

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**PEDAGOGICKÁ FAKULTA**

**KATEDRA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2024**

**Jan Beránek**

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**PEDAGOGICKÁ FAKULTA**  
**KATEDRA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2024 Jan Beránek**





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

**Porovnání respiračních parametrů a  
dechového vzoru u plavců a nesportujících  
prostřednictvím optoelektronického  
pletysmografu**

Vypracoval: Jan Beránek

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

# Comparison of respiratory parameters and breathing pattern in swimmers and non-athletes using an optoelectronic plethysmograph

Author: Jan Beránek

Supervisor: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

České Budějovice, 2024

## **Bibliografická identifikace**

**Název bakalářské práce:** Porovnání respiračních parametrů a dechového vzoru u plavců a nesportujících prostřednictvím optoelektronického pletysmografu.

**Jméno a příjmení autora:** Jan Beránek

**Studijní obor:** Oborové studium se zaměřením na vzdělávání na 2. stupni základní školy.

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

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

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2024

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce je zaměřena na zkoumání a porovnání respiračních parametrů a dechového vzoru u plavců a nesportujících jedinců. Výzkum zahrnoval standardní testování na skupině dobrovolníků, kteří absolvovali zátěžový test. Data byla měřena pomocí optoelektronického pletysmografu v laboratoři na katedře tělesné výchovy Jihočeské Univerzity. Mezi zkoumanými respiračními parametry byly: minutová ventilace, frekvence dýchání, objem dechového cyklu, čas inspiračního průměru, čas expiračního průměru, průměrná délka dechového cyklu a  $VO_2max$ . Zjistili jsme, že existují významné rozdíly u respiračních parametrů mezi plavci a nesportujícími. Dále jsme zjistili, že dechový vzor u plavců a nesportujících vykazuje určité rozdíly, které jsou v práci popsány. Dechový vzor a respirační parametry nejsou důležité pouze pro sportovce, ale také pro běžnou populaci.

**Klíčová slova:** Optoelektronická pletysmografie, dýchání, trénink, testování, nesportující, plavci

## **Bibliographical identification**

**Title of the bachelor's thesis:** Comparison of respiratory parameters and breathing patterns in swimmers and non-athletes using the optoelectronic plethysmograph

**Author's first name and surname:** Jan Beránek

**Field of study:** Specialized study with a focus on education at the 2nd level of primary school.

**Department:** Department of Sports studies

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

**The year of presentation:** 2024

**Abstract:** The bachelor's thesis focuses on examining and comparing respiratory parameters and breathing patterns in swimmers and non-athletes. The research included standard testing on a group of volunteers who underwent a stress test. Data were measured using an optoelectronic plethysmograph in the laboratory at the Department of Physical Education at the University of South Bohemia. The examined respiratory parameters included: minute ventilation, breathing frequency, tidal volume, inspiratory average time, expiratory average time, average cycle length, and VO<sub>2</sub>max. We found significant differences in respiratory parameters between swimmers and non-athletes. Additionally, we discovered that the breathing pattern in swimmers and non-athletes shows certain differences, which are described in the thesis. Breathing pattern and respiratory parameters are important not only for athletes but also for the general population.

**Keywords:** Optoelectronic plethysmography, breathing, training, testing, non-athletes, swimmers

## **Prohlášení**

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

11.04.2024

Jan Beránek v.r.

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce PhDr. Petr Bahenský, Ph.D. za rady, konzultace, podporu, zapůjčení literatury a možnost využití laboratoře KTVS. Dále děkuji všem jedincům, kteří se podíleli na této práci.

## Obsah

1 Úvod .....	6
2 Teoretická východiska .....	7
2.1 Anatomie hrudníku .....	7
2.2 Fyziologie dýchání .....	10
2.3 Dýchací soustava .....	16
2.4 Dýchací systém .....	22
2.5 Plavání .....	26
2.6 Sportovní trénink plavců .....	28
2.7 Optoelektronický pletysmograf .....	30
2.8 Dechový stereotyp a Bruceho test .....	32
3 Cíl, úkoly a hypotézy .....	35
3.1 Cíl práce .....	35
3.2 Úkoly práce .....	35
3.3 Hypotézy .....	35
4 Metodika .....	36
4.1 Charakteristika souboru .....	36
4.2 Design experimentu .....	37
4.3 Statistické zpracování .....	44
5 Výsledky .....	46
5.1 Minutová ventilace (MV) .....	46
5.2 Dechová frekvence (BF) .....	50
5.3 Dechový objem (VT) .....	55
5.4 Čas nádechu (IMT) .....	59
5.5 Výdechový čas (EMT) .....	63
5.6 Délka dechového cyklu (BMT) .....	67
5.7 Využití dechových sektorů .....	71
5.8 $VO_2$ max .....	75
6 Diskuse .....	78
7 Závěr .....	81
Referenční seznam literatury .....	83
Poznámkový aparát .....	86

## 1 Úvod

V této práci vybereme skupinu probandů, kteří podstoupí testování v laboratoři funkční zátěžové diagnostiky na katedře tělesné výchovy Jihočeské univerzity. Jedná se o skupinu deseti závodních plavců a deseti nesportujících jedinců. Skupinu plavců jsem si vybral z důvodu, protože jsem sám aktivně několik let plaval a mohu tak poskytnout zpětnou vazbu o výsledcích této práce ostatním plavcům.

Dýchání je základní fyziologický proces, který je nezbytný pro lidský život. Porozumění rozdílům mezi aktivně sportujícími jedinci, konkrétně plavci, kteří se věnují tréninku několik hodin týdně a nesportujícími jednotlivci, kteří aktivně neprovozují žádný sport, je klíčové pro pochopení vlivu sportu, či fyzické aktivity na respirační zdraví. Dýchání je součástí života a jako lidé dýcháme automaticky. Většina populace ovšem nedýchá správně. Najít úspornou a správnou formu dýchání je důležité nejen při fyzické aktivitě ale i v běžném životě. Bakalářská práce se zabývá touto oblastí výzkumu a zaměřuje se na srovnávací analýzu respiračních parametrů a dechových vzorů mezi plavci a nesportujícími.

Optoelektronický pletysmograf je neinvazní přístroj, který umožňuje měření a následnou analýzu respiračních parametrů. Tato technologie nám umožňuje pozorovat detaily dýchání, včetně poměru mezi hrudním, bráničním a podklíčkovým dýcháním. Hlavní výhodou je monitorování dechových parametrů v reálném čase.



## 2 Teoretická východiska

### 2.1 Anatomie hrudníku

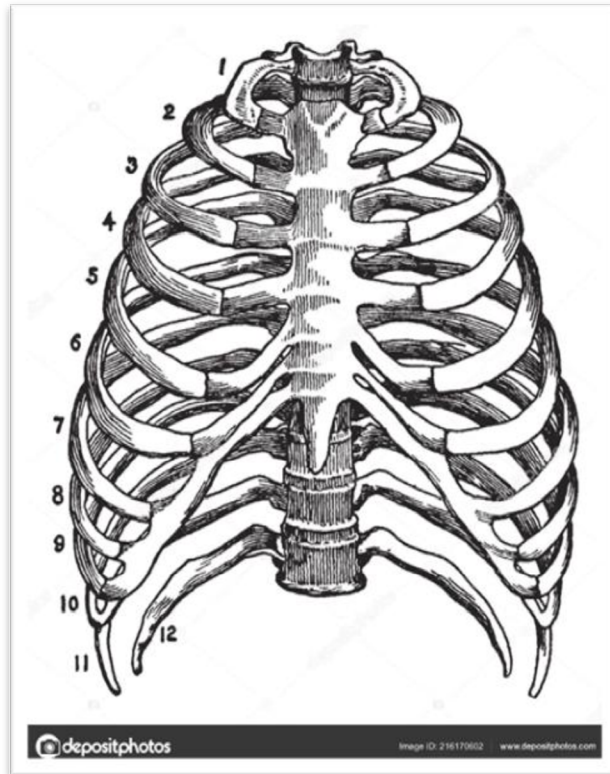
Kostěný hrudník, *thorax* vytvářejí tyto kosti: dvanáct hrudních obratlů, dvanáct párů žeber kloubně připojených k hrudním obratlům a kost hrudní (Čihák, 2001).

Hrudník má plochý tvar z přední a zadní strany a je oblý na bocích, přičemž páteř vystupuje dovnitř hrudníku. V dutině hrudní se nachází na každé straně podélná prohlubeň nazývaná *sulcus pulmonalis* vedle vystupující páteře. Tento plochý tvar, boční oblouky hrudníku a vystupující páteř vznikají až po narození kvůli postavení těla ve vzpřímené pozici, kdy se dítě učí stát a chodit (Čihák, 2001).

Hrudník můžeme sice detailně popsat pomocí jednotlivých anatomických prvků, jako jsou kostní struktury, pojivové tkáně, svalové části a kloubní spojení, ale z perspektivy kineziologie představuje místo spojení strukturálních a funkčních aspektů všech částí lidského těla. Jinými slovy, jedná se o složitou oblast, kterou je třeba chápat jako celistvý systém. Pro pochopení celkové funkce trupu je nezbytné mít znalost všech anatomických prvků, které tvoří tuto část těla. Pro pohyb v trupu hrají roli svaly na zadní straně, břišní svaly, svaly pánevního dna a také svaly dolních končetin a dýchací svaly. I když obvykle připisujeme respiračním svalům pouze funkci spojenou s dýcháním, z kineziologického hlediska mají vliv na mnoho struktur. Takzvané respirační pohyby nejenže umožňují výměnu životně důležitých plynů v plicích, ale také ovlivňují a nastavují posturální držení (Véle, 2006).

## Obrázek 1

### Schéma hrudníku



(zdroj: <https://depositphotos.com/cz/vector/illustration-represents-skeleton-thorax-vintage-line-drawing-engraving-illustration-216170602.html>)

### Kost hrudní

Kost hrudní, známá také jako *sternum*, je plochá kost umístěná na přední straně hrudníku. Spojuje se s klíčními kostmi a prvními sedmi páry žeber. *Sternum* se skládá ze tří hlavních částí: *manubrium sterni*, který je širší a nachází se blíže k hlavě, *corpus sterni*, které navazuje na *manubrium* a je střední částí kosti, a *processus xiphoideus*, který je mečovitý výběžek směřující dolů z *corpus sterni*. *Sternum* je hmatně přítomné po celé své délce (Čihák, 2001).

### Hrudní obratle

Obratle hrudní páteře, označované jako Th1—Th12 nebo T1—T12, mají velkou podobnost s typickým tvarem obratlů. Těla hrudních obratlů mají značnou výšku a jsou hluboce umístěná předozadně, s postupným zvyšováním výšky od Th1 směrem dolů. Mezi Th4 a Th7—Th9 jsou těla obvykle mírně asymetrická, s plochým otiskem aorty na levé straně z pohledu zepředu. Těla prvních dvou hrudních obratlů mají tvar podobný

obratlům krční páteře, zatímco těla posledních dvou obratlů se více podobají tvaru obratlů bederní páteře (Čihák, 2001).

### **Svaly hrudníku**

Svaly hrudníku obsahují v povrchových vrstvách svaly původem končetinové, upnuté na pletenec nebo *humerus*, které druhotně rozšířily své začátky na hrudník – svaly *thorakohumerální*. Mezi ty patří: *m. pectoralis major* na povrchu, *m. pectoralis minor* a *m. subclavius*, oba pod *m. pectoralis major*, a *m. serratus anterior*, na boční straně hrudníku. Pod *thorakohumerálními* svaly jsou teprve vlastní svaly hrudníku – autochthonní hrudní svaly; jsou to: *mm. Intercostales externi, interni et intimi*, dále *mm. Subcostales*, na vnitřní ploše kaudálních žebel, a *m. transversus thoracis*, na vnitřní straně sternu. K hrudním svalům se podle polohy počítá také bránice, *diaphragma* (Čihák, 2001).

Svaly zapojené do dýchání nevykonávají pouze dýchací funkci, jako část pohybového systému také plní další úkoly. Účastní se pohybů, jako jsou ty v ramenním pletenci a páteři, a zastávají posturální roli, například při podpůrné funkci bránice. Stejně důležitá je i jejich stabilizační složka, kterou představují například svaly *scalení*, jež přispívají k udržení stability krční páteře. Je klíčové si uvědomit vzájemné propojení dýchacího a pohybového systému, zejména vzhledem k různorodým funkcím dýchacích svalů. Z tohoto důvodu lze dýchací svaly, podobně jako ostatní příčně pruhované svaly, ovlivnit pomocí různých fyzioterapeutických postupů, jako je dechová rehabilitace, propioceptivní nervosvalová facilitace nebo Vojtova metoda reflexní lokomoce (Neumannová & Zatloukal, 2011).

### **Bránice**

Bránice je hlavní příčně pruhovaný inspirační sval. Jedná se o hlavní dýchací sval. Narozdíl od jiných příčně pruhovaných svalů se odlišuje svou celoživotní rytmickou aktivitou. Při klidném dýchání zajišťuje až kolem 60 procent vitální kapacity. Bránice společně s ostatními svaly hlubokého stabilizačního systému se u člověka podílí na vzpřímeném držení těla, což znamená, že bránice má také významnou posturální funkci. Funkce bránice se podílí na tvorbě nitrobřišního tlaku. Nitrobřišní tlak poskytuje oporu páteři. Bránice také spolupracuje s břišními svaly. Pokud by při nádechu nebyly zapojeny břišní svaly, byl by nádech méně efektivní (Ryšánková, 2009).

Funkce bránice se při dýchání přirovnává k pohybu pístu. Píst se volně pohybuje v dutině válce, ale bránice je pevně připojena ke stěnám dutiny a nepracuje jako píst ale jako membránové čerpadlo. Tahem za úpony na žebrech a tlakem na útroby ovlivňuje uspořádání hrudníku (Véle, 2006).

## 2.2 Fyziologie dýchání

### 2.2.1 Dýchací pohyby

Dýchací pohyby se opakují rytmicky ve dvou fázích, a to konkrétně *inspirationem* neboli nádech a *expirationem* neboli výdech. Krátká a přechodná období mezi *inspirationem* a *expirationem* se nazývají *preinspirationem* a *preexpirationem*. *Preinspirationem* je krátká přestávka na konci výdechu před nádechem. Tato přestávka trvá přibližně 250 ms. Během *preinspirationem* přetrvává inhibiční vliv na svalovou aktivitu posturálně-lokomočního systému. Tento účinek můžeme zvýšit zádrží dechu neboli apnoí před nádechem. Inhibiční efekt lze aplikovat například při potřebě uvolnění svalového napětí nebo při docílení relaxace. *Preexpirationem* je naopak krátká přestávka po skončení nádechu před výdechem. Tato pauza trvá přibližně 50–100 ms (Véle, 2006).

Nádech začíná v břišním sektoru. Bránice aktivně snižuje klenbu, nitrobřišní tlak stoupá a břišní stěna se mírně vychyluje. Dochází ke zvětšení horní dutiny, ve které klesá tlak a dochází tak k proudění vzduchu do plic. Vzhledem k tomu, že v dutině břišní vzrůstá tlak, tak se zpomaluje pohyb bránice směrem dolů. Dále se aktivita dostává do oblasti dolního hrudníku, který se rozvíjí rozevíráním spodních žeber do stran. Nakonec se aktivita rozšiřuje i do horního dýchacího sektoru, kde se zvedají horní žebra a hrudník se rozšiřuje směrem vzhůru do stran. Pokud nastane nedostatek vzduchu, který je spojený s rostoucím nárokem na ventilaci plic, tak se aktivují pomocné inspirační svaly, které navýší objem hrudní dutiny a tím pádem bude do hrudní dutiny proudit více vzduchu (Véle, 2006).

Výdech také probíhá od dolního sektoru. Nejdříve bránicí do horního sektoru. Ve svalech klesá tenze, prostor hrudníku se zmenšuje, bránice se vyklenuje a vzduch proudí ven z plic. Nádech i výdech probíhají plynule. Frekvence i intenzita dýchacích pohybů je závislá na potřebách krevního zásobení. Tyto potřeby zajišťuje cirkulační aparát, který je řízen rytmem srdeční činnosti a je závislý na energetických nárocích organismu (Véle, 2006).

Při fyzické aktivitě dochází k optimalizaci mechanismu dýchání. Správné dýchání vyžaduje neustálou vědomou kontrolu a pozornost. Různé sporty mají specifické vzorce dýchání, jako je například plavání, kde se ovlivňuje specifickými požadavky vodního prostředí, a správná technika dýchání hraje klíčovou roli při učení jednotlivých plaveckých stylů. Potápění s přístrojem také vyžaduje precizní trénink dýchání; i když potápeč může dýchat s relativní lehkostí díky vyváženému tlaku vody a protitlaku z přístroje, mohou se objevit komplikace, zejména při stresových situacích nebo při vynořování se zadržením dechu. Dýchání během posilování a vzpěračského tréninku má své vlastní specifika, což výrazně odlišuje od běžného dýchání. Obecně platí, že při zvedání závaží sportovec vydechuje, zatímco při brzdění se nadechuje. Tento specifický typ dýchání není triviální a vyžaduje trpělivé učení během tréninku (Malátová et al., 2017).

### **Dechová vlna**

Správná dechová vlna se pohybuje od dolní části nahoru. Začíná jak při nádechu, tak při výdechu v břišní dutině a postupně pokračuje směrem do dolní hrudní a poté do horní hrudní oblasti. Dýchání by mělo být klidné, rytmické a hluboké, bez násilné kontroly a nemělo by být slyšet. Nádech a výdech by do sebe měly přecházet plynule. Nesprávný dechový vzorec často souvisí s jiným onemocněním nebo s chybným držetím těla (Malátová et al., 2017).

Při klidném dýchání, kdy se jedna dechová vlna provádí, by mělo břišní dýchání představovat 60 %, hrudní neboli žeberní dýchání 30 % a podklíčkové 10 %. Při břišním dýchání se zejména zapojuje bránice a pomáhá v efektivní výměně dýchacích plynů v dolní části plic. Muži mají větší podíl břišního dýchání než ženy. U žen se během těhotenství podíl břišního dýchání snižuje a postupně může být zcela nevyužíván. Břišní dýchání je nezbytné pro návrat žilní krve z dolních končetin a pro správné fungování pohlavní a trávicí soustavy. Do hrudního dýchání jsou zapojeny zejména svaly mezižební, které při nádechu zvedají a rozpínají hrudník do stran. Při intenzivnějším dýchání pracují mezižební svaly i při výdechu; v klidovém dýchání je výdech pasivní a zajišťuje se elasticitou hrudníku. Při podklíčkovém dýchání se používají mezižební svaly podobně jako při hrudním dýchání, ale navíc se aktivují i šikmé svaly krku. Svaly krku jsou u neškolených a zdravých jedinců používány pouze při akutních dechových potížích, jako jsou například astmatické záchvaty nebo dušení. Tímto způsobem dýchání

dochází k výměně vzduchu v horní části plic, v oblasti nazývané plicní hrot (Malátová et al., 2017).

### **2.2.2 Význam a funkce dýchacího ústrojí**

Funkcí celé dýchací je výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi atmosférickým vzduchem a buňkami našeho organismu. Pro klidový metabolismus například. 7200 kJ/den (tj. 5 kJ/min) je potřeba tkáním dodat cca 250 ml O<sub>2</sub> a odvést 200 ml CO<sub>2</sub> každou minutu. Vnitřní dýchání má za úkol uvolňovat energii. Uvolňovat energii však lze i bez kyslíku (anaerobně). Anaerobní metabolismus je daleko jednodušší a není tolik náročný, jako aerobní. Můžeme také říci, že dýcháme proto, že aerobní metabolismus má snazší eliminaci produktů metabolismu a také má lepší energetickou účinnost (Kittnar et al., 2020).

Dýchací cesty plní více rolí než jen přepravu vzduchu z vnějšku do alveolů. Tyto cesty zvlhčují a regulují teplotu vdechnutého vzduchu, takže ať je vzduch horký nebo velmi studený, když dosáhne alveolů, má téměř tělesnou teplotu. Bronchiální sekret obsahuje specifické imunoglobuliny (IgA) a další látky, které pomáhají chránit před infekcemi a udržovat integritu sliznice. Důležitou součástí obranných mechanismů plic jsou plicní alveolární makrofágy (PAM), někdy označované jako "prachové buňky". Tyto makrofágy se původně tvoří v kostní dřeni a aktivně pohlcují a stráví vdechnuté bakterie a malé částice. Navíc pomáhají připravit imunitní systém na potenciální antigenní útoky z vdechnutých látek (Ganong, 1995).

### **2.2.3 Dýchací plyny**

Dýchacími plyny jsou O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>. V lidském organismu se nachází všude a musí být neustále transportovány, aby nenastal významný metabolický rozvrat.

Kyslík je zásadní pro uvolňování energie. Jeho množství v organismu stačí na pokrytí potřeb pouze v řádu minut. V plicích je 450 ml O<sub>2</sub>, v krvi 750–850 ml O<sub>2</sub> a v tkáních cca 250 ml. Dohromady je tedy v průměru v celém organismu 1500 ml O<sub>2</sub>.

Oxid uhličitý je produktem metabolismu a je organismem velmi dobře odstranitelný. Oxid uhličitý je dobře rozpustný ve vodě, dobře difuzibilní a osmoticky neaktivní. Vzhledem k těmto okolnostem může být téměř okamžitě eliminován vydechnutím (Kittnar et al., 2020). Příjem kyslíku VO<sub>2</sub> je charakterizováno, jako množství O<sub>2</sub> extrahovaného z vdechnutého vzduchu za určitou časovou jednotku. Výdej oxidu uhličitého (VCO<sub>2</sub>) je charakterizováno, jako množství oxidu uhličitého vydechnutého

z plic do zevního vzduchu za časovou jednotku. Výdej oxidu uhličitého je ukazatelem velikosti tvorby CO<sub>2</sub>, které vzniklo metabolicky v tkáních během fyzické zátěže, ale je zde i mnoho jiných faktorů. Množství produkovaného CO<sub>2</sub> je závislé na typu a počtu zapojených svalových vláken při fyzické aktivitě, na míře zapojení aerobního a anaerobního způsobu získávání energie a na použitých zdrojích energie (Várnay et al., 2020).

Výměna plynů během normální aktivity je koordinována inspiračními a expiračními procesy, které zahrnují synchronizovaný pohyb horní a dolní části hrudníku, břicha a bránice. V klidovém stavu je dýchání regulováno rozšířením dolní části hrudníku a anteroposteriorním pohybem hrudních kostí, který je usnadněn bránicí a mezižeberními svaly, které představují ~2–5 % celkového kyslíkového spotřeby těla v klidu. Během intenzivní práce svalů může energetická poptávka dýchacího systému několikanásobně vzrůst (Bahenský et al., 2021).

#### **2.2.4 Plicní objemy a kapacity**

Statické objemy plic se měří přístrojem, který se nazývá spirometr. Samotná metoda měření se poté nazývá spirometrie. Během klidného dýchání vdechneme a vydechneme přibližně 500 ml vzduchu. Tento objem vzduchu se také jinak nazývá dechový objem. Objem, který jsme schopni během maximálního možného úsilí vdechnout na konci klidného vdechu, se nazývá inspirační rezervní objem. Jedná se o přibližně 3000 ml. Podobně také objem, který jsme schopni vydechnout opět při maximálním úsilí na konci klidného výdechu, se nazývá expirační rezervní objem, který je přibližně 1200 ml. Objem vzduchu, který i po maximálním výdechu zůstává v plicích a nelze ho spirometricky změřit se nazývá reziduální objem. Jeho hodnota je přibližně 1200 ml (Kittnar et al., 2020).

Při každém vdechu vnikne do plic určité množství vzduchu. Stejně tak i při výdechu se vypudí určité množství vzduchu. Tento jev nazýváme dechový objem. Inspiratorní rezervní objem je dodatečné množství vzduchu, které můžete vdechnout po normálním vdechu, když se snažíte nadechnout maximálním úsilím (Ganong, 1995).

Plicní kapacity zahrnují několik plicních objemů. Inspirační kapacita je tvořena jako součet dechového objemu a inspiračního rezervního objemu. Objem vzduchu, který jsme schopni vydechnout maximálním úsilím po maximálním předchozím nádechu, se nazývá vitální kapacita. Vitální kapacita je součet inspiračního rezervního

objemu, dechového objemu a expiračního rezervního objemu. Všechny plicní objemy pak celkově utvářejí celkovou plicní kapacitu. Ve fyziologii dýchání se setkáváme s pojmem mrtvý prostor. Jedná se o objem vzduchu v dýchacím ústrojí, který se neúčastní výměny dýchacích plynů (Kittnar et al., 2020).

### **2.2.5 Funkční morfologie dýchacího ústrojí**

Dýchací cesty představují distribuční síť. Celkový objem dýchacích cest je přibližně 150 ml a z pohledu respirace představují anatomický mrtvý bod, jelikož výměna mezi vzduchem a krví je zde zanedbatelná. Můžeme rozlišovat mezi horními dýchacími cestami od úst/nosu po hlasové vazy a dolními dýchacími cestami: *trachea*, *bronchy* a *bronchioly*. Mezi hlavní funkce dýchacích cest lze zařadit, distribuci vzduchu do celé respirační zóny, regulaci odporu dýchacích cest v závislosti na velikosti ventilace anebo například také imunitní funkce. Nachází se zde Waldayerův mízní okruh a perybronchiální uzliny. Dýchací cesty pokrývá řasinkový cylindrický a kubický epitel s micinózními buňkami. Hlen má za úkol zachycovat vdechnuté částice malého vzrůstu a rytmickým pohybem řasinek orálním směrem je dostat z dýchacích cest ven (Kittnar et al., 2020).

### **2.2.6 Základní mechanismy respirace**

Mezi základní mechanismy respirace řadíme ventilaci, difuzi, perfuzi, poměr mezi ventilací a perfuzí a transport dýchacích plynů krví.

Ventilace: je proces, při kterém dochází k výměně vzduchu mezi dýchacím ústrojím a zevním prostředím (Kittnar et al., 2020). Pojem minutová ventilace označuje objem vzduchu, který projde plicemi za jednu minutu. Minutová ventilace = dechový objem x dechová frekvence. Během svalové práce dochází ke zvýšení příjmu kyslíku a zároveň také k produkci oxidu uhličitého. Zajištění výměny plynů je prováděno současným zvýšením plicní ventilace a průtoku krve v plicním oběhu a v pracujících svalech (Várnay et al., 2020).

Difuze: Výměna dýchacích plynů mezi alveolami a krví probíhá pomocí prosté difuze. Rychlost difuze závisí také na velikosti difúzní plochy a na prostupnosti difúzní bariéry pro daný dýchací plyn (Kittnar et al., 2020).

Perfuze: Můžeme pozorovat, že bez průtoku krve by výměna dýchacích plynů nebyla možná. Normální perfuze plic je totožná jako minutový srdeční výdej, tedy v klidu 5-6 l/min (Kittnar et al., 2020).



Transport dýchacích plynů krví: Pro transport dostatečného množství dýchacích plynů jsou nutné červené krvinky neboli erytrocyty. Erytrocyty obsahují hemoglobin, který zvyšuje transportní kapacitu pro kyslík na 200 ml/l (Kittnar et al., 2020).

### **2.2.7 Mechanika dýchání**

U výměny vzduchu mezi alveolami a zevním prostředím je podstatný tlakový gradient mezi oběma prostory. U vdechu musí být tlak v alveolách nižší než atmosférický tlak v okolním prostředí. Naopak při výdechu musí být tlak v alveolách větší než atmosférický tlak v okolním prostředí. O tlakový gradient se starají, jak dýchací svaly, tak i elasticita hrudníku a plic. Mezi plícemi a hrudní stěnou se nachází velmi úzký prostor, ve kterém se nachází malé množství tekutiny. Za pomoci této tekutiny plíce mohou snadno klouzat po hrudní stěně, ale nedají se od ní snadno oddělit. Za normálních okolností mají plíce tendenci zmenšovat svůj objem, za tento jev může jejich elasticita. Naproti tomu hrudní stěna pomocí své elasticity má tendenci se roztáhnout a zvětšit tím objem hrudníku (Kittnar et al., 2020).

