



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

Pedagogická fakulta

Katedra tělesné výchovy a sportu

Bakalářská práce

**Zjištění rozdílů v dechovém vzoru v  
různých intenzitách zátěže u osob s různou  
úrovní kondice**

Vypracovala: Tereza Křivská

Vedoucí práce: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2024



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**University of South Bohemia in České Budějovice**

Faculty of Education

Department of Sports Studies

Bachelor thesis

**Finding differences in breathing patterns  
at different exercise intensities in people  
with different levels of fitness**

Author: Tereza Křivská

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2024

## Bibliografická identifikace

**Název bakalářské práce:** Zjištění rozdílů v dechovém vzoru v různých intenzitách zátěže u osob s různou úrovní kondice

**Jméno a příjmení autora:** Tereza Křivská

**Studijní obor:** Přs-TVs-SZs

**Pracoviště:** Katedra tělesné výchovy a sportu PF JU

**Vedoucí bakalářské práce:** PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2024

### Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývala analýzou dechového vzoru u jedinců s různými úrovněmi kondice a jeho změnami při různých intenzitách fyzické zátěže. Cílem práce bylo zjistit, jak se dechový vzor mění v závislosti na úrovni kondice jedince, a i na intenzitě prováděné fyzické aktivity. Pro dosažení cíle byl proveden experiment, do kterého byly zapojeny tři skupiny po osmi probandech (sportovci, studenti tělesné výchovy a nesportovci). Účastníci byli podrobeni testu, během něhož byly měřeny jejich dechové vzory. Tyto testy zahrnovaly různé formy fyzické aktivity (sed, stoj, chůze, submaximální běh) na běžecím pásu za použití optoelektronického pletysmografického systému. Hodnoty minutové ventilace u testovaných skupin v klidu i při zátěži nebyly významně odlišné, rozdíly nebyly statisticky významné. Hodnoty dechové frekvence v klidu byly u studentů tělesné výchovy nejnižší, jejich průměr činil  $15,5 \pm 3,2$  dechů·min<sup>-1</sup>. U sportovců  $17,2 \pm 2,4$  dechů·min<sup>-1</sup> a u nesportovců  $17,8 \pm 2,5$  dechů·min<sup>-1</sup>. Na začátku zátěže byl dechový cyklus sportovců o 12,6 % kratší než u zbylých skupin, od dvanácté minuty trval o 2,7 % déle než u nesportovců a studentů tělesné výchovy. Nejnižších hodnot dechového objemu dosáhli v klidu i během zátěže sportovci, naopak nejvyšších hodnot nesportovci. Sportovci a studenti tělesné výchovy upřednostňovali zapojení břišního sektoru v průměru o 7 % více než nesportovci, kteří naopak využívali průměrně o 4,4 % více horní hrudní sektor.

**Klíčová slova:** dechové parametry, dýchání, dýchání při zátěži, dechový stereotyp, fyzická zátěž, pletysmografie, spirometrie

## **Bibliographical identification**

**Title of the bachelor thesis:** Finding differences in breathing patterns at different exercise intensities in people with different levels of fitness

**Author's first name and surname:** Tereza Křivská

**Field of study:** PŘS-TVŠ-SZŠ

**Department:** Department of Sports studies

**Supervisor:** PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

**The year of presentation:** 2024

### **Abstract:**

This bachelor thesis examined the analysis of the respiratory pattern in individuals with varying levels of fitness and its changes at different intensities of physical exertion. The aim of the thesis was to determine how the respiratory pattern changes depending on the individual's fitness level and the intensity of physical activity performed. An experiment was conducted involving three groups of eight subjects each (athletes, physical education students and non-athletes). Participants underwent a test during which their respiratory patterns were measured. These tests included various forms of physical activity (sitting, standing, walking, submaximal running) on a treadmill using an optoelectronic plethysmography system. Minute ventilation values in the tested groups at rest and during exertion were not significantly different, and the differences were not statistically significant. Resting respiratory rate values were lowest in physical education students, averaging  $15.5 \pm 3.2$  breaths·min<sup>-1</sup>. Athletes had  $17.2 \pm 2.4$  breaths·min<sup>-1</sup>, and non-athletes  $17.8 \pm 2.5$  breaths·min<sup>-1</sup>. At the onset of exertion, the respiratory cycle of athletes was 12,6 % shorter than in the other groups, lasting 2,7% longer than in non-athletes and physical education students from the twelfth minute onwards. Athletes achieved the lowest tidal volume values at rest and during exertion, while non-athletes achieved the highest values. Athletes and physical education students preferred abdominal sector involvement on average by 7 % more than non-athletes, who, in turn, utilized the upper thoracic sector on average by 4,4 % more.

**Keywords:** respiratory parameters, breathing, breathing under stress, breathing pattern, physical stress, plethysmography, spirometry

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této bakalářské práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Datum:

Podpis studenta

## **Poděkování**

Mé speciální poděkování patří panu PhDr. Petru Bahenskému Ph.D. za odborné a trpělivé vedení mé bakalářské práce s názvem „Zjištění rozdílů v dechovém vzoru v různých intenzitách zátěže u osob s různou úrovní kondice.“ Děkuji za jeho cenné rady a čas. Ráda bych také poděkovala všem zúčastněným probandům za ochotu a zapojení se do mého výzkumu. Dále nesmím zapomenout poděkovat mé rodině i přátelům za velkou podporu během studia.

## Obsah

1 Úvod.....	8
2 Teoretická východiska.....	9
2.1 Dýchací soustava .....	9
2.1.1 Anatomie dýchací soustavy .....	9
2.1.2 Fyziologie dýchání.....	11
2.1.3 Typy dýchání .....	12
2.1.4 Optimální dýchání.....	13
2.1.5 Poruchy dechového stereotypu.....	14
2.1.6 Reakce a adaptace dýchací soustavy na zátěž.....	15
2.2 Sportovní trénink.....	18
2.2.1 Vytrvalostní schopnosti .....	18
2.2.2 Vytrvalostní trénink .....	19
2.3 Zátěžová funkční diagnostika .....	21
2.3.1 Spiroergometrie.....	22
2.3.2 Ventilačně-respirační parametry .....	23
2.4 Optoelektronický pletysmograf.....	26
2.4.1 Využití OEP.....	27
2.4.2 Rozmístění markerů za standartní situace .....	27
3 Cíl, úkoly a hypotézy .....	29
3.1 Cíl práce .....	29
3.2 Úkoly práce .....	29
3.3 Hypotézy.....	29
3.4 Výzkumné otázky.....	29
4 Metodika .....	31
4.1 Charakteristika souboru .....	31
4.2 Design experimentu .....	32
4.2.1 Použité testovací přístroje .....	32
4.2.2 Průběh testování probandů.....	34
4.3 Statistické zpracování .....	37
5 Výsledky .....	39
5.1 Minutová ventilace .....	39
5.2 Dechová frekvence .....	42
5.3 Dechový objem .....	45
5.4 Délka nádechu .....	48
5.5 Délka výdechu .....	51
5.6 Délka dechového cyklu .....	54
5.7 Zapojení dechových sektorů.....	57
6 Diskuse .....	65
7 Závěr.....	68
Referenční seznam literatury.....	70
Internetové zdroje .....	72
Seznam použitých zkratk .....	73

# 1 Úvod

V současné době lze v oblasti biomedicínského inženýrství pozorovat výrazný vzestup výzkumu a vývoje zobrazovacích technik a zařízení, která umožňují neinvazivní monitorování fyziologických funkcí lidského těla. Jedna z mnoha klíčových oblastí je právě optoelektronická pletysmografie, známá také jako OEP. Tato technologie umí analyzovat dýchání, což má mimořádný význam pro monitorování a následnou diagnostiku různých zdravotních stavů.

Tato bakalářská práce se zaměřuje právě na OEP jakožto inovativní nástroj pro získání ventilačně-respiračních dat. Cílem teoretické části práce je nejen vysvětlit základní principy optoelektronického pletysmografu, ale také prozkoumat oblasti jeho využití a správného rozmístění markerů. Pro správné porozumění výzkumu se budeme nejprve věnovat anatomii a fyziologii dýchací soustavy, typům dýchání. Krátce uvedu reakci a adaptaci dýchací soustavy na zátěž a základy sportovního tréninku vytrvalostního charakteru.

V rámci praktické části bude proveden experiment a analýza tří skupin probandů. Bude se jednat o 24 mužů ve věku 18–26 let. Z toho 8 běžců, 8 studentů tělesné výchovy a 8 nespportovců. Díky čemuž vyhodnotíme, jaké se u osob s různou úrovní kondice vyskytují rozdíly v dechovém vzoru při různých intenzitách zátěže. Získané výsledky porovnáme a pokusíme se potvrdit či vyvrátit hypotézu, zda se studenti tělesné výchovy na vysoké škole mohou v rámci biomechaniky dýchání rovnat sportovcům, nebo se spíše blíží kategorii nespportující populace.

V závěru práce bude zhodnocena důležitost OEP jako perspektivního nástroje v oblasti medicíny a sportu. Tímto způsobem bude má bakalářská práce přispívat dalším výzkumům, které sledují specifikace rozdílů v dechovém vzoru a s trochou štěstí motivuje část populace k pohybu.



## 2 Teoretická východiska

### 2.1 Dýchací soustava

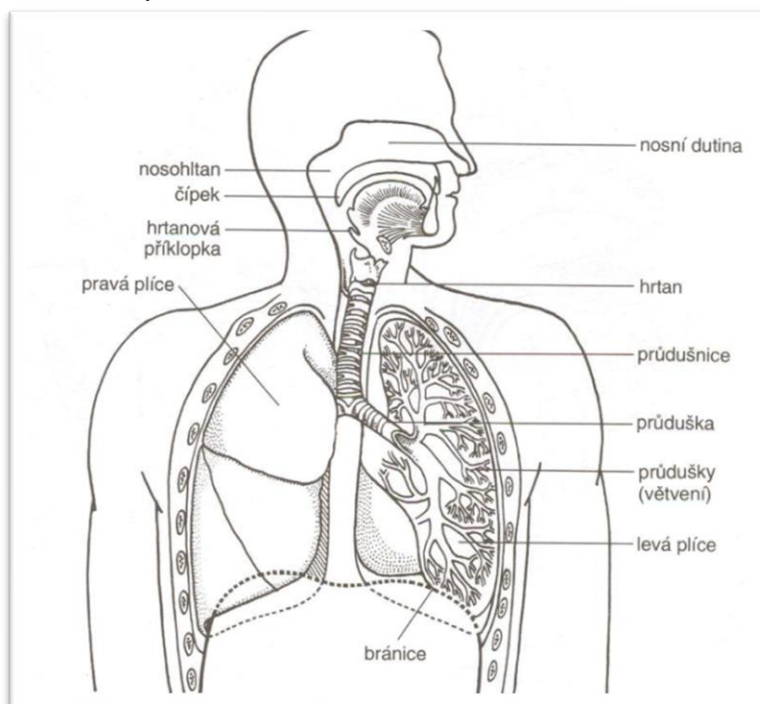
Základní funkcí dýchací soustavy je výměna dýchacích plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím. Jedná se tedy o příjem kyslíku ze vzduchu do krve a odvod oxidu uhličitého z krve. Dýchací soustava pomáhá vylučovat určité odpadní látky jako je například kyselina mléčná nebo vodní pára (Benešová et al., 2013).

#### 2.1.1 Anatomie dýchací soustavy

Dýchací soustavu můžeme rozdělit na několik segmentů. A to na horní cesty dýchací, dolní cesty dýchací a samotný dýchací orgán. Do horních cest dýchacích řadíme nosní dutinu (lat. *cavum nasi*), vedlejší dutiny nosní (lat. *sinus paranasales*) a hltan (lat. *pharynx*). Dolní cesty dýchací se skládají z hrtanu (lat. *larynx*), průdušnice (lat. *trachea*) a průdušek (lat. *bronchi*). Dýchací orgán se nazývá plíce (lat. *pulmo*) (Benešová et al., 2013). Na obrázku číslo 1 názorně vidíme stavbu dýchací soustavy.

#### Obrázek 1

*Anatomie dýchací soustavy*



(Hruška et al., 1995, s. 67)

Nosní dutina začíná nosními dírkami a je rozdělena nosní přepážkou na dvě poloviny. Celá nosní dutina je vystlána velice prokrvenou sliznicí, kterou dělíme na respirační a čichovou část. Respirační část sliznice je kryta řasinkovým epitelem s hlenovými žlázkami pro zachytávání prachových částic. Čichové buňky se nachází

v čichové části sliznice. Další podstatnou funkcí dutiny je zvlhčování a ohřívání přijímaného vzduchu z okolí (Dylevský, 2011). K nosní dutině se připojují vedlejší dutiny nosní. Konkrétně se nacházejí v horní čelisti (lat. *sinus maxillaris*), čelní kosti (lat. *sinus frontalis*), čichové kosti (lat. *cellulae ethmoidales*) a klínové kosti (lat. *sinus sphenoidalis*). Vedlejší dutiny nosní zvětšují objem samotné dutiny nosní a podílí se hlavně na tvorbě hlasu (Čihák & Grim, 2013).

Hltan představuje místo, kde dochází ke křížení dýchacích a trávicích cest. Je dlouhý přibližně 12 až 15 cm a rozdělujeme ho na tři části. Na nosohltan, ústní část a hrtanovou část. Nosohltan je místo spojení hltanu a nosní dutiny. Nachází se zde i vyústění Eustachovy trubice, která spojuje nosohltan se středním uchem, vyrovnává tak tlak v uších. V ústní části dochází k propojení hltanu a ústní dutiny. Hrtanová část spojuje hltan a hrtan. Ten při polykání hrtanovou příklopkou (lat. *epiglottis*) uzavírá vstup do dýchacích cest, takže zabraňuje vdechnutí potravy (Dylevský, 2011).

Na přední straně krku nalezneme hrtan, který je zavěšený na jazylce. Hrtan je tvořen hrtanovými chrupavkami. Mezi ně patří štítná chrupavka, prstencová chrupavka, dvě hlasivkové chrupavky a hrtanová příklopka. Nachází se zde napjaté hlasivkové vazy v hlasivkové štěrbině (lat. *rima glottidis*). Ty umožňují tvorbu tónu (Dylevský, 2011).

Průdušnice je trubice dlouhá přibližně 10 až 12 cm. Napojuje se na hrtan. V místech čtvrtého či pátého hrudního obratle dochází k rozdělení průdušnice na pravou a levou průdušku. Tomuto jevu říkáme bifurkace trachey. Průdušky vstupují do samotných plic. Pravá průduška je přímým pokračováním průdušnice, proto do ní jednoduše zapadají vdechnuté předměty. Levá průduška odstupuje ve větším úhlu od průdušnice. V plicích se průdušky rozvětvují a ztenčují na menší průdušinky (Dylevský, 2011).

Plíce jsou párovým dýchacím orgánem těla v hrudní dutině. Každá plíce je složena z laloků. Pravá plíce má tři laloky, levá pouze dva kvůli uložení srdce (Dylevský, 2011). Plíce jsou tvořeny průdušinkami (lat. *bronchioly*), plicními váčky (lat. *alveoly*) a krevními cévami. Pro názornost si plíce můžeme představit jako měkkou houbovitou tkáň, zbarvenou do světle červené barvy. Plíce kryjí dvě vazivové blány. Vnitřní blána na povrchu plic se nazývá poplicnice (lat. *pleura visceralis*). Vnější

pohrudnice (lat. *pleura*) kryje vnitřek hrudní dutiny. Štěrbina mezi nimi je vyplněna tekutinou (Benešová et al., 2013).

Důležité jsou plicní váčky, které se nachází na koncích nejmenších průdušinek. Povrch těchto váčků je členěn plicními sklípky, díky nimž zvětšují svou plochu. Plicní sklípky jsou hustě protkány vlásečnicemi, proto zde dochází k vzájemné difúzi dýchacích plynů (Benešová et al., 2013).

### **2.1.2 Fyziologie dýchání**

Veškeré živé organismy na planetě potřebují energii, která jim zajišťuje několik životně důležitých funkcí. Například se jedná o produkci tepla, pohyb a aktivní transport látek přes membrány. Organismy získávají energii sériemi reakcí z živin, jako jsou například cukry, tuky a jednotlivé aminokyseliny. Během těchto reakcí se spotřebovává kyslík, který byl přijat z okolí a vzniká oxid uhličitý, který se do okolí uvolňuje. Respirace (z lat. *respiratio* = dýchání, dech) obnáší všechny důležité procesy potřebné k výměně plynů mezi prostředím, krví a tkáňovými buňkami. Rozdělujeme vnější a vnitřní dýchání (Trojan et al., 2003).

Vnější dýchání neboli ventilace plic zajišťuje výměnu vzduchu mezi atmosférou a plicními váčky. Plicní ventilaci umožňuje pravidelné střídání dýchacích pohybů: vdech (lat. *inspirum*) a výdech (lat. *expirium*). Tyto pohyby samozřejmě zajišťují svaly. Najdeme zde svaly nádechové, výdechové a pomocné. Nádech je aktivní děj, při němž je vzduch nasáván do plic. Plíce se tedy rozepínají, tento jev je umožněn především zevními mezižeberními svaly a bránicí (lat. *diaphragma*), která se pohybuje směrem dolů do dutiny břišní. Při pasivním výdechu je vzduch vypuzován z plic. Plíce se smršťují a dýchací svaly ochabují. Bránice se pohybuje zpět směrem do hrudní dutiny (Benešová et al., 2013).

Proces nádechu a výdechu je řízen centrální nervovou soustavou organismu, kde vznikají nervové impulzy pro rytmické výboje v motorických neuronech dýchacích svalů. Rozlišujeme zde dva systémy. První systém se stará o volní dýchání, jehož centrum ovládní je v mozkové kůře. Druhý systém zodpovídá za automatické dýchání, povely jsou vysílány z prodloužené míchy přímo do okolí plic (Ganong, 1995).

Průběh nádechu začíná kontrakcí dýchacích svalů, tím rostou rozměry hrudníku a dojde k poklesu bránice do břišní dutiny. Dále dochází ke klesání interpleurálního tlaku (tlak mezi poplicnicí a pohrudnicí). Díky tomu roste objem plic a alveolární tlak

klesá až pod hodnotu atmosférického tlaku. Nyní probíhá proudění vzduchu do plic, dokud se tlak mezi plícemi a atmosférou nevyrovná. Výdech počíná relaxací dýchacích svalů, rozměry hrudníku se automaticky zmenšují. Interpleurální tlak při výdechu roste, tím klesá objem plic a alveolární tlak vzrůstá nad hodnotu tlaku atmosférického. V tento moment proudí vzduch z plic, do doby než se plicní a atmosférický tlak vyrovná (Kittnar & Mlček, 2009).

Pro vnější dýchání jsou důležité obranné reflexy, které mají za úkol chránit dechový systém a zamezovat ucpaní dýchací cest. Mezi ně řadíme například apnoický reflex, kýchání a kašel. Apnoický reflex zabraňuje vdechnutí sousta při příjmu potravy. Kýchání spočívá v uvolnění horních cest dýchacích. Jedná se o mohutný výdech po předchozím velkém nádechu. Kašel uzavře hlasivkovou štěrbinu, to zapříčiní zvýšení tlaku, po jeho uvolnění silně proudící vzduch odstraní dráždivou látku nebo těleso z dolních cest dýchacích cest (Trojan et al. 2003).

Benešová et al. (2013) uvádí, že vnitřní dýchání spočívá ve výměně vzduchu mezi plicními sklípky a krví a mezi krví a tkáněmi. Probíhá difuzí přes buněčné stěny. Difuze je založena na parciálním tlaku. V plicních sklípcích najdeme parciální tlak kyslíku výrazně vyšší než v žilní odkysličené krvi přitékající do plic, proto kyslík snadno proniká stěnou plicních sklípků do krve; naopak ve tkáních je parciální tlak kyslíku menší než v přitékající okysličené tepenné krvi, a proto se uvolňuje do tkání. U oxidu uhličitého je situace opačná.

### **2.1.3 Typy dýchání**

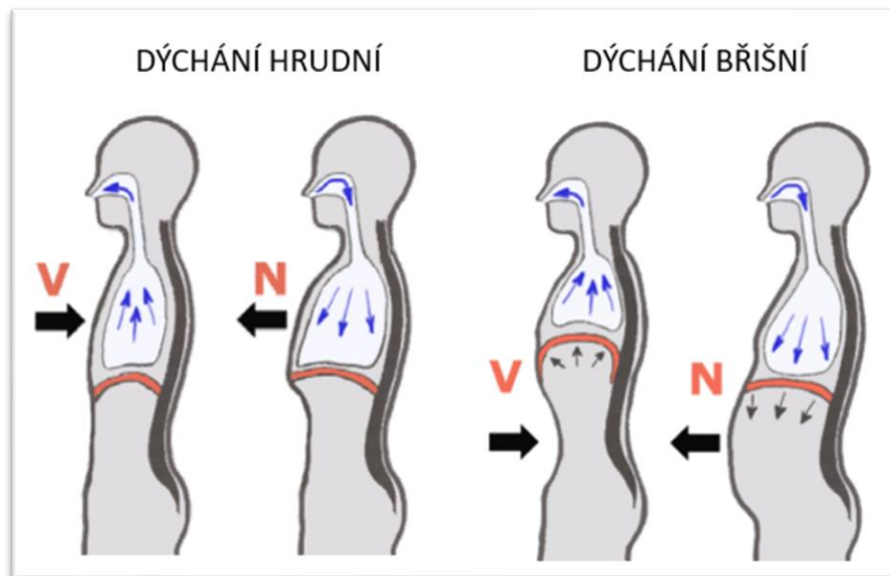
Známe tři základní typy dýchání. A to břišní (abdominální), hrudní (žeberní) a podklíčkové (klavikulární). Abdominální dýchání zajišťuje převážně bránice, která ve spodní části plic napomáhá k výměně dýchacích plynů. S nádechem se bránice natáhne a břišní svaly se uvolní. Opačně probíhá výdech. Pomocí břišního dýchání se plíce mohou celé naplnit vzduchem a následně vyprazdňovat. Dopomáhá tak k lepšímu okysličení organismu. Dle autorů knihy může při nedostatečném abdominálním dýchání docházet ke špatnému trávení, časté zácpě a hemeroidům (Hanzlová & Hemza, 2007).

Pokud největší část dechové aktivity zabezpečuje činnost mezižebních svalů, mluvíme o hrudním dýchání. Při nádechu mezižební svaly zvedají hrudní koš a rozpínají jej do stran. Elasticita hrudníku podporuje pasivně probíhající výdech.

Vzduchem je plněna střední část žebere, což má za následek nižší příjem kyslíku a způsobuje, že dýchání je náročnější než při abdominálním dýchání. Správné hrudní dýchání je prevencí pro onemocnění srdce a krevního oběhu (Hanzlová & Hemza, 2007). Na obrázku číslo 2 si můžeme podrobněji prohlédnout tyto dva typy dýchání. Červené písmeno V označuje výdech a N je nádech.

### Obrázek 2

*Typy dýchání – hrudní a břišní*



(Šponar, 2003, s. 5 a 9)

Třetím typem je podklíčkové dýchání. Pro nádech je typické viditelné zvedání ramen a klíčních kostí, také se nadzvedává druhý až pátý pár žebere hrudního koše. Toto dýchání je velice mělké a rychlé, proto je nejméně efektivní a nejnáročnější. Pro nádech se zapojují mezižeberní svaly a šikmé svaly krku. Svaly krku se většinou zapojují během dechové tísně, například během astmatického záchvatu či při dušení. V rámci klavikulárního dýchání dochází k výměně vzduchu v horní části plic, což může působit jako prevence astmatu (Hanzlová & Hemza, 2017).

#### 2.1.4 Optimální dýchání

Optimální dýchání je těžké definovat. Obecně ho lze považovat za dýchání, které disponuje plynulostí a rytmickým opakováním. Zajistí rovnoměrné rozložení vzduchu do všech částí plic. Využívá tak horní části hrudníku (podklíčkové dýchání), dolní část hrudníku (hrudní) a břišní dýchání. Při správném dechu je klíčová spolupráce bránice a dalších dýchacích svalů (Sikora et al., 2024).

Správného dechového stereotypu nastolíme jen v optimální pozici těla. Bránice a pánevní dno by měly být vodorovně se zemí. Dále zapojen příčný sval břišní (lat. *m. transversus abdominis*) a aktivní takzvaný „funkční barel,“ mluvíme o zapojení celého středu těla. Tento vztah je oboustranný, proto musím uvést, že náš dech má vliv na správné držení těla. Odstraňuje tak bolesti zad a snižuje hladinu stresu (Kolář, 2020).

Dle Nestora (2020) je nejuhodnější dýchat frekvencí 5,5 dechů za minutu. Mluvíme o koherentním dýchání. V tomto případě by délka nádechu měla trvat 5,5 sekund a výdech také 5,5 sekund. Avšak přirozená rychlost dýchání je pomalejší. Dvě až tři vteřiny na nádech a stejný čas na výdech. Místo povrchového rychlého dýchání je doporučováno hluboké a pomalé dýchání. Autor dále uvádí, že nadechováním se nosem můžeme přispět k znovuvrácení zdraví. Toto dýchání přispívá ke zlepšení astmatu, chronickému chrápání či nosní obstrukci.

