

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY



VLIV HYDROGENOVANÉ VODY V PRŮBĚHU SILOVÉHO TRÉNINKU NA
NITROOČNÍ TLAK

Diplomová práce

VYPRACOVALA:

Bc. Nela Kadlčíková

Obor 5345T008 OPTOMETRIE

Studijní rok 2018/2019

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

Mgr. Eliška Najmanová, Ph.D.

ODBORNÝ KONZULTANT:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Elišky Najmanové, Ph.D. a RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D., za pomoci odborné literatury, která je uvedena v seznamu na konci práce.

V Olomouci dne

.....

Bc. Nela Kadlčíková

Poděkování:

Ráda bych chtěla touto cestou poděkovat Mgr. Elišce Najmanové, Ph.D. a RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D.

Tato práce byla podpořena projektem 16RPT03 inTENSE v rámci programu European Metrology Programme for Innovation and Resarch (EMPIR). EMPIR je spolufinancován programem Evropské unie Horizon 2020 pro výzkum a inovace a státy podílejícími se na programu EMPIR. Tato práce byla dále podpořena z projektů IGA PřF UP v Olomouc s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2018_007 a IGA_PrF_2019_005.

OBSAH

Úvod	5
I. TEORETICKÁ ČÁST	7
1. Úvod do problematiky glaukomu a jeho vyšetření.....	7
1.1 <i>Glaukom</i>	7
1.2 <i>Anatomie a fyziologie průtoku komorové vody</i>	10
1.3 <i>Tonometrie</i>	12
2. Voda v organismu.....	15
2.1 <i>Metabolismus vody v těle</i>	15
2.2 <i>Vliv tekutin na nitrooční tlak</i>	18
2.2.1 <i>Vliv vody na NOT</i>	18
2.2.2 <i>Vliv kofeinu na NOT</i>	19
2.2.3 <i>Vliv energetického nápoje na NOT</i>	21
2.3 <i>Hydrogenovaná voda</i>	23
2.3.1 <i>Vodík, jako chemický prvek</i>	23
2.3.2 <i>Všeobecný vliv vodíku na organismus</i>	23
2.3.3 <i>Využití vodíku ve sportovní medicíně</i>	26
3. Vliv pohybové aktivity na organismus.....	29
3.1 <i>Všeobecný vliv pohybové aktivity na organismus a zdraví</i>	29
3.2 <i>Anatomie svalů a silový trénink</i>	32
3.2.1 <i>Anatomie svalů</i>	32
3.2.2 <i>Silový trénink</i>	33
3.3 <i>Vliv pohybové aktivity na nitrooční tlak</i>	35
3.3.1 <i>Vliv aerobní aktivity na NOT</i>	35
3.3.2 <i>Vliv anaerobní aktivity na NOT</i>	37
II. PRAKTICKÁ ČÁST	40
4.1 Subjekty a metodika	40
4.2 Výsledky.....	42
4.3 Diskuze.....	45
Závěr	48
Zdroje.....	50
Seznam obrázků	55

Úvod

Má diplomová práce se bude zabývat problematikou nitroočního tlaku (dále jen NOT), a to konkrétně sledováním vybrané skupiny faktorů ovlivňujících jeho hodnotu. Je známo mnoho okolností, které působí na NOT, jehož zvýšená hodnota může být jednou z příčin vzniku glaukomového onemocnění. Mezi zjištěné faktory ovlivňující hodnotu NOT patří také pohybová aktivita. Různé typy cvičení, jako je aktivita vytrvalostního či silového charakteru, mají vliv na celkový stav organismu a změny hodnot NOT. Jako trend ve sportovním odvětví se v poslední době objevila hydrogenovaná voda (HW). Níže bude čtenář seznámen s jejími benefity na lidský organismus jak v terapeutické, tak i ve sportovní medicíně a v rámci mé práce bude proveden experiment, který se jejími účinky na NOT zabývá.

Změny, tedy kolísání hodnot NOT, nastávají během dne fyziologicky. Pokud jsou však tyto změny hodnot NOT vyšší a v rámci kratšího časového úseku, mohly by mít negativní dopad. Zvláště pak pro lidi s predispozicí nebo přímo s glaukomovým onemocněním. Glaukom je degenerativní onemocnění oka, jehož progresse je nenápadná a pacient postižený touto chorobou si změny často všimne až v pokročilé fázi, kdy dochází k výpadkům zorného pole a tubicovitému vidění. Jedním z možných příčin progresu onemocnění je zvýšený NOT, který způsobuje destrukční změny na sítnici, zvláště v oblasti zrakového nervu. Výskyt tohoto onemocnění v populaci stále roste, a proto je žádoucí zachytit glaukomové změny již v primární fázi rozvoje a zamezit jejich rozšíření, a nejlépe vzniku těchto změn předcházet.

Ve své podstatě se diplomová práce bude zabývat konkrétním vlivem hydrogenované vody podávané při silovém tréninku na NOT. Podpůrnou, teoretickou část, bude proto tvořit charakteristika glaukomového onemocnění, jakožto hlavní důvod sledování NOT, a dále fyziologie komorové vody a tonometrie. Jelikož se praktická část práce zabývá otázkou vlivu hydrogenované vody na NOT, je důležité znát metabolické procesy v lidském organismu. Proto bude v další kapitole teoretické části popsán metabolismus vody v těle. Důležité je také znát, jak ovlivňuje nárazové pití tekutin změny NOT. A to jak obyčejné vody, tak i tekutin obsahujících různé typy látek jako je například kofein v kávě, čaji či energetickém nápoji. V další části této kapitoly bude popsána hydrogenovaná voda a její účinky na organismus, kde budou rešerše z dosavadních provedených studií na tuto tematiku. V poslední kapitole se má práce zabývat vlivem pohybové aktivity na organismus, kde bude popsán silový trénink a anatomie svalů. Teoretická část práce je obohacena o rešerše předešlých prací, které se zabývaly

tématikou vlivu pohybové aktivity na NOT. V praktické části potom bude provedena vlastní studie, která se zabývala vlivem hydrogenované vody podávané při silovém tréninku na NOT. Praktická část je dělena na metodiku, ve které bude popsán průběh studie, použité přístroje, aplikované cvičení a typ a způsob podání hydrogenované vody. Dále jsou uvedeny výsledky a diskuse.

I. TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části se práce bude zabývat vlivem faktorů ovlivňujících NOT, který je jedním ze sledovaných parametrů v rámci glaukomového onemocnění. V první podpůrné kapitole bude popsáno glaukomové onemocnění z obecného hlediska. Dále se text bude zabývat NOT a jeho problematikou, jakožto parametrem, který se podílí na vzniku glaukomových změn a jehož hodnota je v rámci diagnostiky glaukomu sledována. Bude zejména popsána fyziologie průtoku komorové tekutiny a měření NOT. V druhé kapitole této části se práce bude zabývat vlivem vody a různých druhů tekutin na NOT. Stěžejním bodem teoretické části práce bude seznámení se s hydrogenovanou vodou a jejími účinky na organismus obecně. Text je podpořen informacemi ze současných výzkumných studií, kde byl zkoumán vliv této vody na organismus. Poslední, podpůrná, kapitola k praktické části práce je zaměřena na pohybovou aktivitu. Tato část textu se bude zabývat dělením pohybové aktivity, anatomii svalů a vlivem silového tréninku na organismus. Dále budou provedeny rešerše již publikovaných a zpracovaných studií a výzkumů zabývajících se vlivem pohybové aktivity na NOT.

1. Úvod do problematiky glaukomu a jeho vyšetření

Výskyt glaukomového onemocnění v populaci stále roste. Jeho negativní dopad na zrak je velmi nenápadný a plíživý, přičemž může dojít až k úplné ztrátě vidění. [1,2] Vznik tohoto onemocnění je spojován se zvýšeným NOT, a dále právě s mnoha faktory, které se na změně NOT přímo podílejí ať už negativním tak pozitivním směrem.

1.1 Glaukom

Glaukom neboli zelený zákal je degenerativní onemocnění oka. Je druhou nejčastější příčinou slepoty, která postihuje 2 % populace nad 40 let, ale může se objevit v jakémkoliv věku. Výskyt glaukomového onemocnění je nejčastější u černošské populace, dále záleží na genetických predispozicích, zrakové vadě – nejčastěji u myopie, vaskulárních onemocněních a systémové hypertenzi. Postihuje zrakový nerv a pomalým odumíráním nervových vláken, vlivem kolísání nitroočního tlaku, zužuje zorné pole, které se po čase může projevit jako trubicovité vidění, což je typické pro glaukomové onemocnění. V nejhorsím případě může dojít až ke slepotě. [1,2]

a) Dělení glaukomu

Glaukom můžeme dělit na akutní či chronickou formu, primární glaukom s otevřeným či uzavřeným úhlem a sekundární glaukom. Toto onemocnění je multifaktoriální a existuje několik teorií mechanismů postižení zrakového nervu. Glaukom s otevřeným úhlem je jinak také nazýván chronický prostý glaukom. Vyskytuje se převážně u dospělých jedinců oboustranně asymetricky, kde je nález NOT nad 21 mmHg, bez uzávěru duhovko-rohovkového úhlu, patrné změny na terči zrakového nervu a výpadků zorného pole. Glaukom s uzavřeným úhlem lze dělit na akutní, intermitentní a chronický. Vyskytuje se u anatomicky predisponovaných očí oboustranně. Tento typ glaukomu bývá spojován s akutním glaukomovým záchvatem, který se projevuje bolestí hlavy, světloplachostí, zamlženým viděním, nauzeou až zvracením. Palpací lze zjistit vysoký NOT, jelikož je oko přes zavřené víčko velmi tvrdé. Sekundární glaukom je způsoben jinou oční chorobou či úrazem. Patří sem glaukom pseudoexfoliativní, indukovaný čočkou, krvácením, nádorem, následkem úrazu atp. [1,2]

b) Změny u glaukomu

Typické změny při glaukomovém onemocnění jsou patrné na oftalmologickém obrazu. Ten lze pořídit pomocí fundus kamery. Je to neinvazivní metoda snímání očního pozadí, kde je vyfocena sítnice se žlutou skvrnou, papilou a průběh cév. U glaukomového onemocnění je pozornost směřována na papilu zrakového nervu. V pokročilé fázi může být patrná zvětšená exkavace zrakového nervu, patologické změny C/D (cup-to-disk). Poměr C/D neboli poměr pohárku a prohloubení (exkavace) kolísá mezi 0,1 – 1,0. Na oftalmoskopickém obrazu mohou být patrné plaménkovité hemoragie, které jsou způsobeny porušením endotelových buněk stěn cév. Prohlubující se exkavace posouvá cévy směrem nazálně a okraj terče bledne. Dále je také důležitý vzhled vrstvy sítnicových nervových vláken (RNFL). To lze vyšetřit pomocí konfokálního mikroskopu či optickou koherentní tomografií. Ztráta nervových vláken je postupná a v pozdější fázi se může již projevit úbytkem zorného pole. [1,2]

Obrázek č. 1 – Exkavace zrakového nervu



c) Etiologie a patogeneze glaukomu

Přesný mechanismus vzniku glaukomu není zcela znám. Snaha předcházet progresi tohoto onemocnění screeningovým vyšetřením NOT pomocí tonometrů však nestačí. Zatímco u normotenzního glaukomu dochází ke změnám v zorném poli při 15 mmHg, u některých jedinců k patologickým změnám zorného pole nedochází ani u 30 mmHg.

V začátcích povědomí o glaukomu byly za příčiny považovány výhradně mechanické vlivy. To však bylo pouze do počátku 19. století, kdy byl nalezen normotenzní glaukom. Vlivem kolísání NOT je porušena velmi citlivá oblast lamina cribrosa. Poškození nervových vláken může být způsobeno tlakovou distorzí lamel tvořených lamina cribrosa a ostrým okrajem bělimy. Porucha cirkulace v očních cévách, která může mít přímý či nepřímý vliv na glaukomové onemocnění, vysvětluje vaskulární teorie. Podle některých autorů dochází k odumírání gliálních buněk a v důsledku zvýšeného NOT můžou vzniknout mikroinfarkty v očních cévách. Při okluzi arterie centralis retine dochází k výraznější exkavaci papily, a tak dochází k atrofii zrakového nervu. Na počátku 70. let se však dostal do pozornosti oftalmologů axoplazmatický tok a jeho poruchy. Při poruchách dochází ke zduření axonů a hromadění mitochondrií. [1,2]

Obrázek č. 2 – Oční pozadí



d) Doporučení pohybové aktivity u osob s glaukomovým onemocněním

Ačkoliv se glaukom řadí mezi vážná oční onemocnění, kde může dojít až k ztrátě zraku, pokud je pacient pod dohledem odborného očního lékaře a chodí na pravidelné kontroly, lze podotknout, že i pacient s pozitivní diagnostikou glaukomového onemocnění nemusí mít žádné významné omezení života. Z dřívějších studií byl prokázán hypotenzní účinek pravidelné aerobní aktivity jako je cyklistika či turistika. Tento jev je pravděpodobně způsoben osmotickými změnami v cévách některých struktur oka jako je sítnice či uvea. A nejen díky tomuto efektu může být pohybová aktivita aerobního charakteru doporučována nejen pacientům s glaukomovým onemocněním, ale také zbytku populace. Kdežto aktivity spojené s těžkou a intenzivní zátěží, kde je zadržován dech, či cviky v pozici hlavou dolů, tj. stojky apod., doporučovány nejsou. Globální doporučení však nejsou zcela definována. Musí se brát na zřetel individuální přístup ke každému pacientovi zvlášť, kde je velmi důležité znát míru glaukomového poškození a mít stabilizovaný stav nemoci. Lze tedy doporučit aktivity s vhodnou intenzitou, které zlepšují celkový zdravotní stav pacienta. [3,4,5]