Hrudník je anatomicky uzpůsoben tak, aby umožňoval účinnou funkci dýchání. Toho dosahuje díky zakřiveným žebrům, pohyblivým spojením žeber s obratli, specifické stavbě a rozmístěním dýchacích svalů a upraveným prostorům kolem plic, což umožňuje zvětšování a zmenšování průměru hrudníku, doprovázenému rozpínáním a stahováním plic. Během nádechu se rozměry hrudníku zvětšují, což umožňuje, aby do plic proudil vzduch. *Inspirium* je aktivní proces, který závisí na činnosti inspiračních svalů. Těmito svaly jsou svaly, které kontrahují a zvyšují objem hrudníku. Patří sem bránice, zevní mezižeberní svaly, prsní svaly a některé svaly v krku a na zádech. Nejdůležitějším svalovým účastníkem nádechu je bránice. Bránice (*m. diaphragma*) je zakřivený sval, který odděluje hrudní a břišní dutinu. Začíná na páteři a upíná se na žebra. Jeho kontrakce způsobuje, že se žebra stahují a klenba bránice se posunuje kaudálním směrem. Tím se zvětšuje objem hrudní dutiny, což umožňuje vzduchu proudit do plic. Bránice lze přirovnat k pístu mezi hrudní a břišní dutinou, který zajišťuje až 80 % ventilace plic. Plíce nejsou pevně spojeny s hrudní stěnou, což znamená, že zvýšení objemu hrudníku způsobené kontrakcí inspiračních svalů samotné by nestačilo k natažení plic a k vdechnutí vzduchu (Dylevský, 2011).

Výdech, který můžeme nazvat *expirium*, je pasivním procesem. Při výdechu je klíčová pružnost plic a také hrudní stěny. Hmotnost hrudníku hraje roli, zejména

při silném výdechu. Expirační svaly zahrnují břišní a vnitřní mezižební svaly, ale ty jsou významné až při intenzivním výdechu a výdechu s větším úsilím. U zdravé osoby při běžném dýchání hraje hlavní roli bránice, svaly mezižební a také závisí na pružnosti hrudní stěny a plic. Další svalové skupiny, jako jsou svaly na zádech, svaly v krku a v pažním pletenci, které jsou připojeny k hrudníku, se zapojují při hlubokém dýchání, kdy je třeba více námahy. Tyto svaly jsou označovány jako pomocné dýchací svaly (Dylevský, 2011).

Dech je aktivní proces, kde se objem hrudníku zvětšuje díky kontrakci svalů pro vdech. Intrapleurální tlak na bázi plic, který na začátku vdechu klesne na -2,5 torr vzhledem k atmosférickému tlaku, se při klidovém vdechu sníží až na -6 torr. To vede k roztažení plic do rozšířené polohy, protože vzduch proudí do plic, když tlak v dýchacích cestách mírně klesne a je tedy negativní. Po dokončení vdechu pružnost plic vrací hrudní stěnu zpět do výdechové polohy, kde je pružnost plic a hrudníku v rovnováze. Během výdechu se tlak v dýchacích cestách zvýší, stane se mírně pozitivním a vzduch proudí ven z plic. Během klidného dýchání je výdech pasivní, což znamená, že žádné svaly, které by zmenšily objem hrudníku, nejsou aktivní. Nicméně v rané fázi výdechu jsou stimulovány svaly, které se obvykle používají pro nádech. Tyto svaly brzdí smršťivé síly, a tak zpomalují výdech. Při náročném vdechu se intrapleurální tlak může snížit až na -30 torr, což vede k ještě většímu rozepnutí plic.

Plyny v plicích se vyměňují díky pravidelnému střídání zvětšování (vdechu) a zmenšování (výdechu) objemu hrudní dutiny. Vdech může probíhat různými směry. Hrudník lze rozšiřovat horizontálně, směrem vpřed a také vertikálně. Rozšiřování hrudníku směrem vpřed a vzad zahrnuje pohyb horních žeber až k sedmé žebro, zatímco pohyb dolních žeber a bránice umožňuje rozšíření hrudníku horizontálně a vertikálně. Konkrétní směr a rozsah rozšíření hrudníku závisí na individuálním typu hrudníku, činnosti svalů a aktuální poloze těla. (Fleischmann & Linc, 1964)

### **2.3 Dýchací soustava**

Podmínkou látkové výměny v organismu je stálý přívod kyslíku. Během chemických pochodů ve tkáních vzniká oxid uhličitý a voda, které je zapotřebí z organismu odstranit. K výměně a přenosu kyslíku a oxidu uhličitého slouží krev. Z pohledu funkčního hlediska je dýchání složeno ze tří na sebe vzájemně navazujících

dějů: zevní dýchání, rozvod dýchacích plynů, a vnitřní dýchání. Zevní dýchání nebo také ventilace je první fáze dechového cyklu. V této fázi dochází k výměně plynů mezi atmosférou a krví. Tato výměna probíhá převážně v plicích. Ventilace je umožněna pohybem hrudníku, při nasátí vzduchu nadechnutí a u vydechnutí. Podle funkce můžeme rozdělit dýchací systém na dva oddíly. Prvním je dýchací trubice, která přivádí vzduch z dutiny nosní a ústní do plic, resp. do větších průdušek. Druhým jsou dýchací odstavce plic, kde se přes stěnu sklípku vyměňuje plyn mezi vnitřním prostorem plicních sklípků a krví. Ventilace je provozována činností dýchacích svalů, pružností hrudníku a plic. Dýchací centrum je část centrálního nervového systému a stará se o řízení a kontrolu dýchacích pohybů. Transport dýchacích plynů kyslíku a oxidu uhličitého mezi povrchem plic a buňkami tkání má na starosti krev. Transport plynů je oboustranný. Směrem do tkání je transportován především kyslík a z tkání je odváděn oxid uhličitý a voda. Transport dýchacích plynů je závislý na několika faktorech, mezi které patří: správná funkce horních a dolních dýchacích cest, složení vdechovaného vzduchu, složení krve i na funkci oběhového aparátu tzn. na funkci srdce a cév. Dýchací systém, oběhový systém a krev tvoří jeden funkční celek. Pokud se jeden systém poškodí, tak to bude mít odezvu na systémy ostatní. Vnitřní (tkáňové) dýchání zajišťuje výměnu plynů mezi krví a tkáňovými buňkami a také okysličovací pochody uvnitř buněk (Dylevský, 2013).

### **2.3.1 Horní cesty dýchací**

Stavbu dýchacího ústrojí tvoří horní cesty dýchací, dolní cesty dýchací a plíce. Horní cesty dýchací se skládají z dutiny nosní a hltanu. Horní cesty dýchací mají počátek v nosu. Uvnitř nosu se nachází dutina nosní, která je přepážkou rozdělena na dvě části. V přední části v oblasti nosních dírek je přepážka chrupavčitá a zadní části přepážky tvoří kost radličná a svislá ploténka kosti čichové. Nosní dutina je vystlána sliznicí. V horním průchodu sliznice obsahuje smyslové čichové buňky. Střední a dolní průchod jsou dýchací oddíly. Sliznice je pokryta řasinkovým epitelem, který má za úkol odvádět z těla hlen. Při vdechnutí se vdechovaný vzduch v nose ohřívá, zvlhčuje a zbavuje se nečistot. S dutinou nosní jsou spojeny také vedlejší dutiny nosní. Vedlejší dutiny nosní jsou pokryté tenkou sliznicí a vyplněny vzduchem. Dutina nosní dále přechází zadními nosními otvory do dutiny hltanové. Z dutiny hltanové pokračuje vdechovaný vzduch do hltanu. Hltan se skládá ze tří částí. Nosohltan, který je v horní části hltanu, ústní část, která je ve střední části a hrtanová část v části dolní. Nosohltan je s dutinou ústní spojen

zadními nosními otvory. Po stranách vedou do nosohltanu sluchové trubice, které vycházejí ze středního ucha. Stejně jako dutina ústní je i hltan vyplněn sliznicí. Nosohltan se od ústní části hltanu odděluje patrohltanovým závěrem. Patrohltanový závěr je tvořen měkkým patrem. Patro je při dýchání volně svěšeno směrem dolů, avšak při polykání a mluvení je zdviženo směrem vzhůru (Machová, 2016).

Dýchání nosem je nezbytné pro celkové fyzické a psychické zdraví. Dýchání ústy je fyziologické při vyšší ventilaci, ovšem v klidném stavu je nepřírozené. Základem správného dýchání je volný průchod nosu a úst. Pakliže je nosohltan neprostupný, hrozí nám tzv. mělké dýchání. Mělké dýchání má špatný vliv na vývoj hrudníku. Svalstvo hrudníku může ochabovat a tvar hrudníku se může zplošťovat (Machová, 2016).

### **2.3.2 Dolní cesty dýchací**

Dolní cesty dýchací jsou tvořeny hrtanem, průdušnicí a průduškami. Hrtan je trubicovitým orgánem umístěným v přední části krční oblasti. Spodní část hrtanu je spojena s průdušnicí, a na bočních stranách jsou k hrtanu připojeny laloky štítné žlázy. Chrupavky vytvářejí základnu hrtanu, přičemž největší z nich je chrupavka štítná, která je také známa jako "ohryzek," který u mužů vystupuje na krku. Další chrupavky zahrnují prstencovou chrupavku, která má tvar prstenu, a dvě menší trojboké hlasivkové chrupavky, které jsou spojeny kloubně na horním okraji prstencové chrupavky. Hrtan také obsahuje hrtanovou příklopku, která se sklání nad vstupem do hrtanu a připomíná list se stopkou během polykání. Všechny tyto chrupavky jsou spojeny klouby a vazy a jsou k nim připojeny příčně pruhované svaly. Tyto svaly ovlivňují produkci hlasu a mění pozici chrupavek, tvar a velikost hrtanové dutiny během dýchání. Vnitřek samotného hrtanu je vystlán sliznicí s řasinkovým epitelem. Pod hrtanem se nachází průdušnice, která je pružným orgánem. V oblasti čtvrtého a pátého hrudního obratle se rozděluje na dvě průdušky. Chrupavky ve tvaru podkovy, které jsou vzájemně spojeny vazivem, vyplňují boční a přední stěny průdušnice. Tato průdušnice je schopna prodlužovat se nebo zkracovat, což umožňují jak příčné, tak podélné hladké svaly. Uvnitř průdušnice najdeme sliznici s řasinkovým epitelem a mnoho hlenových žlázek. Průdušnice se následně dělí na pravou a levou průdušku, což označuje místo, kde se rozdvouje. Obě průdušky vstupují do příslušné plicе a tam se dále větví. Stavba stěn průdušek je obdobná jako u průdušnice (Machová, 2016).

### 2.3.3 Plíce

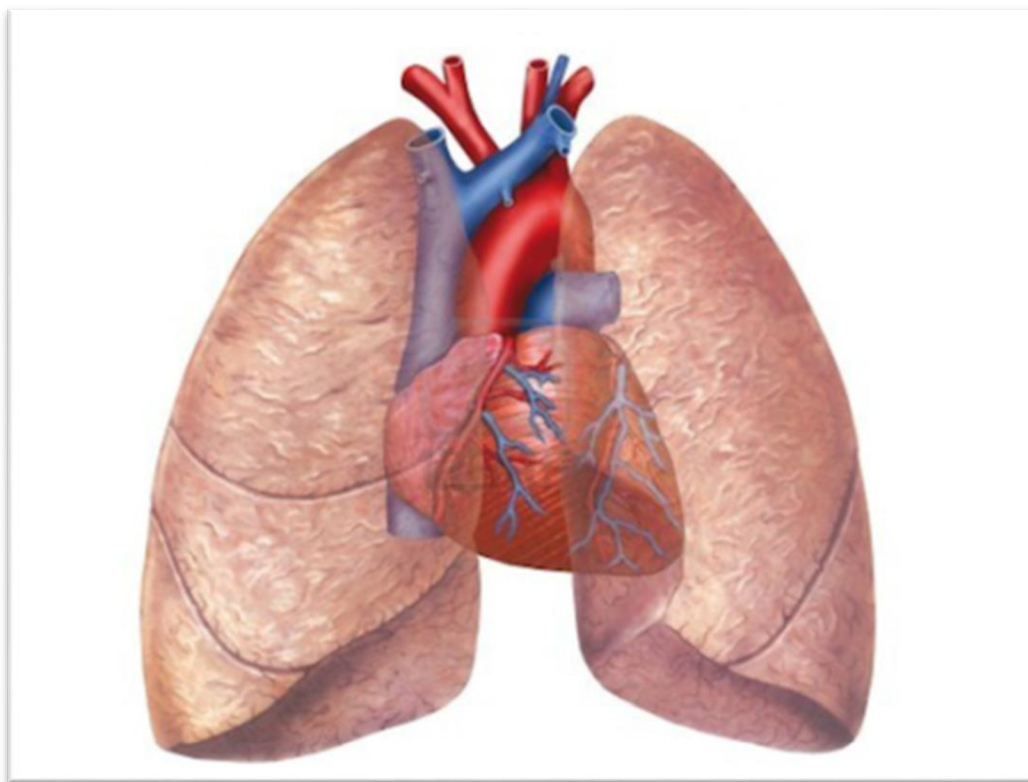
Plíce jsou pružným orgánem. Pružnost má za následek, že pokud rozepneme plíce *in vitro* (nafouknutím) nebo *in vivo* (činností dýchacích svalů), tak se vrátí zpět do původní polohy, za podmínky, že přestane působit rozpínací síla. Schopnost plic rozpínat se a stahovat závisí na pružnosti plicní tkáně, struktuře plicní tkáně a vlastnostech povrchového napětí, což zahrnuje působení plicního surfaktantu. Základními mikroskopickými prvky v plicní tkáni, které ovlivňují její pružnost, jsou vlákna elastinu a kolagenu. Elastin je výrazně pružnější než kolagen, což znamená, že se dokáže výrazněji protáhnout pod vlivem síly a vrátí se zpět do své původní délky, jakmile působení síly ustane. Naopak vlákna kolagenu se za srovnatelných podmínek protáhnou daleko méně (Paleček et al., 1999).

Plíce jsou lehké, elastické a mají strukturu podobnou houbě. Jsou primárním orgánem pro dýchání, kde dochází ke střídání vzduchu z okolí a krve. Nachází se v hrudní dutině a skládají se ze dvou částí, pravé a levé plíce, které mají tvar vaků. Každá plíce je rozdělena na několik ploch, včetně spodní, žeberní, mezihrudní a vrchní plochy. Spodní plocha, nazývaná také báze, leží na vrcholu bránice, zatímco plocha žeberní je vypouklá a směřuje k bokům hrudní stěny. Mezihrudní plocha má prohlubeň, která odpovídá tvaru srdce, zejména na levé straně, kde je hlubší. Každá plíce je rozdělena na laloky, pravá plíce má tři a levá plíce dva. Poplicnice představuje hladký vazivový plášť plic a pokrývá stěny hrudní dutiny, obdobně jako pohrudnice. Pohrudnice kompletně odděluje dvě samostatné hrudní dutiny. Mezihrudní prostor je vertikální prostor mezi těmito dvěma dutinami, který je vyplněn vzácným tukovým vazivem. Mezihrudním prostorem procházejí velké cévy, průdušky a také je v něm umístěno srdce. Plicní brankou prostupují do plic průdušky, které se uvnitř několikanásobně rozvětvují na stále menší větévky, tento jev je také nazývaný "průduškový strom". Nejtenčí z nich jsou nazývané průdušinky. Na průdušinky navazují větévky, které se nazývají alveolární chodbičky, které vedou do plicních váčků. Stěny těchto váčků jsou hroznovitě vyklenuty v plicní sklípky. Sklípky v plicích jsou koncovými částmi větvicího systému dýchacích cest. Počet plicních sklípků je vysoký, a jejich povrch tvoří plochu asi 80 metrů čtverečních. Nicméně aktivní plocha pro dýchání je o přibližně 25 % menší, protože část alveol slouží jako rezerva pro případné zvýšené potřeby kyslíku. V plicních sklípcích se uskutečňuje cirkulace dýchacích plynů mezi krví a plicemi (Machová, 2016).

Malý plicní oběh, nazývaný také plicní krevní oběh, je uzpůsobený tak, že umožňuje snadný průtok velkého objemu krve. Plicní cévy mají velmi pružnou a roztažitelnou stěnu, což umožňuje shromažďování poměrně velkého množství krve, až 200 ml, v plicních žilách. Tento malý plicní oběh funguje jako krevní oběh specificky pro plíce. Malý oběh krevního oběhu umožňuje výměnu plynů mezi krví a vdechovaným vzduchem. Plicní tkáň, zahrnující stěnu bronchů a vazivo plic, má vlastní cévní zásobení, které je oddělené od hlavního plicního oběhu. Plicní tepny (*a. pulmonalis dextra et sinistra*) vstupují do plicních hilů a přivádějí odkysličenou krev z pravé srdeční komory. V plicích se tyto tepny rozdělují podél bronchů a vytvářejí síť kapilár, které obklopují plicní sklípky. Okysličenou krev z plic do levé srdeční předsíně odvádějí plicní žíly. Odtud je na kyslík bohatá krev přečerpávána levou srdeční komorou do velkého oběhu (Dylevský, 2013).

## Obrázek 2

### *Schéma plic*



(zdroj: <https://www.forbio.cz/vysetreni/vysetreni-plic.htm>)

### **2.3.3 Regulace dýchání**

Přirozené dýchání vzniká díky pravidelným elektrickým signálům v nervových buňkách, které ovládají dýchací svaly. Tyto signály jsou zcela závislé na nervových podnětech z mozku. Pokud dojde k přetržení páteře nad místem, kde jsou bránicové nervy, dýchání se přeruší. Dýchání je regulováno dvěma odlišnými mechanismy. První mechanismus zahrnuje volní kontrolu dýchání, zatímco druhý je zodpovědný za automatické dýchání. Systém volní regulace je lokalizován v mozkové kůře a ovládá dechové svaly tím, že posílá impulsy do motorických neuronů dýchacího systému pomocí kortikospinálního traktu. Systém automatického dýchání je umístěn v mozkovém mostě a prodloužené míše. Rytmické výboje nervových buněk v míše v mozku jsou zodpovědné za automatický dech. Respirační neurony v mozkovém kmeni se dělí na dva druhy: ty, které generují impulsy během inspirace (označované jako I neurony) a ty, které působí během expirace (označované jako E neurony). I neurony projevují zvýšenou frekvenci impulsů během nádechu, zatímco E neurony mají vyšší

frekvenci impulzů během výdechu. Některé neurony naopak snižují frekvenci impulzů, zatímco jiné mají vysokou frekvenci impulzů během celého dechu, ať už se jedná o nádech nebo výdech. Během klidového dýchání, kdy výdech probíhá pasivně, zůstávají E neurony neaktivní. Jejich aktivita se projevuje při zvýšené ventilaci. Oblast v prodloužené míše, která je spojena s řízením dechu, je tradičně označována jako dechové centrum (Ganong, 1995).

Hlavními receptory v plicích jsou baroreceptory, které se napínají během nádechu, když se plíce rozšiřují. Tím vznikají impulzy, které jsou následně přenášeny do centrálního nervového systému (CNS). Tyto impulzy vyvolávají prodloužení dechu a snížení frekvence dýchání. Dále dochází k zpětné vazbě z receptorů ve svalech, kloubech a šlachách pohybového a dýchacího systému. Golgiho šlachová tělíska a svalová vřeténka jsou schopny přizpůsobit časové a objemové parametry dechového cyklu podle aktuálních podmínek mechaniky dýchání prostřednictvím míšních a supraspinálních reflexních okruhů. Další zpětnovazební mechanismus zahrnuje změny v oběhovém systému. Při poklesu systémového tlaku dochází k hyperventilaci, zatímco při vzestupu systémového tlaku dochází k hypoventilaci. Dýchání tak udržuje stabilní koncentraci kyslíku, oxidu uhličitého a vodíkových iontů v krvi (Malátová et al., 2017).

## **2.4 Dýchací systém**

Dýchací systém sestávající z trubic a dutin usnadňuje přenos vzduchu do plic, kde probíhá výměna dýchacích plynů mezi krví a vnějším prostředím. Z hlediska funkce lze dýchací systém rozdělit na dvě části. Dýchací trubice vedoucí vzduch z nosní a ústní dutiny do plic či větších průdušek a dýchací sklípky plic, které zajišťují výměnu plynů mezi vnitřním prostorem plic a krví. Ventilace je zabezpečena aktivitou dýchacích svalů, pružností hrudníku a plic (Dylevský, 2011).

Nepostradatelným požadavkem pro fyzickou zátěž je zajištění energetických potřeb těla. Zvýšená intenzita metabolismu vyžaduje efektivní výměnu plynů, což zahrnuje dostatečný přísun kyslíku do tkání a efektivní odstranění oxidu uhličitého z organismu. Pro optimální transport je nezbytná těsná spolupráce mezi dýchacím a oběhovým systémem. Řízení, vzájemná koordinace a sdílené signály při zvýšených nárocích na fyzickou zátěž nejsou dosud plně vysvětleny. Hyperventilace a hypoventilace nerespektují vždy podmínky homeostázy krevních plynů ani zásady efektivní dýchací



práce. Předpokládá se účast vyšších nervových center, které harmonizují funkce obou systémů jak při anticipační reakci (před startem), tak během samotné zátěže. Předpokládá se zvýšená aktivita mozkové kůry a podkorových center, zejména hypotalamu, odkud je řízena hypofyzární sekrece. Centrální nervový systém působí jako integrátor sensorických informací a regulátor rytmických inspiračních podnětů z prodloužené míchy. Změny v dýchacím systému, stejně jako v oběhovém systému, lze rozdělit na reaktivní (okamžité) a adaptační (dlouhodobé) (Havlíčková, 2004).

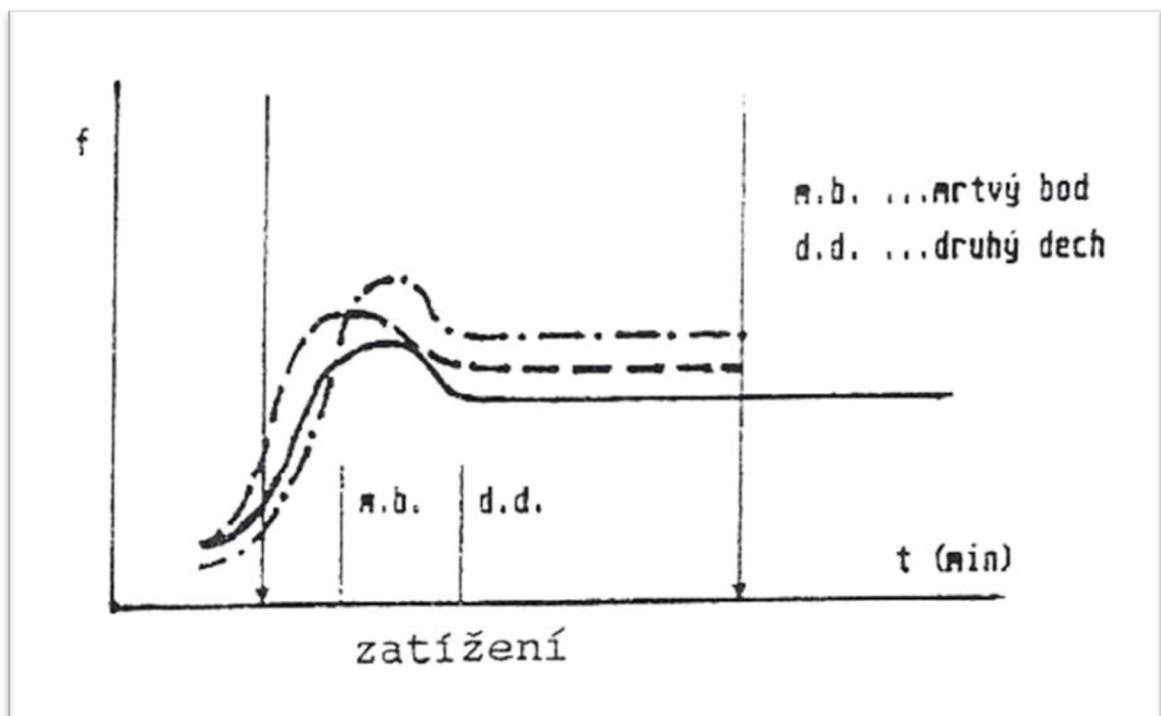
#### **2.4.1 Změny reaktivní**

Takové změny lze identifikovat již před samotným zahájením fyzické aktivity, a to v souvislosti s předstartovními stavy. Zvýšení hodnot ventilačně-respiračních ukazatelů může být způsobeno zvýšenou citlivostí centrálního nervového systému (vliv emocí) nebo podmíněnými reflexy, které se vyvinuly během opakovaného tréninku a závodů (u sportovců). Začátek aktivity můžeme rozdělit do dvou fází: iniciační fáze rychlých změn (30–40 s) a přechodná fáze se pomalejšími změnami, které ladí metabolické požadavky pracujících svalů. Při výkonech střední až maximální intenzity, trvajících déle než 40–60 s, může dojít k projevům tzv. mrtvého bodu. Délka tratě a intenzita zátěže ovlivňují čas, kdy mrtvý bod nastává. Jeho projevy zahrnují subjektivní nepříjemné pocity, především dechovou nouzi, svalovou slabost, bolesti, tíhu a tuhost svalů. Tato fáze často vede k ukončení aktivity, a objektivně se projevuje poklesem výkonu, horší koordinací, narušením dynamického stereotypu a změnami v kardio-respiračních funkcích. Dochází k narušení ekonomiky dýchání s nižším dechovým objemem a spotřebou kyslíku, zatímco se zvyšuje dechová frekvence, respirační kvocient, srdeční frekvence a krevní tlak. Tento stav je důsledkem disharmonie a nedostatečné souhry různých funkcí organismu, které se objevují při přechodu od neoxidativního metabolismu k oxidativnímu. Pokud jedinec pokračuje ve fyzickém výkonu, postupně se snižují příznaky mrtvého bodu. Dýchání se prohlubuje, dechová frekvence klesá, stejně jako srdeční frekvence a krevní tlak, přičemž celkový výkon organismu roste. Dýchání se opět stává efektivnějším, což nazýváme "druhý dech". Při přechodu z mrtvého bodu do druhého dechu se popisuje zvýšení tělesné teploty s následným intenzivnějším odvodem tepla prostřednictvím pocení a odpařování potu. Trénink výrazně zlepšuje vzájemnou harmonii regulačních mechanismů, a projevy mrtvého bodu se postupně stahují do pozadí, často se již subjektivně neprojevují. Silný

proud podnětů ze svalových receptorů a dýchacího svalstva však u netrénovaných jedinců může vyvolat hluboký ochranný útlum v mozkové kůře, což vede k dyskoordinaci funkcí. Druhý dech je poté projevem oslabení tohoto útlumu a obnovení porušených funkcí. Po 2—3 minutách mírně intenzivní práce a 5—6 minutách intenzivnější práce dochází k ustálení tzv. setrvalého stavu. Skutečný setrvalý stav, nebo také "steady state", představuje rovnovážný stav metabolických pochodů v organismu, ve kterém může organismus teoreticky pokračovat neomezeně dlouhou dobu. Hranice výkonu netrévaného organismu pro práci v setrvalém stavu se pohybuje kolem 100 W. Překročení této hranice, individuálně odlišné, znamená nedostatečnou schopnost pokrýt kyslíkové potřeby pracujících svalů. Podíl oxidativního metabolismu na výkonu se snižuje a začíná převládat metabolismus neoxidativní. Nejvyšší hodnota v rovnovážném stavu představuje tzv. anaerobní práh. Se zvyšující se intenzitou práce roste také spotřeba kyslíku. Po ukončení zátěže musí změny ve ventilačně-respiračních funkcích zajistit obnovení homeostázy organismu. Při práci s anaerobním charakterem je klíčová dostatečná dodávka kyslíku pro resyntézu energetických zdrojů a eliminaci acidózy (Havlíčková, 2004).

### Obrázek 3

*Funkční změny v průběhu mrtvého bodu a druhého dechu*



(zdroj: Havlíčková, 2004, s. 27)

Během pohybu se mění mechanika dýchání. U netrénovaných jedinců bránice přispívá k plicní ventilaci 30—40 % v klidových podmínkách, zatímco u trénovaných je to 50—60 %. Při tělesné práci se podíl bráničního dýchání zvyšuje, a při stupňující se zátěži se dýchání přesouvá do inspirační polohy, tedy do inspiračního rezervního objemu. Do určité dechové frekvence (kolem 40 dechů za minutu) není nutné používat výdechové svalstvo, probíhá to podobně jako v klidových podmínkách s minimálními energetickými nároky. Vdech je aktivní, zatímco výdech je pasivní. S dosažením určité úrovně intenzity zátěže je však nutné zvyšovat dechový objem a vydechovat rychleji. To lze provést ze vzduchu zůstávajícího v plicích, tedy z expiračního rezervního objemu. Při této činnosti se musí zapojit také výdechové svalstvo (vnitřní mezižeberní svaly a svaly břišní), což však vyžaduje větší spotřebu energie. Efektivnější je tedy prohloubené dýchání s nižší frekvencí (Havlíčková, 2004).

