

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra přírodovědných oborů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Květen 2016

Lenka Prokšová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Barevné kontaktní čočky

Colour contact lenses

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Lenka Prokšová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Michálek, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jakub Hrib

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2015/2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Lenka Prokšová**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Barevné kontaktní čočky**
Téma anglicky: Colour contact lenses

Zásady pro vypracování:

Vypracujte rešerši na téma barevné kontaktní čočky. Zabývejte se historickým vývojem těchto čoček, jejich rozdělením, zejména s ohledem na jejich cílovou aplikaci. Proberte použití barevných čoček jako terapeutické pomůcky z hlediska různých oftalmologických indikací. Popište možné postupy výroby kontaktních čoček a zaměřte se zejména na různé způsoby barvení. Srovnejte výhody a nevýhody uvedených postupů. Ze získaných informací vytipujte vhodný proces barvení pro praktickou část práce. V praktické části se budete zabývat vlastním barvením kontaktních čoček, a sice přípravou bílé podkladové vrstvy a přípravou různých odstínů hnědé barvy od světlé po tmavou, až černou. Stupeň hnědého zabarvení vyhodnotíte v závislosti na podmínkách přípravy - koncentrace, teplota, čas.

Seznam odborné literatury:

- [1] PETROVÁ, S., Základy aplikace kontaktních čoček, ed. 1, Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008, 219 s., ISBN 978-807-0134-702
- [2] EFRON, N., Contact lens practice, ed. 2, St. Louis, Mo.: Butterworth Heineman, 2010, 510 s., ISBN 978-070-2047-633
- [3] BOWDEN, T. J., Contact lenses: the story : a history of the development of contact lenses, ed. 1, Gravesend, Kent: Bower House, 2009, ISBN 978-095-5898-105
- [4] KUCHYNKA, P. a kol., Oční lékařství, ed. 1, Praha: Grada Publishing, 2007, 812 s., ISBN 978-80-247-1163-8

zadání platné do: 11.09.2017
Vedoucí: Ing. Jiří Michálek, CSc.
Konzultant: Ing. Jakub Hrib


vedoucí katedry / pracoviště


děkan

V Kladně dne 23.02.2016

Název bakalářské práce: Barevné kontaktní čočky

Abstrakt:

Práce řeší problematiku barevných kontaktních čoček. Klasifikuje barevné čočky z různých úhlů pohledu a popisuje metody jejich barvení. Jako hlavní hledisko pro kategorizaci barevných čoček bere účel nošení. Popisuje tedy čočky nošené zejména z kosmetického hlediska, ale zaměřuje se především na čočky využívané z hlediska medicínského. V experimentální části se zabývá vlastní přípravou barevných kontaktních čoček, a to metodou chemické přeměny rozpustného barvícího činidla na jeho dále nerozpustnou formu. Byly zvoleny barvy hnědá, která může v závislosti na postupu přípravy nabývat odstínů od béžové až po černou, a barva bílá, která se používá jako neprůhledný podklad pro zakrývání kosmetických defektů nebo překrytí tmavšího odstínu světlejším. Barevné čočky byly obarveny za rozdílných podmínek (čas, koncentrace a teplota). Výsledný barevný efekt byl hodnocen pomocí spektrofotometru (hodnoty absorbance a transmitance). Zároveň byly sledovány změny zakřivení a průměru před a po barvení. Zjištěné hodnoty byly porovnány a byly diskutovány jednotlivé zjištěné trendy, včetně srovnání podmínek barvení pro hydrogelové a silikonhydrogelové kontaktní čočky.

Klíčová slova:

Protetická kontaktní čočka, metody barvení čoček, absorbance, hydrogely.

Bachelor's Thesis title: Colour contact lenses

Abstract:

This bachelor's thesis solves the issue of colour contact lenses. Classifies colour lenses from different angles and describes their methods of dyeing. As the main criterion for categorization of colour lenses is purpose of wear. So, this thesis describes lenses worn mainly from the cosmetic viewpoint, but focuses primary on the lenses used from medicinal terms. In the experimental part it describes the preparation colour contact lenses, by method of chemical conversion of the soluble coloring agent to its further insoluble form. There were chosen colors as brown, which may vary depending on the preparation process to acquire shades from beige to black and white, which is used as a basin for opaque covering cosmetic defects or overlay darker shade lighter. The color lenses were stained under different conditions (time, concentration and temperature). The resulting color effect was assessed using a spectrophotometer (absorbance and transmittance values). Simultaneously, they were monitored for changes curvature and diameter before and after dyeing. The values obtained were compared and were discussed individual identified trends, including a comparison of the conditions dyeing for hydrogel and silicone hydrogel contact lenses.

Key words:

Prosthetic contact lenses, lens dyeing methods, absorbance, hydrogels.

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Jiřímu Michálkovi, CSc. za pomoc, užitečné rady při jejím zpracování a za odborné vedení této práce.

Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Jakubu Hribovi za konzultace ohledně práce a také paní Ivaně Repaňové, která byla velmi ochotná a se vším nápomocná při měření v experimentální části práce.

Děkuji také mé rodině a mým přátelům za velkou podporu během studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Barevné kontaktní čočky*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně dne 16. 5. 2016

.....

podpis

Obsah

Úvod	1
1 Teoretická část	3
1.1 Historie barevných kontaktních čoček	3
1.2 Rozdělení kontaktních čoček	4
1.2.1 Rozdělení kontaktních čoček podle účelu	4
1.2.2 Rozdělení barevných kontaktních čoček	5
1.2.3 Rozdělení kontaktních čoček podle materiálů	6
1.3 Barvení kontaktních čoček	6
1.3.1 Barvení kontaktních čoček podle materiálu	7
1.3.2 Látky používané k barvení kontaktních čoček	7
1.4 Příprava barevných kontaktních čoček	8
1.4.1 Příprava tónovacích kontaktních čoček	8
1.4.2 Příprava krycích kontaktních čoček	9
1.4.3 Výhody a nevýhody jednotlivých metod přípravy barevných čoček	11
1.5 Vzhled a vlastnosti barevných kontaktních čoček	12
1.5.1 Vzhled barevných čoček	12
1.5.2 Vlastnosti barevných čoček	12
1.6 Další možné využití barevných kontaktních čoček	13
1.6.1 Barevné kontaktní čočky na sport	13
1.6.2 Barevné kontaktní čočky jako ochrana před UV zářením	14
1.6.3 Crazy čočky	14
1.7 ChromaGen kontaktní čočky	15
1.8 Komplikace spojené s nošením kontaktních čoček	16
1.9 Protetické kontaktní čočky	16
1.9.1 Indikace a kontraindikace protetických čoček	17
1.9.2 Onemocnění, u kterých se používají protetické kontaktní čočky	18
1.9.3 Okluze	26
1.10 Srovnání barevných čoček společností Wilens a Alcon	26
2 Experimentální část	29
2.1 Úvod	29
2.2 Použité chemikálie	29
2.3 Použité přístroje	30

2.4 Barvení kontaktních čoček do odstínů hnědé barvy	34
2.4.1 Barvení 0,1 M roztokem AgNO ₃ v závislosti na změně času.....	34
2.4.2 Barvení 0,25 M roztokem AgNO ₃ v závislosti na změně času.....	37
2.4.3 Barvení 1 M roztokem AgNO ₃ v závislosti na změně času.....	38
2.4.4 Barvení 0,1 M roztokem AgNO ₃ v závislosti na změně teploty.....	39
2.5 Výsledky barvení kontaktních čoček do odstínů hnědé barvy	40
2.5.1 Změna zakřivení a průměru u hnědých kontaktních čoček	40
2.5.2 Změření absorpance a transmitance u hnědých kontaktních čoček.....	42
2.6 Barvení kontaktních čoček do odstínů bílé barvy	49
2.7 Výsledky barvení kontaktních čoček do odstínů bílé barvy.....	50
2.7.1 Změna zakřivení a průměru u bílých kontaktních čoček.....	50
2.7.2 Změření absorpance a transmitance u bílých kontaktních čoček	52
2.8 Statistika měření čoček.....	55
2.8.1 Statistika měření u hnědé kontaktní čočky	55
2.8.2 Statistika měření u bílé kontaktní čočky	56
3 Diskuze	57
Závěr	59
Seznam použité literatury	60
Seznam symbolů a zkratk	63
Seznam obrázků.....	64
Seznam tabulek.....	65
Seznam příloh.....	66

Úvod

Kontaktní čočky se v dnešní době stávají stále oblíbenější formou korekce refrakčních vad. Jak je známo, zrak nejen patří mezi naše smyslové orgány, ale je považován za ten nejdůležitější. Pomocí něj jsme schopni vnímat až 80% informací z okolního světa.

Řada klientů uvádí, že čočky jsou pohodlnější než brýle, zvláště u vyšších dioptrických hodnot, a většinou s nimi vidí tak dobře, jakoby vůbec žádnou vadu zraku neměli. Čočky zůstávají i dnes moderní pomůckou korekce zrakových vad, jsou nenápadné, praktické, a pokud je o ně správně pečováno, tak jsou i bezpečné. Dnes je na trhu mnoho druhů čoček z různých materiálů, s různými hodnotami propustnosti pro kyslík, obsahu vody lišící se tvarovými nebo jinými parametry. Čočky se stále vyvíjejí a zdokonalují. Jejich pečlivým výběrem lze každému zákazníkovi doporučit takové, které mu přesně sedí, nezpůsobují problémy při nošení a přinášejí zlepšení kvality života.

Spolu s vývojem nových typů čoček postupuje i vývoj jejich možných aplikací. Tedy čočky nejen jako refrakční pomůcky, ale čočky v terapeutických aplikacích obecně, v bližším přiblížení aplikace terapeutických barevných kontaktních čoček. Málokdo si při představě těchto čoček vybaví jejich skutečné, často nezbytné, a proto podstatné užití v očním lékařství. Tyto čočky mají obrovský význam z terapeutického hlediska, kde se používají především na zakrytí různých očních defektů nebo jizev. Lidé s těmito defekty mají problém začlenit se do společnosti, často trpí i různými psychickými problémy. Ty mohou pomoci překonat, respektive usnadnit právě barevné kontaktní čočky. Mohou být vyrobeny tak, že je lze aplikovat na vidomé i nevidomé oko. Jiným příkladem je použití barevných čoček při aniridii, kdy buď zcela chybí duhovka, nebo je pozměněna nějakou anomálií.

Samozřejmě se barevné kontaktní čočky používají také z hlediska kosmetického. Určitě každý člověk někdy zatoužil změnit barvu svých očí, ať už na nugátově hnědou, smaragdově zelenou či modrou jako denní obloha. V dnešním moderním světě taková změna není problémem. Barevné čočky lze využít jak při změně barvy, tak i pouze pro rozzáření barvy vlastní duhovky. Existují také tzv. „crazy čočky“, které jsou využívány hlavně na upoutání pozornosti, jelikož dojde k výraznému zbarvení duhovky, která může být obohacena také o různé obrázky nebo světelné efekty. Tyto kontaktní čočky mají ale sníženou propustnost pro kyslík, nejsou tedy vhodné pro dlouhodobé nošení. Používají se třeba na diskotékách, večírcích nebo také v herectví, zejména v pohádkách a fantasiích, aby navodily hercům strašidelný pohled, dojem slepého oka apod..

Téma barevné kontaktní čočky mě zaujalo především proto, že barevné čočky mají (jak již bylo zmíněno) řadu využití, nejen v kosmetice, ale hlavně v lékařství. Tato problematika je mnohem složitější, než se zdá, jelikož barva musí být vhodně zvolena, nesmí se při nošení ani čištění z čočky vymývat a uvolňovat. Dále je velice důležité, aby čočky po barvení zůstaly dostatečně propustné pro kyslík.

Protože v dostupné české literatuře není oblast barevných čoček často diskutována, chtěla bych svou prací přispět k dosud shromážděným datům a informacím v této problematice. V práci se budu zabývat především různými typy barevných čoček a různými metodami jejich barvení, s akcentem na výčet jejich potenciálních terapeutických využití. V praktické části pak budu barevné kontaktní čočky připravovat, barvit je různými barvami a zkoumat jejich výsledné vlastnosti v závislosti na změnách v technologickém reglementu (teplota, koncentrace, čas).

1 Teoretická část

1.1 Historie barevných kontaktních čoček

Na začátku je třeba zmínit prvního autora myšlenky korekce zraku pomocí kontaktní čočky. Byl jím Leonardo da Vinci z Itálie. Díky jeho popisu metody přímé změny optické mohutnosti rohovky ponořením oka do nádoby s vodou (roku 1508) vznikly jedny z prvních záznamů o kontaktních čočkách vůbec. [1, 2]

Budeme-li pátrat v historii barevných čoček, pak velmi důležitým mezníkem se stal rok 1963, kdy prof. Otto Wichterle přihlásil patent o způsobu vytváření barevných a podobných efektů v hydrogelových kontaktních čočkách. Roku 1965 následoval další patent o způsobu výroby zbarvených kontaktních čoček a očních protéz. [3, 4]

Počátek snah o obarvení kontaktních čoček je však dokumentován daleko dříve, a to již v 2. polovině 19. století. Roku 1888 se A. E. Fick zmiňuje ve své monografii o protetických účincích kontaktních čoček s neprůhledným vzorcem duhovky a začerněným zornicovým otvorem. Dále se o barvení pokoušel také Kevin Tuohy, vynálezce tvrdých korneálních čoček. Vynálezce měkkých kontaktních čoček Otto Wichterle získal dva patenty za to, že popsal proces tónování HEMA čoček. [1, 5, 6].

Roku 1932 Streiff oznámil velmi dobrý výsledný efekt s použitím barevných kontaktních čoček u lidí s albinismem a s částečně krycími čočkami u aniridie. V roce 1936 Dallos začal vyrábět čočky pro albíny a také barevné sklerální čočky. Roku 1938 Streiff a Ascher prosazovali čočky s krycí sklerální částí a barevnou duhovkou vhodnou rovněž pro albíny. Pichler vyráběl čočky s krytou duhovkou pro případ Aniridie. [1]

Použití kontaktních čoček se speciálními efekty a obrazci, které se často využívají ve filmu, jsou dnes samozřejmé. Avšak první, kdo vytvořil takovéto speciální kontaktní čočky, byl americký optometrista Reuben Greenspoon v roce 1939. Na změnu barvy očí používal tónovací sklerální čočky. [1]

Firma Titmus Eurocon v roce 1972 získala patent na barvení měkkých čoček a čoček s ručně vybarvenou duhovkou. Roku 1978 byla spuštěna tvorba měkkých čoček s natištěnou duhovkou pomocí fotografické metody. [1]

V 80. letech byly poprvé komerčně k dostání měkké barevné kontaktní čočky. [7]

V roce 1983 byly vytvořeny první ultratenké a barevné měkké kontaktní čočky. Téhož roku byly také zbarveny RGP kontaktní čočky. [2]

Firmě Wesley-Jessen se roku 1991 podařilo vyrobit první barevné torické čočky (Durasoft OptiFit Colour Toric). [1]

Od roku 1992 se barevné kontaktní čočky začaly více zdokonalovat a propracovávat, zejména co se týče propustnosti pro kyslík. [2]

V roce 1999 taktéž firma Wesley-Jessen vyrobila širokou barevnou škálu měkkých kontaktních čoček s dvojitou barvou, čímž se snažili co nejvíce napodobit přirozenou barvu očí a způsobit přirozený vzhled s čočkami. [1]

A roku 2002 spustila firma CIBA Vision výrobu barevných čoček, které „dodávají očím jiskru“. Tyto čočky měly tmavý okraj a reflexní pigment kolem zornice. Vznikly tak rozdílné, mnohem zářivější barvy pro modré, zelené a hnědé oči. [1]

Světově první jednodenní barevné čočky (1 Day Acuvue Colours) uvedla na trh firma Johnson & Johnson v lednu 2004. Tyto čočky se však netěšily dlouhodobé oblibě, a to kvůli nespokojenosti se škálou barev. V roce 2006 došlo k přerušení jejich výroby. [1]

V dnešní době existuje široká škála barevných kontaktních čoček, kterou vyrábí nejrůznější firmy na celém světě. [1]

1.2 Rozdělení kontaktních čoček

Kontaktní čočky se rozdělují podle různých hledisek do několika kategorií. Pro tuto práci je nejdůležitější rozdělení čoček podle účelu, jelikož od této kategorie můžeme dále navázat na barevné kontaktní čočky a jejich dělení. [8]

1.2.1 Rozdělení kontaktních čoček podle účelu

Podle účelu dělíme kontaktní čočky do třech základních kategorií:

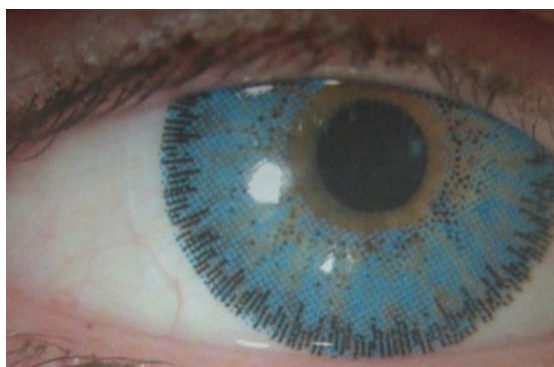
- korekční
- terapeutické
- kosmetické

[8]

Korekční čočky jsou v běžné lidské populaci asi nejznámější, jelikož je používá největší procento nositelů. Používají se ke korekci refrakčních vad, jako jsou myopie, hypermetropie nebo astigmatismus. [2, 8]

Terapeutické čočky jsou používány v medicíně, např. k urychlení hojení drobných poranění, nebo slouží jako depo pro podávání farmakologicky účinné látky, která má např. hojící nebo antibiotické účinky. Léčivo se pomocí čočky do oka uvolňuje postupně a dokáže

působit déle než oftalmofarmaka podávaná v kapkách. Zároveň kontaktní čočka neomezuje vidění pacienta, jako tomu bývá při aplikaci léčiva pomocí masti, kdy léčené oko bývá zároveň kryto čtverečkem gázy. V literatuře je zmíněno použití kontaktních čoček pro omezení některých projevů syndromu suchého oka. Dají se také použít při léčbě patologických stavů při laserové ablaci. Do této kategorie můžeme také zařadit okluzní kontaktní čočky, používané k léčbě tupozrakosti. Jejich výhoda spočívá především v tom, že čočky jsou méně nápadné než okluzor připevněný na brýlovou obrubu. Dále lze uvést korekci keratokonu či irregulárního astigmatismu, k níž se používají spíše tvrdé kontaktní čočky, přestože jsou publikovány i aplikace měkkých čoček. [2, 8, 9]



Obrázek č. 1: Kosmetická kontaktní čočka měnící barvu očí z hnědé na modrou [2]

Poslední kategorií jsou kosmetické čočky. Tyto čočky jsou barevné, ale neslouží pouze ke změně barvy očí z důvodu kosmetického, ale velmi často se jejich použití prolíná právě s terapeutickými čočkami, které se používají nejčastěji k zakrytí nějaké oční anomálie, např. jizev, leukomů rohovky atd. Jejich další využití jsou detailněji uvedena dále v práci.

Ke kosmetickým řadíme také tzv. „crazy“ čočky, které jsou naopak nošeny pouze z důvodu příležitostného ozvláštnění image nositele. [2, 8, 9]

1.2.2 Rozdělení barevných kontaktních čoček

Barevné kontaktní čočky dělíme rovněž do dvou základních kategorií:

- tónovací
- krycí

[10]

Někteří autoři uvádějí rozdělení barevných čoček do tří kategorií, když do jedné z nich zařazují také tónované výšebotnavé čočky. Tyto čočky se vyrábějí s lehkým zabarvením (modrá nebo zelená), např. z toho důvodu, aby s nimi byla ulehčena manipulace - aby byly lépe viditelné v pouzdře. Toto lehké zabarvení však nedokáže změnit tón ani barvu očí, proto se takové čočky zpravidla do základního rozdělení nezařazují. [6]

Tónovací čočky způsobují jemnou změnu tónu, nebo zvýrazňují přirozenou barvu očí, ale pouze u lidí se světlou duhovkou. Tónovacími čočkami prochází světelné paprsky o určitých vlnových délkách, ty se poté od duhovky odrazí a jdou zpět. Výsledný barevný efekt je dán kombinací barvy duhovky a tónovací čočky. Krycí čočky jsou na rozdíl od tónovacích vhodné také pro tmavé barvy duhovky. Dokáží téměř dokonale překrýt původní barvu duhovky. Tyto kontaktní čočky obsahují tenkou neprůhlednou až neprůsvitnou vrstvu, která překrývá vlastní duhovku. Tato vrstva má u vidoucího oka čirý otvor pro zornici a u slepého oka je otvor černý. Čočka je přes neprůhlednou vrstvu dále barvena speciálními barvivy, která vytvářejí novou barvu duhovky. [10]

1.2.3 Rozdělení kontaktních čoček podle materiálů

Kontaktní čočky jsou tvořeny různými typy materiálů, které ovlivňují jejich vlastnosti. Základní dělení čoček, které lze pak ještě dále dělit, je na tvrdé a měkké.