Ve sportu nám dech hraje velice důležitou roli. Správné dýchání je důležité jak pro rekreační sportovce, tak pro profesionální sportovce. Sportovci profesionální úrovně správným dechem mnohdy zlepšují svůj výkon. Zařazují dechová cvičení do tréninku, aby zvládli dohnat důležité setiny vteřin během podávání výkonu (Nestor, 2020). U rekreačních sportovců je důležité, aby šlo více o zdraví než o výkon. Proto by měli dbát na správnou stabilizaci trupu a celkové udržování postury, to znamená polohy těla a jeho částí. Během sportovního výkonu často dochází k nepříjemným pocitům, jako je nedostatek vzduchu, zadýchání či bolesti v oblasti plic a bránice. Tyto jevy jsou poměrně limitující. Znesnadňují nám zlepšit kondici a mít z pohybu lepší prožitek. Dobrá fyzická kondice napomáhá se stabilním a rytmickým dechovým stereotypem. Pokud dýcháme správně, vzniká nám v organismu malé množství volných radikálů, které snižují riziko tkáňového poškození, zranění i vzniku zánětů. Proto je zvyšování kvality dýchání či dechového stereotypu velice významné v běžném životě (Kolář & Červenková, 2018; Sikora et al., 2024).

### **2.1.5 Poruchy dechového stereotypu**

Poruchy dechového stereotypu lze charakterizovat jako dysfunkční respirační stav, při němž monitorujeme nepravidelné dechové vzory. Postihují všechny věkové kategorie. U lidí trpících respirační poruchou můžeme vyzorovat typické příznaky jako je dušnost, bušení srdce nebo závrať (Vidotto et al., 2019). Kolář a Červenková

(2018) upozorňují, že dýchání má vliv na mnoho dalších faktorů, a proto bychom se měli na naše dýchání zaměřit a snažit se o dýchání správným způsobem. V dýchání se zrcadlí naše úzkost, bolest či dlouhodobý stres.

Jedna z neznámějších poruch dechového stereotypu je hyperventilace. Projevuje se nadměrným dýcháním. Při hyperventilaci jsou na organismus kladeny přílišné metabolické požadavky, které způsobují přílišné snížení koncentrace CO<sub>2</sub> v krvi a tím se automaticky zvýší pH. Hyperventilace může způsobit závratě, třes, nevolnost, bolesti hlavy nebo zmatenost. Zvýšením hodnoty pH má za následek fyziologickou připravenost na zátěž. K tomuto jevu dochází před závodem nebo náročnou stresovou situací. Také při zátěži, kdy dojde k nárůstu hladiny kyseliny mléčné a je potřeba ji odbourat dochází k hyperventilaci (Chaitow et al., 2014). U populace trpící těžkou obezitou nebo diabetem je častá hypoventilace. Jedinec mělce dýchá a tělu dodává málo nutných plynů. V těle se naopak od hyperventilace nachází velké množství oxidu uhličitého a dojde k poklesu hodnoty pH (Malátová et al., 2016).

Dechový stereotyp lze ovlivnit dechovou rehabilitací. Změny v dýchání jdou zaznamenat i po šestitýdenním intervenčním programu. Během plicní rehabilitace se snažíme o zvýšené zapojení bránice do dýchání (Malátová et al., 2019). Výzkum Bahenského et al. (2019) nám dokazuje, že již po dvouměsíčním intervenčním programu, který se zaměřuje na aktivaci bránice, můžeme na jedincích sledovat významné změny v hodnotách dechového objemu (zvýšení) a dechové frekvence (snížení). Při dvojnásobné délce programu jsou změny v dechovém stereotypu výraznější.

#### **2.1.6 Reakce a adaptace dýchací soustavy na zátěž**

Než se organismus adaptuje, nastává nejprve bezprostřední reakce organismu na zátěž, například zvýšení srdeční frekvence. Především závisí na délce trvání, intenzitě a na druhu dané zátěže. Schopnost organismu a jeho orgánů se přizpůsobovat při působení opakovaných a dlouhodobých vlivů se říká adaptace a tím roste výkonnost. K adaptaci dochází pomocí tréninku, například dojde ke snížení klidové srdeční frekvence (Bernaciková, 2012).

Dle Bartůňkové et al. (2013) je stres jako podmínka k adaptaci. Pokud je člověk vystaven stresu, je nucen reagovat na změnu a tělo se snaží o opětovné nastolení homeostázy. Homeostáza je biologický mechanismus, který má za úkol udržet stálé

vnitřní prostředí organismu. Tento proces zahrnuje například udržení acidobazické, vodní a iontové rovnováhy. Hlavním ukazatelem acidobazické rovnováhy je koncentrace kyseliny mléčné a jejích solí v krvi. Za klidových podmínek by se hodnota pH měla pohybovat přibližně kolem 7,4. Pro homeostázu je potřeba mít vyvážený příjem a výdej vody s minerálními látkami. Při zátěži dochází k odvodu odpadních látek pocením. Odpařování potu pomáhá chladit organismus, tím tělo udržuje stálou tělesnou teplotu.

Během předstartovního stavu je pomocí emocí zvýšena dráždivost centrálního nervového systému. Díky tomu můžeme pozorovat několik změn v dýchání. Například rychlejší dech či hlubší nádechy. Nejčastěji je to způsobeno nervozitou, strachem z neúspěchu a velkou motivovaností. Na počátku sportovního výkonu se setkáváme se dvěma fázemi. První je iniciální fáze rychlých změn, které trvají 30 až 40 vteřin. Druhá fáze je fází přechodnou, je doprovázena pomalejšími změnami. Dýchání je proces, který v klidových podmínkách probíhá s minimálními energetickými nároky. Jak již bylo řečeno, vdech je aktivní a výdech pasivní děj. Při zátěži se objem přijímaného vzduchu musí zvyšovat. Naproti tomu máme na výdech kratší dobu, proto nastává i aktivní výdech, do kterého se zapojují břišní svaly a vnitřní mezižeberní svaly (Bartůňková et al., 2013).

Při zvýšené tělesné aktivitě je průchod dýchacími cestami zlepšen díky působícímu sympatiku, jenž má za úkol snížit napětí hladkých svalů dýchacích cest. Během tohoto děje nedochází k filtraci vzduchu nosní sliznicí, ale vzduch rovnou prochází do plic. U některých jedinců může tento neohřátý, suchý vzduch s větším množstvím prachových částic způsobit průduškové astma (Havlíčková et al., 2006).

Během zátěže se hodnoty dechové frekvence, dechového objemu, minutové ventilace a příjmu kyslíku zvyšují dle intenzity zatížení. Maximální hodnoty dechové frekvence se během pohybové aktivity pohybují kolem 40 dechů za minutu. V rámci dechového objemu se při reakci na zátěž pohybuje až kolem 2,5 litru. Člověk provádějící sportovní výkon většinou dýchá otevřenými ústy s maximální minutovou ventilací dokonce i 12 litrů za minutu. Z toho vyplývá, že se zátěží se zvyšuje příjem kyslíku. U žen se tyto hodnoty mohou pohybovat kolem 35 ml/min/kg a u mužů přibližně 45 ml/min/kg (Bernaciková, 2012).



Změny adaptační lze nejlépe sledovat při pravidelném vytrvalostním tréninku. Takto trénovaný jedinec má oproti netrénovanému jedinci celkově lepší mechaniku dýchání, lepší plicní difúzi, nižší dechovou frekvenci, vyšší maximální dechový objem, vyšší vitální kapacitu plic, nižší minutovou ventilaci, minimální projev mrtvého bodu. U trénovaného se hodnota maximálního dechového objemu vyšplhá na tři až pět litrů, u netrénovaného se pohybuje kolem dvou až tří litrů. Obdobně se zvyšuje vitální kapacita plic, u mužů dosahuje hodnoty 5–8 litrů. Na rozdíl od mužů se ženy pohybují v rozmezí 3,5–4,5 litrů. Nižší minutová ventilace odpovídá přibližně 120 až 160 % vitální kapacity netrénovaných jedinců. Vzniká také větší kyslíkový dluh, při dlouhodobém tréninku dokonce i 15–18 litrů (Havlíčková et al., 2006).

Bernaciková (2012) uvádí, že pokud dojde ke zvýšení objemu plic, respektive zvýšení dechového objemu u trénujících dochází také ke snížení klidových hodnot DF. Tyto hodnoty se mohou pohybovat dokonce i pod 10 dechů za minutu. Naopak maximální hodnoty se mohou šplhat až na 60 dechů za minutu. U jedinců s pravidelným vytrvalostním tréninkem dochází k navýšení hodnoty klidového dechového objemu. Nejčastěji kolem jednoho litru, u některých sportovců to může být i přes litr. Při zátěži se můžeme dostat na hodnoty okolo 60 % z vitální kapacity, tedy i přes 4 litry. Vlivem tréninku se hodnoty maximální minutové ventilace mohou ještě zvýšit, až na hodnoty okolo 180 l·min<sup>-1</sup>.

Vytrvalostní trénink má vliv na celkové zvýšení hodnoty vitální kapacity. Jejich zvýšení může přesáhnout až 6 litrů. Nejvyšší hodnoty nalezneme u profesionálních plavců, jejich vitální kapacita plic přesáhla hodnotu 8 litrů. Celkovou adaptací dochází ke zvýšení maximálních hodnot. Spotřeba kyslíků například u běžkařů může být až 90 ml/min/kg. V rámci takzvané ekonomiky běhu, dochází ke snížení příjmu kyslíku (Bernaciková, 2012).

## **2.2 Sportovní trénink**

Perič a Dovalil (2010) charakterizují sportovní trénink jako účelný a velice složitý organizovaný proces, který rozvíjí výkony sportovce v daném sportovním odvětví či disciplíně. Pod sportovním tréninkem si tedy můžeme představit přesně organizovanou dlouhodobou přípravu pro předvedení co možná nejlepšího sportovního výkonu. Sportovec se snaží dosáhnout maximálního výkonu ve vybraném sportu. Mezi hlavní úkoly sportovního tréninku patří výkonnostní a lidský rozvoj sportující osoby. Lidským rozvojem je myšlena výchova. Například dodržování pravidel sportu a zásad fair play. S výkonem je úzce spjata psychologická příprava.

Sportovní výkonnost představuje dlouhodobé formování, které začíná u vrozených dispozic. A to jak morfologických, tak fyziologických a psychologických. Působí zde podmínky životního prostředí (přírodního i sociálního charakteru). Pro výkon je třeba rozvíjet schopnosti, jejíž jádrem jsou vlohy (vrozené predispozice). Pokud je netrénovaný jedinec schopen nadprůměrného výkonu mluvíme o nadání. Při obzvláště rozvinutých schopnostech jde o talent. Při zařazení specializovaného sportovního tréninku mluvíme o trénovanosti jedince. Trénovanost umožňuje podat co nejlepší sportovní výkon (Dovalil et al., 2002).

Sportovní trénink má za cíl dosáhnout maximální individuální nebo týmové výkonnosti v určité sportovní disciplíně s pravidly. Pojem výkonnost je schopnost daného výkonu dosáhnout opakovaně. Předpokladem pro výkon jsou pohybové schopnosti, pohybové dovednosti, motivace a taktika. Pohybové schopnosti jsou určeny geneticky. Mezi ně řadíme sílu, rychlost, vytrvalost, obratnost a pohyblivost. Pohybová dovednost se na rozdíl od pohybové schopnosti získává učením (Zahradník & Korvas, 2012).

### **2.2.1 Vytrvalostní schopnosti**

Vytrvalostní schopnost můžeme charakterizovat jako komplexní balíček schopností umožňujících udržet určitou pohybovou činnost delší dobu. Podle náročnosti sportovní činnosti se mění její intenzita. Vytrvalostní výkon je limitován únavou. Vytrvalost lze rozdělit dle doby zátěže na dlouhodobou, střednědobou, krátkodobou a také rychlostní vytrvalost (Dovalil et al., 2002).

Dlouhodobá vytrvalost nám představuje vytrvalostní schopnost konanou po delší dobu než 10 minut. Jedná se o cyklické disciplíny (například běh na dlouhé

tratě, běh na lyžích, triatlon). Existuje mnoho biologických faktorů ovlivňující vytrvalostní schopnost. Mezi tyto faktory můžeme zařadit genetické a tělní předpoklady, převahu typu svalových vláken, účinnost systémů starající se o transport a výměnu dýchacích plynů, umění správně využít zásoby energetické zdroje a dynamiku pohybu v ekonomickém kontextu. Důležitá je také vůle a automatizace pohybu (Lehnert et al., 2014).

Z biochemického pohledu závisí vytrvalost na úrovni glykogenových zásob v organismu, mobilizaci tuků z podkožních rezervách, vysoké aktivitě oxidativních enzymů, dostatečném množství kyslíkových přenašečů a schopnosti rychlé mobilizace aerobního metabolismu. Z morfologického hlediska je vytrvalost spojena s nižší tělesnou hmotností a nižším podílem tělesného tuku. Také vyšší podíl pomalých oxidativních svalových vláken hraje klíčovou roli (Dovalil et al., 2009).

### **2.2.2 Vytrvalostní trénink**

Dlouhodobým tréninkem vytrvalostního charakteru lze dosáhnout osobní maximální výkonnosti. Pravidelně se se systematickým aerobním tréninkem vytrvalosti začíná okolo třináctého až patnáctého roku života. Hlavní úkol tohoto tréninku je zlepšení fyziologických stránek organismu a rozvoj pohybových schopností. Tréninkový proces obnáší mnoho cyklů o délce přibližně šesti týdnů, kdy s každým novým navýšíme objem, intenzitu i frekvenci vytrvalostní pohybové zátěže (Zahradník & Korvas, 2012).

Systém vytrvalostního tréninku lze rozdělit do několika částí. Nejprve se zaměřujeme na obecnou vytrvalost a všeobecnou kondici. Učíme se odolávat fyzické únavě. Pro účinnější regeneraci je podstatná právě všeobecná kondice získaná cyklickými pohyby (běh, veslování a podobně). Druhou částí tréninku je specifická vytrvalost. Zde už se bavíme o schopnosti odolávat únavě po delší dobu a o osobním maximálním výkonu (Zahradník & Korvas, 2012).

Známe několik metod aerobního tréninku vytrvalosti s mnoha modifikacemi. Metody si pro přehlednost můžeme rozdělit na metody nepřerušovaného zatížení a metody se zatížením přerušovaným. Pro nepřerušovaný způsob zátěže je typická souvislá či rovnoměrná metoda, kdy je intenzita stálá a nijak se nemění. Dále třeba střídavá metoda řízená a neřízená. Řízený způsob má předem naplánovanou intenzitu na určitý úsek. Neřízená metoda, jinak také fartlek, představuje tzv. hru s rychlostí,

kdy si sportovec dle subjektivního pocitu určuje tempo sám. Metody s přerušovaným zatížením se vyznačují dvěma stále se opakujícími fázemi. Nejprve fáze zatížení a poté fáze odpočinku, která umožňuje neúplné obnovení energetických zásob. Náleží sem například intervalová metoda (Lehnert et al., 2014).

Vytrvalostní trénink vede k tvorbě tzv. sportovního srdce, což zahrnuje hypertrofii levé komory, zvýšení objemu a hmotnosti srdce. I ve svalstvu dochází k změnám, zejména ke zvýšení prokrvení svalů množstvím kapilár. Dalšími projevy adaptace na zátěž vytrvalostního charakteru je sportovní bradykardie, zvýšení vitální kapacity plic a hodnoty  $VO_{2max}$ . Bradykardie představuje zpomalení srdeční frekvence pod 60 tepů za minutu. Úroveň vytrvalosti nám ukazuje právě hodnota  $VO_{2max}$  (Dovalil et al., 2009).

Bahenský a Bunc (2018) dle výsledků v jejich práci uvádí, že pro navýšení výkonnosti mladých běžců na střední a dlouhé tratě je nutné navýšení objemu tréninkového zatížení. Z výzkumu vyplývá, že s rostoucí dobou působení vytrvalostního tréninku roste také aerobní výkonnost jedince. Pokud během tréninkového cyklu dbáme na individuální potřeby sportovce, můžeme tak zabránit předčasné specializaci. Technika běhu je také ovlivněna silou dolních končetin.

## 2.3 Zátěžová funkční diagnostika

Zátěžová funkční diagnostika ve sportu je dnes brána z širšího rámce. Věnuje se nejen vrcholovým (profesionální či poloprofesionální úroveň) a výkonnostním sportovcům (poloprofesionální nebo amatérská úroveň), ale i sportujícím lidem na rekreační úrovni (Heller, 2018).

Nejdůležitějším úkolem zátěžové funkční diagnostiky ve sportu je vyšetřování zdatnosti a výkonnosti jedince. Pojem fyzická zdatnost nám představuje schopnost přiměřené reakce na vliv vnějšího prostředí. Ze sportovního hlediska se jedná o určitou míru adaptace na pohybovou zátěž (Bartůňková et al., 2013). Termín sportovní výkonnost je již vysvětlen v kapitole 2.2.

V rámci funkční zátěžové diagnostiky je podstatné stanovit jasné cíle. Aby byly zátěžové testy účinné, je nutné splnit určité specifické požadavky a zajistit validitu testu. Validita se zaměřuje na to, zda měříme to, co je skutečným cílem měření. Nedodržení validity může vést k nevhodnému výběru zátěžové diagnostiky. Specifičnost zahrnuje různé aspekty, jako je intenzita zátěže, délka trvání, typ aktivity, rozsah pohybů a využití odporových sil. Pro splnění těchto specifikací se volí různé formy zátěžových testů, včetně ergometrie a terénních testů. Někdy je nezbytné upustit od specifické zátěže ve prospěch metod, které poskytují přesnější a spolehlivější výsledky, jako je přechod od terénních testů na laboratorní, aby byla zajištěna co největší spolehlivost výsledků (Heller, 2018).

Pro komplexní hodnocení zdatnosti sportovce se ideálně využívají testy, které stanoví úroveň maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ). Maximální spotřebu kyslíku lze v laboratoři stanovit přímo nebo nepřímo. Z přímých metod je tu maximální test na běžecském pásu nebo na bicyklovém ergometru. Tento test se zaměřuje na sledování spotřeby a příjmu kyslíku během zátěže. Důležitým ventilačně-respiračním parametrem je také poměr respirační výměny. Mezi nepřímé stanovení  $VO_{2max}$  v laboratoři můžeme zařadit třeba step test, test  $W_{170}$  či Křížův test. Mimo laboratoř lze využít takzvané terénní testy, které hodnotu  $VO_{2max}$  pouze odhadují. Mezi terénní testy patří například Cooperův test na 12 minut, Balkeho test na 15 minut, test chůze na 2 km, Légerův test člunkového běhu. Při hodnocení testů dáváme zřetel na věk a pohlaví jedince. K hodnocení zdatnosti se také využívá vyšetření tělesného složení, zaměřující se na procento tělesného tuku a celkové množství tukuprosté

hmoty v lidském těle. Tukuprostou hmotu lze definovat jako teoretickou tělesnou hmotnost těla bez tukové tkáně (Heller, 2018).

### **2.3.1 Spiroergometrie**

Pod pojmem spiroergometrie se skrývá zátěžový test s analýzou vydechaného vzduchu v klidu, během zátěže a během zotavení. Posuzuje funkční zdatnost a u nemocných se snaží o zhodnocení funkčního omezení. Pomáhá stanovit optimální intenzitu tréninkové zátěže i při rehabilitaci pro osoby s plicním nebo kardiovaskulárním onemocněním. Spiroergometrické vyšetření se nesmí provádět, pokud testovaný trpí akutním zánětlivým onemocněním či infarktem myokardu, komorovou tachykardií, disekcí aorty, akutním srdečním selháním nebo plicní embolií, onemocněním jater a ledvin, těžkým neurologickým nebo ortopedickým onemocněním, těžkou plicní hypertenzí třetího stupně (Várnay et al., 2020).

Během testování v laboratoři musíme zajistit klidné, optimistické prostředí. Místnost by měla být dobře větratelná, vlhkost vzduchu nesmí přesáhnout 60 % a teplota by se měla pohybovat v rozmezí 18–22 °C. Z bezpečnostních podmínek musí mít funkční zátěžová laboratoř správně vyškolený personál, který testovaného neustále sleduje. Nutností je permanentně nabitý funkční defibrilátor a možnost okamžitého spojení s rychlou lékařskou pomocí. Spiroergometrický maximální zátěžový test končí subjektivním uvážením vyšetřovaného. Důvodem bývá celkové vyčerpání. Ukazatelem může být Borgova škála, která představuje hodnocení vnímané intenzity zatížení. Hodnota při celkovém vyčerpání by se měla pohybovat kolem hodnoty 18–19. Dalšími důvody jsou kupříkladu výrazné projevy dušnosti, silné bolesti dolních končetin, poruchy vědomí, technické příčiny nebo čistě přání testovaného ukončit vyšetření. Zátěžový test nemusí být maximální, ale je ohraničen předem stanovenými konečnými body. Po dosažení těchto bodů test automaticky končí (Placheta et al., 1999).

Máme několik typů zátěžových protokolů pro spiroergometrické vyšetření. Protokol na běhátku je vystihován počtem zátěžových stupňů, trváním každého stupně, rychlostí a sklonem pásu. Standartním typem je Bruceův protokol z anglického Bruce protokol (Várnay et al., 2020).

Standartní Bruceův protokol má sedm zátěžových fází. Každá z nich trvá 3 minuty. Na počátku každé úrovně se zvyšuje rychlost a sklon běhátka. Ve fázi jedna

musí testovaná osoba jít či běžet rychlostí 2,7 km/h se sklonem běhátko 10 %. Druhá fáze má rychlost 4 km/h, sklon 12 %. Během třetí úrovně s náklonem 14 % je rychlost zvýšena na 5,4 km/h. Fáze čtyři probíhá v tempu 6,7 km/h, sklon běhátko je 16 %. V rámci páté fáze musí testovaný překonat 18% sklon a rychlost o velikosti 8 km/h. Během šesté fáze zátěžové hodnoty vzrostou na 8,8 km/h a 20 %. V poslední sedmé fázi je rychlost běhátko stanovena na 9,6 km/h se sklonem 22 %. Tento test je submaximální, což znamená, že si jej testovaný ukončuje vlastním rozhodnutím při vyčerpání (Badawy & Muaidi, 2019).

### **2.3.2 Ventilačně-respirační parametry**

Máme několik základních dechových parametrů sledovaných a hodnocených při spiroergometrii. A to ventilačně-respirační parametry, parametry výkonnosti, kardiovaskulární parametry, EKG křivka a subjektivní vnímání namáhavosti zátěže dle Borgovy škály. Většina těchto parametrů se hodnotí ve čtyřech situacích. V klidu, na úrovni obou ventilačních prahů, v subjektivním maximu nebo při zotavení (Várnay et al., 2020).

Ventilačně-respirační parametry můžeme rozdělit na základní a odvozené. Mezi základní ventilačně-respirační patří příjem kyslíku ( $VO_2$ ), hodnota příjmu kyslíku přepočtena na kilogram hmotnosti ( $VO_2 \cdot kg^{-1}$ ), výdej oxidu uhličitého ( $VCO_2$ ), minutová ventilace (VE), dechový objem (VT) a dechová frekvence (DF). Do odvozených ventilačně-respiračních parametrů řadíme poměr respirační výměny (RER), ventilační ekvivalent pro kyslík ( $EQO_2$ ), ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý ( $EQCO_2$ ) (Várnay et al., 2020).

$VO_2$  představuje množství kyslíku přijatého z vdechnutého vzduchu za určitou časovou jednotku. Ve spirometrii se tato hodnota vyjadřuje v jednotkách  $l \cdot min^{-1}$  nebo  $ml \cdot min^{-1}$ . Maximální hodnota příjmu kyslíku během zátěžového testu se nazývá jako maximální aerobní kapacita ( $VO_{2peak}$ ). Se zvyšující zátěží hodnota  $VO_2$  stoupá a pokud dojde k plnému metabolickému vyčerpání, tak mluvíme již o parametru maximální spotřeby kyslíku ( $VO_{2max}$ ). Dosažení plného metabolického vyčerpání nám ukazuje hodnota poměru respirační výměny (RER). RER by při měření  $VO_{2max}$  měla být minimálně 1,10. U více zdatných jedinců pak 1,15.  $VO_2$  při testování také přepočítáváme na kilogram hmotnosti testovaného jedince. Parametr označujeme zkratkou  $VO_2 \cdot kg^{-1}$  (Várnay et al., 2020).

VCO<sub>2</sub> vyjadřuje množství oxidu uhličitého vydechnutého z plic do vnějšího okolí za časovou jednotku. Jednoty pro VCO<sub>2</sub> se shodují s VO<sub>2</sub>. Výdej oxidu uhličitého nám ukazuje množství tvorby CO<sub>2</sub> při metabolických procesech ve tkáních během fyzické zátěže. Množství VCO<sub>2</sub> je dále ovlivněno způsobem získávání energie (aerobní a anaerobní způsob) a také počtem zapojených svalových vláken (Várnay et al., 2020).

Minutová ventilace (VE či MV) označuje množství vzduchu, který je vydechnutý za jednu minutu z plic. VE vypočítáme vynásobením dechového objemu (VT) a dechové frekvence (DF). Klidová minutová ventilace u člověka je asi 8 l·min<sup>-1</sup>. V literatuře o spirometrii se také setkáváme se zkratkou MMV, která představuje maximální minutovou ventilaci. To znamená největší možné množství vzduchu, které může být za minutu v plicích vyměněno. Klidová hodnota se uvádí v rozmezí od 125 až po 170 litrů za minutu (Trojan et al., 2003).

Zkratka VT vyjadřující dechový objem nám ukazuje, kolik vzduchu je jedinec schopen vyměnit jedním dechem (tzn. během jednoho nádechu a výdechu). Můžeme zde rozlišit dýchání v klidu mělké (VT do 300 ml) a hluboké (VT nad 800 ml) (Trojan et al., 2020). U běžné populace se hodnota dechového objemu udává okolo 0,5 litrů. U trénovaných je tato hodnota značně vyšší (Bartůňková et al., 2013).

