

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury



KOMPARACE VYBRANÝCH OBJEKTIVNÍCH A
SUBJEKTIVNÍCH UKAZATELŮ BĚHEM CHŮZE
S RESPIRÁTOREM TŘÍDY FFP2 V
NORMOXICKÝCH A HYPOXICKÝCH
PODMÍNKÁCH

Diplomová práce

Autor: **Bc. Markéta Přadková**
Studijní program: **Tělesná výchova a sport – Rekreologie**
Vedoucí práce: **Mgr. Filip Neuls, Ph.D.**

Olomouc

2022

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Bc. Markéta Přadková

Název práce: **KOMPARACE VYBRANÝCH OBJEKTIVNÍCH A SUBJEKTIVNÍCH UKAZATELŮ BĚHEM CHŮZE S RESPIRÁTOREM TŘÍDY FFP2 V NORMOXICKÝCH A HYPOXICKÝCH PODMÍNKÁCH**

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Rok obhajoby: 2022

Abstrakt:

Pandemie COVID-19 zasáhla celý svět a způsobila řadu změn v běžném lidském fungování, zejména se odrazila u pohybově aktivních osob. Hlavním cílem diplomové práce bylo mapovat odezvu vybraných fyziologických a psychometrických proměnných při chůzi v rychlostech 3, 5, a 7 km/h v podmínkách normoxie a normobarické hypoxie při nasazeném respirátoru třídy FFP2 a bez něj. Výzkumný soubor tvořilo 14 žen, ve věku 18-27 let. Měření bylo rozděleno podle podmínek do čtyř dní na 3 intervaly po 5 minutách. Na konci každého pětiminutového intervalu byly respondentky dotazovány na Borgovu škálu dušnosti. Z výsledků našeho experimentu vyplývá, že nošení respirátorů v normoxii při pomalé chůzi nevykazuje významný vliv na fyziologické parametry lidského organismu. U stavu hypoxie jsme však našli statisticky významné rozdíly v saturaci jak s respirátorem, tak i bez něho. V obou případech došlo se zvyšující rychlostí k postupnému poklesu této sledované proměnné.

Klíčová slova:

respirátor třídy FFP2, saturace kyslíkem, pohybová aktivita, Borgova škála, odezva organismu, dechový objem, hypoxická komora

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographic identification**Author:** Bc. Markéta Přadková**Title:** **COMPARISON OF SELECTED OBJECTIVE AND SUBJECTIVE PARAMETERS DURING WALKING WITH FFP2 CLASS RESPIRATOR IN NORMOXIC AND HYPOXIC CONDITIONS****Supervisor:** Mgr. Filip Neuls, Ph.D.**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology**Year:** 2022**Abstract:**

The COVID-19 pandemic has affected the entire world and caused many changes in normal human functioning, particularly affecting physically active people. The main aim of this thesis was to map the response of selected physiological and psychometric variables during walking at speeds of 3, 5, and 7 km/h under conditions of normoxia and normobaric hypoxia with and without a FFP2 class respirator fitted. The study population consisted of 14 women, aged 18-27 years. The measurements were divided according to the conditions into four days with 3 intervals of 5 minutes each. At the end of each 5-minute interval, the respondents were questioned on the Borg Dyspnoea Scale. The results of our experiment show that wearing respirators in normoxia during slow walking does not show a significant effect on the physiological parameters of the human body. However, in the hypoxia condition we found statistically significant differences in saturation both with and without a respirator. In both cases, there was a gradual decrease in this observed variable with increasing speed.

Keywords:

FFP2 class respirator, oxygen saturation, physical activity, Borg scale, body response, tidal volume, hypoxic chamber

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. června 2022

.....

OBSAH

OBSAH	5
1. ÚVOD.....	7
2. PŘEHLED POZNATKŮ	9
2.1 Úvod do tématu ochranné masky	9
2.1.1 COVID-19 a vládní nařízení	9
2.1.2 Ochranné masky a jejich funkce.....	11
2.1.3 Typy ochranných masek	13
2.1.4 Manipulace s ochrannou maskou dle WHO	13
2.1.5 Historie ochranných masek	14
2.2 Hypoxie a její vliv	16
2.2.1 Hypoxie	16
2.2.3 Dušnost a její měření pomocí Borgovy škály.....	17
2.3 Vliv ochranných masek na rozvoj hypoxie u pohybově aktivních lidí.....	18
3. CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	20
3.1 Dílčí cíle	20
3.2 Výzkumné otázky	20
4. METODIKA.....	21
4.1 Typ výzkumu, metody sběru dat a sledované proměnné	21
4.1.1 Hlavní metody a charakteristika přístrojů použitých při měření	22
4.2 Výzkumný soubor	27
4.3 Výzkumný protokol	28
4.3.1 Standardizace podmínek.....	28
4.3.2 Průběh měření.....	28
4.3.3 Hypoxická komora	29
4.3.4 Statistické zpracování dat	30
4.3.5 Etické aspekty výzkumu.....	30
5. VÝSLEDKY	31
5.1 Přehled základních naměřených fyziologických parametrů.....	31
5.1.1 Saturace krve kyslíkem.....	31
5.1.2 Srdeční frekvence	32
5.1.3 Spotřeba kyslíku	32
5.1.4 Ventilace.....	33
5.1.5 Respirační kvocient	33

5.2	Přehled naměřených subjektivních parametrů.....	34
5.1.6	Borgova škála	34
5.3	Přehled výsledků komparací jednotlivých proměnných	34
6.	DISKUZE	40
7.	ZÁVĚRY.....	42
8.	SOUHRN	44
9.	SUMMARY	45
10.	REFERENČNÍ SEZNAM.....	46
11.	PŘÍLOHY	51

1. ÚVOD

Pandemie COVID-19 zasáhla celý svět a způsobila řadu změn v běžném lidském fungování. Pro sportovce tato situace znamenala zrušení většiny tréninků, soutěží a jiných pro ně významných sportovních událostí. U sportovně aktivních jedinců se restriktce odrazily například v nemožnosti navštívit fitness centra, jelikož byla z převážné části po dobu celé pandemie uzavřená. Aktivní pohyb se tímto způsobem omezil pouze na domácí a venkovní prostředí. V průběhu kolísání pandemické situace se občas stalo, že se fitness centra a sportoviště otevřela, avšak tato otevření sebou nesla jistá omezení. Nejčastěji se jednalo o nošení roušek a respirátorů. Vláda tyto ochranné prostředky nařizovala, aby se zamezilo šíření vysoce nakažlivého koronaviru. Nařízení se v počátcích pandemie týkala i nošení respirátoru venku, proto nebylo nic neobvyklého vidět venku běžce s nasazeným respirátorem. Cvičení v respirátoru ovšem není zcela příjemné. Sama se nejrůznějším sportům věnuji od útlého věku. Sportovat jsem se snažila i po celou dobu pandemie, avšak respirátor pro mě samotnou představoval značný diskomfort v podobě dušnosti.

Na základě vlastní zkušenosti a výpovědí mých známých, kteří se taktéž věnují aktivně sportu a v době pandemie museli nosit respirátory při sportování, jsem se rozhodla věnovat vlivu nošení respirátorů na různé fyziologické parametry včetně kyslíkové saturace a subjektivnímu vnímání dušnosti u pohybově aktivních osob. Domnívám se, že vzhledem ke stále probíhající pandemické situaci se jedná o aktuální téma, které je nutné prozkoumat. Nízká saturace kyslíku neboli hypoxie s sebou může přinést řadu rizik, které sportovce dokonce mohou ohrozit na zdraví. Tento jev nelze podceňovat. Na základě této skutečnosti jsem se rozhodla realizovat experiment v rámci své diplomové práce, ve které budeme mapovat hypoxii a subjektivní vnímání dušnosti při nošení respirátorů v běžných a v uměle nastavených hypoxických podmínkách u souboru aktivně sportujících žen. Záměrem je prozkoumat, zdali faktory nošení respirátoru a hypoxie nějakým způsobem ovlivní vybrané fyziologické a subjektivní proměnné oproti běžným podmínkám. Různé studie se doposud zabývaly vlivem nošení respirátorů na vybrané parametry pouze v normoxických podmínkách, zařazení kombinace respirátoru v hypoxickém prostředí v naší práci tak představuje určitý nový zatěžující faktor.

Na základě rešerše relevantní literatury přinese teoretická část diplomové práce poznatky o respirátorech, jejich typech a funkcích, dále si vymežíme hypoxii a její možné

zdravotní komplikace a v závěru této části si vymezíme existující studie, které mapovaly vzájemnost mezi těmito dvěma proměnnými.

Praktická část diplomové práce bude věnovaná realizací výše uvedeného experimentu, ve kterém se budeme zabývat souvislostmi mezi nošením respirátoru, hypoxií a vybranými objektivními a subjektivními ukazateli. Pro účely výzkumu bude zvolen vnitrosjektový design.

2. PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 ÚVOD DO TÉMATU OCHRANNÉ MASKY

V této kapitole se budeme věnovat různým typům respirátorů a jejich funkčnosti v kontextu pandemie COVID-19. Zaměříme se nejen na pozitiva, ale i negativa tohoto ochranného prostředku. Dále se budeme zabírat hypoxií, přičemž naše pozornost se bude upínat zejména na zdravotní rizika, které se s tímto jevem pojí. V závěru kapitoly přineseme výčet poznatků ze studií, které mapovaly vliv respirátorů na hypoxii při pohybovém či sportovním výkonu.

2.1.1 COVID-19 a vládní nařízení

Onemocnění COVID-19 je způsobeno typem koronaviru, který se odborně nazývá SARS-CoV-2. Jedná se o vysoce infekční onemocnění, jejímž projevem jsou zejména horečky, ztížené dýchání (dušnost a kašel), bolest svalů a v neposlední řadě únava (Komenda et al., 2020). Nový typ koronaviru SARS-CoV-2 se poprvé objevil v prosinci 2019 ve Wu-šanu, který je centrálním městem provincie Chu-pej v Číně. Odtud se virus rychle rozšiřoval téměř do všech zemí světa a onemocnění bylo prohlášeno za pandemii (Smereka et al., 2020).

Koronavirus je typ RNA virů, které byly objeveny v 60. letech 20. století. Většina těchto virů se šíří mezi zvířaty, zejména u netopýrů. V současnosti evidujeme 7 typů humánních koronavirů. Většina těchto druhů nemívá závažný průběh, avšak byly popsány i značné zdravotní komplikace, které mohly vést až k rozvoji těžkého akutního respiračního syndromu. Běžně se v lidské populaci objevují infekce koronaviru rodu *Alpha* a *Beta*. Nicméně v posledních dvaceti letech byly zaznamenány 3 nové typy koronavirů, které způsobují značné zdravotní komplikace u lidí. Jedná se zejména o SARS-CoV, který se objevil poprvé v roce 2002. O 10 let později jsme mohli začít evidovat případy onemocnění MERS-CoV a v roce 2019 se poprvé objevil SARS-CoV-2 známý právě pod označením jako COVID-19 (Státní zdravotní ústav ČR, 2021).

Většina lidí, která se infikovala tímto virem, vykazuje mírné až středně závažné respirační onemocnění. Léčba u těchto osob většinou nevyžaduje výjimečnou lékařskou péči. Toto, ale neplatí pro starší osoby, které se již potýkají s nějakou základní zdravotní

potíží, jako je například cukrovka, rakovina, kardiovaskulární choroby či respirační onemocnění chronického rázu. U těchto jedinců lze předpokládat, že se u nich vyvine závažnější průběh onemocnění COVID-19 a lékařský zásah bude nutný. Nepříjemnou skutečností je, že na COVID-19 může zemřít kdokoli v jakémkoliv věku, a proto bylo nezbytné nastolit určitá opatření, která zpomalují přenos viru. Zejména se jednalo o dodržování rozestupů ve vzdálenosti alespoň 1 metru od ostatních, časté mytí rukou, nošení ochranných obličejových masek a očkování. Vzhledem k tomu, že virus se šíří z úst či nosu infikované osoby pomocí malých kapének, když mluví, kašle apod., bylo téměř nezbytné nařídit povinné nošení ochranných masek (WHO, 2022).

Vláda České republiky (2020) dne 12. března 2020 vyhlásila první nouzový stav a vydala první krizové opatření o zákazu vstupu do České republiky. Zároveň nařídila zákaz cestovat do rizikových zemí. V tomto dnu zahájila nákup plicních ventilátorů ministerstvem zdravotnictví. Dne 15. března 2020 vydala usnesení o zákazu volného pohybu osob a o nákupu ochranných prostředků a jiného vybavení. Další podstatné krizové opatření bylo vydáno 18. března. Jednalo se o povinné používání ochranných prostředků. V tomto usnesení vlády č. 194 byl výslovně zakázán pohyb všem osobám na všech místech vyjma bydliště bez ochranných prostředků dýchacích cest. Do těchto ochranných prostředků se počítají respirátory, rouška, ústenka, šátky a jiné, které pomáhají zamezit přenos šíření kapének. Od tohoto měsíce bylo téměř vše uzavřené, od fitness center, po restaurace, školy, maloobchody a bylo nařízeno minimalizovat svůj pohyb mimo domov.