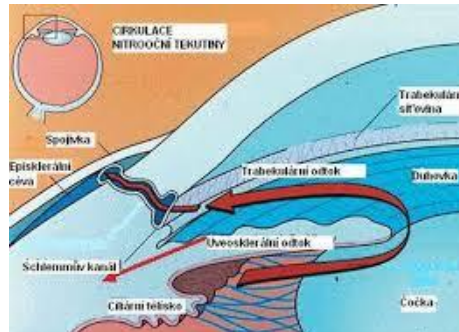
1.2 Anatomie a fyziologie průtoku komorové vody

Komorová voda, nebo také komorový mok či nitrooční tekutina, je tvořena v řasnatém tělísku a ústí do zadní komory. Skrz zornici pak proudí do přední komory, kde v duhovko-rohovkovém úhlu opouští oko přes trámčinu do krevního řečiště. Správná hodnota NOT závisí na správném poměru tvorby a odtoku. Komorová voda se podílí také na refrakčním systému oka a její index lomu je 1,333. Díky obsahu imunoglobulinů a jiných látek (viz níže) má také funkci protizánětlivou. Omýváním rohovkového endotelu udržuje správnou hydrataci rohovky a zajišťuje její výživu. [1,2,6]

Řasnaté tělísko má dvě hlavní funkce – akomodační a tvorbu komorové vody. Je trojúhelníkovitého tvaru s bohatou vaskularizací a svalovými vlákny. Má pigmentovou a nepigmentovou část, dále se také dělí na pars plana a pars plicata, která je zodpovědná za tvorbu komorového moku. Řasnatým tělískem komorový mok také odtéká, byť jen menší část. [1,2]

Komorový mok je průhledná tekutina složením podobná plazmě. Její funkcí je udržení NOT a tvaru oční koule, dále výživa rohovky i čočky, a také se podílí na lomu paprsku procházejícím okem. Je tvořena mechanismem sekrece a ultrafiltrace při uplatnění principu aktivního transportu a osmotického gradientu. Komorová voda má vysokou koncentraci kyseliny askorbové s malým množstvím proteinů a je hypertonická. Její složení je z 98 % voda, obsahuje aminokyseliny, sodík, elektrolyty, kyselinu askorbovou, glutation a imunoglobuliny. Ústí z řasnatého tělíska do zadní komory, kde omývá čočku a duhovku, skrz zornici proudí do přední komory, kde omývá zadní stranu endotelu rohovky a přední stranu duhovky, vtéká do duhovko-rohovkového úhlu a přes trámčinu ústí v krevním řečišti. [1,2,3]

Obrázek č. 3 – Cirkulace komorové vody



Trámčina je umístěna v duhovko-rohovkovém úhlu, kde ji ohraničuje kořen duhovky a periferie rohovky. Je to pojivová tkáň lemovaná trabekulocyty. Komorová voda odtéká póry v trámčině dále do endotelových buněk Schlemova kanálu. Následně přes vodní vény a episklerální vény odtéká zpět do celkového krevního řečiště. [2]

1.3 Tonometrie

V rámci zlepšení diagnostiky glaukomového onemocnění je prováděn screening při očním vyšetření. Naměřené vyšší hodnoty NOT mohou pomoci s diagnostikou tohoto onemocnění.

Tonometrie je metoda měření nitroočního tlaku, která se může provádět několika způsoby, jež budou popsány níže. Dnes je umožněno měření pomocí moderních přístrojů, které zefektivní diagnostiku glaukomového onemocnění. Normální hodnoty NOT jsou v rozmezí 11–21 mm Hg (průměr je tedy 15 mmHg). Tato hodnota však může během dne kolísat. [1,2]

Obrázek č. 4 – Goldmannův tonometr na štěrbinové lampě



Za zlatý standard v měření NOT je považována aplanační tonometrie měřena Goldmannovým tonometrem, kde dochází k aplanaci neboli oploštění rohovky kuželem. Goldmannův tonometr bývá součástí štěrbinové lampy. Tato metoda měření NOT je založena na principu Fick-Imbertova zákona. Měření je nutno provádět s anestézií rohovky a aplikací fluorescenčního barviva. S použitím modrého filtru na štěrbinové lampě je následně sledován obraz v okuláru. Hodnota síly potřebné k oploštění rohovky je již přepočítána na stupnici, ze které lze vyčíst hodnotu NOT. Tato metoda je jednoduchá, přesná a málo zatěžující pacienta, proto je hodně užívána v očních ambulancích. [2,7]

Tzv. bezkontaktní tonometrie bývá součástí autorefraktometru. NOT je také měřen na základě aplanace rohovky. Na rozdíl od přechozí metody je však způsobena vzduchovým proudem s rychlostí 1-3 m/s. Měření je provedeno několikrát po sobě, výsledný NOT je zprůměrován. Tato metoda je užívána jako screening v očních ambulancích, výhodou je rychlé neinvazivní měření bez nutnosti anestezie rohovky. [2]

Obrázek č. 5 – Autorefraktometr s bezkontaktním tonometrem



Jako další způsob měření NOT je rebound tonometrie, a lze jej měřit pomocí iCare tonometru, který byl použit pro měření NOT probandů v mé diplomové práci. Tento přístroj byl vybrán pro jeho níže zmíněné vlastnosti a také dobrou srovnatelnost měření s Goldmannovým standardem. Jedná se o poměrně novou metodu měření NOT, která je založena na principu zpětného odrazu kovové sondy. Přístroj je malý a lehký, jeho provedení a konstrukce nese spoustu výhod, díky nimž lze provádět měření jak v lehu, tak v sedu, či jiných potřebných polohách. Měření může probíhat prakticky kdekoliv, nejen v oční ambulanci. Mimo jiné umožňuje přístroj rychlost a přesnost měření, snadnou ovladatelnost a hlavní výhodou pro optometry je, že měření je možné bez aplikace farmak, na rozdíl od jiných metod, jako například u aplanační Goldmannovy metody. [7,8,9]

Obrázek č. 6 – iCare tonometr



Přístroj se skládá z hlavice, na jejíž jedné straně se nachází malá obrazovka, na níž se ukazují dílčí měření tlaků a následná průměrná hodnota NOT. Z druhé strany je pak posuvná opěrka na čelo, pod níž je umístěna jednorázová kovová sonda, což je malá zmagnetizovaná tyčinka se zakulaceným koncem. Ta je následně po manuální obsluze vystřelována směrem k rohovce. Na základě zpětného odrazu sondy od rohovky se uvnitř přístroje indukuje napětí, které je následně změřeno a přepočítáno pomocí integrovaného

softwaru na hodnoty NOT v mmHg. Vyhodnocení dílčích hodnot NOT je automatické a tlak se měří cca šestkrát po sobě. Měření však může být i vícekrát, jestliže přístroj zaregistruje nepřesnost měření, jako například odraz sondy od řas či víčka, nebo při nesprávné vzdálenosti přístroje od rohovky. Měření metodou rebound tonometrií je srovnatelné s Goldmanovým tonometrem, avšak je prováděno bez lokální anestezie rohovky či aplikace fluorescenčního barviva, jak již bylo výše zmíněno. [7,8]

2. Voda v organismu

V následující kapitole bude popsán metabolismus vody v těle. Jelikož se v práci zabývám otázkou vlivu hydrogenované vody na NOT, je důležité znát metabolické procesy v těle. Dále je také potřeba vědět, jaké změny NOT lze očekávat po vypití jak obyčejné vody, tak i tekutin s různými přidanými látkami, jako je například káva, čaj či energetické nápoje.

2.1 Metabolismus vody v těle

Metabolismus je látková a energetická výměna, která probíhá v lidském těle nepřetržitě. Průběh těchto dějů řídí geny, nervová soustava a hormony. Vnitřní prostředí je vyplněno vodou, která omývá buňky v těle. Je tedy pro organismus nezbytné udržovat stálost vnitřního prostředí. Díky vitálním funkcím se mimo jiné udržuje v organismu stálý objem a stálá tonicita neboli osmolarita a stálá ionizace.

Celková tělesná voda CTV tvoří 60 % tělesné hmotnosti a musí být do organismu neustále doplňována. Dělí se dále na extracelulární ECT a intracelulární tekutinu ICT. Z celkového objemu vody tvoří ICT 2/3. Ženy mají CTV méně než muži, ale v období těhotenství se v těle ženy voda zadržuje více. Také po narození má organismus podíl CTV více než u dospělého člověka a to o 20 %, zatímco ve stáří je to o 20 % méně, než se udává průměrná hodnota. Nejvíce vody je však ve svalové tkáni a to 75 %, kdežto v tukové tkáni je pouze 10 %. [10,11]

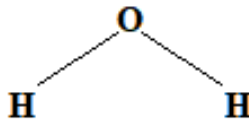
Obrázek č. 7 – Zastoupení vody v organismu



Voda má v organismu velký význam. Díky ní je umožněn transport látek, udržuje cirkulaci objemu a prokrvení, udržuje homeostázu atd. Je tedy velmi důležité ji doplňovat. Obsahují ji také některé potraviny, obzvláště zelenina a ovoce. Nejvíce jí obsahuje

okurek, vodní meloun a citrusové plody. Dále se do těla doplňuje i metabolickou vodou, která vzniká při různých metabolických procesech Udržování správné hladiny vody v těle reguluje žízeň pro příjem tekutin a tvorba hyperosmolární moči v ledvinách pro výdej. Vody se tělo neustále zbavuje při vyprazdňování, dýchání či pocení. [10,11]

Obrázek č. 8 – Chemický vzorec vody



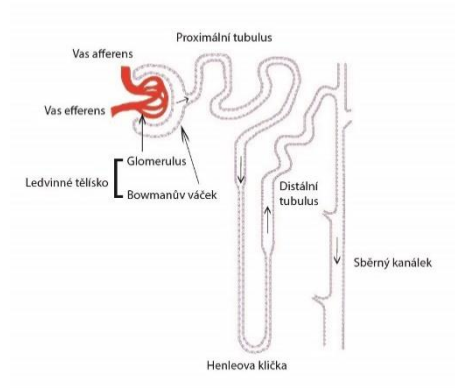
Žízeň je důsledek zvýšení osmolality tělních tekutin a je jedním z příznaků vodní ztráty. Bez vody lidský organismus nevydrží velmi dlouhou dobu, a již po 2 dnech dochází k závažným potížím. Centrum je v předním hypotalamu, kde jsou přítomny i osmoreceptory, což jsou buňky citlivé na změnu osmolality. Při zvýšené osmolalitě, tedy nedostatku vody, se buňky zmenší. Pocit žízně nastává, pokud se zvýší osmolalita ECT, tedy je zvýšená hladina glukózy nebo proteinů či iontů. Vlastní řízení dochází v zadním laloku hypotalamu, kde je tvořen hormon vazopresin neboli antidiuretický hormon. [10,11]

Ledvinové koncentrační mechanismy zprostředkovávají reabsorpci vody díky hormonu ADH (= antidiuretický hormon). Vzniká v hypotalamu, působí v distálním tubulu a sběracím kanálku ledvin, kde dochází k zpětnému vstřebávání volné vody. ADH má též vasokonstriční účinky. Vasodilatační účinky renálního řečiště má hormon prostaglandin. Aldosteron, jehož receptory jsou po celé délce nefronu (= základní stavební a funkční jednotka ledvin), reguluje objem ECT zpětnou resorpcí sodíku a extrakcí draslíku. Systém renin – angiotensin – aldosteron odpovídá za regulaci obsahu sodíku v těle, zajišťuje homeostázu organismu, reguluje krevní tlak a objem ECT. Pokud se v těle sníží objem ECT, sníží se krevní zásobení ledvin, začne se tvořit protein renin, který je lokalizován do juxtaglomerulárního aparátu ledvin (viz na obrázku 9 – „juxta = poblíž“ – glomerulu). Tento systém renin – angiotensin – aldosteron je zmíněn i níže v kapitole 2.2.1. [10,11,12,13]

Koloběh vody probíhá i uvnitř organismu. Například v trávicím traktu se vyloučí až 9 litru vody denně, a to v podobě trávicích šťáv do trávicí trubice. Následně se však voda zpětně vstřebá v tenkém i tlustém střevě. Největší oběh je však v ledvinách. Dochází ke glomerulární filtraci, kde se vyloučí až 180 litrů. V moči je však vyloučeno pouze

necelé procento vody, tudíž zpětným vstřebáním se 99,2 % vody dostane zpět do organismu. Méně významné ztráty jsou v oběhu mezi krví a mozkomíšním mokem a také mezi krví a oční tekutinou. [10]

Obrázek 9 – Jednotlivé části nefronu



2.2 Vliv tekutin na nitrooční tlak

V této podkapitole bude uveden vliv tekutin na NOT. Tekutiny jako je kofein, čaj a energetické nápoje již byly zkoumány v předchozích pracích. Zde budou nastíněny dosavadní poznatky z přechozích výzkumů.

2.2.1 Vliv vody na NOT

Na téma vlivu pití vody, či proces hydratace/dehydratace, na NOT bylo provedeno několik studií. Některé z následujících studií však byly mimo sledovaného parametru ovlivněny i jinými faktory. Jako například ve čtvrtém odstavci, kde je proces dehydratace způsoben pohybovou aktivitou, která také může ovlivňovat NOT.

Ve studiích [14,15,16] byl zkoumán vliv nárazového vypití většího množství vody na změnu NOT. V publikaci Read a Collins (r. 2010) [14] bylo 21 mladých dospělých jedinců, kteří byli rozděleni do různých skupin dle jejich refrakční vady. Měření bylo provedeno v přesných intervalech a to po 10, 15, 25 a 30 minutách od vypití vody o objemu 1000 ml. Z výsledků studie vyplývá signifikantní nárůst jak NOT, tak axiální délky oka. Významný rozdíl byl v 10. minutě po vypití vody, kdy byly zaznamenány změny (tedy nárůst) o 2,24 mmHg (+/- 0,31) [14] a také v publikaci [15] byl zaznamenán významný rozdíl u axiální délky $38 \pm 22 \mu\text{m}$ a $6,0 \pm 1,9 \text{ mmHg}$ pro NOT.

