

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLMOUCI

KATEDRA OPTIKY

Vliv chlorované vody na slzný film

Diplomová práce

VYPRACOVALA:

Bc. Markéta Šmoldasová

obor R120164 OPTOMETRIE

studijní rok 2013/2014

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

Mgr. Lenka Musilová, DiS.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením
Mgr. Lenky Musilové, Dis., za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci 22. dubna 2014

.....

Markéta Šmoldasová

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří Mgr. Lence Musilové, DiS. za čas strávený nad moji diplomovou prací a za její cenné rady. Tento text vznikl za podpory projektu IGA PřF v Olomouci s názvem „Optometrie a její aplikace“, č.IGA_PrF_2014015.

Obsah

Úvod.....	6
1 Kvalita a kvantita slzného filmu	7
1.1 Slzný film	7
1.2 Další vlastnosti slz.....	10
1.3 Produkce slz	12
1.4 Slzný film ve vztahu k činnosti víček.....	12
1.5 Dynamika slzného filmu	13
2 Vyšetření slzného filmu.....	14
2.1 Vyšetření kvantity slzného filmu	14
2.1.1 Měření výšky slzného menisku	14
2.1.2 Schirmerovy testy	15
2.1.3 PRT (Phenol red thread) test.....	16
2.2 Vyšetření kvality slzného filmu	17
2.2.1 Zrcadlový reflex.....	17
2.2.2 Ferning test	17
2.2.3 Break-up time test.....	18
2.2.4 Lissaminová zeleň	18
2.2.5 NIBUT	18
3 Chlorovaná voda	22
3.1 Využití chloru pro desinfekci veřejných bazénů	22
3.1.1 Proces desinfekce.....	22
3.1.2 Vedlejší produkty desinfekce	24
3.1.3 Typy desinfekce	25
3.1.4 Kontrola desinfekce	28
4 Vliv chlorované vody na lidský organismus	29

4.1	Transport vedlejších produktů desinfekce do lidského těla.....	29
4.2	Potencionální negativní vlivy chlorované vody na lidské tělo	30
4.3	Vliv chlorované vody na dýchací systém.....	31
4.4	Vliv chlorované vody na oko	32
4.5	Vliv chlorované vody na personál plaveckých stadionů	34
5	Ochrana zraku a vidění ve vodě	35
5.1	Vidění pod vodou	35
5.2	Ochrana očí.....	39
5.2.1	Plavecké brýle.....	39
5.2.2	Borová voda.....	43
6	Synchronizované plavání	44
7	Výzkumná část.....	46
7.1	Cíle práce.....	46
7.2	Vyšetřované osoby.....	46
7.3	Adaptace akvabel na chlorovanou vodu	47
7.4	Metodika práce	47
7.5	Výsledky.....	49
7.6	Diskuze	53
	Závěr	55
	Seznam použitých zdrojů.....	57
	Knižní zdroje	57
	Články	58
	Internetové zdroje.....	59
	Obrázky	60
	Tabulky	60
	Grafy.....	60
	Přílohy.....	61

Úvod

Návštěva bazénu byla doporučována lidem už v Říši Římské, aby byli zdraví a fit. Ani dnes nemůže nikdo popřít otázku prospěšných účinků fyzické aktivity ve vodě. Plavání se doporučuje k prevenci a léčbě některých patologií pohybového aparátu, zejména pak páteře. Obecně je plavání doporučováno pro rozvoj dýchací a oběhové soustavy a jako takové je dokonce považováno za nejvhodnější sport pro děti s astmatem.

Plavání má nejen blahodárné účinky na lidské tělo, ale těší se i velké oblíbenosti. Tato činnost patří mezi populární aktivity všech věkových kategorií. Každý si občas rád zajede odpočinout k moři nebo si zajde jen tak zaplavat do bazénu. Když se ovšem pomine rekreační plavání, je na výběr hromada vodních sportů. Jedná se např. o klasické plavání, plavání s ploutvemi, potápění, synchronizované plavání nebo vodní pólo.

Plavání ovšem nemusí být pouze blahodárné. Je totiž často spojeno s pobytem v chlorované vodě. Na převážně většině plaveckých stadionů se využívá k úpravě vody chlor. Chlorování sice ničí choroboplodné zárodky v bazénové vodě, ale vedlejší produkty chlorace mohou způsobit různá onemocnění. Tyto nepříznivé vlivy chlorované vody mohou lidské tělo ovlivnit jak z dlouhodobějšího hlediska, tak i z toho krátkodobého. Krátkodobé obtíže po plavání v chlorované vodě představuje např. podráždění očí. Během pobytu ve vodě se oči dostanou snad vždy do kontaktu s vodou, která může způsobit zarudnutí očí, zvýšené slzení, pocit cizího tělíska nebo celkový oční diskomfort. Výše zmíněné příznaky jsou zčásti způsobeny vlivem chlorované vody na slzný film.

Cílem této diplomové práce je popsat složení a funkce slzného filmu, shrnout možnosti invazivních i neinvazivních typů vyšetření slzného filmu, popsat proces chlorace bazénových vod, vytvořit přehled vedlejších účinků chlorované vody na lidské tělo a doporučit plavecké brýle jako ochranu očí při plavání. Měření ve výzkumné části se zúčastnily pouze členky synchronizovaného plavání, proto bude jedna kapitola věnována i akvabelám, aby se čtenář seznámil s tím, co tento sport obnáší. Ve výzkumné části je pozornost věnována zhodnocení vlivu chlorované vody na slzný film na základě měření kvality a kvantity slzného filmu u akvabel.

1 Kvalita a kvantita slzného filmu

Slzný film je vysoce specializovaný a pečlivě strukturovaný vlhký film, který pokrývá rohovku a spojivku. Je velice důležité, aby bylo zachováno složení slzného filmu z hlediska kvality i kvantity k udržení zdravého a funkčního vizuálního systému. Poruchy slzného filmu nezpůsobují jen poškození epitelu rohovky a spojivky, ale mohou vést k těžkému poškození oka. Slzný film dále zajišťuje intaktní povrch oka.

[1]

1.1 Slzný film

Povrch očního bulbu je velice citlivý, proto potřebuje ochranu. Funkci ochranného systému zastává slzný film, který je nezbytný pro správnou funkci rohovky oka. Tloušťka slzného filmu je 4,5 – 8,7 μm , ale může se s mrkáním měnit. Objem slzného filmu je 7 μl a jeho převážná většina je obsažena v slzném menisku, který se nachází mezi okrajem dolního víčka a bulbem.

Důležitou vlastností slzného filmu je, že má velké povrchové napětí. Toto napětí brání stékání vodné vrstvy filmu. Slzný film tvoří tři vrstvy: zevní tuková vrstva, střední vodná vrstva a vnitřní hlenová vrstva. Tyto tři vrstvy spolu velice úzce souvisí. Kdyby jakákoli z vrstev chyběla, netvořil by slzný film dostatečnou ochranu oka.

Funkce slzného filmu hrají důležitou roli nejen v udržování očního komfortu a ochraně očního bulbu, ale také přispívají ke správnému metabolismu rohovky. Hlavní funkcí je zvlhčování a svlažování rohovky a spojivky. Dále slzný film zajišťuje rovný povrch oka, což umožňuje zaostřování na sítnici. Film také chrání před infekcí odstraňováním odumřelých buněk rohovky a bakterií. V neposlední řadě vyživuje rohovku a okysličuje epitel rohovky.

Tuková vrstva

Tuková vrstva je zevní vrstva slzného filmu. Její tloušťka je 0,1 – 0,25 μm . Tukovou vrstvu tvoří obsah Meibomových žláz, Zeisových žláz a Mollových žláz. Je tvořena polárními a nepolárními tuky. Hlavní složkou této vrstvy jsou estery, které tvoří až 90 % celkových tuků. Dále je tuková vrstva tvořena nepolárními steroly, volnými steroly, volnými mastnými kyselinami, hydrokarbonáty a fosfolipidy.

Nejdůležitější funkcí tukové vrstvy je, že zabraňuje vypařování vodné vrstvy. Pokud by tato vrstva chyběla, vypařování slz by probíhalo čtyřikrát rychleji. Dále zvyšuje povrchové napětí slzného filmu a tím zajišťuje vertikální stabilitu filmu. Jinak řečeno zabraňuje tak přetékání slz přes okraj dolního víčka. Důležitou funkcí tukové vrstvy je také prevence před kontaminací slzného filmu kožními tuky, které se svým složením od tuků obsažených v slzném filmu liší a mohly by narušit jeho stabilitu. Tuková vrstva také zvlhčuje víčka při jejich pohybu přes bulbus a tím usnadňuje pohyb víček.

Vodná vrstva

Největší část slzného filmu tvoří vodná vrstva, která měří 4 – 8,5 μm . Obsah vodné vrstvy je produkován především slznou žlázou a v menší míře přídavnými žlázami Krauseho a Wolfringovými. Slzný film obsahuje mnoho iontů a molekul, mezi které patří elektrolyty, hydrogenové ionty, proteiny, enzymy, minerály a bílkoviny, mj. albumin, lysozym, laktoferin, imunoglobuliny a další.

Vodná vrstva zajišťuje přísun atmosférického kyslíku k epitelu rohovky. Díky laktoferinu, lysozymu a imunoglobulinu působí vodná vrstva antibakteriálně. Přítomnost elektrolytů v slzném filmu je zodpovědná za osmolalitu slz. Tyto základní ionty hrají důležitou roli v zachování epiteliální integrity. Také přítomnost proteinů v slzách má mnoho funkcí, mezi které patří slzení za účelem snížení povrchového napětí, lepší zvlhčování povrchu rohovky a spojivky. Vyrovnáváním drobných nerovností rohovky vytváří vodná vrstva optimální hladký povrch rohovky, který umožňuje vytvoření ostrého obrazu na sítnici. Důležitou roli hraje vodná složka slzného filmu i díky její vlastnosti odplavovat ze spojivkového vaku a z povrchu rohovky zbytky odumřelých buněk a bakterií. Mezi další důležité funkce patří transport

kovů, osmotická regulace a vyrovnávací paměť proti změnám, které by mohly ovlivnit rovnováhu.

Hlenová vrstva

Hlenová vrstva měří 0,02 – 0,05 μm . Na epitelu rohovky vytvářejí svou produkcí hlenovou vrstvu pohárkové buňky spojivky, kterých je nejvíce v nazálním dolním kvadrantu bulbární spojivky. Tato vrstva je složena z glykoproteinů, elektrolytů a devitalizovaných buněk.

Rohovkový epitel je hydrofobní, takže bez přítomnosti hlenové vrstvy by se nemohla vodná složka slzného filmu rovnoměrně rozprostřít po povrchu bulbu. Mezi funkce hlenové složky patří bobtnací schopnost, díky které se snižuje povrchové napětí bulbu a tím se hydrofobní vlastnost epitelu mění na hydrofilní. Na povrchu rohovky tedy mezi dvěma mrknutími vzniká intaktní film. Důležitá schopnost hlenové vrstvy je také ochrana epiteliálního povrchu. [1, 2, 3, 4, 23]



Obr. 1- Složky slzného filmu [1]

1.2 Další vlastnosti slz

Slzy jsou roztok s pH 7,3 – 7,7, což znamená, že jsou lehce izotonický nebo lehce hypotonický roztok. Stejně pH jako slzy má i krevní plazma. Jestliže se do spojivkového vaku dostane roztok s pH pod 6,6 nebo nad 7,8, vnímá člověk nepříjemný pocit.

Hlavní složkou slz, která je v slzném filmu zastoupena z 99 %, je voda. Zbylé 1 % je tvořeno tuky, proteiny, hlenem, krystaloidy a oloupanými epitelii. Enzymů je v slzách 12 různých druhů, např. lysozym, laktátdehydrogenáza, betalysin, amylázy, pyruvátkináza a další.

Jednu čtvrtinu všech proteinů obsažených v slzách tvoří lysozym, který patří mezi enzymy s baktericidním účinkem. Koncentrace lysozymu v slzách je značně vyšší než v jiných lidských tekutinách. V takové koncentraci, aby měl baktericidní účinek, je lysozym ještě obsažen v bílých krvinkách a nosním sekretu. Koncentrace lysozymu v slzách se může s věkem snižovat.

Další baktericidní enzym je betalysin. Jeho koncentrace v slzách je vyšší než v krevní plasmě. Betalysin i lysozym ovlivňují buněčnou stěnu, přičemž betalysin působí přímo na buněčnou stěnu, kdežto lysozym bakteriální stěnu rozpouští. [1, 2]

Tab. 1 - Chemické složení slz [1]

Organické látky	Anorganické látky
Sloučeniny proteinového charakteru	Kationty
- hlen	Sodík 142 nmol/l
- lysozym	Draslík 11,30 – 18,00 nmol/l
- prealbumin	Vápník 0,81 nmol/l
- IgA a IgG	Železo 0,02 nmol/l
- laktoferin	Anionty
- transferin	Chloridy 134,50 – 136,50 nmol/l
- plasmin	
- A amyláza	
- alkalická a kyselá fosfatáza	
- laktátdehydrogenáza	
- transaminázy	
- ceruloplasmin	
Aminokyseliny	
Močovina	
Glukóza	
Bilirubin	
Močová kyselina	
Askorbová kyselina	
Estery	
Steroly	
Triacylglyceroly	
Volné mastné kyseliny	

1.3 Produkce slz

Míra základní produkce slz je mezi 1 a 2 $\mu\text{l}/\text{min}$. Během dne se může míra produkce slz nepatrně měnit. Reflexní sekrece se zvyšuje po podráždění oka až na 7- 8,5 $\mu\text{l}/\text{min}$. Mezi příčiny vzniku zvýšené sekrece patří psychický stav při pláči nebo smíchu, reflex při podráždění senzitivních nervů např. při mrazivém větru. Další příčiny jsou záněty nosní sliznice, eroze na rohovce nebo podráždění sekretorického nervu při kašli. Naopak velmi zřídka se vyskytuje snížená tvorba slz. Z hlediska patologického stavu oka je častější hyposekrece než hypersekrece, přičemž má hyposekrece podobné příznaky jako syndrom suchého oka. Změny v produkci slz způsobují také kontaktní čočky. Tyto změny byly zaznamenány u nositelů RGP čoček, které krátkodobě zvýšily produkci slz jako výsledek podráždění oka během adaptace. Na kvalitu a kvantitu slzného filmu mají vliv i některé systémové léky. [1, 5]

1.4 Slzný film ve vztahu k činnosti víček

Základní roli při tvorbě slzného filmu hraje pohyb víček. Složitý mechanismus pohybu očních víček zajišťuje zároveň vyčištění oční štěrbin, tvorbu slzného filmu, nasávání slz do slzných cest a transport slz k slzným bodům.

Při procesu uzavírání víček jsou díky stahu musculus orbicularis stlačovány fornixy. Tímto mechanismem dochází k pročištění spojivkového vaku od odumřelých buněk a k vytlačení mazu z Meibomových žláz. Pohyb dolního víčka je směrem horizontálně nazálním, takže dochází k posunu slz a odumřelých buněk k slzným bodům.