Frekvence dýchání ovlivňuje tempo střídání nádechů a výdechů a může být ovlivněna vůlí, avšak je také ovlivněna charakterem fyzické zátěže a rytmizací pohybu. V některých fyzických aktivitách, jako je běh nebo plavání, můžeme pozorovat přirozené střídání dechu. U některých aktivit se vdech provádí během pohybu, což přispívá k efektivnímu dýchání, zatímco výdech může probíhat v přestávce mezi pohyby. Při vysoké intenzitě zatížení dochází k zvýšení ventilace, přičemž frekvence dechu hraje klíčovou roli. U žen bývá obvykle vyšší frekvence dechu než u mužů. Příliš vysoká frekvence může vést k omezení výdechu, zapojení pomocných dýchacích svalů a rychlejší únavě dýchacího svalstva (Bartůňková, 2013).

#### **2.4.2 Změny adaptační**

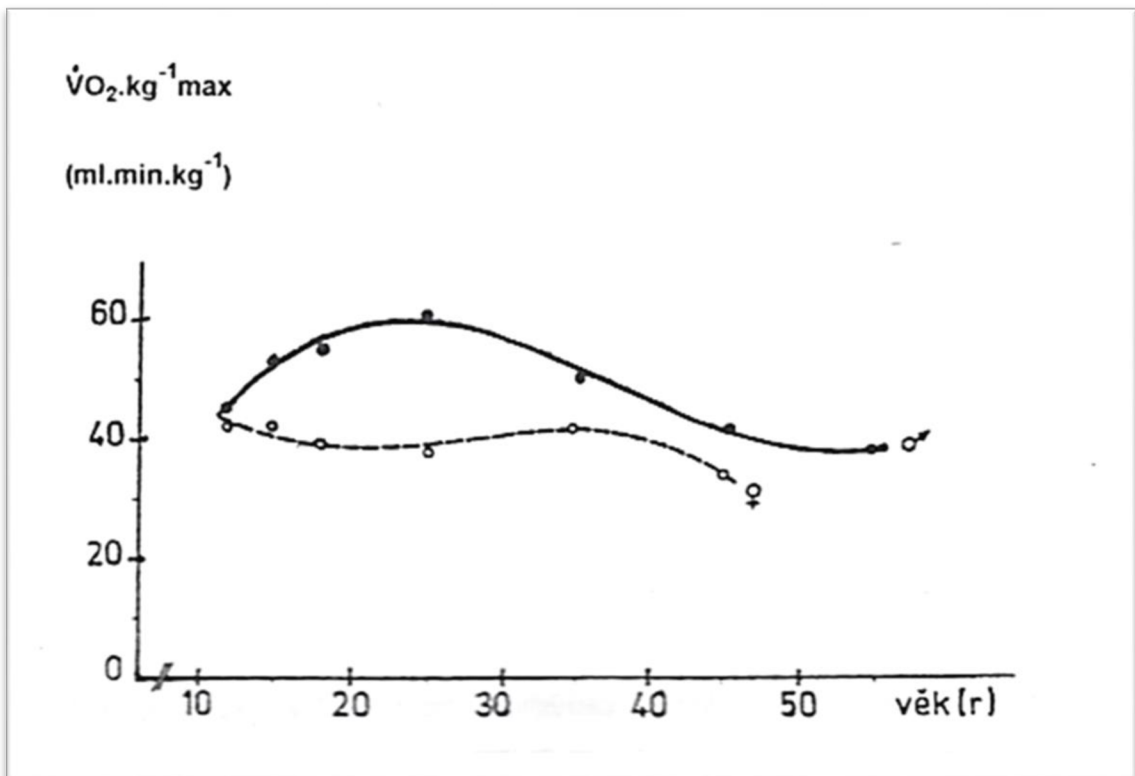
Adaptace se v kontextu živé hmoty vztahuje k schopnosti přizpůsobit se různým vlivům prostředí, když je opakovaně vystavena stejnému podnětu, a to s pozitivními výsledky. Získaná adaptace nemusí být trvalá; po oslabení nebo vynechání příslušných stimulů může postupně slábnout, a to buď pomaleji, nebo rychleji (Máček & Vávra, 1988).

Tyto změny vznikají jako důsledek dlouhodobého vystavení těla zátěži a systematickému tréninku. Nejvýraznější změny se projevují při vytrvalostním tréninku. Při porovnání ventilačně-respiračních parametrů mezi jednotlivci, kteří pravidelně trénují, a těmi, kteří netrénují, jsou u sportovců patrné. Jedná se například o vylepšenou dechovou efektivitu, zvýšenou funkční kapacitu a vyšší maximální hodnoty sledovaných

parametrů. Trénovaný jedinec projevuje vylepšenou mechaniku dýchání, což zahrnuje vyšší pohyblivost bránice. Dále má zlepšenou plicní difuzi, sníženou dechovou frekvenci při běžném i maximálním zatížení, a také vyšší maximální dechový objem a vitální kapacitu. Netrénovaní jedinci mají nevýhodu například i při velké zátěži, kdy se dostávají na úroveň setrvalého stavu daleko déle než trénovaní jedinci (Havlíčková, 2004).

#### Obrázek 4

*Maximální aerobní výkon v závislosti na věku u trénovaných jedinců*



(zdroj: Havlíčková, 2004, s. 36)

## 2.5 Plavání

Plavání představuje nádherný sport, který se v rámci olympijského programu řadí hned za atletiku, považovanou za královnu sportů. Při sledování letních olympijských her lze obdivovat eleganci a krásu pohybů plavců ve vodě. Přizpůsobení a sžití se s vodním prostředím je pro každého plavce klíčové (Čechovská & Miler, 2008).

Plavání patří mezi jediný sport, kde probíhá cyklický pohyb velkých svalových skupin téměř celého těla, když je tělo ve vodorovné poloze. Tento fakt poměrně velkým způsobem usnadňuje krevní oběh, především návrat žilní krve do pravé části srdce. Hydrostatický tlak vody a odpor vody působí diferenčně na rekreačního plavce

a profesionálního plavce. Hydrostatický tlak vody napomáhá k výdechu a ztěžuje nádech. Profesionální plavci, kteří trénují již řadu let, mají proto nadprůměrně vyvinuté dýchací svalstvo a svaly bránice. Hydrostatický a hydrodynamický tlak mají vliv na krevní oběh jak u rekreačních, tak u profesionálních plavců. Tyto tlaky pozitivně ovlivňují periferní srdce, což usnadňuje návrat neokysličené krve zpět k srdci (Motyčka et al., 2001).

Nikdy nebyla prezentována teorie, která by prokázala, že plavání je nezdravé. Veškerá literatura o tomto sportu zdůrazňuje, že pravidelná aktivita v bazénu přispívá k celkovému zdraví a fyzické i duševní zdatnosti. Plavání je vhodné i pro jedince, kteří nemohou praktikovat jiné sporty kvůli svému nepříznivému zdravotnímu stavu nebo poškození pohybového aparátu. Tato plavecká aktivita příznivě ovlivňuje funkci srdce a cévního systému, zlepšuje krevní oběh a dýchání, zvyšuje pohyblivost kloubů a urychluje proces rehabilitace po úrazech nebo chirurgických zákrocích (Motyčka et al., 2001).

Dýchání pod vodou se od běžného dýchání liší zejména vlivem hydrostatického tlaku, který působí na tělo v prostředí vody. Tento tlak mění mechaniku dýchání, objemy nádechů a frekvenci dýchání v lidském organismu. Vdechování pod vodou po ramena je náročnější kvůli tlaku vody, zatímco výdech nad hladinou je snazší. Při výdechu pod vodou je nutné aktivovat výdechové svalstvo, aby se překonala vodní odolnost a hydrostatický tlak. Tento proces také může způsobit snížení vitální kapacity plic až o 10 %, což je zapříčiněno zadržením krve v hrudníku a zvýšením odporu dýchacích svalů (Havlíčková, 1993).

Oběh krve je při sportovním výkonu velice důležitý. Kvůli omezenému množství krve je nezbytné s ní efektivně hospodařit. Přídělový systém a regulace toku krve do orgánů jsou pevně řízeny a zabezpečeny proti selhání. Při rozhodnutí podniknout sportovní aktivitu, například plavání, mozku přichází signál k svalu a současně k srdci a cévám. Srdce reaguje na tuto stimulaci zvýšením svých stahů a frekvence, což způsobí zvýšení objemu krve, který proudí tepnami. Současně musí dojít k zvýšení přísunu krve do srdce, aby mohlo efektivně pracovat. Toto je dosaženo zúžením žilního systému a kontrakcemi svalů, což je zvláště výrazné během plavání. Taktéž hlubší dýchání přispívá k tomu, že do hrudníku proudí více krve, posilující celkový efekt při sportovní aktivitě (Motyčka et al., 2001).

## 2.6 Sportovní trénink plavců

Sportovní trénink představuje komplexní proces. Teoretické vysvětlení podstaty tréninku, které má sloužit k usnadnění jeho praktického provedení, by mělo směřovat k porozumění důvodů, které vedou k proměnám v sportovní výkonnosti. Na základě tohoto pochopení lze pak odpovědně vybrat vhodný obsah tréninku, jeho koncept, strukturu a vhodné metody. Současné znalosti a přístupy k teoretickému vysvětlení sportovního tréninku se shodují v tom, že sportovní trénink by měl být vnímán jako určitý druh biologicko-sociální adaptace. Z podrobnějšího hlediska to znamená, že bychom ho měli chápat jako proces biologické adaptace ke zvýšené tělesné námaze (včetně tvorby energetických rezerv a distribuce energie a aktivit různých orgánů atd.). Zároveň je nezbytné naučit se řadu nových pohybů, což vyžaduje využití poznatků z oblasti motorického učení. Interakční aspekty sportovního tréninku jsou určovány reálnými vztahy mezi účastníky tréninku a soutěží a jejich chováním, které vychází z individuální psychiky. Všechny tyto procesy dohromady vymezují sportovní trénink jako celkový proces, který se vzájemně ovlivňuje, propojuje a doplňuje (Dovalil et al., 2002).

Sportovní dovednosti jsou klíčovými faktory ovlivňujícími sportovní výkonnost. Když sportovec nedokáže správně, rychle a efektivně řešit tréninkové úkoly, obvykle nedokáže plně využít svých ostatních schopností, což se projevuje na jeho celkovém výkonu. Proto je osvojování, zdokonalování a stabilizace dovedností nezbytné pro sportovní trénink, i když to představuje jednu z nejkompexnějších výzev ve sportovním tréninku. Tato fáze tréninku by měla být vnímána jako zvláštní proces učení, který se zaměřuje na motorické dovednosti. Motorické učení vychází z poznatků o kontrole a regulaci lidského pohybu a koordinaci, a zahrnuje širší pochopení psychologických a fyziologických aspektů. Jeho cílem je systematickým způsobem vytvářet, posilovat a stabilizovat konkrétní struktury, které řídí a regulují pohyby sportovce (Dovalil et al., 2002).

Proces motorického učení lze rozčlenit do několika úrovní:

Senzomotorická úroveň, kde se rozvíjí vnímání a integrují se určité znalosti, intelektuální schopnosti a zkušenosti, a ovlivňují se funkce smyslových analyzátorů. To pomáhá formovat specifický smysl pro vnímání pohybu relevantní pro konkrétní sport. Osvojování samotných sportovních dovedností, kde se zpevňují a zdokonalují mechanismy řízení a regulace příslušných pohybových struktur. Používání osvojených

dovedností během sportovního výkonu, což zahrnuje adaptaci dovedností na různé vnější a vnitřní podmínky, kontrolu pohybu a korekci odchylek od optimálního vzoru při soutěži (Dovalil et al., 2002).

### **2.6.1 Sportovní výkon**

Sportovní výkon je jednou z klíčových složek sportu a sportovního tréninku, na kterou se zaměřuje pozornost sportovců, trenérů a odborníků. Pro trénink, který je zaměřen na vylepšení výkonu, je zásadní hluboké pochopení tohoto výkonu. Sportovní výkony se projevují prostřednictvím specifických pohybových činností, které jsou definovány pravidly daného sportu. Během těchto činností sportovec usiluje o maximální využití svých výkonných schopností. Tyto činnosti jsou ovlivňovány vnějšími podmínkami a kladou určité nároky na tělo a psychiku sportovce. Vysoký výkon vyžaduje dokonalou koordinaci tělesných a psychických funkcí, podpořenou vysokou výkonností motivací. Rozlišujeme proces činnosti, který je klíčový pro porozumění sportovnímu výkonu, a samotný výsledek této činnosti. Získání potřebných znalostí o sportovních výkonech zahrnuje hledání a sbírání různých informací, včetně empirických a vědeckých dat. Důležité je však také propojení těchto informací a jejich transformace do tréninkového kontextu. To znamená zkoumání, co tvoří podstatu výkonu, proč dochází ke změnám ve výkonnosti, co by mělo být zahrnuto do tréninku a jak postupovat. Tato hlubší znalost obsahu sportovních výkonů a specifických požadavků, které jednotlivé typy sportovních výkonů kladou na tělo a osobnost sportovce, je klíčovým faktorem pro dosažení úspěchu v tréninkové praxi a zlepšení výkonnosti sportovce (Dovalil et al., 2002).

### **2.6.2 Sportovní regenerace**

Zotavení neboli regenerace je biologickým procesem, který zahrnuje aktivity organismu směřující k úplné obnově psychických a fyzických sil narušených předchozím zatížením. Aby došlo k regeneraci, je nutné dostat organismus do určité úrovně únavy, což představuje narušení homeostázy. Homeostáza znamená udržování stability vnitřního prostředí, což zahrnuje udržení objemu tělních tekutin, iontového složení, teploty tělesného jádra, energetického hospodaření a také zajištění obranyschopnosti organismu. Regenerace není jednorázovým procesem po zatížení, spíše se prolíná celým průběhem tréninku. Proto je třeba chápat regeneraci jako nedílnou součást tréninku, buď přímo v rámci jednotlivých tréninkových hodin, nebo ve formě samostatných

regeneračních jednotek. Mezi hlavní úkoly regenerace patří odstranit změny, které nastaly v organismu během fyzické aktivity a eliminovat celkové přetížení organismu. Správně zvolené regenerační prostředky urychlují dobu, která je nutná na odpočinek a zároveň mohou ovlivnit i následnou intenzitu tréninkového zatížení. Různé pohledy nám umožňují klasifikovat formy regenerace ze dvou hlavních perspektiv: časového a cíleného zásahu. Časově lze regeneraci rozdělit na období před, během a po výkonu. Z hlediska cíleného zásahu pak rozlišujeme mezi pasivní a aktivní formou. Pasivní regenerace představuje přirozený proces, který není ovlivněn vůlí a probíhá nezávisle na vnějších zásazích. Tato regenerace se aktivuje během samotného zatížení a vede k obnově fyzických a duševních sil. V ideálním případě dochází k superkompenzaci, při níž jsou tyto síly posunuty nad původní úroveň. Pasivní regenerace zahrnuje základní homeostatické mechanismy, jako například úpravu metabolické acidózy, rehydrataci organismu, přesuny iontů, obnovu energetických zásob, vyrovnání teplotních změn, likvidaci odpadních produktů a jejich vylučování, a reparaci poškozených buněk. Naopak aktivní regenerace představuje plánovanou a cílenou činnost, která urychluje proces pasivního zotavení. Tato forma může probíhat dvěma způsoby: buď s omezením fyzické aktivity sportovce, což se nazývá pasivní odpočinek, nebo s využitím pohybové aktivity, což představuje odpočinek aktivní. Typickými formami pasivního odpočinku jsou různé relaxační techniky, hydroterapie, termoterapie a další. Fyziologickým základem aktivního odpočinku je udržení průtoku krve v namáhaných svalech. Jako ideální se jeví cyklická pohybová aktivita mírné intenzity, například na úrovni 60 % maximální tepové frekvence. Jinou formou aktivního odpočinku jsou kompenzační cvičení a další doplňkové sportovní aktivity (Bernaciková et al., 2017).

## **2.7 Optoelektronický pletysmograf**

OEP systém představuje zařízení v oblasti optoelektroniky, schopné sledovat třírozměrné souřadnice několika odražených značek umístěných na kůži subjektu bez invazivního zásahu. Na povrchu hrudně-břišní oblasti je umístěn proměnlivý počet značek (např. 89 v modelu pro získávání respiračních dat v sedící pozici), přičemž každá značka představuje polokulovitou plastovou kouli potaženou reflexním papírem. Pro rekonstrukci X-Y-Z souřadnic každé značky jsou vyžadovány dvě televizní kamery,



což znamená, že pro sedící pozici jsou použity dva páry kamer. Každý pár kamer je svisle zarovnán, jeden poblíž stropu a druhý poblíž podlahy, a každá kamera je vybavena infračerveným kruhovým bleskem. Tato neviditelná infračervená iluminace umožňuje systému pracovat v tmě, což je klíčové například při studiích spánku. Infračervené paprsky vyslané blesky jsou odraženy každou značkou a zachyceny kamerami s maximální vzorkovací frekvencí 100 Hz. Získaný signál je následně zpracován počítačem, který kombinuje signál ze dvou kamer a poskytuje třírozměrné souřadnice každé značky snímek po snímku. Pro sedící respirační model jsou prováděny procesy pro oba páry televizních kamer současně. Data získaná během nahrávaného manévru procházejí operací nazývanou 'sledování', která je nezbytná pro vyloučení možných fantomových odrazů a obnovu možných ztracených značek (což může nastat během velmi rychlých manévrů, například cvičení). Soubory obsahují X-Y-Z souřadnice každé značky během nahrávaného manévru, a tato data jsou ukládána na pevný disk počítače. Přesnost určení prostorové polohy každé značky je přibližně 0,2 mm. Pro výpočet objemů jednotlivých bodů se vytváří triangulace nad povrchem vytvořeným ze souřadnic X-Y-Z značek, a poté se využívá Gaussova věta k převedení objemového integrálu na integrál přes tento povrch. Počet a umístění použitých značek závisí na zvoleném modelu hrudně-břišní oblasti (Romagnoli et al., 2008).

Pro určení objemu částí hrudní stěny pomocí povrchových markerů stanovujeme následující kritéria: 1) hranice RC, pulmonary jdou od klíčních kostí k linii, která obklopuje hrudník vodorovně na úrovni xifoidního výběžku (což odpovídá vrcholu oblasti spojení bránice s hrudní kostí při výdechovém objemu plic v sedící pozici, 2) hranice RC, abdominal jdou od této linie ke kostnímu oblouku vpředu dolní hrudní kosti směrem dolů od xifosterna až po úroveň nejnižšího bodu vzadu dolní hrudní kosti; a 3) hranice AB (abdomen) jdou kaudálně od dolní hrudní kosti až po úroveň předního horního kyčelního hřebene. Značky jsou rozmístěny obvodově ve sedmi horizontálních řadách mezi klíčními kostmi a předním horním kyčelním hřebenem (Romagnoli et al., 2008).

Přestože byla pozorována mezi individuální variabilita charakterizovaná diferencovaným zapojením břišního, hrudního a podklíčkového sektoru těla do dýchacích vzorů, systematická analýza vlivu techniky dýchání na sportovní výkon je značně nedostatečně prozkoumána. Nicméně vliv dýchacích vzorů na výkon se nedávno dostal do popředí výzkumu fyzické aktivity, a role bránice během práce s vysokou

intenzitou získala značnou pozornost. U jedinců s dysfunkčním dýcháním je snížen práh bolesti a ovládání motorických funkcí a dysfunkce pohybu jsou narušeny, což může nepříznivě ovlivnit fyzický výkon jednotlivce (Bahenský et al., 2021).

### **Obrázek 5**

*Model s 89 markery pro získávání respiračních dat. 42 markerů je umístěno vpředu a 47 vzadu na subjekt*



(zdroj: Romagnoli et al., 2008).

## **2.8 Dechový stereotyp a Bruceho test**

### **2.8.1 Dechový stereotyp**

Správný dechový stereotyp, známý také jako fyziologická dechová vlna, začíná plynule od břišní části při vdechu i výdechu a postupuje do střední části až do horní části hrudníku. Tento proces se odehrává směrem zespoda nahoru. Dýchání by mělo být provedeno neslyšně, pomalu, hluboce a rytmicky. Vdech a výdech by měly plynule navazovat bez násilného přerušování, měly by probíhat nosem a být iniciovány uvolněnou bránicí (Bursová, 2005).

Charakteristické změny v dechovém vzorci, které vznikají v reakci na zvýšenou potřebu dýchání, se projevují především v horní části hrudníku s omezenou laterální expanzí dolních žebér a tendencí k asynchronnímu nebo paradoxnímu dýchání. Zvýšená

potřeba dýchání může být způsobena onemocněními, jako jsou astma, chronická obstrukční plicní nemoc nebo kardiovaskulární choroby. Navíc psychické stavy a emocionální zátěž mohou ovlivnit potřebu dýchání a tím i deformovat dechový stereotyp. V důsledku toho může dojít k vytvoření chronického napětí v bránici a dalších dýchacích svalů s vlivem na celý muskuloskeletální systém (Véle, 2012).

Ragnarsdóttir & Kristinsdóttir (2006) stanovili ve své práci cíl pro určení referenčních údajů pro dechové pohyby a vzorce u zdravých mužů a žen. Pohyby horní a dolní části hrudníku a břicha byly měřeny na obou stranách (pravá a levá) během normálního dýchání a hlubokého dýchání pomocí zařízení na sledování respiračního pohybu u 100 jedinců ve věku od 20 do 69 let. Zjištění naznačují, že dýchací pohyby byly symetrické a s postupujícím věkem nedošlo k významným změnám. V průměru byl typ dýchání břišní jak u mužů, tak u žen během obvyklého dýchání. Při hlubokém dýchání byly pohyby břicha u žen výrazně menší než u mužů. Průměrná frekvence dýchání činila 14 dechů za minutu v klidu a 7,4 při hlubokém dýchání u obou pohlaví. Rytmus (poměr nádechu a výdechu) byl 1:1,21 u mužů a 1:1,14 u žen při normálním dýchání a 1:1,23 u mužů a 1:1,40 u žen při hlubokém dýchání.

Životní styl a způsob, jakým držíme tělo, odrážejí i kvalitu našeho dýchání. Vnitřní síla, spojená s určitou duchovní zralostí a psychikou jedince, se projevuje ve vnějším postoji, který je pozorovatelný. Držení těla často ovlivňuje naše vnímání. Například osoba s propadlým hrudníkem a s kleslými rameny působí odlišně než jedinec, který je vzpřímený a uvolněný. Tělesný postoj může odhalovat různé charakterové vlastnosti. V západní civilizaci je běžné držení těla inspirované vojenským vzorem, kdy jsou nohy propnuté, váha spočívá na patách, hrudník je vysunut vpřed, břicho zatažené a ramena jsou zatlačena dozadu, což odpovídá instrukci „vypnout prsa, zatahovat břicho“. Avšak, pokud zaujmeme tuto pozici a sledujeme svůj dech, zjistíme, že není snadné volně dýchat. Přirozený postoj nikdy není statický. Je sám o sobě dynamický a uvolněný, umožňuje vnitřní pohyb a poskytuje základ pro vnější pohyb. Pohyb z neforemného a statického postavení vyžaduje mnohem více energie (Barkonowitzová, 2004).

### **2.8.2 Bruceho test**

Pro mnoho lékařů se Bruceův protokol stal synonymem pro cvičební testy. Od svého vzniku v roce 1950 až po jeho přeměnu do známých třiminutových stupňů v roce 1963 se stal nejběžnějším klinickým testem na běžeckém trenažéru. Existuje

několik prognostických algoritmů založených na výkonu během Bruceova protokolu, které informují lékaře o kardiálním riziku, prognóze a funkční kapacitě. Složení Bruceova testu by mělo být většinou sportovních lékařů známé. Sestává se z postupného zvyšování zatížení změnou rychlosti, sklonu nebo obojího. Standardní Bruceův protokol začíná rychlostí 2,73 kilometrů za hodinu při sklonu 10° a každé 3 minuty zvyšuje sklon o 2° a rychlost zhruba o 1,60 kilometrů za hodinu (Sarma & Levine, 2016).

Pro každou tříminutovou fázi jsou nastavené rychlosti a sklony, které nejsou zaváděny postupně, ale objevují se náhle na začátku každé fáze. Délka testu je zhruba 8–12 minut s velmi vysokou intenzitou a námahou. Poté Bruceův test vyhodnocuje hodnotu  $VO_2\text{max}$  (Badawy & Muaidi, 2019).

Aerobní kapacita sportovců je důležitým prvkem úspěchu ve sportovních úspěších.  $VO_2\text{max}$  označuje intenzitu aerobního procesu a ve skutečnosti označuje maximální kapacitu pro transport a využití kyslíku během cvičení prováděného se zvyšující se intenzitou.  $VO_2\text{max}$  je nejvyšší míra spotřeby kyslíku dosažitelná při maximální zátěži. Základní jednotkou měření maximálního příjmu kyslíku je jeho absolutní hodnota vyjádřená v litrech nebo mililitrech za minutu. Absolutní hodnota je však velmi ovlivněna tělesnou hmotností, takže se často vyjadřuje v mililitrech/kg/minutu (Shete et al., 2014)

## **3 Cíl, úkoly a hypotézy**

### **3.1 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je zjistit, jak se liší dechový vzor a dýchací parametry u plavců a nesportujících, za pomoci optoelektronické pletysmografie. Cílem je také zjistit a porovnat hodnoty respiračních parametrů.

### **3.2 Úkoly práce**

- Provedení analýzy odborné literatury s cílem vytvořit teoretický rámec pro tuto práci. Mezi hlavní výchozí teoretická témata pro tuto práci patří fyziologie dýchání, sportovní trénink, dýchací soustava, dýchací systém v návaznosti na zatížení, optoelektronická pletysmografie.
- Vytvořit design experimentu.
- Vybrat skupinu probandů, konkrétně deset nesportujících jedinců a deset závodních plavců.
- Ověřit správnost vybrání probandů.
- Provést testování pomocí optoelektronického pletysmografu.
- Vyhodnotit a statisticky ověřit a zpracovat výsledky experimentu.
- Interpretace výsledků experimentu.
- Shrnutí a závěr hlavních výsledků experimentu.

### **3.3 Hypotézy**

H1: Předpokládáme, že existují významné rozdíly ve vybraných respiračních parametrech mezi plavci a nesportujícími jedinci.

H2: Předpokládáme, že u plavců bude významně vyšší zapojení břišního sektoru během celého testování než u nesportujících.

H3: Předpokládáme, že plavci během testování dosáhnou významně vyšší hodnoty  $VO_2\text{max}$  než nesportující.

## 4 Metodika

Tato studie byla provedena na Jihočeské univerzitě Pedagogické fakultě na katedře tělesné výchovy a sportu v Laboratoři zátěžové diagnostiky. Testování probandů bylo provedeno pomocí optoelektronického pletysmografu a přístroje InBody 770.

### 4.1 Charakteristika souboru

Celkem bylo pro tento experiment osloveno 20 zdravých jedinců. Věk všech probandů v době testování byl  $20,2 \pm 2,2$  let. Věk plavců byl  $18,4 \pm 1,5$  let. Věk nesportujících byl  $21,9 \pm 1,1$  let. Průměrná hmotnost všech probandů byla  $74,9 \pm 6,2$  kg. Hmotnost plavců  $66,1 \pm 12,6$  kg. Hmotnost nesportujících  $70,8 \pm 14,7$  kg. Výška všech probandů  $181,9 \pm 4,4$  cm. Výška plavců  $166,0 \pm 30,2$  cm. Výška nesportujících  $181,2 \pm 4,8$  cm. Probandi byli rozděleni do dvou skupin na nesportující jedince a aktivně trénující plavce. Soubor plavců tvoří 10 aktivně trénujících jedinců ve věku od 16 do 24 let. Jedná se o plavce z plaveckého klubu Plavání České Budějovice, kteří jsou členy A týmu. Tento tým aktivně trénuje 9x týdně v bazénu plavecké tréninky a k tomu ještě 2x týdně absolvují suchou přípravu v tělocvičně. Všichni plavci, kteří byli testováni v laboratoři, tak aktivně trénují již minimálně 3 roky, bez větších výpadků. Soubor nesportujících jedinců byl vybrán na základě neaktivního sportování. Probandi ze skupiny nesportujících aktivně nesportují a neprovozují aktivně žádný sport. Jedná se o skupinu probandů v rozmezí věku od 20 do 24 let. V dotazníku Godin o volnočasové aktivitě nesportující uvedli, že jediným typem sportování, které provozují je občasná rychlá chůze, nebo jízda na kole. Taktéž podle průměru z dotazníku Godin o volnočasové aktivitě vyplývá, že v běžném týdnu mají plavci v průměru fyzickou zátěž 103,9 jednotek a nesportující pouze 24,9 jednotek. Testování pomocí optoelektronického pletysmografu probíhalo u testovaných pouze jednou. Před měřeními všichni účastníci podepsali informovaný souhlas. Výzkum byl proveden se souhlasem Etické komise, Fakulty pedagogické, Jihočeské univerzity, Ref. č.: EK031/2023. Všechny postupy provedené ve studii byly v souladu s etickými standardy institucionální výzkumné komise a s Helsinskou deklarácí.