Dechová frekvence (DF nebo BF) nám udává počet dechů za minutu. Zdravý dospělý jedinec a jeho frekvence nádechu bývá okolo 14 až 16 nádechů za jednu minutu (Bartůňková et al., 2013). Současně při zvětšování dechového objemu a zvětšující se minutové ventilace také stoupá dechová frekvence (Trojan et al. 2003). Poměr respirační výměny (RER) z anglického „respiratory exchange ratio“ představuje poměr mezi výdejem CO<sub>2</sub> a spotřebou O<sub>2</sub> během respiračního procesu v daném časovém úseku (Pastucha et al., 2014).

Várnay et al. (2020) uvádí, že ventilační ekvivalent pro kyslík (EQO<sub>2</sub>) se dá vyjádřit jako VE·VO<sub>2</sub><sup>-1</sup>. EQO<sub>2</sub> se uvádí v litrech. Jde o množství vzduchu prodýchaného plicemi, ze kterého si organismus odebere jeden litr O<sub>2</sub>. Udává nám, kolikrát je VE v určitém okamžiku větší než VO<sub>2</sub>. Ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý označujeme zkratkou EQCO<sub>2</sub> a je výsledkem zlomku VE·VCO<sub>2</sub><sup>-1</sup>. V litrech zobrazuje množství vzduchu proventilovaného plicemi, z něhož se vydá 1 l oxidu uhličitého. EQCO<sub>2</sub> ukazuje kolikrát je minutová klidová ventilace plic v daném okamžiku větší než výdej oxidu uhličitého.



Pro kompletnost fyziologických parametrů dýchacího systému si ještě uvedeme inspirační rezervní objem (IRV), expirační rezervní objem (ERV), reziduální objem (RV), vitální kapacitu plic (VC), funkční reziduální kapacitu (FRC) a totální plicní kapacitu (TLC).

Inspirační rezervační objem nám ukazuje množství vzduchu, který můžeme ještě nadechnout po klidovém nádechu. Jeho objem přibližně činí 2 500 ml. Nejmenší IRV naměříme vleže. Naopak největší ve stoji. Expirační rezervní objem je množství vzduchu, které lze ještě po klidovém výdechu vydechnout. Jedná se zhruba o 1 500 ml (Ganong, 1995). Ani po provedení maximálního výdechu nejsou plíce zcela prázdné. Obsahují ještě přibližně 1 200 ml vzduchu. Tento vzduch označujeme jako reziduální objem plic (Trojan et al., 2003).

Vitální kapacitu označujeme zkratkou VC. Jedná se o objem vzduchu při maximálním výdechu po maximální nádechu. Vitální kapacitu uvádíme v litrech (Bernaciková, 2012). Netrénované ženy mívají vitální kapacitu v rozmezí mezi 3,5 až 4 litry. Netrénovaní muži pak 4,5 až 5 litrů (Bartůňková et al., 2013). FRC vyjadřuje množství zbylého vzduchu v plicích po klidovém výdechu. Spočítáme jej sečtením ERV a RV. Totální či celková plicní kapacita (TLC) představuje celkový objem plic. TLC můžeme vyjádřit jako  $VC + RV$  (Trojan et al., 2003).

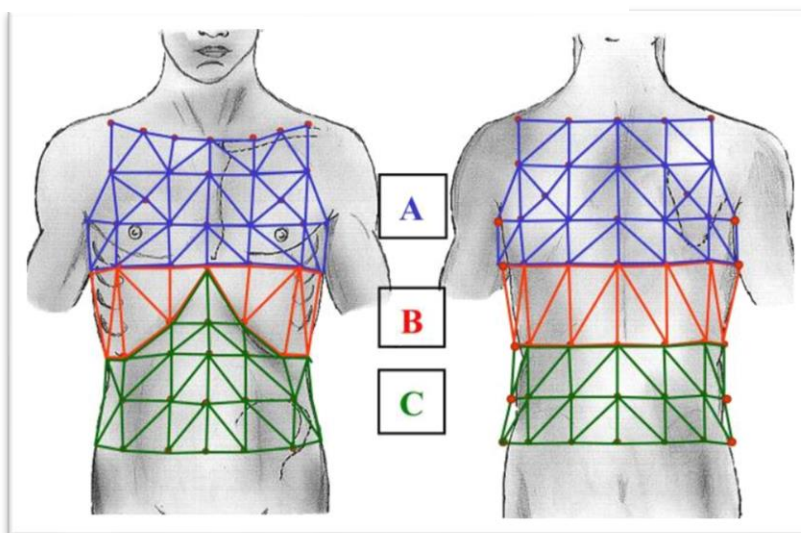
## 2.4 Optoelektronický pletysmograf

Optoelektronický pletysmograf (zkráceně OEP), z anglického Optoelectronic Plethysmography System, je inovativní produkt vyvinutý společností BTS. Jedná se o přístroj, který je schopen neinvazivně a bezpečně testovat plicní ventilaci a hodnotit jednotlivými výpočty plicních objemů mechaniku dýchání ve třech sektorech hrudní stěny (podklíčková oblast, oblast žeberní a břišní). OEP je vhodný hodnotící nástroj k určení ventilačně-respiračních parametrů, jak u zdravých jedinců, tak u osob s různými dysfunkcemi dechového cyklu (Parreira et al., 2012).

OEP umožňuje testování bez spirometrické masky, která může ovlivnit přirozený dechový vzor organismu, proto umí provést přesný výpočet změn v dechovém vzoru. Optoelektronickou pletysmografií lze využít u nespolupracujícího testovaného, jedná se například o pacienta v bezvědomí nebo ve spánku. Analýza probíhá v různých polohách dokonce i za dynamických podmínek, jako je jízda na kole, chůze nebo běh. Díky tomu se posouvá vědecký výzkum v oblasti plicní medicíny a také sportu. OEP analyzuje pohyby a změny objemu různých sektorů hrudní stěny. Jednotlivé oblasti si můžeme prohlédnout na obrázku číslo 3. Jedná se o horní část hrudníku (A), dolní část hrudníku (B) a břicho (C) (Romagnoli et al., 2008).

### Obrázek 3

*Model tří hrudních stěn*



(Romagnoli et al., 2008)

Na hrud', břicho a záda se pomocí hypoalergenní obojstranné lepicí pásky umístí několik malých reflexních markerů. Markery dělíme na polokulovité a sférické. Běžně se markerů u dospělého člověka ve stoji využívá 89 kusů. V poloze na zádech, například

při monitorování dýchání pacienta na jednotce intenzivní péče, je použito 52 markerů. U novorozence se využívá pouze 24 reflexních značek (Massaroni et al., 2017).

Tyto značky jsou snímány speciální sadou infračervených kamer, které jsou schopné snímat 60–120 snímků za vteřinu. Sady jsou po čtyřech, šesti nebo osmi kusech. Zařízení tedy sleduje trojrozměrné souřadnice reflexních markerů umístěných na kůži s přesností pozice 0,2 mm i ve tmě. Tímto systémem sledujeme 3D pohyb povrchu hrudní stěny a speciální software tak počítá objem jednotlivých segmentů a variace dýchání (Pedotti & Ferrigno, 1995). Software vypočítá plochu a směr normálového vektoru každého vzniklého trojúhelníku, který je tvořen vždy třemi značkami. Pomocí Gaussovy věty systém dopočítá objem (Cala et al., 1996).

#### **2.4.1 Využití OEP**

V rámci fyziologie se optoelektronickým pletysmografem dá u jedinců sledovat dynamický vývoj hrudní stěny během cvičení celého těla i samostatných končetin, při mluvení, kašli či smíchu (Romagnoli et al., 2008). Ve sportu se využívá i uměle vytvořených podmínek, jako je třeba hyperkapnie (zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v krvi opětovným vdechováním vydechnutého vzduchu) (Yan et al., 1996).

Prioritně se pletysmografie využívá ve zdravotnictví. EOP může při vyšetření monitorovat pacienty s astmatem, chronickou obstrukční plicní nemocí či patologií hrudního koše (vada tvaru hrudního koše). Dále se využívá u osob s neuromuskulárním onemocněním. Sem můžeme zařadit například hemiplegii (ochrnutí půlky těla) nebo Duchennovu muskulární dystrofii (genetická vada způsobující ochabování aktivního svalstva). Výhodou OEP je neustálé monitorování jedinců s akutním poškozením plic nebo syndromem respirační tísně na jednotce intenzivní péče (Romagnoli et al., 2008).

Navzdory tomu, že se jedná o cenný a přesně hodnotící nástroj, není v každodenní klinické praxi využíván kvůli velkému počtu markerů. Umisťování je totiž velice komplikovaný a zdouhavý děj, hlavně u jedinců, u kterých jde špatně identifikovat orientační body. Díky rychlému vývoji technologií lze tento přístroj použít u novorozenců, dětí i dospělých, nemocných i zdravých. Do budoucna se nejspíše bude usilovat o snížení počtu markerů v sadě (Massaroni et al., 2017).

#### **2.4.2 Rozmístění markerů za standartní situace**

Během standartní situace rozmisťujeme na stojící subjekt celkem 89 markerů. Na přední hrudní stěně je uspořádáno 42 polokulovitých značek. První marker

umísťujeme na sternální zářez. Kolem klavikulární linie od prvního markeru lepíme tři značky doprava a tři doleva. V oblasti pod klíční kostí umísťujeme téměř do přímky pět markerů. Střední značka musí být na sternální čáře, boční dvě značky na přední axilární čáře. Mezi střední a boční značku dáme ve stejné vzdálenosti od sebe jeden marker na levé i pravé straně hrudníku. Tyto podmínky dodržujeme již na celé přední straně těla při rozmístění pěti značek do jedné linie. Přibližně na úrovni pátého žebra, to znamená oblast mléčných žláz, lepíme dalších pět značek. Pro úspěšnější měření hrudního povrchu přidáváme další dvě extra značky. A to kousek nad bradavky muže. Na počátek mečovitého výběžku hrudní kosti lepíme další středový marker. Se stejnými pravidly umísťujeme dva nalevo a dva napravo od středového markeru. V oblasti desátého žebra opět lepíme pět markerů. Tentokrát nám lepený útvar připomíná stříšku. Prostřední marker lepíme na konec mečovitého výběžku hrudní kosti. Musíme dbát na dostatečnou mezeru mezi oběma značkami mečovitého výběžku s minimální vzdáleností 2 cm. Nad pupeční čáru umístíme pět markerů. Podél linie od kyčelních trnů k jizvě pupeční (lidově pupík) rozmístíme dalších pět značek. Pro lepší detail přidáváme tři markery do oblasti horní části břicha (Parreira et al., 2012).

Na zadní hrudní stěně je uspořádáno 37 markerů polokulovitých a 10 značek sférických. Nejprve je důležité správně umístit 10 sférických markerů. Polovinu z nich lepíme vlevo, druhou polovinu vpravo za přední axilární linií ve stejné výši jako na přední hrudní stěně. Přímo podél výběžků obratlů páteře lepíme 5 polokulovitých markerů po vodorovných linkách získaných pomyslným propojením sférických značek. Nyní mezi tyto sférické a jejich středové markery umístíme ve stejné vzdálenosti od sebe dvě a dvě značky. Doplníme tedy 20 markerů. Další jeden marker lepíme na výběžek posledního krční obratle. V této výši přidáme po jednom markeru na každou stranu až na zadní axilární linii. Do mezer přidáme marker. Do středu mezi značkou na konečné části krční páteře a dříve umístěnými markery v dolní oblasti zad umísťujeme nový marker. Opět doplníme krajovou axilární linii jednou značkou na pravém boku a druhou značku na boku levém. Do vzniklých mezer nalepíme vždy jeden marker. Pro lepší zaznamenání dechu přidáváme dvě značky. Po jedné je umístíme na dolní hranu lopatek (Parreira et al., 2012). Rozmístění markerů v praxi si můžeme prohlédnout na obrázku číslo 8 na straně 35.

### **3 Cíl, úkoly a hypotézy**

Tato bakalářské práce s názvem „Zjištění rozdílů v dechovém vzoru v různých intenzitách zátěže u osob s různou úrovní kondice“ představuje experiment.

#### **3.1 Cíl práce**

Cílem této bakalářské je zjištění rozdílů zapojení sektorů dechového stereotypu v klidu a při různých intenzitách zátěže. Jedná se o porovnání tří kategorií mužů a zjistit tak, zda se sportovci (atleti vytrvalostního charakteru) studenti tělesné výchovy vysoké školy a nesportovci podobají či dokonce shodují v rámci biomechaniky dýchaní. Dále u těchto skupin porovnat hodnoty minutové ventilace, dechové frekvence, dechového objemu, délky nádechu, délky výdechu a délky dechového cyklu.

#### **3.2 Úkoly práce**

- Vytvořit teoretický podklad na základně studia odborné literatury
- Vytvořit design experimentu
- Vybrat probandy
- Ověřit správnost zařazení probandů
- Provést testování
- Statisticky zpracovat výsledky
- Vyhodnotit výsledky
- Zpracovat výsledky do grafické podoby
- Vytvořit závěr

#### **3.3 Hypotézy**

H1: Předpokládáme, že hodnoty minutové ventilace v klidu nebudou významně odlišné u skupin sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců.

H2: Předpokládáme, že hodnoty minutové ventilace při zátěži budou významně odlišné u skupin sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců.

#### **3.4 Výzkumné otázky**

VO1: Budou se lišit hodnoty dechové frekvence a celkového času dechu mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nesportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže?

VO2: Budou se lišit hodnoty dechového objemu mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nespportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže?

VO3: Budou rozdíly ve využívání jednotlivých dechových sektorů (horní hrudní sektor, dolní hrudní sektor, břišní sektor) mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nespportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže?

## 4 Metodika

Má bakalářská práce má podobu experimentu. Klasifikujeme jej jako laboratorní práce. Všechna zátěžová měření proběhla na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích na Pedagogické fakultě Katedře tělesné výchovy a sportu v laboratoři funkční zátěžové diagnostiky za dohledu PhDr. Petra Bahenského, Ph.D.

### 4.1 Charakteristika souboru

Do experimentu jsem zapojila tři skupiny po osmi probandech. První skupinu tvoří osm náhodně vybraných atletů ze sportovního oddílu T. J. Sokol České Budějovice, kteří se věnují vytrvalostním běhům. Ve druhé skupině nalezneme osm studentů z katedry tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Nikdo z těchto řad se nevěnuje sportu na profesionální úrovni vytrvalostního charakteru. Třetí skupina je tvořena osmi náhodnými nespportovci. Všichni probandi jsou mužského pohlaví ve věkovém rozmezí od 18 do 26 let. Celý výzkumný soubor má průměrný věk  $21,3 \pm 1,5$  let. Průměrná tělesná výška souboru je  $183,6 \pm 4,9$  cm a tělesná hmotnost  $78,3 \pm 10,76$  kg.

Všichni zúčastnění se měření podrobili dobrovolně a výsledky jsou v bakalářské práci uvedeny zcela anonymně. Pro ověření správnosti zařazení probandů do skupin jsem použila dotazník „Godin Leisure-Time Exercise.“ Dotazník zjišťuje, kolikrát během typického týdne ve svém volném čase v průměru dělá proband různé druhy cvičení (namáhavých, středně těžkých a lehkých) déle než patnáct minut. Celkové skóre Godinovy stupnice nám ukazuje výsledek, jak je proband aktivní, středně aktivní či nedostatečně aktivní/sedavý. Všichni účastníci z první skupiny (sportovci) a ze druhé skupiny (studenti tělesné výchovy) získali 24 a více bodů, jedná se o aktivní životní styl. Třetí skupina nespportovců získali v dotazníku 13 a méně bodů, jde o sedavý způsob života s minimální pohybovou aktivitou.

Probandi byli měřeni pouze jednou a před měřením dodržovali několik zásad. Dvě hodiny před testem nejíst, tři hodiny předem nepít kávu či energetický nápoj. Dva dny před testem by proband neměl mít žádnou náročnou fyzickou aktivitu.

## 4.2 Design experimentu

### 4.2.1 Použité testovací přístroje

Pro můj výzkum jsem použila několik přístrojů z laboratoře funkční zátěžové diagnostiky na katedře tělesné výchovy a sportu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Tělesná výška byla měřena pomocí automatického výškoměru a tělesné složení pomocí InBody770 (Biosspace, Korea). Přístroj InBody770 funguje na základě bioelektrické impedanční analýzy. Měří každý z pěti segmentů těla (pravá paže, levá paže, trup, pravá noha, levá noha) pomocí osmi katod. Čtyři se nachází na spodní platformě, další čtyři v madlech přístroje. Metoda měření spočívá ve vysílání nízko úrovně elektrických signálů do těla, které procházejí tělními tekutinami a dalšími tkáněmi, vytváří se tak odpor, přístroj dle toho vypočítá složení těla (například množství tukové a svalové hmoty), BMI a další parametry (2016). Prohlédnout si jej můžeme na obrázku číslo 4.

**Obrázek 4**  
*InBody770*



(InBody, 2016)

Probandi absolvovali test na běžeckém pásu LODE Valiant 2 CPET (Lode BV, Nizozemsko), který je speciálně navržený pro sportovní medicínu. Mezi jeho plusy můžeme zařadit zvětšenou běžeckou plochu, možnost při používání měnit sklon běhátka (až 25 %) a rychlost zvýšit až na 20 km.hod<sup>-1</sup>. Běžec je na pásu zabezpečen pomocí lehkého bederního pásu, který je připojen ke stroji pomocí krátkého provázku



a magnetu. Při vytržení magnetu se pás automaticky zastaví (Lode, 2024). Pro bezpečnější vyskakování z běhátko během měření jsou namontovány boční držadla, viz obrázek číslo 5.

### **Obrázek 5**

*Běžecký pás Valiant 2 CPET*



(Lode, 2024)

Program běžeckého pásu byl řízen zařízením Cortex MetaLyzer 3B (Cortex, Německo). Lze ho pozorovat na obrázku číslo 6. Tento přístroj je snadný na ovládání a používá se pro kardiopulmonální zátěžové testy v nemocnicích či sportovních ordinacích. Přístroj zvládne kompletní vyšetření plic a srdce v klidu i při zátěži. Výsledky se vyhodnocují v softwaru MetaSoft (Compek, 2021).

### **Obrázek 6**

*Cortex MetaLyzer 3B*



(Compek, 2021)

Probandovi se pro kontrolu zdravotního stavu během měření sledovala tepová frekvence hrudním pásem Polar T31 (Polar, Finsko). Hrudní pás je elektroda, která zaznamenává srdeční odezvy a posílá daty k digitálnímu přijímači. Sledováním tepové frekvence můžeme optimalizovat výkon sportovce či přizpůsobit zónu tepové frekvence pro individuální potřeby. Přesnost tohoto zařízení je srovnatelná s EKG (Polar, 2023). Na obrázku číslo 7 si tento hrudní pás můžeme prohlédnout.

### **Obrázek 7**

*Hrudní pás Polar T31*



(Polar, 2023)

Záznam dechového stereotypu v klidu i při různých intenzitách zátěže se zaznamenával pomocí optoelektronického pletysmografu Smart DX (BTS spA, Itálie). Podrobněji je přístroj popsán v kapitole 2.4.

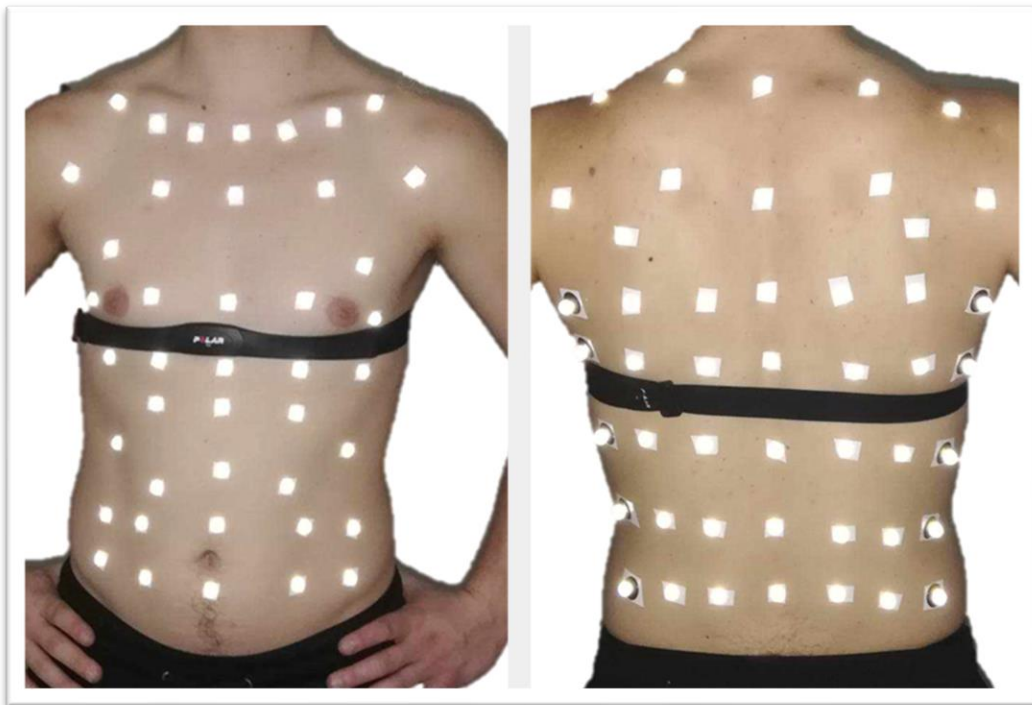
#### **4.2.2 Průběh testování probandů**

Před vstupem do laboratoře funkční zátěžové diagnostiky vždy proběhlo proškolení každého probanda a byly mu podány jasné informace o průběhu testu. Testovaný byl také dotázán, zda aktuálně netrpí infekčním onemocněním či některým zdravotním omezením. Po vyslovení souhlasu s testováním a se zpracováním jejich dat bylo samotné testování zahájeno. Nejprve se proband svlékl do spodního prádla bez ponožek a stoupl si do vzpřímeného postoje na značku automatického výškoměru. Přístroj sám detekoval zklidnění probanda a změřil jeho tělesnou výšku, která se automaticky zaznamenala do počítačového softwaru laboratoře. Dále se proband přesunul na váhu. Nejprve byl zvážen a poté ho samo v anglickém jazyce zařízení navedlo co dál. To znamená, jak si správně stoupnout, jak správně uchopit madla do rukou. Důležité je dát pozor na klidný dech a nemluvení testovaného při vážení. Toto měření trvá několik desítek vteřin, protože zařízení nám kromě váhy umožní zjistit i aktuální složení těla. Například celkovou i segmentální analýzu tělesné vody, tělesného tuku a svaloviny. Výsledky se opět ze zařízení poslaly do místního počítače.

Nyní následoval pokyn, aby si proband oblékl spodní část sportovního oblečení a obul se do vnitřní sportovní obuvi vhodné na běžecký pás. Nejprve se na tělo upevnil hrudní pás zaznamenávající tepovou frekvenci. Teď započala část lepení markerů na hrudník, břicho a záda dle standardního způsobu. Během této fáze se dohlíželo na rovný postoj testovaného. Pro analýzu dýchání ve stoji je celkem potřeba 89 markerů. Z toho je 79 polokulovitých a 10 sférických markerů. Musíme dbát na dostatečnou vzdálenost nalepených reflexních značek. Pro lepší názornost si rozmístění markerů můžeme prohlédnout na následně přiložených fotografiích jednoho z testovaných probandů (obrázek číslo 8). Markery byly rozmístěny dle doporučení výrobce. Podrobnější informace o rozmístění markerů nalezneme v subkapitole 2.4.2.

### **Obrázek 8**

*Umístění markerů na přední a zadní straně těla*



(zdroj vlastní, 2023)

Takto připravený proband byl vyzván k posazení na sedátko pod sadou osmi předem zkalibrovaných infračervených kamer. Nyní se na stopkách změřila minuta, aby se testovaný člověk mohl zklidnit. Poté se spustil optoelektronický systém a tři minuty monitoroval dýchání probanda v klidu v sedě. Po třech minutách se kamery vypnuly a následovalo měření v klidu ve stoji. Měřený byl požádán o postavení se na běžecký pás a sedátko se odstranilo ze záběru kamer. Opět

se po uplynulé minutě pustily kamery a systém tři minuty snímal dechový stereotyp probanda.

V tento moment se nahlas zopakovalo, že se jedná o submaximální test, což znamená, že testovaná osoba sama ukončuje test vyskočením z běhátko do stran. Spustil se Bruceův protokol. Jedná se o model testu, kdy se po třech minutách zvedá rychlost a náklon běhátko. Více informací najdeme v subkapitole 2.3.1. Během každé úrovně testu byl proband v čase 1 minuta a 50 vteřin vyzván k vyskočení z běhátko do stran, vzpřímení těla, narovnání hlavy a umístění napnutých rukou až za boční madla běžeckého pásu. Po pár vteřinách, tzn. ve dvou minutách, se proband na pokyn i se zachovalými podmínkami vrátil na běhátko a kamery snímají poslední minutu úrovně Bruceův protokolu. Tento systém je aplikován během každé úrovně až do ukončení testování probandem.

Ihned po svévolném vyskočení testovaného z běhátko do stran se zátěžový test vypíná a přechází se do zotavovací fáze, jejíž náplní je vychození probíhající dvě minuty. Po zastavení pásu se ptáme na Borgovu škálu. Máme tak ověření, zda se jedná o submaximální výkon. Následuje sundání hrudního pásu a odlepení markerů z těla měřeného. Několik následujících minut ještě kontrolujeme, zda je klient v pořádku, poté ho můžeme nechat odejít z laboratoře.