Povinnost všude nosit ochranu dýchacích cest trvala až do 25. května 2020. Od tohoto data se realizovalo několik změn. Povinnost nosit různé prostředky, které zamezují přenosu viru, se nadále vztahovalo na všechny vnitřní prostory, prostředky veřejné dopravy a místa, kde se nacházejí dvě osoby ve vzdálenosti bližší než 2 metry. Výjimku začaly mít děti do dvou let, děti v mateřské škole, studenti a pedagogičtí pracovníci při přijímacích zkouškách, moderátoři, umělci při realizaci například divadelního představení, při svatbě za účelem pořízení novomanželské fotografie a v neposlední řadě se tato opatření se omezovala u osob s poruchou intelektu či závažnou alterací psychického stavu a u pacientů, u kterých je takové opatření rizikové. Cílem těchto opatření bylo zejména zpomalení šíření viru mezi lidmi a zabránit tak přeplnění kapacit nemocnic, snížit četnost těžký průběhu onemocnění a úmrtnosti, která se s tím virem pojí (Vláda České republiky, 2020).

Opatření s sebou přineslo obří poptávku po ochranných prostředcích, jako jsou roušky, respirátory a jiné ochranné masky. Zdravotníci byli kvůli neustálému kontaktu s nakaženými pacienty vystavováni velkému riziku nákazy virem COVID-19. Nízká zásoba respirátorů typu N95 vedla k tomu, že zdravotničtí pracovníci opakovaně používali své respirátory po dobu několika dnů až týdnů. V důsledku toho se odborníci ve zdravotnictví snažili hledat i další alternativy filtračních materiálů pro jejich výrobu (Remuzzi a Remuzzi, 2020).

2.1.2 Ochranné masky a jejich funkce

Obličejové masky a jiné ochranné pomůcky jsou řazeny mezi osobní ochranné prostředky. Mohou spadat výhradně do zdravotnických potřeb anebo mohou být užity i v jiných sektorech. Účel použití vždy vymezuje výrobce dané ochranné masky. Sektory jako zdravotnický, tak i osobní, potažmo průmyslový, se snaží být neustále harmonizovány, aby došlo ke sjednocování technických parametrů, které jsou vyžadovány všemi členskými státy EU (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2021).

Filtrační respirátorová maska je ochranný prostředek, který je navržen tak, aby zabránil nositeli vdechování aerosolů, které ohrožují jeho zdraví. Ochranné faktory respirátorů FFP jsou v průměru 12 až 16krát vyšší než u obyčejných chirurgických masek. Nejdůležitějším faktorem jejich účinnosti je však přizpůsobení obličejí nositele (Lee et al., 2016). Respirátory jsou tvořeny hustě tkanou filtrační tkaninou, která zabraňuje průchodu pevných materiálů a vnitřní vrstvy jsou elektrostaticky nabitě tak, aby zajistily nepřilnutí nebezpečných materiálů, které pak nemohou být vdechnuty. Klasifikační systém se skládá ze tří tříd FFP, zkratka FFP je zkratka pro „filtrující obličejovou část“. Respirátorová maska zakrývá ústa a nos a je vyrobena z různých filtračních materiálů. Její upotřebení je povinné hlavně v pracovních prostředích překračujících limitní hodnotu expozice (United States Department of Labor, 2022). Použití ochranného prostředku dýchacích cest je dnes mezinárodně hodnoceno jako jedno z nejvýznamnějších protiepidemických opatření, kterým lze dosáhnout omezení šíření nákazy virem způsobené (Huang et al., 2020)

V Evropě musí respirátory splňovat evropskou normu EN 149:2001, která má 3 třídy jednorázových částicových respirátorů. Nejnižším typem respirátorů jsou tzv. FFP1. Jedná se o obličejové masky s aerosolovou filtrací 80 % pro částice o velikosti 0,3 μm . Tato maska je používána zejména proti prachu. Dalším typem jsou respirátory FFP2.

Účinnost filtrace je minimálně 94 %. Nejúčinnějším typem respirátorů jsou masky FFP3. Minimální procento filtrace u této masky je 99 % a chrání nositele před velmi jemnými aerosoly, jako je například nebezpečný azbest (Li et al., 2020).

Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (EU-OSHA) definuje přidělený ochranný faktor (PF) pro každou třídu respirátorů. Při použití takového typu respirační masky správně nasazeného lze očekávat ochranu pracovníka až z 95 % (Regli et al., 2021). Lze také předpokládat, že správně nasazená maska N95/P2 s přiřazeným PF 10 snižuje počet vdechnutých částic minimálně 10x. Přidělené ochranné faktory se používají podle stanovy „maximální koncentrace použití“ nebezpečné atmosférické látky na pracovišti. Maskám N95 přiděluje OSHA PF 10, zatímco maskám FFP2 a FFP3 je ve Spojeném království dokonce přiřazeno PF 10 až 20 (Coia et al., 2013).

Respirátory se nejčastěji skládají z více vrstev netkané textilie vyrobené z polypropylenu a celosvětově podléhají respirátory různým regulačním normám, které specifikují fyzikální vlastnosti a výkonnostní charakteristiky. Během pandemie SARS-CoV-2 však zdravotnické úřady dočasně zrušily tyto normy pro respirátory a uvedly své (Rahman et al., 2022). Správné nošení respirační masky podle Ministerstva zdravotnictví ČR (2022) má za cíl minimalizaci rizika přenosu nákazy COVID-19 na veřejných místech nebo při přímém kontaktu s nakaženými.

Nicméně povinné nošení roušky či respirátoru vyvolalo také nutnost ověřování jejich účinnosti. Asociace pro profesionály v kontrole infekcí a epidemiologii v roce 2020 provedla test účinnosti filtrace tří typů filtračních materiálů a porovnávala je s výkonem respirátoru N95. Účelem této studie bylo posoudit účinnost filtrace látky Halyard H600, která byla zvolena jako filtrační materiál pro filtry N95 a P100 s certifikací NIOSH (Národní institut pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci). Hlavním cílem bylo určit, zda materiál Halyard H600 je dobrou okamžitou alternativou ochrany dýchacích cest pro zdravotnické pracovníky během COVID-19. Její účinnost však byla nižší ve srovnání s N95, proto nebyla doporučena jako vhodná náhrada pro výrobu respirátorů či obličejových masek. Navíc filtrační látka H600 vykazovala zvýšený dýchací odpor a bylo prokázáno, že snižuje výkonnost pracovníků (Caretto et al., 2006).

2.1.3 Typy ochranných masek

Jak již výše bylo řečeno, rozeznáváme několik typů ochranných masek. V následujících odstavcích si uvedeme stručný výčet různých druhů a detailněji si charakterizujeme jejich účinnost.

Dle Ministerstva průmyslu a obchodu ČR (2021) se ochranné masky dělí na 3 podskupiny. První podskupinu obličejových masek tvoří filtrační polomasky známé také jako **respirátory**. V případě, že jsou respirátory určeny k ochraně osob, patří mezi tzv. osobní ochranné prostředky III dle nařízení Evropské unie 2016/425. Respirátory mohou mít výdechový ventil, avšak výrobce nemá povinnost ho umístit. Účelem tohoto typu respirátoru není ochrana okolí. Filtrační masky nabízejí ochranu ve třech třídách – proti vodným olejovým aerosolům, kouři a jemným částicím. Dělíme je do tří tříd ochrany FFP1, FFP2 a FFP3 (Lee et al., 2016).

Druhou podskupinu tvoří zdravotnické masky. U laické veřejnosti je tento typ ochrany znám jako **rouška** či **ústenka**. Účelem této masky je ochrana okolí. Řadíme ji pod rizikovou třídu I a její požadavky na výrobu jsou upraveny dle nařízení Evropské unie 2017/745 (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2021).

Třetí podskupinu tvoří **respirátory**, které jsou vždy bez **výdechového ventilu**. Jsou určeny k ochraně nositele i jeho okolí. Spadají do kategorie II dle nařízení EU 2016/425, zároveň patří i mezi zdravotnické prostředky rizikové třídy I a řídí se výše uvedeným nařízením EU. Hlavní specifikací této masky je oboustranná ochrana, a proto jsou vhodné pro boj proti onemocnění COVID-19 (Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2021).

2.1.4 Manipulace s ochrannou maskou dle WHO

Pro komplexnost ještě uvádíme postup, jak s ochrannou maskou pracovat (WHO, 2022):

1. Je nutné před samotnou manipulací s ochrannou maskou si umýt ruce dezinfekcí na bázi alkoholu nebo mýdlem a vodou.
2. Dále je nezbytné zkontrolovat masku, zda není poškozená a neobsahuje v sobě trhliny. Důrazně se nedoporučuje nosit masku, která je poškozená či dříve nošená.

3. Je nutné nasadit si masku správně. O správnosti nás informuje zejména kovový pásek, který při nošení má být nahoře a vnitřní strana masky je identifikovatelná prostřednictvím bílé barvy.
4. Masku by měla být umístěná na obličej tak, aby zakryla nos, ústa a bradu. Mezi obličejem a maskou minimalizovala mezery.
5. Popruhy umístěte za hlavu nebo uši. Nedoporučuje se křížit popruhy, a to z důvodu mezer, které mohou daným překřížením vzniknout na straně masky.
6. Kovový proužek, který se nachází v oblasti nosu, je třeba stisknout tak, aby se přizpůsobil tvaru nosu a nevytvářel se tak prostor mezi maskou a obličejem osoby.
7. Při používání masky je nezbytné se nedotýkat její přední části. Mohlo by tak dojít k její kontaminaci. Pokud se tak náhodou stane, je nutno si ihned očistit ruce pomocí dezinfekčního prostředku na bázi alkoholu nebo si umýt ruce mýdlem a vodou.
8. Jednorázové masky po každém použití bezprostředně zlikvidujte.

2.1.5 Historie ochranných masek

Nejistota a strach z pandemie v lidech vyvolala otázky, zda respirátor poskytuje dostatečnou ochranu, který typ je pro širokou veřejnost optimální a kdo jej skutečně potřebuje. Domníváme se, že toto opatření dokonce předčilo všechny ostatní doporučené postupy kontroly infekcí a přerušování řetězce přenosu Covid-19, jako je mytí rukou, osobní hygiena či sociální distancování. Ochranná maska se vyvíjela postupem času, a přesto je potřeba stále zlepšovat její design kvůli bezpečnosti, snášenlivosti a pohodlí.

V tomto krátkém přehledu představuji cestu od prvních obličejových masek zaměřených na zastavení zápachu, k průmyslovému využití, až po jejich velmi důležité místo v lékařské oblasti (Goh et al., 2020).

Úplně první vyrobená maska měla za účel zastavit nepříjemný zápach z okolí. Teprve až na začátku 18. století si lidstvo uvědomovalo její potřebu a účinnost zejména pro lékařské účely. V době převládající ortodoxní víry dominovala „miasmatická“ teorie

příčiny nemocí, která předpokládala, že většina nemocí bývají způsobena vdechnutím „miasmatu“ – vzduchu infikovaného vystavením ničivé hmotě, jako jsou mrtvoly, její výpary či výdechy infikovaných osob (Halliday, 2001).

Černá smrt poprvé zasáhla Evropu ve 14. století a zabila nejméně 25 milionů lidí. To předznamenalo příchod lékařské masky. Symbolem moru byl děsivý obraz muže v ptačí masce (Antoine et al., 2004). Tímto nastala popularizace notoricky známé masky „morového lékaře“, kterou přesně popsal evropský lékař Charles de Lorme. Masku měla půl stopy dlouhý nos ve tvaru zobáku a byla naplněna bylinami se dvěma otvory v blízkosti nosních dírek, které umožňovaly dostatečné dýchání (Halliday, 2001).

Maska se od té doby stala jasným symbolem a připomínkou pandemie. Podoba dnešních masek se tedy vyvíjela v průběhu času. Úplně první zmínky o ochranných maskách však datujeme od 6. století před naším letopočtem. Důkazem jsou obrazy lidí s látkou přes ústa, které byly objeveny na dveřích perských hrobek. Od 13. století za doby dynastie Yuan byl šátek tkaný zlatými nitěmi a hedvábím považován za jednu z prvních obličejových masek v Číně. Věřilo se, že tyto šátky ochrání vůni a chuť jídla před dechem služících (Britannica, 2020).

Průmyslová revoluce 18. století vytvořila londýnský smog. Mnoho zim tak město bylo pokryto tlustou pokrývkou šedožlutého smogu, kvůli kterému dokonce nemohly jezdit vlaky. Ve 30. letech se tak staly „protismogové“ masky samozřejmostí (Karlík, 2016). Objevily se také zprávy o hromadném úhynu dobytka na polích udušením (Martinez, 2021).

