

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



OPTICKÝ APARÁT KOMOROVÉHO OKA

demonstrace vybraných funkcí pomocí fyziologických simulátorů

Diplomová práce

Bc. Lukáš JAKUBA

N1501 - Biologie

Učitelství biologie pro střední školy, učitelství geografie pro střední školy

Prezenční studium

Vedoucí práce: Ivana Fellnerová, RNDr. Ph.D.

OLOMOUC 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití citované literatury a pod vedením Ivany Fellnerové, RNDr. Ph.D.

V Olomouci dne:

.....

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat nejen své vedoucí Ivaně Fellnerové, RNDr. Ph.D. za poskytnuté rady a vedení při vypracovávání diplomové práce, ale i za čas, který mi byla ochotna věnovat, ale i své přítelkyni za pomoc, a to nejen psychickou, kterou mi poskytla během psaní diplomové práce.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora:	Bc. Lukáš Jakuba
Název práce:	Optický aparát komorového oka – demonstrace vybraných funkcí pomocí fyziologických simulátorů
Typ práce:	Diplomová práce
Pracoviště:	Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
Vedoucí práce:	Ivana Fellnerová, RNDr. Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2015

ABSTRAKT

Zrak je nejdůležitějším lidským smyslem. Vzhledem ke složitým procesům, ke kterým ale dochází v průběhu formování obrazu o okolním světě je někdy složité si tyto procesy představit a také je pochopit. V takovýchto situacích hrají při výuce nezastupitelnou roli výukové modely, na nichž si studenti mohou tyto procesy názorně ukázat. Aby však bylo možné funkce zrakového aparátu pomocí modelů demonstrovat, je nejprve nutné znát alespoň základní anatomii a fyziologii komorového oka. První část této práce se proto zabývá základní anatomii a fyziologií komorového oka spolu s vybranými patofyziologickými jevy komorového oka. Ve druhé části této práce se již zabývám praktickou ukázkou základních funkcí a poruch světlolomného aparátu s použitím modelů „W16002 – Funkční model oka“ a „SB48053 – Rubin’s eye.“ Oba modely jsou založeny na procesu akomodace, avšak využívají k tomu různých prostředků. Pomocí odlišných doplňků a funkcí modelů pak lze demonstrovat i poruchy světlolomného aparátu. Díky své konstrukci mají oba modely své plusy, ale i mínusy a zvolení jednoho z modelů by se mělo odvíjet nejen od požadovaných funkcí modelu, ale i prostředí, ve kterém se bude s modely pracovat. Cílem této diplomové práce je kromě demonstrace modelů i vytvoření didaktických podkladů využitelných při výuce biologie zraku na VŠ a v modifikované formě i na SŠ. Další část práce proto tvoří soubor pracovních listů pro práci s modely a otázek určených k ověření požadovaných znalostí spolu s ukázkovými testy, které mají sloužit k prověření získaných znalostí.

Klíčová slova: komorové oko, anatomie, fyziologie, patofyziologie, akomodace, refrakce, hypermetropie, myopie, presbyopie, astigmatismus, práce s modely, testy, pracovní list,

Počet stran: 126

Jazyk: český

Bibliographic identification

Author's first name and surname: Bc. Lukáš Jakuba
Title: Optical apparatus of an eyeball – demonstration of selected functions using physiological simulators
Type of theses: Diploma thesis
Department: Department of Zoology and Laboratory of Ornithology, Faculty of Science, Palacký University, Olomouc
Supervisor: Ivana Fellnerová, RNDr. Ph.D.
The year of presentation: 2015

ABSTRACT

Vision is our most important special sense. In the process of forming an image of our surrounding the light takes a very complex path which is often quite difficult to understand. To show what is happening to the light when passing through the refractive apparatus of an eyeball it is best to use some of many physiological simulators. The understanding of these processes is however impossible without gaining a proper knowledge of the basic anatomy and physiology of the eyeball. The first part of this theses therefore consists of essentials of the anatomy and physiology of the eye and selected pathophysiological disorders of the eye. In the second part of this theses I'm using two physiological simulators (W16002 – Functional eye and SB48053 – Rubin's eye) to demonstrate basic functions and disorders of the human eye. Both simulators use the main function of the eye, which is the process of accommodation. However, they both use different means to accommodate the lens. Using different function and accessories it is also possible to demonstrate disorders of the refractive apparatus of the eyeball. Due to their construction both simulators have some pros and cons. To choose one of these simulators it's therefore necessary to evaluate not only required functions, but also conditions in which we'll be working. The main objective of the theses is creating materials for college and high-school education. Next section of the theses therefore consists of worksheets and questions to test all the required knowledge.

Key words: human eye, anatomy, physiology, pathophysiology, accommodation, refraction, hyperopia, myopia, presbyopia, astigmatism, physiological simulator, questions, worksheet

Number of pages: 126

Language: Czech

Osnova

Úvod.....	9
Cíle	10
1 Lebka a přídatné orgány oka	11
1.1 Vybrané poruchy přídatných orgánů oka	13
Konjunktivitida.....	13
Suché oko	14
2 Anatomie a fyziologie komorového oka	15
2.1 Bělima (<i>sclera</i>).....	16
2.2 Rohovka (<i>cornea</i>).....	16
2.2.1 Vybrané poruchy přídatných orgánů oka	16
Keratitida	16
Korneální dystrofie.....	17
Keratokonus	18
2.3 Živnatka (<i>uvea</i>)	18
2.3.1 Duhovka (<i>iris</i>)	19
2.3.2 Řasnaté tělísko (<i>corpus ciliare</i>).....	19
2.3.3 Cévnatka (<i>choroidea</i>).....	20
2.4 Čočka.....	20
2.4.1 Vybrané poruchy čočky	21
Katarakta	21
2.4.2 Závěsný aparát čočky	21
2.4.3 Oční komory (<i>camerae bulbi</i>)	22
2.4.3.1 Vybrané poruchy postihující oční komory.....	23
2.4.4 Lom světla (refrakce)	23
2.4.4.1 Vybrané poruchy světlolomného aparátu oka.....	24
2.4.5 Akomodace čočky	31
2.5 Sítňice (retina).....	32
2.5.1. Žlutá skvrna (<i>macula lutea</i>)	33
2.5.2 Optický disk (<i>discus nervi optici</i>)	33
2.5.3 Tyčinky a čípky	34
2.5.3.1 Zraková barviva (fotopigmenty)	35
2.5.4 Vybrané poruchy sítnice.....	37

Věkem podmíněná makulární degenerace	37
Diabetická retinopatie	38
Barvoslepost	39
Šeroslepost	39
2.6 Zraková dráha.....	40
3 Praktická část.....	42
3.1 W16002 – Funkční oční model	42
3.1.1 Demonstrace vybraných funkcí.....	45
3.1.1.1 Akomodace.....	45
3.1.1.2 Blízký bod	46
3.1.1.3 Žlutá a slepá skvrna.....	47
3.1.1.4 Hypermetropie (dalekozrakost).....	49
3.1.1.5 Myopie (krátkozrakost).....	51
3.1.1.6 Presbyopie (vetchozrakost)	54
3.2 SB48053 – Rubin’s eye.....	57
3.2.1 Demonstrace vybraných funkcí.....	60
3.2.1.1 Akomodace.....	60
3.2.1.2 Blízký bod	60
3.2.1.3 Hypermetropie (dalekozrakost).....	62
3.2.1.4 Myopie (krátkozrakost).....	63
3.2.1.5 Astigmatismus	65
3.3 Srovnání prezentovaných modelů	68
4 Soubor otázek.....	69
4.1 Obtížnost: nízká.....	69
4.1.1 Testové otázky z okruhu anatomie a fyziologie.....	69
4.1.1.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď).....	69
4.1.1.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď).....	70
4.1.1.3 Popis obrázku	71
4.1.2 Testové otázky z okruhu patofyziologie	72
4.1.2.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď).....	72
4.1.2.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď).....	72
4.2 Obtížnost: střední	72
4.2.1 Testové otázky z okruhu anatomie a fyziologie.....	73
4.2.1.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď).....	73

4.2.1.2 Otázky uzavřené (více správných odpovědí)	75
4.2.1.3 Otázky uzavřené (krátká odpověď)	76
4.2.1.4 Otázky otevřené.....	77
4.2.1.5 Popis obrázku	78
4.2 Testové otázky z okruhu patofyziologie	79
4.2.2.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď).....	79
4.2.2.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď).....	81
4.2.2.3 Spoj.....	82
4.3 Obtížnost: vysoká	82
4.3.1 Testové otázky z okruhu anatomie a fyziologie.....	83
4.3.1.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď).....	83
4.3.1.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď)	85
4.3.1.3 Otázky otevřené.....	86
4.3.1.4 Popis obrázku	88
4.3.2 Testové otázky z okruhu patofyziologie	88
4.3.2.1 Otázky uzavřené	88
4.3.2.2 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď).....	91
4.3.2.3 Spoj.....	92
Závěr.....	93
Literatura	95
Přílohy	102
Příloha 1: Vzor testu pro otestování znalostí žáka základní školy.....	103
Příloha 2: Vzor testu pro otestování znalostí žáka střední školy.....	104
Příloha 3: Vzor testu pro otestování znalostí žáka vysoké školy	106
Příloha 4: Pracovní list – Poruchy světlolomného aparátu komorového oka	108
Příloha 5: Foto součástí modelu W16002 – Funkční oční model	119
Příloha 6: Foto součástí modelu SB48053 – Rubin’s eye	122
Příloha 7: Ukázka práce s modelem W16002 – Funkční oční model a SB48053 – Rubin’s eye	125

Úvod

Zrak je nejdůležitějším lidským smyslem, který používáme každý den téměř při všech činnostech a jakákoliv porucha zraku, byť sebemenší, tak dokáže zkomplikovat život. K tomu, abychom však mohli pozorovat okolní prostředí je nutný specializovaný orgán, oko. Pokud bychom chtěli přirovnat oko k nějakému člověkem sestrojenému předmětu, tak se jako první nabídne fotoaparát. Stejně jako fotoaparát používá k zaostření světla dopadajícího na film systém světlolomných ploch, tak i oko zaostřuje pozorovaný obrazu na specializovanou fotosenzitivní plochu, sítnici, pomocí specializovaných struktur, kterými jsou rohovka a sítnice. Ke korekci množství dopadající světla pak slouží zornice, která tvoří jakousi clonou oka.

Než vznikne obraz okolního světa v našem mozku, musí světelné paprsky nejprve projít jednotlivými očními strukturami, kterými jsou rohovka, čočka a oční komory vyplněné tekutinou. Teprve až paprsky dopadnou na sítnici, může započít samotný složitý proces formování obrazu okolního světa. Prvním důležitým krokem je přeměna světelného, elektromagnetického záření na elektrický signál, nervový vzruch zpracovatelný mozkem, k čemuž slouží fotosenzitivní buňky sítnice, tyčinky a čípky. Ve formě nervového vzruchu pak prochází signál zrakovou dráhou skládající se pouze ze čtyř neuronů. Finální stanicí je zraková kůra v týlním laloku velkého mozku, kde je složena konečná podoba okolního světa.

Bohužel, co do postižení množstvím různých chorob a vad, ani oko není výjimkou. Zatímco některá onemocnění nám dokáží pouze dočasně zkomplikovat život a vykonávání běžných činností, tak jiné jsou schopny trvale poškodit lidský zrak a některé mohou vést až k jeho úplné ztrátě. Naštěstí ale s dobou přicházejí i nové možnosti léčby a je tak možné, že některé dnes neléčitelné oční choroby budou v budoucnosti snadno překonatelné, protože již dnes existují postupy, které dokáží postup některých chorob a onemocnění zpomalit nebo úplně zvrátit.

Cíle

Cílem diplomové práce je vytvořit didaktické podklady za využití dvou interaktivních modelů oka:

- A) W16002 – Funkční model oka,
- B) SB48053 – Rubin's eye,

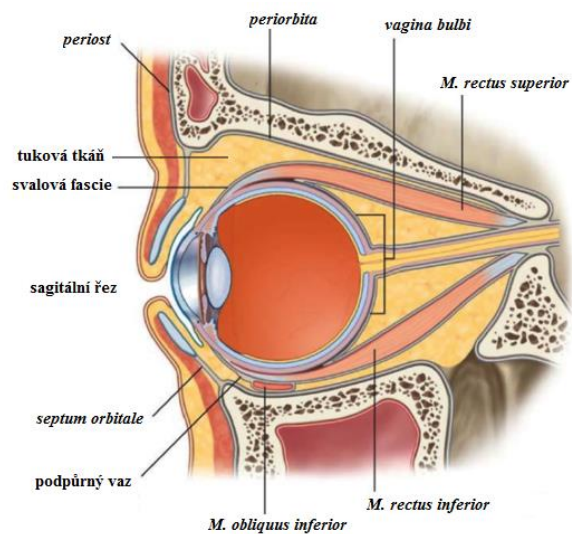
které by byly využitelné při výuce biologie zraku na VŠ a v modifikované formě i na SŠ nebo dokonce ZŠ v případě, že by byl ve škole dotován přírodopis vyšším počtem hodin.

Dalšími cíli, na které je v této práci kladen důraz, jsou:

- a) popis základní anatomie a fyziologie zrakového aparátu komorové oka,
- b) popis vybraných patofyziologických změn zrakového aparátu komorového oka,
- c) zpracování metodiky a sestavení manuálů pro demonstraci vybraných fyziologických funkcí oka a poruch komorového oka s využitím výukových modelů A i B,
- d) sestavení souboru testových otázek různých úrovních a různých typů,
- e) vytvoření ukázek testů a pracovních listů.

1 Lebka a přídatné orgány oka

Komorové oči obratlovců nejsou na lebce uloženy náhodně, ale jejich umístění je dáno polohou specializované části lebeční kosti, očníci (*orbita*), nacházející se v obličejové části lebky (*splanchnocranium*). Očnice tvořená obličejovými kostmi lebky představuje ochrannou kostěnou dutinu, která do jisté míry brání poškození oka (Obrázek č. 1). K ukotvení oční koule (*bulbus oculi*) do očníce slouží některé z přídatných orgánů oka zahrnující fascie a vazivový aparát očníce (*fascie orbitales*), okohybné svaly (*musculi bulbi*), spojivku (*tunica conjunctiva*) a víčka (*palpebrae*). Tyto struktury však neslouží pouze k ukotvení oční koule, ale mají také funkci ochrannou (oční víčko) a funkci pohybovou (okohybné svaly). Dalším přídatným orgánem oka je slzný aparát, ve kterém dochází k tvorbě slz. Zbytek očníce vyplňuje tukové vazivo, jehož úkolem je mechanická ochrana očního bulbu proti otřesům.



Obrázek č. 1: Oko uložené v očníci

Upraveno; Zdroj: <http://quizlet.com/19962294/the-orbit-flash-cards/>

Orbita má přibližný tvar čtyřbokého hranolu, v jehož vrcholu se upínají okohybné svaly. Nacházejí se zde také otvory pro průchod nervů a cév. Zadní částí očníce tak spolu se zrakovým nervem (*nervus opticus*) pronikají i cévy a jiné hlavové nervy.

Fascie a vaziva očníce

Mezi struktury nacházející se v očníci, které mají vazivový základ, patří periorbita (periost očníce), *vagina bulbi* vytvářející jamku v níž dochází k pohybu bulbu, fascie okohybných svalů (Obrázek č. 1) a vazivo obalující lalůčky tukové tkáně, které vytvářejí tukové těleso *corpus adiposum orbitae* (Čihák 2004).

Okohybné svaly

K pohybu oka slouží 3 páry příčně pruhovaných okohybných svalů upínající se na bělimu. Tyto svaly svými pohyby pomáhají zaměřit pozorovaný objekt na sítnici a soustředit dopadající světlo na nejcitlivější místo sítnice. K přímému pohybu očí nahoru a dolů slouží horní přímý sval (*musculus rectus superior*) a dolní přímý sval (*musculus rectus inferior*). Pohyby oka do stran jsou zajištěny pomocí vnitřního přímého svalu (*musculus rectus medialis* – nazálně) a vnějšího přímého svalu (*musculus rectus lateralis* - zevně). Horní šikmý sval

(*musculus obliquus superior*) a dolní šikmý sval (*musculus obliquus inferior*) pohybují okem šikmo vzhůru, resp. dolů. Souhry těchto svalů tedy umožňují pozorování předmětů téměř v jakémkoli směru. Poruchy ve funkci okohybných svalů ovšem způsobují narušení pohybu očí. Pokud oči při pozorování určitého objektu nesměřují stejným směrem, ale jedno oko se od tohoto běžného směru odchyluje, jedná se o oční vadu zvanou šilhání (strabismus)

Oční víčka

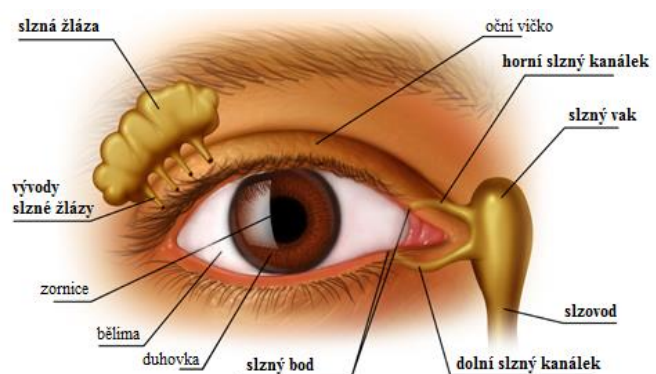
Oční víčka jsou přídavné orgány oka, které mají za úkol chránit oční kouli a roztírat slzy po povrchu rohovky. Pohyb očních víček umožňuje zdvihač horního víčka (*musculus levator palpebrae superioris*), který svými stahy a relaxací otevírá a zavírá oko. Na okrajích víček se nacházejí řasy (*cilia*), kožní deriváty bránící pronikání cizorodých částic a spolu se slzami i poškození povrchu rohovky.

Spojivka

Tato tenká a velice jemná vrstva slizničních buněk pokrývá vnitřní povrch víček přiléhajících na rohovku. Spojivkový epitel pokračuje na povrch oční koule a při okraji bělimy se mění na epitel rohovkový, který pokrývá bezcévnou rohovku. Spojivka tedy tvoří dvě části, a to část víčkovou a bulbární, mezi kterými je při horním a dolním víčku vytvořen spojivkový vak (*saccus conjunctivae*; Čihák 2004). Právě do horního spojivkového vaku ústí vývody slzných žláz slzného aparátu. Spojivka je tvořena velmi jemnou sliznicí, která se snadno podráždí, a proto často dochází k jejímu zánětu, konjunktivitidě.

Slzný aparát

Slzná žláza (*glandula lacrimalis*), slzné jezírko (*lacus lacrimalis*), slzné kanálky (*canaliculus lacrimalis*) a slzovod (*ductus nasolacrimalis*) tvoří základní části slzného aparátu oka (Obrázek č. 2). Slzy se tvoří v slzné žláze a vývody odtékají do horního spojivkového vaku, odkud jsou víčky roztírány po povrchu oka. Přebytečné slzy jsou odváděny do vnitřního koutku oka, do místa označovaného jako slzné jezírko. Slzné kanálky se ve vnitřním koutku otevírají v podobě dvou slzných bodů (*punctum lacrimale*) a pokračují až do slzného vaku (*saccus lacrimalis*). Nadměrné množství slz, které se tvoří např. při



Obrázek č. 2: Slzný aparát

Upraveno; Zdroj: <http://www.myvmc.com/anatomy/the-eye-and-vision/>

podráždění oka nebo emocionálním vypětí, je ze slzného vaku odváděno slzovodem do dutiny nosní, což vyvolává charakteristické posmrkování.

Slzy však nejsou produkovány pouze v extrémních situacích, ale k jejich torbě dochází neustále. Úkolem slz tak není pouze oko zvlhčovat a zbavovat jej nečistot, ale díky svému složení mají také baktericidní účinky, čímž chrání oční sliznici před napadením patogeny (Mráčková 2007). V některých situacích ovšem může dojít ke snížení produkce slz, nebo může být narušen slzný film na očním povrchu, což vede ke vzniku tzv. suchého oka.

1.1 Vybrané poruchy přídatných orgánů oka

Konjunktivitida

Konjunktivitida, představuje velice časté onemocnění způsobné podrážděním a následným zánětem spojivky. Je proto mnohem známější pod názvem zánět spojivek. Při konjunktivitidě dochází typicky k zarudnutí okrajových částí oka, ale v závažnějších případech se může objevit i hnisavý výtok.

Příčinou rudých očí ovšem nemusí být pouze zánět spojivky. Charakteristickým znakem, který nám ale pomůže snadno odlišit konjunktivitidu od jiných onemocnění oka je zvětšení krevních cév v periferní části oka a také pohyb postižených cév spolu s pohybem spojivky (Porth & Matfin 2009). Červené oči však mohou být způsobeny např. i poraněním rohovky, iridocyklitidou¹, keratitidou (Svobodová & Palos 2013), syndromem suchého oka, kontaktem s chemickými látkami, nošením kontaktních čoček, přítomností ječného zrna, glaukomem, (Porth & Matfin 2009). Je proto důležité rozlišovat mezi zánětem spojivek a dalšími, často mnohem závažnějšími zdravotními problémy.

Podle původců zánětu se konjunktivitida dělí na zánět infekční a neinfekční. Mezi původce infekčního zánětu spojivek patří bakterie, viry, chlamydie, měňavky akantaméby (způsobující záněty u nositelů kontaktních čoček) a plísně (Němec 2009). Neinfekční konjunktivitida může být způsobena alergickými reakcemi, keratitidou, poraněním nebo kontaktem s chemickými látkami.



Obrázek č. 3: Zarudnutí periferních krevních cév – lehká forma konjunktivitidy
Zdroj:
<http://www.advancedvisioncare.co.uk/conjunctivitis>

¹ **iridocyklitida** – také přední uveitida (zánět uvei, živnatky); zánět duhovky a řasnatého tělíska (Vokurka & Hugo 2009)

Suché oko

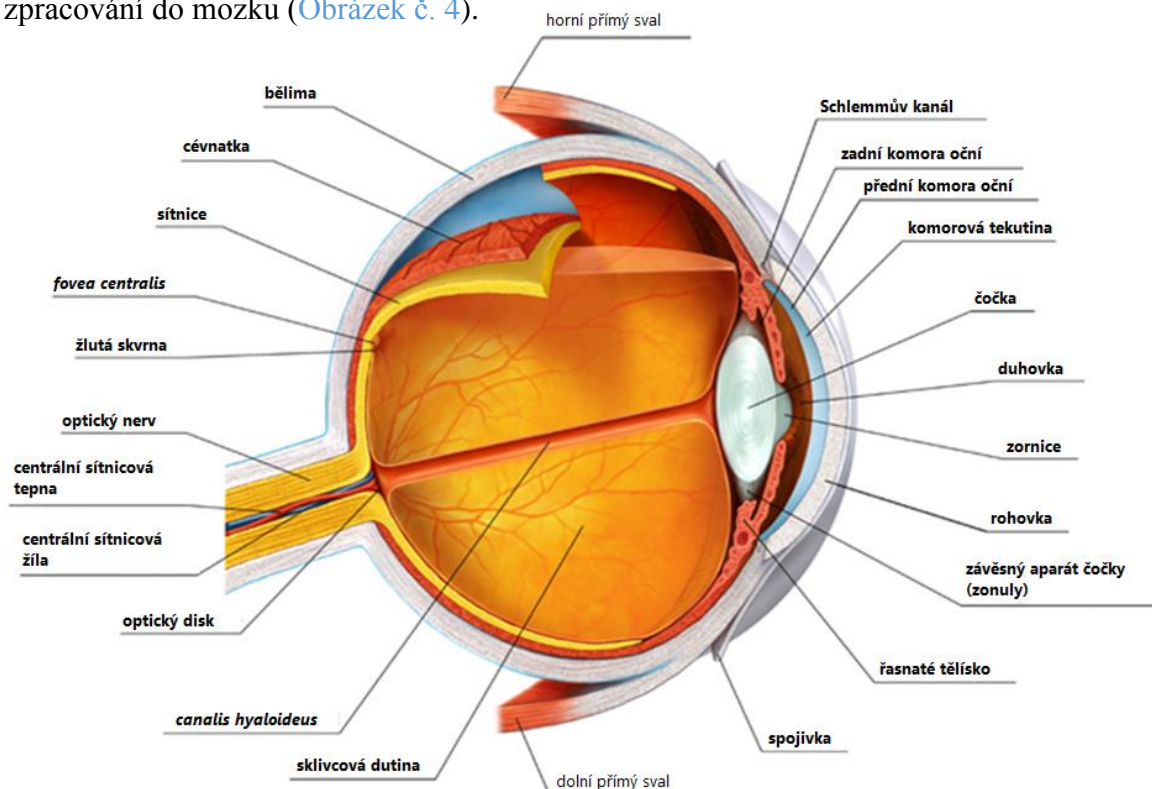
Příznaky suchých očí jsou důsledkem snížené produkce, nebo úplné neschopnosti produkovat slzy, ale také zvýšeným odpařováním vodné složky slz (Odehnal & Malec 2013). Suché oči se projevují pocity řezání, pálení, svědění, pocitem přítomnosti cizího tělesa, světlolachosti, zarudnutýma nebo podrážděnýma očima (Čermák & Čermák 2007). Objevují se ale i problémy s pohybem víček, nadměrným slzením (Porth & Matfin 2009), zhoršeným viděním, únavou očí (Odehnal *et al.* 2010) nebo až bolestí (Odehnal & Malec 2013).

Problémy suchých očí se mohou objevit v jakémkoliv věku. Typicky se ovšem objevují u žen po období menopauzy a s vyšším věkem (Odehnal & Malec 2013). Možnými příčinami suchého oka jsou vrozené poruchy sekrece slzného aparátu, ozáření, infekce a poškozením inervace slzné žlázy, popřípadě může dojít k poruše sekrece slzného aparátu v důsledku užívání léčiv nebo nošení kontaktních čoček (Porth & Matfin 2009). Léčba suchých očí spočívá v umělém zvlhčování očního povrchu pomocí očních kapek, gelů, sprejů a mastí (Odehnal & Malec 2013). Mezi další léčebné metody patří použití hydrofilní kontaktní čočky (Odehnal *et al.* 2010), ucpaní slzných bodů pomocí silikonu a podávání léků s lokálním účinkem za účelem zvýšení přirozeného množství slz (Porth & Matfin 2009). Ke zmírnění symptomů suchého oka také pomáhá příjem omega-3 mastných kyselin (Porth & Matfin 2009).

2 Anatomie a fyziologie komorového oka

Oční koule není koulí v pravém slova smyslu a na povrchu oka se vyskytují oblasti, které odchylují jeho tvar od pravidelného kulovitého tvaru. Zatímco v přední části se nachází mírně vyklenutá rohovka, tak zadní část oční koule je naopak mírně oploštěná. Výsledkem těchto nepravidlostí je prodloužení oka v předozadním směru (přibližně 24,3-26 mm, kdežto vertikální a transverzální průměry činí 23,6 a 23,7 mm; Čihák 2004). Vysoké rozdíly v délkách podélných os tak často dávají vzniknout refrakčním vadám optického aparátu, krátkozrakosti a dalekozrakosti.

Oční koule je dutý orgán, jehož stěnu tvoří tři základní vrstvy: vnější bělma (*sclera*) přecházející v přední části v bezcévnou rohovku (*cornea*), prostřední na cévy bohatá cévnatka (*choroidea*) a vnitřní sítnice (*retina*) se světločivnými buňkami (fotoreceptory). Uvnitř oka se pak nacházejí struktury regulující množství procházejících paprsků (duhovka; *iris*) a zaostřující světelné paprsky na sítnici (čočka; *lens*). Jiné struktury jako řasnaté tělísko (*corpus ciliare*) umožňují akomodaci čočky. Tekutina nacházející se v očních komorách pak poskytuje nejen oporu čočce, ale i výživu bezcévným strukturám (komorová tekutina; *humor aquosus*). Sklivcová dutina vyplněná sklivcem (*camera vitrea*) napomáhá udržovat tvar očního bulbu. Světelné podněty zachycené fotoreceptory jsou nakonec odváděny zrakovým nervem k dalšímu zpracování do mozku (Obrázek č. 4).



Obrázek č. 4: Stavba komorového oka

Upraveno; Zdroj: <http://www.myvmc.com/anatomy/the-eye-and-vision/>

2.1 Bělima (*sclera*)

Je mléčně zabarvená², tuhá a více méně bezcévná, kompaktní vazivová vnější vrstva oční koule. Zaujímá necelých 80 % jejího povrchu. Bělima má pouze dvě části, které se výrazně odlišují svou strukturou: v přední části je to průhledná, bezcévná rohovka, která vzniká z bělimy v místě zvaném limbus a v zadní části dírkovaná ploténka (*lamina cribrosa sclerae*), kterou vystupují nervová vlákna tvořící zrakový nerv. Bělima v zadní části očního bulbu obaluje část zrakového nervu a plynule navazuje na obaly zrakového nervu (Čihák 2004). Přední část bělimy kolem rohovky je překryta spojivkou, jejíž povrchový epitel pokračuje i na rohovku, kde se mění se na povrchový epitel rohovky.

2.2 Rohovka (*cornea*)

Průhledným, bezcévným pokračováním bělimy je rohovka. Vytváří přední průhlednou konvexní část oční koule zabírající přibližně 1/5 jejího povrchu. Rohovka má tvar hodinového sklíčka o vyšším poloměru zakřivení než zbytek oka a představuje první světlolomnou část optického aparátu oka.

Rohovka je velice tenká vrstva v přední části oka a její tloušťka se pohybuje v rozmezí od cca 520 nm do 650 nm. Přesto se skládá z 5 vrstev, přičemž nejtlustší vrstvou je prostřední stroma, které se na celkové tloušťce rohovky podílí přibližně 90 % (Reinstein *et al.* 2009). Zakřivení rohovky ovšem není zcela pravidelné, čímž vzniká stav nazývaný astigmatismus.

2.2.1 Vybrané poruchy přídatných orgánů oka

Keratitida

Zánět rohovky, keratitida, patří mezi závažné oční choroby a pokud není včasně léčen, může vést až ke ztrátě zraku, případně i oka, což jsou však pouze extrémy vznikající v důsledku zanedbání nebo selhání léčby. Častým projevem zánětu je naopak ztráta průhlednosti rohovky. V počátku se keratitida projevuje překrvením cév v oblasti limbu a bolestí v důsledku poškození trojklanného nervu (*nervus ophthalmicus*; Sharma 2001).

Keratitida může mít rozličné příčiny. Způsobit ji mohou bakterie, parazité, chlamydie, viry nebo houby. Může ale vzniknout také v důsledku změn hlenové složky slzného filmu, systémových onemocnění (Sharma 2001) nebo nesprávným používáním kontaktních čoček (Porth & Matfin 2009). Od původce zánětu se odvíjí také jeho léčba.

² **barva bělimy** – u malých dětí je bělima namodralé barvy, která s postupem věku žloutne vlivem ukládání tukových kapének (Machová 2005)

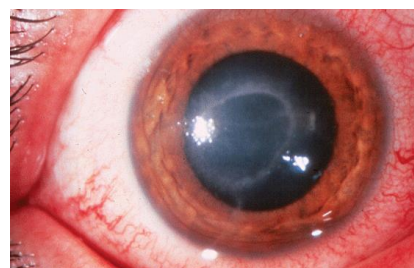
Vybrané virové keratitidy

Mezi virové keratitidy patří např. keratitida způsobená virem HSV (Herpes simplex virus), které jsou původci běžných oparů rtů, ale i oparů na genitáliích (Porth & Matfin 2009). Záludnost HSV viru tkví v jeho latenci, ke které může dojít po vyléčení oparu a např. ve spojení se stresovými faktory, pak může být virus reaktivován (Sharma 2001). Virus pak způsobí rozvoj keratitidy.

Další virovou keratitidu způsobuje Varicella Zoster Virus (VZV), který je běžně původcem planých neštovic (*Varicella*) a pásového oparu (*Herpes zoster*). Vzniká tak *Herpes zoster ophthalmicus*. Nejnáchylnější na rozvinutí *Herpes zoster ophthalmicus* jsou lidé s narušeným imunitním systémem (Porth & Matfin 2009), ale ke zvýšenému riziku výskytu přispívají i orgánové transplantace a příjem imunosupresiv (Sharma 2001).

Akantamébová keratitida

Příkladem parazitární keratitidy je zánět způsobený měňavkou rodu *Acanthamoeba*. Tento prvok způsobuje keratitidy především u jedinců, kteří nesprávně používají měkké kontaktní čočky. Rizikovými faktory jsou nadměrné nošení kontaktních čoček a jejich nošení přes noc (Porth & Matfin 2009).



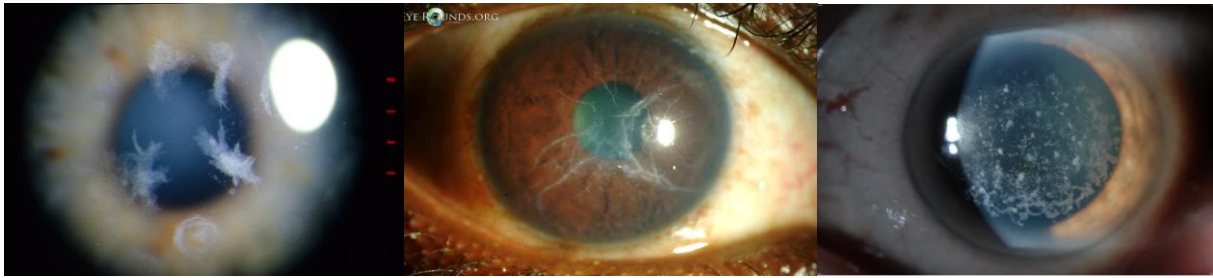
Obrázek č. 5: Rohovková ulcerace (zvrhedovatění) způsobené měňavkou akantamébou

Zdroj: http://www.reviewofophthalmology.com/content/d/therapeutic_topics/i/1223/c/23018/

Korneální dystrofie

Korneální dystrofie je souhrnné označení pro skupinu nezánettlivých, neprogresivní, nebo pomalu se rozvíjejících dědičných onemocnění. Rozvoj dystrofií nezávisí na věku, ani na systémových nebo environmentálních faktorech. U rohovkových dystrofií dochází k ukládání abnormálního materiálu v rohovce (Obrázek č. 6), který způsobuje ztrátu její průhlednosti. Narušení rohovky, může vést k velké bolesti, světloplachosti, pocitu nepohodlí nebo přítomnosti cizího tělesa v oku a rozmazanému vidění (Klintworth & Wadsworth 2013).

Korneální dystrofie rozdělujeme do několika skupin v závislosti na vrstvě, kterou postihuje (Weiss *et al.* 2008). Léčba dystrofií závisí na typu, závažnosti postižení, stádiu, přítomnosti či nepřítomnosti symptomů a celkovém zdravotním stavu pacientů. Od pozorování a monitorování změn rohovky, přes používání očních kapek a mastí až po laserové operace. Ve velmi závažných případech pak bývá použita vysoce účinná transplantace rohovky (keratoplastika). I zde je však riziko, že se léze na darované rohovce opětovně objeví (Klintworth & Wadsworth 2013).



Obrázek č. 6: Příklady korneálních dystrofií s erozemi rohovky

Zdroj: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/lattice-corneal-dystrophy.htm>;
<http://disorders.eyes.arizona.edu/disorders/corneal-dystrophy-schnyder>
<http://www.willseye.org/health-library/corneal-dystrophies-and-scars>

Keratokonus

Keratokonus je nezápětlivá porucha, při níž dochází ke ztenčení rohovkového stromatu a následnému vyklenutí rohovky. I když keratokonus postihuje primárně obě oči (Rabinowitz 1998), tak až v 15 % případů se projevuje pouze unilaterálně (Illahi 2006).

Příčiny vzniku keratokonu dosud nejsou přesně známy. Přestože keratokonus postihuje muže i ženy nevyjímaje, tak častěji se vyskytuje u jedinců s alergiemi jako astma a ekzém (Hingorani *et al.* 2014) nebo v období puberty (Rabinowitz 1998). Ani v pokročilých stádiích sice pacienti postižení keratokonem zcela neoslepnou, dochází u nich ale k výraznému zhoršení zraku v důsledku vzniklého astigmatismu a krátkozrakosti (Rabinowitz 1998).



Obrázek č. 7: Keratokonus

Zdroj: <http://medicalpicturesinfo.com/keratoconus/>

V počátečních fázích keratokonu postačí ke korekci optické vady brýle. U závažnějších forem již přicházejí na řadu kontaktní čočky. Dalšími metodami je posílení kolagenních vláken rohovky, laserová korekce rohovky, intrakorneální implantáty, implantace fakické nitrooční čočky a částečná nebo úplná keratoplastika (Levy 2009).