## 4.2 Design experimentu

Pro provedení experimentu jsme testovali skupinu 10 závodních plavců a 10 nesportujících jedinců. Probandi absolvovali výkonnostní test na běžeckém ergometru, který byl zaměřen na zkoumání dechových sektorů. Před samotným testováním byla v úvodu experimentu sjednána schůzka s trenérem i se skupinou testovaných plavců, kde byli plavci poučeni o náročnosti testování, místě testování, času testování a také vybavení, které bude pro vykonání testu potřeba (sportovní oblečení, běžecké boty). Se skupinou nesportujících byla také sjednána schůzka, kde byli poučeni o stejných informacích. Skupiny byly také požádány, aby se na testování dostavily v co možná nejmenší fyzické únavě, aby testování nebylo ovlivněno různou mírou fyzického stavu jedince. Testování probandů probíhalo jednotlivě po předem domluvených termínech. Měření bylo provedeno pomocí stejné metodiky u obou skupin. Samotné testování poté zabralo přibližně 60 minut. Všechna měření použita v této práci byla provedena v laboratoři zátěžové diagnostiky Jihočeské univerzity. Při příchodu testovaného, se zapsalo jméno a datum narození. Dále byla testovanému změřena tělesná výška, kde bylo důležité, aby testovaný stál ve vzpřímené poloze. Tělesná výška, která byla naměřena v centimetrech, byla poté uložena k jménu testovaného. Následovalo měření tělesného složení pomocí přístroje InBody 770. Přístroj během několika chvil zaznamenal hmotnost testovaného. Další fází na přístroji InBody 770 bylo vyzvání testovaného k uchopení madel, která jsou součástí přístroje. Pomocí těchto madel bylo změřeno tělesné složení probanda. Data, která byla pomocí přístroje naměřena, se uložila do počítače. Následovalo nalepení celkem 89 reflexních snímacích diod, které byly zachycovány 8 optoelektronickými kamerami. Tyto kamery umožňují analyzovat pohyb povrchu hrudní stěny. Reflexní snímací diody jsme nalepily na hrudník, břicho a záda. Probandovi byl nasazen pás Polar H7, který měřil srdeční frekvenci a dýchací maska. Testování začíná testem klidové spirometrie, kde jsme zkoumali maximální výdech vitální kapacity plic (FVC) po maximálním nádechu. Proband má 2 pokusy a vyšší hodnota z těchto pokusů je poté zaznamenána do výsledkového protokolu. Během měření (FVC) stojí proband na běžeckém ergometru, kde je k dispozici zábradlí, za které se může zapřít pažemi. Po tomto testu byl proband poučen o průběhu zátěžového testu. Testovanému bylo sděleno, jak může testování zastavit, pokud by byl na pokraji svých sil a také mu bylo sděleno, aby během testování nemluvil, protože by

to mohlo významně ovlivnit výsledky. Zátěžové testování probíhá na běžecím ergometru. V okolí běžecího ergometru je rozmístěno 8 optoelektronických kamer, tak aby bylo možno během testování snímat diody, které má testovaná osoba na sobě. V první fázi testování si proband sedne na lavičku, která je umístěna na běhátku a následuje minuta, kdy je testovaný v klidu. Po stavu uklidnění následuje první měření optoelektronickými kamerami, které trvá 3 minuty. Po tomto měření si testovaná osoba stoupne a má opět minutu na uklidnění a srovnání tepové frekvence. Následuje měření ve stoje, které trvá opět 3 minuty. Nyní následuje zátěžový test, kde je běžecí pás nastaven na rychlost 2,74 km/h a sklon pásu je 10 %. Dále je test rozdělen na úseky, kde se pomocí optoelektronického pletysmografu zaznamenává poslední minuta z celého 3. minutového úseku. Jakmile uběhnou 2 minuty z úseku, tak testující řekne probandovi, aby se narovnal, z důvodu, aby kamery mohly snímat všechny diody na těle testovaného. Následuje minuta měření OEP. Během této minuty je velmi důležité, aby měl testovaný ruce mimo běžecí pás opřené o zábradlí běhátka, z důvodu, aby nebyl blokován výhled kamer na diody. Následuje zvýšení zátěže, které trvá od třetí do šesté minuty. Zde je rychlost zvednuta na 4,02 km/h a sklon je zvednut na 12 %. V dalším, třetím stádiu, které trvá od šesté do deváté minuty, jde testovaný rychlostí 5,47 km/h ve sklonu 14 %. Čtvrté stádium trvá od deváté do dvanácté minuty, testovaný jde rychlostí 6,76 km/h ve sklonu 16 %. Páté stádium od dvanácté do patnácté minuty, při rychlosti 8,05 km/h a ve sklonu 18 %. Šesté, předposlední stádium od patnácté do osmnácté minuty, kde se rychlost zvyšuje na 8,85 km/h a sklon se zvyšuje na 20 %. V posledním sedmém stádiu, od osmnácté do dvacáté první minuty, testovaný jde rychlostí 9,65 km/h a sklon činí 22 %. Testovaná osoba nemusí absolvovat všechna stadia a může testování kdykoliv ukončit. Testování probíhá až do doby, než se testovaný nachází na hranici svých sil. Jakmile chce proband test ukončit, tak seskočí na strany běhátka. Tímto je zátěžový test ukončen. Proband zůstává na běhátku, které je nastaveno na regenerační rychlost. Po testu má testovaný dvě minuty na zotavení a poté následují 3 minuty, během kterých se z těla slepují diody. Následně testovaný odejde z běhátka a na 2 minuty si lehne a pokouší se, co nejvíce zrelaxovat po výkonu. Po fázi uklidnění nastává ortoklinostatický test, kde se v leže měří variabilita srdeční frekvence po dobu pěti minut. Během těchto pěti minut je ve 3 minutách a 30 vteřinách



měřen krevní tlak. Následně se variabilita srdeční frekvence zkoumá ve stoje opět po dobu pěti minut. Tímto oficiálně testování končí a proband odchází z laboratoře.

Během testování jsme použili tyto přístroje, které jsou součástí vybavení laboratoře na Katedře tělesné výchovy a sportu:

### **Cortex MetaLyzer 3B**

Jedná se o stacionární systém pro kardiopulmonální zátěžové testy například spiroergometrie. Cortex metalyzer umožňuje kompletní vyšetření plic, metabolismu, srdce, a to jak v klidu, tak i při zátěži. Metalyzer je možné spojit i se zátěžovými EKG přístroji. Metalyzer spolu s vyhodnocovacím softwarem MetaSoft Studio má schopnost měřit až sto různých parametrů týkajících se kardiopulmonálních funkcí. MetaSoft Studio je volitelná softwarová licence kompatibilní s Cortex Metalyzator a a Cortex MetaMax. MetaSoft Studio umožňuje provádět testy klidové spirometrie, jako jsou test vitální kapacity, test usilovné vitální kapacity (FVC) a test maximální minutové ventilace (MVV) (Compek, 2023).

### **Obrázek 6**

*Cortex MetaLyzer 3B*



(zdroj: [https://www.compek.cz/e-shop/cortex-metalyzer-3b-komplet\\_823-002.html](https://www.compek.cz/e-shop/cortex-metalyzer-3b-komplet_823-002.html)).

### **Cortex Meta Control 3000**

Cortex MetaControl 3000 je efektivně navržený spiroergometrický systém, který zajistí maximální kompatibilitu a spolehlivost při provádění kardiopulmonálních zátěžových CPET testů. MetaControl 3000 kombinuje analyzátor dýchacích plynů Cortex MetaLyzer s 12 odvodným elektrokardiografem a dalšími přístroji a příslušenstvím. Všechny periferní zařízení jsou připojeny k výkonnému počítači. Počítač je integrován do praktického vozíku, ve kterém jsou umístěny dva monitory pro zobrazení spirometrických a ergometrických parametrů spolu s EKG křivkou (Compek, 2010).

### **Obrázek 7**

*Cortex MetaControl 3000*



(zdroj: <https://www.summusvita.cz/o-nas/vybaveni/metacontrol-3000/>).

### **Lode Valiant 2 CPET**

Dále byl během výzkumu použit běhací pás Lode Valiant 2 CPET. Jedná se o běhací pás navržen speciálně pro kardio-pulmonální zátěžové testování. Na páse můžeme libovolně nastavit rychlost v rozmezí 0,5-20 km/hod. Programovatelná řídicí jednotka umožňuje naprogramovat až 50 protokolů, z čehož je 9 před programovaných. Velikost běhací plochy je 150 x 50 cm a maximální možná hmotnost pacienta je 225 kg. Dále je možné také libovolné nastavení sklonu 0-25 % (Compek, 2023).

## Obrázek 8

*Lode Valiant 2 CPET*



(zdroj: [https://www.compek.cz/e-shop/behaci-pas-lode-valiant-2-cpet\\_707-201.html](https://www.compek.cz/e-shop/behaci-pas-lode-valiant-2-cpet_707-201.html)).

### **InBody 770**

Přístroj InBody 770 poskytuje metodu měření přímé analýzy segmentové multifrekvenční bioelektrické impedance. Jedná se o 30 měření impedance pomocí 6 různých frekvencí (1,5,50,250,500,1000 kHz) na jednotlivých 5 segmentech (pravá paže, levá paže, trup, pravá noha, levá noha). Váha přístroje je 45 kg a rozsah váhy osoby 10 až 300 kg. Doba měření pomocí InBody 770 je menší než 2 minuty. InBody 770 nám poskytuje data o složení těla (celková voda, vnitrobuněčná voda, mimobuněčná voda, minerální látky, bílkoviny, hmotnost tuku, Segmentální analýzu svalovinu a tuku) (InBody, 2023).

## Obrázek 9

*InBody 770*



(zdroj: <https://www.inbody.cz/produkty/20-inbody>).

### **Hrudní pás Polar H7**

Jedná se o hrudní pás, který snímá tepovou frekvenci. Hlavní výhodou tohoto zařízení je, že funguje bezdrátově, což je při testování na běhacím pásu velkou výhodou.

## Obrázek 10

### *Hrudní pás Polar H7*



(zdroj: <https://www.duvlan.cz/hrudni-pas-polar-h7/>).

### **Optoelektronický pletysmograf**

Optoelektronická pletysmografie (OEP) je metoda neinvazivního měření, která využívá infračerveného světla k identifikaci bodů na hrudní stěně. Tyto body jsou umístěny na sérii reflexních značek, které jsou připevněny k hrudnímu koši a břichu. Díky schopnosti sledovat polohu každého bodu v prostoru a vypočítat uzavřený objem a trojrozměrnou strukturu umožňuje OEP monitorovat objem hrudní stěny během klidného dýchání a cvičení. Tato metoda dokáže zachytit změny objemu v oblasti hrudníku, včetně těch, které vznikají během každého dechu (Calverley & Koulouris, 2005).

Systém BTS SMART DX poskytuje vysokou přesnost (<0,1 mm) sledování pohybu pro analýzu pohybu pomocí digitálních kamer (až 2048 × 2048 pixelů), které zaznamenávají až 2000 snímků za sekundu a jsou vybaveny výkonnými infračervenými osvětlovači pro zajištění vynikajícího výkonu i za nepříznivých podmínek. Integrovaný BTS Smart Analyzer software nám dovoluje vytvářet vlastní protokoly s výpočty (Ancans et al., 2021).

## Obrázek 11

### *System BTS SMART DX*



(zdroj: <https://www.btsbioengineering.com/products/smart-dx-evo/>).

## 4.3 Statistické zpracování

### 4.3.1 Obsahová analýza

Analýza obsahu je postup, který umožňuje strukturovaný, objektivní a kvantitativní rozbor textových nebo mluvených projevů a jejich interpretaci. Tato metoda se používá k systematickému zkoumání literatury, novin, časopisů, filmů, životopisů, osobní korespondence a dalších textových dokumentů (Štumbauer, 1990).

Metodu obsahové analýzy jsme použili v teoretické části této bakalářské práce. Cílem bylo shromažďování informací a poznatků k tématu této práce.

### 4.3.2 Metoda měření

Metoda měření proběhla ve funkční laboratoři zátěžové diagnostiky JČU. K této bakalářské práci byly využity tyto přístroje: InBody 770, Cortex MetaControl 3000, Cortex Metalyzer 3B, Ergometr LodeValiant+, hrudní pás Polar H7 a spiroergometrická maska.

### **4.3.3 Komparativní metoda**

Pomocí komparativní metody jsme byli schopni porovnávat naměřené hodnoty jednotlivých probandů. V této práci jsme mezi sebou porovnávali hodnoty pro skupiny deseti plavců a deseti nesportujících. Pomocí komparativní metody jsme byli schopni potvrdit či vyvrátit námi stanovené hypotézy pro tuto práci. Tato metoda nám také umožnila vyhodnotit závěry práce.

V kapitole výsledky jsme pro vyhodnocení hodnot použili krabicové a výšečové grafy. Pro porovnání hodnot byl použit program Excel 2021.

Krabicový graf slouží k částečnému shrnutí dat. Poskytuje robustní odhad polohy dat, zobrazení mediánu  $M$ , posouzení symetrie kolem kvartilů a na koncích rozložení a umožňuje také identifikaci odlehlých hodnot (Vacínová, 2014).

Výšečové grafy ukazují relativní velikosti jednotlivých prvků v jedné sadě dat vzhledem k celkové sumě těchto prvků. Jednotlivé datové body jsou zobrazeny jako procentuální podíl celku ve výšečovém grafu (Smutný, 2018).

### **4.3.4 Statistická a věcná významnost**

Statistika slouží jako sada přímých a objektivních prostředků k získávání a interpretaci dat, aby podpořila jak přípravu a provádění výzkumu, tak zejména vyhodnocení dosažených výsledků (Thomas & Nelson, 2001).

Statistickou významnost můžeme popsat jako pravděpodobnost získání stejných nebo ještě výraznějších výsledků při opakovaném použití téže metody, přičemž nulová hypotéza je přijímána jako platná (Zvárová, 2004).

Věcnou významnost jsme hodnotili pomocí Cohenova  $d$ . To lze využít pro hodnocení efektu mezi dvěma nezávislými proměnnými (Blahuš, 2000).

Podle (Hendl, 2004) můžeme pro hodnocení věcné významnosti využít velikost koeficientu  $d$ :

- $d \geq 0,80$  – velký efekt,
- $d = 0,50$  až  $0,80$  – střední efekt,
- $d = 0,20$  až  $0,50$  – malý efekt.

Věcná a statistická významnost byla použita pro komparaci hodnot u probandů. Hodnoty, které byly v této práci porovnávané: MV, BF, VT, IMT, EMT, BMT, PRC VT (I), PRC VT %, ARC VT (I), ARC VT %, A VT (I), A VT %.



## 5 Výsledky

### 5.1 Minutová ventilace (MV)

První hodnota, která byla v této práci zkoumána a porovnávána byla hodnota MV (Minutová Ventilace) z anglického Minute Ventilation. Na grafech 1—4 jsou znázorněny a prezentovány výsledné hodnoty minutové ventilace u plavců a nesportujících. Obrázek č. 12 znázorňuje naměřené hodnoty plavců. Obrázek č. 13 hodnoty nesportujících.

#### Obrázek 12

##### *Minutová ventilace plavci*

probandi skupina plavci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	15,4	12,8	15,8	18,9	11,2	18,4	8,3	16,8	12,2	14,4
stand	9,9	10,9	11,9	16,7	10,8	19,1	10,9	18,7	10,3	12,4
3. minuta	37,5	33,3	33,0	28,7	26,0	32,9	28,3	30,7	29,4	37,3
6. minuta	46,9	47,4	48,1	40,0	47,1	44,9	41,5	41,6	35,0	55,6
9. minuta	67,8	66,2	80,3	61,9	77,2	69,9	59,6	65,4	55,2	89,2
12. minuta	99,0	105,7	114,5	95,9	122,7	127,2	89,5	115,9	101,7	134,0
15. minuta	132,1	144,5	144,9	136,7	154,3	154,3	116,0		149,4	194,9

#### Obrázek 13

##### *Minutová ventilace nesportující*

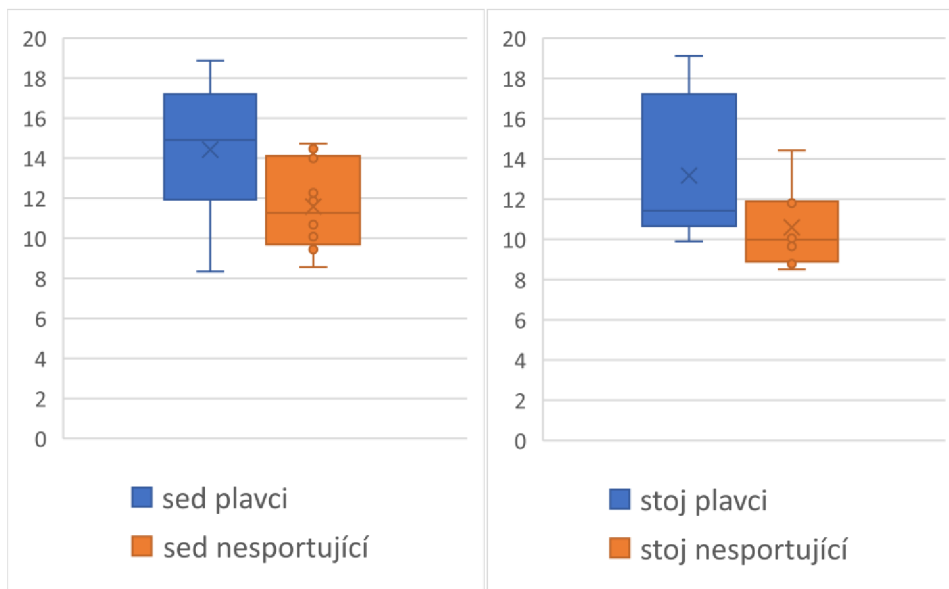
probandi skupina nesportující	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	11,9	14,5	14,0	8,6	12,3	10,1	9,8	10,7	14,7	9,4
stand	11,8	14,4	9,6	8,9	12,1	8,5	10,1	9,9	11,8	8,8
3. minuta	28,1	27,9	23,2	21,5	41,7	33,3	38,4	29,2	33,8	32,3
6. minuta	37,4	42,0	38,9	30,1	61,3	29,7	56,6	47,8	40,9	51,4
9. minuta	49,0	75,2	67,4	41,1	75,3	43,4	96,6	77,7	66,4	98,0
12. minuta	103,3	105,7	119,9	60,2	107,1	65,1		157,1	107,8	
15. minuta		141,3		134,8	153,9	107,7				

#### 5.1.1 Porovnání hodnot MV u plavců a nesportujících v sedě a ve stoje

Na grafu č. 1 můžeme pozorovat, že v sedě dosáhli plavci průměrné hodnoty  $14,4 \pm 2,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nesportující dosáhli nižší průměrné hodnoty a to  $11,6 \pm 1,9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejvyšší naměřená hodnota u plavců byla  $18,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a u nesportujících  $14,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejnižší hodnota poté u plavců činila  $8,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a u nesportujících  $8,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . U věcné významnosti pomocí Cohenova  $d$  vyšlo pro rozdíl hodnot minutové ventilace v sedě ( $d=1,1$ ), což představuje velký efekt. Rozdíl je statisticky významný ( $p=0,04$ ), což značí, že rozdíl je, jak věcně, tak i statisticky významný. Graf č. 1 nám také znázorňuje, že vyšší průměrné hodnoty minutové ventilace ve stoje dosáhli plavci. Jejich průměrná hodnota byla  $13,2 \pm 3,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nesportujícím byla naměřena průměrná hodnota ve stoje  $10,6 \pm$



1,5 l·min<sup>-1</sup> Nejvyšší naměřená hodnota u plavců dosahovala hodnoty 19,1 l·min<sup>-1</sup> a nejnižší hodnota 9,9 l·min<sup>-1</sup>. Nejvyšší naměřená hodnota u nesportujících činila 14,4 l·min<sup>-1</sup> a nejnižší hodnota 8,5 l·min<sup>-1</sup>. Rozdíl je věcně významný ( $d=1,0$ ). Tato hodnota představuje velký efekt. Rozdíl není statisticky významný.



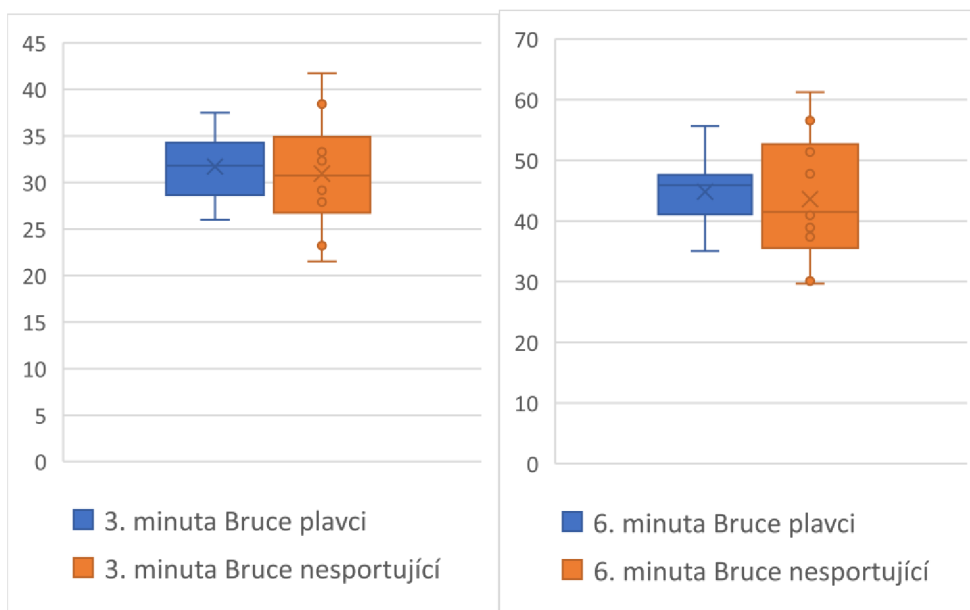
**Graf 1**

*Porovnání hodnot minutové ventilace u plavců a nesportujících v sedě a ve stoje.*

### **5.1.2 Porovnání hodnot MV u plavců a nesportujících ve 3. a 6. minutě Bruceova testu**

Graf č. 2 nám znázorňuje dosažené hodnoty minutové ventilace ve 3. minutě a 6. minutě Bruceova testu. Ve 3. minutě můžeme pozorovat, že se průměrná hodnota minutové ventilace mezi plavci a nesportujícími příliš nelišila. Plavci dosáhli průměrné hodnoty minutové ventilace  $31,7 \pm 3,1$  l·min<sup>-1</sup> a nesportující hodnoty  $31,0 \pm 5,0$  l·min<sup>-1</sup>. Co se týče maximální hodnoty minutové ventilace pro 3. minutu Bruceova testu, tak zde dosáhli nesportující vyšší hodnoty a to 41,7 l·min<sup>-1</sup> a nesportující hodnoty 37,5 l·min<sup>-1</sup>. Minimální hodnota činila u nesportujících 21,5 l·min<sup>-1</sup> a u plavců 26,0 l·min<sup>-1</sup>. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Na grafu č. 2 lze pozorovat také hodnoty minutové ventilace pro 6. minutu Bruceova testu. Průměrné hodnoty plavců a nesportujících se zde příliš nelišily. Vyšší průměrné hodnoty minutové ventilace dosáhli plavci s hodnotou  $44,8 \pm 4,2$  l·min<sup>-1</sup>. Nižší hodnoty poté dosáhli nesportující a to hodnoty  $43,6 \pm 8,5$  l·min<sup>-1</sup>. Nejvyšší naměřená hodnota byla změřena u nesportujících a to 61,3 l·min<sup>-1</sup>, plavci dosáhli nejvyšší hodnoty 55,6 l·min<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnota byla naměřena také u

nesportujících a to  $29,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . U plavců činila nejnižší hodnota  $35,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

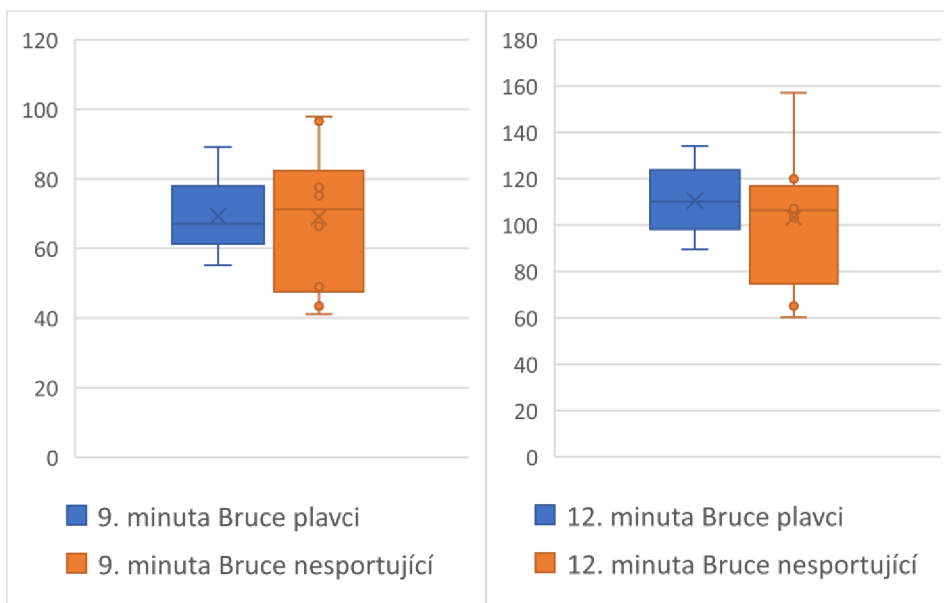


## Graf 2

*Porovnání hodnot minutové ventilace u plavců a nesportujících ve 3. a 6. minutě Bruceova testu.*

### 5.1.3 Porovnání hodnot MV u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu

Graf č. 3 nám znázorňuje hodnoty minutové ventilace pro 9. a 12. minutu Bruceova testu. V 9. minutě byly průměrné hodnoty minutové ventilace plavců a nesportujících téměř totožné. Plavci dosáhli mírně vyšší průměrné hodnoty  $69,3 \pm 7,9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a nesportujících průměrné hodnoty  $69,0 \pm 15,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejvyšší zaznamenaná hodnota byla změřena u nesportujících a to hodnota  $98,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , nejvyšší hodnotou u plavců byla hodnota  $89,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejnižší hodnota naměřena u nesportujících byla  $41,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a u plavců poté  $55,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Na grafu č. 3 můžeme také vidět, že průměrná hodnota minutové ventilace se ve 12. minutě mezi plavci a nesportujícími liší více než v minutě 9. Ve 12. minutě dosáhli plavci vyšší průměrné hodnoty minutové ventilace a to  $110,6 \pm 12,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , zatímco nesportující dosáhli hodnoty  $103,3 \pm 20,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejvyšší naměřená hodnota byla ve 12. minutě u nesportujících  $157,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a u plavců byla nejvyšší naměřená hodnota  $134,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejnižší naměřená hodnota byla opět u nesportujících  $60,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a u plavců byla nejnižší naměřená hodnota  $89,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rozdíl je věcně významný ( $d=0,3$ ). Jedná se o malý efekt. Rozdíl není statisticky významný.