K posunu a rozprostření slz při otevřených víčkách dochází ve dvou fázích. Pomocí kapilarity nejdříve horní víčko natáhne vodnou složku, na kterou se následně rozšíří tuková složka slzného filmu přímo z pohárkových žláz. Výrazný problém se může vyskytnout, jestliže je v kvalitě a kvantitě jednotlivých vrstev slzného filmu nerovnováha nebo pokud je přítomna porucha mrkání, která zhoršuje distribuci slz po povrchu bulbu. [2, 5]

1.5 Dynamika slzného filmu

Slzný film je na povrchu očního bulbu roztírán mrknutím, jehož normální frekvence je 5 – 12 mrknutí za minutu. Délka jednoho mrknutí je přibližně 0,2 sekundy. Díky mrknutí se část vodné složky dostane do slzných cest a zároveň je mucin roztírán po povrchu slzného filmu. Tloušťka lipidové vrstvy se při mrknutí mění. Jestliže je oko otevřené, slzný film se pomalu ztenčuje, vytvářejí se v jeho struktuře oschlá místa a lipidy se spojují s mucinovou vrstvou za současného porušení lipidového filmu. Proto je vyvolán reflex mrknutí, který lipidovou vrstvu ztlušťuje. Čas za jak dlouho dojde k roztržení slzného filmu od okamžiku otevření očí se nazývá „break up time“. Jako normální hodnoty jsou udávány hodnoty nad 10 sekund. Asi 20 % slzného filmu se vstřebává spojivkou, další nemalá část slzného filmu se odpaří. Odpařování závisí na okolním prostředí, hlavně na vzdušném proudění a na relativní vlhkosti ovzduší. Odpařováním zmizí přibližně 15 % slzného filmu. Největší množství slzného filmu je ale nasáváno slznými body. Z hlediska kontaktologie se za důležitý uvádí tzv. exponovaný slzný objem, který je tvořen tzv. nekulární vrstvou pokrývající spojivku a rohovku nacházející se v rozevřené oční štěrbině a tzv. víčkovým slzným prizmatem. Toto prizma se nachází při okraji horního a dolního víčka. Objem nekulární vrstvy je přibližně 1,75 μl a objem víčkového menisku činí 5,25 μl . Nejdříve bývá slzný film narušen na přechodu mezi víčkovým slzným meniskem a nekulárním slzným filmem. [5]

2 Vyšetření slzného filmu

Pro metody vyšetření slzného filmu je nejdůležitější biomikroskopie, která se provádí pomocí štěrbinové lampy. K posouzení celistvosti slzného filmu je potřeba velkého zvětšení a kvalitní optický systém. Metody, které vyšetřují slzný film, jsou dvojího typu. Jednak jsou to metody zkoumající množství slz. Mezi ně patří např. Schirmerův test. Druhý typ metod, které se zabývají vyšetřováním slzného filmu, jsou metody zkoumající kvalitu slzného filmu. Jde např. o ferning test nebo break-up time test.

2.1 Vyšetření kvantity slzného filmu

Testy sloužící k posouzení množství slzného filmu pomáhají změřit produkci slz. Pro odlišení jednotlivých testů je nutné rozlišit bazální a reflexní sekreci. Bazální sekrece je slzení, které produkují akcesorní Krauseovy a Wolfringovy slzné žlázy. Reflexní slzení zajišťuje hlavní slzná žláza. Některé testy vyšetřují pouze bazální sekreci, což jsou testy, které používají anestetika. Jiné vyšetřovací metody zjišťují bazální i reflexní sekreci. [6]

2.1.1 Měření výšky slzného menisku

Pomocí štěrbinové lampy

Množství slzného filmu se pomocí štěrbinové lampy pozná díky výšce slzného menisku. Slzný meniskus se nachází mezi okrajem bulbu a dolního víčka. Asi 90 % obsahu slzného filmu je přítomno právě v slzném menisku. K vyšetření se používá světelný paprsek široký 0,2 mm. Pomocí horizontálně nastaveného paprsku se posvítí na okraj dolního víčka, kde je porovnána šířka paprsku s výškou slzného menisku. Normální hodnoty slzného menisku jsou průměrně právě 0,2 mm. Slzný meniskus se

také může měřit pomocí měřicí mřížky, která je součástí okuláru některých šterbinových lamp. [3, 23]

Pomocí keratografu

V keratografu je pro účely měření slzného menisku zabudovaná speciální kamera. Na oku vyšetřovaného, které je vidět na obrazovce, vyšetřující zaostří a vyfotí slzný meniskus. Následně funkce měřítka vypočte výšku slzného menisku. [24]

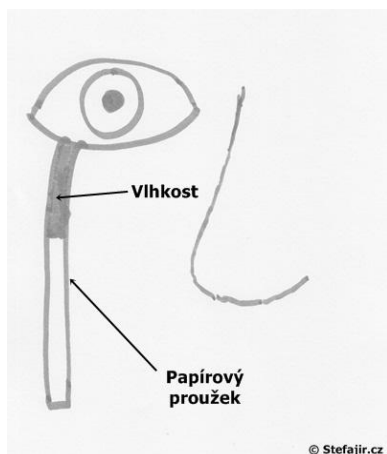
2.1.2 Schirmerovy testy

Schirmerův test se provádí pomocí filtračního papírku o velikosti 5 x 35 mm. Papírek se přehne cca 5 mm od horního okraje a vloží se do spojivkového vaku přibližně do zevní třetiny dolního víčka. Vyšetřovaný se má v průběhu testu dívat mírně vzhůru a může i mrkat. Při delším zavření očí, papírek v oku nepřiměřeně dráždí. Papírek se nechá v oku 5 minut, následně se opatrně vytáhne a lze změřit délku zvlhlé části.

Schirmerův test I bez anestetika měří současně reflexní i bazální sekreci, tzn. že měří totální sekreci slz. Normální hodnoty pro tento typ testu jsou nad 10 mm zvlhlé části za 5 minut. Hodnoty pod 5 mm se považují za patologické.

Schirmerův test I s anestetikem hodnotí pouze sekreci bazální. Test se provádí stejným způsobem jako Schirmerův test bez anestetika, ale probíhá v zatemněné místnosti. Jestliže není filtrační papírek dostatečně zvlhnutý, svědčí to o zhoršené činnosti akcesorních žlázek při podezření na zánětlivou dysfunkci.

Schirmerův test II hodnotí míru reflexní sekrece. Test se provádí stejným způsobem jako Schirmerův test I bez anestetika, ale rozdíl spočívá v tom, že se sliznice okamžitě po zavedení proužku podráždí vatovou štětičkou. Tím pádem nastane reflexní slzení, které místo po 5- ti minutách měříme po 2 minutách. Normální hodnoty jsou více než 15 mm. [6]



Obr. 2 - Schirmerův test [2]



Obr. 3 - Schirmerův test [3]

2.1.3 PRT (Phenol red thread) test

Tento test na zjištění množství slzného filmu je mnohem méně invazivní než vyšetření pomocí Schirmerova testu. K provedení PRT testu je zapotřebí dvouvrstvá bavlněná nit, která obsahuje fenolové červené barvivo. Fenolová červeň reaguje na pH slz tak, že se žlutá nit změní na červenou.

Test se provádí obdobně jako Schirmerův test. Nit dlouhá 70 mm se zvlněným koncem umístí do zevní třetiny spojivkového vaku a vyjme se po 15 sekundách. Pacient má během vyšetření zavřené oči. Po vyjmutí nitě z očí pacienta se změří délka nitě vlhčená slzami. Normální hodnoty se pohybují mezi 9 a 20 mm. Hodnoty nižší než 9 mm jsou patologické a mohou poukazovat na syndrom suchého oka. [23]

2.2 Vyšetření kvality slzného filmu

Tyto testy slouží k posouzení kvality jednotlivých vrstev slzného filmu. Nejdůležitější pro kvalitu slzného filmu je vrstva lipidová, která zabraňuje nadbytečnému vypařování slz. [7, 8]

2.2.1 Zrcadlový reflex

Vyšetření pomocí zrcadlového reflexu na štěrbinové lampě se využívá nejen k posouzení kvality slzného filmu, ale i k posouzení zadní a přední plochy čočky. Tloušťka paprsku při tomto vyšetření má být mezi 0,1 a 0,7 mm. Osy pozorovacího mikroskopu a světelného svazku musí svírat stejný úhel. Nejprve je třeba nastavit nejmenší zvětšení mikroskopu, následně se pohybuje ramenem mikroskopu od ramene štěrbinové lampy až ke 20°. Pokračuje se pohybem ramene štěrbinové lampy směrem od mikroskopu, přičemž se pozoruje povrch rohovky. Jakmile se v jednom okuláru zpozoruje oslnivý reflex, v druhém jsou vidět sledované struktury. U tohoto sledování struktur musí být nastaveno největší zvětšení.

Pomocí zrcadlového reflexu se hodnotí kvalita lipidové vrstvy slzného filmu. Ideální lipidová vrstva má na svém povrchu nepatrné vlnky, má viditelný vzor a je bledě modrá. Nedostatečně kvalitní lipidová vrstva, která vede k nadměrnému vypařování slz, se projevuje šedou barvou a rozšířeným síťovinovým vzorem. [7, 8, 23]

2.2.2 Ferning test

Ferning test je vyšetření, které slouží k hodnocení nedostatku mucinu v slzném filmu. Kapka slzného filmu se nechá na sklíčku vysušit. Jestliže slzný film obsahuje dostatek mucinu, bude při pohledu mikroskopem vidět pravidelný vzorec, který připomíná kapradí (ferning). Jestliže slzný film obsahuje mucinu nedostatek, vzorec bude nepravidelný. [6]

2.2.3 Break-up time test

Break-up time test (BUT) měří, jak je slzný film stabilní, především jeho hlenová vrstva. Test se provádí bez anestetik, protože ty v tomto případě zkreslují výsledky. Break-up time test se provádí pomocí fluoresceinu, který se kápne do spojivkového vaku. Následně by měl pacient několikrát mrknout, aby se fluorescein rovnoměrně rozprostřel po rohovce a spojivce. Hodnocení testu probíhá na štěrbinové lampě s modrým kobaltovým filtrem. Při pohledu přes štěrbinovou lampu se počítá, za jak dlouho od posledního mrknutí se slzný film roztrhnul. Že se slzný film roztrhnul, se pozná díky tmavým místům, která se začnou na spojivce vytvářet. Normální hodnoty tohoto testu jsou hodnoty nad 10 sekund. Tento test vykazuje nízké hodnoty u pacientů s poruchou hlenové či tukové vrstvy, zejména při nedostatku mucinu, nebo v případě patologického rohovkového epitelu. [6]

2.2.4 Lissaminová zeleň

Vyšetření pomocí fluoresceinu poukazuje na ztrátu epitelových buněk, ale vyšetření pomocí lissaminové zeleně zvýrazňuje odumřelé buňky. Výhodou lissaminové zeleně je to, že nezpůsobuje podráždění u pacientů se suchýma očima. Na normálním oku, které je nabarveno lissaminovou zelení, se neprojeví žádné zabarvení. [23]

2.2.5 NIBUT

Vyšetření NIBUT neboli non-invasive break-up time test je neinvazivní metoda, která měří, za jak dlouho se roztrhne slzný film od posledního mrknutí. Pro měření NIBUTu lze použít přístroj keratograf nebo Tearscope.

Keratograf

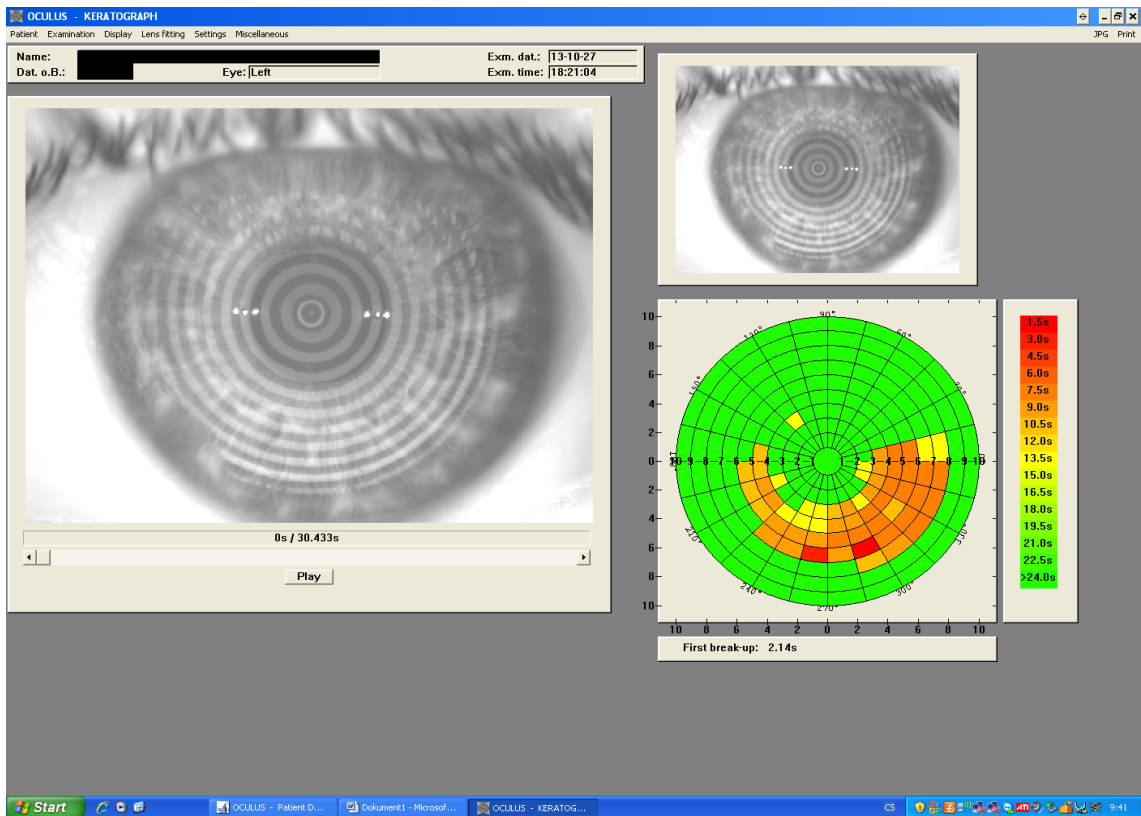
Velkou výhodou keratografu je možnost naměřená data zobrazit graficky nebo uložit a následně porovnat se staršími měřeními. Vyšetřující se také při vyšetření nemusí obávat působení tepla, které by mohlo ovlivnit výsledky naměřených hodnot. Do keratografu je totiž zabudováno 200 LED diodových žárovek, aby minimalizováno působení tepla na slzný film.

Při měření NIBUTu je na rohovku vyšetřovaného oka promítáno 22 Placidových kotoučů. Vyšetřovaný fixuje červeně svítící bod. Oko vyšetřovaného se zobrazuje na monitoru a vyšetřující pomocí joysticku musí nacentrovat keratograf na střed rohovky. Po nacentrování může vyšetřovaný dvakrát mrknout a následně musí vydržet co nejdéle bez mrkání. Ihned po dvojitým mrknutím vyšetřovaného začíná měření NIBUT. Měření se samo zastaví, jakmile dojde k rozpadu slzného filmu.

Keratograf okamžitě po měření vyhodnotí výsledky. Vyhodnocení se zobrazuje v podobě mapy a videa. Na mapě jde vidět, po jak dlouhé době docházelo k rozpadu slzného filmu na konkrétních místech rohovky. Na videu lze pomocí červených teček sledovat místa, kde zrovna došlo k rozpadu. Důležitý údaj, který keratograf také poskytuje, je časový údaj, kdy došlo k prvnímu roztržení slzného filmu.



Obr. 4 – Keratograf [4]



Obr. 5 – Výsledky NIBUT na keratografu [5]

Tearscope

Konstrukce přístroje Tearscope představuje 90 - ti mm polokulovitý pohárek s rukojetí a s centrálním otvorem o průměru 15 mm pro pozorování. Aby nedocházelo k vysušování slz během vyšetření, je vnitřní povrch pohárku osvětlen speciálně vyvinutým chladným katodovým zdrojem světla.

Během vyšetření má pacient hlavu posazenou na opěrce štěrbinové lampy. Světlo štěrbinové lampy je nutno nechat vypnuté. Teascope by měl být umístěn co nejbližší k oku a tak, aby bylo možné skrz otvor sledovat slzný film za využití jednoho z okulárů štěrbinové lampy. Světlo z Tearscope, které je odraženo od povrchu slzného filmu je vidět jako bílá oblast kruhového tvaru s průměrem 10- 12 mm. [23]



Obr. 6 – Tearscope [6]

3 Chlorovaná voda

Voda ve veřejných bazénech musí pravidelně procházet procesem desinfekce, aby se účinně zabránilo šíření infekčních nemocí. K desinfekci se nejčastěji využívá chloru. Použití chloru je účinné téměř proti všem bakteriím, virům a amébám. Do bazénové vody se znečištění dostane od návštěvníků, z vnějšího prostředí nebo znečištění vznikne během procesu úpravy vody jako vedlejší produkt. [25]

3.1 Využití chloru pro desinfekci veřejných bazénů

Protože voda ve veřejných bazénech prochází složitým procesem úpravy, jehož základem je chlor, označuje se jako voda chlorovaná. Chlor byl objeven v roce 1774 německým chemikem Carlem W. Scheelem. Jeho sloučeniny se používají jako výbušniny, pesticidy, pro bělení, jako chladicí směsi a samozřejmě i pro desinfekci vody. Za nejvhodnější desinfekci vody je považován ozon nebo oxid chloričitý, ale nejčastěji se však používá chlor. Využití chloru je nejrozšířenější především proto, že je jeho pořizovací cena velmi příznivá a jeho desinfekční účinnost pro potřeby plaveckých stadionů dostatečná. [26]

3.1.1 Proces desinfekce

Aby byla voda pro návštěvníky bazénu hygienicky nezávadná, musí pravidelně procházet procesem úpravy. Každý používaný typ úpravy vody se musí uzpůsobit tomu, aby vedlejší produkty desinfekce, které nepříznivě působí na lidské tělo, vznikaly v co možná nejmenší míře.

