

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

**VLIV NOŠENÍ RESPIRAČNÍCH OCHRANNÝCH POMŮCEK
NA NITROOČNÍ TLAK**

Diplomová práce

VYPRACOVALA:

Bc. Dagmar Hloušková

Obor: R20924 OPTOMETRIE

Studijní rok: 2021/2022

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Eliška Najmanová, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Elišky Najmanové, Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne 13. 1. 2023

.....

Bc. Dagmar Hloušková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat své vedoucí diplomové práce paní Mgr. Elišce Najmanové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, cenné rady, ochotu a čas, které mi při vypracování poskytla. Také celé mojí rodině, dceři Stele a manželovi Josefovi. Tato práce byla vytvořena za podpory projektů IGA PřF UP v Olomouci č. IGA-PrF-2021-012 a IGA-PrF-2022-010.

Obsah

Úvod	1
1. Úvod do problematiky nitroočního tlaku	2
1.1 Nitrooční tlak z pohledu anatomie.....	2
1.2 Oční hypertenze	6
1.3 Tonometrie.....	6
2. Významné historické události z oblasti vývoje a použití respirační ochrany	10
2.1 Roušky, respirátory	10
2.2 Onemocnění Covid-19.....	18
2.2.1 Covid-19 a oční aparát	18
2.2.2 Oční komplikace spojené s užíváním léků na Covid-19	20
3. Fyziologické účinky obličejových masek během aerobní zátěže.....	22
3.1 Nitrooční tlak při chůzi s obličejovými maskami.....	22
3.2 Fyziologické účinky obličejových masek během cvičení	23
4. Praktická část.....	25
4.1 Metodika	25
4.2 Výsledky	27
4.3 Diskuze	29
Závěr.....	31
Citace.....	32

Úvod

V roce 2019 zasáhla celý svět pandemie Covid-19. Původcem tohoto onemocnění je poměrně nově identifikovaný koronavirus, jež napadá respirační a střevní systém hostitele (lidský organismus, zvířata). Přenos infekce probíhá cestou kapének kašlem nebo kýcháním. Právě z tohoto důvodu se většina států rozhodla pro povinnou ochranu dýchacích cest rouškami či respirátory.

Výchozí inspirací k realizaci výzkumné části diplomové práce byla studie Kisielinski et al. (2021) [20] zabývající se vlivem nošení obličejových masek na různé fyziologické parametry jedinců (bolest hlavy, podráždění dýchacích cest, zvýšení krevního tlaku a srdeční frekvence s poškozením cév aj.) a především studie Janicijevic a kol. (2021) [32] zabývající se nitroočním tlakem (NOT) u pacientů s primárním glaukomem otevřeného úhlu s nasazenou respirační ochranou. Sledování hodnot NOT je důležité právě z hlediska prevence a léčby určitého glaukomového onemocnění, avšak zvláště pro prevenci a včasný záchyt je důležité znát, jak se NOT chová u zdravých jedinců.

Hlavním cílem diplomové práce je výzkum zabývající se dopadem nošení respirační ochrany obličeje (roušek, respirátorů) na NOT jedinců bez očního onemocnění. Práce je rozdělena do dvou celků a to na teoretickou a výzkumnou (praktickou) část.

Teoretická část práce je mimo jiné věnována respiračním ochranám obličeje, jejich případné dekontaminaci a vlivu na celý lidský aparát. Zmíněno je také historické použití obličejových masek, kdy jako první zmínku lze zařadit Morovou epidemii, dále Mandžuský mor v Číně, Španělskou chřipku až po nyní upadající pandemii Covid-19. Stěžejní podkapitolou teoretické části je přehled a rozbor studií zabývajících se vlivem nošení roušek a respirátorů na různé fyziologické aspekty a samotné oko.

Praktická část práce popisuje realizovaný výzkum. Jednotlivé podkapitoly obsahují všechny náležitosti výzkumné studie včetně metodiky měření, výběru probandů, statistické analýzy, interpretace výsledků, diskuse a závěrečného zhodnocení. V práci byly použity vlastní volné překlady zahraničních studií, které nebyly do českého jazyka oficiálně přeloženy.

1. Úvod do problematiky nitroočního tlaku

Onemocnění glaukom (též známý pod pojmem zelený zákal) je progresivní multifaktoriální onemocnění charakterizované poškozením zrakového nervu. Jedná se o asymptomatické onemocnění až do relativně pozdního stádia. Řadí se mezi druhou nejčastější příčinu slepoty na celém světě, z nichž u většiny postižených se jedná o glaukom otevřeného úhlu. Tento typ zeleného zákalu je silně spojován s vyšším NOT, ale nemusí tomu tak být u každého pacienta. Někteří jedinci mají zvýšený NOT bez detekovaného glaukomového onemocnění. Za takových podmínek hrozí rozvoj glaukomu otevřeného úhlu a těmto lidem je diagnostikována oční hypertenze.

1.1 Nitrooční tlak z pohledu anatomie

Přední a zadní komora

Anatomické ohraničení tohoto prostoru vyskytujícího se v předním segmentu oka činí z přední části endotel rohovky a duhovko-rohovkový úhel (označovaný též jako komorový úhel). Jako zadní hranice tohoto prostoru slouží přední plocha duhovky, část čočky a zornice. Jednotlivé části předního segmentu oka jsou vyobrazeny na obr. 1. Hloubka přední komory je za normálních okolností 3,0 mm – 3,5 mm. Mírně hlubší bývá u krátkozrakých očí a u osob mladšího věku. Během procesu akomodace se stává mělčí, ale kompenzační zpětný pohyb periferní části duhovky a ciliárního svalu na trabekulární síťovinu obvykle brání zvýšení NOT. Úhel přední komory se u jednotlivců liší. Vezmeme-li v úvahu všechny okolnosti, velký úhel umožní snadnější odtok komorové vody než malý úhel s pravděpodobností zablokování, a to buď buněčným materiálem nebo tkání duhovky. Úhel je nejlépe zobrazitelný pomocí pozorovací metody gonioskopie. Při této metodě je použita gonioskopická kontaktní čočka se zrcadlovým nebo hranolovým nástavcem, která při použití s biomikroskopem umožňuje detailní sledování úhlu filtrace. Samotný úkon se provádí při anestezii rohovky.

Podoba zadní komory připomíná úzkou štěrbinu ohraničenou zepředu zadní plochou duhovky a zezadu řasnatým tělískem, přední plochou čočky a závěsným aparátem.

Komorová voda

Tekutina nesoucí název komorová voda, někdy nazývaná také nitrooční tekutina, vyplňuje přední a zadní oční komory. Index lomu této tekutiny má hodnotu 1,3336 a je nižší než index lomu nitrooční čočky (1,46). Množství komorového moku zůstává za normálních podmínek konstantní, což je důležité pro udržení rovnovážného stavu NOT uvnitř oka.

Nitrooční tekutina má důležitou výživovací funkci a obsahuje látky jako sodík, chloridy, bikarbonáty, draslík, vápník, hořčík, fosfáty, ureu, glukózu, laktát a askorbáty. Vyživuje avaskulární čočku a rohovku. Sodík se uvolňuje do čočky z moku, naopak čočka odebírá z komorové vody draslík a aminokyseliny. Do sklivce pak následně pronikají aminokyseliny a glukóza. Látka askorbát ovlivňuje rovnováhu glykozaminoglykanů v trámčině a částečně absorbuje UV záření. Další důležitou vlastností je funkce stabilizační. Upevňuje NOT na stabilní a udržitelné hodnoty.

Tvorba a dynamika nitrooční tekutiny

Tvorba komorové vody je založena na teorii sekrece – difúze, což je aktivní ultrafiltrace plazmy z kapilár do stromatu. Proces pokračuje aktivní sekrecí ciliárním epitelem do zadní komory. Buňky ciliárního epitelu nepřipomínají žlázy, ale dochází u nich k vylučování určité látky, která tvoří komorovou vodu a jde podél vnitřního povrchu řasnatého tělísku a celé délce duhovky. Většina komorového moku se tvoří v zadní komoře, následně prochází zornicí a nakonec opouští duhovko-rohovkovým úhlem přední komoru.

Fyziologické množství nitrooční tekutiny za 24 hodin u dospělého člověka je přibližně 2,3 $\mu\text{l}/\text{min}$. Nejrychlejší tok je zaznamenán ráno, nejpomalejší pak naopak ve spánku mezi půlnocí a šestou hodinnou ranní. [1,2].

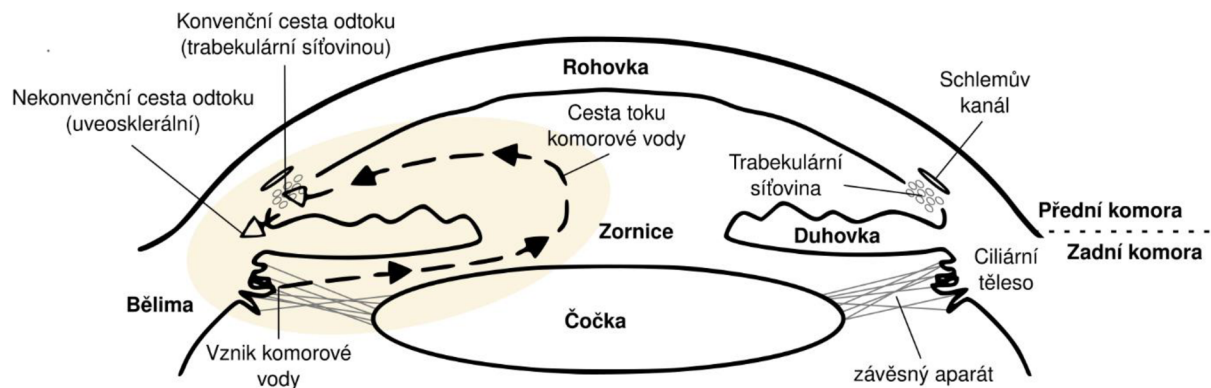
Odtok komorové vody

Odtok komorové vody se dělí na konvenční (trabekulární síťovinou) a nekonvenční (uveosklerální) cestu (viz obr. 1). Cesty jsou charakteristické rozdílným NOT a rychlostí odtoku. NOT ovlivňuje jen konvenční cestu odtoku. Nové poznatky však poukazují na další cestu odtoku komorové vody a to uveolymfatickou. Ta hraje čím dál větší roli ve fyziologii očního hydrodynamického systému. Tato cesta může být novou terapeutickou strategií v léčbě oční hypertenze a glaukomu. [3]

Zrakový nerv

Na očním pozadí se jeví toto místo na nasální straně jako jasně žlutooranžový terč o průměru 1,5 mm s prohloubeným středem. Pro vyhodnocení fyziologického stavu tohoto místa se využívá sledování barvy terče, jeho okolí a dále exkavace pomocí fundus kamery. Podoba zrakového terče je u každého jedince individuální, např. lidé černošské rasy a krátkozraká populace mívají obecně větší zrakové terče. Tyto terče se můžou jevit i s větší exkavací, ale nemusí tomu

tak nutně být. Toto místo je poměrně bohaté na nervové vlákna. Obsahuje přibližně 1 milion axonů gangliových buněk.