Propuknutí chřipky na konci první světové války se změnilo v ničivou globální pandemii. Na její následky zemřelo přibližně 50 milionů lidí a Španělsko bylo první zemí, která epidemii nahlásila, a proto dodnes nese název „španělská chřipka“. Zaměstnanci byli nuceni nosit ochranné masky, aby zabránili jejímu rychlému šíření. Časopis Nursing Times z roku 1918 uváděl tipy, jak mohou lidé nemoc zvládnout. „Každá sestra, každý lékař, každý pomocník na oddělení“, který vstoupil do epidemického křídla, musel nosit masku a také celotělový oblek. Civilním lidem bylo řečeno „nose masku a zachraňte si život“ (Rao a Greve, 2017).

Civilisty s maskami bylo tedy běžné vidět dlouho před koronavirem. Anglické úřady byly znepokojovány hrozbou druhé světové války, proto plynové masky byly

vydávány nejen armádě, ale i obyčejným lidem. Do roku 1938 bylo všem civilistům distribuováno 35 milionů respirátorů (Moshenska, 2010).

2.2 HYPOXIE A JEJÍ VLIV

V této kapitole se zaměříme na téma hypoxie. Charakterizujeme si tento fenomén a zaměříme se na negativní aspekty, které se k němu vážou. V závěru kapitoly se zaměříme na to, jak hypoxie může ovlivňovat pohybovou aktivitu.

2.2.1 Hypoxie

Hypoxie je stav, kdy tělo nebo část těla nemá dostatečný přísun kyslíku na úrovni tkáně. Může být klasifikována buď jako generalizovaná, postihující celé tělo, nebo lokální, postihující určitou oblast těla (Diaz, 2001). Hypoxii charakterizujeme poklesem tlaku vdechovaného kyslíku a vlivem různých environmentálních stresorů, které zeslabují variabilitu srdeční frekvence (HRV). Nižší tlak vdechovaného kyslíku při dýchání (buď ve vyšší nadmořské výšce, nebo v její simulaci) je spojen se snížením saturace krve kyslíkem (SpO_2). Snížená hladina SpO_2 je považována za důležitý faktor, který ovlivňuje kardiovaskulární kompenzační odpověď u hypoxických stavů (Valli et al., 2015).

Aktivita, která je doprovázena relativním zvýšením sympatoadrenální regulace, v důsledku toho hypoxie vede ke zrychlení srdeční frekvence. Tento efekt se zdá být závislý na nadmořské výšce a barometrickém tlaku. S rostoucím zájmem o dobrodružné cestování stoupá počet lidí, kteří cestují do vysokých nadmořských výšek (>2000 m), kde je určujícím environmentálním znakem hypobarická hypoxie. Vystavení parciálnímu tlaku kyslíku uvádí do pohybu řadu důležitých fyziologických reakcí, které umožňují jednotlivcům přizpůsobit se a tolerovat hypoxické podmínky. V některých případech maladaptivní reakce predisponují postižené jedince k různým formám akutních a chronických nemocí ve vysokých nadmořských výškách. Respirační systém těchto maladaptivních reakcí může u jedince se základním plicním onemocněním v hypobarickém hypoxickém prostředí způsobit riziko. Pečlivé vyhodnocení před plánovanými exkurzemi do vysoké nadmořské výšky tedy může být oprávněné. Akutní hypoxie patří k relevantním faktorům, které mohou představovat spouštěč náhlé srdeční smrti (Hackett et al., 1980). Hodnocení před expozicí (např. prostřednictvím simulované nadmořské výšky) pomáhá

minimalizovat riziko a odhalit kontraindikace expozice ve velké nadmořské výšce. Reakce na expozici hypoxickým podmínkám je vysoce individuální, proto je také žádoucí individualizovat doporučení týkající se možností expozice hypoxii včetně její délky a FiO_2 a stupně osobního srdečního zdraví, např. sledováním změn HRV (Stream et al., 2009).

2.2.3 Dušnost a její měření pomocí Borgovy škály

V současné době je možnost širokého výběru škál pro subjektivní vnímání tělesné zátěže. Mezi nejznámější patří Borgova RPE (Rating of Perceived Exertion) škála. Borgovo hodnocení vnímané námahy (RPE) je způsob měření úrovně intenzity pohybové aktivity. Vychází z fyzických pocitů, které člověk zažívá během pohybové aktivity, včetně zvýšené srdeční frekvence, zrychleného dýchání, zvýšeného pocení a svalové únavy. Jedná se o subjektivní měřítko, hodnocení námahy založené na stupnici hodnocení 0 až 10 a může poskytnout poměrně dobrý odhad skutečné srdeční frekvence během pohybové aktivity (Borg, 1998).

Škály Borg CR jsou velmi specifické. Jsou to obecné stupnice pro měření intenzit většiny druhů zážitků a pocitů. Byly založeny na nápadech a experimentech, které vyvinul G. Borg v 70. letech a poprvé byly představeny během psychologického kongresu v Lipsku v roce 1980. Několik let byly testovány různé CR-škály, což nakonec vyústilo v 0-10 Borg a jemnější 0-100 Borg Scale (také nazývaný centiMax (cM) měřítko). Škálování „Category-Ratio“ otevřelo novinku příležitostí pro smysluplné a přímé škálování vjemů, tedy pro „verbálně rovnoměrně ukotvený poměr škálování“. Primární použití je v klinické diagnostice, v určení vnímané námahy, bolesti na hrudi (angina), ostatní bolesti, dušnosti a únavy. Aplikace se dále uplatňují v lékařství, sportu, ergonomii a také pro jiné vjemy v každodenním životě (Shariat et al., 2018).

2.3 VLIV OCHRANNÝCH MASEK NA ROZVOJ HYPOXIE U POHYBOVĚ AKTIVNÍCH LIDÍ

V této kapitole si vymezíme přehled realizovaných studií, které se zaměřovaly na vliv ochranných masek na rozvoj hypoxie u pohybově aktivních lidí.

Respirátory dle Huanga (2020) jsou důležitou součástí ochranných prostředků v boji proti pandemii COVID-19. Nositel této ochrany je tak chráněn před nejrůznějšími částicemi, kapénkami a aerosoly. Světová zdravotnická organizace (WHO) výrazně doporučuje pacientům s onemocněním COVID-19 nosit respirátory, aby se zamezilo přenosu viru. Nicméně i zdraví jedinci byli vyzváni, aby nosili respirátor, a to i během sportování. Současně s opatřeními však mezi lidmi, zejména na sociálních sítích, začaly kolovat také tvrzení spojované s nebezpečnou hypoxií. Odchytky v koncentracích arteriálního kyslíku by neměly být součástí normální fyziologie, což se v případě nasazení respirátoru nevyklučuje. Existují názory, že tato opatření mohou být zdraví nebezpečná. Nošení respirátorů během sportu může představovat významná zdravotní rizika, a to zejména zátěž pro plicní, imunitní a oběhový systém. Sportovní aktivita s respirátorem může snížit dostupnost kyslíku a vést k zadržení dechu. Tímto způsobem je zabráněno výměně oxidu uhličitého (Chandrasekaran a Fernandes, 2020). Neschopnost plicního systému zajistit adekvátní výměnu plynů se nazývá **respirační insuficience**. Výsledkem selhání této výměny může být **hyperkapnie**, která představuje nedostatečnost vylučování oxidu uhličitého z krve, nebo **hypoxémie**, která se pojí s nedostatečnou dodávkou kyslíku do krve (Novák et al., 2008).

Chandrasekaran a Fernandes (2020) dále zmiňují, že hyperkapnie může vést ke zvýšení kyselosti prostředí, přetížení kardiovaskulárního systému a ledvin. Tyto faktory mohou podstatně zhoršit základní patologii. Dále konstatují, že neexistují důkazy, které by jednoznačně potvrzovaly, že respirátory zaručují dostatečnou ochranu před přenosem koronaviru. Autoři postulují, že lepším řešením je dostatečná sociální distance mezi cvičícími než prosazování nošení respirátoru při sportovním výkonu.

Pifarré et al. (2020) provedli studii, která měla za úkol zmapovat dopady povinného nošení respirátoru během aerobního cvičení. Hlavní pozornost věnovali hyperkapnii. Výběrový soubor tvořilo 6 mužů a 2 ženy. Těchto 8 osob bylo hodnoceno na začátku s respirátorem a bez v klidovém režimu a při aerobním cvičení. Sledovanými proměnnými byly srdeční frekvence a koncentrace O₂ a CO₂. Výsledky studie naznačují, že provádění

aerobního cvičení s respirátorem vede k výraznému poklesu O_2 (o 3,7 %) a naopak ke zvýšení CO_2 (o 20 %). Ve dvou případech dokonce bylo dosaženo úrovně 20 000 ppm CO_2 . Tato hodnota může představovat práh toxicity pro mnoho osob. Respondenti s maskou v klidové fázi vykazovali minimální pokles saturace kyslíku. Na konci testování tento pokles byl o 5,5 bodů. Srdeční frekvence byla v klidové fázi $75,7 \pm 17,1$ tepů/min, zatímco po testování byly naměřené průměrné hodnoty $112,8 \pm 4,1$ tepů/min.

Mapelli et al. (2020) se nechali inspirovat veřejným míněním, které postulovalo, že nošení ochranných masek při fyzické zátěži vede k subjektivní dušnosti. Na základě této skutečnosti se rozhodli realizovat studii, která hodnotila kardiopulmonální parametry u souboru mužů v klidové fázi a při maximální zátěži tak, aby zdůraznili rozdíly při používání ochranných masek. Výzkumu se zúčastnilo 12 zdravých jedinců, kteří podstoupili 3 kardiopulmonální zátěžové testy, a to konkrétně bez jakékoliv ochrany dýchacích cest, s chirurgickou rouškou a s respirátory třídy FFP2. Dušnost byla hodnocena pomocí Borgovy škály a zároveň byly provedeny standardní plicní testy u těchto subjektů. Výsledky studie naznačují, že při spirometrii bylo pozorováno progresivní snížení FEV_1 (jednovteřinová vitální kapacita) a FVC (tj. vitální kapacita plic). Klidová ventilace, absorpce O_2 a produkce CO_2 byly postupně nižší při snížení dechové frekvence. Účastníci výzkumu manifestovali progresivní vyšší skóre při aplikaci Borgovy škály při nasazené chirurgické roušce a respirátoru FFP2 u maximální fyzické zátěže. Postupně byly nižší hodnoty VO_2 , frekvence dýchání, dechový objem a ventilace. Při výzkumu nebyl zaznamenán významný rozdíl v saturaci kyslíkem. Z tohoto důvodu autoři učinili závěry, že ochranné masky sice vedou k mírnému zhoršení spirometrie a kardiopulmonálních parametrů při klidové fázi a maximální zátěži, nicméně nedochází k významnému zátěžovému ventilačnímu omezení. Aplikace ochranných masek je bezpečná i v případě maximální zátěže, avšak s mírným snížením fyzického výkonu.

Závěry metastudie Hopkinse et al. (2020) naznačují, že pro zdravého člověka není nošení roušek či respirátorů fyziologicky jakkoliv ohrožující, ale je pouze nekomfortní.

3. CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Hlavním cílem této studie bylo zjistit, jaká bude odezva vybraných fyziologických a psychometrických ukazatelů při chůzi v různých rychlostech za podmínek normoxie a normobarické hypoxie s nasazeným respirátorem třídy FFP2 a bez něj.

3.1 DÍLČÍ CÍLE

1. Posoudit vliv čtyř různých podmínek: normoxie bez respirátoru, normoxie s respirátorem, hypoxie bez respirátoru a hypoxie s respirátorem při chůzi v rychlostech 3, 5 a 7 km/h na vybrané fyziologické parametry, jako jsou srdeční frekvence, spotřeba kyslíku, ventilace, respirační kvocient a saturace O₂.
2. Posoudit vliv těchto zvolených podmínek na subjektivní vnímání dušnosti.
3. Komparovat výsledky získané v jednotlivých podmínkách mezi sebou.

3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY

- Má nošení respirátoru třídy FFP2 vliv na saturaci krve kyslíkem při různých rychlostech chůze v podmínkách normoxie?
- Má nošení respirátoru třídy FFP2 vliv na saturaci krve kyslíkem při různých rychlostech v podmínkách normobarické hypoxie?
- Jakým způsobem se projeví podmínky normoxie a normobarické hypoxie při různých rychlostech chůze s nasazeným respirátorem třídy FFP2 v dalších fyziologických parametrech, jako jsou srdeční frekvence, spotřeba kyslíku, ventilace a respirační kvocient?
- Jakým způsobem bude ovlivněno subjektivní vnímání dušnosti při různých rychlostech chůze s nasazeným respirátorem třídy FFP2 v podmínkách normoxie a normobarické hypoxie?

4. METODIKA

V této kapitole si představíme metodologický rámec, popíšeme si realizovaný výzkum a metody, které byly využity k získávání dat. Dále si charakterizujeme výzkumný soubor a popíšeme postup, jakým jsme s ním dále pracovali. Závěr kapitoly je věnován etice výzkumu.

