabulka 2 - Záznam koncentrické fáze pohybu, vlastní tvorba.

Koncentrická

Doba (s)		
dolní fáze	horní fáze	doba fáze
4,79	7,54	2,75
Sticking region		
začátek	konec	doba SR
4,95	6,27	1,32
Pre-Sticking	Post-Sticking	
0,16	1,27	

Dráha (mm)		
dolní fáze	horní fáze	dráha koncent.
700,16	1129,13	428,97
Sticking region		
začátek	konec	dráha SR
720,23	907,37	187,14
Pre-Sticking	Post-Sticking	
20,07	221,76	

Výsledné časy jednotlivých částí zdvihu byly vypočteny následovně:

- a) doba excentrické fáze – $t_{exc} = tV_{2 \min} - tV_{1 \min}$
- b) doba koncentrické fáze – $t_{kon} = tV_{5 \min} - tV_{3 \min}$
- c) doba pre-sticking region – $t_{prsr} = tV_{2 \max} - tV_{3 \min}$
- d) doba sticking region – $t_{sr} = tV_{4 \min} - tV_{2 \max}$
- e) doba post-sticking region – $t_{posr} = tV_{5 \min} - tV_{4 \min}$

Výsledné dráhy byly vypočteny stejným způsobem, ale místo času jsem zaznamenával dráhy jednotlivých částí v mm.

Pro každý jeden testovaný subjekt, dechovou techniku a jeden rozsah opakování (jedno celé měření) jsem udělal samostatný soubor v programu Excel se záznamy a výpočty.

4.4. Analýza dat

Jednotlivé tabulky byly následně sloučeny podle rozsahu opakování a dále byly porovnány rozdílly mezi různými dechovými technikami. Pro statistickou analýzu naměřených dat byla použita jednofaktorová (pro 1 RM) a dvoufaktorová (pro 4 RM) analýza rozptylu (ANOVA). Pro tyto analýzy byl použit software STATISTICA verze 13.4.0 (TIBCO Software Inc., USA). Kritická hodnota signifikance byla nastavena na $p \leq 0,05$. Všechny výsledky jsou uvedeny s \pm hodnotou směrodatné odchylky.

5. VÝSLEDKY

5.1. Výskyt kritické fáze pohybu

Kritická fáze pohybu se vyskytovala v rámci tohoto experimentu u zátěží 1 RM a 4 RM, kdy 100 % měření vykazovalo výskyt kritické fáze pohybu.

Dále bylo dosaženo závěru, že při zátěži 8 RM se kritická fáze pohybu nevyskytuje. Pouze u 43 z 96 měření (44,8 %) se byla pozorována kritická fáze pohybu, která často ani nebyla dostatečně výrazná, aby u ní mohlo dojít k další rozsáhlejší analýze.

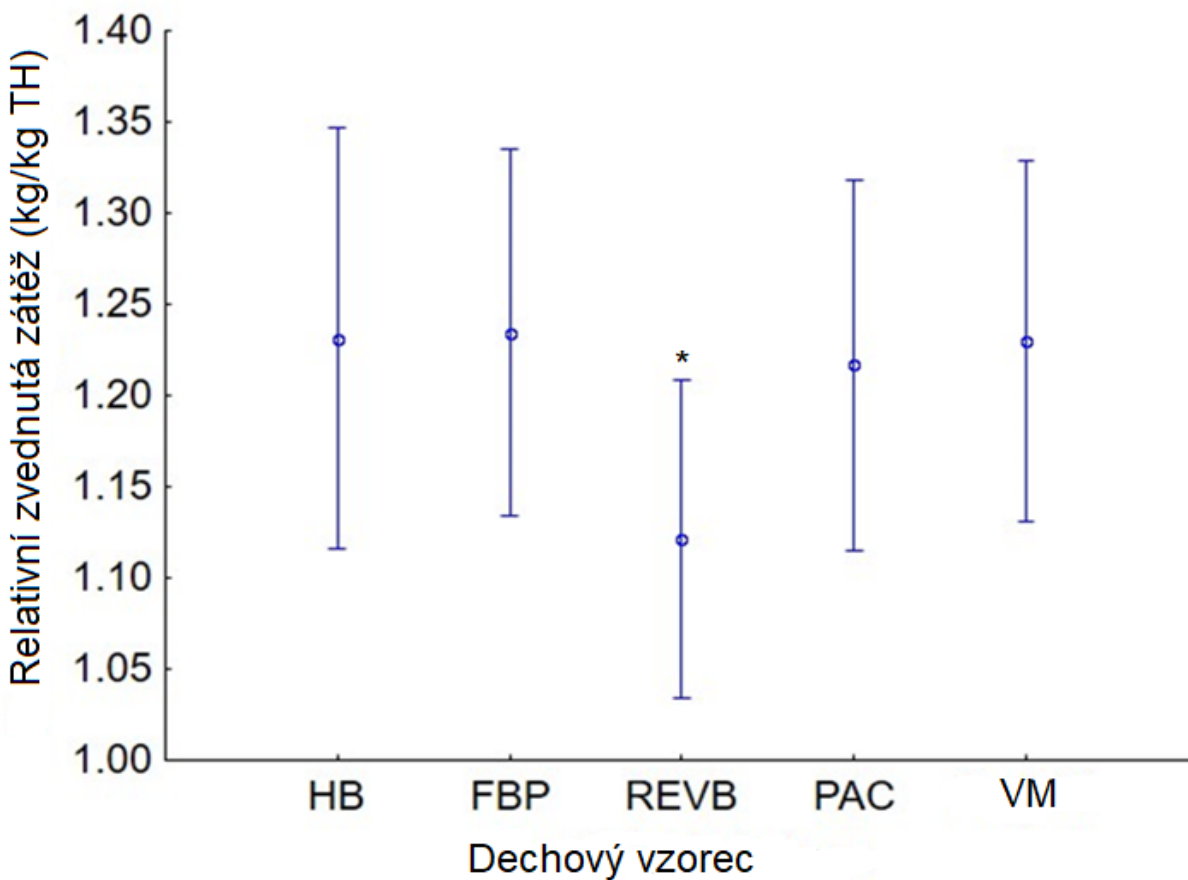
Při zátěži 12 RM bylo výsledné zjištění podobné jako u zátěže 8 RM. U 28 z 96 měření (29,2 %) byla nalezena kritická fáze pohybu, což znamená, že tato fáze se nevyskytuje ani u zátěže 12 RM.

Hypotéza H_1 tedy byla potvrzena jen částečně – kritická fáze pohybu se vyskytuje pouze u velikosti odporu 1 RM a 4 RM, nikoliv u 8 RM a 12 RM.

5.2. Zátěž 1 RM

Průměrná absolutní zvedaná zátěž pro techniku FBP byla $106,4 \pm 22,6$ kg, pro VM $105,6 \pm 22,2$ kg, HB $105,2 \pm 23,3$ kg, pro PAC $104,5 \pm 22$ kg a pro REVB $96,8 \pm 20$ kg.

Relativní zvednutá zátěž (kg na 1 kg tělesné hmotnosti) byla průměrně pro techniku FBP $1,25 \pm 0,2$, pro VM $1,24 \pm 0,19$, HB $1,24 \pm 0,22$, PAC $1,23 \pm 0,2$ a pro REVB $1,14 \pm 0,17$.



Graf 1 – Srovnání průměrné relativní zvednuté zátěže v závislosti na dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.

ANOVA analýza ukázala, že statisticky významně nižší byla relativní zvedaná zátěž pouze u dechového vzorce REVB ($F_{4, 68}=23, p<0,001$).

Následující tabulky 3-12 vyjadřují průměr a směrodatnou odchylku v rámci měření doby trvání a dráhy sticking regionu.

Tabulka 3 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.

Doba 1 RM za použití VM (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,77	0,34
Koncentrická fáze	3,23	1,14
Pre-sticking region	0,26	0,11
Sticking region	1,89	1,06
Post-sticking region	1,08	0,36

Tabulka 4 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.

Dráha 1 RM za použití VM (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	415,68	30,16
Koncentrická fáze	471,04	35,76
Pre-sticking region	48,16	21,34
Sticking region	229,23	68,62
Post-sticking region	192,81	73,3

Tabulka 5 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.

Doba 1 RM za použití REVB (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	2,12	0,51
Koncentrická fáze	3,88	1,85
Pre-sticking region	0,28	0,09
Sticking region	2,34	1,57
Post-sticking region	1,26	0,59

Tabulka 6 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.

Dráha 1 RM za použití REVB (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	434,08	40,5
Koncentrická fáze	530,33	81,94
Pre-sticking region	53,18	20,72
Sticking region	253,99	87,48
Post-sticking region	223,16	84,61

Tabulka 7 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.

Doba 1 RM za použití HB (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,91	0,23
Koncentrická fáze	3,95	1,61
Pre-sticking region	0,25	0,1
Sticking region	2,63	1,68
Post-sticking region	1,08	0,42

Tabulka 8 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.

Dráha 1 RM za použití HB (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	421,25	31,43
Koncentrická fáze	466,3	49,98
Pre-sticking region	50,48	19,72
Sticking region	194,49	201,42
Post-sticking region	215,23	192,68

Tabulka 9 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.

Doba 1 RM za použití PAC (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,94	0,37
Koncentrická fáze	4,26	2,16
Pre-sticking region	0,22	0,09
Sticking region	2,75	1,1
Post-sticking region	1,29	1,8

Tabulka 10 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.