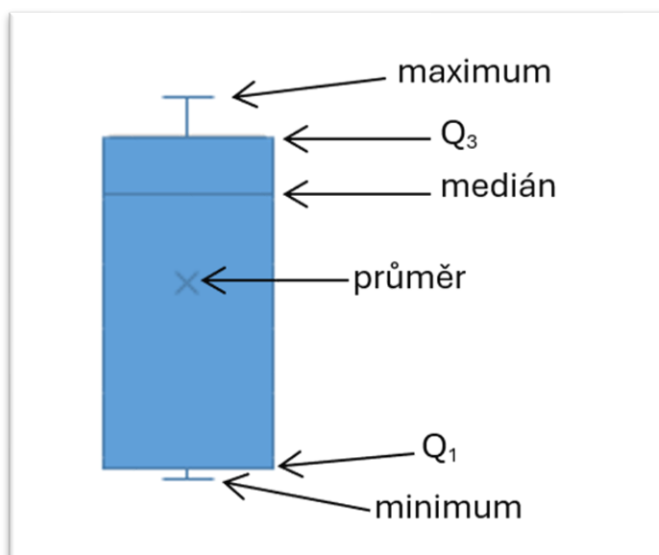
### 4.3 Statistické zpracování

Při měření v laboratoři funkční zátěžové diagnostiky jsme provedli měření pomocí několika zde zmíněných přístrojů a programů. Z přístrojů jsme využili InBody770, běžecký pás LODE Valiant 2 CPET, Cortex MetaLyzér 3B, hrudní pás T31, OEP Smart DX. Přístroje jsou blíže popsány v kapitole 4.2.1. V rámci programů se jednalo o Cortex MetaSoft studio, OEP capture, SMART tracker a OEP analyzer.

Každý proband byl měřen jen jednou. Ze všech naměřených hodnot jsme nakonec vybrali ty primární a vhodné pro statistické zpracování. Výsledné grafy byly zpracovány v programu Microsoft Excel, verze 2401. Uvedené hodnoty v bakalářské práci nalezneme ve formě krabicových a výsečových grafů. Na obrázku číslo 10 si můžeme názorně prohlédnout, co krabicový graf zobrazuje. Vrchní vousec nám ukazuje maximální hodnotu, spodní vousec naopak minimální. Křížek označuje průměr všech hodnot, na rozdíl od toho medián (jinak také  $Q_2$ ) znázorňuje prostřední hodnotu ve skupině čísel.  $Q_1$  a  $Q_3$  nám ukazují kvartil, který nám ve statistice rozděluje celý soubor na čtvrtiny. Nad vrchním či pod spodním vousem můžeme v některých krabicových grafech vidět tečkou označený odlehlý bod souboru hodnot.

#### Obrázek 9

*Krabicový graf – vysvětlivky*



(zdroj vlastní, 2024)

Veškeré naměřené hodnoty byly posouzeny rozdílem statistické významnosti i věcnou významností. Mezi porovnávané hodnoty v práci jsme zařadili MV, BF, VT, IMT, EMT, BMT, VT horního hrudního dechového sektoru, VT dolního hrudního dechového sektoru, VT břišního dechového sektoru.

Pro hodnocení rozdílu statistické významnosti jsme využili t-test. Hladina významnosti testu se označuje písmenem  $p$ . Hladina významnosti nám značí, že náhodná odchylka překročí tzv. kritickou hodnotu. Jedná se tedy o odchylky, které jsou s pravděpodobností menší než zvolená hladina významnosti (Kladivo, 2013). Pro tuto práci volíme hladinu  $\alpha = 0,05$ .

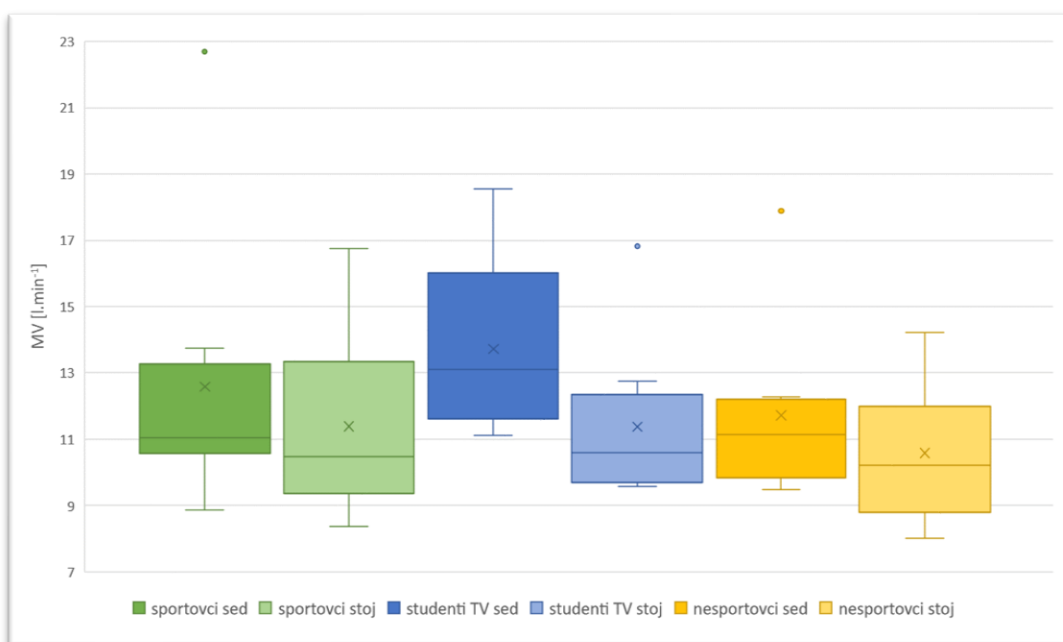
Věcnou významnost jsme zjišťovali pomocí Cohenova  $d$ . Dle velikosti koeficientu  $d$  zde můžeme mluvit o malém efektu ( $d = 0,2$  až  $0,5$ ), efektu středním ( $d = 0,5$  až  $0,8$ ) a velkém efektu ( $d = 0,8$  a více) (Hendl, 2004).

Poslední zvolenou metodou byla metoda komparativní. Díky komparativní metodě jsme mohli mezi sebou porovnávat výsledky všech tří skupin v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže. Pomocí této metody jsme byli schopni potvrdit či vyvrátit hypotézy, odpovědět na výzkumné otázky a vyhodnotit samotný závěr práce.

## 5 Výsledky

### 5.1 Minutová ventilace

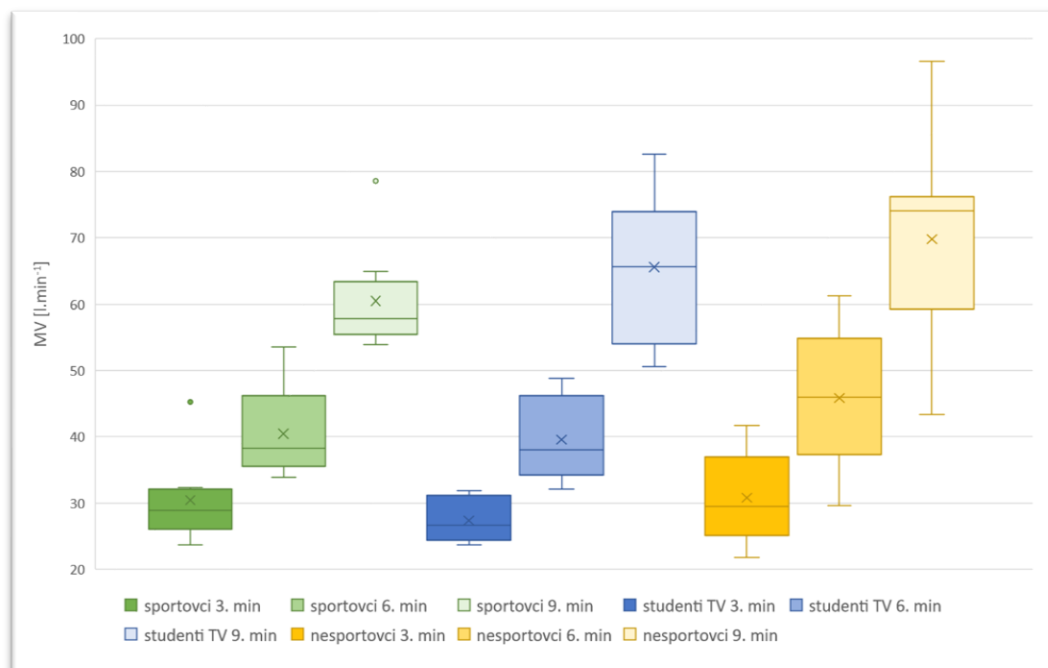
Minutová ventilace byla první měřenou hodnotou, kterou jsme při experimentu v různých intenzitách zátěže porovnávali. Graf číslo 1 znázorňuje celkový průměr hodnot minutové ventilace v sedě a ve stoji. Studenti tělesné výchovy dosáhli nejvyšší průměrné hodnoty v sedě  $13,7 \pm 2,02 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Ve stoji hodnota klesla na  $11,37 \pm 1,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . U sportovců byla v sedě naměřena průměrná hodnota minutové ventilace  $12,6 \pm 2,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . A ve stoji  $11,4 \pm 2,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . U nespportovců se objevila nejnižší průměrná cifra  $11,7 \pm 1,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  v sedě a ve stoji  $10,6 \pm 1,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Z grafu jasně vidíme, že průměrné hodnoty minutové ventilace ve stoji byly u všech měřených skupin nižší než v sedě. Rozdíl mezi hodnotou MV u sportovců a nespportovců v sedě byl věcně významný s malým efektem ( $d = 0,256$ ) a rozdíl není statisticky významný. Ve stoji je rozdíl mezi hodnotami MV u těchto skupin opět věcně významný s malým efektem ( $d = 0,352$ ), rozdíl není statisticky významný. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy v sedě je rozdíl statisticky nevýznamný a má věcně významný malý efekt ( $d = 0,34$ ). Rozdíl mezi sportovci a studenty ve stoji není statisticky ani věcně významný. V sedě mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci není potvrzena statistická významnost rozdílu. Významnost věcná měla velký efekt ( $d = 0,8$ ). Ve stoji se věcná významnost prokázala s malým efektem ( $d = 0,373$ ), rozdíl mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci není statisticky významný.



**Graf 1**

*Porovnání průměrných hodnot minutové ventilace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců v sedě a ve stoji*

Z grafu číslo 2 můžeme vyčíst průměrné hodnoty třetí, šesté a deváté minuty Bruceova protokolu. Zde vidíme, že se stoupajícími minutami stoupají i hodnoty minutové ventilace. Průměrná hodnota sportovců ve třetí minutě je  $30,5 \pm 4,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , v šesté minutě vystoupala na  $40,5 \pm 5,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , v deváté minutě se zvýšila na hodnotu  $60,48 \pm 5,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Studenti tělesné výchovy měli podobný vývoj hodnot jako sportovci. Ve třetí a šesté minutě s hodnotami  $27,36 \pm 2,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a  $39,6 \pm 5,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  měli nižší průměrnou minutovou ventilaci než sportovci. Ale v deváté minutě dosáhli hodnoty  $65,8 \pm 8,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nesportovci dosáhli ve třetí minutě průměrné hodnoty  $30,8 \pm 5,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , v šesté  $45,9 \pm 8,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a v deváté pak  $69,1 \pm 11,84 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rozdíl mezi uvedenými skupinami u MV ve třetí, v šesté a ani v deváté minutě není statisticky významný. Věcná významnost se středním efektem se ve třetí minutě prokázala mezi skupinou sportovců a studentů tělesné výchovy ( $d = 0,633$ ) a mezi studenty tělesné výchovy a nesportujícími ( $d = 0,691$ ). V minutě šesté se střední efekt věcné významnosti objevuje mezi skupinou sportovců a nesportovců ( $d = 0,654$ ) a také mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ( $d = 0,788$ ). Věcná významnost s malým efektem se prokázala mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci v deváté minutě ( $d = 0,332$ ). Věcná významnost se středním efektem byla prokázána v deváté minutě mezi skupinou sportovců a nesportovců ( $d = 0,797$ ) a mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,564$ ).



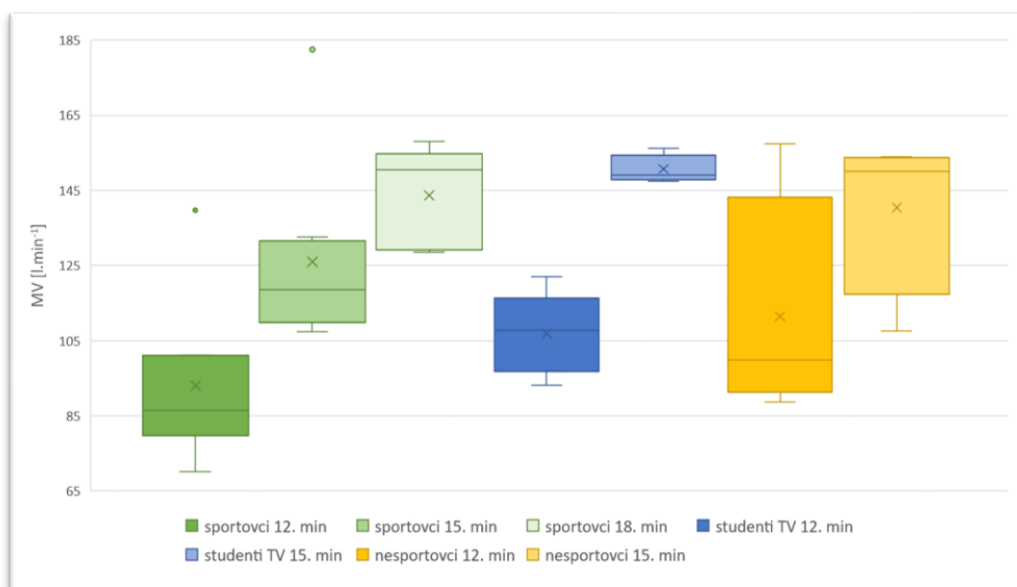
**Graf 2**

*Porovnání průměrných hodnot minutové ventilace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 3., 6. a 9. minutě Bruceova protokolu*



Na grafu číslo 3 si můžeme všimnout, že studenti tělesné výchovy a nesportovci nemají v grafu zaznamenanou osmnáctou minutu. Důvodem je dřívější ukončení testu dle subjektivního hodnocení. Kvůli stejnému důvodu jsou ve dvanácté minutě použity výsledky pouze sedmi nesportovců. Zátěž patnácté minuty zvládlo pět studentů tělesné výchovy a čtyři nesportovci. Měření v osmnácté minutě absolvovalo pět probandů ve skupině sportovců. Tyto počty jsou zachovány ve všech grafech.

Sportovci během dvanácté minuty dosáhli průměrné minutové ventilace  $93 \pm 23,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Během patnácté minuty  $125,98 \pm 16,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a v osmnácté minutě  $143,6 \pm 11,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Hodnota  $106,9 \pm 9,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  značí průměrnou minutovou ventilaci skupiny studentů tělesné výchovy ve dvanácté minutě. V patnácté minutě dosáhli hodnoty  $150,7 \pm 2,99 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . U nesportovců bylo ve dvanácté minutě naměřeno  $111,5 \pm 25,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a v patnácté  $140,4 \pm 16,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rozdíly u MV ve dvanácté minutě mezi žádnými skupinami nebyly statisticky významné. V patnácté pouze mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $p = 0,05$ ). Rozdíl mezi hodnotou MV u sportovců a nesportovců byl ve dvanácté minutě věcně významný se středním efektem ( $d = 0,631$ ). U sportovců a studentů tělesné výchovy se ve dvanácté prokázala věcná významnost s velkým efektem ( $d = 0,842$ ). Mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci se věcná významnost neprokázala. V patnácté minutě se nám ukázala věcná významnost se středním efektem mezi sportovci a nesportovci ( $d = 0,683$ ) a také mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ( $d = 0,745$ ). Vysoký efekt se prokázal v patnácté minutě mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 1,505$ ).

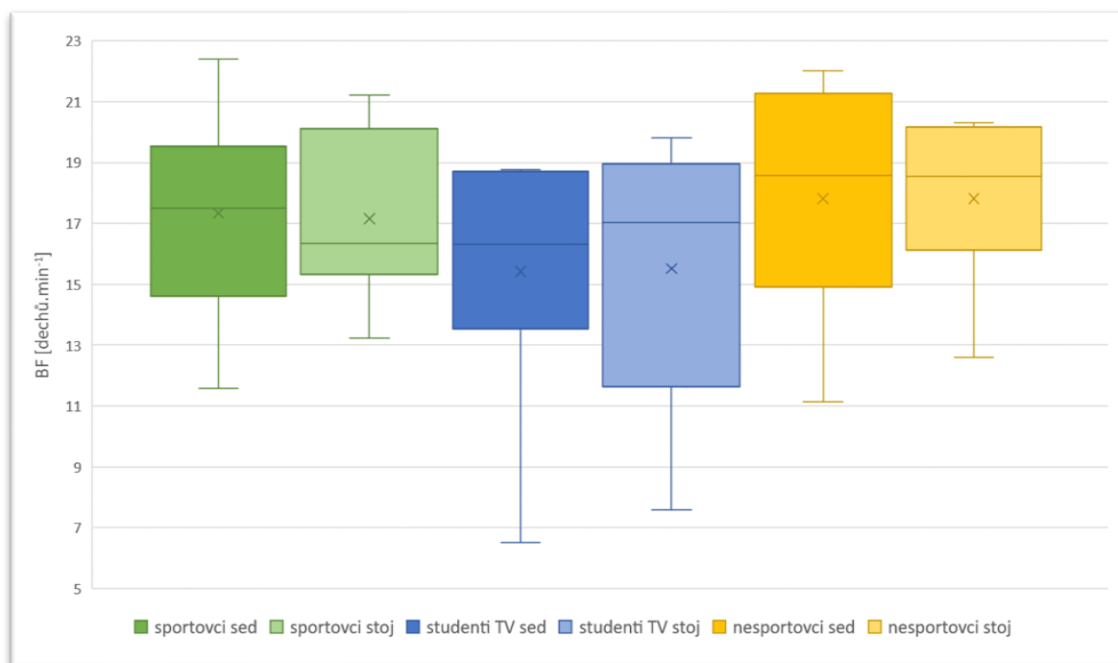


**Graf 3**

*Porovnání průměrných hodnot minutové ventilace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 12., 15. a 18. minutě Bruceova protokolu*

## 5.2 Dechová frekvence

Další porovnávanou hodnotou byla dechová frekvence, anglicky breath frequency (BF). Na grafu číslo 4 vidíme, že se průměrné hodnoty v jednotlivých skupinách v sedě a ve stoji téměř neliší. Nejnižších průměrných hodnot dosáhli studenti tělesné výchovy. V sedě  $15,4 \pm 2,9$  dechů·min<sup>-1</sup> a ve stoji  $15,5 \pm 3,5$  dechů·min<sup>-1</sup>. Sportovci dosáhli hodnot  $17,3 \pm 2,5$  dechů·min<sup>-1</sup> v sedě a  $17,2 \pm 2,24$  dechů·min<sup>-1</sup> ve stoji. U nespportovců je průměrná hodnota dechové frekvence v sedě  $17,8 \pm 1,7$  dechů·min<sup>-1</sup>. Ve stoji pak  $17,8 \pm 1,5$  dechů·min<sup>-1</sup>. Rozdíl mezi skupinami v sedě ani ve stoji není statistický významný. Věcná významnost se mezi sportovci a nespportovci v sedě nepotvrdila. V sedě byla mezi těmito skupinami věcná významnost s malým efektem ( $d = 0,256$ ). V rámci skupin sportovců a studentů tělesné výchovy se v sedě prokázal střední efekt věcné významnosti ( $d = 0,538$ ) a ve stoji efekt malý ( $d = 0,479$ ). Mezi skupinou studentů tělesné výchovy a skupinou nespportovců se prokázal střední efekt věcné významnosti v sedě ( $d = 0,652$ ) i ve stoji ( $d = 0,673$ ).

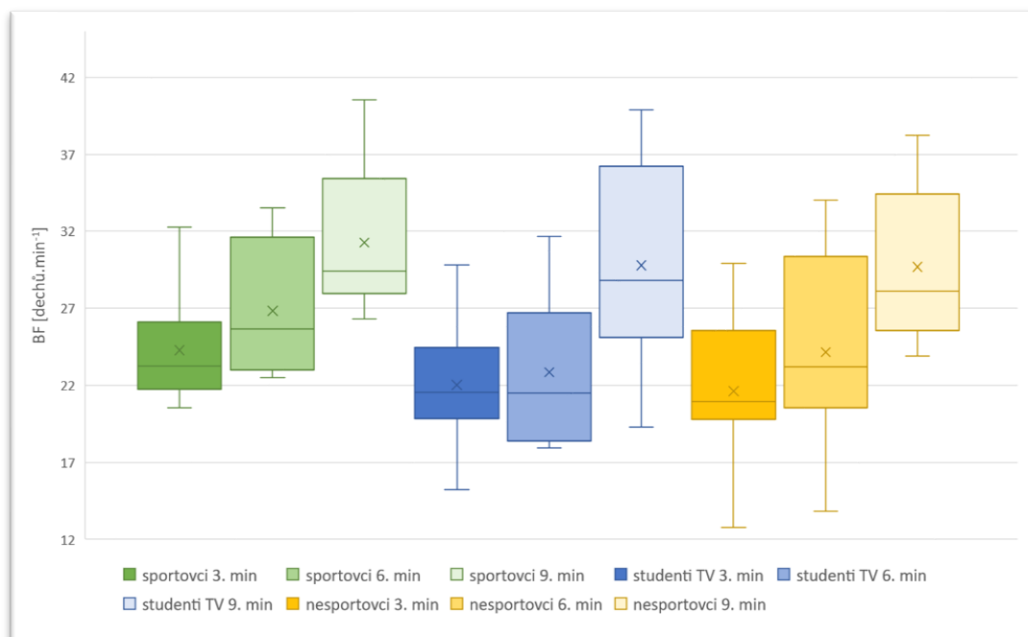


**Graf 4**

*Porovnání průměrných hodnot dechové frekvence u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců v sedě a ve stoji*

Graf číslo 5 znázorňuje, že se stoupající zátěží stoupají i průměrné hodnoty dechové frekvence. Sportovci dosáhli nejvyšších průměrných hodnot. Dechová frekvence ve třetí minutě u sportovců průměrně činila  $24,3 \pm 2,6$  dechů·min<sup>-1</sup>. V šesté

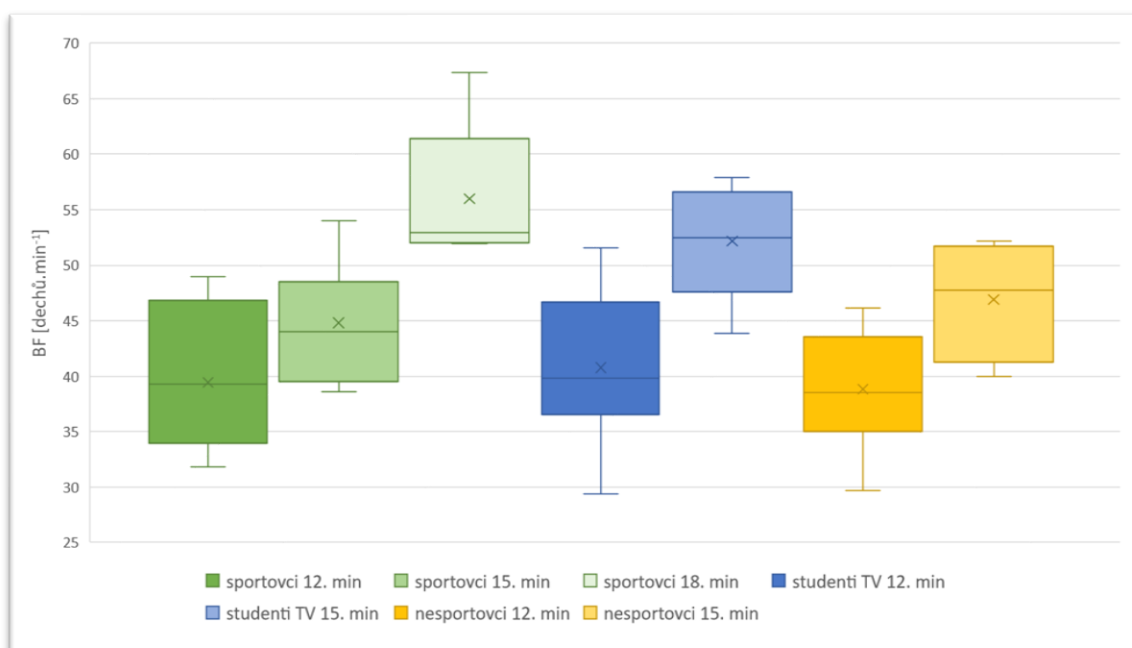
minutě  $26,8 \pm 3,4$  dechů·min<sup>-1</sup> a v deváté  $31,3 \pm 3,8$  dechů·min<sup>-1</sup>. U studentů tělesné výchovy byla ve třetí minutě průměrná hodnota  $22,02 \pm 2,99$  dechů·min<sup>-1</sup>. Dále pak  $22,8 \pm 4$  dechů·min<sup>-1</sup> v šesté  $29,8 \pm 5,1$  dechů·min<sup>-1</sup> v deváté minutě. I u nesportovců hodnoty při zátěži rostly. Jejich průměr ve třetí minutě byl  $21,6 \pm 3,4$  dechů·min<sup>-1</sup>, v šesté  $24,1 \pm 4,8$  dechů·min<sup>-1</sup> a deváté  $29,7 \pm 4,1$  dechů·min<sup>-1</sup>. Rozdíl mezi hodnotou DF sportovců a nesportovců ve třetí minutě byl věcně významný se středním efektem ( $d = 0,639$ ) a statistická významnost rozdílu je nevýznamná. V šesté minutě byla věcná významnost opět se středním efektem ( $d = 0,522$ ). Rozdíl zde není statisticky významný. V minutě deváté také není rozdíl statisticky významný, věcná významnost měla malý efekt ( $d = 0,338$ ). Rozdíl mezi hodnotou dechové frekvence sportovců a studentů tělesné výchovy ve třetí minutě byl věcně významný se středním efektem ( $d = 0,608$ ), statistická významnost rozdílu nikoliv. V šesté minutě byl prokázán velký efekt věcné významnosti ( $d = 0,918$ ). Rozdíl není statisticky významný. Minuta devátá se prokázala s malým efektem věcné významnosti ( $d = 0,269$ ), statistická významnost rozdílu nevýznamná. Co se týče rozdílu mezi hodnotou DF studentů tělesné výchovy a nesportovců, tak se ve třetí minutě neprokázala statistická ani věcná významnost rozdílu. V šesté minutě se prokázala pouze věcná významnost nízkého efektu ( $d = 0,240$ ). Rozdíl mezi těmito skupinami se v deváté minutě není statisticky ani věcně významný.