Obr. 1 Přední segment oka a odtokové cesty. (upraveno) [4]

Glaukom

Termín glaukom slouží jako označení skupiny poruch, které způsobují progresivní degeneraci zrakového nervu způsobující zhoršení zraku až jeho ztrátu. Hlavním rizikovým faktorem je zvýšený NOT u většiny typů glaukomu. V současné době trpí glaukomem 66,8 milionů lidí na planetě Zemi a tím se řadí mezi druhou nejčastější příčinu slepoty na světě. [3]

Klasifikace

Glaukom můžeme dělit podle několika hledisek. Dle epidemiologie rozdělujeme glaukom na primární, sekundární a dětského věku. U primárního glaukomu nelze stanovit příčina tohoto onemocnění. Sekundární glaukom je následkem patologického stavu nebo onemocnění. Mezi sekundární glaukom můžeme zařadit pigmentový, steroidní a poúrazový glaukom. Dalšími možnostmi dělení toho onemocnění jsou vývojový glaukom, glaukom otevřeného a uzavřeného úhlu. [1]

- Glaukom uzavřeného úhlu

Tento typ glaukomu se řadí mezi častou příčinu slepoty. O zavření úhlu se může mluvit jako o primárním problému, zatímco zvýšení NOT je sekundární problém. Způsob léčby je laserová iridotomie, iridoplastika.

- Glaukom otevřeného úhlu

Asymptomatické progresivní onemocnění s nástup většinou po 40. roce věku. Projevuje se progresivní ztrátou gangliových buněk sítnice charakterizované exkavací optického disku

spojeného s typickými defekty zorného pole (tunelové vidění). Mezi pacienty se zvýšeným rizikem vzniku onemocnění patří černoši starší 40 let, běloši starší 65 let a osoby s rodinnou anamnézou glaukomu, diabetu a s těžkou krátkozrakostí.

Zvýšená hodnota NOT je silným rizikovým faktorem, avšak nemusí se vyskytovat u každého jedince. S tím je spojená diagnostika tohoto typu, která spočívá ve sledování hodnoty NOT, stavu zrakového nervu a také perimetrie (měření zorného pole). Vlivem zvýšeného NOT dochází k poškození terče zrakového nervu a to vyvolává nevratnou ztrátu zorného pole. Snížení NOT vede k mírnější progresi tohoto onemocnění. Medikace snižuje sekreci komorové vody, snižuje nitrooční objem a zvyšuje odtok komorové vody. Typem tohoto léčiva jsou např. prostaglandiny. Kromě medikace může být přínosem u tohoto typu onemocnění také pohybová aktivita jako provádění vytrvalostního cvičení s nízkou intenzitou. Např. chůze, jogging nebo jízda na kole. [5]

Dědičnost glaukomu

Glaukom s časným nástupem (před 40. rokem věku) vykazuje mendelovské autozomálně dominantní nebo recesivní znaky. Komplexní dědičnost je pak u běžných forem onemocnění s nástupem v dospělosti. Mutace v genech, které způsobují glaukom s časným nástupem jsou vzácnější než varianty přispívající ke glaukomu s nástupem v dospělosti, jež jsou běžné s menšími projevy.

- Glaukom otevřeného úhlu s časným nástupem

Jak již bylo řečeno, tento typ glaukomu se dědí na základě mendelovské dědičnosti a může se vyskytovat spolu s dalšími očními abnormalitami.

- Primární glaukom otevřeného úhlu (PAOG)

Pacienti postižení tímto onemocněním mají anatomicky normální oční bulbus, včetně otevřených úhlů. I u těchto pacientů hraje významnou roli NOT, nicméně až jedna třetina pacientů vykazuje normální hodnoty NOT. Tento typ glaukomu je typičtější pro západní země a nejvíce se vyskytuje u lidí afrického původu. Prevalence POAG je u africké populace téměř dvojnásobná než u lidí evropského původu, zvláště vysoká je pak u Západoafričanů. Také je u této rasy větší pravděpodobnost, že onemocnění skončí úplnou slepotou. Naopak nejméně u lidí asijského původu. Četnost z hlediska pohlaví je větší u žen. [5, 6, 7]

Globální prevalence glaukomu do roku 2040

Studie Tham et al. 2014, která analyzovala data glaukomu otevřeného úhlu z 50 publikovaných článků, z nichž bylo 3770 případů glaukomu otevřeného úhlu a 768 případů glaukomu uzavřeného úhlu, poskytla komplexní odhady prevalence glaukomu o 3,54 %. S nejvyšší prevalencí v Africe. Dle výsledků studie vzroste v roce 2040 počet lidí s glaukomem až na 111,8 milionů případů. [8]

Léčba glaukomu

Cílem léčby je zpomalení či zastavení progresu onemocnění a zachování kvality života postiženého jedince. Současná strategie léčby spočívá ve snížení NOT směrem k cílové úrovni, což je rozmezí hodnot, při nichž se oftalmolog domnívá, že rychlost progresu bude dostatečně zpomalena a nedojde k poškození zrakového nervu. Samotné snížení by mělo být dosaženo s co nejmenším počtem léků a minimálními nežádoucími účinky. Pokud medikamentózní léčba nepomůže k dostatečnému snížení hodnoty, jsou indikovány laserové nebo incizní operace. [9]

1.2 Oční hypertenze

Oční hypertenzi rozumíme stav, kdy má pacient zvýšený NOT, ale přitom nejeví známky počínajícího glaukomu otevřeného úhlu. Avšak zvýšený NOT se řadí mezi rizikový faktor pro rozvoj glaukomu. Proto lidé s oční hypertenzí chodí na pravidelné kontroly NOT k oftalmologům. Horní hranice NOT je často udávána 21 mmHg podle výsledku jednoduché statistické úvahy. Průměrná hodnota se pohybuje kolem 15 mmHg, směrodatná odchylka činí 3 mmHg. Normální rozmezí je definována jako střední hodnota \pm dvojnásobek směrodatné odchylky.

Včasná diagnostika a medikamentózní léčba hypertenze snižuje pětiletou indikaci glaukomu s otevřeným úhlem o 60 %. Extrémně obtížné může být v některých případech diagnostické posouzení zrakového nervu, zda je stále „normální“, či zda již jeví známky počínajícího glaukomu. Lidé afrického původu mají rychlejší rozvinutí glaukomu otevřeného úhlu z oční hypertenze než ostatní populace. [10, 11]

1.3 Tonometrie

Sledování hodnoty NOT patří k základním parametrům v rámci pravidelného screeningového vyšetření u očního lékaře. Měření NOT různými přístupy se nazývá tonometrie. Úplně prvním měřidlem sloužícím ke sledování NOT byl Schiötzův impresní tonometr, který fungoval na principu jemné mechaniky. Za zlatý standart měření NOT je celosvětově uznávaná metoda

označována jako Goldmanova aplanační tonometrie. Různá pracoviště používají odlišné styly měření, u optometristů je to nejčastěji bezkontaktní tonometrie, v očních ambulancích se můžeme setkat kromě Goldmanova aplanačního tonometru také s iCarem tonometrem, Tonopenem, ale i s bezkontaktní tonometrií. V naší studii bylo použito měřidlo založené na odrazové (rebound) tonometrii iCare ic200.

Důležitost monitorování NOT

NOT je základním ovlivnitelným rizikovým faktorem při glaukomovém onemocnění a je jedním ze sledovaných parametrů určujících jeho léčbu. Je to velmi dynamický parametr, který se dokáže měnit v průběhu dne a noci. Nárůsty NOT souvisí s progresivní ztrátou zorného pole. Proto u pacientů, kteří mají zdánlivě normální NOT je progresse glaukomu spojena právě s velkými denními výkyvy tlaku v oku. Noční zvýšení souvisí se zvýšeným episklerálním venózním tlakem v důsledku polohy vleže během spánku na zádech. Za normální hodnotu se považují hodnoty od 10 do 20 mmHg nebo od 11 do 21 mmHg. Hodnoty vyšší jsou považovány za rizikový faktor zeleného zákalu.

Pro dosažení lepších výsledků v léčbě a zamezení progresse glaukomu by bylo žádoucí sledovat NOT kontinuálně 24 hodin, podobně jako kontinuální sledování krevního tlaku (Holterova EKG pro arytmie u pacientů se srdečními chorobami). [11, 12]

iCare ic200

Bezkontaktní tonometry značky iCare byly patentovány v roce 2003. K vyvinutí tohoto typu měření, který využívá odrazovou technologii (rebound) vedla Dr. Kontiola praxe. U vyšetření dementního pacienta nebylo možné udržet jeho pozornost tak, aby mu mohl být změřen NOT. Také byl zveřejněn případ, kdy při měření aplanační metodou byla použita anestezie u malého dítěte, jež vedla k vedlejší nežádoucí reakci v podobě arytmie.

Tato řada tonometrů se řadí mezi nejuniverzálnější tonometry na produktovém trhu iCare. Své uplatnění má na profesionálních klinikách, ale také v oční chirurgii a na pohotovosti. Při měření nezáleží na poloze pacienta. Přístroj může být použit v sedě, stoje, či v poloze na zádech a to bez anestezie oka a aplanace rohovky.

V přístroji je zabudován automatický vyrovnávač polohy. Umístění a vzdálenost tonometru od pacienta vyhodnotí indikátor viditelnosti a to tak, že zelená kontrolka označuje správné umístění, naopak červená indikuje špatné umístění přístroje (viz obr. 2). Samotné měření je velmi přesné, rychlé a hodnoty jsou zobrazeny na displeji přístroje zaokrouhleny

na jedno desetinné místo v jednotkách mmHg. Přístroj přijímá pouze hodnoty, které byly změněny správným způsobem, a to je kolmo na střed rohovky.



Obr. 2 ICare ic200 – správné a špatné umístění přístroje při měření.

Princip měření

Zařízení je založeno na odrazové technologii. Technologie měří pohyb sondy při kontaktu s rohovkou. Základem je lehká, jednorázová sonda (viz obr. 3), hnací cívka, která sondou pohybuje, a cívka, která snímá pohyb. Sonda se dotkne rohovky a odrazí se zpět. Měření proběhne celkem šestkrát po sobě pro větší přesnost. Po dokončení měření software přístroje provede analýzu a zobrazí konečnou hodnotu NOT v mmHg. Celý tento proces zabere méně než minutu času. Jednou z velkých předností tohoto přístroje je skladnost, malá váha, snadná manipulace (lze ovládat jednou rukou) a použití prakticky za jakýkoliv podmínek a jakékoli poloze. Krom pozice, kdy pacient je nucen ležet na břiše s hlavou otočenou směrem k podložce. Toto měřidlo poskytuje na pracovišti větší hygienu díky jednorázové sondě, která se mění po každém měření. Také zde nedochází k riziku vdechu mikročástic aerosolu jako např. u bezkontaktní tonometrie. [13]



Obr. 3 – Snímací jednorázová sonda.