Dále byl zkoumán vliv vypití vody na axiální délku oka a amplitudu očního pulsu, kde byla provedena studie s několika subjekty, které byly rozděleny do dvou skupin (11 myopů a 10 emetropů). Po vypití 1 litru vody bylo zjištěno, že obě skupiny měly významné krátkodobé zkrácení axiální délky oka, přičemž největší redukce nastala po 10 minutách. Tento efekt byl výraznější u myopů. Při samotném podání vody nastaly změny NOT a amplitudy očního pulsu s průměrným zvýšením o 2,24 mmHg a 0,46 mmHg. [14]

V další studii Sherwin a kol. (2015) byl zkoumán vliv hydratace na oční onemocnění. Stav oka může být ovlivněn při různých nemocech procesem hydratace či dehydratace. Nálezy ve výzkumu naznačují, že systémový hydratační stav široce ovlivňuje řadu očních patofyziologických procesů a chorobných stavů. Například dehydratace může být spojena s vývojem syndromu suchého oka, katarakty, refrakční změny a vaskulárního onemocnění sítnice. Na druhé straně je nadměrná hydratace spojena s jinými očními chorobami. Nedávné studie zahrnují chronickou aktivaci systému **renin-angiotensin-aldosteron** v patogenezi diabetické retinopatie a glaukomu,

kde je také naznačeno, že jeho antagonismus může být užitečným terapeutickým cílem. [17]

Ve výzkumu byl zkoumán vliv dehydratace na NOT. Zúčastnilo se jej 7 mladých mužů, kteří podstoupili dvě fáze cvičení o devadesátiminutové chůzi, kde jedna byla provedena při teplotě 21,8 °C (+/- 0,7), druhá byla při vyšší teplotě 42,8 °C (+/-0,8). Během cvičení v mírných teplotních podmínkách byl nalezen pokles NOT z 17,0 mmHg (+/- 2,9) na 13,6 mmHg (+/- 2,9). Změny NOT při teplejších podmínkách byly z 16,8 mmHg (+/- 2,7) na 15,7 mmHg (+/- 1,8), kde byla zaznamenána větší ztráta tělesné hmotnosti vlivem většího pocení při vyšší teplotě. [17]

Tabulka č. 1 – NOT v průběhu aktivity při různých teplotních podmínkách

	21,8 °C	42,8 °C
NOT před aktivitou	17,0 mm Hg	16,8 mm Hg
NOT po aktivitě	13,6 mm Hg	15,7 mm Hg

Závěrem lze říct, z výše uvedených studií, kde byly nalezeny shodné výsledky, že po nárazovém vypití většího množství vody, tedy alespoň 1 litru, je způsobeno po několika minutách zvýšení NOT, které může být pro zdravou část populace irelevantní. Kdežto u populaci s glaukomovým onemocněním, či pro lidi s genetickými predispozicemi pro toto onemocnění, může být tato informace nápomocná k jejich terapii či prevenci, a tedy jim může být doporučeno se vyhýbat nárazovým požitím velkého množství vody, aby nedošlo ke kolísání NOT, které je pro tyto lidi s glaukomovým onemocněním není příliš vhodné.

2.2.2 Vliv kofeinu na NOT

Na téma změny NOT v závislosti na užívání kofeinu bylo provedeno hned několik zahraničních studií (například v publikaci [18]), kterými byly zároveň inspirovány diplomové práce na katedře optiky UP v Olomouci z roku 2015. [19]

Ve zmiňované práci byl zkoumán vliv kofeinu na NOT. V případě provedené studie se studentka Mgr. Jitka Losíková zabývala otázkou, jaký má celkový vliv kofeinu na NOT a také, jestli má odlišný vliv kofeinu přijatý v kávě (vzorek kávy Arabiky obsahoval 184,5 mg +/- 0,4 kofeinu ve 150 ml vody), a kofein – thein přijatý v černém čaji (vzorek čaje, „English breakfast tea“ po analýze obsahoval 43,1 mg +/- 0,6 theinu v 150 ml vody).

Z dané studie vyplynulo, že změny NOT v průběhu měření po vypití čaje u skupiny lidí nekonzumujících pravidelně kofeinové výrobky byly hodnoty statisticky i klinicky významné. Zatímco u druhé skupiny, ve které probandi užívali kofein pravidelně (tedy konzumace kofeinu alespoň 1x týdně), se sice hodnoty NOT v průběhu měření měnily, ale nebyly klinicky významné. V druhé části studie se zkoumal vliv vyšší dávky kofeinu přijaté z kávy opět ve dvou skupinách. První skupinu tvořili členové pravidelně konzumující kofein alespoň 1x týdně, ve druhé skupině byli probandi, kteří nekonzumovali pravidelně výrobky s kofeinem. Byly zaznamenány malé změny NOT v průběhu měření, ale nebyly na hladině klinické významnosti.

V závěru této diplomové práce autorka uvádí, že lidi s genetickými predispozicemi pro glaukom, či s pozitivní rodinnou anamnézou, by měli konzumaci kofeinových nápojů konzultovat s obvodním nebo očním lékařem, jelikož kolísání NOT je rizikovým faktorem pro toto oční onemocnění. [19]

V dalším výzkumu s názvem Vliv koncentrace kofeinu na NOT, jehož autorkou byla studentka Mgr. Pavla Šinoglová, bylo zkoumáno působení množství kofeinu na nitrooční tlak v podobě malé a velké kávy. Malá káva měla koncentraci 175,7 mg/l (+/- 82,4 mg/l) o objemu 20 ml a káva velká o objemu 300 ml měla koncentraci kofeinu 330,2 mg/l (+/- 20,6 mg/l). Na základě provedené studie z roku 2011, kdy byla kontrolní skupině podávána voda o objemu 250 ml, se neprojevyly žádné statisticky významné rozdíly hodnot NOT, a tedy rozdíl mezi malou a velkou kávou, který činil 280 ml, by neměl mít vliv na změny NOT v daném testování. Zatímco v jiné studii z roku 1999 a v publikaci [14], kdy byla podávána voda o objemu 1 litru, se změny NOT projevyly v 15. minutě testování a tlak zůstával zvýšený do 60. minuty (viz kapitola 2.2.1).

Po vypití velké a malé kávy v daném testování nebyly zjištěny žádné statisticky významné změny NOT v žádném časovém intervalu. Pouze při hodnocení změn NOT vůči počáteční hodnotě byl statisticky významný rozdíl, tedy byly změny NOT v čase. Kdežto v porovnání malé a velké kávy žádný statisticky významný rozdíl nebyl. [20]

Ve studii z roku 2002, kdy byl zkoumán vliv kofeinu na NOT u pacientů s normotenzním glaukomem, byl podáván nápoj s koncentrací 180 mg kofeinu. Změny byly zaznamenány v 60. a 90. minutě. Tedy z této studie vyplývá, že zdravotní stav jedince má vliv na změny NOT. V případě pacientů s fyziologicky vyšším NOT, oční hypertenzí či glaukomem mohou být změny NOT vyšší než u zdravého jedince. [20]

Závěrem lze říci, že kofeinové nápoje mají vliv na změny NOT, ale na uvedeném množství až tak nezáleží. Na čem však záleží je zdravotní stav pacienta, kde

u glaukomového onemocnění a oční hypertenze mohou být změny NOT větší než u jedinců s nižší hodnotou NOT. Tedy u zdravých jedinců nezpůsobuje kofein velké změny. Na tyto změny by si však měli dát pacienti s glaukomovým onemocněním pozor, protože kolísání tlaku +/- 4 mmHg v průběhu kratšího časového úseku už může mít negativní dopad na oční pozadí. [18,19,20,21]

2.2.3 Vliv energetického nápoje na NOT

Studie Ilechie a Tetteh (2011) se zabývala otázkou vlivu energetického nápoje na NOT a krevní tlak (TK). Této studii se zúčastnilo 30 subjektů rozdělených do dvou skupin. V experimentální skupině bylo 7 žen a 8 mužů, kde probandi pili energetický nápoj (Red Bull® s 85 mg kofeinu) o objemu 250 ml. Stejný počet a poměr subjektů bylo i v kontrolní skupině, kde bylo podáváno placebo tedy voda o stejném množství. [22] Ve studii bylo malé množství tekutin, tedy jak již bylo výše uvedeno, malý objem (o 250 ml) by neměl působit změny tlaku.

Průměrný věk v experimentální skupině byl 23,47 (+/- 3,16) let a v kontrolní skupině 23,00 (+/- 2,54) let. Účastníci studie museli splňovat následující podmínky: NOT nižší než 22 mmHg a TK nižší než 120/80 mmHg, kde mimo jiné byla nutná osmačtyřicetihodinová abstinence jakéhokoliv výrobku obsahující kofein či alkoholu a bez jakékoliv medikace. Bez očních onemocnění či celkového onemocnění, které by mohlo ovlivňovat NT nebo TK. Pokud byla ve vstupní anamnéze detekována genetická predispozice pro glaukomové onemocnění, daný jedinec musel být ze studie vyřazen.

Měření probíhalo v dopoledních hodinách, aby se zamezilo vlivu denního kolísání tlaků. NOT byl měřen na Goldmannově tonometru třikrát po sobě s maximální odchylkou 3 mmHg a výsledná hodnota byla zprůměrována. Vlastní měření probíhalo ve 30., 60. a 90. minutě po požití nápoje. Vyšetření arteriálního krevního tlaku bylo provedeno ve stejných časových intervalech. Měření byly 3 po sobě jdoucí hodnoty krevního tlaku odděleny nejméně pětiminutovými intervaly. Tyto hodnoty byly získány v sedě z obou ramen.

Tabulka č. 2 – průměrné hodnoty NOT (mmHg) v průběhu měření

Skupina	Věk	Zákl. linie	30. minuta	60. minuta	90. minuta
Experimentální	23,5	14,6	14,0	13,1	12,9
	(+/- 3,2) let	(+/- 2,5)	(+/- 2,2)	(+/- 2,6)	(+/- 2,6)
Kontrolní	23,0	15,9	15,7	15,4	15,67
	(+/- 2,5) let	(+/- 3,4)	(+/- 3,8)	(+/- 3,5)	(+/- 3,5)

Z výsledků statistické analýzy studie uvedla, že neexistuje žádný významný rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou. Z uvedené tabulky č. 2 lze vidět, že průměrný NOT je v kontrolní skupině vyšší než u experimentální. Naměřené hodnoty tlaků po vypití jak vody, tak energetického nápoje byly měřeny za stejných podmínek i ve stejných časových úsecích. Zatímco u kontrolní skupiny se tlak v průběhu času po vypití vody výrazně nezměnil, u experimentální skupiny došlo k poklesu NOT, a to postupně až do 90. minuty po vypití energetického nápoje. Ve srovnání se základní hodnotou se průměrná hodnota NOT pro experimentální skupinu významně snížila v 60. a 90. minutě o 1,53 mmHg (+/- 1,96) a 1,73 mmHg (+/- 1,90), resp. $p < 0,05$.

Závěrem tohoto článku autor uvádí, že se nepotvrdily teorie o hypertenzním účinku kofeinu obsaženého v energetickém nápoji, kdežto se spíše projevil, již z dřívějších výzkumů [23], hypotenzní efekt taurinu, který je také přítomen v energetickém nápoji spolu s kofeinem. Z této studie plyne, že taurin má dominantní hypotenzní efekt na NOT nad kofeinem, což je námět na téma další studie, kde by se zkoumal jejich vzájemný účinek na NOT a TK. [22]

V závěru této kapitoly lze podotknout, že nárazové pití obyčejné vody o větším objemu či vypití kávy a čaje jakéhokoliv množství má vliv na NOT. Většina studií se shoduje v tom, že při okamžitém vypití velkého objemu vody se NOT přechodně zvýší. U kávy a čaje až tak nezáleží na množství (jestli je velká či malá káva), efekt zvýšení NOT je stejný. Ovšem při pití energetického nápoje, který obsahuje jak kofein, tak taurin, je efekt opačný, tedy byl zaznamenán pokles NOT po konzumaci tohoto nápoje. Ze studie [22], která zkoumala tento efekt, vyplývá domněnka, že hypotonické účinky taurinu v energetické nápoji převládají nad hypertenzními účinky kofeinu, což však ještě nebylo zcela potvrzeno žádnou studií.

2.3 Hydrogenovaná voda

V posledních dvou desetiletích se molekulární vodík objevil jako nové terapeutické činidlo s antioxidačními a protizánětlivými účinky, které byly prokázány v řadě studií [24,25]. Příznivé účinky molekulárního vodíku jsou v klinickém prostředí pozorovány zejména u onemocnění zprostředkovaných oxidačním stresem jako je diabetes mellitus, infarkt mozkového kmene, revmatoidní artritida nebo neurodegenerativní onemocnění. Zejména vodíková terapie může být účinnou a specifickou inovativní léčbou pro indukovaný oxidační stres po cvičení a při sportovních zraněních, nebo jako potenciál pro zlepšení výkonu. Následující přehled shrnuje nejnovější poznatky z výzkumu týkající se klinických aspektů používání molekulárního vodíku s důrazem na jeho použití v oblasti sportovní medicíny. [26]

2.3.1 Vodík, jako chemický prvek

Vodík, chemická značka H, se skládá z jednoho protonu a jednoho elektronu. Je třetím nejrozšířenějším prvkem na Zemi, nejvíce se vyskytuje ve formě vody a také ve sloučeninách s uhlíkem v těle živočichů a rostlin ve formě uhlovodíku. Je to nejlehčí plynný chemický prvek a má široké praktické využití. Je bezbarvý, bez chuti a zápachu, hořlavý, vede teplo a je několikanásobně lehčí než vzduch. Má schopnost reagovat s kyslíkem, obzvláště při jeho zahřátí, a je velmi málo rozpustný ve vodě.