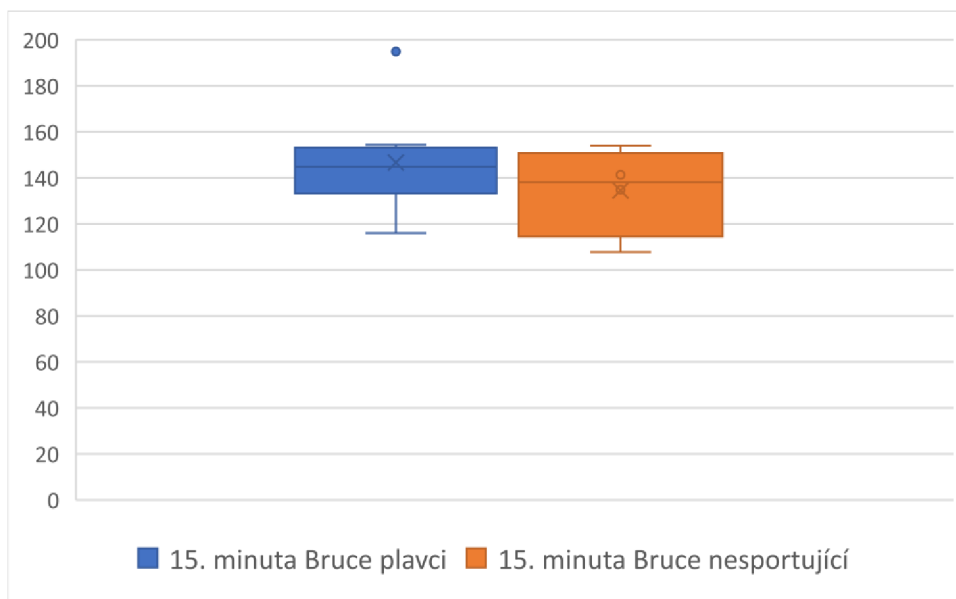


### Graf 3

*Porovnání hodnot minutové ventilace u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu.*

#### **5.1.4 Porovnání hodnot MV u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu**

Graf č. 4 nám znázorňuje 15. minutu Bruceova testu. Vyšší průměrné hodnoty minutové ventilace dosáhli plavci  $146,6 \pm 14,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nesportující dosáhli průměrné hodnoty  $134,4 \pm 13,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejvyšší naměřená hodnota zde byla zaznamenána u plavců  $154,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a jednomu probandovi ze skupiny plavců zde byla naměřena hodnota  $195,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . U nesportujících se od plavců nejvyšší hodnota příliš nelišila  $154,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nejnižší hodnota byla naměřena u nesportujících  $107,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a u plavců nejnižší hodnota dosahovala  $116,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Rozdíl je věcně významný ( $d=0,6$ ). Jedná se o stření efekt. Rozdíl není statisticky významný.



**Graf 4**

*Porovnání hodnot minutové ventilace u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu.*

## 5.2 Dechová frekvence (BF)

Další zkoumanou hodnotou je hodnota BF neboli dechová frekvence z anglického Breath Frequency. Frekvence dýchání je počet dechů za nějaký určitý časový interval. Na grafech č. 5—8 jsou prezentovány a znázorněny výsledné hodnoty frekvence dýchání u plavců a nesportujících. Obrázek č. 14 zobrazuje hodnoty frekvence dýchání pro plavce. Obrázek č. 15 zobrazuje hodnoty pro nesportující.

**Obrázek 14**

*Dechová frekvence plavci*

probandi skupina plavci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	10,1	16,2	14,4	17,2	15,1	14,6	8,0	14,4	25,6	17,2
stand	9,3	16,7	19,1	18,6	15,1	16,6	15,9	13,0	23,1	19,9
3. minuta	24,6	24,3	26,0	23,8	15,4	19,0	24,2	16,7	26,9	21,4
6. minuta	24,5	24,2	31,1	27,9	26,6	15,6	22,9	22,0	21,2	28,1
9. minuta	29,1	23,3	37,9	30,5	30,9	20,9	26,1	31,2	25,8	37,4
12. minuta	30,9	27,9	46,7	37,2	35,0	32,9	35,5	44,6	38,1	46,4
15. minuta	39,7	35,5	50,0	35,0	47,5		41,7		49,8	61,1

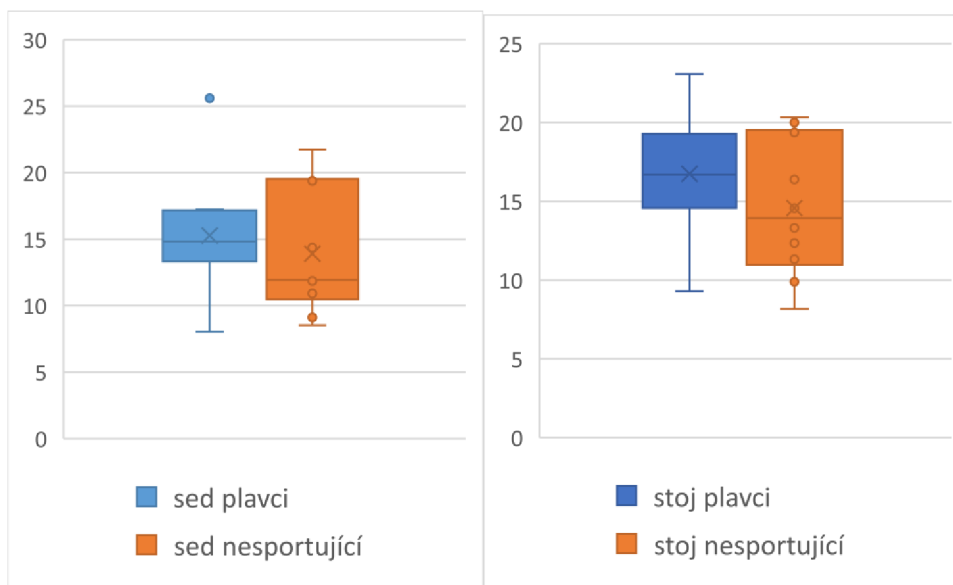
## Obrázek 15

### Dechová frekvence nesportující

probandi skupina nesportující	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	19,9	11,9	10,9	8,5	19,4	11,1	14,4	21,7	12,0	9,1
stand	14,6	13,3	16,4	8,2	20,3	12,4	20,0	19,4	9,9	11,3
3. minuta	24,1	23,4	15,5	16,4	29,9	24,3	19,6	21,0	17,8	21,9
6. minuta	19,2	18,5	21,1	17,8	34,0	13,8	21,1	25,2	16,9	23,3
9. minuta	29,0	29,1	29,2	18,9	38,3	25,2	26,7	32,1	27,8	40,3
12. minuta	42,8	33,6	44,5	28,4	43,6	29,5		43,4	42,3	
15. minuta		48,6		50,1	52,2	40,0				

#### 5.2.1 Porovnání hodnot dechové frekvence u plavců a nesportujících v sedě a ve stoje

Graf č. 5 nám znázorňuje hodnoty dechové frekvence v sedě a ve stoje. Vyšší průměrné hodnoty frekvence dýchání dosáhli plavci a to  $15,3 \pm 3,0$  dechů·min<sup>-1</sup>, nesportující dosáhli průměrné hodnoty  $13,9 \pm 4,0$  dechů·min<sup>-1</sup>. Nejvyšší naměřená hodnota u nesportujících byla 21,7 dechů·min<sup>-1</sup> a u plavců 17,2 dechů·min<sup>-1</sup> s tím, že probandovi č. 9 byla naměřena hodnota 25,6 dechů·min<sup>-1</sup>. Nejnižší naměřená hodnota u plavců činila 8,0 dechů·min<sup>-1</sup> a u nesportujících 8,5 dechů·min<sup>-1</sup>. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,3$ ) a jedná se o malý efekt. Rozdíl není statisticky významný. Graf č. 5 nám také znázorňuje frekvenci dýchání ve stoje. Plavci dosáhli vyšší průměrné hodnoty frekvence dýchání a to  $16,7 \pm 2,7$  dechů·min<sup>-1</sup>. Nesportující dosáhli nižší průměrné hodnoty  $14,6 \pm 3,6$  dechů·min<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnoty frekvence dýchání dosáhli plavci 23,0 dechů·min<sup>-1</sup> a nesportujícím byla naměřena nejvyšší hodnota 20,3 dechů·min<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnota byla naměřena u nesportujících 8,2 dechů·min<sup>-1</sup> a nejnižší hodnota u plavců byla 9,3 min<sup>-1</sup>. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,6$ ), tudíž se jedná o střední efekt. Rozdíl není statisticky významný.



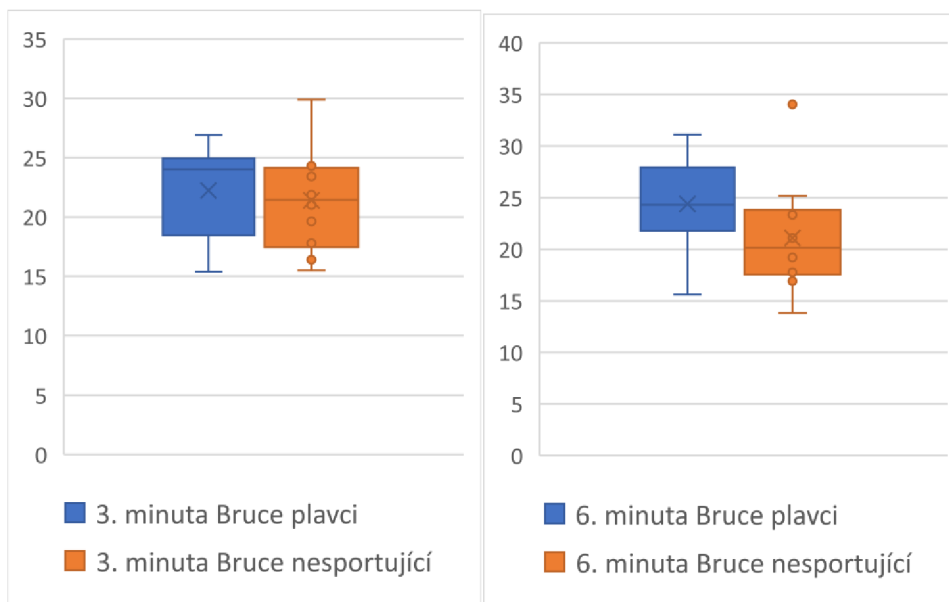
**Graf 5**

*Porovnání hodnot dechové frekvence u plavců a nesportujících v sedě a stoje.*

**5.2.2 Porovnání hodnot dechové frekvence u plavců a nesportujících ve 3. a 6. minutě Bruceova testu**

Na grafu č. 6 lze pozorovat hodnoty dechové frekvence ve 3. a 6. minutě Bruceova testu. Ve 3. minutě vyšší průměrné hodnoty dosáhli plavci  $22,2 \pm 3,3$  dechů·min<sup>-1</sup> a nesportující dosáhli průměrné hodnoty  $21,4 \pm 3,3$  dechů·min<sup>-1</sup>. Nejvyšší naměřenou hodnotu lze pozorovat u nesportujících, kde hodnota dosáhla 29,9 dechů·min<sup>-1</sup>. Nejvyšší naměřená hodnota u plavců byla 26,9 dechů·min<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnoty byly o obou skupin téměř totožné. Plavcům byla naměřena hodnota 15,4 dechů·min<sup>-1</sup> a nesportujícím hodnota 15,5 dechů·min<sup>-1</sup>. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,2$ ), tudíž se jedná o malý efekt. Rozdíl není statisticky významný. Graf č. 6 nám také znázorňuje hodnoty frekvence dýchání v 6. minutě Bruceova testu. Plavci dosáhli vyšší průměrné hodnoty frekvence dýchání  $24,4 \pm 3,2$  dechů·min<sup>-1</sup>, nesportující dosáhli průměrné hodnoty  $21,1 \pm 3,9$  dechů·min<sup>-1</sup>. Ve skupině plavců byla nejvyšší hodnota 31,1 dechů·min<sup>-1</sup> a ve skupině nesportujících 25,2 dechů·min<sup>-1</sup>. U probanda č. 15 byla naměřena hodnota mimo rozptyl grafu 34,0 dechů·min<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnota ve skupině

nesportujících činila  $13,8 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$  a ve skupině plavců  $15,6 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$ . Rozdíl je věcně významný ( $d=0,7$ ), tudíž se jedná o střední efekt. Rozdíl není statisticky významný.

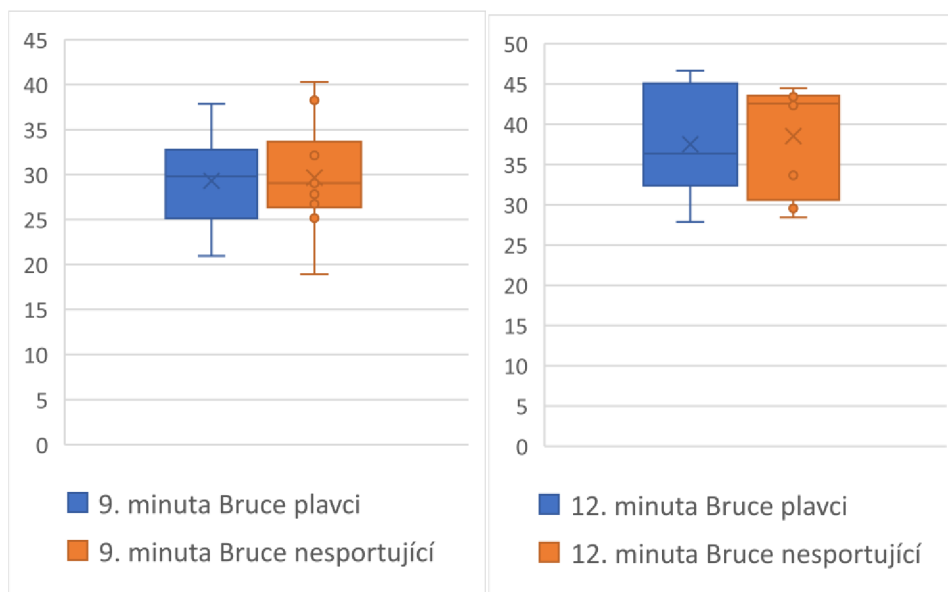


**Graf 6**

*Porovnání hodnot dechové frekvence u plavců a nespportujících v 3. a 6. minutě Bruceova testu*

### **5.2.3 Porovnání hodnot dechové frekvence u plavců a nespportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu**

Na Grafu č. 7 je znázorněna dechová frekvence v 9. a 12. minutě Bruceova testu. Na tomto grafu lze pozorovat, že průměrné hodnoty frekvence dýchání v 9. minutě jsou u obou skupin téměř totožné. Skupině plavců byla naměřena průměrná hodnota  $29,3 \pm 4,3 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$  a skupině nespportujících průměrná hodnota  $29,7 \pm 4,3 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$ . Nejvyšší hodnota ve skupině nespportujících činila  $40,3 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$  a ve skupině plavců  $37,9 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$ . Nejnižší hodnota ve skupině nespportujících byla  $18,9 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$  a ve skupině plavců  $20,9 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$ . Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Graf č. 7 nám znázorňuje také frekvenci dýchání ve 12. minutě Bruceova testu. Průměrné hodnoty frekvence dýchání jsou u obou skupin podobné. Nespportující dosáhli průměrné hodnoty  $38,5 \pm 6,0 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$  a plavci průměrné hodnoty  $37,5 \pm 5,1 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$ . Nejvyšší hodnota ve skupině plavců byla  $46,7 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$  a ve skupině nespportujících  $44,5 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$ . Nejnižší hodnota poté ve skupině plavců  $27,9 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$  a ve skupině nespportujících  $28,4 \text{ dechů} \cdot \text{min}^{-1}$ . Rozdíl není věcně ani statisticky významný.



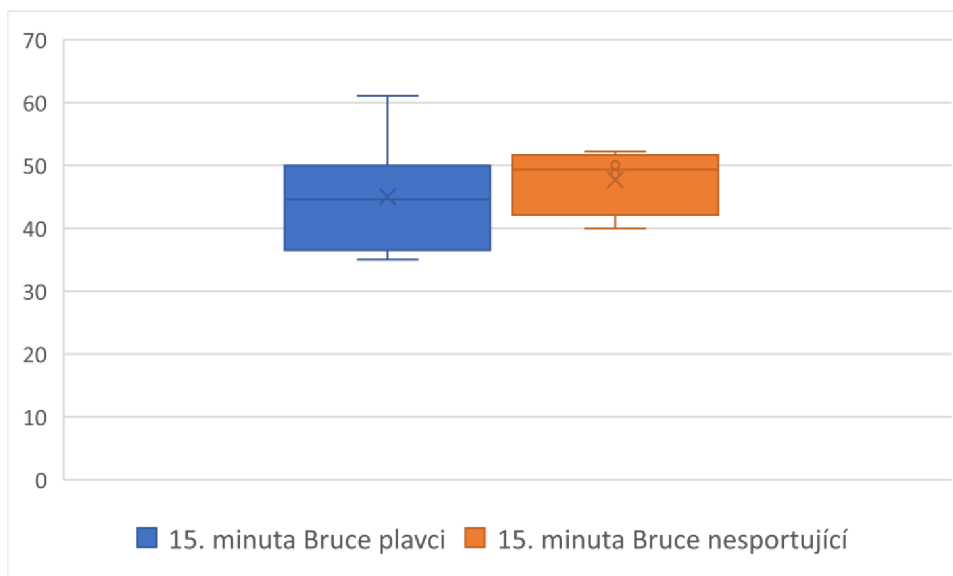
**Graf 7**

*Porovnání hodnot dechové frekvence u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu.*

#### **5.2.4 Porovnání hodnot dechové frekvence u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu**

Na grafu č. 8 lze pozorovat hodnoty dechové frekvence z poslední 15. minuty Bruceova testu. Vyšší průměrné hodnoty dosáhla skupina nesportujících  $47,7 \pm 3,9$  dechů·min<sup>-1</sup>. Skupina plavců poté dosáhla průměrné hodnoty  $45,0 \pm 7,1$  dechů·min<sup>-1</sup>. V grafu lze pozorovat, že nejvyšší hodnota ve skupině plavců dosáhla  $61,0$  dechů·min<sup>-1</sup> a ve skupině nesportujících  $52,2$  dechů·min<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnota ve skupině plavců činila  $35,0$  dechů·min<sup>-1</sup> a ve skupině nesportujících  $40,0$  dechů·min<sup>-1</sup>. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.





**Graf 8**

*Porovnání hodnot frekvence dýchání u plavců a nespportujících v 15. minutě Bruceova testu.*

### 5.3 Dechový objem (VT)

Další hodnotou, kterou jsme pro tuto bakalářskou práci zkoumali je dechový objem (VT) anglicky Tidal Volume. Hodnota (VT) představuje množství vzduchu, které je vdechnuto nebo vydechnuto za jeden dechový cyklus. Na grafech 9—12 jsou zobrazeny a interpretovány tyto hodnoty. Obrázek č. 16 zobrazuje naměřené hodnoty u plavců. Obrázek č. 17 u nespportujících.

#### Obrázek 16

*Dechový objem plavci*

probandi skupina plavci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	1,5	0,8	1,1	1,1	0,7	1,3	1,0	1,2	0,5	0,8
stand	1,1	0,7	0,6	0,9	0,7	1,1	0,7	1,4	0,4	0,6
3. minuta	1,5	1,4	1,3	1,2	1,7	1,7	1,2	1,8	1,1	1,7
6. minuta	1,9	2,0	1,5	1,4	1,8	2,9	1,8	1,9	1,6	2,0
9. minuta	2,3	2,8	2,1	2,0	2,5	3,3	2,3	2,1	2,1	2,4
12. minuta	3,2	3,8	2,5	2,6	3,5	3,9	2,5	2,6	2,7	2,9
15. minuta	3,3	4,1	2,9	3,9	3,3		2,8		3,0	3,2

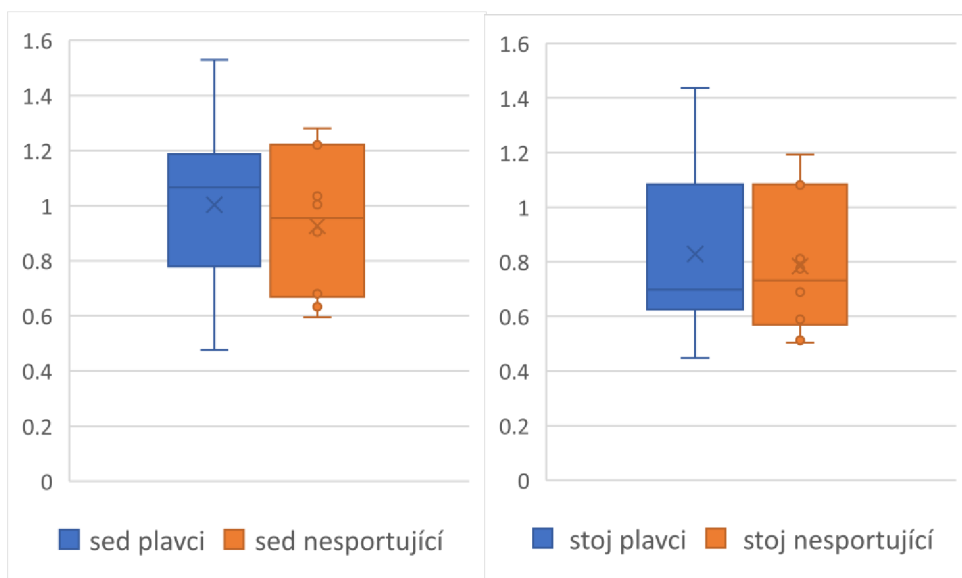
## Obrázek 17

### Dechový objem nespportující

probandi skupina nespportující	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	0,6	1,2	1,3	1,0	0,6	0,9	0,7	0,7	1,2	1,0
stand	0,8	1,1	0,6	1,1	0,6	0,7	0,5	0,5	1,2	0,8
3. minuta	1,2	1,2	1,5	1,3	1,4	1,4	2,0	1,4	1,9	1,5
6. minuta	1,9	2,3	1,8	1,7	1,8	2,1	2,7	1,9	2,4	2,2
9. minuta	1,7	2,6	2,3	2,2	2,0	1,7	3,6	2,4	2,4	2,4
12. minuta	2,4	3,1	2,7	2,1	2,5	2,2		3,6	2,5	
15. minuta		2,9		2,7	2,9	2,7				

### 5.3.1 Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nespportujících v sedě a ve stoje

Na grafu č. 9 lze pozorovat hodnoty dechového objemu v sedě a ve stoje. Vyšší průměrné hodnoty v sedě dosáhla skupina plavců  $1,0 \pm 0,2$  l a skupina nespportujících dosáhla hodnoty  $0,9 \pm 0,2$  l. Nejvyšší dosažená hodnota u skupiny plavců byla 1,5 l a u skupiny nespportujících 1,3 l. Naopak nejnižší dosažená hodnota byla u skupiny plavců 0,5 l a skupiny nespportujících 0,6 l. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,3$ ) jedná se o malý efekt. Rozdíl není statisticky významný. V grafu č. 9 lze pozorovat i hodnoty dechového objemu ve stoje. Z grafu lze vyčíst, že průměrné hodnoty skupin plavců a nespportujících jsou podobné. Plavci dosáhli vyšší průměrné hodnoty  $0,8 \pm 0,2$  l a nespportující dosáhli průměrné hodnoty  $0,8 \pm 0,2$  l. Maximální hodnota u skupiny plavců dosáhla 1,4 l a u nespportujících 1,2 l. Minimální hodnota poté u plavců činila 0,5 l a u nespportujících 0,5 l. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

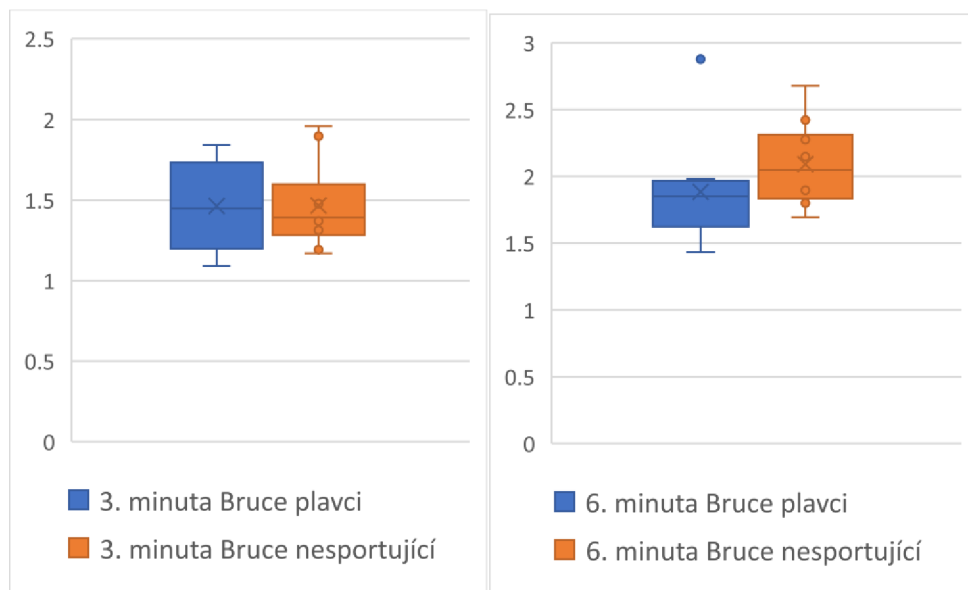


Graf 9

Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nespportujících v sedě a ve stoje.

### 5.3.2 Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nespportujících ve 3. a 6. minutě Bruceova testu

Graf č. 10 nám zobrazuje hodnoty pro dechový objem ve 3. a 6. minutě Bruceova testu. Z grafu 3. minuty je patrné, že průměrná hodnota dechového objemu byla téměř totožná. Vyšší průměrné hodnoty dosáhla skupina nespportujících  $1,47 \pm 0,19$  l a skupina plavců dosáhla hodnoty  $1,5 \pm 0,2$  l. Nejvyšší naměřená hodnota ve skupině nespportujících byla 2,0 l a ve skupině plavců 1,8 l. Naopak nejnižší hodnoty byly zaznamenány u skupiny plavců v hodnotě 1,1 l a ve skupině nespportujících 1,2 l. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Na grafu č. 10 můžeme pozorovat, že hodnoty se během 6. minuty Bruceova testu u obou skupin opět příliš nelišily. Vyšší průměrné hodnoty dosáhli nespportující  $2,1 \pm 0,3$  l a skupina plavců dosáhla průměrné hodnoty  $1,9 \pm 0,2$  l. Maximální hodnoty se ovšem 6. minutě lišily. Skupina nespportujících dosáhla hodnoty 2,7 l a skupina nespportujících 2,0 l, s tím že u probanda č. 6 byla naměřena hodnota 2,9 l. Nejnižší hodnota poté ve skupině plavců činila 1,4 l a ve skupině nespportujících 1,7 l. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.



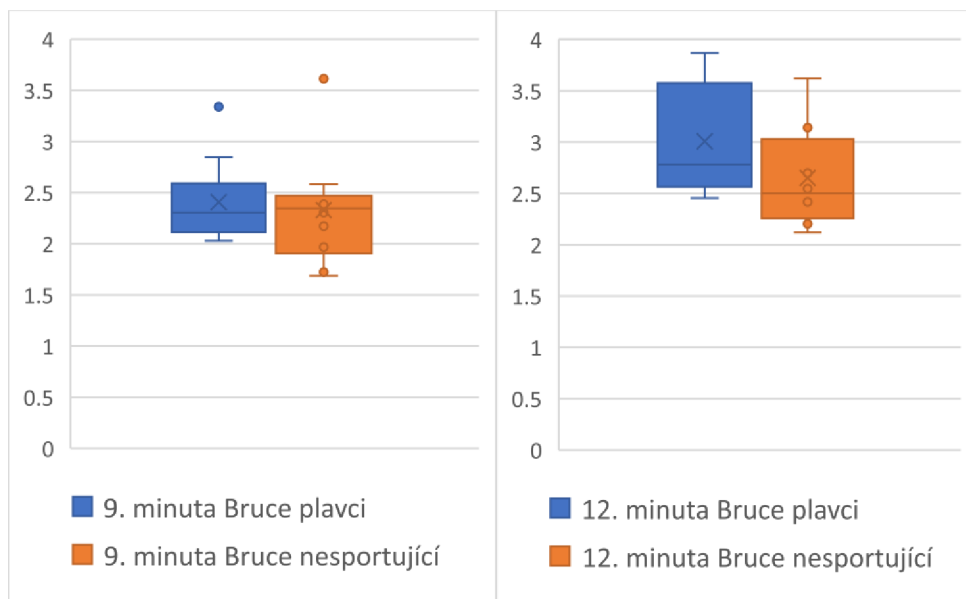
**Graf 10**

*Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nespportujících ve 3. a 6. minutě Bruceova testu.*

### 5.3.3 Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nespportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu

Z grafu č. 11 lze vyčíst, že průměrné hodnoty se v 9. minutě opět příliš nelišily. Skupina plavců dosáhla průměrné hodnoty  $2,4 \pm 0,3$  l a skupina nespportujících  $2,3 \pm 0,4$  l. Maximální hodnota činila u plavců 2,8 l a probandovi č. 6 byla znovu naměřena vyšší

hodnota 3,3 l. Ve skupině nesportujících činila maximální hodnota 2,6 l a u probanda č.12 3,6 l. Minimální hodnota poté u skupiny plavců 2,0 l a u skupiny nesportujících 1,7 l. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Graf č. 11 nám zobrazuje, že ve 12. minutě Bruceova testu dosahují plavci vyšší průměrné hodnoty dechového objemu a to  $3,0 \pm 0,5$  l, nesportující dosáhli hodnoty  $2,7 \pm 0,4$  l. Maximální hodnota ve skupině plavců činila 3,9 l a ve skupině nesportujících 3,6 l. Minimální hodnota u plavců byla 2,5 l a u nesportujících 2,1 l. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,7$ ). Jedná se o střední efekt. Rozdíl není statisticky významný.



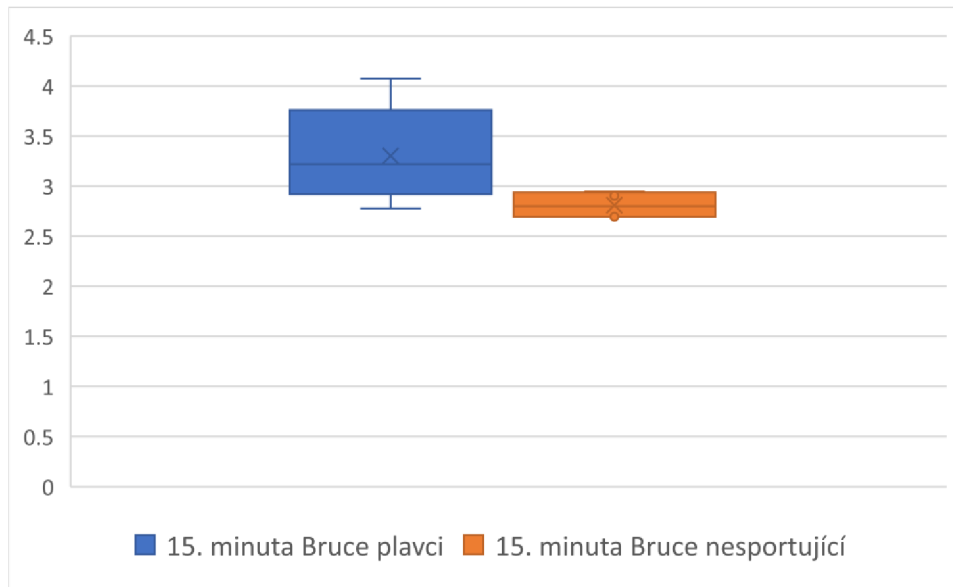
### Graf 11

*Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu.*

#### **5.3.4 Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu**

Graf č. 12 nám znázorňuje 15. minutu Bruceova testu. Plavci dosáhli průměrné hodnoty  $3,3 \pm 0,6$  l a nesportující  $2,8 \pm 0,1$  l. Maximální hodnota u plavců činila 4,0 l a u

nesportujících 2,9 l. Minimální hodnota činila 2,8 l u plavců a u nesportujících 2,7 l. Rozdíl je věcně významný ( $d=1,6$ ) a prokázal velký efekt. Rozdíl není statisticky významný.



**Graf 12**

*Porovnání hodnot dechového objemu u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu.*

### 5.4 Čas nádechu (IMT)

Jedná se o respirační parametr, který měří průměrný čas trvání inhalace. Tato hodnota je vyjadřována v sekundách. Obrázek č. 18 znázorňuje naměřené hodnoty pro plavce. Obrázek č. 19 naměřené hodnoty pro nesportující.

**Obrázek 18**

*Čas nádechu plavci*

probanti skupina plavci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	2,4	1,7	1,9	1,8	1,7	1,8	2,3	1,8	1,1	1,6
stand	2,0	1,5	1,3	1,8	1,9	1,7	1,4	2,1	1,1	1,2
3. minuta	1,3	1,1	1,1	1,1	1,8	1,5	1,1	1,8	1,1	1,3
6. minuta	1,2	1,1	0,9	0,9	1,0	1,7	1,2	1,5	1,3	1,0
9. minuta	1,0	1,3	0,7	0,9	0,9	1,3	1,0	1,0	1,1	0,8
12. minuta	0,9	1,1	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7
15. minuta	0,8	0,9	0,6	0,9	0,6		0,7		0,6	0,5

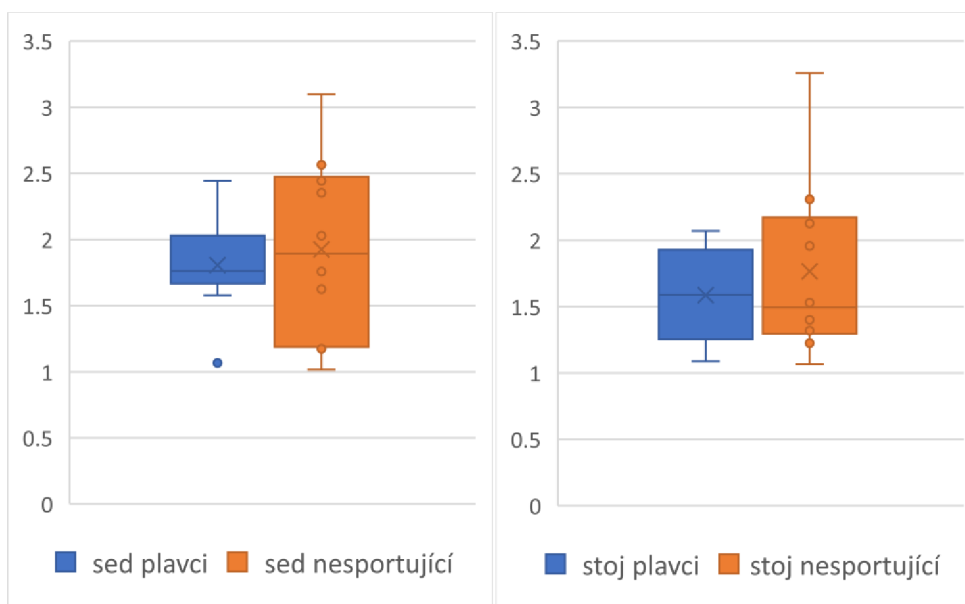
## Obrázek 19

### Čas nádechu nespoutující

probandi skupina nespoutující	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	1,0	1,8	2,0	3,1	1,2	2,4	1,6	1,2	2,4	2,6
stand	1,4	1,5	1,5	3,3	1,1	2,0	1,2	1,3	2,3	2,1
3. minuta	1,0	1,3	1,6	1,8	0,9	1,1	1,3	1,2	1,7	1,2
6. minuta	1,4	1,5	1,3	1,6	0,9	2,2	1,3	1,1	1,4	1,1
9. minuta	1,0	1,0	0,9	1,5	0,8	1,3	1,1	0,9	1,0	0,6
12. minuta	0,7	0,9	0,7	1,1	0,6	1,1		0,7	0,7	
15. minuta		0,7		0,6	0,6	0,8				

#### 5.4.1 Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nespoutujících v sedě a ve stoje.

Na grafu č. 13 lze pozorovat hodnoty času nádechu pro sed a stoj. V sedě dosáhli vyšší průměrné hodnoty nespoutující  $1,9 \pm 0,6$  s. Plavci dosáhli průměrné hodnoty  $1,8 \pm 0,3$  s. Maximální hodnota plavců činila 3,1 s a nespoutujících 3,3 s. Minimální hodnota poté u skupiny plavců 1,6 s a probandovi č. 9 byla naměřena hodnota 1,1 s. U skupiny nespoutujících činila minimální hodnota 1,0 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Druhým parametrem na grafu č. 13 je stoj. Zde dosáhli vyšší průměrné hodnoty nespoutující  $1,8 \pm 0,5$  s a plavci dosáhli hodnoty  $1,6 \pm 0,3$  s. Maximální hodnota činila u nespoutujících 3,3 s a u plavců 2,0 s. Minimální hodnota byla poté u skupin totožná 1,1 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

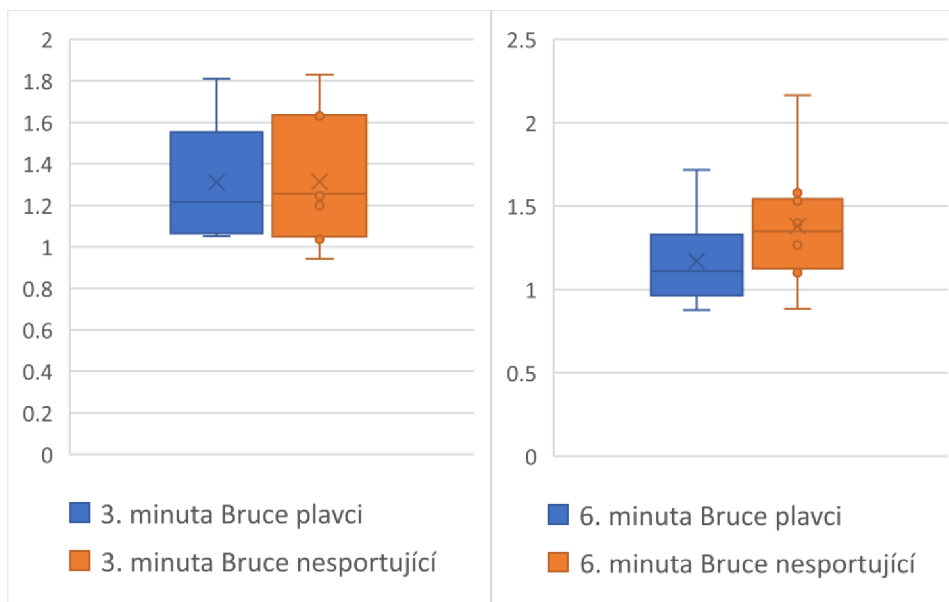


Graf 13

Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nespoutujících v sedě a ve stoje.

#### 5.4.2 Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nesportujících v 3. a 6. minutě Bruceova testu

Graf č. 14 nám zobrazuje hodnoty pro 3. a 6. minutu Bruceova testu. Ve 3. minutě byly průměrné hodnoty času nádechu totožné u plavců i nesportujících  $1,3 \pm 0,2$  s. Maximální hodnota u plavců a nesportujících byla také stejná a činila 1,8 s. Minimální hodnota se lišila u plavců 1,1 s a u nesportujících 0,9 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Druhým parametrem na grafu č. 14 jsou hodnoty pro 6. minutu Bruceova testu. V 6. minutě měli vyšší průměrnou hodnotu nesportující 1,4  $\pm$  0,2 s a plavci hodnotu 1,2  $\pm$  0,2 s. Maximální hodnoty dosáhli nesportující 2,2 s a plavci 1,7s. Minimální hodnoty byly poté u skupin totožné 0,9 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

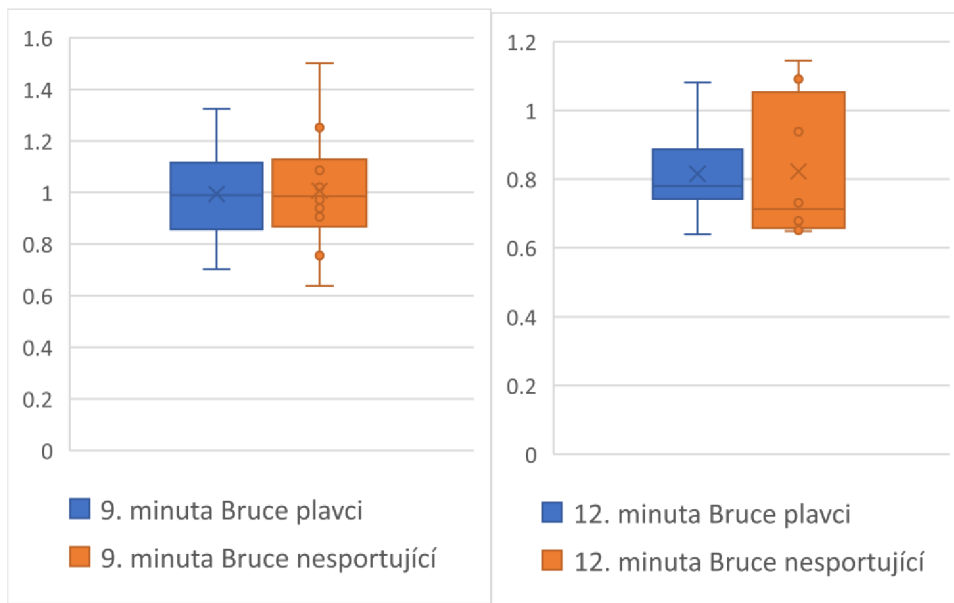


**Graf 14**

*Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nesportujících v 3. a 6. minutě Bruceova testu.*

#### 5.4.3 Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu

Graf č. 15 nám zobrazuje data pro 9. a 12. minutu Bruceova testu. V 9. minutě dosáhli plavci i nesportující stejné průměrné hodnoty  $1,0 \pm 0,1$  s. Maximální hodnota byla u nesportujících 1,5 s a u plavců 1,3 s. Minimální hodnota činila u nesportujících 0,6 s a u plavců 0,7 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Ve 12. minutě byly průměrné hodnoty skupin stejné  $0,8 \pm 0,2$  s. Maximální hodnota u plavců 1,0 s a u nesportujících 1,1 s. Minimální hodnoty byly poté u skupiny plavců 0,6 s a u skupiny nesportujících 0,7 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

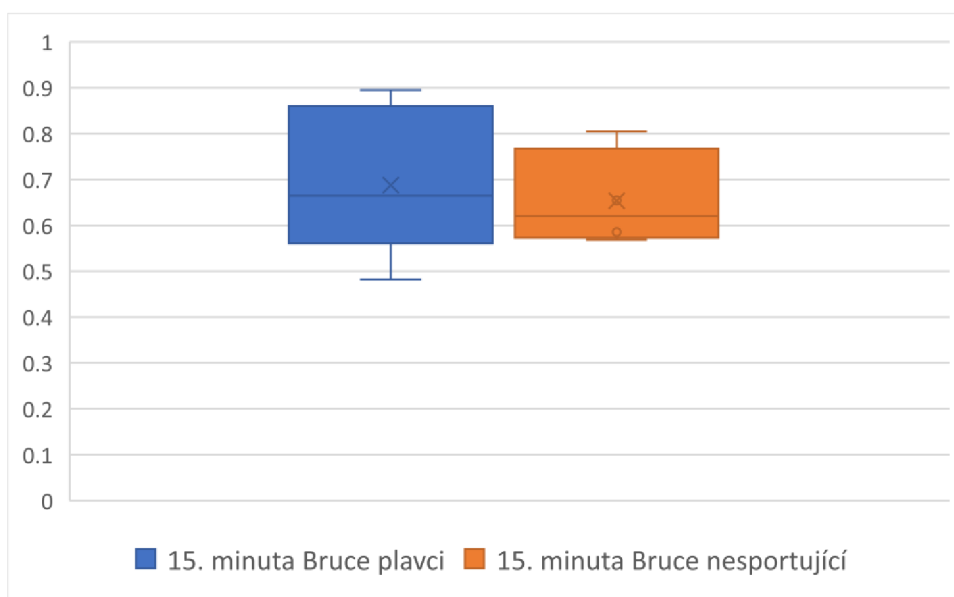


**Graf 15**

*Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu.*

**5.4.4 Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu**

Graf č. 16 nám zobrazuje hodnoty pro 15. minutu Bruceova testu. V 15. minutě dosáhli plavci průměrné hodnoty  $0,7 \pm 0,1$  s. Nesportující dosáhli stejné hodnoty  $0,7 \pm 0,1$  s. Maximální hodnota u plavců byla 0,9 s a u nesportujících 0,8 s. Minimální hodnota poté u plavců 0,5 s a u nesportujících 0,6 s. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,3$ ), značí malý efekt. Rozdíl není statisticky významný.



**Graf 16**

*Porovnání hodnot času nádechu u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu.*



## 5.5 Výdechový čas (EMT)

Další zkoumanou hodnotou je hodnota výdechového času. Tato jednotka měří průměrný čas trvání vydechování a je vyjádřena v sekundách. Obrázek č. 20 znázorňuje hodnoty pro plavce. Obrázek č. 21 pro nesportující.

### Obrázek 20

*Výdechový čas plavci*

probandi skupina plavci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	3,5	2,0	2,2	1,7	2,3	2,4	5,2	2,4	1,3	1,9
stand	4,4	2,1	1,9	1,5	2,1	1,9	2,4	2,5	1,5	1,8
3. minuta	1,1	1,4	1,3	1,4	2,1	1,7	1,4	1,8	1,2	1,5
6. minuta	1,3	1,4	1,1	1,2	1,2	2,1	1,5	1,3	1,5	1,1
9. minuta	1,1	1,3	0,9	1,1	1,1	1,5	1,3	0,9	1,3	0,8
12. minuta	1,0	1,1	0,6	0,8	0,9	1,0	0,9	0,6	0,8	0,6
15. minuta	0,8	0,8	0,6	0,8	0,7		0,7		0,6	0,5

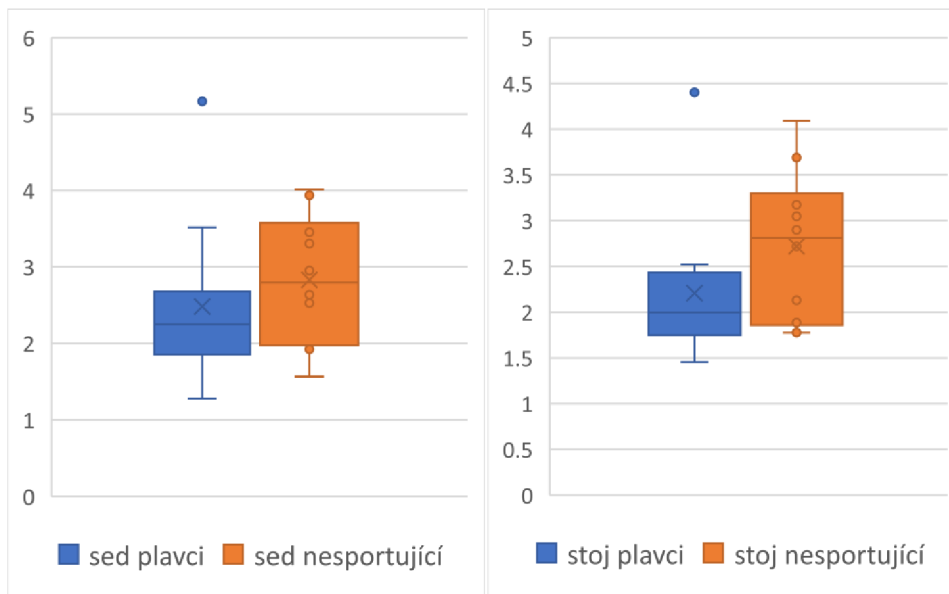
### Obrázek 21

*Výdechový čas nesportující*

probandi skupina nesportující	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	2,0	3,3	3,5	3,9	1,9	3,0	2,5	1,6	2,6	4,0
stand	2,7	3,0	2,1	4,1	1,9	2,9	1,8	1,8	3,7	3,2
3. minuta	1,5	1,3	2,2	1,8	1,1	1,4	1,8	1,7	1,7	1,5
6. minuta	1,7	1,7	1,6	1,8	0,9	2,2	1,6	1,3	2,1	1,5
9. minuta	1,1	1,1	1,1	1,7	0,8	1,1	1,2	1,0	1,2	0,9
12. minuta	0,8	0,8	0,7	1,0	0,7	0,9		0,7	0,7	
15. minuta		0,6		0,6	0,6	0,7				

#### 5.5.1 Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v sedě a ve stoje

Graf č. 17 nám zobrazuje hodnoty výdechového času pro sed a stoj. V sedě byla naměřena vyšší průměrná hodnota nesportujícím  $2,8 \pm 0,7$  s a plavcům byla naměřena hodnota  $2,5 \pm 0,7$  s. Maximální hodnota u nesportujících 4,0 s a u plavců 3,5 s. U probanda č. 7 byla naměřena maximální hodnota 5,2 s. Minimální hodnota u plavců 1,3 s a u nesportujících 1,6 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Druhým zkoumaným parametrem na grafu č. 17 je stoj. Zde dosáhli vyšší průměrné hodnoty nesportující  $2,7 \pm 0,7$  s a plavci hodnoty  $2,2 \pm 0,5$  s. Maximální hodnota se lišila poměrně hodně. U nesportujících byla max. hodnota 4,1 s a u plavců 2,5 s. U probanda č. 1 byla naměřena maximální hodnota 4,4 s. Minimální hodnoty ve stoje u plavců 1,5 s a u nesportujících 1,8 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

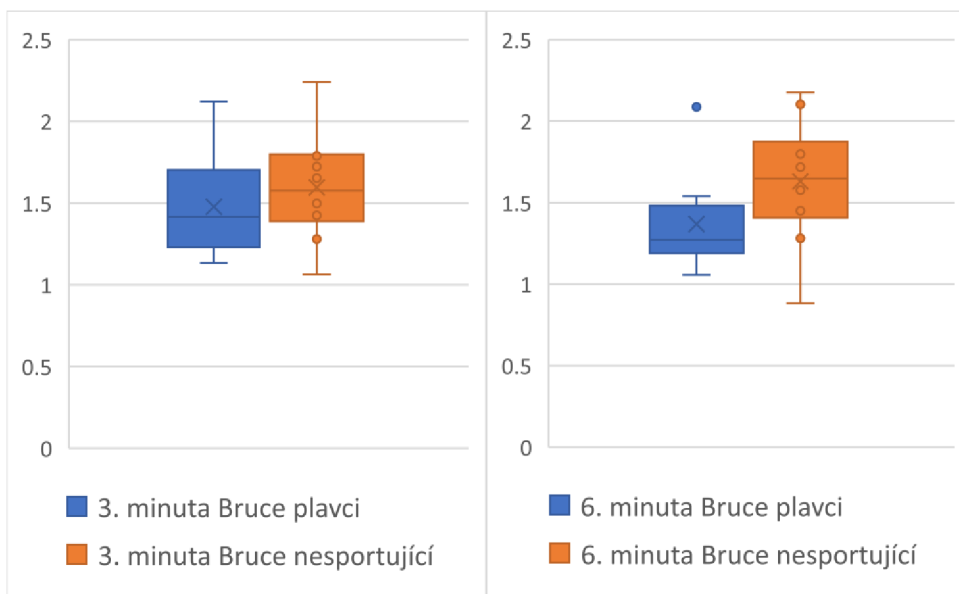


**Graf 17**

*Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v sedě a ve stoje.*

**5.5.2 Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v 3. a 6. minutě Bruceova testu**

Graf č. 18 znázorňuje hodnoty výdechového času pro 3. a 6. minutu Bruceova testu. Během 3. minuty dosáhli vyšší průměrné hodnoty nesportující  $1,6 \pm 0,3$  s a plavci průměrné hodnoty  $1,4 \pm 0,2$  s. Maximální hodnoty u nesportujících 2,2 s a u plavců 2,1 s. Minimální hodnoty u nesportujících 1,0 s a u plavců 1,1 s. Rozdíl hodnot nebyl věcně ani statisticky významný. Během 6. minuty dosáhli nesportující průměrné hodnoty  $1,6 \pm 0,3$  s a plavci  $1,4 \pm 0,2$  s. Maximální hodnoty 6. minuty u plavců 1,5 s probandovi č. 6 byla naměřena hodnota 2,0 s a maximální hodnota u nesportujících 2,2 s. Minimální hodnoty u nesportujících 0,9 s u plavců 1,1 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

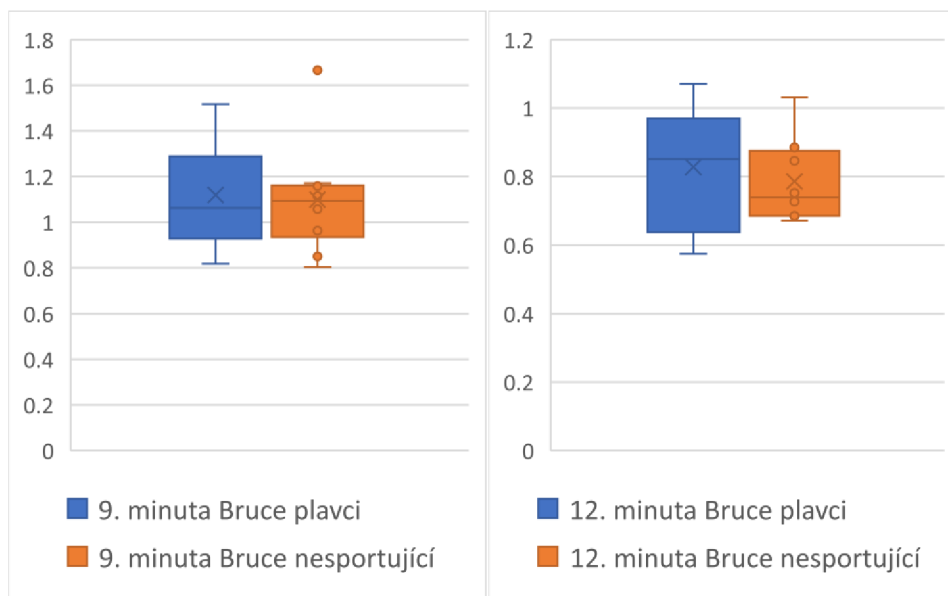


**Graf 18**

*Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v 3. a 6. minutě Bruceova testu*

### **5.5.3 Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu**

Graf č. 19 zobrazuje hodnoty výdechového času pro 9. a 12. minutu Bruceova testu. V 9. minutě dosáhli plavci průměrné hodnoty  $1,1 \pm 0,2$  s a nesportujících průměrné hodnoty  $1,1 \pm 0,1$  s. Maximální hodnoty u plavců 1,5 s a u nesportujících 1,2 s, s tím, že probandovi č. 14 bylo naměřeno 1,7 s. Minimální hodnoty u plavců a u nesportujících byly totožné 0,8 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Ve 12. minutě dosáhli plavci průměrné hodnoty  $0,8 \pm 0,1$  s a nesportujících průměrné hodnoty  $0,8 \pm 0,1$  s. Maximální hodnota u plavců 1,1 s a u nesportujících 1,0 s. Minimální hodnoty u nesportujících 0,7 s a u plavců 0,6 s. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,3$ ), jedná se o malý efekt. Rozdíl není statisticky významný.

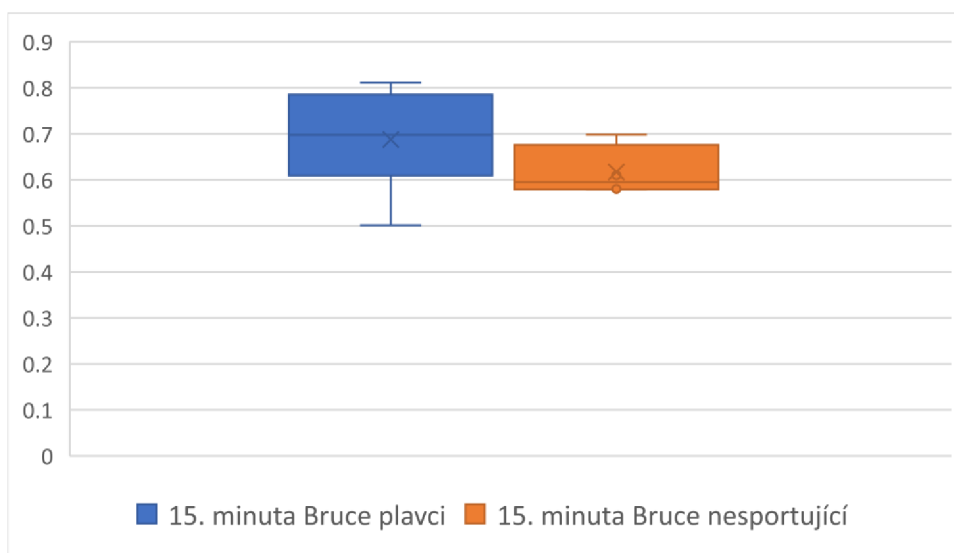


**Graf 19**

*Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu.*

**5.5.4 Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu**

Graf č. 20 znázorňuje hodnoty pro 15. minutu Bruceova testu. Vyšší průměrné hodnoty dosáhli plavci  $0,7 \pm 0,1$  s a nesportující dosáhli průměrné hodnoty  $0,6 \pm 0,0$  s. Maximální hodnota u plavců byla  $0,8$  s a u nesportujících  $0,7$  s. Minimální hodnota u plavců  $0,5$  s u nesportujících  $0,6$  s. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,9$ ) a označuje velký efekt. Rozdíl není statisticky významný.



**Graf 20**

*Porovnání hodnot výdechového času u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu.*

## 5.6 Délka dechového cyklu (BMT)

Jedná se o respirační parametr, který měří průměrný čas trvání jednoho kompletního nádechu, od nádechu po výdech. Tato hodnota se vyjadřuje v sekundách.