2. Významné historické události z oblasti vývoje a použití respirační ochrany

V 17. století se poprvé objevily obličejové masky jako ochrana před morovou epidemií. Tyto masky byly složeny z očních důlku vysklené skly, z kožené pokrývky hlavy s dlouhým špičatým zobákem v oblasti nosu a úst. Zobáky byly naplněny vonným kořením a parfémami, které chránily jedince před nepříjemným zápachem, který byl jeden z příznaků onemocnění. Do soupravy morového lékaře patřily mimo jiné rukavice, župan, šátek a boty. [14]

V roce 1878 se americký lékař Jessup ve svých publikacích zabýval pozorováním a šířením nemocí a dospěl k zajímavému zjištění, že masky z bavlněné gázy zabraňují pronikání bakterií do dýchacích cest. Avšak o prosazení větší hygieny při operacích a péči o nemocné se postaral až v roce 1897 polský chirurg Johannes von Mikulicz-Radecki, který se považuje za průkopníka v oblasti antiseptických opatření. Jako jeden z prvních lékařů používal při chirurgickém zákroku rukavice a také vytvořil celochirurgickou masku k prevenci proti infekcím. [15]

Pandemie španělské chřipky, odehrávající se v letech 1918-1919, se do nedávna označovala jako nejničivější epidemie v historii. Celkem tomuto onemocnění podlehl od 20 do více než 50 milionů obyvatelstva. Nejvíce se nemoc objevovala u mladých a zdravých jedinců vyznačující se rychlou progresí a následně pokračovala multiorgánovým selháním a smrtí jedince. Během epidemie se běžně používali obličejové masky typu chirurgických roušek pro záchranu doktorů, ale také ostatních lidí. [15, 16]

V průběhu Manžunského moru (1910-1911) se podařilo vyvinout chirurgickou masku a proměnit ji v pevnější a účinnější ochranu s vrstvami gázy a bavlny pro filtraci vzduchu. Tato typologie byla následně vyráběna ve velkém měřítku. [16]

Pandemie koronavirového onemocnění v roce 2020 změnila mnoho dosavadních pohledů na lidský život a „postoj“ k šíření nákazy onemocnění. Protože v začátku neexistovala žádná ověřená terapie, byla přijata celoplošná opatření. Kromě fyzického distance a hygieny rukou byla nařízena povinná ochrana dýchacích cest. V České republice a v mnoha dalších státech nosila široká veřejnost zpočátku roušku při pobytu v přírodě či na ulici a později už jen ve veřejných prostorech a veřejné dopravě.

2.1 Roušky, respirátory

Cílem ochrany úst je snížit vylučování respiračních kapének u presymptomatických a asymptomatických jedinců. Respirátory třídy N95 splňují kritéria pro filtraci malých částic

ve vzduchu, přičemž správná velikost těsně přiléhá k obličejí pacienta. Jsou hojně používány a spojovány s epidemií Covid-19, ale i dřívějšími epidemiemi. Ochrana dýchacích cest před nákazou je zapotřebí, pokud se daná infekce přenáší pomocí kapiček ve vzduchu. Infekční aerosol je soubor částic ohraničených patogenů ve vzduchu. K přenosu pomocí aerosolu dochází, pokud infekční osoba vytvoří infekční aerosol, následně zůstává patogen po určitou dobu životaschopnosti ve vzduchu odkud se může dostat do cílových tkání, kde dojde k infekci. [17]

Ve studii Macintyre et al. (2017) provedené v Číně byla zkoumána účinnost chirurgických roušek a respirátorů u dvou skupin. První skupina byla sledována od prosince 2008 do ledna 2009 a zahrnovala 1922 vzorků. A to konkrétně 492 roušek, 461 certifikovaných respirátorů N95, 488 respirátorů a 481 vzorků, které tvořilo kontrolní skupinu zdravotnických pracovníků. Kontrolní skupina byly vybrána na základě nízkého používání roušek a respirátorů. Tato skupina pokračovala ve svých návycích nošení roušek/respirátorů a byla sledována za použití stejného protokolu jako u ostatní skupiny. Druhá skupina byla sledována od prosince 2009 do února 2010 a zahrnovala 1609 vzorků. Zdravotníci byli rozděleni podle toho, jakou ochranu úst používali. A to konkrétně nošení roušky po celou dobu směny 572 členů, respirátorů N95 po celou dobu směny celkem 516 zdravotníků a třetí skupinu tvořila skupina zdravotníků, která cílené používala respirátor N95 pouze při vysoké zátěži, rizikové situaci ošetření pacienta s respiračním onemocněním 521 členů. Sledování probíhalo v časovém intervalu 4 týdnů. Dále byly shromážděny data jako je pohlaví, věk, kouření, očkování, existující onemocnění a hygiena rukou. Od symptomatických pacientů byl proveden výtěr z hltanu. Po zpracování výsledků z obou částí studií (celkem bylo do analýzy zařazeno 3591 vzorků), byla prokázána vynikající klinická účinnost kontinuálního používání respirátoru N95 proti infekcím, o kterých se předpokládá, že se šíří pomocí kapénkové infekce, včetně např. chřipky. Přenos je složitější a potvrzuje to skutečnost, že v blízkosti pacienta jsou přítomny velké i malé kapičky aerosolu a že tak může dojít k přenosu infekce. [18]

Dekontaminace a znovu použití respirátoru N95 spojené s Covid-19

Obecně se respirátory N95 považují za jednorázovou ochrannou pomůcku. V nouzové situaci by se dalo použít pro dekontaminaci UV světlo, gama záření, ozón, či suché teplo. Podle studie Fischer a kol. (2020) může být po dekontaminaci a následném použití respirátoru snížena jeho účinnost. Ve studii byly analyzovány 4 různé dekontaminační metody: UV světlo (260 – 285 nm), suché teplo 70 °C, 70% etanol a odpařený peroxid vodíku. Všechna ošetření, zejména UV záření a suché teplo, by měla být prováděna dostatečně dlouho, kvůli dostatečnému snížení koncentrace viru v respirátoru. Stupeň snížení také závisí na stupni virové kontaminace.

Nejlepší dekontaminaci vykazoval odpařený peroxid vodíku. Ten přitom také tolik nepoškozoval vlastnosti respirátoru. Suché teplo a UV záření virus zabilo za stejně dlouhou dobu, ale lze ho aplikovat pouze 3krát aniž by došlo k porušení respirátoru. Zatímco dekontaminace etanolem snížila integritu respirátoru N95 a nedoporučuje se. Ze studie vyplývá, že v době nedostatku ochranného respirátoru N95 lze dekontaminovat pomůcku a znovu použít. [19]

Nežádoucí účinky používání obličejových masek

Cílem studie Kisielinski et al. (2021) bylo zdokumentovat nepříznivé účinky a rizika různých typů roušek a respirátorů zakrývajících dýchací cesty. Sběr dat probíhal v databázi vědeckých studiích a publikacích PubMed/MEDLINE. Hledané výrazy byly obličejové masky, chirurgické masky, N95 v kombinaci s rizikovými, nežádoucími a vedlejšími účinky. Preference výběru získaly studie publikované před méně jak 20ti lety a především psané v anglickém či německém jazyce. Po kvantitativním zhodnocení bylo vybráno 44 publikací z let 2004 až 2020. Na základě těchto dat byla provedena analýza pozorovaných efektů masek.

Již v roce 2005 bylo zjištěno, že nošení chirurgických roušek u zdravého zdravotnického personálu vede k zvýšeným hodnotám oxidu uhličitého v krvi po 30ti minutách. Zvýšení tzv. „mrtvého prostoru“ během dýchání v respirátoru vede k zadržování a zpětnému dýchání oxidu uhličitého. To se projeví jako zvýšení oxidu uhličitého v krvi nositele a pokles saturace krve kyslíkem. Dalším důsledkem obličejové masky, který byl experimentálně prokázán, je statisticky významný pokles parciálního tlaku kyslíku v krvi s efektem doprovodného zvýšení srdeční frekvence, a také zvýšení dechové frekvence a odpovídající pocit vyčerpání až bolest na hrudi. Jedná se o reakci na patologické změny adaptačního procesu organismu. Průměrný objem mrtvého prostoru při dýchání dospělého jedince činí 150 – 180 ml a výrazně se zvyšuje s nasazenou respirační ochranou. S maskou N95 činí 98 – 168 ml. To odpovídá nárůstu mrtvého prostoru o 62 až 112 % u dospělých, tedy téměř dvojnásobku. Proto mrtvý prostor nahromaděný pod obličejovou maskou způsobuje relativní snížení objemu výměny plynů dostupného pro plíce na nádech o 37 %. Tento fakt do značné míry vysvětluje narušení respirační fyziologie a z toho vyplývající nežádoucí účinky všech typů masek při každodenním používání u zdravých i nemocných lidí. Prokázané změny objemu plynů v krvi vyvolané nošením respirační ochrany jako je hyperkapnie (zvýšení hladiny oxidu uhličitého v krvi) a hypoxie (snížení hladiny kyslíku v krvi) mohou mít dále i nefyzikální účinky jako je zmatenost, snížená schopnost myšlení, závratě, poruchy myšlení, problémy s koncentrací, narušení regulace teploty, dezorientace a pokles psychomotorických schopností. Nežádoucí účinky způsobené obličejovými maskami jsou na první pohled relativně malé, ale opakovatelné vystavení organismu po delší dobu s výše

uvedenými patogenními účinky nošení je relevantní. Při malém zvýšení oxidu uhličitého v krvi ve vdechovaném vzduchu se prokázala návaznost na bolesti hlavy, podráždění dýchacích cest až astma, zvýšení krevního tlaku a srdeční frekvence s poškozením cév a neuropatologické a kardiovaskulární změny. Mírně avšak trvale zvýšená srdeční frekvence podporuje oxidační stres a zvýšení zánětlivých markerů.

Kromě zvýšeného dýchání „mrtvého prostoru“ hraje významnou roli také dýchací odpor související s nasazenou obličejovou ochranou. Při nádechu s respirátorem N95 dochází ke zvýšení odporu dýchacích cest o 126 % a při výdechu o 122 %. Zvlhčení samotného respirátoru během používání zvyšuje dýchací odpor o další 3 % a může zvýšit odpor dýchacích cest až na 2,3násobek normální hodnoty. Respirátor v tomto případě působí jako rušivý faktor při dýchání a dochází ke zvýšení dechové frekvence při současném pocitu dušnosti. Zvýšená práce dýchacích svalů vede také k intenzivnějšímu vyčerpání se zvýšením srdeční frekvence a zvýšenou produkcí oxidu uhličitého.

Masky zakrývají části těla, které se podílejí na dýchání. Nevyhnutelně dochází k nárůstu teploty, ale také v prudkém zvýšení vlhkosti v důsledku kondenzace vydechovaného vzduchu v místě zakrytí. Tyto jevy mohou značně změnit přirozené kožní prostředí oblasti nosu a úst. Zvyšuje se zarudnutí, hodnota pH, dochází ke ztrátě tekutin přes kožní epitel, zvyšuje se hydratace a mění se produkce kožního mazu. Kůže se stává náchylnější k infekcím a akné, svědí, je podrážděná, může se vyskytnout i ekzém či kopřivka. K narušení funkce kožní bariéry dochází již po 4 hodinách nošení chirurgické roušky a respirátoru N95. Kožní problémy jako je kopřivka či ekzém jsou popisovány v souvislosti s přecitlivělostí kůže na složky průmyslově vyráběné respirační ochrany jako je formaldehyd a thiram. Dále také dochází k hromadění choroobotvorných zárodků (bakterie, plísňe, viry) na vnější a vnitřní straně obličejových masek v důsledku tepla a vlhka.