Vodík (H) má schopnost tvořit tzv. vodíkovou vazbu neboli vodíkový můstek uplatňující se ve vodě, různých organických sloučeninách a nukleových kyselinách. V biologických systémech má velký význam. Jako nejznámější vodíkovou vazbu lze zmínit například DNA neboli dvouštrbinová deoxyribonukleová kyselina. Mimořádně silná je vodíková vazba s atomy kyslíku, což vysvětluje anomální fyzikální vlastnosti vody. Voda je považována za nejvýznamnější sloučeninu vodíku, která se vyskytuje ve třech skupenstvích. Za normální teploty je bezbarvá, bez chuti a zápachu. Patří mezi nejstálější sloučeniny, slouží jako reakční prostředí při různých chemických reakcích. [26,27,28,29]

2.3.2 Všeobecný vliv vodíku na organismus

V studii z roku 2012 se zkoumal vliv účinku molekulárního vodíku na různé nemoci. Bylo zkoumáno 63 modelů různých onemocnění, kde hlavní část byla zkoumána na hlodavcích s Parkinsonovou a Alzheimerovou chorobou. Významné účinky byly

pozorovány u onemocnění zprostředkovaných oxidativním stresem, jako je Parkinsonova choroba; ischemie míchy, srdce plic, jater; transplantace plic, srdce, ledvin, střev. Z dané studie vyplývá, že i malá dávka H obsažená ve vodě má velké účinky na organismus. Nebyl zde pozorován žádný vliv na dávkování. Střevní bakterie u lidí a hlodavců také produkují velké množství H, tudíž přidání malého množství H vykazuje výrazné účinky. [26]

V roce 1995 (Lafay a kol.) byl prvně aplikován H (inhalací – zvýšená koncentrace H v kyslíku) na člověka při potápění, kdy vzniká vysokotlaký nervový syndrom. H sloužil proti toxicitě dusíku, který v těle vzniká při nedostatečném dýchání. Podstatný průlom v oblasti výzkumu H byl v roce 2007, kdy byl uveden významný účinek molekulárního vodíku při modelaci mozkového infarktu na krysách. Byla jim provedena okluze mozkové tepny, kde jedna skupina krys byla v komoře s 2-4 % koncentrací H, která vykazovala oproti kontrolní skupině bez inhalace H menší objemy infarktu. [26]

Obrázek č. 10 – Narůstající trend použití molekulárního vodíku

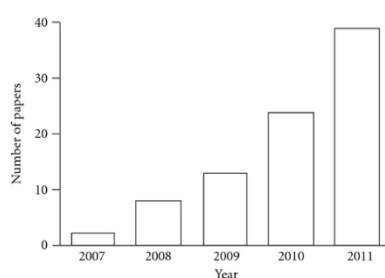


Figure 1: Number of papers that report effects of molecular hydrogen since 2007 shown in Table 1.

Výzkum Ohsawa a kol. (2007) prováděný na hlodavcích zkoumal vliv molekulárního vodíku na cytotoxické kyslíkové radikály (které vznikají například při sportování) a jeho terapeutický účinek. Kyslíkové radikály jsou látky, které vznikají v organismu např. při zánětech. V organismu mají svůj vlastní význam. Avšak při nadměrném vzniku těchto látek a nedostatečné přítomnosti ochranných mechanismů mohou poškozovat organismus oxidativním stresem. Akutní oxidační stres vyvolaný ischemickou reperfuzí nebo zánětem způsobuje vážné poškození tkání a trvalý oxidační stres je považován za jednu z příčin mnoha běžných onemocnění, včetně rakoviny. V této studii bylo zkoumáno, zda má vodík H₂ potenciál jako antioxidant v preventivních a terapeutických aplikacích. [30]

V této studii byly použity jako subjekty hlodavci, konkrétněji potkani, kterým bylo uměle vytvořeno mozkové poškození oxidativním stresem ohniskovou ischemií a následně byla provedena reperfuze. Studie prokázala, že inhalace H₂ plynu výrazně potlačila poškození mozku oxidativním stresem. Významné utlumení poškození mozku infarktem bylo prokázáno u koncentrace 2-4 % H₂ v inhalačním plynu. Subjekty byly dále sledovány po dobu několika následujících dní. U potkanů s vodíkovým ošetřením H₂ byla následná rekonvalescence po okluzi mnohem lepší, kdežto u potkanů bez inhalace H₂ se stav nejenže nelepšil, ale celkový zdravotní stav se postupně zhoršoval (klesala tělesná hmotnost i teplota). Nejen že H₂ potlačil počáteční poranění mozku, ale také i jeho postupné následné poškození. [30]

Dále studie ukazuje, že molekulární vodík může selektivně snížit ROS (reaktivní formy kyslíku – normální vedlejší produkt metabolismu kyslíku, přičemž jeho zvýšená hladina může poškozovat buňky). Uvádí se, že H₂ bude reagovat pouze s nejsilnějšími oxidanty. Což je výhodné pro lékařské procedury a neměl by mít vážné nežádoucí vedlejší účinky. Je však důležité dodržet koncentraci H₂, aby se nenarušila normální reakce metabolické oxidace v těle nebo aby se nenarušila ROS. Na rozdíl od některých antioxidantních doplňků se silnou reaktivitou, která zvyšuje mortalitu tím, že ovlivňuje tělu vlastní obranné mechanismy, má H₂ řadu výhod jako potenciální antioxidant. Účinně neutralizuje OH v živých buňkách a na rozdíl od většiny známých antioxidantů je schopen úspěšně cílit na orgány. Pro srovnání byl H₂ testován se dvěma dalšími sloučeninami: edaravon (schválený v Japonsku jako záchytník ROS pro léčbu mozkového infarktu) a FK506 (v klinických studiích pro mozkový infarkt ve Spojených státech). H₂ byl účinnější než edaravon a stejně účinný jako FK506 při zmírnění oxidačního poškození. [30]

Pro terapeutické účinky je H₂ rozpuštěn ve fyziologickém roztoku pro snadné intravaskulární podávání. Pro prevenci je H₂ nasycen ve vodě a je spíše užíván ve sportovní medicíně. Inhalace H₂ již byla použita v prevenci dekompresní nemoci u potápěčů a prokázala dobrý bezpečnostní účinek. Důležité je, aby H₂ neovlivňovala hořlavost nebo explozi v koncentraci > 4,7 % ve vzduchu. [30]

Jak již bylo výše zmíněno, v citovaných studiích byly prokázány pozitivní účinky molekulárního vodíku v různých modelech lidských nemocí. Zkoumáno jak na zvířatech, tak na lidech. V daných studiích byl použit vodík mimo jiné i ve formě hydrogenované pitné vody, inhalací plynného vodíku či podávaný fyziologický roztok bohatý na vodík v infuzích apod. Pozitivní účinky molekulárního vodíku byly prokázány v podstatě ve

všech tkáních a chorobných stavech včetně mozku, jater, ucha, oka, plicích svalech apod. [26]

2.3.3 Využití vodíku ve sportovní medicíně

Hlavní důvod využití molekulárního vodíku v sportovní oblasti jsou jeho antioxidační vlastnosti. Intenzivní silové cvičení má souvislost se vznikem volných radikálů a oxidačního stresu zprostředkovaného poškozením tkáně při tréninku. S tím se také pojí nepříznivé poruchy jako je únava, mikro-zranění, zánět a přetrénování. Vznik ROS (viz výše) probíhá v těle neustále, ve správném poměru má pozitivní účinky. Za normálních fyziologických podmínek hraje ROS významnou roli při homeostáze a v buněčné signalizaci. Nadměrná produkce ROS vzniká například při zánětech či při sportu jako následek svalové únavy. Redukce těchto nepříznivých vlivů při trénování umožňují právě antioxidační účinky molekulárního vodíku. Díky nízké molekulární hmotnosti vodíku může extrémně difundovat do okolních tkání, kde může zachytávat toxický ROS.[26]

V průběhu studie (Ostojic 2015) zkoumali vliv H_2 u akutního cvičení na oxidativní stres a vzniklou svalovou únavu, která byla dvojitě zaslepena. Studie se zúčastnilo 10 mladých fotbalistů, kteří prováděli submaximální cyklické cvičení (tedy 75% zátěž při rychlostním výkonu), a také maximální zátěž při izokinetickém cvičení. Sportovci den před aktivitou měli vypít 1 500 ml buď hydrogenované nebo obyčejné vody. Z výsledků této studie bylo zjištěno, že voda bohatá na vodík významně snižuje hladiny laktátu v krvi po cvičení přibližně o 1 mmol / l oproti placebo. Dále byl zpozorován pokles výkonnosti u cviku s maximální zátěží u skupiny s placebem, což naznačuje, že voda bohatá na vodík (HW) snižuje svalovou únavu během cvičení. Autoři dospěli k závěru, že HW má příznivé účinky na cvičení s těžkou zátěží. [31]

V další studii bylo zaměřeno cíleně na těžkou fyzickou zátěž při akutní (sedmidenní) zátěži a zda příjem 1000 ml / den HW zlepšil stav antioxidantů a výkon u 18 vysokoškolských atletů při požití HW před (30 min), během (každých 15 min) a po každém tréninku (do 45 min zotavení). V této studii byl potvrzen pozitivní účinek při požití HW ve smyslu redukce svalové únavy a zlepšení výkonu při těžké fyzické zátěži, avšak mechanismus není zcela identifikován. [31]

V další studii Ara a kol. (2018) byly jako subjekty myši (samičky), které byly rozděleny do dvou skupin. Jedna skupina byla bez stresu a sloužila jako kontrolní skupina. V druhé skupině byl stres vyvolán nuceným pohybem, a to každodenním

plaváním po dobu 4 týdnů. V této skupině byla subjektům aplikována buď obyčejná voda/ placebo nebo (HW). [30]

Pozitivní metabolické účinky ve skupině s HW byly prokázány významným snížením hladiny glukózy v krvi a laktátu. Stejně jako významné zvýšení jaterního glykogenu ($p < 0,001$) a sérum laktát dehydrogenáza – LDH ($p < 0,05$) než u skupiny s obyčejnou vodou. [30]

V této studii bylo uvedeno, že konzumace HW vykazuje pozitivní účinky proti únavě u myši, které byly dlouhodobě nuceny plavat. V tomto kontextu by mohlo být pití HW aplikováno pro kontrolu vzniklého chronického stresu vyvolané nuceným pohybem, v případě konkrétní studie – pravidelné každodenní plavání, což by se mohlo aplikovat do praxe nejen pro vrcholové plavce či jiných sportovních aktivit. [30]

Dalším poznatkem z článku [32] je pozitivní vliv vody bohaté na vodík ve spojení s alkalizací organismu, jelikož při cvičení vzniká tzv. překyselení organismu. Výzkumu se zúčastnilo 19 mladých mužů, kteří pili HW po dobu několika dní. Při pití vody bohaté na vodík byly nalezeny pozitivní neutralizační účinky na překyselený organismus. [31]

Z výsledků studií uvedených v publikaci [31] vyplynulo, že HW zvyšuje svalový výkon, snižuje únavu a také dochází ke snížení acidózy vzniklé při sportu. Také při sportovním zranění se prokázaly příznivé výsledky během zotavování a protizánětlivé působení. Mechanismy tohoto pozitivního účinku molekulárního vodíku ještě nejsou zcela známy.

Většina studií neprokázala žádné vedlejší účinky u lidí při podávání HW [33,34,35]. Ve studii Nakao a kol. [36] zjistili minimální poruchy v jaterních enzimech a biochemické profily u subjektů s možným metabolickým syndromem, které dostávaly až 2 litry HW. Autoři uvedli klinicky nevýznamný pokles sérové hladiny aspartátaminotransferázy, alaninaminotransferázy, kreatininu, zvýšení sérové koncentrace gama-glutamyltransferázy a celkového bilirubinu. Navíc jeden z 5 subjektů v této studii hlásil nežádoucí příhody, jako jsou uvolněná stolice, zvýšená frekvence stolice, pálení žáhy či bolesti hlavy. [31]

Z výše citovaných studií a výzkumů je patrné, že zvýšená koncentrace molekulárního vodíku ve vodě, fyziologickém roztoku či inhalovaném vzduchu má pozitivní antioxidační účinky. Je však zapotřebí pokračovat ve výzkumu působení molekulárního vodíku na organismus, jeho využití v medicíně pro léčbu nemocí či zlepšení výkonu a regenerace při sportu. Tato oblast bádání není ještě zcela prozkoumána a její výzkum není prováděn z dlouhodobého hlediska. Dále nejsou doposud známy

přesné mechanismy účinku, nebo sledování vedlejších účinků z delší oblasti působení molekulárního vodíku, který je podáván v různých podobách, jako je inhalace nasyceného plynu H_2 , molekulární vodík rozpuštěný ve fyziologickém roztoku, intravaskulárně podání či podání perorálně ve formě hydrogenované vody.

3. Vliv pohybové aktivity na organismus

V této kapitole bude popsáno souhrnné rozdělení pohybové aktivity a doporučení od Světové zdravotnické organizace pro minimální pohybovou aktivitu. Dále bude stručná anatomie svalů a vliv silového tréninku na organismus. V poslední podkapitole bude napsán působení jak aerobní, tak anaerobní aktivity na NOT.

3.1 Všeobecný vliv pohybové aktivity na organismus a zdraví

V dnešní době se setkáváme s moderními prostředky pro ulehčování běžných každodenních aktivit jako jsou jezdící schody, výtahy nebo jízda autem z domu přímo do práce, kde se opět celý den sedí v kanceláři a není již moc prostoru pro přirozený pohyb. Přirozený pohyb jako je chůze, běh, jízda na kole či plavání by měl být součástí každodenních aktivit člověka, aby se vyhnul negativním dopadům nečinnosti pohybového aparátu. [4,37]

a) Dělení pohybové aktivity

Pohybová aktivity se dělí na aerobní a anaerobní a jejich charakteristika a význam budou vysvětleny níže.