**Graf 5**

*Porovnání průměrných hodnot dechové frekvence u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 3., 6. a 9. minutě Bruceova protokolu*

Na následujícím grafu číslo 6 dále hodnoty dechové frekvence stoupají. Ve dvanácté minutě se průměrná hodnota u sportovců pohybovala okolo  $39,45 \pm 9,4$  dechů·min<sup>-1</sup>, v patnácté  $44,8 \pm 4,4$  dechů·min<sup>-1</sup> a v osmnácté  $55,99 \pm 4,5$  dechů·min<sup>-1</sup>. Studenti tělesné výchovy dosáhli hodnot  $40,77 \pm 5,1$  dechů·min<sup>-1</sup> ve dvanácté minutě. V patnácté potom  $52,2 \pm 3,7$  dechů·min<sup>-1</sup>. U nesportovců se jedná o  $38,8 \pm 4,8$  dechů·min<sup>-1</sup> v minutě dvanácté. A  $46,9 \pm 4,4$  dechů·min<sup>-1</sup> v patnácté minutě. Ve dvanácté minutě se žádný statisticky významný rozdíl nepotvrdil. V patnácté minutě pouze mezi skupinou sportovců a studentů tělesné výchovy ( $p = 0,034$ ). Věcná významnost se mezi sportovci a nesportovci se ve dvanácté minutě nepotvrdila. V minutě patnácté byla mezi těmito skupinami věcná významnost s malým efektem ( $d = 0,427$ ). V rámci skupin sportovců a studentů tělesné výchovy se ve dvanácté minutě prokázal malý efekt věcné významnosti ( $d = 0,213$ ) a v patnácté efekt velký ( $d = 1,510$ ). Mezi skupinou studentů tělesné výchovy a skupinou nesportovců se prokázal malý efekt věcné významnosti ve dvanácté minutě ( $d = 0,321$ ), velký efekt v minutě patnácté ( $d = 1,111$ ).

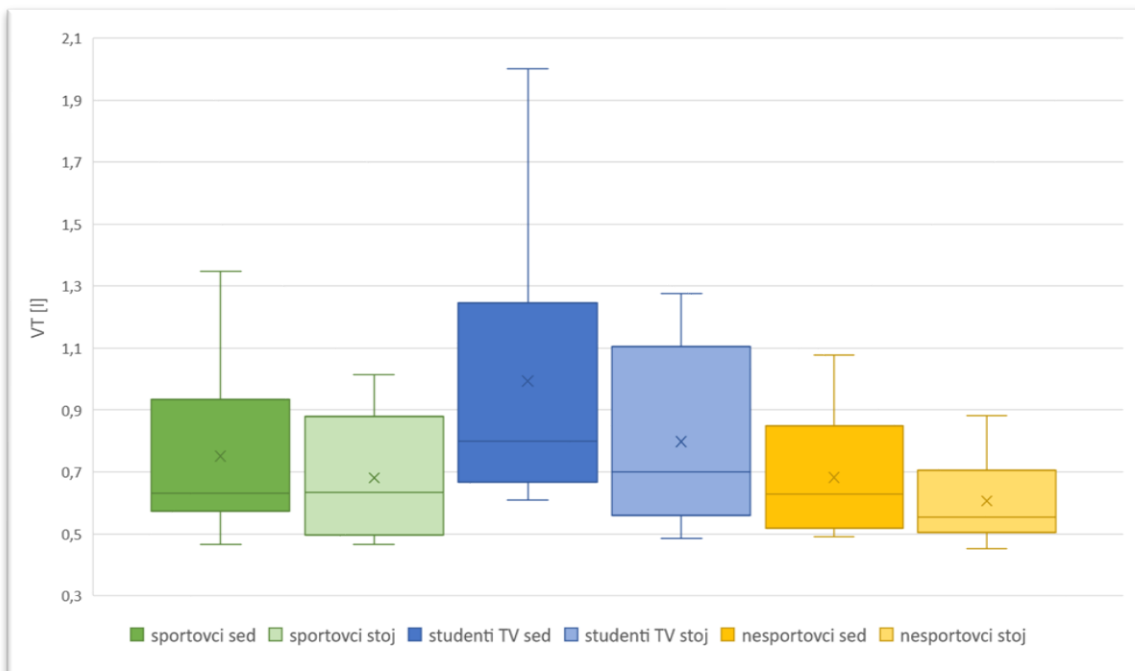


**Graf 6**

*Porovnání průměrných hodnot dechové frekvence u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 12., 15. a 18. minutě Bruceova protokolu*

### 5.3 Dechový objem

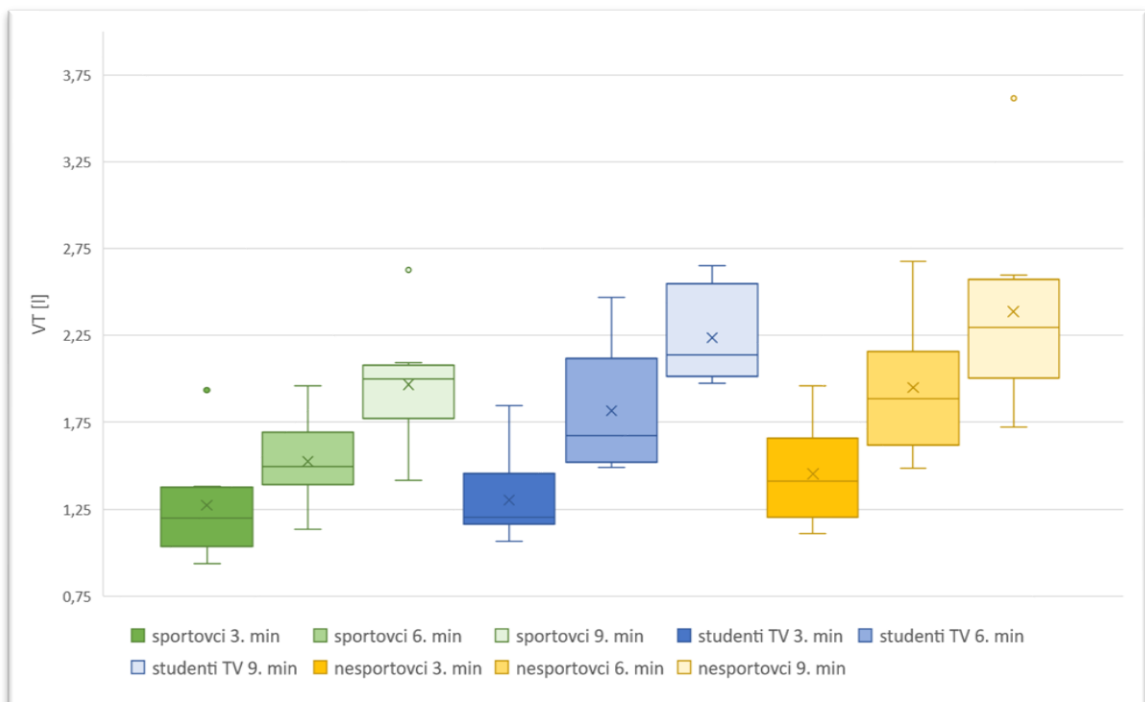
Dechový objem byl třetím měřeným parametrem. Následný graf číslo 7 ukazuje, že u všech skupin byli v sedě vypočítány vyšší průměrné hodnoty než ve stoji. Nejnižší dechový objem v klidu vidíme u skupiny nespportovců. V sedě v průměru dosáhli hodnoty  $0,68 \pm 0,15$  l, ve stoji  $0,61 \pm 0,1$  l. Průměrný dechový objem sportovců v sedě byl  $0,75 \pm 0,21$  l. Hodnota ve stoji klesla na  $0,68 \pm 0,16$  l. U studentů tělesné výchovy hodnota v sedě činí  $0,99 \pm 0,4$  l a ve stoji  $0,8 \pm 0,2$  l. Rozdíl mezi hodnotou VT u sportovců a nespportovců v sedě byl věcně významný s malým efektem ( $d = 0,290$ ) a také statisticky významný ( $p = 0,02$ ). Ve stoji je rozdíl mezi hodnotami VT u těchto skupin opět věcně významný s malým efektem ( $d = 0,453$ ), rozdíl zde není statisticky významný. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy v sedě je rozdíl statisticky nevýznamný a má věcně významný střední efekt ( $d = 0,666$ ). Ve stoji byla prokázána pouze věcná významnost s malým efektem ( $d = 0,494$ ). V sedě se rozdíl mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci neprojevil jako statisticky významný a významnost věcná měla velký efekt ( $d = 0,914$ ). Ve stoji se věcná významnost prokázala také s velkým efektem ( $d = 0,880$ ), statistická významnost rozdílu se nepotvrdila.



**Graf 7**

*Porovnání průměrných hodnot dechového objemu u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců v sedě a ve stoji*

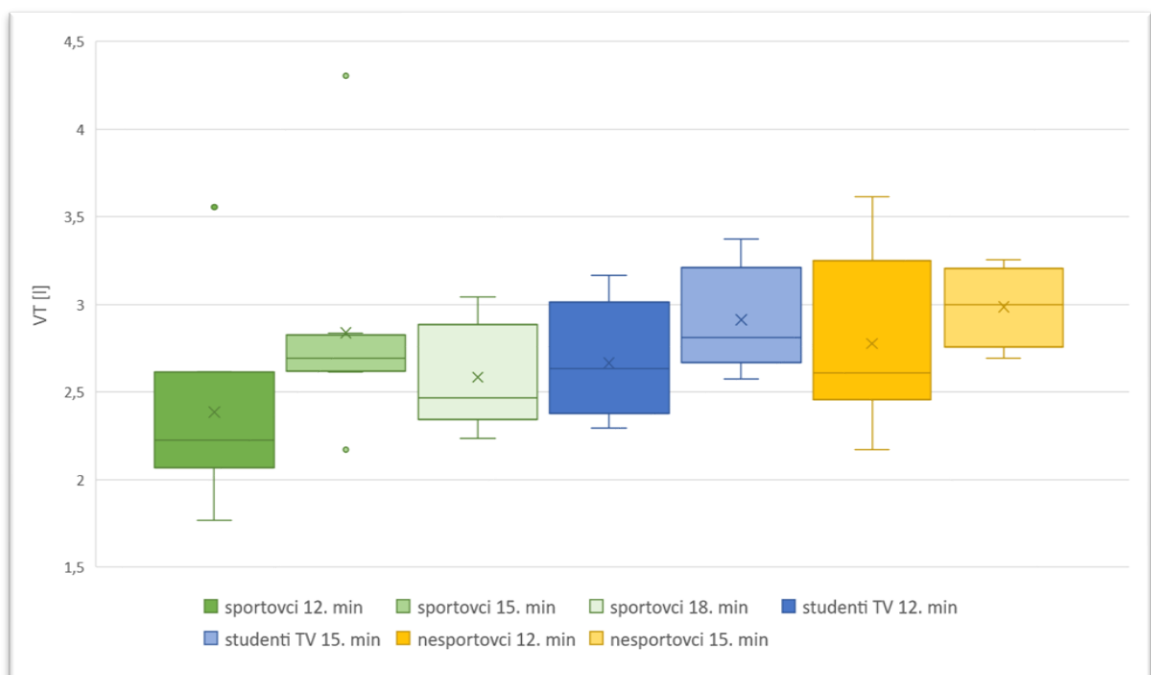
Na grafu číslo 8 můžeme sledovat vývoj dechového objemu s nastupující zátěží. Dechový objem sportovců ve třetí minutě průměrně činil  $1,23 \pm 0,2$  l, v šesté minutě  $1,5 \pm 0,2$  l a v deváté minutě  $1,97 \pm 0,2$  l. U studentů tělesné výchovy bylo naměřeno  $1,3 \pm 0,2$  l ve třetí minutě, v šesté minutě  $1,8 \pm 0,3$  l a v deváté  $2,2 \pm 0,2$  l. Nespportovci v průběhu těchto minut dosáhli nejvyšších průměrných hodnot oproti sportovcům a studentům tělesné výchovy. Ve třetí minutě mluvíme o hodnotě  $1,45 \pm 0,2$  l, v šesté  $1,9 \pm 0,3$  l a v deváté  $2,4 \pm 0,4$  l. Rozdíl statistické významnosti VT se prokázala pouze v šesté minutě mezi skupinou sportovců a nespportovců ( $p = 0,019$ ). Ve třetí minutě se věcná významnost se středním efektem potvrdila mezi sportovci a nespportovci ( $d = 0,661$ ) a také mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci ( $d = 0,604$ ). V šesté minutě se nám věcná významnost s malým efektem prokázala pouze mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci ( $d = 0,380$ ). Ale velký efekt věcné významnosti byl prokázán mezi sportovci a nespportovci ( $d = 1,421$ ), také mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 1,013$ ). Rozdíl mezi hodnotou VT v deváté minutě mezi sportovci a nespportovci byl s velkým efektem věcně významný ( $d = 0,954$ ). Mezi skupinou sportovců a skupinou studentů tělesné výchovy také ( $d = 0,933$ ). Studenti tělesné výchovy v porovnání s nespportovci dosáhli věcné významnosti s malým efektem ( $d = 0,360$ ).



**Graf 8**

*Porovnání průměrných hodnot dechového objemu u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců ve 3., 6. a 9. minutě Bruceova protokolu*

Graf číslo 9 znázorňuje následný vývoj hodnot dechového objemu. Ve dvanácté minutě se průměrná hodnota u sportovců vyšplhala na  $2,4 \pm 0,6$  l, v patnácté na  $2,8 \pm 0,4$  l. V osmnácté minutě se celkový průměr snížil na  $2,6 \pm 0,2$  l, avšak na grafu vidíme horní vous s hodnotou 3,04 l. Studenti tělesné výchovy dosáhli následujících průměrných hodnot. Ve dvanácté minutě  $2,7 \pm 0,2$  l a  $2,9 \pm 0,2$  l v minutě patnácté. Dechový objem u nespportovců činil ve dvanácté minutě  $2,8 \pm 0,4$  l a v patnácté  $2,99 \pm 0,2$  l. Graf nám zobrazuje, že zde testovaní probandi sportovců mají nižší dechový objem než skoro srovnatelné hodnoty u skupiny nespportovců a studentů tělesné výchovy. Rozdíl mezi hodnotou VT u sportovců a nespportovců ve dvanácté minutě byl věcně významný se středním efektem ( $d = 0,787$ ) a statisticky nevýznamný. V minutě patnácté je rozdíl mezi hodnotami VT u těchto skupin věcně významný s malým efektem ( $d = 0,335$ ), statistická významnost rozdílu nebyla potvrzena. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy je ve dvanácté minutě rozdíl statisticky nevýznamný a věcně významný se středním efektem ( $d = 0,643$ ). V minutě patnácté nebyla prokázána statistická ani věcná významnost rozdílu. Ve dvanácté minutě mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci není rozdíl statistické významnosti významný a významnost věcná měla malý efekt ( $d = 0,285$ ). Věcná významnost s malým efektem se prokázala i v patnácté minutě ( $d = 0,306$ ), rozdíl statistické významnosti se neprokázal.

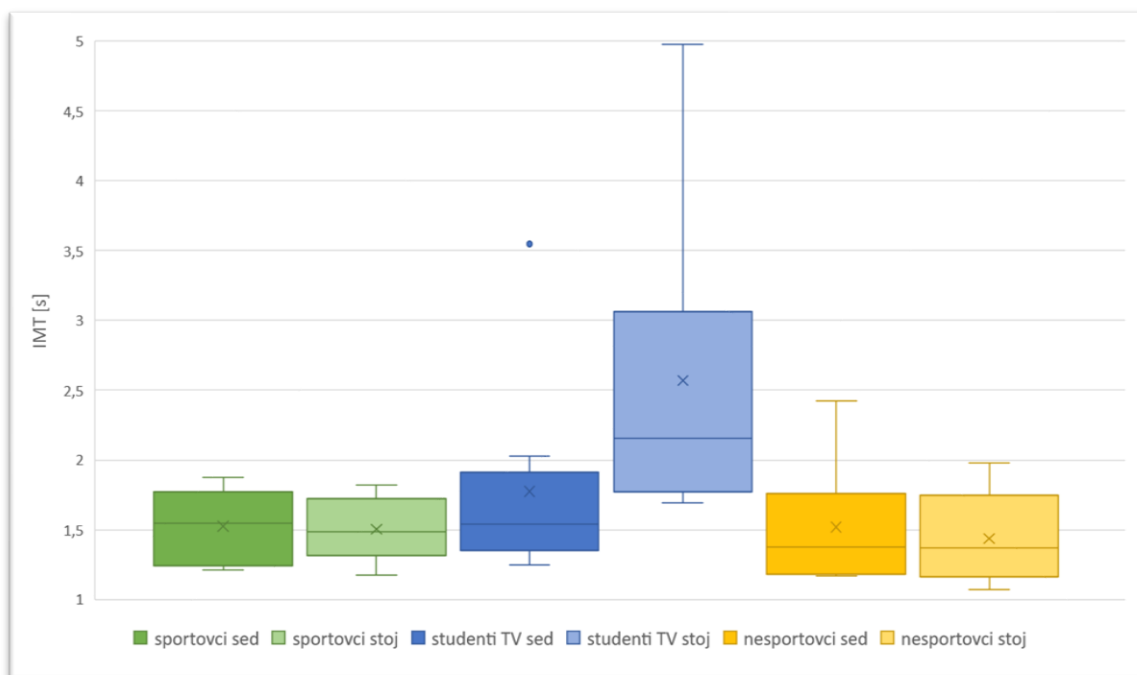


**Graf 9**

*Porovnání průměrných hodnot dechového objemu u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců ve 12., 15. a 18. minutě Bruceova protokolu*

## 5.4 Délka nádechu

Graf číslo 10 nám ukazuje dobu nádechu v klidu. Zkratka IMT je odvozena z anglického inspiration mean time. Délka nádechu u sportovců v sedě průměrně trvala  $1,5 \pm 0,2$  s, ve stoji  $1,5 \pm 0,1$  s. Nespportovci měli tyto hodnoty podobné. V sedě  $1,5 \pm 0,3$  s a ve stoji  $1,4 \pm 0,3$  s. Průměrná doba nádechu u skupiny studentů tělesné výchovy v sedě trvala  $1,8 \pm 0,5$  s, avšak ve stoji se hodnota zvýšila na  $2,6 \pm 0,5$  s. Rozdíl mezi hodnotou IMT u sportovců a nespportovců v sedě nebyl věcně ani statisticky významný. Ve stoji u těchto skupin byla prokázána věcná významnost s malým efektem ( $d = 0,253$ ), rozdíl statistické významnosti není významný. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy v sedě je rozdíl statisticky nevýznamný a má věcně významný malý efekt ( $d = 0,472$ ). Ve stoji byla prokázána pouze věcná významnost s malým efektem ( $d = 0,449$ ). V sedě mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci nebyl prokázán rozdíl statistické významnosti a významnost věcná měla malý efekt ( $d = 0,445$ ). Ve stoji se věcná významnost prokázala také se středním efektem ( $d = 0,565$ ), statistická významnost rozdílu se nepotvrdila.



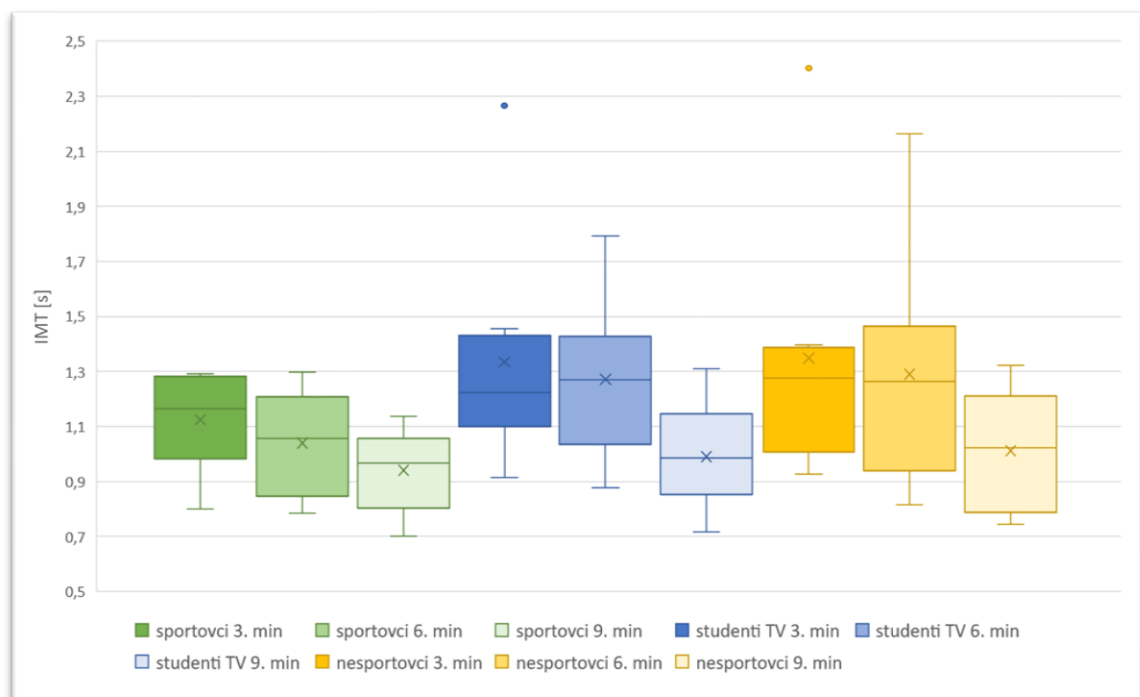
**Graf 10**

*Porovnání průměrných hodnot délky inspirace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců v sedě a ve stoji*

Na následujícím grafu číslo 11 si můžeme všimnout, že se stoupající zátěží se doba nádechu u všech skupin zkracovala. Sportovci se v průměru nadechovali nejkratší dobu. Ve třetí minutě se nadechovali  $1,1 \pm 0,1$  s, v minutě šesté



1,04 ± 0,2 s a v deváté minutě 0,9 ± 0,1 s. Studenti tělesné výchovy 1,3 ± 0,3 s ve třetí minutě, 1,27 ± 0,2 s v šesté a 1 ± 0,1 s v deváté minutě. U nesportovců je situace obdobná. Jejich nádech ve třetí minutě průměrně trval 1,35 ± 0,3 s, v šesté 1,3 ± 0,3 s a 1,01 ± 0,2 s, v minutě deváté. Rozdíly u IMT mezi uvedenými skupinami ve třetí, v šesté a ani v deváté minutě nebyly statisticky významné. Věcná významnost se středním efektem se ve třetí minutě prokázala mezi skupinou sportovců a nesportovců ( $d = 0,683$ ) a mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,709$ ). V minutě šesté se velký efekt věcné významnosti objevuje mezi skupinou sportovců a nesportovců ( $d = 0,820$ ) a také mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ( $d = 1,035$ ). Věcná významnost mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci se v šesté minutě neprokázala. Věcná významnost v deváté minutě se prokázala se středním efektem pouze mezi skupinou sportovců a nesportovců ( $d = 0,422$ ) a mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,312$ ).