Větší riziko nošení respirační ochrany je také u těhotných žen. Kde by hladiny oxidu uhličitého u matky měla být vždy nižší než u nenarozeného dítěte, aby byla zajištěna difúze oxidu uhličitého z krve k plodu přes placentu. [20]

Vliv respirační ochrany na okysličení a ventilaci organismu bez/s fyzickou aktivitou

Cílem studie Shein et al. (2021) bylo ověřit, zda ochrana obličeje (látkové roušky, chirurgické roušky) v klidu nebo během fyzické aktivity, způsobuje špatné okysličení a ventilaci organismu. Studie se zúčastnilo 50 dobrovolníků ze zdravotnického zařízení. Probandi byli

účelně vybírání z různých oddělení nemocnice tj. pracovníci sekretariátu, ošetřující personál dětské JIP aj. Kritérium pro zařazení do studie byl věk 18 – 65 let, schopnost rychlé chůze po dobu 10 min a možnost nošení respirační ochrany (jedinci u nichž zdravotní stav nedovoloval nosit ochranu úst a nosu se nemohli studii účastnit). Každý jedinec podepsal informovaný souhlas a následně mu byl na kůži aplikován transkutánní senzor dle pokynů výrobce. Senzor měřil srdeční frekvenci, hodnotu oxidu uhličitého a saturace krve kyslíkem. Studie se skládala ze šesti 10ti minutových fází, přičemž měření všech tří parametrů (viz text výše) probíhalo na konci každé fáze. První fáze byla odpočinková, kdy proband seděl mlčky bez masky. Ve druhé fázi subjekt chodil svižně bez masky. Ve třetí fázi subjekt mlčky seděl s nasazenou látkovou ochrannou obličejí. Ve čtvrté fázi proband vykonával svižnou chůzi s nasazenou látkovou rouškou. V páté fázi jedinec seděl mlčky s nasazenou chirurgickou rouškou. V šesté fázi proband chodil svižnou chůzí s nasazenou chirurgickou rouškou. Látkové roušky si přinesl každý proband sám, chirurgické roušky byly použity ze zdravotnického zařízení, kde se vykonávala studie. Během fáze svižnější chůze, byli probandi vyzváni, aby své tempo zvýšili do té doby, dokud se jejich srdeční frekvence nevzroste alespoň o 10 tepů za minutu oproti výchozímu měření.

Dle výsledků studie riziko patologického zhoršení výměny plynů u látkových nebo chirurgických roušek je u běžné dospělé populace téměř nulové. Nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly mezi základními měřeními bez masky a měřeními při nošení obou typů roušek, a to jak v klidu, tak po rychlé chůzi. [21]

Účinky chirurgických a obličejových masek N95 na kapacitu kardiopulmonální zátěže

Cílem studie Fikenzer et al. (2020) bylo zjištění, zda ochrana obličejí má vliv na kapacitu kardiopulmonální zátěže. Studie byla realizována na katedře kardiologie Univerzity v Lipsku. Studie se účastnilo 12 zdravých a aktivních probandů mužského pohlaví z řad zdravotnických zaměstnanců ve věku $38,1 \pm 6,2$ let. Kritéria vyloučení ze studie byla srdeční, plicní nebo zánětlivé onemocnění organismu. Zdravotnická anamnéza byla zjištěna pomocí dotazníku. Probandům byly vzaty tělesné míry, změřen klidový elektrokardiogram (EKG), spinometrie a fyzikální a vitální parametrické vyšetření. Každý subjekt se účastnil 3 zátěžových testů: bez masky, s chirurgickou rouškou (Suavel ® Protec Plus, Meditrade, Kiefersfelden, Německo) a s respirátorem N95 (Shaoguan Taijie Protection Technology Co., Ltd., Gao Jie, Čína), přičemž pořadí bylo náhodně voleno pomocí online randomizačního nástroje GraphPad Quickcalcs. Testy byly prováděny vždy ve stejnou denní dobu s odstupem 48 hodin mezi dvěma testy. Obsah testů se skládal z pololežícího ergometru (GE eBike, GE Healthcare GmbH,

Solingen, Německo, Německo) při konstantní rychlosti 60–70 otáček za minutu. Test začal při pracovní zátěži 50 W se zvýšením o 50 W během 3 minut (jako rampa), dokud nedošlo k dobrovolnému vyčerpání. Každý subjekt pokračoval po dobu dalších 10 minut na zotavení při pracovní zátěži 25 W. Během a po skončení testů byl monitorován srdeční výdej, tepový objem, srdeční frekvence, maximální spotřeba kyslíku, minimální ventilace a spinometrie. 10 min po ukončení každého testu byl uchazečům podán k vyplnění dotazník ke kvantifikaci následujících 10 bodů týkajících se obličejové masky: vlhkost, teplo, dýchací odpor, svědění, napjatost, slanost, pocit nezpůsobivosti, zápach, únava a celkové nepohodlí.

Dle výsledků studie byly hodnoty plicních funkcí dané spinometrií výrazně nižší s respirační ochranou než bez ochrany úst a nosu. Ventilace byla výrazně snížena u obou typů obličejových masek. Srdeční výdej s maskou se výrazně nelišil od situace bez masky. Probandi subjektivně konzistentně vnímali výrazné nepohodlí při nošení roušek. Dle autorů je ventilace, kardiopulmonální kapacita a komfort u zdravých jedinců snížena s chirurgickými maskami a vysoce narušena s obličejovým respirátorem N95. [22]

Změny předního segmentu oka související s ochranou obličeje

Cílem studie Mastropasqua et. al (2021) bylo vyhodnotit, zda dlouhodobé používání ochrany dýchacích cest působí na přední segment oka, hustotu pohárkových buněk spojivky a dendritických buněk rohovky. Do tříměsíční studie bylo zařazeno 66 pacientů s onemocněním suché oko a 62 zdravých subjektů. Pacienti se suchým okem podstupovali v průběhu studie léčbu roztokem hyaluronátu sodného bez konzervačních látek až 6krát denně a během posledních 2 měsíců jim nebyly podávány topické steroidy. Zdraví probandi museli vykazovat zcela normální oftalmologický screening. Kritéria vyloučení subjektů byla: systémové nebo nitrooční zánětlivé onemocnění, systémová onemocnění, která by mohla modifikovat přední segment oka a nepřetržitá pracovní činnost vykonávaná u obrazovky počítače. Pacienti se suchým či zdravým okem byli dále rozděleni do dalších skupin dle délky použití obličejové masky a to do skupiny užívající obličejovou masku méně jak 3 hodiny, 3 – 6 hodin a více než 6 hodin. Pro větší motivaci a dodržení přesných časových intervalů museli probandi zaznamenat dobu nošení obličejové masky do deníku. Před klinickými testy byl pacientům podán k vyplnění dotazník, ten se skládal z 15ti otázek, které posuzují četnost a stupeň symptomů souvisejících se suchým okem. Výsledek se hodnotil pomocí skóre, jež se mohlo pohybovat od 0 do 100. Vyšší hodnoty indikují větší nepohodlí. Z klinických testů byl proveden Break-up time test, Schirmerův test, cytologie, barvení předního segmentu fluoresceinem a lissaminem. 2 hodiny po provedení klinických testů podstoupili pacienti konfokální mikroskopii ke stanovení hustoty dendritických

buněk rohovky a hustoty pohárkových buněk. Veškeré testy a vyšetření byly provedeny na začátku a opakovaly se po 3 měsících (po skončení výzkumu).

Z výsledků studie vyplývá, že dlouhodobé nošení respirační ochrany, konkrétně po dobu 3 měsíců, vedlo ke změnám na předním segmentu oka a zvýšilo buněčné a molekulární zánětlivé markery zejména u subjektů používající ochranu obličeje déle jak 6 hodin denně. Změny byly výrazně větší u pacientů se suchým okem, než u zdravých jedinců. U pacientů se suchým okem, byly zvýšeny zánětlivé markery i v případě nošení respirační ochrany méně jak 6 hodin denně. Dle autorů a výsledků studie dlouhodobé nošení respirační ochrany může představovat potenciální rizikový faktor pro suché oko, zatímco u pacientů se suchým okem je významným rizikovým faktorem pro zhoršení stavu tohoto onemocnění. [23]

Dynamika cévní perfuze sítnice během cvičení s obličejovými maskami a bez nich

Cílem studie Hua et. al (2021) bylo zjistit možné dopady na retinální mikrovaskulaturu u zdravých mladých dospělých během cvičení s obličejovou maskou pomocí optické koherentní tomografické angiografie (OCTA). Studie se účastnilo 23 zdravých dospělých dobrovolníků (6 žen a 17 mužů) ve věku 18 až 30 let. Každý proband sdělil personálu svou anamnézu, podstoupil vyšetření na Covid-19 pomocí polymerázové řetězové reakce s reverzní transkriptázou, vyšetření očního pozadí pomocí šterbinové lampy a byl mu měřen NOT. Kritéria pro vyloučení byla NOT vyšší než 21 mmHg, refrakční vada větší než ± 3 dioptrie, neprůhlednost očních médií, anamnéza oftalmologického onemocnění (uveitida, glaukom, onemocnění sítnice, onemocnění cévnatky), cerebrální onemocnění, respirační onemocnění, onemocnění koronárních tepen, mrtvice, fibrilace síní, srdeční onemocnění, medikace související se srdečním onemocněním (inhibitory angiotenzin konvertujícího enzymu, β – blokátory) anamnéza arteriální hypertenze a diabetes mellitus. Studie byla realizována ve vnitřních prostorách při okolní teplotě 18 - 22 °C. Fyzická zátěž probíhala na běžeckém pásu pomocí inkrementálního kontinuálního běžícího testu a to buď bez ochrany obličeje, s chirurgickou rouškou nebo s respirátorem N95. Běžící pás byl na začátku nastaven na rychlost 8,0 km/h a zvyšoval se o 2,0 km/h v 3minutových intervalech, dokud srdeční frekvence nedosáhla 190 tepů za minutu. Během samotného fyzického výkonu byla monitorována kromě rychlosti a srdeční frekvence ještě doba běhu, krevní tlak (bezprostředně před a po běhu) a saturace krve kyslíkem. Všichni jedinci, kteří nemohli běžet 9 minut nebo déle bez ochrany obličeje, byly ze studie vyloučeni. Dále byli vyloučeni jedinci v případě intenzivní bolesti hlavy a dušnosti.

Ve studii byly použity skeny makuly o velikosti 6,0 x 6,0 mm a skeny optického nervu 4,5 x 4,5 mm. Data byla automaticky analyzována pomocí softwaru OCTA. Měření probíhalo na jednom oku po dobu 3 dnů mezi 8 - 11 hod. První den dobrovolníci odpočívali po dobu 60 min bez ochrany obličeje, následně bylo změřeno OCTA. Následoval běh na pásu a po jeho skončení bylo do časového intervalu 3 min provedeno nové vyšetření OCTA. Druhý a třetí den probandi odpočívali po dobu 60 min s nasazenou chirurgickou rouškou a nebo respirátorem N95. Průběh aerobní aktivity a screeningu sítnice byl stejný jako v předchozím dnu.