Obrázek č. 22 znázorňuje naměřené hodnoty plavců. Obrázek č. 23 nespportujících.

### Obrázek 22

*Délka dechového cyklu plavci*

probandi skupina plavci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	6,0	3,7	4,2	3,5	4,0	4,1	7,5	4,2	2,3	3,5
stand	6,4	3,6	3,1	3,2	4,0	3,6	3,8	4,6	2,6	3,0
3. minuta	2,4	2,5	2,3	2,5	3,9	3,2	2,5	3,6	2,2	2,8
6. minuta	2,5	2,5	1,9	2,2	2,3	3,8	2,6	2,7	2,8	2,1
9. minuta	2,1	2,6	1,6	2,0	1,9	2,9	2,3	1,9	2,3	1,6
12. minuta	1,9	2,2	1,3	1,6	1,7	1,8	1,7	1,3	1,6	1,3
15. minuta	1,5	1,7	1,2	1,7	1,3		1,4		1,2	1,0

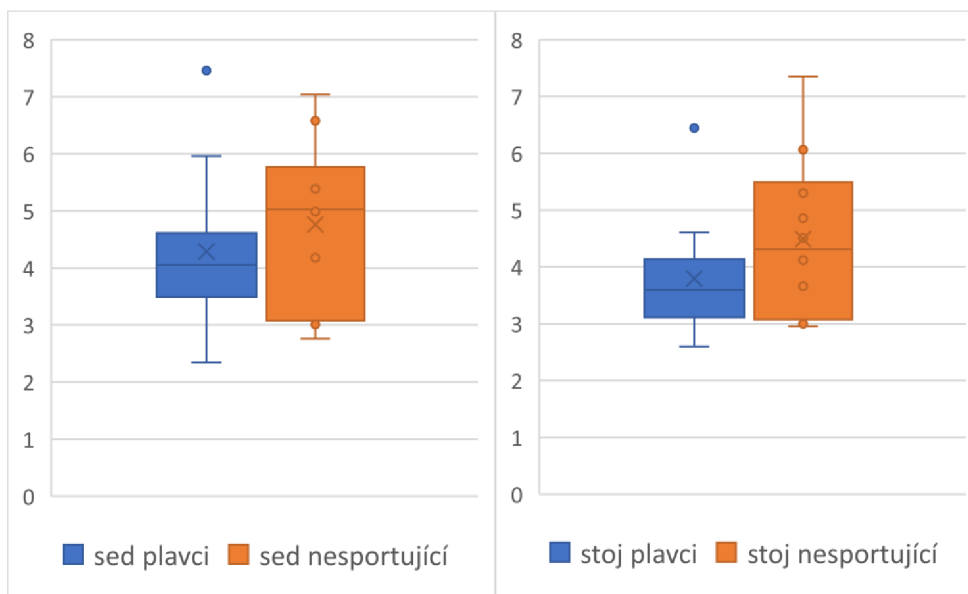
### Obrázek 23

*Délka dechového cyklu nespportující*

probandi skupina nespportující	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sit	3,0	5,1	5,5	7,0	3,1	5,4	4,2	2,8	5,0	6,6
stand	4,1	4,5	3,7	7,3	3,0	4,9	3,0	3,1	6,1	5,3
3. minuta	2,5	2,6	3,9	3,7	2,0	2,5	3,1	2,9	3,4	2,7
6. minuta	3,1	3,2	2,8	3,4	1,8	4,3	2,8	2,4	3,5	2,6
9. minuta	2,1	2,1	2,1	3,2	0,9	2,4	2,2	1,9	2,2	1,5
12. minuta	1,4	1,8	1,4	2,1	1,4	2,0		1,4	1,4	
15. minuta		1,2		1,2	1,1	1,5				

#### 5.6.1 Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nespportujících v sedě a ve stoje

Na grafu č. 21 lze vidět hodnoty z průměrného času nádechu v sedě a ve stoje. V sedě dosáhli nespportující vyšší průměrné hodnoty  $4,8 \pm 1,2$  s a plavci průměrné hodnoty  $4,3 \pm 0,1$  s. Maximální hodnoty dosáhli plavci 6,0 s a probandovi č. 7 byla naměřena hodnota 7,5 s. Maximální hodnota pro nespportující činila 7,0 s. Minimální hodnota u plavců 2,3 s a u nespportujících 2,8 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Druhou hodnotou je hodnota ve stoje. Ve stoje dosáhli vyšší průměrné hodnoty nespportující  $4,5 \pm 1,1$  s a plavci dosáhli průměrné hodnoty  $3,8 \pm 0,7$  s. Výrazný rozdíl nastal u maximálních hodnoty, kde nespportující dosáhli 7,3 s a plavci jen 4,6 s. Probandovi č. 1 ze skupiny plavců byla naměřena hodnota 6,4 s. Minimální hodnoty poté u plavců 2,6 s a u nespportujících 3,0 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

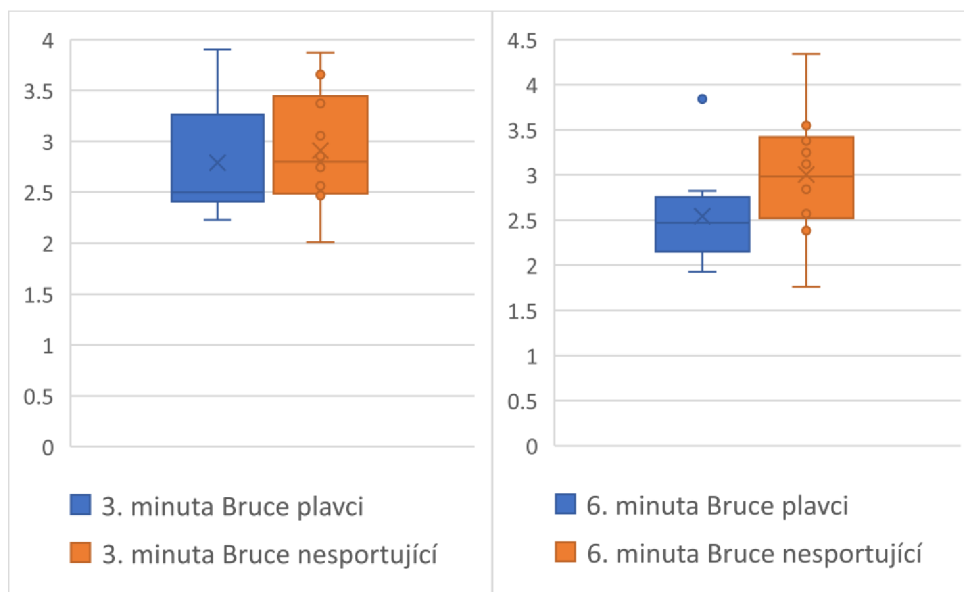


**Graf 21**

*Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nesportujících v sedě a ve stoje.*

**5.6.2 Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nesportujících ve 3. a 6. minutě Bruceova testu**

Graf č. 22 nám zobrazuje data pro 3. a 6. minutu Bruceova testu. Ve 3. minutě dosáhli vyšší průměrné hodnoty nesportující  $2,9 \pm 0,5$  s a plavci průměrné hodnoty  $2,8 \pm 0,5$  s. Maximální hodnota u plavců činila 3,9 s a u nesportujících také 3,9 s. Minimální hodnota poté u nesportujících 2,0 s a u plavců 2,2 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. V 6. minutě dosáhli vyšší průměrné hodnoty opět nesportující  $3,0 \pm 0,5$  s a plavci průměrné hodnoty  $2,5 \pm 0,4$  s. Maximální naměřená hodnota u nesportujících 4,3 s a u plavců 3,8 s. Minimální hodnota u nesportujících 1,7 s a u plavců 1,9 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

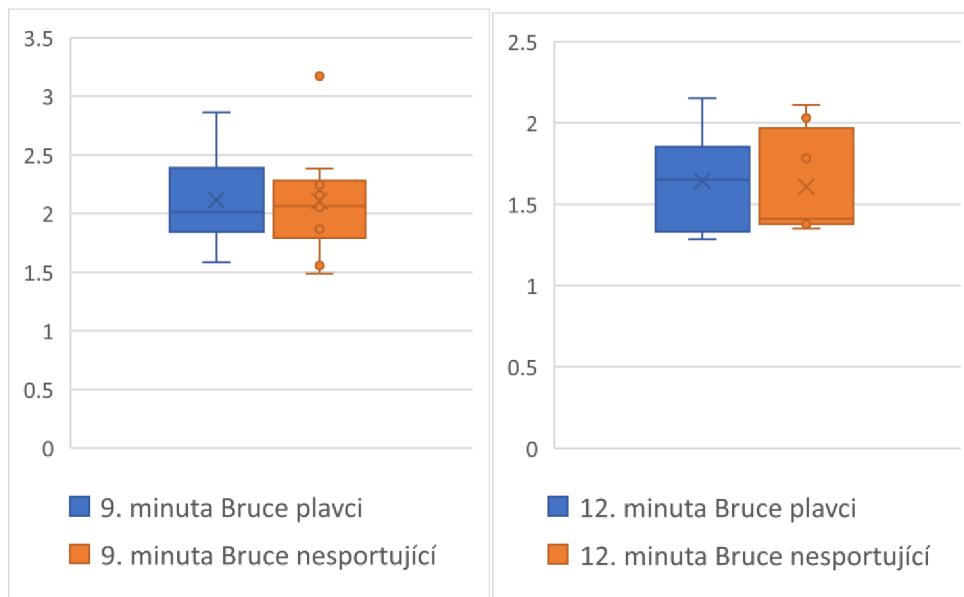


**Graf 22**

*Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nesportujících ve 3. a 6. minutě Bruceova testu.*

### **5.6.3 Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu**

Na grafu č. 23 lze pozorovat data pro 9. a 12. minutu Bruceova testu. V 9. minutě lze pozorovat, že průměrné hodnoty byly u skupin stejné.  $2,1 \pm 0,3$  s. Maximální hodnoty dosáhli nesportující 3,1 s a plavci 2,8 s. Minimální hodnoty u nesportujících 1,5 s u plavců 1,6 s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný. Ve 12. minutě dosáhli plavci a nesportující stejné průměrné hodnoty také, a to  $1,6 \pm 0,2$  s. Maximální hodnota u plavců 2,2 s a u nesportujících 2,1 s. Minimální hodnota u plavců 1,3 s u nesportujících 1,4s. Rozdíl není věcně ani statisticky významný.

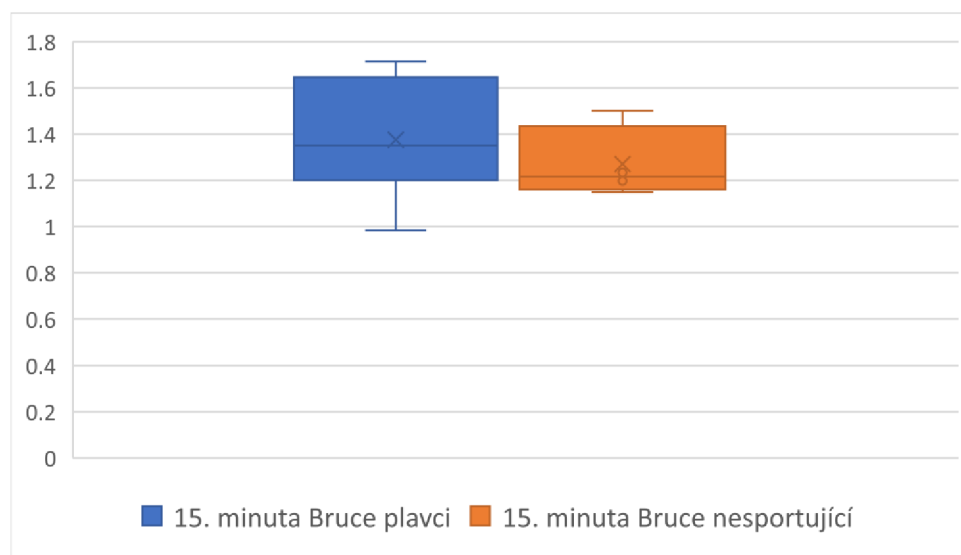


**Graf 23**

*Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nesportujících v 9. a 12. minutě Bruceova testu.*

#### **5.6.4 Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu**

Graf č. 24 zobrazuje 15. minutu Bruceova testu. Průměrné hodnoty se zde opět příliš nelišily u plavců  $1,4 \pm 0,2$  s u nesportujících  $1,3 \pm 0,1$  s. Maximální hodnota u plavců 1,7 s a u nesportujících 1,5 s. Minimální hodnoty poté činily 1,0 s u plavců a u nesportujících 1,1s. Rozdíl je věcně významný ( $d=0,5$ ) a prokázal se střední efekt. Rozdíl není statisticky významný.



**Graf 24**

*Porovnání hodnot délky dechového cyklu u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu.*



## 5.7 Využití dechových sektorů

V kapitole 5.7 zkoumáme zapojení jednotlivých dechových sektorů u plavců a nesportujících. Výsledky jsou vyjádřeny procentuálně.

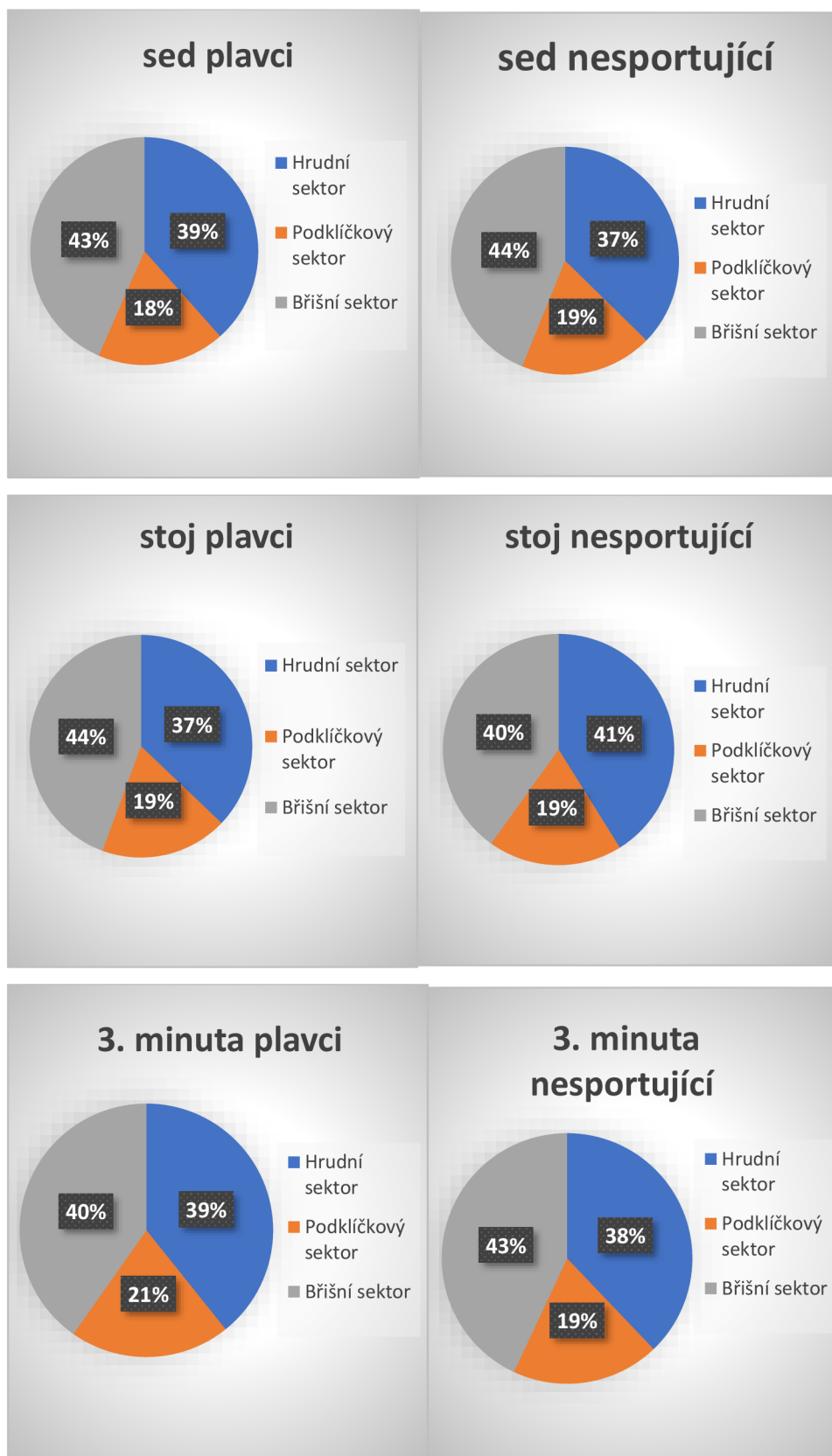
### 5.7.1 Využití dechových sektorů u plavců a nesportujících v sedě, ve stoje a 3. minutě Bruceova testu

Na grafu č. 25 lze pozorovat zapojení dechových sektorů v sedě, ve stoje a ve 3. minutě Bruceova testu.

Nejvíce byly zapojeny sektory břišní u plavců 43 % a u nesportujících 44 % a hrudní u plavců 39 % a u nesportujících 37 %. Podklíčkový sektor byl zapojován nejméně, u plavců 18 % a u nesportujících 19 %. Rozdíl pro hrudní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro břišní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro podklíčkový sektor není věcně ani statisticky významný.

Ve stoje se hodnoty zapojování různých sektorů lišily. U plavců, byl nejvíce zapojován břišní sektor 44 % a u nesportujících byl nejvíce zapojován sektor hrudní 41 %. Hrudní sektor poté u plavců dosáhl hodnoty 37 %. Břišní sektor u nesportujících měl hodnotu 40 %. Nejméně byl ve stoje u obou skupin zapojen sektor podklíčkový 19 %. Rozdíl pro hrudní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro podklíčkový sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro břišní sektor je věcně významný ( $d=0,5$ ), značí malý efekt. Rozdíl není statisticky významný. Ve 3. minutě nastal rozdíl při zapojování podklíčkového sektoru, kde plavci začali o 2 % více zapojovat podklíčkový sektor. U plavců byl nejvíce zapojován sektor břišní 40 % a u nesportujících také sektor břišní 43 %. Hrudní sektor byl u plavců zapojován na 39 % a u nesportujících na 38 %. Podklíčkový sektor se poté u plavců zapojoval více a to 21 % a u nesportujících 19 %. Rozdíl pro hrudní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro břišní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro podklíčkový sektor je věcně významný ( $d=0,3$ ), značí malý efekt. Rozdíl není statisticky významný.

Na grafu č. 25 můžeme pozorovat, že se vzrůstající zátěží plavci zapojují více podklíčkový sektor a u nesportujících zůstává stále konstantní.



**Graf 25**

*Rozdíl ve využití dechových sektorů v sedě, ve stoje a v 3.minutě Bruceova testu.*

### **5.7.2 Využití dechových sektorů u plavců a nesportujících v 6. 9. a 12. minutě Bruceova testu**

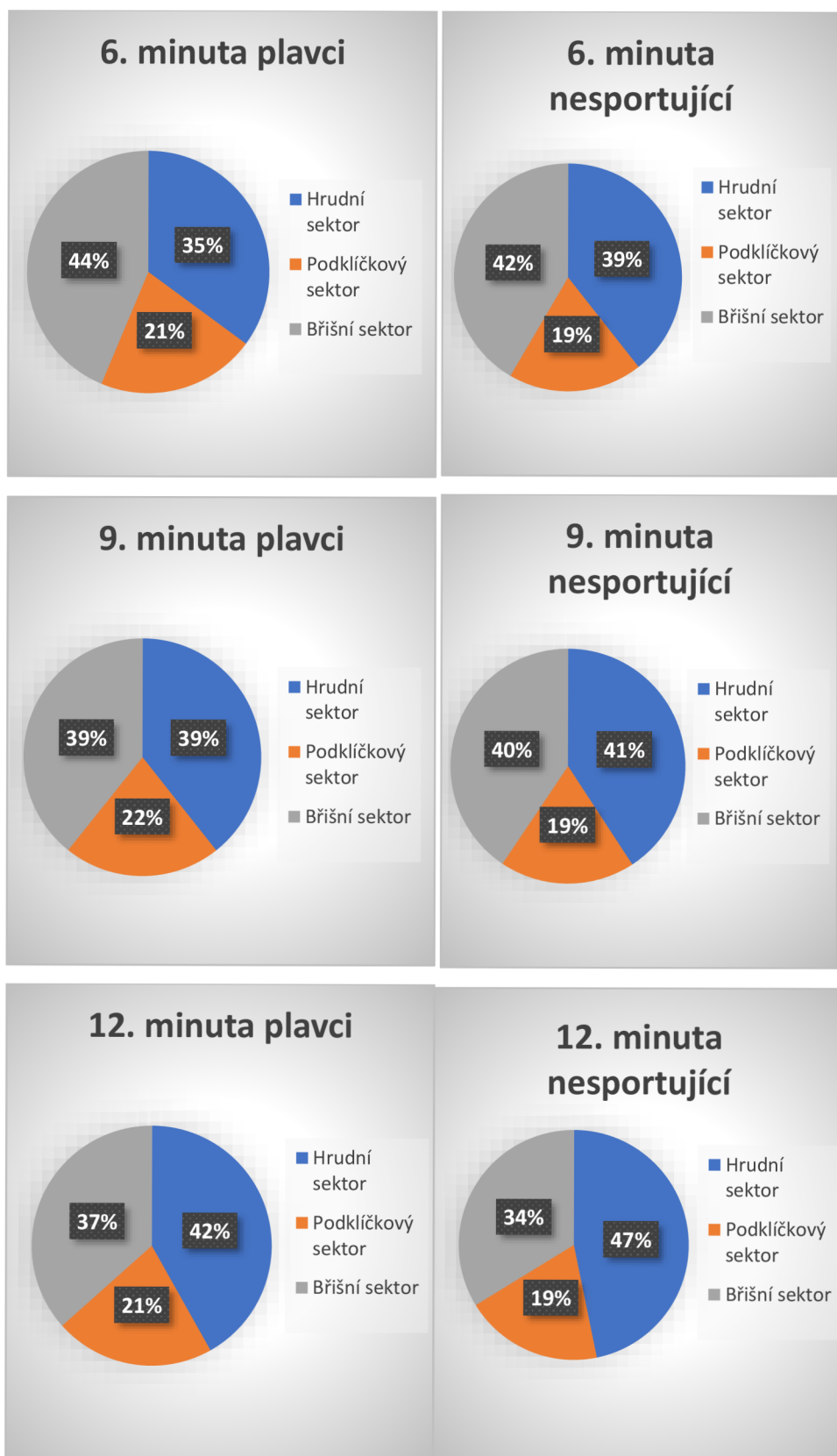
Na grafu č. 26 lze pozorovat zapojení dechových sektorů v 6. 9. a 12. minutě Bruceova testu.

V 6. minutě zapojovali plavci i nesportující nejvíce břišní sektor. Plavci ho zapojovali na 44 % a nesportující na 42 %. Dále byl nejvíce zapojovaný sektor hrudní u plavců 35 % a u nesportujících 39 %. Podklíčkový sektor byl u plavců i nesportujících využíván nejméně. U plavců 21 % u nesportujících 19 %. Rozdíl pro hrudní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro podklíčkový sektor je věcně významný ( $d=0,3$ ), značí malý efekt. Rozdíl není statisticky významný. Rozdíl pro břišní sektor je věcně významný ( $d=0,3$ ) a značí malý efekt. Rozdíl není statisticky významný.

V 9. minutě nesportující zapojovali nejvíce sektor hrudní a to 41 % a poté sektor břišní 40 %. U obou skupin byl nejméně zapojován sektor podklíčkový u plavců 22 % u nesportujících 19 %. Břišní sektor využívali plavci na 39 % a nesportující na 40 %. Rozdíl pro hrudní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro podklíčkový sektor je věcně významný ( $d=0,5$ ) a značí střední efekt. Rozdíl není statisticky významný. Rozdíl pro břišní sektor není věcně ani statisticky významný.

Ve 12. minutě lze pozorovat, že u obou skupin začal významně převládat hrudní sektor. U nesportujících dosáhl hrudní sektor hodnoty 47 % a u plavců hodnoty 42 %. Dále byl nejvíce zapojován sektor břišní, kde dosáhli plavci hodnoty 37 % a nesportující hodnoty 34 %. Podklíčkový sektor byl opět zapojován nejméně u plavců 21 % u nesportujících opět 19 %. Rozdíl pro hrudní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro podklíčkový sektor je věcně významný ( $d=0,4$ ) a značí malý efekt. Rozdíl není statisticky významný. Rozdíl pro břišní sektor je věcně významný ( $d=0,7$ ) a značí střední významnost. Rozdíl není statisticky významný.

Na grafu č. 26 můžeme pozorovat, že velká změna nastala ve 12. minutě, kde se hodnoty zapojení hrudního sektoru dostali u nesportujících až do úrovně 47 %.

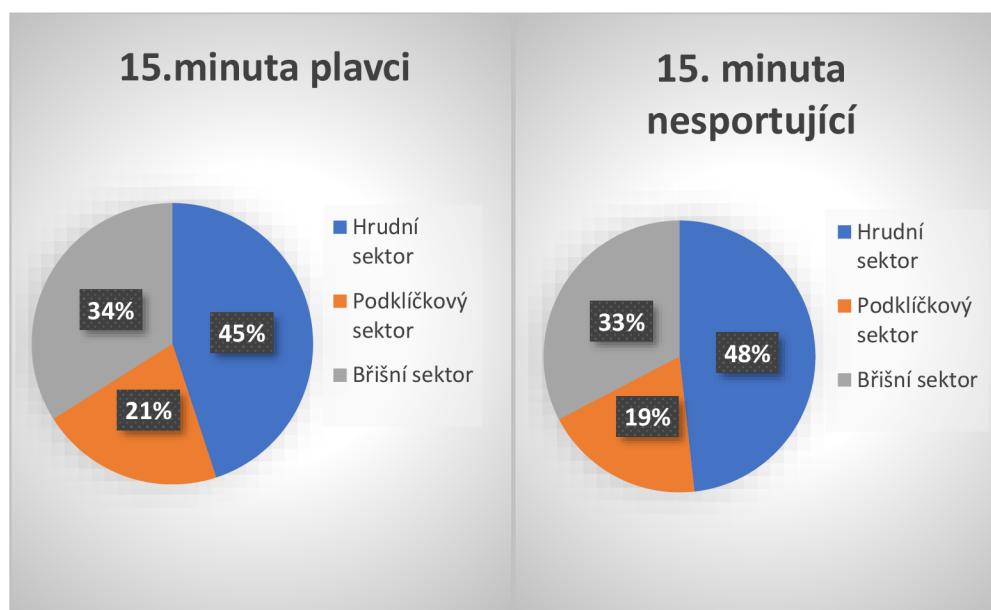


**Graf 26**

*Rozdíl ve využití dechových sektorů v 6., 9. a 12. minutě Bruceova testu.*

### 5.7.3 Využití dechových sektorů u plavců a nesportujících v 15. minutě Bruceova testu

Graf č. 27 zobrazuje hodnoty pro 15. minutu Bruceova testu. Můžeme pozorovat, že u plavců oproti 12. minutě mírně vzrostla hodnota zapojení hrudního sektoru. Hodnoty pro hrudní sektor u plavců 45 % u nesportujících 48 %. Břišní sektor byl zapojen u plavců na 34 % a u nesportujících na 33 %. Podklíčkový sektor byl zapojen u plavců 21 % a u nesportujících 19 %. Rozdíl pro hrudní sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro podklíčkový sektor není věcně ani statisticky významný. Rozdíl pro břišní sektor je věcně významný ( $d=0,7$ ) a značí střední efekt. Rozdíl není statisticky významný.