Aerobní pohybová aktivita

Je to druh vytrvalostní pohybové aktivity, která vyžaduje zvýšený přísun kyslíku. Je to aktivita prováděná se střední zátěží a zrychlenou tepovou frekvencí, která je vykonávána více méně konstantně po delší časový úsek. Při takové pohybové aktivitě tělo využívá zdroj energie z cukrů, tuků a bílkovin, kdy tento proces nazýváme aerobní (oxidativní) zóna. Tento druh aktivity člověk vykonává přirozeně a je součástí každodenního života většiny populace. Zařazuje se sem rychlá chůze, běh, jízda na kole či plavání. [38]

Obrázek č. 11 – Aerobní aktivity



Anaerobní aktivita

Tato pohybová aktivita, na rozdíl od předchozí, je prováděna s nedostatečným přísunem kyslíku v alaktátové-anaerobní metabolické zóně, která je vymezena velmi rychlým neoxidativním získáním energie z ATP (adenosintrifosfát). Je to cvičení o vyšší intenzitě s kratší dobou trvání. Jedná se například o sprinty či silový trénink. Za této aktivity dochází k hromadění laktátu ve svalech, což může ovlivnit jejich fungování. Tuto aktivitu nelze provádět po delší časový úsek a vyžaduje po skončení aktivity regeneraci. Silový trénink bude více vysvětlen níže. [37]

b) Doporučení WHO

Světová zdravotnická organizace – WHO k roku 2010 stanovila doporučení pro pohybové aktivity dle věkových skupin.

Děti a mladiství ve věku 5–17 let by měli být aktivní minimálně 60 minut denně a více. Do této aktivity se počítá hraní různých her, míčové hry atp. Co se týče posílení svalů a kostí, je dobré se věnovat intenzivnějším aktivitám alespoň třikrát týdně.

Pro dospělé věkové kategorii 18–64 let platí, že by měli být aktivní alespoň 45 minut denně a více. Těchto 45 minut může být rozloženo do dvou intervalů např. 20 minut ráno cesta do práce, 25 minut večerní procházka. Posilování svalů a kostí by mělo být praktikováno ve 2 a více dnech v týdnu.

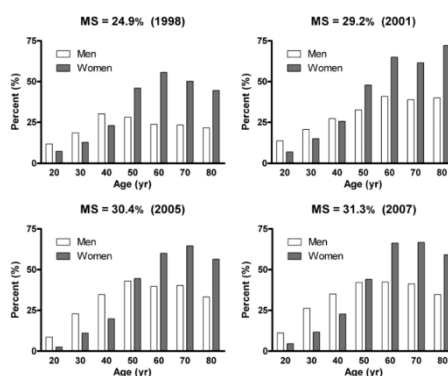
Obdobně je to i pro věkovou skupinu lidí od 65 let, kde by se ovšem mělo dát obzvlášť velký pozor na jejich momentální fyzický a zdravotní stav. Zde se nedoporučuje již běh nebo náročnější sportovní aktivity. U starších lidí je nejlepší způsob pohybu chůze, jízda na kole po bezpečné cestě, či skupinové plavání. [38]

c) Vliv pohybové aktivity na zdraví a nemoci

Vliv pohybové aktivity na celkové zdraví je již prokázán, proto se pohybová aktivita doporučuje lidem s metabolickým syndromem, osteoporózou či diabetem. V dnešní době stále přibývají nemocní diabetem 2. typu, kardiovaskulární nemocí či hypertenzí, s čímž souvisí stoupající obezita na celém světě. Avšak při dodržování doporučené pohybové aktivity (viz výše) lze snížit riziko tohoto onemocnění. Pokud jsou tyto nemoci diagnostikovány lékařem, mělo by se přistupovat k pohybové aktivitě velmi opatrně aby se předešlo dalším poškozením organismu či úrazu. [39]

Na obrázku č. 12 lze vidět procentuální nárůst metabolického syndromu v populaci. Avšak tato studie byla provedena na korejských dospělých subjektech obou pohlaví v různé věkové kategorii. Lze předpokládat, že tento nárůst může být podobný i v rámci celé populace. [40]

Obrázek č. 12 – Prevalence metabolického syndromu



Vzhledem k statistickým údajům výše na předchozím obrázku [40] lze podotknout, že je důležité dbát na zdravý životní styl. Výzkum [41] ukazuje provázanost metabolického syndromu s kardiovaskulárním onemocněním. Předcházet metabolickému onemocnění je žádoucí, proto Světová zdravotnická organizace WHO vydala doporučení pohybové aktivity dle věkových skupin. V případě lidí trpících glaukomovým onemocněním by pohybová aktivita měla být přizpůsobena každému jedinci individuálně dle jeho diagnózy jeho ošetřujícím lékařem.

3.2 Anatomie svalů a silový trénink

Funkce svalů je potřebná ke každodenním činnostem jako je například vstávání z postele, chůze, či pro fyzicky náročné zaměstnání. Pokud je praktikována za účelem zlepšení zdravotního stavu, lze ji pojmenovat jako tělesné cvičení. Jestliže je tato činnost zaměřená na zvýšení tělesné výkonnosti, je označována jako sportovní trénink. [4]

3.2.1 Anatomie svalů

Lidský organismus má 660 svalů. Sval je tvořen ze svazků svalových vláken, které jsou uspořádány do snopců, a pomocí šlachy je připevněn ke kosti. Je složen přibližně ze 70 % vody a 20 % proteinů. Každé svalové vlákno je složeno ze sarkolemy, vnitřní tekuté cytoplazmy a tisíců myofibril. Myofibrily se skládají z podélných řetězců – sarkomer, jež obsahují dva proteiny: myozin a aktin. Svalová kontrakce je uskutečněna pomocí myozinových hlav a vykonána díky motorickým nervům v míše či mozkovému kmeni. Na povrchu svalového vlákna je motorická ploténka, díky níž dokáže jeden motorický neuron ovládat stovky svalových vláken. Svalové vřetenko je skupina vláken, která jsou ve všech svalech, nejvíce tam, kde jsou svaly ovládány motorikou. [42]

Svalová vlákna dělíme na dva typy – pomalá a rychlá. Pomalá vlákna jsou zapojována při dlouhodobých aktivitách s nižší intenzitou, jako je například vytrvalostní běh, zatímco rychlá vlákna u anaerobních aktivit jako jsou sprinty, skoky či zvedání činek apod. Poměr pomalých a rychlých vláken je přibližně 1:1, avšak tento poměr se liší individuálně, kdy záleží u každého jedince na jeho genetických predispozicích. Pokud je procento rychlých vláken vyšší, lze očekávat i vyšší cirkulaci hormonu testosteron v krvi. [42]

Svaly jsou inervovány několika druhy nervových vláken. Ty se liší jak funkčně, tak morfologicky. Motorická vlákna vedou impulzy do svalů, dají se dělit na dva typy: alfa-motoneurony a gama-motoneurony. Vlákna typu alfa jsou silná motorická vlákna, která vedou vzruchy z mozkové kůry, končí na nervosvalových ploténkách a vedou ke stahu extrafuzálních vláken. Zatímco tenká motorická vlákna gama jsou zakončena na nervosvalových ploténkách intrafuzálních vláken, kde podnět vede z mozkového kmene. Intrafuzální vlákna jsou svalová vlákna tvořící svalové vřetenko, extrafuzální vlákna jsou tzv. běžná svalová vlákna, tedy jsou mimo svalové vřetenko. [43]

Hladina hormonu testosteronu a množství svalových vláken podmiňují svalovou sílu. Při cvičení jsou myofibrily vystavovány stresu a dochází k poškození vláken. Je tedy nutné mít odpočinek pro regeneraci vláken, kde jsou myofibrily opravovány a vytvářejí

se nové, aby byla příští zátěž zvládnuta bez poškození. Nárůst síly je tedy podmíněn následnou regenerací a zvětšením průřezu svalových vláken, což je díky vytvoření nových myofibril. [4,42]

3.2.2 Silový trénink

Mezi pohybové schopnosti lze řadit sílu, rychlost, vytrvalost a obratnost. Sílu lze projevit jako dovednost překonat kladený odpor díky svalové kontrakci. Silový trénink je prováděn za účelem nárůstu síly a svalové hmoty, což je díky proteosyntéze a hypertrofii svalové tkáně. Aby bylo dosaženo nárůstu síly a svalové hmoty, je nutná regenerace a odpočinek po tréninku. Při tréninku je však důležité brát na zřetel faktory ovlivňující výkonnost, jako je somatotyp, věk (nejúčinnější je mezi 20. až 30. rokem), pohlaví (muži mají lepší genetické predispozice pro tvorbu svalové tkáně) a v neposlední řadě trénovanost. [43]

Pro růst svalové hmoty záleží na velikosti odporu, rychlosti pohybu a počtu opakování. Všechny tyto tři komponenty spolu souvisí. Velikost odporu neboli zátěže či závaží přímo ovlivňuje počet opakování a rychlost pohybu. Čím větší odpor, tím menší rychlost pohybu a menší počet opakování. V tabulce č. 3 je znázorněn doporučený počet opakování pro určitou zátěž při cvičení. Pro 100 % je maximální hmotnost břemene, kterou jedinec překoná právě v jednom opakování. [44]

Tabulka č. 3 – Počet opakování s danou hmotností zátěže v %

Počet opakování v jedné sérii	Hmotnost zátěže (v % maximální hmotnosti)
1	100
2-3	90
3-5	70-80
7-10	60
25	50-40
50	30

Metod silového tréninku je několik. Metoda těžkoatletická představuje maximální úsilí a rozvíjí absolutní sílu, kdy se zaměřuje na velmi velký odpor břemene (až 100 % odporu) při malém počtu opakování (2 až 3x). Dále je metoda opakovaných úsilí neboli kulturistická, jejíž dominantní účel je hypertrofie svalových vláken. Provádí se mnohonásobné opakování nemaximálního odporu, kdy se rozvíjí jak absolutní, tak i vytrvalostní síla. Metoda izometrická (statická) je ta, kdy se provádí překonání odporu v 5 až 12 opakováních za účelem rozvoje absolutní síly. Metoda vytrvalostní spočívá ve vysokém počtu opakování pouze s 30 až 40 % maximální zátěže. Dále plyometrická metoda rozvíjí rychlou a výbušnou sílu pomocí maximálního užitého úsilí. A v neposlední řadě metoda izokinetická, která se provádí při překonávání zátěže po 6 až 8 opakováních s maximálním úsilím a v co nejkratším čase. [44,45]

Regenerace a odpočinek po tréninku je pro tělo velice důležité. V rámci silového tréninku je důležité nabírat sílu a být odolnější vůči zátěži. To samozřejmě nelze sledovat po každém tréninku, ale po delších časových úsecích. Vlivem adaptace se tělo zadaptuje, tedy se přizpůsobí dané zátěži, a proto je nezbytné v dalších trénincích zvyšovat zátěž. Pokud by byl trénink po nějakou dobu stejný, pak by se naopak výkonnost snižovala. Za tento proces je zodpovědný biologický zákon akomodace. [45]

Výhody silového tréninku, kromě zvětšení svalové síly a objemu, jsou i zvýšení robustnosti a hustoty kostí, zpevnění šlach a zlepšení fyzického výkonu. Mimo jiné sem můžeme zahrnout i prevenci civilizačních chorob jako je obezita, vysoký krevní tlak, osteoporóza a cukrovka. [45]

3.3 Vliv pohybové aktivity na nitrooční tlak

Fyziologické změny v oku během cvičení nejsou zcela probádány. Některé studie ukazují, že pohybová aktivita obou charakterů (aerobní, anaerobní) NOT snižuje. Jsou však studie, které mají rozporuplné výsledky výzkumů na změnu NOT během cvičení. V této podkapitole bude rešerše z předchozích studií zabývajících se touto problematikou, které byly již publikovány.

Vliv aerobní aktivity, popis viz kapitola 3.1.1, byl prozkoumán podrobněji ve studiích [46]. Tímto tématem se již zabývala i diplomová práce (2013) [47]. Většina studií a prací se shodují ve výsledných změnách NOT při aerobní aktivitě. Kdežto u anaerobního typu cvičení se ne zcela všechny studie shodují.

3.3.1 Vliv aerobní aktivity na NOT

Všeobecně je studiem dokázáno, že při pohybových aktivitách aerobního či vytrvalostního charakteru klesá NOT. Tyto změny mohou být pouze přechodné a krátkodobé, kdy také záleží na celkové reakci organismu na zátěž. Pokles NOT při dynamickém cvičení závisí na jeho intenzitě, přičemž na jeho délce až tak ne. Pokud srovnáme relativní a absolutní zatížení organismu, u relativního zatížení bylo dosaženo výraznějšího poklesu NOT. Zatímco u izometrického cvičení klesá NOT méně než u dynamického, ovšem tento typ zátěže je také spojován se zadržováním dechu nebo též s Valsalvovým manévrem, kde dochází k usilovnému výdechu při ucpané dutině nosní s otevřenými či zavřenými ústy, a přechodně NOT vzroste průměrně o 15 torrů. Zvýšení NOT může být způsobeno nárůstem episklerálního tlaku a zvýšením tlaku musculus orbicularis oculi. [47]

Tohoto experimentu [47] se zúčastnilo 41 zdravých probandů s průměrným věkem 22 let. Jednalo se o pětiminutovou jízdu se stanovenou vzdáleností 2 km a průměrnou rychlostí 24 km/hod. Šlo o kratší a intenzivní pohybovou aktivitu, kde byl zkoumána NOT po skončení cvičení. Změny tlaku jsou přehledně uvedeny v tabulce č. 4.

Tlak před aktivitou byl zprůměrován na 15 mmHg. Ihned po ukončení aktivity došlo k signifikantnímu poklesu NOT o 2,7 mmHg (+/- 1,99). Další statisticky významný pokles byl zaznamenán v době 5 a 10 minut po aktivitě. Kdežto v klidové fázi 20 a 30 minut po ukončení aktivity již nebyla zaznamenána žádná významná změna tlaku.

Tabulka č. 4 – NOT (mmHg) před/po a v průběhu aerobní aktivity

	Před aktivitou	Ihned po aktivitě	5 min po aktivitě	10 min po aktivitě	20 min po aktivitě	30 min po aktivitě
NOT (mmHg)	15	12,3	12,7	13,7	14,8	15,2

Dále byla v této práci vyhodnocena změna tlaku na základě výše počáteční klidové hodnoty NOT. Tedy byli účastníci rozděleni do dvou skupin o vyšším a nižším počátečním tlaku. V první skupině byli účastníci s nižším tlakem při hodnotě 14,0 mmHg, ve druhé skupině pak s vyšším počátečním tlakem 14,3 mmHg. Stanovení těchto hodnot bylo provedeno pomocí mediánu celého souboru. Skupiny byly ale nerovnoměrně rozděleny (18 nižší NOT, 23 vyšší NOT). V první skupině s nižší počáteční hodnotou NOT byl pokles o 1,8 mmHg (+/- 1,63), kdežto u druhé skupiny o vyšší počáteční hodnotě NOT byl pokles o 3,4 mmHg (+/- 2,00). Z těchto výsledků lze tedy usuzovat, že je pokles NOT vlivem aktivity vázán na počáteční hodnotu, a tedy u vyššího počátečního tlaku lze očekávat větší pokles NOT po aktivitě. [47]

Také již v roce 1987 v publikaci Passo a kol. byl sledován vliv krátkodobé maximální aerobní aktivity na NOT. Cvičení bylo prováděno několik měsíců v rámci kondičního tréninku. Byl zde prokázán hypotenzní účinek aerobní aktivity na NOT, který přetrvával cca 37 minut (+/- 4) po dokončení cvičení. Před zahájením pravidelného cvičení byl pokles NOT mnohem vyšší než po 4 měsících prováděného tréninku. Také počáteční NOT byl před zahájením kondičního tréninku vyšší, a to o hodnotě 14,3 mmHg (+/- 0,7), kdežto po uplynulých měsících byla hodnota NOT u subjektů 13 mmHg (+/- 0,9). [48]

V publikaci je také uvedeno, že počáteční hypotenzní účinek aerobní aktivity je silnější a při pravidelném trénování se tento hypotenzní efekt sníží, tedy nebyly zaznamenány takové výkyvy tlaku po cvičení. Také klidový NOT byl zaznamenán po pravidelném cvičení nižší než na počátku zahájení studie, kde byl subjektům naměřen vyšší NOT. [48]

V další studii [49] byla zkoumána reakce NOT na maximální zátěžový test. Fyzická aktivita byla prováděna na běžícím páse s maximálním úsilím. NOT byl subjektům měřen před zahájením aktivity, bezprostředně po aktivitě a v následujících 30 minutách

v zotavovací fázi. Výsledky dané studie však uvedly, že NOT se postupně zvyšoval po cvičení s průměrným rozdílem do 2,2 mmHg a návratem k základní hodnotě za 30 minut. Variabilita NOT se po cvičení výrazně zvýšila až na 1,7násobek klidového stavu. NOT před a po cvičení se významně nelišil. Statistická nevýznamnost změn NOT může být způsobena jejich velmi vysokou variabilitou po cvičení.

3.3.2 Vliv anaerobní aktivity na NOT

Studie [50,51] ukazují, že se NOT během izometrického cvičení zvyšuje. Kdežto studie [52] ukazuje, že se NOT naopak snižuje. Další studie [53,54] našly signifikantní změny NOT během cvičení. Nicméně metody v daných studiích jsou rozdílné. Bakke a spol. uvedli v publikaci [55], že měření NOT během izometrického cvičení nebylo ještě měřeno kontinuálně v průběhu prováděné aktivity.

Níže bude blíže popsána studie [55], která se touto problematikou zabývala na univerzitě v Oslu. Byl sledován NOT a jeho změny způsobené izometrickým cvičením paralelně se změnami systémového krevního tlaku.

Studie se zúčastnilo 9 probandů (6 mužů a 3 ženy) s průměrným věkem 24 let, NOT 12 mmHg a tloušťkou rohovky 562 mm. Vstupní nitrooční tlak byl měřen Goldmanovým tonometrem. Kritéria pro zařazení do studie byla: nekuřáci bez jakékoliv medikace, NOT v rozmezí 11–21 mmHg. Před měřením a aktivitou nesměly být požitý žádné potraviny či tekutiny obsahující kofein a bylo nutno dodržovat klidový režim.

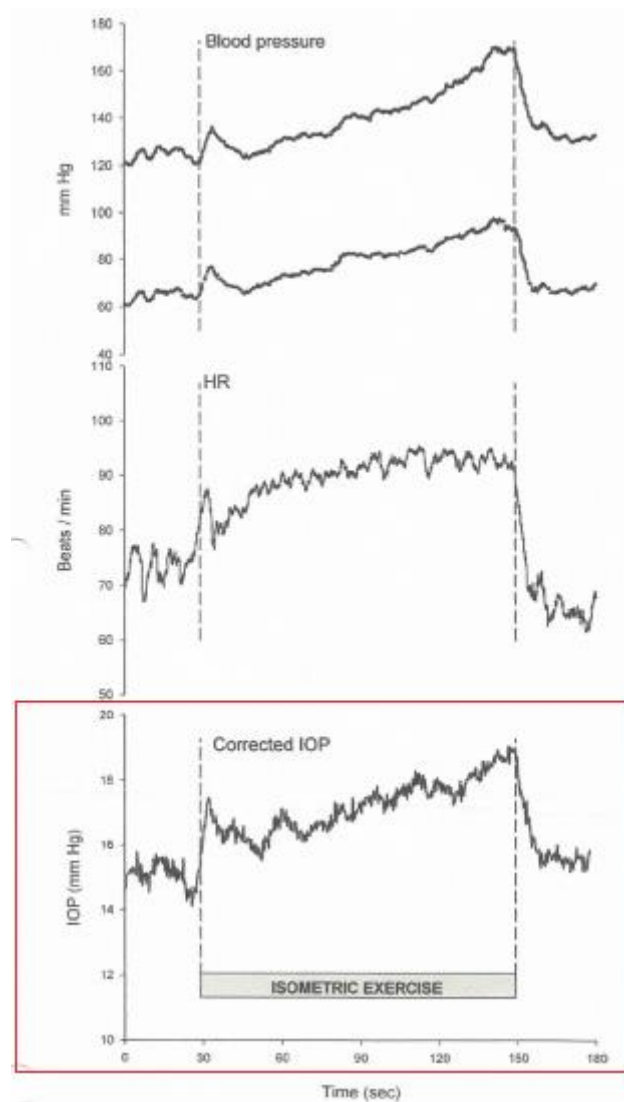
Cvičení trvalo 2 minuty, kdy byla kontrakce svalu po dobu 3 sekund a následovala třicetisekundová pauza mezi kontrakcemi svalu na pravé paži. Odporová zátěž činila 40 % maximální hmotnosti břemene. NOT byl měřen kontinuálně během cvičení, před cvičením, po cvičení pomocí Shiotz electronic tonometrem. Změny tlaků jsou znázorněny v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5 – Záznam NOT, tepové frekvence, krevní tlak

	Před aktivitou	V průběhu aktivity
Nitrooční tlak	15 mmHg (+/- 1)	19 mmHg (+/- 2)
Tepová frekvence	74 (+/- 6) tep/sec	93 (+/- 6) tep/sec
Systolický tlak	125 mmHg (+/- 6)	169 mmHg (+/- 8)
Diastolický tlak	65 mmHg (+/- 3)	95 mmHg (+/- 5)

Na obrázku č. 13 je znázorněn graf, kde jsou zaznamenány tyto změny tlaku v průběhu cvičení, tedy tlak konstantně rostoucí v průběhu aktivity. Po skončení cvičení tlak opět klesl. V červeném rámečku je zvýrazněn graf se změnou NOT v závislosti na času. [55]

Obrázek č 13 – Grafy změn NOT, krevního tlaku (blood pressure) a tepové frekvence (HR)



V některých studiích bylo publikováno, že vlivem cvičení bylo snížení NOT [52], kdežto studie [53,54] prezentují bezezměnný stav. Tyto studie používaly aplanační měření NOT. Ve studii [52] byl NOT měřen opakovaně během cvičení. A například ve studii [54] probandi prováděli dřepy po dobu 6 minut, přičemž ale změny NOT nebyly prokázány. [55]

Závěrem tato studie uvedla, že byly zjištěny signifikantní výsledky zvýšení NOT během izometrického cvičení paralelně s rostoucím systematickým krevním tlakem. Přičemž tato publikace cituje, že jejich výsledky zvýšení NOT mohou být zavádějící. Tedy je třeba tuto problematiku dále zkoumat a provést více výzkumů, kde se prokážou signifikantní výsledky změn NOT. V této studii bylo dokázáno zvýšení NOT během cvičení., což může být pro lidi s takovým onemocněním rizikové, i když je po tomto cvičení tlak snížen.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

V mé diplomové práci je zkoumán vliv hydrogenované vody podávané při silovém tréninku na NOT. Hodnoty NOT byly sledovány v časových úsecích před podáním HW (tzv. v klidovém stavu probanda), během podání, během silové zátěže a v zotavovacím režimu. Studie byla designovaná tak, že celkový test podstoupil každý účastník dvakrát, přičemž jednou vypil HW a jednou placebo (vodu obyčejnou) a zároveň nevěděl o pořadí podání, jednalo se tedy o dvojitě zaslepený experiment. NOT byl tedy měřen v jednotlivých předem daných časových intervalech, které kopírovaly nastalé fyziologické změny, jež by mohly mít vliv na NOT. Z naměřených dat byla provedena statistická analýza metodou ANOVA. Výsledky této studie jsou uvedeny níže. Vliv HW na NOT nebyl doposud v české odborné literatuře publikován, a proto se jedná o pilotní studii v této oblasti, která si klade za cíl zmonitorovat stav chování HW na NOT.

4.1 Subjekty a metodika

Vlastní výzkum probíhal na fakultě tělesné kultury Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci v rámci výzkumného celku vlivu hydrogenované vody na odezvu organismu během silového tréninku a čtyřiaadvacetihodinového zotavení. Experiment má dvě části, každá v jiný den se 4denní zotavovací pauzou, kde se v jeden den pije pouze HW a další den obyčejná. Každá část má sedm měřících fází.

Subjekty

Výzkumu se zúčastnilo 12 zdravých fyzicky aktivních probandů mužského pohlaví ve věku 21 až 27 let (průměrný věk 24 ± 2), kdy úroveň fyzické aktivity byla různá. Testovaní jedinci museli splňovat následující podmínky: alespoň 4 dny před započítáním testování vyřadit náročnou pohybovou aktivitu a v období mezi testováním neprovádět žádnou fyzickou aktivitu. V den měření byla zakázána konzumace kávy, černého nebo zeleného čaje či jiných energetických nápojů. Taktéž bylo nutné vyhnout se fyzické aktivitě před příchodem na měření, nespíchat a neběžet. Dále probandi nesměli trpět žádnou systémovou chorobou, která by ovlivňovala fyzickou kondici, a chorobou postihující zrakový aparát, která by mohla ovlivňovat NOT. Jedinci nesměli mít glaukomové onemocnění, nesměli mít systémovou ani oční hypertenzi, dále museli být bez vysoké ametropie (refrakční hodnoty probandů byly do -3 D) a bez jakékoliv

medikamentózní léčby. Veškeré testování probíhalo za lékařského dohledu Každý z účastníků byl řádně seznámen s průběhem a riziky studie a dobrovolně podepsal informovaný souhlas. Účastníci výzkumu mohli kdykoliv ze studie odstoupit. Výzkum byl schválen etickou komisí FTK UP.

Vlastní měření

Měření NOT bylo provedeno metodou rebound tonometrie za použití přístroje iCare Pro[®] typ TAO01 (iCare[®]) Při každém jednotlivém měření automatický software přístroje vypočítává výslednou průměrnou hodnotu NOT ze šesti po sobě jdoucích měření (viz kapitola 1.3). NOT byl měřen v sedě a vždy na pravém oku.

Testování bylo provedeno dvakrát v průběhu jednoho týdne. Průběh měření a testování byl zcela stejný, avšak v jednom dni byla podávána probandovi voda obyčejná – tedy placebo a v druhém dni voda hydrogenovaná, a to v náhodném pořadí bez vědomí, kterou vodu v danou chvíli probandi pili. Mezi testováními byly čtyři dny volna z důvodu dostatečné regenerace svalové tkáně, která byla během tréninku poškozena.

Po příchodu byl probandům změřen NOT a byla podána konkrétní voda o objemu 200 ml, buď hydrogenovaná nebo obyčejná. V případě placebo se jednalo o balenou vodu s parametry kojenecké vody. Bezprostředně po vypití tekutiny byl probandům opět změřen NOT. Následovalo testování fyzických parametrů (nejsou zahrnuty v rámci mého zkoumání), které trvalo 20–30 minut. Po uplynulém čase byla podána další sklenice tekutiny o stejném objemu, opět po vypití HW/voda byl změřen NOT. Následoval silový trénink, který trval 55 minut. Na začátku bylo provedeno pětiminutové rozehrání na běžícím páse či statickém kole a protažení. První cvik – dřepy s osou (viz obrázek 14 a) byl proveden nejprve s nižší vahou, pak následovaly 3 série po deseti opakováních se závažím, které mělo představovat 70 % z maximální hmotnosti břemene (MHB). Mezi sériemi byla třiminutová pauza. Po skončení sérií dřepů byla pauza čtyřminutová a následoval další cvik – zakopávání (viz obrázek 14 b), který byl také prováděn se 70 % MHB, desetkrát bez přestávky po třech sériích, mezi sériemi opět pauza 3 minuty. Po dokončení třetí série zakopávání byla podána HW/voda ve čtyřminutové pauze a následovalo měření NOT. Další cvik byl proveden na stejném stroji jako předchozí, ale v opačném směru – tedy předkopávání, opět po deseti opakováních ve třech sériích s třiminutovými pauzami. Poslední cvik byly výpady (viz obrázek 14 c) se závažím, které bylo určeno dle váhy daného probanda. Cvik byl proveden ve třech sériích po dvaceti opakováních s třiminutovými pauzami mezi sériemi. Bezprostředně po dokončení

posledního cviku byla opět podána HW/voda o stejném objemu a opět následovalo měření NOT. Poté bylo pětiminutové zklidnění na stacionárním kole či běžícím páse. Následoval půlhodinový odpočinek. Mezitím bylo provedeno opět měření NOT, a to v 10. a 30. minutě odpočinku. Těsně před posledním měřením NOT byla opět podána tekutina o dvojnásobném objemu tedy 400 ml. Probandi během celého měření nesměli pít nic jiného, než jen vodu, která jim byla podávána a celkem vypili během testování 1 200 ml tekutiny, buďto hydrogenované nebo obyčejné vody.

Obrázek č. 14 – Fotografie cviků z tréninku



Statistická analýza

Vzájemný rozdíl mezi daty byl sledován metodou ANOVA pro opakovaná měření na hranici významnosti 0,05. Pro přehled jsou do textu doplněny mezní hodnoty hladiny významnosti p , při kterých by právě došlo k zamítnutí rovnosti dat. Statistická analýza byla provedena pomocí programu STATISTICA 13. Vzájemná souvislost mezi daty byla dále případně hodnocena pomocí obvyklého korelačního koeficientu r ; jeho statistická významnost byla hodnocena t-testem na hladině významnosti 0,05.

4.2 Výsledky

Naměřené průměrné hodnoty a směrodatné odchylky dat v jednotlivých časech a fázích experimentu jsou shrnuty v tabulce č. 6 pro experiment s hydrogenovanou vodou

a v tabulce č. 7 v případě obyčejné vody. Časový průběh dat v obou případech zobrazují grafy č. 1.

Fáze měření v průběhu experimentu

1. Ihned po příchodu probanda
2. Ihned po vypití HW/placeba
3. Těsně před zahájením tréninku
4. V polovině tréninku
5. Ihned po dokončení tréninku
6. Po 10 minutách zotavovací fáze po tréninku
7. Po 30 minutách zotavovací fáze tréninku

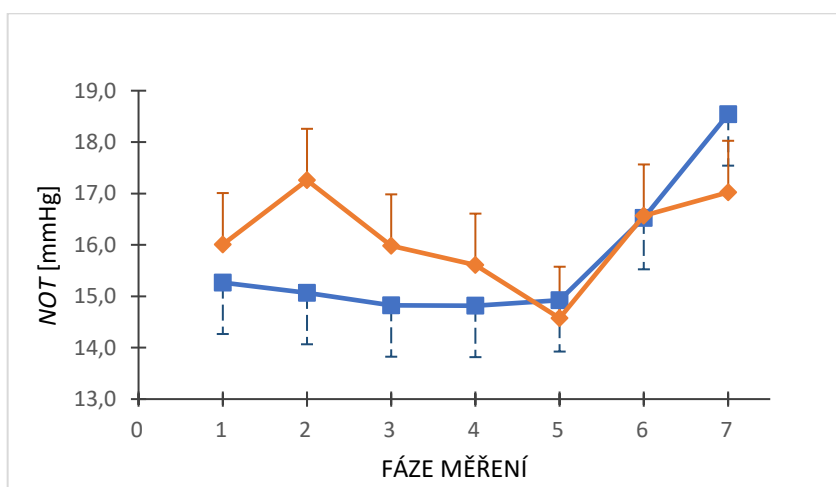
Tabulka číslo 6 – Průměrné hodnoty a směrodatné NOT v průběhu měření při pití hydrogenované vody

Fáze měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Přůměrný NOT (mmHg)	16,0	17,3	16,0	15,6	14,6	16,6	17,0
Směrodatné odchyly NOT (mmHg)	3,6	2,8	1,8	4,0	2,0	4,5	3,3

Tabulka č. 7 - Průměrné hodnoty a směrodatné odchyly NOT v průběhu měření při pití obyčejné vody

Fáze měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Přůměrný NOT (mmHg)	15,3	15,1	14,8	14,8	14,9	16,5	18,5
Směrodatné odchyly NOT (mmHg)	2,1	2,0	2,4	2,6	2,8	3,4	3,1

Graf č. 1 – Průběh průměrných hodnot NOT v jednotlivých fázích měření. Modrá symboly znázorňují průběh NOT při pití obyčejné vody, oranžové symboly vyznačují průběh NOT při pití vody hydrogenované. Délky vertikálních úseček odpovídají velikosti směrodatných odchylek dat.



Časový průběh nitroočního tlaku a vliv typu vody, která byla pita v průběhu experimentu, byly nejprve vyhodnoceny metodou ANOVA pro opakovaná měření. Provedená analýza prokázala signifikantní rozdíl mezi daty v různých časech ($p = 0,0011$) a interakci typu vody a času ($p = 0,0407$). Samotný vliv typu vody nebyl prokázán ($p = 0,38$). Zmíněná interakce času a typu vody je patrná též z grafu, kde se časový průběh obou odpovídajících křivek zřetelně liší. V případě obyčejné vody byly hodnoty NOT až do asi 5. fáze téměř neměnné, ke konci experimentu (6. a 7. fáze) následoval nárůst. Tyto výsledky podpořil též provedený post-hoc Tukeyův HSD test, který vykázal signifikantní rozdíl posledního (7.) měření a 1. až 5. měření ($p = 0,0052$, $p = 0,0022$, $p = 0,00082$, $p = 0,00079$, $p = 0,0012$), přičemž 1. až 6. měření se mezi sebou navzájem neliší ($p > 0,35$). V případě hydrogenované vody je vidět složitější průběh průměrných hodnot NOT, přičemž post-hoc Tukeyův HSD test neprokázal žádný rozdíl mezi daty, ale 2. a 5. měření je velmi blízko signifikance ($p = 0,0513$ mezi 2. a 5. měřením, $p > 0,111$ pro ostatní data).

Analýza rozdílových dat pomocí korelace prokázala, že v případě vypití hydrogenované vody jsou změny tlaku, oproti počáteční hodnotě, vztaženo vždy k hodnotě v dané části/dni experimentu, většinou statisticky významně korelovány (významná korelace pro 2., 3., 5. a 7. měření, po řadě $r = -0,793$, $r = -0,870$, $r = -0,853$, $r = -0,637$; nevýznamná pro 4. a 6. měření, $r = -0,460$ a $r = -0,563$), přitom vyšší počáteční hodnota NOT vede k jeho menší změně, tj. k menšímu nárůstu nebo až k poklesu v dané fázi měření, přičemž maximální pokles (8,3 mmHg) byl zaznamenán v 5. fázi měření u

subjektu s nejvyšším počátečním tlakem (24,4 mmHg). Naopak nejvyšší nárůst (až 15,4 mmHg) nastal u subjektu s počátečním tlakem 12,8 mmHg, který byl v dané části experimentu druhý nejnižší. V případě pití obyčejné vody nebyly rozdíly s počáteční hodnotou signifikantně korelovány ($r = -0,404$, $r = -0,078$, $r = -0,502$, $r = -0,340$, $r = 0,006$ a $r = -0,117$) a maximální odchylky od počáteční hodnoty byly v daleko menším rozsahu (od poklesu o 3,7 mmHg po nárůst o 8,0 mmHg).

4.3 Diskuze

Cílem praktické části mé diplomové práce bylo zjistit, zda má odlišný vliv na změnu NOT pití hydrogenované vody oproti obyčejné. V experimentu byl však zakomponován i silový trénink a krátká aerobní zahřívací fáze, kterými mohly být výsledky zjištěné v praktické části ovlivněny. Studie, které sledovaly působení HW na lidský organismus, byly doposud prováděny pouze v zahraničí. V české odborné literatuře zatím žádná taková studie publikována nebyla. Jedná se tedy o pilotní studii, která se zabývala vlivem HW na lidský organismus ve spojitosti se silovým tréninkem, a to v souvislosti se zvýšením výkonnosti a zlepšením/urychlením regenerace po tréninku. Na tuto interpretaci se však moje práce nezaměřuje.

Výsledky obou mnou provedených analýz (HW a obyčejná voda) konzistentně poukazují na to, že NOT se během experimentu měnil. Přitom při vypití HW byly tyto změny minimální, přičemž došlo k mírnému, nevýznamnému nárůstu mezi 1. a 2. fází měření, a poklesu mezi 2. a 5. fází měření, a to na hranici statistické významnosti. Při pití obyčejné vody byl tlak během prvních pěti měření téměř konstantní, při 6. měření začal (statisticky nevýznamně) růst a v 7. měření dosáhl statisticky významného navýšení oproti výchozí hodnotě. Průběh dat při vypití hydrogenované a obyčejné vody se tak liší – u hydrogenované vody jsou průměrné výsledky jen minimálně odlišné od původní hodnoty, u obyčejné vody dochází na konci měření (tedy u 6. a 7. fáze) k výraznému nárůstu. Podstatný rozdíl mezi oběma částmi experimentu je v tom, že v případě hydrogenované vody jsou data korelována s počáteční hodnotou tlaku a dochází zde také k extrémnějším výkyvům tlaku než v případě pití obyčejné vody. U HW (větší rozptyl dat) to může svědčit o jejím individuálním vlivu, navíc závislém na počáteční hodnotě tlaku.

V kapitole 2.2 bylo uvedeno, že při nárazovém vypití obyčejné vody nastanou změny NOT, kdy dojde k navýšení o 2,2 mmHg (+/- 0,31) [14]. K akutním změnám NOT

však dochází u pití většího množství tekutin v kratším časovém úseku. V citované studii byly zkoumány změny při pití vody o celkovém objemu 1 000 ml. Bylo v ní také zmíněno, že při pití menšího množství vody o objemu 250 ml zásadní změny tlaku nenastanou. V mé studii se nárazově pilo 200 ml, resp. 400 ml HW/placeba, kdy se publikované akutní změny neprojeví. Účastníci studie pozřeli celkem 1 200 ml tekutin v průběhu cca 2 hodin čili se neprojeví akutní zatížení hydrodynamiky oka. V grafu č. 1 je znázorněn průběh NOT během testování, kde lze vidět, že v 2. fázi měření (tedy po vypití HW/placeba) je menší sestup NOT po vypití obyčejné vody (o 0,2 mmHg, což je zanedbatelná hodnota), kdežto u HW je nárůst NOT o 1,3 mmHg. Otázkou je, proč je tento vzestup NOT po vypití HW a po obyčejné vodě ne a jestli by byla tato změna i u jiné skupiny probandů.

Dalším faktorem ovlivňujícím NOT v průběhu experimentu byl silový trénink. V kapitole 3.3 uvádím studii, která se zabývala otázkou vlivu silového cvičení a změnou NOT, a ve které došli k závěru, že během provádění samotného cviku se tlak může navýšit a při skončení daného cviku (který trvá pouze několik sekund) tlak opět klesne. Byla to jediná studie, která zkoumala tento vliv přímo při prováděném cviku. Kdežto v ostatních studiích (i v mém případě) byl NOT měřen (nebylo by lepší napsat „v mezidobí tréninku“?) v průběhu tréninku, kdy byl proband již v „klidu“ a neprováděl žádný cvik. Je tedy otázkou, do jaké míry jsou výsledky ovlivněny silovým tréninkem. Bylo by tedy zapotřebí provést další studii, kde by se neprováděla žádná pohybová aktivita, ale pouze by se zkoumal vliv HW na změny NOT oproti pití obyčejné vody.

Ze zahraničních studií je známo, že HW má pozitivní účinky na lidský organismus, konkrétně antioxidační a protizánětlivé, které mohou působit proti nadměrnému vzniku oxidačního stresu. Její aplikace je však v počátcích a doposud nejsou známy závažné vedlejší účinky. Je také potřeba sledovat působení HW z dlouhodobějšího hlediska v souvislosti s reakcí organismu na zrakový systém. Jak bylo uvedeno ve studiích [30,31], HW zlepšuje regeneraci při zatížení organismu vyvolaném pohybovou aktivitou. Z grafu č. 1 lze vidět klesání NOT do 5. fáze měření, tedy po konec tréninku (vyjma 2. fáze u HW, kde byl menší vzestup). Kdežto při zotavovací fázi, tedy v 6. a 7. měření, lze sledovat menší nárůst NOT. Je otázkou, zda NOT stoupl méně v případě pití HW, a to díky jejím pozitivním účinkům projevujícím se zmírněním tréninkového stresu.

Další otázka zní, zda bude mít odlišný vliv HW na mužský či ženský organismus. Testování byli pouze muži, kteří mají lepší adaptabilitu na zátěž [56], tak se efekt vlivu HW nemusel tolik projevit. Pokud tedy mají muži lepší adaptabilitu, bude mít silnější

odezvu HW na ženský organismus. Je tedy zapotřebí udělat další výzkum, kde by byly testovány i ženy.

Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit vliv HW na NOT podávané při silovém tréninku. V teoretické části byl nejprve popsán glaukom, fyziologie komorové vody a tonometrie, kde byl stěžejní popis rebound tonometrie, jelikož touto metodou byl měřen NOT ve vlastním výzkumu. Další část byla věnována vodě. Jako první byl popsán metabolismus vody v lidském organismu. Dále následovaly rešerše z předchozích studií jak zahraničních, tak experimentů provedených na naší katedře v rámci diplomových prací z předešlých let, kde byly zkoumány změny NOT ve vztahu k různým tekutinám. Pro mne byly stěžejní studie prováděné s obyčejnou vodou, kterou jsem porovnávala v experimentální části s HW. Jako další byly použity studie zabývající se vlivem kofeinu přítomným v kávě a čaji na změny NOT. V neposlední řadě byla zmíněna studie, kde byl sledován vliv energetických nápojů na NOT, v nichž se však nachází směs látek navzájem působících na organismus. Jako hlavní složky energetického nápoje lze zmínit kofein a taurin. Stěžejní část teoretických poznatků byl popis hydrogenované vody a její účinky na lidský organismus. Zde byly rešerše zahraničních studií, které byly doposud provedeny. V poslední kapitole byl shrnut popis pohybové aktivity, která byla více směřována na popis silového tréninku, který byl prováděn v rámci experimentu. V závěru teoretické části byl popsán vliv pohybové aktivity na NOT, kde jsou shrnuty rešerše studií zabývající se tréninkem jak vytrvalostního, tak silového charakteru.