- Tvrdé.
 - Tvrdé nepropustné (sklo, PMMA).
 - Tvrdé plynopropustné (RGP materiály).
- Měkké.
 - Hydrofóbní (Silikonová pryž).
 - Hydrofilní = hydrogelové.
 - Hydrogelové standardní (PHEMA).
 - Hydrogelové výšebotnavé.
 - Silikonhydrogely

[2, 8]

1.3 Barvení kontaktních čoček

Mezi jedny z velmi významných dodatečných operací, které se provádějí na kontaktních čočkách a slouží především k poupravění funkce nebo vlastností kontaktních čoček, řadíme barvení. [11]

Barvení kontaktních čoček má nejrůznější příčiny. Neslouží pouze ke zvýraznění, nebo dokonce úplné změně barvy očí, ale využívá se také z terapeutického hlediska k zakrytí poúrazových nebo pooperačních jizev, při částečné nebo úplné absenci duhovky apod. Může se také používat ke zvýraznění výšebotnavých čoček, což způsobí jejich zviditelnění a usnadní následnou manipulaci s čočkou v pouzdře. [11]

1.3.1 Barvení kontaktních čoček podle materiálu

PMMA můžeme vyrobit v nejrůznějších barvách. Zabarvuje se jak z hlediska zlepšení viditelnosti, tak k usnadnění manipulace. K tomuto účelu se více používalo modré a zelené zbarvení, na rozdíl od toho šedá barva byla spíše neutrální. [2, 12]

Od roku 1980 se začaly barvit také měkké kontaktní čočky. Měkké i tvrdé kontaktní čočky se na trhu vyskytují v různých zbarveních pro osoby se světlou duhovkou, kde mění její zbarvení, ale také pro osoby s tmavou (hnědou) duhovkou, kde jsou čočky barveny matnými barvami. Všechny tyto čočky mají čirou centrální oblast, jejíž průměr zpravidla činí 4 mm a slouží tak k dobrému vidění přes barevnou kontaktní čočku. Dále mají také průhlednou periferní prstencovou oblast o šířce 1 mm, která zasahuje až do bělimy. [2, 12]

Na českém trhu se dnes používají spíše měkké barevné kontaktní čočky. Jednak u nás tvrdé čočky nejsou rozšířené jako takové, jednak proto, že je u nich velmi problematické v zbarvené části dosáhnout stoprocentní nepropustnosti pro světlo. [2, 12]

1.3.2 Látky používané k barvení kontaktních čoček

K barvení čoček se používá mnoho druhů pigmentů a barviv, z nichž každý se dá aplikovat jiným způsobem. S postupným rozvojem času se barviva měnila a přicházelo se na lepší a účinnější látky. Mezi první barviva k barvení čoček se využívala rostlinná barviva. Nebyla však příliš účinná, jelikož se vymývala z obarvených míst do neobarvených a také do oka. Mnohem lepší byla některá reaktivní barviva, indanthrenová a kyselá barviva. [13, 14]

Barviva fungovala na principu spojení s hydroxylovou skupinou materiálu čoček (např. čočky z polyHEMA materiálu) pomocí kovalentních vazeb. Tato možnost však neplatila pro všechny materiály. Třeba materiály s vysokým obsahem vody (poly(NVP-co-MMA)) neobsahují monomerní jednotky s vhodnými funkčními skupinami, takže se barvivo nemá kam navázat. [3]

Dále se barvení čoček provádělo solemi tetrazolia. Bylo to však dosti obtížné a časově náročné. [3]

Jako princip vhodný pro hydrogely bylo navrženo působení rozpustnými barvotvornými činidly, která jsou následně jednoduchou reakcí přeměněna na nerozpustnou sraženinu, a tudíž jsou v materiálu čočky dobře fixována. Zbylá činidla se poté vymývají. Prakticky se používají dva roztoky, první, jímž je hydrogel impregnován, následně druhý, srážecí, do nějž se hydrogel ponořuje. Lze tak vytvořit i různé obrazce, soustředné kruhy,

drobné barevné skvrny apod. Barevné sraženiny lze vytvořit buď přímo na povrchu, nebo v materiálu čočky, v jakékoliv vzdálenosti od povrchu. [3]

1.4 Příprava barevných kontaktních čoček

1.4.1 Příprava tónovacích kontaktních čoček

Tónovací čočky lze vytvořit pomocí 4 základních technik – rozptýlením barviva, smáčením čoček ve vodorozpustném barvivo, vytvořením chemických vazeb mezi polymerem a barvivem a tiskem. [15]

Rozptýlením barviva

Princip této metody spočívá v přidání barviva nebo pigmentu do monomerní směsi před zahájením polymerizace. Následně během polymerizace se barva začne šířit, až se rozptýlí po celém materiálu. Tato metoda je vhodná pouze pro tvrdé kontaktní čočky, protože u měkkých čoček by barvivo mohlo difundovat a během hydratace se z polymeru vyluhovat. Touto technikou není možno vyrobit pouze částečně obarvenou čočku (např. nelze vytvořit čirý otvor pro zornici). Další nevýhodou je, že sytost barvy je závislá na tloušťce obarvované čočky. [15]

Smáčením čoček ve vodorozpustném barvivo

Princip spočívá v tom, že vyrobená čirá čočka je při dané teplotě ponořena na určitou dobu do vodorozpustného barviva. Provádí se to tak, že čočka je položena na centrovací disk, na kterém je přesně vystředěna a v požadované poloze zafixována. Poté se na čočku v oblasti zornice přikládá gumový nástavec a pomocí injekční stříkačky je aplikováno barvivo. Následně jsou nezreagovaná barviva vymytá vodou. Čočka se dále vloží do roztoku vývojky, což způsobí udržení barvy v materiálu čočky. Barvivo proniká pouze do hloubky 10 μm od povrchu čočky, proto se barva jeví jednotně a intenzita barvy nezávisí na optické mohutnosti čočky. Touto metodou se vyrábějí měkké silikonhydrogelové barevné kontaktní čočky. [14, 15]

Vytvořením chemických vazeb mezi polymerem a barvivem

Také touto metodou je získáváno stálé zbarvení čoček, v důsledku vytvoření velmi pevných kovalentních vazeb mezi polymerem a atomy v molekule barviva. Opět dochází ke smáčení čoček v roztoku barvotvorných činidel a následnému vmytí nezreagovaných činidel. [15]

Tiskem

Touto technikou se barvivo tiskne na povrch čočky podobným způsobem, jako inkoustový tisk na papír. Jednou z možností je použití třibarevného tisku, při kterém se postupně nanášejí tři průhledné barevné výtažky, které spolu navzájem vytvářejí obraz v přirozených barvách. V případě potřeby je u této metody možnost zanechat čirý otvor pro zornici. [3, 15]

1.4.2 Příprava krycích kontaktních čoček

Krycí čočky lze také vytvořit pomocí 4 základních technik – bodově tištěnou strukturou, vrstvenou konstrukcí, neprůhlednou zadní vrstvou a vytvořením podkladové bílé vrstvy. [15]

Bodově tištěná struktura

U této techniky dochází k natištění kresby duhovky, složené z malých neprůhledných bodů, na přední plochu čočky. Vzniknou pevné chemické vazby mezi neprůhlednými barevnými složkami a povrchem čočky, které zajišťují stálost barvy. [15]

Vrstvená konstrukce

Provádí se tak, že obraz duhovky je nanesen na povrch již předem soustruženého materiálu HEMA v suchém stavu (tzn. HEMA „knoflík“). Poté se nanáší další vrstva HEMA. Za pomoci polymerizace dojde k propojení obou vrstev a vytvoří se vrstvený prefabrikát, který se musí soustružit do tvaru výsledné čočky, která se poté zpracovává obvyklým způsobem. Obrovskou výhodou tohoto barvení je, že barvivo je uzavřeno mezi dvě složky polymeru, tudíž nedochází ke kontaktu očí s barvivem. Naopak nevýhoda je ta, že čočka je dost tlustá, což výrazně snižuje propustnost pro kyslík. [15]

Další variantou této vrstvené konstrukce je tzv. sandwichová metoda. Spočívá v tom, že se na průhlednou vrstvu hydrogelu vytvoří požadovaný vzor a na něj se připolymerizuje další hydrogelová vrstva. Dělá se dvoustupňová, nebo také vícestupňová polymerizace, prováděná ve formě stacionární nebo rotující. Na vnější průhlednou vrstvu, nahrazující rohovku, se ještě ve formě nanese barvená, případně černá nebo bílá vrstva, popř. vzor. Do formy se nalije zbytek monomerní směsi a za rotace dojde k dokončení polymerizace. [4, 15]

Neprůhledná zadní vrstva

Struktura čočky se obarví transparentním barvivem. Vzor duhovky, včetně černé zornice, se vloží na zadní plochu čočky pomocí neprůhledných barviv, tudíž je celá zadní plocha čočky neprůhledná. Princip této techniky spočívá v tom, že paprsky světla, které dopadají do oka, se odrážejí od zadní neprůhledné vrstvy a k vytvoření barevného efektu dojde pomocí transparentních barviv ve struktuře čočky. [15]

Vytvoření podkladové bílé vrstvy

Tato metoda využívá perlovou bělobu, netoxické barvivo na bázi vizmutu. Postup vychází z oxidu vizmutitého, jeho převodu na chlorid vizmutitý BiCl_3 , který není stabilní a reaguje s vodou za vzniku oxichloridu vizmutitého BiOCl – perlové běloby. V přesném množství kyseliny chlorovodíkové je rozpuštěn oxid vizmutitý. Takto připravený roztok je doplněn destilovanou vodou a po té zahříván, než vymizí zákal. Pak je ponechán zchladnout na laboratorní teplotu. Do roztoku je ponořena čočka a vystavena po určitou dobu působení roztoku. Následně je čočka převedena do destilované vody a poté opláchnuta roztokem hydroxidu sodného a vodou. Pak je čočka opětovně vložena do destilované vody a po jejím vyjmutí bude patrné zbělení čočky. Na takto vzniklou bílou vrstvu dále nanášíme barevný vzor duhovky. [15]

1.4.3 Výhody a nevýhody jednotlivých metod přípravy barevných čoček

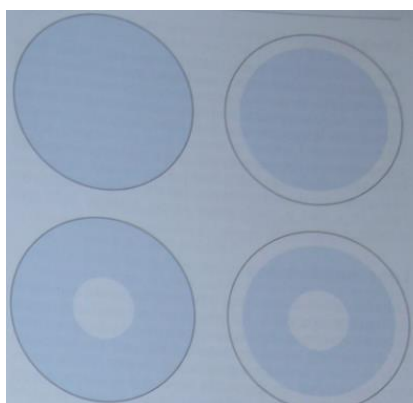
Tabulka č. 1: Výhody a nevýhody metod výroby barevných čoček [7, 14, 15, 16]

Typy barvení čoček	Výhody	Nevýhody
<i>Rozptýlením barviva</i>	Barva je na čočce stálá.	Metoda je vhodná pouze pro tvrdé kontaktní čočky.
		Není možno vyrobit pouze částečně obarvenou čočku (nelze vytvořit čirý otvor pro zornici).
		Sytost barvy je závislá na tloušťce obarvované čočky.
<i>Smáčením čoček ve vodorozpustném barvivu, jeho následná přeměna na nerozpustnou formu</i>	Intenzita barvy nezávisí na optické mohutnosti čočky.	Metoda je vhodná pouze pro měkké hydrofilní čočky, barevný odstín se po fixaci může změnit.
	Barva se jeví jednotně, je stálá.	
<i>Vytvoření chemických vazeb mezi polymerem a barvivem</i>	Stabilní jednotný odstín barev.	Čočky vytvořené touto metodou nesmí přijít do kontaktu s chlorovanou vodou z kohoutku a vodou z bazénu.
	Rovnoměrné zbarvení.	
<i>Tiskem</i>	Vzhled přirozených barev.	-
	Možnost nechat čirý otvor pro zornici.	
<i>Bodově tištěná struktura</i>	Stálost barvy, přirozený vzhled čočky.	-
<i>Vrstvená konstrukce</i>	Barvivo je uzavřeno mezi dvě složky polymeru, tudíž nedochází ke kontaktu očí s barvivem.	Čočka je dost tlustá, což výrazně snižuje propustnost pro kyslík.
<i>Neprůhledná zadní vrstva</i>	-	-
<i>Vytvoření podkladové bílé vrstvy</i>	Perfektně překryje jakoukoliv barvu duhovky + nejružnější defekty na rohovce.	Dílčí metoda, vyžaduje zázemí chemické laboratoře.

1.5 Vzhled a vlastnosti barevných kontaktních čoček

1.5.1 Vzhled barevných čoček

Barevná kontaktní čočka může být zbarvená po celé své ploše (včetně zornicového otvoru). Dále se také připravují čočky s čířým zornicovým otvorem, s čířým pruhem u okraje kontaktní čočky, nebo dokonce čočky jak s čířým zornicovým otvorem, tak také s čířým pruhem u okraje čočky. V případě, kdy je zornice překryta barvou, působí vzhled oka přirozeněji, ale může být lehce ovlivněn visus. V opačném případě u čířé zornice může nastat problém pro dosažení správného postavení mezi čířou pupilární zónou čočky a přirozenou



Obrázek č. 2: 4 základní kombinace barvení kontaktních čoček [15]

lidskou zornicí, jejíž velikost se mění vlivem akomodace. Dále pak čočky zbarvené až do okrajů mohou působit velmi nepřirozeně, jelikož barva čočky je v kontrastu s bělímou velmi výrazná. Proto je lepší zvolit čočku s čířým okrajem, která vytváří přirozenější přechod. [10]

Pro snadnější manipulaci s výšebojnavými čočkami, jejichž index lomu se blíží indexu lomu fyziologického roztoku, se čočky upravují lehkým zbarvením. Tyto čočky jsou zbarveny velmi světle, nejčastěji do modré barvy, nijak nepozměňují visus ani vnímání barev, avšak nezmění barvu duhovky. Slouží především pro lepší viditelnost čočky. [10]

Pozn. Každá kosmetická kontaktní čočka může mírně pozměnit visus nebo vnímání barev. Ve většině případů dojde brzo k přizpůsobení. [6]

1.5.2 Vlastnosti barevných čoček

Propustnost pro kyslík

Při barvení kontaktních čoček typem vrstvené konstrukce dochází k významnému snižování propustnosti pro kyslík se zvyšující se tloušťkou čočky. Vliv barvení všemi ostatními technikami (popsanými výše) na propustnost čoček pro kyslík není v literatuře uváděn, přestože, zejména krycí čočky, nutně propustnost pro kyslík snižují. [15]

Režim nošení a frekvence výměny

Barevné čočky jsou vhodné pouze pro denní nošení, není možné v nich přespávat. Existují čočky s plánovanou výměnou (týdenní, čtrnáctidenní a měsíční), nebo také čočky jednodenní. Jednodenní barevné čočky jsou nejpohodlnějším způsobem, jak se vyhnout problémům, které mohou nastat při špatné péči o čočky s plánovanou výměnou. Barevné terapeutické čočky, které jsou nošeny pravidelně z medicínského hlediska, by se měly vyměňovat, jak nejčastěji je to možné. Nejvhodnějšími se zdají pro tento případ jednodenní čočky. Jejich nošení však může být poměrně nákladné. Speciální protetické čočky se zpravidla nosí jako konvenční (1 rok). Většina měkkých barevných kosmetických čoček je však nošena pouze příležitostně. Někteří pacienti mají doma několik párů čoček různých barev, které střídají podle nálady, oblečení atd. Pacienty je vždy třeba informovat, aby se vyhnuli otevření všech čoček najednou, aby nedošlo k možné kontaminaci při nedostatečné péči o čočky. Je třeba jim také říct, že je nutné čistit i čočky, které zrovna nenosí. [11]

Nevýhoda barevných čoček

Procesy barvení mohou pozměnit povrch čočky, co se týče chemické struktury. Z tohoto důvodu může dojít ke snížení smáčivosti čoček, což vede k pocitům nepohodlí při zhoršené kvalitě slzného filmu nositele. Určitý pocit nepohodlí v porovnání s nezabarvenou kontaktní čočkou mohou zapříčinit i drobné nepravidlosti, způsobené barvou nanesenou na povrchu čočky. Tyto nepříjemné pocity mohou být zmírněny pomocí očních lubrikantů. [10]

1.6 Další možné využití barevných kontaktních čoček

1.6.1 Barevné kontaktní čočky na sport

Barevná kontaktní čočka na sport se stala užitečnou pro atlety, kteří se snažili zlepšit svůj výkon zvýšením kontrastu. Existují dva odstíny čoček, které jsou navrženy pro různé typy sportů. Žlutá (jantarová) barva je navržena pro rychlé míčové sporty, jako je např. fotbal, ragby, tenis a baseball. Druhou barvou je šedo-zelená barva, která je vhodná pro golf nebo běh. Byla provedena řada statistik (rok 2007 a 2008), kde se řešilo, zda se s dlouhodobým nošením čoček nesnižuje kontrast, ale nebylo to dokázáno. Studia však dokázala (roku 2009), že při používání těchto čoček za slunečného počasí se rozlišení kontrastu ještělepší. Tyto experimentální čočky se však v současné době ještě běžně nevyrábějí. [17]

1.6.2 Barevné kontaktní čočky jako ochrana před UV zářením

Hlavní funkcí těchto čoček je ochrana před UV zářením. Tyto čočky mají profylaktické tónování s integrovanou UV ochranou. Můžeme je používat všude tam, kde jsme vystavováni nebezpečnému UV záření, jako např.:

- venkovní aktivity na sněhu, písku a u moře,
- práce venku (př. profesionální hráči tenisu).