Před samotným během skupina s respirátorem N95 vykazovala sníženou hustotu retinálních cév v povrchovém plexu, kromě foveální hustoty retinálních cév, ve srovnání se skupinou bez ochrany obličeje. Po fyzické aktivitě skupina s rouškou a s respirátorem vykazovala významně kratší dobu maximálního běhu, nižší saturaci kyslíkem a nižší perifoveální hustotu retinálních cév povrchového plexu ve srovnání se skupinou bez ochrany obličeje. [24]

Změny tloušťky cévnatky spojené s respirační ochranou

Cílem studie Kurt a Altindal (2022) bylo zjistit, zda respirační ochrana může mít vliv na tloušťku cévnatky. Studie se účastnilo 120 očí zdravých dobrovolníků, kteří byli vybráni ze zdravotnických zaměstnanců pracujících na lékařské fakultě. Vybraný personál vykonával fyzicky nenáročnou práci tj. zejména v kanceláři. Zaměstnanci byli rozděleni do dvou skupin po 60 a to následovně probandi nosící chirurgickou roušku a probandi nosící respirátor FFP2. K měření tloušťky cévnatky byla použita optická koherentní tomografie (OCT) pro hloubkové zobrazení. Měření proběhlo 2 x v rámci intervalu 4 hodin, konkrétně v 8:30 před nasazením masky a ve 12:30, kdy byla maska sundána.

Cévnatka (choroidea) je životně důležitá část oka pro prokrvení vnější sítnice a retinálního pigmentového epitelu. Také je to místo nejrychlejšího průtoků krve v lidském těle. Centrální fovea sítnice je avaskulární a nejsou zde kapiláry. Ty by bránily centrálnímu a barevnému vidění. Výživa této části sítnice probíhá tedy především pomocí choroidálních kapilár. Snížení kyslíku v krvi a zvýšení hladiny oxidu uhličitého způsobené používáním respirační ochrany mohou mít vliv na retinální vaskulární perfuzi a tím i na vaskulární strukturu cévnatky.

Výsledkem studie bylo zjištění zvýšení tloušťky cévnatky po použití obličejové masky po dobu 4 hodin. Zvýšení bylo patrné u skupiny nosící respirátor FFP2 kdy zejména změny hodnot subfoveální tloušťky sítnice byly statisticky významné. Všechny další srovnávané parametry byly vzájemně statisticky nevýznamné. [25]

2.2 Onemocnění Covid-19

V roce 2019 byl nahlášen na trhu Huanan Seafood Market v Čínském Wuhan, v provincii Hubei, shluk infekcí koronaviru. Trh sloužil k obchodování s hospodářskými, ale i mořskými živočichy. Mladý oftalmolog Dr. Li Wenliang, byl mezi prvními lékaři, který nahlásil podobnost onemocnění Covid-19 se závažným akutním respiračním syndromem (Severe acute respiratory syndrome - SARS). Po léčbě infikovaného pacienta s glaukomem se nakazil a na následky onemocnění zemřel. O několik dní později se centra dění dostala globální epidemie neznámé příčiny. Onemocnění se projevovalo jako pneumonie neznámého původu, byla vyloučena chřipka a potvrzena infekce Covid-19.

Čínská vláda zavedla okamžitá opatření, zavřela trhy, evakovala místo nákazy, i přesto však došlo k vysokému nárustu infikovaných. Onemocnění se velmi rychle rozšířilo díky dobré dopravní komunikaci do Severní Ameriky a Evropy. 30. ledna 2020 Světová organizace (WHO) oznámila vypuknutí epidemie Covid-19, kde znamená CO = koróna, VI = virus a D = nemoc, 19 – rok ve kterém došlo k šíření nemoci.

K přenosu nemoci dochází pomocí přímého kontaktu jedince s infikovanou osobou nebo cestou kapének kašlem, kýcháním od infikovaného jedince. Pacienti s mírným průběhem nemoci mají většinou kratší dobu rekonvalescence. V těžších případech hrozí rozvinutí progresivního respiračního selhání, které může vést k úmrtí. [26]

2.2.1 Covid-19 a oční aparát

Během pandemie koronaviru bylo veškeré terapeutické a diagnostické úsilí věnováno respiračnímu onemocnění, avšak objevily se i oční projevy tohoto onemocnění. Vir Covid-19 byl prokázán v očních slzách infikovaných pacientů. Oproti tomu při MERS (Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus) a SARS přítomnost viru v slzách prokázána nebyla. Oční koule a její povrch může tedy sloužit jako vstupní cesta pro přenos viru.

Covid-19 se může projevovat jako mírný oční zánět spojivek (konjunktivitida). Některé následky onemocnění se projevují i na sítnici, a to jako hyperreflexní léze ve vnitřních vrstvách viděna na OCT a jako mikrohemoragie. Koronavirus je spojován také s ostatními systémovými chorobami jako je diabetes mellitus a Kawasakiho syndrom. Obě tyto nemoci se projevují na očním bulbu.

Zánět spojivek

První hlášený případ konjunktivitdy byl prokázán u čínského občana, u kterého se nemoc projevovala jako zápal plic a po kontrole na klinice Wuhan Fever. Bez použití ochrany očí, se objevil zánět spojivek. Tento případ ukázal další cestu přenosu onemocnění ,a to cestou skrze spojivku. Proč však dochází k zánětu spojivek není dosud známo.

Kawasakiho nemoc

Jedná se o onemocnění postihující zejména malé děti a projevuje se horečkou, končetinovými změnami, orofaryngeálními změnami, vyrážkou a jednostrannou cervikální lymfadenopatií. Příčina toho onemocnění je dosud neznámá. Kawasakiho syndrom byl ve vyšší incidenci pozorován jako doprovodný syndrom také v Bergano v Itálii, v jedné z prvních epidemií silně zasažených evropských oblastí. První případ byl popsán u 6ti měsíční holčičky, která měla minimální respirační onemocnění a horečku, avšak měla pozitivní test na Covid-19 a limbickou konjunktivitidu, otok horních a dolních končetin a makulopapulární vyrážku.

Mezi oční projevy nemoci Covid-19 patří iridocyklitida, bodkovaná keratitida, zákal sklivce, injekce spojivky a subkonjunktivální krvácení. Injekce spojivky bývá oboustranná a nebolestivá. [26]

Retinální nálezy

Dle studie Marinho et al. (2020), která probíhala na 12ti dospělých ve věku 25 - 69 let, kteří byli sledováni po dobu 11 - 33 dní po prokázání příznaků Covid-19. Každý z pacientů měl horečku, dušnost, astenii a 11 z nich také anosmii. Dva pacienti byli hospitalizováni, ale nevyžadovali intenzivní péči. Onemocnění bylo potvrzeno pomocí PCR testu a přítomností protilátek. Účastníci studie byli měřeni na dvou různých zařízeních OCT a vykazovali hyperreflexní lézi na úrovni gangliových buněk a na vnitřních plexiformních vrstvách, výrazněji na papilomatulárním svazku v obou očích. Zraková ostrost a pupilární reflexy byly vyhodnoceny jako normální. [27]

Koagulopatie je spojována s onemocněním Covid-19 a může vést k tromboembolickým příhodám. Je známo, že dochází k žilní trombóze, plicní embolii a ischemické mrtvici velkých cév. Avšak na sítnici je zatím popsán jen jeden případ izolované okluze centrální retinální tepny u 60ti letého hispánského muže. [28]

Neuro-oftalmologické komplikace

Polyneuritidu, Guillain-Barré syndrom, meningitidu, encefalomyelitidu a encefalopatii, byly popsány případy, kdy bylo onemocnění prokázáno na základě diplopie a oftalmoparézy a abnormálních nálezů perineurálního nebo kraniálního nervu. Obrna okoohybného nervu může být způsobena přímou invazí viru nebo zánětlivým faktorem, který souvisí s virovou infekcí. [29]

Oční komplikace pacientů na jednotce intenzivní péče

U pacientů sledovaných na jednotce intenzivní péče byl prokázán akutní respirační tísň (ARDS). Jedná se o život ohrožující stav, kdy pacient potřebuje podporu dýchání. Tito pacienti mají také zvýšené riziko očních komplikací, jež se vyskytují u 3-60 %. Mezi nejčastější potíže patří zvýšený NOT, poruchy předního a zadního segmentu oka.

Poruchy povrchu oka byly hlášeny až u 60 % kritických pacientů. Projevují se mírným podrážděním spojivek, až po infekční keratitidu. Svalová relaxace těchto pacientů často vede k lagofthalmu a osychání oka. Také se objevuje Bellův jev a snižující se produkci slz. V důsledku těchto jevů se může vyskytnout keratopatie. [30]

Vzácné případy

Plicní ventilace, kdy pacient polohuje na břicho, může vzácně vést k akutní ischemické optické neuropatii. Ta má za následek trvalou ztrátu zraku. Tato poloha může snížit oční perfuzi, jež působí na 2 mechanismy: zvyšuje žilní tlak a zvyšuje NOT. NOT stoupá s časem, a to konkrétně na 40 mmHg po 320 minutách v poloze na břicho. Pokud jsou použity špatné polohovací pomůcky na obličej, tento stav může být ještě horší, může dokonce snížit oční průtok krve. [26,31]

2.2.2 Oční komplikace spojené s užíváním léků na Covid-19

Do dnešního dne, nebyla oficiálně schválena žádná farmakologická terapie pro léčbu tohoto onemocnění. Zkouší se však hned několik léčiv: chlorochin (CQ) a jeho derivát hydroxychlorochin (HCQ), antivirová léčka a imunomodulátory.

Antimalarická léčiva

CQ a HCQ se využívají k léčbě onemocnění s malárií, revmatických stavů, revmatoidní artritidy a další. Byla prokázána reakce i na onemocnění Covid-19. CQ a HCQ způsobují opacitu zadní subkapsulární čočky, dysfunkci ciliárního tělíska, bilaterální makulopatii, ztrátu

fotoreceptorů a progresivní ztrátu zrakové ostrosti. Makulopatie není vratná a může postupovat i po přerušení užívání léků. Pro rozvoj toxicity u používání léčiv CQ a HCQ hraje velkou roli dávkování a délka léčby. Americká akademie oftalmologie doporučuje udržovat denní dávku pod 2,3 mg/kg u léku CQ a nižší než 5,0 mg/kg u pacientů užívající HCQ. Dlouhodobé užívání těchto léků vede k oční toxicitě. Po 2 týdnech užívání tohoto léku, nebyla žádná oční toxicita prokázána.

Imunomodulační léky

S interferony je spojená retinopatie, projevující se skvrnami, krvácením a dalšími mikrovaskulárními nepravidelnostmi sítnice. K těmto projevům dochází kolem terče zrakového nervu a v zadním pólu oka. Projevení těchto nežádoucích účinků bývá 3 až 5 měsíců po zahájení léčby. [26]

3. Fyziologické účinky obličejových masek během aerobní zátěže

Během pandemie Covid-19 bylo doporučováno nošení ochrany úst jako preventivní opatření proti nákaze. Avšak změny v těle, které s nošením obličejových masek souvisí byly dosud neznámé.

