

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Studijní obor - Kinantropologie

Autoreferát disertační práce

**Vliv dechové techniky na nitrohruční tlak, kinematiku
zvedané osy a svalovou aktivitu a při cviku bench press**

Vedoucí disertační práce:

doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D.

Vypracoval:

Mgr. Dušan Blažek

2020

Vědní obor Kinantropologie

Název práce: Vliv dechové techniky na nitrohruční tlak, kinematiku, zvedané
osy a svalovou aktivitu při cviku bench press

Autor: Mgr. Dušan Blažek

Školitel : doc. PhDr. Petr Šťastný, Ph.D

Školící pracoviště: Univerzita Karlova v Praze

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Katedra sportovních her

Abstrakt

Název: Vliv dechové techniky na nitrohruční tlak, kinematiku zvedané osy a svalovou aktivitu při cviku bench press.

Cíle: Hlavním cílem této práce je určit vliv dechové techniky na nitrohruční tlak při cviku bench press. Dále pak vyhodnotit, která dechová modifikace povede k překonání největší zátěže a jaký vliv mají vybrané dechové techniky (Valsalvův manévra (VM), zadržování dechu (HB), lung packing (pakování plic - PAC), „obrácené dýchání“ (REVB)) na kinematiku činky a svalovou aktivitu vybraných svalů při různé intenzitě zvedané zátěže (1RM, 4RM, 8RM, 12RM).

Metody: Experiment byl založen na průřezovém měření, ve kterém bylo využito samostatně kalibrovaného čidla k měření nitrohručního tlaku, 3D kinematiky s pasivními markery a povrchové elektromyografie. Dále bylo využito goniometru, digitální váhy, či krejčovského metru k měření antropometrických údajů. Komparace dechových technik proběhla pomocí analýzy rozptylu ANOVA, přičemž dílčí závislosti parametrů byly porovnány Pearsonovým korelačním koeficientem.

Výsledky: S výjimkou techniky REVB, jež vykazovala významně nižší překonanou zátěž, nebyl mezi jednotlivými technikami nalezen rozdíl v překonané zátěži. Podobný efekt byl pozorován u výsledků nitrohručního tlaku, kdy technika REVB vykazovala významně nižší tlak, v porovnání s ostatními dechovými technikami, mezi kterými nebyly významné rozdíly. Tyto výsledky byly pozorovány u všech intenzit (1 RM, 4 RM, 8 RM, 12 RM).

Jako nejvýhodnější pro překonávání břemene z hlediska koncentrické fáze pohybu se jevila technika VM a z hlediska kritické a před-kritické fáze pohybu technika PAC.

U EMG se frekvence vybíjení až na dílčí významné rozdíly u přímého svalu břišního a středního deltu mezi jednotlivými dechovými technikami a fázemi pohybu nelišila. Všechny techniky rovněž vykazovaly významně vyšší frekvenci vybíjení ve fázi před-kritické, ve srovnání s fází kritickou a post-kritickou a ve fázi kritické, ve srovnání s fází post-kritickou.

Klíčová slova: elektromyografie, kritická fáze pohybu, výkon, nitrohruční tlak, bench press

Seznam Zkratek:

RM – Maximální počet opakování (repetition maximum)

BP – Bench press

IAP – Nitrobřišní tlak (intra-abdominal pressure)

ITP – Nitrohruční tlak (intra-thoracic pressure)

TMP – transmurální tlak (transmural pressure)

MEP – Maximální výdechový tlak (Maximum expiratory pressure)

VM – Valsalvův manévr (Valsalva maneuver)

REVB – Obrácené dýchání (technika) (Reversed breath)

PAC – Pakování (technika) (Lung packing)

HB – Zadržení dechu (technika) (Hold breath)

FBP – Rovný bench press (technika) (Flat bench press)

m. – Sval (musculus)

Obr. - Obrázek

EMG – elektromyografie (electromyography)

ANOVA – Analýza rozptylu (Analysis of variance)

BLP – Krevní tlak (blood pressure)

kapt. - kapitola

Obsah

1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE, HYPOTÉZY A ÚKOLY PRÁCE.....	2
3. METODIKA PRÁCE	4
3.1 Technika flat bench pressu	4
3.2 Dechové techniky použité ve studii	4
3.2.1 Valsalvův manévr (VM)	5
3.2.2 Hold breath technique (HB)	5
3.2.3 Packing technique (PAC).....	6
3.2.4 Reversed breath technique (REVB)	6
3.2.5 Flat Bench press s vyvýšenými chodidly (FBP)	6
3.3 Výzkumný soubor	7
3.4 Použité metody.....	7
3.5 Sběr dat.....	8
3.5.1 Snímání nitrohručního tlaku.....	8
3.5.2 Snímání pohybových parametrů činky (kinematika).....	9
3.5.3 Snímání aktivity svalů (EMG).....	10
3.5.4 Měření antropometrie	12
4. Analýza dat	14
4.1 Analýza dat ústního tlaku a překonaného odporu	14
4.2 Analýza kinematických dat	16
4.3 Analýza dat elektromyografie	18
4.4 Statistické zpracování.....	20
5. VÝSLEDKY - souhrn.....	21
5.1.1 Výsledky překonaného odporu a nitrohručního tlaku.....	21
5.1.2 Analýza jednotlivých opakování v rámci jednotlivých sérií se sub - maximálními odpory	24
5.2 Souhrn Výsledků kinematiky	30
5.2.1 Výsledky kinematiky u 1 RM.....	30
5.3 Souhrn výsledků elektromyografie	33
5.3.1 Výsledky elektromyografie u 1 RM	33
5.4 Vyhodnocení hypotéz	41
6. DISKUZE	44
6.1 Nitrohruční tlak a překonaná zátěž	44

6.2 Kinematika	46
6.2.1 Kritická fáze pohybu	46
6.3.1 Volba dechové techniky z hlediska překonávání zátěže	47
6.3.2 Technika VM a kritická fáze pohybu	48
6.4 Elektromyografie.....	49
6.4.1 Elektromyografie jednotlivých svalů	50
6.5 Antropometrie	51
7. ZÁVĚR.....	53
8. LITERATURA	56

1. ÚVOD

Dechová složka je nedílnou součástí každého sportovního výkonu. Téměř vždy kopíruje náročnost a specifčnost dané disciplíny. Ať už se jedná o dlouhodobé, vytrvalostní zatížení, či o krátkodobý výkon s maximálním svalovým zapojením, vždy do značné míry ovlivňuje kvalitu podaného výkonu. Dechová technika, jakožto podpůrný prostředek ve sportovním odvětví může být aktuální a atraktivní téma. Vliv dechové techniky na výkon vychází zejména z empirických poznatků a ve sportovním odvětví, a ve spojení s konkrétními cviky, je dosud málo probádán.

V silových sportech jako je vzpírání nebo silový trojboj má dechová složka podstatný vliv na segmentaci tělesných proporcí, nitro-tělní tlaky, či využití Valsalvova manévru. Tyto okolnosti hrají při provádění cviků důležitou roli s možným ovlivněním svalového zapojení či kinematiky. Lze proto předpokládat, že vhodná změna dechové techniky může v těchto odvětvích vést k podpoře výkonu, změně pohybového vzorce, či ke změnám v nejtěžší fázi cviku (tzv. sticking point region, či kritická fáze pohybu). Přestože existuje několik studií zabývajících se danou problematikou, téměř nikdy se netýkají sportovní populace. Jsou fyzioterapeuticky zaměřené, či nepracují s variací velikosti zatížení. V rámci komplexního pohledu na danou tematiku je tak přínosné zjistit jaký vliv má modifikace dechové techniky na nitro-hrudní tlak, která dechová technika má potenciál k největší podpoře silového výkonu a jaký vliv má dechová modifikace na kinematiku činky a aktivitu nejvíce zatížených svalů v kontextu změny zátěže.

Z celé řady možností volby cviku pro výzkum dechových technik byl vybrán právě bench press, protože se jedná o jeden z nejčastěji používaných cviků na rozvoj maximální síly prsních svalů a horních končetin, jehož praktikování je u silově cvičící populace velmi rozšířené a je v porovnání s ostatními silovými cvičeními bezpečnější díky poloze vleže a nízkým nárokům na stabilitu pohybu. Pro jeho volbu rovněž pozitivně hovoří atraktivita u výzkumného vzorku a v praxi často řešená otázka manipulace dechu u bench pressu.

2. CÍLE, HYPOTÉZY A ÚKOLY PRÁCE

Hlavním cílem této práce je určit vliv dechové techniky na velikost nitrohručního tlaku, svalovou aktivitu primárních hýbačů a pomocných svalů. Dále pak zjistit jaký má vliv modifikace dechové techniky na velikost překonávaného odporu u 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM, a na kinematiku koncentrické části bench pressu, rozdělné pomocí kritické fáze u 1 RM a 4 RM.

Dílčím cílem je určit vztah nitrohručního tlaku, svalové aktivity vybraných svalů a kinematiky osy činky při cviku bench press vůči morfologickým parametrům jedince, a určení změny nitrohručního tlaku v závislosti na intenzitě cvičení u jednotlivých opakování.

H₁: Dechová technika PAC povede k vyššímu překonanému odporu a vyššímu nitrohručnímu tlaku než dechové techniky VM, REVB, a HB u 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM.

H₂: Dechové techniky PAC a HB budou vykazovat kratší dobu koncentrické a kritické fáze bench pressu při 1 RM a 4 RM.

H₃: Metoda FBP povede k vyšší frekvenci vybíjení u břišních svalů, než dechové techniky PAC, VM, HB a REVB při 1 RM a 4 RM.

Předpokladem pro stanovení hypotéz byly předchozí studie, poukazující na možnost změny nitrohručního tlaku, dráhy a rychlosti činky, jež byly vyvolané rozdílnou dechovou technikou. Vliv dechových technik na nitrohruční tlak a maximální překonanou zátěž u BP byl zatím pouze empiricky pozorován^{48, 80}, proto jeho statistické zpracování pro 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM, je součástí hlavního cíle této práce. Zde se z prezentovaných dechových technik jeví PAC, jako technika s potenciálem nejvyššího nitrohručního tlaku^{27, 63}, potažmo největšího překonaného odporu. Odborné studie, jež se zabývají expiračním tlakem při silovém výkonu běžně obsahují hodnoty MEP, jakožto orientační bod pro srovnání individuálních výsledků a určení kondice expiračního svalstva. Tím je možné dílčí výsledky této práce porovnat i se studii, které se nemusí primárně zabývat BP a mohou zahrnovat jak běžnou populaci²⁴, tak sportovce^{48,2}.

V dřívější studii⁸⁵, byla se zajímavými závěry zmíněna, ale statisticky nezpracována analýza nitrohručního tlaku u každého opakování, proto je v rámci jednotlivých technik a RM žádoucí tuto analýzu provést.

Svalová aktivita byla rovněž zkoumána v předchozích studiích a je modifikovatelná ve spojení se zvoleným odporem⁷⁴, změnou úchopu^{41, 78}, dráhou činky¹²⁶, či průřezem činky¹¹¹. Přestože tyto poznatky jsou běžně aplikovány v silovém tréninku, není popsáno, jak může dechová technika změnit aktivitu primárních hýbačů (m. pectoralis major pars sternalis, m. pectoralis major pars clavicularis, m. deltoideus pars clavicularis, m. triceps brachii - caput longum), či pomocných svalů (m. rectus abdominis, m. obliquus externus abdominis), kdy některé z těchto svalů jsou zároveň pomocnými svaly dechovými. Vzhledem k faktu, že technika dýchání REVB snižuje nitrohruční tlak v průběhu koncentrické fáze²¹ a pravděpodobně i objem hrudníku, dají se očekávat nižší méně vhodné podmínky pro zapojení velkého svalu prsního, což může být kompenzováno zvýšenou aktivitou přední části deltových svalů.

Dechové techniky PAC a HB by měly být doprovázeny zvýšeným nitrohručním tlakem oproti REVB a VM, což by mohlo vést k většímu objemu hrudníku v koncentrické fázi a možnému využití tohoto tlaku pro překonání odporu, což je možné např. zkrácením kritické fáze pohybu. Výše zmíněné předpoklady se navíc mohou kombinovat a být v souvislosti s intenzitou cvičení, tedy překonávaným odporem u konkrétních počtů opakování.

3. METODIKA PRÁCE

3.1 Technika flat bench pressu

Při provedení flat bench pressu, jenž byl spojen s každou dechovou technikou, byla provedena následující instruktáž a bylo dbáno na její dodržování: Je třeba zaujmout stabilní polohu těla na lavičce: sedací svaly, vrchní část zad a hlava jsou v průběhu vykonávání cviku v kontaktu s lavičkou. Nohy jsou celými chodidly pevně zapřené na podlaze a jejich poloha se během cviku nemění. Hrudník je po celou dobu cviku vypnutý směrem vzhůru, břišní lis zůstává zpevněný a ramena jsou tažena směrem dolů a pod tělo (deprese a retrakce ramen). Záda, boky, pánev a nohy jsou po celou dobu izometricky zpevněny.

Šířka úchopu se může u každého jednotlivce mírně lišit v závislosti na tělesné stavbě, nicméně pro většinu trénujících bude vhodná šířka úchopu, kdy předloktí ve spodní poloze cviku směřují kolmo k zemi. Po odebrání činky ze stojanu začíná cvik z napnutých paží. Následuje její kontrolovaný pokles, dotek osy na hrudníku a plynulé vytlačení zpět do napnutých paží. Bod doteku činky na hrudníku se nachází přibližně na spodní části sternu. Lokty by měly po celou dobu směřovat dolů a měly by se nacházet pod osou činky. Nemělo by docházet k vnitřní rotaci v rameni. Trajektorie činky je zřídka kdy kolmá, ale z důvodu výhodného biomechanického provedení opisuje tvar obráceného písmene J, čímž se trajektorie prodlužuje v průměru o 3%¹⁰².

3.2 Dechové techniky použité ve studii

Dechová technika, na rozdíl od dechového vzoru, který je vymezen pouze frekvencí, objemem dechu a veličinami z něj dopočítaných¹⁴⁶, pracuje s vyšším počtem proměnných (např. místem nádechu, pozicí těla, specifickým využitím úst, či nosu)³⁹. Je proto logické, že při silovém tréninku dochází k ovlivnění dechového vzoru pomocí uvědomělých, či volných dechových technik. V následující kapitole (č. 3) jsou popsány dechové techniky, jež byly využity v této studii a jsou nejrelevantnější k dalšímu

zkoumání, z důvodu jejich častého výskytu v silovém tréninku, jejich potenciálu pro zvýšení výkonu, či snížení krevního tlaku během BP.

3.2.1 Valsalvův manévr (VM)

V tomto výzkumu je použita varianta VM, kdy při excentrické fázi cviku dochází k nádechu nosem po celé dráze pohybu. Následuje koncentrická část pohybu, kdy proband tlačí proti tlakoměru přesně takovou silou, kterou potřebuje k překonání odporu. Po dosažení propnutých paží, dochází k výdechu nosem, či ústy a následuje další opakování.

Během koncentrické fáze proband tlačí (vydechuje) po celou dobu proti statické zářazce (tlakoměru). Tlakoměr v tomto případě simuluje podmínky úplně uzavřené hlasivkové štěrbině, čímž maximálně podporuje nárůst ITP, potažmo ústního tlaku a zároveň poskytuje objektivní údaje o síle VM. Tato varianta byla použita například ve studii Palantini¹¹³. Studie Linsenbardt⁸¹ naopak využívá ve svém výzkumu VM, při kterém v prvních 2/3 koncentrické fáze dochází k držení dechu a v poslední třetině k výdechu. Drtivá většina studií zabývajících se VM však žádný popis použité VM techniky neudává, přestože jeho rozdílná interpretace může vést k rozdílným výsledkům.

3.2.2 Hold breath technique (HB)

Tato technika má několik variant provedení. V tomto výzkumu byla zvolena technika hold breath (HB) dřepařského charakteru. To znamená, že před zahájením samotného cvičení je proveden jeden mohutný nádech. Při brždění odporu dochází k zatajení dechu, bez usilovného tlaku, proti hlasivkové štěrbině. Po dosažení spodní fáze cviku, dochází k fázi tlakové, jež má za cíl překonat působící odpor. Při tom dochází k usilovnému výdechu proti tlakoměru. S usilovným výdechem proti tlakoměru (uzavřené glottis). V horní pozici dochází k následnému výdechu a hlubokému nádechu. Techniky spojené se zadržným dechem bývají označovány jako nevhodné, jelikož vedou k větším nárůstům systolického a diastolického tlaku, než techniky bez zadržování¹⁰⁶. Míra tohoto nárůstu souvisí s vyvíjenou intenzitou a množstvím zapojených svalových skupin⁸⁵. Do výzkumu byla zařazena zejména z četného výskytu u profesionálních silových sportovců a na základě doporučení jakožto dechové techniky pro 1 RM knihami sportovního výkonu¹⁴⁷,

3.2.3 Packing technique (PAC)

Technika packování je další z technik použitých v praktické části této práce. Jedná se o glossopharyngeální dýchání, při kterém lze zvýšit objem plic až o 2,59 l nad limit maximálního nádechu²⁷. Ze všech použitých dechových technik v této studii má tato nejdelší dobu horní fáze cviku z důvodu přípravy. Polykací svaly při této technice tlačí každým nádechem kolem 30-60 ml vzduchu do plic podobným způsobem, jako když polykáte potravu¹³³. Při maximálním využití této techniky, lze dosáhnout nitrohruďního tlaku až 8 kPa⁶³. Těchto hodnot se však dosahuje u potápěčů při využití 20-30 nádechů.

V této studii je používána modifikovaná verze 3-5ti nádechů, v zahajovací, či konečné fázi cviku. Následuje kontrolované spuštění na hrudní koš, s navazujícím výtlakem činky. Ten je spojený s usilovným výdechem proti manometru (uzavřené glottis). Tato technika byla vybrána, jelikož je běžně praktikována silovými sportovci.

3.2.4 Reversed breath technique (REVB)

Obrácené dýchání - kdy při excentrické fázi cviku dochází k výdechu a v koncentrické k nádechu, bylo zařazeno z důvodu zjištění svalové aktivity a zjištění maximální velikosti odporu při tomto dechovém vzorci. Je všeobecným faktem, že v koncentrické fázi cvičení dochází k vyššímu nárůstu krevního tlaku⁸⁵. Zároveň panovala teorie, že při snižování obsahu plic, spojeným s koncentrickou fází pohybu bude docházet k žádoucímu snížení krevního tlaku. K tomuto jevu opravdu došlo, ovšem bez statistické významnosti^{56, 81}.

Jelikož cílem této práce bylo získat tlakové údaje z fáze s nejvyššími hodnotami, musela být tato technika uzpůsobena potřebám práce a limitům měření. Měření probíhalo v excentrické části pohybu, kdy v horní části cviku došlo k hlubokému nádechu. Následovala excentrická fáze pohybu, spojená se statickou expirací proti tlakoměru. Ve spodní fázi došlo k úplné expiraci nosem a následnému výtlaku, spojeným s nádechem.

3.2.5 Flat Bench press s vyvýšenými chodidly (FBP)

V tomto případě se nejedná o přímou změnu dechového vzorce, ale o modifikaci cviku formou změny rozložení segmentů těla. Dechově se jedná o variantu shodnou s VM

(3.2.1), kdy v tomto případě dochází k vodorovné pozici chodidel s hýžděmi. Chodidla byla podložena stabilními širokými deskami do úrovně lavice. Tato varianta zajišťující maximální kontakt bederní části páteře s podložkou a je vhodná zejména pro lidi s problémy v bederní oblasti páteře. Podstatným vypojením nohou a spodní části zad tato varianta klade větší nároky na stabilizaci horními končetinami a svaly prsou. Zároveň umístění stehů blíže hrudníkům více facilituje produkci IAP⁴⁸.

3.3 Výzkumný soubor

Výzkumný vzorek použitý v této práci se skládal z 25 zdravých sportovců (25 mužů), kteří jsou studenti fakulty tělesné výchovy sportu. Probandi byli ve věku 18-30 let, praktikující silový trénink minimálně jeden rok, alespoň 3x týdně, se zkušeností se cvikem bench press. Vyřazujícím kritériem byl vysoký krevní tlak (<140/90), nervově svalová onemocnění, dýchací infekce, kouření, či konzumace drog, jelikož je známo, že tyto faktory negativně ovlivňují dechové funkce. Všichni probandi měli platnou sportovní prohlídku a byla u nich provedena antropometrie (řešení práce Tabulka č. 2). Výzkum byl schválen etickou komisí UK FTVS pod číslem 143/2015 (řešení práce, Příloha č. 1)

3.4 Použité metody

Experiment byl založen na průřezovém měření, ve kterém bylo využito samostatně kalibrovaného čidla k měření nitrohručního tlaku, 3D kinematiky s pasivními markery a povrchové elektromyografie. Dále bylo využito goniometru, digitální váhy, či krejčovského metru k měření antropometrických údajů. Komparace dechových technik proběhla pomocí analýzy rozptylu ANOVA, přičemž dílčí závislosti parametrů byly porovnány Pearsonovým korelačním koeficientem.

3.5 Sběr dat

K získání dat v rámci tohoto výzkumu byly použity tři základní metody:

Dynamometrie pro snímání ústního tlaku

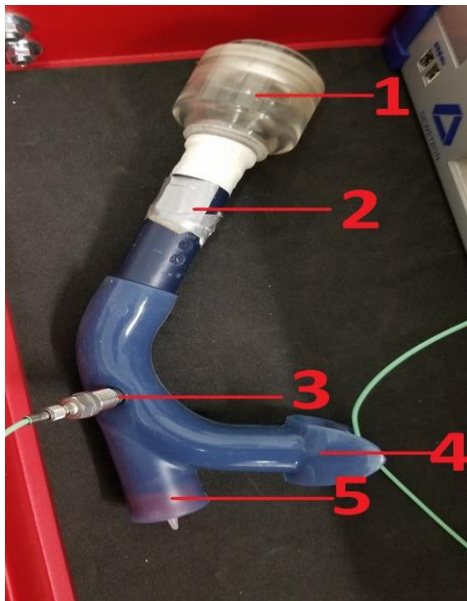
EMG pro snímání svalové aktivity

3D kinematika pro získání průběhu pohybu zvedaného břemene

Záznam dat pro všechny tři metody byl synchronizován pomocí optického kabelu, v němž se po vydání manuálního signálu změnilo napětí a tím došlo na přidaném kanálu každého měřicího přístroje k synchronizaci a označení času 0. Dále bylo provedeno měření antropometrických údajů.