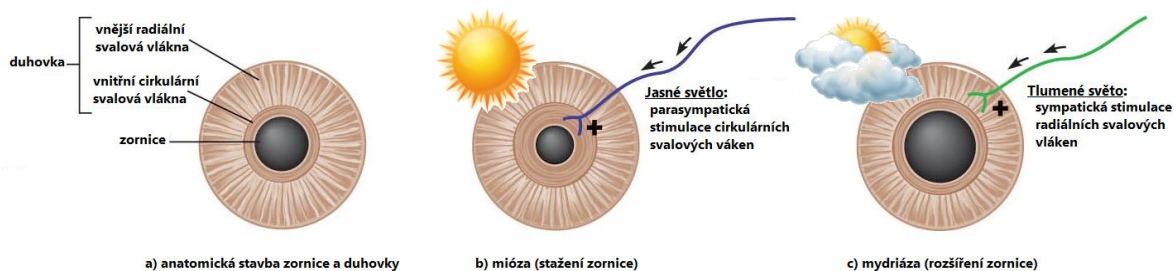
2.3 Živnatka (*uvea*)

Tuto střední vrstvu oční koule tvoří tři části: duhovka, řasnaté tělísko a cévnatka. Živnatka je vysoce prokrvená a obsahuje velké množství pigmentu. Některé její části jsou dokonce tvořeny i svalovými vlákny. Živnatka umožňuje zásobovat živinami některé části oka, absorbovat část světelných paprsků a tím redukovat množství odraženého světla, nebo regulovat množství světla vstupujícího do oka.

2.3.1 Duhovka (*iris*)

Duhovka je oční struktura vznikající pokračováním řasnatého tělíska do menšího předního segmentu oka. Má kruhovitý tvar s centrálním otvorem, zornicí (*pupila*) a svou plochou rozděluje přední segment oka na přední a zadní komoru oční, mezi kterými proudí skrz zornici komorová tekutina. Současně obsahuje pigmentové buňky, jejichž množství a hloubka uložení spolu s obsahem cév určují její barvu³ (Čihák 2004). Pigment je v duhovce obou očí uložen většinou rovnoměrně. U některých jedinců však může dojít k uložení nepravidelnému, čímž vzniká jev označovaný jako heterochromie (různobarevnost duhovek obou očí).

Součástí duhovky jsou také dva typy odlišně uspořádaných svalových vláken řízených autonomním nervovým systémem ze středního mozku. Svalová vlákna umožňují zúžení zornice na přímém světle (*miosa*) a její rozšíření ve tmě nebo přitmě (*mydriasa*). Toto zúžení a rozšíření zornice se označuje jako pupilární (zornicový) reflex (Obrázek č. 8) a slouží k regulaci množství světla dopadajícího na sítnici. Zornice může v průběhu tohoto procesu svoji plochu zvětšit až dvaceti osminásobně, když na jasném světle prosvítá průměrem pouze 1,5 mm, zatímco ve tmě, kdy vidíme hůře, činí průměr zornice až 8 mm (Silverthorn 2013).



Obrázek č. 8: Pupilární (zornicový) reflex

Upraveno; Zdroj:

http://droualb.faculty.mjc.edu/Course%20Materials/Physiology%20101/Chapter%20Notes/Fall%202011/chapter_10%20Fall%202011.htm

2.3.2 Řasnaté tělísko (*corpus ciliare*)

Tato část komorového oka vzniká ztlustěním přední části cévnatky. Skládá se ze souboru kruhově, podélně a radiálně uspořádaných svalových vláken (*musculus ciliaris*). Svalová vlákna tvoří kruhovitě řasnaté tělísko, v jehož přední části se nacházejí 2-3 mm dlouhé výběžky, řasy (*processus ciliares*; Obrázek č. 9). Kontrakce *m. ciliaris* snižuje napětí závěsného aparátu a způsobuje vyklenutí čočky, akomodaci. Řasnaté tělísko ale produkuje i komorovou tekutinu, která vyplňuje přední a zadní komoru oční.

³ **barva duhovky** – má genetický základ; menší množství hlouběji uloženého pigmentu způsobuje modré až šedé zabarvení duhovky, kdežto větší množství pigmentu nacházejícího se blíže povrchu dává vzniknout zeleným, hnědým až tmavě hnědým očím (Machová 2005)

2.3.3 Cévnatka (*choroidea*)

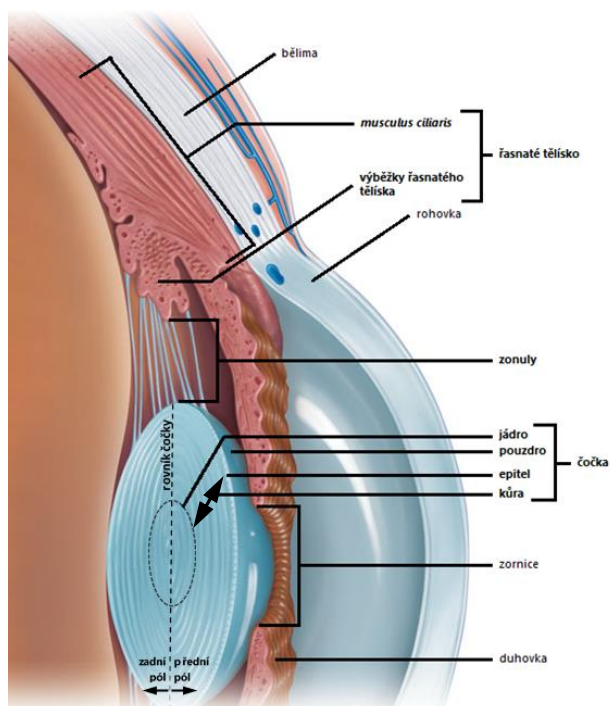
Cévnatka tvoří zadní a plošně nejrozsáhlejší část žloutkovité vrstvy oční stěny (přibližně 2/3 plochy střední vrstvy oční stěny). V přední části pokračuje v řasnaté tělísko a duhovku. Cévnatka je tenká (0,2-0,4 mm) tmavě pigmentovaná a namodralá střední vrstva oční stěny, která je bohatě zásobena cévami, aby mohla poskytovat výživu hluboko uloženým vrstvám sítnice. Cévnatka ale nemá za úkol pouze vyživovat sítnici a ve svých buňkách obsahuje i pigment melanin, který pohlcuje část dopadajícího světla (Fox 2011). Zabraňuje tak odrazení nadbytečného množství světla, které by vedlo ke zkreslení pozorovaného obrazu.

2.4 Čočka

Čočka je kompaktní útvar tvořený čočkovými vlákny (*fibrae lentis*; Čihák 2004), které svým uložením vytvářejí několik vrstev: jádro čočky (*nucleus lentis*), kůru (*cortex lentis*) a epitel čočky (*epithelium lentis*). Epiteliální vrstva je obklopena průhledným pouzdem čočky (*capsula lentis*).

Čočka se nachází v zadní komoře oční a svým tvarem odpovídá průhlednému bikonvexnímu (dvojpupuklému) elastickému disku o průměru 9-10 mm a tloušťce 3,7-4,4 mm, který je ke stěně očního bulbu připevněn kruhovitým řasnatým tělískem. Na řasnaté tělísko se napojuje prostřednictvím vláken závěsného aparátu (Obrázek č. 9), která přenášejí napětí z hladkého svalstva řasnatého tělíska na čočku a tím mění její tvar. Aby byl zajištěn rovnoměrný průchod světla čočkou, je nutné, aby čočka byla průhledná. Průhlednost čočky zajišťuje bezcévnost, kontrolovaná smrt buněčných organel, ale také přítomnost proteinu krystalinu díky kterému má celá čočka stejný index lomu (Fox 2011).

Protože čočkou neprocházejí žádné cévy, je potřeba její výživy z okolí. Ve stádiu plodu vyživuje vyvíjející se čočku *arteria hyaloidea* vedoucí sklivcem od optického disku (*discus nervi optici*) zřetelného nervu. *A. hyaloidea* však po dozrání plodu zaniká, její pozůstatek je označován jako *canalis hyaloideus*, a rostoucí čočce již nadále poskytuje výživu komorová tekutina.



Obrázek č. 9: Čočka a závěsný aparát čočky

Upraveno; Zdroj: Marieb et al (2012) 6th edition

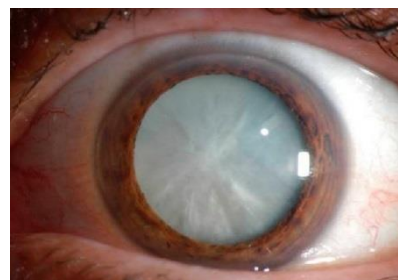
Komorová tekutina však neomývá čočku přímo, protože by došlo k jejímu zakalení, ale omývá pouze pouzdro čočky, přes které proudí živiny do čočky prostou difúzí.

2.4.1 Vybrané poruchy čočky

Katarakta

Při kataraktě dochází k šedavému zakalení (Obrázek č. 10) jinak krystalicky čisté čočky, které negativně ovlivňuje ostrost vidění. Širší veřejnosti je proto mnohem známější pod označením šedý zákal. Na rozvoji katarakty se primárně podílí věk a šedý zákal je tudíž nejčastější příčinou ztráty zraku v pokročilém věku. S rostoucím věkem dochází v důsledku fyziologických změn k postupnému zhoršování kvality zraku a samovolnému zakalování čočky, které poté postupně přechází v samotnou kataraktu. Tato věkem podmíněná katarakta se označuje, jako senilní (Svatoňová 2006). V průběhu stárnutí rovněž dochází k tvrdnutí jádra čočky. Toto přechodné ztvrdnutí způsobuje zvýšení refrakčních schopností čočky a má za následek rozvoj krátkozrakosti v počátečních fázích. Proto se před tím, než dojde k zakalení čočky, může u lidí s presbyopií objevit přechodné zlepšení zraku (Porth & Matfin 2009).

K léčbě katarakty mohou být v počátečních fázích vývoje použity prostředky zlepšující vidění a vyjma chirurgické výměny čočky za novou v současnosti není dostupná žádná léčba, která by dokázala zvrátit postupující šedý zákal.



Obrázek č. 10: Kataraktická čočka

Zdroj: <http://www.eyeworld.org/article-managing-the-rock-hard-cataract>

2.4.2 Závěsný aparát čočky

Sama čočka svůj tvar aktivně změnit nedokáže. Své napětí však může měnit okolní, hladká svalovina řasnatého tělíska, k níž je čočka připojena pomocí závěsného aparátu tvořeného tenkými, ale pevnými vazivovými vlákny, zonulami (*zonula ciliaris*, *zonula Zinni*⁴; Obrázek č. 9). Jejich prostřednictvím je přenášeno napětí hladké svaloviny řasnatého tělíska na čočku, čím dochází k pasivní změně jejího tvaru.

Zonulární vlákna se na řasnaté tělísko upínají pouze do míst, kde jsou vytvořeny řasy řasnatého tělíska. Na čočku se však vlákna upínají radiálně po celém jejím obvodu v oblasti, která se nachází nejbližší řasnatému tělísku. Kruhovitě upnutí závěsného aparátu umožňuje rovnoměrné přenesení tahu na čočku a tím její pravidelné roztažení.

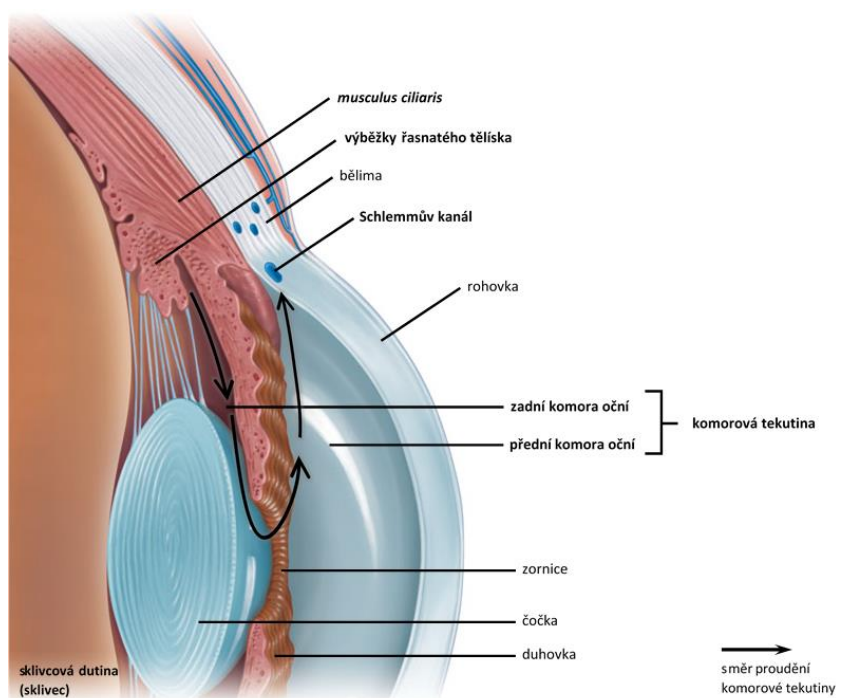
⁴ *zonula Zinni* – pojmenována po německém profesoru lékařství a řediteli botanické zahrady v Göttingenu Johannu Gottfriedovi Zinnovi (1727-1759; Čihák 2004)

2.4.3 Oční komory (*camerae bulbi*)

Čočka a její závěsný aparát rozdělují vnitřní prostor oční koule do dvou dutin: na přední dutinu nacházející se mezi zadní stěnou rohovky a přední stěnou čočky a sklivcovou dutinu nacházející se za čočkou (Obrázek č. 11).

Dutinu nacházející se mezi rohovkou a čočkou rozděljuje duhovka na přední a zadní komoru oční (*camerae oculi anterior et posterior*) mezi kterými proudí krevní plazmě podobná komorová tekutina (*humor aquosus*). Tato tekutina slouží k výživě bezcévné rohovky a čočky. Komorovou tekutinu produkují výběžky řasnatého tělíska do zadní komory oční nepřetržitě. Z přední komory oční je odváděna přes trabekulární síťovinu⁵ (Vokurka & Hugo 2009) a Schlemmův kanál (*sinus venosus sclerae*) zpět do krevního oběhu. Řasnaté tělísko vyprodukuje za den asi 2-3 ml komorové tekutiny (Čihák 2004). Neustálou produkcí a odtokem komorové tekutiny je udržován optimální nitrooční tlak. Pokud ovšem dojde ke zvýšení nitroočního tlaku, může dojít postupem času ke vzniku zeleného zákalu (glaukom).

Druhou z dutin je sklivcová dutina, kterou vyplňuje hustá, viskózní látka, sklivec (*corpus vitreum*). Sklivec obsahuje kolagenní vlákna a vodu vázající substanci, která tvoří více než 98 % jeho objemu. Na rozdíl od komorové tekutiny ale není produkován kontinuálně a vzniká pouze v počáteční fázi ontogeneze. Poté již vydrží po celý život. Sklivec nejen že pomáhá udržovat nitrooční tlak, ale také udržuje neurony sítnice v kontaktu s pigmentovou vrstvou a přenáší světlo uvnitř oční koule (Marieb *et al.* 2012).



Obrázek č. 11: Oční komory a komorové tekutiny
Upraveno; Zdroj: Marieb *et al.* (2012) 6th edition

⁵ **trabekulární síťovina** – síť vláken nacházející se v komorovém úhlu (také rohovko-duhovkový, iridokorneální úhel; je oblast mezi rohovkou a kořenem duhovky) mezi přední komorou oční a Schlemmovým kanálem (Thefreedictionary.com ©2012)

2.4.3.1 Vybrané poruchy postihující oční komory

Glaukom

Jinak známý také jako zelený zákal, je oční onemocnění, při němž dochází k postupnému poškozování a odumíráním nervových vláken zrakového nervu projevující se změnami v oblasti optického disku (Černák *et al.* 2009). Primární příčinu vzniku glaukomu představuje zvýšený nitrooční tlak (Černák *et al.* 2009) v důsledku narušení proudění komorové tekutiny mezi přední a zadní komorou oční. Glaukom má mnoho příčin a celosvětově se proto řadí mezi hlavní příčiny ztráty zraku, kterým ale lze včasnou léčbou zabránit. Glaukom postihuje nejčastěji ženy po 40. roce života a osoby trpící dalekozrakostí (Růžičková *et al.* 2009).

Při glaukomu mohou pacienti pociťovat tlak v očích, zvýšenou unavenost očí, zvýšenou bolestivost očí na dotek (Černák *et al.* 2009) až extrémně červené a bolestivé oko, nevolnost nebo otok rohovky (Root 2009). Může ale nastat i situace, že pacient nepocítí vůbec žádné symptomy a k lékaři se dostaví až v případě nenapravitelných změn na sítnici a v zorném poli (Černák *et al.* 2009).

K léčbě glaukomu jsou používány lokální kapky, které mají za úkol snížit nitrooční tlak (Černák *et al.* 2009), ale i jiné specializované přípravky (Root 2009). K léčbě a zabránění opětovnému vzniku glaukomu slouží laserová operace, při které je vytvořen kanál, který zlepšuje průtok komorové tekutiny.

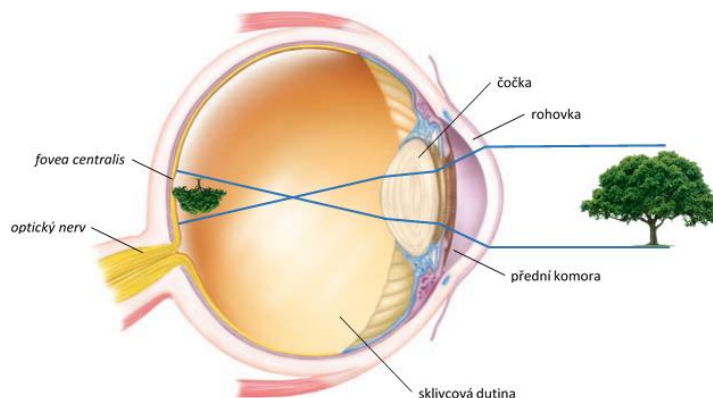
2.4.4 Lom světla (refrakce)

Jakmile světlo přechází mezi prostředími o různé hustotě, dochází k jeho lomu. V oku se světlo při průchodu optickým aparátem (rohovka, komorová tekutina, čočka, sklivec) lomí třikrát (Obrázek č. 12). Nejprve při přechodu přes rohovku, kde se celkový úhel ohýbá ze 2/3 (lom zbylé 1/3 připadá na čočku). Vysoká lomivost světla je způsobena velmi vysokým rozdílem hodnot indexů lomu mezi vzduchem a rohovkou⁶. Po druhé a potřetí se světlo láme při přechodu přes přední a zadní plochu čočky. Refrakční úhel však nezávisí pouze na rozdílných hustotách dvou prostředí, ale odvíjí se také od úhlu dopadu paprsků. A protože čočka umí, díky své pružnosti, na rozdíl od rohovky měnit tvar (má schopnost akomodovat), může tak měnit i úhel dopadu paprsků a tím úhel lomu světla. Obraz pozorovaného objektu je tak zaostřen přímo na sítnici. V důsledku lomu světla ovšem v oku dochází k vytvoření převráceného obrazu, a to nejen horizontálně, ale i vertikálně (Obrázek č. 12).

⁶ **hustota prostředí** – index lomu vzduchu je stanoven na hodnotu 1,00; index lomu rohovky má hodnotu 1,38; index lomu komorové tekutiny činí 1,33 a čočky 1,40 (Fox 2011)

U normálního zdravého oka je v průběhu ontogenetického vývoje vytvořen správný poměr mezi předozadní délkou oční koule a lomivou silou optického aparátu. Takové oko označujeme jako emetropické a světelné paprsky v takovém případě dopadají přímo do oblasti žluté skvrny, místa nejostřejšího vidění. Vzniká tak zcela ostrý obraz pozorovaných objektů. Narušením poměru předozadní délky a lomivé síly optického aparátu vznikají refrakční vady označované jako ametropie.

Mezi ně řadíme onemocnění jako astigmatismus, myopie nebo hypermetropie (Vokurka & Hugo 2009). Specifickou refrakční vadou je presbyopie, která vzniká v důsledku přirozených změn, k nimž dochází stárnutím organismu.



Obrázek č. 12: Obraz pozorovaného objektu vytvořený na sítnici

2.4.4.1 Vybrané poruchy světlolomného aparátu oka

Astigmatismus

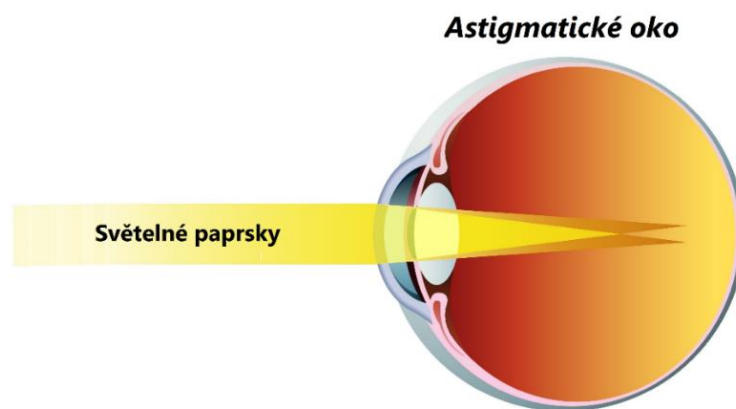
Astigmatismus je refrakční vada, při níž dochází v důsledku nerovnoměrného zakřivení především rohovky ke zkreslení pozorovaných objektů. Při průchodu světla rohovkou zdravého oka se světlo lomí rovnoměrně. Pokud však dojde k narušení pravidelného tvaru a rohovka se stane asymetrickou, jsou světelné paprsky ohýbány pod různými úhly, což vede ke zkreslení obrazu, např. pozorovaný čtverec se tak jeví jako obdélník (Kaimbo Wa Kaimbo 2012). Nejběžnější astigmatismus vzniká právě v důsledku změn zakřivení povrchu rohovky, ale může být i výsledkem defektu rohovky, čočky, anebo sítnice (Porth & Matfín 2009). Mezi další symptomy spojované s astigmatismem patří rozmazané vidění při jakýchkoliv pozorovacích vzdálenostech, bolest hlavy, bolavé nebo unavené oči, únava v důsledku namáhání očí, ale i šilhání aj. (Kaimbo Wa Kaimbo 2012).

Astigmatismus je přítomen téměř u všech lidí, jen o něm nevíme. Tato běžná forma má velikost do $\frac{1}{2}$ dioptrie a je označována jako astigmatismus fyziologický. Způsobuje protažení předmětů ve svislém směru. Tuto jemnou změnu je však náš mozek schopen vyrovnat díky průběžnému zpracování zrakového vjemu v mozkových centrech. Pokud je astigmatismus v jiném směru, případně větší, je nutno využít umělé korekce (Čihák 2004).

Podle rozdílů v zakřivení rohovkových os a lámavosti jednotlivých ploch je astigmatismus dělen do dvou skupin, a to na astigmatismus pravidelný a nepravidelný

(Červinková 2009). Běžnější formou je právě astigmatismus pravidelný, při němž jsou horizontální i vertikální osy vzájemně na sebe kolmé. Obě tyto osy ale vykazují odlišnou lomivost. U nepravidelného astigmatismu je povrch rohovky nepravidelný a osy na sebe nejsou vzájemně kolmé. Lomivost světla se tak liší napříč různými oblastmi rohovky. Takovéto nepravidelnosti povrchu mohou vzniknout v důsledku jejího poranění, infekce nebo operace, ale mohou být i přirozeného původu (např. keratokonus; Kaimbo Wa Kaimbo 2012).

Kromě nepravidelností v povrchu rohovky může astigmatismus vzniknout i v důsledku vychýlení čočky, nepravidelným zakřivením povrchu čočky, ale také rozdílnými indexy lomu napříč čočkou (Kaimbo Wa Kaimbo 2012). Takovýto vnitřní astigmatismus se nazývá čočkový. Pokud se v oku vyskytuje současně astigmatismus čočkový i rohovkový vzniká jejich součtem spolu se zbytkovým astigmatismem astigmatismus celkový (Červinková 2009). Ke korekci astigmatických vad se používají cylindrická skla, torické kontaktní čočky, nebo laserové operativní zákroky a nitrooční operace (Kaimbo Wa Kaimbo 2012).



Obrázek č. 13: Tvorba obrazu na sítnici u astigmatického oka

Upraveno; Zdroj: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>

Myopie

Jinak zvaná také krátkozrakost, náleží mezi běžné refrakční vady oka způsobené špatnou refrakcí světla světlolomným aparátem, nebo nesprávným vývinem oka. Při pohledu do dálky se světelné paprsky vstupující do myopického oka nesetkávají přímo na sítnici, ale před ní, což má za následek vznik neostrého obrazu. Obrazy bližších objektů však dopadají přesně na sítnici. Nízká refrakční schopnost oka je způsobena především jeho nadměrným vývinem v předozadním směru, ale může být způsobena také nadměrným zakřivením rohovky a/nebo čočky, rozdílnými odstupy světlolomných ploch, popřípadě odlišnými indexy lomu ve srovnání s okem emetropickým (Návarová 2006).

Vznik myopie významnou měrou ovlivňuje způsob života a větší množství lidí postižených krátkozrakostí se proto nachází ve městech a ve vyspělých průmyslových zemích světa. Přítomnost myopie pozitivně souvisí s vyšší inteligencí, akademickým vzděláním, zálibami vyžadujícími soustředění zraku nablízko atd. Na rozvoj myopie ale mají do jisté míry vliv i genetické faktory (Cooper *et al.* 2012). Krátkozrakost se může rozvinout v jakémkoliv věku; typicky vzniká ve věku 8 – 14 let (Johnstone *et al.* 2008). Myopie ovšem může být přítomna již při narození dítěte. Pokud se s myopickým okem dítě již rodí (nebo se u něj vyvine v raném věku), existuje zde vysoká míra pravděpodobnosti, že se z takovéto myopie vyvine myopie degenerativní (Goss *et al.* 1997).

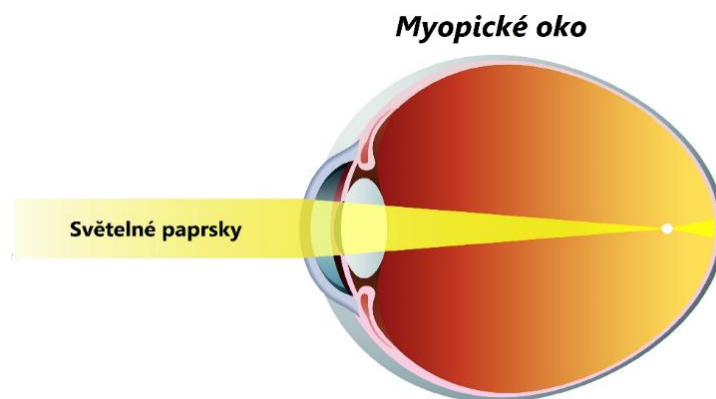
V závislosti na příčinách vzniku se myopie dělí na osovou (axiální), refrakční a indexovou. V případě axiální myopie dochází k nadměrnému vývinu oka během jeho formování ve věku do 8 let, a i když se správně vyvine světlolomný aparát oka, tak dlouhá předozadní osa způsobí, že paprsky procházející okem se spojí před sítnicí. Na sítnici tak dopadne neostrý obraz. Refrakční myopie vzniká, jak už její název napovídá, v důsledku změny tvaru rohovky a/nebo čočky, což má za následek zvýšení indexu lomu. K takovéto změně tvaru rohovky dochází například při keratokonu. Posledním typem je myopie indexová, při níž se mění indexy lomu světlolomných ploch a tekutin uvnitř oka (Živčáková 2009).

Dále může být myopie dělena podle klinických projevů na myopii prostou, noční, pseudomyopii, degenerativní (patologickou) a indukovanou myopii. Základní formu krátkozrakosti, jak je charakterizována výše, představuje myopie prostá, jejíž velikost se odvíjí právě od síly světlolomného aparátu a délky předozadní osy očního bulbu. V nedostatečně osvětleném prostředí pak vzniká myopie noční. Čočka v takovémto případě akomoduje nedostatečně. Pseudomyopie je stav vzniklý nadměrnou stimulací řasnatého tělíska popřípadě následkem jeho křeče. Degenerativní myopie se rozvíjí v důsledku degenerativních změn v zadní části oka, které mohou narušit jeho normální funkci. Specifický typ představuje myopie indukovaná, kdy se po určité době vrátí oko často do své původní formy. Tento typ krátkozrakosti může vzniknout např. v důsledku vystavení oka různým farmaceutickým látkám, důsledkem sklerózy jádra čočky nebo následkem změn v hladině krevního cukru. (Goss *et al.* 1997).

Běžně se také krátkozrakost klasifikuje v závislosti na jejím stupni, s čímž souvisí množství předepsaných dioptrií. Nejmírnější formou je myopie mírná (myopia simplex), která je menší než -3,00 D. Dalším stupněm je myopie střední (myopia modica) o velikosti -3,00 – -6,00 D. Posledním typem je pak myopie těžká (myopia gravis) přesahující -6,00 D. S rostoucím počtem dioptrií, a to především ve vyšším věku, roste riziko vzniku dalších očních

onemocnění (alespoň -6 D; Saw *et al.* 2005), jako je glaukom, katarakta, věkem podmíněná makulární degenerace aj.

I když je myopie natolik běžnou oční vadou, stále nejsou známy přesné mechanismy jejího vzniku a kromě úpravy životního stylu proto stále není znám způsob, jakým by se dalo vzniku myopie předejít. Léčba se proto soustředí na zpomalení postupu a obnovení jasného a efektivního prostorového vidění pomocí kontaktních čoček a dioptrických skel se zápornou hodnotou (rozptylky), nebo refrakční operace. Léčba předepsaná lékařem ale nesnižuje riziko vzniku očních vad, které s krátkozrakostí souvisejí.



Obrázek č. 14: Tvorba obrazu před sítnicí u myopického oka

Upraveno; Zdroj: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>

Hypermetropie

Také hyperopie, dalekozrakost, je běžnou refrakční vadou oka, vzniklou v důsledku nerovnováhy mezi předozadní délkou oční koule a silou světlolomného aparátu. Ke vzniku hypermetropie dochází nejčastěji v důsledku mírné odchylky jedné nebo více částí světlolomného aparátu od normálu. Typickým příkladem je hypermetropie vzniklá v důsledku existence příliš krátkého oka. Při hypermetropii se světelné paprsky blízkých objektů, které vstupují do neakomodovaného oka, setkávají ne na sítnici, ale až za ní. Na sítnici tak vzniká neostrý obraz, který je nutné korigovat. Obrazy vzdálených objektů naopak dopadají přímo na sítnici. Zatímco s nízkými refrakčními vadami je oko schopno si poradit samo a ke korekci dochází pomocí akomodace, tak ke korekci vyšších hodnot je již nutné vyhledat odbornou pomoc. Odborník v takovém případě předepíše odpovídající léčbu, která má za úkol minimalizovat dopad vady na život pacienta.

Stejně jako v případě myopie, tak i zde neexistuje pouze jedna klasifikace a hypermetropie se může dělit např. podle klinických příznaků, stupně refrakční vady, nebo v závislosti přítomnosti/nepřítomnosti refrakční vady při narození. Dle klinických projevů se hypermetropie dělí na prostou, patologickou a funkční. Prostá hypermetropie je nejčastější

formou a je výsledkem běžných změn nastávajících v průběhu vývoje. Takováto krátkozrakost bývá výsledkem vývinu příliš krátkého oka (osová, axiální), případně následkem odchylky ve vývinu některé ze součástí světlolomného aparátu (systemová; nedostatečné zakřivení světlolomných ploch, nebo snížení indexu lomu čočky). Protože jsou tyto formy pouze biologickou variací normálního stavu, může být prostá hypermetropie označena také jako fyziologická. Právým opakem je hypermetropie, vzniklá v důsledku patologickým změn a označuje se jako patologická. Může být výsledkem nesprávného vývoje oka krátce po narození, nebo během prenatalního období, rohovkových, popřípadě lentikulárních změn, chorioretinálních a orbitálních zánětů. Může ale vzniknout také v důsledku nádoru. Hypermetropie ovšem může být i neurologického nebo farmaceutického původu.

Podle velikosti refrakční vady se hypermetropie dělí na nízkou (+2,00 D a méně), střední (+2,25 – +5,00 D) a vysokou (více než 5,00 D). Hypermetropii je oko schopno do určité míry kompenzovat samo pouze pomocí akomodace a pacienti o ní nemusí vůbec vědět. Takováto skrytá forma je odhalitelná pouze pomocí cykloplegie⁷ a označuje se jako latentní.

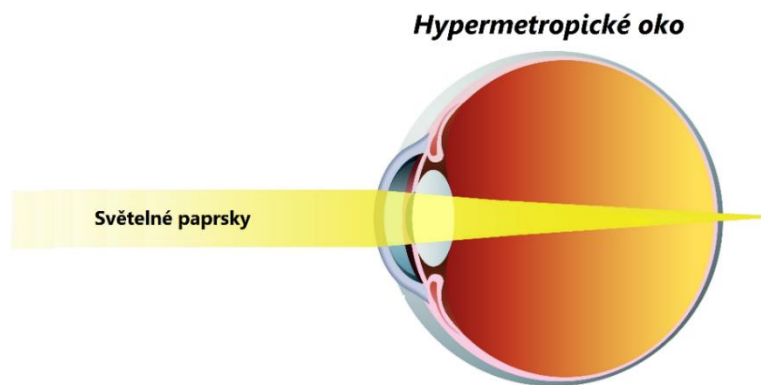
Ať už vyšší, nebo nižší, hypermetropie je přítomná téměř u každého novorozeného dítěte. Během prvních několika let života se ale oko stále vyvíjí a plné vyspělosti dosahuje až na počátku školního věku. Poté se již pouze mění velikost jednotlivých částí a to až přibližně do poloviny druhé dekády života. S růstem oka se ale pomalu mění i síla refrakce celého oka a postupem času tak dochází ke zmenšování hypermetropické refrakční vady. Na druhou stranu ale s rostoucím věkem, oko postupně svoji schopnost zaostřit ztrácí.

Hypermetropie, na rozdíl od myopie, je spíše záležitostí dědičnou, než výsledkem vlivu prostředí. Pokud má tedy dítě dalekozraké rodiče, existuje vysoká pravděpodobnost vzniku hypermetropie i u něj. Vysoká refrakční vada však na druhou stranu vzniká i v souvislosti s malformacemi (vrozené vývojové vady) rohovky. K rozvinutí ale může dojít také např. v důsledku rohovkových poruch, či úrazů, chemického a tepelného popálení, retinálních cévních problémů, nebo následkem onemocnění diabetes mellitus.

K běžným projevům patří bolesti hlavy, namáhání očí, občasné dvojité vidění, poruchy v pozornosti a chápání při činnostech vyžadujících soustředění a rozmazané vidění především při pozorování blízkých objektů. Pokud není hypermetropie včas léčena, může dojít postupem času až ke vzniku strabismu (šilhání) nebo amblyopie (tupoizrakosti). Hypermetropie dokáže znepříjemnit život a může být překážkou ve výkonu běžných činností. Pokud se tedy objeví symptomy značící přítomnost narušeného vidění, je nutné vyhledat lékařskou pomoc.

⁷ **cykloplegie** - ochabnutí svalů řasnatého tělíska vyvolané farmakologickými látkami (Vokurka & Hugo 2009)

Specialista po vyšetření předepíše odpovídající korekční plusová skla (spojky). Ke korekci ale poslouží i kontaktní čočky, popřípadě laserová operace, která ale není natolik úspěšná jako v případě myopie. Základním předpokladem prevence a léčby, ale stále zůstávají pravidelné návštěvy u odborného lékaře (Moore *et al.* 1997).



Obrázek č. 15: Tvorba obrazu za sítnicí u hypermetropického oka

Upraveno; Zdroj: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>

Presbyopie

Ve skutečnosti se nejedná ani tak o onemocnění lidského oka, jako spíše o výsledek přirozených změn, ke kterým dochází v průběhu stárnutí. Je tudíž nejběžnější refrakční vadou ve vysokém věku. Při presbyopii dochází k oddalování blízkého bodu oka, tj. ke snížení akomodační schopnosti čočky právě vlivem stárnutí organismu, což má za následek postupné snižování ostřicí schopnosti při pozorování blízkých předmětů.

Dříve bylo používáno i označení stařecká vetchozrakost nebo stařecká dalekozrakost, ale tyto názvy jsou zavádějící a v současnosti již proto nepříliš aktuální. Názvy stařecká vetchozrakost a stařecká dalekozrakost naznačují, že se jedná o jev vyskytující se až ve stáří, což však není úplně pravda. Presbyopie se ve skutečnosti rozvíjí již v počátku až polovině čtvrté dekády života a v tomto věku se ještě málokdo, jestli vůbec někdo, cítí stár. Proto se používá jen označení vetchozrakost. K prvním projevům dochází později pouze u pacientů postižených myopií, a to právě díky jejich krátkozrakosti (Werner *et al.* 2000), ale i oni dříve či později pocítí zhoršování zraku vlivem stárnutí a potřebu nošení brýlí pro vykonávání činností, při nichž je potřeba zaostřit zrak nablízko. Ke zhoršení zraku nedochází skokově ve 40 letech, nýbrž postupně, a to již od období puberty. K postupnému zhoršování zraku poté dochází až přibližně do období kolem 60. roku života.