3.1 Nitrooční tlak při chůzi s obličejovými maskami

Cílem výzkumu Janicijevic a kol. (2021) bylo ověření, zda dopad nošení chirurgických jednorázových masek (3PLY, KRAPE SA, Madrid, Španělsko) a respirátorů třídy N95 (Tomugi, CTT CO. LTD, Guangdong, Čína) ovlivňuje NOT při chůzi. Do studie bylo zařazeno 13 osob s diagnózou primárního glaukomu otevřeného úhlu.

Probandi vykonávali aerobní cvičení s nízkou pohybovou intenzitou, a to konkrétně chůzi na vzdálenost 400 metrů vlastním tempem s různými typy ochrany. Pořadí s jakou ochrannou úst půjde účastník první bylo voleno zcela náhodně, pomocí hodu kostkou. Mezi jednotlivými sekcemi probíhalo 5ti minutové vyklidnění (zotavení) až poté mohl proband ujít další vzdálenost s rouškou, respirátorem, a nebo bez ochrany.

Po příchodu byli účastníci seznámeni s experimentálním měřením a podepsali informovaný souhlas. Následovalo fyzické zahřátí složené z 5 minut cvičení kloubní pohyblivosti a dynamického strečinku před samotnou chůzí na 400 m. Samotná trasa se skládala z 10 kol přičemž každé mělo 40 m. Trasa měla podobu přímku o délce 20 m, následovala změna směru o 180° a pokračovalo se totožnými 20 m ke startovací čáře. Výzkumník měřil čas ujití každého kola a účastnil se každé trasy s vyšetřovanými. Po ujití dvou kol (80 m) následovala krátká přestávka cca 5 -7 s. Mezitím další výzkumník změřil hodnotu NOT na obou očích ve stoje.

Měření NOT probíhalo na ověřeném odrazovém tonometru (iCare ic200, iCare Finland Oy, Helsinky, Finsko) jež umožňuje snadnou manipulaci. Účastníci během měření fixovali na vzdálený cíl a bylo provedeno 6 rychlých po sobě jdoucích měření proti centru rohovky. V každé kategorii (s rouškou, s respirátorem, bez ochrany) byl nejdříve změřen NOT před chůzí, následně po každých ujitých 80 m (pět měření 80, 160, 240, 320 a 400 m) a po 5 minutovém pasivním odpočinku.

Při základním a zotavovacím měření v klidové části ať už s obličejovou maskou či bez masky nebyly hodnoty NOT ovlivněny. Během fyzické aktivity při nasazeném respirátoru došlo o nárůst o 1 až 2 mmHg, jedná se o malý nárůst, ale staticky významné zvýšení NOT.

Vzhledem k nárůstu NOT při nasazeném respirátoru, by dle autorů této studie mělo být doporučováno, aby pacienti s glaukomem otevřeného úhlu při fyzické aktivitě upřednostňovali použití chirurgický roušek před respirátory. [32]

3.2 Fyziologické účinky obličejových masek během cvičení

Dle studie Epstein et al. (2020) krátkodobá aerobní fyzická aktivita s chirurgickou maskou nebo respirátorem (N95) je z fyziologického hlediska bezpečná a spojena pouze s malými fyziologickými změnami v organismu. Zvýšené opatrnosti by však měli dbát pacienti s obstrukční plicní nemocí, astmatem a onemocněním srdce.

Studie Epstein et al. se zúčastnilo 16 zdravých jedinců mužů provozujících jogging a pravidelné aerobní aktivity (nejméně 75 min sportovní jízdy na kole nebo 150 min intenzivní řízené aktivity/týdně). Studie se nemohli zúčastnit vysoce trénovaní jedinci, např. profesionální vojáci a sportovci. Dále byly ze studie vyloučeny osoby s onemocněním diabetes mellitus, chronickým respiračním či kardiovaskulárním onemocněním nebo akutním respiračním onemocněním prodělaném v rámci 2 týdnů před prováděnou studií.

Měření se skládalo ze tří celků, během kterých postupně každý proband podstoupil maximální aerobní pohybovou zátěž bez ochrany obličeje, s chirurgickou rouškou a s respirátorem N95. Pořadí tří typů ochrany obličeje bylo pro každého probanda určeno náhodně. Mezi jednotlivými typy muselo uběhnout alespoň 24 hodiny. Kromě parametrů potřebných pro nastavení a vypočítání hranice maximálního aerobního zatížení byly sledovány parametry: tep, saturace kyslíkem, dechová frekvence, parciální tlak oxidu uhličitého a krevní tlak. Účastníci prováděli před každým maximálním výkonem strečink po dobu 5 - 10 min. Maximální aerobní zátěž byla realizována zvyšováním zátěže (počínaje 25 wattů a postupným zvyšováním každé tři minuty o 25 wattů) až do vyčerpání. Probandi byli pravidelně během zátěže sledováni nejen monitorovacím zařízením snímajícím fyziologické parametry, ale rovněž dávali zpětnou pociťovou vazbu pomocí několikabodové škály.

Průměrná doba dosažení maximálního aerobního prahu bez masky byla $18,9 \pm 3,7$ min, $18,3 \pm 3,7$ min s chirurgickou maskou a $18,5 \pm 3,6$ min s respirátorem N95. Hodnoty krevního tlaku, tepové frekvence a dalších sledovaných parametrů se mezi sledovanými skupinami signifikantně neměnily. V případě zátěže s respirátorem N95 byl statisticky významný rozdíl v hodnotě parciálního tlaku oxidu uhličitého oproti hodnotě bez ochrany. Dle výsledků studie tedy vyplývá, že namáhavé aerobní cvičení, měřené během maximálního zátěžového testu na kole mohou zdraví jedinci provádět s chirurgickou rouškou nebo respirátorem N95. Nicméně

fyzická aktivita je spojena s mírným, ale významným zvýšením parciálního tlaku oxidu uhličitého, který se zvyšuje se zvyšující zátěží při tréninku s použitím respirátoru N95. Nárůst oxidu uhličitého je pravděpodobně spojen s opětovným vdechováním vydechovaného vzduchu, který zůstává v masce. Dlouhodobé vystavování mírně zvýšené hodnotě oxidu uhličitého se nazývá „syndrom nemocných budov“ a může se projevovat jako bolest hlavy, únava a potíže se soustředěním. [33]

4. Praktická část

Cílem výzkumu je ověřit zda má ochrana dýchacích cest vliv na NOT u zdravých jedinců při fyzické aerobní zátěži organismu.

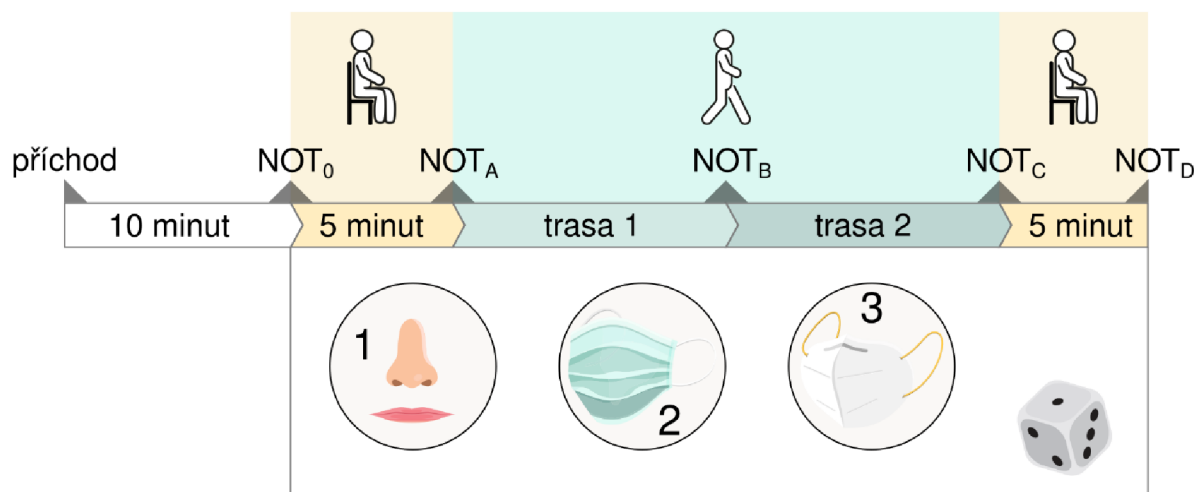
4.1 Metodika

Probandi

Do výzkumné studie bylo zařazeno 41 očí zdravých jedinců. Po vyřazení 10 očí z důvodu diagnózy oční hypertenze, bylo nakonec do studie zahrnuto 31 očí. Výzkumu se mohly účastnit osoby starší 18 let věku, přičemž vylučující faktory byly rohovkové operace, choroby ovlivňující tloušťky rohovky a onemocnění, která mohou ovlivnit NOT (glaukom, oční hypertenze). Omezení z refrakčního hlediska byl astigmatismus větší než 2,50 D. Každý účastník byl před zahájením měření seznámen s podmínkami studie včetně rizik, což stvrdil podpisem informovaného souhlasu. Výzkum se řídil zásadami Helsinské Deklarace o etice medicínského výzkumu.

Průběh experimentu

Ihned po příchodu byl účastníkům, z důvodu návyku na měření, změřen NOT. Následující měření probíhalo ve třech fázích, a to bez ochrany dýchacích cest (referenční fáze), s nasazenou rouškou a s nasazeným respirátorem. Pořadí jednotlivých fází bylo voleno náhodně na základě hodu kostkou. Před každou z těchto fází proběhlo zklidnění, kdy proband strávil 10 min v klidovém sedu bez ochrany dýchacích cest, na konci mu byl změřen NOT (výchozí hodnota pro danou fázi, označen jako NOT_0). V průběhu každé fáze strávil proband nejprve 5 min v klidovém sedu (podle dané fáze bez ochrany dýchacích cest, s rouškou nebo respirátorem). Po uplynutí této doby byl opět změřen NOT (NOT_A). Následovala středně svižná chůze (4 - 5 km/h; bez či s ochranou dýchacích cest dle dané fáze) po trase o délce 500 m. V polovině trasy se proband zastavil a byl mu změřen NOT (NOT_B). Poté dokončil trasu a opět mu byl změřen NOT (NOT_C). Každá fáze byla ukončena 5minutovým zklidněním, opět bez ochrany či s konkrétní ochranou dýchacích cest. Po tomto úseku opět proběhlo měření NOT (NOT_D). Harmonogram celého experimentu je schematicky znázorněn na obr. 4. Průměrná délka měření jednoho probanda činila 90 min.



Obr. 4 Harmonogram měření.

Charakteristika trasy

Trasa o vzdálenosti 500 m byla vymezena ve vnitřních prostorách katedry optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Okolní podmínky (teplota, vlhkost) se v průběhu měření jednoho probanda ztelně neměnily. Trasa sestávala z úseku o délce 125 m, který proband prošel celkem čtyřikrát (dvakrát tam a dvakrát zpět). Celou trasu proband urazil přibližně za 400 s.

Měření NOT

Všechna měření NOT byla prováděna na přístroji iCare ic200. Probandi se většinou s touto technikou měření NOT nikdy nesečkali, proto jim byl přístroj a snímací sonda na začátku měření představena. Zároveň byla nastavena opěrka hlavy individuálně na klienta. Samotné měření probíhalo jednak v sedě (na konci klidových částí experimentu), jednak ve stoje (během a ihned po chůzi), vždy s uvolněným pohledem do dálky. Více informací o tomto přístroji a měření viz kapitola 1.5 Tonometrie.