3.5.1 Snímání nitrohručního tlaku

Ke snímání nitrohručního tlaku byl použit náustek vlastní výroby, jehož hlavní částí bylo siloměrné čidlo Kistler 9203 a jehož reliabilita pro snímání nitrohručního tlaku během BP byla ověřena a publikována¹⁰. Jedná se o malý, přenosný, lehký, neinvazivní dynamometr, který měří působící sílu snímaním změny piezo-rezistentního odporu. Dynamometr byl připojen k nízkému objemovému náustku, který byl uříznut z potápěčského šnorchlu a k jednostrannému propustnému ventilu. Všechny části byly precizně slepeny silikonovým lepidlem a připojeny optickým kabelem k zesilovači a AD převodníku. Data byla uložena přijímacím programem DEWESoft7 (verze 7.1.2) na pevném disku a zároveň byla zobrazována v reálném čase na monitoru. Přepočít obdržených picocolumbů (pC) na pascaly (Pa) byl nastaven manuálně v programu Dewesoft v přepočtu $10\,000\text{ Pa} = -5,647\text{ pC}$, jež byl získán kalibrací. Reliabilita použitého náustku pro snímání nitrohručního tlaku byla ověřena a publikována¹⁰. (Detailní rozbor reliability je v řešení práce kapitola 9.3.2 Kalibrace a reliabilita siloměru)



Obr. č. 1 Náustek na měření nitrohručního tlaku, Zdroj: Vlastní

Legenda: 1) jednostranný ventil pro nádech, 2) spojovací trubice, 3) snímající zařízení, 4) náustek, 5) jednostranný ventil pro nádech

Jednostranný ventil umožňuje probandovi provést vdech. Následná exhalace je však zastavena a hromadící se tlak je dynamicky snímán měřícím zařízením. Zobrazené výsledky na monitoru formou grafu jsou potom v reálném čase přenášeny nitrohručním tlakem. Jednotlivá data jsou po dokončení každé dílčí části měření uložena a následně vyexportována do excelového souboru, kde dochází jejich dalšímu vyhodnocení.

3.5.2 Snímání pohybových parametrů činky (kinematika)

K získání trojrozměrného pohybu činky byl využit systém Qualisys (Švédsko). Zařízení se skládá z množství kamer, jež využívají ke snímání pohybu kontrastu mezi bodem (markerem) a okolím. Markery jsou světlo-odrážející body, které jsou přichyceny na měřené místo a za pomoci kamer je přenášena informace o jejich poloze do softwaru. (viz. řešení práce – kapitola č. 6. Kinematika).

Ke snímání pohybu bylo celkem využito devět kamer, nastavených na předem testovanou a osvědčenou frekvenci 200 Hz. Tato frekvence je pro snímání rychlosti činky více než dostačující a zároveň šetří hardwarové a softwarové kapacity. Jedna z kamer byla vždy nastavená na pořizování videozáznamu, který sloužil jako dokumentace, či pro případné

zorientování a dohledání toho co se právě dělo během měření, pokud pohyb nebyl přímo čitelný z pohybu markerů. Pozice video nahrávající kamery se během měření několikrát změnila, pro získání video záznamu z různých míst.

Před samotným příchodem probandů byl celý systém zkalibrován pomocí kalibračního trojúhelníku a kalibrační tyče. Zároveň byly nastaveny clony a čočky kamer takovým způsobem, aby docházelo ke snímání všech markerů. Případné nežádoucí odlesky byly odstraněny, či manuálně zamaskovány v softwaru. Kalibrace se musela během některých měření vícekrát opakovat z důvodu zahřátí kamer, či změně světelných podmínek uvnitř laboratoře.

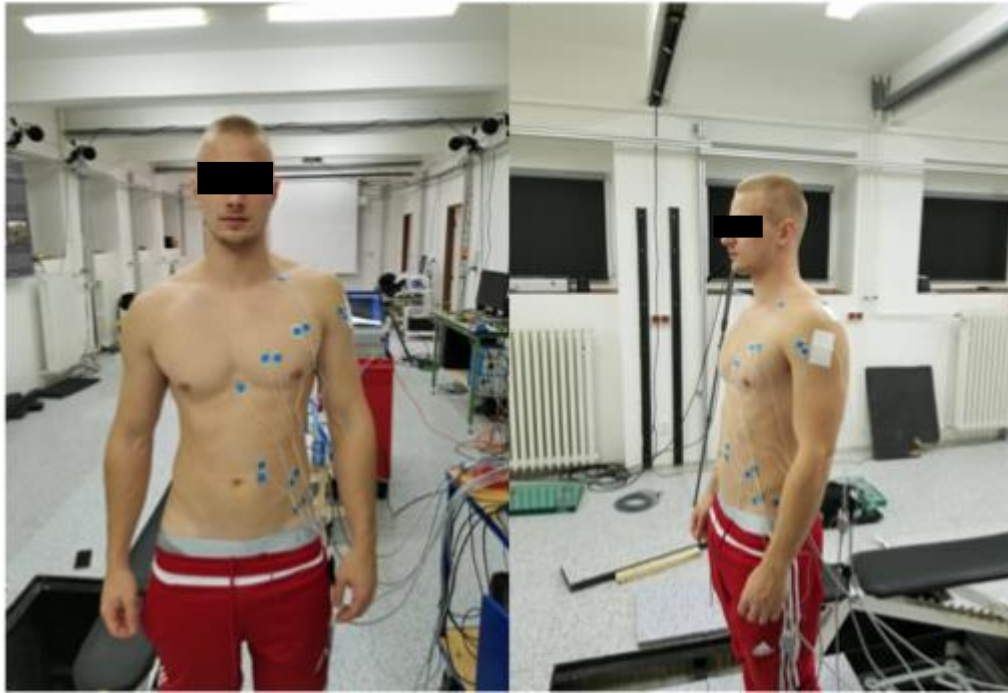
Markerů bylo rozmístěno daleko větší množství, než bude vyhodnoceno v této studii (jsou dílčím měřením jiného výzkumu). Využito bylo zejména pasivních markerů pevného charakteru (12,5 mm), umístěných na tělo a pasivních markerů měkkého charakteru (25 mm, 15 mm) umístěných na osu a klíčové body těla, pro zvýraznění a lepší orientaci v kinematickém záznamu. Vyhodnocen byl pak pouze marker (15 mm), jež se nacházel v anteriorním středu osy.

3.5.3 Snímání aktivity svalů (EMG)

Pro snímání svalové aktivity bylo využito elektromyografu CED 1410 s AD převodníkem GRAF QP511 a zesilovačem DIGITIME 440. Jedná se o reliabilní šestikanálový přístroj, jež je primárně určen ke snímání svalové aktivity neinvazivní metodou s využitím 3 elektrod. Elektromyografy fungují na principu snímání elektrických impulsů, přenesených z nervů na nervosvalovou ploténku, ve které dochází ke změně elektrické rovnováhy ve svalových buňkách a tím vzniká pohyb (viz. kapitola 7. Elektromyografie). Ke měření přístrojem CED 1410 jsou využívány 3 elektrody, pro zvýšení kvality měření. Referenční a snímací elektroda sledují změnu elektrické aktivity svalu. Zemnicí elektroda poté spojuje elektrický rozvod se zemí, čímž bodu přiřazuje její elektrický potenciál a zvyšuje kvalitu měření.

Po příchodu do laboratoře a částečném rozcvičení (viz. řešení práce kapitola 9.2 Protokol experimentu) byl proband oholen a odmaštěn liho-benzínem. Následně byl připojen k elektromyografu pomocí povrchových elektrod (EKG Bluesensor NF-50-K/W/1) na levé části těla. Vybrané svaly (m. pectoralis major pars sternalis, m. pectoralis major pars

clavicularis, m. deltoideus pars clavicularis, m. triceps brachii - caput longum, m. rectus abdominis, m. obliquus externus abdominis) byly připojeny podle instrukcí elektromyografického manuálu. Snímající elektroda byla umístěna uprostřed svalového břicha, referenční elektroda 1 cm od ní a zemnicí elektroda na nejbližší tělní části bez elektrického potenciálu (clavicula, sternum, pelvis).



Obr. č. 2 Připojení elektrod, Zdroj: Vlastní

Legenda: V pořadí:sval, umístění elektrody, zvolený a) m. pectoralis major pars sternalis - střední část sternu, střední část sval. snopce b) m. pectoralis major pars clavicularis - střední část claviculárních snopců c) m. deltoideus pars clavicularis - střední část přední části m. deltoideus d) m. triceps longum - caput longum - střední část dlouhé hlavy m. triceps longum e) m. rectus abdominis - střední část přímého svalu břišního f) m. obliquus externus abdominis - střední část vnějšího šikmého svalu břišního

Funkčnost elektrod byla následně zkontrolována v programu spyke software 6.3, kde byly jednotlivé elektrody přiřazeny ke svalům a snímání nastaveno na hodnotu 2000 Hz z důvodu optimálního rozsahu, přesnosti dat a hardwarové náročnosti. Kontrola připojení elektrod proběhla formou opakované a koncentrické a izometrické kontrakce. Během měření docházelo u některých probandů vlivem nadměrného pocení i přes pečlivé odmaštění k odpadání elektrod. Tomuto jevu bylo do jisté míry zabráněno dodatečným přelepením lepící páskou, přes horní a spodní část elektrody.

3.5.4 Měření antropometrie

Pro získání antropometrických dat (váha, výška, výška v sedu, výška nadpažku, rozpětí paží, šířka ramen, šířka předloktí, délka dlaně, obvod hrudníku při výdechu, obvod hrudníku při nádechu, biceps v klidu, biceps ve flexi, obvod krku) bylo využito zkalibrované digitální osobní váhy, krejčovského metru, pelvimetru a antropometru. Způsob měření vychází z všeobecně uznávaných měřících metod definovaných Mezinárodní společností pro pokročilou kinantropometrii (ISAK)¹⁴⁰. Data byla získána v klidovém stavu jedince, bez předchozí nadměrné svalové činnosti a byla měřena následovně:

Tělesná výška byla měřena pomocí antropometru, jako vzdálenost nejvyššího bodu temene hlavy (vertex) od země. Proband stojí s chodidly u sebe, hlava v orientační poloze (oči hledí vpřed na bod ve výši očí osoby).

Tělesná výška v sedu byla měřena pomocí antropometru. Vyšetřovaný sedí vzpřímeně na rovné židli, koleno svírá úhel 90°. Měřena je vzdálenost mezi nejvyšším bodem temene hlavy (vertex) od plochy, na které vyšetřovaný sedí.

Výška nadpažku byla měřena u stojícího probanda antropometrem pro vzdálenost nadpažku (acromionu) od země.

Rozpětí paží bylo měřeno antropometrem jako vzdálenost mezi oběma konci hrotů prostředních prstů (daktyliony) a to při maximálním aktivním upažení. Proband se dotýkal hrotem středního prstu jedné stěny a zády stál ke stěně druhé.

Šířka ramen byla měřena pelvimetrem jako vzdálenost mezi vnějšími okraji nadpažků (acromiony). Proband stál k vyšetřujícímu zády.

Délka celé horní končetiny byla měřena pomocí antropometru jako vzdálenost od vrchní části nadpažku (acromionu) po hrot prostředního prstu (daktylionu).

Délka nadloktí byla měřena antropometrem, od vrchní části nadpažku (acromionu) po okovce kosti loketní (olecranon ulnae).

Délka předloktí byla měřena od hákovitého výběžku kosti loketní (processus coronoideus ulnae), po bodcovitý výběžek kosti loketní (processus styloideus ulnae).

Délka dlaně byla měřena jako vzdálenost mezi processu styloidei radii et ulnae po hrot prostředního prstu (daktylion).

Obvod hrudníku při výdechu a nádechu byl měřen krejčovským metrem. Obvod byl měřen vpředu, ve výši prsních bradavek. Na zádech byl metr umístěn těsně pod dolními úhly lopatek a paže visely volně podél těla. Obvod byl měřen po klidovém výdechu. Obvod hrudníku při nádechu byl měřen stejným způsobem jako při výdechu, ale při hlubokém nádechu.

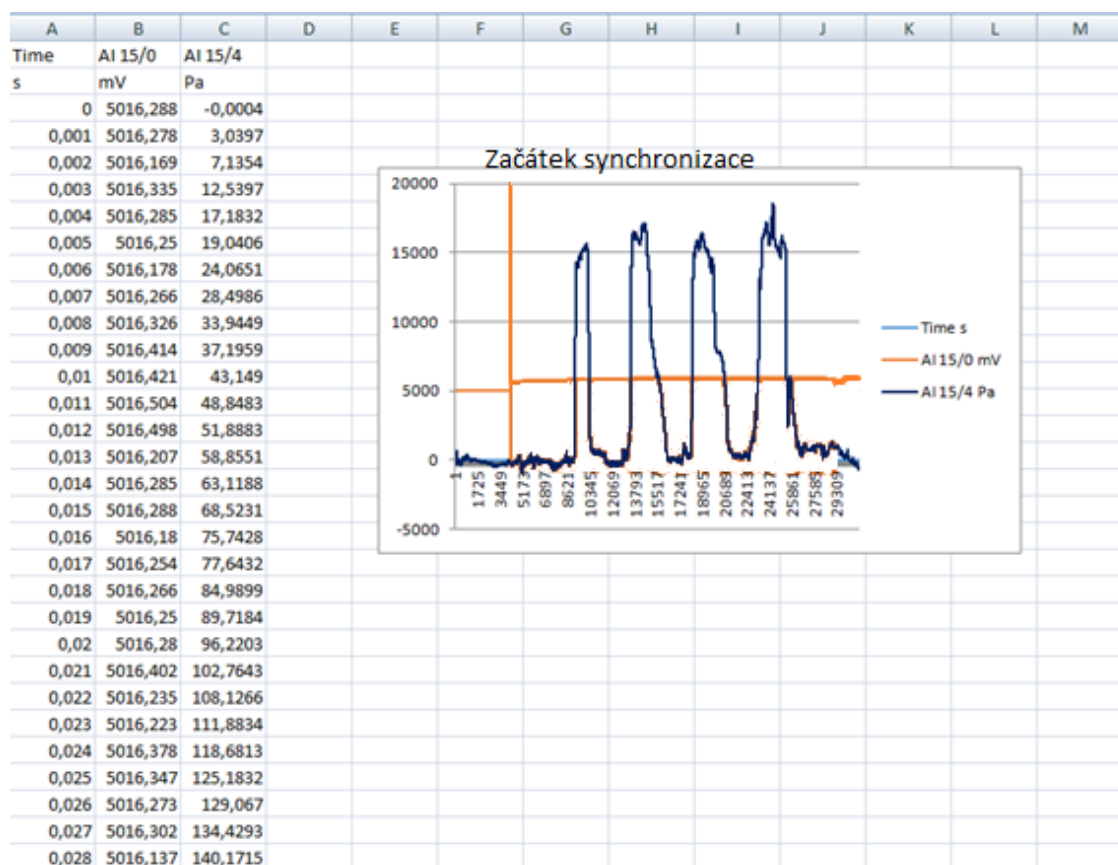
Obvod nadloktí v klidu byl měřen na paži v relaxované, volně visící pozici vedle těla krejčovským metrem. Obvod byl měřen v poloviční vzdálenosti mezi nadpažkem (acromionem) a hranou loktem (olecranon ulnae). Obvod byl měřen přes největší část bicepsu. Obvod nadloktí při kontrakci akci byl měřen stejným způsobem, jako v klidu. Rozdílem byla pouze přítomná kontrakce, při sevření pravého uhlu mezi předloktím a nadloktím.

Obvod krku byl měřen krejčovským metrem, horizontálně, těsně pod štítnou chrupavkou.

4. Analýza dat

4.1 Analýza dat ústního tlaku a překonávaného odporu

Data uložená sběrným programem DEWESoft7 jsou v původní formě těžko analyzovatelná. Veškerá měření byla proto nejprve vyexportována do formátu podporovaného excellem. Tím došlo k převodu neměnného grafického znázornění, do do xlb. typu souboru, jež umožňuje další práci s daty.



Obr. č. 3. Vyexportovaná data sloužící k další analýze, Zdroj: Vlastní

Výsledným převodem jsou získány údaje z měření, s možností analýzy tisíce vteřiny (sloupec A). Sloupec B poté značí synchronizaci s dalšími měřícími zařízeními (kinematikou a elektromyografií). Čas měření 0, poté začíná na grafu prodlouženou částí přímky (AI15/0mV), jež signalizuje manuální spuštění synchronizace všech tří měřících

metod. Sloupec číslo C (kanál A1 15/4) poté značí výkyvy ve snímaného tlaku v pascalech.

Vzhledem k přirozenému elektronickému toku uvnitř optického kabelu, dochází v čase k mírnému posunu Y osy směrem nahoru. Proto byl každý výdech vyhodnocován zvlášť od jeho počátku (tlak 0) po jeho nejvyšší hodnotu (tlak max).

Výsledné hodnoty byly poté zaznamenány u každého probanda do přehledné tabulky, kde byly přiřazeny k jednotlivým opakováním, dechovým technikám, % překonávaného RM, a zvedané hmotnosti. Do statistického hodnocení nebyly přepsány hodnoty, které byly prvním pohledem závadné a enormně se lišily od průměru. Po této korekci byla data statisticky zpracována.

Pro zjištění průměrného ústního tlaku, při překonávání zátěže 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM u jednotlivých dechových technik, byl brán průměr všech výdechů v dané sérii všech probandů. (viz. řešení práce příloha č. 2 – průměrný ústní tlak každého probanda). Shrnutí těchto výsledků je zde prezentováno v tabulce č. 4 (Výsledky). Stejný způsob byl zvolen pro zjištění průměrné zvedané zátěže u 1RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM u jednotlivých dechových technik. Vyhodnocení průměrného překonávaného odporu všech probandů (viz. řešení práce, příloha č. 3), je zde shrnuto v tabulce č. 2 (Výsledky).

Pro zjištění relativní překonané zátěže (zvednuté kg na 1kg tělesné hmotnosti) bylo využito absolutní překonané zátěže probanda (celkový počet nazvedaných kg v sérii) které byly následně vyděleny počtem opakování a váhou probanda. Výsledný průměr všech probandů u zátěže 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM je zde prezentován v tabulce č. 3 (výsledky). Zdrojová data jsou uvedeny v řešení práce, v příloze č. 4-5.

Pro zjištění průměrného ústního tlaku, u jednotlivých opakování zátěže 4 RM, 8 RM a 12 RM u jednotlivých dechových technik, byl brán průměr výdechů 10 probandů u daného opakování v sérii. Účast probanda ve statistickém zpracování této části výzkumu byla podmíněna nejen excelentním osvojením dechových technik a technik bench-pressu, ale zejména pak 100% celistvostí dat daného probanda.

Tabulka č. 1 Popis výzkumného vzorku.

	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
Věk	23	28	25,11	1,81
Výška (cm)	178,2	187,2	183,07	2,58
Váha (kg)	74	97	89,11	7,62

Shrnutí výsledků této části měření je zde prezentováno z důvodu obsáhlosti dat v grafech 1-6 (Výsledky).

Posledním sledovaným parametrem pomocí manometru byl maximální expirační tlak v sedu. Ze tří měření v každé části byl vybrán u každého probanda pokus s nejvyšší hodnotou. Tato hodnota byla převedena do společné tabulky s ostatními probandy a následně zprůměrována. (viz. zde tabulka č. 4).

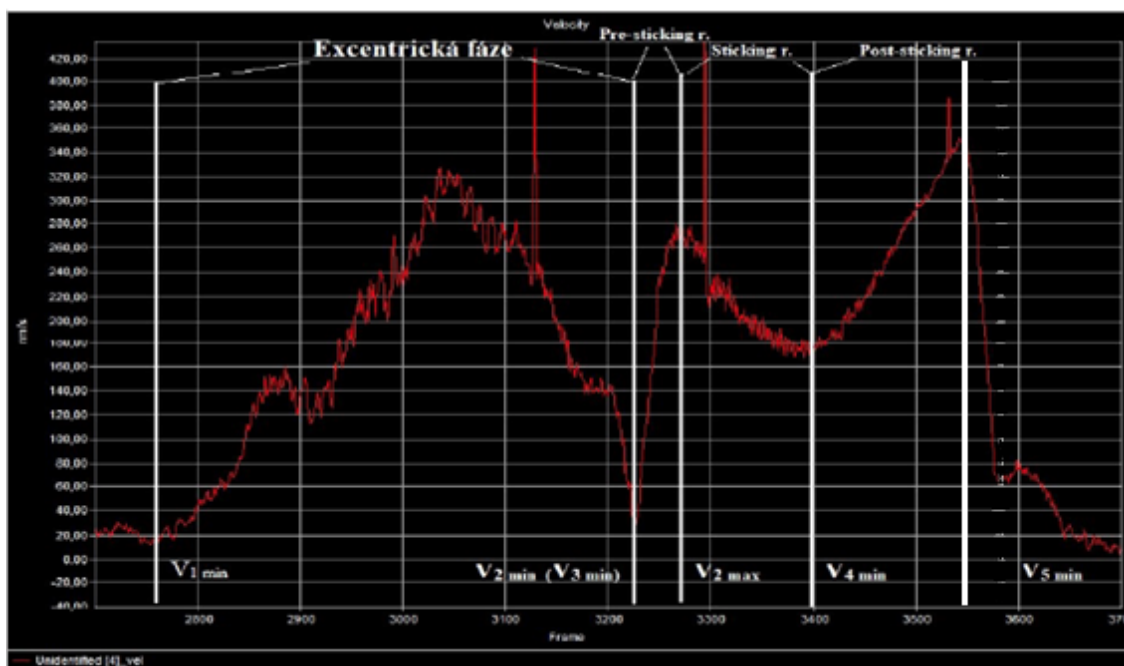
4.2 Analýza kinematických dat

K vyhodnocení dat kinematiky se většinu času využívalo programu Qualysis track manager. K pomocným výpočtům a vyhodnocení záznamu poté Microsoft Excell. Vzhledem k jednoduchosti dráhy pohybu bylo nutné doplnění dat po měření zcela minimální (<2%). Chybějící data se vyskytovala výhradně u markeru ve středu osy, jehož údaje byly využívány pro všechny prezentované výsledky, pokud není řečeno jinak. Chybějící data se vyskytovala výhradně v momentu dotyku osy s hrudníkem a byla vyplněna polynomynální funkcí uvnitř programu.

Pro získání klíčových výsledků bylo pracováno zejména s dráhou a rychlostí, jež vedly k určení bodů počátku a konce jednotlivých částí zdvihu (excentrická fáze, koncentrická fáze, před-kritická fáze, kritická fáze, post-kritická fáze). Stanovení bodů, které jednotlivé části oddělovaly, bylo výchozím bodem pro dopočet překonané vzdálenosti v jednotlivých částech zdvihu.

Excentrická fáze pohybu byla zpracována jako celek pomocí dvou bodů - horní část zdvihu, neboli bod, kdy se osa dala do pohybu směrem dolů $V_{1\min}$ (začátek) a druhou nejnižší zaznamenanou rychlostí $v_{2\min}$ (konec).

Koncentrická fáze byla poté rozdělena 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 $V_{3\min}$. Dalším zaznamenaným bodem je bod 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 předkritická fáze pohybu. Rozmezí mezi $V_{2\max}$ a $V_{4\min}$ poté označuje kritickou fázi pohybu. Závěrečné rozmezí mezi $V_{4\min}$ a pátou zaznamenanou nejnižší rychlostí - $V_{5\min}$ je postkritická fáze pohybu. U všech těchto veličin byl zaznamenán čas (t) a dráha (s).



Obr. č. 4 Rozdělení každého zdvihu v rámci jednotlivých částí, Zdroj: Vlastní

Po analýze jednotlivých údajů z qualisys track manageru byly získané hodnoty rozděleny na jednotlivé fáze (obr č. 4) a přeneseny do Excelu k dalšímu statistickému zpracování.

Výsledné časy jednotlivých částí zdvihu byly vypočteny podle změny rychlosti následovně:

a) doba excentrické fáze = $tV_{2 \text{ min}} - tV_{1 \text{ min}}$ (čas 2. nejnížší rychlosti – čas 1. nejnížší rychlosti)

b) doba koncentrické fáze = $tV_{5 \text{ min}} - tV_{3 \text{ min}}$ (čas 5. nejnížší rychlosti – čas 3 nejnížší rychlosti)

c) doba před-kritická (pre-sticking region) = $tV_{2 \text{ max}} - tV_{3 \text{ min}}$ (čas 2. nejvyšší rychlosti – čas 3. nejvyšší rychlosti)

d) doba kritická (sticking region) = $tV_{4 \text{ min}} - tV_{2 \text{ max}}$ (čas 4. nejnížší rychlosti – čas 2. nejvyšší rychlosti)

e) doba post-kritická (post-sticking region) = $tV_{5 \text{ min}} - tV_{4 \text{ min}}$ (čas 5. nejnížší rychlosti – čas 4. nejnížší rychlosti)

Výsledné dráhy byly vypočteny stejným způsobem, ale místo času byla zaznamenávána dráha jednotlivých částí v mm.

Tento postup byl aplikován pro každého probanda, každou dechovou techniku a každé opakování u 1 RM a 4 RM. Výsledná data všech probandů byla následně zprůměrována do tabulek č. 5-6 (Výsledky).

4.3 Analýza dat elektromyografie

Pro analýzu dat elektromyografie bylo využito modifikovaných časových dat z 1 RM a - 4 RM 3D kinematiky v kombinaci s EMG záznamem.

Data z 3D kinematiky byla nejprve rozdělena podle jednotlivých dechových technik a počtu RM, dále pak časově podle jednotlivých opakování a jeho částí. Následně byl pomocí skriptu v Matlabu a EMG záznamu vypočítán medián, horní a dolní kvartil svalové frekvence jednotlivých měřených svalů. Údaje o svalové aktivitě byly následně přiřazeny k jednotlivým dechovým technikám, počtu RM a fázím pohybu (obr. č. 5). Získaná data byla následně zpracována do finální tabulky, obsahující medián (M 50) průměrné hodnoty svalové frekvence vybíjení všech naměřených probandů, rozdělených podle dechové techniky, počtu RM a jednotlivých fází viz tabulky č. 7 a graf č. 9 (Výsledky).

Proband	Opakování	Fáze pohybu	Zacatek	Konec	doba fáze	Median							
						R. Abd.	O. Abd.	Tri.Br.	Lat. D.	Ant. Delt.	Post. Delt.	PM. Stern	PM. Clav.
proband 1	1	excentrická	7,74	9,32	1,58	101,23	151,22	122,11	94,27	90,48	80,99	78,46	86,68
proband 1	1	koncentrická	9,35	10,52	1,17	105,94	145,24	115,34	102,52	85,43	87,14	79,45	87,14
proband 1	1	před-kritická	9,35	9,69	0,34	123,35	143,91	117,47	120,41	93,98	96,92	85,17	91,04
proband 1	1	kritická	9,69	9,89	0,2	109,73	129,68	104,74	134,66	99,75	89,78	99,75	99,75
proband 1	1	post-kritická	9,89	10,52	0,63	101,51	150,67	120,54	96,75	85,65	87,23	79,30	87,23
proband 1	2	excentrická	12,01	13,43	1,42	151,36	151,36	107,00	113,34	87,29	89,41	81,66	80,25
proband 1	2	koncentrická	13,45	14,82	1,37	150,31	151,77	113,83	108,72	79,53	88,29	80,26	80,99
proband 1	2	před-kritická	13,45	13,6	0,15	166,11	166,11	126,25	166,11	93,02	106,31	99,67	106,31
proband 1	2	kritická	13,6	14,11	0,51	152,79	154,75	121,45	109,70	84,23	90,11	80,31	84,23
proband 1	2	post-kritická	14,11	14,82	0,71	115,41	153,41	114,00	109,78	81,63	90,08	78,82	83,04
proband 1	3	excentrická	16,48	17,9	1,42	126,01	135,16	122,49	115,45	88,00	83,07	94,33	85,18
proband 1	3	koncentrická	17,97	19,85	1,88	109,01	95,19	104,76	97,31	81,36	82,96	81,36	90,93
proband 1	3	před-kritická	17,97	18,22	0,25	123,75	95,81	103,79	95,81	95,81	87,82	91,82	91,82
proband 1	3	kritická	18,22	19,5	1,28	106,99	95,28	106,21	100,74	82,00	85,12	81,22	98,40
proband 1	3	post-kritická	19,5	19,85	0,35	128,39	111,27	108,42	122,68	82,74	91,30	88,45	99,86
proband 1	4	excentrická	22,07	23,7	1,63	99,97	112,85	111,62	113,46	88,32	84,02	80,34	87,09
proband 1	4	koncentrická	23,73	26,78	3,05	117,36	104,57	92,77	102,61	81,30	85,89	81,63	83,92
proband 1	4	před-kritická	23,73	23,98	0,25	119,76	99,80	123,75	99,80	99,80	91,82	91,82	87,82
proband 1	4	kritická	23,98	25,75	1,77	109,01	95,45	93,19	108,44	78,51	83,03	80,20	84,72
proband 1	4	post-kritická	25,75	26,78	1,03	122,27	130,03	96,07	95,10	87,34	89,28	83,45	87,34
proband 2	1	excentrická	5,82	7,79	1,97	130,93	150,72	119,77	174,57	86,78	85,77	81,20	82,72
proband 2	1	koncentrická	7,81	9,31	1,5	140,62	163,28	109,96	182,61	83,97	85,30	77,31	83,31
proband 2	1	před-kritická	7,81	8,14	0,33	124,05	178,52	102,87	187,59	84,72	90,77	78,67	87,75
proband 2	1	kritická	8,14	8,68	0,54	153,56	164,66	107,31	181,31	88,81	86,96	79,56	85,11
proband 2	1	post-kritická	8,68	9,31	0,63	145,92	160,19	120,54	185,57	90,40	87,23	84,06	87,23
proband 2	2	excentrická	11,18	12,78	1,6	148,08	151,83	101,22	152,45	81,22	88,10	76,23	83,72
proband 2	2	koncentrická	12,81	14,46	1,65	142,99	146,02	114,51	188,43	87,25	84,22	78,76	84,82
proband 2	2	před-kritická	12,81	13,15	0,34	161,53	140,97	111,60	193,83	91,04	91,04	88,11	88,11
proband 2	2	kritická	13,15	13,78	0,63	144,33	149,09	106,26	204,60	88,82	82,47	76,13	82,47
proband 2	2	post-kritická	13,78	14,46	0,68	126,38	157,24	120,50	177,81	88,17	89,64	88,17	91,11
proband 2	3	excentrická	16,8	18,16	1,36	138,18	152,88	108,05	168,32	78,65	81,59	79,38	83,79
proband 2	3	koncentrická	18,18	20,01	1,83	139,85	152,96	103,25	169,35	83,04	85,22	81,40	80,31
proband 2	3	před-kritická	18,18	18,45	0,27	158,96	158,96	110,91	181,15	85,03	92,42	99,82	88,72
proband 2	3	kritická	18,45	19,07	0,62	143,43	162,77	95,08	172,44	90,25	85,41	82,19	83,80
proband 2	3	post-kritická	19,07	20,01	0,94	140,35	153,11	115,90	165,87	84,00	86,12	81,87	77,62
proband 2	4	excentrická	22,05	23,43	1,38	144,15	143,43	94,89	151,39	81,13	81,85	82,58	89,10
proband 2	4	koncentrická	23,46	27,25	3,79	141,93	141,67	104,74	160,93	83,10	81,78	79,94	81,78
proband 2	4	před-kritická	23,46	23,68	0,22	158,73	149,66	140,59	204,08	95,24	95,24	90,70	86,17
proband 2	4	kritická	23,68	25,34	1,66	129,48	143,33	109,00	162,00	80,70	88,53	77,09	87,32
proband 2	4	post-kritická	25,34	27,25	1,91	146,56	141,85	98,93	154,93	83,75	81,65	84,27	82,18

Obr. č. 5. Tabulka přiřazení EMG záznamu k jednotlivým dechovým technikám, RM a fázím pohybu
 Legenda: (R. abd = rectus abdominis, O. Abd = obliquus abdominis Tri. Br. = triceps brachii Lat. D. = latissimus dorsi, Ant. D. = anterior deltoideus, Post. Del. = posterior deltoideus, PM. Stern = pectoralis major pars sternalis, PM. Clav = pectoralis major pars clavicularis)
 Zdroj: Vlastní

Naměřený signál byl v programu Matlab filtrován pomocí pásmového (bandpass) filtru 70-500 Hz se stopkovými frekvencemi 65 Hz a 550 Hz. Zeslabení v hraničním pásmu (70-65 a 500-550) bylo 60 dB/na oktávu, zesílení v propustném pásmu nebylo aplikováno. Jako metoda frekvenční analýzy byla zvolena rychlá Fourierova transformace (DFT), pro jednotlivá opakování bench pressu. Na jejich základě byla spočítána mediánová frekvence spektra pro každé opakování a jeho fáze.

4.4 Statistické zpracování

Pro statistické analýzy byl použit software STATISTICA v. 13.4.0 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA) na statistické hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Deskriptivní data byla vyjádřena v průměru a směrodatných odchylkách, kdy navíc byly provedeny korelační analýzy antropometrických údajů vůči překonávané zátěži, kinematickou, EMG aktivitou a nitrohruďního tlaku. Ke vztahům mezi jednotlivými parametry bylo využito Pearsonovo korelačního koeficientu, kdy korelace $x \geq 0,6$ je považována za silnou, $x \geq 0,4$ za středně silnou, $x \geq 0,2$ za velmi slabou a $x < 0,2$ za bezvýznamnou.

Pro ověření hypotéz byla využita ANOVA pro opakovaná měření na statistické významnosti $p \leq 0,05$, následována Tukey post hoc testem. Užití ANOVA analýzy předcházelo ověření normality dat pomocí Kolmogorov Smirnova testu.

Hypotéza H1 byla hodnocena pro každou intenzitu cvičení zvlášť pro nezávisle proměnné dechové techniky a závisle proměnné překonávaného odporu a nitrohruďního tlaku.

Hypotéza H2 byla hodnocena pro intenzitu cvičení 1RM a 4RM zvlášť pro nezávisle proměnné dechové techniky a závisle proměnné doby a dráhy zvedané činky v excentrické a koncentrické fázi.

Hypotéza H3 byla hodnocena pro každou intenzitu cvičení zvlášť pro nezávisle proměnné dechové techniky a závisle proměnné EMG frekvenci jednotlivých měřených svalových skupin.

5. VÝSLEDKY - souhrn

Výzkum byl dokončen všemi zúčastněnými probandy. Z důvodu nedostatečné kvality provedení testového protokolu a s tím souvisejícím možným zkreslením dat nebyly do výsledků započítány data 2 subjektů. Z tohoto důvodu počet probandů hlavní části výzkumu s hodnocením hypotéz byl 23 ($n = 23$). U žádného z parametrů, u kterého byla ověřována hypotéza, nedošlo k narušení normality dat. V dílčí části výzkumu – analýza tlaku jednotlivých opakování v rámci jednotlivých RM byl počet probandů 10 a to z důvodu chybějících dat u dílčích opakování jednotlivých probandů.

5.1.1 Výsledky překonaného odporu a nitrohruďního tlaku

Analýza ANOVA ukázala rozdílnost v překonané zátěži (tabulka č. 2) mezi jednotlivými dechovými technikami, kdy post hoc test ukázal, že REVB má za následek signifikantně nižší překonanou zátěž u 1 RM ($F_{4, 76} = 22,57, p < 0,01$), u 4 RM ($F_{4, 76} = 13,18, p < 0,01$), 8 RM ($F_{3, 57} = 28,25, p < 0,01$) a 12 RM ($F_{3, 57} = 13,28, p < 0,01$). Zároveň vede k signifikantně nižší překonané relativní zátěži (tabulka č. 3) u 1 RM ($F_{4, 72} = 23,32, p < 0,001$), 4 RM ($F_{4, 72} = 11,91, p < 0,01$), 8 RM ($F_{3, 54} = 25,98, p < 0,01$) a 12 RM ($F_{3, 54} = 14,61, p < 0,01$).

Tabulka č. 2. Přehled průměru překonané zátěže všech probandů (n=23) u vybraných dechových technik.

Dechová dechnika	1 RM (kg)	4 RM (kg)	8 RM (kg)	12 RM (kg)
HB	105,2 ± 23,3	91,8 ± 21,37	78,63 ± 18,34	63,35 ± 14,58
FBP	106,4 ± 22,6	93,08 ± 21,01	80,83 ± 17,65	64,34 ± 13,84
REVB	96,8 ± 20,0*	85,65 ± 17,88*	72,5 ± 16,38*	56,79 ± 14,14*
PAC	104,5 ± 22,0	90,65 ± 19,98	X	X
VM	105,6 ± 22,2	93,6 ± 19,81	80,18 ± 17,68	61,81 ± 14,04

Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

Tabulka č. 3. Relativní překonaná hmotnost všech probandů (n=23) u vybraných dechových technik.

Dechová dechnika	1 RM (kg/kg)	4 RM (kg/kg)	8 RM (kg/kg)	12 RM (kg/kg)
HB	1,24 ± 0,23	1,08 ± 0,20	0,92 ± 0,18	0,74 ± 0,14
FBP	1,25 ± 0,21	1,09 ± 0,20	0,95 ± 0,17	0,76 ± 0,13
REVB	1,13 ± 0,18*	1,01 ± 0,16*	0,85 ± 0,16*	0,66 ± 0,14*
PAC	1,23 ± 0,21	1,06 ± 0,18	X	X
VM	1,24 ± 0,20	1,10 ± 0,18	0,94 ± 0,17	0,73 ± 0,14

Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

Při analýze ITP hodnot ukázala ANOVA rozdíly mezi dechovými technikami použitými u 1 RM a hodnotami MEP provedeném v sedu ($F_{5, 70} = 8,36$, $p = 0,01$), post hoc test následně ukázal výrazně vyšší tlak u MEP a výrazně nižší u REVB v porovnání s ostatními technikami. Tento jev je patrný i podle výsledků z tabulky č. 10, kdy žádná z dechových technik nevedla k průměrně vyšší generaci ITP, než byly naměřené MEP hodnoty ($18,56 \pm 3,18$ kPa start měření 1, $18,37 \pm 3,38$ kPa start měření 2, $18,23 \pm 20,16$ kPa konec měření 1, $20,16 \pm 4,08$ kPa konec měření 2). Při analýze ITP jednotlivých dechových technik během BP u 4 RM, 8 RM a 12 RM ukázala ANOVA rozdíly mezi jednotlivými technikami ($F_{4, 56} = 9,43$, $p = 0,01$ pro 4 RM, $F_{3, 36} = 2,00$, $p = 0,01$ pro 8 RM a $F_{3, 33} = 5,96$, $p = 0,01$ pro 12 RM), kdy následný post hoc test prokázal, stejně jako u 1 RM, že technika REVB vede k nižší generaci ITP, než ostatní dechové techniky.

Tabulka č. 4. Přehled průměru nitrohručního tlaku všech probandů ($n=23$) u vybraných dechových technik.

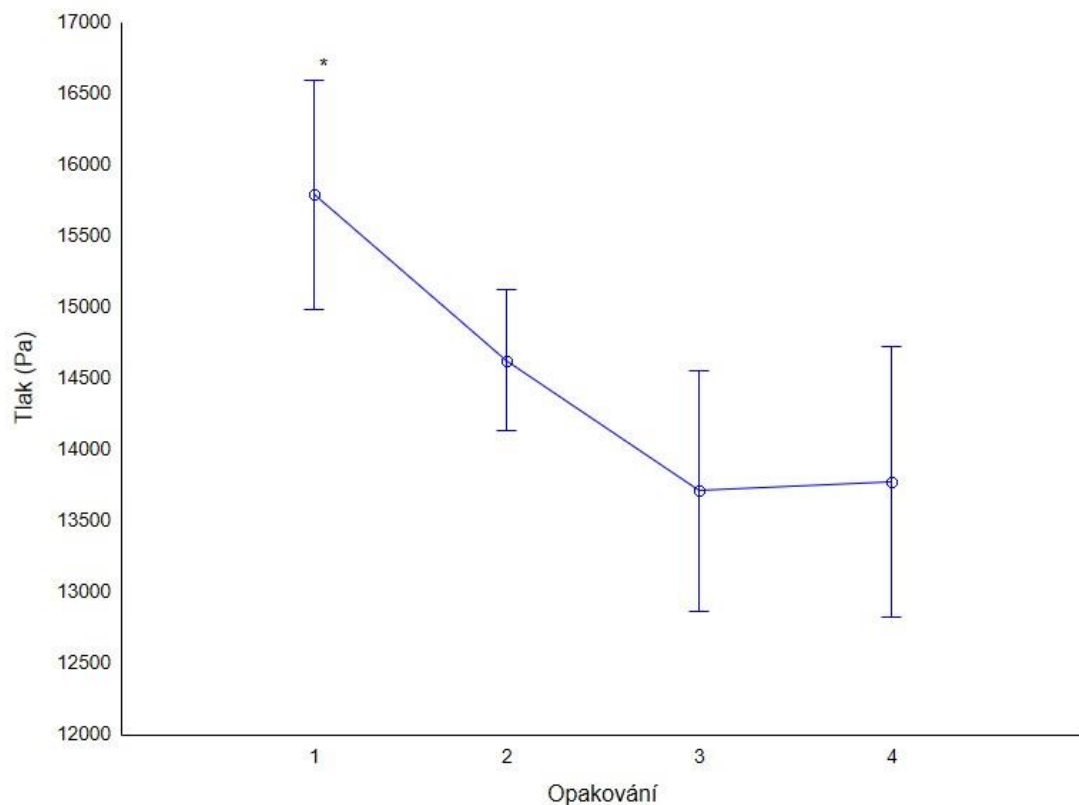
Dechová technika	1 RM (kPa)	4 RM (kPa)	8 RM (kPa)	12 RM (kPa)
HB	$14,63 \pm 1,89$	$13,85 \pm 1,93$	$12,91 \pm 2,07$	$12,09 \pm 2,50$
FBP	$14,62 \pm 1,87$	$13,68 \pm 2,33$	$13,15 \pm 2,90$	$13,42 \pm 3,13$
REVB	$11,57 \pm 1,61^*$	$11,28 \pm 2,18^*$	$11,19 \pm 2,26^*$	$10,55 \pm 1,97^*$
PAC	$14,86 \pm 1,92$	$13,30 \pm 2,23$	X	X
VM	$15,32 \pm 1,55$	$13,51 \pm 2,44$	$12,68 \pm 2,77$	$13,15 \pm 2,72$
MEP	$18,83 \pm 3,2^*$	X	X	X

Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

5.1.2 Analýza jednotlivých opakování v rámci jednotlivých sérií se sub - maximálními odpory

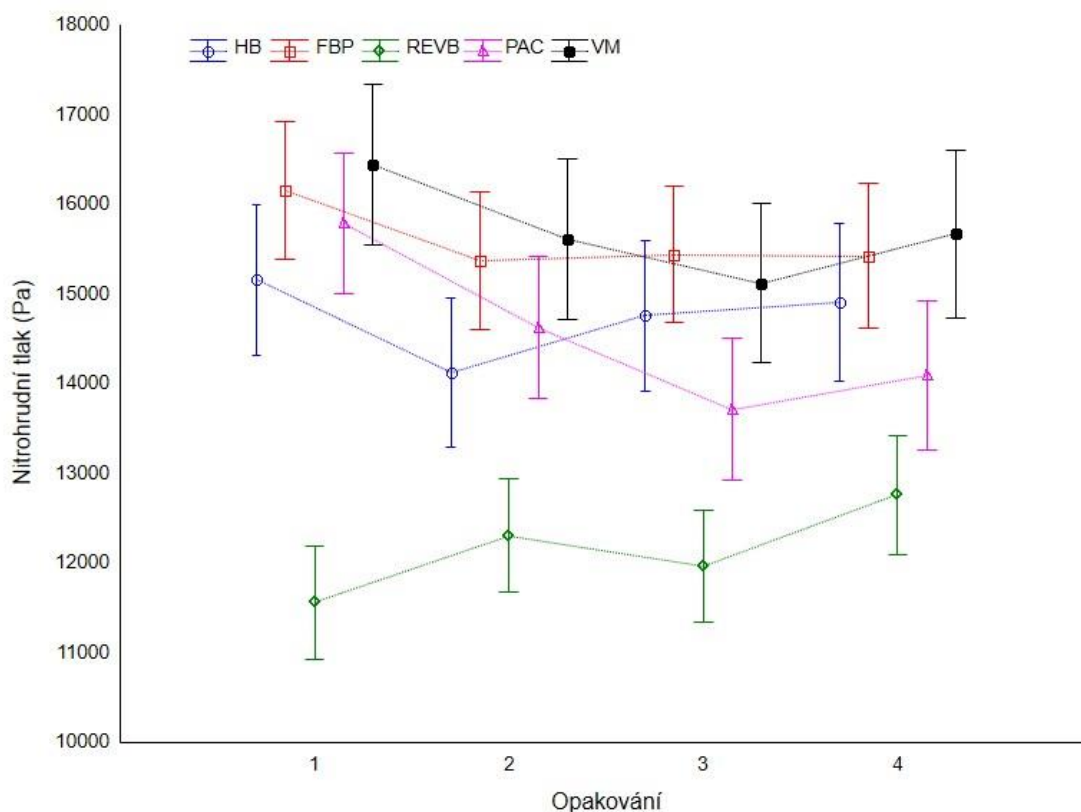
Při analýze jednotlivých opakováních, v rámci jednotlivých dechových technik u 4 RM, odhalila ANOVA ($F_{3,27} = 3,981$, $p = 0,02$) rozdílnost ITP mezi jednotlivými opakováními u dechové techniky PAC. Následný post hoc test odhalil, že první opakování se významně liší od opakování 3 a 4 (graf č. 1). Ostatní dechové techniky ve svém rámci nevykazovaly podle ANOVA významné rozdíly ($F_{3,24} = 0,782$, $p = 0,52$ pro HB, $F_{3,27} = 3,417$, $p = 0,06$ pro FBP, $F_{3,24} = 0,734$, $p = 0,54$ pro REVB, $F_{3,27} = 1,647$, $p = 0,2$ pro VM) (graf č. 2).

Graf č. 1. Průměrný nitrohruční tlak u každého opakování u 4 RM techniky PAC (n=10).



Legenda: *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním opakováním v dané intenzitě $p < 0,05$

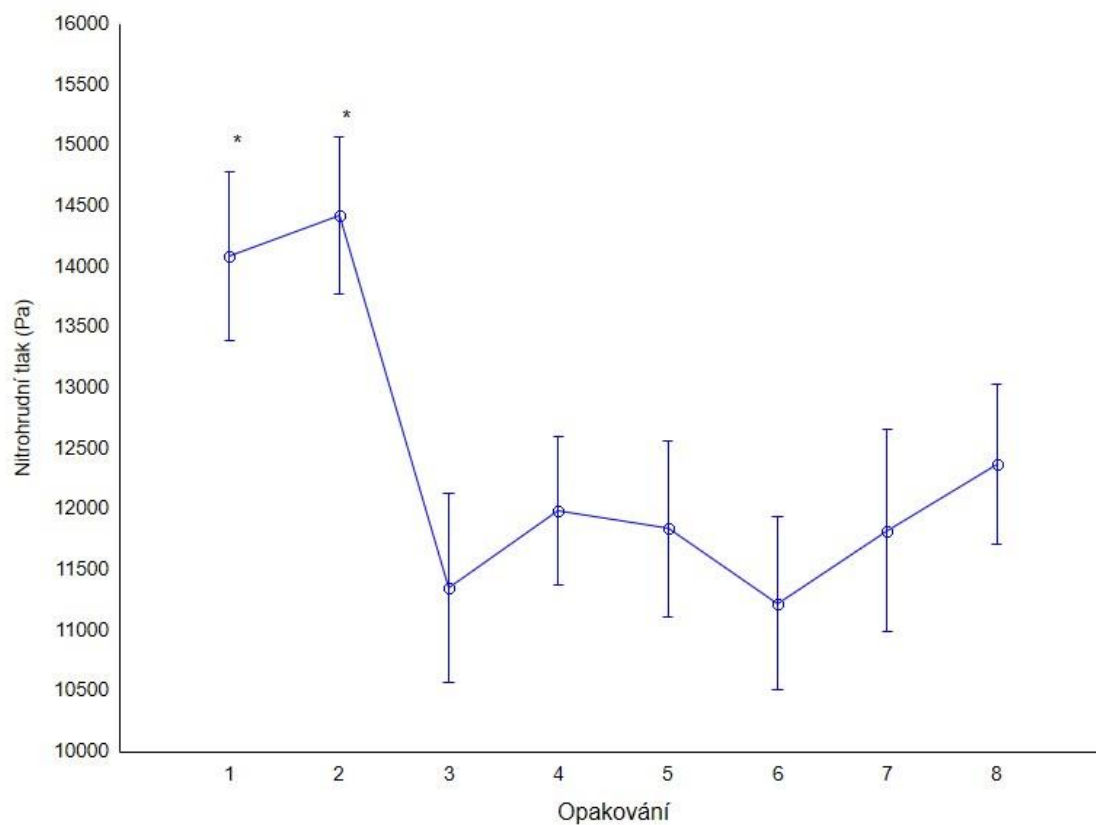
Graf č. 2. Průměrný nitrohruční tlak u každého opakování ze 4 RM u každé dechové techniky (n=10).



Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr

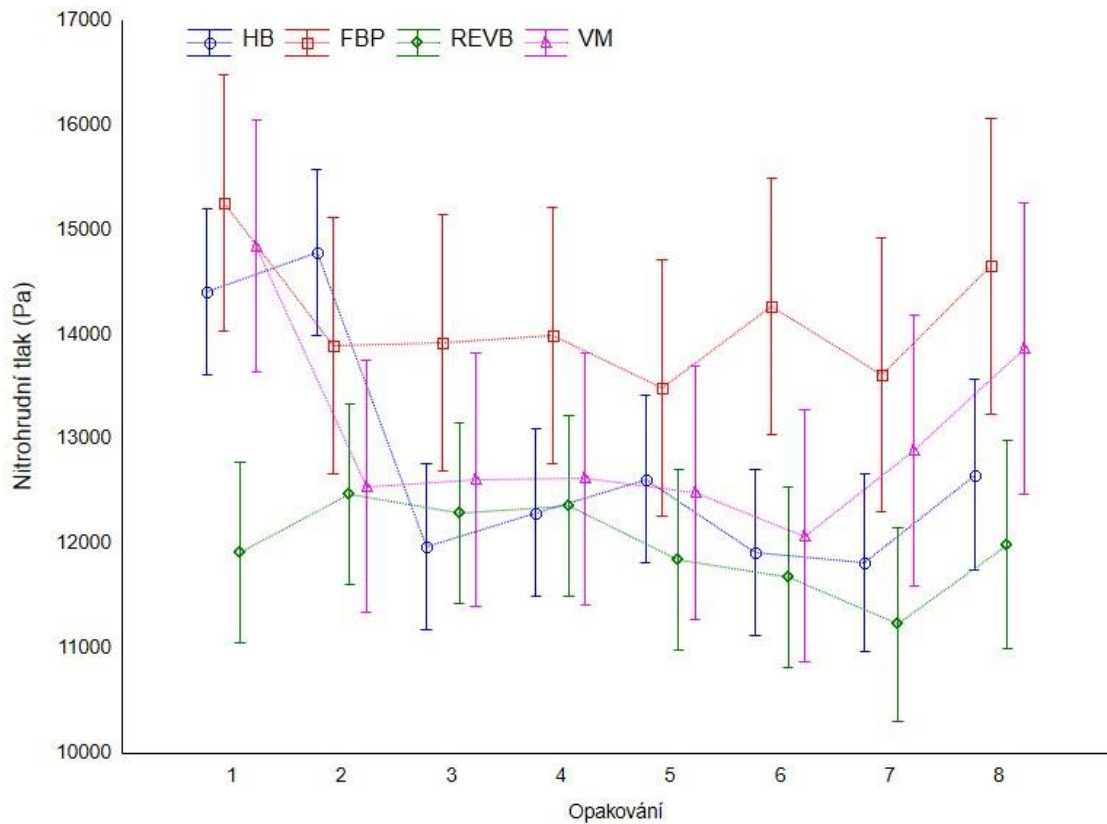
Při analýze jednotlivých opakováních, v rámci jednotlivých dechových technik u 8 RM, odhalila ANOVA ($F_{7,42} = 3,953$, $p = 0,01$) rozdílnost ITP mezi jednotlivými opakováními u dechové techniky HB. Následný post hoc test ukázal, že první a druhé opakování se významně liší od opakování 3-8 (graf č. 3). Ostatní dechové techniky ve svém rámci nevykazovaly podle ANOVA významné rozdíly ($F_{7,42} = 0,736$, $p = 0,64$ pro FBP, $F_{7,28} = 0,196$, $p = 0,98$ pro REVB, $F_{7,49} = 3,101$, $p = 0,1$ pro VM) (graf č. 4).

Graf č. 3. Průměrný nitrohruční tlak u každého opakování u 8 RM techniky HB (n=10).



Legenda: *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním opakováním v dané intenzitě $p < 0,05$

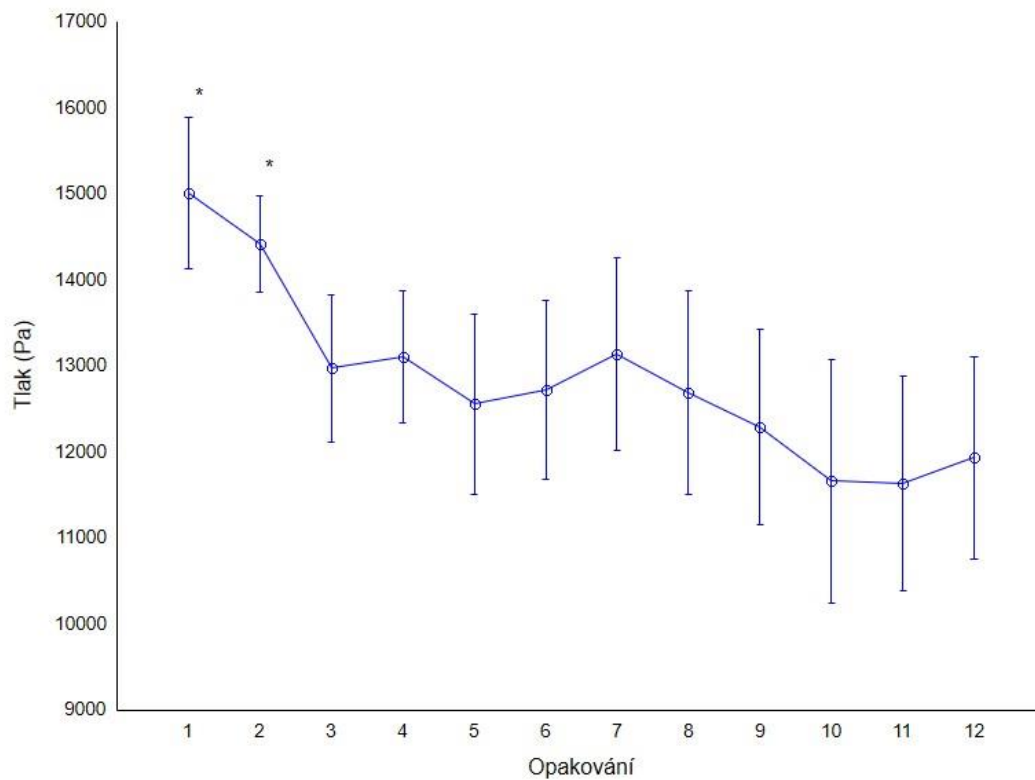
Graf č. 4. Průměrný nitrohruční tlak u každého opakování z 8 RM (n=10).



Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr

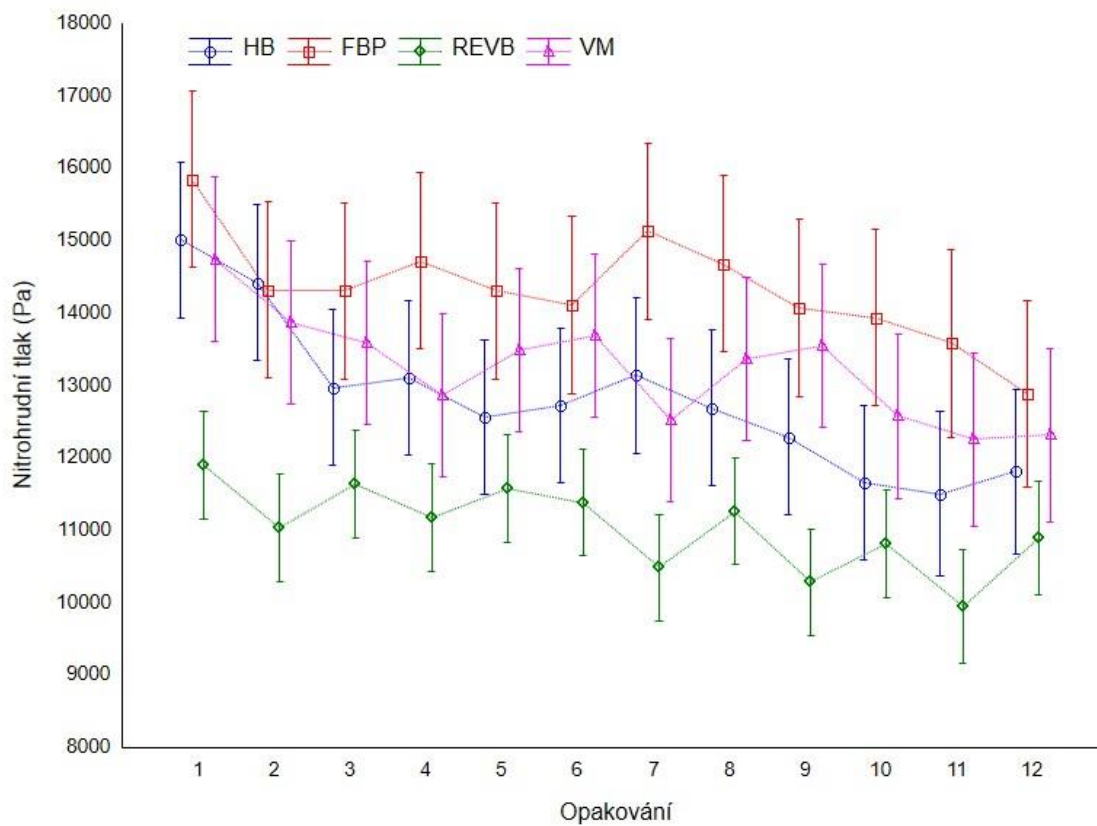
Při analýze jednotlivých opakování, v rámci jednotlivých dechových technik u 12 RM, odhalila ANOVA ($F_{11, 88} = 5,298$, $p = 0,01$) rozdílnost ITP mezi jednotlivými opakováními u dechové techniky HB. Následný post hoc test odhalil, že první a druhé opakování se významně liší od opakování 3-12 (graf č. 5). Ostatní dechové techniky ve svém rámci nevykazovaly významné rozdíly ($F_{8, 64} = 1,45$, $p = 0,19$ pro FBP, $F_{8, 64} = 1,293$, $p = 0,26$ pro REVB $F_{8, 64} = 1,256$, $p = 0,28$ pro VM) (graf č. 6).

Graf č. 5. Průměrný nitrohruční tlak u každého opakování u 12 RM techniky HB
(n=10).



Legenda: *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním opakováním v dané intenzitě $p < 0,05$

Graf č. 6. Průměrný nitrohruční tlak u každého opakování ze 12 RM u každé z dechových technik (n=10).



Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr

5.2 Souhrn Výsledků kinematiky

Kritická fáze pohybu se vyskytovala v rámci tohoto experimentu u 100% měření 1 RM a 4 RM. Při 8 RM se kritická fáze vyskytovala pouze u 43 z 96 měření (44,8%) a mnohdy nebyla ani dostatečně výrazná, aby ji bylo možné hlouběji analyzovat. Při 12 RM se kritická fáze vyskytovala u 28 z 96 měření (29,2%), s podobným průběhem jako u 8 RM. Z důvodů absence, či nevýraznosti jednotlivých částí kritické fáze pohybu, byla proto dále statisticky vyhodnoceno pouze 1 RM a poslední RM ze 4 RM všech dechových technik. (Výsledky kinematiky 4 RM jsou stejným způsobem zpracovány v řešení práce kapt. 10.2.2 Výsledky kinematiky u 4 RM)

5.2.1 Výsledky kinematiky u 1 RM

Při analýze doby koncentrické fáze všech dechových technik u 1 RM vykázala ANOVA, rozdílnost mezi jednotlivými technikami ($F_{4,69} = 3,25, p = 0,02$). Následný post hoc test prokázal, že VM vykazuje signifikantně kratší dobu koncentrické fáze, přestože překonávaná zátěž nebyla u VM odlišná od PAC, HB a FBP (kapitola 5.1.1 Výsledky překonaného odporu a nitrohruďního tlaku). Zbytek dechových technik vykazoval podobnou dobu koncentrické dráhy pohybu (viz. tabulka č. 5).

Tabulka č. 5. Doba trvání jednotlivé fáze 1 RM (n=23).

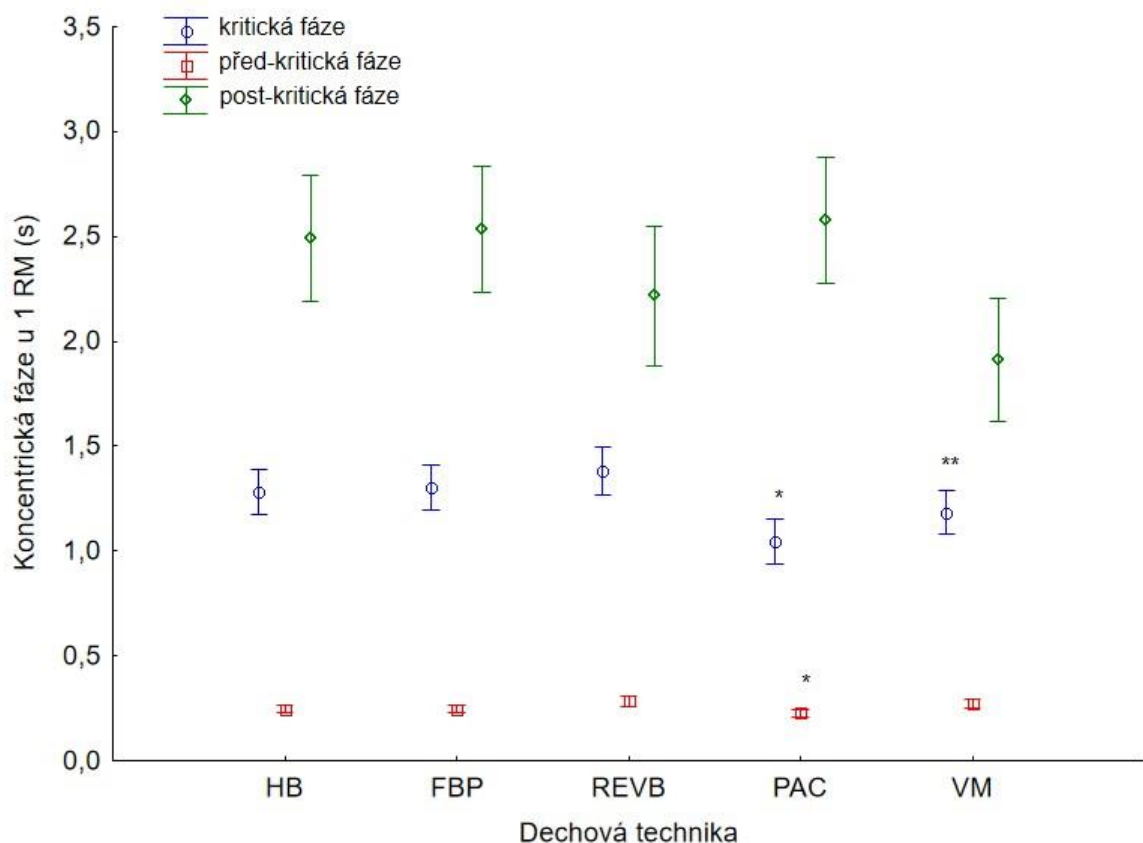
Fáze	Délka trvání jednotlivé fáze 1 RM (s)				
	VM	REVB	HB	PAC	FBP
Excentrická	1,77 ± 0,34	2,12 ± 0,51	1,91 ± 0,23	1,94 ± 0,37	1,89 ± 0,32
Koncentrická	3,23 ± 1,14*	3,88 ± 1,85	3,95 ± 1,61	4,26 ± 2,16	4,08 ± 1,52
Před-kritická	0,27 ± 0,12	0,28 ± 0,09	0,25 ± 0,10	0,23 ± 0,09*	0,25 ± 0,08
Kritická	1,18 ± 0,46**	1,38 ± 0,7	1,28 ± 0,47	1,05 ± 0,42*	1,30 ± 0,38
Post-kritická	1,91 ± 1,01	2,22 ± 1,65	2,49 ± 1,53	2,58 ± 1,01	2,53 ± 1,60

Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

Doba před-kritické fáze pohybu se dle ANOVA analýzy lišila mezi jednotlivými dechovými vzorci ($F_{4,68} = 2,81, p = 0,035$) (viz. tabulka č. 5 a graf č. 7), kdy post hoc test prokázal že technika PAC měla signifikantně kratší dobu před-kritické fáze pohybu ve srovnání s ostatními dechovými technikami.

Doba kritické fáze pohybu (viz. tabulka č. 5 a graf č. 7), byla u jednotlivých dechových technik podle ANOVY ($F_{4,68} = 2,6 p = 0,042, \mu^2 = 0,13$) rozdílná, kdy post hoc test ukázal signifikantně kratší dobu kritické fáze pohybu u techniky PAC a VM v porovnání s technikami HB, FBP a REVB a kratší dobu kritické fáze u PAC nežli u VM. Průměrná doba post-kritické fáze pohybu (viz. tabulka č.5 a graf č. 7), nevykazovala dle ANOVA ($F_{4,68} = 1,129, p = 0,35$) statisticky významné rozdíly.

Graf č. 7. Doba jednotlivých částí kritické fáze pohybu u 1 RM (n = 23).



Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

Průměrná koncentrická dráha (viz tabulka č. 6) byla podle ANOVY ($F_{4, 52} = 3,18$, $p = 0,02$) rozdílná mezi jednotlivými dechovými technikami. Následný post hoc test ukázal, že signifikantně nejdelší trajektorie koncentrické dráhy byla u techniky REVB. Ostatní techniky mezi sebou nevykazovaly signifikantní rozdíly.

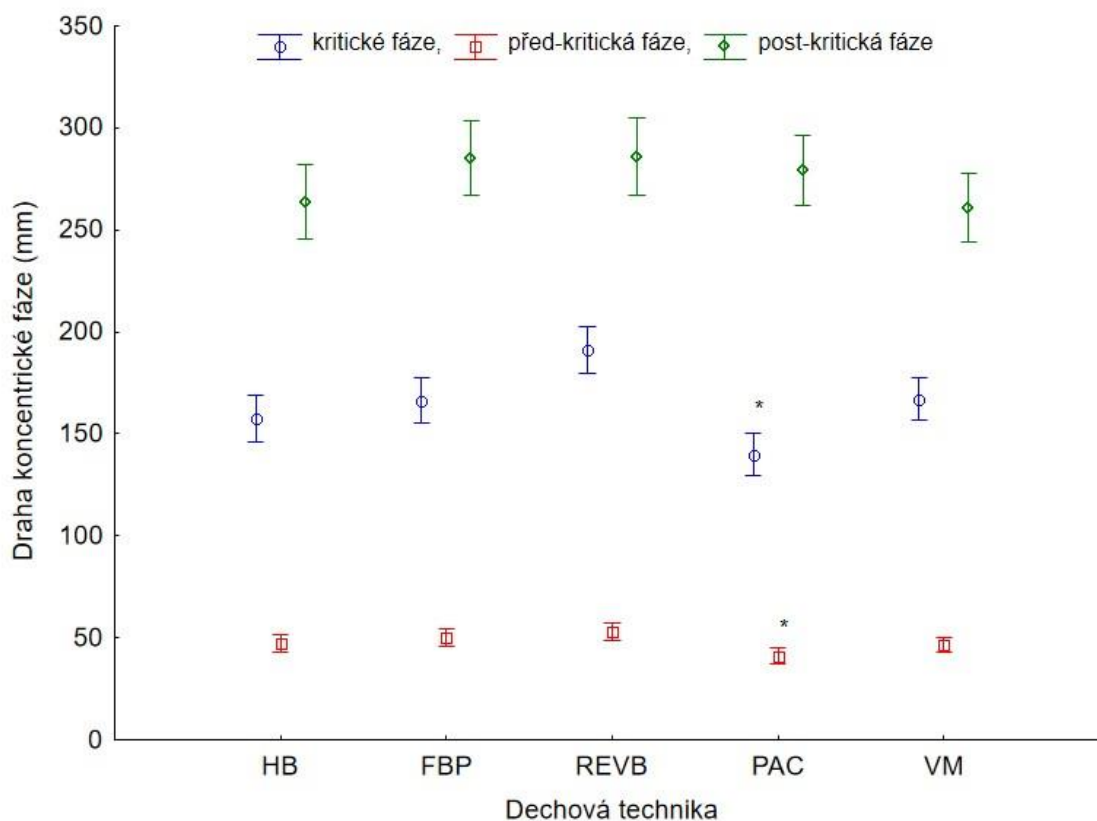
Tabulka č. 6 Dráha jednotlivé fáze 1 RM (n=23).

Fáze	Dráha jednotlivé fáze 1 RM (mm)				
	VM	REVB	HB	PAC	FBP
Excentrická	415,68 ± 30,16	434,08 ± 40,5	421,25 ± 31,43	420,78 ± 29,78	431,17 ± 28,8
Koncentrická	471,04 ± 35,76	530,33 ± 81,94	466,3 ± 49,98	461,28 ± 42,59	501,37 ± 72,53
Před-kritická	46,57 ± 20,05	53,18 ± 20,71	47,31 ± 17,89	41,10 ± 16,36*	49,92 ± 16,59
Kritická	167,12 ± 50,79*	191,18 ± 60,11	157,50 ± 40,86	139,89 ± 42,49*	161,52 ± 47,63
Post-kritická	260,90 ± 74,12	285,96 ± 90,26	263,74 ± 70,5	279,15 ± 72,72	285,20 ± 92,91

Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

Výsledky ANOVY ($F_{4, 64} = 2,36$, $p = 0,04$) ukázaly rozdílnost výsledků jednotlivých technik v před-kritické dráze pohybu (viz. tabulka č. 6 a graf č 8). Následný post hoc test ukázal, že signifikantně nejkratší před-kritickou dráhu pohybu vykazuje technika PAC, techniky VM, HB a FBP poté projevují podobnou délku. Výsledky ANOVY ($F_{4, 64} = 2,17$, $p = 0,04$) odhalily rozdíl mezi jednotlivými technikami v délce kritické fáze pohybu (viz. tabulka č. 6 a graf č. 8), kdy následný post hoc test prokázal signifikantně nejkratší dráhu u techniky PAC ve srovnání s ostatními technikami. Srovnání dráhy post-kritické části pohybu (viz. tabulka č. 6 a graf č. 8) neukázala podle ANOVA ($F_{4, 60} = 1,21$, $p = 0,31$) statisticky významné rozdíly mezi dechovými technikami.

Graf č. 8. Dráha jednotlivých částí kritické fáze pohybu u 1 RM (n=23).



Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévru *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

5.3 Souhrn výsledků elektromyografie

5.3.1 Výsledky elektromyografie u 1 RM

Souhrn výsledků mediánové frekvence je uveden v tabulce č. 7. ANOVA neukázala žádné statisticky významné výsledky ve frekvenci vybíjení jednotlivých svalů u 1 RM (tabulka č. 8) v celkových fázích pohybu (excentrická, koncentrická), mezi jednotlivými dechovými technikami.

Soubor testů ANOVA analyzující frekvenci vybíjení jednotlivých svalů u 1 RM (tabulka č. 8) v jednotlivých fázích koncentrické části pohybu (před-kritická, kritická, post-kritická) odhalil rozdílnost frekvence vybíjení mezi jednotlivými dechovými technikami pouze v kritické fázi pohybu u m. rectus abdominis ($F_{4, 68} = 2,61, p = 0,04$). Následný post hoc test odhalil, že mediánová frekvence vybíjení je významně nižší u techniky PAC, ve srovnání s ostatními dechovými technikami.

Tabulka č. 7. Průměry mediánu frekvenční analýzy 1 RM v jednotlivých částech pohybu (n=23).

Dech.tech.	Fáze pohybu	R.Abd	O. Abd	Tri. Br.	Lat. D.	Ant. D.	Post. Del.	PM. Stern.	PM. Clav.
HB	excentrická	132 ± 21	131 ± 16	118 ± 15	117 ± 17	87 ± 6	89 ± 3	88 ± 15	92 ± 20
FBP	excentrická	129 ± 15	127 ± 17	109 ± 15	122 ± 19	92 ± 20	93 ± 20	83 ± 5	96 ± 24
REVB	excentrická	129 ± 20	125 ± 26	114 ± 17	120 ± 21	93 ± 20	87 ± 4	87 ± 15	87 ± 5
PAC	excentrická	129 ± 20	136 ± 16	110 ± 16	129 ± 18	89 ± 14	86 ± 4	90 ± 20	86 ± 3
VM	excentrická	136 ± 20	138 ± 17	111 ± 14	119 ± 17	93 ± 21	88 ± 4	89 ± 13	85 ± 4
HB	koncentrická	140 ± 26	133 ± 17	114 ± 15	113 ± 19	85 ± 5	86 ± 5	86 ± 15	87 ± 10
FBP	koncentrická	128 ± 16	126 ± 19	108 ± 14	112 ± 19	88 ± 15	85 ± 5	82 ± 5	91 ± 22
REVB	koncentrická	129 ± 14	125 ± 23	108 ± 14	110 ± 21	84 ± 5	85 ± 3	83 ± 5	83 ± 4
PAC	koncentrická	124 ± 19	123 ± 19	107 ± 12	117 ± 14	83 ± 3	85 ± 4	86 ± 15	82 ± 3
VM	koncentrická	130 ± 14	136 ± 17	106 ± 11	113 ± 15	86 ± 15	85 ± 5	82 ± 6	82 ± 5
HB	před-kritická	156 ± 32	144 ± 18	133 ± 19	132 ± 22	96 ± 8	100 ± 8	99 ± 17	99 ± 18
FBP	před-kritická	143 ± 14	134 ± 21	121 ± 21	131 ± 21	105 ± 20	105 ± 25	94 ± 9	104 ± 27
REVB	před-kritická	133 ± 24	144 ± 32	121 ± 22	133 ± 26	100 ± 21	94 ± 5	94 ± 13	92 ± 7
PAC	před-kritická	140 ± 27	146 ± 22	127 ± 14	140 ± 22	99 ± 8	98 ± 10	102 ± 21	97 ± 9
VM	před-kritická	146 ± 24	150 ± 21	128 ± 28	136 ± 23	104 ± 21	97 ± 9	96 ± 18	96 ± 10
HB	kritická	138 ± 16	141 ± 20	120 ± 15	118 ± 18	87 ± 5	91 ± 14	89 ± 16	95 ± 21
FBP	kritická	130 ± 18	130 ± 18	117 ± 17	119 ± 22	92 ± 17	89 ± 15	87 ± 6	97 ± 24
REVB	kritická	132 ± 13	125 ± 21	111 ± 16	116 ± 22	86 ± 6	86 ± 4	83 ± 6	86 ± 5
PAC	kritická	123 ± 22	129 ± 19	109 ± 14	118 ± 13	87 ± 6	88 ± 5	92 ± 21	84 ± 5
VM	kritická	133 ± 15	141 ± 21	117 ± 15	117 ± 15	91 ± 20	88 ± 4	89 ± 15	86 ± 5
HB	post-kritická	135 ± 16	133 ± 19	111 ± 16	112 ± 20	85 ± 5	87 ± 9	87 ± 15	87 ± 10
FBP	post-kritická	128 ± 17	128 ± 21	109 ± 19	113 ± 19	88 ± 15	85 ± 4	82 ± 5	93 ± 23
REVB	post-kritická	133 ± 17	125 ± 23	106 ± 14	110 ± 22	85 ± 6	86 ± 4	83 ± 5	83 ± 4
PAC	post-kritická	128 ± 19	123 ± 21	107 ± 14	120 ± 18	84 ± 3	85 ± 4	87 ± 15	83 ± 4
VM	post-kritická	133 ± 16	137 ± 17	104 ± 13	116 ± 17	85 ± 7	86 ± 6	82 ± 5	82 ± 5

Legenda: HB = technika „hold breath“ zadržného dechu, FBP = technika rovného bench pressu - flat bench press, REVB = technika obráceného dýchání - reversed breathing, VM = Technika Valsalvův manévr, R.abd = rectus abdominis, O. Abd = obliquus abdominis Tri. Br. = triceps brachii Lat. D. = latissimus dorsi, Ant. D. = anterior deltoideus, Post. Del. = posterior deltoideus, PM. Stern = pectoralis major pars sternalis, PM. Clav = pectoralis major pars clavicularis, *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

Tabulka č. 8. Soubor testů ANOVA frekvence vybíjení jednotlivých svalů mezi všemi dechovými technikami u 1 RM (n=23).

Sval	Fáze pohybu				
	Koncentrická	Excentrická	Před-kritická	Kritická	Post-kritická
R. Abd.	$F_{4, 68}=2,262, p=0,07$	$F_{4, 68}=0,948, p=0,44$	$F_{4, 68}=1,738, p=0,15$	$F_{4, 68}=2,61, p=0,04^*$	$F_{4, 68}=0,648, p=0,63$
O. Abd.	$F_{4, 68}=2,397, p=0,06$	$F_{4, 68}=1,511, p=0,21$	$F_{4, 68}=1,498, p=0,21$	$F_{4, 68}=2,277, p=0,07$	$F_{4, 68}=1,949, p=0,11$
Tri.Br.	$F_{4, 68}=1,859, p=0,13$	$F_{4, 68}=1,086, p=0,37$	$F_{4, 68}=0,93, p=0,45$	$F_{4, 68}=1,807, p=0,14$	$F_{4, 68}=1,967, p=0,12$
Lat. D.	$F_{4, 68}=0,372, p=0,83$	$F_{4, 68}=0,977, p=0,43$	$F_{4, 68}=0,357, p=0,84$	$F_{4, 68}=0,042, p=0,99$	$F_{4, 68}=0,806, p=0,52$
Ant. Delt.	$F_{4, 68}=0,418, p=0,79$	$F_{4, 68}=1,239, p=0,3$	$F_{4, 68}=1,215, p=0,31$	$F_{4, 68}=1,009, p=0,41$	$F_{4, 68}=0,295, p=0,88$
Post. Delt.	$F_{4, 68}=0,258, p=0,90$	$F_{4, 68}=1,733, p=0,15$	$F_{4, 68}=1,953, p=0,11$	$F_{4, 68}=0,376, p=0,82$	$F_{4, 68}=0,659, p=0,62$
PM. Stern	$F_{4, 68}=0,986, p=0,42$	$F_{4, 68}=0,803, p=0,53$	$F_{4, 68}=0,74, p=0,57$	$F_{4, 68}=1,157, p=0,34$	$F_{4, 68}=1,419, p=0,24$
PM. Clav.	$F_{4, 68}=0,72, p=0,58$	$F_{4, 68}=1,127, p=0,35$	$F_{4, 68}=0,569, p=0,69$	$F_{4, 68}=2,213, p=0,08$	$F_{4, 68}=1,03, p=0,4$

Legenda: R. Abd. = rectus abdominis, O. Abd. = obliquus abdominis, Tri.Br. = triceps brachii, caput longum, Lat. D. = latissimus dorsi, Ant. Delt. = anterior deltoideus, Post. Delt. = deltoideus posterior, PM. Stern = pectoralis major pars sternalis, PM. Clav. = pectoralis major pars clavicularis *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti ostatním dechovým technikám v dané intenzitě $p < 0,05$

Při srovnání frekvence vybíjení všech dechových technik a měřených svalů u 1 RM, prokázala ANOVA ($F_{1, 831} = 49,190, p=0,01$) rozdílnost ve frekvenci vybíjení mezi koncentrickou a excentrickou fází. Následný post-hoc test ukázal, že frekvence vybíjení byla významně vyšší, ve fázi excentrické nežli koncentrické.

Soubor testů ANOVA analyzující frekvenci vybíjení jednotlivých svalů u 1 RM (tabulka č. 9) v celkových fázích pohybu (excentrická, koncentrická), ukázal rozdílnost mezi oběma fázemi u svalů Triceps brachii, Lattisimus dorsi, Anterior deltoideus, Posterior deltoideus, Pectoralis major pars sternalis, Pectoralis major pars clavicularis, kdy frekvence vybíjení byla u těchto svalů významně vyšší ve fázi excentrické, nežli koncentrické.

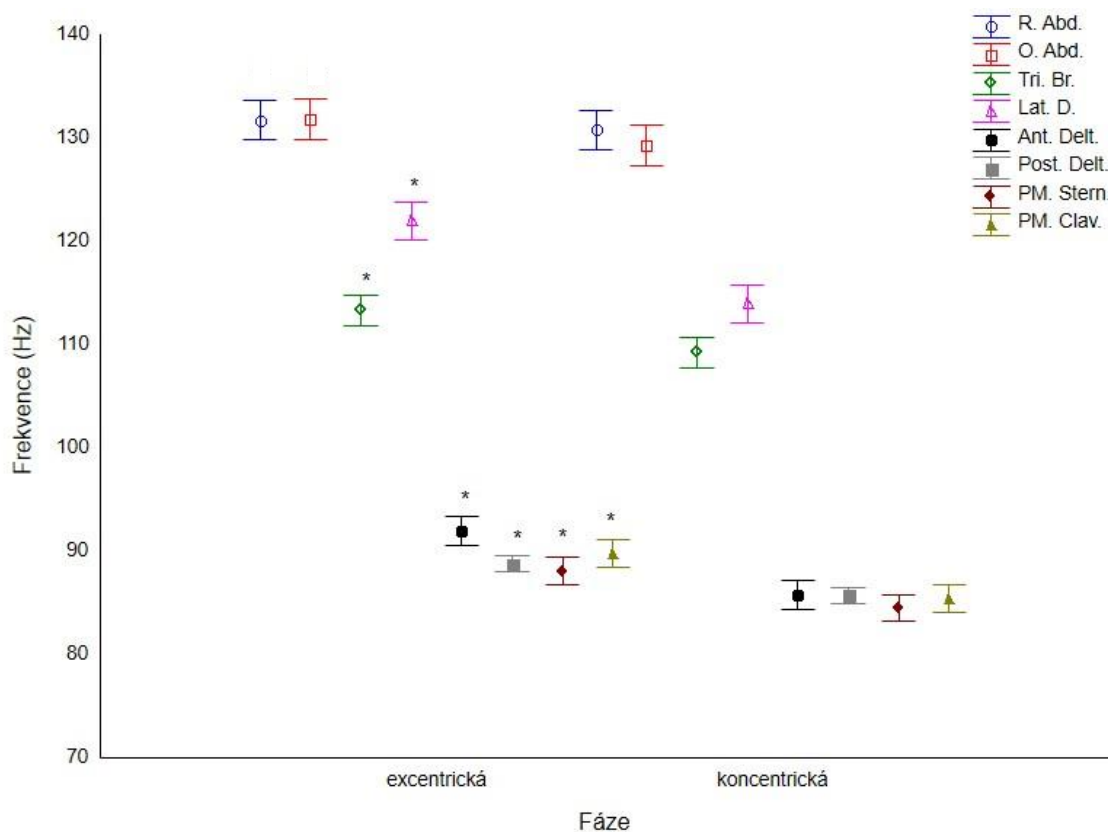
Soubor testů ANOVA frekvence vybíjení jednotlivých dechových technik u každé z technik potvrdil u 1 RM významnou rozdílnost, mezi fází koncentrickou a excentrickou ($F_{1, 167} = 1,027, p = 0,03$ pro HB, $F_{1, 159} = 8,57, p=0,01$ pro FBP, $F_{1, 159} = 15,230, p = 0,01$ pro REVB, $F_{1, 167} = 15,081, p=,001$ pro PAC, $F_{1, 175} = 16,258, p=0,01$ pro VM), kde u každé dechové techniky byla vyšší frekvence vybíjení ve fázi excentrické, ve srovnání s fází koncentrickou.

Tabulka č. 9. Soubor testů ANOVA frekvence vybíjení jednotlivých svalů u všech dechových technik v jednotlivých fázích pohybu u 1 RM (n=23).

Sval	Fáze pohybu	
	Konc/Exc.	Před./Kri/Post-kri.
R. Abd.	$F_{1,102}=0,192, p=0,66$	$F_{2,204}=16,785, p=0,01^*$
O. Abd.	$F_{1,102}=1,663, p=0,2$	$F_{2,204}=18,908, p=0,01^*$
Tri.Br.	$F_{1,102}=7,584, p=0,01^*$	$F_{2,204}=30,345, p=0,01^*$
Lat. D.	$F_{1,102}=17,102, p=0,01^*$	$F_{2,204}=34,551, p=0,01^*$
Ant. Delt.	$F_{1,102}=17,521, p=0,01^*$	$F_{2,204}=42,967, p=0,01^*$
Post. Delt.	$F_{1,102}=11,968, p=0,01^*$	$F_{2,204}=65,299, p=0,01^*$
PM. Stern	$F_{1,102}=6,966, p=0,01^*$	$F_{2,204}=44,520, p=0,01^*$
PM. Clav.	$F_{1,102}=14,667, p=0,01^*$	$F_{2,204}=34,108, p=0,01^*$

Legenda: R. Abd. = rectus abdominis, O. Abd. = obliquus abdominis, Tri.Br. = triceps brachii, caput longum, Lat. D. = latissimus dorsi, Ant. Delt. = anterior deltoideus, Post. Delt. = deltoideus posterior, PM. Stern = pectoralis major pars sternalis, PM. Clav. = pectoralis major pars clavicularis, Konc = koncentrická, Exc. = excentrická, Před. = před-kritická, Kri = kritická, Post-kri = post-kritická *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti spolu-analizovaným částem pohybu v dané intenzitě $p < 0,05$

Graf č. 9. Frekvence vybíjení jednotlivých svalů v celkových fázích pohybu u 1 RM (n=23).



Legenda: R. Abd. = rectus abdominis, O. Abd. = obliquus abdominis, Tri.Br. = triceps brachii, caput longum, Lat. D. = latissimus dorsi, Ant. Delt. = anterior deltoideus, Post. Delt. = deltoideus posterior, PM. Stern = pectoralis major pars sternalis, PM. Clav. = pectoralis major pars clavicularis *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti spolu-analizovaným částem pohybu v dané intenzitě $p < 0,05$

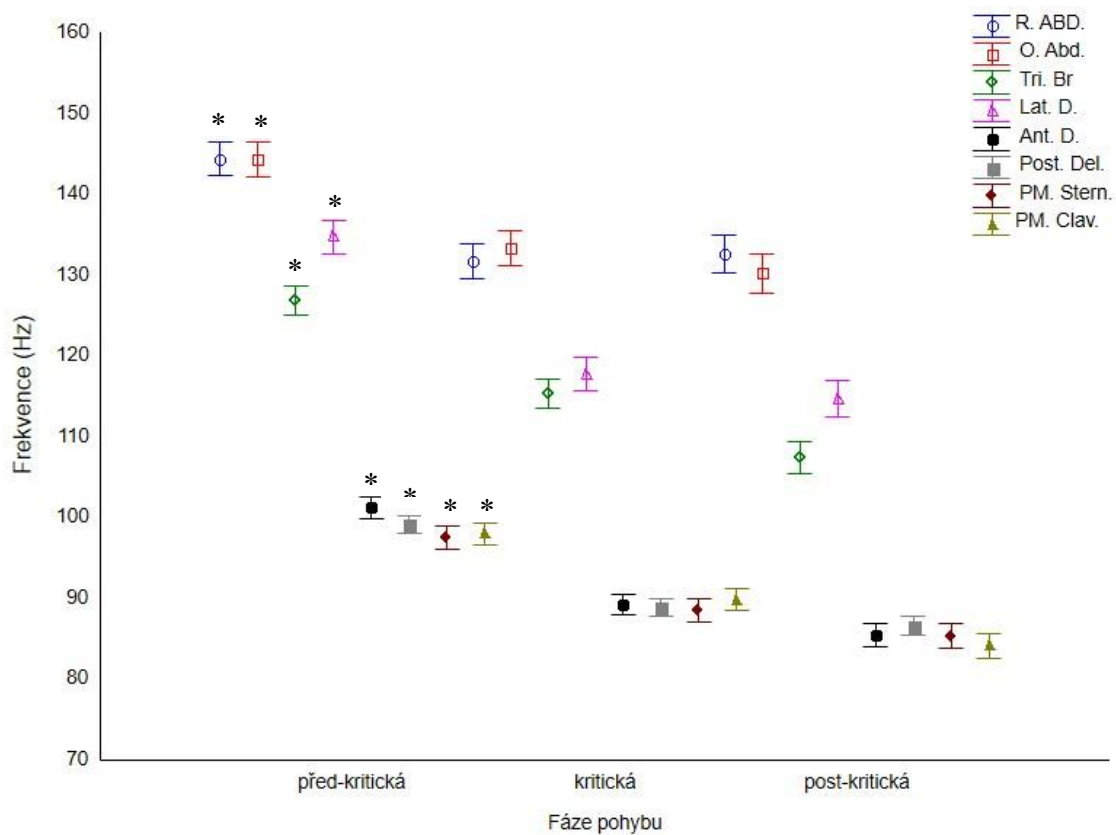
Při srovnání výsledků frekvenční analýzy všech dechových technik a všech měřených svalů u 1 RM, ukázala ANOVA ($F_{2, 1662} = 310, p = 0,01$) rozdílnost v jednotlivých částech koncentrické fáze pohybu (před-kritická, kritická, post-kritická). Následný post-hoc test prokázal významně vyšší frekvenci vybíjení ve fázi před-kritické ve srovnání s fází kritickou a post-kritickou a významně vyšší frekvenci u fáze kritické, ve srovnání s fází post-kritickou.

Soubor testů ANOVA analyzující frekvenci vybíjení jednotlivých svalů u 1 RM (tabulka č. 9) v jednotlivých fázích koncentrické části pohybu (před-kritická, kritická, post-kritická) odhalil rozdílnost frekvence vybíjení mezi jednotlivými fázemi. Následný post hoc test ukázal, že frekvence vybíjení byla u m. rectus abdominis, m. obliquus abdominis,

m. triceps brachii caput longum, m. latissimus dorsi, m. anterior deltoideus, m. deltoideus posterior, m. pectoralis major pars sternalis, m. pectoralis major pars clavicularis významně vyšší ve fázi před-kritické, nežli kritické a post-kritické. Frekvence vybíjení jednotlivých svalů se mezi dechovými technikami a částmi pohybu lišila pouze u m. rectus abdominis (viz. 5.3.1 Výsledky Elektromyografie u 1 RM)

Soubor testů ANOVA frekvence vybíjení jednotlivých dechových technik u každé z technik potvrdil u 1 RM významnou rozdílnost mezi fází před-kritickou, kritickou a post-kritickou ($F_{2, 334} = 59,295$, $p = 0,01$ pro HB, $F_{2, 318} = 54,162$, $p = 0,01$ pro FBP, $F_{2, 318} = 46,161$, $p = 0,01$ pro REVB, $F_{2, 350} = 67,603$, $p = 0,01$ pro VM). Následný post-hoc test ukázal, že ve všech případech byla frekvence vybíjení u každé techniky významně vyšší ve fázi před-kritické, ve srovnání s fází kritickou a post-kritickou a významně vyšší frekvenci u fáze kritické, ve srovnání s fází post-kritickou. Jednotlivé dechové dechové techniky mezi sebou nevykazovaly významné rozdíly v jednotlivých fázích pohybu ($F_{5, 1662} = 310$, $p = 0,87$).

Graf č. 10. Frekvence vybíjení jednotlivých svalů v jednotlivých částech koncentrické fáze pohybu u 1 RM (n=23).



Legenda: R. Abd. = rectus abdominis, O. Abd. = obliquus abdominis, Tri.Br. = triceps brachii, caput longum, Lat. D. = latissimus dorsi, Ant. Delt. = anterior deltoideus, Post. Delt. = deltoideus posterior, PM. Stern = pectoralis major pars sternalis, PM. Clav. = pectoralis major pars clavicularis *hodnota se statisticky významným rozdílem oproti spolu-analizovaným částem pohybu v dané intenzitě $p < 0,05$

(Výsledky elektromyografie 4 RM jsou stejným způsobem zpracovány v řešení práce kapt. 10.3.2 Výsledky elektromyografie u 4 RM)

5.4 Vyhodnocení hypotéz

Po vyhodnocení výsledků a určení vztahů mezi jednotlivými proměnnými, lze potvrdit či zamítnout jednotlivé hypotézy.

H₁: Dechová technika PAC povede k vyššímu překonanému odporu a vyššímu nitrohručnímu tlaku než dechové techniky VM, REVB, HB a FBP u všech překonávaných odporů 1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM.

Hypotéza H₁ se nepotvrdila. S výjimkou techniky REVB vedly všechny dechové techniky k podobné překonané zátěži, podobné překonané relativní zátěži a podobné elevaci ITP. Technika REVB vykazovala překonanou absolutní zátěž, překonanou relativní zátěž a elevaci ITP signifikantně nižší. Statistická rozdílnost pro překonanou zátěž mezi jednotlivými dechovými technikami byla poté následující: u 1 RM ($F_{4, 76} = 22,567$, $p < 0,001$), u 4 RM ($F_{4, 76} = 13,183$, $p < 0,001$), 8 RM ($F_{3, 57} = 28,248$, $p < 0,001$) a 12 RM ($F_{3, 57} = 13,283$, $p < 0,001$). (viz. tabulky č. 2-4)

H₂: Dechové techniky PAC a HB budou vykazovat kratší dobu koncentrické a kritické fáze bench pressu při 1 RM a 4 RM.

Hypotéza H₃ se potvrdila pouze pro případ dechové techniky PAC u kritické fáze bench pressu u 1RM. Signifikantně nejkratší doba koncentrická fáze u 1 RM byla podle ANOVA a následného post hoc testu u techniky VM ($F_{4, 69} = 3,25$, $p = 0,02$). Všechny ostatní techniky poté vykazovaly dílčí nesignifikantní rozdílnost (viz. zde tabulky č. 5-6 a tabulky 13-14 pro 4 RM v řešení práce)

Kritická fáze byla u 1 RM podle ANOVA ($F_{4, 68} = 2,6$, $p = 0,042$, $\mu^2 = 0,13$) a následného post hoc testu signifikantně kratší u techniky PAC a VM, nežli techniky FBP, REVB a HB.

S výjimkou techniky PAC, která vykazovala signifikantně nejkratší dobu před-kritické fáze pohybu vůči ostatním technikám, nedocházelo mezi jednotlivými technikami k signifikantním rozdílům v části před-kritické a post-kritické.

U 4. opakování ze 4 RM nebyla naměřena významná rozdílnost mezi dechovými technikami u doby nutné k překonání koncentrické fáze pohybu. Dílčí, ale rovněž nesignifikantní rozdíly byly naměřeny i u analýzy jednotlivých částí kritické fáze pohybu.

H₃: Metoda FBP povede k vyšší frekvenci vybíjení břišních svalů, než dechové techniky PAC, VM, HB, REVB při 1 RM a 4 RM.

Hypotéza H₃ se nepotvrdila. Jediná rozdílnost ve frekvenci vybíjení břišních svalů byla u 1 RM pozorována u techniky PAC ($F_{4, 68} = 2,61$, $p = 0,04$), kdy tato technika ukázala v kritické fázi pohybu nižší frekvenci vybíjení u m. rectus abdominis, v porovnání s ostatními dechovými technikami. Podobný jev byl pozorován i u 4. ze 4 RM, kdy technika PAC ($F_{4, 64} = 3,04$, $p = 0,02$) vedla v před-kritické fázi k významně nižší frekvenci vybíjení, než technika HB a technika HB k významně vyšší frekvenci, než technika FBP a PAC.

Jediný další významný rozdíl ve frekvenci vybíjení mezi jednotlivými dechovými technikami byl pozorován u svalu m. deltoideus posterior ($F_{4, 68} = 3,54$, $p = 0,01$), který při 4. ze 4 RM u techniky REVB prokázal významně nižší frekvenci vybíjení, než ostatní dechové techniky.

Shodně pak byla signifikantně vyšší frekvence naměřena u všech svalů v excentrické části, než-li koncentrické. Toto zjištění platilo jak pro 1 RM ($F_{1, 831} = 49,190$, $p=0,01$), tak 4 RM ($F_{1, 827} = 43,180$, $p = 0,01$) a pro každou dechovou techniku, jak u 1 RM ($F_{1, 167} = 1,027$, $p = 0,03$ pro HB, $F_{1, 159} = 8,57$, $p=0,01$ pro FBP, $F_{1, 159} = 15,230$, $p = 0,01$ pro REVB, $F_{1, 167} = 15,081$, $p=,001$ pro PAC, $F_{1, 175} = 16,258$, $p=0,01$ pro VM), tak 4 RM ($F_{1, 177} = 1,026$, $p = 0,02$ pro HB, $F_{1, 165} = 8,35$, $p=0,01$ pro FBP, $F_{1, 169} = 14,750$, $p = 0,01$ pro REVB, $F_{1, 164} = 14,981$, $p=,001$ pro PAC, $F_{1, 175} = 16,165$, $p=0,01$ pro VM). Významně vyšší frekvence vybíjení v excentrické části, než-li koncentrické, byla u 1 RM prokázána v rámci jednotlivých svalů u Triceps brachii, Lattisimus dorsi, Anterior deltoideus, Posterior deltoideus, Pectoralis major pars sternalis, Pectoralis major pars clavicularis. U 4 RM pak byla frekvence vybíjení vyšší u všech měřených svalů ve fázi excentrické, v porovnání s fází koncentrickou.

Významně vyšší frekvence vybíjení byla rovněž naměřena u všech svalů ve fázi před-kritické, ve srovnání s fází kritickou a post-kritickou a ve fázi kritické, ve srovnání s fází post-kritickou. Toto zjištění platilo jak pro 1 RM ($F_{2, 1662} = 310$, $p = 0,01$), tak 4 RM ($F_{2,$

$F_{2, 1158} = 308,19$, $p = 0,01$) a pro každou dechovou techniku, jak u 1 RM ($F_{2, 334} = 59,295$, $p = 0,01$ pro HB, $F_{2, 318} = 54,162$, $p = 0,01$ pro FBP, $F_{2, 318} = 46,161$, $p = 0,01$ pro REVB, $F_{2, 350} = 67,603$, $p = 0,01$ pro VM), tak 4 RM ($F_{2, 324} = 58,621$, $p = 0,01$ pro HB, $F_{2, 316} = 53,192$, $p = 0,01$ pro FBP, $F_{2, 315} = 45,995$, $p = 0,01$ pro REVB, $F_{2, 348} = 67,153$, $p = 0,01$ pro VM). Významně vyšší frekvence vybíjení v před-kritické části, nežli v kritické a post-kritické byla jak u 1 RM, tak u 4 RM prokázána u každého měřeného svalu (tabulka č. 9 zde pro 1 RM a tabulka č. 20 pro 4 RM v řešení práce). Významně vyšší frekvence vybíjení ve fázi kritické, v porovnání s fází post-kritickou pak byla prokázána pouze u 4 RM u svalů m. anterior deltoideus, m. posterior deltoideus, m. pectoralis major pars sternalis, m. pectoralis major pars clavicularis (řešení práce tabulka č. 20).

6. DISKUZE

6.1 Nitrohruční tlak a překonaná zátěž

Naměřený nitrohruční tlak v této studii byl větší, než naměřený tlak v podobných BP studiích. Hlavním důvodem pravděpodobně bylo, že skladba našeho vzorku obsahovala pouze atlety, jež mají za sebou alespoň rok silového tréninku horních končetin, a tudíž byli schopni překonat při BP vyšší odpor, vedoucí k vyšší generaci ITP. Výsledky ($18,83 \pm 3,2$ kPa pro MEP, $14,03 \pm 3,25$ kPa pro 1 RM VM, $13,70 \pm 2,98$ kPa pro 90% RM VM, $10,4 \pm 3,58$ kPa pro 80% RM VM, $10,12 \pm 3,09$ kPa pro 60% RM VM) a korelace mezi překonanou zátěží a ITP ($k = 0,45$ pro 1 RM, $k = 0,4$ pro 4 RM) podporují závěry ostatních studií, že nitrohruční tlak je ovlivněn jak intenzitou⁸⁵ a pozicí těla^{11,52}, tak překonávaným odporem⁴⁸.

Macdougall⁸⁵, ve své studii zabývající se leg pressem, nastiňuje zvyšující se roli VM, s narůstajícím počtem opakování. Důvodem tohoto nárůstu má být nastupující únava, zapříčiněna progresivním vyčerpáváním a selháváním motorických jednotek, jež má být kompenzována zvyšujícími se požadavky na stabilizaci pohybu pomocí VM a s tím spojenou elevací ITP. Tyto závěry podporuje další studie⁷⁹, která však rovněž neopírá své poznatky statistickým zpracováním. Analýza ITP jednotlivých opakování BP v naší studii nepodporuje tyto poznatky (graf č. 2,4,6). Při dechové technice VM, která je nejvíce podobná technikám použitých ve zmíněných studiích, nedochází u 4 RM, 8 RM a 12 RM s narůstajícím počtem opakování k nárůstu ITP, ale ke skokovému poklesu po prvních dvou opakováních, či ke střídavým změnám vedoucím k celkovému poklesu ITP. S výjimkou 4 RM a 8 RM REVB, nedochází se zvyšujícím se počtem opakování k elevaci nitrohručního tlaku ani u ostatních dechových technik a intenzit. Naopak, s výjimkou 4 RM REVB byl u všech dechových technik pozorován významný pokles ($F_{2,63} = 5,53$, $p = 0,01$), mezi prvním opakováním a předposledním opakováním, jež lze interpretovat jako zvyšující se únavu dechových svalů, jejichž aktivace je podmíněnou součástí generace ITP. Tento závěr byl i výsledkem studií zabývajících se MEP v sedě, kdy při opakovaných úsilích dochází k únavě dechového svalstva a tím i možnosti generovat ITP^{24, 154}. Žádná ze studií se však nezabývá porovnáním opakované generace nitrohručního tlaku mezi jednotlivými cviky, kdy volba cviku může mít zásadní vliv na nitrohruční tlak. Například u leg pressu, kde není primárním hýbačem horní polovina těla

a svaly břišního lisu plní zcela jinou roli a v odlišné pozici, může docházet k odlišnému zapojení dechového svalstva. K potvrzení, či vyvrácení této domněnky je však nutné provést další výzkum.

Elevací nitrohruďního tlaku při silovém cvičení, ve vztahu s dechovou technikou se nepřímo zabývá několik studií^{48, 79-81, 106}. Přestože většina těchto studií porovnává vliv dechové techniky na krevní tlak (BLP), lze změnu krevního tlaku, při silovém cvičení nepřímo interpretovat i jako změnu ITP a naopak. U přesouvání břemene, leg pressu, dřepu se zátěží, či bicepsových zdvihů vedl nárůst 1 mm/Hg systolického a diastolického krevního tlaku vždy k nárůstu ITP o 133,3 Pa⁴². Vzhledem k těmto zjištěním je pravděpodobné, že podobný vztah platí i při cviku BP. Jelikož ale nebyl ověřen, je žádoucí jej dalšími studii potvrdit, či vyvrátit.

Linsenbardt⁸¹, ve své studii předkopů a bicepsových zdvihů používal 3 dechové techniky – Valsalvův manévr v koncentrické fázi spojený nádechem v excentrické fázi (VML), výdech při koncentrické fázi cviku spojený s nádechem v excentrické fázi (VKL) a nádech při koncentrické fázi cviku, spojený s výdechem v excentrické fázi (REVBL). Tyto techniky jsou téměř shodné s vybranými technikami použitými v naší studii (VM, REVB). Podle jeho výsledků, vedla technika VML k nejvyšší elevaci BLP. Technika REVBL a technika VKL poté nevykazovaly mezi sebou žádnou rozdílnost. V naší studii rovněž vedla technika VM, (byť nesignifikantně) k největšímu nárůstu ITP. Naopak, technika REVB vedla k významně nižší generaci ITP, u všech intenzit. Hlavním důvodem rozdílnosti výsledků je zejména fakt, že v naší studii musela být (na rozdíl studie Linsenbardt⁸¹) v rámci jednotlivých dechových technik měněna překonávaná zátěž, aby byl zachován požadovaný počet RM.

Další studie⁸⁰ zabývající se dvěma dechovými technikami při leg pressu – kdy první technika byla spojena s výdechem v koncentrické fázi cviku a s nádechem v excentrické fázi, druhá technika se zadržením dechu bez využití glottis při koncentrické fázi cviku spojené s nádechem při excentrické, rovněž neuváděla rozdílnost zátěže při 10 RM. Tento jev (vyjma REVB) koresponduje s našimi výsledky, kdy dechové techniky HB, FBP, PAC a VM, u 1, 4, 8, a 12 RM nevykazují signifikantní rozdíl v měřeném ITP, maximálním překonaném odporu, ani v relativním překonaném odporu (překonaná hmotnost/hmotnost probanda). Naopak signifikantně nižší hodnoty překonaného odporu, relativního překonaného odporu a ITP byly naměřeny u 1, 4, 8 a 12 RM techniky REVB.

Tento výsledek není překvapující, neboť je logické, že inspirium neumožňuje během koncentrické fáze BP žádoucí zpevnění trupu, využití VM a benefitů s ním spojených.

6.2 Kinematika

Na rozdíl od studie⁵⁶, u které dechové techniky, HB a REVB nevedly ke změně času koncentrické fáze, naše studie vykazovala významné změny v jejím trvání, kdy 1 RM VM vykazovala signifikantně nejkratší dobu koncentrické fáze v porovnání s ostatními technikami ($F_{4, 69} = 3,25$, $p = 0,02$). Ostatní techniky pak u 1 RM, ani u 4. opakování ze 4 RM nevykazovaly mezi sebou v celkové koncentrické fázi signifikantní rozdíly v době trvání.

Dráha koncentrické fáze pohybu byla u 1 RM signifikantně delší u techniky REVB ($F_{4, 52} = 3,18$, $p = 0,02$). U 4 RM, pak nebyla signifikantní rozdílnost u žádné dechové techniky. Celkovou prodlouženou dráhu u 1 RM REVB lze odůvodnit zejména propadnutím hrudníku, při maximálním výdechu v maximální excentrické části. U 4. opakování ze 4 RM se tento propad již nemusel tak výrazně vyskytovat, z důvodu neúplného vydechnutí v maximální excentrické fázi, zapříčiněného únavou z předchozích opakování.

6.2.1 Kritická fáze pohybu

Kritická fáze pohybu se vyskytovala u všech 1 RM a 4 RM. U 8 RM se kritická fáze vyskytovala u 43 z 96 měření (44,8%) a u 12 RM u 28 z 96 měření (29,2%). První tři opakování ze 4 RM (viz graf č. 9), stejně jako všechny opakování 8 RM a 12 RM, u kterých se kritická fáze pohybu vyskytovala, nebylo možné kvůli jejímu příliš krátkému a tudíž k další analýze nevhodnému průběhu analyzovat. Proto bylo k analýze kritické fáze pohybu využito všech 1 RM a u 4 RM pouze posledního opakování. Průměrná koncentrická fáze všech dechových technik u 1 RM byla ($3,88 \pm 1,72$ s). Ve srovnání s předchozím výzkumem 1 RM BP kritické fáze pohybu Van Den Tillaara¹⁴⁴ ($2,21 \pm 0,48$ s) byla tedy koncentrická fáze pohybu v naší studii delší. To se také projevilo do průměrné doby kritické fáze pohybu, kdy naše průměrná kritická fáze byla $1,24 \pm 0,49$ s a u Tillaara¹⁴⁴ 0,86 s. Na druhou stranu Lockie⁸² provedl v roce 2017 výzkum, ve kterém výsledná koncentrická fáze u 1 RM BM byla $3,47 \pm 1,43$ s. Rozdílné naměřené 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 Lockie⁸² 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 v našem výzkumu průměrné hodnoty $48,4 \pm 6,3$ cm, tedy více, než bylo naměřeno v jejich studii ($41 \pm 0,04$ 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 tohoto výzkumu byli 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 síly⁷¹.

6.3.1 Volba dechové techniky z hlediska překonávání zátěže

Při překonávání zátěže o velikosti 1 RM se jeví jako nejvýhodnější využití techniky VM a PAC. Technika VM, vykazuje signifikantně nejkratší dobu koncentrické fáze ($F_{4, 69} = 3,25$, $p = 0,015$) a obdobnou dráhu koncentrické fáze jako technika s nesignifikantně nejkratší dráhou pohybu (PAC). Zároveň VM vykazuje 2. signifikantně nejkratší dobu kritické fáze pohybu ($F_{4, 68} = 2,6$ $p = 0,042$, $\mu^2 = 0,13$). Přestože technika lung packingu vykazuje nesignifikantně nejdelsí dobu koncentrické části pohybu, je nejvýhodnější z hlediska překonávání kritické fáze pohybu. Vykazuje signifikantně nejkratší dobu i dráhu před-kritické ($F_{4, 68} = 2,81$, $p = 0,04$, $F_{4, 64} = 2,17$, $p = 0,042$) a kritické fáze pohybu ($F_{4, 68} = 2,6$ $p = 0,042$, $\mu^2 = 0,13$, $F_{4, 64} = 2,17$, $p = 0,042$), což z ní činí nejvhodnější techniku z hlediska překonávání kritické části pohybu. Naopak, jako nevhodné ve snaze dosáhnout snadného překonání kritické fáze pohybu, se jeví použití techniky HB a FBP. Obě tyto techniky vykazují velmi dlouhou dráhu i dobu potřebnou k překonání kritické fáze pohybu. Proč tomu tak je, je otázkou dalšího zkoumání, které by bylo potřeba provést k lepšímu pochopení této problematiky.

V této studii nebyl v rámci měření 4 RM nalezen statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými dechovými technikami 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 Tillaara¹⁵² z roku 2013, kdy testoval kritickou fázi pohybu při BP s odporem 6 RM. Absence kritické fáze pohybu u většiny 8 RM a 12 RM podpořila studii¹⁰⁷ z roku 1997, která došla k závěru, že u zátěže nižší než 75% 1 RM se kritická fáze pohybu nevyskytuje.

6.3.2 Technika VM a kritická fáze pohybu

Předchozí studie, které se věnují problematice kritické fáze pohybu, nebraly v potaz dechovou techniku. Ta není v těchto výzkumech vůbec specifikována a vedla u probandů k relativní možnosti volby dechové techniky. Podle studie⁵⁶ zabývající se bezinstruktážním dýcháním, bylo u 20-45% opakování spojených se zdvihem zátěže o váze 10-40 kg pozorováno zadržení dechu po celou dobu opakování. Pro zbývající procenta bylo typické vydechnout v koncentrické části zdvihu, kde byl výdech často spojen s chvilkovým zadržením dechu (VM). V excentrické části cviku pak docházelo k nádechu. Na základě poznatků ostatních studií^{79, 85}, je pravděpodobné, že se zvyšující se zátěží by docházelo u cvičících ke zvyšujícímu se počtu zadržení dechu a k nevyhnutelnému využití VM, jehož prevalence je při MVC > 80% podmíněná⁸⁵. Z tohoto důvodu se jako nejvhodnější technika pro srovnání kritické fáze pohybu s ostatními studii jeví technika VM, jejíž variace se musí nutně vyskytovat u všech silových cviků vysoké intenzity. Její individuální projev poté může být u její délky a intenzity.

Během koncentrické fáze pohybu u 1 RM, za použití VM byly naměřeny hodnoty $0,27 \pm 0,12$ s u před-kritické fáze, $1,18 \pm 0,46$ s u kritické fáze a $1,91 \pm 1,01$ s u post-kritické fáze. Naproti tomu u Tillaara¹⁵¹ byly naměřeny hodnoty $0,16 \pm 0,05$ s pro před-kritickou fázi, $0,94 \pm 0,3$ s pro kritickou fázi a $2,1 \pm 0,41$ s pro fázi post-kritickou.¹⁵¹ I u těchto výsledků, lze polemizovat, čím byla způsobena jejich rozdílnost. Za nejpravděpodobnější se ovšem předpokládá opět rozdílnost testovaného vzorku a přesnost nastavení opakovacího maxima.

6.4 Elektromyografie

Frekvenční analýza, jež byla provedena u všech RM, kde se vyskytovala čitelná kritická fáze pohybu (1 RM, 4. opakování ze 4 RM), prokázala u každé dechové techniky významně vyšší frekvenci vybíjení ve fázi excentrické, ve srovnání s fází koncentrickou. Při hlubší analýze koncentrické dráhy pak byla zjištěna významně vyšší frekvence vybíjení ve fázi před-kritické, v porovnání s fází kritickou a post-kritickou a významně vyšší frekvence vybíjení ve fázi kritické, než post-kritické. Toto zjištění platilo pro všechny dechové techniky a zároveň koresponduje se studii^{104, 144}, jež usuzují, že jedním z důvodů existence kritické fáze pohybu u benchpressu je špatná mechanická pozice. Uvádí, že největší vynaložená síla byla zpozorována právě v před-kritické fázi, s následným výrazným poklesem síly na začátku kritické fáze, kdy v post-kritické fázi síla zůstala relativně stejná. Následně dochází k poklesu ve frekvenci EMG a množství vyvíjené síly, což může značit, že i svalová únava je jedním z důvodů existence kritické fáze pohybu¹⁴⁵.

Vyjma dílčích změn ve frekvenci vybíjení u m. rectus abdominis a m. deltoideus pars posterior, nevedla změna dechové techniky k významným rozdílům ve svalové aktivitě. Podobnost frekvence vybíjení jednotlivých svalů platila i u techniky REVB, která vykazovala při významně nižší překonávané zátěži a významně nižším nitrohručním tlaku podobnou úroveň vybíjení jako ostatní dechové techniky. (viz. tabulka č. 2, 4 a 7). Tohoto jevu se dá využít například při rehabilitačním cvičení lidí po sternotomii¹, či u lidí s hypertenzí.

K méně podrobným, ale obdobným výsledkům došla i studie⁵⁶, jež se zabývala zdvihem a položením břemene s primárním využitím zad, či nohou, ve spojení s 3 dechovými technikami. V tomto případě jejich techniky HB, REVB a zadržetí dechu po maximálním výdechu po celou dobu cviku, nevedly k významné změně nitrobřišního tlaku, ani ke změně aktivity břišních a zádových svalů. Shodně pak docházelo k vyšší aktivaci m. obliquus abdominis u všech dechových technik během výdechu. Studie zároveň uvádí, že technika REVB, ani HB nevedla k významné změně, času koncentrické fáze.

6.4.1 Elektromyografie jednotlivých svalů

Frekvenční analýza jednotlivých svalů se se při srovnání výsledků 1 RM a posledního opakování 4 RM lišila jen minimálně a případné odchylky lze odůvodnit zejména různou velikostí odporů (100% u 1 RM a 90% u 4 RM). Podobné rozdíly můžeme vidět u výzkumu¹⁵⁷ nervosvalové únavy během maximálních a submaximálních úsilí při leg pressu.

S výjimkou břišních svalů (m. rectus abdominis a m. obliquus abdominis) vykazoval každý měřený sval u 1 RM na rozdíl od 4. opakování 4 RM významně vyšší frekvenci vybíjení ve fázi excentrické, v porovnání s fází koncentrickou. Je prokázáno, že excentrická část pohybu se zátěží blíží se 1 RM rekrutuje stejné množství motorických jednotek jako část koncentrická¹³. Frekvence vybíjení pak může být vyšší ve fázi excentrické než v koncentrické v závislosti na počtu rychlých svalových vláken jedince¹⁰⁰. Tímto by bylo možné vysvětlit, proč se vyskytuje významná rozdílnost mezi excentrickou a koncentrickou fází pouze u 1 RM a nikoliv i u 4. opakování ze 4 RM.

U každého svalu byla poté jak u 1 RM, tak 4. ze 4 RM pozorována vyšší frekvence vybíjení ve fázi před-kritické, ve srovnání s fází kritickou a post-kritickou. U 4. opakování ze 4 RM pak byla ještě pozorována u m. deltoideus pars anterior, m. deltoideus pars posterior, m. pectoralis major pars sternalis, m. pectoralis major pars clavicularis významně vyšší frekvence vybíjení ve fázi kritické, než ve fázi post-kritické. Vzhledem k sourodosti frekvence vybíjení všech jednotlivých svalů mezi jednotlivými fázemi nelze tedy v této studii jednoznačně určit, který ze svalů byl zodpovědný za překonání kritické fáze pohybu^{152 150}.

6.5 Antropometrie

U ostatních výzkumů, kde se hodnotil vliv antropometrických parametrů na překonanou zátěž v BP, docházelo nejčastěji ke korelacím tělesné hmotnosti, obvodu nadloktí a obvodu hrudníku. Obdobné, ale slabší korelace vycházeli i u nás. Velikost korelací byla daleko vyšší, při přepočtu na relativní výkony (překonaný odpor/hmotnost jedince). Podobné vyhodnocení bylo využito například ve studii⁹⁴, zabývající se vztahem antropometrického výzkumu ve vztahu s bench pressem. Zde dokonce z 12 původních antropometrických údajů nakonec zůstaly jen 3 (věk, průřez paže – muscle cross – sectional area a složení těla). Jejich závěry ukazují, že prakticky obvod všech svalů ($r > 0,69$) a délka kostí ($r > 0,55$) jsou spojeny s výkonem, nejen BP, ale také mrtvého tahu. Výhoda této studie spočívá v testování vyššího vzorku adolescentů (99), jež se věnuje silovému trojboji. Na druhou stranu náš výzkum pracuje se staršími probandy ve věku 20-28 let, kteří nepodléhají specifikacím růstového vývoje. Zároveň u našeho výzkumu bylo využito širšího rozsahu opakování (1 RM, 4 RM, 8 RM a 12 RM). V porovnání s výzkumem¹³⁰, jež pro změnu obsahoval 113 netrénovaných žen, byla zjištěna korelace obvodu nadloktí a předloktí s výkonem v BP. Jejich korelace však byla poměrně nízká ($r = 0,45$ a $r = 0,42$ v porovnání s $r = 0,87$ a $r = 0,65$ u 1 RM v této studii). Další významná studie⁹⁴ zabývající se testováním 22 mladých žen nezjistila žádnou významnou korelaci mezi antropometrií těla a výkonem v BP. Tento fakt se jeví velmi zajímavým, jelikož ostatní studie, včetně této prokazují korelaci u mužů. Zdá se tedy, že antropometrie ženského těla, souvisí s výkonem v BP v jiném měřítku.

Navýšení antropometrických korelací by se možná dalo dosáhnout použitím kaliperu, pro celkové určení somatotypu a tukuprosté hmoty. S použitím kaliperu na tricepsu by se pak dala vypočítat tuku prostá hmota nadloktí, která by pravděpodobně korelovala s výkonem v BP více než-li jen obvod.

Vlivem antropometrie na kritickou fázi pohybu u BP se zabývala pouze jedna studie¹⁵⁶. Ta zjistila pouze jeho závislost na třech typech šířky úchopů. Dle jejich výzkumu, začíná kritická fáze ve významně vyšším bodě při středním úchopu než u širokého úchopu. Dalším rozbohem bylo zjištěno, že jeho procentuální část tvořila menší podíl z celkové koncentrické fáze u středního úchopu (11,4 %) než u úzkého (17,3 %) nebo širokého (22,5 %).

V našem výzkumu jsme žádnou významnou spojitost mezi naměřenými antropometrickými parametry a dráhou, či délkou trvání kritické fáze nezjistily. Byla potvrzena pouze vysoká kladná korelace antropometrických parametrů, s délkou a dobou post-kritické fáze pohybu. Zde velký vliv měla tělesná výška ($r=0,68$), výška nadpažku ($r=0,75$) a délka nadloktí ($r=0,64$). Tyto závěry bohužel nelze přímo srovnat s žádnými předchozími studii, ale je logické, že délka nadloktí přímo ovlivňuje celkovou délku koncentrické dráhy a tím pádem i dobu a délku post-kritické fáze pohybu. Otázkou pro další výzkum zůstává, proč pouze tyto dva parametry ovlivnily pouze tuto specifickou část pohybu a nikoliv i ostatní fáze koncentrické části pohybu.

7. ZÁVĚR

S výjimkou techniky REVB, jež vykazovala významně nižší překonanou zátěž, nebyla mezi jednotlivými technikami významná rozdílnost v překonané zátěži. Podobný efekt byl pozorován u výsledků nitrohručního tlaku, kdy technika REVB vykazovala významně nižší tlak, v porovnání s ostatními dechovými technikami, mezi kterými nebyly významné rozdíly. Tyto výsledky byly pozorovány u všech intenzit (1 RM, 4 RM, 8 RM, 12 RM). Významně vyšší tlak byl rovněž pozorován u všech dechových technik, s narůstající intenzitou.

Při porovnávání nitrohručního tlaku mezi jednotlivými opakováními u 4, 8 a 12 RM, byl pozorován významně vyšší tlak u všech technik u 1. opakování, ve srovnání s posledním a předposledním opakováním. Naměřený nitrohruční tlak při BP byl významně nižší, než hodnoty naměřené při maximálním výdechu v sedu. Zároveň se jednalo o nižší hodnoty, než byly naměřeny v jiných studiích, například u dřepu, či mrtvého tahu. Je proto pravděpodobné, že poloha bench pressu biomechanicky neumožňuje obdobnou generaci ITP.

Kritická fáze pohybu, jež byla vhodná k analýze, se vyskytovala u tohoto výzkumu pouze u 1 RM a u čtvrtého ze 4 RM. Jako nejvýhodnější z hlediska překonávání kritické fáze pohybu se jeví technika PAC, která vedla k nejkratšímu času i dráze před-kritické a kritické fáze pohybu, při zachování odporu srovnatelného s technikami VM, FBP, HB. Velmi vhodná, se rovněž jeví technika VM, která vykazovala druhou nejkratší dobu kritické fáze pohybu a zároveň nejkratší koncentrickou fázi. Naopak, jako nejméně vhodná se ukázala technika REVB, která vedla v porovnání s ostatními technikami k významně nejnižší překonané zátěži, nejdelší před-kritické fázi a nejdelší koncentrické dráze pohybu. Ostatní techniky vykazovaly částečné, ale nevýznamné rozdíly v jednotlivých fázích kritického pohybu.

Přestože technika REVB vykazovala v porovnání s ostatními technikami významné kinematické rozdíly, významně nižší překonaný odpor a významně nejnižší nitrohruční tlak, frekvence vybíjení primárních hýbačů i dalších svalových skupin byla podobná s ostatními dechovými technikami.

Statisticky významně se lišila frekvence vybíjení u jednotlivých svalů mezi jednotlivými dechovými technikami pouze v kritické fázi pohybu u 1 RM u m. rectus abdominis a v

případě 4. opakování ze 4 RM u m. rectus abdominis a m. deltoideus pars posterior. V případě 1 RM pak m. rectus abdominis vykazoval významně nižší frekvenci vybíjení u techniky PAC v kritické fázi, než ostatní dechové techniky. V případě 4. opakování ze 4 RM vykazoval m. rectus abdominis ve fázi před-kritické významně nižší frekvenci vybíjení u techniky PAC, než u techniky HB, která rovněž vykazovala významně vyšší frekvenci vybíjení než REVB. m. deltoideus pars posterior pak při 4. opakování ze 4 RM vykazoval u techniky REVB v excentrické fázi významně nižší frekvenci vybíjení než ostatní dechové techniky.

Shodně byla poté pozorována u všech dechových technik a RM, významně vyšší frekvence vybíjení ve fázi excentrické, než ve fázi koncentrické. Při analýze koncentrické fáze pak všechny dechové techniky prokázaly významně vyšší frekvenci vybíjení ve fázi před-kritické a post-kritické, ve srovnání s fází kritickou, kdy vysoká frekvence vybíjení je v před-kritické fázi žádoucí z hlediska usnadnění překonání fáze kritické.

Přestože se nepotvrdil vztah mezi antropometrií probanda a velikostí ITP, elektromyografií a většinou kinematických dat, byl potvrzen vztah mezi antropometrií a překonanou zátěží.

Volba dechové techniky v tomto výzkumu, nevyvolávala tak dramatické změny u námi měřených parametrů, jako například variabilní odpor, šířka a styl úchopu, či tvar osy. Přesto přináší tato práce cenné zpracování doposud takřka empiricky poznatků a posouvá poznání předchozích studií. Odpovídá na otázky, které v nich byly nevyřešeny a vytváří prostor pro další výzkum. I když dechové techniky v této studii (vyjma techniky REVB) vykazují minimální rozdílnost měřených parametrů, změnou koncentrické fáze a jednotlivých úseků kritické fáze pohybu mohou být cennou proměnnou, která může pomoci v překonávání plato efektu, či při zpeštění monotónnosti tréninku. Technika REVB může poté najít uplatnění u osob se specifickými potřebami.

Otázkou rovněž zůstává, jak velký vliv na výsledky této práce měl zkoumaný vzorek a volba cviku. Přestože probandi v této práci vykazovali zkušenost silového tréninku, jejich vlastnosti jsou nesrovnatelné s elitními vzpěrači, u kterých je daleko vyšší možnost modifikace dílčích částí techniky a dochází daleko častěji k uvědomělé dechové modifikaci během výkonu. Cvik bench press je sice vhodný z hlediska bezpečnosti a náročnosti techniky, na druhou stranu ale neklade takový důraz na nutnost generace

nitrohručního tlaku jako například dřep, či mrtvý tah, u kterých je pravděpodobné, že volba dechové techniky může mít silnější odezvu na námi sledované parametry.

8. LITERATURA

- 1 J. Adams, J. Schmid, R. D. Parker, J. R. Coast, D. Cheng, A. D. Killian, S. McCray, D. Strauss, S. McLeroy Dejong, and R. Berbarie, 'Comparison of Force Exerted on the Sternum During a Sneeze Versus During Low-, Moderate-, and High-Intensity Bench Press Resistance Exercise with and without the Valsalva Maneuver in Healthy Volunteers', *American Journal of Cardiology*, 113 (2014), 1045-48.
- 2 F. Al-Bilbeisi, and Cool Fd Mc, 'Diaphragm Recruitment During Nonrespiratory Activities', *Am J Respir Crit Care Med*, 162 (2000), 456-9.
- 3 A. S. Al-Mujaini, & Montana, C. C. (2008). Valsalva retinopathy in pregnancy: a case report. *Journal of medical case reports*, 2, 101. doi:10.1186/1752-1947-2-101.
- 4 N. Ambrosino, C. Opasich, P. Crotti, F. Cobelli, L. Tavazzi, and C. Rampulla, 'Breathing Pattern, Ventilatory Drive and Respiratory Muscle Strength in Patients with Chronic Heart Failure', *Eur Respir J*, 7 (1994), 17-22.
- 5 C. E. Anderson, G. A. Sforzo, and J. A. Sigg, 'The Effects of Combining Elastic and Free Weight Resistance on Strength and Power in Athletes', *J Strength Cond Res*, 22 (2008), 567-74.
- 6 C. A. Asplund, T. M. Howard, and F. G. O'Connor, 'Spontaneous Pneumomediastinum in a Weightlifter', *Curr Sports Med Rep*, 2 (2003), 63-4.
- 7 C. Babiloni, N. Marzano, F. Infarinato, M. Iacoboni, G. Rizza, P. Aschieri, G. Cibelli, A. Soricelli, F. Eusebi, and C. Del Percio, "'Neural Efficiency" of Experts' Brain During Judgment of Actions: A High-Resolution Eeg Study in Elite and Amateur Karate Athletes', *Behav Brain Res*, 207 (2010), 466-75.
- 8 D. M. Bellar, M. D. Muller, J. E. Barkley, C. H. Kim, K. Ida, E. J. Ryan, M. V. Bliss, and E. L. Glickman, 'The Effects of Combined Elastic- and Free-Weight Tension Vs. Free-Weight Tension on One-Repetition Maximum Strength in the Bench Press', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (2011), 459-63.
- 9 J. Berrouschot, A. Bormann, D. Routsis, and A. Stoll, '[Sports-Related Carotid Artery Dissection]', *Fortschr Neurol Psychiatr*, 77 (2009), 528-31.
- 10 Dusan & Pisz Blazek, Anna & Kubový, Petr, 'The Reliability and Intensity Dependence of Maximum Mouth Pressure During Bench Press Exercise in Healthy Athlete', *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 12. 1-10. 10.29359/BJHPA.12.1.01. (2020).
- 11 Stastny Petr Blazek Dusan, 'Systematic Review of Intra-Abdominal and Intrathoracic Pressures Initiated by the Valsalva Manoeuvre During High-Intensity Resistance Exercise', *Biology of Sport*, 36 (2019).
- 12 E. Bressel, J. M. Willardson, B. Thompson, and F. E. Fontana, 'Effect of Instruction, Surface Stability, and Load Intensity on Trunk Muscle Activity', *J Electromyogr Kinesiol*, 19 (2009), e500-4.
- 13 J. Calatayud, S. Borreani, J. C. Colado, F. Martin, V. Tella, and L. L. Andersen, 'Bench Press and Push-up at Comparable Levels of Muscle Activity Results in Similar Strength Gains', *J Strength Cond Res*, 29 (2015), 246-53.

- 14 J. Calatayud, J. Vinstrup, M. D. Jakobsen, E. Sundstrup, M. Brandt, K. Jay, J. C. Colado, and L. L. Andersen, 'Importance of Mind-Muscle Connection During Progressive Resistance Training', *Eur J Appl Physiol*, 116 (2016), 527-33.
- 15 J. Calatayud, J. Vinstrup, M. D. Jakobsen, E. Sundstrup, J. Colado, and L. L. Andersen, 'Attentional Focus and Grip Width Influences on Bench Press Resistance Training', *Percept Mot Skills*, 125 (2018), 265-77.
- 16 W. S. Cobb, J. M. Burns, K. W. Kercher, B. D. Matthews, H. James Norton, and B. Todd Heniford, 'Normal Intraabdominal Pressure in Healthy Adults', *J Surg Res*, 129 (2005), 231-5.
- 17 D. Compton, P. M. Hill, and J. D. Sinclair, 'Weight-Lifters' Blackout', *Lancet*, 2 (1973), 1234-7.
- 18 A. G. Cresswell, P. L. Blake, and A. Thorstensson, 'The Effect of an Abdominal Muscle Training Program on Intra-Abdominal Pressure', *Scand J Rehabil Med*, 26 (1994), 79-86.
- 19 A. G. Cresswell, H. Grundstrom, and A. Thorstensson, 'Observations on Intra-Abdominal Pressure and Patterns of Abdominal Intra-Muscular Activity in Man', *Acta Physiol Scand*, 144 (1992), 409-18.
- 20 K. Daggfeldt, and A. Thorstensson, 'The Role of Intra-Abdominal Pressure in Spinal Unloading', *J Biomech*, 30 (1997), 1149-55.
- 21 K. S. Dahab, and T. M. McCambridge, 'Strength Training in Children and Adolescents: Raising the Bar for Young Athletes?', *Sports Health*, 1 (2009), 223-6.
- 22 Stackedová Daniela, *Fitness Programy Z Pohledu Kinantropologie*. 3 vols. Vol. 3 (Galen, 2014), p. 243.
- 23 C. Del Percio, M. Iacoboni, R. Lizio, N. Marzano, F. Infarinato, F. Vecchio, M. Bertollo, C. Robazza, S. Comani, C. Limatola, and C. Babiloni, 'Functional Coupling of Parietal A Rhythms Is Enhanced in Athletes before Visuomotor Performance: A Coherence Electroencephalographic Study', *Neuroscience*, 175 (2011), 198-211.
- 24 Z. Dimitriadis, E. Kapreli, I. Konstantinidou, J. Oldham, and N. Strimpakos, 'Test/Retest Reliability of Maximum Mouth Pressure Measurements with the Microrpm in Healthy Volunteers', *Respir Care*, 56 (2011), 776-82.
- 25 Josef Dovalil, 'Výkon a Trénink Ve Sportu', (Praha:Olympia: 2002).
- 26 D. D. Dunnick, L. E. Brown, J. W. Coburn, S. K. Lynn, and S. R. Barillas, 'Bench Press Upper-Body Muscle Activation between Stable and Unstable Loads', *J Strength Cond Res*, 29 (2015), 3279-83.
- 27 M. Eichinger, S. Waltersbacher, T. Scholz, K. Tetzlaff, K. Rucker, C. M. Muth, M. Puderbach, H. U. Kauczor, and S. Sorichter, 'Lung Hyperinflation: Foe or Friend?', *Eur Respir J*, 32 (2008), 1113-6.
- 28 B. C. Elliott, G. J. Wilson, and G. K. Kerr, 'A Biomechanical Analysis of the Sticking Region in the Bench Press', *Med Sci Sports Exerc*, 21 (1989), 450-62.
- 29 M. Essendrop, and B. Schibye, 'Intra-Abdominal Pressure and Activation of Abdominal Muscles in Highly Trained Participants During Sudden Heavy Trunk Loadings', *Spine (Phila Pa 1976)*, 29 (2004), 2445-51.
- 30 M. Essendrop, B. Schibye, and C. Hye-Knudsen, 'Intra-Abdominal Pressure Increases During Exhausting Back Extension in Humans', *Eur J Appl Physiol*, 87 (2002), 167-73.

- 31 S. J. Fleck, and L. S. Dean, 'Resistance-Training Experience and the Pressor
Response During Resistance Exercise', *J Appl Physiol* (1985), 63 (1987), 116-20.
- 32 E. L. Fox, R. W. Bowers a M. L. Foss, *The Physiological Basis of Physical
Education and Athletics*. ed. by 4th edition (Sauders college Pub 1988).
- 33 Vern GAMBETTA Gambetta, Vern. Athletic development: the art & science of
functional sports conditioning. Champaign, IL: Human Kinetics, c2007. ISBN
978-0-7360-5100-2, s. 177. , (200).
- 34 A. García-Ramos, and A. Pérez-Castilla, 'Differences in the One-Repetition
Maximum and Load-Velocity Profile between the Flat and Arched Bench Press
in Competitive Powerlifters', (2018), 1-13.
- 35 S. Gatzonis, A. Charakidas, Z. Polychronopoulou, and D. Brouzas, 'Unilateral
Visual Loss Following Bodybuilding Training', *Clin J Sport Med*, 14 (2004), 317-8.
- 36 G. D. Goldish, J. E. Quast, J. J. Blow, and M. A. Kuskowski, 'Postural Effects on
Intra-Abdominal Pressure During Valsalva Maneuver', *Arch Phys Med Rehabil*,
75 (1994), 324-7.
- 37 O. Gomo, and R. Van Den Tillaar, 'The Effects of Grip Width on Sticking Region
in Bench Press', *J Sports Sci*, 34 (2016), 232-8.
- 38 C. A. Goodman, A. J. Pearce, C. J. Nicholes, B. M. Gatt, and I. H. Fairweather, 'No
Difference in 1rm Strength and Muscle Activation During the Barbell Chest
Press on a Stable and Unstable Surface', *Journal of Strength and Conditioning
Research*, 22 (2008), 88-94.
- 39 R Gosselink, 'Breathing Techniques in Patients with Chronic Obstructive
Pulmonary Disease (COPD)', *Chronic Respiratory Disease*, 1 (2004), 163-72.
- 40 V. Goyal, and M. Srinivasan, 'Don't Hold Your Breath', *J Gen Intern Med*, 26
(2011), 345.
- 41 C. M. Green, and P. Comfort, 'The Affect of Grip Width on Bench Press
Performance and Risk of Injury', *Strength and Conditioning Journal*, 29 (2007),
10-14.
- 42 L. Hackett, D. Reed, M. Halaki, and K. A. Ginn, 'Assessing the Validity of Surface
Electromyography for Recording Muscle Activation Patterns from Serratus
Anterior', *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24 (2014), 221-27.
- 43 G. Gregory Haff, *Laboratory Manual for Exercise Physiology* (Human Kinetics,
2012).
- 44 M. Hagins, M. Pietrek, A. Sheikhzadeh, M. Nordin, and K. Axen, 'The Effects of
Breath Control on Intra-Abdominal Pressure During Lifting Tasks', *Spine (Phila
Pa 1976)*, 29 (2004), 464-9.
- 45 Sutton JR Hall Jurkowski JE, Duke RJ. Subarachnoid hemorrhage in association
with weightlifting [abstract] 1983;15(2):210. In: 1983 American College of
Sports Medicine annual meeting. May 18–21, 1983 Montreal, Quebec, Canada.
Abstracts. Med Sci Sports Exerc.
- 46 W. F. Woodbury R. A. Hamilton, 'Arterial, Cerebrospinal and Venous Pressures
in Man During Cough and Strain', *American Journal of Physiology*, 141 (1943),
42-50.
- 47 C. H. Hamnegard, S. Wragg, D. Kyroussis, R. Aquilina, J. Moxham, and M. Green,
'Portable Measurement of Maximum Mouth Pressures', *Eur Respir J*, 7 (1994),
398-401.

- 48 E. A. Harman, P. N. Frykman, E. R. Clagett, and W. J. Kraemer, 'Intra-Abdominal and Intra-Thoracic Pressures During Lifting and Jumping', *Med Sci Sports Exerc*, 20 (1988), 195-201.
- 49 C. L. Hart, T. E. Ward, and J. L. Mayhew, 'Anthropometric Correlates of Bench Press Performance Following Resistance Training', *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 2 (1991), 89-95.
- 50 M. J. Haykowsky, N. D. Eves, R. Warburton DE, and M. J. Findlay, 'Resistance Exercise, the Valsalva Maneuver, and Cerebrovascular Transmural Pressure', *Med Sci Sports Exerc*, 35 (2003), 65-8.
- 51 M. J. Haykowsky, J. M. Findlay, and A. P. Ignaszewski, 'Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage Associated with Weight Training: Three Case Reports', *Clin J Sport Med*, 6 (1996), 52-5.
- 52 M. Haykowsky, D. Taylor, K. Teo, A. Quinney, and D. Humen, 'Left Ventricular Wall Stress During Leg-Press Exercise Performed with a Brief Valsalva Maneuver', *Chest*, 119 (2001), 150-4.
- 53 B. Hemborg, and U. Moritz, 'Intra-Abdominal Pressure and Trunk Muscle Activity During Lifting. Ii. Chronic Low-Back Patients', *Scand J Rehabil Med*, 17 (1985), 5-13.
- 54 B. Hemborg, U. Moritz, J. Hamberg, E. Holmstrom, H. Lowing, and I. Akesson, 'Intra-Abdominal Pressure and Trunk Muscle Activity During Lifting. Iii. Effect of Abdominal Muscle Training in Chronic Low-Back Patients', *Scand J Rehabil Med*, 17 (1985), 15-24.
- 55 B. Hemborg, U. Moritz, J. Hamberg, H. Lowing, and I. Akesson, 'Intraabdominal Pressure and Trunk Muscle Activity During Lifting--Effect of Abdominal Muscle Training in Healthy Subjects', *Scand J Rehabil Med*, 15 (1983), 183-96.
- 56 B. Hemborg, U. Moritz, and H. Lowing, 'Intra-Abdominal Pressure and Trunk Muscle Activity During Lifting. Iv. The Causal Factors of the Intra-Abdominal Pressure Rise', *Scand J Rehabil Med*, 17 (1985), 25-38.
- 57 Tibor Hortobagyi, Frank I. Katch, and Peter F. LaChance, 'Interrelationships among Various Measures of Upper Body Strength Assessed by Different Contraction Modes', *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58 (1989), 749-55.
- 58 I. HRČKA, ZRUBÁK, A., 'Telesné Zloženie a Somatotypy Kulturistov, Futbalistov a Šermiarov', *Teor. Praxe těl. Vých.* 1973, roč. 21, č.6, s. 362 – 368 (1973).
 59 <https://kulturistika.ronnie.cz/c-6061-zasobnik-cviku-1-hrudnik-bench-press.html>.
- 60 G. R. Hunter, C. J. Wetzstein, C. L. McLafferty, Jr., P. A. Zuckerman, K. A. Landers, and M. M. Bamman, 'High-Resistance Versus Variable-Resistance Training in Older Adults', *Med Sci Sports Exerc*, 33 (2001), 1759-64.
- 61 J. Cholewicki, P. C. Ivancic, and A. Radebold, 'Can Increased Intra-Abdominal Pressure in Humans Be Decoupled from Trunk Muscle Co-Contraction During Steady State Isometric Exertions?', *Eur J Appl Physiol*, 87 (2002), 127-33.
- 62 E. Chovanová, 'The Physique of the Czechoslovak Top Ice-Hockey Players.', *Acta Facultaris Rerum Naturalium Universitatis comenianae Anthropologia*, 1976;22:115-118 (1976).
- 63 F. L. Jacobson, S. H. Loring, and M. Ferrigno, 'Pneumomediastinum after Lung Packing', *Undersea Hyperb Med*, 33 (2006), 313-6.

- 64 S. L. Jones, and H. L. Fred, 'Sudden Retrosternal Pain in a Young Weight Lifter', *Hosp Pract (1995)*, 32 (1997), 152, 58-9.
- 65 editor. Kaminsky DA. Spirometry and related tests. In: Ruppel GL, 9th edition. St Louis: Mosby; Manual of pulmonary function testing, and 2009:36-89.
- 66 G. M. Karst, and G. M. Willett, 'Effects of Specific Exercise Instructions on Abdominal Muscle Activity During Trunk Curl Exercises', *J Orthop Sports Phys Ther*, 34 (2004), 4-12.
- 67 M. Kawabata, N. Shima, and H. Nishizono, 'Regular Change in Spontaneous Preparative Behaviour on Intra-Abdominal Pressure and Breathing During Dynamic Lifting', *Eur J Appl Physiol*, 114 (2014), 2233-9.
- 68 Richard Klabunde, *Cardiovascular Physiology Concepts*. 2 vols (Lippincott Williams & Wilkins, 2011).
- 69 B. Klefbeck, and J. Hamrah Nedjad, 'Effect of Inspiratory Muscle Training in Patients with Multiple Sclerosis', *Arch Phys Med Rehabil*, 84 (2003), 994-9.
- 70 N. Kocak, S. Kaynak, T. Kaynak, H. F. Oner, and G. Cingil, 'Unilateral Purtscher-Like Retinopathy after Weight-Lifting', *Eur J Ophthalmol*, 13 (2003), 395-7.
- 71 J. Kompf, and O. Arandjelović, 'The Sticking Point in the Bench Press, the Squat, and the Deadlift: Similarities and Differences, and Their Significance for Research and Practice', *Sports Med*, 47 (2017), 631-40.
- 72 Zatsiorsky Vladimir M. William J. Kraemer., 'Silový Trénink: Praxe a Věda', *Mladá fronta* (2014).
- 73 Jiří Král, *Fitness S Evou Samkovou Účinnost Cviků Podle Emg, 1* (U Průhonu 22 Praha 7: Grada Publishing, a. s. , 2017), p. 206.
- 74 H. Król, & Gołaś 'Effect of Barbell Weight on the Structure of the Flat Bench Press. ', *Journal of strength and conditioning research*, 31(5), 1321–1337. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001816> (2017).
- 75 C. M. Kumar, and A. A. J. Van Zundert, 'Intraoperative Valsalva Maneuver: A Narrative Review', *Can J Anaesth*, 65 (2018), 578-85.
- 76 Janet L. Larson, Margaret K. Covey, Candice A. Vitalo, Charles G. Alex, Minu Patel, and Mi Ja Kim, 'Maximal Inspiratory Pressure: Learning Effect and Test-Retest Reliability in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease', *Chest*, 104 (1993), 448-53.
- 77 S. J. Legg, 'The Effect of Abdominal Muscle Fatigue and Training on the Intra-Abdominal Pressure Developed During Lifting', *Ergonomics*, 24 (1981), 191-5.
- 78 G. J. Lehman, '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*, 19 (2005), 587-91.
- 79 A. C. Lentini, R. S. McKelvie, N. McCartney, C. W. Tomlinson, and J. D. MacDougall, 'Left Ventricular Response in Healthy Young Men During Heavy-Intensity Weight-Lifting Exercise', *J Appl Physiol (1985)*, 75 (1993), 2703-10.
- 80 A. S. Lepley, and B. M. Hatzel, 'Effects of Weightlifting and Breathing Technique on Blood Pressure and Heart Rate', *J Strength Cond Res*, 24 (2010), 2179-83.
- 81 S. T. Linsenhardt, Thomas, T. R., & Madsen, R. W. , 'Effect of Breathing Techniques on Blood Pressure Response to Resistance Exercise. ', *British journal of sports medicine*, 26(2), 97-100. (1992).
- 82 Robert G. Lockie, Samuel J. Callaghan, Matthew R. Moreno, Fabrice G. Risso, Tricia M. Liu, Alyssa A. Stage, Samantha A. Birmingham-Babauta, John J. Stokes,

- Dominic V. Giuliano, Adrina Lazar, DeShaun L. Davis, and Ashley J. Orjalo, 'An Investigation of the Mechanics and Sticking Region of a One-Repetition Maximum Close-Grip Bench Press Versus the Traditional Bench Press', *Sports*, 5 (2017), 46.
- 83 F. A. Lopes, V. L. Panissa, U. F. Julio, E. M. Menegon, and E. Franchini, 'The Effect of Active Recovery on Power Performance During the Bench Press Exercise', *J Hum Kinet*, 40 (2014), 161-9.
- 84 J. D. MacDougall, R. S. McKelvie, D. E. Moroz, D. G. Sale, N. McCartney, and F. Buick, 'Factors Affecting Blood Pressure During Heavy Weight Lifting and Static Contractions', *J Appl Physiol* (1985), 73 (1992), 1590-7.
- 85 J. D. MacDougall, D. Tuxen, D. G. Sale, J. R. Moroz, and J. R. Sutton, 'Arterial Blood Pressure Response to Heavy Resistance Exercise', *J Appl Physiol* (1985), 58 (1985), 785-90.
- 86 N. Madsen, and T. McLaughlin, 'Kinematic Factors Influencing Performance and Injury Risk in the Bench Press Exercise', *Med Sci Sports Exerc*, 16 (1984), 376-81.
- 87 J. O. Maillard, L. Burdet, G. van Melle, and J. W. Fitting, 'Reproducibility of Twitch Mouth Pressure, Sniff Nasal Inspiratory Pressure, and Maximal Inspiratory Pressure', *Eur Respir J*, 11 (1998), 901-5.
- 88 T. Marnejon, S. Sarac, and A. J. Cropp, 'Spontaneous Pneumothorax in Weightlifters', *J Sports Med Phys Fitness*, 35 (1995), 124-6.
- 89 P. W. Marshall, and B. A. Murphy, 'Increased Deltoid and Abdominal Muscle Activity During Swiss Ball Bench Press', *J Strength Cond Res*, 20 (2006), 745-50.
- 90 Wollner Materko, Carlos Eduardo, Brasil Neves, and Edil Santos, 'Prediction Model of a Maximal Repetition (1rm) Based on Male and Female Anthropometrical Characteristics', *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13 (2007).
- 91 Fry AC Matuszak ME, Weiss LW, et al. Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. *J Strength Cond Res* 2003; 17: 634–7.
- 92 J. L. Mayhew, T. E. Ball, T. E. Ward, C. L. Hart, and M. D. Arnold, 'Relationships of Structural Dimensions to Bench Press Strength in College Males', *J Sports Med Phys Fitness*, 31 (1991), 135-41.
- 93 J. L.; PIPER MAYHEW, F. C.; WARE, J. S. . , , 'Anthropometric Correlates with Strength Performance among Resistance Trained Athletes', *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 33.2: 159-165 (1993).
- 94 Jerry L. MAYHEW, et al. , 'Relationships of Body Dimensions to Strength Performance in Novice Adolescent Male Powerlifters.', *Pediatric Exercise Science*, , 5.4: 347-356. 17 (1993).
- 95 Stand Friday McCaw, 'A Comparison of Muscle Activity between Free Weight and Machine Bench Press. ', *Strenght cond, Res*:8 259-264 (1994).
- 96 A. K. McConnell, and A. J. Copestake, 'Maximum Static Respiratory Pressures in Healthy Elderly Men and Women: Issues of Reproducibility and Interpretation', *Respiration*, 66 (1999), 251-8.
- 97 K. McCurdy, G. Langford, J. Ernest, D. Jenkerson, and M. Doscher, 'Comparison of Chain- and Plate-Loaded Bench Press Training on Strength, Joint Pain, and Muscle Soreness in Division II Baseball Players', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (2009), 187-95.

- 98 S. M. McGill, R. W. Norman, and M. T. Sharratt, 'The Effect of an Abdominal Belt on Trunk Muscle Activity and Intra-Abdominal Pressure During Squat Lifts', *Ergonomics*, 33 (1990), 147-60.
- 99 S. M. McGill, and M. T. Sharratt, 'Relationship between Intra-Abdominal Pressure and Trunk Emg', *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 5 (1990), 59-67.
- 100 M. P. McHugh, D. A. Connolly, R. G. Eston, and G. W. Gleim, 'Electromyographic Analysis of Exercise Resulting in Symptoms of Muscle Damage', *J Sports Sci*, 18 (2000), 163-72.
- 101 A. Mier, C. Brophy, J. Moxham, and M. Green, 'Twitch Pressures in the Assessment of Diaphragm Weakness', *Thorax*, 44 (1989), 990-6.
- 102 Petr Šťastný Miroslav Petr, *Funkční Silový Trénink* (2012).
- 103 K. Miyamoto, N. Iinuma, M. Maeda, E. Wada, and K. Shimizu, 'Effects of Abdominal Belts on Intra-Abdominal Pressure, Intra-Muscular Pressure in the Erector Spinae Muscles and Myoelectrical Activities of Trunk Muscles', *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 14 (1999), 79-87.
- 104 S. Mookerjee, and N. Ratamesh, 'Comparison of Strength Differences and Joint Action Durations between Full and Partial Range-of-Motion Bench Press Exercise', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13 (1999), 76-81.
- 105 A. L. Nachemson, B. J. Andersson, and A. B. Schultz, 'Valsalva Maneuver Biomechanics. Effects on Lumbar Trunk Loads of Elevated Intraabdominal Pressures', *Spine (Phila Pa 1976)*, 11 (1986), 476-9.
- 106 J. A. Narloch, and M. E. Brandstater, 'Influence of Breathing Technique on Arterial Blood Pressure During Heavy Weight Lifting', *Arch Phys Med Rehabil*, 76 (1995), 457-62.
- 107 R. U. Newton, A. J. Murphy, B. J. Humphries, G. J. Wilson, W. J. Kraemer, and K. 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 and Occupational Physiology*, 75 (1997), 333-42.
- 108 W. Niewiadomski, A. Pilis, A. Strasz, D. Laskowska, A. Gasiorowska, K. Pilis, and G. Cybulski, 'In Aged Men, Central Vessel Transmural Pressure Is Reduced by Brief Valsalva Manoeuvre During Strength Exercise', *Clin Physiol Funct Imaging*, 34 (2014), 191-8.
- 109 W. Niewiadomski, W. Pilis, D. Laskowska, A. Gasiorowska, G. Cybulski, and A. Strasz, 'Effects of a Brief Valsalva Manoeuvre on Hemodynamic Response to Strength Exercises', *Clin Physiol Funct Imaging*, 32 (2012), 145-57.
- 110 P. O'Connor, G. A. Sforzo, and P. Frye, 'Effect of Breathing Instruction on Blood Pressure Responses During Isometric Exercise', *Phys Ther*, 69 (1989), 757-61.
- 111 S. J. Ostrowski, L. A. Carlson, and M. A. Lawrence, 'Effect of an Unstable Load on Primary and Stabilizing Muscles During the Bench Press', *J Strength Cond Res*, 31 (2017), 430-34.
- 112 V. P. Lombardi, and R. K. Troxel, *U.S. Deaths & Injuries Associated with Weight Training*. Vol. 35 (2003), p. S203.
- 113 P. Palatini, L. Mos, L. Munari, F. Valle, M. Del Torre, A. Rossi, L. Varotto, F. Macor, S. Martina, A. C. Pessina, and et al., 'Blood Pressure Changes During Heavy-Resistance Exercise', *J Hypertens Suppl*, 7 (1989), S72-3.

- 114 M. F. Petrini, and D. Haynes, 'In Search of Maximum Inspiratory and Expiratory Pressure Reference Equations', *Respir Care*, 54 (2009), 1304-5.
- 115 J. N. Phelan, and W. J. Gonyea, 'Effect of Radiation on Satellite Cell Activity and Protein Expression in Overloaded Mammalian Skeletal Muscle', *Anat Rec*, 247 (1997), 179-88.
- 116 Aleš Piňoš, 'Sportovní Trénink (Rozšiřující Učební Texty K Předmětu Teorie a Didaktika Sportovního Tréninku)' (Střední pedagogická škola Přerov, 2007), p. 40.
- 117 C. G. Pitta, R. F. Steinert, E. S. Gragoudas, and C. D. Regan, 'Small Unilateral Foveal Hemorrhages in Young Adults', *Am J Ophthalmol*, 89 (1980), 96-102.
- 118 Charles Poliquin, *The Poliquin Principles: Successful Methods for Strenght and Mass Development*. 2 vols (Dayton Pubns & Writers group, 1997).
- 119 M. I. Polkey, M. Green, and J. Moxham, 'Measurement of Respiratory Muscle Strength', *Thorax*, 50 (1995), 1131-5.
- 120 C. J. Porth, V. S. Bamrah, F. E. Tristani, and J. J. Smith, 'The Valsalva Maneuver: Mechanisms and Clinical Implications', *Heart Lung*, 13 (1984), 507-18.
- 121 P. J. Rasch, and L. E. Morehouse, 'Effect of Static and Dynamic Exercises on Muscular Strength and Hypertrophy', *J Appl Physiol*, 11 (1957), 29-34.
- 122 J. M. Reynolds, T. J. Gordon, and R. A. Robergs, 'Prediction of One Repetition Maximum Strength from Multiple Repetition Maximum Testing and Anthropometry', *J Strength Cond Res*, 20 (2006), 584-92.
- 123 L. M. Romer, and A. K. McConnell, 'Inter-Test Reliability for Non-Invasive Measures of Respiratory Muscle Function in Healthy Humans', *Eur J Appl Physiol*, 91 (2004), 167-76.
- 124 S. Sadarangani, D. R. Patel, and S. Pejka, 'Spontaneous Pneumomediastinum and Epidural Pneumatosis in an Adolescent Precipitated by Weight Lifting: A Case Report and Review', *Phys Sportsmed*, 37 (2009), 147-53.
- 125 A. H. Saeterbakken, and M. S. Fimland, 'Electromyographic Activity and 6rm Strength in Bench Press on Stable and Unstable Surfaces', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27 (2013), 1101-07.
- 126 A. H. Saeterbakken, D. A. Mo, S. Scott, and V. Andersen, 'The Effects of Bench Press Variations in Competitive Athletes on Muscle Activity and Performance', *J Hum Kinet*, 57 (2017), 61-71.
- 127 M. C. Sachs, Enright, P. L., Hinckley Stukovsky, K. D., Jiang, R., Barr, R. G., Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis Lung Study (2009). Performance of maximum inspiratory pressure tests and maximum inspiratory pressure reference equations for 4 race/ethnic groups. *Respiratory care*, 54(10), 1321-8.
- 128 Akihiro Sakamoto, Hisashi Naito, and Chin Moi Chow, 'Hyperventilation-Aided Recovery for Extra Repetitions on Bench Press and Leg Press', *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34 (2020), 1274-84.
- 129 X. Sanchez, M. S. Boschker, and D. J. Llewellyn, 'Pre-Performance Psychological States and Performance in an Elite Climbing Competition', *Scand J Med Sci Sports*, 20 (2010), 356-63.
- 130 J. M. Scanlan, K. L. Ballmann, J. L. Mayhew, and C. D. Lantz, 'Anthropometric Dimensions to Predict 1-Rm Bench Press in Untrained Females', *J Sports Med Phys Fitness*, 39 (1999), 54-60.

- 131 T. C. Shoepe, D. A. Ramirez, R. J. Rovetti, D. R. Kohler, and H. C. Almstedt, 'The Effects of 24 Weeks of Resistance Training with Simultaneous Elastic and Free Weight Loading on Muscular Performance of Novice Lifters', *J Hum Kinet*, 29 (2011), 93-106.
- 132 E. E. Schick, J. W. Coburn, L. E. Brown, D. A. Judelson, A. V. Khamoui, T. T. Tran, and B. P. Uribe, 'A Comparison of Muscle Activation between a Smith Machine and Free Weight Bench Press', *J Strength Cond Res*, 24 (2010), 779-84.
- 133 Kelm M Schipke JD, Siegmund K, Muth T, Sievers B, Steiner S., "'Lung Packing" in Breath Hold-Diving: An Impressive Case of Pulmo-Cardiac Interaction. ', *Respir Med Case Rep*. 2015;16:120-1.
- 134 T. Similowski, and J. P. Derenne, 'Inspiratory Muscle Testing in Stable Copd Patients', *Eur Respir J*, 7 (1994), 1871-6.
- 135 S. F. Simoneaux, B. J. Murphy, and J. Tehranzadeh, 'Spontaneous Pneumothorax in a Weight Lifter. A Case Report', *Am J Sports Med*, 18 (1990), 647-8.
- 136 S. C. Smeltzer, and M. H. Lavietes, 'Reliability of Maximal Respiratory Pressures in Multiple Sclerosis', *Chest*, 115 (1999), 1546-52.
- 137 B. J. Snyder, and W. R. Fry, 'Effect of Verbal Instruction on Muscle Activity During the Bench Press Exercise', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (2012), 2394-400.
- 138 B. J. Snyder, and J. R. Leech, 'Voluntary Increase in Latissimus Dorsi Muscle Activity During the Lat Pull-Down Following Expert Instruction', *J Strength Cond Res*, 23 (2009), 2204-9.
- 139 P. Soudon, M. Steens, and M. Toussaint, 'A Comparison of Invasive Versus Noninvasive Full-Time Mechanical Ventilation in Duchenne Muscular Dystrophy', *Chron Respir Dis*, 5 (2008), 87-93.
- 140 A. Stewart, Marfell-Jones, M., Olds, T., & De, R. H. I, 'International Standards for Anthropometric Assessment', *International Society for Advancement of Kinanthropometry* (2011).
- 141 I. A. Stokes, M. G. Gardner-Morse, and S. M. Henry, 'Intra-Abdominal Pressure and Abdominal Wall Muscular Function: Spinal Unloading Mechanism', *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 25 (2010), 859-66.
- 142 N. Syabbalo, 'Assessment of Respiratory Muscle Function and Strength', *Postgrad Med J*, 74 (1998), 208-15.
- 143 G. Terzis, G. Karampatsos, and G. Georgiadis, 'Neuromuscular Control and Performance in Shot-Put Athletes', *J Sports Med Phys Fitness*, 47 (2007), 284-90.
- 144 R. V. Tillaar, and A. Saeterbakken, 'The Sticking Region in Three Chest-Press Exercises with Increasing Degrees of Freedom', *J Strength Cond Res*, 26 (2012), 2962-9.
- 145 Rv Tillaar, A. H. Saeterbakken, and G. Ettema, 'Is the Occurrence of the Sticking Region the Result of Diminishing Potentiation in Bench Press?', *J Sports Sci*, 30 (2012), 591-9.
- 146 Thomas Roth Timothy A. Roehrs, *Chapter 14 - the Physiology of Sleep, Neurology and Clinical Neuroscience* (Mosby, 2007).
- 147 Petr Tlapák, *Tvarování Těla Pro Muže a Ženy*. 6 vols. Vol. 6 (Praha: ARSCI, 1999).

- 148 J. D. Truwit, and J. J. Marini, 'Validation of a Technique to Assess Maximal
Inspiratory Pressure in Poorly Cooperative Patients', *Chest*, 102 (1992), 1216-9.
- 149 Sutton J Tuxen DV, Upton A, Sexton D, McDougal D, Sale D. Brainstem injury
following maximal weight lifting attempts [abstract] *Med Sci Sports Exerc*.
1983;15(2):158.
- 150 R. van den Tillaar, and G. Ettema, 'A Comparison of Successful and Unsuccessful
Attempts in Maximal Bench Pressing', *Med Sci Sports Exerc*, 41 (2009), 2056-63.
- 151 ———, 'The "Sticking Period" in a Maximum Bench Press', *Journal of Sports
Sciences*, 28 (2010), 529-35.
- 152 R. van den Tillaar, and A. H. Saeterbakken, 'Fatigue Effects Upon Sticking Region
and Electromyography in a Six-Repetition Maximum Bench Press', *Journal of
Sports Sciences*, 31 (2013), 1823-30.
- 153 PAUL M. VANDERBURGH, and ALAN M. BATTERHAM, 'Validation of the Wilks
Powerlifting Formula', *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (1999), 1869.
- 154 S. Verges, Y. Sager, C. Erni, and C. M. Spengler, 'Expiratory Muscle Fatigue
Impairs Exercise Performance', *Eur J Appl Physiol*, 101 (2007), 225-32.
- 155 M. Vitacca, M. Paneroni, L. Bianchi, E. Clini, A. Vianello, P. Ceriana, L. Barbano,
B. Balbi, and S. Nava, 'Maximal Inspiratory and Expiratory Pressure
Measurement in Tracheotomised Patients', *Eur Respir J*, 27 (2006), 343-9.
- 156 Loree L. Wagner, et al., 'The Effect of Grip Width on Bench Press Performance',
International Journal of Sport Biomechanics, 8.1: 1-10 (1992).
- 157 S. Walker, L. Davis, J. Avela, and K. Hakkinen, 'Neuromuscular Fatigue During
Dynamic Maximal Strength and Hypertrophic Resistance Loadings', *J
Electromyogr Kinesiol*, 22 (2012), 356-62.
- 158 Wagner LL Weir JP, Housh TJ. The effect of rest interval length on repeated
maximal bench presses. *J Strength Cond Res* 1994; 8: 58–60.
- 159 Amy Welch, and Mark Tschampl, 'Something to Shout About: A Simple, Quick
Performance Enhancement Technique Improved Strength in Both Experts and
Novices', *Journal of Applied Sport Psychology - J APPL SPORT PSYCHOL*, 24
(2012).
- 160 Michal Wilk, Artur Golas, Petr Stastny, Monika Nawrocka, Michal Krzysztofik,
and Adam Zajac, 'Does Tempo of Resistance Exercise Impact Training Volume?',
Journal of human kinetics, 62 (2018), 241-50.
- 161 C. A. Williams, and A. R. Lind, 'The Influence of Straining Maneuvers on the
Pressor Response During Isometric Exercise', *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*,
56 (1987), 230-7.
- 162 E. Wolf, A. Blank, M. Shochina, and B. Gonen, 'Effect of Exercise of the Lower
Limbs on the Non-Exercised Biceps Brachii Muscle', *Am J Phys Med*, 63 (1984),
113-21.
- 163 V. M. Zatsiorsky, Kreamer, W. J. , *Silový Trénink. Praxe a Věda, Edice Českého
Olympijského Výboru* (Mladá fronta, 2006).
- 164 E. Zemková, O. Poór, and M. Jeleň, 'Between-Side Differences in Trunk
Rotational Power in Athletes Trained in Asymmetric Sports', *J Back
Musculoskelet Rehabil*, 32 (2019), 529-37.