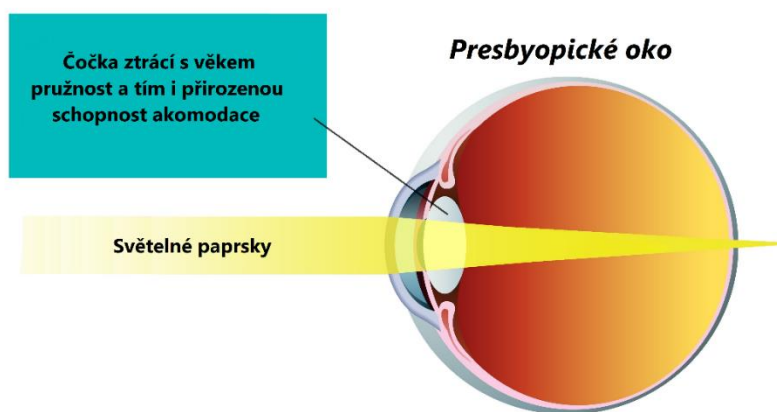
I u presbyopie existují skupiny lidí, které jsou náchylnější k jejímu vzniku. K takovýmto skupinám patří např. ženy kvůli svému nižšímu vzrůstu a menopauze, ale také osoby žijících blíže rovníku v důsledku vyšších průměrných ročních teplot a vystavení vyššímu množství UV

záření. Dalšími rizikovými faktory jsou špatná strava, teplota, hypermetropie, zaměstnání, systémové poruchy, oční úrazy a poruchy, užívání některých druhů léčiv nebo lékařské zákroky (Mancil *et al.* 1998).

I když přesný fyziologický způsob vzniku presbyopie zatím není bohužel znám, tak její vznik je běžně připisován narušené funkci svalu řasnatého tělíska, který je zodpovědný za napětí přenášené na čočku prostřednictvím vláken závěsného aparátu, což může být způsobeno ztrátou elasticity čočky (Holzer *et al.* 2003). Presbyopie se dělí podle typu na počáteční, funkční, absolutní, předčasnou a noční. V počátečních fázích presbyopie dochází k projevování prvních příznaků a zjištění klinických nálezů značících přítomnost této refrakční vady. V této fázi se již objevují prvotní potíže se čtením drobného písma. Postupem času přechází počáteční fáze v presbyopii funkční, při níž se již výrazně snižuje akomodační schopnost čočky, a pacienti tak mají výrazné zrakové potíže. Značně se ale liší věk, ve kterém se tato fáze objevuje. Postupem času ale nakonec oko přichází do stavu, kdy již prakticky není schopno akomodovat vůbec a vzniká presbyopie absolutní. Např. vlivem prostředí, stravy, očních chorob nebo léků se ale mohou dostavit potíže s vykonáváním blízkých úkonů i v nižším věku a takováto presbyopie se pak označuje jako předčasná. Posledním typem je presbyopie noční, která je výsledkem snížení akomodace a tím zhoršení blízkého pozorování v podmínkách snížené dostupnosti světla.

Presbyopie se projevuje sníženou ostrostí při pozorování blízkých předmětů a v závislosti na již existujících refrakčních vadách má odlišné vlivy na pacienty trpící hypermetropií, resp. myopií. Pokud člověk netrpí žádnou refrakční vadou, tak při projevech presbyopie zjistí, že musí držet objekty ve větší vzdálenosti od oka, aby došlo ke kompenzaci snížené akomodace. Zatímco u hypermetropů k potřebě oddalovat blízké předměty přibývá nutnost korekce pozorování vzdálených objektů, tak u myopů jejich přirozená krátkozrakost v kombinaci s presbyopií přispívá ke zlepšení blízkého vidění. Tito lidé proto mohou ve vyšším věku přechodně přestat používat brýle pro pozorování blízkých objektů.

Presbyopie se projevuje potížemi při pozorování drobných objektů, bolestmi hlavy, unavenými a bolestivými očima při čtení, potřebou oddalovat pozorované objekty a požadavkem zvýšeného množství světla při práci s blízkými předměty. I když přesný způsob vzniku presbyopie není znám tak existují efektivní možnosti napravení takového stavu a stejně jako ostatní refrakční vady tak i presbyopie je upravitelná pomocí korekčních skel, kontaktních čoček nebo refrakční chirurgie (Mancil *et al.* 1998).



Obrázek č. 16: Tvorba obrazu za sítnicí u presbyopického oka

Upraveno; Zdroj: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>

2.4.5 Akomodace čočky

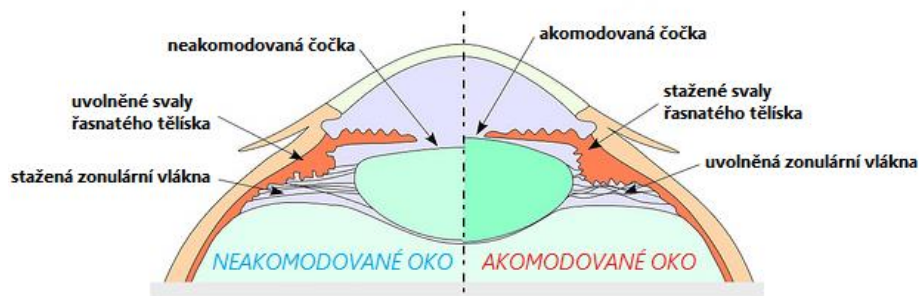
Akomodace čočky je základním předpokladem pro pozorování blízkých a vzdálených objektů a díky této vlastnosti je čočka schopna zaostřit světelné paprsky procházející okem přímo na sítnici. Spolu se změnou tvaru čočky také dochází ke změně optické mohutnosti. U neakomodované čočky dospělého člověka činí optická mohutnost čočky přibližně +20D⁸ (Synek & Skorkovská 2014).

Schopnost udržovat zaostřený obraz pozorovaného objektu umožňuje souhra hladkého svalstva řasnatého tělíska, se kterým je čočka spojena prostřednictvím zonulárních vláken závěsného aparátu čočky. Čočka ve své uvolněné poloze nabývá mírně zakulaceného tvaru, který láme světlo pod větším úhlem a tím pomáhá oku ostřit na blízké objekty. Zakulacení čočky ale vyžaduje kontrakci hladké svaloviny řasnatého tělíska, což vede k rychlejší únavě oka. Plochý, a oku přirozenější tvar čočky, naopak způsobuje relaxace hladké svaloviny řasnatého tělíska, které tak roztahuje čočku do stran a pomáhá oku na sítnici zaostřit vzdálené objekty (Obrázek č. 17). Při pozorování blízkých objektů je proto oko namáháno více, než při sledování objektů vzdálených. To vede u lidí, kteří v práci nebo v průběhu studia ve velké míře namáhají svůj zrak, s postupem času ke zhoršení akomodačních schopností čočky. Oči těchto lidí se tak časem stávají unavenými (astenopickými) a hůře ostří na bližší objekty.

Snížení schopnosti akomodace však není pouze výsledkem nadměrného, případně dlouhodobého namáhání zraku, ale čočka ztrácí svoji pružnost přirozeně v průběhu let. U malých dětí do 10 let je čočka schopna zaostřit předmět až do vzdálenosti 8 cm. Kolem 40. roku je pak schopnost akomodace čočky asi poloviční v porovnání s 10. rokem a v 60 letech se u

⁸ **dioptrie** – představuje jednotku optické mohutnosti (tloušťky) čočky a vyjadřuje zakřivení čočky; je to převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti a udává vzdálenost, na kterou je oko schopno zaostřit (optická mohutnost zdravého oka dospělého mladého člověka činí asi +60D)

velkého množství lidí vytrácí schopnost akomodace úplně. Čočka tak zůstává neustále plochá (Silverthorn 2013). Přírozená ztráta schopnosti akomodace se nazývá presbyopie (dříve označována jako stařecká vetchozrakost).



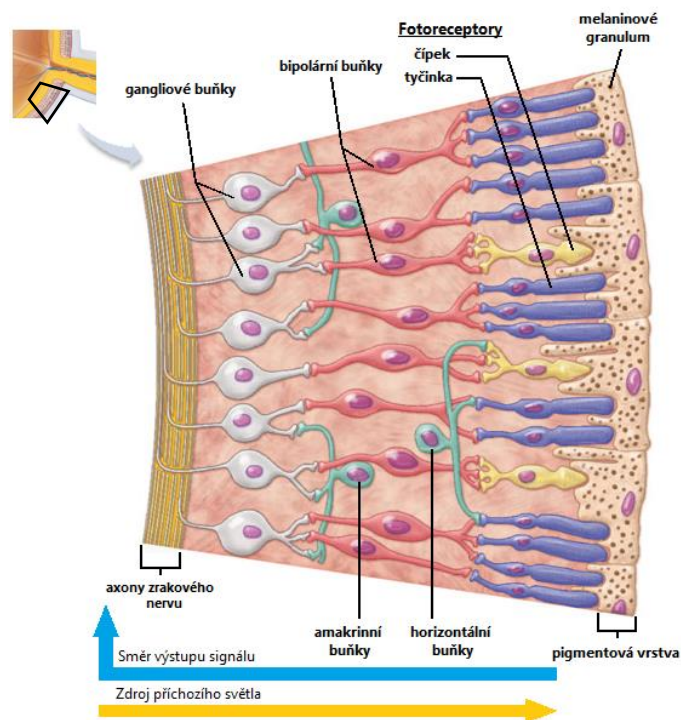
Obrázek č. 17: Akomodace čočky

Upraveno; Zdroj: <http://thurj.org/research/2011/01/1342/>

2.5 Sítnice (retina)

Sítnice vytváří vnitřní světločivnou vrstvu (zachycující světelné záření) komorového oka, která však nezasahuje až do přední části oční koule, ale končí za řasnatým tělískem. Informace, kterou sítnice přijímá má podobu světelného záření a dále je procesem fototransdukce převáděna na chemické, resp. elektrické signály zpracovatelné mozkiem. Převod signálu je zajištěn činností a komunikací nervových buněk, které tak vytvářejí jakousi kostru pro vznik elektrické informace o okolním světě (Obrázek č. 18). Světlo musí předtím, než je pohlceno fotoreceptory (tyčinky a čípky), překonat několik vrstev nervových buněk. Tyto vrstvy jsou tvořeny vně směřujícími gangliovými buňkami s axony zrakového nervu, dále buňkami amakrinními, bipolárními a horizontálními.

Pod nervovými buňkami se při bázi sítnice nachází pigmentový epitel. Tato tmavě pigmentovaná základní buněčná vrstva obsahuje ve svých buňkách pigment



Obrázek č. 18: Stavba sítnice komorového oka

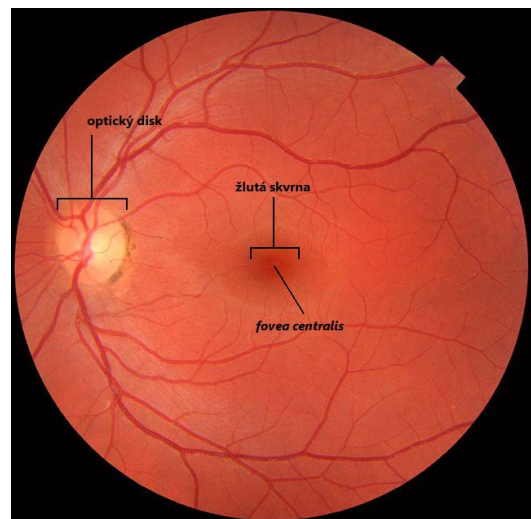
Upraveno; Zdroj: Marieb et al. (2012) 6th edition

melanin, který má za úkol pohltit veškeré světlo nezachycené fotoreceptory. To by se totiž odrazilo a bylo by zachyceno jinými částmi sítnice, což by způsobilo zkreslení zrakového vjemu. Epiteliální vrstva má ale současně za úkol i transport kyslíku a výživu přilehlých fotoreceptorů sítnice (Čihák 2004). Charakteristické rozložení vrstev sítnice však neplatí v případě žluté skvrny (*macula lutea*) a optického disku, které svým uspořádáním vytváří specifické oblasti sítnice.

2.5.1. Žlutá skvrna (*macula lutea*)

Žlutá skvrna (Obrázek č. 19) získala jméno díky svému charakteristickému žlutavému zabarvení pozorovatelnému oftalmoskopem. Ono žluté zbarvení je ovšem pozorovatelné až po smrti jedince a v průběhu života má naopak žlutá skvrna barvu načervenalou (Vokurka & Hugo 2009). Oblast žluté skvrny představuje díky částečnému obnažení fotoreceptorů místo nejostřejšího vidění sítnice, v jejímž centru se nachází drobnouká prohloubenina označovaná jako *fovea centralis* (*fovea maculae*) vzniklá rozestoupením svrchních vrstev sítnice. Fovea tedy vytváří spolu se žlutou skvrnou oblast nejostřejšího vidění s nejvyšší rozlišovací schopností (Čihák 2004) a společně tvoří centrum zrakového pole, do kterého jsou čočkou zaostřovány dopadající světelné paprsky pozorovaných objektů. Vysokou rozlišovací schopnost této oblasti způsobuje velmi nízká míra konvergence informací přicházejících z čípků do axonů zrakového nervu a jedno nervové vlákno tak vytváří synaptické spojení pouze s několika fotosenzitivními buňkami. V ostatních částech sítnice naopak dochází ke shromažďování většího množství informací z jednotlivých fotoreceptorů do jednoho vlákna zrakového nervu, a to přibližně v poměru 105:1 (Fox 2011) a výsledný obraz je ve srovnání s foveou méně ostrý.

Okohybné svaly navíc pohybují oběma očima tak, aby se centrum zrakového pole nacházelo za každé situace v oblasti fovei a okolní žluté skvrně.



Obrázek č. 19: Oční pozadí

Upraveno; Zdroj:

http://en.wikipedia.org/wiki/Retina#/media/File:Fundus_photograph_of_normal_left_eye.jpg

2.5.2 Optický disk (*discus nervi optici*)

Oblast optického disku (Obrázek č. 19) neobsahuje fotoreceptory vůbec a je nejen místem koncentrace axonů zrakového nervu celé sítnice, ale i centrem vstupu krevních cév do

oka. Kapiláry se po vstupu do oka větví a zásobují krví buňky sítnice. Axony zrakového nervu zde přes *lamina cribrosa sclerae* opouštějí oční kouli a pokračují jako zrakový nerv do mozku. Protože se v této oblasti nenacházejí ani tyčinky, ani čípky tak ústí zrakového nervu do očního bulbu představuje slepý bod sítnice příznačně označovaný jako slepá skvrna.

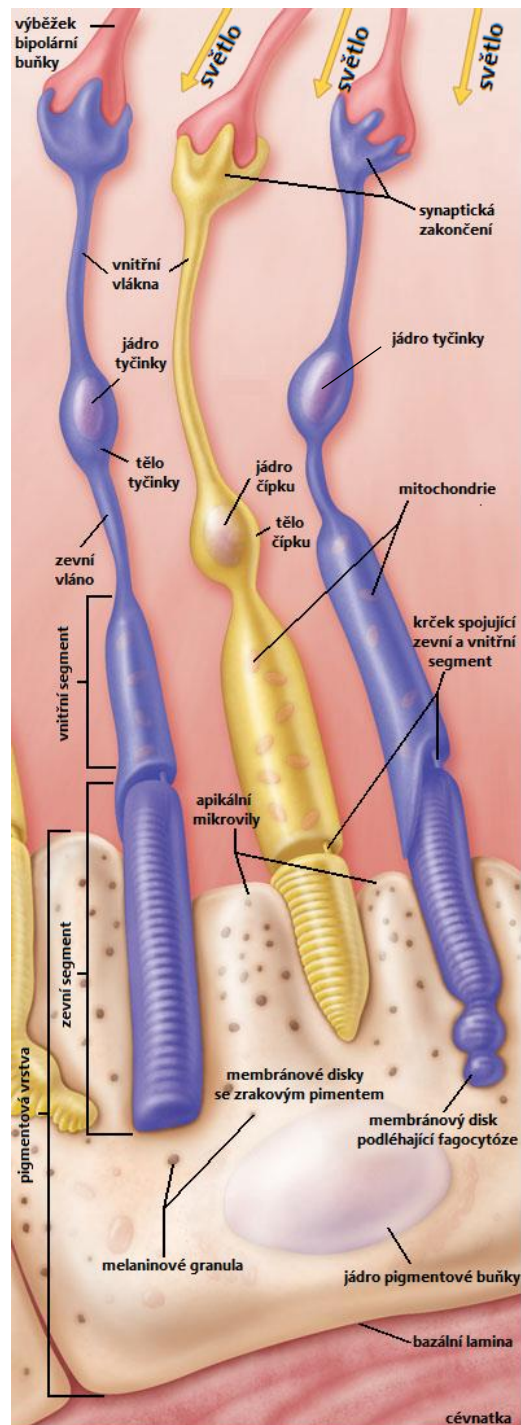
Přítomnost slepé skvrny však v běžném životě vůbec nepostřehneme, protože mozek automaticky doplňuje obrazy zorných polí jednotlivých očí. Do slepé skvrny každého oka totiž dopadá jiná část zorného pole a proto je možné tyto části zorných polí vzájemně doplnit obrazem zorného pole oka druhého.

2.5.3 Tyčinky a čípky

Prvním typem neuronů zrakové dráhy jsou tyčinky a čípky. Tyto buňky tvoří základní fotosenzitivní složku sítnice komorového oka a procesem fototransdukce reagují na světelné podněty dopadající na sítnici. Vyjma žluté skvrny, ve které se nacházejí pouze čípky, obsahuje sítnice asi 20 krát větší množství tyčinek než čípků (Silverthorn 2013)

Fotoreceptory nejsou jednoduché buňky, ale skládají se z vnějšího a vnitřního segmentu spojených tenkým krčkem, těla buňky a synaptického zakončení (Silverthorn 2013; [Obrázek č. 20](#)). Vnější segment společně se segmentem vnitřním vytváří v případě tyčinek charakteristický tyčinkovitý tvar, podle něhož získaly i své pojmenování. U čípků pak mají tvar kónický.

Vnější segmenty zanořené mezi apikální mikrovily pigmentované epiteliální vrstvy obsahují membránové disky s fotorpigmenty. Tyto membránové disky vznikají zprohýbáním plazmatické membrány, což má za následek mnohonásobné zvětšení plochy, která může zachytit dopadající světlo. Zatímco u tyčinek dochází ke



Obrázek č. 20 : Stavba tyčinek a čípků

Upraveno; Zdroj: Marieb et al. (2012) 6th edition

kompletní separaci disků a vytvoření úplné přepážky, tak v případě čípků dochází pouze k hřebenovitému zprohýbání plasmatické membrány a jednotlivé „disky“ nejsou kompletně odděleny.

Fotopigmenty v membránových discích podléhají neustálé disociaci a opětovnému skládání. Opakované změny v jejich konfiguraci proto vedou časem k nenávratné degradaci pigmentu a staré membránové disky musejí být nahrazeny novými. Již opotřebované starší disky se na špičce buněk oddělují a přecházejí do pigmentové epitelální vrstvy sítnice, kde podléhají fagocytóze (Marieb *et al.* 2012). Dalšími částmi světločivných buněk je vnitřní segment obsahující buněčné tělo s jádrem a organelami potřebnými pro syntézu proteinů a ATP a bazální část se synaptickým zakončením (Silverthorn 2013).

2.5.3.1 Zraková barviva (fotopigmenty)

Zraková barviva uložená ve fotoreceptorech nám umožňují rozlišovat jednotlivé barvy světelného spektra. Ve fotosenzitivních buňkách lidské sítnice se nevyskytuje pouze jeden, ale hned několik typů fotopigmentů pracujících v odlišných vlnových délkách světelného spektra, které společným působením umožňují rozeznat všechny barvy, a dokonce nám umožňují vidět večer, po západu slunce. Pokud ale dojde k narušení normální funkce fotoreceptorů, objevují se potíže s vnímáním světla (šeroslepost) a rozlišování barev (barvoslepost).

Fotopigmenty tyčinek

Tyčinky obsahují jen jeden, na světlo citlivější, zrakový pigment rodopsin, který pracuje nejlépe v tlumeném světle a za tmy, ale neumožňuje rozeznávat barvy světelného spektra, pracuje tedy pouze v odstínech šedi (monochromatické vidění).

Pigment rodopsin obsažený v tyčinkách má absorpční maximum v oblasti zeleného světla, cca 525 nm (Obrázek č. 21). Tato vlastnost způsobuje lepší vnímání zelené barvy, a tím i zelených objektů za snížené dostupnosti světla (Fox 2011). Stejně jako další zrakové pigmenty, tak i rodopsin se skládá ze dvou částí, molekul. Hlavní, fotosenzitivní složku představuje pigment retinal (retinaldehyd), derivát vitamínu A a v membráně obsažený protein opsin, který se za nepřítomnosti světla, váže na pigmentovou složku. Retinal již po zachycení minimálního množství světelného záření změní svoje uspořádání, čímž dojde k jeho aktivaci a uvolnění z proteinu opsinu. (Silverthorn 2013). Tato disociační reakce je počátkem změn vedoucích až k vytvoření nervového vzruchu, který nám umožňuje vnímat naše okolí za sníženého množství světla. Po disociaci obou složek se molekula retinalu přesouvá do pigmentového epitelu sítnice, kde dochází k jeho zpětné přeměně, která zajistí opětovné navázání na protein opsin a vytvoření aktivní formy zrakového pigmentu rodopsinu (Fox 2011).

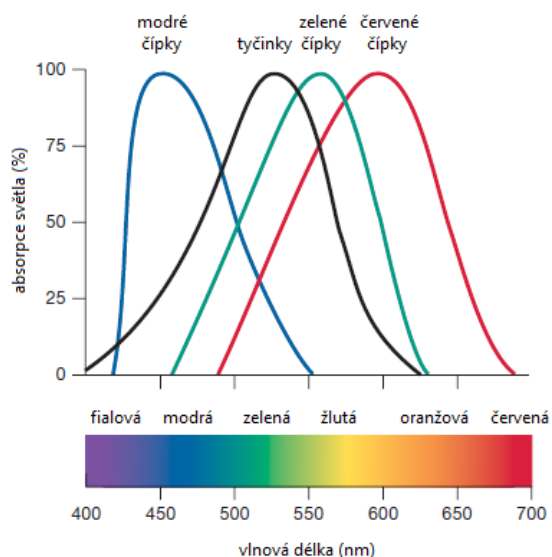
Protože je ale retinal velice citlivý na množství dopadajícího světla, ponechává si na přímém světle svou neaktivní formu. Opětovné navrácení retinalu do původní světlo přijímající podoby není okamžitou záležitostí a tato jeho vlastnost má za následek zpomalenou adaptaci zraku při přechodu z osvětlené místnosti do tmavého prostředí. Přesto jsme schopni např. venku po setmění stále částečně rozeznávat objekty. Sníženou schopnost vidění ve tmě způsobuje přítomnost malého množství stále aktivovaných pigmentů v čípcích a přetrvává až po dobu několika minut. Teprve se zpožděním dochází k aktivaci pigmentu v tyčinkách a plná adaptace na tmu nastává přibližně až za 20 minut (Fox 2011).

Fotopigmenty čípků

Čípky obsahují tři typy pigmentů nejlépe pracujících ve třech odlišných vlnových délkách viditelného světelného spektra a zprostředkovávají nám barevné vidění. A protože jsou čípky nejvíce aktivní v odlišných částech světelného spektra, je nutné, aby obsahovaly vzájemně odlišné typy fotopigmentů, byť na společném základu jako je pigment rodopsin.

Zrakové pigmenty čípků jsou na rozdíl od těch obsažených v tyčinkách méně citlivé na světlo, ale umožňují nám vnímat okolní prostředí v barvách a obrovské ostrosti. V sítnici lidského oka zprostředkovávají barevné vjemy tři typy fotopigmentů nacházejících se v čípcích. Tyto čípky jsou označovány jako S (modré), M (zelené) a L (červené; lidské barevné vidění je tedy trichromatické) a jejich název se odvíjí od absorpčního maxima tří typů zrakových pigmentů nacházejících se v jednotlivých buňkách (Obrázek č. 21; Silverthorn 2013).

Stejně jako u tyčinek tak i v případě čípků tvoří fotosenzitivní složku zrakového pigmentu retinal, který je ale v tomto případě doplněn o proteiny zvané fotopsiny určující odlišné absorpční maxima každého ze tří typů čípků (Fox 2011). Tyto tři části světelného spektra jsou dále převáděny na elektrický signál zpracovatelný mozkiem, čímž dochází ke vzniku finálního obrazu o okolním světě.



Obrázek č. 21: Absorpce světla zrakovými pigmenty

Upraveno; Zdroj: Silverthorn et al. (2013) 6th edition

2.5.4 Vybrané poruchy sítnice

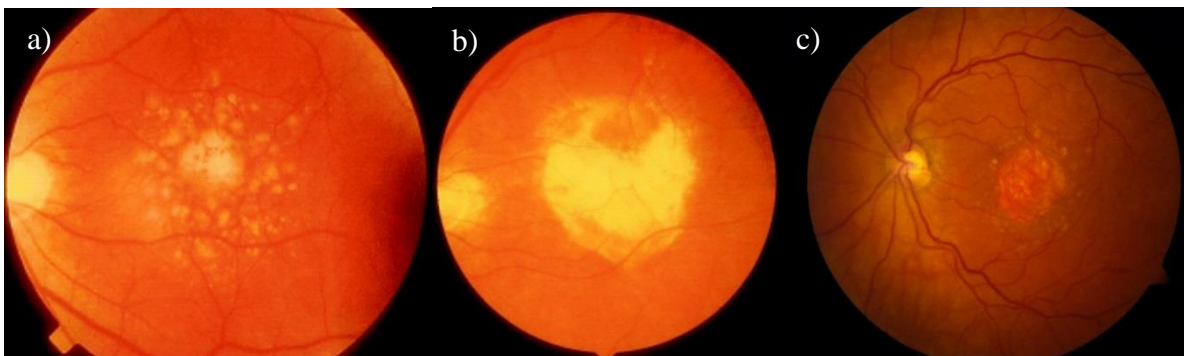
Věkem podmíněná makulární degenerace

Jak již název napovídá, jedná se o degenerativní změny na sítnici v oblasti žluté skvrny a její centrální části, fovei, v důsledku stárnutí a je s největší pravděpodobností hlavní příčinou ztráty zraku u věkové skupiny nad 65 let (Korda & Spíšek 2010). Postihuje až jednoho člověka ze tří ve věku 75 let (Fox 2011). Lidé postižení věkem podmíněnou makulární degenerací (VPMD) postupem času ztrácejí centrální vidění, které znesnadňuje postiženým každodenní život (periferní vidění však zůstává obvykle zachováno v plné výši).

Při VPMD dochází ke ztrátě epitelální pigmentové vrstvy a v pozdějších stádiích také celkové atrofii centrální části sítnice. Tato epitelální změna je způsobena usazováním tukových kapének a odpadních látek (Obrázek č. 22a, Obrázek č. 22b) pod epitelální vrstvou sítnice. Usazeniny se v menší míře vyskytují téměř u všech lidí starších 50 let (Fox 2011). Pokud se však začnou objevovat v hojnějším počtu, způsobují poškození a postupnou ztrátu centrálního vidění.

VPMD má dvě formy, suchou a vlhkou. Mnohem závažnější je druhá jmenovaná, při níž se tvoří nové cévy, tzv. neovaskularizace sítnice (Obrázek č. 22c), které pronikají až pod smyslový epitel makulární oblasti. Přes nově vzniklé cévy proniká do prostoru pod sítnicí krevní tekutina, která způsobuje ztrátu zraku v odpovídající makulární oblasti (Porth & Matfin 2009).

Léčba VPMD se zaměřuje především na vážnější vlhkou formu. Jedná se však spíše o terapii zpomalující rozvoj onemocnění. Tato terapie spočívá v laserové léčbě, zpomalení růstu cév a podávání potravinových doplňků (Korda & Spíšek 2010).



Obrázek č. 22: Věkem podmíněná makulární degenerace: a) suchá forma ranná fáze, b) suchá forma pozdní fáze, c) vlhká forma

Zdroj: a, b) <http://www.bmj.com/content/325/7354/11>; c) <http://galleryhip.com/wet-macular-degeneration.html>

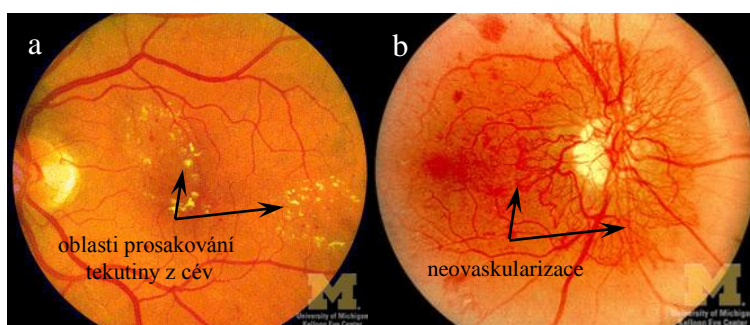
Diabetická retinopatie

Diabetická retinopatie je onemocnění sítnice představující komplikaci spojenou s onemocněním diabetes mellitus. Diabetická retinopatie je nejběžnějším onemocněním sítnice (Silbernagl & Lang 2000) a hlavní příčinou slepoty v rozvojových zemích u osob ve věku 20 – 74 let (Kalvodová *et al.* 2011). Rizikovou skupinu představují především pacienti s diabetem 2. typu, který se může vyvíjet bez povšimnutí i několik let a v době diagnostikování samotného diabetu již mohou pacienti trpět i diabetickou retinopatií (Vislislis & Oetting 2010).

Při diabetické retinopatii se může objevit zúžení cév způsobené zvýšeným množstvím glukózy v těle (Silbernagl & Lang 2000), oslabení cév ale i neovaskularizace sítnice (Vislislis & Oetting 2010). Pokud jsou cévy oslabeny, pomalu propouštějí tekutinu nebo se postupem času protrhávají a způsobují krvácení, což narušuje normální funkci makuly. Jak onemocnění pokračuje, jsou postižené cévy nakonec uzavřeny a některé části sítnice přestávají být vyživovány (Vislislis & Oetting 2010).

Pokud začnou vznikat cévy nové, jsou slabé, způsobují krvácení a často také směřují do jiných oblastí sítnice nebo i mimo ni, do sklivce, se kterým mohou vytvořit pevné spojení. Při smršťování sklivce, k němuž dochází s rostoucím věkem, pak může dojít k přetržení cévy, nebo odchlípnutí sítnice. Obě situace vedou k velmi rychlé ztrátě zraku (Vislislis & Oetting 2010).

Léčba a prevence rizikových faktorů dokáží snížit riziko ztráty zraku o více než 90 % (Kalvodová *et al.* 2011), ale samotná léčba diabetické retinopatie v současnosti neexistuje. Je možnost pouze ošetřit poškozenou sítnici a sklivce, k čemuž slouží laserové zákroky stabilizující zrak a vitrektomie, při níž je odstraněn poškozený sklivce, přerušeny spoje mezi sklivcem a sítnicí nebo přiložena odchlípená sítnice (Sosna 2009).



Obrázek č. 23: Diabetická retinopatie: a) neproliferativní forma, b) proliferativní forma

Zdroj: a) <http://www.aao.org/theeyeshaveit/acquired/background-retinopathy.cfm>

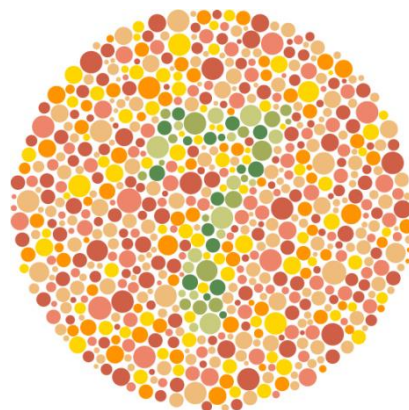
b) <http://www.aao.org/theeyeshaveit/acquired/early-retinopathy.cfm>

Barvoslepost

Barvoslepost, daltonismus, je gonozomálně dědičné onemocnění přenášené na chromozomu X, který je mimo jiné nositelem informace pro syntézu specifických fotopigmentů sítnice. Protože je tato informace přenášena chromozomem X, jsou mnohem častěji postiženi barvoslepostí muži (8 %) než ženy (0,5 %; Fox 2011). U barvoslepých lidí nemusí docházet jen k úplné ztrátě určitého pigmentu, ale také ke ztrátě částečné, čímž je vnímání určité barvy pouze oslabeno (Silbernagl & Lang 2000).

Fotoreceptory zdravého, trichromatického, oka dokáží rozeznat systém tří základních barev, červenou, zelenou a modrou, jejichž kombinací vznikají ostatní barvy světelného spektra. Osoby postižené barvoslepostí ovšem postrádají jeden a více čípků určených pro vnímání jedné ze tří základních barev. Dochází tak ke vzniku dichromatismu (chybí jeden typ čípku) nebo dokonce monochromatismu (chybí dva typy čípků; Barrett *et al.* 2010).

Byť může v sítnici chybět kterýkoliv ze tří pigmentů, tak nejčastěji se objevuje neschopnost rozeznat barvy zelenou a červenou. K detekci barvosleposti je lékaři používán tzv. Ishiharův test (Barrett *et al.* 2010), při němž jsou pacientům předkládány tabulky s barevnými obrázky (Obrázek č. 24) jejichž barvy jsou pro barvoslepe jedince špatně rozeznatelné.



Obrázek č. 24: Příklad obrázku používaného při Ishiharově tetu (číslo 7)

Zdroj: <https://scpvu.wordpress.com/2008/04/14/colorblindness/>

Šeroslepost

Šeroslepost jak ji známe nejčastěji, nemusí být pouze výsledkem narušení syntézy fotopigmentů v sítnici (hemeralopie), ale může být i dědičnou a vrozenou záležitostí. Může však vzniknout i v důsledku retinitis pigmentosa nebo stárnutí čočky. Zde je rozebrána šeroslepost vzniklá právě v důsledku narušení tvorby fotopigmentů v sítnici.

Při hemeralopii je narušena tvorba zrkového pigmentu rodopsinu nacházejícího se v tyčinkách, a protože je rodopsin derivátem vitamínu A, odvíjí se jeho množství přímo od množství vitamínu A nacházejícího se v lidském těle. Pokud tedy v těle není dostatek tohoto vitamínu, je omezeno i množství fotopigmentu. Nízké množství rodopsinu pak má za následek vznik šerosleposti. Ke snížení množství vitamínu A v těle může dojít následkem léčby mající za cíl snížit resorpci tuků v těle (vitamín A je rozpustný v tucích), popřípadě v důsledku poškození ledvin, např. při alkoholismu (Taren 2012).

2.6 Zraková dráha

K převedení světelné energie na elektrický signál a přenosu tohoto signálu do zrakového centra týlního laloku, slouží zraková dráha (Obrázek č. 25). Mechanismus vzniku zrakového vjemu bychom mohli rozdělit do čtyř na sebe navazujících kroků: světlo nejprve vstoupí do oka a dopadne na sítnici, ve druhém kroku je přeměněna světelná energie na signál elektrický, ve třetím kroku je signál veden do mozku a v závěrečné fázi dochází k jeho finálnímu zpracování v mozku.

2.6.1 Zpracování signálu na sítnici

Proces fototransdukce představuje pouze část řetězce vedoucího až ke vzniku zrakového vjemu. Poté, co dojde k přeměně světelného záření na elektrický signál, je tato informace předávána buňkami sítnice až do zrakového nervu. Informace z vnějšího prostředí nakonec putuje zrakovým nervem až do mozku, kde jsou všechny informace spojeny, a vzniká tak obraz okolního prostředí.

Na sítnici dochází ke konvergenci signálu a tím redukcí výsledného množství vláken zrakového nervu. Z fotosenzitivních buněk jsou synapsemi informace shromažďovány do buněk bipolárních a dále předávány do buněk gangliových. Mimo tři hlavní typy neuronů se v sítnici nacházejí i interneurony (horizontální a amakrinní buňky), které upravují a integrují signál před tím, než je poslán do dalších vrstev sítnice.

V závislosti na poloze v sítnici dochází ke sloučení informací z 15 až 45 fotoreceptorů do jedné bipolární buňky. To však neplatí v případě fovei, kde signál konverguje jen minimálně a v případě některých fotoreceptorů nedochází ke konvergenci signálu vůbec (Silverthorn 2013). Bipolární buňky následně přenášejí vzruch na odpovídající buňky gangliové.