Měli by je používat také lidé:

- používající léky zvyšující fotosenzitivitu,
- kteří jsou často vystavováni UV záření během práce nebo venkovní rekreace,
- kteří jsou afakičtí. [7, 18]

Nezabarvené čočky a čočky se standardním zbarvením bez UV filtru propouštějí světlo do 230 nm, a tudíž neposkytují přijatelnou UV ochranu. Na rozdíl od nich zabarvené čočky s UV filtrem, které byly publikovány panem Harrisem roku 1999, blokují při vstupu do oka vlnové délky menší než asi 350 nm, a proto poskytují žádoucí ochranný efekt. [18]

Nejvhodnější variantou je, když jsou tyto kontaktní čočky kombinované spolu se slunečními brýlemi, čímž je zaručena maximální ochrana před UV zářením. [7]

1.6.3 Crazy čočky

Tyto čočky se používají hlavně z kosmetického hlediska. Někdy se mohou nazývat také „kostýmové“ nebo „párty“ čočky. Mohou být různě zbarveny, obsahovat obrázky nebo dokonce barevně zářit na diskotékách. Můžeme je vidět také v rámci divadelního nebo filmového představení. [2]

Crazy čočky jsou plně krycí, aby vytvářely dramatické a divadelní efekty. Oči lidí, kteří si nasadí tyto čočky, mohou vypadat např. jako vlčí oči, kočičí oči, jako národní vlajka, srdce nebo můžou obsahovat jakékoliv další obrazce. [7, 15]



Obrázek č. 3: Crazy čočka napodobující vlčí oko [6]

Ačkoliv tyto čočky jsou nošeny zejména jako designový doplněk, měl by nositel čoček nejprve podstoupit oční vyšetření, aby zjistil, zda jsou čočky pro něj vhodné a zda mu na oku dobře sedí. Velmi důležité jsou také následné pravidelné prohlídky. Je také vždy důležité nositele poučit, aby čočky používal pouze on sám a nikomu je nepůjčoval. Někomu jinému by nemusely sedět a navíc by mohlo dojít k jejich kontaminaci, přenosu nějaké infekce apod. Krycí čočky bez vybarvené zornice mohou způsobit změny v topografii rohovky. Může pak trvat až 150 minut po vysazení čoček, než dojde k návratu do původního stavu. Při nošení těchto čoček několik hodin dojde u pacientů ke snížení zrakové ostrosti, jelikož crazy čočky jsou velmi málo propustné pro kyslík. Proto by se tyto čočky neměly nosit dlouhodobě. [15]

1.7 ChromaGen kontaktní čočky

ChromaGen je název pro gelové kontaktní čočky mající přesný nádech různých odstínů barev v místě zornice. Používají se zde filtry fialové, oranžové, růžové, žluté (jantarové) a zelené, které mají tři základní stupně intenzity. Nejvhodnější barvu si volí sám pacient, prostřednictvím pozorování barevných obrazců na promítacím plátně. Pacient si sám zvolí, s jakou intenzitou zabarvení se mu zvýší barevné rozpětí a jednotlivé barvy se zvýrazní. [2]



Obrázek č. 4: ChromaGen kontaktní čočka na oku [2]

Tyto čočky jsou používány pacienty s defekty barevného vidění. Základní předpoklad pro nošení těchto čoček je, aby měl pacient obě oči vidoucí. Poté se čočky mohou aplikovat monokulárně i binokulárně, podle výsledků očního vyšetření. Pokud se jedná o monokulární aplikaci, je čočka nasazena vždy na oko, které není dominantní. Nasazuje se stejným způsobem jako klasická kontaktní čočka. ChromaGen čočka se vyrábí pouze jako planární, tudíž v případě refrakční vady je nutné vybrat vhodnou brýlovou korekci. [2]

Poprvé byly tyto čočky zkušeny v Anglii Davidem Harisem. V České republice jsou používány velmi ojediněle. [2]

1.8 Komplikace spojené s nošením kontaktních čoček

Na samém začátku je třeba si uvědomit, že se kontaktní čočka na povrchu oka chová jako cizí těleso, které ovlivňuje přirozené prostředí rohovky, zejména ve smyslu přívodu kyslíku a živin, odvádění metabolitů nebo ve složení slzného filmu. Kontaktní čočku můžeme na oku přirovnat k jakési „zátce“, která zhoršuje přívod kyslíku k rohovce a naopak odvod oxidu uhličitého od rohovky. Efekt tzv. zátky může vést k problémům s osycháním nebo různým chemickým reakcím s látkami a toxiny. [2]

Barevná kontaktní čočka se od klasické - nebarevné liší zejména tím, že má výrazně sníženou propustnost pro kyslík a odvod oxidu uhličitého, tím se při nošení takové čočky možnost komplikací zvyšuje. [2]

Komplikací, které mohou nastat, je několik. Od těch méně závažných, až po ty ohrožující lidské oko. Existují komplikace postihující víčka, jako je například ptóza víček, dysfunkce Meibomských žláz, chalazion atd. Dále může být postižena spojivka, kde dochází k překrvení spojivky, papilární konjunktivitidě, popř. keratokonjunktivitidě. Další komplikace může nastat, když je postižen slzný film, dochází k patologiím rohovky, kde se mohou vyskytovat mikrocysty epitelu rohovky nebo různé infekční keratitidy. [2, 9]

Nejdůležitější je komplikace nepodceňovat, dodržovat pokyny optometristy nebo oftalmologa na správné nošení a péči o kontaktní čočky a hlavně, když už vzniklo podezření, že není něco v pořádku, je nezbytná okamžitá návštěva oftalmologa. Mezi hlavní příznaky, které upozorňují na nejrůznější komplikace spojené s nošením kontaktních čoček, patří:

- bolest,
- pokles zrakové ostrosti,
- zarudnutí oka (překrvení spojivek),
- snížená schopnost tolerance ke kontaktní čočce. [2, 9]

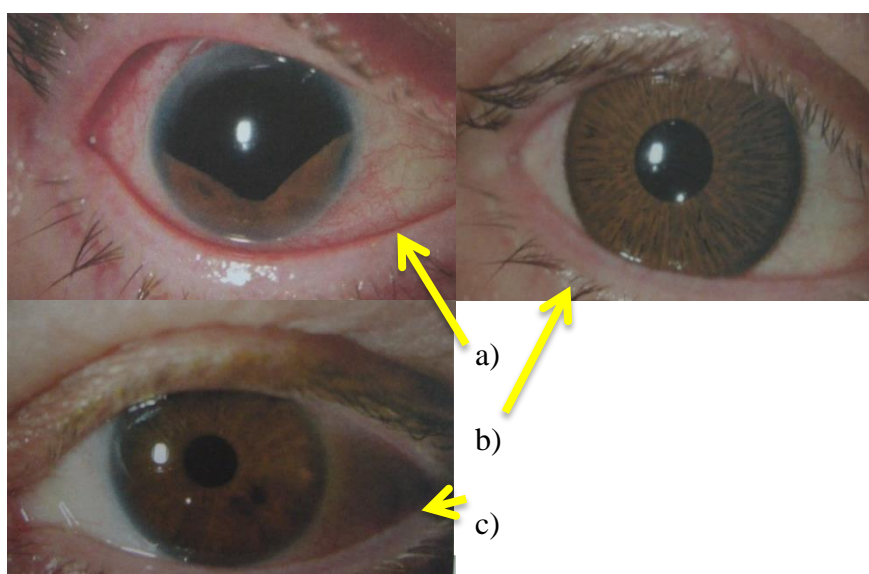
1.9 Protetické kontaktní čočky

Protetické čočky jsou zabarvené čočky, které se používají při snaze o zlepšení vzhledu poškozeného oka (př. jizvy na rohovce) nebo se snaží zlepšit jeho zrakové funkce (redukcí oslnování a fotofobie, př. při kolobomu duhovky). Tyto čočky můžeme také aplikovat na slepé oko, pak je zornice černě zabarvená. [2, 19]

Tato kontaktní čočka je vždy pouze částečnou, nikoli dokonalou náhradou duhovky. Velký rozdíl spočívá v tom, že kontaktní čočka má barevnou vrstvu na vnější straně oka, kdežto lidská duhovka uvnitř oka. I přes to lze s čočkou dosáhnout velmi dobrého efektu. [25]

Jak již bylo zmíněno, protetické čočky se vyrábějí z čirých čoček za pomoci speciálních barev a mohou mít různé podoby. Např. může být vybarvena pouze černá zornice, vybarvená duhovka s čirým středem, takové čočce se říká stenopeická kontaktní čočka, nebo v neposlední řadě může být vybarvena duhovka i s černou zornicí. [2]

Stenopeická kontaktní čočka nejen vidění zlepšuje, ale navíc také zabraňuje oslnění. Tato čočka má pouze malý otvor, kterým se soustřeďují sluneční paprsky a kterým je vidět. V případě velmi úzkého otvoru může dojít k odfiltrování rozptýlených paprsků světla, čímž dojde k vytvoření tzv. stenopeického efektu, při němž je dobře vidět i při refrakčních vadách. [2, 19]



Obrázek č. 5: a) Výrazný potraumatický kolobom duhovky s afakií, b) Totéž oko s nasazenou protetickou krycí afakickou kontaktní čočkou, c) Druhé zdravé oko téhož pacienta [2]

Materiály protetických kontaktních čoček

- Kontaktní čočky z PMMA.
- Kontaktní čočky z RGP.
- Měkké kontaktní čočky.

[21]

1.9.1 Indikace a kontraindikace protetických čoček

Na kontaktních čočkách z PMMA a RGP materiálů lze vytvořit přesné detaily a tvary, které odpovídají zdravému oku, zatímco u měkkých kontaktních čoček to nelze. Poškozená a znetvořená rohovka často způsobí nepravidelný astigmatismus, tudíž protetické čočky z PMMA a RGP dokáží tento astigmatismus korigovat a zároveň zlepšit vzhled tohoto oka.

Oči se středně těžkou až těžkou neovaskularizací by měly mít čočky s vysokou propustností pro kyslík. V tomto případě jsou velmi vhodné RGP čočky, které umožňují maximální přísun kyslíku k rohovce. Naopak čočky z PMMA a RGP jsou menší než měkké kontaktní čočky, a proto se pohybují po rohovce více. Z tohoto důvodu nejsou vhodné na maskování anomálií, které se vyskytují na okrajové části rohovky, nebo je-li velký defekt na předním segmentu oka. [21]

Sklerální kontaktní čočky se používají v případě, když rohovkové kontaktní čočky jsou špatně soustředěné na rohovce. Aplikace těchto čoček vyžaduje vyšší úroveň odborných znalostí a je časově náročnější než u ostatních čoček. Jsou k dispozici pouze v omezeném počtu, tudíž jsou poměrně drahé. Měly by být aplikovány až po selhání všech ostatních typů protetických kontaktních čoček. [21]

Měkké kontaktní čočky by měly být použity, pokud je poškozena významná část předního segmentu oka, nebo pokud již pacient kdysi nosil tyto čočky, či pokud chce pacient nosit čočky pouze příležitostně. Měkké čočky jsou kontraindikovány u středně pokročilé neovaskularizace, u středně až extrémně suchého oka a u nepravidelného astigmatismu. Tyto čočky mohou být také obtížně použitelné pro lidi s poruchou motorické koordinace. [21]

1.9.2 Onemocnění, u kterých se používají protetické kontaktní čočky

Stenopeická kontaktní čočka se používá nejčastěji u:

- aniridie
- velkého kolobomu duhovky
- pokročilejších atrofí duhovky
- albinismu
- heterochromie
- rubeosis iridis
- iridodialysis
- iris bicolor

[2, 9, 19, 21, 22]

Další využití protetické čočky se zabarvenou duhovkou i zornicí:

- překrytí jizev na rohovce
- překrytí leukomů
- ectopia pupillae
- anizokorie

- kongenitální mydriáza
- kongenitální mióza
- pupilotomie
- dyskorie
- korektopie

[2, 9, 19, 21]

Aniridie

Je stav, kdy je duhovka redukována pouze na nepravidelný proužek tkáně nebo ve vzácných případech v určitých úsecích zcela chybí. Spolu s aniridii vzniká často nystagmus, amblyopie nebo glaukom. Často bývá spojena s vrozenou přední a zadní kataraktou. Velmi často bývá oboustranná. Rozlišujeme několik podtypů aniridie, které se rozlišují podle rozsahu absence duhovkové tkáně. [9, 19, 21, 23]

Aniridie je geneticky podmíněné onemocnění (AD). Tato chromozomální porucha se týká delece krátkého raménka 11. chromozomu. Člověk s takovou vadou je silně světloplachý a má špatnou schopnost adaptace na světelné podmínky. [9, 21]

V případě aniridie je funkcí protetické čočky vytvořit srovnatelný vzhled postiženého a zdravého oka. [20]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Pokud je přítomna amblyopie, je třeba ji léčit. U dětí s jednostrannou anomálií dojde po amblyopické terapii k výraznému zlepšení zrakové ostrosti.
- Pokud se objeví glaukom, rovněž je potřeba jej léčit. Navíc mohou být použity beta blokátory, prostaglandiny a inhibitory enzymu karboanhydrázy.
- Na zmírnění světloplachosti je možné použít sluneční brýle nebo upravit světelné podmínky. [24]

Kolobom duhovky (coloboma iridis)

Jedná se o defekt duhovky, kdy část duhovky chybí, vzniká při nedokonalém uzavření očního pohárku. Projevuje se jako různě velký defekt tkáně, který vychází ze zornicové oblasti a směřuje do dolního kvadrantu duhovky. Typickým příznakem je rozšířená zornice do obrazu klíčové dírky, ve které je viditelný okraj čočky, která může být rovněž postižena kolobomem. Jde o vrozený stav, který je často oboustranný. Při oboustranném postižení je vidění obvykle velice špatné. [9, 19, 20, 21]

Nejvhodnějším řešením jsou barevné čočky s čirou zornicí. Při určitém osvětlení může být podkladová duhovka a zornice lehce vidět, ale rozhodně bude vzhled očí lidí

s kolobomem lepší než bez ní. Je důležité zvolit vhodnou velikost zornice, jelikož když bude příliš malá, mohla by omezovat vidění. [20]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Používá se zde zařízení protetické duhovky, což je černá clona z PMMA, která chrání před světloplachostí (může být použita také u pacientů s aniridií nebo u albínů). Optický průměr této clony je 10 mm, z čehož 5 mm je čistý střed. Operativně se vkládá do ciliárního žlábků. [25]

Atrofie a degenerace duhovky

Při těchto onemocněních duhovky se ztenčuje stroma a dochází k vyhlazování kresby duhovky. Výraznější pak zůstává pigmentový list duhovky. Existuje několik typů atrofie. Ložisková atrofie nejčastěji vzniká po zánětech duhovky, nejčastěji po herpetických zánětech, také po angulárním glaukomovém záchvatu nebo po různých úrazech. V případě senilní atrofie dochází k atrofii jak pigmentového listu duhovky, tak také k atrofii stromatu. Esenciální atrofie postihuje nejčastěji ženy středního věku, ve většině případů se vyskytuje spolu se sekundárním glaukomem. Často u tohoto onemocnění dochází také k decentraci zornice (korektopii). [9, 21]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Léčba není potřebná, pokud se u tohoto onemocnění neobjevuje glaukom nebo edém rohovky. [24]

Albinismus

Je kongenitální porucha, která vzniká, když se kvůli nedostatku enzymu torozinázy nevytváří pigment v melanocytech (melanin). Člověk trpící albinismem má velmi světlé oči. Albinismus se dělí na oční a okulokutánní albinismus. U očního albinismu je chybnost melaninu soustředěná výhradně na oko. Pigment zde chybí v duhovce, řasnatém tělísku a pigmentovém epitelu sítnice. Okulokutánní albinismus postihuje stejnou mírou jak vlasy, tak kůži i oči. V případě postižení očí dochází k redukci pigmentu obsaženého v retinálním pigmentovém epitelu. K tomuto dochází v případě negativní formy okulokutánního albinismu. U aktivní formy se vyskytuje určitý stupeň pigmentace, vzhledem k okrajové aktivitě enzymů. Pacienti s tímto onemocněním trpí světloplachostí, objevuje se u nich nystagmus, amblyopie a mají výrazně sníženou zrakovou ostrost. [9, 19, 21]

V případě těžké světloplachosti aplikujeme krycí čočku s čirou zornicí. Při menší světloplachosti stačí tónovací čočka s barevnou duhovkou i zornicí. [20]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- V současnosti neexistuje účinná léčba albinizmu, ale existují řešení, které mohou zmírnit příznaky albinizmu.
 - Léčbou amblyopie můžeme snížit nystagmus, pokud se vyskytuje.
 - Operace očních svalů může být možností pro pacienty s výrazným strabismem nebo s nystagmem, kvůli kterému mají nestandardní polohu hlavy.
 - Klienti s albinismem mohou navštívit dermatologické pracoviště, kde jim poradí vybrat vhodnou sluneční pomůcku chránící před UV zářením. [24]

Heterochromie

Označuje název pro rozdílnou barvu duhovky na obou očích. Může být způsobena např. parézou sympatiku provázenou ptózou a miózou, popř. různými nádory. Je klasickým příznakem u Fuchsovy heterochromní iridocyklitidy, kde je způsobena atrofií předních vrstev duhovky. [9, 19, 21]

Tento stav řešíme použitím dvou krycích nebo dvou tónovacích čoček s průhlednou zornicí. [20]



Obrázek č. 6: Heterochromie duhovky [22]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

Pokud je heterochromie způsobená Fuchsovou heterochromní iridocyklitidou, tak provádíme léčbu:

- lokálními kortikosteroidy, které se aplikují pouze krátkodobě,
- nesteroidní antiflogistika lze podávat i dlouhodobě,
- Antiglaukomatiky (betablokátory, inhibitory karboanhydrázy), které se podávají při vzrůstajícím nitroočním tlaku. [9]

Rubeosis iridis

Rubeóza duhovky jsou novotvořené cévy (neovaskularizace) na povrchu duhovky. Vaskularizace duhovky může být prozkoumávána pomocí fundus kamery. Můžeme detekovat pouze cévy na předním povrchu duhovky. Avšak pokud fluoresceinová barva při vyšetření výrazně uniká ze zadní části duhovky, můžeme mít podezření také na cévy na zadní ploše duhovky. [9, 19, 21, 25]

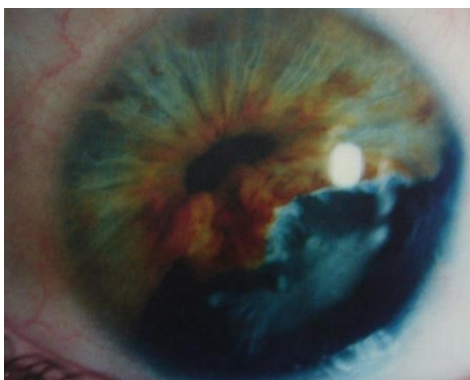
Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Lze ji léčit podáváním injekce s tkáňovou krevní bílkovinou plasminogenem do přední komory. [25]

Iridodialysis

U tohoto onemocnění dochází k odtržení kořene duhovky. U těžké iridodialýzy se může monokulárně vyskytovat dvojité vidění a světloplachost. [9, 21, 23]

Aplikujeme zde čočky s barevnou zornicí. [24]



Obrázek č. 7: Iridodialýza [22]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Vhodné je krom čoček také nošení slunečních brýlí.
- U těžké formy a závažných příznaků se doporučuje chirurgický zákrok. [24]

Iris bicolor

Jedná se o duhovku rozdělenou na sektory hnědé a modré barvy. Ve vzácnějších případech se duhovka skládá z hnědé a zelené barvy. Světlejší úsek je vytvořen hypoplazií melanocytů. [9, 21]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Žádná jiná léčba neexistuje. [9]

Leukom

Je bělavý sytý zákal rohovky, který výrazně ovlivňuje zrakovou ostrost a způsobuje neprůhlednost rohovky. Mohou být malé, nebo také takové, které pokryjí celou rohovku (průměr cca 4 – 5 mm). Taktéž hustota leukomu může být řídká až velmi silná. Jestliže je leukom umístěn dostatečně bokem, nemusí mít na vidění zas tak velký vliv, jako když se vyskytuje centrálně. Leukom může vznikat např. poleptáním oka. *Leucoma corneae adherens* – Dochází k přední adherenci duhovky do původního perforovaného místa na rohovce. [9, 20, 21]

Leukomy jsou řešitelné pomocí měkké kontaktní čočky, pokud však oko alespoň trochu vidí, čímž se rozumí to, že je v něm čistá část (pupila). Když oko nevidí, je potřeba k plnému zakrytí leukomu černá zornice. [20]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Je možno provést keratoplastiku. [26]

Ectopia pupillae

Jedná se o chybnou polohu zornice. Často bývá spojená také s ectopia lentis. Je to autozomálně recesivní onemocnění [9, 21, 26]



Obrázek č. 8: Ektopie zornice [9]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Je třeba často kontrolovat korekci zraku, aby bylo zajištěno zlepšení zrakových funkcí. U některých pacientů s ectopia lentis bude potřeba provést lensektomii (odstranění vlastní čočky). [27]

Anizokorie

Jedná se o nestejnou šíři zornic. Za fyziologický jev se pokládá zornicový rozdíl do 0,3 mm. Patologický anizokorie bývá nejčastěji vyvolána jednostranným postižením eferentních sympatických nebo parasympatických drah. Může být způsobena také zánětem

v přední oční komoře, což má za následek křeč svěrače. Je jedním ze dvou hlavních příznaků Hornerova syndromu (ten další typický příznak je ptóza). [9, 19, 21, 23, 25]

Provádí se oční vyšetření. Zkouší se rozpoznat, která zornice je abnormální oproti té druhé na světle a za tmy. Pacienti s anizokorií mají zpravidla bolesti očí (červené oči) a poruchy vidění. [26]

Tento problém se řeší kontaktními čočkami s čírou zornicí, jelikož oko je ve většině případů vidoucí. [20]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Pokud je abnormalita zornic malá, jedná se zpravidla o Hornerův syndrom, což můžeme potvrdit kokainem nebo Apraclonidinovým testem. U Hornerova syndromu je nejdůležitější chirurgicky odstranit ptózu. U akutního syndromu je třeba zahájit léčbu co nejdříve, zejména těch problémů, které ohrožují život. Naopak u chronického syndromu není léčba tak urgentní. [24]