Dráha 1 RM za použití PAC (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	420,78	29,78
Koncentrická fáze	461,28	42,59
Pre-sticking region	41,26	16,02
Sticking region	275,88	69,97
Post-sticking region	144,14	54,75

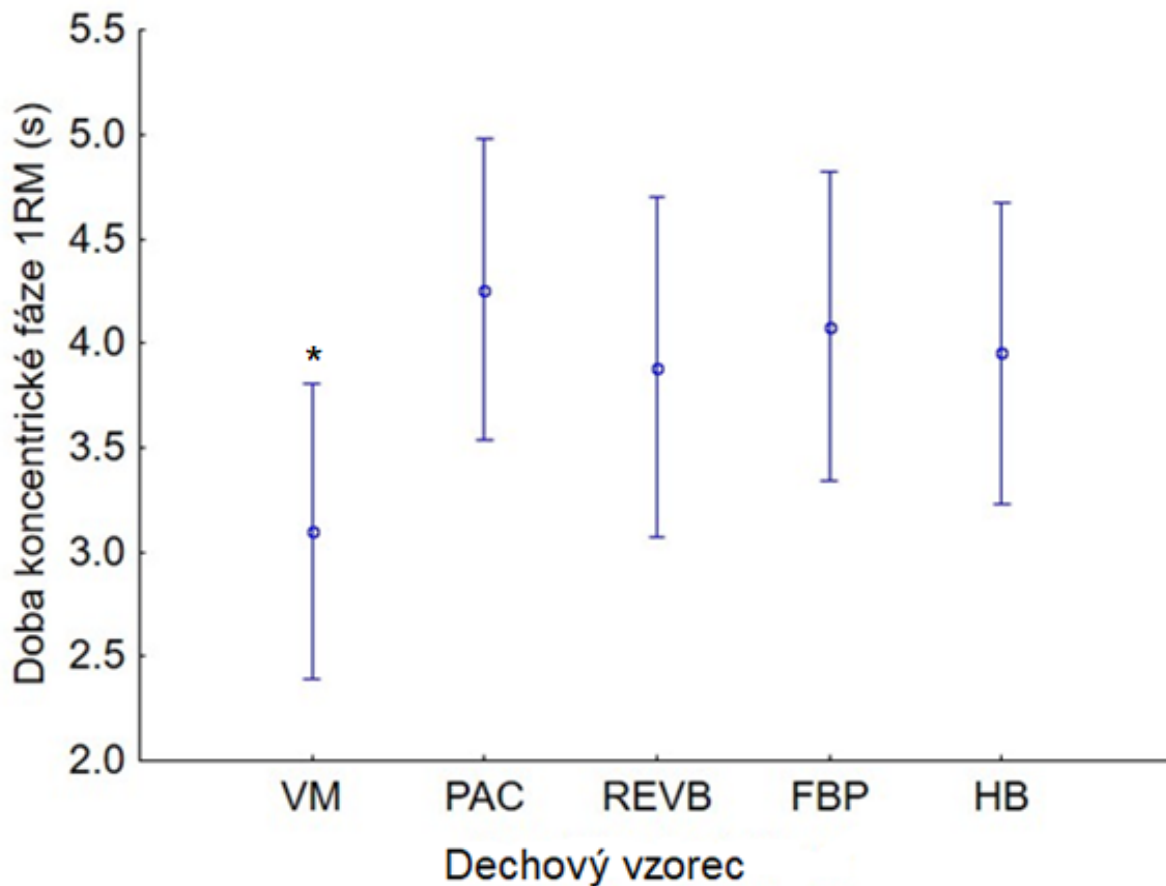
Tabulka 11 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.

Doba 1 RM za použití FBP (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,89	0,32
Koncentrická fáze	4,08	1,52
Pre-sticking region	0,25	0,08
Sticking region	2,77	1,55
Post-sticking region	1,06	0,39

Tabulka 12 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.

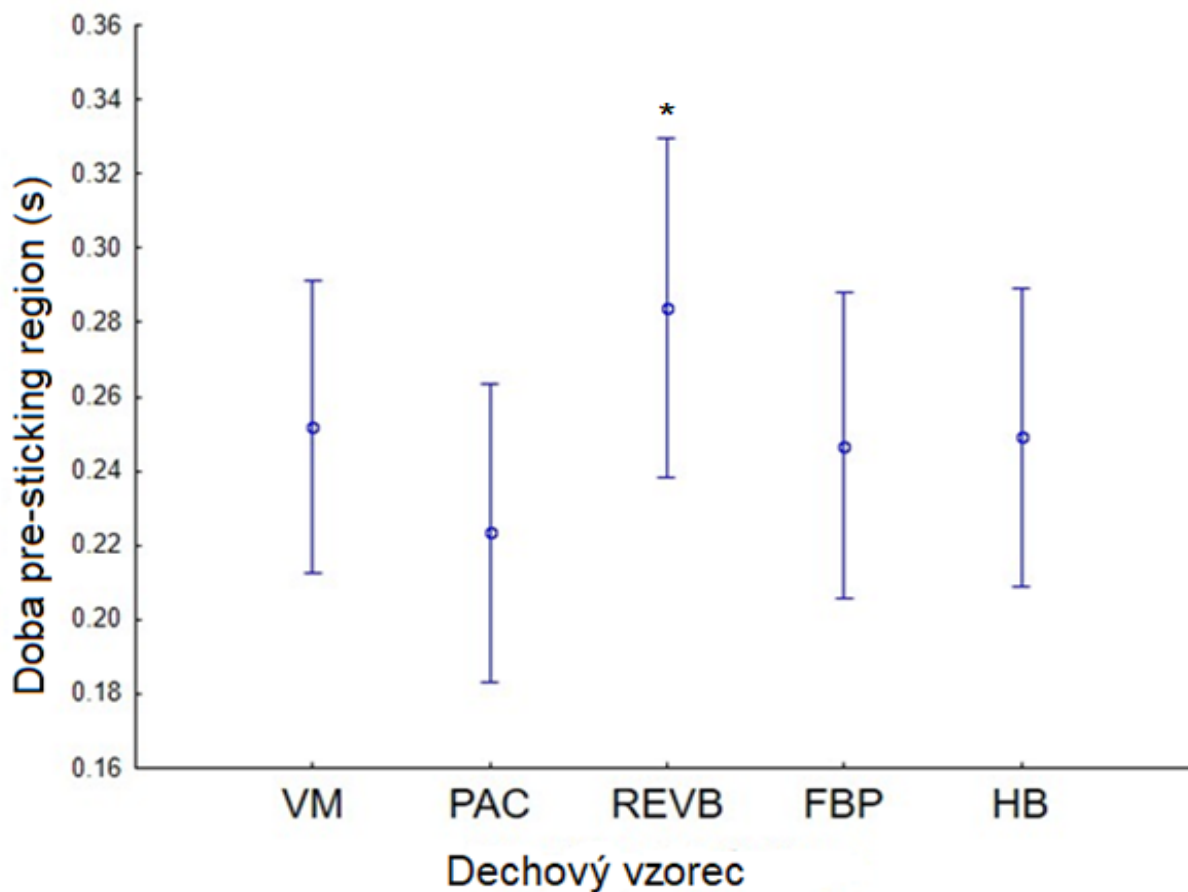
Dráha 1 RM za použití FBP (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	431,17	28,8
Koncentrická fáze	501,37	72,53
Pre-sticking region	49,34	16,59
Sticking region	270,17	80,26
Post-sticking region	180,69	82,1

V následujících grafech 2-7 srovnávám jednotlivé dechové techniky a části zdvihu mezi sebou.



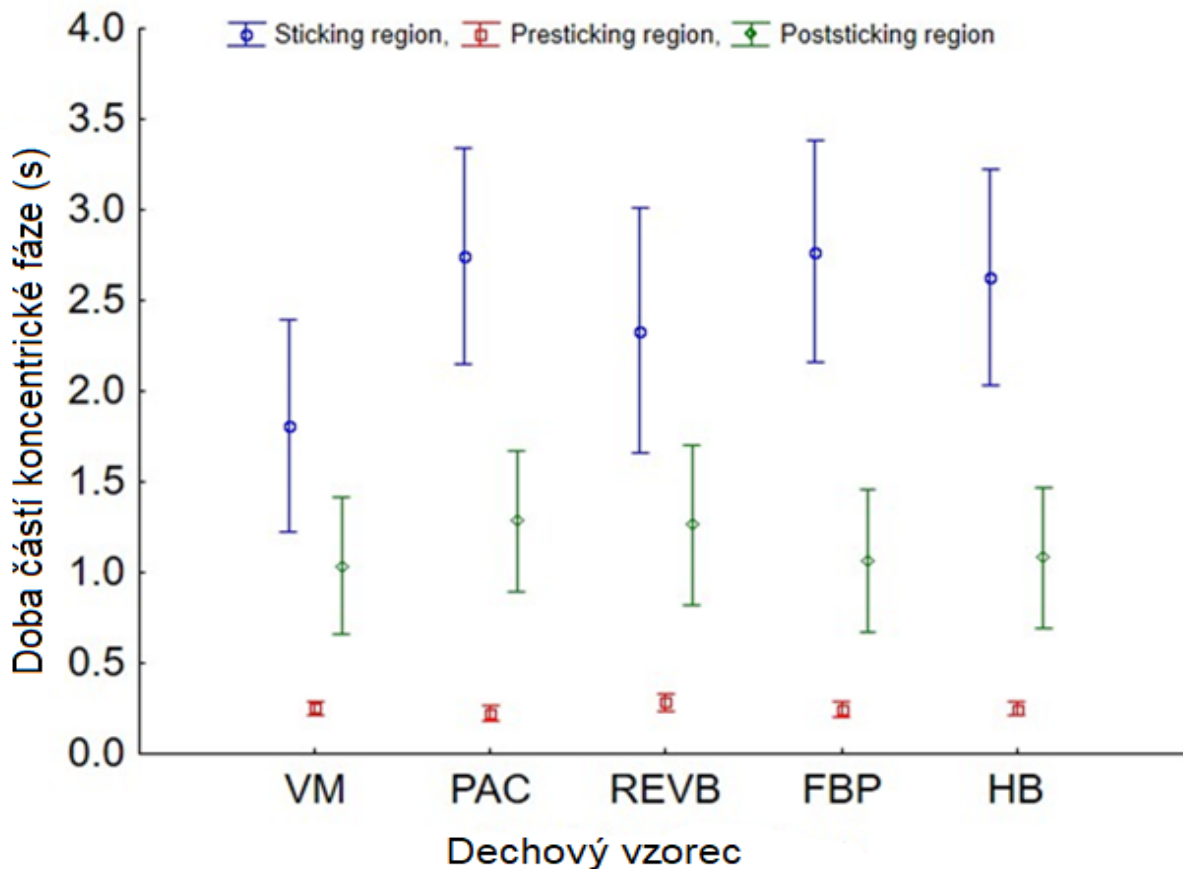
Graf 2 - Srovnání doby koncentrické fáze v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.