Stejně jako bipolární buňky tak ani buňky gangliové ve většině případů nepřijímají signál pouze z jednoho neuronu. Do jedné gangliové buňky se tak soustřeďují informace z větší části povrchu sítnice, čímž vzniká receptivní pole gangliových buněk. Axony gangliových buněk poté opouštějí oko a vytvářejí vlákna zrakového nervu, jimiž putují elektrické signály k dalšímu zpracování do mozku (Obrázek č. 25). Ve výsledku tedy dochází ke kondenzaci informací z několika stovek milionů fotoreceptorů do pouze jednoho milionu axonů, které tvoří jeden zrakový nerv opouštějící oční kouli (Silverthorn 2013).

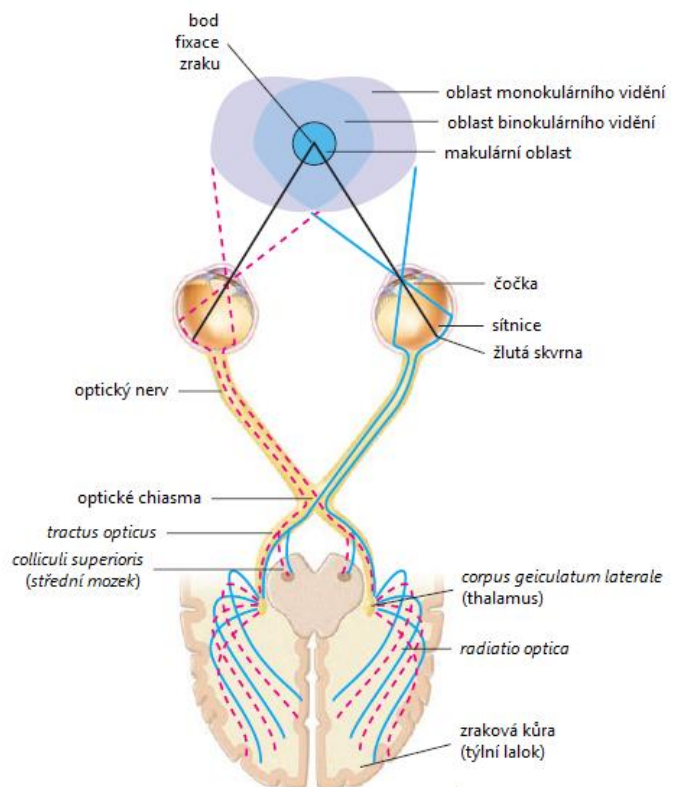
2.6.2 Zpracování signálu za sítnicí a vytvoření obrazu

Akční potenciály vznikající na sítnici opouštějí oko prostřednictvím axonů gangliových buněk, které společně vytvářejí zrakový nerv. Před tím, než zrakový nerv vstoupí do mozku, dochází ke křížení části vláken zrakového nervu a informace je vedena dále ke zpracování do

oblasti zrakové kůry mozku. V mozku se pak vytváří obraz o té části okolního prostoru, který jsme schopni pomocí optického aparátu oka pozorovat. Tuto pozorovatelnou oblast označujeme jako zorné pole (Obrázek č. 25). Zorné pole se skládá ze dvou částí, a to ze zorného pole levého a pravého oka. Prostor, který je viditelný pouze jedním okem, označujeme jako oblast monokulárního vidění. V mozku následně dochází ke zpracování a sloučení překrývajících se částí a díky odlišnému úhlu pohledu obou očí může dojít k vytvoření trojrozměrného obrazu, který je podstatou prostorového (binokulárního) vidění.

Světelné paprsky zorného pole dopadající na sítnici se ovšem uvnitř oka kříží a na sítnici tak vzniká převrácený a zmenšený obraz skutečnosti (Obrázek č. 12). Levá část zorného pole proto dopadá do pravé části oční koule, zatímco pravá část zorného pole dopadá do části levé. Informace dopadající do levých částí obou bulbů pak putují ke zpracování do levé mozkové hemisféry a informace z pravých částí očních bulbů jsou naopak zpracovány v hemisféře pravé (Obrázek č. 25). K již zmíněnému křížení poloviny vláken obou zrakových nervů dochází v oblasti optického křížení (*chiasma opticum*), nacházejícího se před hypotalamem. Od optického křížení poté vede informaci z obou očí *tractus opticus* do *corpus geniculatum laterale* thalamu, kde se napojuje na neurony thalamu. Tyto neurony tvoří zrakovou dráhu a jejich axony pokračují v podobě *radiatio optica* do primární zrakové kůry týlního laloku mozku, označované také jako Brodmanova oblast 17 (Rokyta 2000). V mozku jsou všechny informace přicházející zrakovými dráhami z obou očí sloučeny, čímž vzniká výsledný komplexní obraz okolí.

Do koncového mozku však nevedou všechna vlákna zrakového nervu a přibližně 20 – 30 % vláken poté, co opustí optické křížení, pokračuje do *colliculi superioris* středního mozku (Fox 2011), kde se podílejí na kontrole pohybu očí a koordinaci s pohybovým a sluchovým ústrojím za účelem udržení rovnováhy a pohybu (Silverthorn 2013).



Obrázek č. 25: Zraková dráha
Upraveno; Zdroj: Fox (2011) 12th edition

3 Praktická část

Pro účely demonstrace vybraných očních vad byly zvoleny modely W16002 – Funkční oční model (Obrázek č. 26) a SB48053 – Rubin's eye (Obrázek č. 45) od firmy HELAGO-CZ s.r.o. Oba modely umožňují prezentovat základní funkce a patofyziologické jevy komorového oka, avšak využívají k tomu odlišných prostředků.

3.1 W16002 – Funkční oční model

Rozměry: 45 x 12 x 31 cm

Váha: 1,5 kg

Součásti modelu (foto jednotlivých částí Příloha):

- dřevěný podstavec s upevněným modelem a držáky pro stříkačky,
- odnímatelná rohovka,
- 2 stříkačky na vodu, každá o objemu 60 ml,
- 2 hadičky na vodu spojené pomocí spojky, pro připojení k čočce,
- odnímatelná silikonová čočka,
- stojan na korekční čočky se šroubkem k upevnění do podstavce,
- 2 korekční čočky o síle +1 D a -0,5 D,
- tabulka s písmeny.

Proměnlivé vlastnosti modelu:

- změna délky oční osy,
- změna lomivosti čočky
- změna ohniskové vzdálenosti,
- proměnlivá vzdálenost pozorovaného objektu,
- projekce obrazu do oblasti žluté i slepé skvrny,
- korektura očních vad pomocí přiložených korekčních skel,
- výměna korekčních skel.

Jevy, které je možné pomocí dostupných prostředků demonstrovat:

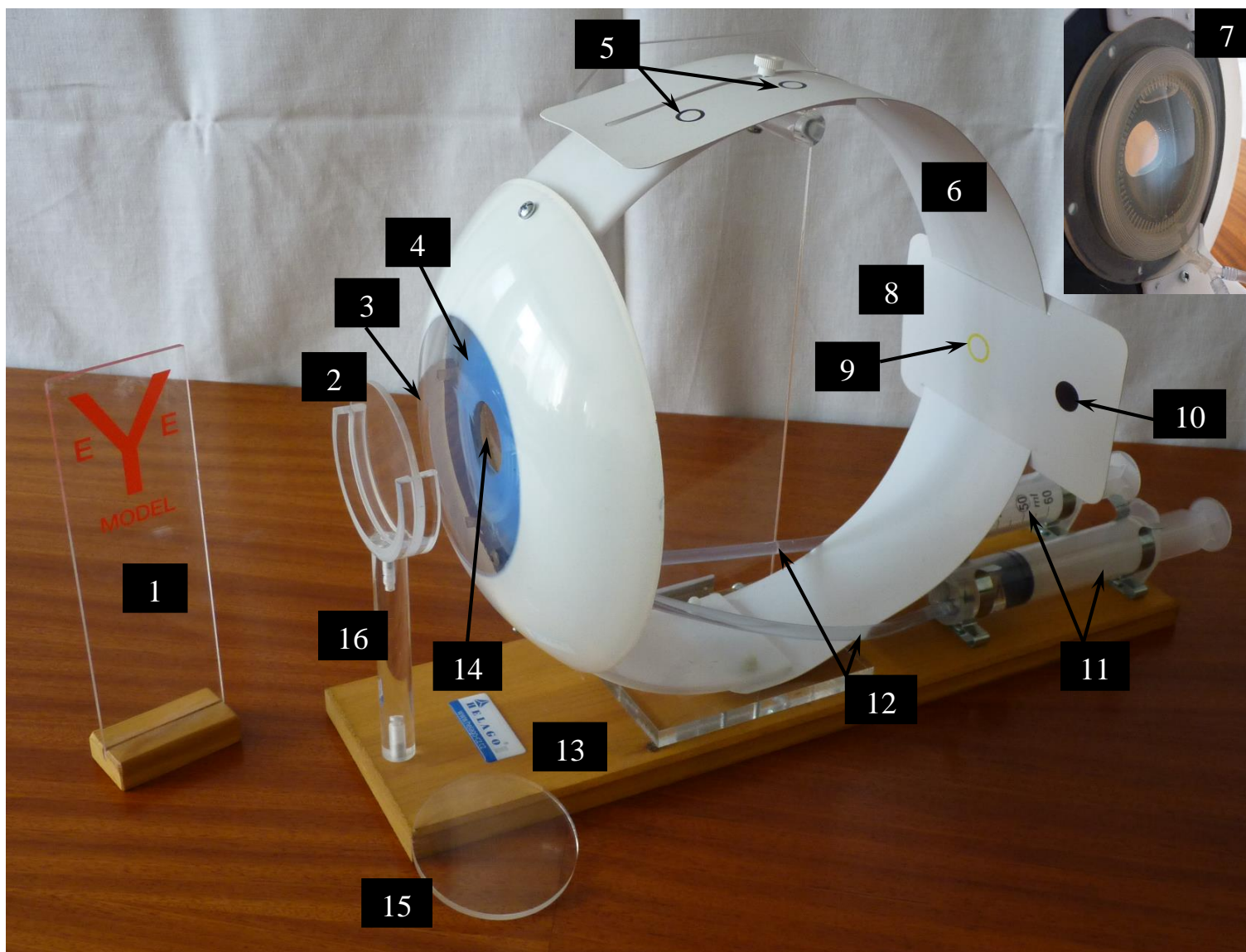
- akomodace
- blízký bod oka,
- zobrazení obrazu do oblasti žluté a slepé skvrny,
- hypermetropie,
- myopie,
- presbyopie.

Popis (Obrázek č. 26)

Tento model je založen na principu akomodace čočky a změně délky oční koule. Akomodačních změn je dosaženo za pomoci dvou stříkaček o souhrnném objemu 120 ml, z nichž je voda vytlačována do silikonové čočky nebo podtlakem z ní naopak vysávána. Díky změně objemu vody uvnitř čočky tak může čočka měnit svůj tvar (akomodovat) a protože dochází k jejímu zakulacování, případně oploštění, dochází tak i ke změně lomivosti, s čímž souvisí i změny délce ohniskové vzdálenosti. V případě tohoto modelu, stejně jako u běžného oka, tedy slouží akomodace k zaostření obrazu pozorovaného objektu na sítnici.

Ke změnám tvaru oční koule slouží posuvná zadní část modelu, na které se rovněž nachází posuvná bílá plastová destička se žlutou a slepou skvrnou, reprezentující dvě významné oblasti sítnice. Aby mohla být zachována délka bulbu při manipulaci s modelem, je v horní části přítomen stavěcí kolík, který upevňuje zadní stěnu po zkrácení, resp. prodloužení délky oční osy. Zkrácení a prodloužení délky oční koule slouží k simulaci myopie a hypermetropie, tj. refrakčních vad oka.

Na sítnici dochází k zachycení obrazu z přiloženého stojanu s písmeny, a protože jsou na sítnici vyobrazeny žlutá i slepá skvrna, může být výsledný obraz promítnut v závislosti na orientaci modelu a poloze tabulky s písmeny do obou těchto oblastí. Pokud je obraz dopadající na sítnici rozmazaný, přichází na řadu jako první akomodace čočky, pomocí níž je obraz opět zaostřen. Může být ovšem i upravena vzdálenost pozorovaného objektu, nebo použita jedna z přiložených korekčních čoček. Zatímco první možnosti je využíváno pro simulaci běžných akomodačních schopností emetropického oka, tak druhé dvě slouží ke korekci refrakčních vad způsobených ztrátou refrakčních schopností čočky, resp. vznikem nepoměru délky oční koule a síly světlolomného aparátu oka. Ke korekci těchto dvou refrakčních vad slouží právě přiložené korekční čočky, které se umísťují do pevného stojanu nacházejícího se před rohovkou.



číslo	struktura
1	tabulka s písmeny
2	čočka „+1 D“
3	rohovka
4	duhovka
5	3 značky pro ukotvení
6	zadní stěna očního bulbu
7	čočka
8	sítnice
9	žlutá skvrna
10	slepá skvrna
11	injekční stříkačka
12	přívodní trubičky
13	podstavec
14	zornice
15	čočka „-0,5 D“
16	stojan pro ukotvení čoček

Obrázek č. 26: W16002 - Funkční model oka

3.1.1 Demonstrace vybraných funkcí

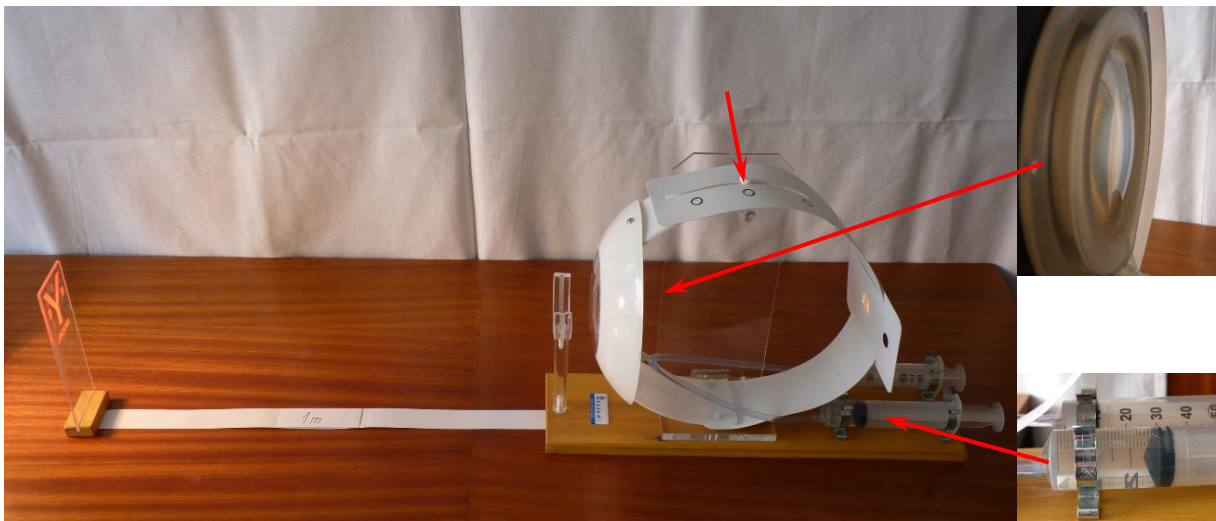
3.1.1.1 Akomodace

Jak již bylo řečeno výše, čočka tohoto modelu má schopnost akomodace, což umožňuje spolu s posunem tabulky s písmeny demonstrovat změnu tvaru čočky při pozorování různě vzdálených objektů. Posouváním tabulky s písmeny měníme vzdálenost pozorovaného objektu, čímž dochází k rozostření obrazu zachyceného na sítnici. Aby byl obraz opětovně zaostřen, musí být upraven tvar čočky, čehož je dosaženo upravením množství vody v silikonové čočce.

Čočka modelu W16003 pracuje na stejném principu jako čočka běžného lidského oka, kterým je změna zakřivení povrchu v důsledku změny tvaru. Protože ale u modelu nejsou přítomny svaly řasnatého tělíska, které by odpovídaly za změnu tvaru čočky, dochází ke změnám díky proměnlivosti objemu vody uvnitř silikonové čočky, která je vstříkována pomocí dvou stříkaček.

Demonstrace akomodačních schopností čočky:

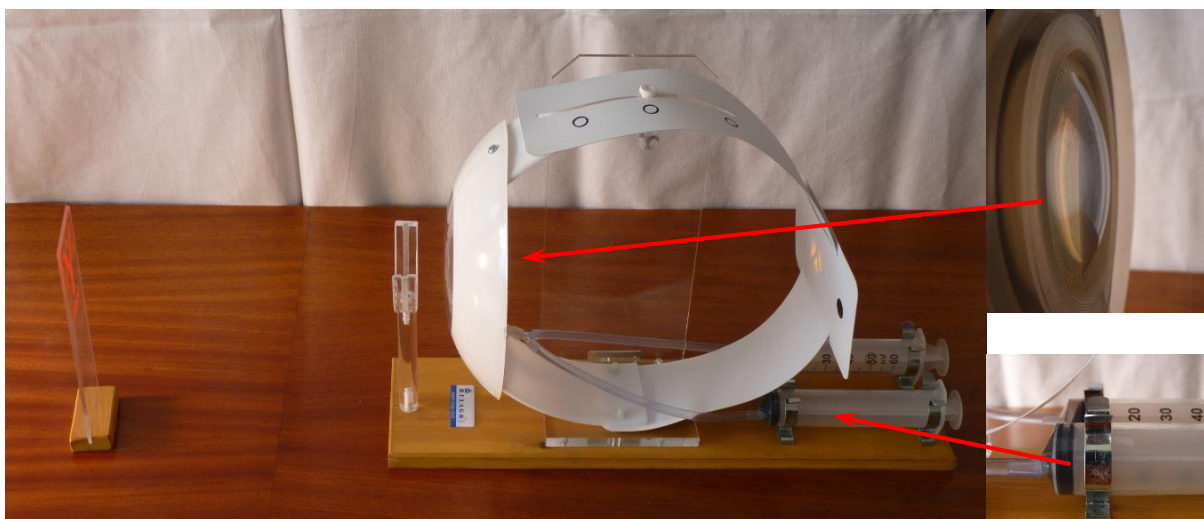
1. Před oko umístíme lampu přibližně do vzdálenosti 1 metru a před lampu postavíme tabulku s písmenky tak, aby došlo k jejímu osvětlení. Na závěr upravíme tvar čočky změnou množství vody tak, aby byl pozorovaný obraz zaostřen do oblasti žluté skvrny sítnice (Obrázek č. 27).



Obrázek č. 27: Rozložení modelu pro demonstraci akomodačních schopností čočky emetropického oka – krok 1

foto v měřítku: 1:2

2. Oko nyní posuneme blíže tabulce, čímž dojde ke změně ohniskové vzdálenosti obrazu, který tak nebude zachycen přesně na sítnici. Aby mohlo dojít k opětovnému zaostření na sítnici, je nutno zvýšit množství vody v čočce.



Obrázek č. 28: Rozložení modelu pro demonstraci akomodačních schopností čočky emetropického oka – krok 2

foto v měřítku: 1:1

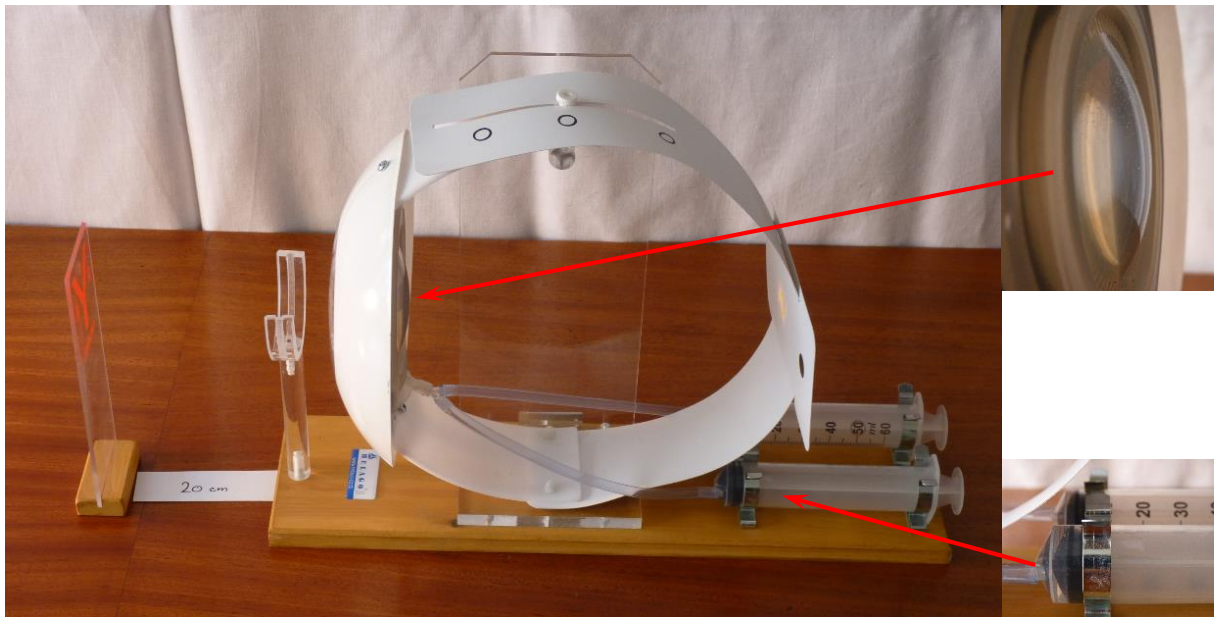
Nyní můžeme postupně přibližovat a oddalovat tabulku, resp. model oka a pozorovat tak změnu tvaru čočky při pozorování různě vzdálených předmětů (Obrázek č. 28).

3.1.1.2 Blízký bod

Pro demonstraci blízkého bodu oka je využíváno akomodačních schopností čočky, pomocí čehož je pozorovaný obraz zaostřen přímo na sítnici. Aby tedy mohlo dojít k zaostření obrazu na sítnici, je opět nutné upravit množství vody v čočce a vzdálenost pozorovaného objektu.

Demonstrace blízkého bodu oka:

1. Osvětlenou tabulku s písmeny nejprve umístíme do vzdálenosti asi 1 m před oko (Obrázek č. 27).
2. Nyní do čočky vytlačíme ze stříkaček co největší množství vody, což způsobí nafouknutí čočky, tj. vyklenutí, resp. zakulacení povrchu. Tímto dojde k simulaci akomodace pro pozorování blízkých předmětů. Dále model oka posunujeme směrem k tabulce, nebo naopak, tak dlouho, až dojde k zaostření pozorovaného objektu přímo na sítnici. Vzdálenost, ve které se nyní nachází oko a tabulka s písmeny, je nejbližší možná vzdálenost, na kterou je ještě oko schopno zaostřit a označuje se jako blízký bod oka. Tato nejbližší vzdálenost činí u toho modelu přibližně 20 cm (Obrázek č. 29).



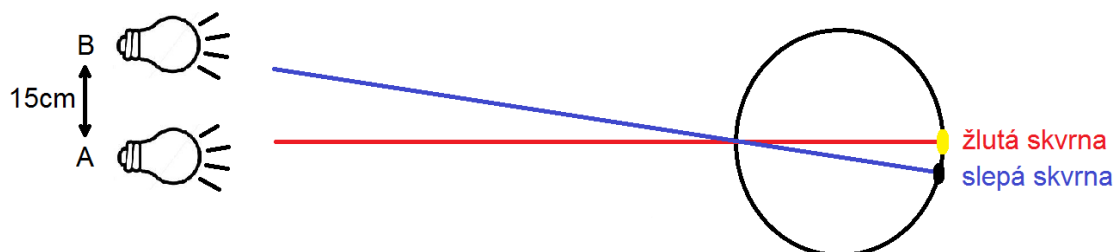
Obrázek č. 29: Rozložení modelu pro demonstraci blízkého bodu emetropického oka – krok 2

foto v měřítku: 1:1

Maximální akomodací čočky došlo k navození maximální lomivosti světlolomného aparátu oka což umožnilo zachycení obrazu na sítnici i z tak malé vzdálenosti. S rostoucím věkem ovšem akomodační schopnost čočky slábné a snižuje se tak i lomivost oka, čímž dochází k oddalování blízkého bodu a vzniku presbyopie.

3.1.1.3 Žlutá a slepá skvrna

Na lidské sítnici se nacházejí dvě oblasti charakteristické přítomností/nepřítomností fotoreceptorů. Tyto oblasti jsou na modelu vyobrazeny na posuvné destičce jako žlutý kroužek (žlutá skvrna) a černý bod (slepá skvrna). Obraz pozorovaného objektu je za normálních okolností zachycen vždy do oblasti žluté skvrny. Pokud ale existuje v určité vzdálenosti od oka vedle objektu A i objekt B, dojde v určité vzdálenosti od oka k promítnutí obrazu do oblasti slepé skvrny (Obrázek č. 30). Jakmile obraz dopadne do této oblasti, nedochází k jeho zachycení v důsledku nepřítomnosti fotoreceptorů.



Obrázek č. 30: Schéma rozložení modelu pro demonstraci přítomnosti žluté a slepé skvrny komorového oka

Demonstrace žluté a slepé skvrny:

1. W16003 je model pravého oka a slepá skvrna se proto nachází vlevo od skvrny žluté. Vedle sebe umístíme dvě lampy, tak aby byly žárovky vzdálené přibližně 15 cm. Před obě postavíme tabulku s písmeny (u modelu byla bohužel přiložena tabulka jen jedna). První lampa se nachází v jedné ose s okem, druhá po její pravé straně (z pohledu oka). Model umístíme přibližně do vzdálenosti 1 m a na sítnici zaostříme obraz z lampy A. V tomto okamžiku dopadá obraz z lampy B vedle žluté skvrny (**Obrázek č. 31**).



Obrázek č. 31: Rozložení modelu pro demonstraci žluté a slepé skvrny komorového oka (a) s detailním pohledem na sítnici (b) – krok 1
foto v měřítku: 1:2

2. Poté, co je obraz z lampy A zaostřen na sítnici, začneme posouvat model směrem k této lampě (obraz však musí stále dopadat na žlutou skvrnu). Jakmile dosáhneme určité vzdálenosti mezi lampou A a okem začne obraz lampy B dopadat do oblasti slepé skvrny (**Obrázek č. 32**). V tento okamžik již není obraz dopadající do oblasti slepé skvrny pro mozek rozpoznatelný v důsledku nepřítomnosti fotoreceptorů. Tato vzdálenost činí u toho modelu přibližně 35 cm



Obrázek č. 32: Rozložení modelu pro demonstraci žluté a slepé skvrny komorového oka (a) s detailním pohledem na sítnici (b) – krok 2
foto v měřítku: 1:2

3. Pokud budeme model posouvat dále směrem k lampě A dojde k přesunutí obrazu z lampy B mimo slepou skvrnu a ten tak bude pro mozek opět viditelný (Obrázek č. 33).



Obrázek č. 33: Rozložení modelu pro demonstraci žluté a slepé skvrny komorového oka (a) s detailním pohledem na sítnici (b) – krok 1
foto v měřítku: 1:2

Přítomnost slepé skvrny můžeme prokázat jednoduchým testem pomocí tzv. Mariottových obrázků⁹. Mariottův obrázek (Obrázek č. 34) tvoří dva obrazce o určité vzdálenosti vyobrazené na papíře. Při tomto pokusu si zakryjeme levé oko a pravým okem upřeně pozorujeme levý objekt. Když budeme papír pomalu přibližovat, pravý objekt v určité vzdálenosti zmizí. Pokud papír ještě přiblížíme, opět se objeví. Obrázek ze zorného pole zmizel, protože světlo dopadající na sítnici z tohoto bodu dopadlo přímo na slepou skvrnu.



Obrázek č. 34: Mariottův obrázek

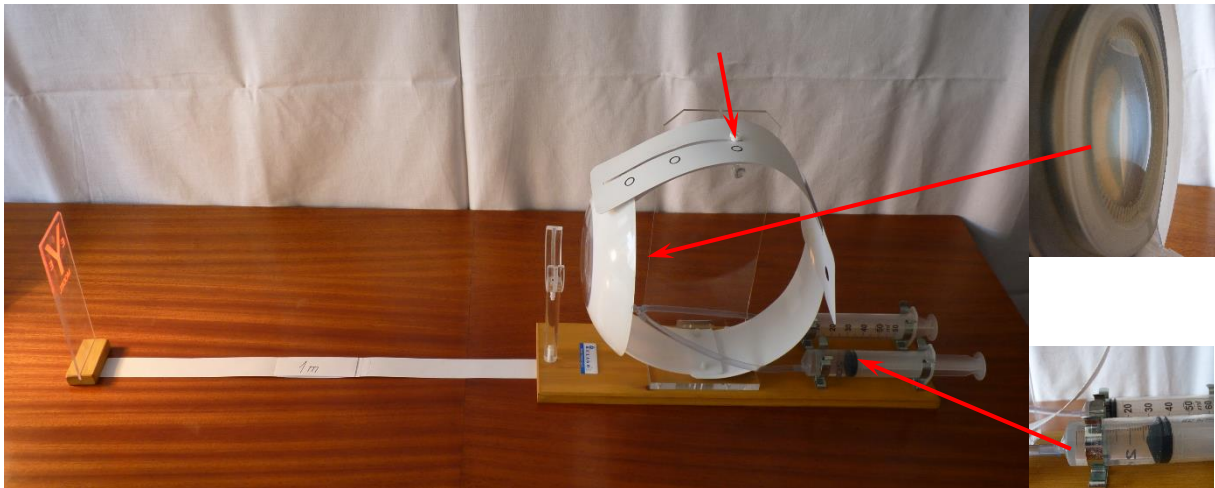
3.1.1.4 Hypermetropie (dalekozrakost)

Pro demonstraci hypermetropie již slouží značky vyobrazeny na vnější části modelu v její horní oblasti. Aby mohla být předvedena hypermetropie, musí dojít ke zkrácení oční koule (oční osy), povolením stavěcího kolíku a posunutí zadní části oka směrem dopředu. Jakmile dojde ke zkrácení oka a zároveň zachování vzdálenosti pozorovaného objektu, nastane posunutí ohniska dopadajících paprsků za sítnici a výsledný obraz tak není ostrý. K simulování nápravy dalekozrakosti poslouží přiložená korekční konvexní čočka (spojka).

⁹Abbé Edme Mariotte (1620-1684) – byl fyzik a francouzský římskokatolický kněz, spoluzakladatel Francouzské akademie věd, který roku 1668 prezentoval svůj objev slepé skvrny (Grzybowski & Aydin 2007, Survey of Ophthalmology ©2007)

Demonstrace hypermetropie:

1. Model umístíme přibližně do vzdálenosti 1 m od lampy s tabulkou a upravíme tvar čočky tak, aby byl obraz zaostřen přímo na sítnici do oblasti žluté skvrny (Obrázek č. 27).
2. Nyní pomocí stavěcího kolíku zkrátíme oční kouli, čímž dojde rozostření dříve ostrého obrazu. Oko se v tomto okamžiku stalo hypermetropickým (dalekozrakým), protože se ohnisko přesunulo až za sítnici (Obrázek č. 35).



Obrázek č. 35: Rozložení modelu pro demonstraci hypermetropického oka – krok 2

foto v měřítku: 1:2

3. Aby byl obraz zaostřen zpět na sítnici, musí být použita přiložená konvexní čočka (+1 D), kterou umístíme do stojanu před okem (Obrázek č. 36).



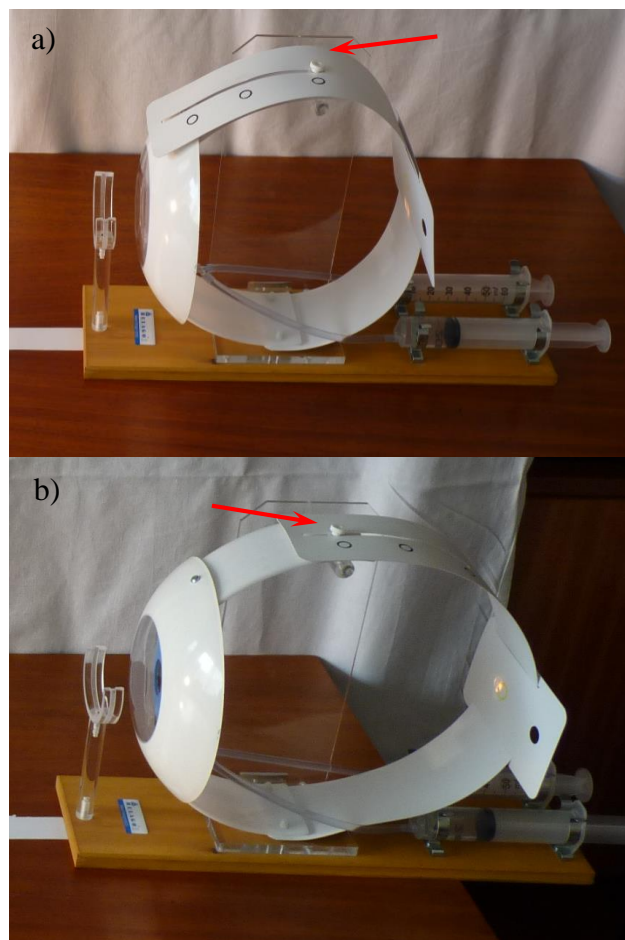
Obrázek č. 36: Rozložení modelu pro demonstraci hypermetropického – krok 3

foto v měřítku: 1:2

U zdravého, emetropického, oka je možné nižší hypermetropické vady vyrovnat pouze zvýšením lomivosti světlolomného aparátu oka pomocí akomodačních schopností čočky. Až vyšší hodnoty je poté nutné upravit pomocí korekčních skel (v praxi existuje i možnost využít refrakční chirurgii).

3.1.1.5 Myopie (krátkozrakost)

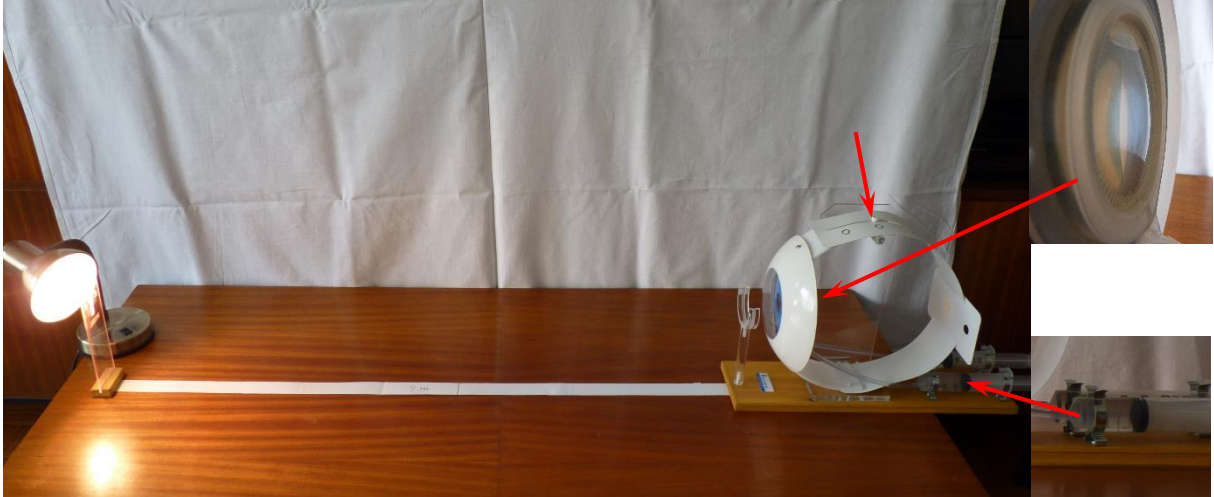
Stejně jako v případě hypermetropie, tak i u myopie musí dojít pro účely demonstrace ke změně délky oční koule. V tomto případě ovšem nedochází ke zkrácení, ale naopak k prodloužení oka (oční osy), povolením stavěcího kolíku a posunutím zadní části oka směrem dozadu (Obrázek č. 37). Po prodloužení oční koule se ohnisko přesune před sítnici a na sítnici tak dojde k vytvoření rozmazaného obrazu. Podmínkou však opět zůstává zachování vzdálenosti pozorovaného objektu ve srovnání s normálním, emetropickým, okem. Ke korekci vady dochází opět pomocí skel, která ale mají nyní zápornou hodnotu (rozptylky).



Obrázek č. 37: Srovnání ukotvení zadní části modelu při demonstraci hypermetropie (a) a myopie (b)

Demonstrace myopie:

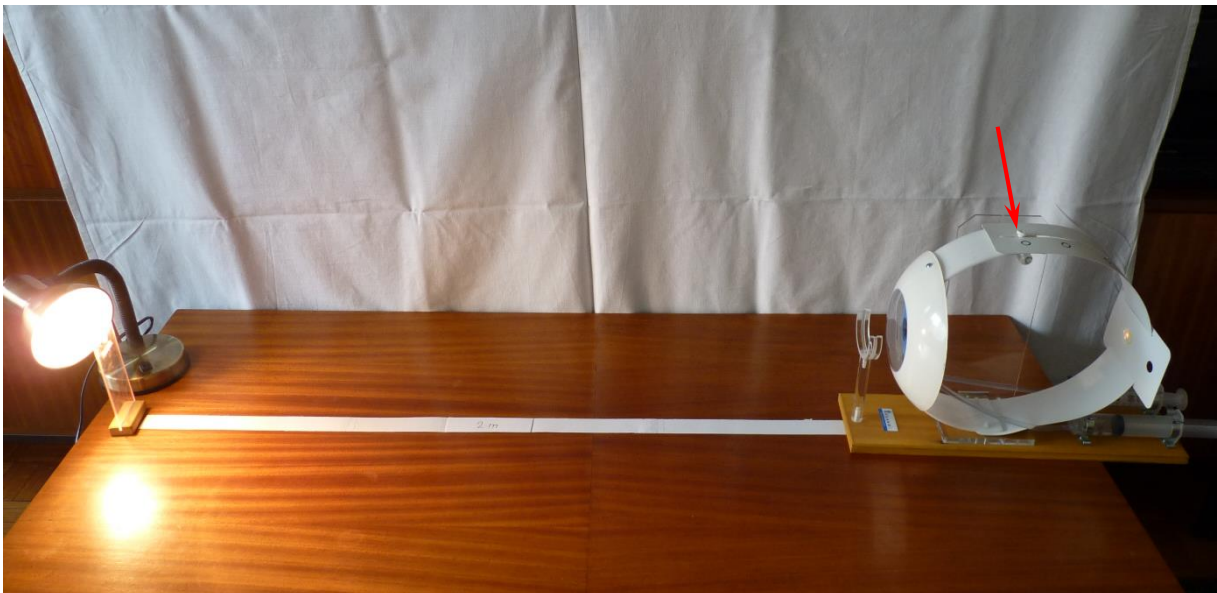
1. Model umístíme přibližně do vzdálenosti 2 m od lampy s tabulkou a upravíme tvar čočky tak, aby byl obraz zaostřen přímo na sítnici do oblasti žluté skvrny (Obrázek č. 38).



Obrázek č. 38: Rozložení modelu pro demonstraci myopického oka – krok 1

foto v měřítku: 1:2

2. Nyní pomocí stavěcího kolíku prodloužíme oční kouli, čímž dojde k rozostření dříve ostrého obrazu. Oko se v tomto okamžiku stalo myopickým, protože ohnisko leží před sítnicí, místo na ní (Obrázek č. 39).



Obrázek č. 39: Rozložení modelu pro demonstraci myopického oka – krok 2

foto v měřítku: 1:2

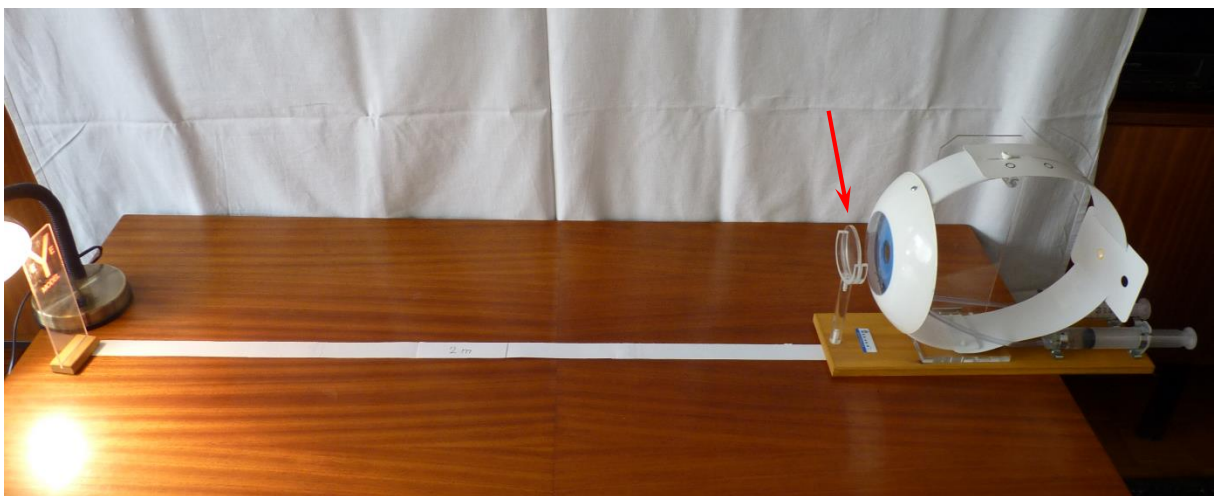
Při simulování myopie existují dva způsoby, jak napravit tuto refrakční vadu:

- a. můžeme posunout tabulku s písmeny blíže oku (tato vzdálenost činí u toho modelu asi 1 m (Obrázek č. 40),



Obrázek č. 40: Rozložení modelu pro demonstraci korekce myopie přiblížením tabulky s písmeny – krok 3a
foto v měřítku: 1:2

- b. může být použita korekční konkávní čočka (-0,5 D), kterou umístíme do stojanu před okem (Obrázek č. 41).



Obrázek č. 41: Rozložení modelu pro demonstraci korekce myopie použitím korekční čočky – krok 3b
foto v měřítku: 1:2

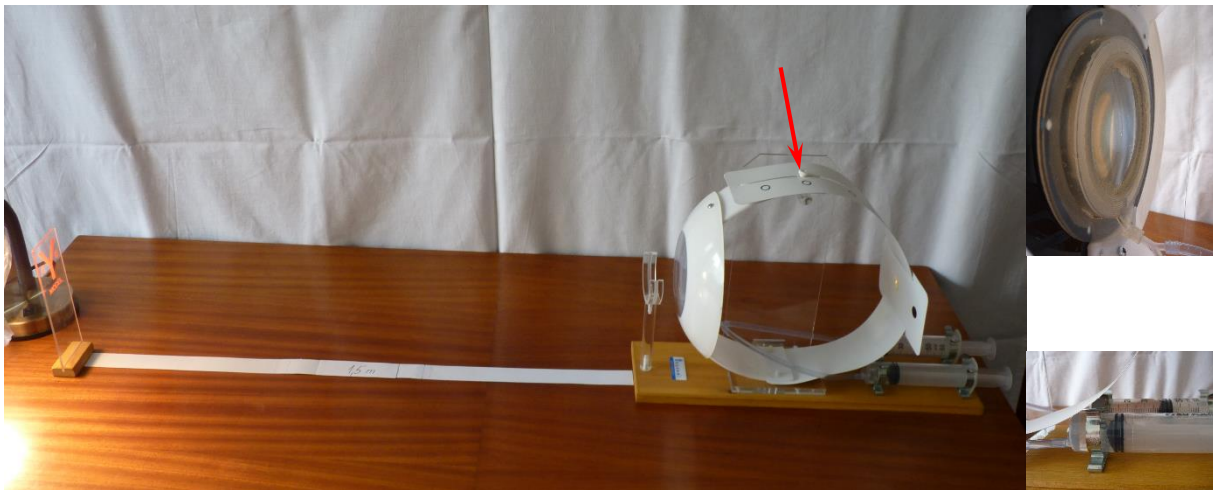
U myopické vady, na rozdíl od hypermetropické refrakční vady, není možné upravit ohniskovou vzdálenost pomocí akomodačních schopností čočky. Dalším vyklenutím by totiž došlo k ještě většímu zmenšení ohniskové vzdálenosti a tím ještě většímu rozostření již tak neostrého obrazu. Zbývá tak již pouze možnost přiblížit pozorovaný objekt nebo použít korekční sklo (v praxi existuje i možnost využít refrakční chirurgii).

3.1.1.6 Presbyopie (vetchozrakost)

Základem presbyopie je snížená akomodační schopnost čočky objevující se s rostoucím věkem. Se snižováním schopnosti akomodovat tak dochází ke snižování lomivosti světlolomného aparátu oka a tím prodlužování ohniskové vzdálenosti. Ohnisko obrazu se tedy přesouvá za sítnici a dochází k oddalování blízkého bodu oka. Aby mohlo dojít k obnovení ostrého vidění i na kratší vzdálenosti, je nutné nošení brýlí s kladnou hodnotou korekčních skel (spojky).

Demonstrace presbyopie:

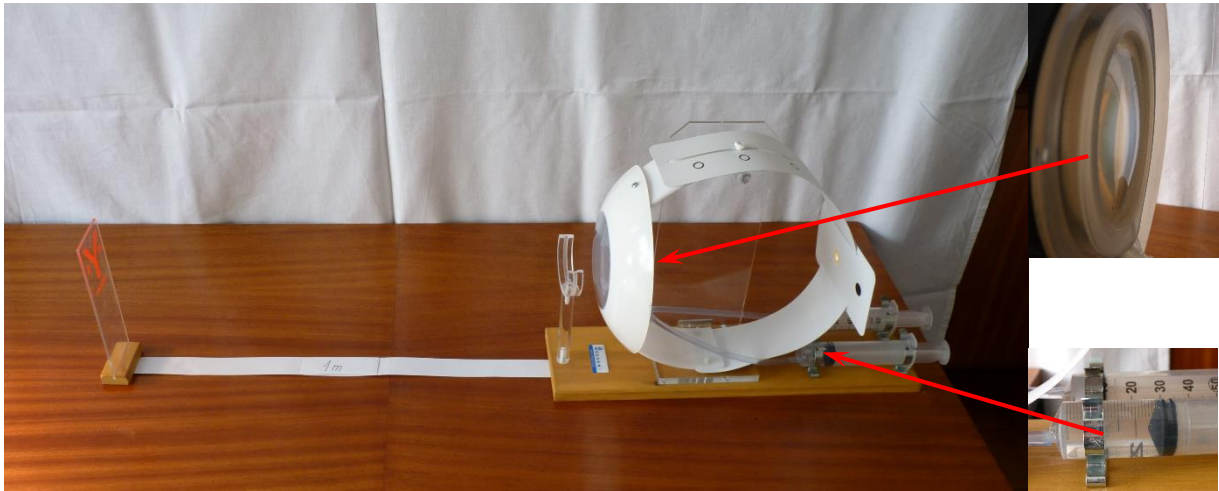
1. Nejprve si zvolíme blízký bod oka. Lampu s tabulkou umístíme přibližně do vzdálenosti 1,5 m od modelu a upravíme tvar čočky tak, aby byl obraz dopadající na sítnici ostrý (Obrázek č. 42). Předpokladem této simulace je, že oko není schopno zaostřit na kratší vzdálenost a je proto při zkrácení vzdálenosti nutné použít korekční (konvexní, plusovou) čočku.



Obrázek č. 42: Rozložení modelu pro demonstraci presbyopie

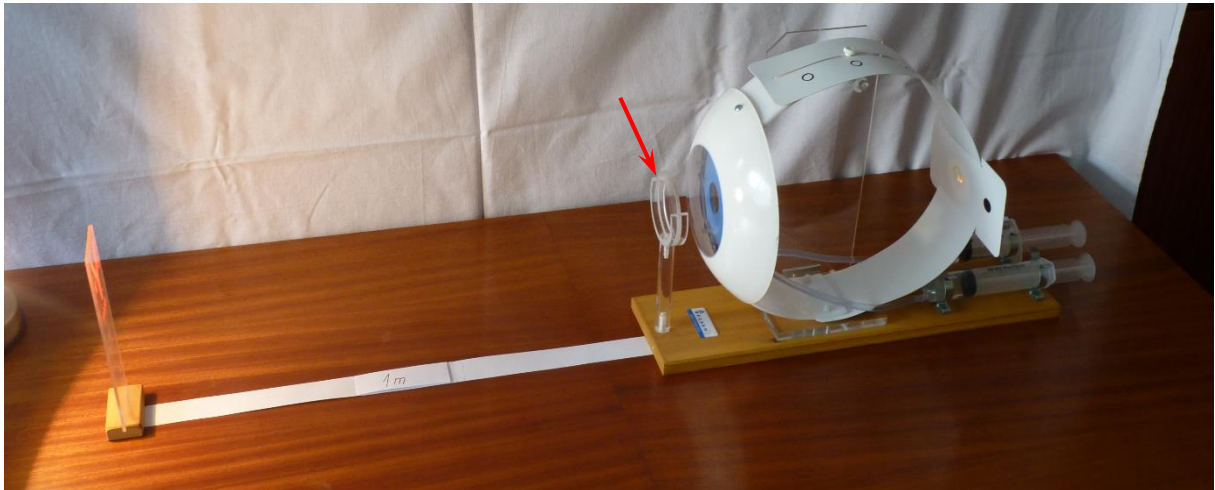
foto v měřítku: 1:2

2. Následně posuneme tabulku přibližně do vzdálenosti 1 m. Dojde tak k rozostření obrazu dopadajícího na sítnici, protože se tabulka nachází v kratší vzdálenosti než je blízký bod a oko tak vlastními silami není schopno na takovouto vzdálenost zaostřit (Obrázek č. 43).



Obrázek č. 43: Rozložení modelu pro demonstraci presbyopie se vzdáleností objektu kratší, než je blízký bod oka
foto v měřítku: 1:2

3. K obnovení ostrého obrazu dospějeme vložením korekční konvexní čočky (+1 D) do držáku (Obrázek č. 44).



Obrázek č. 44: Rozložení modelu pro demonstraci korekce presbyopie použitím korekční čočky
foto v měřítku: 1:2

U presbyopických pacientů je patrné oddalování pozorovaných objektů právě v důsledku oddalování blízkého bodu oka v důsledku ztráty elasticity čočky. Akomodace proto v tomto případě ztrácí smysl, protože čočka již není schopna zvýšit lomivost vyklenutím svého povrchu. Jedinou možnou variantou jak tedy uměle upravit ohniskovou vzdálenost modelu oka je použití korekční čočky (v praxi existuje i možnost využít refrakční chirurgii).

Výhody a nevýhody modelu

Bohužel na rozdíl od modelu Rubin's eye není tento model samostatně funkční, protože není přiložen zdroj světla. Aby mohlo dojít k vytvoření obrazu na sítnici, je tedy nutné mít vlastní lampu. Před tuto lampu poté postavíme tabulku s písmeny, jejíž obraz před tím než je zachycen na sítnici prochází nejprve rohovkou a poté i čočkou, stejně jako u normálního lidského oka. Další nevýhodou tohoto modelu je relativně velká pracovní vzdálenost, především při simulování poruch světlolomného aparátu, a to především při demonstrování myopie. Byť se v přiloženém návodu pracuje s čočkou o síle $-2D$ jejíž pracovní vzdálenost, jak uvádí manuál, činí cca 30 cm, tak čočka o síle $-2D$ vyžaduje pracovní vzdálenost cca 2 m. Je tedy nutné si vyhradit pro práci větší plochu.

Velkou výhodou je naopak názornost modelu, protože využívá stejných principů jako skutečné lidské oko, což je nejlépe viditelné na pružné silikonové čočce, která změnou svého tvaru mění ohniskovou vzdálenost obrazu dopadajícího do oka. S velkou pružností tak souvisí i vysoká míra variability ve vzdálenosti pozorovaného objektu, byť je v některých aspektech práce spíše na obtíž. Také pro korekci refrakčních vad je využíván stejný princip jako v běžném životě, a to přidání korekční čočky před rohovku. Lze si tak velmi dobře představit příslušné funkce komorového oka a procesy ke kterým dochází, resp. oční vady a jejich korekce.

3.2 SB48053 – Rubin's eye

Rozměry: 46 x 10 x 20 cm

Váha: 1,6 kg

Součásti modelu (foto jednotlivých částí Příloha):

- podstavec s kolejnicí pro upevnění jednotlivých částí,
- halogenová lampa,
- diapozitiv,
- držák pro diapozitiv
- přední část oční koule s pohyblivou čočkou,
- sítnice,
- 4 stojany sloužících k upevnění jednotlivých částí,
- sada 5 čoček,
- nosič čoček.

Proměnlivé vlastnosti modelu:

- změna délky oční osy,
- změna polohy čočky,
- změna ohniskové vzdálenosti,
- proměnlivá poloha diapozitivu,
- demonstrace poruch světlolomného aparátu pomocí přiložených skel,
- projekce obrazu do oblasti žluté skvrny
- výměna korekčních skel,
- korektura očních vad pomocí přiložených korekčních skel

Jevy, které je možné pomocí dostupných prostředků demonstrovat:

- akomodace
- blízký bod oka,
- hypermetropie,
- myopie,
- astigmatismus.

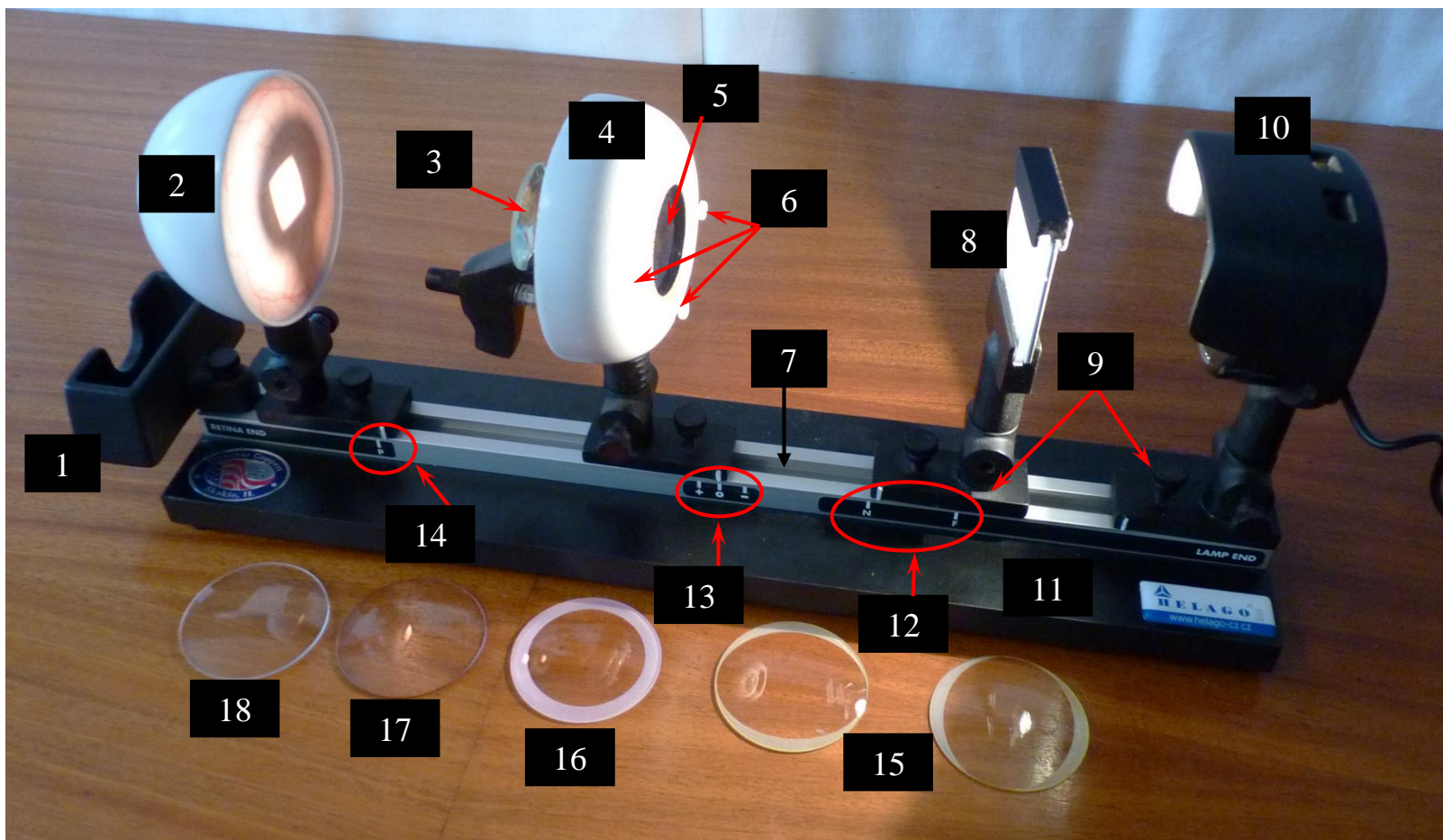
Popis (Obrázek č. 45)

Na rozdíl od Funkčního očního modelu nedochází u modelu Rubin's eye k proměnlivosti tvaru čočky, neboť je zde čočka vyrobena z nepružného materiálu a místo změny tvaru je zde pro akomodaci využíváno mechanického přiblížování a oddalování čočky,

umístěné na šestihranném kolíku opatřeném pružinou, pomocí „kohoutku“. Čočka tak u tohoto modelu neposkytuje příliš velký prostor pro demonstraci akomodačních schopností oka, což přímo souvisí s menšími rozměry modelu a dvěma hlavními polohami diapozitivu, které jsou označeny písmeny „F“ (*far*) a „N“ (*near*). Pohybu čočky je tedy využito při korekčních snahách akomodací a při demonstraci blízkého bodu oka. K promítání obrazu z přiloženého diapozitivu dochází přes rohovku a zornici na vysoce realistickou repliku sítnice pomocí přiložené halogenové lampy.

Pro účely simulace refrakčních vad jsou části modelu umístěny v kolejnici, ve které se pohybují pomocí povolování a utahování stavěcích šroubů. Ke zkrácení, resp. prodloužení oční osy dochází pohybem přední části modelu oka, která může být umístěna do tří poloh: „O“, „+“ a „-“. Po přesunutí přední části oka ovšem dojde k rozostření obrazu dopadajícího na sítnici. Pro znázornění korekce očních vad je model vybaven sadou korekčních skel, která se vkládají mezi tři kolíky nacházející se v přední části repliky oční koule. Při simulování běžných funkcí oka je používána čirá čočka, která simuluje přítomnost rohovky, ale na rozdíl od té lidské neláme procházející světlo. Dále jsou součástí modelu čočky, které jsou využívány při korekci poruch světlolomného aparátu a čočky, které slouží pro demonstraci astigmatismu a jeho korekce.

Pro demonstrování zdravého oka a pozorování vzdálených objektů je sítnice připevněna do bodu označeného písmenem „P“ a na opačnou stranu stojanu je připevněna halogenová lampa, před kterou se v pozici „F“ nachází diapozitiv. Uprostřed stojanu se pak v neutrální pozici „O“ nachází přední část oční koule s čočkou. Do přední části oka je mezi kolíky vložena základní čirá čočka.



Obrázek č. 45: SB48053 – Rubin's eye

číslo	struktura
1	nosič čoček
2	sítnice
3	pohyblivá čočka
4	přední část oční koule
5	zornice
6	úchyty pro čočku
7	kolejnice
8	diapozitiv
9	stojany
10	halogenová lampa
11	podstavec
12	body „F“ a „N“ – pro polohu diapozitivu
13	body „+“, „O“, „-“, pro polohu přední části očního bulbu
14	poloha „P“ – pro sítnici
15	torické čočky
16	mínusová čočka (rozptylka)
17	plusová čočka (spojka)
18	základní čočka

3.2.1 Demonstrace vybraných funkcí

3.2.1.1 Akomodace

K předvedení akomodačních schopností slouží u tohoto modelu posuvná čočka, k jejímuž pohybu dochází po šestibokém kolíku, který je připevněn k přední části oční koule. Akomodačních schopností se u tohoto modelu využívá při změnách vzdálenosti pozorovaného objektu a k napravení očních vad. Bohužel model nemá čočku s proměnlivým tvarem a změna tvaru je proto reprezentována proměnlivou vzdáleností čočky a sítnice, která je uskutečňována za pomoci „kohoutku“ nacházejícího se pod čočkou.

Pokud je zachována výchozí pozice všech součástí modelu, je obraz promítaný na sítnici zcela ostrý (Obrázek č. 46a, b). Jakmile ale pohneme čočkou za pomoci kolíku, dojde k rozostření obrazu, které se odvíjí od míry posunutí čočky (Obrázek č. 46c, d). Posunutím čočky směrem k přední části oční bulvy s rohovkou dojde ke zkrácení ohniskové vzdálenosti, čehož je využíváno při pozorování blízkých předmětů.



Obrázek č. 46: Rozložení modelu pro demonstraci akomodace emetropického oka (a) s detailním pohledem na výsledný obraz promítaný na sítnici (b) a simulace akomodace (c) s výsledným obrazem promítaným na sítnici (d)

3.2.1.2 Blízký bod

K demonstraci blízkého bodu oka je nutno přesunout diapozitiv blíže oku. Za normálních okolností je diapozitiv umístěn v kolejnici v bodu označeném písmenem „F“ a replika přední části oční bulvy se zornicí a čočkou v neutrální pozici „O“. Pokud chceme demonstrovat blízký bod oka, tak diapozitiv přesuneme do bodu označeného písmenem „N“ a oční bulvu ponecháme v neutrální poloze. Protože došlo k posunutí pozorovaného objektu, ale

zároveň nedošlo k akomodaci čočkou, přesouvá ohnisko za sítnici. Obraz dopadající v tomto okamžiku na sítnici je proto neostrý.

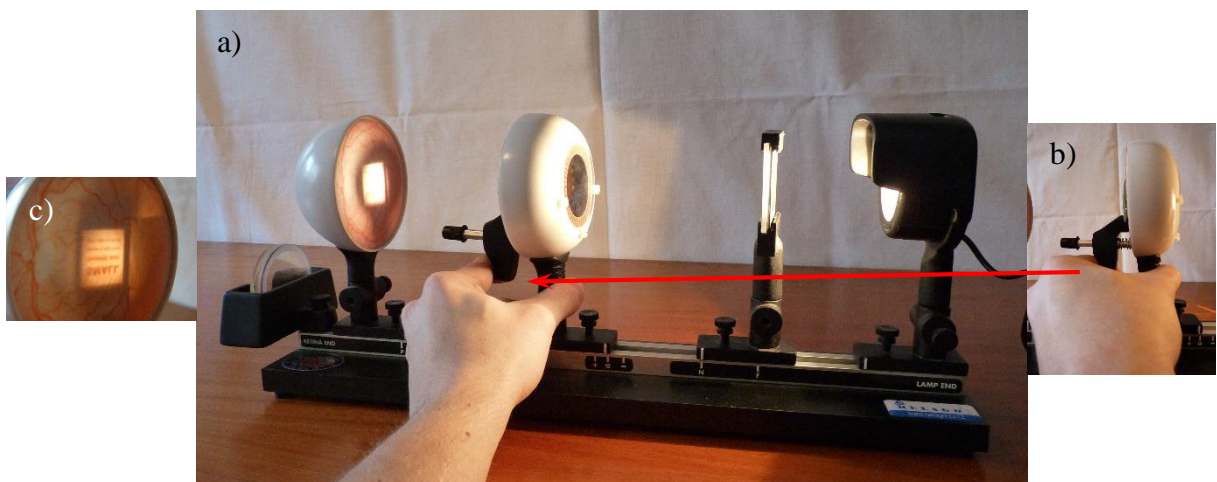
Demonstrace blízkého bodu oka:

1. Diapozitiv nacházející se ve výchozí pozici „F“ (Obrázek č. 46a) uvolníme pomocí stavěcího kolíku, přesuneme do pozice „N“ (Obrázek č. 47a, b) a opět pomocí stavěcího kolíku upevníme. Obraz dopadající na sítnici je nyní rozmazaný protože došlo k přesunutí ohniska mimo sítnici (Obrázek č. 47c).



Obrázek č. 47: Rozložení modelu pro demonstraci blízkého bodu emetropického oka (a) s detailním pohledem na polohu diapozitivu (b) a výsledným obrazem promítaným na sítnici (c)

2. Aby byl obraz opět zaostřen, je nutná akomodace čočky. Palec přiložíme na kohoutek pod čočkou a ukazováček na rýhování pod duhovkou, resp. obráceně (Obrázek č. 48a, b). Zmáčknutím kohoutku dojde k přiblížení čočky, což simuluje její akomodaci a tím zvětšení její lomivosti. Akomodací dojde k opětovnému přesunutí ohniska na sítnici a tím k vytvoření ostrého obrazu (Obrázek č. 48c).



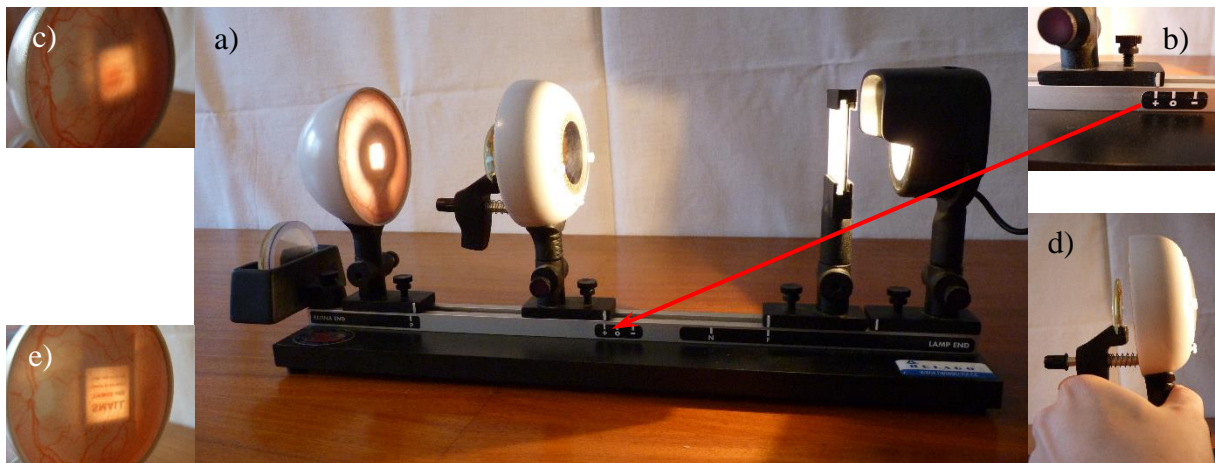
Obrázek č. 48: Akomodace čočky při demonstraci blízkého bodu emetropického oka (a, b) a detail výsledného obrazu promítaného na sítnici (c)

3.2.1.3 Hypermetropie (dalekozrakost)

Aby mohla být pomocí modelu Rubin's eye simulována hypermetropie, musí dojít k posunutí oční koule směrem dozadu, do pozice označené na podstavci symbolem „+“. Tím dojde ke zkrácení oční osy a posunutí ohniska dopadajících paprsků za sítnici. K opětovnému zaostření obrazu a tím i napravení takovéto oční vady může dojít buď pomocí akomodačních schopností čočky, anebo vložením pomocné šedé korekční čočky (spojka) mezi kolíky. Akomodací oka dojde ke zvýšení lomivosti světlolomného aparátu oka což vede k opětovnému zaostření obrazu na sítnici. Vložením šedé korekční čočky dojde rovněž k opětovnému zaostření obrazu na sítnici, díky umělému zvětšení optické mohutnosti světlolomného aparátu oka.

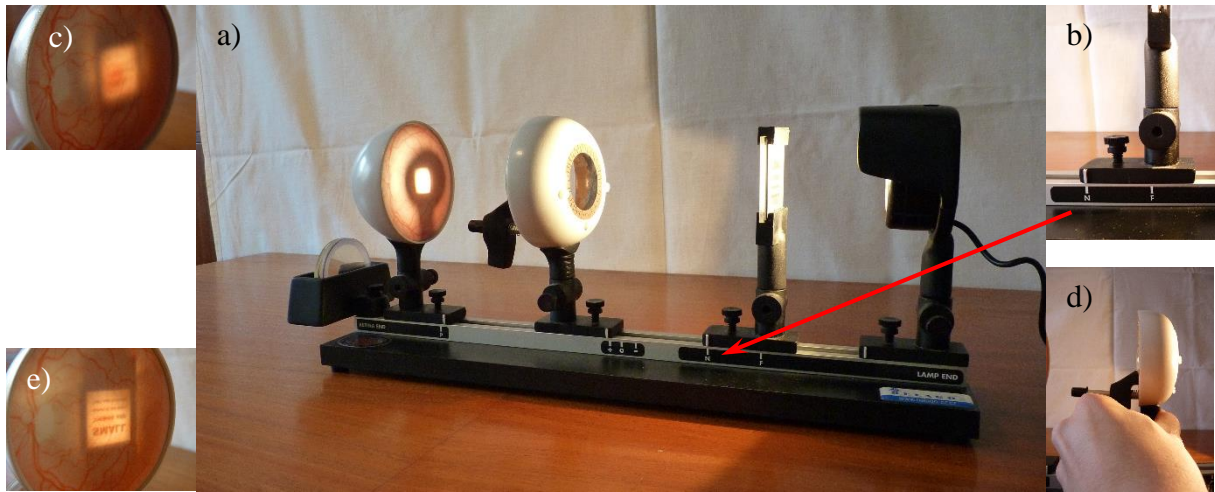
Demonstrace hypermetropie:

1. Povolíme stavěcí kolík a přední část oka přesuneme z výchozí polohy do polohy „+“ (Obrázek č. 49a, b), zatímco diapozitiv ponecháme ukotven v poloze „F“. Protože došlo ke změně polohy ohniska je obraz dopadající na sítnici neostrý (Obrázek č. 49c). Aby mohlo dojít k opětovnému zaostření obrazu na sítnici, je nutné akomodovat čočku, čehož je dosaženo přiblížením čočky pomocí kohoutku (Obrázek č. 49d). V této pozici je však potřebná jen malá míra akomodace.



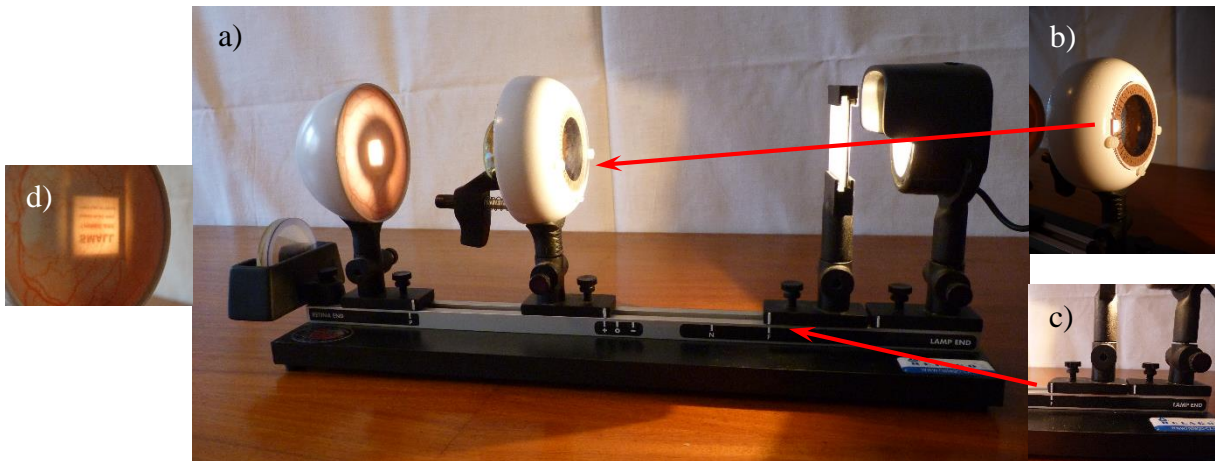
Obrázek č. 49: Rozložení modelu pro demonstraci hypermetropické oční vady (a) s detailním pohledem na polohu přední části oční bulvy (b) a výsledným obrazem promítaným na sítnici (c); simulace akomodace čočky (d) s detailním výsledným obrazem promítaného na sítnici (e)

2. Povolním stavěcího kolíku a přesunutím diapozitivu do pozice „N“ (Obrázek č. 50a, b) dojde k ještě výraznější změně ohniskové vzdálenosti a akomodace za pomoci čočky musí mnohem větší (Obrázek č. 50a, b).



Obrázek č. 50: Rozložení modelu pro demonstraci blízkého bodu hypermetropické oční vady (a) s detailem polohy diapozitivu (b) a výsledným obrazem promítaný na sítnici; simulace akomodace čočky (d) s výsledným obrazem promítaným na sítnici (e)

3. Nyní přesuneme diapozitiv zpět do polohy „F“ (Obrázek č. 51a, c) a nebudeme manipulovat s kohoutkem čočky. Obraz dopadající na sítnici je rozmazaný, protože ohnisková vzdálenost je ve srovnání s délkou oka stále příliš dlouhá. Vložení šedé konvexní (plusové) čočky (Obrázek č. 51b) dojde k navrácení ohniska na sítnici a tím ke korekci oční vady (Obrázek č. 51d), simulující korekci brýlemi.

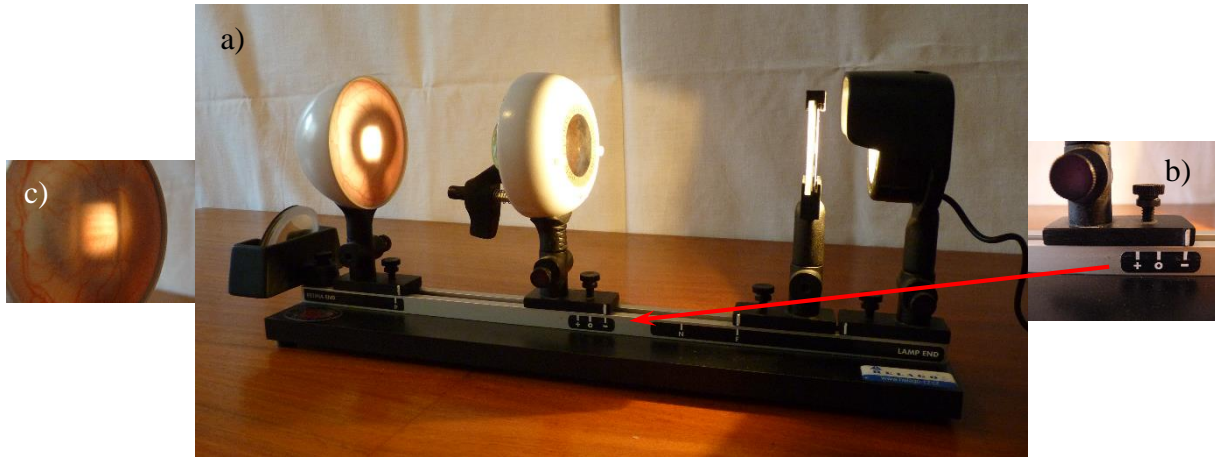


Obrázek č. 51: Rozložení modelu pro demonstraci korekce hypermetropické oční vady (a) s detailem šedé (konvexní) čočky (b), detailem polohy diapozitivu a výsledným obrazem promítaným na sítnici (d)

3.2.1.4 Myopie (krátkozrakost)

Pokud byla přední část oční koule pro potřeby simulace hypermetropie přesunuta do pozice „+“, pak pro demonstrování myopie je nutno ji přesunout do pozice „-“ (Obrázek č. 52a, b), čímž dojde k prodloužení oční koule a posunutí ohniska paprsků před sítnici. Diapozitiv

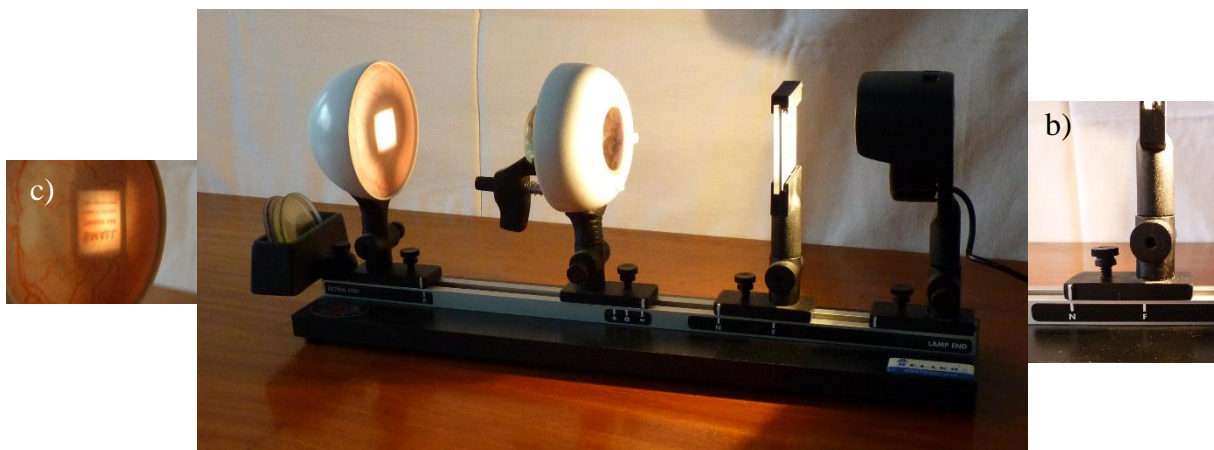
ponecháme ve výchozí pozici „F“ (Obrázek č. 52a). V tomto případě akomodace oka nepomůže, protože by došlo k ještě většímu rozostření obrazu a mezi kolíky do přední části oční bulvy je tedy nutné vložit růžovou konkávní čočku (rozptylku). Takto bude obraz opětovně zastřen na sítnici (Obrázek č. 52c).



Obrázek č. 52: Rozložení modelu pro demonstraci myopické oční vady (a) s detailem polohy přední části oční bulvy (b) a výsledným obrazem promítaným na sítnici (c)

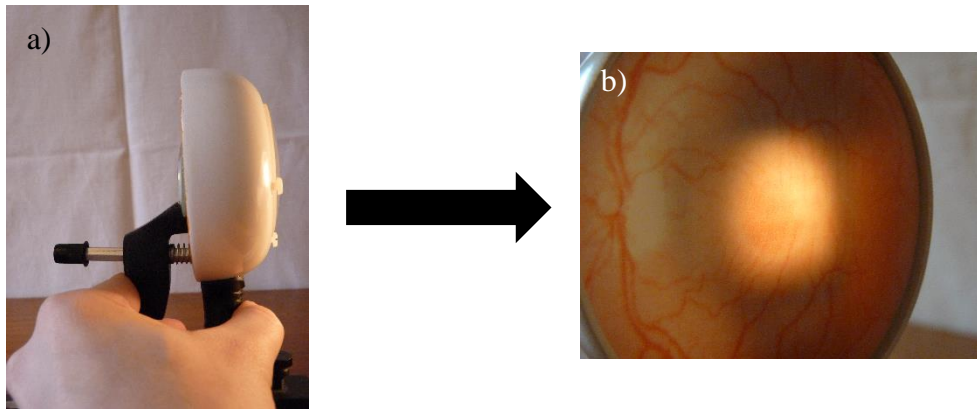
Demonstrace myopie:

1. Povolením stavěcího kolíku uvolníme přední část oční koule. Přesunutím do pozice „-“ a opětovným upevněním dojde k prodloužení délky oční koule (Obrázek č. 52a), čímž se ohnisko přesune za sítnici a výsledný obraz tak nebude ostrý. Pokud diapozitiv umístíme do polohy „N“ (Obrázek č. 53b) bude obraz zaostřen na sítnici (Obrázek č. 53c).



Obrázek č. 53: Rozložení modelu pro demonstraci myopické oční vady s detailem polohy diapositivu (b) a výsledným obrazem promítaným na sítnici (c)

2. Nyní přesuneme diapositiv do polohy „F“ (Obrázek č. 52). Oddálením pozorovaného obrazu dojde k jeho rozostření na sítnici v důsledku přesunutí ohniska mimo sítnici. Akomodace pomocí čočky je v tomto případě naprosto zbytečná, protože způsobí ještě větší rozostření obrazu (Obrázek č. 54).



Obrázek č. 54: Simulace akomodace čočky (a) a výsledný obraz promítaný na sítnici (b)

- Namísto akomodace poslouží ke korekci myopické vady růžová konkávní (mínusová) čočka (Obrázek č. 55a, b) umístěná mezi kolíky v přední části oka, která simuluje napravení oční vady použitím brýlí.



Obrázek č. 55: Rozložení modelu pro demonstraci korekce myopické oční vady (a) s detailem růžové (konkávní) čočky (b) a obrazem promítaným na sítnici (c)

3.2.1.5 Astigmatismus

Astigmatismus postihuje jak vidění na blízko, tak vidění do dálky. Při demonstraci astigmatismu je model v podobě znázorňující normální, emetropické, oko. K demonstraci astigmatického oka slouží žlutá čočka. Umístěním této čočky do držáku na čočky dojde k rozmazání obrazu, které ale není napravitelné.

Demonstrace astigmatismu:

- Přední část oka upevníme v pozici „O“ a diapositiv do pozice „F“ (Obrázek č. 56a) a mezi kolíky v přední části oka vložíme žlutou (torickou) čočku (Obrázek č. 56b, d). Obraz dopadající na sítnici je v tomto okamžiku rozmazaný bez ohledu na polohu čočky.



Obrázek č. 56: Rozložení modelu pro demonstraci astigmatismu (a), detail přední části segmentu oka se žlutou torickou čočkou ve dvou polohách (červená šipka; b, d) a výsledný obraz vzniklý na sítnici (c, e)

2. Nyní můžeme zkusit oko více prodloužit, zkrátit, nebo přiblížit diapozitiv. Výsledný obraz bude ale vždy ať už více či méně neostří. Rozostření obrazu zde totiž není způsobeno nepoměrem mezi optickou mohutností oka a délkou oční osy, ale vzniká v důsledku nerovnoměrností v zakřivení povrchu rohovky.
3. Pokud přední část oka vrátíme zpět do polohy „O“ a před čočku uloženou mezi kolíky umístíme druhou žlutou (torickou) čočku do polohy kolmé první k čočce (Obrázek č. 57a, b), bude obraz na sítnici ostrý (Obrázek č. 57c). Došlo tak k vyrovnání astigmatické vady. Stejný princip je využíván i při korekci astigmatismu, který se vyskytuje v lidské populaci.



Obrázek č. 57: Rozložení modelu pro demonstraci astigmatismu (a), detail přední části segmentu oka se dvěma na sebe kolmými žlutými torickými čočkami (b) a výsledný obraz vzniklý na sítnici (c)

Výhody a nevýhody modelu

Tento model je ve srovnání s Funkčním očním modelem kompaktnější a mnohem lépe se s ním manipuluje, protože pro demonstraci dostupných funkcí a poruch postačí mnohem menší plocha. Jednotlivé části modelu jsou pevně upevněny v jedné ose v kolejnici a jejich poloha je jednoznačně označena pomocí značek nalepených ze strany kolejnice, takže není potřeba zbytečně odměřovat vzdálenosti mezi jednotlivými částmi při práci s modelem, což ušetří i čas potřebný pro přípravu modelu pro demonstraci jednotlivých funkcí. Je tedy nutné pouze natočit jednotlivé části modelu tak, aby nedošlo ke zkreslení obrazu v důsledku pootočení některé z jeho součástí. Další výhodou je kompletnost modelu, který je možné po sestavení ihned začít používat, protože ve srovnání s Funkčním očním modelem obsahuje všechny nezbytné součásti, ale i větší detailně ztvárněná sítnice s jednotlivými cévami a realistickým vyobrazením dvou významných oblastí, i když je možné obraz promítnou pouze do oblasti žluté skvrny. S model lze také velice dobře předvést zkreslení obrazu související se vznikem astigmatické vady.

Bohužel ve srovnání s předchozím modelem má i své nedostatky, mezi něž patří neschopnost čočky změnit svůj tvar nebo nižší variabilita v pozorovacích vzdálenostech (byť je na druhou stranu i výhodou, protože ušetří prostor). Zvětšení názornosti by navíc prospělo přidání drobného držáku na čočky před přední část oka. Byť se mohou tyto drobné nedokonalosti zdát jako bezvýznamné, přispívají ke snížení názornosti funkcí a procesů, k nimž v oku dochází.

3.3 Srovnání prezentovaných modelů

		Funkční oční model	Rubin's eye
proměnlivá délka oční osy		✓	✓
akomodace čočky	změnou tvaru čočky	✓	
	změnou polohy čočky		✓
proměnlivá ohnisková vzdálenost		✓	✓
projekce obrazu do oblasti žluté skvrny		✓	✓
projekce obrazu do oblasti slepé skvrny		✓	
poruchy světlo lomnéh o aparátu	hypermetropie	✓	✓
	myopie	✓	✓
	presbyopie	✓	
	astigmatismus		✓
korekční skla	spojka	✓	✓
	rozptylka	✓	✓
	torická čočka		✓

4 Soubor otázek

Tato kapitola obsahuje soubor testových otázek z anatomicko-fyziologické a patofyziologické části, které slouží k ověření vybraných znalostí, které by měl čtenář této diplomové práce po přečtení textu znát.

4.1 Obtížnost: nízká

Tato úroveň obtížnosti odpovídá znalostem žáků základní školy.

První část se týká otázek ze sekce anatomie a fyziologie. V prvním oddílu jsou zahrnuty otázky zaměřené na výběr jedné správné možnosti z nabízených odpovědí. V druhém oddílu je požadována krátká odpověď tvořená jen jedním, případně dvěma slovy. Další oddíl tvoří soubor otázek s otevřenou odpovědí. Soubor otázek zahrnuje i popis obrázku.

Druhá část je zaměřena na ověření základních znalostí ze sekce patofyziologie. Má pouze dva oddíly, a to otázky s výběrem jedné správné možnosti z nabízených odpovědí a otázky s krátkou odpovědí.

4.1.1 Testové otázky z okruhu anatomie a fyziologie

4.1.1.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď)

1. Oko je uloženo v kostěné dutině lebky zvané:

- a) víčko
- b) očníce**
- c) bělima
- d) žádná možnost není správná

2. Bělima je:

- a) vazivový obal oka**
- b) svalnatý obal oka
- c) vrstva oka tvořená žilkami
- d) světločivná vrstva oka

3. Pření část bělimy se nazývá:

- a) bělima
- b) rohovka**
- c) čočka
- d) sítnice

4. Cévnatka:

- a) udržuje tvar oka
- b) obsahuje světločivné buňky
- c) zajišťuje výživu oka**
- d) žádná možnost není správná

5. K zaostření předmětů na sítnici slouží:

- a) bělima
- b) duhovka
- c) zornice
- d) čočka**

6. Množství světla dopadajícího na sítnici reguluje:

- a) rohovka
- b) zornice**
- c) duhovka
- d) žádná možnost není správná

7. V sítnici se nachází:

- a) přibližně stejné množství tyčinek i čípků
- b) více tyčinek než čípků**
- c) více čípků než tyčinek
- d) žádná možnost není správná

8. Ve které části koncového mozku se nachází centrum zraku?

- a) v čelním laloku
- b) ve spánkovém laloku
- c) v temenním laloku
- d) v týlním laloku**

4.1.1.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď)

1. Pohyb oka zajišťují **okohybné svaly**. (doplň)
2. Výživu sítnice zajišťuje vrstva zvaná **cévnatka**. (doplň)
3. Centrální otvor v duhovce se nazývá **zornice**. (doplň)

4. Místem nejostřejšího vidění sítnice je **žlutá skvrna**. (doplň)
5. Oblast sítnice, kde se nenacházejí žádné světločivné buňky, se nazývá **slepá skvrna**. (doplň)
6. Informace o okolním prostředí odcházejí do mozku prostřednictvím **zrakového nervu**. (doplň)

7. Tvar oční koule pomáhá udržovat tekutina zvaná **sklivec**. (doplň)

8. Proč není sítnice schopná zachytit světlo v oblasti slepé skvrny?

Odpověď: **Protože se zde nenacházejí žádné tyčinky ani čípky.**

9. Proč může oko zaostřovat střídavě na vzdálené a blízké předměty?

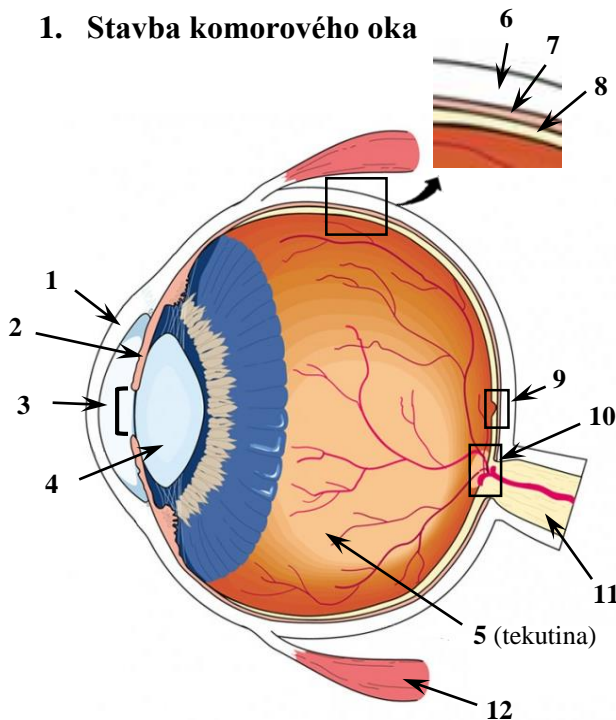
Odpověď: **Protože čočka dokáže měnit svůj tvar.**

10. Co jsou to tyčinky a čípky, jakou mají úlohu a ve které části oka se nacházejí?

Odpověď: **Tyčinky a čípky jsou buňky sítnice zachycující světelné záření dopadající na sítnici.**

4.1.1.3 Popis obrázku

1. Stavba komorového oka



1. rohovka
2. duhovka
3. zornice
4. čočka
5. sklivec
6. bělima
7. cévnatka
8. sítnice
9. žlutá skvrna
10. slepá skvrna
11. zrakový nerv
12. okohybný sval

4.1.2 Testové otázky z okruhu patofyziologie

4.1.2.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď)

1. Tato oční vada může být způsobena např. nesprávným vývinem oka, v důsledku čehož světelné paprsky dopadají před sítnicí. Jedná se o:
 - a) **krátkozrakost**
 - b) dalekozrakost
 - c) vetchozrakost
2. Tato oční vada může být způsobena např. nesprávným vývinem oka, v důsledku čehož světelné paprsky dopadají za sítnicí. Jedná se o:
 - a) krátkozrakost
 - b) **dalekozrakost**
 - c) vetchozrakost
3. Při této oční vadě dochází s věkem k postupnému snižování ostríci schopnosti oka a oddalování nejbližší vzdálenosti, na kterou je oko schopno zaostřit. Jedná se o:
 - a) krátkozrakost
 - b) dalekozrakost
 - c) **vetchozrakost**

4.1.2.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď)

1. Jak se nazývá onemocnění způsobující zakalení čočky?

Odpověď: **šedý zákal/katarakta**

2. Jak se nazývá onemocnění způsobující postupné odumírání vláken zrakového nervu?

Odpověď: **zelený zákal/glaukom**

4.2 Obtížnost: střední

Tato úroveň obtížnosti odpovídá znalostem žáků střední školy.

Stejně jako v předchozí úrovni, tak i zde se první část otázek týká anatomie a fyziologie oka. V prvním oddílu jsou zahrnuty opět otázky zaměřené na výběr jedné správné možnosti z nabízených odpovědí. Druhý oddíl je v této úrovni založen na výběru většího množství správných odpovědí na položenou otázku a teprve třetí oddíl je zaměřen na krátkou odpověď

tvořenou jen jedním, případně dvěma slovy. Další oddíl opět tvoří soubor otázek s otevřenou odpovědí a v závěru se opět nacházejí obrázky vyžadující popis označených struktur.

Druhá část je opět zaměřena na ověření znalostí ze sekce patofyziologie. V tomto případě má tři oddíly, a to otázky s odpovědí „ANO“/„NE“ (tento typ otázek je také seskupením možné modifikovat na otázky s výběrem správného/nesprávného tvrzení) a otázky s krátkou odpovědí.

4.2.1 Testové otázky z okruhu anatomie a fyziologie

4.2.1.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď)

1. Slzy jsou ze slzného vaku odváděny do:

- a) úst
- b) vedlejších nosních dutin
- c) dutiny nosní**
- d) hltanu

2. Oční koule má tvar:

- a) pravidelný kulovitý
- b) oválný
- c) kulovitý s odchylkami v přední a zadní části**
- d) vysoce nepravidelný

3. Živnatka se skládá z:

- a) duhovky, řasnatého tělíska a cévnatky**
- b) řasnatého tělíska a cévnatky
- c) duhovky a cévnatky
- d) žádná možnost není správná

4. Na rohovku připadá z celkového úhlu lomu světelných paprsků přibližně:

- a) 3/4
- b) 2/3**
- c) 1/2
- d) 1/3

5. Čočka má tvar:

- a) **bikonvexní**
- b) konvexní
- c) bikonkávní
- d) konkávní

6. V akomodačním klidu nabývá čočka tvaru:

- a) plochého
- b) **mírně vyklenutého**
- c) značně vyklenutého
- d) kulatého

7. Se zvyšujícím se věkem se blízký bod oka:

- a) přibližuje
- b) **oddaluje**
- c) nemění
- d) žádná možnost není správná

8. Axony gangliových buněk se nacházejí:

- a) ve vrstvě sítnice přivrácené k cévnatce
- b) ve střední vrstvě sítnice
- c) **ve vrstvě sítnice přivrácené ke sklivci**
- d) gangliové buňky nemají axony

9. Obraz dopadající na sítnici je:

- a) zmenšený, nepřevrácený
- b) nezmenšený, převrácený
- c) **zmenšený, převrácený**
- d) nezmenšený, nepřevrácený

10. Komorovou tekutinu produkuje:

- a) duhovka
- b) **řasnaté tělísko**
- c) bělima
- d) čočka

11. V oku se nachází druh/-y čípků:

- a) 1
- b) 2
- c) **3**
- d) 4

12. Ve které části sítnice opouštějí vlákna zrakového nervu oko?

- a) **slepá skvrna**
- b) žlutá skvrna
- c) *fovea centralis*
- d) žádná možnost není správná

4.2.1.2 Otázky uzavřené (více správných odpovědí)

1. Slzy:

- a) **zvlhčují a čistí povrch oka**
- b) **chrání oko před patogeny**
- c) vyživují vnitřní prostory oka
- d) jsou pouze emocionálním projevem

2. Choroidea:

- a) **obsahuje pigment melanin**
- b) **obsahuje velké množství cév**
- c) **pomáhá bránit odražení přebytečného světla**
- d) **pomáhá bránit zkreslování obrazu**
- e) **představuje střední vrstvu oční stěny**
- f) obsahuje malé množství cév
- g) **je pokračováním řasnatého tělíska**

3. Kontrakce řasnatého tělíska vede k:

- a) zvýšení produkce komorové tekutiny
- b) snížení produkce komorové tekutiny
- c) **snížení napětí závěsného aparátu**
- d) zvýšení napětí závěsného aparátu
- e) oploštění čočky
- f) **vyklenutí čočky**

4.2.1.3 Otázky uzavřené (krátká odpověď)

1. Žlutá skvrna má během života **načervenalou** barvu. (doplň)
2. Přítomnost slepé skvrny můžeme prokázat pomocí **Marriotova obrázku**. (doplň)
3. Fotosenzitivní složkou rodopsinu je **retinal**. (doplň)
4. Proteinová složka fotopigmentů tyčinek se nazývá **opsin**. (doplň)
5. Světlolomnými plochami oka jsou **rohovka, přední plocha čočky a zadní plocha čočky**. (doplň)

6. Jak se nazývá bílkovinná složka fotopigmentu tyčinek?

Odpověď: **opsin**

7. Jaké složky tvoří fotopigment rodopsin?

Odpověď: **retinal a opsin**

8. Jak se nazývá pigment, který má za úkol pohlcovat část světla dopadajícího do oka?

Odpověď: **melanin**

9. Proč se žlutá skvrna označuje jako žlutá, když má při běžném vyšetření oftalmoskopem načervenalou barvu?

Odpověď: **Žlutá skvrna získala svůj název díky posmrtnému žlutému zbarvení.**

10. Proč je obraz dopadající do fovei a žluté skvrny mnohem ostřejší ve srovnání s jinými oblastmi sítnice?

Odpověď: **Díky velmi nízké míře konvergence informací přicházejících z fotoreceptorů do axonů zrakového nervu.**

11. Jakou roli hraje při zpracování světelného vjemu retinal, derivát vitamínu A?

Odpověď: **Retinal je příjemcem světla dopadajícího na sítnici.**

12. Seřad' buňky/vrstvy sítnice od nejspodnější (bližší cévnatce) po nejsvrchnější:

gangliové buňky; tyčinky a čípky; bipolární buňky; axony zrakového nervu; pigmentová vrstva

Odpověď: **pigmentová vrstva; tyčinky a čípky; bipolární buňky; gangliové buňky; axony zrakového nervu**

4.2.1.4 Otázky otevřené

1. Astigmatismus (co je to, co jej způsobuje, jak vzniká, kde leží ohnisko a jak vypadá výsledný obraz, korekce)

Odpověď: **Astigmatismus je refrakční vada způsobující vznik zkresleného obrazu na sítnici v důsledku změn v zakřivení rohovky, nebo v důsledku defektu rohovky, nebo čočky, které zpřičiňují změny v lámavosti. Astigmatismus může ale vznikat i v důsledku defektu sítnice. Při astigmatismu se sice světelné paprsky setkávají přímo na sítnici, ale vlivem změn dochází ke zkreslení pozorovaného obrazu na sítnici. Ke korekci slouží cylindrická skla, torické kontaktní čočky, nebo laserová operace.**

5. Krátkozrakost (co je to, co ji způsobuje, jak vzniká, kde leží ohnisko a jak vypadá výsledný obraz, korekce)

Odpověď: **Krátkozrakost je refrakční vada, při níž dochází vlivem nadměrného vývinu oka (oko je příliš dlouhé), změny tvaru rohovky/čočky, nebo v důsledku změny indexu lomu světlo lomných ploch a nitroočních tekutin k vytvoření neostrého obrazu na sítnici, který vzniká kvůli tomu, že se světelné paprsky nesetkávají přímo na sítnici, ale před ní. Ke korekci jsou používány dioptrická skla, nebo kontaktní čočky se zápornou hodnotou, ale i laserová operace.**

6. Dalekozrakost (co je to, co ji způsobuje, jak vzniká, kde leží ohnisko a jak vypadá výsledný obraz, korekce)

Odpověď: **Dalekozrakost je refrakční vada, při níž dochází vlivem nesprávného vývinu oka (oko je příliš krátké), následkem nedostatečného zakřivení světlo lomných ploch, snížení indexu lomu čočky, nebo v důsledku jiných rohovkových a lentikulárních změn a v důsledku zánětů, nádoru, úrazů, chalazionu, popálení a diabetes mellitus. Může být ale i neurologického a**

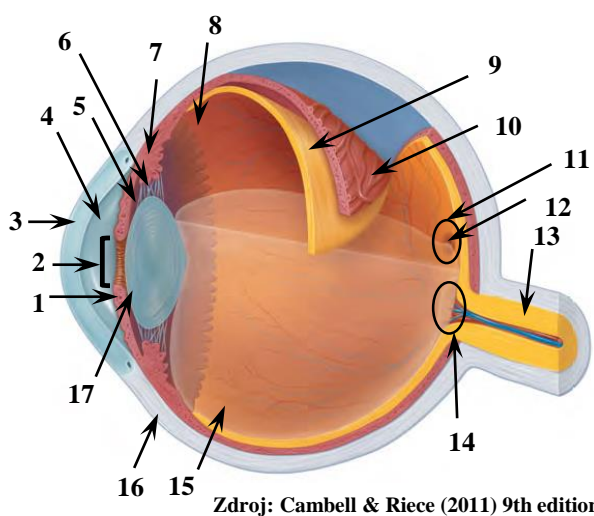
farmaceutického původu. Při dalekozrakosti dochází k vytvoření neostrého obrazu na sítnici, protože se světelné paprsky nesetkávají přímo na sítnici, ale až za ní. Ke korekci slouží dioptrická skla, kontaktní čočky, nebo laserová operace.

7. Vetchozrakost (co je to, co ji způsobuje, jak vzniká, kde leží ohnisko a jak vypadá výsledný obraz, korekce)

Odpověď: Vetchozrakost je refrakční vada vznikající přirozeným stárnutím organismu a ztrátou akomodačních schopností čočky následkem ztráty její elastičnosti. Vlivem snižování elastičnosti čočky dochází k oddalování blízkého bodu, a protože čočka ztrácí postupem času schopnost akomodace, tak se ohnisko obrazu přesouvá za sítnici. Ke korekci jsou používány dioptrická skla a kontaktní čočky s kladnou hodnotou, ale i laserová operace

4.2.1.5 Popis obrázku

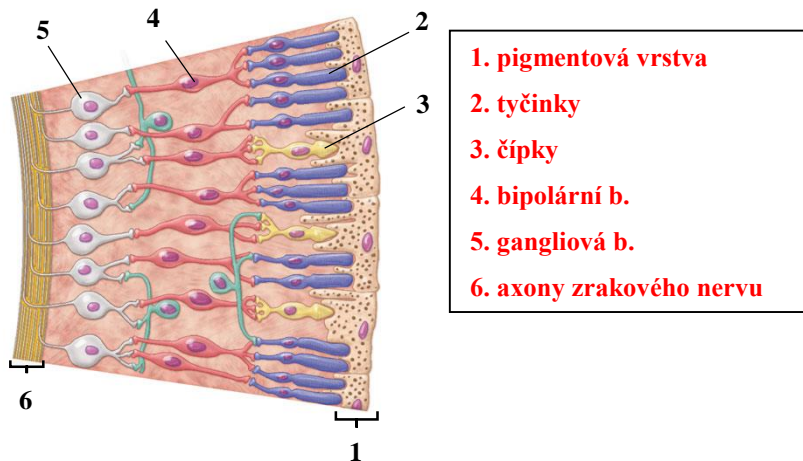
1. Stavba komorového oka



- 1. duhovka/*iris*
- 2. zornice/*pupila*
- 3. rohovka/*cornea*
- 4. přední komora oční

- 5. zadní komora oční
- 6. vlákna závěsného aparátu/zonuly/*zonula ciliaris*
- 7. řasnaté tělísko/*corpus ciliare*
- 8. sklivcová dutina
- 9. sítnice/*retina*
- 10. cévnatka/*choroidea*
- 11. žlutá skvrna/*macula lutea*
- 12. fovea/*fovea centralis*
- 13. zrakový nerv/*nervus opticus*
- 14. optický disk
- 15. sklivec
- 16. bělima/*sclera*
- 17. čočka/*lens*

2. Sítnice



Zdroj: Marieb et al. (2012) 6th edition

4.2.2 Testové otázky z okruhu patofyziologie

4.2.2.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď)

1. V závislosti na správnosti tvrzení zvol „ANO“/ „NE“
 - i. Původcem konjunktivitidy může být i měňavka akantaméba. **ANO – NE**
 - ii. Konjunktivitida je zánět živnatky. **ANO – NE**
 - iii. Šedý zákal se jinak označuje také jako katarakta. **ANO – NE**
 - iv. U katarakty dochází k nárůstu nitroočního tlaku. **ANO – NE**
 - v. Katarakta je nejčastější příčinou ztráty zraku v pokročilém věku. **ANO – NE**
 - vi. Katarakta vede u osob trpících vetchozrakostí k přechodnému zlepšení zraku. **ANO – NE**
 - vii. Barvoslepost je autozomálně dědičné onemocnění. **ANO – NE**
 - viii. Barvosleposti jsou nejčastěji postiženy ženy. **ANO – NE**
 - ix. K detekci barvosleposti je používán tzv. Ishiharův test. **ANO – NE**
 - x. Šeroslepost může vznikat mimo jiné i v důsledku nedostatku vitamínu A. **ANO – NE**
 - xi. Glaukom se jinak označuje také jako šedý zákal **ANO – NE**
 - xii. Glaukom vzniká v důsledku zvýšeného nitroočního tlaku. **ANO – NE**

- xiii. Glaukom vzniká v důsledku narušení proudění sklivce. **ANO – NE**
- xiv. Při glaukomu dochází k poškozování a odumírání nervových vláken zrakového nervu. **ANO – NE**
- xv. Astigmatismus je refrakční vada vzniklá v důsledku nepravidelného zakřivení rohovky. **ANO – NE**
- xvi. Krátkozrakost nemůže být způsobena nadměrnou lomivostí světlolomného aparátu oka. **ANO – NE**
- xvii. Dalekozrakost nemůže být způsobena nedostatečnou lomivostí světlolomného aparátu oka. **ANO – NE**

2. Vyber správné tvrzení

- a) Konjunktivitida je zánět žilnatky.
- b) U katarakty dochází k nárůstu nitroočního tlaku.
- c) Glaukom se jinak označuje také jako šedý zákal
- d) Šedý zákal se jinak označuje také jako katarakta.**

3. Vyber správné tvrzení

- a) Glaukom vzniká v důsledku narušení proudění sklivce.
- b) K detekci barvosleposti je používán tzv. Ishiharův test.**
- c) Barvoslepost je autozomálně dědičné onemocnění.
- d) Barvosleposti jsou nejčastěji postiženy ženy.

4. Vyber správné tvrzení

- a) Astigmatismus je refrakční vada vzniklá v důsledku nepravidelného zakřivení rohovky.**
- b) Dalekozrakost nemůže být způsobena nedostatečnou lomivostí světlolomného aparátu oka.
- c) Krátkozrakost nemůže být způsobena nadměrnou lomivostí světlolomného aparátu oka.
- d) Barvosleposti jsou nejčastěji postiženy ženy.

5. Vyber **nesprávné** tvrzení

- a) Při glaukomu dochází k poškození a odumírání nervových vláken zrakového nervu.
- b) Glaukom vzniká v důsledku narušení proudění sklivce.**
- c) Katarakta vede u osob trpících vetchozrakostí k přechodnému zlepšení zraku.
- d) Šeroslepost může vznikat mimo jiné i v důsledku nedostatku vitamínu A.

6. Vyber **nesprávné** tvrzení

- a) Barvoslepost je autozomálně dědičné onemocnění.**
- b) Katarakta je nejčastější příčinou ztráty zraku v pokročilém věku.
- c) Původcem konjunktivitidy může být i měňavka akantaméba.
- d) Šedý zákal se jinak označuje také jako katarakta.

7. Vyber **nesprávné** tvrzení

- a) Astigmatismus je refrakční vada vzniklá v důsledku nepravidelného zakřivení rohovky.
- b) Šeroslepost může vznikat mimo jiné i v důsledku nedostatku vitamínu A.
- c) Šedý zákal se jinak označuje také jako katarakta.
- d) Dalekozrakost nemůže být způsobena nedostatečnou lomivostí světlolomného aparátu oka.**

4.2.2.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď)

1. Konjunktivitida se projevuje **zarudnutím (začervenáním) oka/zarudnutím (začervenáním) okrajových částí oka.** (doplň)

2. Závažné případy konjunktivitidy se mohou projevovat **hnisavým výtokem z postiženého oka.** (doplň)

3. Jak se navenek projevuje katarakta?

Odpověď: **(šedavým) zakalením čočky**

4. Jakým jediným způsobem je dnes možné zvrátit/vyléčit šedý zákal?

Odpověď: **chirurgickým zákrokem/výměnou čočky**

5. Jakým způsobem je možné zabránit opětovnému vzniku glaukomu?

Odpověď: **laserovou operací**

4.2.2.3 Spoj

1. Spoj refrakční vadu a typ skel, kterými dochází k její nápravě

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. dalekozrakost | a) rozptylky |
| 2. krátkozrakost | b) cylindrická skla |
| 3. astigmatismus | c) spojky |

Odpověď: 1c; 2a; 3b

2. Spoj oční strukturu a onemocnění, které ji postihuje

- | | |
|----------------|--------------------|
| 1. čočka | a) šeroslepost |
| 2. oční komory | b) konjunktivitida |
| 3. spojivka | c) katarakta |
| 4. tyčinky | d) barvoslepost |
| 5. čípky | e) glaukom |

Odpověď: 1c; 2e; 3b; 4a; 5d

4.3 Obtížnost: vysoká

Tato úroveň obtížnosti odpovídá znalostem žáků vysoké školy.

První část otázek se opět týká anatomie a fyziologie oka. První oddíl obsahuje otázky zaměřené na výběr jedné správné možnosti z nabízených odpovědí. Druhý oddíl je založen na výběru většího množství správných odpovědí na položenou otázku. Ve třetím oddílu je vyžadována pouze krátká odpověď tvořena jen jedním, případně dvěma slovy. Další oddíl opět tvoří soubor otázek s otevřenou odpovědí a v závěru se opět nacházejí obrázky vyžadující popis označených struktur.

Druhá část je zaměřena na ověření znalostí ze sekce patofyziologie. Odpovědi na otázky mají formu výběru „ANO“/„NE“ (tento typ otázek je také seskupením možné modifikovat na otázky s výběrem správného/nesprávného tvrzení), otázky s větším množstvím správných odpovědí, s krátkou odpovědí a odpovědi vyžadující reprodukcí získaných poznatků v problémových situacích. V závěru jsou obrázky vyžadující popis.

4.3.1 Testové otázky z okruhu anatomie a fyziologie

4.3.1.1 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď)

1. Na povrch bělimy se upíná okohybných svalů
 - a) 8
 - b) 6**
 - c) 4
 - d) 0
2. Která z vrstev rohovky má největší tloušťku?
 - a) epitel
 - b) Bowmanova membrána
 - c) stroma**
 - d) endotel
3. Po zániku *arteria hyaloidea* poskytuje výživu čočce:
 - a) *Canalis hyaloideus*
 - b) sklivec**
 - c) komorová tekutina
 - d) po zániku *a. hyaloidea* již čočka není vyživována
4. Optická mohutnost čočky činí přibližně:
 - a) +80 D
 - b) +60 D
 - c) +40 D
 - d) +20 D**
5. Množství tyčinek převyšuje množství čípků:
 - a) 100krát
 - b) 50krát
 - c) 40krát
 - d) 20krát**
6. Absorpční maximum tyčinek se nachází v oblasti spektra:
 - a) modrého
 - b) zeleného**
 - c) oranžového
 - d) červeného

8. Prohlubeň uvnitř žluté skvrny označovaná jako *fovea centralis* vzniká v důsledku:

- a) **rozestoupení svrchních vrstev sítnice**
- b) nepřítomnosti krevních cév
- c) nepřítomnosti tyčinek
- d) přítomnosti pouze čípků

9. Sval pohybující okem přímo vzhůru se nazývá:

- a) ***musculus rectus superior***
- b) *musculus rectus inferior*
- c) *musculus obliquus superior*
- d) *musculus obliquus superior*

10. Sval pohybující okem přímo dolů se nazývá:

- a) *musculus rectus superior*
- b) ***musculus rectus inferior***
- c) *musculus obliquus superior*
- d) *musculus obliquus superior*

11. Sval pohybující okem šikmo vzhůru se nazývá:

- a) *musculus rectus superior*
- b) *musculus rectus inferior*
- c) ***musculus obliquus superior***
- d) *musculus obliquus inferior*

12. Sval pohybující okem šikmo dolů se nazývá:

- a) *musculus rectus superior*
- b) *musculus rectus inferior*
- c) *musculus obliquus superior*
- d) ***musculus obliquus inferior***

13. Sval pohybující okem zevním směrem se nazývá

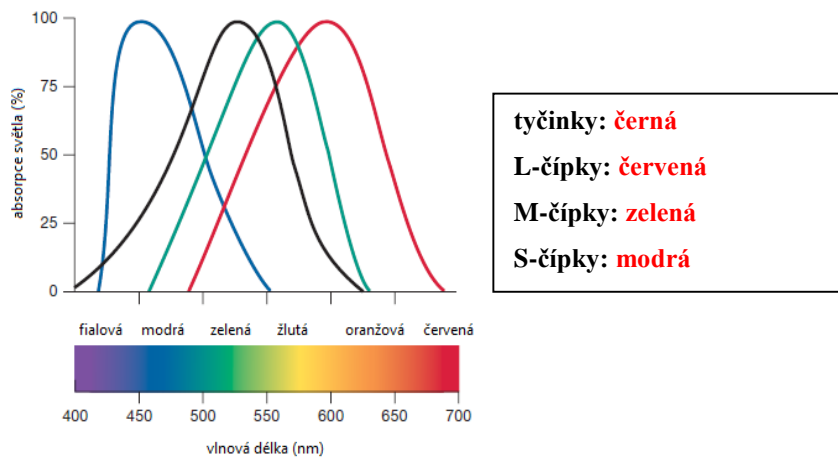
- a) *musculus rectus medialis*
- b) ***musculus rectus lateralis***
- c) *musculus obliquus superior*
- d) *musculus obliquus superior*

4.3.1.2 Otázky uzavřené (krátká odpověď)

1. Ke křížení části vláken zrakového nervu dochází v **optickém křížení/chiasma opticum**. (doplň)
2. Průhlednost čočky je mimo jiné umožněna přítomností proteinu **krystalinu**.(doplň)
3. Proteinová složka fopigmentu čípků se nazývá **fotopsin**. (doplň)
4. Rozdíly mezi tyčinkami a čípký

tvar:	tyčinky – tyčinkovitý , čípky – kónický
membránové disky:	tyčinky – kompletně separované , čípky – hřebenovitě zprohýbané
barviva:	tyčinky – rohopsin (retinal + opsin) , čípky – retinal + fotopsiny
barevné vidění:	tyčinky – černobílé/monochromatické , čípky – barevné/trichromatické

5. Přiřaď k názvu buňky barevnou křivku s odpovídajícím absorpčním maximem:



Zdroj: Silverthorn et al. (2013) 6th edition

4.3.1.3 Otázky otevřené

1. Co je to pupilární reflex a k čemu slouží?

Odpověď: **Pupilární reflex představuje zúžení a rozšíření zornice regulující množství světla dopadajícího na sítnici.**

2. Vysvětli princip zpomalené adaptace zraku při přechodu z osvětlené místnosti do tmavého prostředí.

Odpověď: **Při přechodu do tmavého prostředí zůstává aktivní pouze malá zbytková část fotopigmentů v čípcích. Na světle totiž dochází k disociaci rodopsinu v tyčinkách, čímž vzniká jeho neaktivní forma. K navrácení rodopsinu do původní aktivní formy ale dochází ve tmavém prostředí se zpožděním, což má právě za následek zpomalenou adaptaci zraku při přechodu ze světlého prostředí do prostředí tmavého.**

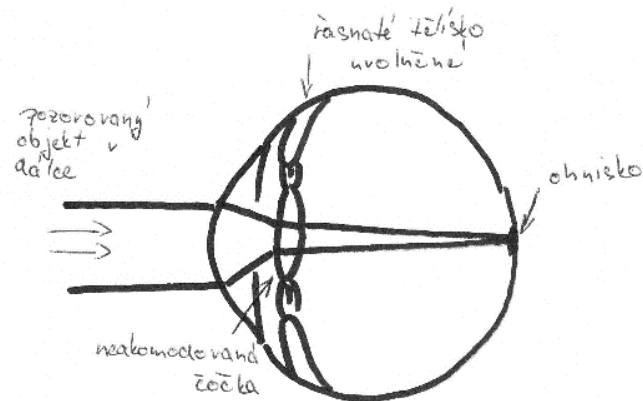
3. Vysvětli princip funkce Mariottových obrázků (proč jeden obrázek zmizí a druhý ne?)

Odpověď: **Zakrytím jednoho oka dojde k zamezení překryvu zorných polí obou očí a tím kompenzaci přítomnosti slepé skvrny. Soustředěním se na obrazec, který leží na stejné straně jako je zakryté oko (zakryté levé oko = pozorování levé ho obrazce a naopak) a současným přibližováním obrázku s obrazci dojde v určité vzdálenosti ke zmizení obrazce, který neleží v centrální části zorného pole nezakrytého oka. V takovémto okamžiku dopadají paprsky tohoto obrazce do oblasti žluté skvrny a pro mozek tak není viditelný. Dalším přibližováním obrázku se obrazec opět objeví.**

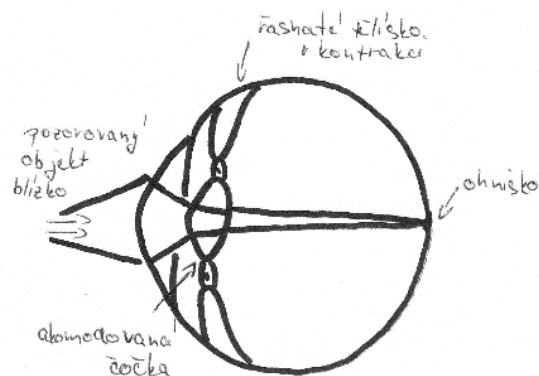
4. K čemu slouží vlákna zrakového nervu oddělující se v *colliculi superioris* středního mozku?

Odpověď: **Tato vlákna se podílejí na kontrole pohybu očí a koordinaci se sluchovým a pohybovým ústrojím za účelem pohybu a udržení rovnováhy.**

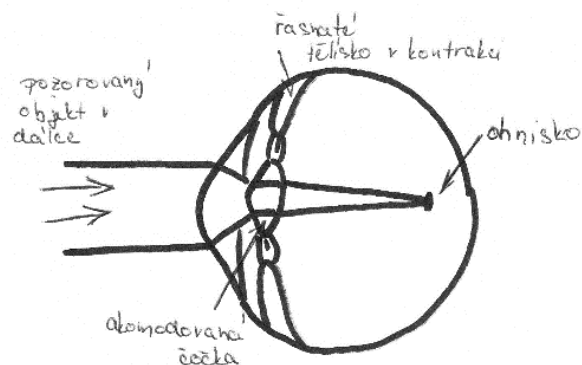
5. Jak bude vypadat čočka při pozorování vzdálených objektů a kam dopadnou paprsky? (schematický náčrt oka s důrazem na tvar čočky a ohnisko obrazu)



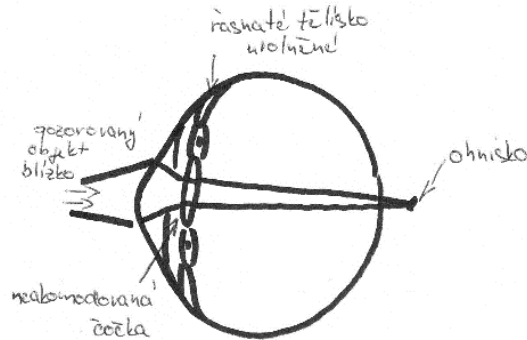
6. Jak bude vypadat čočka při pozorování blízkých předmětů a kam dopadnou paprsky? (schematický náčrt oka s důrazem na tvar čočky a ohnisko obrazu)



7. Představte si, že se oko snaží zaostřit do dálky, ale hladká svalovina řasnatého tělíska se stále nachází ve stavu kontrakce. Co se stane s čočkou a výsledným obrazem na sítnici? (schematický náčrt oka s důrazem na tvar čočky a ohnisko obrazu)

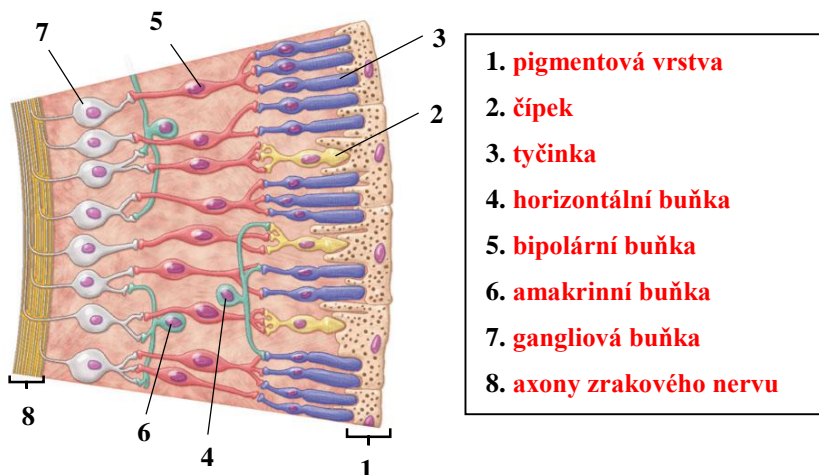


8. Představte si, že se oko snaží zaostřit na blízký předmět, ale v řasnatém tělísku stále nedošlo ke kontrakci hladké svaloviny. Co se stane s čočkou a výsledným obrazem na sítnici? (schematický náčrt oka s důrazem na tvar čočky a ohnisko obrazu)



4.3.1.4 Popis obrázku

1. Které struktury jsou vyznačeny na obrázku?



Zdroj: Marieb et al. (2012) 6th edition

4.3.2 Testové otázky z okruhu patofyziologie

4.3.2.1 Otázky uzavřené

1. V závislosti na správnosti tvrzení zvol „ANO“/ „NE“
- i. Při barvosleposti dochází velice často k absenci červených čípků. **ANO – NE**
 - ii. Keratitida může vést až ke ztrátě zraku. **ANO – NE**
 - iii. Keratitidu způsobují mimo jiné i viry, které jsou původci oparů. **ANO – NE**
 - iv. Při korneálních dystrofiích dochází vlivem věku k ukládání abnormálního materiálu. **ANO – NE**

- v. Transplantace rohovky je jediným možným způsobem jak se natrvalo zbavit lézí vznikajících při korneálních dystrofiích. **ANO – NE**
- vi. Keratokonus je charakteristický ztluštěním rohovky, které má za následek její vyklenutí. **ANO – NE**
- vii. Keratokonus je stacionární onemocnění postihující rohovku. **ANO – NE**
- viii. Při věkem podmíněné makulární degeneraci jsou primárně postiženy fotoreceptory. **ANO – NE**
- ix. U osob postižených věkem podmíněnou makulární degenerací dochází postupem času ke ztrátě centrálního vidění. **ANO – NE**
- x. U vlhké formy věkem podmíněné makulární degenerace dochází k neovaskularizaci sítnice. **ANO – NE**
- xi. Diabetická retinopatie je celosvětově hlavní příčinou ztráty zraku u osob do 20 let. **ANO – NE**
- xii. U diabetické retinopatie může dojít k neovaskularizaci sítnice. **ANO – NE**
- xiii. Nové cévy vznikající při proliferativní diabetické retinopatii jsou slabé a často směřují do jiných oblastí sítnice. **ANO – NE**
- xiv. Syndrom suchého oka může vést k nadměrnému slzení. **ANO – NE**
- xv. Keratitida způsobená akantamébou je typický problém nositelů kontaktních čoček. **ANO – NE**
- xvi. Při astigmatismu dochází ke zkreslení obrazu v různých směrech. **ANO – NE**
- xvii. Fyziologický astigmatismus způsobuje protažení předmětů ve vodorovném směru. **ANO – NE**
- xviii. Mozek není schopen vyrovnat žádnou astigmatickou změnu. **ANO – NE**
- xix. Při myopii se tvoří obraz za sítnicí. **ANO – NE**
- xx. Větší množství lidí postižených myopií se nachází v méně vyspělých oblastech světa. **ANO – NE**

- xxi. Na rozvoji myopie se významnou měrou podílí způsob života. **ANO – NE**
- xxii. Nošení předepsaných brýlí a kontaktních čoček vede při myopické refrakční vadě postupem času ke zvyšování závislosti na korekčních prostředcích **ANO – NE**
- xxiii. Při hypermetropii se obraz tvoří před sítnicí. **ANO – NE**
- xxiv. Nízké hodnoty hypermetropie je oko schopno vyrovnat samo pomocí akomodace. **ANO – NE**
- xxv. Hypermetropie se nejčastěji rozvíjí v období puberty. **ANO – NE**
- xxvi. Laserová operace má vyšší úspěšnost při léčbě hypermetropie než při léčbě myopie. **ANO – NE**
- xxvii. Při presbyopii dochází vlivem snížené akomodační schopnosti čočky k formování obrazu před sítnicí. **ANO – NE**
- xxviii. Presbyopie je výsledkem přirozených změn, ke kterým dochází v průběhu stárnutí organismu. **ANO – NE**
- xxix. U konjunktivitidy nedochází k pohybu cév spolu s pohybem konjunktivy. **ANO – NE**
- xxx. Diabetická retinopatie bývá odhalena dříve u pacientů trpících diabetem 2. typu ve srovnání s pacienty trpícími diabetem 1. typu. **ANO – NE**
- xxxi. Na celkové velikosti astigmatismu se může podílet i čočka. **ANO – NE**
- xxxii. Na rozvoji hypermetropie se podílí především okolní prostředí. **ANO – NE**
- xxxiii. Presbyopie se nejčastěji rozvíjí kolem 60. roku života. **ANO – NE**
- xxxiv. U osob postižených myopií se v počátečních fázích presbyopie dostavuje dočasné zlepšení blízkého vidění. **ANO – NE**
- xxxv. Presbyopie je připisována snížené elasticitě čočky vedoucí k narušení normální funkce řasnatého tělíska. **ANO – NE**

4.3.2.2 Otázky uzavřené (jedna správná odpověď)

1. Jak se nazývá onemocnění sítnice, při němž dochází ke ztrátě epiteliální pigmentové vrstvy?
 - a) **věkem podmíněná makulární degenerace**
 - b) diabetická retinopatie
 - c) keratokonus
 - d) žádná možnost není správná
2. Onemocnění způsobené ztenčením rohovkového stromatu se nazývá:
 - a) konjunktivitida
 - b) keratitida
 - c) korneální dystrofie
 - d) **keratokonus**
3. Pokud osobám postiženým barvoslepostí chybí jeden typ čípků pro vnímání určité barvy, mluvíme o:
 - a) monochromatismu
 - b) **dichromatismu**
 - c) trichromatismu
 - d) žádná možnost není správná
4. Při věkem podmíněné makulární degeneraci se epiteliální pigmentové vrstvě ukládají:
 - a) **tukové kapénky a odpadní látky metabolismu**
 - b) monosacharidy
 - c) aminokyseliny
 - d) kationty vodíku
5. Astigmatismus, který se běžně vyskytuje téměř u všech lidí má velikost do:
 - a) $\frac{1}{4}$ D
 - b) **$\frac{1}{2}$ D**
 - c) 1 D
 - d) $1 \frac{1}{2}$ D

4.3.2.3 Spoj

1. Spoj český název refrakční vady s odpovídající označením odborným:

- | | |
|------------------|------------------|
| 1) krátkozrakost | a) hypermetropie |
| 2) dalekozrakost | b) myopie |
| 3) vetchozrakost | c) presbyopie |

Odpověď: 1b; 2a; 3c

2. Spoj názvy čípků s barvou odpovídající absorpčnímu maximu daného čípku

- | | |
|------------|------------|
| 1) l-čípky | a) zelená |
| 2) m-čípky | b) modrá |
| 3) s-čípky | c) červená |

Odpověď: 1c; 2a; 3b

Závěr

Lidské komorové oko je velice složitý orgán, jehož funkce nemusí být pro každého ihned a snadno pochopitelné. Právě při názorných ukázkách hrají nezastupitelnou roli modely, které dokáží zprostředkovat právě požadované funkce ve zjednodušené a názorné podobě a mají ve výuce nezastupitelnou úlohu. Důležité je ovšem vhodně zvolit model s požadovanými funkcemi, protože existuje na trhu nepřeberné množství různých fyziologických simulátorů, které se od sebe ať už více či méně liší.

Modely používané v praktické části mají navzdory některým nedostatkům v hodinách své místo byť použití modelu „W16002 – Funkční oční model“ bych omezil pouze na demonstraci akomodačních schopností čočky. Jednoznačnou předností modelu „SB4805 – Rubin’s eye“ je škála dostupných čoček, které umožňují prezentovat refrakční vady. Předností modelu „W16002 – Funkční oční model“ je naopak názorná změna tvaru čočky, umožňující změnu ohniskové vzdálenosti změnou zakřivení povrchu čočky.

Model W16002 skýtá obrovský potenciál, ale následkem špatného zpracování nelze demonstrovat funkce, které by model měl nabízet. Jediné čeho jsem byl schopen dosáhnout je demonstrace akomodačních schopností čočky a s ní související demonstrace blízkého bodu oka. Naopak refrakční vady jako hypermetropie, myopie a presbyopie nebylo možné zcela demonstrovat v důsledku nedostatečného zaostření obrazu po korekci přiloženými korekčními skly. Dále jsou přítomny nesrovnalosti mezi přiloženým návodem a dostupnými doplňky, které výrazně ztěžují práci a prodlužují dobu potřebnou pro přípravu modelu. Tyto nesrovnalosti se týkají optické mohutnosti přiložených korekčních skel a skutečnostmi uváděnými v manuálu. K modelu byla přiložena korekční skla o síle $-0,5\text{ D}$ a $+1\text{ D}$ navzdory faktu, že manuál pracuje s optickými mohutnostmi korekčních skel -2 D a $+1\text{ D}$. Největší problém ovšem nastal při použití čočky o síle $-0,5\text{ D}$, která je příliš široká pro drážku ve stojanu na čočky a navíc byla schopna po prodloužení oka obnovit ostrost pozorovaného obrazu jen minimálně. K závěru, že model „W16002 – Funkční oční model“ není zpracován zcela bezchybně, mne vede především fakt, že akomodační schopnosti čočky jsou proveditelné zcela bez problémů při jakýchkoliv pozorovacích vzdálenostech, zatímco demonstrace refrakčních vad není při zachování vzdálenosti určené pro jednotlivé čočky možná bez dodatečné akomodace čočky.

Ve svých hodinách bych sáhl po obou modelech, a zatímco pomocí modelu W16002 bych demonstroval akomodační schopnosti čočky, tak model SB48053 bych využil k simulování vad refrakčního aparátu. Kdybych si ovšem měl vybrat pouze jeden model, určitě

bych sáhl po modelu SB48053 – Rubin's eye, a to kvůli výše jmenovaným nedostatkům modelu „W16002 – Funkční oční model.“

Literatura

1. BARRETT, Kim E. Ganong's review of medical physiology. 24th ed. Maidenhead: McGraw-Hill, 2012. A Lange medical book. ISBN 978-0-07-178003-2
2. COOPER, Jeffrey, Erica SCHULMAN a Nadine JAMAL. Current Status on the Development and Treatment of Myopia. *Cooper Eye Care* [online]. © 2012 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.coopereyecare.com/studies/Current%20Status%20on%20the%20Development%20and%20Treatment%20of%20Myopia1.pdf>
3. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3. 2., upr. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-X.
4. ČERNÁK, Andrej a Martin ČERNÁK. Suché oko. *Ambulantná terapia* [online]. 2007, 5(3-4), 204-208 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.solen.sk/pdf/8c209c0226883ba8e581e65b24be3e97.pdf>
5. ČERNÁK, Andrej, Martin ČERNÁK a Erika VODRÁŽKOVÁ. Glaukóm – zelený zákal. *Ambulantná terapia* [online]. 2009 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.solen.sk/pdf/8ae2c156ea787475d5e4492ce248cf75.pdf>
6. ČERVINKOVÁ, Miroslava. Astigmatismus a jeho korekce [online]. Olomouc, 2009 [cit. 2016-02-27]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce František Pluháček Dostupné z: <http://theses.cz/id/663kp1/>
7. FOX, Stuart Ira. *Human physiology* [online]. 12th ed. New York: McGraw-Hill, c2011, 1 v. (various pagings) [cit. 2015-03-29]. ISBN 00-733-7811-9. Dostupné z: http://filepost.com/files/84a123c4/Human_Physiology.pdf
8. GOSS, David A., Theodore P. GROSVENOR, Jeffrey T. KELLER *et al.* Myopia. *The American Optometric Association* [online]. August 9, 1997, 2006 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.aoa.org/documents/optometrists/CPG-15.pdf>
9. GRZYBOWSKI, Andrzej a Pinar AYDIN. Edme Mariotte (1620–1684): Pioneer of Neurophysiology. *Survey of Ophthalmology* [online]. 2007, vol. 52, issue 4, s. 443-451 [cit. 2015-03-29]. DOI: 10.1016/j.survophthal.2007.04.002. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0039625707000501>
10. HINGORANI, Melanie, Dan GORE a Melanie MASON. Keratoconus. *Moorfields Eye Hospital NHS* [online]. July 2014 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.moorfields.nhs.uk/sites/default/files/uploads/documents/Keratoconus.pdf>
11. HOLZER, Mike P., Helga P. SANDOVAL a Kerry D. SOLOMON. Surgery for Presbyopia. *The American Academy of Ophthalmology* [online]. © 1995 - 2003 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.aao.org/vp/edu/refract/v1m3/refractive_management_v1m3.pdf

12. ILLAHI, Waheeda. Keratoconus: Diagnosis, contact lens fitting and management. *David Thomas Contact Lenses* [online]. August 18, 2006 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.davidthomas.com/assets/Keratoconus-Diagnosis-contact-lens-fitting-and-management-Waheeda-Illahi.pdf>
13. JOHNSTONE, Paul. Myopia. *Gov.uk* [online]. September 2008 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/384526/myopia.pdf
14. KAIMBO WA KAIMBO, Dieudonne. Astigmatism – Definition, Etiology, Classification, Diagnosis and Non-Surgical Treatment. In: *Astigmatism: optics, physiology and management*. 1st. Rijeka: InTech, 2012, s. 59-74. ISBN 9789535102304. Dostupné z: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/29985.pdf>
15. KALVODOVÁ, B., T. SOSNA, T. PELIKÁNOVÁ *et al.* Doporučené postupy pro diagnostiku a léčbu diabetické retinopatie. *Česká diabetologická společnost* [online]. 14.6. 2011 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.diab.cz/dokumenty/standard_oci.pdf
16. KLINTWORTH, a Joseph A. C. WADSWORTH. Corneal Dystrophies. *The Corneal Dystrophy Foundation* [online]. 7-7-2013 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.cornealdystrophyfoundation.org/cdfliterature/Corneal_Dystrophies.pdf
17. KORDA, Vladimír a Jiří SPÍŠEK. Věkem podmíněná makulární degenerace sítnice (VPMD). *Medicina pro praxi* [online]. 2010 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2010/11/08.pdf>
18. LEVY, Simon G. Understanding Keratoconus. *Eyesite* [online]. ©2009 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.eyesite.org/wp-content/uploads/brochures/Understanding%20Keratoconus%20LR%201209.pdf>
19. MACHOVÁ, Jitka. Biologie člověka pro učitele. Vyd. 1. V Praze: Karolinum, c2002, 269 s. ISBN 80-718-4867-0.
20. MANCIL, Gary L., Ian L. BAILEY, Kenneth E. BROOKMAN *et al.* Presbyopia. *The American Optometric Association* [online]. March 20, 1998, 2010 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.aoa.org/documents/optometrists/CPG-17.pdf>
21. MARIEB, Elaine Nicpon, Patricia Brady WILHELM a Jon MALLATT. *Human anatomy* [online]. 6th ed. media update. Boston: Benjamin Cummings, c2012, xxxiv, 846 p. [cit. 2015-03-29]. ISBN 03-217-5327-5. Dostupné z: <http://k2s.cc/file/348d3737e4d6d>
22. MOORE, Bruce D., Arol R. AUGSBURGER, Elise B. CINER *et al.* Hyperopia. *The American Optometric Association* [online]. August 9, 1997, 2008 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.aoa.org/documents/optometrists/CPG-16.pdf>

23. MRÁČKOVÁ, Eva. Problematika suchého oka [online]. Brno, 2007 [cit. 2016-02-27]. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Tomáš Jurečka Dostupné z: http://is.muni.cz/th/142444/lf_b/
24. NÁVAROVÁ, Marie. Vysoká myopie a patologické změny oka [online]. Brno, 2006 [cit. 2016-02-27]. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Šárka Skorkovská Dostupné z: http://is.muni.cz/th/101054/lf_b/
25. NĚMEC, Pavel. Infekční konjunktivitidy. *Pediatric pro praxi* [online]. 2009 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2009/02/09.pdf>
26. ODEHNAL, Milan, Květoslava FERROVÁ a Jiří MALEC. Léčba suchého oka. *Praktické lékařství* [online]. 2010, 6(3), 149-152 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2010/03/10.pdf>
27. ODEHNAL, Milan a Jiří MALEC. Problematika suchého oka. *Klinická farmakologie a farmacie* [online]. 2013, 27(2), 61-67 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.klinickafarmakologie.cz/pdfs/far/2013/02/03.pdf>
28. PORTH, Carol Mattson & MATFIN, Glenn. *Pathophysiology: concepts of altered health states* [online]. 8th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams, 2009 [cit. 2015-03-29]. ISBN 07-817-6616-8. Dostupné z: <http://k2s.cc/file/52c54b17ee5a7>
29. RABINOWITZ, Yaron S. Keratoconus. *Survey of Ophthalmology* [online]. 1998, vol. 42, issue 4, s. 297-319 [cit. 2015-03-29]. DOI: 10.1016/S0039-6257(97)00119-7. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0039625797001197>
30. REINSTEIN, Dan Z., Timothy J. ARCHER, Marine GOBBE *et al.* Stromal Thickness in the Normal Cornea: Three-Dimensional Display with Artemis Very High-Frequency Digital Ultrasound. *Journal of Refractive Surgery* [online]. 2009-09-01, vol. 25, issue 9, s. 776-786 [cit. 2015-04-04]. DOI: 10.3928/1081597X-20090813-04. Dostupné z: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/1081597X-20090813-04>
31. ROKYTA, Richard. Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2000. 359 s. ISBN 80-85866-45-5.
32. ROOT, Written and illustrated by Timothy. *OphthoBook* [online]. [United States: amazon.com], 2012 [cit. 2015-03-29]. ISBN 14-486-3882-8. Dostupné z: <http://www.opthobook.com/order>
33. RŮŽIČKOVÁ, Eva, Marek FICHTL, Jindřiška BETKOVÁ *et al.* Současná farmakoterapie glaukomu. *Klinická farmakologie a farmacie* [online]. 2009 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.klinickafarmakologie.cz/pdfs/far/2009/03/04.pdf>
34. SAW, Seang-Mei, Gus GAZZARD, Edwin Chan SHIH-YEN *et al.* Myopia and associated pathological complications. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 2005, vol. 25, issue 5, s. 381-391 [cit.

2015-03-29]. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x>

35. SHARMA, Savitri. Keratitis. *Bioscience Reports* [online]. August 2001 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.bioscirep.org/content/ppbioscirep/21/4/419.full.pdf>
36. SILBERNAGL, Stefan, Florian LANG a Astried ROTHENBURGER. *Color atlas of pathophysiology* [online]. [1st ed.]. Ilustrace Wolf-Rüdiger Gay. Stuttgart: Thieme, 2000, x, 406 s. [cit. 2015-03-29]. ISBN 08-657-7866-3. Dostupné z: <http://lmpbg.org/new/downloads/pathophysiology.pdf>
37. SILVERTHORN, Dee Unglaub, Bruce R JOHNSON, William C OBER, Claire W GARRISON a Andrew C SILVERTHORN. *Human physiology: an integrated approach* [online]. 6th ed. Boston: Pearson Education, c2013, xxii, 890, [69] p. [cit. 2015-03-29]. ISBN 03-218-1082-1. Dostupné z: http://longfiles.com/zacrxfb4iuhq/0321750071_Physiol.pdf.html
38. SOSNA, Tomáš. Diabetická retinopatie. *Medicína pro praxi* [online]. 2009 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2009/05/11.pdf>
39. SVATONŮVÁ, Hana. *Vývoj operace katarakty*. Brno, Květen 2006. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/101051/lf_b/bakalarka.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně. Vedoucí práce MUDr. Šárka Skorkovská, CSc.
40. SVOBODOVÁ, Markéta a Michalis PALOS. Diagnostika a léčba červeného oka. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2013, 15(2), 69-74 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2013/02/06.pdf>
41. SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
42. TAREN, Douglas. Historical and practical uses of assessing night blindness as an indicator for vitamin A deficiency. In: *World Health Organization. Report: Priorities in the assessment of vitamin A and iron status in populations* [online]. Panama City, Panama, September 2010 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/background_paper1_report_assessment_vit_AandIron_status.pdf
43. Trabecular tissue of sclera. *The Free Dictionary* [online]. 2012 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/reticulum+trabeculare+sclerae>
44. VISLISEL, Jesse a Thomas OETTING. Diabetic Retinopathy: From One Medical Student to Another. *EyeRounds.org* [online]. September 1, 2010 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/tutorials/diabetic-retinopathy-med-students/Diabetic-Retinopathy-medical-students.pdf>
45. VOKURKA, Martin a Jan HUGO. *Velký lékařský slovník*. 9., aktualiz. vyd. Praha: Maxdorf, c2009. Jessenius. ISBN 978-80-7345-202-5.

46. WEISS, Jayne S., H. U. MØLLER, Walter LISCH *et al.* The IC3D Classification of the Corneal Dystrophies. *CLINICAL SCIENCE* [online]. December 2008, Volume 27, Suppl. 2, S1-S42 [cit. 2015-03-29]. DOI: 10.1097/ICO.0b013e31817780fb. Dostupné z: http://www.corneasociety.org/sites/default/files/publications/ic3d_class_cornealdystrophies.pdf
47. WERNER, Leonardo, Fernando TRINDADE, Frederico PEREIRA *et al.* Fisiologia da acomodação e presbiopia. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* [online]. 2000, vol. 63, issue 6, s. 487-493 [cit. 2015-03-29]. DOI: 10.1590/S0004-27492000000600011. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-27492000000600011&script=sci_arttext&tlng=en
48. ŽIVČÁKOVÁ, Eliška. *Myopie a její korekce*. Olomouc, Květen 2009. Dostupné z: <http://theses.cz/id/ik84oj/72900-143248011.pdf>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce RNDr. František Pluháček, Ph.D.

Obrázky

1. The Orbit flashcards. *Quizlet* [online]. © 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://quizlet.com/19962294/the-orbit-flash-cards/>
2. The Eye and Vision. *MyVMC* [online]. 26 November, 2007, 14 July, 2014 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.myvmc.com/anatomy/the-eye-and-vision/>
3. Conjunctivitis : Causes, symptoms & treatment. *Advanced Vision Care* [online]. 27 September 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.advancedvisioncare.co.uk/conjunctivitis/>
4. The Eye and Vision. *MyVMC* [online]. 26 November, 2007, 14 July, 2014 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.myvmc.com/anatomy/the-eye-and-vision/>
5. ABELSON, Mark B., Daniel DEWEY-MATTIA a Aron SHAPIRO. Acanthamoeba: A Dangerous Pathogen. *Review of Ophthalmology®* [online]. 11/20/2008 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: http://www.reviewofophthalmology.com/content/d/therapeutic_topics/i/1223/c/23018/
6. Lattice corneal dystrophy. *University of Iowa, Ophthalmology* [online]. © 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/atlas/pages/lattice-corneal-dystrophy.htm>
Corneal Dystrophy, Schnyder. *University of Arizona* [online]. © 2010 - 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://disorders.eyes.arizona.edu/disorders/corneal-dystrophy-schnyder>
Corneal Dystrophies and Scars. *Wills Eye* [online]. October 5, 2011 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.willseye.org/health-library/corneal-dystrophies-and-scars>
7. Keratoconus. *Medical Pictures Info* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://medicalpicturesinfo.com/keratoconus/>
8. Chapter 10. *Modesto Junior College* [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: http://droualb.faculty.mjc.edu/Course%20Materials/Physiology%20101/Chapter%20Notes/Fall%202011/chapter_10%20Fall%202011.htm

- Počasi Paříž na 14 dní. *TripZone.cz* [online]. © 2008-2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://francie.tripzone.cz/pariz/pocasi>
9. MARIEB, Elaine Nicpon, Patricia Brady WILHELM a Jon MALLATT. *Human anatomy*. 6th ed. media update. Boston: Benjamin Cummings, c2012, s. 494. ISBN 0321753275.
 10. HAYDEN, Faith A. Challenging cataract cases Managing the rock hard cataract. *EyeWorld* [online]. September 2011 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.eyeworld.org/article-managing-the-rock-hard-cataract>
 11. MARIEB, Elaine Nicpon, Patricia Brady WILHELM a Jon MALLATT. *Human anatomy*. 6th ed. media update. Boston: Benjamin Cummings, c2012, s. 494. ISBN 0321753275.
 12. FOX, Stuart Ira. *Human physiology*. 14th ed. New York: McGraw-Hill, c2016, s. 294. ISBN 0077836375.
- Davey Tree & Expert. *Parkrose Business Association* [online]. 2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://parkrosebusiness.org/member/davey-tree-expert/>
13. Myopia - Astigmatism. W Eye Clinic [online]. © 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>
 14. Myopia - Astigmatism. W Eye Clinic [online]. © 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>
 15. Myopia - Astigmatism. W Eye Clinic [online]. © 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>
 16. Myopia - Astigmatism. W Eye Clinic [online]. © 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.weyeclinic.sg/en/eye-conditions/focusing-problems/>
 17. DORTONNE, Isabelle. Biomechanical response of the in situ primate lens. *The Harvard Undergraduate Research Journal* [online]. Harvard College, 2012 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://thurj.org/research/2011/01/1342/>
 18. MARIEB, Elaine Nicpon, Patricia Brady WILHELM a Jon MALLATT. *Human anatomy*. 6th ed. media update. Boston: Benjamin Cummings, c2012, s. 491. ISBN 0321753275.
 19. Fundus photograph of normal left eye - Retina. *Wikipedia* [online]. March 21, 2012 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Retina#/media/File:Fundus_photograph_of_normal_left_eye.jpg
 20. MARIEB, Elaine Nicpon, Patricia Brady WILHELM a Jon MALLATT. *Human anatomy*. 6th ed. media update. Boston: Benjamin Cummings, c2012, s. 492. ISBN 0321753275.

21. SILVERTHORN, Dee Unglaub, Bruce R JOHNSON, William C OBER, Claire W GARRISON a Andrew C SILVERTHORN. *Human physiology: an integrated approach*. 6th ed. Boston: Pearson Education, c2013, s. 367. ISBN 0321810821.
22. TAYLOR, Hugh R, Gabriella TIKELLIS, ROBMAN *et al.* Vitamin E supplementation and macular degeneration: randomised controlled trial. *The BMJ* [online]. 9 January 2002 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.bmj.com/content/325/7354/11>

Wet Macular Degeneration. *Galleryhip.com* [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://galleryhip.com/wet-macular-degeneration.html>
23. Diabetes Mellitus: Non-proliferative (Background) Retinopathy. *American Academy of Ophthalmology* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.aao.org/theeyeshaveit/acquired/background-retinopathy.cfm>

Diabetes Mellitus: Early Proliferative Retinopathy. *American Academy of Ophthalmology* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.aao.org/theeyeshaveit/acquired/early-retinopathy.cfm>
24. Colorblindness. *NOITPECREP* [online]. April 14, 2008 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <https://scpvu.wordpress.com/2008/04/14/colorblindness/>
25. FOX, Stuart Ira. *Human physiology*. 14th ed. New York: McGraw-Hill, c2016, s. 306. ISBN 0077836375.

Přílohy

Příloha 1: **Vzor testu pro otestování znalostí žáka základní školy**

Příloha 2: **Vzor testu pro otestování středoškolských znalostí žáka střední školy**

Příloha 3: **Vzor testu pro otestování znalostí studenta vysoké školy**

Příloha 4: **Pracovní list – Poruchy světlořetivého aparátu komorového oka**

Příloha 5: **Foto součástí modelu W16002 – Funkční oční model**

Příloha 6: **Foto součástí modelu SB48053 – Rubin's eye**

Příloha 7: **Ukázka práce s modelem W16002 – Funkční oční model a SB48053 – Rubin's eye**

Příloha 2: Vzor testu pro otestování znalostí žáka střední školy

Úroveň obtížnosti: střední škola

časový limit: 35 min

Jméno a Příjmení, třída:

Datum:

Téma: Optický aparát komorového oka

- 1. Oční koule má tvar:** [1b]
a) pravidelný kulovitý b) oválný
c) kulovitý s odchylkami v přední a zadní části d) vysoce nepravidelný
- 2. V akomodačním klidu nabývá čočka tvaru:** [1b]
a) plochého b) mírně vyklenutého
c) značně vyklenutého d) kulatého
- 3. Axony gangliových buněk se nacházejí:** [1b]
a) ve vrstvě sítnice přivrácené k cévnatce b) ve střední vrstvě sítnice
c) ve vrstvě sítnice přivrácené ke sklivci d) gangliové buňky nemají axony
- 4. Obraz dopadající na sítnici je:** [1b]
a) zmenšený, nepřevrácený b) nezmenšený, převrácený
c) zmenšený, převrácený d) nezmenšený, nepřevrácený
- 5. Rozhodni, zda uvedená tvrzení jsou či nejsou pravdivá:** [3b]
Konjunktivitida je zánět žilnatky. ANO – NE
Šedý zákal se jinak označuje také jako katarakta. ANO – NE
K detekci barvosleposti je používán tzv. Ishiharův test. ANO – NE
- 6. Kontrakce řasnatého tělíska vede k:** [až 2b]
a) zvýšení produkce komorové tekutiny
b) snížení produkce komorové tekutiny
c) snížení napětí závěsného aparátu
d) zvýšení napětí závěsného aparátu
e) oploštění čočky
f) vyklenutí čočky
- 7. Fotosenzitivní složkou rodopsinu je (doplň)** [1b]
- 8. Jak se nazývá pigment, který má za úkol pohlcovat část světla dopadajícího do oka?** [1b]
.....
.....
- 9. Astigmatismus (co je to, co jej způsobuje, jak vzniká, kde leží ohnisko a jak vypadá výsledný obraz, korekce)** [6b]
.....
.....
.....
.....
.....

10. Vyber správné tvrzení

[1b]

- a) Astigmatismus je refrakční vada vzniklá v důsledku nepravidelného zakřivení rohovky.
- b) Dalekozrakost nemůže být způsobena nedostatečnou lomivostí světlolomného aparátu oka.
- c) Krátkozrakost nemůže být způsobena nadměrnou lomivostí světlolomného aparátu oka.
- d) Barvoslepostí jsou nejčastěji postiženy ženy.

11. Jakým jediným způsobem je dnes možné zvrátit/vyléčit šedý zákal?

[1b]

.....

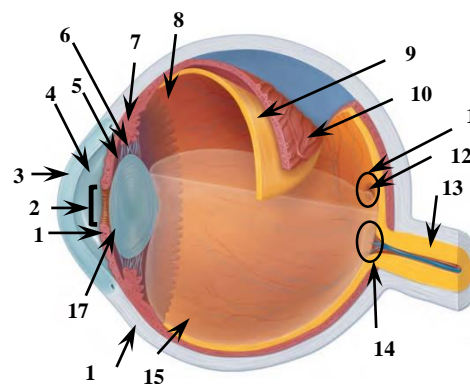
12. Spoj refrakční vadu a typ skel, kterými dochází k její nápravě

[1b]

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. dalekozrakost | a) rozptylky |
| 2. krátkozrakost | b) cylindrická skla |
| 3. astigmatismus | c) spojky |

13. Stavba komorového oka

[8,5b]



Zdroj: Cambell & Riece (2011) 9th edition

1.	6.
2.	7.
3.	8.
4.	9.
5.	10.
	11.
	12.
	13.
	14.
	15.
	16.
	17.

Odpovědi: 1 - c; 2 - b; 3 - c; 4 - c; 5 - NE, ANO, ANO; 6 - c, f; 7 - retina; 8 - melanin; 9 - Astigmatismus je refrakční vada způsobující vznik zkrzesleného obrazu na sítnici v důsledku změny v zakřivení rohovky, nebo v důsledku defektu rohovky, které zapříčiňují změny v lámavosti. Astigmatismus může ale vznikat i v důsledku defektu sítnice. Při astigmatismu se sice světle paprsky setkávají přímo na sítnici, ale vlivem změny dochází ke zkrzeslení pozorovaného obrazu na sítnici. Ke korekci slouží cylindrická skla, torické kontaktní čočky, nebo laserová operace; 10 - a; 11 - chirurgickým zákrokem/výměnou čočky; 12 - 1c, 2a, 3b; 13 - 1: duhovka/iris, 2: zornice/pupila, 3: rohovka/cornea, 4: přední komora oční, 5: zadní komora oční, 6: vlákna závěsného aparátu/zonuly/zonula ciliaris, 7: řasnaté tělísko/corpus ciliare, 8: sklivcová dutina, 9: sítnice/retina, 10: cévnatka/choroidea, 11: žlutá skvrna/macula lutea, 12: fovea/fovea centralis, 13: zrakový nerv/nervus opticus, 14: optický disk, 15: sklivec, 16: bělima/sclera, 17: čočka/lens
 Hodnocení: 28,5b - 24,5b = 1, 24 - 20 = 2, 19,5b - 14,5b = 3, 14b - 10b = 4, 9,5b - 0b = 5 **Poznámka:** za každou správnou odpověď 1 bod; za špatně odpovědi se body neodčítají

Příloha 3: Vzor testu pro otestování znalostí žáka vysoké školy

Úroveň obtížnosti: vysoká škola

časový limit: 45 min

Jméno a Příjmení, ročník:

Datum:

Téma: Optický aparát komorového oka

1. Optická mohutnost čočky činí přibližně: [1b]
a) +80 D
b) +60 D
c) +40 D
d) +20 D
2. Prohlubeň uvnitř žluté skvrny označovaná jako *fovea centralis* vzniká v důsledku: [1b]
a) rozestoupení svrchních vrstev sítnice
b) nepřítomnosti krevních cév
c) nepřítomnosti tyčinek
d) přítomnosti pouze čípků
3. Sval pohybující okem přímo dolů se nazývá: [1b]
a) *musculus rectus superior*
b) *musculus rectus inferior*
c) *musculus obliquus superior*
d) *musculus obliquus superior*
4. Ke křížení části vláken zrakového nervu dochází v (doplň) [1b]
5. Rozdíly mezi tyčinkami a čípký [4b]
a) tvar: tyčinky –,
čípky –
b) membránové disky: tyčinky –,
čípky –
c) barviva: tyčinky –,
čípky –
d) barevné vidění: tyčinky –,
čípky –
6. Co je to pupilární reflex a k čemu slouží? [2b]
.....
.....
7. Pokud osobám postiženým barvoslepostí chybí jeden typ čípků pro vnímání určité barvy, mluvíme o: [1b]
a) monochromatismu
b) dichromatismu
c) trichromatismu
d) žádná možnost není správná]

8. Rozhodni, zda uvedená tvrzení jsou či nejsou pravdivá [5b]

Keratitidu způsobují mimo jiné i viry, které jsou původci oparů. **ANO – NE**

Při věkem podmíněné makulární degeneraci jsou primárně postiženy fotoreceptory. **ANO – NE**

Keratitida způsobená akantaébou je typický problém nositelů kontaktních čoček. **ANO – NE**

Fyziologický astigmatismus způsobuje protažení předmětů ve vodorovném směru. **ANO – NE**

Mozek není schopen vyrovnat žádnou astigmatickou změnu. **ANO – NE**

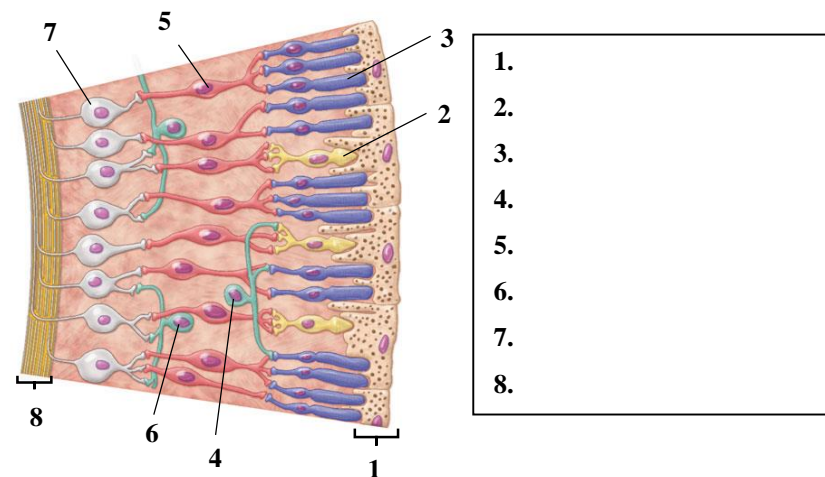
9. Astigmatismus, který se běžně vyskytuje téměř u všech lidí má velikost do: [1b]

- a) ¼ D
- b) ½ D
- c) 1 D
- d) 1 ½ D

10. Spoj český název refrakční vady s odpovídající označením odborným [3b]

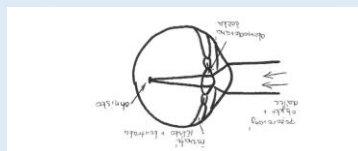
- | | |
|------------------|------------------|
| 1) krátkozrakost | a) hypermetropie |
| 2) dalekozrakost | b) myopie |
| 3) vetchozrakost | c) presbyopie |

11. Které struktury jsou vyznačeny na obrázku? [4b]



Zdroj: Marieb et al. (2012) 6th edition

12. Představte si, že se oko snaží zaostřit do dálky, ale hladká svalovina řasnatého tělíska se stále nachází ve stavu kontrakce. Co se stane s čočkou a výsledným obrazem na sítnici? (schematický náčrt oka s důrazem na tvar čočky a ohnisko obrazu) [3b]

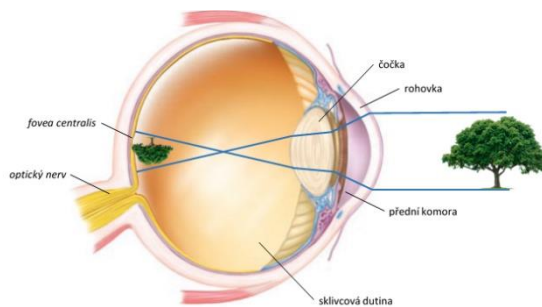


Odpovědi: 1 - d; 2 - a; 3 - b; 4 - optické kříženi/chiasma opticum; 5 - a) tyčinkovitý vs. kónický, b) kompletně separované vs. hřebenovitě zprohýbané, c) rodopsin (retinal+opsin) vs. retinal + fotopsiny, d) černobíl/ monochromatické vs. barevné/trichromatické; 6 - Pupilární reflex představuje zúžení a rozšíření zornice regulující množství světla dopadajícího na sítnici; 7 - b; 8 - ANO, NE, ANO, NE; 9 - b; 10 - 1b, 2a, 3c; 11 - 1. pigmentová vrstva, 2. cípek, 3. tyčinka, 4. horizontální buňka, 5. bipolární buňka, 6. amakrinní buňka, 7. gangliová buňka, 8. axony zrakového nervu; 12 -

Hodnocení: 27b - 25b = A, 24,5b - 22b = B, 21,5b - 18,5b = C, 18b - 15,5b = D, 15b - 13b = E, 12,5 - 0 = F **Poznámka:** za každou správnou odpověď 1 bod, za špatně odpovědi se body neodčítají!

Téma: Poruchy světlolomného aparátu komorového oka

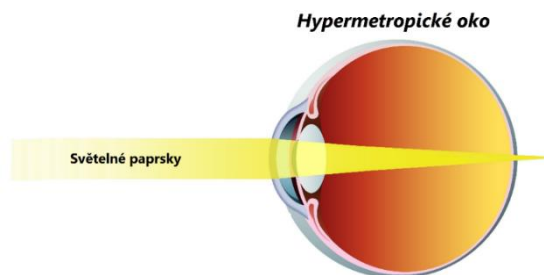
Úvod: Světlo se nejen v oku láme pokaždé, když prochází mezi prostředími o různé hustotě. Při průchodu optickým aparátem oka (rohovka, komorová tekutina, čočka, sklivec) se světlo lomí třikrát. Největší podíl celkového úhlu lomu připadá na rohovku (2/3 celkového úhlu lomu světelných paprsků). Na refrakci světla se ale podílí i čočka, která na rozdíl od rohovky, umí měnit svůj tvar (má schopnost akomodovat). Obraz pozorovaného objektu tak může být zaostřen přímo na sítnici. Protože se ale světlo v oku láme, vytváří se na sítnici převrácený obraz (horizontálně i vertikálně).



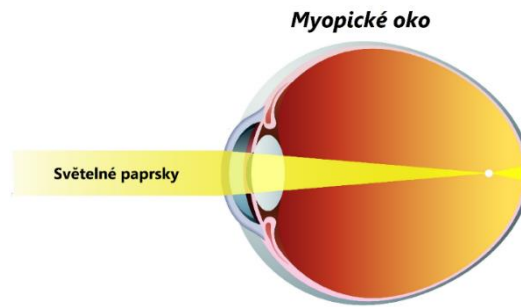
Obraz pozorovaného objektu vytvořený na sítnici

Za normálních okolností je v průběhu ontogenetického vývoje vytvořen správný poměr mezi předozadní délkou oční koule a lomivou silou optického aparátu. Světelné paprsky proto dopadají přímo do oblasti žluté skvrny, čímž vzniká zcela ostrý obraz pozorovaných objektů. Pokud je ale narušena pravidelnost povrchu nebo poměr předozadní délky a lomivé síly optického aparátu dochází ke vzniku refrakčních vad:

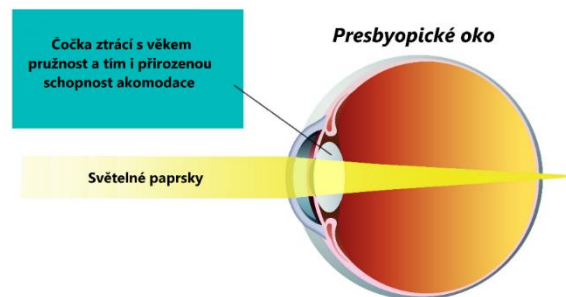
- hypermetropie** (dalekozrakost): jedná se o refrakční vady typicky způsobenou vývinem příliš krátkého oka. Ohnisko pozorovaného objektu v takovém případě leží až za sítnicí. Hypermetropičtí pacienti proto lépe vidí vzdálené předměty. K úpravě hypermetropie slouží plusová korekční skla (spojky), odpovídající kontaktní čočky nebo laserová operace.



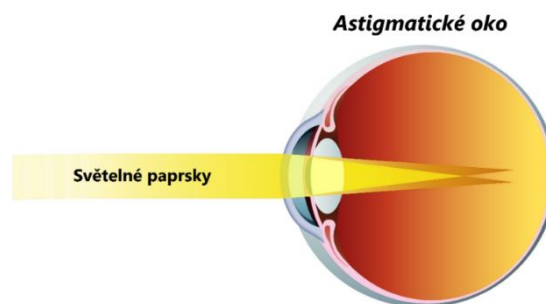
- myopie** (krátkozrakost): jedná se o refrakční vadu typicky způsobenou vývinem příliš dlouhého oka. Ohnisko pozorovaného objektu v takovém případě leží před sítnicí. Myopičtí pacienti proto lépe vidí blízké předměty. K úpravě myopie slouží mínusová korekční skla (rozptylky), odpovídající kontaktní čočky nebo laserová operace.



- c) presbyopie (vetchozrakost): jedná se o refrakční vadu způsobenou stárnutím organismu (korekce je typicky potřebná přibližně od 40. roku). Při presbyopii dochází vlivem ztráty akomodační schopnosti čočky k oddalování blízkého bodu oka, jehož ohnisko se pomalu posouvá dál a dál za sítnici. K úpravě presbyopie slouží plusová korekční skla (spojky), odpovídající kontaktní čočky nebo laserová operace.



- d) astigmatismus: astigmatismus je refrakční vada vzniklá v důsledku nerovnoměrného zakřivení především rohovky. Při astigmatismu leží ohnisko pozorovaného objektu stále na sítnici, ale světelné paprsky jsou ohýbány pod různými úhly, což má za následek zkreslení pozorovaných objektů. K úpravě astigmatismu slouží cylindrická skla, torické kontaktní čočky, nebo laserová operace a nitrooční operace.



FUNKČNÍ MODEL OKA

Funkční model oka od firmy HELAGO je založen na principu akomodace čočky a změně délky oční koule. Akomodačních změn je dosaženo změnou objemu vody uvnitř čočky. Ke změnám tvaru oční koule zase slouží posuvná zadní část modelu. Zkrácení a prodloužení délky oční koule slouží k simulaci refrakčních vad oka. Ke korekci refrakčních vad slouží přiložené korekční skla.



Co dělat před tím, než vůbec začneme!

Pro všechny pokusy je nutné nejdříve naplnit čočku destilovanou vodou. Nejlépe a nejrychleji toho dosáhneme za pomoci injekčních stříkaček a přívodní hadičky, které se nacházejí u modelu. Stříkačky vodou nemusíme plnit úplně celé, protože čočka stejně takový objem vody nepojme (minimálně je ovšem dobré mít v každé stříkačce alespoň 40 ml vody). Z čočky nakonec vytlačíme co nejvíce přebytečného vzduchu. Všechny tyto odnímatelné části poté spojíme k sobě a připevníme na model.

Úkol č. 1: Demonstrace akomodačních schopností oka s použitím „Funkčního modelu oka“

Cíl: Simulovat akomodační schopnosti oka.

Pomůcky: Funkční model oka, destilovaná voda, lampa, metr (alespoň 1 m)

Postup:

1. Zadní stěnu oční koule upevníme do neutrální polohy.
2. Před oko umístíme přibližně do vzdálenosti 1 metru lampu a před lampu postavíme tabulku s písmenky.
3. Tvar čočky upravíme tak, aby byl pozorovaný obraz zaostřen do oblasti žluté skvrny sítnice.
4. Model posuneme blíže tabulce, čímž dojde k rozostření obrazu.
5. Pro opětovné zaostření, je nutno zvýšit množství vody v čočce.



Nyní posuňte tabulku blíže nebo dále od modelu, abyste mohli pozorovat změnu tvaru čočky při pozorování různě vzdálených předmětů.

Závěr: (proč došlo po přiblížení modelu k rozostření obrazu; proč byl obraz opět zaostřen až po vytlačení vody do čočky; jak se měnil tvar čočky při pozorování bližších a vzdálenějších objektů?)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Úkol č. 2: Demonstrace blízkého bodu oka s použitím „Funkčního modelu oka“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu blízkého bodu oka.

Pomůcky: Funkční model oka, destilovaná voda, lampa, metr (alespoň 1 m)

Postup:

1. Osvětlenou tabulku s písmeny umístíme do vzdálenosti asi 1 m před oko (pracujeme s výchozí délkou oční koule).
2. Do čočky nyní vytlačíme ze stříkaček co největší množství vody (co se stalo s tvarem a lomivostí čočky?) Tímto dojde k simulaci akomodace pro pozorování blízkých předmětů.
3. Model oka posunujeme směrem k tabulce, nebo naopak, tak dlouho, až dojde k zaostření pozorovaného objektu přímo na sítnici.



Závěr: (co se stalo s tvarem a lomivostí čočky v kroku 2 a jak označujeme nejbližší možnou vzdálenost na jakou je ještě oko schopno zaostřit; na jakou minimální vzdálenost bylo možné zaostřit pozorovaný obraz?)

.....

.....

.....

.....

Úkol č. 3: Demonstrace přítomnosti žluté a slepé skvrny s použitím „Funkčního modelu oka“

Cíl: V různých pozorovacích vzdálenostech simulovat tvorbu obrazu ve významných oblastech sítnice.

Pomůcky: Funkční model oka, destilovaná voda, lampa, metr (alespoň 1 m)

Postup:

1. Vedle sebe umístíme dvě lampy, tak aby byly žárovky od sebe vzdálené přibližně 15 cm, a alespoň před jednu lampu postavíme tabulku s písmeny.
2. První lampu umístíme do jedné osy s okem, druhou vpravo od ní (z pohledu oka).
3. Model umístíme přibližně do vzdálenosti 1 m, zadní stěnu oční koule upevníme do neutrální polohy a na sítnici zaostříme obraz z lampy A.
4. Celý model začneme posouvat směrem k lampě A (obraz musí stále dopadat na žlutou skvrnu).
5. Po dosažení určité vzdálenosti mezi lampou A a okem začne obraz lampy B dopadat do oblasti slepé skvrny (*co to znamená pro mozek?*).
6. Model posunujeme dále směrem k lampě A (*co se stalo s obrazem, který dříve dopadal do oblasti slepé skvrny a co to znamená pro mozek?*).



Závěr: (*jak se mozku jeví obraz dopadající do oblasti slepé skvrny a proč; kde na sítnici se nacházel obraz lampy B poté, co byl ve vzdálenosti 1m obraz lampy A zaostřen do oblasti žluté skvrny; v jaké vzdálenosti dopadal obraz lampy B do oblasti slepé skvrny?*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zpozorujeme při běžných každodenních činnostech přítomnost slepé skvrny? Proč ano/ne?

.....

.....

.....

Úkol č. 4: Demonstrace hypermetropie s použitím „Funkčního modelu oka“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu a metodu korekce dalekozrakého oka.

Pomůcky: Funkční model oka, destilovaná voda, lampa, metr (alespoň 1 m)

Postup:

1. Model umístíme přibližně do vzdálenosti 1 m od lampy s osvětlenou tabulkou a upravíme tvar čočky tak, aby byl obraz zaostřen přímo na sítnici do oblasti žluté skvrny.
2. Pomocí stavěcího kolíku zkrátíme oční kouli (oko se v tomto okamžiku stalo hypermetropickým (dalekozrakým) a obraz dopadající na sítnici je proto rozmazaný; kde nyní leží ohnisko pozorovaného obrazu?).
3. Do stojanu vložíme přiloženou konvexní čočku (+1 D; co se stalo s pozorovaným obrazem?).



Závěr: (proč došlo po zkrácení oční koule k rozostření obrazu; kde leží ohnisko pozorovaného obrazu; proč byl po vložení čočky obraz opět zaostřen na sítnici?)

.....

.....

.....

.....

Úkol č. 5: Demonstrace myopie s použitím „Funkčního modelu oka“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu a metodu korekce krátkozrakého oka.

Pomůcky: Funkční model oka, destilovaná voda, lampa, metr (alespoň 2 m)

Postup:

1. Oční model umístíme přibližně do vzdálenosti 2 m od lampy s tabulkou a upravíme tvar čočky tak, aby byl obraz opět zaostřen přímo na sítnici do oblasti žluté skvrny.
2. Pomocí stavěcího kolíku prodloužíme oční kouli (oko se v tomto okamžiku stalo myopickým (krátkozrakým) a obraz dopadající na sítnici je proto rozmazaný).
3. Při korekci simulované myopie máme dva způsoby, jak tuto refrakční vadu napravit:
 - a) posunout tabulku s písmeny blíže oku (u tohoto modelu asi 1 m),



- b) použijeme přiloženou konkávní čočku (-0,5 D), kterou umístíme do stojanu před okem (co se stalo s pozorovaným obrazem?).



Závěr: (proč došlo po prodloužení oční koule k rozostření obrazu; proč byl po přiblížení tabulky/vložení čočky obraz opět zaostřen na sítnici?)

.....

.....

.....

.....

Úkol č. 6: Demonstrace presbyopie s použitím „Funkčního modelu oka“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu a metodu korekce vetchozrakého oka.

Pomůcky: Funkční model oka, destilovaná voda, lampa, metr (alespoň 2 m)

Postup:

1. Lampu s tabulkou umístíme přibližně do vzdálenosti 1,5 m od modelu a upravíme tvar čočky tak, aby byl obraz dopadající do oblasti žluté skvrny ostrý (tato vzdálenost pro nás představuje vzdálenost blízkého bodu oka).
2. Tabulku přesuneme přibližně do vzdálenosti 1 m (jak vypadá obraz dopadající na sítnici?).
3. Do držáku vložíme korekční konvexní čočku (+1 D; jak vypadá obraz dopadající na sítnici?).



Závěr: (proč došlo po přiblížení tabulky k rozostření obrazu; proč byl obraz po vložení čočky opět zaostřen na sítnici; kde leželo ohnisko pozorovaného objektu před vložení čočky?)

.....

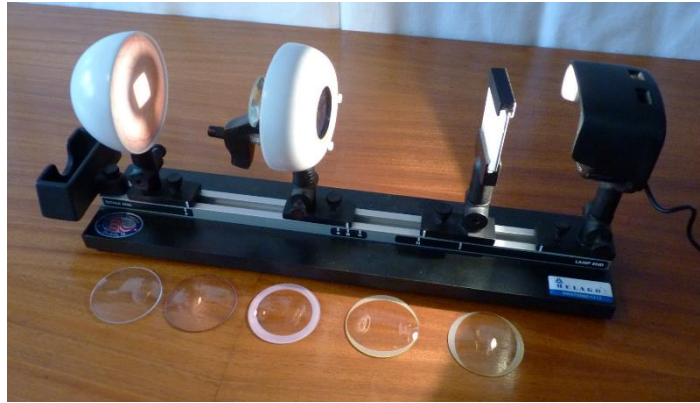
.....

.....

.....

RUBIN'S EYE

U modelu Rubin's eye je pro akomodaci čočky využíváno jejího mechanického přiblížování a oddalování na kovovém kolíku. Čočka proto u tohoto modelu poskytuje pouze omezený prostor pro demonstraci akomodačních schopností oka. K pohybu jednotlivých součástí modelu dochází v kolejnici, do které jsou součásti upevněny. K pohybu všech součástí dochází povolením, přesunutím a následným utažením stavěcích kolíků, k nimž jsou součásti modelu připevněny. Ke zkrácení, resp. prodloužení optické osy dochází pohybem přední části modelu oka, která může být upevněna do tří poloh. Pro znázornění a korekce očních vad je model vybaven sadou korekčních skel.



Co dělat před tím, než vůbec začneme!

Ujistíme se, že všechny pohyblivé součásti jsou umístěny na svých místech a ve výchozích pozicích. Sítnici umístíme do pozice „P“, přední část oční koule do pozice „O“, diapozitiv do pozice „F“ a lampu do oblasti označené jako „Lamp end“. Pokud takto vše upevníme, bude obraz dopadající na sítnici ostrý.

Úkol č. 1: Demonstrace akomodačních schopností a blízkého bodu oka s použitím „modelu Rubin's eye“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu a metodu korekce krátkozrakého oka.

Pomůcky: Rubin's eye model

Postup:

1. Diapozitiv přesuneme z pozice „F“ do pozice „N“ a pomocí stavěcího kolíku upevníme (*co se stalo s obrazem dopadajícím na sítnici?*).
2. Ke korekci obrazu je nutná akomodace čočky: palec přiložíme na kohoutek pod čočkou a ukazováček na rýhování pod duhovkou; zmáčknutím kohoutku dojde k simulaci akomodace čočky (*proč došlo po přiblížení čočky k zaostření obrazu?*).



Závěr: (co se stalo s obrazem dopadajícím na sítnici po přesunutí diapozitivu do pozice „N“; proč došlo po přiblížení čočky k zaostření obrazu; kde se nacházelo ohnisko obrazu před akomodací čočky?)

.....

.....

.....

.....

.....

Úkol č. 2: Demonstrace hypermetropie s použitím „modelu Rubin’s eye“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu a metodu korekce dalekozrakého oka.

Pomůcky: Rubin’s eye model

Postup:

1. Povolíme stavěcí kolík a přední část oka přesuneme do pozice „+“, zatímco diapozitiv ponecháme ukotven v pozici „F“ (co se stalo s obrazem dopadajícím na sítnici a kde v tomto případě leží ohnisko?).
2. Ke korekci pozorovaného obrazu přiblížíme čočku pomocí kohoutku (o kolik bylo nutné akomodovat?).
3. Diapozitivu přesuneme do pozice „N“ (co se stalo s obrazem dopadajícím na sítnici a kolik musí čočka akomodovat nyní?).
4. Diapozitiv přesuneme zpět do pozice „F“ (nemanipulujeme s kohoutkem čočky).
5. Ke korekci obrazu poslouží šedá konvexní čočka, kterou vložíme mezi kolíčky na přední části oka



Závěr: (jak vypadal obraz dopadající na sítnici a kde leželo ohnisko v 1. kroku; srovnej polohu ohniska obrazu v kroku 1 a kroku 2; proč došlo po vložení konvexní čočky ke korekci obrazu?)

.....

.....

.....

.....

.....

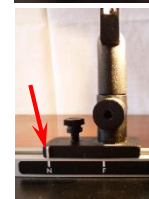
Úkol č. 3: Demonstrace myopie s použitím „modelu Rubin’s eye“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu a metodu korekce krátkozrakého oka.

Pomůcky: Rubin’s eye model

Postup:

1. Přední část oční koule přesuneme do pozice „-“ a upevníme; diapozitiv ponecháme ve výchozí pozici (*jak vypadá obraz dopadající na sítnici a kde leží ohnisko obrazu?*).
2. Diapozitiv umístíme do polohy „N“ (*jak nyní vypadá obraz dopadající na sítnici?*).
3. Diapozitiv vrátíme zpět do polohy „F“ a přiblížením čočky se pokusíme simulovat akomodaci čočky (*jak vypadá obraz dopadající na sítnici po simulace akomodace?*).
4. Mezi kuličky na přední části oční koule vložíme růžovou konkávní čočku (*jak vypadá obraz dopadající na sítnici?*).



Závěr: (jak vypadal obraz dopadající na sítnici a kde leželo ohnisko v 1. kroku; srovnej polohu ohniska obrazu v kroku 1 a kroku 2; jak vypadal obraz při akomodaci čočky krátkozrakého oka; proč došlo po vložení konkávní čočky ke korekci obrazu?)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Úkol č. 4: Demonstrace astigmatismu s použitím „modelu Rubin’s eye“

Cíl: Demonstrovat princip tvorby obrazu a metodu korekce astigmatického oka.

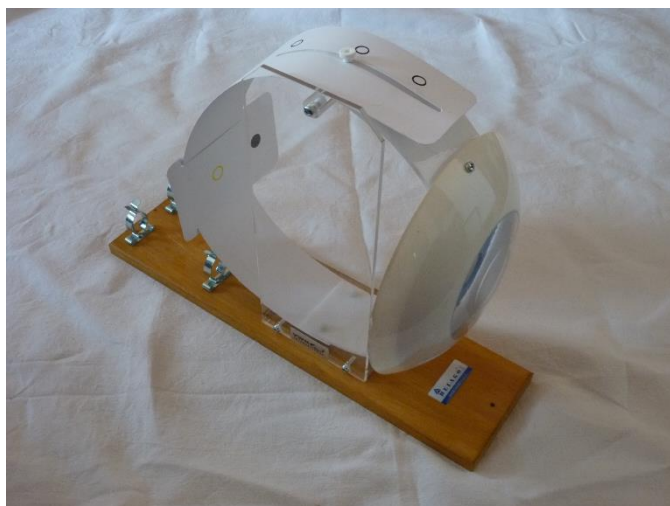
Pomůcky: Rubin’s eye model

Postup:

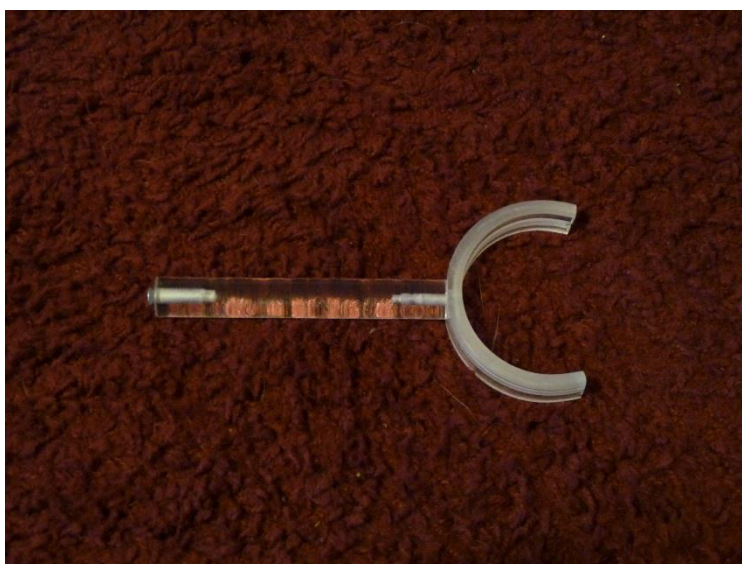
1. Přední část oka upevníme v pozici „O“ a diapozitiv do pozice „F“



Příloha 5: Foto součástí modelu W16002 – Funkční oční model



Dřevěný podstavec s upevněným modelem, odnímatelnou rohovkou a držáky pro stříkačky



Držák na korekční čočky se šroubkem k upevnění do podstavce



2 korekční čočky o síle +1 D (vlevo) a -0,5 D (vpravo)



2 stříkačky na vodu, každá o objemu 60 ml



2 hadičky na vodu spojené pomocí spojky, která slouží k připojení k čočce



Odnímatelná silikonová čočka



Tabulka s písmeny

Příloha 6: Foto součástí modelu SB48053 – Rubin's eye



Podstavec s kolejničí



Halogenová lampa



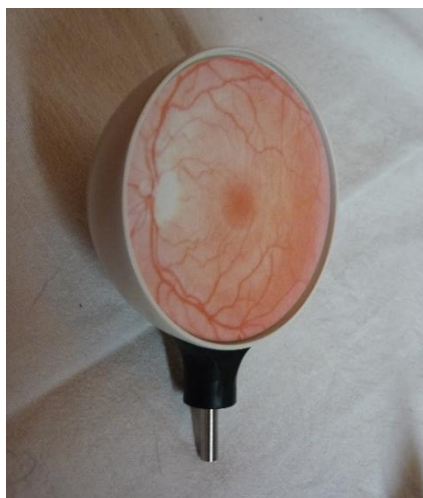
Diapozitiv



Držák pro diapozitiv



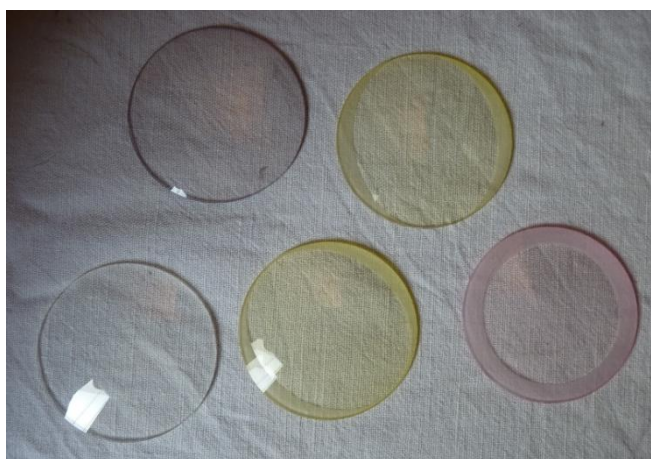
**Přední část oční koule s pohyblivou
čočkou**



Sítnice



Stojan k upevnění jednotlivých částí (4x)



Sada 5 čoček (čirá – základní bez refrakční schopnosti, šedá – konkávní, růžová – konvexní, žluté – astigmatická)



Nosič čoček

Příloha 7: Ukázka práce s modelem W16002 – Funkční oční model a SB48053 – Rubin's eye