Desinfekce vody na veřejných bazénech se řídí velikostí vodní plochy, množstvím upravované vody, návštěvností, způsobem a četností aplikace chemických přípravků s důrazem na nízké náklady. Z výše uvedeného je patrné, že celý desinfekční proces vyžaduje přípravek, který musí fungovat za každých podmínek, musí působit rychle,

musí mít snadno kontrolovatelný účinek a v neposlední řadě musí být ekonomicky výhodný.

Při úpravě vody se nejčastěji využívá oxidace a desinfekce. V celém procesu desinfekce hraje oxidace důležitou roli. Přípravky, které jsou používány pro desinfekci vody, obsahují chemické látky. Při kontaktu těchto látek s vodou dochází právě k procesu oxidace, díky kterému je z vody odstraněna většina organické hmoty. Oxidace ve vodě totiž rozrušuje strukturu organických látek a tím zvyšuje konečný desinfekční účinek. Průběh a účinek oxidace závisí na povaze a koncentraci použité chemikálie, na chemickém a fyzikálním složení vody a na druhu a množství mikroorganismů ve vodě. Dále závisí na obsahu organických a anorganických látek, které podléhají oxidaci. Na výše zmíněných parametrech je závislé i stanovení optimálního množství desinfekčního prostředku. Na konečný účinek procesu desinfekce má významný vliv i doba kontaktu chemického prostředku s vodou.

K oxidaci se mohou použít deriváty chloru (HClO , NaCl , NaClO , ClO_2), deriváty ozonu (O_3) nebo je možné použít peroxid vodíku (H_2O_2). Aby bylo co nejvíce zamezeno vzniku vedlejších produktů desinfekce, používají se k oxidaci látky, které obsahují kyslík. Kyslík je ovšem sám o sobě velmi pomalým oxidačním činidlem. Naopak ozon patří mezi nejúčinnější oxidační prostředky. Ve vodě se ale ozon rozloží během několika minut. V praxi se nejvíce používá oxidace pomocí chloru, který je ve vodě poměrně stálý. Oxidaci chlorem je vhodné použít pouze tehdy, jestliže účinně likviduje pachotvorné látky a organismy vyvolávající pachové vjemy.

Během samotného procesu úpravy vody není použit pouze desinfikující přípravek, ale je použita řada dalších přípravků, které zajišťují úspěšnost desinfekce vody. Aby byla desinfekce dostatečně účinná, musí se zajistit správné pH vody. Proto se do vody dodávají další přípravky, které pH vody podle potřeby snižují nebo zvyšují. Mezi další používané chemikálie patří preventivní přípravky proti vzniku řas nebo přípravky, které zabraňují vzniku minerálních zákalů a zbarvení. Plavání v chlorované vodě tedy vzhledem k množství chemikálií v ní obsažených může mít nepříznivý vliv na lidský organismus. [26, 27]

3.1.2 Vedlejší produkty desinfekce

Během desinfekce vody mohou při vyšších dávkách chloru vznikat zdraví škodlivé látky označované jako vedlejší produkty desinfekce. Významná je reakce chloru s organickými látkami obsaženými ve vodě. Tyto organické látky mohou být přírodního původu nebo mohou být původu umělého, což znamená, že byly do vody zaneseny návštěvníky bazénu. Ve veřejných bazénech se vystřídá velké množství lidí. To způsobuje, že voda obsahuje i velké množství organických látek, jako jsou např. vlasy, pot, epitelové buňky moč, atd. Voda také obsahuje množství anorganických látek, mezi které patří nečistoty z nehtů nebo kožních záhybů. Bylo dokázáno, že i za přísných hygienických podmínek každý plavec přispívá do bazénu několika gramy organické hmoty. Organické látky jak přírodního tak umělého původu ve vodě způsobují organoleptické závady, mezi které patří zápach nebo zabarvení. Během desinfekce mohou při vyšších dávkách chloru, který působí na organické látky, vznikat sloučeniny halometanů, chloraminů, halogenoctových kyselin a další látky.

Tab. 2 - Přehled vedlejších produktů desinfekce [2]

Trihalogenmetany	Chloraminy	Halogenoctové kyseliny	Další látky
Chloroform (CHCl ₃)	Monochloramin (NH ₂ Cl)	Kyselina trichloroctová (CCl ₃ COOH)	Haloketony
Bromodichlorometan (CHBrCl ₂)	Dichloramin (NHCl ₂)		Trichloaldehydy
Dibromochlorometan (CHBr ₂ Cl)	Trichloramin (NCl ₃)		Trichlornitrometan
Bromoform (CHBr ₃)			

Trihalogenmetany jsou těkavé (nestálé) sloučeniny halogenů (např. chlor a brom) s metanem, které patří mezi zdraví škodlivé látky. Nejvýznamnější trihalogenmetan, který vzniká jako vedlejší produkt při chlorování vody, je trichlormetan neboli chloroform. Trichlormetany jsou z povrchové vody uvolňovány do ovzduší a jsou vdechovány nejen plavci ale i personálem plaveckého stadionu. Samotné trichlormetany se označují za karcinogenní a vznikají nejen při aplikaci samotného chloru, ale i jeho derivátů.

Chloraminy jsou stejně jako trihalogenmetany uvolňovány do vzduchu. U venkovních bazénů mají chloraminy a trihalogenmetany tendenci se rozptylovat do ovzduší. Naopak u vnitřních bazénů konstantní výroba chloraminů zajišťuje jejich vysokou koncentraci, která může být nebezpečná. Chloraminy jako vedlejší produkty desinfekce jsou zodpovědné za typický štiplavý zápach chlorované vody. Dále mohou způsobit podráždění očí a suchost kůže. Uvádí se, že potíže způsobené chloraminy začínají při koncentraci $0,3 \text{ mg/m}^3$, zatímco v bazénech se vyskytuje až $0,84 \text{ mg/m}^3$.

Aby se zabránilo vzniku těchto zdraví škodlivých látek, je na vnitřních bazénech důležité dostatečné větrání. Alespoň k částečnému zabránění vzniku vedlejších produktů desinfekce se v procesu chlorace dále používají speciální chemické prostředky. [27]

3.1.3 Typy desinfekce

V současnosti se nejčastěji pro úpravu vody využívá plynný chlor (Cl_2), chlornan sodný (NaClO) nebo oxid chloričitý (ClO_2). Další možností desinfekce vody je kombinace oxidace a desinfekce, přičemž se k oxidaci používá ozon a k desinfekci se využívá chloru. Voda se dá také upravovat pomocí UV lampy. Tento způsob není ale příliš účinný, takže se nejčastěji využívá v kombinaci s jiným typem desinfekce.

Tab. 3 – Výhody a nevýhody desinfekce [2]

Prostředek	Výhody	Nevýhody
Cl ₂ , NaClO	Menší provozní náklady	Závislost účinnosti na pH vody, vznik trihalogenmetanů
ClO ₂	Účinnost není závislá na hodnotách pH	Vyšší provozní náklady
O ₃	Vysoká oxidační a desinfekční účinnost	Vysoké provozní náklady, nebezpečí sekundární kontaminace
UV	Nevznikají hygienicky závadné produkty	Nebezpečí sekundární kontaminace, nelze použít k oxidaci

Plynný chlor

Pro desinfekci velkých veřejných bazénů s intenzitou recirkulace vyšší než 150 m³/h se pro desinfekci využívá převážně plynný chlor. Plynný chlor je nejkonzentrovější možná látka, která se může použít pro desinfekci vody pomocí chloru. Během úpravy vody plynným chlorem je potřeba přísně dodržovat bezpečnostní předpisy. Plynný chlor se nemůže dávkovat přímo do hlavního potrubí cirkulačního systému. Nejprve se musí rozpustit ve vodě v některé z malých paralelních větví. Následně se může tato chlorem nasycená voda vehnat do hlavního cirkulačního potrubí. Plynný chlor také snižuje pH vody, takže se musí stále zvyšovat pH vody pomocí dalších chemických přípravků.

Chlornan sodný

Přípravky na bázi chlornanu sodného se mohou používat u bazénů s menší intenzitou recirkulace, tzn. recirkulace do 150 m³/h. Tyto přípravky jsou tekuté a obsahují přibližně 10 – 14 % chloru. Chlornan sodný ovšem patří mezi látky nestabilní, protože jeho trvanlivost je velice krátká. U bazénů s vyšší intenzitou cirkulace se tento přípravek nevyplatí používat, protože je příliš rychle spotřebován. Při desinfekci vody chlornanem sodným dochází i k neustálému snižování pH vody. Je tedy nutné pH vody neustále chemicky vyrovnávat.

Oxid chloričitý

Velkou výhodou této látky je, že nereaguje s organickými látkami za vzniku trihalogenmetanů jako je to u chloru. Při použití oxidu chloričitého zůstává pH vody konstantní. Není tedy potřeba přípravků na vyrovnávání vodního pH. Oxid chloričitý má vysokou účinnost proti sporám, virům a řasám a má také vysokou schopnost odstraňování nánosů mikrobiologického původu v rozvodném systému. Prakticky žádné trichlorhalogenmetany se nevytvářejí v desinfekčním procesu při používání oxidu chloričitého.

Ozon

Protože patří ozon k nejúčinnějším oxidačním prostředkům, má tím pádem i vysokou desinfekční účinnost. Jeho velkou nevýhodou ale zůstává fakt, že se ve vodě rychle rozpouští. Je tedy velmi nestálý a pro provozovatele veřejných bazénů je z tohoto důvodu i velmi nákladný. Při používání ozonu je nutné kvůli jeho nestálosti používat velké dávky. Tyto velké dávky ovšem způsobují vznik výchozích látek, ze kterých se trichlorhalogenmetany tvoří. [26, 27]

Tab. 4 - Typy používané desinfekce [2]

	Chlor	Oxid chloričitý	Ozon	UV
Účinek desinfekce	Střední	Silný	Velmi silný	Střední
Doba působení	Hodiny	Dny	Minuty	Žádná
Závislost na pH	Velmi vysoká	Žádná	Střední	Žádná
Náklady	Nízké až vysoké	Střední	Střední až vysoké	Střední

3.1.4 Kontrola desinfekce

Celý proces desinfekce by měl být pod přísnou kontrolou. Součástí zařízení každého většího veřejného bazénu musí být systém na usměrňování koncentrace volného a vázaného chloru. Samozřejmostí je i systém na kontrolu pH vody. Tyto systémy mimo jiné umí většinou i regulovat teplotu vody. Na veřejných bazénech se musí pravidelně odebírat vzorky vody a provádět rozborů dle příslušných předpisů a norem. Cílem kontroly desinfekce je zachovat výhody plynoucí z plavání a co nejvíce snížit potencionální škodlivé účinky. [26, 27]

4 Vliv chlorované vody na lidský organismus

Plavání je všeobecně doporučená aktivita pro dosažení dobrého zdraví a pro prevenci onemocnění krevního oběhu, plicních onemocnění a pohybového systému. Nicméně byly v uplynulých letech publikovány četné studie, které se zaměřily na možné nebezpečí chlorovaných bazénů. Bylo zjištěno, že vedlejší produkty desinfekce mohou způsobit akutní i chronické riziko nejen pro plavce, ale i pro osoby, které se v blízkosti bazénu pohybují. Doposud byl zjištěn vliv chlorované vody na lidskou pokožku a na dýchací systém. Dále může chlorovaná voda negativně působit na oči i uši. Všechny obtíže vyvolané pobytem na plaveckém stadionu jsou připisovány přítomnosti chloraminů ve vodě a ve vzduchu. Jako další příčinou obtíží byly zmíněny trichlormetany, které jsou chemicky stabilní, a proto mohou ve vodě přetrvávat ve vyšších koncentracích. [14, 15]

4.1 Transport vedlejších produktů desinfekce do lidského těla

Na téma vlivu chlorované vody na lidské tělo bylo provedeno mnoho studií, ve kterých byl dokázán negativní vliv vedlejších produktů desinfekce na lidský organismus. Vedlejší produkty desinfekce se do lidského těla mohou dostat při požití vody, vdechnutím nebo při dermální absorpci.

Při požití vody je množství spolykané vody závislé na věku, pohlaví, technice dovedností ve vodě, na plaveckém stylu, na intenzitě plavání a na délce jeho trvání. Průměrně osoba za jednu návštěvu plavání požije 26,5 ml vody. V závislosti na věku je to 37 ml u dětí oproti 16 ml u dospělých. V závislosti na pohlaví je to průměrně 22 ml u mužů a 12 ml u žen.

Z 66 - ti % se vedlejší produkty desinfekce dostanou do lidského těla vdechnutím. Množství vzduchu, jaké plavec při pobytu v bazéně nadýchá, závisí na tempu plavání. U intenzivního plavání je průměrně vdechnuto 100 l/min, zatímco u plavání volnějšího je průměrně vdechnuto 5 l/min. Během dvouhodinového tréninku vdechnou plavci 4 - 6 g chloru, což přesahuje i mezní dávku chloru pro pracovníka po osmi hodinách pracovní doby. Koncentrace vedlejších produktů desinfekce se ale liší v závislosti

na druhu bazénu (venkovní nebo vnitřní). Na vnitřních bazénech je koncentrace trichlormetanu 100 mg/l, ale na venkovních bazénech je to 10 mg/l.

Při dermální absorpci se mohou některé produkty dostat do lidského těla přes povrchovou vrstvu lidské pokožky a následně se šířit do těla. Absorpce vedlejších produktů desinfekce také závisí na tempu plavání. Při hodinovém plavání je absorpce až sedmkrát vyšší než při pobytu ve vodě bez pohybu. Dermální absorpce také závisí na věku. Mladší jedinci jsou schopni absorbovat rychleji než starší osoby. Příjem škodlivin díky dermální absorpci je ale považován za nejméně významný způsob transportu vedlejších produktů desinfekce do lidského těla. [16, 17]

4.2 Potencionální negativní vlivy chlorované vody na lidské tělo

Lidské tělo je velmi citlivé na interakce s chemikáliemi. Kůže je na lidském těle největší orgán, proto je reakce mezi chlorovanou vodou a pokožkou v bazénu nevyhnutelná. Chlor může v lepším případě vést k vysoušení pokožky. V závažnějších případech může zhoršit kožní záněty u osob s atopickým ekzémem. Chemikálie v chlorované vodě negativně působí hlavně u malých dětí. Studie s cílem vyhodnotit účinky koupání v raném věku ukázala, že plavání malých dětí zvyšuje riziko infekce dýchacích cest a středního ucha a to zejména u geneticky predisponovaných dětí. Toto riziko je vyšší u dětí, které pravidelně plavou v krytých chlorovaných bazénech dříve než dosáhnou šesti let věku.

V roce 2004 proběhla v USA studie, ve které se vědci snažili prokázat vliv chlorované vody na dýchací cesty a na lidské oko. Ve vyspělých zemích byl dokonce prokázán nárůst astmatu, který většina autorů připisuje právě přítomnosti vedlejších produktů desinfekce v bazénech. Vypuknutí očních a dýchacích problémů po plavání v chlorované vodě je připisováno přítomnosti chloraminů ve vodě a ve vzduchu. Oční problémy jsou spojeny s chloraminem přítomným ve vodě a problémy dýchacích cest jsou zapříčiněny chloraminem přítomným ve vzduchu na veřejných bazénech. Z hlediska větrání vzduchu je tedy onemocnění dýchacích cest více pravděpodobné na bazénech vnitřních než u bazénů venkovních.

Aby bylo možné omezit potencionální negativní účinky vedlejších produktů desinfekce, je nutné řídit množství chemických látek používaných v plaveckých

bazénech, regulovat teplotu vody, udržet účinný větrací systém a určit přísná hygienická pravidla pro plavce. [15, 18]

4.3 Vliv chlorované vody na dýchací systém

Souvislost mezi plaváním a onemocněním dýchacích cest bylo nejprve zkoumáno v Belgii ve studii se školními dětmi. Výsledky ukázaly, že zvýšení propustnosti plicního epitelu způsobené vedlejšími produkty desinfekce vede ke zvýšené náchylnosti k astmatu. Paradoxně je ale plavání doporučováno astmatickým dětem kvůli teplému a vlhkému bazénovému ovzduší. Také byly zjištěny poruchy buněk, jejichž hlavním posláním je chránit plicní epitel.

Další provedená studie probíhala retrospektivně mezi hosty hotelu v USA, který měl k dispozici plavecký bazén. Hosté hotelu, kteří během pobytu navštívili plavecký bazén, byli v rámci 3 týdnů telefonicky dotazováni na svůj zdravotní stav po plavání v chlorované vodě. Z hlediska dýchacích cest se u dotazovaných hodnotil kašel, sípání, tlak na prsou a bolest v krku. Dotazník byl dokončen u 46 návštěvníků hotelu a dohromady 45 % z nich si stěžovalo na respirační obtíže. Bolest v krku uvádělo 19 % dotázaných, 35 % uvádělo kašel, 13 % tlak na prsou a 3 % návštěvníků bazénu si stěžovala na sípání. Syndromy nebyly spojovány s pohlavím, s diagnózou astmatu nebo alergiemi. 93 % osob, u kterých se projevíly dýchací symptomy, se věnovalo následujícím aktivitám: skákání do vody, stříkání vody, ponořování hlavy pod vodu a občasná spolknutí bazénové vody. Zbýlých 7 % návštěvníků, kteří pocíťovali respirační obtíže, bylo pouze přítomno v plaveckém areálu bez výše zmíněných aktivit. Délka trvání respiračních obtíží se pohybovala v rozmezí 2 minuty až 14 dní. [19, 20]

4.4 Vliv chlorované vody na oko

Plavání v chlorované vodě bez použití plaveckých brýlí často způsobuje zarudnutí očí, svědění a podráždění. Oční vyšetření může dokonce odhalit keratitidu nebo spojivkovou infekci. Po plavání mohou také vznikat edémy nebo eroze epitelu rohovky.

Subjektivní oční obtíže

U retrospektivní studie, která byla zmíněna v kapitole 4.3, byli hosté hotelu dotazováni také na oční obtíže způsobené pobytem v chlorované vodě. Z hlediska očních obtíží se u dotazovaných hodnotilo pálení očí, slzení, rozmazané vidění, obtížné otevírání očí a světloplachost. Ze 46 dotázaných osob uvedlo oční obtíže 71 %. Na pálení očí si stěžovalo 65 % osob, slzení postihlo 32 % a 3 % osob měla pocit obtížného otevírání očí. Stejně jako u průzkumu respiračních obtíží nebyly ani oční obtíže spojovány s pohlavím ani s alergiemi. Také se nebralo v úvahu používání kontaktních čoček. Všechny osoby, které postihly oční symptomy, uvedly, že se věnovaly skákání do vody, stříkaly vodu a ponořovaly hlavu pod vodu. Délka trvání očních obtíží se pohybovala v rozsahu 5- ti minut až 5- ti hodin. [19]

Vliv na rohovkový epitel

Mezi první příznaky přítomnosti edému rohovky patří vidění duhy nebo halo efekty kolem světla. Příznak eroze na epitelu rohovky se projevuje při pozorování přes šterbinovou lampu jako tečkovaný vzor na rohovkovém epitelu.

Podle vědců Haaga a Giesera se může poškození epitelu při plavání přičítat hned několika faktorům, mezi které patří pH vody, přítomnost chloraminu ve vodě nebo mechanické faktory. Nicméně už dále neurčili, jak jsou tyto faktory škodlivé pro povrch oka.

Podle japonských vědců by se po plavání neměly oči ani vyplachovat vodou z kohoutku, protože takováto voda také obsahuje určité množství chloru a to by mohlo mít další neblahé účinky pro povrch lidského oka. V této souvislosti byla provedena

studie, kdy byly dobrovolníkům lehce zavlažovány oči, což mělo simulovat plavání v chlorované vodě a následné vypláchnutí očí kohoutkovou vodou.

Studie se zúčastnilo 10 dobrovolníků. Z toho bylo 5 mužů a 5 žen. Ani jeden z těchto dobrovolníků neprodělal rok před zahájením studie onemocnění očí, oční operaci, nepoužíval žádné oční léky, ani nenosil kontaktní čočky. Během studie byly dobrovolníkům oplachovány oči čtyřmi různými tekutinami - fyziologickým roztokem soli (PSS), destilovanou vodou (DW), vodou z vodovodu a chlorovanou vodou. Chlorovaná voda byla připravena rozpuštěním tablety dichlorocynurátu sodného v PSS. Takto připravená chlorovaná voda byla použita ihned po rozpuštění tablety. Následně bylo každé oko zavlažováno 250 ml tekutiny pomocí speciálně vyrobených lahví. Zavlažování nejprve probíhalo pomocí PSS, dále DW, vodou z vodovodu a nakonec chlorovanou vodou. Po zavlažování oka jednou tekutinou byl vynechán týden, než se začalo zavlažovat tekutinou další.

Tato studie při hodnocení pomocí konfokální mikroskopie ukázala na poškození buněk rohovky a na vznik edému na epitelu rohovky při zavlažování chlorovanou vodou. Chlorovaná voda způsobila snížení bariérové funkce rohovky. Po zavlažování chlorovanou vodou docházelo při zhodnocení pomocí fluoresceinu k absorpci fluoresceinu rohovkou. K tomuto při zavlažování ostatními typy tekutin nedošlo. Po zavlažování chlorovanou vodou byly také prokazatelné změny v morfologii rohovky. V povrchové vrstvě rohovkového epitelu byla patrná depozita. Bylo tedy prokázáno, že má chlorovaná voda škodlivé účinky na epitel rohovky.

Chlor ve vodě vytváří volný zbytkový chlor, který má silný desinfekční účinek. Tento zbytkový chlor ale reaguje s dusíkatými látkami ve vodě, jako jsou například sliny, pot nebo moč, za vzniku chloraminů. Tyto chloraminy mají mnohem menší desinfekční účinek. Z toho vyplývá, že se musí chlor v pravidelných intervalech do vody přidávat. Poškození epitelu rohovky při plavání v chlorované vodě způsobuje právě volný zbytkový chlor. Toto poškození epitelu rohovky je prokázáno při zavlažování oka chlorovanou vodou nikoli vodou z kohoutku, protože koncentrace chloru v kohoutkové vodě je přibližně 10x nižší. Voda z vodovodu způsobuje poškození epitelu spojivky, kdežto při chlorované vodě je poškozen epitel spojivky i rohovky. Dále docházelo při zavlažování jak vodou z vodovodu tak chlorovanou vodou k vymývání mucinu ze slzného filmu, přičemž přítomnost mucinu je nezbytná pro stabilitu slzného filmu. Tato studie přesně nenasimulovala plavání v chlorované vodě, protože v souvislosti poškození epitelu rohovky je nutné ještě zvážit počet

skutečně strávených hodin v bazénu, četnost otevírání očí pod vodou a druh činnosti prováděné ve vodě. Ve studii však bylo prokázáno, že plavání v chlorované vodě bez plaveckých brýlí a následné vyplachování očí vodou z vodovodu má nepříznivé účinky na epitel rohovky, spojivky i na slzný film. Škodlivý účinek je však dočasný. Jeho trvání není delší než jeden den. [21]

4.5 Vliv chlorované vody na personál plaveckých stadionů

Vedlejší produkty desinfekce nepůsobí pouze na plavce, kteří tráví hodiny ve vodě, ale i na personál plaveckého stadionu, který se pohybuje v okolí bazénu. I v případě trenérů, instruktorů či plavčků není inhalace vedlejších produktů desinfekce zanedbatelná.

Ve studii, která byla provedena v USA, bylo dokázáno, že je u plavců vyšší výskyt astmatu než u sportovců pohybujících se na čerstvém vzduchu. Studie zdůrazňuje, že prostředí, ve kterém se sportovec pohybuje, má významný vliv na vznik astmatu nebo dýchacích problémů. Nejdůležitější rizikové faktory pro vznik astmatu jsou stáří a množství plaveckých tréninků. Podle studie se průdušková hyperaktivita vyskytuje u 48 % plavců a pouze u 16 % neplavců. U plavců se také častěji objevují podráždění očí, kašel, podráždění v krku, bolest uší a bolesti hlavy. U plavců je také zvýšené riziko rakoviny močového měchýře a 5x vyšší výskyt zubních skvrn. Riziko tvorby zubních skvrn se zvyšuje s narůstajícím počtem tréninkových hodin.

Díky přítomnosti trichloraminů ve vzduchu se u nich také častěji objevují podráždění očí a krku. Pracovníci bazénu mají zvýšené predispozice pro záněty vedlejších nosních dutin a pro chronické nachlazení a bolesti v krku. Ti pracovníci, kteří navíc ještě ve volném čase chodí pravidelně plavat, mají také prokázáno větší riziko výskytu respiračních problémů spojených s rýmou, překrvením nosní sliznice, kýcháním, slzením a bolestí očí. Kromě toho, jestliže je na plaveckém stadionu příliš vysoká teplota a vlhkost vzduchu a není dostatečné větrání, vyskytují se u pracovníků bazénů respirační problémy a alergické příznaky až 4x častěji. [18]

5 Ochrana zraku a vidění ve vodě

Touha člověka vše prozkoumat vedla samozřejmě i pod vodu. Voda je však pro lidské oko nepřirozené prostředí hned ze dvou hledisek. První hledisko se týká vidění ve vodě. Lidské oko není bohužel přizpůsobeno vnímat obraz pod vodní hladinou ostře. Druhé hledisko se týká sníženého komfortu oka ve vodě. Voda má schopnost nejen lidské oko podráždit ale i způsobit nepříjemnou infekci.

5.1 Vidění pod vodou

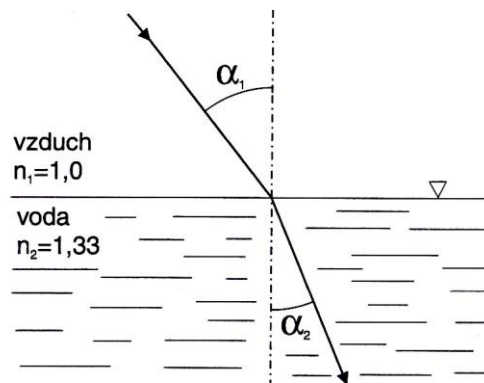
K přijímání světelných podnětů lidem slouží zrak. Světelné paprsky jsou součástí elektromagnetického záření. Elektromagnetické záření, které je vnímáno lidským okem, má vlnovou délku 0,38 – 0,76 μm a má bílou barvu. Toto světlo bílé barvy obsahuje elektromagnetické záření různých vlnových délek, které oko vnímá jako barvu fialovou, modrou, zelenou, žlutou, oranžovou a červenou. Světlo, které je vnímáno jako fialové má ze zmíněných barev nejkratší vlnovou délku a červené světlo má vlnovou délku nejdelší. Rozložit bílé světlo na spektrum výše zmíněných barev je možné pomocí hranolu. V homogenním prostředí se elektromagnetické záření šíří přímočaře. Avšak na rozhraní prostředí, které mají různou hustotu například voda a vzduch, dochází k lomu neboli ke změně směru šíření. Při přechodu světelných paprsků z jednoho prostředí do druhého dochází také částečně k odrazu světla.

Jestliže se světelné paprsky šíří z prostředí s menší hustotou do prostředí s větší hustotou, paprsek se láme směrem ke kolmici k rozhraní. Jestliže se paprsky šíří z prostředí s větší hustotou do prostředí s menší hustotou, paprsek se láme od kolmice. Lom světla nastává, protože se světlo v různých prostředích pohybuje různou rychlostí.

Lom světelného paprsku lze vyjádřit pomocí zákona lomu, který je vyjádřen vztahem:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

kde α_1 – úhel mezi paprskem a kolmicí k rozhraní v prostředí s menší hustotou,
 α_2 – úhel mezi paprskem a kolmicí k rozhraní v prostředí s větší hustotou,
 n_1 – index lomu prostředí s menší hustotou,
 n_2 – index lomu prostředí s větší hustotou.



Obr. 7 – Zákon lomu [7]

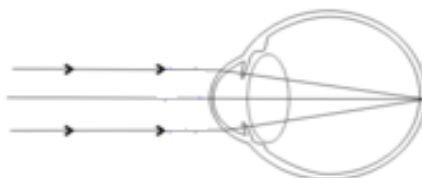
Index lomu určitého prostředí je definován jako poměr rychlosti světla ve vakuu k rychlosti světla v daném prostředí. Například při průchodu světla ze vzduchu do vody platí následující rovnice:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,333}{1} = \frac{4}{3}.$$

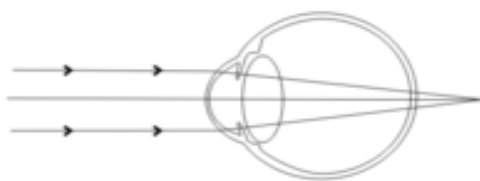
Tab. 5 - Indexy lomu světla [3]

Index lomu světla ve vodě	1,33
Index lomu světla ve vzduchu	1,00
Index lomu rohovky	1,38
Index lomu sklivce	1,34
Index lomu čočky	1,41
Index lomu komorové vody	1,34

Optický systém oka soustřeďuje světelné paprsky odražené od pozorovaného předmětu na sítnici. Než se světelný paprsek dostane na sítnici, musí projít rohovkou, komorovou vodou, čočkou a sklivcem. Lidské oko je dokonale uzpůsobeno pro vidění na vzduchu. Oko je složeno převážně z vody, takže při přechodu světelných paprsků ze vzduchu do oka dochází k lomu paprsků. Na sítnici se tedy může vytvořit ostrý obraz. Při pozorování předmětů pod vodní hladinou přecházejí světelné paprsky z vody do nitrooční tekutiny, k lomu tedy téměř nedochází. Tím pádem se paprsky, které přicházejí do oka pod vodou, sbíhají až za sítnicí. Na sítnici se vytvoří rozmazaný obraz, díky kterému člověk rozeznává předměty pod vodou jen velmi obtížně. Obraz, který oko vnímá, by byl srovnatelný s případem, kdy před oko předsadíme silnou rozptylnou čočku. Výjimkou je oko s vysokou vadou myopie, které vidí pod vodou lépe než oko zdravé.



Obr. 8 – Dopad světelných paprsků na sítnici ze vzduchu [8]



Obr. 9 – Dopad světelných paprsků za sítnici z vody [8]

Indexy lomu světla ve vodě, ve vzduchu a v jednotlivých strukturách oka, kterými světelný paprsek prochází, jsou uvedeny v tabulce č. 5. Z výše uvedených indexů lomu je tedy patrné, že lomivost čočky je jen o 1/10 větší než index lomu světla ve vodě. Jediní zástupci živočišné říše, kteří vidí skvěle pod vodou, jsou ryby, jejichž oční čočka je kulovitá a má dostatečně vysoký index lomu, aby světelné paprsky dopadaly přesně na sítnici.

Špatné vidění pod vodou by šlo korigovat brýlemi, které by měly čočky s vysokým indexem lomu. Jedině takové brýle by zajistily jasné vidění pod vodou. Při pohybu ve vodě je ale mnohem praktičtější používat plavecké brýle, ve kterých je mezi okem a vodou uzavřen vzduch. Konstrukce plaveckých brýlí a vidění s nimi pod vodní hladinou bude popsáno v kapitole 5.2.1.

Voda také ovlivňuje vidění díky pohlcování částí světelného spektra delších vlnových délek. Čím je vlnová délka delší, tím více je světlo pohlcováno. Červená složka slunečního spektra proniká bez zeslabení maximálně do hloubky jednoho metru. V hloubce pět metrů pod hladinou má již jen asi 10 % původní intenzity. Jen o něco méně je pohlcována žlutá a oranžová složka slunečního spektra. Červené, oranžové nebo žluté předměty jsou v hloubce okolo deseti metrů černé nebo hnědé. Zelená, modrá a fialová barva je pohlcována nejméně. Několik metrů pod hladinou dostávají tedy všechny barvy ve vodě modro-šedo-zelený nádech. Ve větších hloubkách už barva mizí úplně. Aby byly hluboko pod hladinou vidět všechny předměty v jejich skutečných barvách, je nutné je osvětlit bílým světlem, které všechny barevné složky obsahuje.

Maximální průhlednost poskytuje čistá voda pro vlnovou délku 0,48 μm , kterou lidské oko vnímá jako modrou barvu. Ve zkalené vodě je však průhlednost posunuta k vlnovým délkám 0,53 μm , což je pro oko žlutozelená barva. Je tedy logické,

že v čisté vodě převažuje modrá barva, kdežto ve zkalené vodě převažuje žlutozelená.
[9, 12, 28, 29]

5.2 Ochrana očí

Lidské oko je velice křehké a náchylné vůči vnějšímu prostředí. Ochranu očí před zasažením vodou zajišťují hlavně plavecké brýle. Avšak neúčinnější ochranou před infekcí oka je použití plaveckých brýlí a následně po plavání vypláchnutí oka borovou vodou.

5.2.1 Plavecké brýle

Plavecké brýle se používají nejen u synchronizovaného plavání, ale i při klasickém plavání, plavání s ploutvemi nebo skocích do vody. Brýle mají dvě hlavní funkce. Nejdůležitější je ochrana očí ve vodě. Další funkcí je, že plavecké brýle zajišťují pod vodou komfortnější vidění.

Konstrukce plaveckých brýlí a manipulace s nimi

Základní tvar pro konstrukci plaveckých brýlí je skořepina, která je lemovaná silikonovým těsněním. Skořepiny pro pravé a levé oko jsou spojeny pružnou spojkou, která je vyměnitelná. Na hlavě plavecké brýle drží pomocí gumového nastavitelného pásku. Kromě výše popsané konstrukce plaveckých brýlí se využívá i odlehčené konstrukce bez silikonového těsnění. Tento typ brýlí se označuje jako „skořápky“. Vnitřní část plaveckých brýlí je pokryta antireflexní a proti - zamlžovací vrstvou. Aby se tyto vrstvy nepoškodily, musí se brýle po každém plavání nechat vyschnout bez mechanického otírání.

Manipulace s plaveckými brýlemi je velmi jednoduchá. Před plaváním se nejprve nasadí obě sklička na oči a teprve potom se zajistí a utáhnou přetažením pásky

přes hlavu. Pokud by se tento postup nedodržel, hrozí poranění oka. Po plavání se nejdříve přetáhne přes hlavu páska a poté se mohou brýle sundat z očí.

Ochranná funkce plaveckých brýlí

Při klasickém plavání stejně jako u synchronizovaného plavání se člověk nepotápí do výraznější hloubky. Není tedy potřeba použití potápěčské masky vyrovnávající hydrostatický tlak. K ochraně očí stačí použití klasických plaveckých brýlí.

Plavecké brýle na rozdíl od potápěčské masky nechávají volný nos. Do masky je tedy možné i pod vodou nosem foukat vzduch a tím vyrovnávat hydrostatický tlak. Toto není s klasickými plaveckými brýlemi možné. Při potopení vzniká v brýlích podtlak, který může vést až k popraskání cévek v oku. Proto se plavecké brýle využívají pouze ke sportům na vodní hladině. Potopení s plaveckými brýlemi je bezpečné maximálně do hloubky dvou metrů.

Používání plaveckých brýlí má řadu výhod. Nejdůležitější výhodou používání plaveckých brýlí je, že při plavání chrání oko od působení chlorované vody. Chlorovaná voda způsobuje zarudnutí očí, nepříjemné pálení či pocit suchého oka. Výhoda plaveckých brýlí oproti používání potápěčské masky spočívá v tom, že je možné při plavání vydechnout nosem. Další výhodou je, že se při plavání na zádech nedostane do dýchacích orgánů voda.

Vidění pod vodou s plaveckými brýlemi

S plaveckými brýlemi vidí lidské oko pod vodou ostře. Jak již bylo zmíněno, díky plaveckým brýlím se oční bulbus bezprostředně nestýká s vodou. Mezi vodou a okem je uzavřen vzduch, což umožňuje zachovat funkci oka při vytváření ostrého obrazu. Světlo tedy přichází do oka ze vzduchu, takže se paprsky sbíhají přímo na sítnici.

Zorník plaveckých brýlí musí být zhotoven z naprosto rovného skla, aby se minimalizovalo zkreslování obrazu. Přesto k určitému zkreslení dochází. Protože jsou ve vodě a ve vzduchu rozdílné úhly lomu světla, mozek vyhodnocuje viděný předmět ve vodě pod větším (zdánlivým) úhlem. Mozek tím pádem neumí sám vyhodnotit,

zda je sledovaný předmět větší, ale ve skutečné vzdálenosti, nebo stejně velký jako ve skutečnosti, ale blíže.

Lom světelných paprsků při použití plaveckých brýlí nebo potápěčské masky je znázorněn na obrázku č. 10. Na obrázku je l_o mnohem menší než l , platí tedy:

$$\sin \alpha_1 \cong \text{tg} \alpha_1 \cong \frac{v'}{l'} = \frac{v''}{l}, \quad \sin \alpha_2 \cong \text{tg} \alpha_2 \cong \frac{v}{l}, \quad \text{kde } v' = v.$$

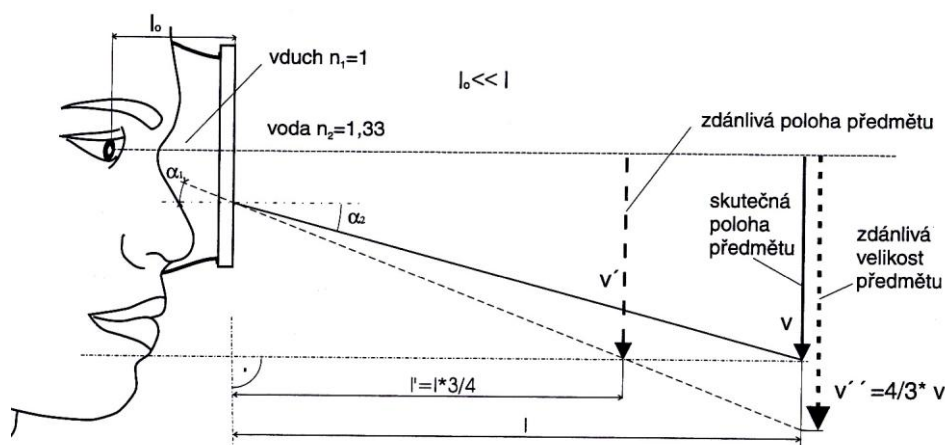
Z uvedených vztahů a ze Snellova zákona lze pro zdánlivou a skutečnou velikost pozorovaného předmětu odvodit:

$$\frac{v''}{v} = \frac{l \cdot \sin \alpha_1}{l' \cdot \sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Po dosazení $n_2 = 1,33$ a $n_1 = 1$ a vyjádření v'' platí:

$$v'' = \frac{4}{3} v.$$

Zdánlivý obraz je tedy o 1/3 větší než je skutečná velikost předmětu.



Obr. 10 – Vidění pod vodou s plaveckými brýlemi [7]

Při pohledu očí do nekonečna jsou osy obou očí rovnoběžné. Při pohledu na blízký předmět se stáčí osy očí tak, aby se protínaly v témže bodě pozorovaného předmětu. Obrázek č. 11 znázorňuje čerchovanou čarou paprsky, které dopadají do obou očí z bodu A předmětu pozorovaného ve vzduchu. Stejný bod pozorovaný pod vodou prostřednictvím plaveckých brýlí by byl vidět, jestliže by se oči natočily do směru vyznačeného na obrázku čárkovaně. V tomto směru dopadají do oka paprsky z bodu A po lomu na rozhraní vzduchu a vody.

Bod A je vidět blíže, je tedy zdánlivě viděn v místě A'. Pro poměr zdánlivé a skutečné vzdálenosti platí:

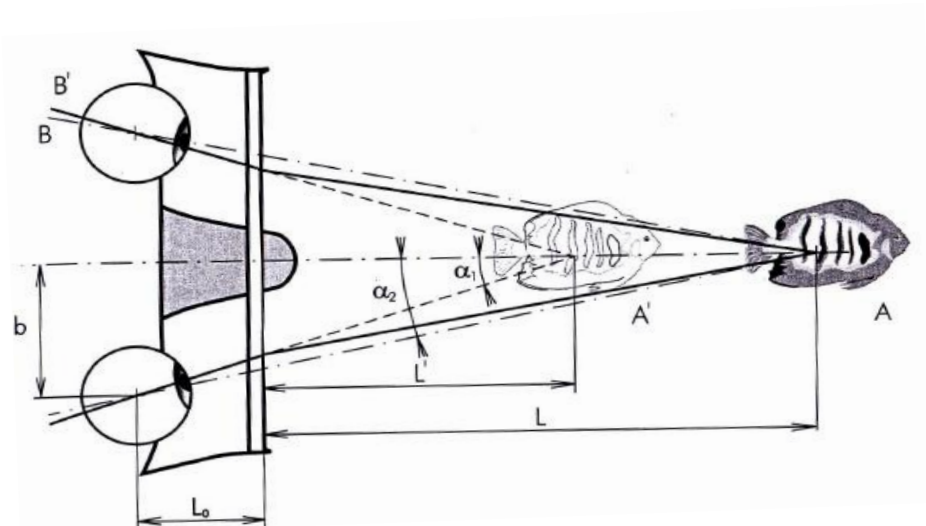
$$\sin \alpha_1 \cong \operatorname{tg} \alpha_1 \cong \frac{b}{l'}, \quad \sin \alpha_2 \cong \operatorname{tg} \alpha_2 \cong \frac{b}{l},$$

$$\frac{l'}{l} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Po dosazení $n_2 = 1,33$ a $n_1 = 1$ a vyjádření l' platí:

$$l' = \frac{3}{4}l.$$

Z výše uvedeného vztahu je jasné, že předmět, který je pozorovaný pod vodní hladinou, se jeví ve třech čtvrtinách skutečné vzdálenosti. Obecně platí, že předměty, které jsou vidět blíže, se jeví jako větší.



Obr. 11 – Zkreslení velikosti a vzdálenosti obrazu pod vodou [7]

Jelikož plavci nepotřebují vidět do blízka, řeší se při plavání pouze korekce do dálky. Možnostmi korekce jsou buď kontaktní čočky, nebo speciální plavecké brýle. U těchto plaveckých brýlí se musí korekce přizpůsobit jiné vzdálenosti brýlové čočky od očí.

Výběr dioptrických plaveckých brýlí je omezen. Vyrábějí se pouze od 0,5 D po 1 D sféry. Torické plavecké brýlové čočky se nevyrábějí vůbec. Plavecké brýle nelze ani nacentrovat na konkrétní rozteč zornic. Ta je u brýlí vždy daná.

Plavání s měkkými kontaktními čočkami je velice rizikové, co se týče hrozby infekce. Doporučuje se používat jednodenní kontaktní čočky, které je potřeba hned po plavání vyhodit. V případě RGP čoček může ve vodě dojít k vyplavení čočky z oka. [10, 11, 12, 22, 30]

5.2.2 Borová voda

Borová voda je 2 % roztok kyseliny borité, která je v plné koncentraci vysoce jedovatá. Používá se především jako dezinfekce očí, např. po operacích, vniknutí cizího tělesa do oka nebo po plavání. Borová voda se také může uplatnit jako dezinfekce uší nebo pleti při výskytu akné. [31, 32]

6 Synchronizované plavání

Synchronizované plavání neboli akvabely je sport, kterému se až na pár výjimek věnují výhradně dívky. Tento sport se řadí mezi esteticko-koordinační sporty, kam patří např. krasobruslení, sportovní aerobic nebo gymnastika. Synchronizované plavání se provozuje za doprovodu hudby ve vodě. Pohyb ve vodě se díky jejím fyzikálním zákonům provádí zcela jinak než na suchu. Jelikož má voda 200x větší hustotu než vzduch, vytváří při pohybu mnohem větší odpor, také člověka nadnáší, má vliv na stabilitu těla, na energetický výdej i na tepelnou vodivost.

Synchronizované plavání vede díky pravidelnému, soustavnému a cílevědomému tréninku se stoupající náročností ke zvyšování fyzické kondice. Koncepce tréninků je sestavena tak, aby u plavkyň docházelo k dokonalému ovládnutí pohybu a ke zvyšování koordinace ve vodním prostředí. Mimo jiné má synchronizované plavání příznivý vliv na rozvoj oběhové a dýchací soustavy.

Další charakteristikou synchronizovaného plavání je, že se jedná o individuální a zároveň kolektivní sport. Při přesném zvládnutí pohybů se zadržným dechem musí plavkyně překonat sebe samu. Jelikož jsou akvabely i týmový sport, musí za sebe každá plavkyně přebírat zodpovědnost. Jakkoli nesprávně provedený pohyb totiž vede k bodové srážce pro tým.

V synchronizovaném plavání představuje sportovní výkon přesně, dokonale, esteticky a optimálně technicky předvedenou obtížnou pohybovou sestavu. Pravidla synchronizovaného plavání jsou přesně definovaná v oficiálních pravidlech, podle kterých se musí řídit každý mezinárodní závod. U domácích závodů, pořádaných pouze v rámci České republiky, určí pořadatel odchylky od oficiálních pravidel, které je ochoten tolerovat.

Věkové kategorie jsou u tohoto sportu rozděleny podobně jako u většiny sportů:

- žákyně A, B (7, 8 let)
- mladší žákyně (9 - 12 let)
- starší žákyně (13 - 15 let)
- juniorky (16 -18 let)
- seniorky (18 let a starší).

Děvčata soutěží v následujících disciplínách:

- povinné figury
- volné sestavy (sólo, duo, tým, kombinovaná sestava)
- technické sestavy (sólo, duo, tým).

V synchronizovaném plavání se hodnotí přesnost provedení pohybu. U povinných figur se hodnotí technické provedení. U volných sestav rozhodčí hodnotí jak techniku, tak synchronizaci závodnic, synchronizaci s hudbou, kreativitu a originalitu sestavy. Technické sestavy musí obsahovat povinné prvky, u kterých se samozřejmě zase hodnotí technické provedení.

Úbor akvabel na povinné figury se skládá z černých celkových plavek a bílé čepice. Na sestavy potom plavkyně využívají flitry zdobené plavky, ušité přímo pro sestavu, se kterou závodí. Plavky, ozdobný čepček ve vlasech a líčení přispívá při sestavě k celkovému uměleckému dojmu. [13, 33]



Obr. 12 – Akvabely [9]

7 Výzkumná část

Pobyt v chlorované vodě může mít neblahý vliv na lidské tělo. Byly zjištěny škodlivé účinky chlorované vody na lidskou pokožku, uši nebo dýchací systém. Chlorovaná voda také může nepříjemně podráždit oči. Oči jsou po plavání červené, slzí a byla dokázána i přítomnost edémů rohovkového epitelu. Z hlediska slzného filmu ovlivňuje plavání v chlorované vodě jeho stabilitu díky vymývání mucinu.

7.1 Cíle práce

Tato diplomová práce byla vytvořena s cílem ověřit vliv chlorované vody na slzný film. Konkrétně byl měřen vliv chlorované vody na kvalitu a kvantitu slzného filmu. Základní otázky pro výzkumnou část této diplomové práce byly, jestli chlorovaná voda ovlivňuje kvantitu slzného filmu, zda zhoršuje jeho kvalitu a zda se slzný film po určité časové jednotce začíná vracet do normálu.

7.2 Vyšetřované osoby

Měření kvantity slz se zúčastnilo čtyřadvacet probandů a měření kvality slz se zúčastnilo třidvacet probandů, jejichž věk se pohyboval v rozmezí 15 – 35 let. Všichni probandi museli splňovat podmínky výzkumné studie. Jednou z podmínek výzkumné studie bylo zdraví. V době měření nesmělo být u probandů diagnostikované žádné oční onemocnění, které by mohlo ovlivnit slzný film, jako je například zánět spojivek. Hlavní kritérium představovalo aktivní členství v klubu synchronizovaného plavání. Probandi do studie byli vybráni tedy pouze z řad akvabel. Na refrakční vadu nebyl brán zřetel.

7.3 Adaptace akvabel na chlorovanou vodu

Všichni probandi, kteří byli vybráni do této výzkumné studie, patří k aktivním členkám klubu synchronizovaného plavání Univerzity Palackého v Olomouci. Do studie byly vybrány pouze akvabely kvůli předpokladu snadnější a rychlejší adaptace na chlorovanou vodu. Tento předpoklad vychází z počtu hodin strávených týdně v chlorované vodě. Olomoucké akvabely mají kromě hodin baletu, gymnastiky a posilování pětkrát týdně dvouhodinový trénink ve vodě. Jednou měsíčně se potom koná víkendové soustředění, při kterém stráví ve vodě cca dvanáct hodin během tří dnů. Na běžném tréninku akvabely používají plavecké brýle. Oči tedy nepřijdou do kontaktu s vodou ve velké míře. Závodní sestavy se však z estetických důvodů plavou bez plaveckých brýlí. K natrénování sestavy děvčata plavecké brýle používat mohou. Ovšem čtrnáct dní před každými závody už děvčata trénují sestavy bez brýlí. Akvabely jsou tedy mnohem více zvyklé vystavovat své oči působení chlorované vody než široká veřejnost.