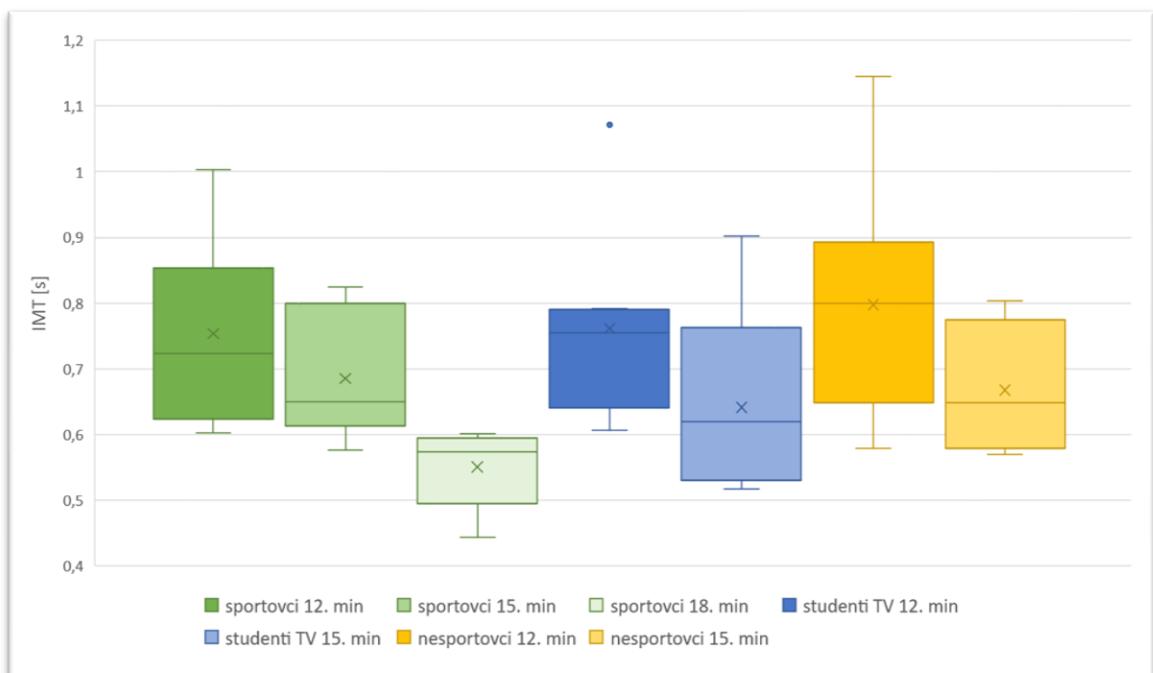


**Graf 11**

*Porovnání průměrných hodnot délky inspirace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 3., 6. a 9. minutě Bruceova protokolu*

Na grafu číslo 12 hodnoty doby inspirace se vzrůstající zátěží dále klesají. Ve dvanácté minutě průměrná doba nádechu sportovců činila 0,8 ± 0,2 s. V patnácté potom 0,7 ± 0,1 s a v osmnácté 0,55 ± 0,1 s. U studentů tělesné výchovy se hodnoty pohybovaly okolo 0,8 ± 0,1 s v minutě dvanácté a v patnácté minutě 0,6 ± 0,1 s. Nesportovcům ve dvanácté minutě nádech průměrně trval

0,8 ± 0,3 s a v patnácté 0,7 ± 0,1 s. Nejkratší nádech ze všech tří skupin měl délku 0,4 s. Objevil se v osmnácté minutě u sportovců. Rozdíly u IMT mezi skupinami ve dvanácté a ani v patnácté minutě nejsou statisticky významné. Věcná významnost s malým efektem se mezi sportovci a nesportovci ve dvanácté minutě prokázala ( $d = 0,286$ ), také v minutě patnácté ( $d = 0,201$ ). V rámci skupin sportovců a studentů tělesné výchovy se ve dvanácté minutě neprokázala věcná významnost, ale v patnácté s malým efektem ano ( $d = 0,380$ ). Mezi skupinou studentů tělesné výchovy a skupinou nesportovců se prokázal malý efekt věcné významnosti ve dvanácté ( $d = 0,233$ ) i patnácté minutě ( $d = 1,111$ ).

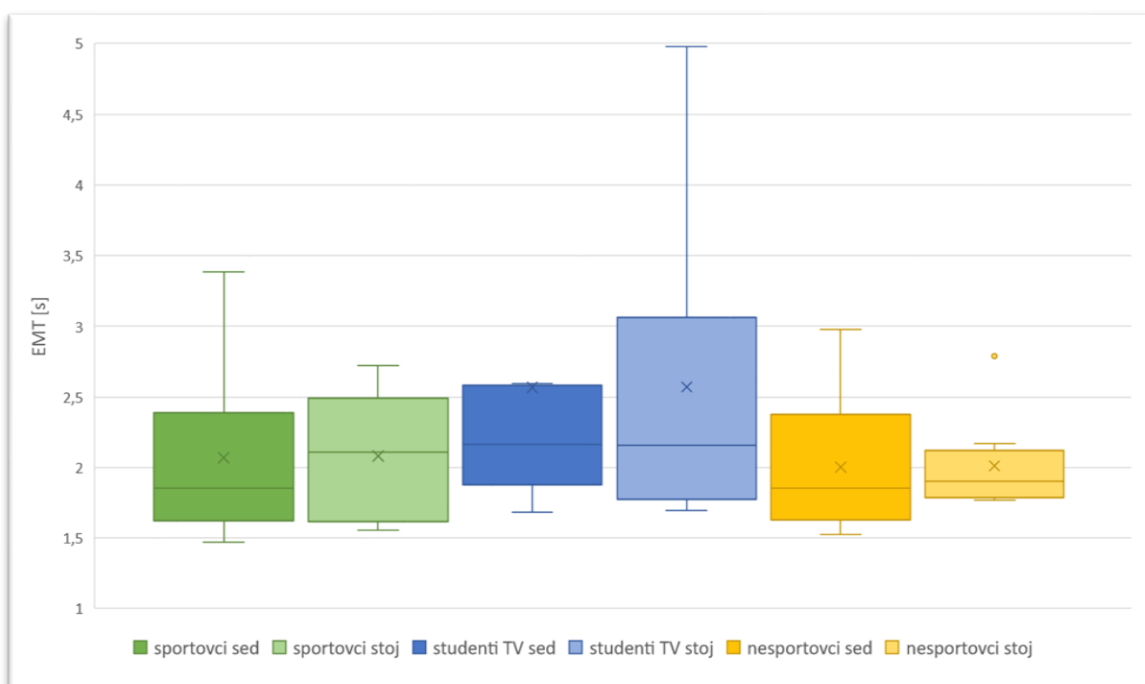


**Graf 12**

*Porovnání průměrných hodnot délky inspirace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 12., 15. a 18. minutě Bruceova protokolu*

## 5.5 Délka výdechu

Dobu výdechu nám představuje zkratka EMT, z anglického expiration mean time. Na grafu číslo 13 vidíme, že v klidu nejdéle vydechovali studenti tělesné výchovy. Jejich průměrná hodnota byla  $2,6 \pm 0,8$  s v sedě i ve stoji. Sportovcům se naměřilo v sedě  $2,1 \pm 0,5$  s a ve stoji  $2,1 \pm 0,4$  s. U nesportovců průměrně trval výdech v sedě  $2 \pm 0,4$  s a ve stoji  $2 \pm 0,2$  s. Rozdíl mezi hodnotou EMT sportovců a nesportovců v sedě i ve stoji byl věcně i statisticky nevýznamný. Rozdíl mezi hodnotou délky expirace sportovců a studentů tělesné výchovy v sedě byl věcně významný se středním efektem ( $d = 0,534$ ), rozdíl není statisticky významný. Ve stoji byl prokázán střední efekt věcné významnosti ( $d = 0,621$ ). Avšak rozdíl mezi skupinou sportovců a studentů tělesné výchovy není statisticky významný. Co se týče rozdílu mezi hodnotou EMT u studentů tělesné výchovy a nesportovců, tak v sedě není statisticky významný, věcná významnost se prokázala se středním efektem ( $d = 0,625$ ). Ve stoji se prokázala pouze věcná významnost středního efektu ( $d = 0,732$ ).

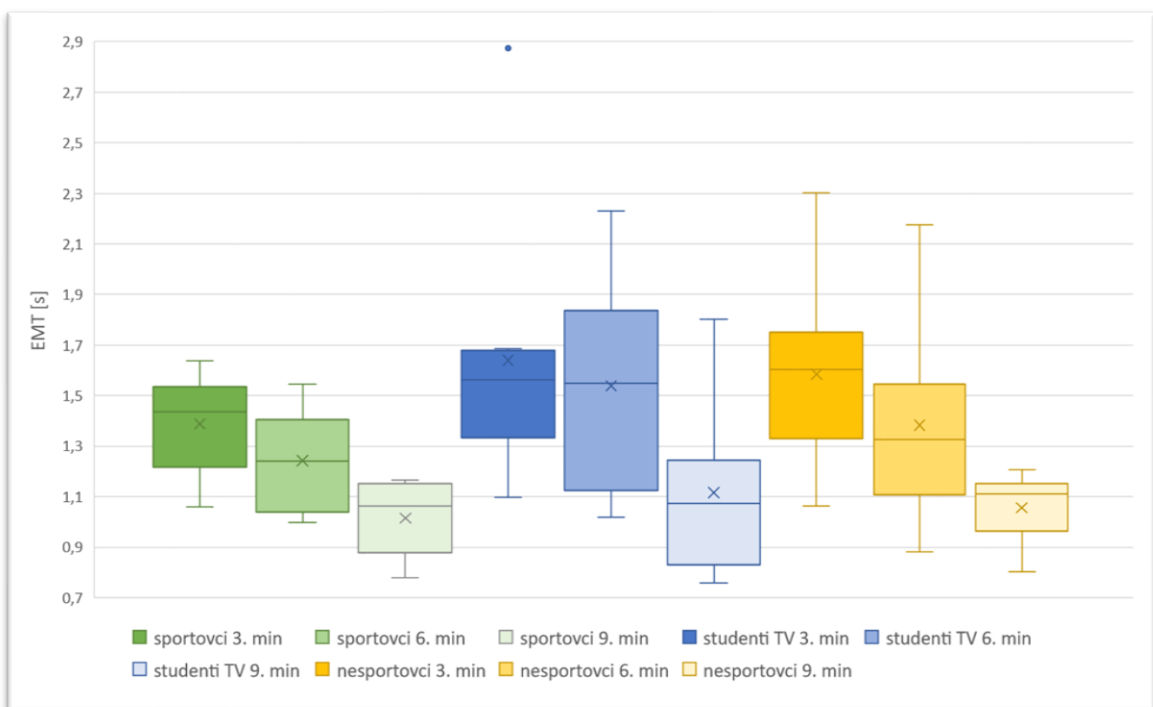


**Graf 13**

*Porovnání průměrných hodnot délky expirace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců v sedě a ve stoji*

Následný graf číslo 14 nám ukazuje, jak se se stoupající zátěží výdech zrychloval. Ve třetí minutě sportovcům průměrně výdech trval  $1,4 \pm 0,2$  s, v šesté  $1,2 \pm 0,15$  s a v deváté  $1,02 \pm 0,1$  s. U nesportovců byl vývoj obdobný. Ve třetí minutě  $1,6 \pm 0,3$  s,  $1,4 \pm 0,3$  s v minutě šesté a  $1,1 \pm 0,1$  s v deváté. U studentů tělesné výchovy

vidíme v šesté minutě širokou škálu s průměrem  $1,5 \pm 0,3$  s. Ve třetí minutě vidíme průměr  $1,6 \pm 0,3$  s a v minutě deváté  $1,1 \pm 0,2$  s. Rozdíl statistické významnosti se u EMT mezi uvedenými skupinami ve třetí, v šesté a ani v deváté minutě nepotvrdil. Věcná významnost se středním efektem se ve třetí minutě prokázala mezi skupinou sportovců a nespportovců ( $d = 0,708$ ) a mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,667$ ). Mezi skupinou studentů tělesné výchovy a nespportovců se věcná významnost neprokázala. Věcná významnost s malým efektem se prokázal mezi skupinou sportovců a skupinou nespportovců v šesté minutě ( $d = 0,485$ ). Mezi sportující skupinou a skupinou studentů tělesné výchovy se prokázala věcná významnost s velkým efektem ( $d = 0,976$ ). Studenti tělesné výchovy v porovnání s nespportovci se v šesté minutě prokázala věcná významnost s malým efektem ( $d = 0,415$ ). Věcná významnost v deváté minutě se prokázala s malým efektem mezi skupinou sportovců a nespportovců ( $d = 0,308$ ), dále mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,421$ ) a i u studentů tělesné výchovy a nespportovců ( $d = 0,254$ ).

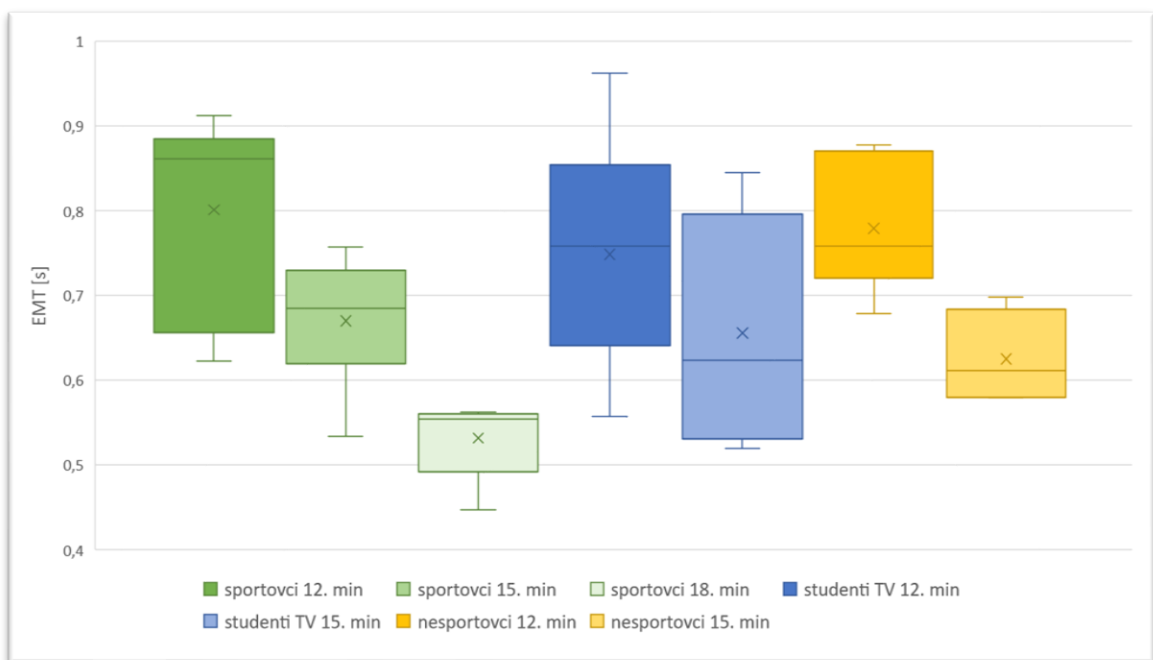


#### Graf 14

*Porovnání průměrných hodnot délky expirace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců ve 3., 6. a 9. minutě Bruceova protokolu*

Graf s číslem 15 zobrazuje velice rychlý výdech v osmnácté minutě sportovců. Jedná se průměrně o  $0,5 \pm 0,03$  s. Této skupině průměrný výdech ve dvanácté minutě trval  $0,8 \pm 0,2$  s a v patnácté  $0,7 \pm 0,1$  s. Studenti tělesné výchovy ve dvanácté minutě

vydechovali  $0,75 \pm 0,2$  s a  $0,66 \pm 0,1$  s v minutě patnácté. U nesportovců byla hodnota ve dvanácté minutě  $0,78 \pm 0,1$  s, v patnácté potom  $0,6 \pm 0,04$  s. Nejrychlejší výdech můžeme sledovat u skupiny sportovců. Objevil se v osmnácté minutě s délkou 0,5 s. Rozdíl mezi hodnotou EMT u sportovců a nesportovců ve dvanácté minutě byl věcně významný s malým efektem ( $d = 0,240$ ), rozdíl není statisticky významný. V patnácté minutě u těchto skupin byla prokázána věcná významnost se středním efektem ( $d = 0,751$ ), statisticky významný rozdíl zde není. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ve dvanácté minutě je rozdíl statisticky nevýznamný a má věcně významný malý efekt ( $d = 0,455$ ). V patnácté minutě nebyl prokázán věcný ani statistický rozdíl významnosti. Ve dvanácté minutě byl rozdíl mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci statisticky nevýznamný, ale významnost věcná měla malý efekt ( $d = 0,303$ ). V patnácté minutě se věcná významnost prokázala s malým efektem ( $d = 0,325$ ), rozdíl není statisticky významný.

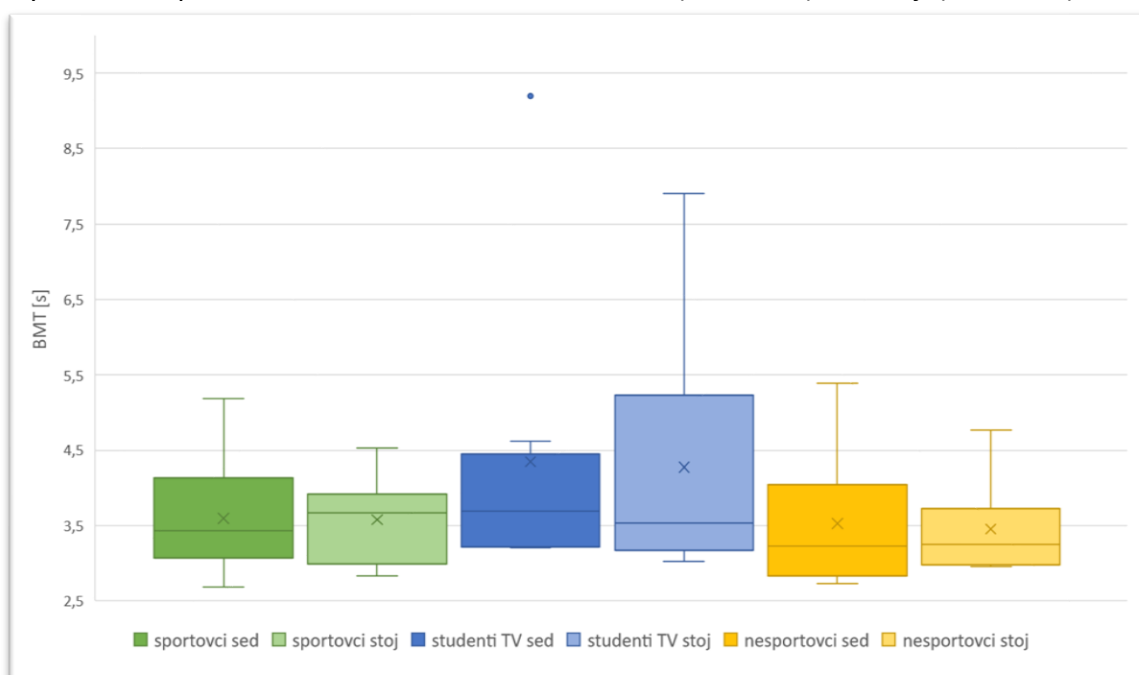


### Graf 15

*Porovnání průměrných hodnot délky expirace u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 12., 15. a 18. minutě Bruceova protokolu*

## 5.6 Délka dechového cyklu

Celkový čas dechu jsme dle anglického breath mean time označili zkratkou BMT. Průměrné hodnoty skupiny studentů tělesné výchovy v sedě a ve stoji, jak vidíme na grafu číslo 16, nejvyšší. V sedě  $4,4 \pm 1,3$  s, ve stoji došlo ke snížení hodnoty na  $4,3 \pm 1,2$  s. U sportovců byly hodnoty nižší. V průměru v sedě se jedná o  $3,6 \pm 0,6$  s a ve stoji o  $3,6 \pm 0,4$  s. Nespportovci se celkovým časem dechu velice podobali sportovcům. V sedě  $3,5 \pm 0,7$  s,  $3,5 \pm 0,5$  s ve stoji. Rozdíl statistické významnosti nebyl u délky dechového cyklu v sedě a ve stoji mezi žádnými skupinami prokázán. Rozdíl mezi hodnotou BMT u sportovců a nespportovců byl v sedě nebyl věcně významný, ve stoji však s malým efektem ( $d = 0,228$ ). U sportovců a studentů tělesné výchovy se v sedě prokázala věcná významnost se středním efektem ( $d = 0,523$ ) a ve stoji ( $d = 590$ ). Mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci se věcná významnost prokázala se středním efektem v sedě ( $d = 0,564$ ) i ve stoji ( $d = 0,691$ ).

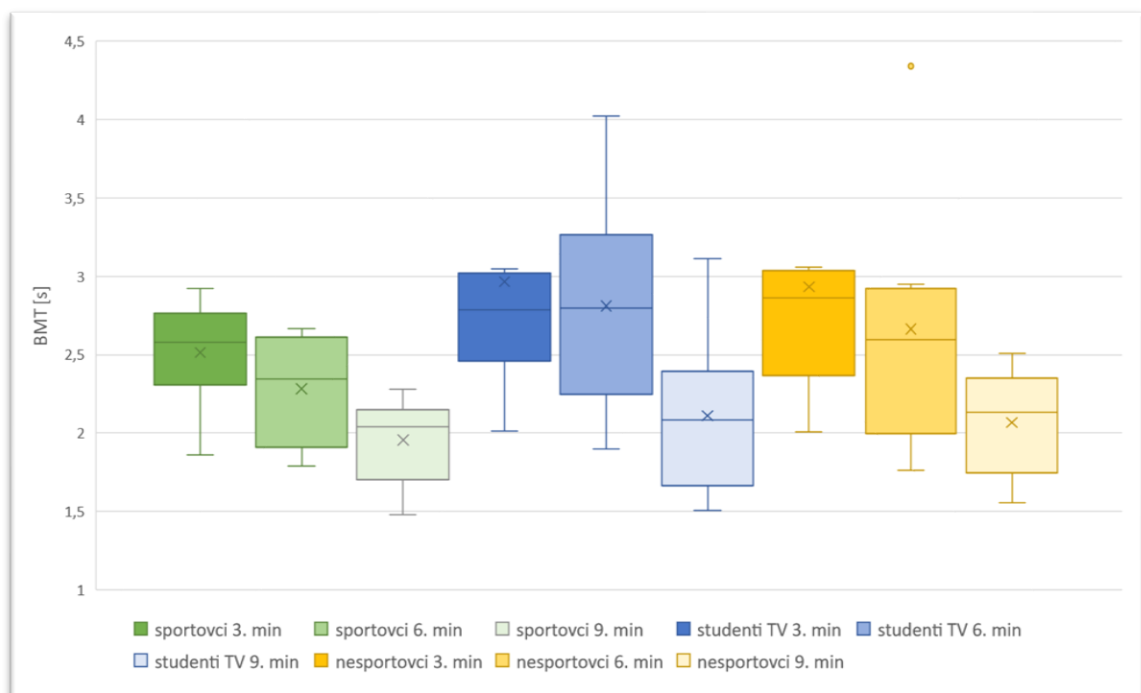


### Graf 16

*Porovnání průměrných hodnot délky dechového cyklu u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců v sedě a ve stoji*

Graf číslo 17 zobrazuje zrychlování dýchání všech probandů kvůli nastupující únavě a zvyšující zátěži. Ve třetí minutě celý proces nádechu a výdechu průměrně u sportovců trval  $2,5 \pm 0,2$  s. Na dobu  $2,3 \pm 0,3$  s se parametr snížil v šesté minutě a následně na hodnotu  $1 \pm 0,2$  s v minutě deváté. Studenti tělesné výchovy měli ve třetí minutě celkový čas nádechu dlouhý  $3 \pm 0,6$  s, v šesté minutě

2,8 ± 0,5 s a v deváté minutě 2,1 ± 0,4 s. U nespportovců jsme naměřili tyto hodnoty. Ve třetí minutě 2,9 ± 0,5 s, v minutě šesté 2,7 ± 0,5 s a 2,1 ± 0,3 s v deváté minutě. Rozdíl statistické významnosti BMT se v rámci třetí, deváté a dvanácté minuty nepotvrdil mezi žádnými skupinami. Ve třetí minutě se věcná významnost se středním efektem potvrdila mezi sportovci a nespportovci ( $d = 0,724$ ) a také mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,686$ ). V šesté minutě se nám věcná významnost s malým efektem prokázala pouze mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci ( $d = 0,211$ ). Střední efekt věcné významnosti se v šesté minutě prokázal mezi sportovci a nespportovci ( $d = 0,661$ ). Ale velký efekt věcné významnosti byl prokázán mezi sportovci a nespportovci ( $d = 1,042$ ). Rozdíl mezi hodnotou BMT v deváté minutě mezi sportovci a nespportovci byl s malým efektem věcně významný ( $d = 391$ ). Mezi skupinou sportovců a skupinou studentů tělesné výchovy také ( $d = 0,406$ ). U studentů tělesné výchovy v porovnání s nespportovci se věcná významnost neprokázala.