4.1 TYP VÝZKUMU, METODY SBĚRU DAT A SLEDOVANÉ PROMĚNNÉ

Povaha zkoumané problematiky jednoznačně vedla ke zvolení kvantitativního výzkumu, který umožňuje zachovat určitou objektivitu a generalizovanou aplikovatelnost zjištění. Vybrali jsme si konkrétní typ, a to experimentální výzkum, který prověřuje, zdali jeden fenomén vede ke vzniku druhého fenoménu. Základní podstatou experimentálního výzkumu je manipulace s nezávislou proměnnou. V našem případě se jedná o proměnné hypoxie a normoxie a přidání či odebrání respirátoru FFP2. Prostřednictvím manipulace s těmito proměnnými dochází ke změně v závislé proměnné (Walker, 2013). Závislé proměnné jsou saturace kyslíkem (SpO_2), srdeční frekvence, spotřeba kyslíku, ventilace a respirační kvocient. U experimentu je potřebné dosáhnout vhodné standardizace podmínek, protože do samotného procesu mohou vstupovat různé intervenující proměnné, které mohou vést ke značnému zkreslení výsledků (Walker, 2013).

V našem případě jsme předcházeli možnému zkreslení výsledků tak, že polovina souboru zúčastněných žen byla nejprve testována bez respirátoru a poté s ním, zatímco u druhé poloviny respondentek tomu bylo přesně naopak. V naší studii šlo o podmínky normoxie a hypoxie. Pořadí jednotlivých podmínek jsme také u poloviny účastnic střídali, abychom zamezili systémové chybě dané neměnným pořadím. Snažili jsme tímto také zmenšit vliv přítomné nervozity, která se objevuje u lidí před vstupem do nové situace. Zároveň jsme si vymezili kritéria, která se týkala nemožnosti účasti ve výzkumu z důvodu somatických a duševních onemocnění, které jsme považovali za kontraindikace. Dále jsme zdůrazňovali, aby účastnice před testováním nepožily kávu, alkohol či jiné návykové látky a nebyly den před výzkumem vystavovány náročné fyzické aktivitě.

Výše jmenované skutečnosti jsme považovali za zásadní intervenující proměnné, které by mohly ovlivnit výsledky našeho experimentu.

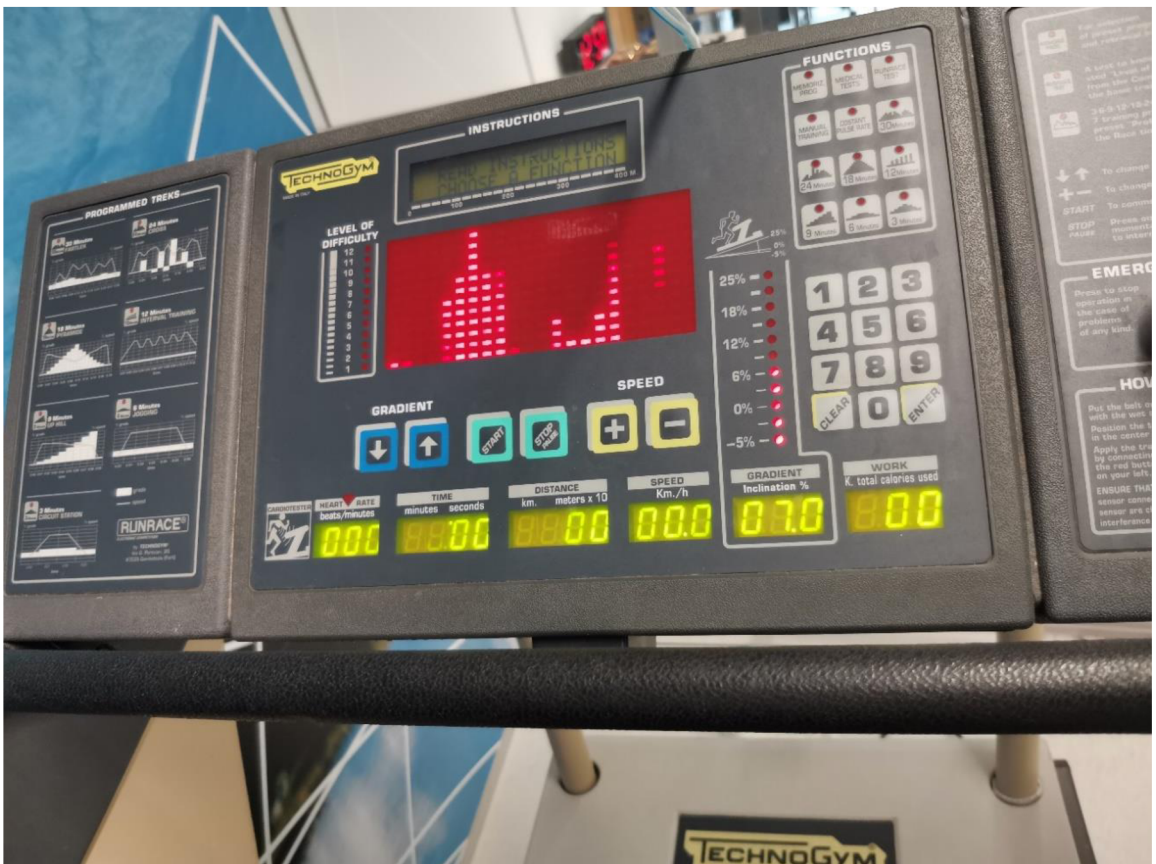
Jako výzkumný design jsme zvolili vnitrosubjektový. Principem tohoto typu designu je, že každá zúčastněná osoba je vystavena působení více nezávislými proměnnými, a z tohoto důvodu nebylo nutné zařazovat do experimentu kontrolní skupinu. Patrným negativem však může být přenos zkušeností a vliv učení, protože jak již bylo zmíněno, každá osoba je vystavená všem podmínkám experimentu. Tomuto jevu může být zabráněno tzv. vyvažováním, které spočívá v narušení vlivu pořadí (Ferjenčík, 2000).

4.1.1 Hlavní metody a charakteristika přístrojů použitých při měření

- přístroj Spirostik se softwarem Blue Cherry (Geratherm Respiratory, Bad Kissingen, Německo), kterými jsme provedli měření klidové spirometrie, protože bylo pro nás nezbytné zjistit individuální vitální kapacitu plic (VLC) u zkoumaných osob, včetně usilovného objemu výdechu za jednu sekundu (FEV₁),
- přístroj Ergostik se softwarem Blue Cherry (Geratherm Respiratory, Bad Kissingen, Německo), který zaznamenává minutovou ventilaci, respirační kvocient, spotřebu kyslíku, dechovou frekvenci a objem,
- hrudní pás Polar (Polar, Kempele, Finsko), který měřil srdeční frekvenci během celé doby testování subjektů,
- pulzní oxymetr Nonin Onyx Vantage 9590 (Nonin Medical, Plymouth, USA), který zaznamenával hodnoty arteriální saturace kyslíku (SpO₂) za každý měřený interval,
- běhátko Technogym (Technogym, Cesena, Itálie), které umožňovalo chůzi,
- normobarickou hypoxickou komoru, která umožňovala simulovat hypoxické prostředí,
- Borgovu škálu subjektivního hodnocení dušnosti, která umožňovala zhodnotit, jak respondentky vnímají svou dušnost během chození po pásu na stupnici od 0 (žádná) do 10 (maximální)



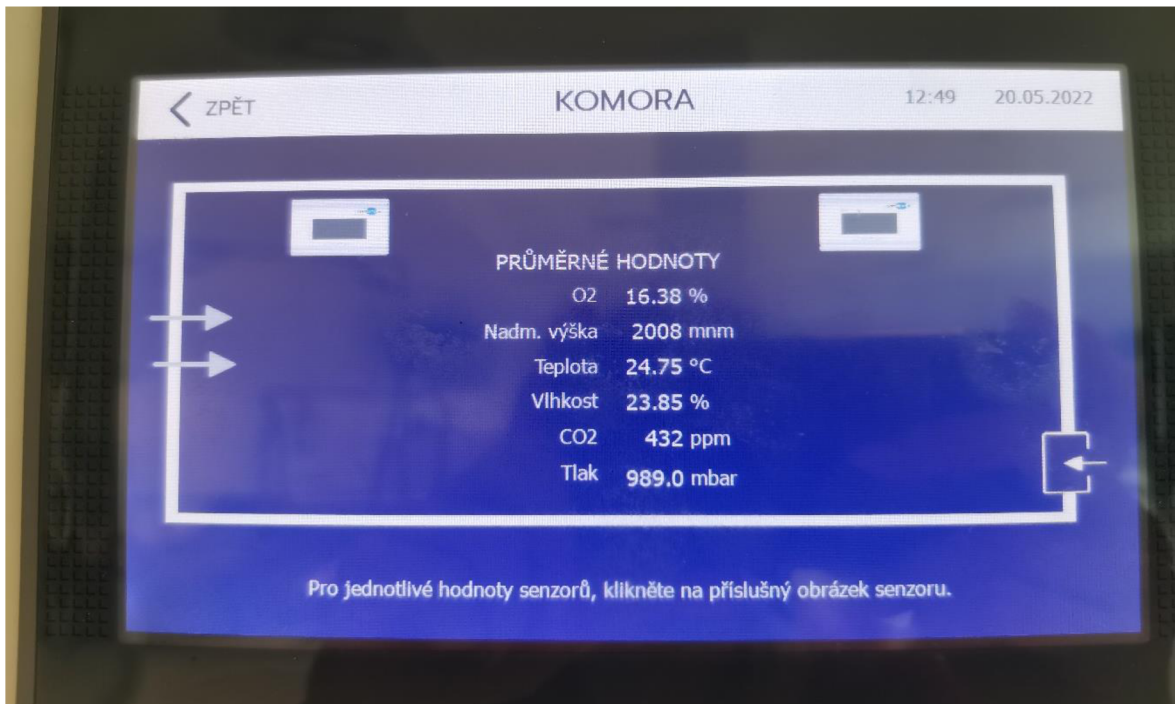
Obrázek 1. Pulzní oxymetr Nonin Onyx Vantage 9590



Obrázek 2. Pohled na displej běhátko Technogym



Obrázek 3. Účastnice výzkumu připravující se na měření



Obrázek 4. Řídící displej hypoxické komory



Obrázek 5. Ventily regulující přívod hypoxického vzduchu do komory



Obrázek 6. Filtrační jednotka hypoxické komory



Obrázek 7. Kompresor hypoxické komory

4.2 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Výzkumu se zúčastnilo celkem 15 osob. Výsledný výzkumný soubor byl tvořen 14 ženami ($n = 14$) z důvodu nedokončení všech měření u jedné účastnice. Vzhledem k povaze výzkumu nebylo možné počítat pouze s údaji z prvního měření. Všechny zúčastněné respondentky před vstupem do výzkumu podepsaly informovaný souhlas, ve kterém potvrdily, že se v době výzkumu nepotýkají se somatickou ani duševní nemocí, nejsou gravidní a zároveň nepožily před testováním alkohol, kofein a jiné návykové látky. Zároveň dalšími podstatnými kritérii, která umožňovala účast v námi realizovaném výzkumu, byla dobrá fyzická kondice a absence kouření.

Respondentky se nacházely ve věkovém rozpětí 18-27 let. V tabulce 1 uvádíme základní somatické a fyziologické charakteristiky souboru.

Tabulka 1. Charakteristika výzkumného souboru ($n = 14$)

	M	SD
Věk (roky)	23,29	2,27
Výška (cm)	167,93	6,00
Hmotnost (kg)	64,79	7,38
BMI (kg/m^2)	23	2,71
VC (l)	3,90	0,71
VC ₁ (%)	100,69	13,37
FEV (l)	3,46	0,70
FEV ₁ (%)	101,77	15,16
SF _{klid} (tepy/min)	59,07	8,27
SF _{max} (pr) (tepy/min)	196,71	2,27

Vysvětlivky: *M* – aritmetický průměr; *SD* – směrodatná odchylka; *BMI* – body mass index; *VC* – vitální kapacita plic a *FEV₁* – jednosekundová vitální kapacita, *SF_{klid}* – klidová srdeční frekvence, *SF_{max}(pr)* - predikovaná maximální srdeční frekvence (220 - věk)

4.3 VÝZKUMNÝ PROTOKOL

4.3.1 Standardizace podmínek

Sběr dat probíhal od února do června 2022 v prostorách Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Byla nám poskytnuta zátěžovou laboratoř fyziologie, ve které jsme celý výzkum realizovali. Teplota vzduchu v laboratoři se pohybovala v rozmezí 23 až 24 °C a relativní vzdušná vlhkost se pohybovala v rozmezí 30–50 %. Podle časových možností účastnic jsme jednotlivá měření prováděli v dopoledních i odpoledních hodinách. Všechny účastnice byly předem poučeny a informovány o faktorech, které by mohly ovlivnit průběh měření. Patřily mezi ně požití kofeinu či alkoholu 24 hodin před měřením či vysoká fyzická zátěž. Mezi jednotlivými měřeními byla prodleva s minimálním odstupem 2 a více dní od prvního měření. Tímto způsobem jsme se snažili nastolit potřebnou standardizaci podmínek.