7.4 Metodika práce

Všechna měření probíhala na plaveckém stadioně v Olomouci. Testování muselo být přizpůsobeno tréninkům členek sportovního klubu synchronizovaného plavání Univerzity Palackého v Olomouci. Probíhalo tedy vždy během večerního tréninku a pro všechny účastníky studie byly nastaveny stejné podmínky. Všichni probandi byli nejprve poučeni o provedených vyšetřeních a následně podepsali informovaný souhlas, jehož znění je v příloze č. 6.

Samotné měření mělo dvě části. Nejprve se u probandů změřilo množství slz pomocí Schirmerova testu. Později byla pomocí keratografu Oculus změřena kvalita slz. Obě části měření proběhly vždy před plaváním, ihned po čtyřiceti pěti minutách plavání bez plaveckých brýlí a následně za určitý časový interval.

Měření množství slz pomocí Schirmerova testu proběhlo přesně podle postupu, který byl popsán v kapitole 2.1.2. Měření filtračním papírkem proběhlo celkem třikrát a to u obou očí současně. V případě, že zvlhnul celý filtrační papírek dříve, než uběhlo pět minut, byl okamžitě vyměněn za nový a výsledná hodnota potom představovala součet

zvlhlé části na každém použitém filtračním papírku. Nejprve byl test proveden před plaváním, poté ihned po plavání. Nakonec proběhlo měření za dvě hodiny po plavání kvůli zhodnocení rychlosti obnovy množství slzného filmu. Interval dvou hodin byl zvolen na základě dotazů na subjektivní stav oka po plavání u akvabel, kdy převážná většina udávala po dvou hodinách po skočení tréninku návrat k počátečnímu očnímu komfortu. Tento časový interval potvrdila i MUDr. Hrabčíková, která působí na Oční klinice v Olomouci.

Průběh vyšetření kvality slz pomocí keratografu Oculus byl blíže popsán v kapitole 2.2.5. U tohoto neinvazivního měření byl proveden předvýzkum, aby byl zjištěn časový interval, který by udával, za jak dlouho po plavání začíná docházet ke stabilizaci v kvalitě slzného filmu. Během předvýzkumu byl pomocí měření NIBUT na keratografu změřen čas, kdy došlo k prvnímu rozpadu slzného filmu. Měření poté proběhlo také ihned po plavání a následně probíhalo měření každých patnáct minut po dobu dvou a půl hodiny. Předvýzkumu se zúčastnilo pět dívek a z naměřených výsledků byly stanoveny intervaly pro měření samotné studie. Výsledné měření tedy proběhlo stejně jako u Schirmerova testu před plaváním, poté ihned po ukončení plavání, dále čtyřicet pět minut po plavání a nakonec sedmdesát pět minut po plavání.

Získání dat při měření množství slz proběhlo během měsíců srpna a září 2013 a měření kvality slz proběhlo během měsíce října 2013. Zpracování dat bylo uskutečněno během ledna 2014. Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí párového t-testu na střední hodnotu. Hladina významnosti byla zvolena 5 %. Mezní hladiny významnosti, díky kterým se potvrdila nebo vyvrátila nulová hypotéza, jsou uvedeny v textu níže. Předpokladem nulové hypotézy u obou testů bylo, že se kvantita ani kvalita slzného filmu po kontaktu s chlorovanou vodou nezmění. Alternativní hypotéza u Schirmerova testu předpokládala ovlivnění kvantity slz chlorovanou vodou. U NIBUTu alternativní hypotéza předpokládala ovlivnění kvality slz chlorovanou vodou.

7.5 Výsledky

Při hodnocení výsledků studie byla u každého probanda z každého měření vytvořena jedna hodnota, která byla získána jako průměrná hodnota pravého a levého oka. Průměrné hodnoty (\bar{X}) a směrodatné odchylky (σ) naměřených hodnot jsou uvedeny v tab. 1 a 2. Hodnoty Schirmerova testu byly měřeny v milimetrech a hodnoty NIBUTu byly měřeny v sekundách.

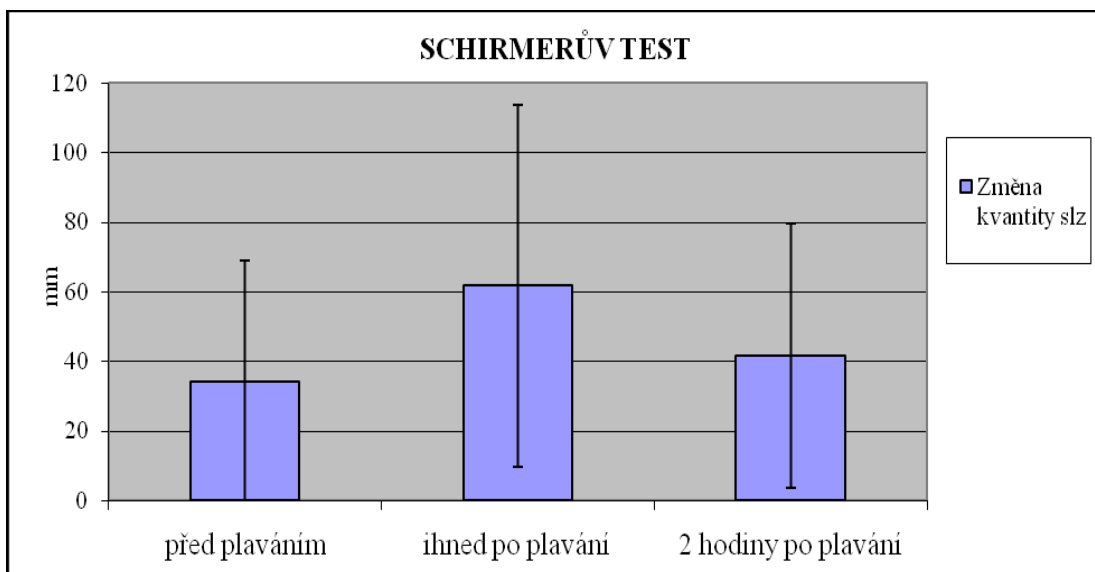
Schirmerův test

Při měření kvantity slz pomocí Schirmerova testu byly prokázány statisticky významné změny množství slzného filmu po plavání v chlorované vodě bez plaveckých brýlí. Naměřené hodnoty Schirmerova testu, ze kterých vycházely výpočty, jsou zaznamenány v příloze č. 1. Při srovnání množství slz před plaváním a okamžitě po plavání byla mezní hladina významnosti 0,04 %. Při srovnání množství slz před plaváním a dvě hodiny po skončení plavání vyšla mezní hladina významnosti 3 %. Ihned po plavání došlo k průměrné změně množství slz o 27,77 mm se směrodatnou odchylkou 33,15 mm. Zatímco dvě hodiny po plavání byla změřena průměrná změna množství slz oproti hodnotě před plaváním 7,68 mm se směrodatnou odchylkou 16,34 mm.

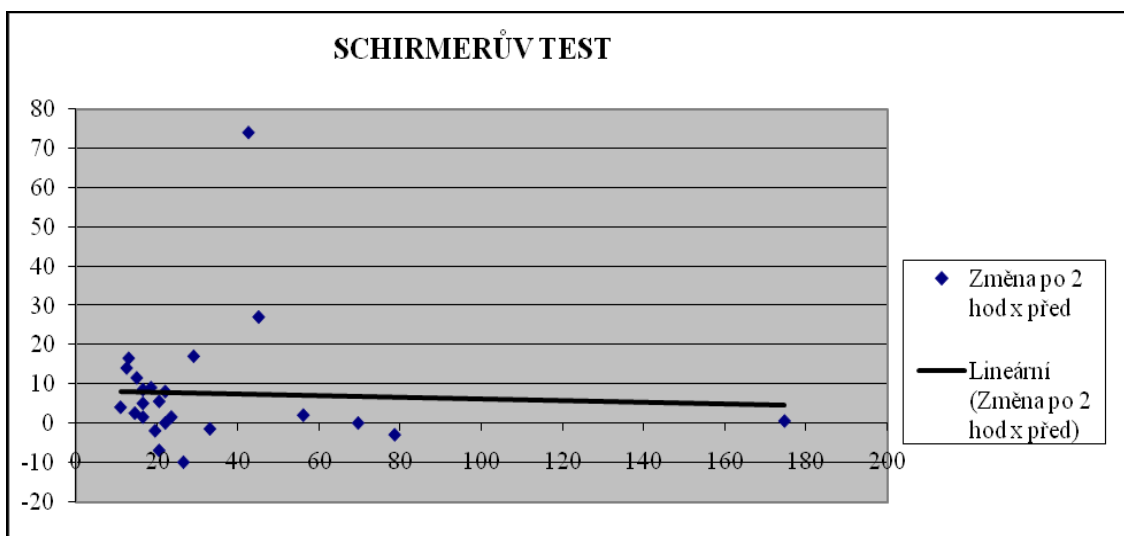
V grafu č. 1 jsou zaznamenány hodnoty z tabulky č. 6. Výška sloupce reprezentuje průměrnou hodnotu. Úsečka představuje dvojnásobek směrodatné odchylky. Graf č. 2 znázorňuje korelační závislost mezi hodnotami před plaváním a hodnotami dvě hodiny po plavání.

Tab. 6 - Výsledky Schirmerova testu [4]

	před plaváním		po plavání		2 hodiny po plavání	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Schirmer	34,02	34,92	61,79	52,02	41,71	37,90



Graf 1- Výsledky Schirmerova testu – průměrná hodnota a směrodatná odchylka [1]



Graf 2 – Korelační závislost Schirmerova testu [1]

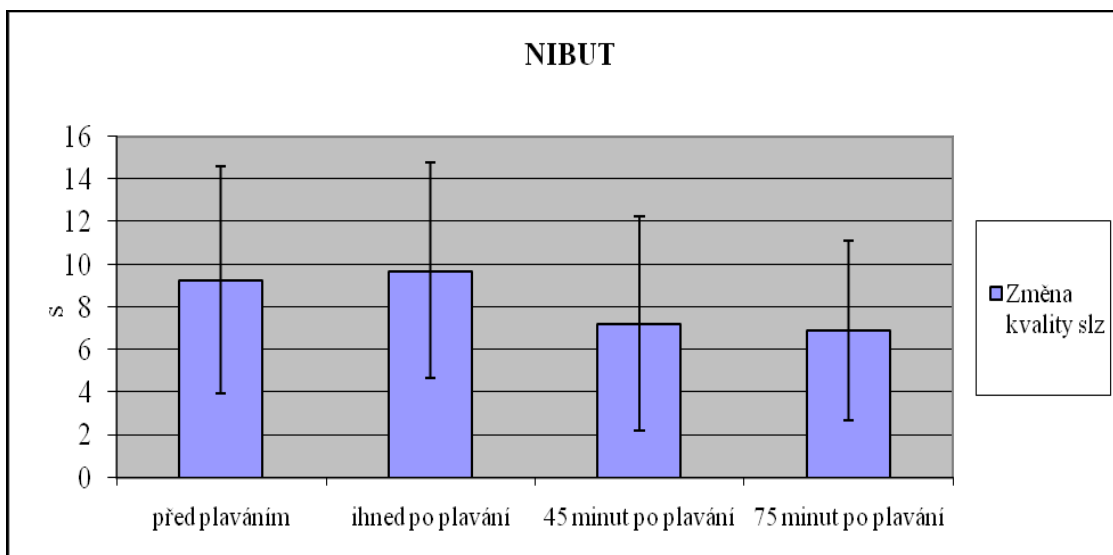
NIBUT

Při měření kvality slz pomocí keratografu nebyly prokázány signifikantní změny. Naměřené hodnoty testu NIBUT jsou součástí přílohy č. 2. Přílohy č. 3, 4 a 5 potom představují příklady výsledků znázorněné keratografem. Srovnání kvality slz před plaváním a ihned po plavání vykázalo mezní hladinu významnosti 77 %. Srovnání před plaváním a 45 minut po plavání vykázalo mezní hladinu významnosti 11,9 % a hodnoty před plaváním versus hodnoty 75 minut po plavání prokázaly mezní hladinu významnosti 6,3 %. Průměrná změna hodnot okamžitě po plavání ve srovnání s hodnotami před plaváním byla 0,44 s se směrodatnou odchylkou 7,25 s. Průměrná změna 45 minut po plavání oproti hodnotám před plaváním byla -2,03 s se směrodatnou odchylkou 6 s. Průměrná změna hodnot za 75 minut po plavání ve srovnání s hodnotami před plaváním byla -2,36 s se směrodatnou odchylkou 5,79 s.

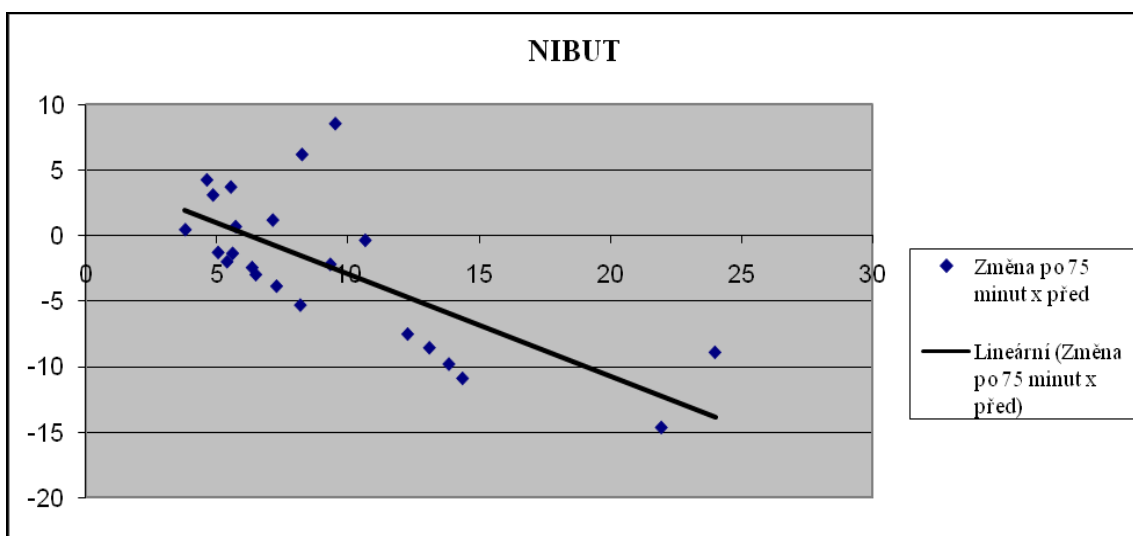
Hodnoty z tabulky č. 7 jsou zaznamenány v grafu č. 3. Výška sloupce reprezentuje průměrnou hodnotu. Úsečka představuje dvojnásobek směrodatné odchylky. Graf č. 4 znázorňuje korelační závislost mezi hodnotami před plaváním a hodnotami 75 minut po plavání.

Tab. 7 - Výsledky NIBUT [4]

	před plaváním		po plavání		45 minut po plavání		75 minut po plavání	
	$\bar{\varnothing}$	σ	$\bar{\varnothing}$	σ	$\bar{\varnothing}$	σ	$\bar{\varnothing}$	σ
NIBUT	9,27	5,32	9,71	5,06	7,23	5,01	6,90	4,20



Graf 3 – Výsledky NIBUT – průměr a směrodatná odchylka [1]



Graf 4 – Korelační závislost NIBUTu [1]

7.6 Diskuze

Z výsledků výzkumu vyplývá, že chlorovaná voda statisticky významně ovlivňuje kvantitu slzného filmu, ne však jeho kvalitu.

Výsledky obou testů také vykazují vysoké hodnoty směrodatných odchylek, což by mohlo být způsobeno velkou variabilitou výsledků. U některých probandů došlo k výraznému podráždění očí, u jiných bylo podráždění naopak bezvýznamné.