**Graf 27**

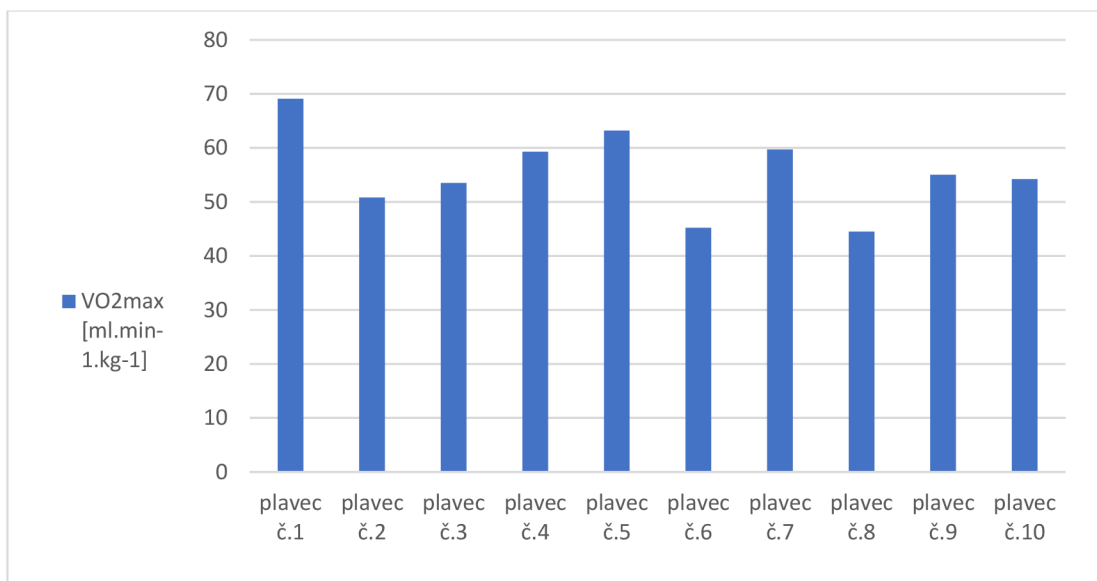
*Rozdíl ve využití dechových sektorů v 15. minutě Bruceova testu.*

## 5.8 VO<sub>2</sub>max

Poslední zkoumanou hodnotou této bakalářské práce je hodnota VO<sub>2</sub>max. V kapitole jsou představeny a interpretovány hodnoty plavců a nesportujících a poté jsou porovnány.

### 5.8.1 VO<sub>2</sub>max plavci

Na grafu č. 28 lze pozorovat, že nejvyšší hodnoty dosáhl plavec č. 1 a to hodnoty 69,1 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Druhé nejvyšší hodnoty poté proband č. 5 63,2 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnoty dosáhl plavec č. 8 a to hodnoty 44,5 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Průměrná hodnota VO<sub>2</sub>max u plavců činila 55,5 ± 6,0 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>.

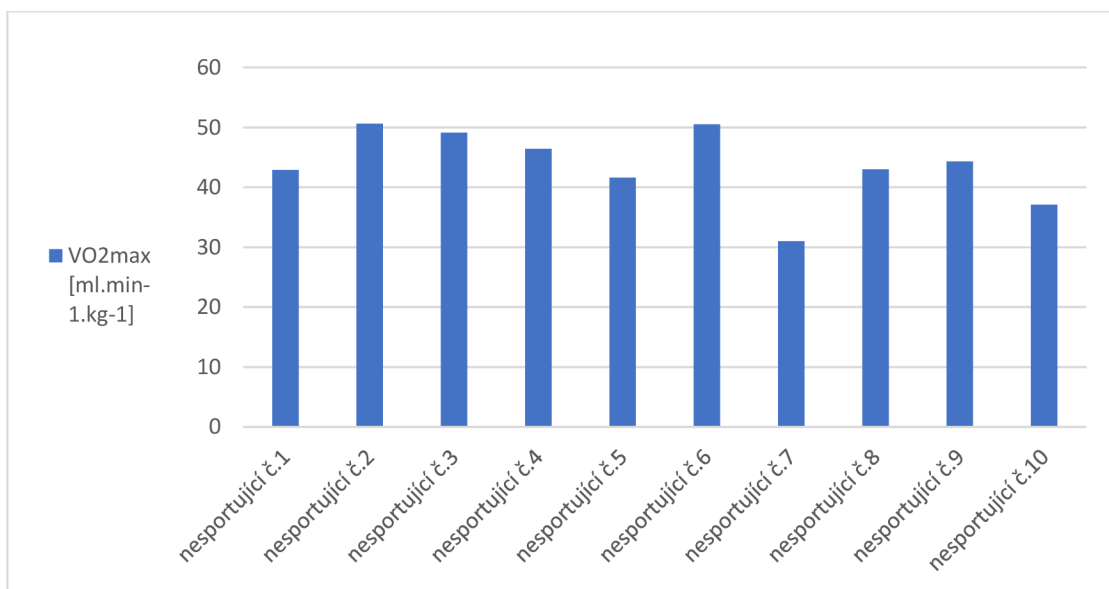


**Graf 28**

*Hodnoty maximální spotřeby kyslíku u plavců.*

### 5.8.2 VO<sub>2</sub>max nespportující

Graf č. 29 znázorňuje dosažené hodnoty VO<sub>2</sub>max·kg<sup>-1</sup> u nespportujících. Nejvyšší hodnoty dosáhl proband č. 2 a to hodnoty 50,6 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Druhé nejvyšší hodnoty dosáhl proband č. 6 50,5 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnoty dosáhl proband č. 7 31,0 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Průměrná hodnota VO<sub>2</sub>max u nespportujících byla 43,7 ± 4,5 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>.



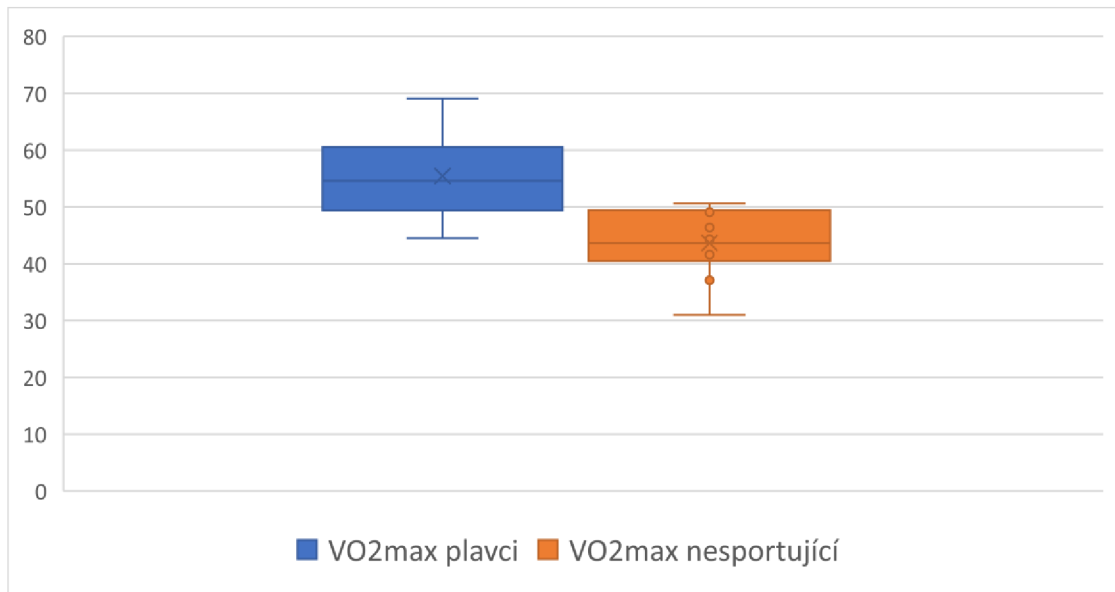
**Graf 29**

*Hodnoty maximální spotřeby kyslíku u nespportujících.*

### 5.8.3 Porovnání hodnot VO<sub>2</sub>max u plavců a nespportujících

Graf č. 30 znázorňuje průměrné hodnoty VO<sub>2</sub>max·kg<sup>-1</sup> u plavců a nespportujících. Graf nám zobrazuje, že plavci dosáhli vyšších průměrných hodnot VO<sub>2</sub>max·kg<sup>-1</sup>

než nesportující. Průměrná hodnota plavců byla  $55,5 \pm 6,0 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  a průměrná hodnota nesportujících byla  $43,7 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Rozdíl je věcně významný ( $d=1,8$ ) a značí velký efekt. Rozdíl je statisticky významný ( $p=0,001$ ).



**Graf 30**

*Porovnání hodnot maximální spotřeby kyslíku u plavců a nesportujících.*

## 6 Diskuse

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jak se liší respirační parametry a dechový vzor u plavců a nesportujících pomocí optoelektronické pletysmografie. Probandi, kteří se účastnili této studie, byli testováni pouze jednou. Illi et al. (2012) tvrdí, že existuje shoda v názoru, že úspěšný výkon ve vytrvalostních sportech u zdravých jedinců je ovlivněn správným vzděláním v technice dýchání a vhodným cvičením svalů dýchání.

První zkoumanou hodnotou byla hodnota minutové ventilace, kde se naměřené hodnoty mezi plavci a nesportujícími lišily o 24 %. Podle Bernacikové (2012) se hodnoty minutové ventilace naměřené v klidu pohybují 8 až 10 l·min<sup>-1</sup>, jak u nesportujících, tak i u sportujících populace. Tento fakt se nám u některých probandů potvrdil ale někteří probandi i v klidovém stavu dosahovali vyšších hodnot. Dále Bernaciková (2012) uvádí, že při zátěži se může hodnota minutové ventilace vyšplhat až k hodnotě 120 l·min<sup>-1</sup>. Toto tvrzení se v naší práci také potvrdilo. Proband č. 10 dosáhl během zátěže hodnoty 194 l·min<sup>-1</sup>. Další zkoumanou hodnotou byla hodnota frekvence dýchání. Podle Bernacikové (2012) při zvýšení dechového objemu u trénovaných jedinců, dochází ke snížení klidových hodnot frekvence dýchání. V naší práci se toto tvrzení nepotvrdilo, vzhledem k tomu, že v klidu měly průměrnou hodnotu plavci 15,3 ± 3,0 dechů·min<sup>-1</sup> a nesportující 13,9 ± 4,0 dechů·min<sup>-1</sup>. Tento jev mohl být zapříčiněn tréninkovým programem plavců. Dále byla v práci zkoumaná hodnota dechového objemu. Zjistili jsme, že se vzrůstající zátěží dosahují plavci vyšších průměrných hodnot dechového objemu než nesportující. Toto zjištění může mít za následek fyziologická adaptace. Plavci pravidelně trénují, a to může vést k několika adaptacím v respiračním systému. Během maximální zátěže dosáhli plavci průměrných hodnot 3,3 ± 0,4 l a nesportující 2,8 ± 0,1 l.

Další zkoumanou hodnotou byl čas nádechu. U tohoto respiračního parametru jsme zjistili, že průměrné hodnoty plavců i nesportujících se v klidu a během zátěže příliš neliší. V klidu dosahovali plavci hodnoty 1,8 ± 0,6 s a nesportující hodnoty 1,9 ± 0,6 s. V maximální zátěži dosáhli plavci průměrné hodnoty 0,7 ± 0,1 s a nesportující stejné hodnoty. Podle článku Lazovic-Popovic et al. (2016) měli plavci během jeho výzkumu vyšší objemy a kapacity plic než fotbalisti a skupina nesportujících jedinců. Tento jev může mít za následek trénink plavců ve vodním prostředí. Další hodnotou, která byla zkoumána v této práci byl čas výdechu. Podle Mehrota et al. (1997) pravidelný trénink plavání může mít tendenci změnit elasticitu plic a hrudní stěny, což vede ke zlepšení



funkce plic a respiračních parametrů u plavců. U tohoto parametru jsme zjistili, že průměrné hodnoty se opět příliš nelišily. U plavců v klidu byla naměřena průměrná hodnota  $2,5 \pm 0,7$  s a u nesportujících hodnota  $2,8 \pm 0,7$  s. V maximální zátěži poté u plavců  $0,7 \pm 0,1$  s a u nesportujících  $0,6 \pm 0,0$  s. U hodnoty délky dechového cyklu jsme zjistili, že plavci v klidu vykazovali nižší hodnoty dechového cyklu. Plavci měli v klidových podmínkách  $4,2 \pm 0,1$  s a nesportující  $4,8 \pm 1,2$  s. Během maximální zátěže vykazovali nižší hodnoty nesportující  $1,3 \pm 0,1$  s a plavci  $1,4 \pm 0,2$  s. Armour et al. (1993) porovnávali respirační parametry u elitních plavců, elitních běžců a kontrolní skupiny a zjistili, že plavci mají významně zvýšenou kapacitu plic a šířku hrudníku. Tento jev může být dán pravidelným tréninkem, ale také zde může hrát velkou roli genetika. Sable et al. (2012) tvrdí, že plavání ovlivňuje měření objemu plic, protože při ponoření do vody musí dýchací svaly plavců pracovat tvrději, aby udržely stabilní dodávku kyslíku. Tento zvýšený tlak může vést ke zlepšení funkce dýchacích svalů a také může mít vliv na elastické vlastnosti plic a hrudní stěny, stejně jako na funkci ventilace. To může vést k lepší vitální kapacitě a dalším plicním funkcím u plavců ve srovnání s běžci.

### **Využití dechových sektorů**

Bahenský et al. (2020) zjistili, že cíleným dechovým cvičením na aktivaci bránice, lze během intervenčního programu u běžců významně zvýšit hodnotu dechového objemu a významně snížit hodnotu dechové frekvence. Můžeme tedy tvrdit, že pravidelné a cílené dechové cvičení má za následek zlepšení kvality respiračních parametrů a také lze změnit dechový vzor. V kapitole výsledky jsme mohli pozorovat, že v sedě a ve stoje, tedy bez fyzické zátěže převládalo břišní a hrudní dýchání. Změna nastala během testování při přidávání zátěže. V sedě využívali plavci hrudní sektor ze 39 % podklíčkový sektor z 18 % a břišní sektor z 43 %. Nesportující poté využívali v sedě hrudní sektor z 37 %, podklíčkový sektor z 19 % a břišní sektor z 44 %. Ve stoje se hodnoty u plavců příliš nezměnily, u nesportujících ovšem kleslo oproti sedu zapojení břišního dýchání o 4 % a vzrostlo hrudní dýchání o 4 %. Ve 3. minutě se u plavců snížilo zapojení břišního sektoru na 40 % a zvýšilo se zapojení podklíčkového sektoru na 21 % a hrudní dýchání činilo 39 %. U nesportujících ve 3. minutě vzrostlo oproti sedu zapojení břišního sektoru o 3 % a snížilo se zapojení hrudního sektoru o 3 %. V 6. minutě zapojovali plavci hrudní dýchání ze 35 %, břišní dýchání z 44 % a podklíčkové dýchání z 21 %. Nesportující v 6. minutě zapojovali hrudní sektor ze 39 % břišní sektor ze 42 % a

podklíčkový z 19 %. V 9. minutě kleslo u plavců zapojování břišního sektoru oproti 6. minutě o 5 % zapojení hrudního sektoru vzrostlo o 4 % a zapojení podklíčkového sektoru vzrostlo o procento. U nesportujících v 9. minutě oproti 6. minutě kleslo zapojení břišního sektoru o 2 % vzrostlo zapojení hrudního sektoru o 2 % a podklíčkový sektor zůstal ve stejných hodnotách.

Ve 12. minutě jsme mohli pozorovat, že nesportující začali významně využívat hrudní sektor 47 %. Plavci také 42 %, ovšem u plavců během fyzické zátěže vzrostlo používání podklíčkového sektoru. V 15. minutě došlo u plavců i nesportujících k výraznému zapojení hrudního sektoru. V 15. minutě lze pozorovat, že plavci stále více využívají břišní sektor než nesportující. Kolář et al. (2009) uvádí, že pokud zlepšíme břišní dýchání, také omezíme zapojování horního hrudního sektoru, tak to vede ke správnému zapojování a fungování dýchacích svalů. Během tohoto experimentu jsme mohli pozorovat, že během zátěže plavci zapojovali více břišní sektor než nesportující. Také jsme mohli pozorovat, že se stoupající zátěží výrazně vzrůstá zapojování hrudního sektoru u obou skupin.

### **VO<sub>2</sub>max**

Podle Bernacikové (2012) se průměrné mužské hodnoty VO<sub>2</sub>max pohybují okolo 45 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup> ovšem adaptací na vytrvalostní trénink dochází ke zvýšení maximálních hodnot. Tento jev jsme pozorovali i v naší práci, kde plavci dosáhli významně vyšších hodnot než nesportující. Plavci dosáhli průměrné hodnoty 55,5 ± 6,0 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup> a nesportující 44,0 ± 4,5 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>. Sokołowski et al. (2022) zjistil, že plavci jsou schopni během jedné minuty plavání dosáhnout vysokých hodnot VO<sub>2</sub>, což má velmi pozitivní vliv na produkci energie, která je potřeba k vykonávání rychlých plaveckých úseků. Domníváme se, že specifický trénink plavců ve vodním prostředí má za následek, že plavci umějí lépe využívat kyslíkové zásoby.

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zjistit a porovnat, jak se liší respirační parametry a dechový vzor u plavců a nesportujících pomocí optoelektronické pletysmografie. Test byl proveden na běhátku pomocí Bruceova testu. Testované osoby podstoupily podobu  $VO_2\max$  stupňovaného testu až do maximálních sil. Pro tuto práci byla vybrána skupina deseti plavců, kteří pravidelně trénují a aktivně závodí v plavání a skupina nesportujících, kteří neprovozují aktivně žádný sport. U této práce jsme si zvolily 3 hypotézy.

**Hypotéza č. 1** Předpokládáme, že existují významné rozdíly ve vybraných respiračních parametrech mezi plavci a nesportujícími jedinci. Výsledky práce zcela jasně nepotvrdily významné rozdílné hodnot v respiračních parametrech u obou skupin. Mohli jsme pozorovat, že během testování se postupným zvyšováním zátěže hodnoty mezi plavci a nesportujícími odlišovaly, ovšem u většiny naměřených výsledků rozdíl nebyl věcně ani statisticky významný. Hypotéza č. 1 tedy nebyla potvrzena.

**Hypotéza č. 2** Předpokládáme, že u plavců bude významně vyšší zapojení břišního sektoru během celého testování než u nesportujících. Ve výsledcích práce lze pozorovat, že na začátku testování v sedě se hodnoty zapojení břišního sektoru příliš nelišily. Ve stoje již byla patrná rozdílnost v zapojení břišního sektoru, kde plavci zapojovali břišní sektor o 4 % více než nesportující. Ve 3. minutě využívali plavci břišní sektor o 3 % méně než nesportující. Následně během celého testování kromě 9. minuty zátěže využívali plavci břišní sektor více než nesportující. Můžeme tedy tvrdit, že se stoupající zátěží mají plavci tendenci zapojovat více břišní sektor než nesportující. Rozdíl je věcně významný pouze ve stoje, 6., 12., 15. minutě Bruceova testu. V sedě, ve 3. a 9. minutě Bruceova testu rozdíl nebyl věcně významný. Rozdíl není statisticky významný. Hypotézu č. 2 na základě těchto výsledků musíme vyvrátit.

**Hypotéza č. 3** Předpokládáme, že plavci během testování dosáhnou významně vyšší hodnoty  $VO_2\max$  než nesportující. Hodnota  $VO_2\max$  byla podle výsledků u plavců významně vyšší. Plavci během testování dosáhli průměrné hodnoty  $55,5 \pm 6,0 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , zatímco nesportující hodnoty  $43,7 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Rozdíl je u plavců a nesportujících věcně ( $d=1,8$ ) i statisticky ( $p=0,01$ ) významný. Tímto se hypotéza č. 3 potvrdila.

Výsledky našeho experimentu poskytují zajímavé poznatky ohledně respiračních charakteristik a dechových vzorů ve skupinách plavců a nesportujících. Dalším směrem

pro budoucí výzkum by mohlo být sledování respiračních parametrů a dechových vzorů u plavců v průběhu tréninkového cyklu a u nesportujících v různých fázích roku. To by mohlo odhalit další rozdíly v dechových vzorech a přispět k hlubšímu porozumění rozdílů dýchacího systému mezi plavci a nesportujícími. Jako velké pozitivum této práce vnímáme poskytnutí zpětné vazby, jak plavcům, tak nesportujícím ohledně výsledků tohoto experimentu. Celkové výsledky byly ovlivněny následujícími limity práce: omezený počet probandů, což může ovlivnit významnost výsledků a obecnost závěrů, nejednotný věk probandů, jednorázové měření, které nemuselo přesně zachytit přirozené variace v dechovém vzoru jednotlivých jedinců, rozmanitost vzorku probandů, různá vstupní výkonnostní úroveň, tréninkové zatížení plavců.

## Referenční seznam literatury

- Ancans, A., Greitans, M., Cacurs, R., Banga, B., & Rozentals, A. (2021). Wearable Sensor Clothing for Body Movement Measurement during Physical Activities in Healthcare. *Sensors*, 21(6), 2068. <https://doi.org/10.3390/s21062068>
- Armour, J., Donnelly, P. M., & Bye, P. T. (1993). The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number?. *The European respiratory journal*, 6(2), 237–247.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.05.009>
- Bahenský, P., Bunc, V., Marko, D., & Malátová, R. (2020). Dynamics of ventilation parameters at different load intensities and the options to influence it by a breathing exercise. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 60(8), 1101–1109. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10793-X>
- Bahenský, P., Bunc, V., Malátová, R., Marko, D., Grosicki, G. J., & Schuster, J. (2021). Impact of a Breathing Intervention on Engagement of Abdominal, Thoracic, and Subclavian Musculature during Exercise: A Randomized Trial. *Journal of Clinical Medicine*. <https://doi.org/10.3390/jcm>
- Barknowitzová, S. (2004). *Dýchání jako živoucí dění*. Brno: Integrální.
- Bernaciková, M., Cacek, J., Dovrtělová, L., Hrnčířková, I., Kapounková, K., Kopřivová, J., Kumstát, M., Králová, D. M., Novotný, J., Pospíšil, P., Řezaninová, J., Šafář, M., & Struhár, I. (2017). *Regenerace a výživa ve sportu*. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
- Bernaciková, M. (2012). *Fyziologie*. Brno: Masarykova univerzita.
- Blahuš, P. (2000). Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česka kinantropologie*, 4(2), 53–72.
- Bursová, M. (2005). *Kompenzační cvičení*. Praha: Grada.
- Calverley, P. M. A., & Koulouris, N. G. (2005). Flow limitation and dynamic hyperinflation: key concepts in modern respiratory physiology. *European Respiratory Journal*, 25, 186-199. DOI: 10.1183/09031936.04.00113204.
- Collins, S. É., Phillips, D. B., Brotto, A. R., Rampuri, Z. H., & Stickland, M. K. (2021). Ventilatory efficiency in athletes, asthma and obesity. *European respiratory review: an official journal of the European Respiratory Society*, 30(161), 200206. <https://doi.org/10.1183/16000617.0206-2020>
- Čihák, R. (2001) *Anatomie 1*. Praha: Grada Publishing
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dylevský, I. (2011). *Základy funkční anatomie*. Poznání.
- Dylevský, I. (2013). *Základy funkční anatomie člověka*. České vysoké učení technické v Praze.
- Ganong, W. F. (1995). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: H&H.
- Havlíčková, L. (2004). *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část (2. přeprac. vyd)*. Praha: Karolinum.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.

- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and metaanalysis. *Sports Medicine*, 42(8), 707–724.
- Kittnar, O., Jandová, K., Kurišćák, E., Langmeier, M., Marešová, D., Mlček, M., Mysliveček, J., Pokorný, J., Riljak, V., & Trojan, S. (2020). *Lékařská fyziologie (2. přepracované a doplněné vydání)*. Grada Publishing.
- Kolář, P., Bitnar, P., Dyrhonová, O., Horáček, O., Kříž, J., Adámková, M., ... Zumrová, I. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén
- Lazovic-Popovic, B., Zlatkovic-Svenda, M., Durmic, T., Djelic, M., Djordjevic Saranovic, S., & Zugic, V. (2016). Superior lung capacity in swimmers: Some questions, more answers! *Revista Portuguesa de Pneumologia (English Edition)*, 22(3), 151-156.
- Machová, J. (2016). *Biologie člověka pro učitele*. Karolinum.
- Malátová, R., Bahenský, P., & Mareš, M. (2017). *Dechový stereotyp a jeho vliv na dechové funkce*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.
- Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Karolinum.
- Mehrotra, P. K., Verma, N., Yadav, R., Tewari, S., & Shukla, N. (1997). Study of Pulmonary Functions in Swimmers of Lucknow City. *Indian journal of physiology and pharmacology*, 41, 83-86.
- Neumannová, K., & Zatloukal, J. (2011). Ovlivnění poruch dýchání pomocí tréninku dýchacích svalů, rehabilitace a fyzického lékařství. Katedra fyzioterapie, Fakulta tělesné kultury UP, Olomouc, Česká republika. *Časopis pro odborníky v oblasti fyzioterapie*, (4), 188–192.
- Paleček, F., Feitová, S., Herget, J., Kandus, J., Novák, M., Pokorný, J., Vízek, V., Vojanec, V., & Zapletal, A. (1999). *Patofyziologie dýchání. (2. přeprac. a rozš. vyd.)*. Academia.
- Ragnarsdóttir, M., & Kristinsdóttir, E. K. (2006). Breathing movements and breathing patterns among healthy men and women 20-69 years of age. Reference values. *Respiration; international review of thoracic diseases*, 73(1), 48–54. <https://doi.org/10.1159/000087456>
- 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. <https://doi.org/10.3390/s8127951>
- Ryšánková, L. (2009) *Úloha bránice ve fyzioterapii*. Praha [Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze].
- Sable, M., Vaidya, S. M., & Sable, S. S. (2012). Comparative study of lung functions in swimmers and runners. *Indian journal of physiology and pharmacology*, 56(1), 100–104.
- Sarma, S., & Levine, B. D. (2016). Beyond the Bruce Protocol: Advanced Exercise Testing for the Sports Cardiologist. *Cardiology Clinics*, 34(4), 603-608. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2016.06.009>
- Shete, A. N., Bute, S. S., & Deshmukh, P. R. (2014). A Study of VO<sub>2</sub> Max and Body Fat Percentage in Female Athletes. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 8(12), BC01–BC3. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/10896.5329>
- Smutný, P. (2018). *Využití a tvorba informační grafiky ve výukovém procesu*. Fakulta strojní, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- Sokołowski, K., Bartolomeu, R. F., Barbosa, T. M., & Strzała, M. (2022). V<sub>O</sub>2 kinetics and tethered strength influence the 200-m front crawl stroke kinematics and speed in young

- male swimmers. *Frontiers in physiology*, 13, 1045178.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1045178>
- Štumbauer, J. (1990). *Základy vědecké práce v tělesné kultuře*. České Budějovice: Pedagogická fakulta v Českých Budějovicích.
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2001). *Research methods in physical activity* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Várnay, F., & kolektiv. (2020). *Spiroergometrie v kardiologii a sportovní medicíně*. [Praha: Grada Publishing a.s.].
- Véle, F. (2006) *Kineziologie*. Praha: Triton.
- Véle, F. (2012). *Vyšetření hybných funkcí z pohledu neurofyzologie: příručka pro terapeutů pracujících v neurorehabilitaci*. Praha: Triton.
- Vacínová, V. (2014). *Statistické grafy a jejich využití*. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- Zvárová, J. (2004). *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. Praha: Karolinum.

### **Internetové zdroje**

- Summusvita (2018). Cortex Metacontrol 3000. Přístup dne 07.09.2023, z <https://www.summusvita.cz/o-nas/vybaveni/metacontrol-3000/>
- Compek (2023). Cortex MetaLyzer 3B. Přístup 04.12.2023, z [https://www.compek.cz/e-shop/cortex-metalyzer-3b-komplet\\_823-002.html](https://www.compek.cz/e-shop/cortex-metalyzer-3b-komplet_823-002.html)
- Depositphotos (2018). Schéma hrudníku. Přístup dne 12.07.2023, z <https://depositphotos.com/cz/vector/illustration-represents-skeleton-thorax-vintage-line-drawing-engraving-illustration-216170602.html>
- Forbio (2023). Schéma plic. Přístup dne 30.12.2023, z <https://www.forbio.cz/vysetreni/vysetreni-plic.htm>
- Compek (2023). Lode Valiant 2 CPET. Přístup dne 4.12.2023, z [https://www.compek.cz/e-shop/behaci-pas-lode-valiant-2-cpet\\_707-201.html](https://www.compek.cz/e-shop/behaci-pas-lode-valiant-2-cpet_707-201.html)
- InBody (2023). InBody 770. Přístup dne 30.11. 2023 z <https://www.inbody.cz/produkty/20-inbody>
- Duvlan (2024). Hrudní pás Polar H7. Přístup dne 06.01.2024 z <https://www.duvlan.cz/hrudni-pas-polar-h7/>
- Btsbioengineering (2023). Systém BTS SMART DX. Přístup dne 03.02.2024, z <https://www.btsbioengineering.com/products/smart-dx-evo/>

## **Poznámkový aparát**

MV Minutová ventilace

BF Dechová frekvence

VT Dechový objem

IMT Čas nádechu

EMT Čas výdechu

BMT Délka dechového cyklu

VO<sub>2</sub>max Maximální hodnota kyslíku

OEP Optoelektronická pletysmografie