Pozn. Diagnózu Hornerova syndromu potvrdíme pozitivním kokainovým testem. Do obou očí kápeme jednu kapku 10% kokainu a vyčkáme 15 minut. Pokud se velikost zornic nezměnila, kápnutí opakujeme ještě jednou a opět čekáme 15 minut. Opakujeme tak dlouho, dokud se normální zornice nezvětší. Hornerova zornice se rozšíří méně než normální. Jako alternativa kokainu může být použit 1% nebo 0,5% Apraclonidin. Apraclonidin způsobuje změnu v anizokorii. Myotická zornice s Hornerovým syndromem bude najednou větší než normální zornice). [24]

- V případě většího rozdílu ve velikosti zornic mluvíme o zornicovém tonu. Ten se léčí podáváním Pilocarpinu, pro lepší kosmetický vzhled zornic a pokud je třeba, tak k pomoci při akomodaci. [24]

Kongenitální mydriáza a mióza

Mydriáza se projevuje širokou nereagující zornicí (větší než 4 mm), kdežto u miózy se vyskytuje úzká nereagující zornice (menší než 2 mm) při normálně vyhlížející duhovce. Kromě kongenitální formy existuje také paralytická mydriáza. Jedná se o absolutní ztuhlost zornice spojenou navíc s poruchou fotoreakce a s poruchou reakce zornice při pohledu do blízka. Takováto mydriáza může vzniknout zcela samostatně bez poruchy akomodace. Paralytická myóza bývá součástí tzv. Hornerova syndromu, způsobeného obrnou krčního sympatiku. Vrozená myóza (microcoria) může být způsobená chybějícím svalem dilatorem pupillae (rozšiřovačem zornice). Kongenitální myóza může být součástí Marfanova syndromu, nebo součástí ectopia pupillae. [9, 19, 21, 26]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Pokud se u mydriázy vyskytuje ciliární ganglion, může být zasažena akomodační schopnost, v tom případě bude dítě potřebovat předpis na čtení. [27]
- Jiná léčba neexistuje [27]

Pupilotonie

Je benigní porucha zornicových reakcí. Nejčastěji se vyskytuje u žen mladšího a středního věku a často bývá pouze jednostranná. Toto onemocnění se projevuje tak, že při světle je jedna zornice širší než ta druhá, nemá výbavné fotoreakce a dochází ke zvláštnímu tonickému stahu při pohledu do blízka. Jak stah, tak uvolnění zornice je velmi pomalé, oproti zdravé zornici. Přesná příčina tohoto onemocnění není známá, ale příkládá se k degeneraci parasympatických vláken. [22]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Žádná jiná léčba neexistuje. [22]

Dyskorie

Toto onemocnění může být jak kongenitální tak získané. Jedná se o změnu tvaru zornice. Příčinou kongenitální dyskorie jsou kolobom duhovky, duhovková hypoplasie nebo ectopia pupillae. Získanou dyskorii způsobují běžně viditelné změny v duhovce (začervenání, záněty...). [9, 26]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Žádná jiná léčba neexistuje. [27]

Korektopie

Jedná se o dislokaci zornice, která je užší než normální, většinou do horního temporálního kvadrantu (posun o 0,5 mm od centra duhovky). Velmi často bývá také spojována se změnou polohy čočky. Příčinou korektopie můžou být duhovková hypoplasie, kolobom nebo ectopia pupillae. Občasná korektopie (zornice se posouvají z centra do necentrické pozice) může signalizovat poruchu středního mozku. [9, 26]

Jiná možnost řešení vady než protetickými kontaktními čočkami:

- Žádná jiná léčba neexistuje. [27]

Shrnutí řešení očních defektů zmíněných v kapitole 1.9.1

U některých onemocnění existují jiná řešení očních defektů než pomocí protetické kontaktní čočky, ať už se jedná třeba o protetickou duhovku, která se operativně vkládá do ciliárního žlábků u kolobomu duhovky, nebo podávání injekce s tkáňovou krevní bílkovinou plasminogenem do přední komory u rubeosis iridis, případně u některých nemocí podávání různých léčiv. [25]

Myslím si, že řešení pomocí kontaktní čočky je téměř u všech onemocnění, popsaných v kapitole 1.9.1 nejvhodnějším řešením. Největší výhodou je, že je možno kontaktní čočku při jakýchkoliv problémech z oka vyndat, na rozdíl od operativních způsobů řešení, která jsou většinou trvalá. Navíc je možno vybrat si z nejrůznějších barevných odstínů čoček, což v případě defektu pouze jednoho oka dokáže toto oko barevně sladit s okem zdravým. U mnoha lidí člověk na první pohled vůbec nepozná, že se jedná o někoho s očním defektem, což je zejména z psychického hlediska pacientů obrovská pomoc.

1.9.3 Okluze

Nejčastějším důvodem použití okluze je v případě diplopie nebo amblyopie. V případě amblyopie používáme okluzi pouze, pokud se objeví problém a je třeba zlepšit kosmetický vzhled. Jedná se o to zejména u dětí nad 7 let. Řešením je zde aplikace čočky s matnou duhovkou a zornicí. [20]

1.10 Srovnání barevných čoček společností Wilens a Alcon

Wilens s. r. o.

Wilens je jedinou firmou v České republice, která barví hotové kontaktní čočky na zakázku. Tyto čočky se využívají zejména z terapeutického hlediska př. při aniridii, na zakrytí jizev atd. (viz. Kapitola 9). Po změření znaku optometristou či oftalmologem se zhotovuje barevná čočka. Lze ji vyrobit např. podle fotografie obou očí klienta, lepší je však osobní návštěva specializovaného pracoviště, kde se tyto čočky barví. Firma Wilens nabízí barvení na zakázku pro většinu typů kontaktních čoček na našem trhu (hydrogely i silikonhydrogely) a spolupracuje s mnoha aplikačními středisky u nás i na Slovensku. [28]

V portfoliu vlastních výrobků firmy Wilens s. r. o. jsou však i barevné kontaktní čočky, přičemž nejnovější nesou název IRIS. Firma je vyrábí ve variantě dioptrické i nedioptické. V případě dioptrických čoček se jedná o čočky s plánovanou výměnou po 1 měsíci. Dioptický rozsah je od -0,5 až do -6,00 dioptrií. Čočky IRIS dioptrické se vyrábějí

v 5 barvách (modrá, zelená, oříšková, perlová a fialová). Nově vznikly také barvy jantarová a tyrkysová, které jsou však pouze v nedioptrické variantě. [28]

Alcon

Alcon vytvořil v roce 2014 nejnovější barevné čočky s názvem Air Optix Colors. Rovněž se vyrábí v dioptrické i nedioptrické variantě v 9 barevných variantách (lískový oříšek, modrá, zelená, šedá, hnědá, medová, brilantově modrá, polodrahokamově zelená, mincově šedá). Jsou to čočky s plánovanou výměnou po 1 měsíci a jejich dioptrický rozsah je od +6,0 do -8,0 dioptrií. Tyto čočky jsou vyrobeny speciální technologií s plazmou zušlechtěným povrchem, který má čočky chránit před ukládáním depozit a ztrátou vlhkosti čoček. [29]

Porovnání

Tabulka č. 2: Srovnání barevných čoček od firem Wilens a Alcon [28, 29]

Parametry	Wilens	Alcon
<i>Název barevné KČ</i>	IRIS	Air Optix Colors
<i>Typ KČ</i>	Dioptrické, nedioptrické	Dioptrické, nedioptrická
<i>Rozsah dpt</i>	Od -0,5 do -6,0	Od +6,0 do -8,0
<i>Materiál</i>	Hioxifilcon A – hydrogel	Lotrafilcon B - silikonhydrogel
<i>Dk/t</i>	18	138
<i>Dk</i>	21	110
<i>Obsah vody</i>	59%	33%
<i>Režim nošení</i>	Denní	Denní
<i>Frekvence výměny</i>	30 dní	30 dní
<i>Sféra/Tóra</i>	Sféra	Sféra
<i>Průměr</i>	14,2	14,2
<i>Zakřivení</i>	8,6	8,6
<i>Počet ks v krabičce</i>	2 ks	2 ks

Oba dva typy těchto barevných čoček mají některé podobné parametry (tvarové, režim nošení, frekvenci výměny). Liší se však v typu materiálu, dioptrickém rozsahu, v obsahu vody a také v hodnotách Dk a Dk/t. Čočky IRIS mají sice větší obsah vody, zato jsou méně propustné pro kyslík než Air Optix Colors. Záleží na individualitě klienta, který typ mu bude lépe vyhovovat. [28, 29]

2 Experimentální část

2.1 Úvod

Cílem praktické části mé bakalářské práce bylo vyzkoušet si vhodnou a dostupnou metodou vlastní barvení kontaktních čoček. Podle zadání jsem měla připravit různé odstíny hnědé barvy od světlé po tmavou až černou, a to v závislosti na změnách v technologickém reglementu, tedy na koncentraci činidel, teplotě a času. Stupeň hnědého zabarvení jsem měla hodnotit pomocí spektrofotometru. Dalším samostatným úkolem bylo připravit na kontaktních čočkách bílou podkladovou vrstvu. Zároveň jsem měřením tvarových parametrů čoček před a po barvení sledovala jeho vliv konstrukci čočky.

Měření a barvení jsem prováděla v Ústavu makromolekulární chemie, Akademie věd České republiky, v Praze 6, na Petřinách (ÚMCH AV ČR, v.v.i.). Základní návody na přípravu barvicích směsí jsem získala tamtéž.

2.2 Použité chemikálie

Všechny použité chemikálie mi byly poskytnuty v ÚMCH. Byly dodány jako čisté látky (Na_2S a Bi_2O_3) ostatní v čistotě pro analýzu (p.a.). Chemikálie byly použity bez dalších úprav, respektive přečištění.

Dusičnan stříbrný (AgNO_3)	p.a.	Safina Vestec, ČR
Sulfid sodný (Na_2S)	hydrát čistý	Lachner Neratovice, ČR
Kyselina chlorovodíková (HCl , 35%)	p.a.	Lachner Neratovice, ČR
Oxid vizmutitý (Bi_2O_3)	$\geq 98\%$	Sigma Aldrich, ČR
Hydroxid amonný (NH_4OH , 25%)	p.a.	Lachner Neratovice, ČR

2.3 Použité přístroje

Laboratorní váha Sartorius

Všechny navážky použité v této práci byly provedeny na laboratorních vahách Sartorius LP 1200 S, výrobce Sartorius AG, Göttingen, Německo, a to v gramech, s přesností na 3 desetinná místa.



Obrázek č. 9: Laboratorní váha Sartorius

Magnetická míchačka IKA

Pro míchání a zahřívání vzorků na potřebnou teplotu jsem používala magnetickou míchačku IKA s ohřevem, typ Yellowline MST basic C, výrobce IKA Works, Inc., Wilmington, USA. Tato magnetická míchačka poskytuje možnost přesného nastavení a následného udržování teploty míchaného roztoku a rychlosti otáček magnetického míchadla v něm. K nastavení a určení teploty je součástí míchačky digitální teploměr, který ukazuje teplotu s přesností na 1 desetinné místo. Původní teplota mého vzorku byla 23,7 °C, tu jsem zahřála na 25°C a pro obarvení čoček jsem teplotu postupně po 5°C zvyšovala až na 60°C. Stupeň otáček magnetu (míchadla) jsem nastavila na 300 otáček za minutu.



Obrázek č. 10: Magnetická míchačka s ohřevem Yellowline

Pipetman Gilson 5000

Pipetman Gilson, výrobce Gilson, Inc. Middleton, USA, je mechanická pipeta s pístem, která zajišťuje vyšší přesnost pipetování. Pipetu jsem opatřila vhodnou špičkou a používala k nasávání různých vzorků, ať už se jednalo o fyziologický roztok, nebo o jiné namíchané roztoky. Vždy jsem nasávala 5 ml roztoků.

Soft lens analyzer

Neboli analyzátor měkkých kontaktních čoček firmy Optimec Ltd., Malvern, Velká Británie.

Na tomto přístroji je možnost změřit zakřivení a průměr kontaktních čoček. U všech kontaktních čoček jsem si před barvením zkontrolovala, zda jejich průměr a zakřivení odpovídá hodnotě napsané na vialce/blistru. Pokud se tyto hodnoty lišily, počítala jsem s mými naměřenými hodnotami. Taktéž jsem si u každé kontaktní čočky zkontrolovala, zda se změnil průměr či zakřivení po obarvení a hodnoty jsem si zapsala a porovnávala s původními.



Obrázek č. 11: Analyzátor měkkých kontaktních čoček ukazující průměr barevné čočky

Fokometr NIDEK LM 820

Na fokometru, Autolensmeter Nidek LM 820, Nidek, Japonsko, jsem kontrolovala optickou mohutnost všech čoček z poly 2-hydroxyethylmethakrylátu (fa Wichterle & Vacík, s.r.o.), které jsem měla připravené k barvení. Kontaktní čočky od firmy Bausch & Lomb jsem na fokometru neměřila. Každou měřenou kontaktní čočku jsem vložila do kyvety, do které jsem nalila trochu fyziologického roztoku. Takto připravenou kyvetu jsem postavila na čidlo digitálního fokometru, který mi po její centraci na střed ukázal optickou mohutnost čočky v imerzi. Podle přepočtových tabulek jsem přepočítala optickou mohutnost na vzduchu a tuto hodnotu jsem si zapsala.



Obrázek č. 12: Fokometr

Spektrofotometr HITACHI U-1900

Tímto přístrojem (Spektrofotometr HITACHI U-1900, Hitachi, Japan) jsem měřila absorpenci a transmitanci barevných čoček při určité vlnové délce. Nejdříve jsem si musela změřit kyvetu pouze s neobarvenou kontaktní čočkou, abych si mohla nastavit pozadí, se kterým poté přístroj srovnával barvu obarvených čoček.



Obrázek č. 13: Vlevo kyveta s připraveným vzorkem, vpravo vzorek umístěný ve spektrofotometru

Dále jsem všechny měřené kontaktní čočky musela vyříznout do kruhového tvaru, které jsem dala do připravené plechové vložky a vložila ji i s čočkou mezi dvě upínací vložky z plexiskla. Takto připravený vzorek jsem ponořila do kyvety naplněné fyziologickým roztokem. Kyvetu jsem vložila do spektrofotometru a spustila měření.

Celý tento přístroj funguje na principu Lambert-Beerova zákona. Roku 1760 stanovil pan Lambert pojem **transmittance**, která se vyjadřuje jako poměr intenzity záření, která

projde vzorkem a původní intenzity záření. Transmittance (T) tudíž uvádí, kolik procent záření projde daným vzorkem. [30]

$$T = \frac{I_p}{I_0}$$

I_p intenzita záření, která projde vzorkem

I_0 původní intenzita záření [30]

Dále zavedl pojem **absorbance**, což je záporný dekadický logaritmus vnitřní transmittance, kde je tato veličina přímo úměrná koncentraci absorbujícího roztoku a tloušťce absorbující vrstvy. [30]

$$A = -\log \frac{I_p}{I_0} = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

ε molární absorpční koeficient

(=absorpce roztoku o jednotkové tloušťce a koncentraci)

c koncentrace

l tloušťka [30]

Tloušťkoměr

Vzhledem k tomu, že absorbance závisí na tloušťce absorbující vrstvy, musela jsem si u obarvených kontaktních čoček změřit také tloušťku, abych poté mohla všechny čočky převést na jednu společnou tloušťku a tím porovnat absorbanci.



Obrázek č. 14: Tloušťkoměr

2.4 Barvení kontaktních čoček do odstínů hnědé barvy

Barvila jsem plusové a mínusové kontaktní čočky nízkých a vysokých dioptrií. Na většinu barvení jsem použila hydrogelové kontaktní čočky z materiálu poly(HEMA), obsahující 38% vody, firmy Wichterle a Vacík, s.r.o. (W&V). Tyto čočky ze standardního hydrogelu pro mě byly nejdostupnější. Pro srovnání jsem barvila silikonhydrogelové čočky PureVision2 od firmy Bausch & Lomb s 36% obsahem vody.



Obrázek č. 15: Vlevo kontaktní čočka PureVision2, vpravo kontaktní čočka z HEMY od W&V

2.4.1 Barvení 0,1 M roztokem AgNO_3 v závislosti na změně času

Tabulka č. 3: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 0,1 M roztoku AgNO_3 .

<u>+ čočky nízké dioptrie</u>		<u>+ čočky vysoké dioptrie</u>	
1,50	2 ks	10,00	2 ks
2,00	2 ks	10,50	2 ks
2,50	2 ks	11,00	2 ks
3,25	2 ks	12,50	2 ks
<u>- čočky nízké dioptrie</u>		<u>- čočky vysoké dioptrie</u>	
-1,50	2 ks	-10,00	2 ks
-2,00	2 ks	-10,50	2 ks
-2,50	2 ks	-11,00	2 ks
-3,25	2 ks	-12,50	2 ks

Připravila jsem si 0,1 M roztok AgNO_3 .

1 M..... 169,88 g v 1000 ml H_2O

0,1 M..... 16,98 g v 1000 ml H_2O

0,1 M..... **8,49 g** v 500 ml H_2O

Do kádinky jsem si navážila 8,49 g AgNO_3 . Kvantitativně jsem toto množství převedla do odměrné baňky. Do téže baňky jsem nalila destilovanou vodu až po rysku (do 0,5 l). Baňku jsem zavřela zátkou a míchala do rozpuštění AgNO_3 .

Dále jsem si připravila 0,1 M roztok Na_2S .

1 M..... 78,04 g v 1000 ml H_2O

0,1 M..... 7,80 g v 1000 ml H_2O

0,1 M..... **3,90 g** v 500 ml H_2O

Do druhé kádinky jsem navážila 3,90 g Na_2S . Kvantitativně jsem převedla do odměrné baňky, kterou jsem doplnila po rysku (0,5 l) destilovanou vodou. Zavřela jsem zátkou a míchala do rozpuštění Na_2S .

Kontaktní čočku jsem vyjmula z vialky a položila na Petriho misku. Z vialky jsem vylila původní fyziologický roztok a vyměnila za nově vytvořený vzhledem ke stáří původního roztoku v čočkách W&V a vzhledem k jejich stavu, protože některé kontaktní čočky již byly částečně vyschlé.

Fyziologický roztok: 9g NaCl p.a. na 1l destilované vody

U všech kontaktních čoček jsem zkontrolovala na fokometru optickou mohutnost a na analyzátoru měkkých kontaktních čoček zakřivení a průměr, zda odpovídají hodnotám zapsaných na vialce.

Po měření jsem z vialky vyjmula čočky, opět vylila fyziologický roztok, opláchla ji destilovanou vodou a rozplnila do každé z nich 5 ml 0,1 M roztoku AgNO_3 a uložila do digestoře. Další sadu vialek jsem naplnila 5 ml 0,1 M roztoku Na_2S .

Nyní jsem začala čočky barvit. První kontaktní čočku jsem vložila na 15 sekund do roztoku 0,1 M AgNO_3 , a poté hned na 45 sekund do roztoku 0,1 M Na_2S . Po této době jsem kontaktní čočku vyndala a dala do destilované vody. Totéž jsem udělala s dalšími kontaktními čočkami, ale vždy jsem navyšovala čas v roztoku 0,1 M AgNO_3 od 15 sekund až na 2 minuty, vždy po 15 sekundách. U všech obarvených kontaktních čoček jsem pozorovala zbarvení.

Všechny obarvené čočky jsem nechala alespoň 1 den ve vialce s destilovanou vodou a poté ji vyměnila za fyziologický roztok, kde jsem čočky nechala opět minimálně 1 den. Poté jsem u všech obarvených čoček změřila zakřivení a průměr a zapsala do tabulky případné změny před a po barvení.

Taktéž jsem barvila také kontaktní čočky PureVision 2 od firmy Bausch & Lomb. Použila jsem stejné molární roztoky i postup jako v úloze 2.4.1. Touto změnou jsem chtěla zjistit, zda u různých typů čoček dojde k obarvení stejně nebo odlišně.

Tabulka č. 4: Použité kontaktní čočky (PureVision2) na obarvování v 0,1 M roztoku AgNO_3 .

<u>+ čočky nízké dioptrie</u>		<u>+ čočky vysoké dioptrie</u>	
1,50	2 ks	Nevyrábějí se tak vysoké dioptrie.	
2,00	2 ks		
2,50	2 ks		
3,25	2 ks		
<u>- čočky nízké dioptrie</u>		<u>- čočky vysoké dioptrie</u>	
-1,50	2 ks	-10,00	2 ks
-2,00	2 ks	-10,50	2 ks
-2,50	2 ks	-11,00	2 ks
-3,25	2 ks	-12,00	2 ks

2.4.2 Barvení 0,25 M roztokem AgNO_3 v závislosti na změně času

Tabulka č. 5: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 0,25 M roztoku AgNO_3 .

<u>+ čočky nízké dioptrie</u>		<u>+ čočky vysoké dioptrie</u>	
1,50	2 ks	10,00	2 ks
2,00	2 ks	10,50	2 ks
2,50	2 ks	11,00	2 ks
3,25	2 ks	12,50	2 ks
<u>- čočky nízké dioptrie</u>		<u>- čočky vysoké dioptrie</u>	
-1,50	2 ks	-10,00	2 ks
-2,00	2 ks	-10,50	2 ks
-2,50	2 ks	-11,00	2 ks
-3,25	2 ks	-12,50	2 ks

Připravila jsem si 0,25 M roztok AgNO_3 .

1 M..... 169,88 g v 1000 ml H_2O

0,25 M..... 42,5 g v 1000 ml H_2O

0,25 M..... **21,2 g** v 500 ml H_2O

Do kádinky jsem si navážila 21,2 g AgNO_3 . Kvantitativně jsem toto množství převedla do odměrné baňky. Do téže baňky jsem nalila destilovanou vodu až po rysku (do 0,5 l). Baňku jsem zavřela zátkou a míchala do rozpuštění AgNO_3 .

Druhá odměrná baňka obsahovala 0,1 M roztok Na_2S , který jsme si již namíchala při prvním barvení čoček.

V dalších krocích jsem postupovala stejně jako v předchozí úloze.

Rozdíl byl pouze v koncentraci roztoku: 0,25 M AgNO_3 .

Další sadu vialek jsem naplnila 0,1 M roztokem Na_2S .

Nyní jsem začala čočky barvit. První kontaktní čočku jsem dala na 15 sekund do roztoku 0,25 M AgNO_3 a poté hned na 45 sekund do roztoku 0,1 M Na_2S . Po této době jsem kontaktní čočku vyndala a vložila do destilované vody. Totéž jsem provedla s dalšími kontaktními čočkami, ale vždy jsem navyšovala čas v roztoku 0,25 M AgNO_3 od

15 sekund až na 2 minuty, vždy po 15 sekundách. U všech obarvených kontaktních čoček jsem pozorovala zbarvení.

Všechny obarvené čočky jsem nechala alespoň 1 den ve vialce s destilovanou vodou a poté ji vyměnila za fyziologický roztok, kde jsem nechala čočky opět minimálně 1 den. Poté jsem u všech obarvených čoček změřila zakřivení a průměr a zapsala do tabulky případné změny před a po barvení.

2.4.3 Barvení 1 M roztokem AgNO_3 v závislosti na změně času

Tabulka č. 6: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 1 M roztoku AgNO_3 .

<u>+ čočky nízké dioptrie</u>		<u>+ čočky vysoké dioptrie</u>	
1,50	2 ks	10,00	2 ks
2,00	2 ks	10,50	2 ks
2,50	2 ks	11,00	2 ks
3,25	2 ks	12,50	2 ks
<u>- čočky nízké dioptrie</u>		<u>- čočky vysoké dioptrie</u>	
-1,50	2 ks	-10,00	2 ks
-2,00	2 ks	-10,50	2 ks
-2,50	2 ks	-11,00	2 ks
-3,25	2 ks	-12,50	2 ks

Připravila jsem si 1 M roztok AgNO_3 .

1 M..... 169,88 g v 1000 ml H_2O

1 M..... 84,94 g v 500 ml H_2O

Do kádinky jsem si navážila 84,94 g AgNO_3 . Kvantitativně jsem toto množství převedla do odměrné baňky. Do téže baňky jsem nalila destilovanou vodu až po rysku (do 0,5 l). Baňku jsem zavřela zátkou a míchala do rozpuštění AgNO_3 .

V dalších krocích jsem postupovala stejně jako v předchozích dvou úlohách.

Rozdíl byl pouze v koncentraci roztoku: 1 M AgNO_3 .

Do další sady vialek jsem použila roztok 0,1 M Na₂S.

Nyní jsem začala čočky barvit. První kontaktní čočku jsem vložila na 15 sekund do roztoku 1 M AgNO₃ a poté hned na 45 sekund do roztoku 0,1 M Na₂S. Po této době jsem kontaktní čočku převedla do destilované vody. Totéž jsem provedla s dalšími kontaktními čočkami, ale vždy jsem navyšovala čas v roztoku 1 M AgNO₃, od 15 sekund až na 2 minuty, vždy po 15 sekundách. U všech barvených kontaktních čoček došlo ke zbarvení.

Všechny obarvené čočky jsem nechala alespoň 1 den ve vialce s destilovanou vodou a poté ji vyměnila za fyziologický roztok, kde jsem nechala čočky opět minimálně 1 den. Poté sledovala změny po barvení.

2.4.4 Barvení 0,1 M roztokem AgNO₃ v závislosti na změně teploty

Tabulka č. 7: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 0,1 M roztoku AgNO₃.

<u>+ čočky nízké dioptrie</u>		<u>+ čočky vysoké dioptrie</u>	
2,50	4 ks	10,00	3 ks
3,75	4 ks	12,00	3 ks
		15,00	2 ks
<u>- čočky nízké dioptrie</u>		<u>- čočky vysoké dioptrie</u>	
-2,50	4 ks	-11,50	4 ks
-3,25	4 ks	-12,50	4 ks

Při tomto postupu jsem použila 0,1 M roztok AgNO₃ a 0,1 M roztok Na₂S z předchozích barvení. Opět jsem u čoček vybraných na toto barvení vyměnila fyziologický roztok a změřila jejich optickou mohutnost, zakřivení a průměr před barvením.

Do kádinky jsem nalila 0,1 M roztok AgNO₃ a vložila do ní magnetické míchadélko. Kádinku jsem vložila na digitální míchačku s ohřevem a ponořila do ní teploměr. Roztok měl 23°C, proto jsem si zvýšila teplotu na 25°C, zapnula jsem míchačku, aby se roztok rovnoměrně zahříval a vyčkávala jsem zvýšení teploty v roztoku.

Mezitím jsem si do vialky připravila 0,5 ml 0,1 M roztoku Na₂S.

Kontaktní čočku jsem vyndala z vialky a namočila ji na chvíli do destilované vody. Při dosažení teploty 25°C jsem tuto čočku ponořila do kádinky s roztokem AgNO₃ a měřila

jsem čas 1 minutu. Po této době jsem čočku vyjmula z kádinky a vložila ji na 45 s do připravené vialky s roztokem Na_2S . Nakonec jsem ji vložila opět do destilované vody a dala do původní vialky, kde jsem vlila 5 ml destilované vody.

Taktéž jsem postupovala s dalšími čočkami, ale vždy jsem navýšila teplotu o 5°C . Poslední čočku jsem vkládala do roztoku s teplotou 60°C . Čočku jsem namáčela v roztoku AgNO_3 vždy 1 minutu a poté 45 sekund v druhém roztoku.

Všechny obarvené čočky jsem nechala alespoň 1 den ve vialce s destilovanou vodou a poté ji vyměnila za fyziologický roztok, kde jsem nechala čočky opět minimálně 1 den. Poté jsem u všech obarvených čoček změřila zakřivení a průměr a zapsala do tabulky případné změny před a po barvení.

2.5 Výsledky barvení kontaktních čoček do odstínů hnědé barvy

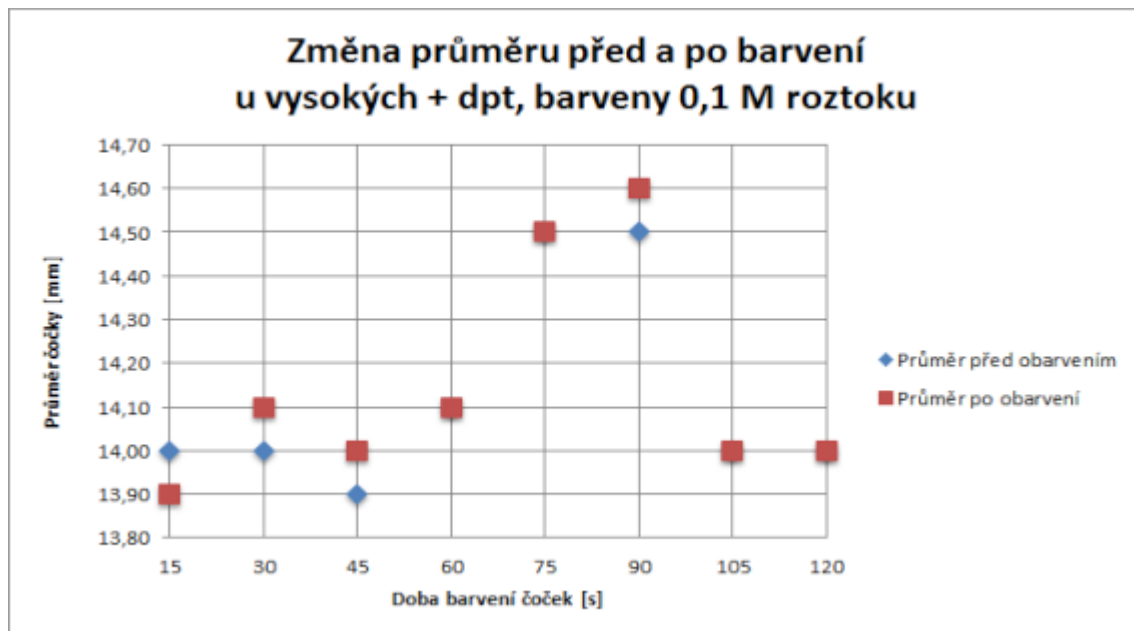
Po obarvení všech kontaktních čoček do odstínů hnědé barvy jsem u těchto čoček znovu změřila zakřivení a průměr, zda došlo ke změně těchto hodnot. Dále jsem všechny obarvené čočky změřila na spektrofotometru, a zaznamenala hodnoty absorbance a transmitance, které jsem porovnávala u různě barevných čoček.

2.5.1 Změna zakřivení a průměru u hnědých kontaktních čoček

Při opětovném změření zakřivení a průměru u obarvených čoček a jejich porovnání s původními hodnotami jsem došla k následujícím závěrům:

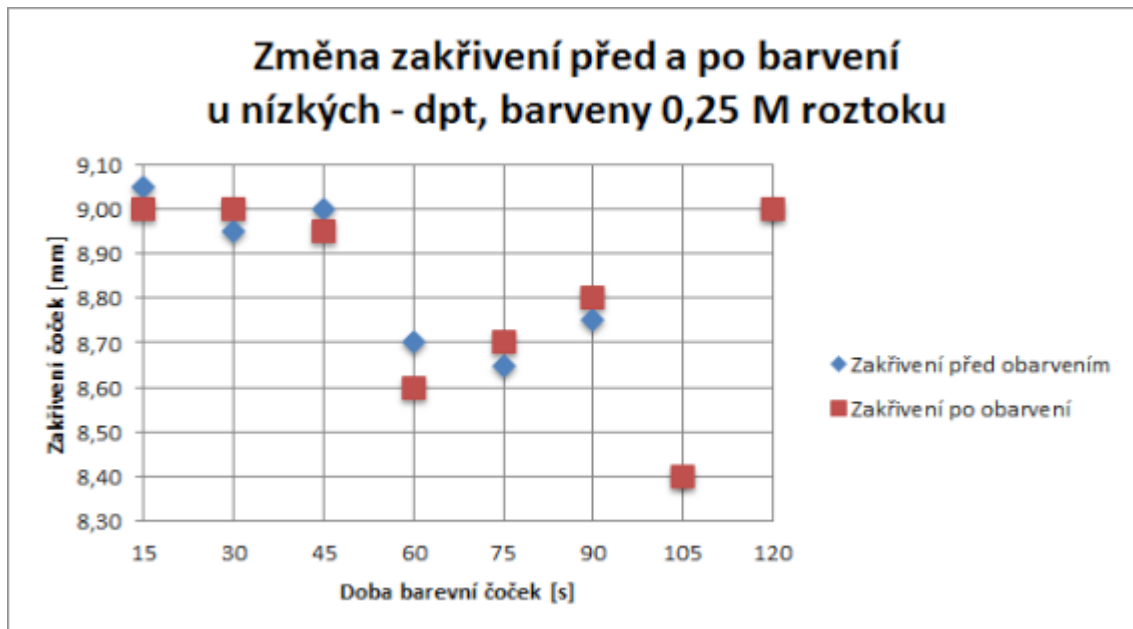
- 1) Rozdílné koncentrace roztoků AgNO_3 neměly na změnu zakřivení ani průměr velký vliv. Tyto hodnoty se u většiny čoček nezměnily vůbec, u některých ano, ale veškeré změny se pohybovaly v průměru o 0,07 mm. Tyto změny byly pozorovány náhodně, bez souvislosti s časem barvení, nebo s rozdílnou optickou mohutností čoček (vysoké plusové dioptrie, respektive minusové dioptrie).
- 2) U kontaktních čoček PureVision2 se hodnoty měnily minimálně, v průměru o 0,02 mm.
- 3) V případě rozdílné teploty se hodnoty také téměř neměnily, dokonce se měnily méně než u rozdílných koncentrací, tj. v průměru o 0,05 mm.

Graf č. 1 ukazuje změnu průměru v závislosti na čase barvení u plusových čoček s vysokými optickými mohutnostmi, které byly barveny 0,1 M roztokem AgNO_3 . Průměr se zde buď nezměnil, nebo se u některých čoček lišil o $\pm 0,1$ mm.



Obrázek č. 16: Graf č. 1 ukazující změnu průměru před a po obarvení čoček

Graf č. 2 ukazuje změnu zakřivení u mínusových čoček s nízkými optickými mohutnostmi, které byly barveny 0,25 M roztokem AgNO_3 . Průměr se zde buď nezměnil, nebo se u některých čoček lišil o $\pm 0,5$ nebo 0,1 mm.



Obrázek č. 17: Graf č. 2 ukazující změnu zakřivení před a po obarvení čoček

2.5.2 Změření absorbance a transmitance u hnědých kontaktních čoček

U všech hnědě zbarvených čoček jsem dále měřila absorbanci a transmitanci na spektrofotometru. Musela jsem si na něm nejprve nastavit pozadí, se kterým budu obarvené čočky srovnávat. Aby byla tato metoda stoprocentní, musela bych u každé obarvené čočky jako pozadí zvolit čirou čočku téže paramentů (stejná optická mohutnost, stejné zakřivení, stejný průměr). Vzhledem ke zdlouhavosti tohoto postupu jsem si nejprve u jedné čočky zkusila zvolit pozadí, kde jsem zvolila čočky o různých optických mohutnostech, zakřivení i průměrech a zkusila jsem, zda mají tyto parametry čoček nějaký vliv na výslednou absorbanci a transmitanci u obarvené čočky.

Tento pokus s pozadím jsem prováděla na kontaktní čočce z materiálu HEMA, s optickou mohutností -11,00 dpt (zakřivení: 9,00 mm, průměr: 14,5 mm), kterou jsem obarvovala 0,25 M roztokem AgNO_3 . Na pozadí jsem zvolila 5 různých čirých kontaktních čoček.

Tabulka č. 8: 5 zvolených pozadí a jejich parametry

Optická mohutnost [dpt]	Zakřivení [mm]	Průměr [mm]	Absorbance [-]	Transmitance [%]
-11,00	8,7	14,5	3,070	0,1
-22,50	8,4	14,0	2,933	0,1
plan	9,0	14,5	2,853	0,1
-11,00	9,0	14,5	2,974	0,1
-1,75	8,1	14,5	3,120	0,1
19,00	9,0	14,0	2,965	0,1

Zjistila jsem, že u všech čirých čoček, použitých na pozadí spektrofotometru, mi vyšla úplně stejná transmitance. Absorbance se trochu lišila, ale vycházela velmi podobně. Na základě těchto výsledků jsem se rozhodla, že na pozadí všech obarvených čoček zvolím pouze 1 čirou kontaktní čočku. Zvolila jsem hydrogelovou čočku HEMA s optickou mohutností -1,75 dpt (průměr: 14,5 mm, zakřivení 8,1 mm).

Po nastavení pozadí na přístroji jsem každou obarvenou čočku musela vyříznout do kulatého tvaru s menším průměrem, aby se pěkně vešla do připravené formičky a do kyvety. Poté jsem je po jedné vkládala do přístroje a měřila jsem absorbanci a transmitanci vzorku. U každé takto změřené čočky jsem na tloušťkoměru změřila středovou tloušťku, vzhledem k tomu, že absorbance je veličina, která závisí na tloušťce vzorku. Při výsledném srovnávání absorbancí jsem všechny čočky převedla na stejnou tloušťku, a to v případě plusových čoček na 0,3 mm a u mínusových čoček na 0,1 mm.

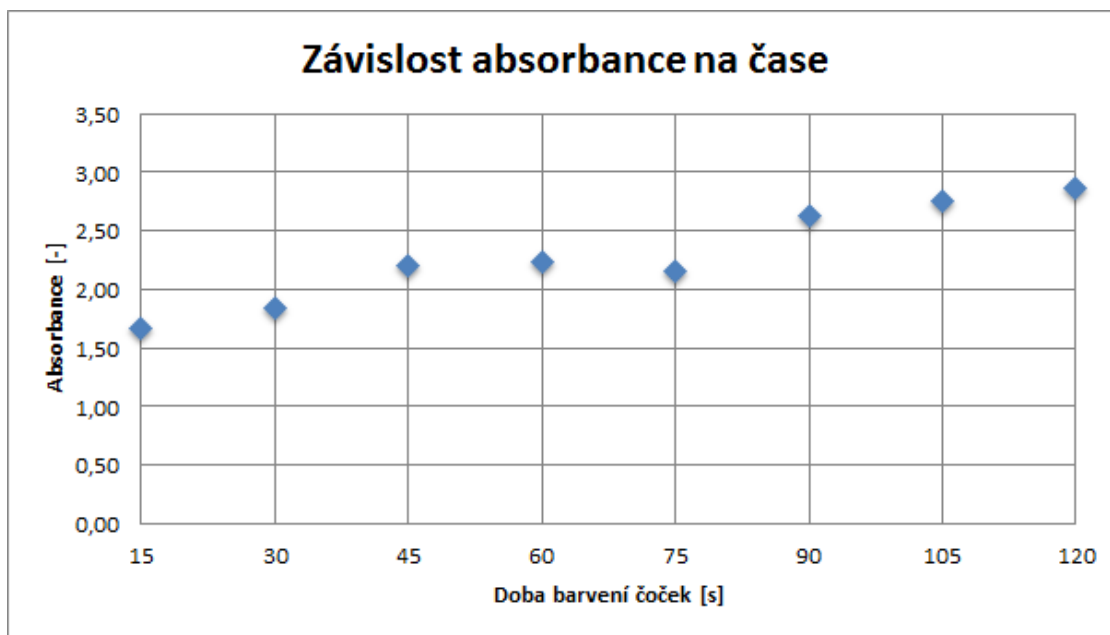
Absorbance a transmitance u obarvených čoček v závislosti na různé koncentraci s rostoucím časem.

Domnívala jsem se, že s rostoucím časem obarvování čoček bude růst odstín hnědé barvy, tím i absorbance, což jsem odhadovala podle vzhledu nabarvených čoček. Ne vždy tomu tak ve skutečnosti bylo.

Příklad uvedu na plusových čočkách s velkou optickou mohutností (od 10,00 dpt do 12,50 dpt) barvených 0,25 M roztokem AgNO_3 . Tyto čočky jsou již převedeny na společnou tloušťku 0,3 mm.



Obrázek č. 18: Obarvené plusové čočky s vysokou optickou mohutností, do odstínů hnědé barvy v závislosti na zvyšování časů (od 30 do 105 sekund).