Schirmerův test prokázal, že se množství slzného filmu po plavání signifikantně mění. Na zvolené hladině významnosti byla zamítnuta nulová hypotéza a byla potvrzena hypotéza alternativní. Podráždění očí po plavání v chlorované vodě bez plaveckých brýlí tedy nutí oči slzet více než před plaváním. Příčinou tohoto podráždění může být přítomnost chloraminů a dalších chemických látek v bazénové vodě. Z výsledků vyplývá, jak již bylo zmíněno i ve studii z roku 2008 [21], že se stav oka po plavání vrací po určité časové jednotce do normálu. V našem případě je návrat k původním hodnotám patrný již po dvou hodinách po plavání.

U testu NIBUT byla také prokázána změna v kvalitě slz při srovnání hodnot před plaváním a po plavání. Tato změna ale není na zvolené hladině významnosti signifikantní. Byla tedy potvrzena nulová hypotéza, že chlorovaná voda na kvalitu slzného filmu nepůsobí. Výsledky testu NIBUT mohou souviset se změnou v kvantitě slz po plavání. Jak bylo zmíněno v kapitole 4, je podle japonských vědců [21] při plavání v chlorované vodě ze slzného filmu vymýván mucin. Tím pádem je slzný film narušen. Testování kvantity slz ale potvrdilo, že chlorovaná voda signifikantně zvyšuje množství slz po plavání. Příčinou, proč není i změna v kvalitě slz po plavání významná, může být zvýšená slzivost, díky které jsou změny hodnot testu NIBUT nevýznamné.

Během předvýzkumu začalo docházet při testování NIBUTu u probandů po 75 minutách po plavání k návratu hodnot k hodnotám původním. Samotný výzkum ale ukázal, že kvalita slzného filmu ani za 75 minut po plavání není totožná s kvalitou slz před plaváním. Čas prvního roztržení slzného filmu byl o 3 sekundy horší 75 minut po plavání, než tomu bylo před plaváním.

Při hodnocení změny v kvalitě a kvantitě slzného filmu po určité časové jednotce po plavání v chlorované vodě se brala v úvahu i možnost, že je změna slzného filmu větší v závislosti na hodnotě naměřené před plaváním. Korelační koeficienty ani

u jednoho z testů však nevyšly signifikantní. Závislost na hodnotě před plaváním a změně po určité časové jednotce po plavání tedy není. Korelační závislost je zaznamenána v grafech č. 2 a 4.

Ve výzkumu bylo sledováno jen krátkodobé působení chlorované vody na slzný film. Dle studie [21] zatím nebyl prokázán dlouhodobý vliv chlorované vody na oko. Jak již bylo zmíněno, není negativní účinek chlorované vody na oko delší než 24 hodin.

Ve výzkumu této diplomové práce bylo prokázáno, že chlorovaná voda nemá vliv pouze na rohovkový epitel [21], ale částečně i na slzný film. Ochrana zraku při plavání v chlorované vodě je důležitá pro oční komfort několik následujících hodin po návštěvě bazénu.

Závěr

Zrak je pro lidský život důležitou součástí. Pro udržení zrakového komfortu je důležité nejen používat správnou korekci zraku, ale i chránit svůj zrak před vnějšími vlivy, mezi které patří například sluneční záření. Narušit oční komfort může i kontakt s vodou, která pokrývá 70 % povrchu Země. Při jakémkoli kontaktu oka s vodou totiž dochází k vymývání mucinu ze slzného filmu, který oko chrání. Slzný film se bez mucinové složky rychleji vypařuje a tím se pohodlí očí značně snižuje. Voda však nepůsobí na oko pouze vymýváním mucinu, ale dovede oko nepříjemně podráždit.

Slzný film, jemuž byla věnována první kapitola, je důležitou součástí zrakového systému. Slzný film zvlhčuje rohovku a tím umožňuje plynulý pohyb víček při mrkání a zajišťuje tím prostředí pro udržení fyziologického stavu rohovky. Dále vytváří povrchovou vrstvu oka, která usnadňuje zaostřování obrazu na sítnici. Díky slznému filmu také dochází k vyživování epitelu rohovky. Nejdůležitější funkce slzného filmu je ovšem funkce ochranná. Odvádí z povrchu oka odumřelé buňky, cizí tělíska a pomáhá zabraňovat infekci.

Následující kapitola se zabývala možnostmi vyšetření slzného filmu. Vyšetření slzného filmu jsou důležitá pro zhodnocení kvality i kvantity slz. Testy sloužící ke zhodnocení kvantity slzného filmu pomáhají určit produkci slz. Testy pro zjišťování kvality slzného filmu určují, jaký má daný slzný film potenciál k udržení očního pohodlí.

K velmi nepříjemnému podráždění očí dochází při kontaktu s chlorovanou vodou, proto byla do diplomové práce zařazena kapitola o procesu chlorace bazénových vod. Chlorovaná voda obsahuje velké množství chemikálií, které působí nejen na lidské oko, ale na celý organismus.

V této diplomové práci byl vytvořen přehled účinků chlorované vody na lidský organismus. Chlorovaná voda při dlouhodobějším působení může totiž nepříznivě působit na lidskou pokožku nebo dýchací systém. Byl dokonce zjištěn vliv chlorované vody na rohovkový epitel.

Jak bylo v práci zmíněno, je důležité při plavání v chlorované vodě chránit oči plaveckými brýlemi. Plavecké brýle snižují působení chlorované vody na oko. V neposlední řadě plavecké brýle pomáhají udržet kvalitní a ostrý obraz i pod vodní hladinou.

Výzkumná část práce byla věnována zhodnocení vlivu chlorované vody na kvalitu a kvantitu slzného filmu. Měření proběhlo ve dvou fázích a pouze u akvabel. Při hledání odpovědí na výzkumné otázky bylo potvrzeno, že chlorovaná voda statisticky významně ovlivňuje kvantitu slzného filmu. Působí také na kvalitu slzného filmu, ale výsledky nejsou signifikantní. U Schirmerova testu byl za určitou časovou jednotku patrný i návrat na hodnoty před plaváním.

Diplomová práce se snažila podat komplexní pohled na výše zmiňovanou problematiku. Ochrana zraku před slunečním zářením je známá mezi širokou veřejností. Cílem této diplomové práce bylo poukázat na důležitost ochrany očí i proti působení vody na oko.

Seznam použitých zdrojů

Knížní zdroje

- [1] KORB, D.: *The tear film- structure, function and clinical examination*. Velká Británie: Oxford, 2002. ISBN 0-7506-4196-7.
- [2] KOMÍNEK, P., ČERVENKA, S., MŮLLNER, K.: *Nemoci slzných cest- diagnostika a léčba*. Praha: Maxdorf, 2003. ISBN 80-85912-60-0.
- [3] EFRON, N.: *Contact lens practice*. Elsevier: Butterworth- Heinemann, 2010. ISBN 978-0-7506-88697-7.
- [4] SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š.: *Kontaktní čočky*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2003. ISBN 80-7013-387-2.
- [5] SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š.: *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-2470-786-1.
- [6] KRAUS, H.: *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada Publishing, 1997, dotisk 1999. ISBN 80-7169-079-1.
- [7] PETROVÁ, S., MAŠKOVÁ, Z., JUREČKA, T.: *Základy aplikace kontaktních čoček*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [8] EFRON, N.: *Contact lens complication*. Elsevier: Butterworth- Heinemann, 2008. ISBN 978-0-7506-5534-7.
- [9] EISENMANN, J.: *Potápění*. Praha: Gnóm, 1997. ISBN 80-85460-05-X.
- [10] SCHINCKOVI, A., D.: *Potápění*. Zlín: Graspo, 2007. ISBN 978-80-7234-704-9.
- [11] DVOŘÁKOVÁ, Z.: *Potápění*. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1100-1.
- [12] DOBEŠ D.: *Přístrojové potápění*. CP Books: Brno, 2005. ISBN 80-251-0700-0.
- [13] KLEČKOVÁ, J.: *Synchronizované plavání*. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého, 1992. ISBN 80-7067-088-6.

Články

- [14] CHOWDHURY, S. a kolektiv: *Disinfection byproducts in swimming pool: Occurrences, implications and future needs*. Water Research, 53/2014. ISSN 0043-1354.
- [15] FLORENTIN, A. a kolektiv: *Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 214/2011. ISSN 1618-131X.
- [16] MATSUMOTO, Y. a kolektiv: *Influence of free residual chlorine on cultured human epidermal keratinocytes from normal skin and hypertrophic scars*. Journal of Dermatological Science, 10(1):1-7, 1995. ISSN 0923-1811.
- [17] XIAO, F. a kolektiv: *New halogenated disinfection byproducts in swimming pool water and their permeability across skin*. Environmental Science and Technology, 46/2012. ISSN 0013-936X.
- [18] ZARZOSO, M. a kolektiv: *Potential negative effects of chlorinated swimming pool attendance on health of swimmers and associated staff*. Biology of Sport, 27/2010. ISSN 0860-021X.
- [19] BOWEN, A. a kolektiv: *Outbreaks of Short-Incubation Ocular and Respiratory Illness Following Exposure to Indoor Swimming Pools*. Environmental Health Perspectives, 115/2007. ISSN 0091-6765.
- [20] BOUGAULT, V. a kolektiv: *Airway remodeling and inflammation in competitive swimmers training in indoor chlorinated swimming pools*. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 129/2012. ISSN 0091-6749.
- [21] ISHIOKA, M. a kolektiv: *Deleterious effects of swimming pool chlorine on the corneal epithelium*. Cornea, 27/2008. ISSN 0277-3740.
- [22] RUDOLF, V.: *Šnorchlování a potápění*. Česká oční optika, 2/2007. ISSN 1211-233X.

Internetové zdroje

- [23] The vision care institute. *The vision care institute* [online]. © 2012 [cit. 2014-2-10]. Dostupné z: <http://www.thevisioncareinstitute.cz/>
- [24] Oculus. *Oculus* [online]. © 2014 [cit. 2014-2-10]. Dostupné z: <http://www.oculus.de/>
- [25] FOŘT, Petr. *Doktorka* [online]. © 2010 [cit. 2014-2-17]. Dostupné z: <http://zdravi.doktorka.cz/>
- [26] Top Info. *Tzb - info* [online]. © 2014 [cit. 2014-2-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [27] SVOBODA, František. *Aprcz* [online]. © 2012 [cit. 2014-2-14]. Dostupné z: <http://www.aprcz.cz/>
- [28] BUREŠ, Jiří. *ConVERTER* [online]. © 2002 [cit. 2014-3-10]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/>
- [29] HÁJEK, Jan. *VTM* [online]. © 2014 [cit. 2014-3-10]. Dostupné z: <http://vtm.e15.cz/>
- [30] All about vision. *All about vision* [online]. © 2014 [cit. 2014-3-21]. Dostupné z: <http://www.allaboutvision.com/>
- [31] Lékaři online. *Lékaři online* [online]. © 2008 [cit. 2014-3-22]. Dostupné z: <http://www.lekari-online.cz/>
- [32] VOSTRÝ, Mirek. *Emulgatory.cz* [online]. © 2012 [cit. 2014-3-23]. Dostupné z: <http://www.emulgatory.cz/>
- [33] SK Neptun Praha. *SK Neptun Praha* [online]. © 2014 [cit. 2014-1-11]. Dostupné z: <http://www.skneptun.cz/pravidla/>

Obrázky

- [1] Elevator s.r.o. *Visine* [online]. © 2014 [cit. 2014-4-2]. Dostupné z: <http://www.visine.cz/>
- [2] ŠTEFÁNEK, Jiří. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online]. © 2011 [cit. 2014-4-2]. Dostupné z: <http://www.stefajir.cz/>
- [3] Listing policy. *Alibaba* [online]. © 2014 [cit. 2014-4-9]. Dostupné z: <http://www.alibaba.com/>
- [4] KALANDROVÁ, Věra. *Neovize* [online]. © 2012 [cit. 2014-4-8]. Dostupné z: <http://www.neovize.cz/>
- [5] vlastní tvorba
- [6] Augenfach spezialist [online]. © 2014 [cit. 2014-4-8]. Dostupné z: <http://www.augenfachspezialist.de/>
- [7] DOBEŠ D.: *Přístrojové potápění*. CP Books: Brno, 2005. ISBN 80-251-0700-0.
- [8] Gufo optik. *Gufo optic* [online]. © 2010 [cit. 2014-4-10]. Dostupné z: <http://www.gufooptik.cz/>
- [9] SCHLEMMER, Pavel. *Pavels* [online]. © 2014 [cit. 2014-4-10]. Dostupné z: <http://pavels.cz/>

Tabulky

- [1] KOMÍNEK, P., ČERVENKA, S., MÜLLNER, K.: *Nemoci slzných cest-diagnostika a léčba*. Praha: Maxdorf, 2003. ISBN 80-85912-60-0.
- [2] SVOBODA, František. *Aprcz* [online]. © 2012 [cit. 2014-2-14]. Dostupné z: <http://www.aprcz.cz/>
- [3] BUREŠ, Jiří. *ConVERTER* [online]. © 2002 [cit. 2014-3-10]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/>
- [4] vlastní tvorba

Grafy

- [1] vlastní tvorba

Přílohy

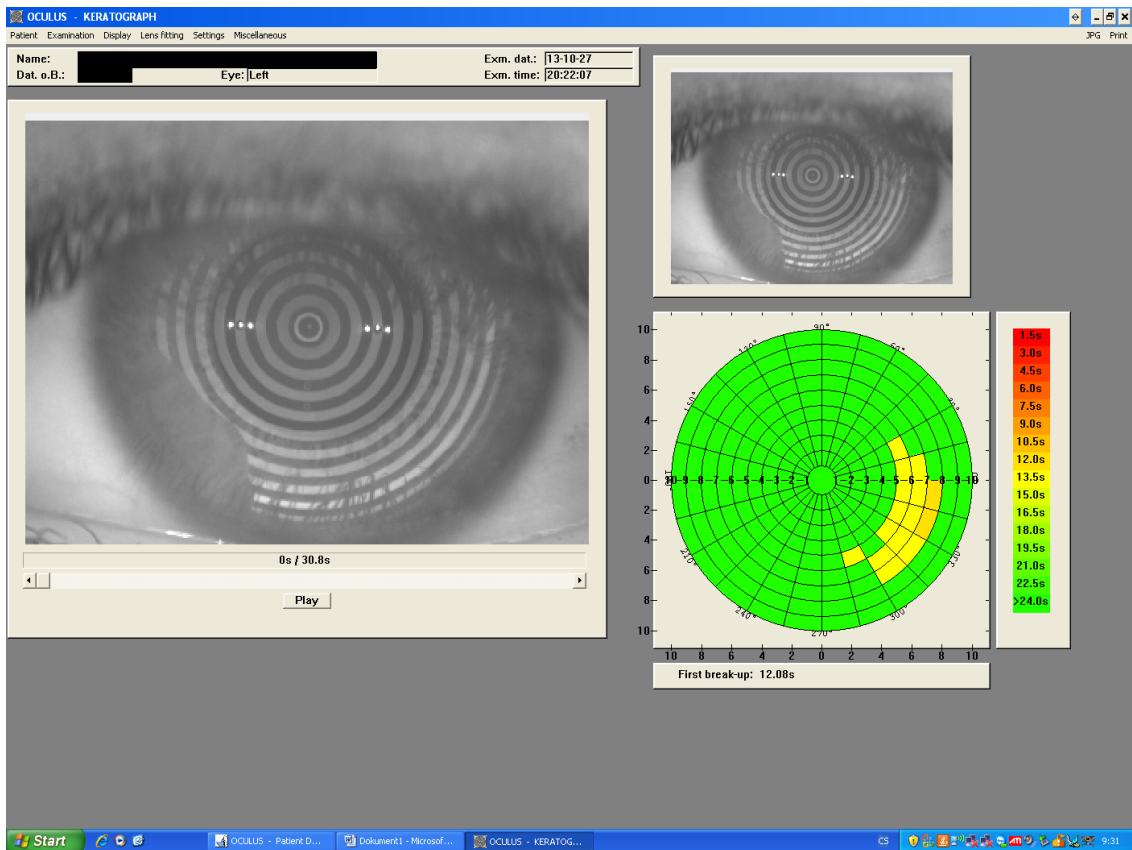
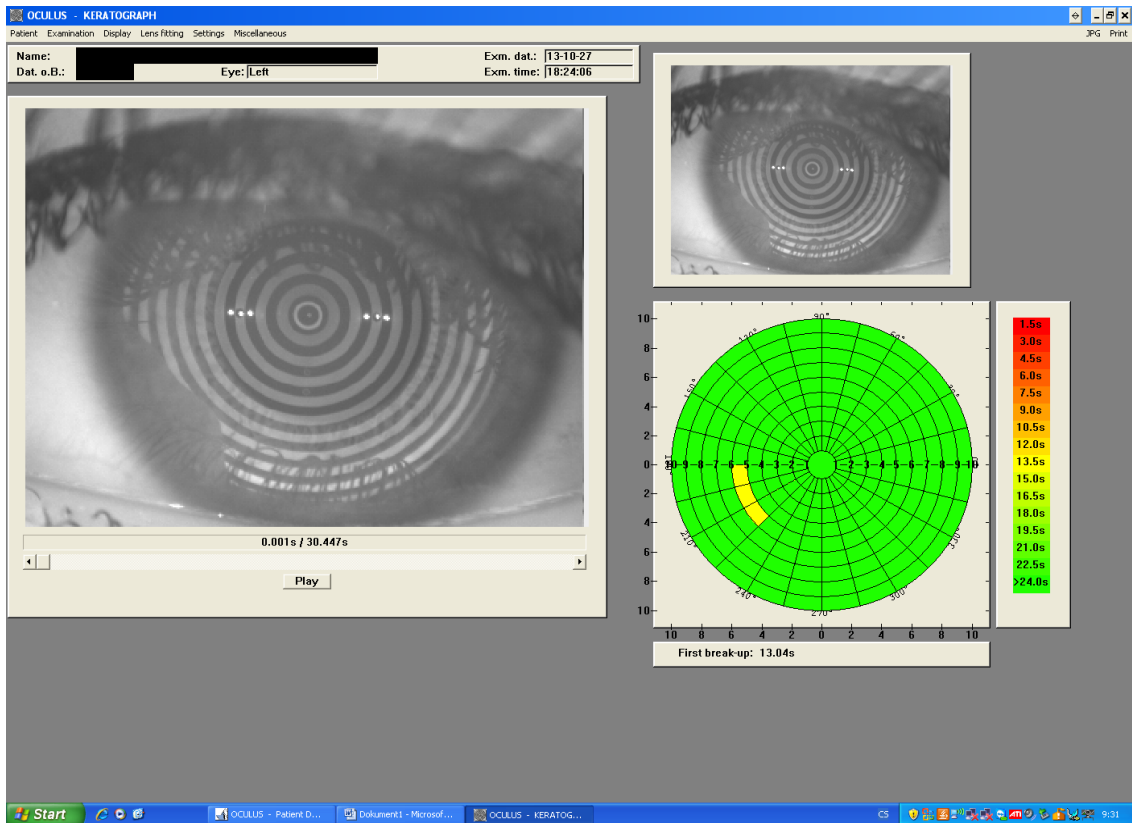
Příloha 1 - Výsledky Schirmerova testu