Dechový vzorec VM umožnil kratší dobu koncentrické fáze zdvihu v porovnání s ostatními dechovými technikami ($F_{4, 105}=1.5450$, $p=0.0458$), i přesto, že zdvihaná zátěž byla v průměru nejvyšší.



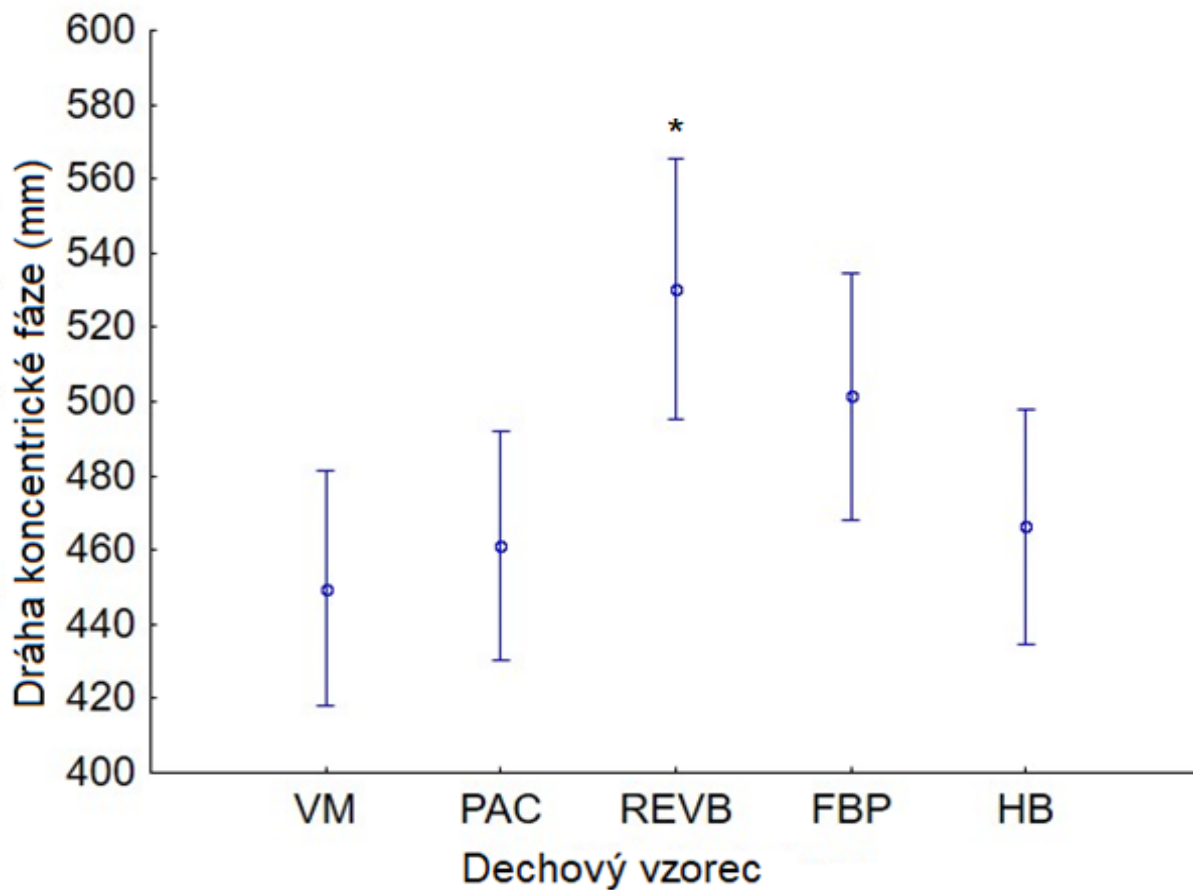
Graf 3 - Porovnání doby pre-sticking region v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.

Doba pre-sticking region se v zásadě nelišila mezi jednotlivými dechovými vzorci. Jediná dechová technika, která vykazovala rozdílné hodnoty je obrácené dýchání (REVB), která mělo za následek delší dobu nástupu kritické fáze pohybu ($F_{4, 105}=0.98250$, $p=0.042044$).



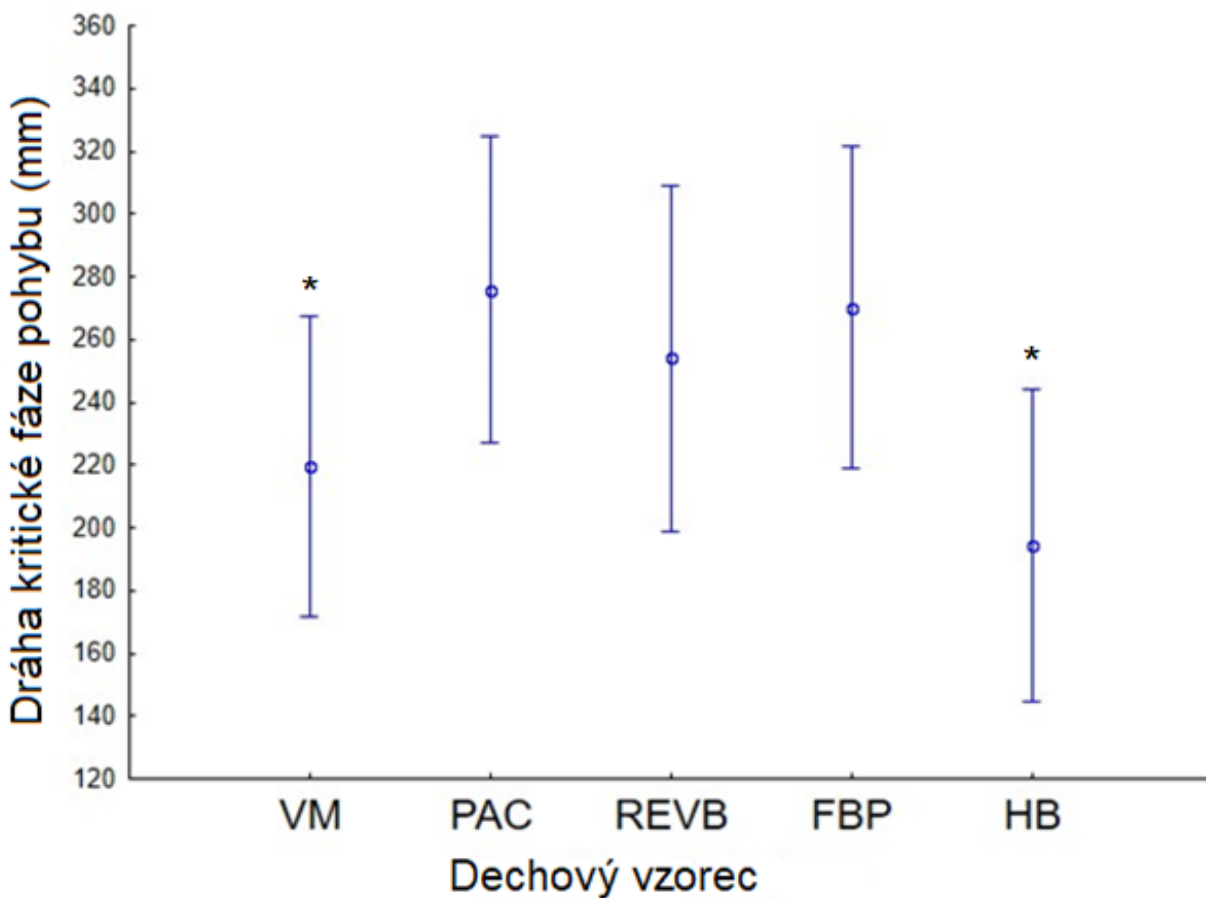
Graf 4 - Porovnání celé koncentrické fáze v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath,, vlastní tvorba.

Na tomto grafu můžeme vidět, že dechové techniky VM a FBP mírně snížily dobu post-sticking regionu, tj. po kritické fázi pohybu do ukončení zdvihu ($F_{12, 272.8}=1.0069$, $p=.044265$). Dále technika VM umožnila kratší dobu trvání samotné kritické fáze pohybu, což se ale dle ANOVA neprojevilo jako signifikantní ($F_{4, 105}=1.7967$, $p=0.13498$).



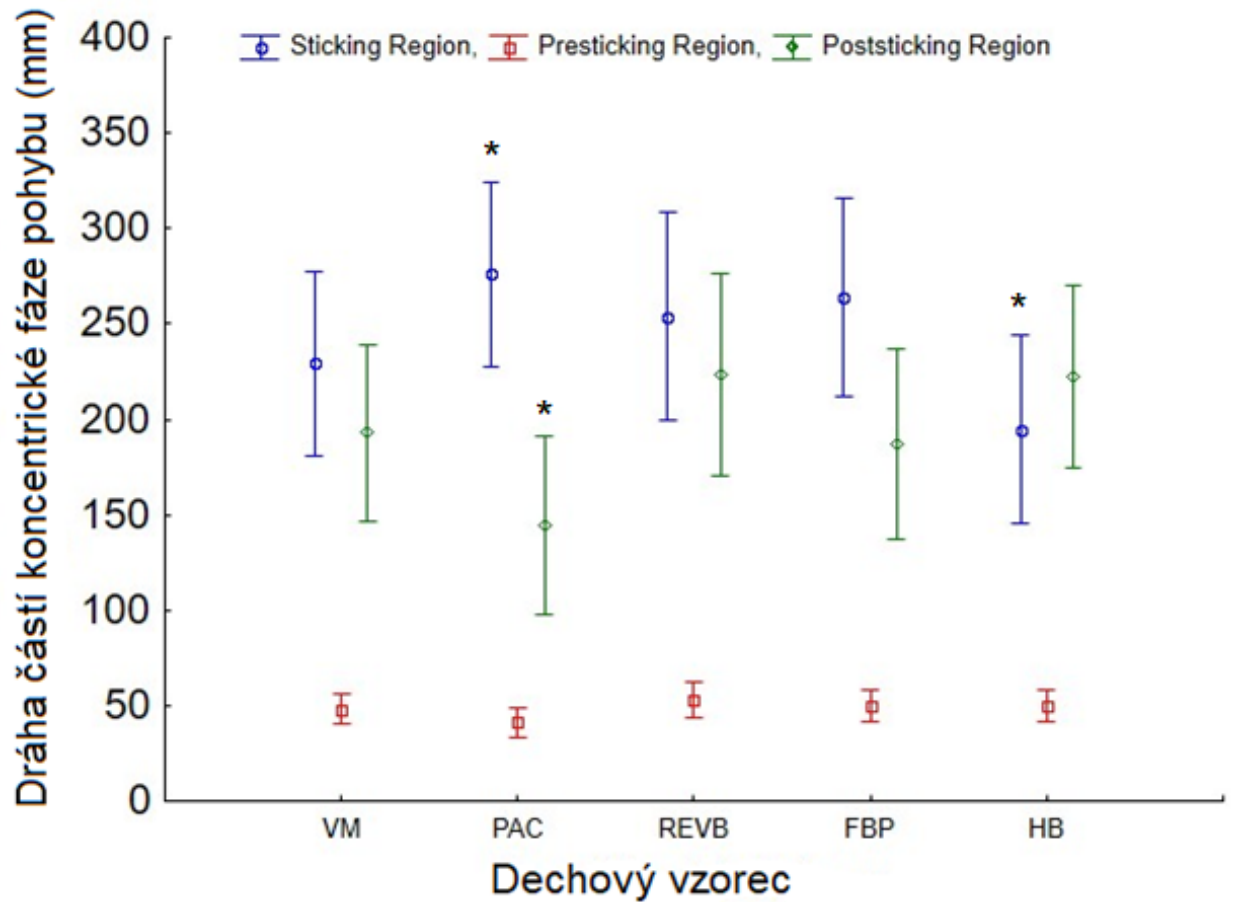
Graf 5 - Porovnání dráhy koncentrické fáze pohybu v závislosti na použité dechové technice. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.

Dechový vzorec REVB měl za následek znatelně delší dráhu koncentrické fáze pohybu než vzorce VM, PAC a HB ($F_{4, 100}=3.8816$, $p=0.00567$).



Graf 6 - Porovnání dráhy kritické fáze pohybu v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.

Velikost dráhy kritické fáze pohybu byla značně kratší u dechového vzorce HB a VM ($F_{4, 103}=1.9223$, $p=0.01229$).



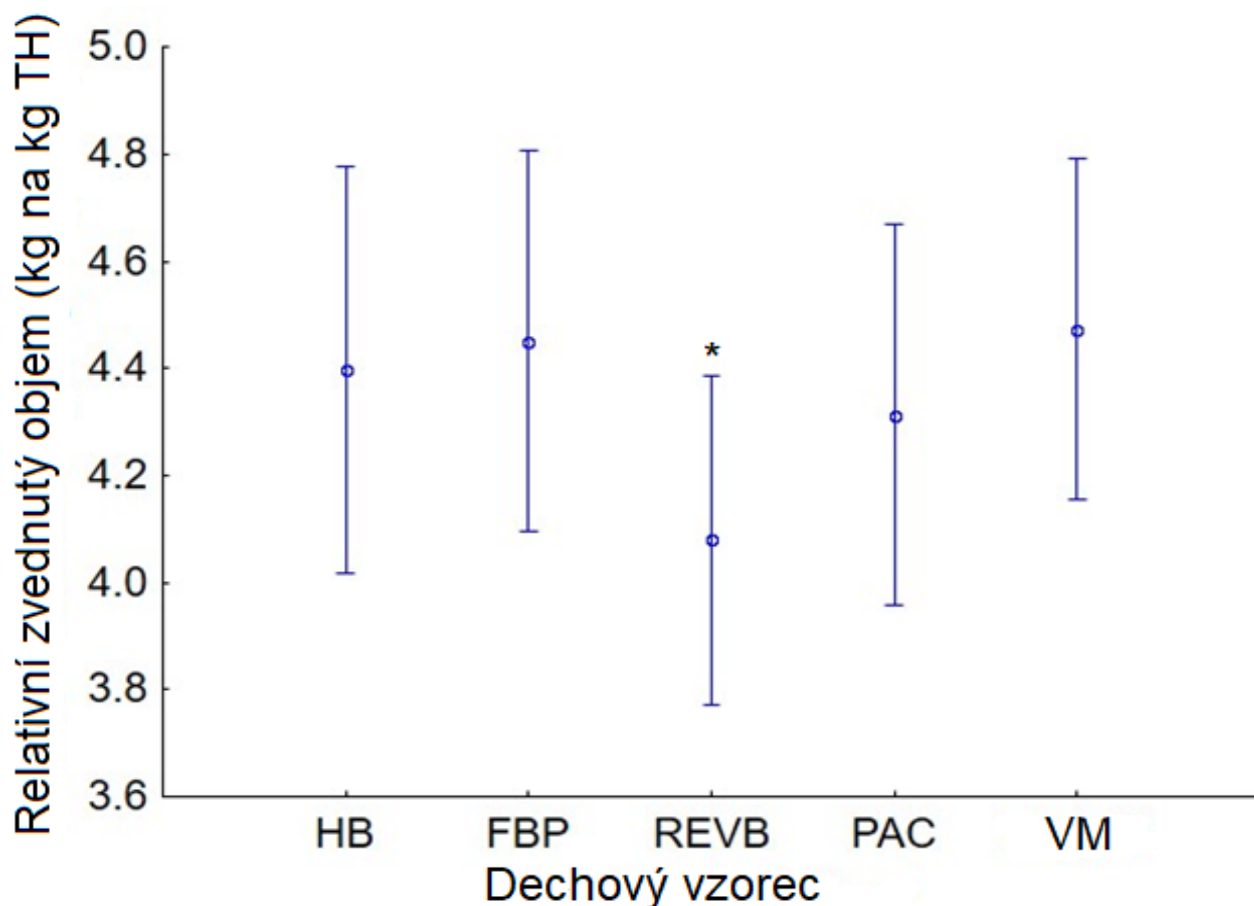
Graf 7- Porovnání jednotlivých částí kritické fáze pohybu v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.

Dechový vzorec PAC měl za následek nejdelší dráhu kritické fáze pohybu, navzdory tomu, že celková dráha koncentrické fáze pohybu byla druhá nejkratší, to současně způsobilo nejkratší dobu post-sticking region. Dechový vzorec HB naopak vedl k nejkratší dráze kritické fáze pohybu ($F_{12, 262.22}=2.2580, p=0.00982$).

5.3. Zátěž 4 RM

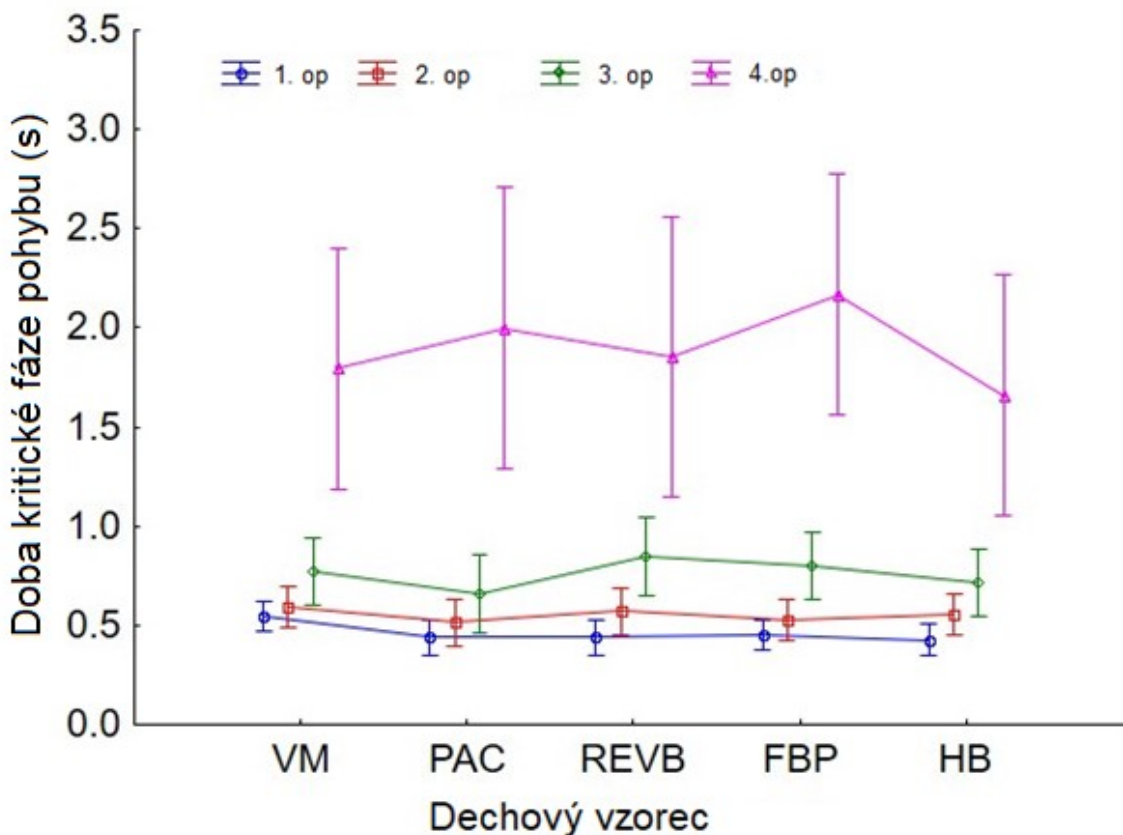
Průměrná absolutní zvedaná zátěž na 4 opakování byla u techniky FBP $93,1 \pm 21$ kg, u vzorce VM byla $93,4 \pm 20,3$ kg, u techniky HB $91,8 \pm 21,4$ kg, u PAC 90 ± 21 kg a u vzorce REVB $85,4 \pm 18,3$ kg.

Průměrný relativní objem série (kg na 1 kg tělesné hmotnosti) s odporem 4 RM byl u techniky FBP $4,38 \pm 0,75$, u VM $4,40 \pm 0,67$, HB $4,32 \pm 0,77$, u PAC $4,31 \pm 0,68$ a u techniky REVB $4,02 \pm 0,62$.



Graf 8 – průměrný relativní zdvihnutý objem v rámci jedné série 4 RM v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.

ANOVA analýza prokázala, že statisticky významně nižší relativní zdvihnutý objem, pro jednu sérii BP proti odporu o velikosti 4RM, se objevil u dechové techniky REVB ($F_{4, 68}=13.291$, $p<0.001$).



Graf 9 - Porovnání doby trvání kritické fáze pohybu u zátěže 4 RM v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, vlastní tvorba.

Na tomto grafu můžeme vidět, že u velikosti zátěže 4 RM doba potřebná pro překonání kritické fáze pohybu mírně narůstala mezi opakováními 1-3 a následně výrazně stoupla u posledního opakování ($F_{3, 186}=85.930$, $p<0.001$). Opakování 1-3 vykazovaly velmi krátkou dobu trvání kritické fáze pohybu, která je k dalšímu zkoumání nevhodná.

Z toho důvodu se v následujícím tabulkovém vyjádření doby trvání a dráhy pohybu jednotlivých částí BP budu zabývat pouze posledním, tedy čtvrtým opakováním (Tabulky 13-22).

Tabulka 13 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.

Doba 4. opakování 4 RM za použití VM (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,67	0,38
Koncentrická fáze	2,95	0,97
Pre-sticking region	0,26	0,1
Sticking region	1,65	0,96
Post-sticking region	1,06	0,33

Tabulka 14 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.

Dráha 4. opakování 4 RM za použití VM (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	403,76	50,11
Koncentrická fáze	471,21	45,8
Pre-sticking region	53,64	18,38
Sticking region	204,6	58,79
Post-sticking region	212,48	41,32

Tabulka 15 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.

Doba 4. opakování 4 RM za použití REVB (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,86	0,33
Koncentrická fáze	2,97	0,96
Pre-sticking region	0,3	0,13
Sticking region	1,66	0,89
Post-sticking region	1,01	0,37

Tabulka 16 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.

Dráha 4. opakování 4 RM za použití REVB (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	415,06	27,28
Koncentrická fáze	474,7	45,57
Pre-sticking region	59,09	16,25
Sticking region	233,03	70,54
Post-sticking region	182,58	58,57

Tabulka 17 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.

Doba 4. opakování 4 RM za použití HB (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,55	0,31
Koncentrická fáze	2,87	0,77
Pre-sticking region	0,28	0,16
Sticking region	1,48	0,76
Post-sticking region	1,11	0,35

Tabulka 18 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.

Dráha 4. opakování 4 RM za použití HB (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	406,59	41,76
Koncentrická fáze	453,74	48,68
Pre-sticking region	60,23	28,07
Sticking region	211,45	88,27
Post-sticking region	192,73	39,26

Tabulka 19 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.

Doba 4. opakování 4 RM za použití PAC (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,63	0,234
Koncentrická fáze	3,02	0,91
Pre-sticking region	0,24	0,1
Sticking region	1,77	0,98
Post-sticking region	1	0,22

Tabulka 20 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.

Dráha 4. opakování 4 RM za použití PAC (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	397,2	25,59
Koncentrická fáze	455,9	51,64
Pre-sticking region	56,2	34,44
Sticking region	230,4	60,73
Post-sticking region	176,48	54,77

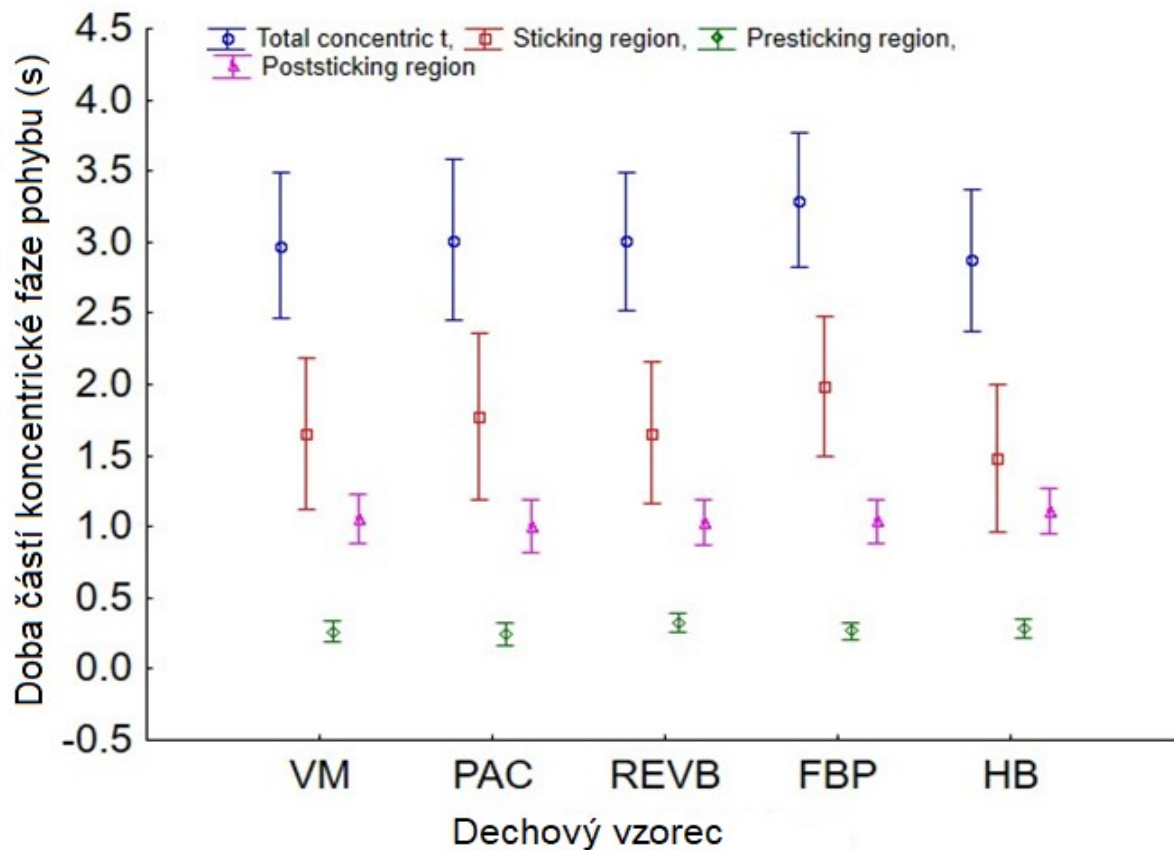
Tabulka 21 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.

Doba 4. opakování 4 RM za použití FBP (s)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	1,63	0,25
Koncentrická fáze	3,3	1,38
Pre-sticking region	0,27	0,14
Sticking region	1,99	1,52
Post-sticking region	1,04	0,36

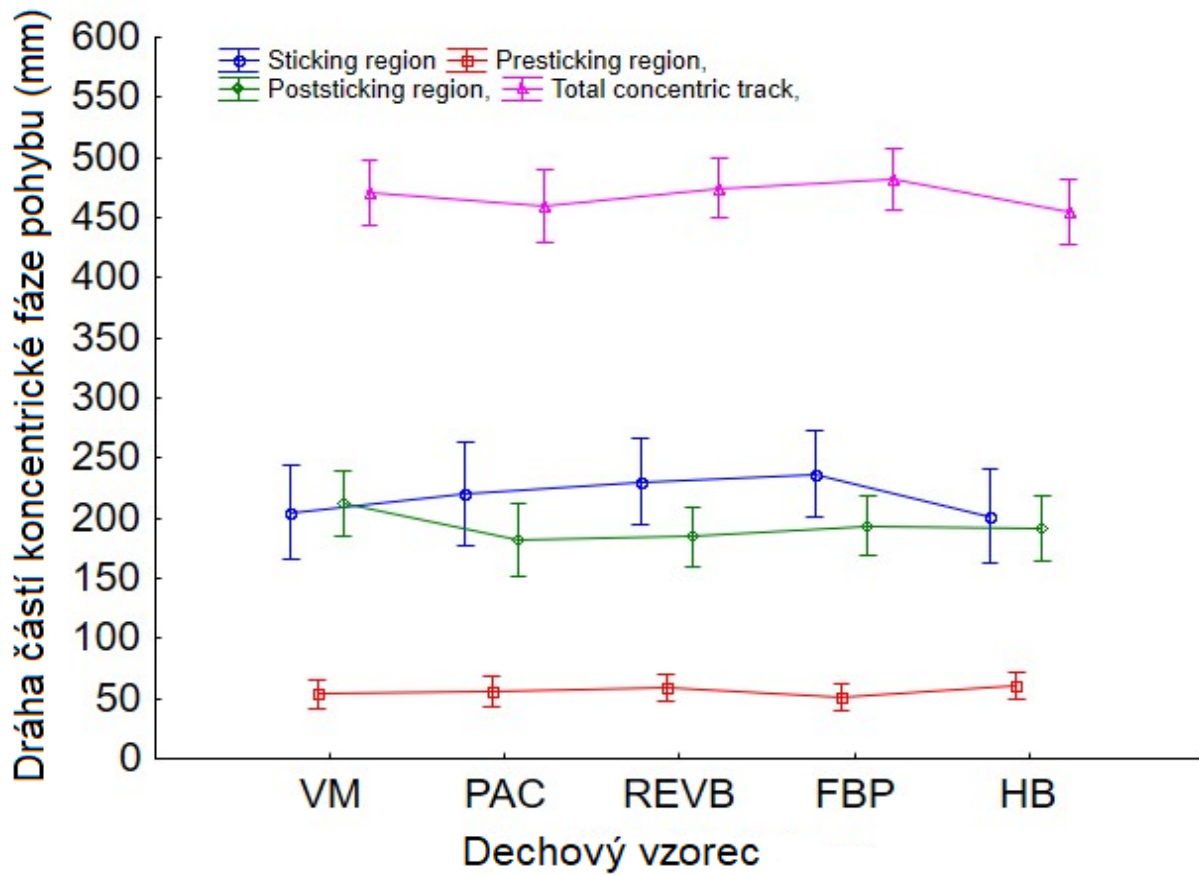
Tabulka 22 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.

Dráha 4. opakování 4 RM za použití FBP (mm)		
	Průměr	Směrodatná odchylka
Excentrická fáze	417,62	35,08
Koncentrická fáze	468,01	88,75
Pre-sticking region	50,07	16,3
Sticking region	236,07	98,12
Post-sticking region	193,57	65,66

Při analýze posledního opakování 4 RM bylo zjištěno, že se zde nevyskytuje statisticky významný rozdíl mezi dechovými technikami jak z hlediska doby (Graf 9 - $F_{12, 249}=0.51957$, $p=0.90127$), tak z hlediska dráhy (Graf 10 - $F_{12,234}=0.68669$, $p=0.76367$) koncentrické fáze BP.



Graf 10 - Doba jednotlivých částí koncentrické fáze pohybu v závislosti na dechové technice. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, vlastní tvorba.



Graf 11 - Dráha jednotlivých částí koncentrické fáze v pohybu v závislosti na použité dechové technice. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, vlastní tvorba.

6. DISKUZE

Hodnoty průměrné relativní zdvihané zátěže (1 RM) v rámci jednotlivých dechových vzorců prokázaly statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) a naznačují, že možnost subjektivní volby dechové techniky je výhodná ve vztahu k velikosti zvedané zátěže. To je možné přisoudit tomu, že všichni probandi zvolili buď techniku nuceného výdechu nebo Valsalvův manévr. Obě techniky se dříve prokázaly jako výhodné ve vztahu k produkci svalové síly³⁵. Naopak dechová technika REVB se neprokázala jako vhodná pro dosažení maximálního výkonu v BP.

Průměrná doba trvání koncentrické fáze při zátěži 1 RM byla znatelně vyšší ($3,88 \pm 1,72$ s) ve srovnání s předchozím výzkumem Van Den Tillaara ($2,21 \pm 0,48$ s)³³. Průměrná doba kritické fáze pohybu byla $2,48 \pm 1,45$ s, což je také výrazně více, než uvádí Tillaar ($0,86$ s)³¹. Na druhou stranu, R.G. Lockie provedl v roce 2017 výzkum, kdy výsledná průměrná doba koncentrické fáze byla $3,47 \pm 1,43$ s³⁶. Tyto odlišné hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny rozdílnou charakteristikou výzkumného souboru. Tillaar testoval probandy (muže), kteří měli se silovým tréninkem výrazně větší předchozí zkušenosti a trénovali BP častěji než probandi, kteří byli využiti pro měření v rámci této práce. Naopak Lockie měřil výzkumný soubor složený z 21 mužů a 6 žen, kteří věnují silovému tréninku alespoň 3 hodiny týdně, což je vzorek podobnější testovanému souboru v tomto výzkumu.

Dráha celé koncentrické fáze dosahovala průměrné hodnoty $48,4 \pm 6,3$ cm, tedy více, než naměřil R.G. Lockie ($41 \pm 0,04$ cm). To je s největší pravděpodobností způsobeno jinými antropometrickými parametry zkoumaných osob. Muži a ženy, kteří se zúčastnili Lockieho výzkumu dosahovali průměrné výšky $1,72 \pm 0,09$ m, zatímco muži v rámci mého výzkumu byli

³⁵ IKEDA, Elizabeth R, Adam BORG, Devn BROWN, Jessica MALOUF, Kathy M SHOWERS a Sheng LI. The Valsalva Maneuver Revisited: The Influence of Voluntary Breathing on Isometric Muscle Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2009, 23(1), 127-132 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31818eb256. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200901000-00021>

³⁶ LOCKIE, Robert, Samuel CALLAGHAN, Matthew MORENO, et al. An Investigation of the Mechanics and Sticking Region of a One-Repetition Maximum Close-Grip Bench Press versus the Traditional Bench Press. *Sports* [online]. 2017, 5(3), 46- [cit. 2018-08-19]. DOI: 10.3390/sports5030046. ISSN 2075-4663. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2075-4663/5/3/46>

průměrně $1,81 \pm 0,05$ m vysocí. Vzdálenost začátku kritické fáze pohybu od hrudníku byla v průměru $4,8 \pm 1,9$ cm, což odpovídá bodu nejnižší produkce síly **Chyba! Záložka není d**
efinována..

Při zátěži o velikosti 1 RM se jeví jako nejvýhodnější použití Valsalvovo manévru, které umožňuje nejkratší celkové trvání i dráhu koncentrické fáze. Současně u této techniky také dochází k nejrychlejšímu a nejkratšímu překonání kritické fáze pohybu. Naopak, jako nevhodné ve snaze dosáhnout snadného překonání kritické fáze pohybu, se jeví použití techniky lung packing. Tento dechový vzorec vykazuje nejdelší dráhu i dobu potřebnou k překonání kritické fáze pohybu, tedy i nejdelší celkovou dobu koncentrické fáze. Proč tomu tak je, je otázkou dalšího zkoumání, které by bylo potřeba provést k lepšímu pochopení této problematiky.

Předchozí studie, které se věnují problematice kritické fáze pohybu, nebraly v potaz dechovou techniku. Dechový vzorec v těchto výzkumech nebyl specifikován, a proto měli probandi možnost volby. Z tohoto důvodu se jeví technika FBP (volní dýchání) jako vhodná pro porovnání s předchozími výzkumy. Během koncentrické fáze pohybu za použití FBP byly naměřeny hodnoty $0,25 \pm 0,08$, $2,77 \pm 1,55$ a $1,06 \pm 0,39$ pro pre-sticking, sticking a post-sticking region. Naproti tomu byly dříve naměřeny hodnoty $0,16 \pm 0,05$, $0,94 \pm 0,3$ a $2,1 \pm 0,41$ ³¹. Rozdílné hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny především změnou polohy nohou v rámci tohoto výzkumu (pokrčit přednožmo), která vede k destabilizaci celého těla a tím pádem k nižší produkci síly³⁷. To mohlo mít za následek obtížnější, tedy delší překonání kritické fáze pohybu.