Obrázek č. 19: Graf č. 3 ukazující závislost absorpance na čase

Na grafu 3 lze vidět, že v prvních 30 sekundách barvení absorpance roste. Od 45 do 75 sekund se pohybuje na přibližně stejné hodnotě a od 90 sekund zase mírně roste. Nárůst absorpance mezi 15 a 120 sekundou je 1,194. U jiných čoček a koncentrací měl graf podobný průběh, přičemž absorpance kolísala v rámci chyb měření a reprodukovatelnosti metody barvení. Ve všech případech však byl pozorovatelný nárůst absorpance mezi 15s a 120s doby barvení. Výjimku tvořily pouze čočky barvené 1 M roztokem AgNO_3 . U všech těchto čoček docházelo k odlupování vrstvy barvy z povrchu čočky. Všechny čočky byly velmi tmavé, až černé, ale díky nestálosti barevné povrchové vrstvy se nepodařilo jejich absorpanci změřit. Tento jev odpovídá teorii, že čím koncentrovanější barvicí roztok je, tím méně se dostane do hloubky materiálu čočky.

U měřených čoček se ukázalo, že nejvyššího rozdílu absorpance mezi 15 a 120 sekundou bylo dosaženo u plusových čoček s vysokou optickou mohutností, a to jak u barvení 0,1 M roztokem, tak také u 0,25 M roztoku.

Tabulka č. 9: Kontaktní čočky barvené 0,1 M roztokem a jejich absorbance při určitých časech

Barvení 0,1 M roztokem	Absorbance při barvení po dobu 15 s	Absorbance při barvení po dobu 120 s	Rozdíl absorbance mezi 120 a 15 s
Plusové čočky s vysokou opt.moh.	0,859	2,034	1,175
Plusové čočky s nízkou opt.moh.	0,217	0,957	0,740
Mínusové čočky s vysokou opt.moh.	0,480	0,630	0,150
Mínusové čočky s nízkou opt.moh.	0,380	1,080	0,700

Z následující tabulky je patrné, že při stejné době barvení byl nalezen rozdíl v absorbanci mezi plusovými a mínusovými kontaktními čočkami a také mezi nízkou a vysokou optickou mohutností. Plusové čočky jsou ve středu tlustší než na okraji, tudíž se mi střed těchto čoček zabarvil více než okraj. Při měření absorbance jsem vždy vyřízla střed čoček, proto u plusových čoček vyšla absorbance vyšší než u mínusových čoček, které jsou naopak ve středu nejtenčí, tudíž byla barva v centrální oblasti světlejší než na krajích.

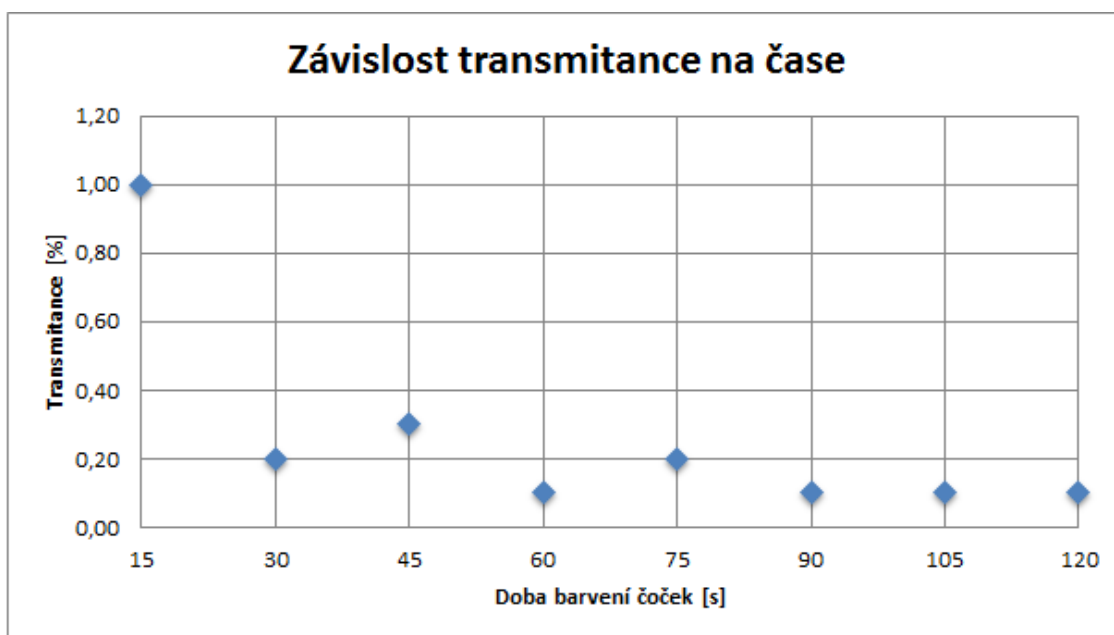
Tabulka č. 10: Kontaktní čočky barvené 0,25 M roztokem a jejich absorbance při určitých časech

Barvení 0,25 M roztokem	Absorbance při barvení po dobu 15 s	Absorbance při barvení po dobu 120 s	Rozdíl absorbance mezi 120 a 15 s
Plusové čočky s vysokou opt.moh.	1,666	2,860	1,194
Plusové čočky s nízkou opt.moh.	0,756	1,257	0,501
Mínusové čočky s vysokou opt.moh.	0,580	1,630	1,150
Mínusové čočky s nízkou opt.moh.	0,830	1,410	0,580

Při barvení 0,25 M roztokem byly čočky tmavší, tudíž absorbance byla vyšší než u předchozích čoček barvených 0,1 M roztokem. Rovněž zde vycházely nejvyšší hodnoty absorbancí u plusových čoček s vysokou optickou mohutností. Z výše uvedených 2 tabulek vyplývá, že absorbance roste v závislosti na koncentraci roztoku (u 1M roztoku takto můžeme soudit pouze podle barvy čoček, která je ze všech koncentrací nejtmaší, až černá).

Závislost absorbance na době barvení bohužel nemůžeme potvrdit, jelikož (jak již bylo uvedeno), tato závislost by se dala potvrdit pouze u plusových čoček s vysokou optickou mohutností.

Hodnoty transmittance vycházejí z naměřených absorbancí. Čím vyšší je absorbance vzorku, tím nižší bude transmittance téhož vzorku. Příklad rovněž uvedu na plusových čočkách s velkou optickou mohutností (od 10,00 dpt do 12,50 dpt) barvených 0,25 M roztokem AgNO_3 . Tyto čočky již nebyly převedeny na stejnou tloušťku, protože transmittance není na tloušťce závislá.



Obrázek č. 20: Graf č. 4 ukazující závislost transmittance na čase

Absorbance a transmittance u obarvených čoček v závislosti na změně teploty

Dalším z cílů, který jsem měla splnit v mé bakalářské práci, bylo stanovení absorbance a transmittance u kontaktních čoček barvených do odstínů hnědé barvy v závislosti na změně teploty. Zvolila jsem si u každé skupiny čoček 8 různých teplot (od 25°C do 60°C, zvyšovaných po 5°C).

V případě absorbance jsem si opět všechny obarvené čočky vztáhla na jednu tloušťku, a to u plusových čoček na 0,3 mm a u minusových čoček na 0,1 mm. Rovněž jsem se zde domnívala, že se zvyšující se teplotou poroste absorbance čoček. Nebylo tomu však tak. Rozdílná teplota sice absorbanci ovlivňuje, ale nejednoznačně. Jediné, co opět lze konstatovat je, že u plusových čoček s vysokou optickou mohutností byly hodnoty absorbancí nejvyšší (čočky byly nejtmaší). Hodnoty absorbancí byly vesměs stejné a pohybovaly se kolem 2.

Tabulka č. 11: Kontaktní čočky barvené v závislosti na změně teploty a jejich absorbance při určitých časech

Barvení v závislosti na změně teploty	Absorbance při teplotě 25°C	Absorbance při teplotě 60°C	Rozdíl absorbance mezi 60°C a 25°C
Plusové čočky s vysokou opt.moh.	2,280	2,940	0,660
Plusové čočky s nízkou opt.moh.	0,430	0,980	0,550
Mínusové čočky s vysokou opt.moh.	1,440	0,680	-0,760
Mínusové čočky s nízkou opt.moh.	1,480	1,510	0,030

Z následující tabulky můžeme vidět, že v případě plusových čoček absorbance rostla mezi 25°C a 60°C. Neznamená to však, že rostla lineárně, pohybovala se přibližně na stejných hodnotách. U minusových čoček s vysokou optickou mohutností byla dokonce absorbance při barvení 25°C roztokem vyšší než při 60°C roztoku. Jak již bylo zmíněno, u minusových čoček byl střed světlejší než okraj, proto bylo měření absorbancí velice nepřesné.

Absorbance a transmittance u obarvených čoček PureVision 2 v závislosti na rostoucím čase

Absorbanci i transmittanci jsem také měřila u silikonhydrogelových čoček PureVision 2 od firmy Bausch & Lomb a zjišťovala, zda se jejich barvení nějak liší od hydrogelových čoček. Tyto čočky jsem barvila 0,1 M roztokem AgNO_3 a postupně jsem navyšovala dobu barvení (rovněž v intervalu 15 s - 120 s). Barvila jsem opět 4 skupiny čoček po 8, kromě plusových čoček s vysokou optickou mohutností, vzhledem k tomu, že se tyto kontaktní čočky v tak vysokých optických mohutnostech nevyrábějí.

Tabulka č. 12: Kontaktní čočky PureVision2 barvené 0,1 M roztokem a jejich absorbance při určitých časech

Barvení 0,1 M roztokem	Absorbance při barvení po dobu 15 s	Absorbance při barvení po dobu 120 s	Rozdíl absorbance mezi 120 a 15 s
Plusové čočky s nízkou opt.moh.	0,180	0,650	0,470
Mínusové čočky s vysokou opt.moh.	1,110	0,680	-0,430
Mínusové čočky s nízkou opt.moh.	0,760	0,500	-0,260

Z této tabulky můžeme vidět, že u mínusových čoček došlo k poklesu absorbance při zvýšení času z 15s na 120 s, na rozdíl od hydrogelových čoček, kde docházelo k růstu absorbance. Tloušťky jak u hydrogelových, tak silikonhydrogelových čoček byly stejné. Při pohledu na obarvené silikonhydrogelové čočky se barva do středové části dostala mnohem méně než u hydrogelových čoček, kde u čočky barvené 120 s byl střed velmi tmavý, kdežto u čočky PureVision 2 byl střed světlý. Domnívám se, že to je způsobenou dvoufázovou kokontinuální strukturou silikonhydrogelových čoček první generace, kdy hydrofilní barvivo může pronikat pouze do hydrofilních řetězců, zatímco hydrofobní fáze zůstává nezbarvena. S rostoucí dobou barvení se více uplatňuje ustavení rovnováhy mezi hydrofilním barvivem a hydrofilními a hydrofobními segmenty řetězců. U plusových čoček hodnoty absorbance vzrostly mezi 15 s a 120 s, avšak nerostly lineárně, a pohybovaly se ve velmi úzkém rozmezí.

2.6 Barvení kontaktních čoček do odstínů bílé barvy

Na toto barvení jsem použila pouze hydrogelové kontaktní čočky HEMA, obsahující 38% vody od fy. Wichterle a Vacík, s.r.o. (W&V). Opět jsem barvila plusové i minusové čočky nízkých i vysokých dioptrií. Snažila jsem se vždy vybrat do každého oddílu čočky se stejnou nebo, nebyly-li k dispozici v dostatečném počtu, s obdobnou optickou mohutností. V této kapitole jsem se věnovala již pouze hydrogelovým čočkám, protože v předchozím barvení se ukázalo, že mezi barvením hydrogelů a silikonhydrogelů významný rozdíl není, případně ho lze zvládnout v mezích technologického reglementu vhodnou úpravou podmínek.

Tabulka č. 13: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování čoček do bílé barvy

<u>+ čočky nízké dioptrie</u>		<u>+ čočky vysoké dioptrie</u>	
2,50	4 ks	10,00	3 ks
3,75	4 ks	12,00	3 ks
		15,00	2 ks
<u>- čočky nízké dioptrie</u>		<u>- čočky vysoké dioptrie</u>	
-2,50	4 ks	-11,50	4 ks
-3,25	4 ks	-12,50	4 ks

Celou přípravu směsi na barvení kontaktních čoček jsem, v souladu s bezpečnostními předpisy, prováděla v digestoři.

Do kádinky jsem nalila 1 ml HCl konc. (35%) p. a. Do druhé kádinky jsem navázila 0,45 g Bi₂O₃.

Do Bi₂O₃ jsem nalila odměřené množství HCl a vzniklou směs jsem míchala na míchadle do spojení obou látek. Směs jsem po té převedla do další kádinky s 5,2 ml destilované vody. Vzniklý roztok s lehkým bílým zákalem jsem opět krátce míchala a následně jsem jej mírně zahřála (cca na 50°C), než bílý zákal vymizel. Po vymizení zákalu jsem kádinku s roztokem (oxychlorid vizmutitý) nechala vychladnout a začala barvit kontaktní čočky.

Každá kontaktní čočka byla nejprve vložena do připraveného roztoku a ponechána jeho působení po požadovanou dobu. Na základě pilotního barvicího pokusu jsem pro každou skupinu osmi čoček volila časy od 2 do 16 minut, vždy po 2 minutách.

Po vypršení zvolených časů jsem čočku chvíli namáčela v destilované vodě a poté ji opláchla v roztoku NH_4OH v H_2O v poměru 1:2. Zde jsem nechala čočku ponořenou 45 sekund a následně jsem ji opět opláchla v destilované vodě.

Nakonec jsem čočku vložila zpět do vialky, kde jsem ji nechala 1 den v destilované vodě a následně jsem vyměnila vodu za fyziologický roztok. Poté jsem u takto obarvených čoček změřila zakřivení a průměr, zda došlo po obarvení ke změně.

2.7 Výsledky barvení kontaktních čoček do odstínů bílé barvy

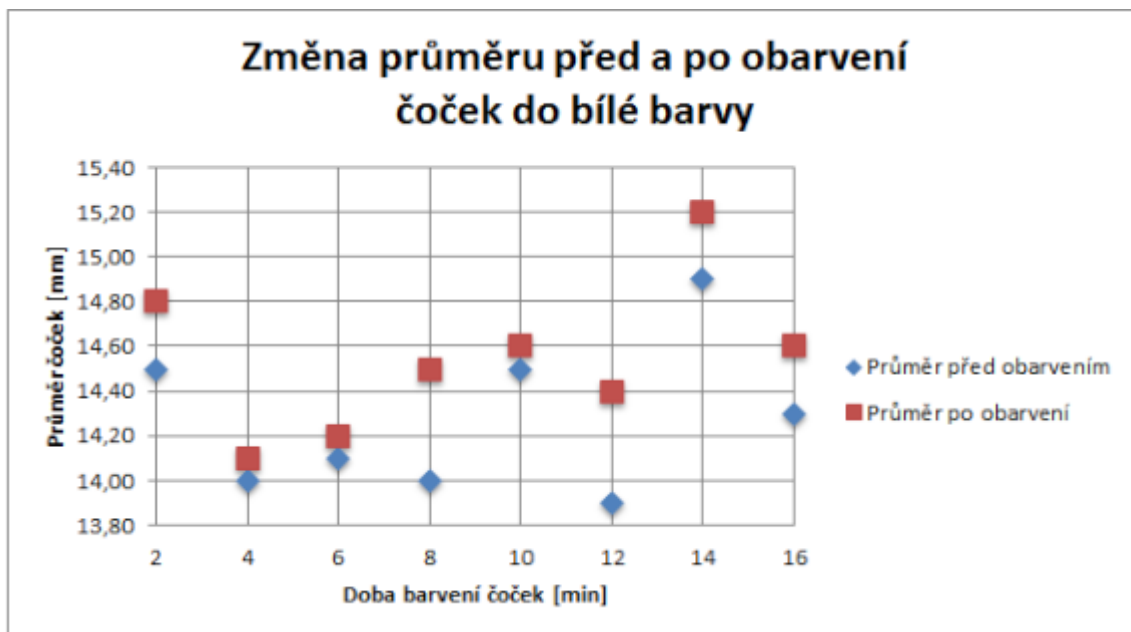
Po obarvení všech kontaktních čoček do bílé barvy jsem u těchto čoček znova změřila zakřivení a průměr, zda došlo ke změně těchto hodnot. Dále jsem všechny obarvené čočky změřila na spektrofotometru, který mi vyjádřil hodnoty absorbance a transmitance, které jsem porovnávala u různých barevných čoček.

2.7.1 Změna zakřivení a průměru u bílých kontaktních čoček

Při opětovném změření zakřivení a průměru u obarvených čoček a jejich porovnání s původními hodnotami jsem došla k závěrům:

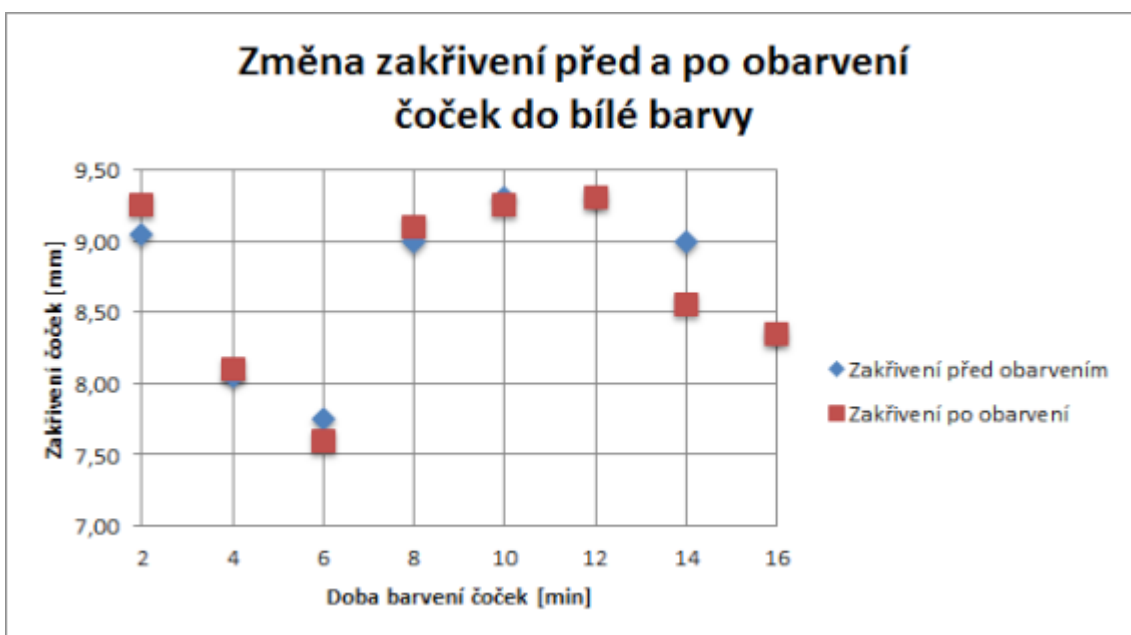
- Zakřivení se mi u obarvených čoček příliš nezměnilo. Jednalo se v průměru o zmenšení zakřivení o $-0,09$ mm. Tato změna je však vyšší než u barvení čoček do odstínů hnědé barvy. Dalo by se tedy říci, že obarvení čoček bílou barvou má na změnu zakřivení větší vliv než na obarvení čoček barvou hnědou, což mohlo být také způsobeno delším časem, kdy byly čočky ponořené v roztoku.
- Co se týče změny průměru u bílých čoček, došlo k výraznějším změnám. U všech obarvených čoček do bílé barvy se zmenšil průměr v průměru o $-0,31$ mm, což je mnohem větší změna než u hnědých čoček. Pouze u 2 obarvených čoček se průměr nezměnil vůbec, jinak se u všech ostatních zmenšil.
- Změna zakřivení ani průměru však neměla žádnou shodu s dobou barvení čoček. Byla spíše u různých čoček náhodná.

Graf č. 5 ukazuje změnu průměru u plusových čoček s vysokými optickými mohutnostmi, které byly barveny do bílé barvy. Průměr se zde lišil v průměru o -0,3 mm.



Obrázek č. 21: Graf č. 5 ukazující změnu průměru před a po obarvení čoček

Graf č. 6 ukazuje změnu zakřivení u mínusových čoček s vysokými optickými mohutnostmi, které byly barveny do bílé barvy. Zakřivení se zde buď nelišilo vůbec, nebo v průměru o 0,04 mm.



Obrázek č. 22: Graf č. 6 ukazující změnu zakřivení před a po obarvení čoček

2.7.2 Změření absorpance a transmitance u bílých kontaktních čoček

Další parametry, které jsem u bílých čoček hodnotila, byla míra obarvení v závislosti na změně času. Na spektrofotometru jsem si musela nejprve nastavit pozadí, se kterým jsem obarvené čočky srovnávala. Jako pozadí jsem zvolila neobarvenou hydrogelovou čočku HEMA s optickou mohutností -1,75 dpt (průměr: 14,5 mm, zakřivení 8,1 mm).

Následný postup byl stejný jako u hnědých kontaktních čoček, včetně změření tloušťky u každé měřené čočky. Rovněž jsem si nastavila stejnou tloušťku čoček, a to v případě plusových čoček na 0,3 mm a u minusových čoček na 0,1 mm.

Absorbance, ani sytost bílé barvy v případě bílých kontaktních čoček nerostla úměrně se zvyšujícím se časem. Její hodnoty se lišily u plusových i minusových hodnot.

Vizuální hodnocení připravených čoček s bílým zabarvením

1) Plusové čočky s nízkou optickou mohutností

- První čočka byla bílá, druhá žlutá, třetí méně žlutá. Od čtvrté do osmé čočky rostla bělost.

2) Plusové čočky s vysokou optickou mohutností

- Druhá a třetí čočka byly nažloutlé, ostatní bílé s podobnou bělostí.

3) Minusové čočky s nízkou optickou mohutností

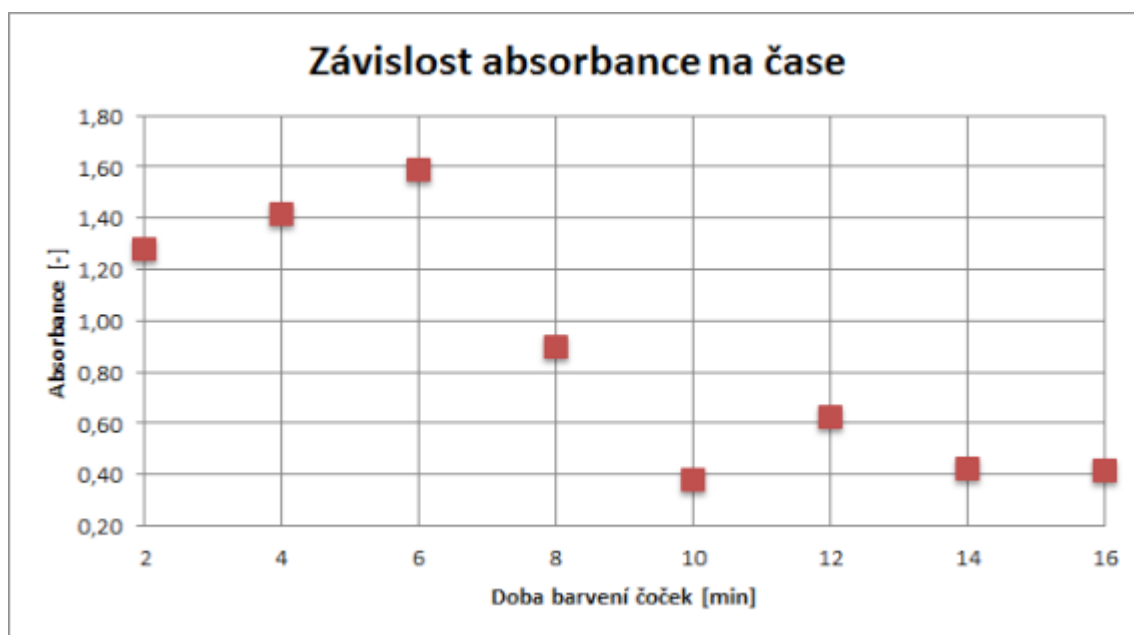
- První čočka byla lehce bílá, druhá byla žlutá, třetí také žlutá, ale ne tak sytě jako v případě druhé čočky. Čtvrtá čočka byla ještě také mírně žlutá a od páté do osmé čočky narůstala bělost.

4) Minusové čočky s vysokou optickou mohutností

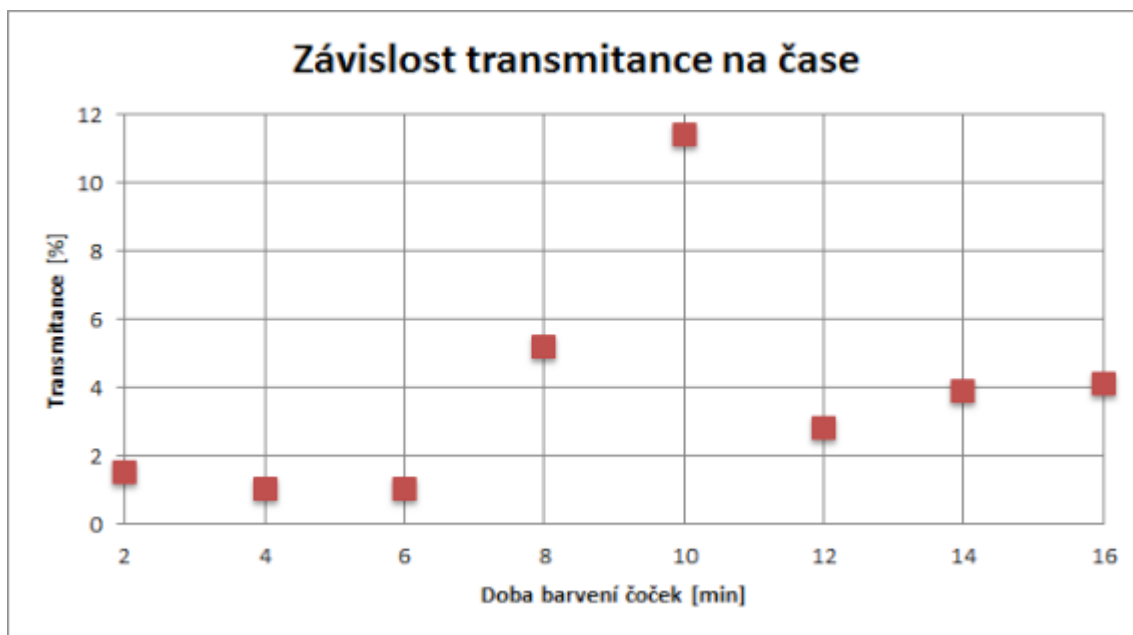
- První čočka byla lehce nažloutlá, ostatní podobně bílé.

Tabulka č. 14: Absorbance a transmittance u mínusových čoček s nízkou optickou mohutností, vztažena na tloušťku 0,1 mm.

Optická mohutnost KČ	Čas barvení [min]	Absorbance [-]	Transmittance [%]
-1,50	2	1,280	1,50
-1,50	4	1,415	1,00
-2,00	6	1,586	1,00
-2,00	8	0,899	5,20
-2,50	10	0,378	11,40
-2,50	12	0,621	2,80
-3,25	14	0,423	3,90
-3,25	16	0,416	4,10



Obrázek č. 23: Graf č. 7 ukazuje závislost absorbance na čase



Obrázek č. 24: Graf č. 8 ukazuje závislost transmittance na čase

Graf č. 7 ukazuje závislost absorbance na čase. Všechny bílé kontaktní čočky jsem barvila v časech od 2 minut do 16 minut (po 2 minutách). U prvních třech čoček absorbance rostla, což odpovídá také popisu, kde se čočky postupně zbarvovaly do žluta, tím absorbovaly více světla. Nejnižší hodnota absorbance byla naměřena u páté čočky (obr. 25). Šestá až osmá čočka měly absorbanci na velmi podobných hodnotách. Z grafu usuzuji, že delší časy by na barvení čoček neměly vliv. Největší hodnota absorbance v případě bílých čoček byla tedy dosažena při barvení čoček po dobu 6 minut. Tomu odpovídá i zjištěná hodnota nejvyšší transmittance (viz graf č. 8). To jen potvrzuje teorii, že čím větší absorbanci čočka má (čím více světla pohlcuje), tím menší má transmittanci (tím méně světla propouští).



Obrázek č. 25: Obarvené mínusové čočky s nízkou optickou mohutností, do bílé barvy v závislosti na zvyšování časů (od 2 minut do 16 minut)

2.8 Statistika měření čoček

Ve své práci jsem obarvila celkem 184 kontaktních čoček (z toho 152 čoček do odstínů hnědé barvy a 32 čoček do odstínů bílé barvy). Využila jsem 160 kontaktních čoček z materiálu HEMA (38% vody, W&V), a 24 kontaktních čoček PureVision 2 (36 % vody B&L).

U jedné hnědé a jedné bílé kontaktní čočky jsem provedla totéž měření 6x, abych zjistila reprodukovatelnost měření a jeho případnou chybu.

Jeden den jsem prováděla měření 3x a za týden jsem měření opět 3x opakovala.

2.8.1 Statistika měření u hnědé kontaktní čočky

Měření jsem prováděla u minusové kontaktní čočky s optickou mohutností -2,50 dpt. Tuto čočku jsem obarvovala 0,1 M roztokem AgNO_3 po dobu 30 sekund při normální teplotě. U všech 6 měřených čoček se lišilo zakřivení i průměr, protože se mi nepodařilo 6 úplně stejných čoček najít. Všechny čočky jsem obarvila, změřila si jejich středovou tloušťku a na spektrofotometru jsem stanovila absorpenci a transmitanci. Absorbanci u všech čoček jsem si převedla na společnou tloušťku 0,1 mm.

Absorbance u obarvených čoček byly: 0,717; 0,983; 0,673; 0,650; 0,892; 0,665.

Změřené hodnoty se příliš neshodovaly. Domnívám se tedy, že na intenzitu obarvování čoček do odstínů hnědé barvy nemá vliv pouze optická mohutnost čočky, ale také její tvarové parametry. Rovněž samotné měření je zatíženou určitou chybou (bublinka v měřící kyvetě, nepřesnost při vysekávání vzorku z čočky).

U všech zjištěných hodnot absorpance jsem stanovila tyto funkce:

- Střední hodnotu = průměrná hodnota absorpací.
- Medián = počítá střední hodnotu číselné řady. Nepočítá však aritmetický průměr, ale přesně hodnotu, která leží uprostřed.
- Směrodatná odchylka = odchylka jednotlivých hodnot absorpací od aritmetického průměru. Vyhodnotí také rozptyl výsledků vzhledem k průměru.
- Rozptyl = udává nám, jak jsou hodnoty ve statistickém souboru rozptýleny od střední hodnoty.

[31]

Střední hodnota	0,763
Medián	0,695
Směrodatná odchylka	0,140
Rozptyl	0,020

Důležité veličiny jsou směrodatná odchylka a rozptyl. Směrodatná odchylka 0,140 je větší, než jsem čekala. Patrně byla způsobena chybami měření zmíněnými výše. Rozptyl 0,020 je zanedbatelný. Na základě tohoto pokusu jsem se rozhodla, že není třeba všechny obarvované kontaktní čočky měřit 6x.

2.8.2 Statistika měření u bílé kontaktní čočky

Měření jsem prováděla rovněž u minusové kontaktní čočky s optickou mohutností -2,00 dpt. Zde jsem našla čočky se stejným průměrem, ale rozdílným zakřivením. Postup byl stejný jako u hnědých čoček, jen jsem čočky obarvila do bílé barvy. Absorbanci u všech čoček jsem si také převedla na společnou tloušťku 0,1 mm.

Absorbance u obarvených čoček byly: 0,629; 0,510; 0,734; 0,436; 0,581; 0,610.

Tyto hodnoty se také mírně lišily, z čehož vyplývá, že intenzita obarvování čoček do odstínů bílé barvy závisí také na rozdílném zakřivení čoček, nebo se zde rovněž mohly projevit chyby měření.

Střední hodnota	0,583
Medián	0,595
Směrodatná odchylka	0,102
Rozptyl	0,010

Směrodatná odchylka 0,102 je o něco nižší než u hnědých čoček. Rozptyl 0,010 je rovněž zanedbatelný.

3 Diskuze

V práci jsem obarvovala hydrogelové i silikonhydrogelové kontaktní čočky do odstínů hnědé a bílé barvy. Zjišťovala jsem, zda dojde ke změně zakřivení nebo průměru po obarvení čoček. U všech barevných čoček jsem stanovila hodnoty absorpance a transmitance.

U všech výše zmíněných kategorií obarvených čoček se zakřivení i průměry po obarvení změnily málo. Při barvení kontaktních čoček do odstínů hnědé barvy v závislosti na změně času a koncentrací se zakřivení po obarvení zmenšilo o 0,05 mm a průměr se zmenšil o 0,09 mm. Při různých teplotách se zakřivení i průměr zmenšily ještě méně (zakřivení o 0,03 mm, průměr o 0,07 mm). Co se týká kontaktních čoček PureVision 2, došlo ke zvýšení zakřivení po obarvení o 0,08 mm a ke zmenšení průměru o 0,13 mm, což je větší změna než u výše zmíněných hydrogelových čoček. Při barvení bílých kontaktních čoček došlo rovněž ke zmenšení zakřivení i průměru po obarvení (změna zakřivení o 0,09 mm, průměru o 0,31 mm), což je větší změna než u barvení hnědých čoček.

U hnědých hydrogelových čoček obarvení čoček nemělo na zakřivení ani průměr žádný vliv. Došlo pouze k malé odchylce (ke zmenšení menšímu než 0,1 mm). V případě hnědých silikonhydrogelových čoček dochází po obarvení ke zvýšení zakřivení a ke snížení průměru (cca o 0,1 mm). U bílých kontaktních čoček se zmenšuje po obarvení zakřivení (cca o 0,1 mm) a dochází k výraznému zmenšení průměru (cca o 0,3 mm).

U hnědých čoček, jak u hydrogelových, tak silikonhydrogelových je průměr cca 2x nižší než u zakřivení. Kdežto u bílých čoček je průměr cca 3x nižší než u zakřivení. Z toho vyplývá, že bílá barva způsobuje na kontaktních čočkách větší změny.

Při barvení hydrogelových čoček do odstínů hnědé barvy jsem se domnívala, že s rostoucím časem obarvování, a také s rostoucí koncentrací roztoku bude absorpance vzrůstat. Nebylo tomu tak v obou případech. Nárůst absorpance byl vždy mezi 15 a 120 sekundou barvení, ale v mezičasech různě rostl či klesal. U koncentrovanějších roztoků skutečně vycházely vyšší hodnoty absorpance než u méně koncentrovaných (byly i vizuálně tmavší). U barvení 1 M roztokem byly čočky vizuálně nejtmaší (až černé), ale barva se z povrchu čoček loupala, takže se čočky nedaly spektrofotometricky proměřit. Barva nepronikla příliš do hloubky. Aby zde barva držela, bylo by potřeba prodloužit čas obarvování. Když nebudu brát v potaz 1 M roztok, byl rozdíl absorpance mezi 15 a 120 sekundou jak u 0,1 M, tak u 0,25 M roztoku nejvyšší u plusových čoček s vysokou optickou mohutností, kde by se dalo říct, že rostla absorpance po celou dobu měření. Ale na základě tohoto jediného případu nelze potvrdit nebo vyvrátit platnost předpokladu, že absorpance roste s rostoucím časem barvení.

Růst teploty roztoku také nemá na růst absorpance zásadní vliv. Rozdílná teplota sice hodnoty absorpance ovlivňuje, ale v rámci nastavených rozmezí nebyl pozorován žádný trend.

Při obarvování silikon hydrogelových čoček PureVision2 do odstínů hnědé barvy jsem nepozorovala významný rozdíl oproti předešlým hydrogelovým čočkám. Jediná pozorovaná změna byl pokles absorpance u minusových čoček při zvýšení času z 15 na 120 sekund, a to na rozdíl od hydrogelových čoček, kde docházelo k růstu absorpance. Vysvětlení spatřuji v rozdílné struktuře polymerní sítě hydrogelů a silikonhydrogelů. Silikonhydrogely ve své dvoufázové kokontinuální struktuře řetězců nesou významný podíl hydrofobních segmentů řetězců, u nichž se barvení hydrofilním barvivem neprojevuje, neboť barvivo vstupuje přednostně do hydrofilní matrice.

U bílých kontaktních čoček jsem musela nastavit vyšší časy obarvování - v rámci minut, jelikož když jsem čočku barvila kratší dobu, např. 30 sekund, čočka se vůbec nezbarvila. Rovněž jsem u nich očekávala nárůst absorpance s rostoucím časem. Ale nebylo tomu tak, protože některé čočky mi při obarvení zežloutly (bylo to cca po 6 minutách barvení, ke konci měření byly zase bílé).

Hnědé kontaktní čočky jsem barvila metodou „smáčení čoček ve vodorozpustném barvivu“ a bílé čočky metodou „vytvoření podkladové bílé vrstvy“. Firma Alcon a její nejnovější barevné čočky Air Optix Colors nejsou barveny žádnou z těchto metod. Ve svých čočkách uzavírají barvu uvnitř silikon hydrogelového materiálu, navíc je barva složená z 3 částí: vnější prstenec, základní barva a vnitřní prstenec. [29]

Stejně nebo obdobné techniky používá pro béžovou až tmavohnědou barvu, černění zornic a vytváření bílé podkladové vrstvy tuzemská firma Wilens. Jiné barevné odstíny vytváří pomocí barvicí sady od firmy Lamda-Polytech.

Závěr

Tato práce si vytkla několik cílů. Zabývala jsem se historickým vývojem barevných čoček, jejich rozdělením, terapeutickým využitím v oftalmologii, popsala jsem metody barvení kontaktních čoček, srovnala jsem v přehledné tabulce jejich výhody a nevýhody a na základě popisu jsem vybrala dvě nejvhodnější barvicí techniky, které jsem použila při barvení čoček v praktické části práce. Jednalo se o metody „smáčení čoček ve vodorozpustném barvivu“ a „vytvoření podkladové bílé vrstvy“. Těmito technikami jsem vytvářela hnědou a bílou barvu čoček a sledovala vliv vybraných technologických parametrů na výsledné vlastnosti vytvořených barevných vrstev.

Zjistila jsem, že v případě hnědých hydrogelových kontaktních čoček je nárůst absorpance závislý na rostoucí koncentraci roztoku, není však lineárně závislý na změně času. Nárůst absorpance se projevil vždy v rozmezí časů barvení 15 a 120 sekund. Není významně závislý na rostoucí teplotě. Barvení silikonhydrogelových čoček probíhá podobně jako barvení hydrogelových čoček. Jediný rozdíl spočívá v tom, že u silikonhydrogelových mínusových čoček došlo k poklesu absorpance při zvýšení času z 15 na 120 sekund. U bílých kontaktních čoček nárůst absorpance také není závislý na rostoucím čase obarvování.

Podařilo se připravit velké množství vzorků a nashromáždit značné množství experimentálních dat. Podařilo se prokázat, že vhodnou volbou podmínek výroby lze účinně ovlivnit výsledné zabarvení kontaktních čoček, včetně pestré škály odstínů.

Tato práce jsem potvrdila, že barevné kontaktní čočky mají široké spektrum využití v nejrůznějších oblastech. Jsou vynikajícím prostředkem na zlepšení psychického stavu lidí s očními defekty, pomáhají s řešením některých závažných zdravotních problémů (aniridie) mohou být pouhou kosmetickou pomůckou nebo užitečnou pomůckou pro sportovce apod.

Doufám, že se moje práce může stát drobným příspěvkem k nedostatečné české literatuře v oboru.