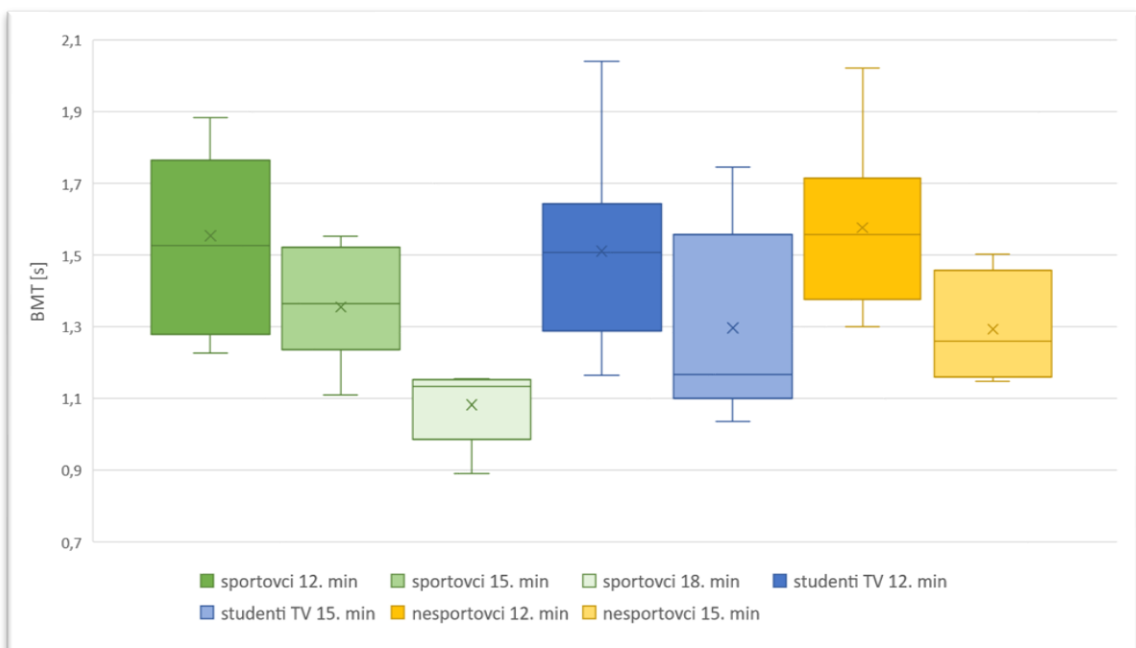


### Graf 17

*Porovnání průměrných hodnot délky dechového cyklu u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců ve 3., 6. a 9. minutě Bruceova protokolu*

Poslední graf krabicového typu s číslem 18 nám porovnává průměrné hodnoty celkového času dechu u všech tří skupin ve dvanácté, patnácté a osmnácté minutě. Skupině sportovců připsujeme ve dvanácté minutě průměrnou hodnotu  $1,6 \pm 0,4$  s, v minutě patnácté  $1,4 \pm 0,1$  s a v osmnácté minutě potom

1,1 ± 0,1 s. U studentů tělesné výchovy mluvíme o hodnotě 1,5 ± 0,2 s ve dvanácté minutě a v patnácté o 1,3 ± 0,2 s. Nesportovci se v rámci dvanácté minuty s časem 1,6 ± 0,2 s podobali sportovcům. V patnácté minutě trval nesportovcům nádech a výdech celkem 1,3 ± 0,1 s. Rozdíl mezi hodnotou BMT u sportovců a nesportovců ve dvanácté minutě nebyl věcně ani statisticky významný. V minutě patnácté je rozdíl mezi hodnotami BMT u těchto skupin věcně významný s malým efektem ( $d = 0,435$ ), rozdíl není statisticky významný. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ve dvanácté minutě je rozdíl statisticky i věcně nevýznamný. V patnácté minutě není rozdíl statistické významnosti potvrzen, věcná významnost se prokázala s malým efektem ( $d = 287$ ). Rozdíl mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ve dvanácté minutě není statisticky významný a významnost věcná měla malý efekt ( $d = 0,270$ ). V patnácté minutě se u studentů tělesné výchovy a nesportovců neprokázala věcný ani statistický rozdíl významnosti.



### Graf 18

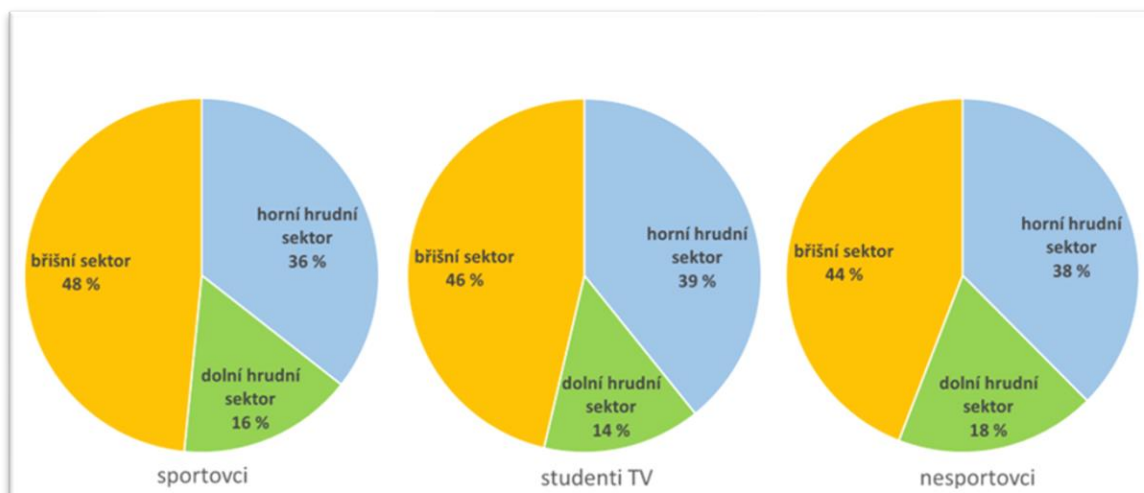
*Porovnání průměrných hodnot délky dechového cyklu u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců ve 12., 15. a 18. minutě Bruceova protokolu*



## 5.7 Zapojení dechových sektorů

Grafy této kapitoly graficky znázorňují zapojení jednotlivých dechových sektorů v klidu nebo různých intenzitách zátěže u osob s různou úrovní kondice. Horní hrudní sektor představuje podklíčkové dýchání. Dolním hrudním sektorem je myšleno hrudní dýchání a v poslední řadě je zde břišní sektor, tedy dýchání břišního typu.

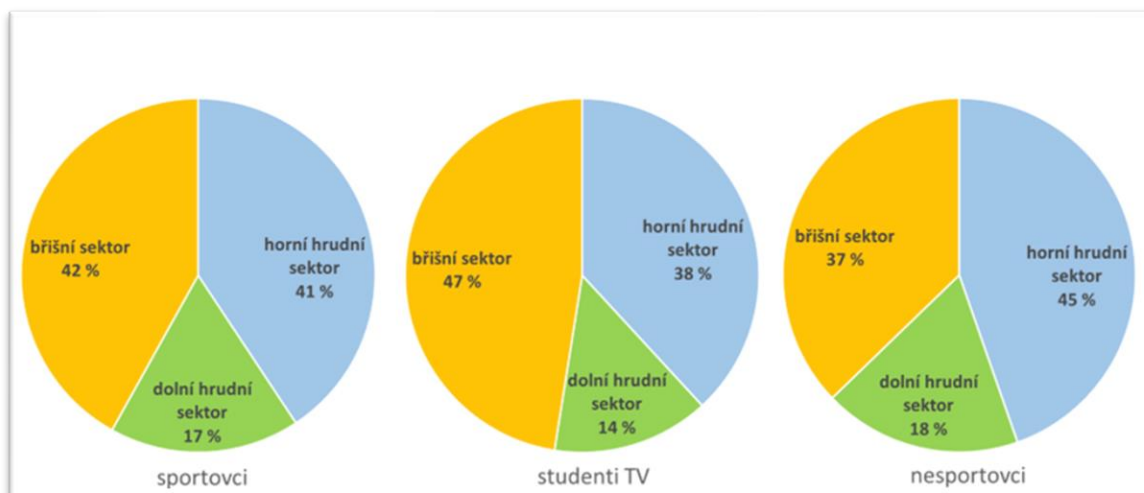
Graf číslo 19 zobrazuje využití dechových sektorů u všech tří skupin v sedě. U sportovců vidíme, že se ze 48 % zapojil břišní sektor. Horní hrudní sektor představuje 36 % dechového vzoru, nejméně se zapojit dolní hrudní sektor. Sportovci jej v sedě využili jen ze 16 %. U studentů tělesné výchovy se břišní dechový sektor zapojil průměrně ze 46 %, horní dechový sektor se ze 39 %, dolní hrudní sektor se zapojil ze 14 %. U nesportovců vidíme zapojení břišního sektoru ze 44 %. Horní hrudní sektor se zapojil ze 38 % a z 18 % se zapojil dolní hrudní sektor. Rozdíl mezi hodnotou využití horního dechového sektoru u sportovců a nesportovců v sedě byl věcně významný s malým efektem ( $d = 0,225$ ) a rozdíl mezi těmito skupinami není statisticky významný. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy v sedě je rozdíl statisticky nevýznamný a má věcně významný malý efekt ( $d = 0,425$ ). V sedě mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci nebyl prokázán rozdíl statistické významnosti, významnost věcná také nebyla prokázána. Rozdíl mezi hodnotou využití dolního dechového sektoru u sportovců a nesportovců v sedě byl věcně významný s velkým efektem ( $d = 0,927$ ). Tento rozdíl není statisticky významný. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy v sedě je rozdíl statisticky nevýznamný a má věcně významný střední efekt ( $d = 0,611$ ). V sedě mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci byl prokázán rozdíl statistické významnosti ( $p = 0,012$ ), významnost věcná se prokázala s velkým efektem ( $d = 1,536$ ). Rozdíl u břišního dechového sektoru mezi skupinami není statisticky významný. Věcná významnost s malým efektem se potvrdila mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,222$ ) a také mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ( $d = 0,207$ ). Mezi skupinou sportovců a nesportovců se také prokázal malý efekt věcné významnosti ( $d = 0,492$ ).



### Graf 19

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců v sedě*

Na grafu číslo 20 lze pozorovat zapojení dechových sektorů ve stoji mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nespportovci. Sportovci zapojili břišní sektor průměrně ze 42 %, využití horního hrudního sektoru bylo jen o jedno procento nižší. Ze 17 % využili sektor dolní hrudní. U studentů tělesné výchovy byla situace obdobná. Podklíčkový neboli horní hrudní sektor byl zapojen z 38 %, hrudní neboli dolní hrudní sektor ze 14 % a v poslední řadě byl ze 47 % zapojen břišní sektor. Nespportovci nejvíce v sedě zapojili horní hrudní sektor. Jedná se o 45 %. Břišní sektor byl zapojen z menší části než u dvou předcházejících skupin. Šlo o 37 %. Dolní hrudní sektor se zapojil z 18 %. Věcnou významnost s malým efektem u horního hrudního sektoru jsme prokázali mezi skupinou sportovců a nespportovců ( $d = 0,446$ ) a mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,27$ ). Mezi skupinou studentů tělesné výchovy a nespportovců se jedná o věcnou významnost se středním efektem ( $d = 0,601$ ). U dolního hrudního sektoru se věcná významnost s malým efektem prokázala mezi skupinou sportovců a nespportovců ( $d = 0,28$ ). Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy se prokázal velký efekt věcné významnosti ( $d = 1,036$ ) i mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci ( $d = 1,465$ ). Rozdíl hodnot zapojení břišního sektoru mezi sportovci a nespportovci je věcně významný se středním efektem ( $d = 0,594$ ). Střední efekt se prokázal také mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,534$ ). Mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci se prokázala věcná významnost s velkým efektem ( $d = 0,892$ ). Rozdíl statistické významnosti se prokázal pouze mezi skupinou studentů tělesné výchovy a nespportovci u dolního hrudního sektoru ( $p = 0,016$ ).

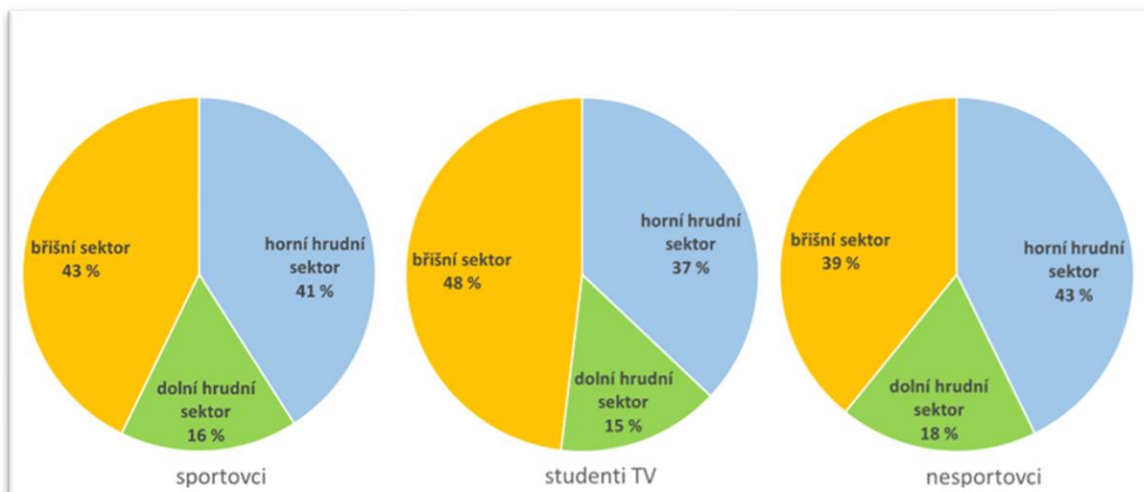


**Graf 20**

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců ve stoji*

Graf číslo 21 znázorňuje u všech skupin zapojení jednotlivých dechových sektorů ve třetí minutě Bruceova testu. Nejméně byly zapojeny sektory dolní hrudní. U sportovců se zapojil z 16 %, u studentů tělesné výchovy z 15 % a u nespportovců z 18 %. U sportovců a studentů tělesné výchovy se nejvíce zapojil břišní sektor. Sportovci využili 42 % břišního sektoru a 41 % podklíčkového. Studenti tělesné výchovy zvládli zapojit břišní sektor ze 47 % a ze 38 % sektor horní hrudní. Nespportovci břišní sektor využili ze 37 % a horní hrudní sektor využili ze 45 %. Mezi sportovci a nespportovci se v rámci horního hrudního sektoru nepotvrdil rozdíl statistické ani věcné významnosti. Věcná významnost u tétož sektoru se s malým efektem prokázala mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,419$ ), rozdíl mezi nimi není statisticky významný. Střední efekt věcné významnosti podklíčkového sektoru se prokázal mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci ( $d = 0,636$ ), statisticky však ne. Rozdíl mezi sportovci a nespportovci se v rámci dolního hrudní sektoru není statisticky významný, prokázala se však věcná významnost se středním efektem ( $d = 0,503$ ). Malý efekt věcné významnosti tohoto sektoru se prokázal mezi skupinami sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,434$ ), rozdíl statistické významnosti se nepotvrdil. Mezi studenty tělesné výchovy a nespportovci se prokázala věcná významnost s velkým efektem ( $d = 1,391$ ) i statistická významnost ( $p = 0,02$ ). U břišního sektoru žádný rozdíl mezi skupinami nebyl statisticky významný. Mezi sportovci a nespportovci se prokázal malý efekt věcné významnosti ( $d = 0,470$ ). Střední efekt se potvrdil mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,683$ ). Velký efekt věcné

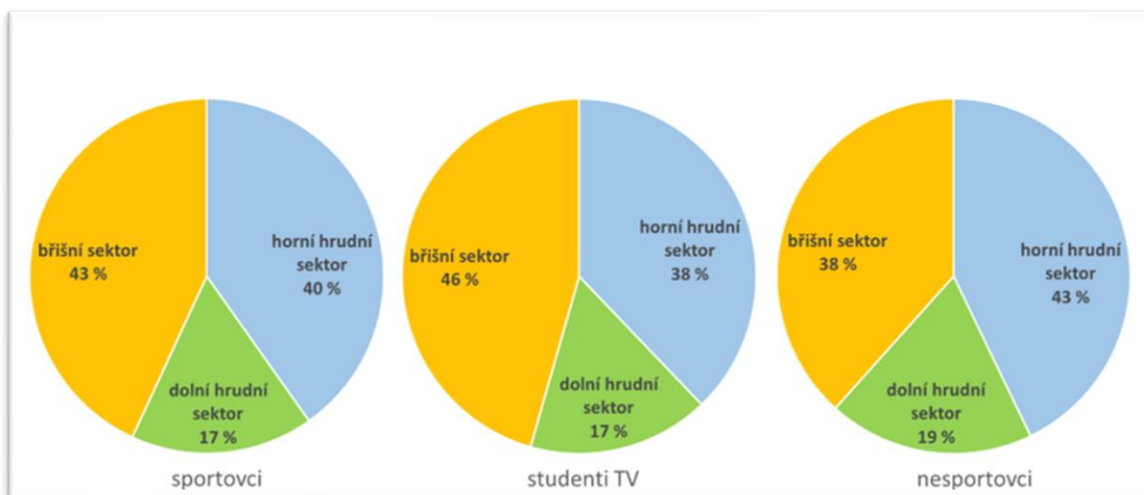
významnosti byl prokázán mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ( $d = 0,999$ ).



**Graf 21**

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 3. minutě Bruceova protokolu*

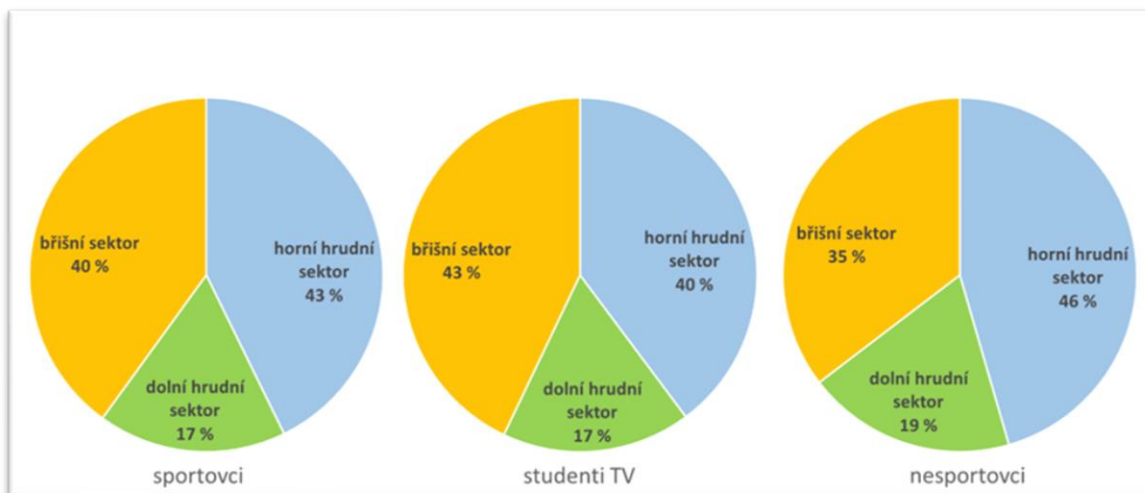
Následující graf číslo 22 se od předchozího hodnotami moc neliší. V šesté minutě Bruceova testu sportovci břišní sektor využili ze 43 %, dolní hrudní sektor pouze ze 17 % a horní hrudní sektor ze 40 %. Studenti tělesné výchovy taky nejvíce zapojili břišní sektor. A to ze 46 %. Z 38 % využili v šesté minutě horní hrudní sektor a ze 17 % dolní hrudní sektor. V rámci nesportovců se jednalo o 43 % podklíčkového, 19 % hrudního a 38 % břišního sektoru. U žádného z dechových sektorů nebyl mezi skupinami prokázán rozdíl statistické významnosti. Mezi sportovci a nesportovci se u horního hrudního sektoru prokázala věcná významnost s malým efektem ( $d = 0,323$ ), střední efekt věcné významnosti se prokázal u dolního hrudního sektoru ( $d = 0,748$ ) i břišního ( $d = 0,632$ ). Mezi skupinou sportovců a studentů tělesné výchovy se nám prokázala věcná významnost s malým efektem pouze u horního hrudního sektoru ( $d = 0,264$ ) a sektoru břišního ( $d = 0,296$ ). Mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci se u každého sektoru prokázala věcná významnost se středním efektem. Jde o podklíčkový sektor ( $d = 0,563$ ), hrudní sektor ( $d = 0,790$ ), břišní sektor ( $d = 0,784$ ).



**Graf 22**

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců v 6. minutě Bruceova protokolu*

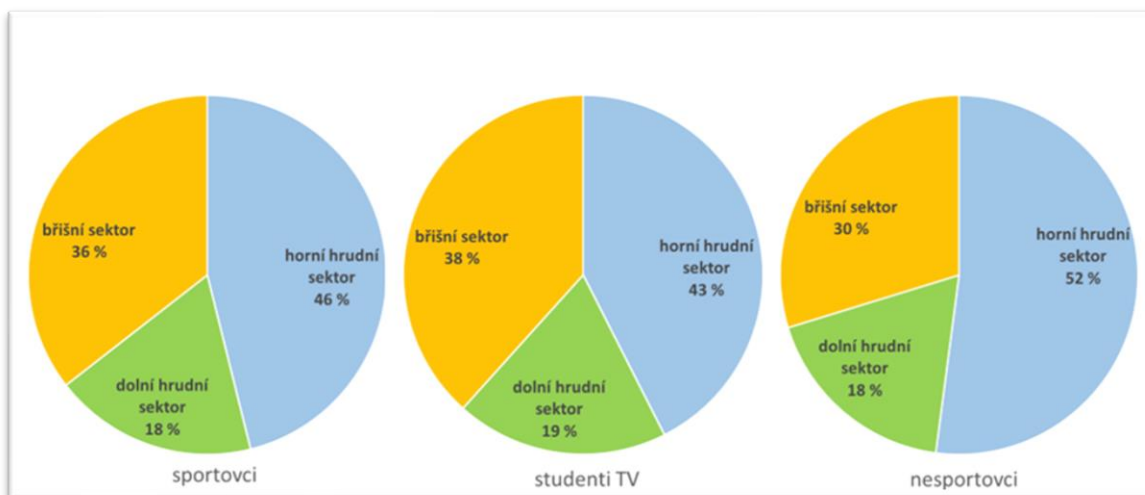
Graf s číslem 23 ukazuje zapojení jednotlivých dechových sektorů mezi skupinami v 9. minutě. U sportovců v deváté minutě převládalo zapojení horního hrudního sektoru. Využili jej ze 43 %. Dolní hrudní sektor pouze ze 17 % a břišní sektor ze 40 %. Studenti tělesné výchovy stále nejvíce zapojili břišní sektor. Procento jeho využití však kleslo na 43 %. V minutě deváté zapojili horní hrudní sektor ze 40 % a dolní hrudní sektor ze 17 %. V rámci nesportovců se jednalo o 46 % podklíčkového, 19 % hrudního a 38 % břišního sektoru. U žádného z dechových sektorů nebyl v deváté minutě mezi skupinami prokázán rozdíl statistické významnosti. Malý efekt věcné významnosti se v rámci horního hrudního sektoru prokázal mezi sportovci a nesportovci ( $d = 0,387$ ) a mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $d = 0,274$ ). U studentů tělesné výchovy a nesportovců se prokázal velký efekt věcné významnosti horního hrudního sektoru ( $d = 0,856$ ). V rámci dolního hrudního sektoru se věcná významnost neprokázala mezi skupinou sportovců a skupinou studentů tělesné výchovy. Mezi sportovci a nesportovci se prokázala věcná významnost se středním efektem ( $d = 0,744$ ), velký efekt se potvrdil mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ( $d = 0,828$ ). Zapojení břišního sektoru mezi skupinou sportovců a nesportovců byl věcně významný se středním efektem ( $d = 0,632$ ). Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy se potvrdil malý efekt věcné významnosti ( $d = 0,466$ ). Velká efekt se prokázal mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci.



**Graf 23**

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců v 9. minutě Bruceova protokolu*

Zapojení jednotlivých dechových sektorů ve 12. minutě si můžeme prohlédnout na grafu číslo 24. Studenti tělesné výchovy ze 43 % využili horní hrudní sektor, ze 38 % břišní sektor a z 19 % dolní hrudní sektor. U sportovců je stav podobný. Horní hrudní sektor využili o tři procenta více než studenti tělesné výchovy. Břišní sektor zapojili z 36 % a dolní hrudní pouze z 18 %. U nesportovců velmi převládá horní hrudní sektor, který využili z více než poloviny. Břišní sektor se průměrně zapojil ze 30 % a dolní hrudní sektor, stejně jako u sportovců, byl využit z 18 %. Rozdíl mezi hodnotou zapojení břišního dechového sektoru ve dvanácté minutě u studentů tělesné výchovy a nesportovců je statisticky ( $p = 0,009$ ) i věcně významný s velkým efektem ( $d = 1,765$ ). Velký efekt věcné významnosti u břišního sektoru se prokázal mezi skupinou sportovců a nesportovců ( $d = 1,285$ ), rozdíl není statisticky významný. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy byl potvrzen pouze střední efekt věcné významnosti ( $d = 0,445$ ). Rozdíl v rámci dolního hrudního sektoru ve dvanácté minutě mezi skupinami není statisticky významný. Avšak věcná významnost s malým efektem se potvrdila mezi skupinou sportovců a studentů tělesné výchovy ( $d = 0,201$ ). U horního hrudního sektoru se v této minutě mezi sportovci a nesportovci prokázala věcná významnost s velkým efektem ( $d = 0,875$ ), rozdíl statistické významnosti nikoliv. Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy se prokázal malý efekt věcné významnosti ( $d = 0,481$ ). Rozdíl mezi sportovci a studenty není statisticky významný. Velký efekt se však prokázal mezi skupinou studentů tělesné výchovy a nesportovců ( $d = 1,438$ ), rozdíl statistické významnosti byl prokázán ( $p = 0,02$ ).