Další rozdíl oproti předchozím studiím spočívá v analýze získaných dat. Van Den Tillaar ve svých výzkumech, kdy analyzuje kritický úsek zdvihu podle grafu rychlosti, určuje konec post-sticking regionu v bodě V_{3max} , tedy v bodě 3. vrcholné rychlosti v rámci jednoho opakování³³. V této práci byl konec post-sticking regionu označen v bodě V_{5min} , tedy až po úplném dokončení zdvihu a poklesu rychlosti osy na nulovou nebo téměř nulovou hodnotu.

³⁷ KOSHIDA, Sentaro, Yukio URABE, Koji MIYASHITA, Kanzunori IWAI a Aya KAGIMORI. Muscular Outputs During Dynamic Bench Press Under Stable Versus Unstable Conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2008, 22(5), 1584-1588 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31817b03a1. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200809000-00026>

Tento fakt může zapříčinit velký rozdíl v době trvání a dráze post-sticking regionu v porovnání s předchozím zkoumáním.

Výsledné velikosti relativního zdvihnutého objemu pro série o čtyřech opakováních se zátěží o velikosti 4 RM prokázaly, že dechový vzorec REVB je nevhodný pro použití ve snaze dosáhnout submaximálního výkonu v BP. Mírně vyšších průměrných hodnot než ostatní techniky, dosáhly techniky VM a FBP stejně jako u 1 RM.

Mezi dechovými vzorci v rámci měření 4 RM nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v délce a dráze kritického úseku zdvihu, ani jeho jednotlivých částí. ($p > 0,05$). To může být způsobeno tím, že únava, která se naakumuluje v průběhu čtyřech opakování, má na překonání kritické fáze pohybu větší vliv než zvolená dechová technika. Míra únavy měla prokazatelný vliv na délku trvání kritické fáze pohybu, jenž mírně narůstala při opakováních 1-3 a pak se výrazně zvýšila při čtvrtém opakování, podobně jako ve výzkumu Tillaara z roku 2013, kdy testoval kritickou fázi pohybu při BP s odporem 6 RM³⁸.

Jak jsem již zmínil v kapitole 5.1., hypotéza H_1 byla potvrzena u velikosti odporu 1 RM a 4 RM, kde byla nalezena kritická fáze pohybu. Naopak byla vyvrácena u velikostí odporu 8 RM a 12 RM, což potvrdilo výsledky Newtonovy studie z roku 1997, který došel k závěru, že u zátěží 75 % 1 RM a nižší, se kritická fáze pohybu nevyskytuje³⁴.

Hypotéza H_2 byla potvrzena u velikosti zátěže 1 RM, kde byly viditelné rozdíly v délce a dráze kritické fáze pohybu a jejích částí v závislosti na použitém dechovém vzorci. Tato hypotéza byla vyvrácena u velikosti odporu 4 RM, u velikostí odporu 8 RM a 12 RM se kritická fáze pohybu nevyskytovala vůbec.

³⁸ VAN DEN TILLAAR, Roland a Atle Hole 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. 2018-08-21]. DOI: 10.1080/02640414.2013.803593. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2013.803593>

7. ZÁVĚR

Jak již bylo zmíněno v úvodní části práce, výše popsaný výzkum se zaměřoval na problematiku, která v této konkrétní podobě prozatím nebyla probádána. Vztah dechového vzorce ke kritické fázi pohybu však není téma, které by naplnila pouze jedna studie. Nicméně, tento výzkum považuji za kvalitní začátek budoucího bližšího zkoumání této problematiky.

Cílem teoretické části bylo seznámení s teoretickými podklady potřebnými pro pochopení a provedení praktické části. Teoretická část byla zaměřena na silové schopnosti, jejich vlastnosti a možnost rozvoje. Dále se zaměřovala na cvik bench-press, který byl podrobně rozebrán z hlediska techniky a také z hlediska zapojení kosterního svalstva. V závěru teoretické části se objevily dechové techniky a jejich účinky na organismus a na sportovní výkon a v poslední řadě také analýza kritické fáze pohybu. Čtenář po přečtení teoretické části získal povědomí o pojmech, které byly dále zmiňovány a rozebírány v praktické části. Cíl teoretické části byl splněn.

Během psaní teoretické části své závěrečné práce jsem přečetl a přeložil mnoho zahraničních studií prezentovaných napříč celým spektrem odborných časopisů, záznamů z konferencí apod. Tímto jsem si značně rozšířil své znalosti a objevil další způsoby, jak se dostat k novým, vědecky ověřeným informacím, což jistě využiji během navazujícího studia.

Cílem praktické části této práce bylo zjistit, zda má modifikace dechového vzorce vliv na vlastnosti kritické fáze pohybu během cvičení bench-pressu. Pomocí experimentu, prováděném ve sportovní laboratoři UK FTVS, bylo zjištěno a následně prokázáno pomocí analýzy dat, že změna dechové techniky má vliv na vlastnosti kritické fáze pohybu při zátěži 1 RM. Naopak při zátěži 4 RM, 8 RM a 12 RM byl zjištěn malý, nebo žádný vliv na tyto vlastnosti. Cíl praktické části byl dle mého názoru také splněn.

V průběhu samotného měření jsem si částečně osvojil práci se systémem pro záznam pohybu Qualisys, dále jsem se seznámil s elektromyografií a piezoelektrickým snímáním tlaku.

Tento výzkum mi dále přinesl mnoho zkušeností z hlediska organizace a přípravy na jednotlivá měření. Uvědomil jsem si, jak je časově náročné provést a dokončit výzkum.

Výstupem této práce je validní výsledek, který se v mnoha aspektech shoduje s předchozími studii již provedenými na podobné téma. V dalších svých pracích plánuji navázat na danou problematiku a rozšířit rozsah pochopení kritické fáze pohybu.

8. SEZNAM LITERATURY

DE SALLES, Belmiro Freitas, Roberto SIMÃO, Fabrício MIRANDA, Jefferson DA SILVA NOVAES, Adriana LEMOS a Jeffrey M. WILLARDSON. Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine* [online]. 2009, 39(9), 765-777 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.2165/11315230-000000000-00000. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/11315230-000000000-00000>

DOVALIL, Josef. Výkon a trénink ve sportu. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-760-5, s. 26-27.

ELLIOTT, BRUCE C., GREGORY J. WILSON a GRAHAM K. KERR. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1989, 21(4), 450-462. [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1249/00005768-198908000-00018. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-198908000-00018>

GAMBETTA, Vern. *Athletic development: the art & science of functional sports conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics, c2007. ISBN 978-0-7360-5100-2, s. 177.

GOMO, Olav a Roland VAN DEN TILLAAR. The effects of grip width on sticking region in bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2015, 34(3), 232-238 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1080/02640414.2015.1046395. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1046395>

GREEN, Carly M. a Paul 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. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/00126548-200710000-00001. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-200710000-00001>

HACKETT, Daniel A. a Chin-Moi CHOW. The Valsalva Maneuver. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2013, 27(8), 2338-2345 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31827de07d. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201308000-00039>

HAYKOWSKY, MARK J., NEIL D. EVES, DARREN E. R. WARBURTON a MAX J. FINDLAY. Resistance Exercise, the Valsalva Maneuver, and Cerebrovascular Transmural Pressure. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 2003, 35(1), 65-68 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1097/00005768-200301000-00011. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-200301000-00011>

CHILDS, John D. The Impact of the Valsalva Maneuver During Resistance Exercise. *Strength and Conditioning Journal* [online]. 1999, 21(2), 54- [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1519/00126548-199904000-00018. ISSN 1524-1602. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-199904000-00018>

IKEDA, Elizabeth R, Adam BORG, Devn BROWN, Jessica MALOUF, Kathy M SHOWERS a Sheng LI. The Valsalva Maneuver Revisited: The Influence of Voluntary Breathing on Isometric Muscle Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2009, 23(1), 127-132 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31818eb256. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200901000-00021>

KELLIS, ELEFThERIOS a VASILIOS BALZOPoulos. Muscle activation differences between eccentric and concentric isokinetic exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1998, 30(11), 1616-1623 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1097/00005768-199811000-00010. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-199811000-00010>

KOSHIDA, Sentaro, Yukio URABE, Koji MIYASHITA, Kanzunori IWAI a Aya KAGIMORI. Muscular Outputs During Dynamic Bench Press Under Stable Versus Unstable Conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2008, 22(5), 1584-1588 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31817b03a1. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200809000-00026>

KRAEMER, William J. A Series of Studies—The Physiological Basis for Strength Training in American Football. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 1997, 11(3), 131-142 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/00124278-199708000-00001. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-199708000-00001>

LEHMAN, GREGORY J. The influence of grip width and forearm pronation/supination on upper-body myoelectric activity during the flat bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2005, 19(3), 587-591 [cit. 2018-08-21]. DOI: 10.1519/00124278-200508000-00017. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200508000-00017>, 2005, 19.3: 587-591.