4.3.2 Průběh měření

Testované respondentky podstoupily celkem 4 měření. První dvě měření byla realizována v normoxii, a to jedno s maskou, do které byl vložen respirátor, a druhé s maskou bez respirátoru. Další dvě měření byla pak realizována v hypoxii, taktéž s respirátorem v masce a bez něho, a to právě s odstupem minimálně dvou dní.

Před začátkem každého měření byly jednotlivé účastnice seznámeny s náročností a průběhem celého experimentu. Dále byly požádány o uvedení osobních údajů, jako jsou jméno, příjmení, hmotnost, výška a datum narození a také jim byl předložen informovaný souhlas, abychom tyto údaje mohli dále zpracovat. Zároveň respondentky byly seznámeny s tím, že jejich účast v experimentu je zcela dobrovolná a kdykoliv své působení mohou ukončit.

Všechny zkoumané osoby byly požádány, aby si změřily klidovou srdeční frekvenci dle jednotných pokynů: ráno hned po probuzení v poloze vleže, jednoduše nahmatat pulz na krku, spočítat počet úderů za 15 sekund a vynásobit čtyřmi.

Údaj o maximální srdeční frekvenci jsme získali výpočtem za pomoci vzorce $220 - \text{věk}$. Každé zúčastněné osobě byla před začátkem jejího prvního měření zjišťována klidová

spirometrie. Spirometrie se měří pomocí spirometru, což je přístroj, který slouží k měření rychlosti ventilace vzduchu. Používá se k vyšetření objemu a kapacity plic včetně průtoků, které se v plicích uskutečňují (Kittnar et al., 2011). V našem experimentu jsme použili kalibrovaný přístroj Spirostik. Poté následovalo nasazení respirační masky a hrudního pásu k měření srdeční frekvence.

Každá fáze měření byla rozdělena na 3 intervaly po 5 minutách. Hlavní úlohou zkoumaných žen bylo chodit po běžícím pásu ve třech stupních rychlosti 3 km/h, 5 km/h a 7 km/h vždy po dobu 5 min. Celkem v první fázi chodily 15 minut. Na konci každého pětiminutového intervalu byly respondentky dotazovány na Borgovu škálu dušnosti, které ukázaly za pomoci svých prstů.

Účastnice byly upozorněny, aby po celou dobu měření nemluvily. Na konci každého intervalu jsme zaznačovali také saturaci kyslíkem viditelnou na oxymetru. Tímto způsobem jsme sledovali rozdíly při různých rychlostech a odezvu organismu ve 4 různých podmínkách bez respirátoru a s respirátorem třídy FFP2 ve stavech normoxie a normobarické hypoxie.

Druhá fáze výzkumu byla realizována s časovou prodlevou minimálně dvou dní. Těmto podmínkám byly vystaveny všechny zúčastněné ženy a během celého trvání experimentu jsme se snažili o zachování maximální standardizace. Způsob testování probíhal stejně jako popisujeme v předchozích odstavcích s ohledem na to, zdali účastnicím v první fázi byla prováděna testování v hypoxii nebo normoxii. Hypoxii jsme účelně vytvořili pomocí normobarické hypoxické komory, která simulovala nadmořskou výšku 2000 m n. m. Rakouská vláda totiž v lyžařských střediscích požadovala kromě potvrzení tzv. bezinfekčnosti po lyžařích také v uzavřených lanovkách gondolách a sedačkových lanovkách, nasazený respirátor třídy FFP2 (Velvyslanectví České republiky ve Vídni, 2021). Hypoxie je stav, ve kterém je charakteristické snížení parciálního tlaku vdechovaného kyslíku. Tento jev následně vede k nižší míře saturace kyslíku (Ivanovic, 2009).

4.3.3 Hypoxická komora

Podmínky normobarické hypoxie byly vytvořeny pomocí hypoxické komory a generátoru hypoxického vzduchu HR-1470 (Hypoxie group, Praha, Česká republika). V této studii byla použita jedna úroveň normobarické hypoxie s $FiO_2 = 16,3 \%$, což odpovídá

simulované nadmořské výšce ~2 000 m. Generátor rozděljuje stlačený vzduch na dusíkovou a kyslíkovou frakci pomocí systému membrány z dutých vláken. Jako výstup tohoto separačního procesu proudí do komory vzduch se sníženým obsahem kyslíku. Potřebný F_{iO_2} uvnitř komory byl nepřetržitě udržován řídicím systémem vstupních/výstupních ventilů a kalibrovanými senzory. Koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) byla udržována pod 1500 ppm (0,15 %) jeho pravidelným větráním po každém experimentálním testu. Relativní vlhkost přibližně 30 až 40 % byla v komoře udržována běžným komerčním zvlhčovačem (Neuls et al., 2020).

4.3.4 Statistické zpracování dat

Získaná data jsme zpracovávali v programu Statistica 13.4, který nám poskytl přehlednou deskriptivní statistiku. Zároveň jsme v programu mohli provést potřebné komparace, které jsme učinili pomocí parametrického párového t-testu. Jelikož jsme pracovali i s neparametrickými daty, pro jejich výpočty jsme užili i neparametrický Wilcoxonův párový test. Všechny signifikantní rozdíly, které jsou níže zmíněné, byly stanoveny na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

4.3.5 Etické aspekty výzkumu

Výzkum byl realizován s velkým ohledem na dodržení bezpečnosti a uchování citlivých dat. Před samotným testováním byly účastnice pravdivě obeznámeny o celém průběhu a cílech výzkumu. Dále byly informovány o možnosti z výzkumu kdykoli odstoupit a bylo zmíněno, že jejich účast je zcela dobrovolná. Souhrn důležitých informací byl uveden v informovaném souhlasu, se kterým se každá zúčastněná osoba musela seznámit a podepsat ho před svou účastí. Znění informovaného souhlasu je uvedeno v příloze 1.

Výsledné údaje, které jsme získali, byly anonymizovány a celková analýza a interpretace dat byla provedena bezpečným způsobem. Při realizaci výzkumu si nejsme vědomi, že bychom se dopustili etického pochybení, které by způsobilo jakoukoliv újmu zúčastněným respondentkám.

5. VÝSLEDKY

V této kapitole si uvedeme data, která jsme naměřili během výzkumu a zároveň se zaměříme na vymezení objevených jevů, které z těchto dat vyplývají.

5.1 PŘEHLED ZÁKLADNÍCH NAMĚŘENÝCH FYZIOLOGICKÝCH PARAMETRŮ

Následující tabulky 2-7 prezentují naměřené fyziologické parametry u souboru ($n = 14$). Jedná se konkrétně o hodnoty saturace krve kyslíkem, srdeční frekvence, spotřeby kyslíku, ventilace a respiračního kvocientu. Pro názorné porovnání uvádíme ve všech tabulkách naměřené průměry (M) a směrodatné odchylky (SD) ve stavu hypoxie a normoxie s respirátorem třídy FFP2 a bez něho.

5.1.1 Saturace krve kyslíkem

V tabulce 2 uvádíme přehled naměřených hodnot saturace krve kyslíkem ve fázi normoxie a hypoxie s nasazeným respirátorem a bez něho. U saturace v normoxických podmínkách s narůstající rychlostí chůze nedochází k významným změnám. Přirozené rozdíly v rozmezí 8-13 % však sledujeme mezi normoxií a hypoxií s respirátorem, kde dochází k signifikantnímu poklesu saturace se stoupající rychlostí chůze.

Tabulka 2. Saturace krve kyslíkem (%) při chůzi v různých rychlostech a podmínkách u souboru žen ($n = 14$)

Podmínky	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	M	SD	M	SD	M	SD
normoxie bez respirátoru	98,29	0,91	98,07	0,73	97,79	1,05
normoxie s respirátorem	98,14	1,10	98,07	1,00	96,79	1,58
hypoxie bez respirátoru	90,71	3,67	89,07	2,73	85,79	3,64
hypoxie s respirátorem	90,57	2,44	88,14	3,23	84,57	4,67

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka

5.1.2 Srdeční frekvence

V tabulce 3 uvádíme hodnoty srdeční frekvence, u kterých můžeme sledovat nepatrné rozdíly při chůzi bez respirátoru a s respirátorem v normoxii i v hypoxii. Přirozené rozdíly sledujeme mezi normoxií bez respirátoru a hypoxií s respirátorem, kdy nárůst srdeční frekvence činí cca 7-9 % při různých rychlostech chůze.

Tabulka 3. Srdeční frekvence (tepy/min) při chůzi v různých rychlostech a podmínkách u souboru žen ($n = 14$)

Podmínky	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	M	SD	M	SD	M	SD
normoxie bez respirátoru	96,86	12,95	110,36	13,94	145,43	20,41
normoxie s respirátorem	98,07	14,79	111,86	17,18	145,93	21,46
hypoxie bez respirátoru	105,93	14,55	119,57	16,14	153,43	18,07
hypoxie s respirátorem	106,36	12,10	119,79	12,15	156,21	17,39

Vysvětlivky: *M* – aritmetický průměr; *SD* – směrodatná odchylka.

5.1.3 Spotřeba kyslíku

V tabulce 4 prezentujeme naměřené hodnoty spotřeby kyslíku. U spotřeby kyslíku v normoxii bez respirátoru v porovnání s hypoxií s respirátorem sledujeme s rostoucí rychlostí přirozené rozdíly cca 2-2,5 %.

Tabulka 4. Spotřeba kyslíku ($mlO_2/kg/min$) při chůzi v různých rychlostech a podmínkách u souboru žen ($n = 14$)

Podmínky	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	M	SD	M	SD	M	SD
normoxie bez respirátoru	9,01	1,10	12,60	1,46	21,46	2,96
normoxie s respirátorem	8,72	1,19	12,31	1,68	20,63	2,61
hypoxie bez respirátoru	9,18	0,67	12,96	1,11	21,14	1,62
hypoxie s respirátorem	9,24	1,14	12,87	1,11	21,06	2,55

Vysvětlivky: *M* – aritmetický průměr; *SD* – směrodatná odchylka.

5.1.4 Ventilace

V tabulce 5 prezentujeme hodnoty minutové ventilace, kde při porovnání podmínek normoxie bez respirátoru a hypoxie s respirátorem, můžeme v nižších rychlostech sledovat její nárůst cca o 6-7 %, avšak s rostoucí rychlostí ventilace zase klesá, a to o 2 %.

Tabulka 5. Ventilace (l/min) při chůzi v různých rychlostech a podmínkách u souboru žen (n = 14)

Podmínky	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	M	SD	M	SD	M	SD
normoxie bez respirátoru	17,57	1,10	23,14	3,46	42,50	8,99
normoxie s respirátorem	18,00	5,63	22,21	2,80	38,29	7,92
hypoxie bez respirátoru	18,64	2,73	25,79	3,62	49,43	10,58
hypoxie s respirátorem	18,57	1,95	24,71	2,70	43,50	7,70

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka.

5.1.5 Respirační kvocient

V tabulce 6 znázorňujeme respirační kvocient. Ten můžeme charakterizovat jako poměr vydechnutého CO₂ na jeden díl spotřebovaného O₂. I u respiračního kvocientu sledujeme přirozené rozdíly mezi přítomnosti či absence respirátoru v podmínkách normoxie a hypoxie. Tyto rozdíly činí cca 2-4 % při různých rychlostech chůze.

Tabulka 6. Hodnota respiračního kvocientu při chůzi v různých rychlostech a podmínkách u souboru žen (n = 14)

Podmínky	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	M	SD	M	SD	M	SD
normoxie bez respirátoru	0,83	0,05	0,84	0,04	0,95	0,05
normoxie s respirátorem	0,83	0,07	0,83	0,05	0,93	0,04
hypoxie bez respirátoru	0,86	0,05	0,86	0,05	0,98	0,07
hypoxie s respirátorem	0,85	0,04	0,86	0,03	0,99	0,08

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka.

5.2 PŘEHLED NAMĚŘENÝCH SUBJEKTIVNÍCH PARAMETRŮ

5.1.6 Borgova škála

V tabulce 7 uvádíme hodnoty Borgovy škály při 3, 5 a 7 km/h ve stavu normoxie a hypoxie s nasazeným respirátorem typu FFP2 a bez něho. Vzhledem k neparametrickému charakteru dat v tabulce uvádíme hodnoty průměrné i mediánní.