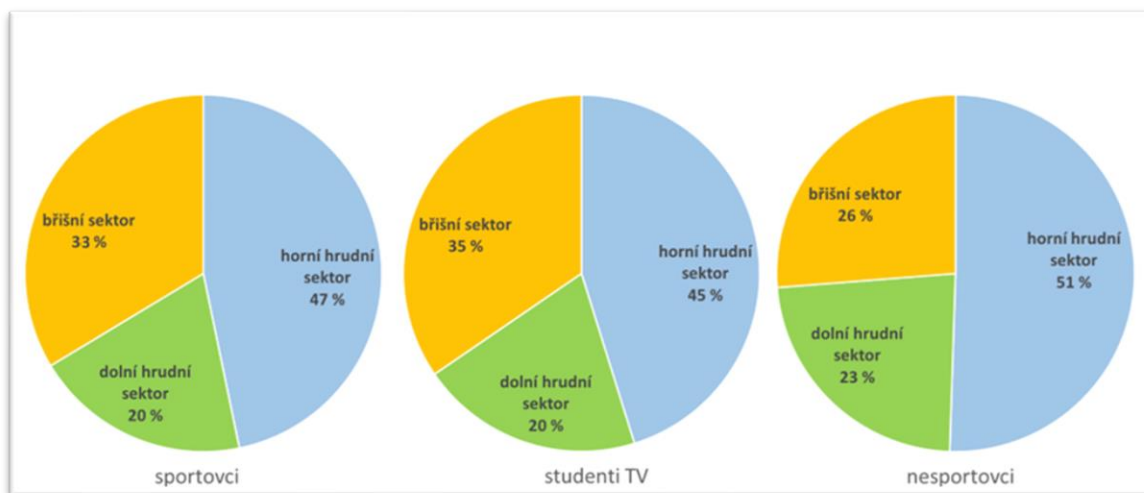


**Graf 24**

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců ve 12. minutě Bruceova protokolu*

Na grafu s číslem 25 vidíme, že i v patnácté minutě má skupina studentů tělesné výchovy v rámci zapojení jednotlivých dechových sektorů blíže ke sportovcům než nesportovcům. Sportovci ze 47 % využili horní hrudní sektor, ze 33 % břišní sektor a z 20 % dolní hrudní sektor. Studenti tělesné výchovy využili podklíčkový sektor ze 45 %, břišní sektor z 35 % a dolní hrudní sektor z 20 %. Nesportovci měli téměř stejné využití břišního a dolního hrudního sektoru. Břišní sektor z 26 %, dolní hrudní sektor z 23 %. Nejvíce však zapojili horní hrudní sektor. A to z 51 %. Rozdíl statistické významnosti v patnácté minutě byl potvrzen pouze mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci u břišního sektoru ( $p = 0,036$ ). Rozdíl mezi hodnotou využití horního dechového sektoru u sportovců a nesportovců v patnácté minutě byl věcně významný se středním efektem ( $d = 0,705$ ). Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy je rozdíl věcně významný s malým efektem ( $d = 0,335$ ). Mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci byla prokázána významnost věcná s velkým efektem ( $d = 1,223$ ). Rozdíl mezi hodnotou využití dolního dechového sektoru u sportovců a nesportovců patnácté minuty byl věcně významný s velkým efektem ( $d = 0,809$ ). Mezi sportovci a studenty tělesné výchovy byl potvrzen věcně významný malý efekt ( $d = 0,207$ ). Mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci se významnost věcná prokázala se středním efektem ( $d = 0,717$ ). U břišního dechového sektoru se prokázala věcná významnost s velkým efektem mezi sportovci a nesportovci ( $d = 1,633$ ) a také mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci ( $d = 2,037$ ). Mezi skupinou sportovců a studentů tělesné výchovy nebyla věcná významnost prokázána.

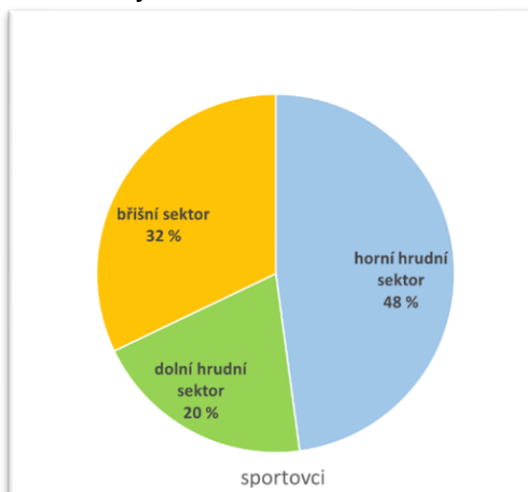




**Graf 25**

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců, studentů tělesné výchovy a nesportovců v 15. minutě Bruceova protokolu*

Graf číslo 26 nám zobrazuje zapojení jednotlivých dechových sektorů pouze u sportovců. Studenti tělesné výchovy a nesportovci již osmnáctou minutu neabsolvovali. Důvodem je již zmiňované dřívější ukončení testu dle subjektivního hodnocení. Sportovci v osmnácté minutě z 48 % zapojili horní hrudní sektor, dolní hrudní sektor využili z 20 % a břišní sektor ze 32 %. Rozdíl věcné ani statistické významnosti nemohl být prokázán, protože skupinu sportovců nebylo možné v osmnácté minutě porovnávat s jinou.



**Graf 26**

*Zapojení jednotlivých dechových sektorů u sportovců v 18. minutě Bruceova protokolu*



## 6 Diskuse

Jak již bylo řečeno, cílem práce bylo porovnat zapojení sektorů dechového stereotypu v klidu a při různých intenzitách zátěže mezi testovanými skupinami (sportovci, studenti tělesné výchovy a nespportovci). Také jsme se věnovali hodnotám minutové ventilace, dechové frekvence, dechového objemu a délky dechového cyklu.

V hypotéze číslo 1 předpokládáme, že hodnoty minutové ventilace v klidu nebudou významně odlišné u skupin sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců. Klidová minutová ventilace by se mezi trénovanými a netrénovanými neměla dle Trojana et al. (2003) příliš lišit. U hodnot minutové ventilace v sedě a ve stoji se rozdíl mezi testovanými skupinami (sportovci a nespportovci, sportovci a studenti tělesné výchovy, studenti tělesné výchovy a nespportovci) není statisticky významný. Hypotéza 1 byla potvrzena.

Se stoupající zátěží v rámci Bruceova testu se zvyšovala i hodnota minutové ventilace. Dle Bernacikové (2012) se při zátěži hodnota minutové ventilace může vyšplhat k hodnotě  $120 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejvyšší hodnoty minutové ventilace dosáhl proband ze skupiny sportovců ( $157,97 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Rozdíl statistické významnosti se prokázal pouze v patnácté minutě mezi sportovci a studenty tělesné výchovy ( $p = 0,05$ ). Mezi těmito skupinami byla potvrzena i věcná významnost ( $d = 1,505$ ). Musíme tedy říci, že hypotéza číslo 2 nebyla potvrzena, protože rozdíly MV nebyly významně odlišné u skupin sportovců, studentů tělesné výchovy a nespportovců.

Budou se lišit hodnoty dechové frekvence a délka dechového cyklu mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nespportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže? V klidu se hodnoty dechové frekvence téměř nelišily. Rozdíl mezi skupinami v klidu nebyl statisticky významný. Zjistili jsme, že vývoj BF během třetí, šesté, deváté a dvanácté minutě byl podobný mezi všemi skupinami. Zásadní rozdíly se objevily až v patnácté minutě. V patnácté minutě sportovci dosáhli průměrné hodnoty  $44,8 \pm 4,4 \text{ dechů}\cdot\text{min}^{-1}$ , nespportovcům se hodnota zvýšila na cifru  $46,9 \pm 4,4 \text{ dechů}\cdot\text{min}^{-1}$ . U studentů tělesné výchovy se naměřila nejvyšší v patnácté minutě  $52,2 \pm 3,7 \text{ dechů}\cdot\text{min}^{-1}$ . Ta však byla překonána sportovci v minutě osmnácté, konkrétně se jednalo o  $55,99 \pm 4,5 \text{ dechů}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rozdíl v patnácté minutě mezi sportovci a studenty tělesné výchovy byl statisticky významný ( $p = 0,03$ ), prokázala se i věcná významnost s velkým efektem ( $d = 1,51$ ). Délka dechového cyklu v klidu byla

u sportovců a nespportovců průměrně stejná. Výjimku tvořila skupina studentů tělesné výchovy, která měla v průměru téměř o vteřinu delší dechový cyklus ( $4,3 \pm 1,3$  s). Při zátěži se délka dechového cyklu studentů tělesné výchovy skoro rovnala s nespportovci. Sportovci měli ve třetí, šesté a deváté minutě výrazně kratší dechový cyklus oproti zbylým skupinám, a to průměrně o 12,6 %. Od dvanácté minuty naopak trval o 2,7 % déle než u nespportovců a studentů tělesné výchovy.

Budou se lišit hodnoty dechového objemu mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nespportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže? Mezi skupinami se hodnoty dechového objemu liší v klidu i v různých intenzitách zátěže. Nespportovci v průměru dosáhli nejnižších hodnot v klidu. V sedě  $0,68 \pm 0,15$  l, ve stoji  $0,61 \pm 0,1$  l. Průměrný dechový objem sportovců v sedě byl  $0,75 \pm 0,21$  l. Hodnota ve stoji klesla na  $0,68 \pm 0,16$  l. U studentů tělesné výchovy se naměřily nejvyšší hodnoty v klidu. V sedě  $0,99 \pm 0,4$  l a ve stoji  $0,8 \pm 0,2$  l. Rozdíly nejsou statisticky významné, věcná významnost se neprokázala ve stoji mezi sportovci a studenty tělesné výchovy. S nastupující zátěží se dechový objem zvyšuje. Dle Havlíčkové et al. (2006) se hodnota dechového objemu v maximálním zatížení trénovaného jedince pohybuje kolem 3–5 litrů, u netrénovaného pak kolem 2–3 litrů. Výsledky našeho výzkumu nás překvapily, protože celou dobu zátěže měli nejnižší hodnoty VT sportovci. Dle Bartůňkové et al. (2013) by hodnoty VT u sportovců měli být výrazně vyšší. Avšak v našem výzkumu se toto nepotvrdilo. Naopak nejvyšší hodnoty při zátěži jsme změřili u nespportovců. Za důvody můžeme uvést malý počet testovaných probandů či lživé výpovědi při vyplňování dotazníku „Godin Leisure-Time Exercise.“ Ve dvanácté minutě nespportovci průměrně dosáhli hodnoty  $2,78 \pm 0,4$  l, v minutě patnácté dokonce  $2,99 \pm 0,2$  l. Rozdíl hodnot VT je statisticky významný jen v šesté minutě mezi skupinou sportovců a nespportovců ( $p = 0,019$ ). Studenti tělesné výchovy se se svými výsledky v pozdější zátěži spíše blížili k nespportovcům.

Budou rozdíly ve využívání jednotlivých dechových sektorů (horní hrudní sektor, dolní hrudní sektor, břišní sektor) mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nespportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže? V sedě všechny skupiny nejvíce zapojili břišní sektor a nejméně dolní hrudní sektor. Sportovci využili břišní sektor ze 48 %, ze 46 % studenti tělesné výchovy a ze 44 % nespportovci. Horní hrudní sektor sportovci zapojili ze 36 %, studenti tělesné výchovy ze 39 % a nespportovci

z 38 %. Dolní hrudní sektor nesportovci zapojili z těchto tří skupin nejvíce, a to z 18 %. Sportovci ze 16 %, studenti tělesné výchovy ze 14 %. Ve stoji byli hodnoty využití dolního hrudního sektoru obdobné. Horní hrudní sektor zapojili ze 45 % nesportovci, ze 41 % sportovci a z 38 % studenti tělesné výchovy. Břišní sektor se také lišil. Studenti tělesné výchovy jej využili ze 47 %, sportovci ze 42 a nesportovci pouze z 37 %. Ve třetí minutě zátěže bylo využití břišního a podklíčkového sektoru u skupin sportovců a nesportovců dost podobné. Odlišili se studenti tělesné výchovy, kteří zapojili břišní sektor ze všech skupin nejvíce (48 %). V průběhu šesté a deváté minuty se v poměru zapojení jednotlivých dechového břišního a podklíčkového sektoru sportovci a studenti tělesné výchovy téměř vyrovnali. Břišní sektor sportovců byl využit ze 40 %, horní hrudní sektor ze 43 % a dolní hrudní z 17 %. U studentů tělesné výchovy pozorujeme využití dolního hrudního sektoru ze 17 %, horního hrudního sektoru ze 40 % a břišního ze 43 %. U nesportovců sledujeme pokles procenta využití břišního sektoru již v šesté minutě až na 35 %. Tento jev sledujeme u sportovců a studentů tělesné výchovy až v minutě dvanácté. Nesportovci ve dvanácté minutě využívají z 52 % horní hrudní sektor a pouze ze 30 % břišní. V patnácté minutě se viditelně zvyšuje zapojení dolního hrudního sektoru u všech skupin. Sportovci a studenti tělesné výchovy jej využívají ze 20 %, nesportovci z 23 %. V osmnácté minutě se u sportovců zvyšuje využití horního hrudního sektoru na úkor sektoru břišního. Zjistili jsme, že zapojení jednotlivých dechových sektorů (horní hrudní sektor, dolní hrudní sektor, břišní sektor) mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nesportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže jsou rozdílné. Bartůňková et al. (2013) ve své literatuře uvádí, že bránice (břišní sektor) je ze 60–70 % zodpovědná za účinné dýchání. Břišní sektor náš výzkumný soubor během třetí, šesté, deváté, dvanácté a patnácté minuty průměrně zapojil ze 38 %. To znamená minimálně o 22 % méně, než považujeme za efektivní. Domníváme se, že příčinou mohlo být vadné držení těla a netrénovanost optimálního dýchání. Kolář et al. (2009) tvrdí, že při zlepšení břišního dýchání, dojde k omezení zapojování horního hrudního sektoru. Toto vede ke správnému fungování dýchacích svalů.

## 7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo, jak už název napovídá, zjištění rozdílů v dechovém vzoru v různých intenzitách zátěže (sed, stoj, chůze až submaximální běh) u osob s různou úrovní kondice (sportovci, studenti tělesné výchovy a nesportovci). Testovaný soubor se skládal z 24 probandů ve věku 18–26 let. Každý proband byl testovaný jen jednou na běhátku a byly zajištěny stejné laboratorní podmínky.

Z výsledků práce jsme zjistili, že hodnoty minutové ventilace v klidu našich výzkumných souborů jsou srovnatelné. Proto potvrzujeme hypotézu 1. Významné rozdíly v hodnotách minutové ventilace během zátěže se neprokázaly. Protože byl prokázán pouze jeden rozdíl statistické a věcné významnosti s velkým efektem mezi sportovci a studenty tělesné výchovy. Hypotéza 2 nebyla potvrzena.

V klidu byla délka dechového cyklu u sportovců a nesportovců podobná, avšak studenti tělesné výchovy měli dechový cyklus delší (pomalejší dechovou frekvenci), pravděpodobně v důsledku soustředění se na správnou dechovou techniku. S nárůstem zátěže sportovci projevovali v první části Bruceova testu mnohem rychlejší dechový cyklus než ostatní skupiny, avšak později se jejich dechový cyklus oproti ostatním zkracoval pomaleji. Tento jev můžeme odůvodnit jejich trénovaností. Na výzkumnou otázku číslo 1 můžeme odpovědět, že se hodnoty dechové frekvence a délka dechového cyklu mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nesportovci v klidu i v jednotlivých intenzitách zátěže lišila.

Odpověď na výzkumnou otázku číslo 2 je ano, hodnoty dechového objemu se v klidu i během zátěže lišily mezi skupinami. Sportovci překvapivě vykazovali nižší hodnoty dechového objemu než studenti tělesné výchovy a nesportovci, přičemž s nárůstem zátěže se u všech skupin hodnoty zvyšovaly.

V rámci výzkumné otázky číslo 3, kde šlo o zapojení jednotlivých dechových sektorů jsme zjistili, že se mezi sportovci, studenty tělesné výchovy a nesportovci v klidu a v jednotlivých intenzitách zátěže liší. Nesportovci měli největší tendenci využívat horní hrudní sektor průměrně o 4,4 % více než ostatní skupiny, zatímco studenti tělesné výchovy a sportovci více upřednostňovali břišní sektor. Věcně významný rozdíl naměřených hodnot v rámci zapojení břišního sektoru byl zjištěn u všech skupin. Samozřejmě se s nastupující únavou kvalita dechu měnila a podíl zapojení jednotlivých sektorů u všech skupin se měnil, v submaximální zátěži převládala

horní hrudní sektor. Statisticky významný rozdíl naměřených hodnot v rámci zapojení dolního hrudního sektoru byl zjištěn jen mezi studenty tělesné výchovy a nesportovci v sedě, ve stoji a ve třetí minutě. V minutě dvanácté se u těchto skupin týkal horního hrudního a břišního sektoru. V patnácté minutě už pouze sektoru břišního. Z grafů můžeme pozorovat, že během zátěže sportovci a studenti tělesné výchovy zapojovali více břišní sektor než nesportující. Průměrně o 7 %. Také si můžeme všimnout, že se stoupající zátěží vzrůstá zapojování horního hrudního sektoru.

Výsledky této práce nelze zobecnit, protože výsledky mohly být ovlivněny mnoha faktory. Například omezeným počtem probandů, jednorázovým měřením či různou výkonnostní úrovní probandů. Ale i přesto naměřená data ukazují, že každá ze skupin (sportovci, studenti tělesné výchovy a nesportovci) zapojují svůj dechový vzor v jiném poměru, a to v klidu i během zátěže. Tato bakalářská práce může být přínosem při výzkumu specifikací rozdílů v dechovém vzoru a může být aplikována pro další výzkum v oblasti fyziologie dýchání a spiroergometrie.

## Referenční seznam literatury

- Badawy, M. M., & Muaidi, Q. I. (2019). Cardio respiratory response: Validation of new modifications of Bruce protocol for exercise testing and training in elite Saudi triathlon and soccer players. *Saudi journal of biological sciences*, 26(1), 105–111.
- Bahenský, P., & Bunc, V. (2018). *Trénink mládeže v bězích na střední a dlouhé tratě*. Karolinum.
- Bahenský, P., Malátová, R., & Bunc, V. (2019). Changed dynamic ventilation parameters as a result of a breathing exercise intervention programme. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(8), 1369–1375.
- Bartůňková, S., Heller, J., Kohlíková, E., Petr, M., Smitka, K., Štefl, M., & Vránová, J. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. UK FTVS.
- Benešová, M., Hamplová, H., Knotová, K., Lefnerová, P., Pfeiferová, E., Sáčková, I., & Satrapová, H. (2013). *Odmaturuj z biologie*. Didaktis.
- Bernaciková, M. (2012). *Fyziologie*. Masarykova univerzita.
- Cala, S. J., Kenyon, C. M., Ferrigno, G., Carnevali, P., Aliverti, A., Pedotti, A., Macklem, P. T., & Rochester, D. F. (1996). Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. *Journal of applied physiology*, 81(6), 2680–2689.
- Čihák, R., & Grim, M. (2013). *Anatomie 2*. Grada.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Olympia.
- Dylevský, I. (2011). *Základy funkční anatomie*. Poznání.
- Ganong, W. F. (1995). *Přehled lékařské fyziologie*. H&H.
- Hanzlová, J., & Hemza, J. (2007). *Základy anatomie soustavy dýchací, srdečně cévní, lymfatického systému, kůže a jejich derivátů III*. Masarykova univerzita.
- Havlíčková, L., Bartůňková, S., Dlouhá, R., Melichna, J., Šrámek, P., & Vránová, J. (2006). *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. Karolinum.
- Heller, J. (2018). *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Karolinum.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. Portál.
- Hruška, M., Novotný, I., Nejtková, J., Váňa, M., Špačková, J., & Jirsa, M. (1995). *Biologie člověka: pro gymnázia*. Fortuna.
- Chaitow, L., Bradley, D., & Gilbert, C. (2014). *Recognizing and Treating Breathing Disorders*. Elsevier Health Sciences.
- Kittnar, O., & Mlček, M. (2009). *Atlas fyziologických regulací*. Grada.
- Kladivo, P. (2013). *Základy statistiky*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén.
- Kolář, P., & Červenková, R. (2018). *Labyrint pohybu*. Vyšehrad.
- Lehnert, M., Kudláček, M., Háp, P., Bělka, J., Neuls, F., Ješina, O., Hůlka, K., Viktorjeník, D., Langer, F., Kratochvíl, J., Rozsypal, & R., Štastný, P. (2014). *Sportovní trénink I*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Malátová, R., Bahenský, P., & Mareš, M. (2016). Dechový stereotyp v tělovýchovné praxi. *Studia Kinanthropologica*, 17(3), 325–332.
- Malátová, R., Bahenský, P., Mareš, M., & Marko, D. (2019). Influence of the intervention program according to Pulmonary Rehabilitation principles on breathing functions of healthy individuals. *Sport and Quality of Life* 7.–9. 11. 2019, 103–111.

- Massaroni, C., Carraro, E., Vianello, A., Miccinilli, S., Morrone, M., Levai, I. K., Schena, E., Saccomandi, P., Sterzi, S., Dickinson, J. W., Winter, S., & Silvestri, S. (2017). Optoelectronic Plethysmography in Clinical Practice and Research: A Review. *Respiration; international review of thoracic diseases*, 93(5), 339–354.
- Nestor, J. (2020). *Breath: The new science of a lost art*. Penguin.
- Parreira, V. F., Vieira, D. S., Myrrha, M. A., Pessoa, I. M., Lage, S. M., & Britto, R. R. (2012). Optoelectronic plethysmography: a review of the literature. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 16, 439-453.
- Pastucha, D., Bartůňková, S., Filipčíková, R., Gallo, J., Havlíček, P., Hyjánek, J., Kalina, R., Konečný, P., Langer, F., Maráček, R., Malinčíková, J., Přidalová, M., Sovová, E., & Šafář, M. (2014). *Tělovýchovné lékařství*. Grada.
- Pedotti, A., & Ferrigno, G. (1995). Optoelectronic-based systems. *Three dimensional analysis of human movement*, 57-77.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Grada.
- Placheta, Z., Siegelová, J., & Štejfka, M. (1999). *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. Grada.
- Romagnoli, I., Lanini, B., Binazzi, B., Bianchi, R., Coli, C., Stendardi, L., Gigliotti, F., & Scano, G. (2008). Optoelectronic Plethysmography has Improved our Knowledge of Respiratory Physiology and Pathophysiology. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 8(12), 7951–7972.
- Sikora, M., Mikołajczyk, R., Łakomy, O., Karpiński, J., Żebrowska, A., Kostorz-Nosal, S., & Jastrzębski, D. (2024). Influence of the breathing pattern on the pulmonary function of endurance-trained athletes. *Scientific reports*, 14(1), 1113.
- Slavíková, J., & Švíglerová J. (2012). *Fyziologie dýchání*. Karolinum.
- Trojan, S., Langmeier, M., Hrachovina, V., Kittnar, O., Koudelová, J., Kuthan, V., Mareš, J., Marešová, D., Mourek, J., Pokorný, J., Sedláček, J., Schreiber, M., Trávníčková, E., & Wunsch, Z. (2003). *Lékařská fyziologie*. Grada.
- Várnay, F., Homolka, P., Mířková, P., & Dobšák, L. (2020). *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně*. Grada.
- Vidotto, L. S., Carvalho, C. R. F., Harvey, A., & Jones, M. (2019). Dysfunctional breathing: what do we know?. *Jornal brasileiro de pneumologia: publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*, 45(1), 1-9.
- Yan, S., Sliwinski, P., & Macklem, P. T. (1996). Association of chest wall motion and tidal volume responses during CO<sub>2</sub> rebreathing. *Journal of Applied Physiology*, 81(4), 1528-1534.
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2012). *Základy sportovního tréninku*. Masarykova univerzita.

## Internetové zdroje

Compek (2021, 20. srpna). *Katalog produktů COMPEK 2021*. [https://www.compek.cz/signys\\_data/eshop/katalogy/Katalog\\_produkту\\_COMPEK\\_2021\\_web.pdf](https://www.compek.cz/signys_data/eshop/katalogy/Katalog_produkту_COMPEK_2021_web.pdf).

InBody (2016, 18. října). *Katalog InBody770*. <https://www.inbody.cz/produkty/20-inbody>.

Lode (2024). *Valiant 2 CPET*. <https://lode-ergometry.com/product/valiant-2-cpet/>.

Polar (2023). *POLAR T31- hrudní pás*. <https://www.polar-eshop.cz/polar-t31-hrudni-pas>.

Šponar, D. (2003, 4. června). *Základy práce s dechem*. <https://docplayer.cz/7933603-Zaklady-prace-s-dechem.html>.

Tragen EU (2024). <https://www.stargen-eu.cz/rehabilitace/sportovni-medicina/3d-analyza-pohybu/>.



## Seznam použitých zkratk

- BF – dechová frekvence  
BMT – délka dechového cyklu  
cm – centimetr  
CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý  
DF – dechová frekvence  
EKG – elektrokardiogram  
EMT – délka výdechu  
EQCO<sub>2</sub> – ventilační ekvivalent oxidu uhličitého  
EQO<sub>2</sub> – ventilační ekvivalent kyslíku  
ERV – expirační rezervní objem  
FRC – funkční reziduální kapacita  
IMT – délka nádechu  
IRV – inspirační rezervní objem  
kg – kilogram  
l – litr  
min – minuta  
ml – mililitr  
MV – minutová ventilace  
O<sub>2</sub> – kyslík  
OEP – optoelektronický pletysmograf  
pH – vodíkový exponent  
RER – poměr respirační výměny  
RV – reziduální objem plic  
s – sekunda  
TLC – totální plicní kapacita  
VC – vitální kapacita plic  
VCO<sub>2</sub> – výdej oxidu uhličitého  
VE – minutová ventilace  
VO<sub>2</sub> – příjem kyslíku  
VO<sub>2max</sub> – maximální využití kyslíku  
VT – dechový objem