V praktické části byla interpretována metodika a dosažené výsledky vlastního výzkumu. Studie byla rozdělena do dvou částí, které probíhaly v odlišný den v rámci jednoho týdne. Byla to dvojitě zaslepená studie, přičemž v jedné části se probandům podala HW a v druhé obyčejná voda v náhodném pořadí bez jejich vědomí, který druh vody pili. V průběhu experimentu bylo podáno 1 200 ml HW/vody během delšího časového úseku, kdy byl i uskutečněný silový trénink. Z výsledků statistické analýzy je patrné, že se NOT během experimentu konzistentně měnil. Průběh změny NOT při pití obyčejné vody byl odlišný než u pití HW. Statisticky významná změna nastala při pití obyčejné vody u 7. fáze měření, tedy po třicetiminutové zotavovací fázi. Ostatní výsledky nejsou statisticky významné.

Diplomová práce mi byla přínosná, co se týče spousty nových informací ohledně HW, o níž jsem doposud neměla tušení, že by mohla mít takové benefity pro lidský organismus. Rozšířila mi vědomosti o poznacích různých faktorů ovlivňující NOT. Hydrogenovaná voda si, dle mého názoru, zaslouží velkou pozornost, a jelikož doposud

nebyla dostatečně probádána, mělo by se provést více studií, které by se tomuto tématu dále věnovaly.

Zdroje

- 1) KUCHYNKA P., *Oční lékařství. 2.*, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8
- 2) ROZSÍVAL P., *Oční lékařství. Druhé*, přepracované vydání. Praha: Galén, [2017]. ISBN 978-80-7492-316-6
- 3) FLAMMER J., *Glaukom*. Praha, Triton 2003, ISBN 80-7254-351-2
- 4) MÁČEK M., RADVANSKÝ J., *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha, Galén 2011, ISBN 978-80-7262-695-3
- 5) ANTON M., *Sport a oko*. Česká oční optika, roč. 45, 2004, č. 4, str. 16-17, ISSN 1211-233X
- 6) SYNEK S., SKORKOVSKÁ Š., *Fyziologie oka a vidění. 2.*, dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2
- 7) HLADÍKOVÁ, PLUHÁČEK, MAREŠOVÁ, K. *Porovnávání měřennitroočního tlaku ICare Pro tonometrem a Goldmanovým aplanačním tonometrem*. Česká a Slovenská oftalmologie, 2014 Vol. 70 No. 3, str. 90 – 93. ISSN 1211-9059
- 8) JOSE M., MARTINEZ CASA, GARCIA – FEIJOO J., CASTILIO A , GARCIA S.; *Reproducibility and Clinical Evaluation of Rebound Tonometry*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2005;46(12):4578-4580. doi: 10.1167/iovs.05-0586
- 9) SCHWEIER C, HANSON J.V., FUNK J., TÖTEBERG-HARMS M, *Repeatability of intraocular pressure measurements with Icare PRO rebound, Tono-Pen AVIA, and Goldmann tonometers in sitting and reclining positions*, BMC ophthalmology, 2013, doi:10.1186/1471-2415-13-44
- 10) ROKYTA R., *Fyziologie*. Třetí, přepracované vydání (první vydání v nakladatelství Galén). Praha: Galén, ISBN 978-80-7492-238-1
- 11) LAVRÍKOVÁ P., Fontana J., *Metabolismus vody a minerálních látek*, Funkce buněk a lidského těla, <http://fbt.cz/skripta/vii-vylucovací-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/6-metabolismus-vody-a-mineralnich-latek/>, online [2019-01-06].
- 12) TROJAN S. a kol., *Lékařská fyziologie. 4. vyd.* Praha: Grada, 2003. 771 s. ISBN 80-247-0512-5
- 13) MURRAY, K. *Harperova biochemie*. Praha: H & H, 2002. 872 s. ISBN 80-7319-013-3

- 14) READ S. A., COLLINS M. J., *Water drinking influences eye length and IOP in young healthy subjects*, *Experimental eye research*, Vol. 91 (2010), p.180-185
- 15) WILSON et. all, *The Relation of Axial Length and Intraocular Pressure Fluctuations in Human Eyes*, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Vol.47 (2006), p. 1778-1784. doi:10.1167/iovs.05-0869
- 16) BRUCCULERI M., HAMMEL T., HARRIS A., *Regulation of Intraocular Pressure after Water Drinking*, *Glaucoma*, Vol 8 (1999), p. 111-115
- 17) SHERWIN J., KOKAVEC J., THORNTON S., *Hydration, fluid regulation and the eye: in health and disease*, *Clinical and Experimental Ophthalmology*, Vol. 43 (2015), p.: 749–764
- 18) AVISAR R., AVISAR E., WEINBERGER D.:*Effect of coffe consumption on intraocular pressure*, *Ann Pharmacother*, vol. 36 (2002), p. 992-995
- 19) Losíková J., *Vliv kofeinu na nitrooční tlak: diplomová práce*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2015
- 20) ŠINOGLOVÁ P., *Vliv koncentrace kofeinu na nitrooční: tlak diplomová práce*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2016
- 21) DOSHI S., HARVEY B., *Assessment and investigative techniques*, *Elsevier Limited 2005*, ISBN 0 7506 8853 X
- 22) ILECHIE A., TETTEH S., *Acute effects of consumption of energy drinks on intraocular pressure and blood pressure*, Vol. 3 (2011), p. 5-12
- 23) BAUM M, WEISS M., *The influence of a taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography*. *Amino Acids*, Vol. 1 (2001), p. 75–82.
- 24) HUANG C. S., KAWAMURA T., TOYODA Y., NAKAO A., “*Recent advances in hydrogen research as a therapeutic medical gas*,” *Free Radical Research*, vol. 44(2010), no. 9, pp. 971–982.
- 25) OHTA S., et al, “*Recent progress toward hydrogen medicine: potential of molecular hydrogen for preventive and therapeutic applications*,” *Current Pharmaceutical Design*, vol. 17 (2011), p. 2241–2252.
- 26) OHNO K., ITO N., *Molecular Hydrogen as an Emerging Therapeutic Medical Gas for Neurodegenerative and Other Diseases*, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Vol. 2012, p. 11
- 27) JURŠÍK F., *Anorganická chemie nekovů*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2001. ISBN 80-7080-417-3

- 28) VACÍK, Jiří. *Přehled středoškolské chemie*. 4. vyd., v SPN - pedagogickém nakl. 2. vyd. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 1999. ISBN 80-7235-108-7.
- 29) HOUSECROFT, SHARPE A. G., *Anorganická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2014. ISBN 978-80-7080-872-6.
- 30) OSHAWA I., et al, *Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals*, Nature medicine, 2007, p. 11
- 31) OSTOJIC S. M., et al, *Molecular Hydrogen in Sports Medicine: New Therapeutic Perspectives*, International journal of sports medicine, vol. 2015, p. 273-279
- 32) OSTOJIC S. M., et al., *Serum alkalization and hydrogen-rich water in healthy men*, Mayo Clin Proc, vol. 2012; 87, p. 501–502
- 33) ISHIBASHI T, SATO B, RIKITAKE M, SEO T, KUROKAWA R, HARA Y, NARITOMI Y, HARA H, NAGAO T., *Consumption of water containing a high concentration of molecular hydrogen reduces oxidative stress and disease activity in patients with rheumatoid arthritis: an open-label pilot study*. Med Gas Res, Vol 1 (2012); p. 27
- 34) KANG K.M., KANG Y.N., CHOI I.B., KAWAMURA T., TOYODA Y., NAKAO A., *Effects of drinking hydrogen-rich water on the quality of life of patients treated with radiotherapy for liver tumors*. Med Gas Res, Vol. 1 (2011), p. 11
- 35) MATSUMOTO S., UEDA T., KAKIZAKI H., *Effect of supplementation with hydrogen-rich water in patients with interstitial cystitis/painful bladder syndrome*, Urology, Vol. 81 (2013), p. 226–230
- 36) NAKAO A, TOYODA Y, SHARMA P, EVANS M, *Effectiveness of hydrogen rich water on antioxidant status of subjects with potential metabolic syndrome – an open label pilot study*, J Clinical Biochemic Nutrition, Vol. 46 (2010), p. 140–149
- 37) DOVALIL J. a kol., *Sportovní trénink (lexikon základních pojmů)*, 1. vyd., Praha: Univerzita Karlova, 1992, ISBN 80-7066-555-6
- 38) WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO): *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva, 2010, ISBN 978-92-4-159-997-9

- 39) TSAI J.C., YANG H.Y., WANG W.H., et. al. *The beneficial effect of regular endurance exercise training on blood pressure and quality of life in patients with hypertension*. Clin Exp Hypertens, Vol 26 (2004), p. 255-65
- 40) LIM S., et all, *Increasing Prevalence of Metabolic Syndrome in Korea*, Diabetes care, vol. 6 (2011), p. 1323-1328
- 41) ISOMAA B., ALMGREN P., TUOMI T., *Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome*, Diabetes Care, Vol. 4 (2001), p. 683-689
- 42) GRASGRUBER, Pavel a Jan CACEK. *Sportovní geny*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1873-3
- 43) HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže: skripta pro posluchače fakult tělesné výchovy a sportu*. Dot. Praha: Karolinum, 1994 (382-140-94)
- 44) HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1999. ISBN 8071848751
- 45) ZATSIORSKY, Vladimír M. a William J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2
- 46) RISNER D., EHRLICH R., KHERADIYAN.S. SIESKY B., MCCRANOR L., and HARRIS A., *Effects of Exercise on Intraocular Pressure and Ocular Blood Flow – A Review*. Journal of glaucoma, Vol. 18, August 2009, No. 6, p. 429-236, online ISSN 1536-481X
- 47) KULHÁNKOVÁ A., *Vliv pohybové aktivity na nitrooční tlak: diplomová práce*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2013
- 48) PASSO M.S., et al, *Exercise conditioning and intraocular pressure*, American journal of ophthalmology, Vol. 6 (1987), p. 754–757
- 49) NAJMANOVÁ, E., PLUHÁČEK, F., BOTEK, M., *Intraocular Pressure Response to Maximal Exercise Test during Recovery*. Optometry and Vision Science, Vol. 95 (2018), No. 2, p. 136-142
- 50) DICKERMAN R.D., SMITH GH., LANGHAM-ROOF L., et al., *Intra-ocular pressure changes during maximal isometric contraction: does this reflect intra-cranial pressure or retinal venous pressure?* Neurol Res., Vol. 21 (1999), p 243–246

- 51) MOVAFFAGHY A., RIVA C.E., PETRIG B.L., *Blood flow measurement in the optic nerve head during isometric exercise (in German)*, Klin Monatsbl Augenheilkd, Vol 212 (1998), p. 350–352
- 52) LANIGAN L.P., CLARK C.V., HILL D.W., *Intraocular pressure responses to systemic autonomic stimulation*. Eye, Vol. 3 (1989), p. 477–483
- 53) MARCUS DF, EDELHAUSER HF, MAKSUD MG, et al, *Effects of a sustained muscular contraction on human intraocular pressure*. Clin Sci Mol Med., Vol. 47 (1974) p. 249–257
- 54) WIMPISSINGER B., RESCH H., BERISHA F., et al, *Effects of isometric exercise on subfoveal choroidal blood flow in smokers and nonsmokers*, Invest Ophthalmol Vis Sci., Vol. 44 (2003), p. 4859–4863
- 55) BAKKE E. F., HISDAL J., SEMB S. O., *Intraocular pressure increases in parallel with systemic blood pressure during isometric exercise*, Invest Ophthalmol Vis Sci, Vol. 2 (2009), p. 760-764
- 56) ASTRAND P.O., DAHL H.A., STROMME S.B., *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise*. Fourth Edition. Human Kinetics, Champaign, (2003), p.279-82, ISBN-13: 978-0736001403

Seznam obrázků

1. Obrázek č. 1 – Exkavace zrakového nervu

http://www.kubena.cz/text/pro-lekare/glaukom/komplexni_vysetreni.php [2019-05-06]

2. Obrázek č. 2 – Oční pozadí

<http://www.kubena.cz/text/ocni-onemocneni/glaukom.php><http://www.kubena.cz/text/standard/standardni-vysetreni.php> [2019-05-06]

3. Obrázek č. 3 – Cirkulace komorové vody

<https://www.zeleny-zakal.cz/komorovy-uhel> [2019-05-06]

4. Obrázek č. 4 – Goldmannův tonometr na štěrbinové lampě

<https://www.svobodovaocni.cz/technologie/aplanacni-tonometr/> [2019-05-06]

5. Obrázek č. 5 – Autorefraktometr s bezkontaktním tonometrem

6. Obrázek č. 6 – iCare tonometr

7. Obrázek č. 7 – Zastoupení vody v organismu

8. Obrázek č. 8 – Chemický vzorec vody

9. Obrázek 9 – Jednotlivé části nefronu

<http://fbt.cz/skripta/vii-vylucovaci-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/1-funkcni-morfologie-ledvin/> [2019-05-06]

10. Obrázek č. 10 – Narůstající trend použití molekulárního vodíku [26]

11. Obrázek č. 11 – Aerobní aktivity (upraveno)

<https://www.damynakole.cz/2015/04/jak-zhubnout-5-zasad-pro-jizdu-na-kole-ke-stihlejsi-linii/>,

<http://www.zijzdrave.cz/novinky/pohyb/vliv-aerobni-aktivity-na-redukci-vahy/>,

<https://tajemstvizravi.cz/ktere-aerobni-cviceni-na-spalovani-tuku-funguje-nejlepe/> [2019-01-06]

12. Obrázek č. 12 – Prevalence metabolického syndromu [40]

13. Obrázek č. 13 – Grafy změn NOT, krevního tlaku [55]

14. Obrázek č. 14 – Fotografie cviků z tréninku