Tabulka 7. Hodnoty Borgovy škály při chůzi v různých rychlostech a podmínkách u souboru žen ($n = 14$)

Podmínky	3 km/h				5 km/h				7 km/h			
	M	SD	Me	IQR	M	SD	Me	IQR	M	SD	Me	IQR
NXBR	0,21	0,43	0	0	0,57	0,51	1	1	2,57	1,22	2	2
NXSR	1,14	1,17	1	1	1,93	1,38	2	2	4,86	1,83	5	3
HXBR	0,21	0,43	0	0	0,64	0,93	0	1	2,29	1,27	2	0
HXSR	0,86	0,77	1	1	1,79	1,05	2	1	4,43	1,50	5	2

Vysvětlivky: *NX* – normoxie; *HX* – hypoxie; *BR* – bez respirátoru; *SR* – s respirátorem; *M* – aritmetický průměr; *SD* – směrodatná odchylka; *Me* – medián; *IQR* – interkvartilové rozpětí.

5.3 PŘEHLED VÝSLEDKŮ KOMPARACÍ JEDNOTLIVÝCH PROMĚNNÝCH

Jak jsme již zmínili, pro komparace jednotlivých proměnných jsme použili párový t-test. V následujících tabulkách prezentujeme zásadní zjištění.

První komparace se týkala stavu **normoxie s respirátorem a bez něho**, kde jsme mapovali, zdali nastanou významné změny ve sledovaných proměnných jako je saturace kyslíku, srdeční frekvence, spotřeba kyslíku, minutová ventilace a respirační kvocient při rychlostech chůze 3, 5 a 7 km/h. Každou rychlost jsme vzájemně porovnávali a mapovali vliv přidaného respirátoru. V tabulce 8 prezentujeme naměřené hodnoty testové statistiky (t), p -hodnoty (p), které jsme naměřili u jednotlivých fyziologických faktorů bez respirátoru a s respirátorem v podmínkách normoxie. Zatímco v nižších rychlostech nezjišťujeme rozdíly v saturaci, v nejvyšší sledované rychlosti (7 km/h) dochází k statisticky významnému poklesu saturace, který však fakticky činí jedno procento.

Statisticky významný je i pokles ventilace v nejvyšší rychlosti chůze s respirátorem oproti chůzi bez respirátoru.

Tabulka 8. Komparace změn vybraných fyziologických ukazatelů při chůzi v různých rychlostech v normoxii s nasazeným respirátorem a bez něj u souboru žen ($n = 14$)

Proměnná	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	t	p	t	p	t	p
saturace O ₂ (%)	0,69	0,49	<0,001*	1,00	2,46	0,03*
SF (tepy/min)	0,75	0,47	1,05	0,31	0,54	0,60
VO ₂ (ml/kg/min)	0,83	0,42	<0,001*	1,00	0,54	0,60
VE (l/min)	0,24	0,81	1,11	0,28	2,70	0,01*
RQ	0,29	0,78	0,74	0,48	1,66	0,12

Vysvětlivky: SF – srdeční frekvence; VO₂ – spotřeba kyslíku; VE – ventilace; RQ – respirační kvocient; t – hodnota párového t-testu; p – hodnota p (*statisticky významný rozdíl na hladině $p < 0,05$).

Výsledky v tabulce 9 prezentují hodnoty naměřené v podmínkách **normoxie a hypoxie bez nasazeného respirátoru**. Můžeme si zde povšimnout, že existuje rozdíl na hladině statistické významnosti u saturace krve kyslíkem, kde ve stavu hypoxie je značný pokles u všech třech rychlostí. Další signifikantní rozdíl sledujeme i u srdeční frekvence, která ve stavu hypoxie měla vzrůstající tendenci oproti normoxii ve všech třech rychlostech. Významný rozdíl jsme zaznamenali i u další sledované proměnné, a to minutové ventilace. Ve stavu hypoxie osoby vykazovaly větší ventilaci oproti normoxii v rychlostech **5 km/h a 7 km/h**. V rychlosti 3 km/h jsme neevdovovali signifikantní rozdíl. To samé lze konstatovat u spotřeby kyslíku a respiračního kvocientu, kde se naměřené hodnoty u stavu hypoxie a normoxie výrazně nelišily.

Tabulka 9. Komparace změn vybraných fyziologických ukazatelů při chůzi v různých rychlostech v normoxii a v hypoxii bez respirátoru u souboru žen ($n = 14$)

Proměnná	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	t	p	t	p	t	p
saturace O ₂ (%)	8,84	<0,001*	14,95	<0,001*	15,16	<0,001*
SF (tepy/min)	4,68	<0,001*	4,60	<0,001*	4,61	<0,001*
VO ₂ (ml/kg/min)	0,59	0,56	1,43	0,18	0,56	0,58
VE (l/min)	1,30	0,21	2,76	0,02*	4,42	<0,001*
RQ	1,98	0,07	1,42	0,17	2,14	0,05

Vysvětlivky: SF – srdeční frekvence; VO₂ – spotřeba kyslíku; VE – ventilace; RQ – respirační kvocient; t – hodnota párového t-testu; p – hodnota p (*statisticky významný rozdíl na hladině $p < 0,05$).

V tabulce 10 přinášíme přehled testové statistiky (t) a p-hodnoty k jednotlivým fyziologickým parametrům v podmínkách **hypoxie bez respirátoru a hypoxie s respirátorem**. Při porovnávání hypoxie bez respirátoru a hypoxie s respirátorem jsme narazili na statistické významné rozdíly pouze u srdeční frekvence v rychlosti **7 km/h**, kde získané hodnoty nasvědčovaly, že u osob s respirátorem v hypoxii dochází k signifikantnímu nárůstu srdeční frekvence oproti tomu samému stavu bez respirátoru.

Tabulka 10. Komparace změn vybraných fyziologických ukazatelů při chůzi v různých rychlostech v normobarické hypoxii s nasazeným respirátorem a bez něj u souboru žen (n = 14)

Proměnná	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	t	p	t	p	t	p
saturace O ₂ (%)	0,23	0,82	1,87	0,08	1,37	0,19
SF (tepy/min)	0,20	0,84	0,10	0,92	2,16	0,04*
VO ₂ (ml/kg/min)	0,16	0,87	0,36	0,73	0,12	0,90
VE (l/min)	0,08	0,94	1,63	0,13	3,60	<0,001*
RQ	0,62	0,55	0,39	0,71	0,14	0,89

*Vysvětlivky: SF – srdeční frekvence; VO₂ – spotřeba kyslíku; VE – ventilace; RQ – respirační kvocient; t – hodnota párového t-testu; p – hodnota p (*statisticky významný rozdíl na hladině p <0,05).*

Další rozdíl na hladině statistické významnosti jsme zaznamenali u minutové ventilace u rychlosti **7 km/h**, kde jsme naměřili vyšší hodnoty ve stavu bez respirátoru oproti stavu, kde osoby na sobě respirátor měly. U ostatních sledovaných proměnných se významné rozdíly nezjistily.

V tabulce 11 přinášíme přehled rozdílů pomocí párového t-testu, které jsme naměřili při chůzi v podmínkách **normoxie a hypoxie bez nasazeného respirátoru**.

Tabulka 11. Komparace změn vybraných fyziologických ukazatelů při chůzi v různých rychlostech v normoxii a v hypoxii bez respirátoru u souboru žen ($n = 14$)

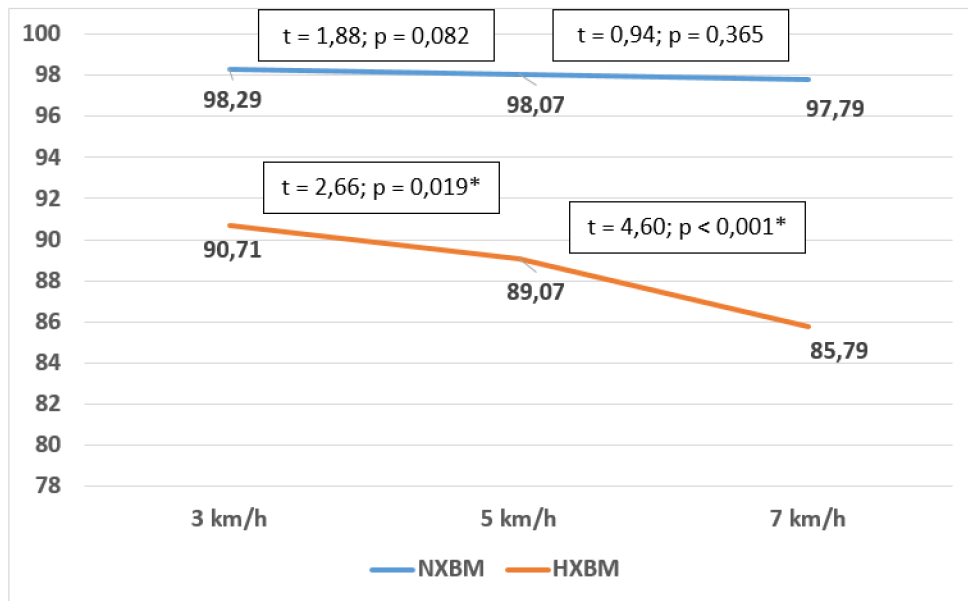
Proměnná	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	t	p	t	p	t	p
saturace O ₂ (%)	12,44	<0,001*	14,05	<0,001*	10,21	<0,001*
SF (tepy/min)	3,30	0,01*	2,76	0,02*	3,86	<0,001*
VO ₂ (ml/kg/min)	1,68	0,12	1,21	0,25	0,70	<0,49
VE (l/min)	0,38	0,70	4,79	<0,001	4,05	<0,001*
RQ	0,98	0,35	2,38	0,03*	2,82	0,01*

Vysvětlivky: SF – srdeční frekvence; VO₂ – spotřeba kyslíku; VE – ventilace; RQ – respirační kvocient; t – hodnota párového t-testu; p – hodnota p (*statisticky významný rozdíl na hladině $p < 0,05$).

Na základě výsledků lze konstatovat, že u hypoxie ve všech třech typech rychlosti dochází k poklesu saturace krve kyslíkem oproti stavu normoxie. Zároveň můžeme sledovat i vzrůstající srdeční frekvenci opět u hypoxie ve srovnání s normoxií. Statisticky významný rozdíl evidujeme i u minutové ventilace a respiračního kvocientu. V obou případech se jedná o **rychlost 5 km/h a 7 km/h**. U ostatních faktorů jsme nenalezli signifikantní rozdíly mezi stavem normoxie a hypoxie při nošení respirátorů.

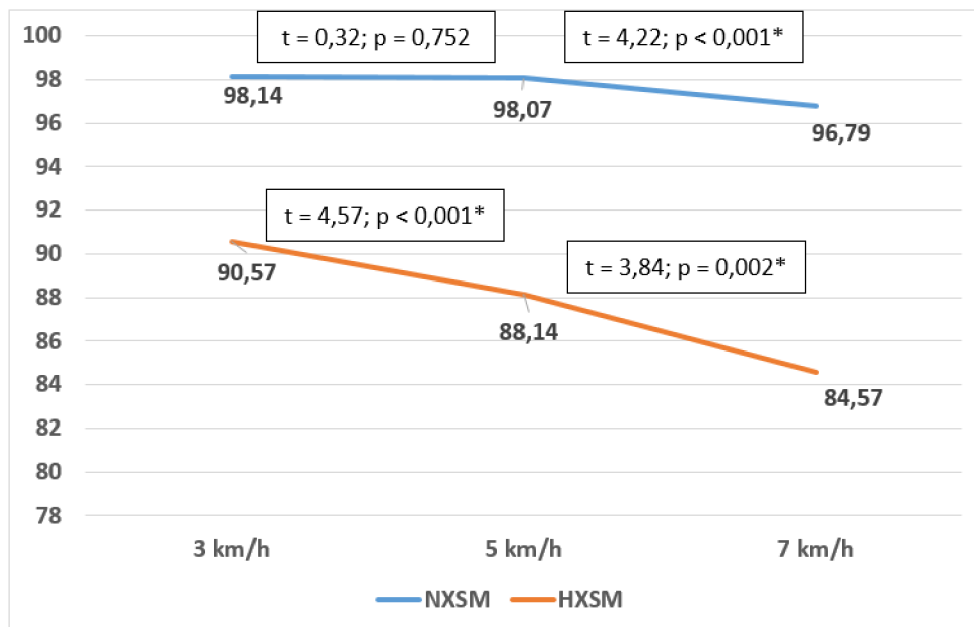
Bližší informace o testové statistice t a p-hodnotách přináší Obrázky 8 a 9, které přehledněji ukazují výsledky týkající se komparace jednotlivých intervalů rychlostí mezi sebou ve stavu **normoxie a hypoxie s respirátorem a bez něho**. Z obrázků je patrné, že bez respirátoru v normoxických podmínkách nedochází k významným změnám v saturaci s narůstající rychlostí chůze, v hypoxických podmínkách saturace s rostoucí rychlostí chůze klesá. Zatímco s respirátorem dochází k signifikantnímu poklesu saturace se stoupající rychlostí chůze nejen v hypoxii, ale též v normoxii. Můžeme se tedy domnívat, že pro pohybovou aktivitu s respirátorem je klíčovým limitujícím faktorem intenzita zatížení, přičemž jako hraniční se jeví intenzita zatížení odpovídající rychlosti chůze 7 km/h.