proband	před plaváním		po plavání		2 hodiny po plavání	
	P [mm]	L [mm]	P [mm]	L [mm]	P [mm]	L [mm]
1	87	25	110	23	58	58
2	15	15	27	24	25	28
3	18	7	20	9	35	18
4	18	35	21	110	16	17
5	19	20	70	175	17	18
6	174	175	180	180	175	175
7	16	21	130	50	20	35
8	20	9	27	30	13	21
9	24	20	22	16	33	27
10	26	7	35	16	27	9
11	29	29	58	33	58	34
12	15	11	28	44	29	30
13	35	50	88	88	175	58
14	33	57	88	89	57	87
15	24	20	23	18	26	18
16	10	12	15	20	18	12
17	19	22	30	30	25	27
18	16	17	30	35	20	23
19	13	20	29	17	23	27
20	24	23	30	56	25	25
21	80	59	175	170	80	59
22	33	33	26	30	30	33
23	23	18	60	33	15	12
24	78	79	173	175	77	74

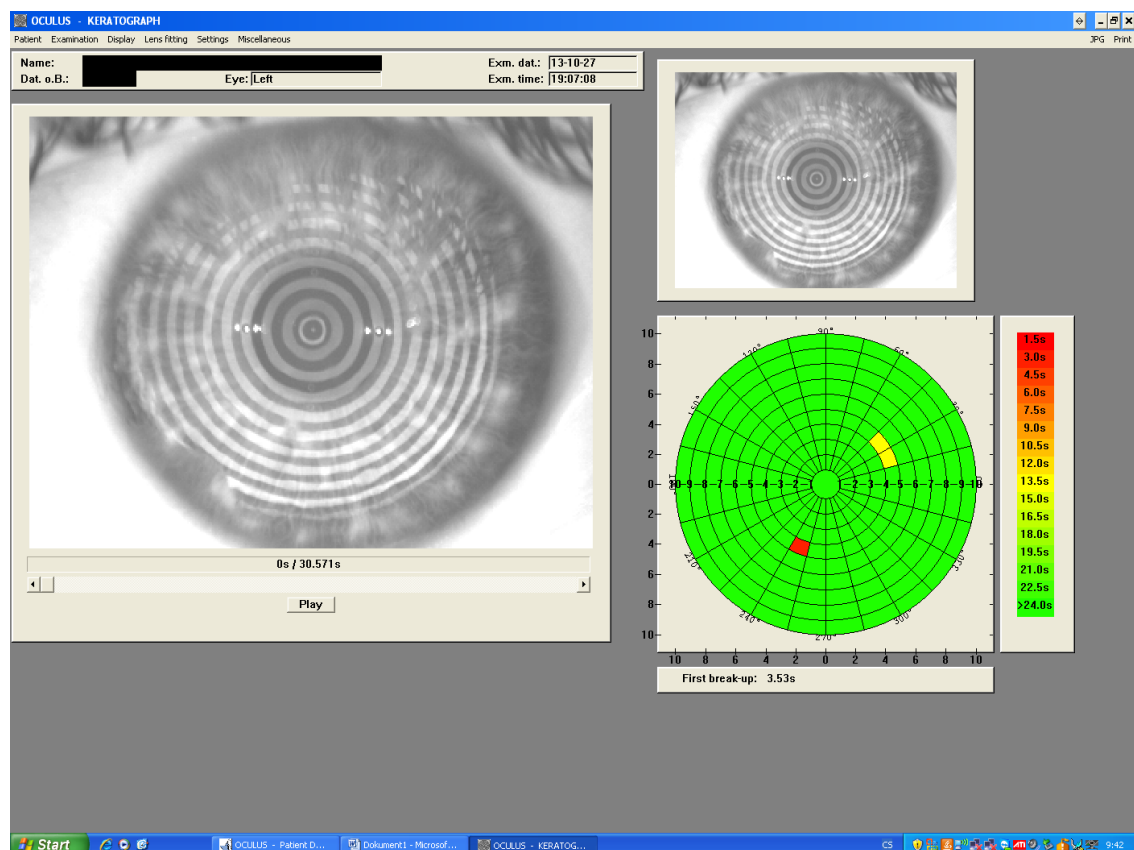
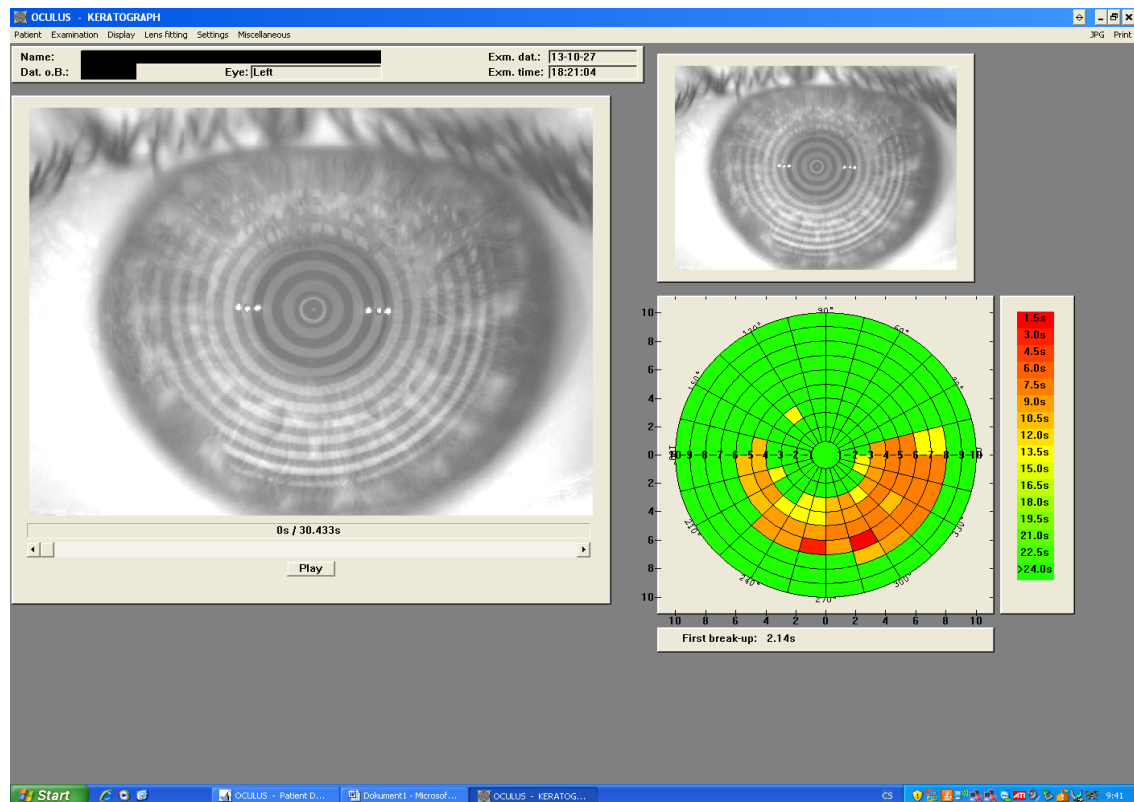
Příloha 2 - Výsledky NIBUT

proband	před plaváním		po plavání		45 min po plavání		75 min po plavání	
	P [s]	L [s]	P [s]	L [s]	P [s]	L [s]	P [s]	L [s]
1	24,00	24,00	6,11	9,15	9,39	6,75	6,15	24,00
2	8,74	7,74	13,90	0,20	9,63	3,99	24,00	4,84
3	7,29	3,76	24,00	10,62	6,07	24,00	9,72	8,72
4	6,17	5,01	17,47	9,25	1,98	3,39	2,48	5,95
5	19,91	24,00	14,67	18,48	3,99	5,42	4,94	9,64
6	4,57	5,12	2,96	6,51	4,11	8,71	3,76	12,10
7	5,43	5,98	6,08	11,62	6,27	7,30	5,45	7,31
8	3,43	7,33	4,47	24,00	1,94	5,20	3,88	2,86
9	5,11	2,46	1,74	2,14	1,97	3,53	3,07	5,38
10	4,73	24,00	4,18	6,23	3,14	7,74	1,51	5,39
11	6,34	2,88	3,29	1,91	8,42	0,29	4,64	13,06
12	5,19	7,76	4,55	12,67	3,49	1,92	3,08	3,88
13	6,38	6,29	24,00	8,70	4,90	1,51	2,81	4,95
14	3,18	11,36	5,64	7,32	3,36	4,21	5,24	1,55
15	4,95	11,40	17,90	24,00	5,52	1,82	1,55	4,16
16	5,42	19,12	7,47	12,26	16,65	6,40	3,84	5,64
17	8,59	12,72	11,71	13,39	24,00	5,69	10,98	9,58
18	9,63	9,01	7,94	7,92	6,57	7,87	7,89	6,33
19	1,64	12,61	8,77	5,65	2,73	2,92	5,16	11,43
20	7,27	18,93	1,52	8,50	19,44	17,89	1,50	7,54
21	5,98	13,04	7,71	7,17	8,43	7,57	24,00	12,08
22	3,69	24,00	12,68	1,48	12,65	24,00	6,82	1,22
23	3,98	6,10	4,88	24,00	6,08	3,83	3,52	3,96

Příloha 3 – Výsledky NIBUTu probanda č. 21 před plaváním a 75 minut po plavání



Příloha 4 – Výsledky NIBUTu probanda č. 9 ihned po plavání a 45 minut po plavání



Příloha 6 - Informovaný souhlas

Informace a informovaný souhlas pro účastníky experimentální výzkumné studie

Název experimentální studie:	Studie vlivu chlorované vody na slzný film
Vedoucí výzkumné studie:	Mgr. Lenka Musilová, DiS. Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta Univerzita Palackého v Olomouci 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc Tel.: 585634322,e-mail: musilova@optics.upol.cz
Řešitel:	Bc. Markéta Šmoldasová Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta Univerzita Palackého v Olomouci 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc

Informace o experimentální studii:

Výzkum je součástí diplomové práce „*Vliv chlorované vody na slzný film*“. Cílem je zjistit, jak chlorovaná voda ovlivňuje kvalitu a kvantitu slzného filmu.

Kritéria pro výběr účastníků výzkumu: Do výzkumu jsou zahrnuty ženy a dívky ve věkovém rozmezí 15-39 let bez očních onemocnění. Podmínkou je také aktivní členství v oddíle synchronizovaného plavání. Refrakční vada může být přítomna.

Účastník na výzkumné studii přispívá k rozvoji poznatků v oblasti optometrie, které mohou v budoucnu přispět ke zkvalitnění péče v oblasti zraku. Informace získané v této studii slouží jako materiál pro výzkumnou část diplomové práce s názvem *Vliv chlorované vody na slzný film* zpracovávané Bc. Markétou Šmoldasovou. Výsledky prováděné studie budou zveřejněny v rámci této práce, popř. v odborné literatuře a mohou být prezentovány na odborných konferencích. Dále budou sloužit jako podklady pro další výzkum. Všechna výzkumem zjištěná data budou vždy prezentována anonymně, tedy bez uvedení identity účastníka.

Popis výzkumných procedur:

Testování bude probíhat na plaveckém stadionu v Olomouci pomocí Schirmerova testu (papírek se jedním koncem vloží do spojivkového vaku a ponechá se tam po dobu 5- ti minut) a keratografu.

Průběh měření: Figurantovi bude pomocí Schirmerova testu změřena kvantita slz před plaváním, po 45 minutách plavání a 2 hodiny po plavání. Plavání proběhne v chlorované vodě bez použití plaveckých brýlí. Každé toto měření trvá 5 minut a vyšetřují se obě oči současně.

Měření kvality slzného filmu pomocí keratografu proběhne jiný den než měření kvantity. Měření bude mít čtyři části- před plaváním, po 45 minutách plavání, 45 minut

po plavání a nakonec 75 minut po plavání. Každé měření keratografem trvá přibližně 30 vteřin a měří se každé oko zvlášť.

Rizika účasti ve studii:

Po a během měření Schirmerovým testem může mít figurant pocit cizího tělíska v oku či celkovou podrážděnost očí. Stejně tak může mít figurant pocit cizího tělíska či může pociťovat celkovou podrážděnost očí po plavání v chlorované vodě.

K této informaci je přiložen formulář *Informovaného souhlasu s účastí na výzkumné studii*. Souhlas s Vaší účastí ve studii vyjádřený Vaším podpisem před zahájením testování je především prohlášením Vaší **dobrovolné** účasti a o vědomí práva kdykoliv souhlas s další účastí ve studii odmítnout. Toto případné odmítnutí neovlivní jakkoli negativně vztah mezi vedoucím či řešitelem studie a Vámi. Na studii se účastníte s vědomím výše uvedených rizik na vlastní nebezpečí.

Informovaný souhlas s účastí na výzkumné studii

Jméno:

Příjmení:

Pohlaví:

Věk:

- 1) Tímto **souhlasím** s účastí na výzkumné studii: „**Studie vlivu chlorované vody na slzný film**“.
- 2) Byl(a) jsem informován(a) o cílech výzkumu, o metodách měření a testování, které mi budou prováděny a o náročnosti výzkumné metody zvolené pro toto měření.
- 3) Byl(a) jsem Informován(a) o fyzické náročnosti a případných rizicích metody výzkumu.
- 4) Byl(a) jsem informován(a), že moje účast ve výzkumu je zcela dobrovolná a může být kdykoli zrušena **bez jakýchkoli sankcí**.
- 5) Všechny údaje získané v rámci tohoto výzkumu budou zpracovány, prezentovány či publikovány anonymně. Tyto údaje mohou být využity pouze pro studijní a výzkumné účely pověřeným studentům a pracovníkům Katedry optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne:.....

podpis:.....