Statistické zpracování dat

Naměřené hodnoty byly reprezentovány průměrnými hodnotami a směrodatnými odchylkami. Normalita dat byla testována pomocí Saphiro-Wilkova testu na hladině významnosti 0,05. Jelikož některé z naměřených hodnot nevykazovaly normální rozdělení (NOT_C a NOT_D bez ochrany dýchacích cest, $p = 0,01$, $p = 0,043$, NOT_A až NOT_D s rouškou, $p = 0,036$, $p = 0,017$, $p = 0,023$, $p = 0,011$ a NOT_D s respirátorem, $p = 0,017$), byly naměřené hodnoty NOT upraveno logaritmickou transformací s využitím desítkového logaritmu. Po této transformaci

měla všechna data normální rozdělení ($p > 0,129$). Ve všech dalších statistických analýzách jsou použita takto transformovaná data.

Shoda měřených dat v jednotlivých fázích měření (tj. s jednotlivými typy ochrany dýchacích cest či bez ochrany) byla testována dvoufaktorovou metodou analýzy rozptylu (ANOVA) pro opakovaná měření (faktory „typ ochrany dýchacích cest“ a „úsek měření“) s využitím transformovaných dat. Následně byla doplněna analýza vlivu úseku měření samostatně pro každou fázi (jednofaktorová ANOVA pro opakovaná měření, faktor „úsek měření“). Shoda výchozích hodnot NOT_0 před každou fází měření byla samostatně testována jednofaktorovou metodou ANOVA pro opakovaná měření. Sféricita dat byla testována pomocí Mauchleyho testu, v případě narušení sféricity byla použita Huynova-Feldtova (H-F) korekce. Pro post-hoc párová porovnání dat byl využit Tukeyův HSD test. Všechny analýzy byly prováděny na hladině významnosti 0,05. V textu jsou též uvedeny mezní hodnoty hladiny významnosti p , při kterých by právě došlo k zamítnutí testované hypotézy.

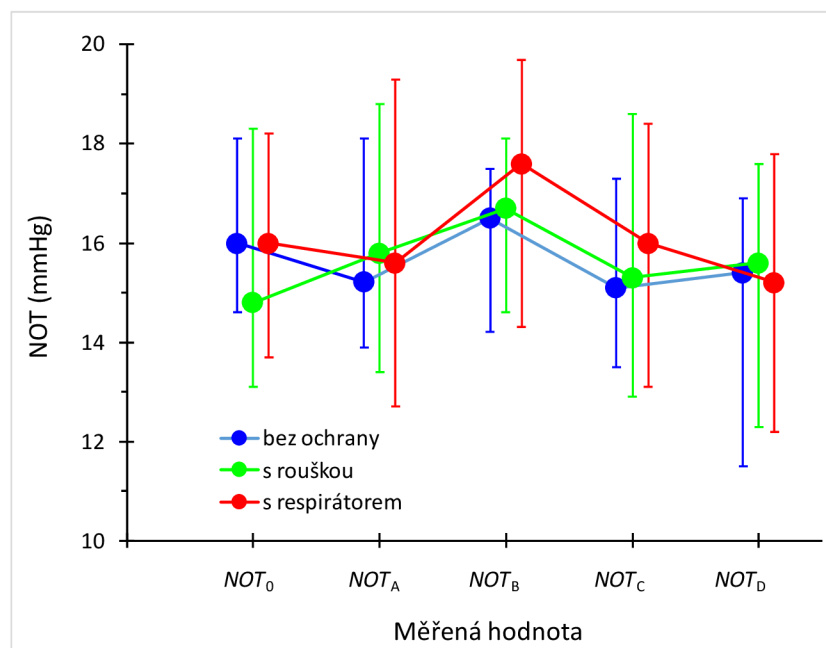
4.2 Výsledky

Průměrné hodnoty NOT ve všech úsecích měření pro všechny sledované fáze měření jsou znázorněny na obr. 5. Ve všech třech fázích (tj. pro všechny tři typy ochrany) jsou patrné změny NOT v průběhu experimentu. Tuto skutečnost potvrdila též dvoufaktorová ANOVA, která prokázala signifikantní vliv úseku měření ($p = 0,0003$, použita H-F korekce). Post-hoc Tukeyův HSD test prokázal rozdíl hodnoty NOT v průběhu trasy (NOT_B) od výchozí hodnoty NOT_0 , hodnoty na konci trasy (NOT_C) a na konci každé fáze (NOT_D). Vliv typu ochrany ani interakce typu ochrany a úseku měření nebyla prokázána ($p = 0,23$ a $p = 0,092$).

Dále byla doplněna samostatná analýza průběhu NOT v jednotlivých fázích (jednofaktorová ANOVA). V souladu s předchozími výsledky byl vždy zjištěn signifikantní vliv úseku měření ($p = 0,005$ bez ochrany, $p = 0,003$ s rouškou a $p = 0,0002$ s respirátorem). Z grafu (obr. 5) je patrné, že nejvyšších hodnot dosahoval NOT vždy v polovině trasy a na konci (po 5 min zklidnění) mírně poklesl. Přitom při měření bez ochrany je patrný zejména finální pokles, v ostatních případech i zmiňovaný nárůst v průběhu trasy. Toto tvrzení podporují také provedené post-hoc testy. Při měření bez ochrany byl zaznamenán signifikantní rozdíl mezi poslední měřenou hodnotou NOT_D oproti počáteční hodnotě NOT_0 a hodnotě NOT_B v polovině trasy ($p = 0,044$, $p = 0,005$). Při měření s rouškou byl významný rozdíl mezi NOT_B (v polovině trasy) a počáteční hodnotou NOT_0 ($p = 0,004$) a na konci měření (NOT_D , $p = 0,007$). V případě respirátoru se opět hodnota NOT_B v polovině trasy signifikantně lišila od NOT_0 ($p = 0,002$) i od

NOT_D ($p < 0,001$). Navíc se lišila hodnota NOT_B a NOT_A ($p = 0,026$). Přitom počáteční hodnoty se u jednotlivých fází experimentu významně nelišily (ANOVA, $p = 0,058$).

Přestože přímé srovnání dvoufaktorovou metodou ANOVA neprokázalo významný vliv ochrany dýchacích cest, grafy i dílčí analýzy naznačují, že při aktivitě s ochranou a bez ochrany může docházet k mírným rozdílům - k nárůstu NOT v průběhu trasy oproti výchozí hodnotě dochází pouze v případě nasazené ochrany dýchacích cest. Průměrné změny však vždy byly vždy klinicky nevýznamné (tj. < 2 mmHg). Největší průměrné změny oproti výchozí hodnotě NOT_0 bylo dosaženo u NOT_B pro fázi s rouškou, a to 1,6 mmHg se směrodatnou odchylkou 2,8 mmHg.



Obr. 5 Průměrné hodnoty NOT v jednotlivých úsecích měření bez ochrany dýchacích cest, s rouškou a s respirátorem. Chybové úsečky reprezentují dvojnásobek velikosti směrodatné odchylky.

4.3 Diskuze

Cílem našeho výzkumu bylo zjistit, zda při aerobním cvičení s respirátory nebo rouškou dojde ke zvýšení nebo snížení NOT. Již publikovaná studie Janicijevic a kol. (2021) [32] zkoumala v podobném designu chování NOT u pacientů s primárním glaukomem otevřeného úhlu, přičemž zjistili malé, ale statisticky významné zvýšení NOT (1 – 2 mmHg) v případě chůze s respirátorem N95. V našem experimentu byli nahrazeni pacienti s onemocněním glaukomem zdravou populací, z důvodu zjištění chování obličejových masek na NOT nejprve u zdravého organismu bez očního, či jiného onemocnění. Bylo zjištěno, že se NOT v průběhu aerobní aktivity vždy mění, ať při použití roušky, respirátoru, či bez ochrany úst. Výsledky naznačují, že ochrana úst při aerobní aktivitě může mít významnější vliv. V tomto případě dojde k nárůstu hodnoty NOT v polovině trasy, poté začne NOT klesat. Nárůst by se dal odůvodnit změnou polohy, do pozici stoj ze sedu, zvýšení vdechovaného oxidu uhličitého v krvi a hypoxií způsobenou fyzickou aktivitou. V průměru, ale změny nevykazovaly klinický význam (tj. < 2 mmHg). Nejvyšší průměrná změna byla patrna mezi NOT_B a oproti výchozí hodnotě NOT_0 pro fázi s rouškou, a to 1,6 mmHg se směrodatnou odchylkou 2,8 mmHg. Zajímavé je, že nejvyšší hodnota byla patrná právě u roušky a ne respirátoru, jako ve studii Janicijevic a kol. (2021). Přičemž je obecně známo, že respirátor by měl více přiléhat k obličej, je vícevrstevný a hromadí se v něm více tzv. „mrtvého prostoru“, jak je popsáno v kapitole 2.1. Bez ochrany obličej byl zaznamenán pokles na konci celého cyklu. Z klinického hlediska jsou, ale data nevýznamná. Většina pozorovaných změn je na/pod hranici opakovatelnosti použitého přístroje (8 %). Dle našich výsledků u zdravých jedinců nehrozí riziko výkyvů či nárůstu NOT během používání obličejových masek.

Obličejové masky snižují riziko přenosu respiračních onemocnění. Během nyní upadající pandemie Covid-19 bylo doporučováno/nařizováno nošení ochrany úst a nosu během pobytu, ale i sportu, ve venkovních, či vnitřních prostorách. Otázka vlivu respirační ochrany při fyzické zátěži na lidský organismus, oko a NOT, byla však doposud neprozkoumaná. Dle studie Janicijevic a kol. (2021) [32] dochází při nasazeném respirátoru N95 při aerobní zátěži ke statisticky významnému nárůstu NOT. Tento výkyv může mít negativní vliv u pacientů s diagnózou primární glaukom otevřeného úhlu. Takovým pacientům je doporučováno rutinní aerobní cvičení, nízké až střední intenzity, jako důležitá strategie pro snížení hodnoty NOT [5]. Janicijevic a kol. by doporučili, aby pacienti s glaukomem otevřeného úhlu při fyzické aktivitě upřednostňovali použití chirurgický roušek před respirátory kvůli udržení stabilnějších hodnot NOT. Při hlubším zamyšlení nošení obličejových masek nemusí být otázkou pouze pandemie.

Běžně se s ochranou úst setkáváme u zdravotnického personálu, dále pak u lidí pracujících s barvami, laky atd.

Dle studie Sheine et. al (2021) [21], které se účastnilo 50 dobrovolníků ze zdravotnického zařízení, je riziko patologického zhoršení výměny plynů u látkových a chirurgických roušek téměř nulové. V klidu, ale i při rychlé chůzi s obličejovou maskou (látkovou, chirurgickou rouškou) nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. Oproti tomu studie Fikenzer et. al (2020) [22], které se účastnilo 12 zdravých dobrovolníků z řad zdravotnického personálu, došla k výsledku, že ventilace lidského organismu se výrazně sníží během zátěže organismu u nasazené chirurgické roušky i respirátoru N95.

V naší studii a ve studii Janicijevic a kol. (2021) nebyly pozorovány žádné významné rozdíly v klidu ať už s ochrannou úst či bez ochrany. Zatímco ve studii Janicijevic a kol. (2021) během cvičení respirátor N95 vyvolal statisticky významné zvýšení hodnoty NOT. V naší studii došlo k největšímu nárustu NOT (však statisticky nevýznamnému) s nasazenou rouškou při fyzické zátěži. Což je zajímavý rozdíl ve výsledku, jelikož i ve studii [22] respirátor N95 značně narušil ventilaci organismu. Zajímavé by bylo, kdyby se naše a studie Janicijevic a kol. (2021) prováděla se stejnou značkou obličejových masek. V naší studii byly použité certifikované respirátory vyráběné v České republice. Ve výše zmiňované studii byl výrobcem Tomugi, CTT CO. LTD, Guangdong z Číny. Dalším rozdílem ve studiích bylo fyzické zahřátí před samotnou chůzí, které chybělo v našem experimentu. My jsme oproti tomu praktikovali fázi vyklidnění a stabilizaci hodnot NOT. Dalším aspektem, který by byl zajímavý sledovat a následně hodnotit, je kontinuální nošení respirační ochrany. Dle souhrnného článku Kisielinski a kol. (2021) [20] bylo zjištěno, že právě dlouhodobé nošení ochranných masek má nepříznivý vliv na organismu (zvýšení oxidu uhličitého v krvi, zvýšení srdeční frekvence, zvýšení dechové frekvence, aj.), které by mohlo vést k imunitní supresi a metabolickému syndromu s kardiovaskulárními a neurologickými onemocněními. Bylo prokázáno, že hyperkapnie zvyšuje hladinu NOT [34]. Také Najmanová E a kol. (2018) [35] zjistili negativní vliv mezi saturací kyslíkem a hladinou NOT při normobarické extrémní hypoxii.

Z výsledků naší studie můžeme konstatovat, že nošení roušek a respirátorů při chůzi u zdravých jedinců je bezpečné a proveditelné. Nicméně tato studie má určitá omezení, která je třeba uznat a to malý počet statistických vzorků. V budoucnu by bylo určitě zajímavé studii opakovat s větším počtem statistických vzorků a s větší fyzickou zátěží, aby byl posílen vliv hypoxie a hyperkapnie na organismus.

Závěr

Práce měla za cíl ověřit zda roušky a respirátory ovlivňují NOT u populace bez očního onemocnění. Všechna data ve výzkumu byla měřena pomocí odrazového tonometru iCare ic200 a zhodnocen průměrný věk probandů.

Diplomová práce byla rozdělena na 2 hlavní celky. A to teoretickou část, obsahující 3 hlavní kapitoly a část praktickou popisující metodiku měření a výsledky zkoumání. V první kapitole byla popsána anatomie zejména přední části oka, onemocnění glaukom a NOT. Druhá kapitola byla věnována významným historickým událostem ve vývoji a nošení respirační ochrany. Dále zde byly zmíněny nově objevené informace o onemocnění Covid-19 a jeho vliv na oční bulbus. Třetí kapitola zahrnovala inspirativní a výchozí studii našeho experimentu a také vliv fyzické zátěže s ochrannou úst na lidský aparát.

Stěžejním přínosem práce je praktická část. Ta byla rozdělena na kapitoly metodiku měření, výsledky naměřených dat a diskuzi. V diskuzi byly zjištěné výsledky okomentovány a ohodnoceny vlastním názorem. Z výsledků vyplynulo že nošení roušek a respirátorů při chůzi u zdravých jedinců je bezpečné a proveditelné.

Citace

- [1] Kuchyňka P et al. Oční lékařství. 2 vyd. Praha: Grada Publishing a.s.; 2016.
- [2] Rosenthal J, Werner DL. Tonometry and Glaucoma Detection, 1st ed. Chicago: Professional Press; 1969.
- [3] Costagliola C, dell'Omo R, Agnifili L et al. How many aqueous humor outflow pathways are there? *NIH*. 2020;65e:144. doi: 10.1016/j.survophthal.2019.10.002.
- [4] Diaz G, Swirling flow of aqueous humor. *GrepMed*. <https://www.grep-med.com/images/9362/pathophysiology-aqueous-humor-ophthalmology>. Online [17.12.2022]
- [5] Zhu MM, Lai JSM, Choy BNK et al. Physical exercise and glaucoma: a review on the roles of physical exercise on intraocular pressure control, ocular blood flow regulation, neuroprotection and glaucoma-related mental health. *Acta Ophthalmol*. 2018;96e:676. doi: 10.1111/aos.13661.
- [6] Li F, Huang W, Zhang X. Efficacy and safety of different regimens for primary open-angle glaucoma or ocular hypertension: a systematic review and network meta-analysis. *Acta Ophthalmol*. 2018;96:e277. doi: 10.1111/aos.13568.
- [7] Wiggs JL, Pasquale LR. Genetics of glaucoma. *Hum Mol Genet*. 2017;26e:21. doi: 10.1093/hmg/ddx184.
- [8] Tham Y, Li X, Wong TY et al. Global Prevalence of Glaucoma and Projections of Glaucoma Burden through 2040 A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ophthalmol*. 2014;121e:2081. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013.
- [9] Weinred R N, Aung T, Medeiros F A. The Pathophysiology and Treatment of Glaucoma. *JAMA*. 2014 ; 311e:1901. doi: 10.1001/jama.2014.3192.
- [10] Gordon MO, Kass MA. What We Have Learned From the Ocular Hypertension Treatment Study. *Am J Ophthalmol*. 2018;189:e29. doi: 10.1016/j.ajo.
- [11] Funk J. Okuläre Hypertension. *Ophthalmologe*. 2011; 108:e:1005. doi: 10.1007/s00347-011-2379-9.
- [12] Bhartiya S, Gangwani M, Kalra RB et al. 24-hour Intraocular pressure monitoring: the way ahead. *Rom J Ophthalmol*. 2019;63:e315. PMID: 31915728; PMCID: PMC6943292.

- [13] iCare IC200. icare. <https://www.icare-world.com/product/icare-ic200-tonometer/>. [3.11.2022]
- [14] Conti AA. Protective face masks through centuries, from XVII century plague doctors to current health care professionals managing the COVID-19 pandemic. *Acta Biomed.* 2020;91:e2020124. doi: 10.23750/abm.v91i4.10231.
- [15] Spooner JL. History of surgical face masks. *AORN Journal.* 1967;5e:76. doi: 10.1016/S0001-2092(08)71359-0.
- [16] Trilla A, Trilla G, Daer C. The 1918 “Spanish Flu” in Spain. *Clinical Infectious Diseases.* 2008;47e:668. doi: 10.1086/590567.
- [17] Sommerstein R, Fux CA, Vuichard-Gysin D et al. Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2020;9:e100. doi: 10.1186/s13756-020-00763-0.
- [18] MacIntyre ChR, Chughtai AA, Rahman B et al. The efficacy of medical masks and respirators against respiratory infection in healthcare workers. *Influenza Other Respir Viruses.* 2017;11e:511. doi: 10.1111/irv.12474.
- [19] Fischer RJ, Morris DH, van Doremalen N et al. Effectiveness of N95 Respirator Decontamination and Reuse against SARS-CoV-2 Virus. *Emerg Infect Dis.* 2020;26e:2253. doi: 10.3201/eid2609.201524.
- [20] Kisielinski K, Giboni P, Prescher A et al. Is a Mask That Covers the Mouth and Nose Free from Undesirable Side Effects in Everyday Use and Free of Potential Hazards? *MDPI.* 2021;18:e4344. doi: 10.3390/ijerph18084344.
- [21] Shein SL, Whitticar S, Mascho KK et al. The effects of wearing facemasks on oxygenation and ventilation at rest and during physical activity. *PLoS One.* 2021; 16:e0247414. doi: 10.1371/journal.pone.0247414.
- [22] Fikenzer S, Uhe T, Lavall D, et al. Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clin Res Cardiol.* 2020;109e:1522. doi: 10.1007/s00392-020-01704-y.
- [23] Mastropasqua L, Lanzini M, Brescia L et al. Face Mask-Related Ocular Surface Modifications During COVID-19 Pandemic: A Clinical, In Vivo Confocal Microscopy, and Immunocytology Study. *TVST.* 2021;10e:22. doi: 10.1167/tvst.10.3.21.

- [24] Hua D, Xu Y, Heiduschka P et al. Retina Vascular Perfusion Dynamics During Exercise With and Without Face Masks in Healthy Young Adults: An OCT Angiography Study. *Transl Vis Sci Technol.* 2021;10e:23. doi: 10.1167/tvst.10.3.23.
- [25] Kurt A, Altindal EU. Choroidal thickness changes in healthcare professionals wearing surgical masks or FFP2 masks: Pilot study. Elsevier. 2022; ISSN 1572-1000 nevim si rady s citaci neni zde strana ale doi ano 10.1016/j.pdpdt.2021.102608.
- [26] Bertoli F, Veritti D, Danese C et al. Ocular Findings in COVID-19 Patients: A Review of Direct Manifestations and Indirect Effects on the Eye. *J Ophthalmol.* 2020;2020:e9. doi: 10.1155/2020/4827304.
- [27] Marinho P, Marcos A, Romano A et. al. Retinal findings in patients with COVID-19. *Lancet.* 2020;395:e1610. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31014-X.
- [28] Acharya S, Diamond M, Anwar S et al. Unique case of central retinal artery occlusion secondary to COVID-19 disease. Elsevier. 2020;21:e00867. doi: 10.1016/j.idcr.2020.e00867.
- [29] Dickin M, Gao V, Kahan J, et. al. COVID-19 presenting with ophthalmoparesis from cranial nerve palsy. *Neurology.* 2020;95:e221. doi: 10.1212/WNL.0000000000009700.
- [30] Saritas TB, Bozkurt B, Simsek B et al. Ocular Surface Disorders in Intensive Care Unit Patients. *ScientificWorldJournal.* 2013; 2013:e5. doi: 10.1155/2013/182038.
- [31] Atwater BI, Wahrenbrock E, Benumof JL et al. Pressure on the face while in the prone position: ProneView versus Prone Positioner. *J Clin Anesth.* 2004;16:e111. doi: 10.1016/j.jclinane.2003.06.001.
- [32] Janicijevic D, Redondo B, Jiménez R et al. Intraocular pressure responses to walking with surgical and FFP2/N95 face masks in primary open-angle glaucoma patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2021;259e:2373. doi: 10.1007/s00417-021-05159-3.
- [33] Epstein D, Korytny A, Isenberg Y et al. Return to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2021;31e:70. doi: 10.1111/sms.13832.
- [34] Mekjavic IB, Amoaku W, Mlinar T, Jaki Mekjavic P. Hypercapnia augments resistive exercise-induced elevations in intraocular pressure in older individuals. *Exp Physiol.* 2020;105:e64. doi: 10.1113/EP088236.

[35] Najmanová E, Pluháček F, Botek M, et al. Intraocular pressure response to short-term extreme normobaric hypoxia exposure. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2019;10:e1. doi: 10.3389/fendo.2018.00785.