Obrázek 8. Komparace saturace O₂ (%) při různých rychlostech chůze bez respirátoru v normoxii a v normobarické hypoxii u souboru žen (n = 14)



Vysvětlivky: NX – normoxie; HX – hypoxie; BR – bez respirátoru; SR – s respirátorem; t – hodnota párového t-testu; p – hodnota p (*statisticky významný rozdíl na hladině $p < 0,05$).

Obrázek 9. Komparace saturace O₂ (%) při různých rychlostech chůze s respirátorem v normoxii a v normobarické hypoxii u souboru žen (n = 14)



Vysvětlivky: NX – normoxie; HX – hypoxie; BR – bez respirátoru; SR – s respirátorem; t – hodnota párového t-testu; p – hodnota p (*statisticky významný rozdíl na hladině $p < 0,05$).

V tabulce 12 uvádíme přehled naměřených hodnot, a to konkrétně testovou statistiku (Z) a p-hodnoty.

Tabulka 12. Naměřené hodnoty pomocí Borgovy škály dušnosti u vzájemné komparace 3 stupňů rychlosti ve stavu normoxie a hypoxie s respirátorem a bez něho (n = 14)

Komparace	3 km/h		5 km/h		7 km/h	
	Z	p	Z	p	Z	p
NXBR vs. NXSR	2,52	0,01*	2,67	0,01*	3,18	<0,001*
NXBR vs. HXBR	0,00	1,00	0,28	0,78	0,71	0,48
HXBR vs. HXSR	2,66	0,03*	4,60	0,01*	6,43	<0,001*
NXSR vs. HXSR	4,57	0,25	3,84	0,59	5,75	0,50

Vysvětlivky: *NX* – normoxie; *HX* – hypoxie; *BR* – bez respirátoru; *SR* – s respirátorem; *Z* – hodnota Wilcoxonova párového testu; *p* – hodnota *p* (*statisticky významný rozdíl na hladině $p < 0,05$).

Kromě fyziologických parametrů nás zajímal i subjektivní pocit dušnosti testovaných osob. Hodnoty jsme sledovali pomocí Borgovy škály dušnosti a porovnávali jsme je opět se stavem **normoxie vs. hypoxie** bez nebo s nasazeným respirátorem vždy se stejnými intervaly rychlosti. Statisticky významné rozdíly lze sledovat u všech intervalů rychlosti v normoxii, kde si osoby stěžovaly na dušnost s nasazeným respirátorem v porovnání, kdy ho neměly. To samé lze konstatovat u stavu hypoxie, kde jsme opět naměřili vyšší hodnoty subjektivní dušnosti v případě, kdy testované subjekty na sobě měly respirátor ve srovnání se situací, kdy ho neměly. Signifikantní rozdíly jsme nezaznamenali u hypoxie s respirátorem vs normoxie s respirátorem ani v případě, kdy tyto dva stavy byly porovnávány bez respirátoru.

6. DISKUZE

Respirátory dle Huanga (2020) jsou důležitou součástí ochranných prostředků, které mají zamezit přenosu viru. Ochrana až z 95 % je možná při správně nasazené respirační masce s minimálním ochranným faktorem PF 10 (Regli et al., 2021). Tyto masky se nejčastěji skládají z více vrstev netkané textilie vyrobené z polypropylenu a celosvětově podléhají respirátory různým regulačním normám (Rahman et al., 2022).

Chandrasekaran a Fernandesem (2020) ve své studii uvádí, že cvičení s obličejovými maskami může snižovat dostupnost vdechovaného kyslíku, což také může bránit podstatné výměně oxidu uhličitého. Dále zmiňují, že hyperkapnie (vzestup koncentrace oxidu uhličitého v krvi) může potenciálně zvyšovat kyselé prostředí, srdeční přetížení, anaerobní metabolismus či přetížení ledvin, a kromě toho může podstatně zhoršit základní patologii již zavedených chronických onemocnění v těle. Sociální distancování během cvičení je tedy na základě výsledků této studie doporučena jako lepší varianta, kterou při cvičení aplikovat v porovnání s používáním roušek.

Pifarré et al. (2020) provedli studii, která měla za úkol zmapovat dopady povinného nošení respirátoru během aerobního cvičení. Je nutno zmínit, že výběrový soubor tvořilo pouze 6 mužů a 2 ženy, což nemusí být tak reprezentativní, ale v porovnání s naší studií dostačující. Výsledky studie prezentují, že provádění aerobního cvičení s respirátorem vede k výraznému poklesu O_2 (o 3,7 %) a naopak ke zvýšení CO_2 (o 20 %). Ve dvou případech dokonce bylo dosaženo úrovně 20 000 ppm CO_2 . Tato hodnota může představovat práh toxicity pro mnoho osob. Respondenti s maskou v klidové fázi vykazovali minimální pokles saturace kyslíku. K obdobnému jevu signifikantního poklesu saturace se stoupající zátěží docházelo při nasazeném respirátoru v normoxii i v naší studii.

Závěry další studie ukázaly, že ochranné masky sice vedou k mírnému zhoršení spirometrie a kardiopulmonálních parametrů při klidové fázi a maximální zátěži, nicméně nedochází k významnému zátěžovému ventilačnímu omezení. Přítomnost ochranných masek byla zhodnocena za bezpečnou i v případě maximální zátěže, avšak s mírným snížením fyzického výkonu (Mapelli et al., 2020).

Závěry metaanalýzy Hopkinse et al. (2020) ukázaly, že pro zdravého člověka není nošení roušek či respirátorů fyziologicky jakkoliv ohrožující, ale je pouze nekomfortní.

Nejnovější studie (Dacha et al., 2022) porovnávala vliv nošení různých masek při provádění submaximální funkční aktivity (test šestiminutové chůze; 6MWT) na respirační symptomy, saturaci kyslíkem a funkční kapacitu. Výzkumný soubor tvořilo 10 mužů, 19 žen; věk 22. Před a po každé chůzi byly hodnoceny respirační symptomy (dušnost a dechové úsilí), saturace kyslíkem a další fyziologické parametry. Studie došla k závěru, že nošení různých masek při provádění submaximální funkční aktivity nemá za následek žádné významné rozdíly ve funkční výkonnosti, saturaci kyslíkem, srdeční frekvenci nebo krevním tlaku. Nošení látkových masek a masek N95 však vedlo k vyšším respiračním symptomům, jako je dušnost a dechová námaha.

Hypoxické podmínky uvádí do pohybu řadu důležitých fyziologických reakcí, kterým se jednotlivci přizpůsobují, proto je velmi žádoucí individualizovat doporučení týkající se možnosti expozice hypoxii včetně její délky a FiO_2 (Hackett et al., 1980).

7. ZÁVĚRY

Z výsledků vyplývá, že v normoxii neevidujeme výrazné změny **srdeční frekvence** ve srovnání s respirátorem a bez respirátoru. Patrně viditelné rozdíly jsou pouze v porovnání hodnot mezi hypoxií a normoxií. V obou případech je vzrůstající tendence srdeční frekvence v závislosti na zvyšující se fyzické zátěži.

U **spotřeby kyslíku** výsledky naznačují, že mezi stavem hypoxie a normoxie s respirátorem i bez něho nejsou významné rozdíly a hodnoty byly téměř shodné.

Hodnoty **saturace krve kyslíkem** se nijak významně nemění, pokud zkoumaná osoba měla na sobě respirátor či nikoliv. Významné rozdíly můžeme vidět v naměřených hodnotách, pokud mezi sebou porovnáme stav hypoxie a normoxie.

Na základě získaných dat můžeme konstatovat, že se stoupající pohybovou zátěží narůstá i **ventilace**. Patrné rozdíly můžeme vidět, pokud osoba měla respirátor či nikoliv. Zároveň evidujeme významné rozdíly mezi hypoxií a normoxií. V hypoxii osoby vykazovaly větší ventilaci oproti osobám v normoxii.

Respirační kvocient nenaznačuje výrazné rozdíly mezi tím, zdali subjekt měl nasazen respirátor či nikoliv. Vzrůstající tendenci můžeme pozorovat u stavu hypoxie, ačkoliv i zde je nárůst ve srovnání s normoxií poměrně malý.

Výsledky první komparace, která se týkala **stavu normoxie** prezentují, že statisticky významné rozdíly jsou pouze u **saturace kyslíkem** při rychlosti chůze 7 km/h a **minutové ventilace** u rychlosti 7 km/h. V jiných případech neevidujeme signifikantní rozdíly, které by nasvědčovaly, že přidání respirátoru při pohybové aktivitě vede k fyziologickým změnám

U stavu **hypoxie** jsme však našli statisticky významné rozdíly v **saturaci** jak s respirátorem, tak i bez něho. V obou případech došlo se zvyšující rychlostí k postupnému poklesu této sledované proměnné. Lze uvažovat, že hypoxie má skutečný vliv na pokles saturace bez ohledu na to, zdali osoba respirátor na sobě má či nikoliv.

Další komparací jsme porovnávali hodnoty naměřené u saturace krve kyslíkem v **normoxii** s respirátorem s hodnotami naměřenými v **hypoxii** bez respirátoru a naopak. Ukázalo se, že **saturace krve kyslíkem** klesá ve všech intervalech rychlostí u hypoxie bez respirátoru ve srovnání s normoxií, kde osoby měly na sobě respirátor. Nižší hodnoty

saturace krve kyslíkem se potvrdily i v případě, kde osoby byly v hypoxii s respirátorem, zatímco hodnoty v normoxii bez respirátoru byly podstatně vyšší

Z výsledků našeho experimentu vyplývá, že nošení respirátorů v normoxii při pomalé chůzi nevykazuje významný vliv na fyziologické parametry lidského organismu. Avšak pokud se zaměříme na osoby s nasazeným respirátorem, statisticky významné rozdíly nacházíme u *saturace kyslíkem v rychlosti 7 km/h* a *minutové ventilace v rychlosti 7 km/h*.

Zkoumané osoby v podmínkách **normoxie** uváděly vyšší míru dušnosti **s nasazeným respirátorem** v porovnání se situací, kdy ho nasazen neměly. To samé lze konstatovat u stavu **hypoxie**, kde jsme opět u případu přítomnosti **respirátoru** ve srovnání s jeho absencí, naměřili vyšší hodnoty subjektivní dušnosti. Signifikantní rozdíly jsme však nezaznamenali v případě porovnávání **hypoxie s respirátorem vs normoxie s respirátorem** a ani v případě, kdy tyto dva stavy byly porovnávány bez respirátoru.

8. SOUHRN

V posledních dvou letech se respirátory, vlivem pandemie Covid-19, staly nedílnou součástí našeho všedního života. Aby se zamezilo rozšiřování nebezpečného a vysoce nakažlivého koronaviru, vláda odsouhlasila povinnost nošení roušek a respirátorů. Restrikce se odrazily ve většině sférách ať už šlo o veřejný venkovní prostor či veřejný prostor nejrůznějších institucí, což v lidech vyvolávalo řadu pochybností a nesouhlasů. Povinnost přítomnosti roušky či respirátoru způsobilo ověřování jejich účinnosti či zda je optimální ochranou veřejnosti.

V diplomové práci jsme se zaměřili na pozitiva, ale zejména negativa tohoto ochranného prostředku. Hlavním cílem diplomové práce bylo mapovat odezvy vybraných fyziologických a psychometrických proměnných při chůzi v rychlostech 3, 5, a 7 km/h v podmínkách normoxie a normobarické hypoxie při nasazeném respirátoru třídy FFP2 a bez něj. Celé měření probíhalo v laboratoři na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Výzkumný soubor tvořilo 14 žen ve věku 18–27 let a každá podstoupila celkem 4 měření v různě odlišných podmínkách. Před začátkem prvního měření byla respondentkám změřena klidová spirometrie. Následovalo měření trvající 15 min, přičemž každých 5 minut byla změněna rychlost chůze z 3 km/h, na 5 km/h a následně na 7 km/h. Každá účastnice měření podstoupila v normoxii bez respirátoru, s respirátorem a znovu to samé v hypoxii bez respirátoru a s respirátorem. Každá účastnice podstoupila celkem 4 měření s časovou prodlevou dvou a více dní. Výsledky získaných dat jsme vyhodnotili pomocí párového t-testu pro parametrické hodnoty a Wilcoxonova testu pro neparametrické hodnoty.

Výsledky studie ukázaly, že v normoxických podmínkách bez nasazeného respirátoru nedochází k významným změnám v saturaci s narůstající rychlostí chůze. Avšak jinak je tomu v hypoxických podmínkách, ve kterých s rostoucí rychlostí chůze saturace naopak klesá. U nasazeného respirátoru docházelo se stoupající rychlostí chůze k signifikantnímu poklesu saturace nejen v hypoxii, ale i v normoxii. Můžeme se tedy domnívat, že klíčovým limitujícím faktorem pro pohybovou aktivitu s respirátorem je právě intenzita zatížení, přičemž intenzita zatížení odpovídající rychlosti chůze 7 km/h se jeví jako hraniční.