Seznam použité literatury

- [1] TIMOTHY J. BOWDEN. *Contact lenses: the story : a history of the development of contact lenses*. Gravesend, Kent: Bower House, 2009. ISBN 9780955898105.
- [2] PETROVÁ, Sylvie, Zdeňka MAŠKOVÁ a Tomáš JUREČKA. *Základy aplikace kontaktních čoček*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008, 219 s. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [3] *Způsob vytváření barevných a podobných efektů ve hmotě výrobků z hydrogelů, zejména kontaktních čoček*. ČR. Čs. patent 118386 Patentový spis. Uděleno 11. 10. 1963. Dostupné také z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FirstPages/FPPV0118/0118386.pdf>
- [4] *Způsob výroby zbarvených kontaktních čoček a očních protéz*. ČR. Čs. patent 130661 Patentový spis. Uděleno 18. 10. 1965. Dostupné také z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/130/130661.pdf>
- [5] CENDELÍN, Jiří. Využití kontaktních čoček v terapii. *Česká kontaktologie*. 1994, 1(1): 24 - 27. ISSN 1210-8324.
- [6] NATHAN EFRON. *Contact lens practice*. 2nd ed. St. Louis, Mo.: Butterworth Heineman, 2010, 510 s., ISBN 9780702047633.
- [7] *Česká Oční Optika: Barevné kontaktní čočky*. Brno: Společenstvo českých optiků a optometristů, 2004, s. 44 – 46. 45(3). ISSN 1211-233X.
- [8] MICHÁLEK, Jiří. Klasifikace kontaktních čoček, [přednáška]. Kladno: ČVUT FBMI, 2. 9. 2014.
- [9] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [10] LUTZI, F., B. CHOU a D. EGAN. Tinted hydrogel lenses permanency of tint: Am. J. Optom. Physiol. *Contact lens practice*. 2nd ed. St. Louis: Mo.: Butterworth Heineman, 2010, s. 329-333. ISBN 9780702047633.
- [11] STEFFEN, R.B. a J.T. BARR. Clear versus opaque soft contact lenses: initial comfort comparison: Int. Contact Lens Clin. *Contact lens practice*. 2nd ed. St. Louis: Mo.: Butterworth Heineman, 2010, s. 184-186. ISBN 9780702047633.
- [12] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Kontaktní čočky*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2003, 91 s. ISBN 80-7013-387-2.
- [13] WICHTERLE, Otto. *Vzpomínky*. Vyd. 3., (V Academii 1.). Praha: Academia, 2005, 206 s. ISBN 80-200-1345-8.

- [14] MICHÁLEK, Jiří. Dodatečné úpravy kontaktních čoček, [přednáška]. Kladno: ČVUT FBMI, 19. 11. 2015.
- [15] MESHEL, L.G. a P. SMITH-KIMURA. The full spectrum of contact lens tinting: *Ophthalmol. Clin. N. Am. Contact lens practice*. 2nd ed. St. Louis: Mo.: Butterworth Heineman, 2010, 117 - 127. ISBN 9780702047633.
- [16] BENNETT S. Edward, Barry A. WEISSMAN, *Clinical contact lens practice*. Philadelphia (Pa.): Lippincott Williams & Wilkins, 2005. ISBN 0781737052.
- [17] CERVINO, A., J.M. GONZALEZ-MEIJOME a J.M. LINHARES. Effect of sport-tinted contact lenses for contrast enhancement on retinal straylight measurements: *Ophthalmic Physiol. Opt. Contact lens practice*. 2nd ed. St. Louis: Mo.: Butterworth Heineman, 2010, s. 151-156. ISBN 9780702047633.
- [18] HARRIS, M.G., M. HARIRIFAR a K.Y. HIRANO. Transmittance of tinted and UV-blocking disposable contact lenses: *Optom. Vis. Sci. Contact lens practice*. 2nd ed. St. Louis: Mo.: Butterworth Heineman, 2010, s. 177-180. ISBN 9780702047633.
- [19] HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 103 s. , viii s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [20] *Česká Oční Optika: Protetické kontaktní čočky*. Brno: Společenstvo českých optiků a optometristů, 2008, s. 104 – 105. 49(1). ISSN 1211-233X.
- [21] MANNIS, Mark J. *Contact lenses in ophthalmic practice*. New York: Springer, c2003. ISBN 0387404007.
- [22] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2006, 373 s. ISBN 8024612135.
- [23] BRŮNOVÁ, Blanka. Aplikace kontaktních čoček u dětí. In: REZEK, Pavel. *Sborník přednášek kurz kontaktologů: II. teoretická část*. 2. Praha 6: Česká kontaktologická společnost, 1999, s. 75 - 77.
- [24] GERSTENBLITH, Adam T a Michael P RABINOWITZ. *The Wills eye manual: office and emergency room diagnosis and treatment of eye disease*. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, c2012, xix, 471 p. ISBN 1451109385.
- [25] ALBERT Daniel M., Joan MILLER a DIMITRI T. – Associate editors. *Albert & Jakobiec's principles and practice of ophthalmology*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier, 2008. ISBN 9781416000167.
- [26] NEMA H. V., Nitin NEMA. *Diagnostic procedures in ophthalmology*. 2nd ed. New Dehli, India: Jaypee Brothers Medical Pub, 2009. ISBN 9788184485950.
- [27] STROBEL Stephan et al. *Paediatrics and Child Health the Great Ormond Street Handbook*. London: Manson Pub, 2006. ISBN 9781840765625.

- [28] *Barevné čočky* [online]. Praha: Wilens, 1999, 2015-11-25 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <http://www.wilens.cz/barevne-cocky/>
- [29] *Air Optix Colors*. Alcon a Novartis company, 2014. Propagační materiál VC/HW/AOC/SA/140404/CZ.
- [30] LÁZNIČKOVÁ, Alice a Vladimír KUBÍČEK. *Základy fyzikální chemie: vybrané kapitoly pro posluchače Farmaceutické fakulty*. 3. vyd. V Praze: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2791-5.
- [31] SCHELIS, Ignatz. *Excel 2007: vzorce a funkce*. Praha: Grada, 2008. Profesionál. ISBN 978-80-247-2074-6.

Seznam symbolů a zkratk

PMMA	Polymethylmethakrylát
HEMA	2-hydroxyethylmethakrylát
PHEMA	Poly(HEMA), Poly(2-hydroxyethylmethakrylát)
AD	Autozomálně dominantní onemocnění
RGP	Tvrde plynopropustné čočky
Poly(NVP-co-MMA)	Kopolymer N-vinyl pyrrolidonu s methylmethakrylát

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Kosmetická kontaktní čočka měnící barvu očí z hnědé na modrou [2]	5
Obrázek č. 2: 4 základní kombinace barvení kontaktních čoček [15].....	12
Obrázek č. 3: Crazy čočka napodobující vlčí oko [6]	14
Obrázek č. 4: ChromaGen kontaktní čočka na oku [2]	15
Obrázek č. 5: a) Výrazný potraumatický kolobom duhovky s afakií, b) Totéž oko s nasazenou protetickou krycí afakickou kontaktní čočkou, c) Druhé zdravé oko téhož pacienta [2].....	17
Obrázek č. 6: Heterochromie duhovky [22]	21
Obrázek č. 7: Iridodialýza [22].....	22
Obrázek č. 8: Ektopie zornice [9].....	23
Obrázek č. 9: Laboratorní váha Sartorius	30
Obrázek č. 10: Magnetická míchačka s ohřevem Yellowline	30
Obrázek č. 11: Analyzátor měkkých kontaktních čoček ukazující průměr barevné čočky.....	31
Obrázek č. 12: Fokometr	32
Obrázek č. 13: Vlevo kyveta s připraveným vzorkem, vpravo vzorek umístěný ve spektrofotometru.....	32
Obrázek č. 14: Tloušťkoměr.....	33
Obrázek č. 15: Vlevo kontaktní čočka PureVision2, vpravo kontaktní čočka z HEMY od W&V	34
Obrázek č. 16: Graf č. 1 ukazující změnu průměru před a po obarvení čoček.....	41
Obrázek č. 17: Graf č. 2 ukazující změnu zakřivení před a po obarvení čoček	42
Obrázek č. 18: Obarvené plusové čočky s vysokou optickou mohutností, do odstínů hnědé barvy v závislosti na zvyšování časů (od 30 do 105 sekund).....	44
Obrázek č. 19: Graf č. 3 ukazující závislost absorbance na čase	44
Obrázek č. 20: Graf č. 4 ukazující závislost transmitance na čase.....	46
Obrázek č. 21: Graf č. 5 ukazující změnu průměru před a po obarvení čoček.....	51
Obrázek č. 22: Graf č. 6 ukazující změnu zakřivení před a po obarvení čoček	51
Obrázek č. 23: Graf č. 7 ukazuje závislost absorbance na čase.....	53
Obrázek č. 24: Graf č. 8 ukazuje závislost transmitance na čase	54
Obrázek č. 25: Obarvené mínusové čočky s nízkou optickou mohutností, do bílé barvy v závislosti na zvyšování časů (od 2 minut do 16 minut).....	54

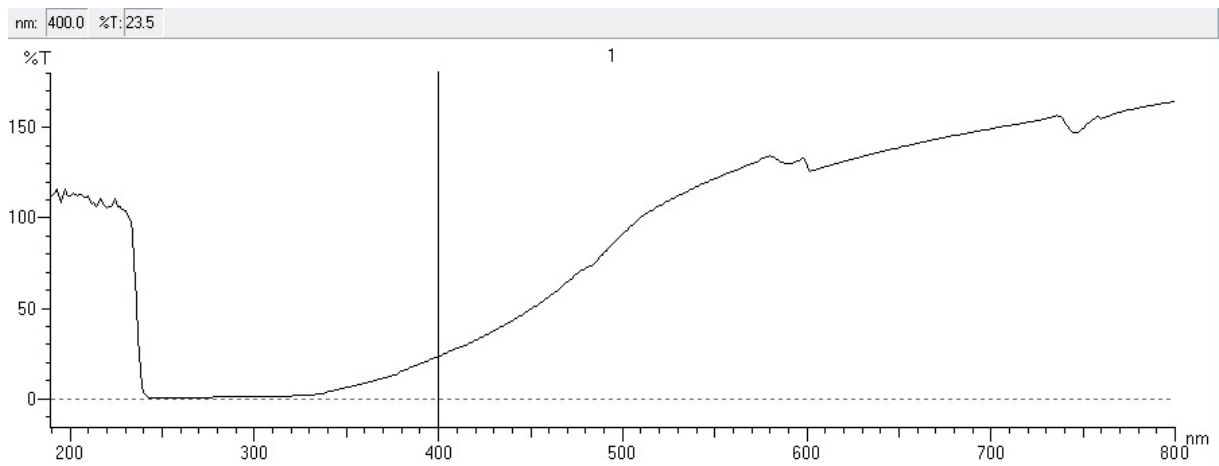
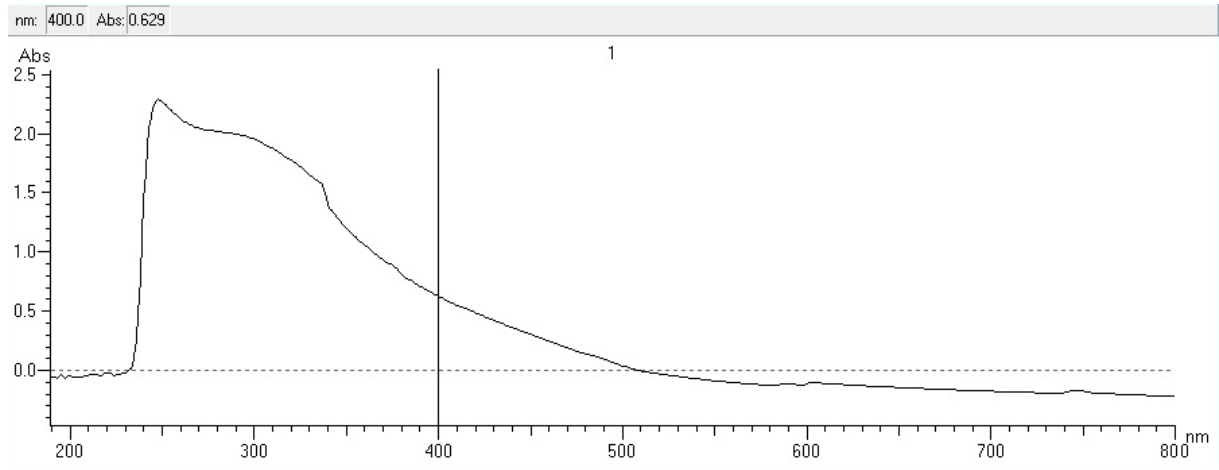
Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Výhody a nevýhody metod výroby barevných čoček [7, 14, 15, 16].....	11
Tabulka č. 2: Srovnání barevných čoček od firem Wilens a Alcon [28, 29].....	28
Tabulka č. 3: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 0,1 M roztoku AgNO ₃	34
Tabulka č. 4: Použité kontaktní čočky (PureVision2) na obarvování v 0,1 M roztoku AgNO ₃	36
Tabulka č. 5: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 0,25 M roztoku AgNO ₃	37
Tabulka č. 6: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 1 M roztoku AgNO ₃	38
Tabulka č. 7: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování v 0,1 M roztoku AgNO ₃	39
Tabulka č. 8: 5 zvolených pozadí a jejich parametry	43
Tabulka č. 9: Kontaktní čočky barvené 0,1 M roztokem a jejich absorbance při určitých časech.....	45
Tabulka č. 10: Kontaktní čočky barvené 0,25 M roztokem a jejich absorbance při určitých časech.....	45
Tabulka č. 11: Kontaktní čočky barvené v závislosti na změně teploty a jejich absorbance při určitých časech	47
Tabulka č. 12: Kontaktní čočky PureVision2 barvené 0,1 M roztokem a jejich absorbance při určitých časech	48
Tabulka č. 13: Použité kontaktní čočky (HEMA) na obarvování čoček do bílé barvy.....	49
Tabulka č. 14: Absorbance a transmittance u minusových čoček s nízkou optickou mohutností, vztažena na tloušťku 0,1 mm.....	53

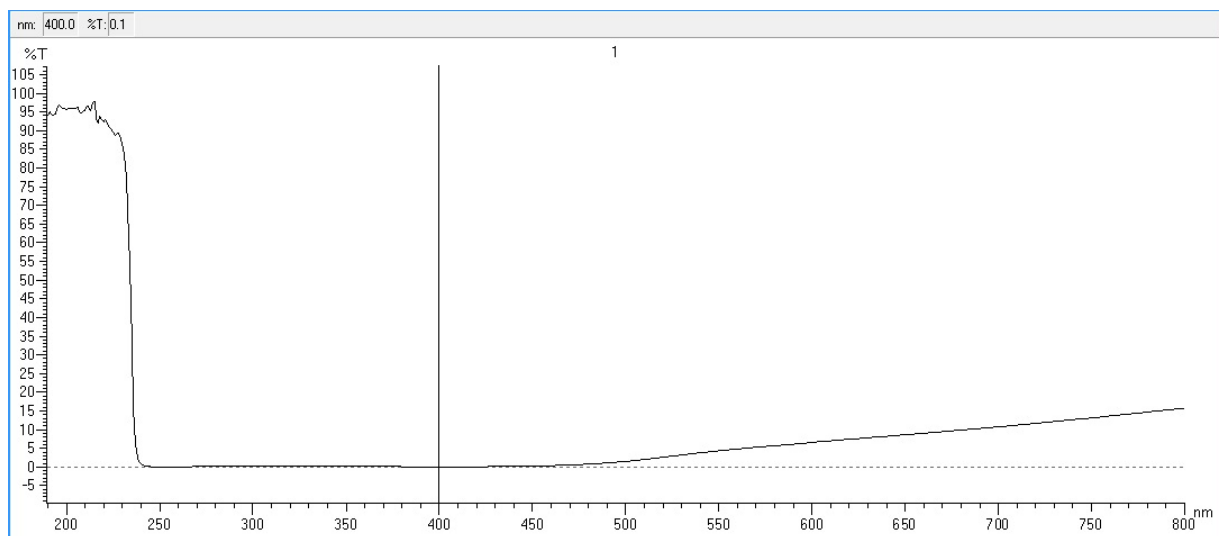
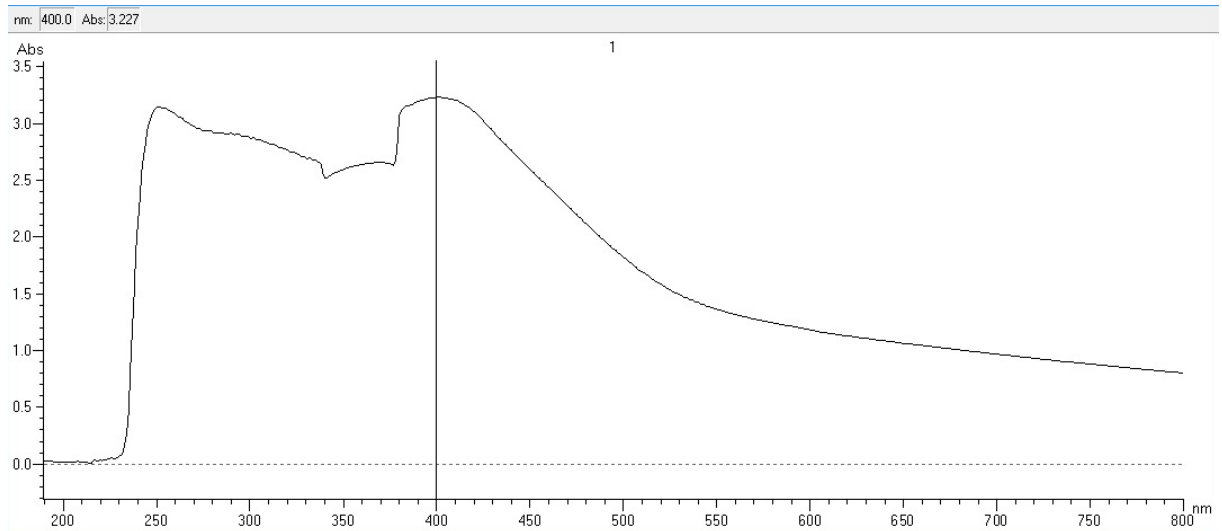
Seznam příloh

Příloha 1: Grafy absorbance a transmittance u kontaktní čočky +10,00 dpt, obarvené 0,1 M roztokem, které vytvoří spektrofotometr	67
Příloha 2: Grafy absorbance a transmittance u kontaktní čočky -11,00 dpt, obarvené 0,25 M roztokem, které vytvoří spektrofotometr	68
Příloha 3: Plusové hydrogelové čočky s velkou optickou mohutností obarvené 0,1 M roztokem, mínusové hydrogelové čočky s malou optickou mohutností obarvené 0,1 M roztokem, mínusové silikon hydrogelové čočky s malou optickou mohutností obarvené 0,1 M roztokem (vše v závislosti změny času od nejmenšího po největší)	69
Příloha 4: Mínusové čočky s malou optickou mohutností při změně teploty, obarvená mínusová čočka + obarvená plusová čočka, černé loupající se čočky	70
Příloha 5: Bílé čočky plusové s malou i velkou optickou mohutností, mínusové čočky s malou i velkou opt. mohutností	71
Příloha 6: Vialky s kontaktními čočkami z materiálu HEMA + blistry s čočkami PureVision2	72

Příloha 1: Grafy absorpance a transmittance u kontaktní čočky +10,00 dpt, obarvené 0,1 M roztokem, které vytvoří spektrofotometr



Příloha 2: Grafy absorpance a transmittance u kontaktní čočky -11,00 dpt, obarvené 0,25 M roztokem, které vytvoří spektrofotometr

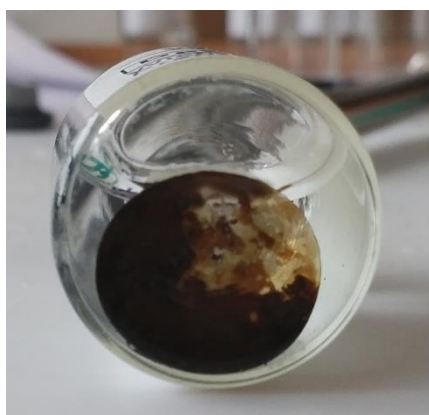


Příloha 3: Plusové hydrogelové čočky s velkou optickou mohutností obarvené 0,1 M roztokem, minusové hydrogelové čočky s malou optickou mohutností obarvené 0,1 M roztokem, minusové silikon hydrogelové čočky s malou optickou mohutností obarvené 0,1 M roztokem

(vše v závislosti změny času od nejmenšího po největší)



Příloha 4: Míňusové čočky s malou optickou mohutností při změně teploty, obarvená míňusová čočka + obarvená plusová čočka, černé loupající se čočky



**Příloha 5: Bílé čočky plusové s malou i velkou optickou mohutností,
mínusové čočky s malou i velkou opt. mohutností**



Příloha 6: Vialky s kontaktními čočkami z materiálu HEMA + blistry s čočkami PureVision2