LEPLEY, Adam S a Brian M HATZEL. Effects of Weightlifting and Breathing Technique on Blood Pressure and Heart Rate. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, 24(8), 2179-2183 [cit. 2018-08-13]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e2741d. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201008000-00029>

LINDHOLM, Peter a Sven NYRÉN. Studies on inspiratory and expiratory glossopharyngeal breathing in breath-hold divers employing magnetic resonance imaging and spirometry. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2005, 94(5-6), 646-651 [cit. 2018-08-13]. DOI: 10.1007/s00421-005-1358-8. ISSN 1439-6319. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-005-1358-8>

LINSENBARDT, S T, T R THOMAS a R W MADSEN. Effect of breathing techniques on blood pressure response to resistance exercise. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 1992, 26(2), 97-100 [cit. 2018-08-13]. DOI: 10.1136/bjism.26.2.97. ISSN 0306-3674. Dostupné z: <http://bjsm.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjism.26.2.97>

LOCKIE, Robert, Samuel CALLAGHAN, Matthew MORENO, et al. An Investigation of the Mechanics and Sticking Region of a One-Repetition Maximum Close-Grip Bench Press versus the Traditional Bench Press. *Sports* [online]. 2017, 5(3), 46- [cit. 2018-08-19]. DOI: 10.3390/sports5030046. ISSN 2075-4663. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2075-4663/5/3/46>

MACDOUGALL, J. D., D. TUXEN, D. G. SALE, J. R. MOROZ a J. R. SUTTON. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1985, 58(3), 785-790 [cit. 2018-08-13]. DOI: 10.1152/jappl.1985.58.3.785. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1985.58.3.785>

MADSEN, NELS a THOMAS MCLAUGHLIN. Kinematic factors influencing performance and injury risk in the bench press exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1984, 16(4), 376-381. [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1249/00005768-198408000-00010. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-198408000-00010>.

MILES, D. S., J. J. OWENS, J. E. GOLDEN, R. W. GOTSHALL a R. L. POHLMAN. CENTRAL AND PERIPHERAL HEMODYNAMICS DURING LEG EXTENSION EXERCISE. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 1986, 18(supplement), S59- [cit. 2018-08-17]. DOI: 10.1249/00005768-198604001-00293. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-198604001-00293>

NEWTON, Robert U., Aron J. MURPHY, Brendan J. HUMPHRIES, Greg J. WILSON, William J. KRAEMER a Keijo HÄKKINEN. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 1997, 75(4), 333-342 [cit. 2018-08-07]. DOI: 10.1007/s004210050169. ISSN 1439-6319. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s004210050169>

ÖRNHAGEN H., SCHAGATAY E., ANDRESSON J., BERGSTEN E., GUSTAFSSON P., SANDSTRÖM S. Mechanisms of “buccal-pumping” (“lung packing”) and its pulmonary effects. FOA-B-98-00342-721-SE, 1998; 80-83:

PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7, s. 79.

Pravidla silového trojboje [online]. In: Praha: Český svaz silového trojboje, 2013, s. 18 [cit. 2018-08-04]. Dostupné z: <http://powerlifting.cuscz.cz/pravidla2013.pdf>

RICHMOND, Scott R. a Michael P. GODARD. The Effects of Varied Rest Periods Between Sets to Failure Using the Bench Press in Recreationally Trained Men. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2004, 18(4), 846- [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1519/14833.1. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <http://nsca.allenpress.com/nscaonline/?request=get-abstract&doi=10.1519%2F14833.1>

SCHIPKE, Jochen D., Malte KELM, Klaus SIEGMUND, Thomas MUTH, Burkhard SIEVERS a Stephan STEINER. “Lung packing” in breath hold-diving: An impressive case of pulmonary-cardiac interaction. *Respiratory Medicine Case Reports* [online]. 2015, 16, 120-121 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1016/j.rmcr.2015.09.007. ISSN 22130071. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213007115300381>

STONE, M.H. *Position Statement: explosive exercises and training*. 1993, s. 7-15., ISSN 0744-0049

STOPPANI, James. *Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány: 381 posilovacích cviků*. Druhé, přepracované a rozšířené vydání. Přeložil Libor SOUMAR. Praha: Grada Publishing, 2016. Sport extra. ISBN 978-80-247-5643-1.

VAN DEN TILLAAR, Roland a Gertjan ETTEMA. The “sticking period” in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2010, 28(5), 529-535 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1080/02640411003628022. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640411003628022>

VAN DEN TILLAAR, Roland Van Den a Atle SÆTERBAKKEN. The Sticking Region in Three Chest-Press Exercises with Increasing Degrees of Freedom. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2012, 26(11), 2962-2969 [cit. 2018-08-12]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182443430. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201211000-00007>

VAN DEN TILLAAR, Roland, Atle Hole SÆTERBAKKEN a Gertjan ETTEMA. 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. 2018-08-14]. 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, Roland a Atle Hole 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. 2018-08-21]. DOI: 10.1080/02640414.2013.803593. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2013.803593>

VANN, RD. Pressure-volume characteristics of “lung-packing.” Abstract of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc. Annual Scientific Meeting held June 22-26, 1994. Westin Hotel, Denver, Colorado (<http://www.uhms.org>) [online].1994; 212 [cit. 2018-08-14]. Dostupné z: <http://archive.rubicon-foundation.org/5665>

WILLARDSON, JEFFREY M. a LEE N. BURKETT. ACOMPARISON OF 3DIFFERENT REST INTERVALS ON THE EXERCISE VOLUME COMPLETED DURING A WORKOUT. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2005, 19(1), 23-26 [cit. 2018-08-18]. DOI: 10.1519/00124278-200502000-00005. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200502000-00005>

Zásobník cviků (1.): Hrudník – bench-press. Ronnie.cz [online]. 2014, 2.10.2014 [cit. 2018-08-04]. Dostupné z: <https://kulturistika.ronnie.cz/c-6061-zasobnik-cviku-1-hrudnik-bench-press.html>

ZATSIORSKY, Vladimir M. a William J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda.* Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2, s. 41.

ZUMWALT, Miriam, Hazel V. ADKINS, Clarence W. DAIL a John E. AFFELDT. Glossopharyngeal Breathing. *Physical Therapy* [online]. 1956, 36(7), 455-460 [cit. 2018-08-14]. DOI: 10.1093/ptj/36.7.455. ISSN 0031-9023. Dostupné z: <http://academic.oup.com/ptj/article/36/7/455/4669553>

9. SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obrázek 1 - Vlevo – nesprávná poloha těla; vpravo – správná poloha těla	10
Obrázek 2 - Magnetická rezonance srdce, porovnání objemu srdce před (a) a po lung packingu (b)	14
Obrázek 3 - Aranžmá výzkumu zaměřeného na kritický úsek při izometrickém BP.	18
Obrázek 4 - Typický průběh jednoho opakování s rozdělením do 4 částí podle grafu rychlosti osy, vlastní tvorba.	25

Graf 1 – Srovnání průměrné relativní zvednuté zátěže v závislosti na dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.	28
Graf 2 - Srovnání doby koncentrické fáze v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.	32
Graf 3 - Porovnání doby pre-sticking region v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.	33
Graf 4 - Porovnání celé koncentrické fáze v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath,, vlastní tvorba.	34
Graf 5 - Porovnání dráhy koncentrické fáze pohybu v závislosti na použité dechové technice. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.	35
Graf 6 - Porovnání dráhy kritické fáze pohybu v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.	36
Graf 7- Porovnání jednotlivých částí kritické fáze pohybu v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.....	37
Graf 8 – průměrný relativní zdvihnutý objem v rámci jedné série 4 RM v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, hodnoty označené * = statisticky významný rozdíl, vlastní tvorba.	38
Graf 9 - Porovnání doby trvání kritické fáze pohybu u zátěže 4 RM v závislosti na použitém dechovém vzorci. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, vlastní tvorba.....	39

Graf 10 - Doba jednotlivých částí koncentrické fáze pohybu v závislosti na dechové technice. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, vlastní tvorba.	43
Graf 11 - Dráha jednotlivých částí koncentrické fáze v pohybu v závislosti na použité dechové technice. FBP = rovný bench-press (volní dýchání), VM = Valsalvův manévr, PAC = lung packing, REVB = obrácené dýchání, HB = hold breath, vlastní tvorba.	44

Tabulka 1 - Charakteristika výzkumného souboru, vlastní tvorba.....	21
Tabulka 2 - Záznam koncentrické fáze pohybu, vlastní tvorba.	25
Tabulka 3 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.	29
Tabulka 4 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.	29
Tabulka 5 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.	29
Tabulka 6 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.	29
Tabulka 7 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.	30
Tabulka 8 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.	30
Tabulka 9 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.	30
Tabulka 10 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.	30
Tabulka 11 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.	31
Tabulka 12 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 1 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.	31
Tabulka 13 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.	40
Tabulka 14 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce VM, vlastní tvorba.	40
Tabulka 15 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.	40
Tabulka 16 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce REVB, vlastní tvorba.	40
Tabulka 17 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.	41
Tabulka 18 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce HB, vlastní tvorba.	41
Tabulka 19 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.	41
Tabulka 20 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce PAC, vlastní tvorba.	41
Tabulka 21 - Doba jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.	42
Tabulka 22 - Dráha jednotlivých částí tlaku při zátěži 4 RM za použití dechového vzorce FBP, vlastní tvorba.	42