9. SUMMARY

In the last two years, respirators have become an integral part of our daily lives due to the Covid-19 pandemic. In order to prevent the spread of the dangerous and highly contagious coronavirus, the government has agreed to make the wearing of respirators mandatory. Restrictions were reflected in most spheres, whether it was the public outdoor space or the public space of various institutions, causing people to have many doubts and disagreements. The compulsory presence of a face shield or respirator caused verification of their effectiveness or whether they were optimal protection for the public.

In this thesis, we have focused on the positives but mainly on the negatives of this protective device. The main objective of the thesis was to map the responses of selected physiological and psychometric variables during walking at speeds of 3, 5, and 7 km/h under conditions of normoxia and normobaric hypoxia with and without a FFP2 class respirator fitted. All measurements were performed in the laboratory at the Faculty of Physical Culture, Palacký University in Olomouc.

The study population consisted of 14 women aged 18-27 years and each underwent a total of 4 measurements in different conditions. Before the first measurement, the respondents were measured by resting spirometry. This was followed by measurements lasting 15 min, whereby every 5 min the walking speed was changed from 3 km/h, to 5 km/h and then to 7 km/h. Each participant underwent the measurements in normoxia without a respirator, with a respirator, and again in hypoxia without a respirator and with a respirator. Each participant underwent a total of 4 measurements with a time lag of two or more days. The results of the data obtained were evaluated using paired t-test for parametric values and Wilcoxon test for non-parametric values.

The results of the study showed that under normoxic conditions without a respirator fitted, there were no significant changes in saturation with increasing walking speed. However, the situation is different under hypoxic conditions, in which saturation decreases with increasing walking speed. In the fitted ventilator, there was a significant decrease in saturation with increasing walking speed not only in hypoxia but also in normoxia. Thus, we can assume that the key limiting factor for physical activity with a respirator is the loading intensity, and the loading intensity corresponding to a walking speed of 7 km/h seems to be borderline.

10. REFERENČNÍ SEZNAM

Antoine, D., & Hillson S. (2004). The Black Death, and health in fourteenth-century London. *Archaeology International*, 8(1), 26-28. <https://dx.doi.org/10.5334/ai.0808>

Babiš A. (2021). *Usnesení vlády České republiky*. Ze dne 25. listopadu 2021 č. 1066. Získáno 25. dubna 2022 z: https://www.ahscr.cz/media/uploads/dokumenty_pdf/koomezeni-malooobchodu-a-sluzeb-1066.pdf

Britannica, The Editors of Encyclopaedia Britannica (2020). Yuan dynasty. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/Yuan-dynasty>

Buršíková Brabcová, D., & Kohout, J. (2018). Psychometrické ověření české verze škály vnímaného stresu. *E-psychologie*, 12(1), 37-52. http://e-psycholog.eu/pdf/bursikova-brabcova_kohout.pdf

Caretti, D. M., Coyne, K., Johnson, A., Scott, W., & Koh, F. (2006). Performance when breathing through different respirator inhalation and exhalation resistances during hard work. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 3(4), 214–224. <https://doi.org/10.1080/15459620600601677>

Coia, J. E., Ritchie, L., Adisesh, A., J. S., & Zuckerman, M. (2013). Healthcare infection society working group on respiratory and facial protection. Guidance on the use of respiratory and facial protection equipment. *The Journal of Hospital Infection*, 85(3), 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2013.06.020>

Dacha, S., Chuatrakoon, B., Sornkaew, K., Sutthakhun, K., & Weeranorapanich, P. (2022). Effects of wearing different facial masks on respiratory symptoms, oxygen saturation, and functional capacity during six-minute walk test in healthy subjects. *Canadian Journal of Respiratory Therapy*, 58, 85–90. <https://doi.org/10.29390/cjrt-2022-014>

Diaz, R. J. (2001). Overview of hypoxia around the world. *Journal of Environmental Quality*, 30(2), 275-281. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.302275x>

Epstein, D., Korytny, A., Isenberg, Y., Raz, A., & Miller, A. (2021). Return to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(1), 70–75. <https://doi.org/10.1111/sms.13832>

Ferjenčík, J. (2000). *Úvod do metodologie psychologického výzkumu: Jak zkoumat lidskou duši* (2nd ed.). Portál.

Goh, Y., Tan, B.Y.Q., Bhartendu, Ch., Ong, J. J.Y., & Sharma, V. K. (2020). The face mask: How a real protection becomes a psychological symbol during Covid-19?. *Brain, Behavior, and Immunity*, 88, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.05.060>

Hackett, P. H., Creagh, C. E., Grover, R. F., Honigman, B., Houston, C. S., Reeves, J. T., Sophocles, A. M., & Van Hardenbroek, M. (1980). High-altitude pulmonary edema in persons without the right pulmonary artery. *The New England Journal of Medicine*, 302(19), 1070–1073. <https://doi.org/10.1056/NEJM198005083021907>

Halliday S. (2001). Death and miasma in Victorian London: an obstinate belief. *British Medical Journal*, 323(7327), 1469–1471. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7327.1469>

Hopkins, S. R., Dominelli, P. B. Davis, Ch. K., & Stickland, M. K. (2020). Facemasks and the cardiorespiratory response to physical activity in health and disease. *Annals of the American Thoracic Society*, 18(3), 399–407. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202008-990CME>

Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., Cheng, Z., Yu, T., Xia, J., Wei, Y., Wu, W., Xie, X., Yin, W., Li, H., Liu, M., Xiao, Y., ... Cao, B. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* (London, England), 395(10223), 497–506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)

Chandrasekaran, B., & Fernandes, S. (2020). “Exercise with facemask; Are we handling a devil’s sword?” and physiological hypothesis. *Medical Hypotheses*. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110002>

Ivanovic, Z. (2009). Hypoxia or in situ normoxia: The stem cell paradigm. *Journal of Cellular Physiology*, 219(2), 271–275. <https://doi.org/10.1002/jcp.21690>

Karlík, T. (2016). Vědci objasnili, co způsobilo nejhorší smog v dějinách. Zabil přes 12 tisíc lidí. *ČT24*. Získáno 25. dubna 2022 z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/1987405-vedci-objasnili-co-zpusobilo-nejhors-smog-v-dejinach-zabil-pres-12-tisic-lidi>

Kittnar, O. Jandová K., Kuriščák E., Langmeier M., Marešová D., Mlček M. Mysliveček J., Pokorný J., Riljak V., Mlček M., & Trojan S. (2011). *Lékařská fyziologie*. Grada.

Komenda M., Panoška P., Bulhart V., Žofka J., Brauner T., Hak J., Jarkovský J., Mužík J., Blaha M., Kubát J., Klimeš D., Langhammer P., Daňková Š., Májek O., Bartůňková M., & Dušek L. (2020). COVID-19: Přehled aktuální situace v ČR. Praha: *Ministerstvo zdravotnictví ČR*. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/covid-19>

Lee S.A., Hwang D.C., Li H.Y., Tsai C.F., Chen C.W., & Chen, J.K. (2016). Particle size-selective assessment of protection of European standard FFP respirators and surgical masks against particles-tested with human subjects. *Journal of Healthcare Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2016/8572493>

Li, K. K. W., Jousen, A. M., Kwan, J. K. C., & Steel, D. H. W. (2020). FFP3, FFP2, N95, surgical masks and respirators: what should we be wearing for ophthalmic surgery in the COVID-19 pandemic? *Graefe's Archive for Clinical and 50 Experimental Ophthalmology*, 258, 1587–1589. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04751-3>

Mapelli, M., Salvioni, E., De Martino, F., Mattavelli, I., Gugliandolo, P., Vignati, C., Farina, S., Palermo, P., Campodonico, J., Maragna, R., Lo Russo, G., Bonomi, A., Sciomer, S., & Agostoni, P. (2021). "You can leave your mask on": effects on cardiopulmonary parameters of different airway protective masks at rest and during maximal exercise. *The European Respiratory Journal*, 58(3), 2004473. <https://doi.org/10.1183/13993003.04473-2020>

Martinez, J. (2021). Great Smog of London. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/event/Great-Smog-of-London>

Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (2021). *Materiál Rady pro koordinaci podpory strategických technologií a produktů*. Získáno 14. dubna 2022 z <https://www.mpo.cz/assets/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/2021/1/Pruvodce-zaklady-regulace-oblicejovych-masek--jako-zto-OOP-a-ZP.pdf>

Ministerstvo zdravotnictví ČR (2022). *Mimořádné opatření*. Získáno 14. dubna 2022 z <https://www.mzcr.cz/mimoradne-opatreni-ochrana-dychacich-cest-s-ucinnosti-od-14-3-2022-do-odvolani/>

Moshenska, G. (2010). Gas masks: material culture, memory, and the senses. *The Journal of the Royal Anthropological Institute*, 16(3), 609–628. <http://www.jstor.org/stable/40926125>

Neuls, F., Krejci, J., Jakubec, A., Botek, M., & Valenta, M. (2020). Vagal threshold determination during incremental stepwise exercise in normoxia and normobaric hypoxia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 7579. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207579>

Novák, I. et al. (2008). *Intenzivní péče v pediatrii*. Galén.

Pifarré, F., Zabala, D. D., Grazioli, G., & de Yzaguirre i Maura, I. (2020). COVID 19 and mask in sports. *Apunts Sports Medicine*, 55(208), 143–145. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.06.002>

Rahman, M. Z., Hoque, M. E., Alam, M. R., Rouf, M. A., Khan, S. I., Xu, H., & Ramakrishna, S. (2022). Face masks to combat coronavirus (COVID-19) - processing,

roles, requirements, efficacy. *Risk and Sustainability. Polymers*, 14(7), 1296. <https://doi.org/10.3390/polym14071296>

Rao, H., & Greve, H. (2017). Disasters and community resilience: Spanish flu and the formation of retail cooperatives in Norway. *Academy of Management Journal*, 61(1), 14–18. <https://doi.org/10.5465/amj.2016.0054>

Regli, A., Sommerfield, A., & von Ungern-Sternberg, B. S. (2021). The role of fit testing N95/FFP2/FFP3 masks: a narrative review. *Anaesthesia*, 76(1), 91–100. <https://doi.org/10.1111/anae.15261>

Remuzzi, A., & Remuzzi, G. (2020). COVID-19 and Italy: what next?. *The Lancet*, 395(10228), 1225–1228. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30627-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30627-9)

Shariat, A., Cleland, J. A., Danaee, M., Alizadeh, R., Sangelaji, B., Kargarfard, M., Ansari, N. N., Sepehr, F. H., & Tamrin, S. (2018). Borg CR-10 scale as a new approach to monitoring office exercise training. *Work*, 60(4), 549–554. <https://doi.org/10.3233/WOR-182762>

Smereka, J., Ruetzler, K., Szarpak, L., Filipiak, K. J., & Jaguszewski, M. (2020). Role of mask/respirator protection against SARS-CoV-2. *Anesthesia and Analgesia*, 131(1), 33–34. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004873>

United States Department of Labor (2022). Respiratory protection. *Occupational Safety and Health Administration*. Získáno 25. dubna 2022 z: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.134>

Státní zdravotní ústav ČR (2021). Základní informace o onemocnění novým koronavirem – covid-19. 7. aktualizace 09.03.2021 http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/Coronavirus/Zakladni_info/zakladni_informace_covid_19_7_aktualizace_09_03_2021_2.pdf

Stream, J. O., Luks, A. M., & Grissom, C. K. (2009). Lung disease at high altitude. *Expert Review of Respiratory Medicine*, 3(6), 635–650. <https://doi.org/10.1586/ers.09.51>

Valli, A., Harris, A. L., & Kessler, B. M. (2015). Hypoxia metabolism in ageing. *Aging*, 7(7), 465–466. <https://doi.org/10.18632/aging.100782>

Velvyslanectví České republiky ve Vídni (2021). *COVID19 – aktuální podmínky cestování do Rakouska a návratu do ČR*. Získáno 25. dubna 2022 z: <https://www.mzv.cz/vienna/cz/koronavirus/covid.html>

Vláda České republiky (2020). *Tisková konference po mimořádném jednání vlády*, 12. března 2020. Získáno 17.7. 2022 z: <https://www.vlada.cz/cz/media-centrum/tiskove-konference/tiskova-konference-po-mimoradnem-jednani-vlady--12--brezna-2020-180249/>

Walker, I. (2013). *Výzkumné metody a statistika*. Grada.

World Health Organization (WHO). Coronavirus disease (COVID-19) outbreak. Geneva: *WHO*, 24.4. 2022 Retrieved <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.

11. PŘÍLOHY

Informovaný souhlas

Název studie (projektu):

KOMPARACE VYBRANÝCH OBJEKTIVNÍCH A SUBJEKTIVNÍCH UKAZATELŮ
BĚHEM CHŮZE S RESPIRÁTOREM TŘÍDY FFP2 V NORMOXICKÝCH A
HYPOXICKÝCH PODMÍNKÁCH

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis výzkumného pracovníka:

Datum: