

XIV. CELOSTÁTNÍ STUDENTSKÁ KONFERENCE OPTOMETRIE A ORTOPTIKY S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ

Sborník přednášek
19. 10. 2023

Sponzoři



CooperVision



MEDICENTUR

Material. Design. Optics.

Pořadatelé sborníku

doc. Mgr. Pavel Beneš, Ph.D., Mgr. Petr Veselý, Dis., Ph.D.,
Bc. Magdaléna Hájková, Bc. Eva Mangerová, Bc. Barbora Pilná

Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Komenského nám. 2, 662 43 Brno

Obsah

POROVNÁNÍ HODNOT OPTICKÉ MOHUTNOSTI PŘEDNÍ A ZADNÍ PLOCHY ROHOVKY	5
COMPARISON OF THE OPTICAL POWER VALUES OF THE ANTERIOR AND POSTERIOR CORNEAL SURFACES	10
BC. IZABELA MRÓZKOVÁ, DOC. MUDR. SVATOPLUK SYNEK, CSC.	10
SROVNÁNÍ CENTRÁLNÍ TLOUŠTKY ROHOVKY PŘI MĚŘENÍ RŮZNÝMI PŘÍSTROJI	15
COMPARISON OF CENTRAL CORNEAL THICKNESS MEASUREMENTS USING DIFFERENT OPHTHALMIC DEVICES.....	20
BC. KSENIYA ARKHIPENKA, DOC. MUDR. KAROLÍNA SKORKOVSKÁ, PH.D.....	20
ENDOTELIÁLNÍ MIKROSKOP – VÝZNAM SLEDOVÁNÍ V ČASE	25
ENDOTHELIAL MICROSCOPE – THE SIGNIFICANCE OF MONITORING OVER TIME	31
BC. TEREZA DOLEŽELOVÁ, DOC. MUDR. SVATOPLUK SYNEK, CSC.....	31
VLIV KOUŘENÍ NA ENDOTEL ROHOVKY	38
THE EFFECT OF SMOKING ON THE CORNEAL ENDOTHELIUM	44
BC. BARBORA PILNÁ, VEDOUCÍ PRÁCE DOC. MUDR. KAROLÍNA SKORKOVSKÁ, PHD.....	44
VYUŽITÍ PŘÍSTROJE JETT PLASMA LIFT MEDICAL V OFTALMOLOGII	50
USE OF THE JETT PLASMA LIFT MEDICAL IN OPHTHALMOLOGY	56
BC. KRISTÝNA KONCOVÁ, MGR. PETR VESELÝ, DIS., PH.D.	56
ABERACE VYŠŠÍCH ŘÁDŮ A JEJICH ZMĚNY S VĚKEM	63
HIGHER ORDER ABERRATIONS AND THEIR CHANGES WITH AGE.....	69
BC. ADÉLA BÁRTOVÁ, DOC. MUDR. ŠÁRKA SKORKOVSKÁ, CSS.	69
AXIÁLNÁ A SYSTÉMOVÁ PŘÍČINA REFRAKČNEJ VADY	75
AXIAL AND SYSTEMIC CAUSE OF REFRACTIVE ERROR	81
BC. KATARÍNA BZÁKOVÁ , MGR. PTR VESELÝ , DIS., PH.D.....	81
SROVNÁNÍ OBJEKTIVNÍCH METOD MĚŘENÍ REFRAKCE OKA	87
COMPARISON OF OBJECTIVE MEASUREMENT METHODS OF EYE REFRACTION.....	93
BC. VERONIKA ŠVARCOVÁ, MGR. JANA SOKOLOVÁ ŠIDLOVÁ, PH.D.....	93
OBJEKTIVIZÁCIA MERANIA AKOMODAČNEJ FACILITY A BLÍZKEHO BODU AKOMODÁCIE..	99
OBJECTIVIZATION OF MEASUREMENT OF ACCOMMODATION DEVIACE AND NEAR POIN OF ACCOMMODATION.....	104

BC. ET BC. PATRÍCIA HLADKÁ, MGR. PAVEL KŘÍŽ, PH.D.	104
PŘÍČINY ROZDÍLU MEZI VELIKOSTÍ AC/A POMĚRU URČENÉHO GRADIENTNÍ METODOU A VÝPOČTEM	109
CAUSES OF THE DIFFERENCE BETWEEN THE MAGNITUDE OF THE AC/A RATIO DETERMINED BY THE GRADIENT METHOD AND THE HETEROPHORIC METHOD	115
BC. MAGDALÉNA HÁJKOVÁ, MGR. PAVEL KŘÍŽ, PH.D.	115
NÁCVIK FÚZNÍCH VERGENCÍ U PACIENTŮ S HORIZONTÁLNÍ HETEROFORIÍ A ASTENOPIÍ	121
FUSION VERGENCE TRAINING IN PATIENTS WITH HORIZONTAL HETEROPHORIA AND ASTHENOPIA	126
BC. ŠTĚPÁNKA DOHNALOVÁ, MGR. PETR VESELÝ, DIS., PH.D.	126
ZÁVISLOST POLOHY STŘEDU OTÁČENÍ OKA NA VÝŠI A TYPU REFRAKČNÍ VADY	132
DEPENDENCE OF THE POSITION OF THE CENTER OF ROTATION OF THE EYE ON THE LEVEL AND TYPE OF REFRACTIVE ERROR.....	137
BC. MARKÉTA FRIDRICHOVÁ, MGR. PAVEL KŘÍŽ, PH.D.	137
SOUČASNÉ MOŽNOSTI CHIRURGICKÉHO ŘEŠENÍ ODCHLÍPNUTÉ SÍTNICE	142
CURRENT SURGICAL OPTIONS FOR RETINAL DETACHMENT	148
BC. KATEŘINA ROZEHNALOVÁ, DOC. MUDR. SVATOPLUK SYNEK, CSC.	148
VLIV OPTICKÝCH FILTRŮ NA PREVENCII VZNIKU A PROGRESI SÍTNICOVÝCH ONEMOCNĚNÍ	155
THE EFFECT OF OPTICAL FILTERS ON THE PREVENTION OF RETINAL DISEASE DEVELOPMENT AND PROGRESSION	164
BC. ADÉLA MÁDLOVÁ, ING. PETR PÍSAŘÍK, PH.D.	164
ÚLOHA POMŮCEK PŘI OPTIMALIZACI PROSTOROVÉ ORIENTACE SLABOZRÁKÝCH PACIENTŮ	173
TOOLS FOR OPTIMIZING SPATIAL ORIENTATION OF VISUALLY IPAIRED PATIENTS.....	178
BC. RADKA GROHOVÁ, DOC. MGR. PAVEL BENEŠ, PH.D.	178
BAKTERIÁLNÍ KONTAMINACE BRÝLOVÝCH OBRUB.....	183
BACTERIAL CONTAMINATION OF SPECTACLE FRAMES.....	190
BC. EVA MANGEROVÁ, MUDR. ONDŘEJ ZAHRADNÍČEK	190
PLEOPTICKÝ NÁCVIK AMBLYOPICKÉHO OKA S EXCENTRICKOU FIXACÍ	197
THE PLEOPTIC TRAINING OF THE AMBLYOPIC EYE WITH ECCENTRIC FIXATION	206

BC. ET BC. ESTER ČAPKOVIČOVÁ	206
KAZUISTICKÁ SPRÁVA - EXCES DIVERGENCIE	215
CASE REPORT - EXCESS OF DIVERGENCE	219
BC. ET BC. PATRÍCIA HLADKÁ.....	219

Porovnání hodnot optické mohutnosti přední a zadní plochy rohovky

Bc. Izabela Mrózková, doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Tento příspěvek popisuje teoretickou část diplomové práce „Porovnání hodnot optické mohutnosti přední a zadní plochy rohovky“. Článek úvodem popisuje anatomii a fyziologii rohovky, stavbu slzného filmu a komorové vody, což jsou části oka, na které je zaměřen předmětný výzkum. Dále se zaměřuje na popis přístroje Pentacam HR, pomocí kterého bude prováděna výzkumná část diplomové práce.

Klíčová slova

Pentacam HR, rohovka, epitel, Bowmanova membrána, stroma, Descemetova membrána, endotel, optická mohutnost, slzný film, komorová voda, Scheimpflugova kamera

Úvod

Cílem výzkumné části této práce bude dokázat vliv zadní plochy rohovky na výpočty refrakce nebo nitroočních čoček před operací šedého zákalu. V praxi je tento faktor mnohdy opomíjen právě proto, že je považován za zanedbatelný.

Rohovka

Rohovka, latinsky cornea, se nachází v předním segmentu oka a tvoří jednu šestinu vazivového obalu oka. Jedná se o optickou tkáň, která za fyziologických podmínek je transparentní, lesklá a hladká. Rohovka slouží jako mechanická bariéra mezi vnitřní částí oka a vnějším prostředím, společně se slzným filmem, sklérou a spojivkou. Z hlediska optometrie se jedná o jedno z nejdůležitějších refrakčních prostředí.^{1,2}

Číselné hodnoty rohovky

Za fyziologických podmínek činí optická mohutnost rohovky 43,053 D, přičemž průměr rohovky se rovná 11,5 mm vertikálně a 12,6 mm horizontálně. Poloměr křivosti přední plochy rohovky je roven 7,7 mm a zadní plochy rohovky 6,8 mm a tyto hodnoty se

při akomodaci oka nemění. Centrální část rohovky má tloušťku 560 μm a periferní část 650-1000 μm . Počet endotelových buněk je roven 2600 buněk/ mm^2 a hydratace rohovky by měla být na úrovni 76-80%.^{1,2}

Vrstvy rohovky

Ve druhém měsíci embryonálního vývoje dochází k rozvoji rohovky. Ta se skládá z pěti vrstev. Rohovkový epitel je čistě ektodermálního původu, zatímco Bowmanova vrstva, rohovkové stroma, Descemetova membrána a endotel rohovky jsou také částečně původu mezodermálního.^{1,2}

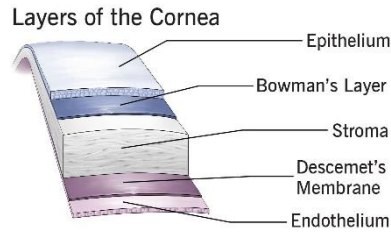
Epitel rohovky se nachází mezi slzným filmem a Bowmanovou vrstvou a představuje 10% tloušťky rohovky. Jedná se o nekeratinizující, skvamózní povrch, který má rychlou schopnost migrace a regenerace a díky limbálním buňkám je schopen se obnovovat v intervalu co 7 dní. Na povrchu epitelu se nachází mikroklky, které zajišťují lepší přilnutí mucinové složky slzného filmu na epitel rohovky. Nepoškozený povrch epitelu snižuje riziko vniknutí infekce do rohovky. Bazální membrána rohovky má dva úkoly: oddělovat epitel od stromatu rohovky a účastnit se organizace bazální vrstvy epitelových buněk.^{1,3}

Bowmanova membrána (lamina limitans anterior), jejíž tloušťka činí 8-12 μm , nemá schopnost regenerace a při jejím poškození dochází ke vzniku rohovkové jizvy.^{1,3}

Rohovkové stroma tvoří 90% tloušťky rohovky a skládá se z kolagenních fibril, které jsou pravidelně uloženy do 300-500 rovnoběžných lamel. Zadní stroma je uspořádané pravidelněji. Extracelulární matrix obklopuje kolagenní vlákna. Rohovkové stroma má velice malou regenerační schopnost.^{1,3}

Descemetovu membránu (laminu limitans posterior) tvoří poměrně pevná mřížka fibril a během života dochází k jejímu ztlušťování. Pomocí funkčních endotelových buněk je Descemetova membrána schopná regenerace.^{1,3}

Endotel rohovky je tvořen jednou vrstvou, přibližně 400 000 hexagonálními buňkami. Úkolem endotelu je udržovat rohovku transparentní a konstantně hydratovanou, čímž je zajištěna stále stejná optická mohutnost. Endotelové buňky nemají prakticky žádnou schopnost regenerace, protože vykazují pouze malou mitotickou aktivitu. Jejich počet s věkem klesá, přičemž prázdná místa jsou vyplňovány migrací a zvětšováním stávajících endotelových buněk.^{1,3}



Obrázek 1 Vrstvy rohovky⁴

Refrakční prostředí sousedící s rohovkou

Slzný film pokrývá povrch rohovky a chrání epitel rohovky jak po stránce imunologické, tak mechanické a z optického hlediska značně ovlivňuje kvalitu vnějšího povrchu rohovky. Vrstva slzného filmu o tloušťce 4-7 μm tvoří hladkou optickou plochu velmi dobré kvality a významně tak ovlivňuje kvalitu vidění. Zakřivení má přitom stejné jako přední plocha rohovky, proto nemá vliv na optickou mohutnost oka. Slzný film se skládá ze tří plynule přecházejících vrstev a to olejové, vodní a mucinové.²

Komorová voda neboli nitrooční tekutina sousedí se zadní plochou rohovky. Jedná se o čirou tekutinu tvořící se průměrně v objemu 2,0-2,5 $\mu\text{l}/\text{min}$ a cirkulující ze zadní komory přes zornici směrem do přední komory oka. Ve srovnání s plazmou obsahuje menší množství proteinů a HCO_3^- , ale vysoké množství H^+ a Cl^- iontů. Nitrooční tekutina dále obsahuje kyselinu hyaluronovou, katecholaminy, steroidní hormony, prostaglandiny, cAMP, růstové faktory, enzymy, lysozym.^{1,2}

Oculus Pentacam HR

Oculus Pentacam HR je analyzátor předního segmentu oka, jedná se o vylepšenou verzi přístroje Pentacam, kdy pro zkvalitnění snímků bylo zvětšeno rozlišení digitální snímací kamery na 123 000 měřících bodů. Softwary Oculus Pentacamu HR poskytují perfektní simulaci usazení PIOL předně komorové nitrooční čočky, denzitometrii čočky a rohovky a také zjišťování a hodnocení stupně keratokonu. Tento přístroj se řadí mezi hlavní oftalmologické vyšetřovací přístroje.⁵

Oculus Pentacam HR je vybaven rotační Scheimpflugovou kamerou. Rotační měřicí postup vytváří trojrozměrné Scheimpflugovy snímky. Vytvoření kompletního snímku předního segmentu oka trvá maximálně 2 sekundy a jakýkoliv pohyb oka je detekován druhou kamerou a v průběhu procesu korigován. Oculus Pentacam HR vypočítá 3D model předního očního segmentu až z 25 000 konkrétních elevačních bodů.

6. interpretation_guideline_3rd_edition_0915.pdf. Accessed April 30, 2023.
https://www.pentacam.com/fileadmin/user_upload/pentacam.de/downloads/interpretations-leitfaden/interpretation_guideline_3rd_edition_0915.pdf

Comparison of the optical power values of the anterior and posterior corneal surfaces

Bc. Izabela Mrózková, doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University Brno

Annotation

This paper describes the theoretical part of the thesis "Comparison of optical power values of the anterior and posterior corneal surface". The paper starts by describing the anatomy and physiology of the cornea, the structure of the tear film and the aqueous humor, which are the parts of the eye that are the focus of the research. It then focuses on the description of the Pentacam HR instrument, which will be used to carry out the research part of the thesis.

Keywords

Pentacam HR, cornea, epithelium, Bowman's membrane, stroma, Descemet's membrane, endothelium, optical power, tear film, chamber water, Scheimpflug camera

Introduction

The aim of the research part of the aforementioned thesis will be to prove the effect of the posterior corneal surface on refraction or intraocular lens calculations prior to cataract surgery. In practice, this factor is often neglected precisely because it is considered negligible.

Corner

The cornea is located in the anterior segment of the eye and forms one-sixth of the tunica fibrosa oculi. It is an optical tissue that under physiological conditions is transparent, shiny and smooth. The cornea serves as a mechanical barrier between the inner part of the eye and the external environment, along with the tear film, sclera and conjunctiva. From an optometric point of view, it is one of the most important refractive environments.^{1,2}

Corneal numerical values

Under physiological conditions, the optical power of the cornea is 43.053 D, with a corneal diameter equal to 11.5 mm vertically and 12.6 mm horizontally. The radius of curvature of the anterior corneal surface is equal to 7.7 mm and that of the posterior corneal surface to 6.8 mm, and these values do not change during accommodation of the eye. The central part of the cornea has a thickness of 560 μm and the peripheral part 650-1000 μm . The number of endothelial cells is equal to 2600 cells/ mm^2 and the corneal hydration should be 76-80%.^{1,2}

Corneal layers

The cornea develops in the second month of embryonic development and consists of five layers. The corneal epithelium is of purely ectodermal origin, while Bowman's layer, the corneal stroma, Descemet's membrane and the corneal endothelium are also partly of mesodermal origin.^{1,2}

The corneal epithelium is located between the tear film and Bowman's layer and represents 10% of the corneal thickness. It is a non-keratinizing, squamous surface that has a rapid ability to migrate and regenerate and is able to renew itself at 7-day intervals thanks to limbal cells. On the surface of the epithelium there are microvilli that ensure better adhesion of the mucin component of the tear film to the corneal epithelium. The intact surface of the epithelium reduces the risk of infection entering the cornea. The basement membrane of the cornea has two functions: to separate the epithelium from the corneal stroma and to participate in the organization of the basal layer of epithelial cells.^{1,3}

The Bowman's membrane (lamina limitans anterior), which is 8-12 μm thick, has no regenerative capacity, and when damaged, corneal scarring occurs.^{1,3}

The corneal stroma makes up 90% of the corneal thickness and consists of collagen fibrils that are regularly arranged in 300-500 parallel lamellae. The posterior stroma is more regularly arranged. The extracellular matrix surrounds the collagen fibers. The corneal stroma has very little regenerative capacity.^{1,3}

The Descemet's membrane (lamina limitans posterior) consists of a relatively rigid lattice of fibrils and thickens during life. With the help of functional endothelial cells, Descemet's membrane is able to regenerate.^{1,3}

The corneal endothelium is composed of a single layer of approximately 400,000 hexagonal cells. The role of the endothelium is to keep the cornea transparent and constantly hydrated, thus ensuring the same optical power. Endothelial cells have virtually no regenerative capacity, as they show little mitotic activity. Their number decreases with age, the empty spaces being filled by migration and enlargement of existing endothelial cells.^{1,3}

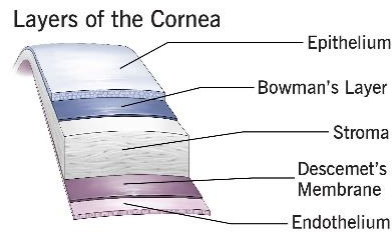


Figure 1 Layers of the cornea⁴

Refractive environment adjacent to the cornea

The tear film covers the surface of the cornea and protects the corneal epithelium both immunologically and mechanically and, from an optical point of view, greatly influences the quality of the outer corneal surface. The tear film layer of 4-7 μm thickness forms a smooth optical surface of very good quality and thus significantly influences the quality of vision. The curvature is the same as the front surface of the cornea and therefore does not affect the optical power of the eye. The tear film consists of three smoothly transitioning layers, namely oil, water and mucin.²

The aqueous humor or intraocular fluid is adjacent to the posterior surface of the cornea. It is a clear fluid forming at an average volume of 2.0-2.5 $\mu\text{l}/\text{min}$ and circulating from the posterior chamber through the pupil towards the anterior chamber of the eye. Compared to plasma, it contains lower amounts of proteins and HCO_3^- but high amounts of H^+ and Cl^- ions. Intraocular fluid also contains hyaluronic acid, catecholamines, steroid hormones, prostaglandins, cAMP, growth factors, enzymes, lysozyme.^{1,2}

Oculus Pentacam HR

The Oculus Pentacam HR is an anterior segment eye analyzer, it is an improved version of the Pentacam, where the resolution of the digital imaging camera has been increased to 123,000 measurement points to improve the quality of the images.

The Oculus Pentacam HR software provides perfect simulation of PIOL anterior chamber intraocular lens accommodation, lens and corneal densitometry as well as the detection and evaluation of the degree of keratoconus. This device is one of the main ophthalmic examination devices.⁵

The Oculus Pentacam HR is equipped with a rotating Scheimpflug camera. The rotational measurement procedure produces three-dimensional Scheimpflug images. It takes a maximum of 2 seconds to create a complete image of the anterior segment of the eye, and any eye movement is detected by a second camera and corrected during the process. Oculus Pentacam HR calculates a 3D model of the anterior eye segment from up to 25,000 specific elevation points. The topography and pachymetry of the entire anterior and posterior corneal surface from limbus to limbus is calculated and displayed. Analysis of the anterior segment of the eye includes automatic calculation of the ventricular angle, ventricular volume, and ventricular height, as well as manual measurements of function that can be applied to any part of the anterior chamber of the eye. Images of the anterior and posterior surfaces of the cornea, iris, and anterior and posterior lens surfaces are generated in a moving virtual eye. Lens and corneal densitometry is automatically quantified. Scheimpflug images taken during the examination are digitized in the main unit and all image data are transferred to a computer. Once the examination is complete, the computer calculates a 3D virtual model of the anterior segment of the eye from which all other information is derived.⁶

The differences between the Placido corneal topographers measurements and the Oculus Pentacam HR measurements are crucial. Placido corneal topographers measure the geometric values of the corneal slope. These values are converted to curvature values, such as sagittal curvature or tangential curvature values given in millimeters. The Oculus Pentacam HR measures geometric height (elevation) values, which are similarly converted to sagittal or tangential curvature values, again given in millimetres. These geometric radius values are commonly converted to optical refractive index, given in diopters (D). Conversions are usually made using a simple formula.⁶

$$D = (1,3375 - 1) * (1000)/Rmm^6$$

Sources

1. Pavel Kuchyňka a kolektiv. *Oční lékařství*. 2. Grada Publishing a.s.; 2016.
2. prof. MUDr. Pavel Rozsival CSc. *Oční lékařství*. první. Galén; 2006.
3. doc. MUDr. Květa Kvapilíková, CSc. *Vyšetřování oka*. idvpz; 1995.
4. upraveno z: What Is a Cornea Transplant? Cleveland Clinic. Accessed May 14, 2023. <https://my.clevelandclinic.org/health/treatments/17714-cornea-transplant>
5. OCULUS PENTCAM HR. OCULUS, spol. s r.o. Accessed April 30, 2023. <https://oculus.cz/produkt/oculus-pentcam-hr/>
6. [interpretation_guideline_3rd_edition_0915.pdf](https://www.pentacam.com/fileadmin/user_upload/pentacam.de/downloads/interpretations-leitfaden/interpretation_guideline_3rd_edition_0915.pdf). Accessed April 30, 2023. https://www.pentacam.com/fileadmin/user_upload/pentacam.de/downloads/interpretations-leitfaden/interpretation_guideline_3rd_edition_0915.pdf

Srovnání centrální tloušťky rohovky při měření různými přístroji

Bc. Kseniya Arkhipenka, doc. MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Tento článek je zaměřen na srovnání výsledků měření centrální tloušťky rohovky při použití různých přístrojů.

Úvodní část příspěvku uvádí definice pojmu pachymetrie a stručně popisuje různé metody měření tloušťky rohovky. Další část je zaměřena na metodiku výzkumu, včetně stanovených hypotéz, průběžných výsledků a jejich hodnocení.

Cílem daného výzkumu je stanovit, zda jsou výsledky pachymetrie měřené pomocí TonoVue-P, Pentacam HR a Allegro BioGraph vzájemně zastupitelné.

Klíčová slova:

pachymetrie, centrální tloušťky rohovky, TonoVue-P, Pentacam HR, Allegro BioGraph

Úvod

Pachymetrie je vyšetřovací metoda, kterou měříme tloušťku rohovky. Pomocí ní získáme nejen informace o absolutní tloušťce rohovky, které jsou nezbytné pro laserovou refrakční chirurgii, ale můžeme sledovat i změny ektatických a degenerativních onemocnění. Tloušťka rohovky je také kontrolována po úrazech oka a u dlouhodobých nositelů kontaktních čoček.⁵

Existuje několik metod provádění pachymetrie:

- Kontaktní metoda – ultrazvuková pachymetrie: využívá se echogenního rozhraní, tedy schopnosti tkání odrážet ultrazvukové vlny v různé míře. Při měření se tloušťka rohovky vyhodnocuje z času, za který se vyslaná vlna odrazí a vrátí do analyzátoru, a známé rychlosti, kterou se vlna pohybuje.³

pracovní vzdálenosti, centrace rohovky, měření pachymetrie, přejezd na druhé oko, měření jeho parametrů a tisknutí výsledků jsou provedené automaticky.^{1,2}

Přístroj Pentacam HR je analyzátor předního segmentu oka založený na principu Scheimpflugovy kamery. Pro měření hodnot tloušťky rohovky používá jako zdroj světelných paprsků modré LED osvětlení o vlnové délce 475 nm. Jako výsledek pachymetrie udává hodnoty CCT, tloušťku rohovky v jejím apexu a nejtenčím místě.³

Optický biometr Allegro Biograph pracuje na základě laserové interferometrie. „Pro měření pachymetrie používá světlo o vlnové délce 820 nm, tloušťka rohovky je měřena v ose fixace pacienta na fixační světlo.“⁴

Průběžné výsledky

Zatím byla naměřena data pouze 19 očí (viz *Tabulka 1*) u 11 respondentů, z nich 7 mužů a 4 ženy. Průměrný věk je $74,09 \pm 11,40$ let. Nejmladšímu respondentu je 49 let, nejstaršímu 86 let.

	TonoVue-P (μm)	Pentacam HR (μm)	Allegro Biograph (μm)
1	582	612	581
2	548	563	545
3	579	598	577
4	584	582	570
5	570	564	553
6	546	550	560
7	582	586	589
8	525	521	516
9	535	537	533
10	570	566	567
11	570	560	552
12	590	581	584
13	546	548	543
14	569	572	560
15	568	561	552
16	591	589	594
17	521	516	508
18	561	555	556
19	570	560	561

Tabulka 1: Hodnoty měření CCT pomocí různých přístrojů⁶

Průměrné hodnoty centrální tloušťky rohovky spolu se standardní odchylkou měření a její rozsah naměřený pomocí TonoVue-P, Pentacam HR a Allegro BioGraph jsou představené v následující tabulce (viz *Tabulka 2*).

CCT	Průměr ± SD (μm)	Minimum (μm)	Maximum (μm)
TonoVue-P	563,53 ± 21,06	521,00	591,00
Pentacam HR	564,26 ± 24,39	516,00	612,00
Allegro BioGraph	557,95 ± 22,91	508,00	594,00

Tabulka 2: Výsledky vyšetření CCT pomocí různých přístrojů⁶

Průměrný rozdíl v CCT mezi TonoVue-P a Pentacamem HR je $-0,74 \pm 10,52 \mu\text{m}$, mezi TonoVue-P a Allegro BioGraphem je $5,58 \pm 8,29 \mu\text{m}$ a mezi Pentacamem HR a Allegro BioGraphem je $6,32 \pm 9,99 \mu\text{m}$.

Na začátku výzkumu jsem si stanovila 2 hypotézy.

Hypotéza 1: *Hodnoty tloušťky rohovky změřené pomocí Pentacamu HR budou největšími.* Danou tezi potvrzují data, která jsou uvedena v tabulce 2. Z nich vyplývá, že jak střední hodnoty CCT, tak i její největší hodnota v daném výzkumném vzorku jsou naměřené Pentacamem HR.

Hypotéza 2: *Výsledky měření centrální tloušťky rohovky pomocí TonoVue-P, Pentacam HR a Allegro BioGraph jsou vzájemně zastupitelné.* Tento výrok zatím nemohu ani potvrdit, ani vyvrátit. Došlo ke kontrole jen pomocí koeficientu korelace (který nabyl hodnot 0,9 až 0,93), což není dostačujícím ukazatelem zastupitelnosti výsledků pachymetrie, proto je nutné provést další statistické testy (například neparametrický Wilcoxonův test nebo Bland-Altmanův graf).

Závěr

Měření centrální tloušťky rohovky je důležité pro hodnocení progresu keratokonu a pro refrakční chirurgii. Zejména u refrakčních zákroků je důležité co nejvíc omezit možnou chybu měření pro dosažení nejlepšího pooperačního výsledku.

Z tohoto důvodu je ještě před ukončením výzkumu zřejmé, že výsledky pachymetrie měřené na různých přístrojích nejsou v praxi vzájemně zastupitelné a je nutné provádět opakovaná měření parametrů vždy na stejném přístroji.

Zdroje

1. Crystalvue. Tonovue-P automatic non-contact tonometer with Pachymetry. Crystalvue. Accessed May 12, 2023. <https://www.crystalvue.com.tw/en/product.php?act=view&id=5>
2. CMI. Plně automatický bezkontaktní tonometr TonoVue-P | CMI. <https://www.cmi.sk/cs/plne-automatically-bezkontaktni-tonometr-tonovue-p> Accessed May 12, 2023
3. Beneš P. Přístroje pro optometrii a oftalmologii. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. Accessed May 12, 2023
4. Pašová P., Skorkovská K., Michálek J. Srovnání měření tloušťky a zakřivení rohovky pomocí Scheimpflugovy kamery, laserové interferometrie, automatické keratometrie a ultrazvukové pachymetrie. proLékaře.cz. <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2012-3/srovnani-mereni-tloustky-a-zakriveni-rohovky-pomoci-scheimpflugovy-kamery-laserove-interferometrie-automaticke-keratometrie-a-ultrazvukove-pachymetrie-39276/download?hl=cs>
Published March 2012. Accessed May 12, 2023
5. Neovize. Měření tloušťky rohovky-pachymetrie. neovize.cz. [online]. © 2008-2017, NeoVize s.r.o. Dostupné z: <https://www.neovize.cz/odborna-ocni-vysetreni/mereni-tloustky-rohovky-pachymetrie/> Accessed May 12, 2023
6. Vlastní zdroje

Comparison of central corneal thickness measurements using different ophthalmic devices

Bc. Kseniya Arkhipenka, doc. MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Annotation

This article is focused on comparing the results of measuring central corneal thickness using different devices.

The intro of the article provides definition of the term pachymetry and briefly describes different methods of measuring corneal thickness. The next part presents the methodology of research, including established work, ongoing results, and their evaluation.

The aim of this study is to determine whether the pachymetry results obtained with TonoVue-P, Pentacam HR and Allegro BioGraph are interchangeable.

Keywords:

pachymetry, central corneal thickness, TonoVue-P, Pentacam HR, Allegro BioGraph

Introduction

The pachymetry is an ophthalmological test that measures the thickness of the cornea. This method not only provides information about the absolute thickness of the cornea, which is essential for refractive laser surgery, but also allows us to monitor changes in ectatic and degenerative diseases. The corneal thickness must also be checked after eye injuries and in the case of long-term contact lens wearers.⁵

There are several methods of performing pachymetry:

- Contact method - ultrasound pachymetry: uses the echogenic interface, the ability of tissues to reflect ultrasound waves to varying degrees. During the measurement, the thickness of the cornea is evaluated from the time it takes for the transmitted wave to reflect and return to the analyser and the known speed at which the wave propagates.³

start the examination, it is only necessary to touch the centre of the pupil on the display and press the "Start" button. Further steps such as setting the working distance, corneal centration, measuring the pachymetry, moving to the other eye, measuring its parameters, and printing the results are performed automatically.^{1,2}

The Pentacam HR device is an anterior segment analyser based on the Scheimpflug camera principle. It uses blue LED light with a wavelength of 475 nm as a light source for measuring corneal thickness values. As a result of the pachymetry, it gives the CCT values, the thickness of the cornea at its apex and thinnest point.³

The Allegro Biograph optical biometer works on the basis of laser interferometry. "It uses light with a wavelength of 820 nm to measure pachymetry, and the thickness of the cornea is measured in the patient's axis of fixation to the light."⁴

Ongoing results

Till now (11.5.2023) data have been measured on a sample of nineteen eyes (see *Table 1*) of 11 respondents, 7 of whom are men and 4 women. The average age is 74.09 ± 11.40 years. The youngest respondent is 49 years old, the oldest 86 years old.

	TonoVue-P (μm)	Pentacam HR (μm)	Allegro Biograph (μm)
1	582	612	581
2	548	563	545
3	579	598	577
4	584	582	570
5	570	564	553
6	546	550	560
7	582	586	589
8	525	521	516
9	535	537	533
10	570	566	567
11	570	560	552
12	590	581	584
13	546	548	543
14	569	572	560
15	568	561	552
16	591	589	594
17	521	516	508
18	561	555	556
19	570	560	561

Table 1: CCT data of different devices ⁶

Table 2 displays the mean values of CCT with standard deviations and the CCT range of each instrument.

CCT	Mean \pm SD (μm)	Minimum (μm)	Maximum (μm)
TonoVue-P	563,53 \pm 21,06	521,00	591,00
Pentacam HR	564,26 \pm 24,39	516,00	612,00
Allegro BioGraph	557,95 \pm 22,91	508,00	594,00

Table 2: Results of the CCT examination with different devices ⁶

The differences in CCT values between TonoVue-P and Pentacam HR is $-0.74 \pm 10.52 \mu\text{m}$, between TonoVue-P and Allegro BioGraph $5.58 \pm 8.29 \mu\text{m}$ and between Pentacam HR and Allegro BioGraph $6.32 \pm 9.99 \mu\text{m}$.

At the beginning of the research, I set two hypotheses.

Hypothesis 1: *The values of corneal thickness measured with Pentacam HR will be the largest.* This thesis is confirmed by the data presented in Table 2. From them it follows that both the mean values of the CCT and the largest value in a given research sample are measured by Pentacam HR.

Hypothesis 2: *The results of CCT measurements with TonoVue-P, Pentacam HR and Allegro BioGraph are interchangeable.* I can neither confirm nor deny this statement. It was checked only by the correlation coefficient (which reached values of 0.9 to 0.93), which is not a sufficient indicator of the substitutability of the pachymetry results, so that other statistical tests are necessary (e.g. the non-parametric Wilcoxon test or the Bland-Altman plots).

Conclusion

Measuring central corneal thickness is important for evaluating the progression of keratoconus and for refractive surgery. Especially in refractive surgery, it is important to minimize the potential measurement error as much as possible to achieve the best postoperative result.

For this reason, even before the research is completed, it is clear that the results of pachymetry measured on different ophthalmic devices are not interchangeable in practice and repeated measurements of parameters must always be made on the same instrument.

Resources

1. Crystalvue. Tonovue-P automatic non-contact tonometer with Pachymetry. Crystalvue. Accessed May 12, 2023. <https://www.crystalvue.com.tw/en/product.php?act=view&id=5>
2. CMI. Plně automatický bezkontaktní tonometr TonoVue-P | CMI. <https://www.cmi.sk/cs/plne-automaticky-bezkontaktni-tonometr-tonovue-p> Accessed May 12, 2023
3. Beneš P. Přístroje pro optometrii a oftalmologii. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. Accessed May 12, 2023
4. Pašová P., Skorkovská K., Michálek J. Srovnání měření tloušťky a zakřivení rohovky pomocí Scheimpflugovy kamery, laserové interferometrie, automatické keratometrie a ultrazvukové pachymetrie. proLékaře.cz. <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2012-3/srovnani-mereni-tloustky-a-zakriveni-rohovky-pomoci-scheimpflugovy-kamery-laserove-interferometrie-automaticke-keratometrie-a-ultrazvukove-pachymetrie-39276/download?hl=cs>
Published March 2012. Accessed May 12, 2023
5. Neovize. Měření tloušťky rohovky-pachymetrie. neovize.cz. [online]. © 2008-2017, NeoVize s.r.o. Available from: <https://www.neovize.cz/odborna-ocni-vysetreni/mereni-tloustky-rohovky-pachymetrie/> Accessed May 12, 2023
6. Own resources

Endoteliální mikroskop – význam sledování v čase

Bc. Tereza Doleželová, doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Studie se zabývá významem sledování kvantitativních i kvalitativních hodnot o endotelové vrstvě rohovkové tkáně, a to konkrétně změnou hustoty buněk u pacientů před a po operaci katarakty. Endoteliální vrstva buněk hraje zásadní roli při udržování dehydratovaného stavu a transparentnosti rohovky. Po operaci šedého zákalu se setkáváme s určitým stupněm ztráty těchto buněk, který je závislý na mnoha faktorech, jako jsou přítomnost předoperačních rizikových faktorů pro endoteliální dekompenzaci, druh chirurgické techniky, stupeň opacifikace, ultrazvukový čas aj. Cílem tohoto článku je sledovat jakým způsobem je ovlivněn počet a morfologie endotelových buněk při operaci šedého zákalu běžnou technikou. Na závěr je zmíněna metodika výzkumu.

Klíčová slova

Rohovka, endotel, úbytek endoteliálních buněk, endoteliální mikroskop, katarakta, opacifikace

Rohovkový endotel

Rohovka (cornea) je transparentní optická tkáň, která tvoří mechanicky a chemicky neprostupnou bariéru mezi vnitřními částmi bulbu a zevním prostředím. Z optického hlediska lze mluvit o rohovce jako o nejdůležitějším refrakčním prostředí.

Endoteliální buňky pokrývají vnitřní plochu rohovky. Z vnitřní strany jsou omílny komorovou tekutinou a z vnější části bulbu na ně naléhá Descemetova membrána. Endotel rohovky je tvořen vrstvou asi 400 000 plochých buněk zpravidla hexagonálního tvaru, které na sebe těsně naléhají. Zodpovídají za transparentci a konstantní hydrataci rohovky, čímž je zajištěna konstantní optická mohutnost rohovky. Tloušťka endotelu dosahuje přibližně velikosti 5 μm a buněčná hustota u zdravého oka je udávána v mezích 2 600 až 3 000 buněk/ mm^2 .

Jednotlivé buňky jsou mezi sebou spojeny junkčními komplexy, které dávají vzniku gap-junction kanálkům, jejichž hlavní úkol spočívá v difúzi glukózy a jiných rozpuštěných látek z komorové tekutiny do dalších vrstev rohovky. Současně transportuje vodu a produkty metabolismu ze stromatu zpět do komorové tekutiny. Tento mechanismus je znám pod pojmem Na^+/K^+ ATPázová pumpa a karboanhydrátová pumpa. Buňky endotelu jsou charakteristické prakticky nulovou schopností regenerace, proto je jejich úbytek řešen zvětšováním velikosti, změnou tvaru, popřípadě spojením dvou stávajících buněk v jednu. Tyto proměnné jsou charakterizovány termíny polymegatismus a pleomorfismus.

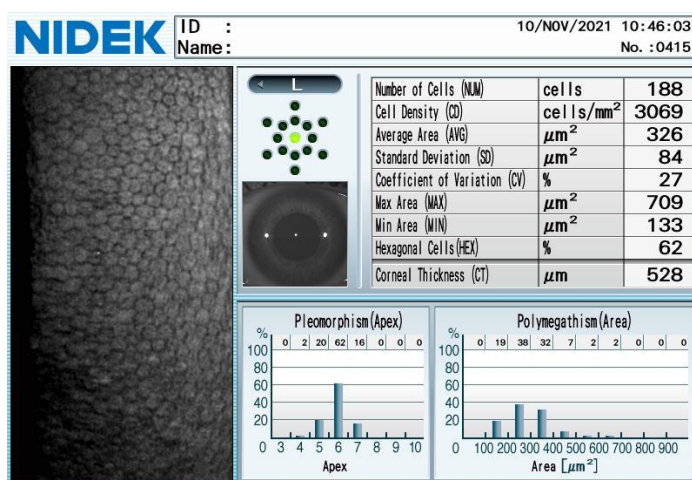
Ztráty jsou zapříčiněny přirozeným stárnutím organismu, a to o 0,5 % za rok, ale také důsledkem úrazu, při některých systémových a zejména lokálních endotelových onemocněních, po nitroočních chirurgických zákrocích nebo po keratoplastice. Určitých změn je možné si povšimnout také u dlouhodobých nositelů kontaktních čoček. Hustota buněk od 500 až 1 000 buněk/ mm^2 je považována za hranici, kdy je porušena hydratace rohovky a nastává edém.^{1,2,3}

Vyšetřování endotelu

Endotelovou vrstvu rohovky lze vyšetřovat pomocí štěrbinové lampy, a to konkrétně s využitím přímého osvětlení technikou optického a paralelního řezu nebo pomocí zrcadlového reflexu. K dalšímu, pro klinickou praxi nejpřesnějšímu vyšetření, je možné využít zrcadlový mikroskop. Jde o automatický bezkontaktní přístroj pro měření parametrů a analýzu endotelu rohovky. Principem je odraz a lom světla na optickém rozhraní mezi endotelem a komorovou tekutinou, přičemž odražený paprsek dopadá do kuželovité čočky objektivu a na detektor, aby mohl být změřen dráhový rozdíl odražených paprsků od pozorovaného povrchu. Tím vzniká obraz, který je možné fotografovat a s použitím patřičného softwaru zhodnotit kvantitativní a morfologickou stavbu buněk.

Pro svou výzkumnou část budu využívat plně automatický bezkontaktní přístroj Nidek CEM-530, který je dodáván formou OCULUS, spol. s r. o. Ten snímá oblast především v centrální části rohovky v rozsahu 0,25 x 0,55 mm, a to prostřednictvím celkem 16 obrázků při každém měření. Umožňuje sledovat morfologii endotelu centrálně pro jeden bod, paracentrálně pro 8 bodů (zóna o průměru 1,3 mm) a periferně pro 6 bodů (zóna o průměru 7,3 mm). Endotelový mikroskop poskytuje data ohledně

počtu buněk použitých ke kalkulaci (NUM = number), které jsou následně přepočítány na určitou prostorovou jednotku, zpravidla na jeden milimetr čtvereční (CD = cell density). Lze zjistit průměrnou buněčnou velikost (AVG = average) a velikost největší a nejmenší buňky ze snímané oblasti (MAX, MIN). Koeficient variace (CV = coefficient of variation) by měl fyziologicky ležet v rozmezí mezi 0,22 a 0,31, CV hodnoty od 0,32 do 0,40 jsou zvýšené a CV hodnoty nad 0,40 považujeme za abnormální. Pokud endotel rohovkového endotelu vykazuje méně než 50 % hexagonálních buněk (HEX = hexagonality), pak vyhodnocujeme pleomorfismus jako klinicky významný. Výhodou je také bezkontaktní získání pachymetrických údajů.⁴⁻⁷



Obrázek 1: Příklad vyhodnocení průměrného počtu endotelových buněk 21leté pacientky pomocí endotelového mikroskopu Nidek CEM-530.

Katarakta

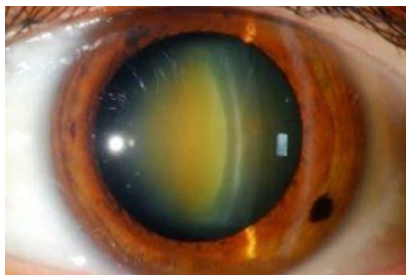
Za šedý zákal neboli kataraktu je považováno jakékoliv zkalení čočky, které zapříčiňuje poruchu transparentnosti čočky. Paprsek není fokusován na sítnici v jednom bodě, ale je rozptýlen a dochází tak k poklesu kontrastní citlivosti a zrakové ostrosti, kterou pacient subjektivně vnímá jako neostrý obraz. Přirozené stárnutí organismu je nejčastější příčinou vzniku zákalu, avšak na rozvoj mají vliv některá celková a oční onemocnění, chemická, mechanická poranění či úrazy elektrickým proudem, dále nadměrné působení elektromagnetickým zářením o různé vlnové délce a v neposlední řadě celkový životní styl.

Ani v současné době není znám konzervativní způsob snížení progresu a léčby šedého zákalu, proto je stále jedinou možností chirurgické řešení v podobě implantace umělé nitrooční čočky. Podařilo se však detekovat rizikové faktory, které na patogenezi značně působí. Jsou jimi dlouhodobá expozice UV záření, kouření, diabetes mellitus,

dlouhodobé užívání kortikosteroidů, alkohol a obecně oxidativní stres v organismu. Ukázalo se, že možný protektivní vliv vykazuje strava bohatá na některé vitamíny, konkrétně A, C, E, niacin, tiamin, riboflavin, karoteny a železo.

S přibývajícím věkem dochází ke zvětšování čočky, která nabývá na hmotnosti a zvětšuje se její předozadní rozměr. Klesající akomodační schopnost, chemické změny v podobě snižování průhlednosti a následné pigmentace jádra do žlutavého až hnědavého zbarvení, změny refrakčního indexu a sférické aberace čočky do pozitivních hodnot. V takovém případě hovoříme o senilní kataraktě. Podle lokalizace převažujícího zakalení ji dělíme na kataraktu nukleární, kortikální, přední a zadní subkapsulární.

U nukleární katarakty pozorujeme postupné nažloutnutí a opacifikaci lokalizovanou v jádru čočky. Biochemické změny zvyšují index lomu, oko se stává více myopické a pacienti jsou tak v počátečních stádiích schopni číst opět bez brýlové korekce, naopak zraková ostrost do dálky činí pacientovi větší potíže.



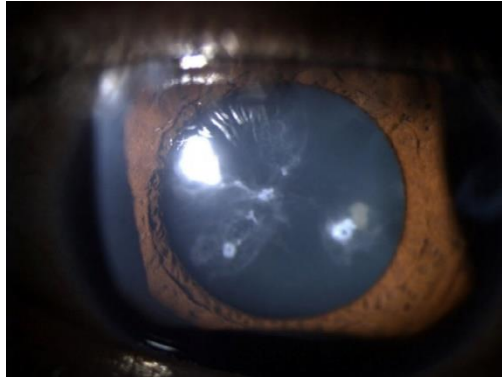
Obrázek 2: Nukleární katarakta

Kortikální katarakta bývá spojována s porušenou rovnováhou hydratace lentikulárních vláken. Biomikroskopicky je možné si povšimnout nejprve drobných vakuol v předním nebo zadním kortexu, které se později přemění v trojúhelníkové opacifikace směřujících do centra čočky. Existují 3 stádia opacifikace lentikuly – intumescentní, maturní, hypermaturní katarakta a v posledním stádium, kdy už se čočka díky zkapalněnému kortexu volně pohybuje v pouzdře, se nazývá katarakta Morgagni.



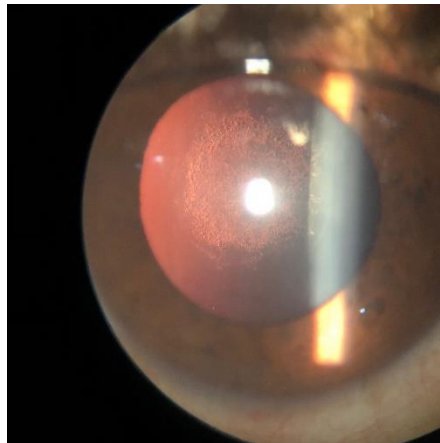
Obrázek 3: Kortikální katarakta

Méně typickým druhem senilní katarakty je přední subkapsulární katarakta s lokalizací zákalu těsně pod předním pouzdrém. Příčinou je fibrózní metaplázie epitelálních buněk.



Obrázek 4: Přední subkapsulární katarakta

U zadní subkapsulární katarakty nejprve biomikroskopicky nacházíme nález v podobě jemné duhové opalescence v zadní kortikální vrstvě, která postupně progreduje v granulózní opaktní plochu. Obvykle se objevuje po farmakoterapii kortikosteroidy, po interakci oka s ionizujícím zářením nebo po traumatu. Zhoršená zraková ostrost je pacienti udávána spíše na blízko a při vyšší světelné intenzitě je často vnímáno glare, tedy rozptýlené světlo při fixaci málo kontrastního drobného objektu.^{3,8}



Obrázek 5: Zadní subkapsulární katarakta

Metodika

Studie bude probíhat v Nemocnici u svaté Anny v Brně na oddělení nemocí očních a optometrie. U pacientů budou nejprve zjištěny základní anamnestické údaje, jako je věk, pohlaví, datum narození, a dále přítomnost refrakční vady, glaukomu a dalších očních onemocnění, prodělané oční operace, celkový zdravotní stav a aktuální farmakoterapie. Vyšetření na endoteliálním mikroskopu bude provedeno u každého

pacienta dvakrát, a to u předoperačního vyšetření a poté den po chirurgickém zákroku. Budou zaznamenány hodnoty ohledně počtu buněk, hustotě, standardní odchylka a koeficient variace buněk, dále hodnota hexagonality a tloušťky rohovky. Následně budou tyto hodnoty statisticky zpracovány.

Zdroje

1. KVAPILÍKOVÁ, Květa. Anatomie a embryologie oka. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
2. SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
3. KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
4. VESELÝ P, Pavel Beneš, Jana Sokolová Šidlová, Petra Záděrová, Hana Došková. Hodnocení endotelové vrstvy rohovky u nositelů kontaktních čoček pomocí endoteliálního mikroskopu. Česká a slovenská oftalmologie. 78(06), 2022, 306-311. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2022-6-7/hodnoceni-endotelove-vrstvy-rohovky-u-nositelu-kontaktnich-cocek-pomoci-endotelialniho-mikroskopu-133054>
5. CRAIG, Thomas. Use Specular Microscopy to Diagnose Corneal Disease. Review of Optometry. June 15, 2009, 146(06). Dostupné také z: <https://www.reviewofoptometry.com/article/use-specular-microscopy-to-diagnose-corneal-disease>
6. KAUR K, Gurnani B. Specular Microscopy. [Updated 2022 Dec 6]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585127/>
7. LOUKOTOVÁ, Věra, Zuzana HLINOMAZOVÁ, Monika HORÁČKOVÁ a Eva VLKOVÁ. Metody analýzy endoteliální mikroskopie. Česká a slovenská oftalmologie. 2007, (3), 185-192. Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2007-3/metody-analyzy-endotelialni-mikroskopie-2818>
8. ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017.

Endothelial Microscope – The Significance of Monitoring over Time

Bc. Tereza Doleželová, doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University Brno

Abstract

The aim of the study is to monitor quantitative and qualitative values of the endothelial layer of the corneal tissue, specifically the change in cell density in patients before and after cataract surgery. The endothelial cell layer plays a vital role in maintaining the dehydrated state and transparency of the cornea. After cataract surgery, a certain degree of loss of these cells is encountered, which depends on many factors such as the presence of preoperative risk factors for endothelial decompensation, type of surgical technique, degree of opacification, ultrasound time, etc. The aim of this article is to present the basic patterns of corneal endothelium, its investigation and also to clarify the concept of cataract and its types. Finally, the research methodology is mentioned.

Key words

Cornea, endothelium, endothelial cell loss, endothelial microscope, cataract, opacification

Corneal endothelium

The cornea is a transparent optical tissue that forms a mechanically and chemically impermeable barrier between the inner parts of the eyeball and the external environment. From an optical point of view, one can speak of the cornea as the most important refractive medium. Endothelial cells cover the inner surface of the cornea. They are lined on the inner side by the chamber fluid and on the outer side of the bulb by Descemet's membrane. The endothelium of the cornea is made up of a layer of about 400,000 flat cells, usually hexagonal in shape, which press closely together. They are responsible for the transparency and constant hydration of the cornea, which ensures a constant optical power of the cornea. The thickness of the endothelium reaches approximately 5 μm and the cell density in a healthy eye is reported to be between 2,600 and 3,000 cells/ mm^2 .

Individual cells are connected to each other by junctional complexes, which give rise to gap-junction channels, the main task of which is the diffusion of glucose and other dissolved substances from the chamber fluid to other layers of the cornea. At the same time, it transports water and metabolic products from the stroma back into the ventricular fluid. This mechanism is known as the Na⁺/K⁺ATPase pump and the carbonic anhydrase pump. Endothelial cells are characterized by practically zero ability to regenerate, so their loss is solved by increasing the size, changing the shape, or combining two existing cells into one. These variables are characterized by the terms polymegatism and pleomorphism.

Losses are caused by the natural ageing of the organism, by 0.5 % per year, but also as a result of trauma, in some systemic and especially local endothelial diseases, after intraocular surgery or after keratoplasty. Certain changes can also be noticed in long-term contact lens wearers. A cell density of 500 to 1,000 cells/mm² is considered the threshold where corneal hydration is compromised and edema occurs.^{1,2,3}

Examination of the endothelium

The endothelial layer of the cornea can be examined using a slit lamp, specifically using direct illumination using the optical and parallel section technique or using a mirror reflex. A mirror microscope can be used for further examination, which is the most accurate for clinical practice. It is an automatic non-contact instrument for measuring parameters and analysis of the corneal endothelium. The principle is the reflection and refraction of light at the optical interface between the endothelium and the chamber fluid, with the reflected ray striking the conical lens of the objective and the detector so that the path difference of the reflected rays from the observed surface can be measured. This creates an image that can be photographed and, using appropriate software, the quantitative and morphological structure of the cells can be assessed.

For my research I will use a fully automatic non-contact device Nidek CEM-530, which is supplied by OCULUS, spol. s r.o. It scans the area mainly in the central part of the cornea in the range of 0.25 x 0.55 mm, using a total of 16 images for each measurement. It allows endothelial morphology to be observed centrally for one point, paracentrally for 8 points (zone 1.3 mm in diameter) and peripherally for 6 points (zone 7.3 mm in diameter). The endothelial microscope provides data regarding the number of

cells used for calculation (NUM = Number), which are subsequently converted to a specific spatial unit, usually one square millimetre (CD = Cell Density). The average cell size (AVG = Average) and the size of the largest and smallest cells of the scanned area (MAX, MIN) can be determined. The coefficient of variation (CV = Coefficient of Variation) should physiologically lie between 0.22 and 0.31, CV values between 0.32 and 0.40 are elevated and CV values above 0.40 are considered abnormal. If the corneal endothelium shows less than 50 % hexagonal cells (HEX = Hexagonality), then we evaluate pleomorphism as clinically significant. Non-contact acquisition of pachymetric data is also an advantage.⁴⁻⁷

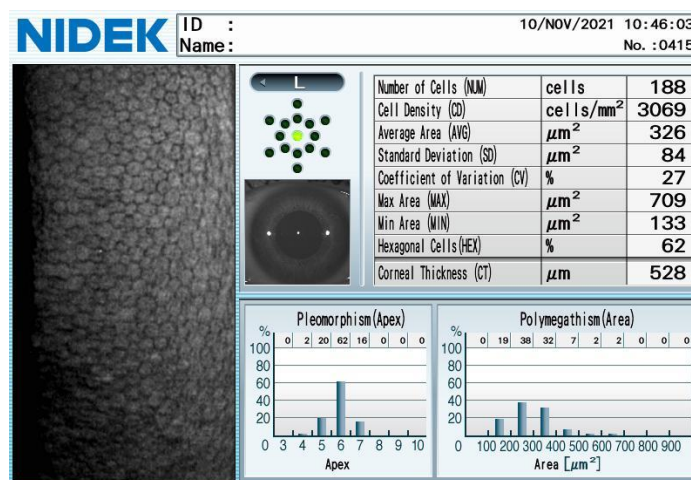


Figure 1: Example of evaluation of the average number of endothelial cells in a 21-year-old female patient using the Nidek CEM-530 endothelial microscope.

Cataract

A cataract is any clouding of the lens that causes a breakdown in the transparency of the lens. The beam is not focused on the retina at one point but is diffused, causing a decrease in contrast sensitivity and visual acuity, which the patient subjectively perceives as a blurred image. Natural aging of the organism is the most common cause of cataract, but the development is influenced by some general and eye diseases, chemical and mechanical injuries or electric shocks, as well as excessive exposure to electromagnetic radiation of different wavelengths and, last but not least, overall lifestyle.

Even nowadays, there is no known conservative way to reduce the progression and treatment of cataract, therefore the only option is still surgical solution in the form of implantation of an artificial intraocular lens. However, it has been possible to detect risk

factors that have a significant impact on the pathogenesis. These include prolonged exposure to UV radiation, smoking, diabetes mellitus, long-term use of corticosteroids, alcohol and general oxidative stress in the body. A diet rich in certain vitamins, namely A, C, E, niacin, thiamin, riboflavin, carotenes and iron, has been shown to have a possible protective effect.

As we age, the lens increases in weight and the anterior-posterior dimension of the lens increases. Decreasing accommodative ability, chemical changes in the form of decreasing transparency and subsequent pigmentation of the nucleus into a yellowish to brownish colour, changes in the refractive index and spherical aberration of the lens into positive values. In such a case we speak of senile cataract. According to the localization of the predominant opacity, it is divided into nuclear, cortical, anterior and posterior subcapsular cataracts.

In nuclear cataract, we observe progressive yellowing and opacification localized in the nucleus of the lens. Biochemical changes increase the refractive index, the eye becomes more myopic and patients are able to read again without spectacle correction in the early stages, whereas distance visual acuity is more difficult for the patient.

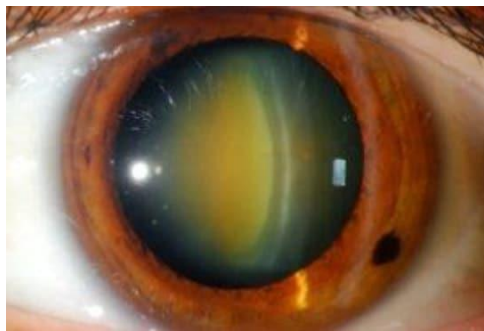


Figure 2: Nuclear cataract

Cortical cataract is usually associated with a disturbed balance of lenticular fibre hydration. Biomicroscopically, small vacuoles in the anterior or posterior cortex can be first noticed, which later transform into triangular opacifications directed towards the centre of the lens. There are 3 stages of lenticular opacification – intumescent, maturational, hypermaturational cataract and in the last stage, when the lens already moves freely in the capsule due to the liquefied cortex, it is called Morgagni cataract.



Figure 3: Cortical cataract

A less typical type of senile cataract is anterior subcapsular cataract, with localisation of the opacification just below the anterior capsule. The cause is fibrous metaplasia of epithelial cells.

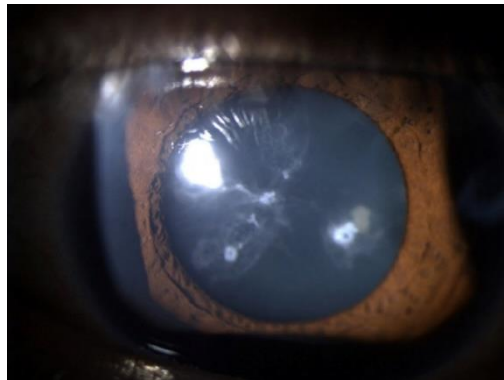


Figure 4: Anterior subcapsular cataract

In posterior subcapsular cataract, the first biomicroscopic finding is a fine iridescent opalescence in the posterior cortical layer, which gradually progresses to a granular opaque area. It usually occurs after pharmacotherapy with corticosteroids, after interaction of the eye with ionizing radiation or after trauma. Impaired visual acuity is reported by patients to be more likely at near, and at higher light intensities glare, i.e., scattered light with fixation of a low-contrast small object, is often perceived.

3,8

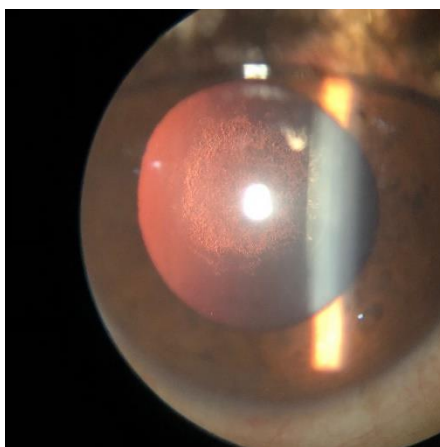


Figure 5: Posterior subcapsular cataract

Research methodology

The study will take place at the St. Anne's Hospital in Brno in the Department of Eye Diseases and Optometry. Patients will first be assessed for basic anamnestic data such as age, sex, date of birth, as well as the presence of refractive error, glaucoma and other eye diseases, eye surgery, general health and current drug therapy. The endothelial microscope examination will be performed twice on each patient, at the pre-operative examination and then the day after surgery. Values regarding cell number, density, standard deviation and coefficient of variation of the cells will be recorded, as well as hexagonality and corneal thickness. Subsequently, these values will be statistically processed.

Resources

1. KVAPILÍKOVÁ, Květa. Anatomie a embryologie oka. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
2. SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
3. KUCHYNKA, Pavel. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
4. VESELÝ P, Pavel Beneš, Jana Sokolová Šidlová, Petra Záděrová, Hana Došková. Hodnocení endotelové vrstvy rohovky u nositelů kontaktních čoček pomocí endoteliálního mikroskopu. Česká a slovenská oftalmologie. 78(06), 2022, 306-311.

Dostupné také z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2022-6-7/hodnoceni-endotelove-vrstvy-rohovky-u-nositelu-kontaktnich-cocek-pomoci-endotelialniho-mikroskopu-133054>

5. CRAIG, Thomas. Use Specular Microscopy to Diagnose Corneal Disease. Review of Optometry. June 15, 2009, 146(06). Available from: <https://www.reviewofoptometry.com/article/use-specular-microscopy-to-diagnose-corneal-disease>

6. KAUR K, Gurnani B. Specular Microscopy. [Updated 2022 Dec 6]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585127/>

7. LOUKOTOVÁ, Věra, Zuzana HLINOMAZOVÁ, Monika HORÁČKOVÁ a Eva VLKOVÁ. Metody analýzy endoteliální mikroskopie. Česká a slovenská oftalmologie. 2007, (3), 185-192. Available from: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2007-3/metody-analyzy-endotelialni-mikroskopie-2818>

8. ROZSÍVAL, Pavel. Oční lékařství. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017.

Vliv kouření na endotel rohovky

Bc. Barbora Pilná, vedoucí práce doc. MUDr. Karolína Skorkovská, PhD.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Výzkum se zabývá vlivem kouření na endotel rohovky, ve smyslu poklesu endotelových buněk a změn jejich denzity a hexagonality. Článek popisuje základní znalosti anatomie a histologie rohovky, podrobněji se věnuje samotnému rohovkovému endotelu. Dále je zde popsán endotelový mikroskop a samotná metodologie práce.

Klíčová slova

rohovka, endotel, endotelové buňky, endotelový mikroskop, kouření

Rohovka

Jedná se o průhlednou bezcévnou tkáň pokrývající přední část oční koule. Je první lámavou plochu optického prostředí oka. Je složena ze 78 % z vody a z 22 % z organických složek, jako je kolagen, bílkoviny, keratansulfáty, chondoitinsulfáty a chloridy sodíku a draslíku.¹⁻⁴

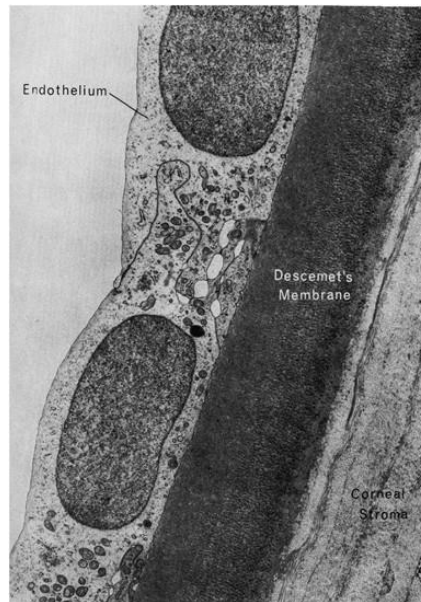
Rohovka je složena z pěti vrstev. Zevní vrstvou je **epitel**, který představuje 10 % z celkové tloušťky rohovky. Jedná se o nerohovatějící mnohvrstevný dlaždicový epitel, jehož buňky jsou seskupeny ve čtyřech až šesti vrstvách. Regenerační schopnost epitelu je velmi rychlá. Fyziologická obnova epitelu se uskutečňuje jednou za 7-10 dní. Téměř v každé buňce epitelu je zakončeno nervové vlákno, což vede k veliké senzitivě rohovky. Pod bazální membránou epitelu je uložena **Bowmanova membrána**. Jedná se o tenkou bazální membránu. Odděluje epitel od stromatu a podílí se na organizaci bazální vrstvy epitelových buněk. V případě poranění Bowmanovy membrány tato neregeneruje a tvoří se rohovková jizva. Další vrstvou rohovky je **stroma**, které tvoří zhruba 90 % tloušťky rohovky. Sestává z lamel kolagenních fibril a jemných struktur pojivové tkáně. Jedním z faktorů majících vliv na průhlednost rohovky je její konstantní vysoký obsah vody – až 80 %. V případě zvýšení obsahu vody, například v důsledku mechanického či zánětlivého poškození, dochází k edému. Čtvrtou rohovkovou vrstvou je **Descemetská membrána**. Ta je, jakožto produkt endotelu, tvořena

elastickými vlákny. Díky funkčním endotelovým buňkám má schopnost regenerace, je tak velmi odolná při infekcích. Pátou a poslední vrstvou rohovky, která pokrývá její zadní povrch, je **endotel**, jehož problematikou se bude podrobněji zabývat následující část článku. Rohovka na své vnější straně přechází do spojivky v oblasti limbu, což je asi 1 mm široká oblast nacházející se na periférii rohovky. Na své vnitřní straně pak v bělimu.¹⁻⁴

Rohovka je bezcévná tkáň a její výživa je zajišťována třemi různými cestami. Tou první je **komorová voda**, ze které rohovka čerpá pomocí difúze glukózu. Druhou cestu představuje **difúze z kapilár spojivky**. Tou třetí a nejzásadnější je výživa prostřednictvím **slzného filmu**, který se skládá ze tří vrstev – lipidové, vodnaté a mukózní.¹⁻⁴

Rohovkový endotel

Descemetskou membránu pokrývá jediná vrstva polygonálních endoteliálních buněk, která tvoří pravidelnou mozaiku a vykazuje tloušťku asi 4-6 μm . Jednotná velikost buněk je 5 μm na výšku a 20 μm na šířku. Tato vrstva endoteliálních buněk je na své zadní apikální straně v přímém kontaktu s komorovou vodou v přední komoře oka. Kruhový průměr endotelu činí u dospělých osob průměrně 11,7 mm. Fyziologicky neobsahuje žádné krevní cévy ani nervová zakončení. Endoteliální buňky obsahují velké buněčné jádro, které je velmi dobře viditelné. Četné cytoplazmatické organely čítající mitochondrie, jejichž přítomnost je nutná z důvodu vysokého energetického nároku buněk. Dále se v cytoplazmě nachází Golgiho aparát, jehož funkce je spojena s produkcí extracelulárních proteinů potřebných k tvorbě Descemetské membrány, endoplazmatické retikulum a ribozomy. Jejich metabolismus je velmi aktivní.⁵



Obr. 1 Elektronový mikrograf endotelu rohovky⁶

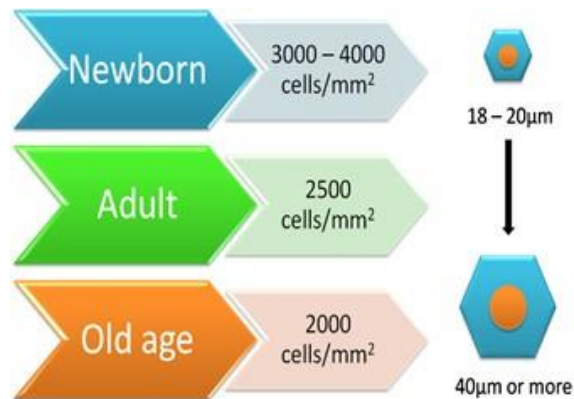
Endoteliální buňky mají kvůli své funkci udržování transparentnosti rohovky (deturgescence) velký výdej energie, proto obsahují velké množství adenosintrifosfátu (ATP).⁵

Buňky endotelu obsahují iontový transportní systém, který působí proti imbibici vody do stromatu. Mezi komorovou vodou a stromatem je přítomen osmotický gradient sodíku, který má za následek tok Na^+ z komorové vody do stromatu a tok K^+ v opačném směru. Jedná se o tzv. sodno-draselnou pumpu (Na^+/K^+ -ATPáza). Ta se nachází v basolaterální membráně endotelových buněk. Jakékoli poškození nebo výrazný úbytek endotelových buněk rohovky vede k narušení této homeostázy a zvyšuje se obsah vody v rohovce. Rovněž k tomu, že je tento iontový transportní systém částečně závislý na buněčné energii, vede ochlazení rohovky k jejímu zesílení a menší transparentnosti. Tento stav je reverzibilní v momentě, kdy se teplota rohovky dostane zpět na normální tělesnou teplotu (tzv. temperature reversal).⁷

Pokles denzity endotelových buněk

Při narození se počet endotelových buněk blíží 6000 buňkám/ mm^2 . Okamžitě po porodu ale ztrácí schopnost proliferace, kterou inhibují faktory nacházející se v komorové tekutině. S věkem dochází k pomalému fyziologickému úbytku endotelových buněk. U mladších dospělých se normální denzita endoteliálních buněk pohybuje okolo 3500 buněk/ mm^2 . Průměrná ztráta činí ročně 0,3-0,6 %. U 85letého člověka tak průměrně připadá 2300 buněk/ mm^2 . Stav, kdy se buňky liší svou velikostí, je nazýván

polymegatismus. Tvar endoteliálních buněk je převážně hexagonální. U zdravé lidské rohovky je 70-80 % všech buněk hexagonálních. Stav, kdy se tvar buňky liší od hexagonálního, je nazýván pleomorfismem. V případě traumatu endotelu dochází z důvodu neschopnosti regenerace jak k polymegatismu ve smyslu zvětšení buňky, tak k pleomorfismu. Na takto uvolněná místa migrují buňky okolní, které se zde rozprostřou a obnoví buněčné kontakty a svou funkci.^{4,7,8}



Obr. 2 Fyziologický pokles počtu endotelových buněk s věkem⁶

Dojde-li k traumatu endotelu nebo infekci, a hustota buněk klesne pod kritický level, hrozí narušení fyziologických funkcí a nástup rohovkového edému. Tato kritická hranice se pohybuje v rozmezí 10-15 % z normální buněčné hustoty, tedy 300 až 500 b./mm². Mezi aspekty ovlivňující stav endotelu patří dědičné endoteliální dystrofie, zejména zadní polymorfní dystrofie a Fuchsova dystrofie. Ta je jednou z nejčastěji se vyskytujících endoteliálních dystrofií, kdy dochází k vychlípnutí Descemetovy membrány a úbytku buněk endotelu. Dále mají na kvalitu endotelu vliv systémová onemocnění jako je například diabetes mellitus. Endotel takového pacienta je citlivější na stres a hojení po nitrooční operaci (např. extrakci katarakty) bývá komplikovanější a delší. Mezi další faktory ovlivňující endotel rohovky patří například glaukom, uveitidy, nitrooční operace, suché oko a jiné. Životní styl, jako je dlouhodobé nošení kontaktních čoček nebo právě kouření, zde můžeme rovněž zařadit.⁹

Endotelový mikroskop

Endoteliální mikroskop je bezkontaktní přístroj, pomocí kterého dochází ke zjišťování stavu endotelu rohovky. Naměřené hodnoty jsou zobrazovány na displeji, je možno si je vytisknout či stáhnout na úložné zařízení. Nastavitelná opěrka hlavy bývá

elektricky ovládána. Měří se hlavně počet a tvar endoteliálních buněk. Lze změřit také celkovou tloušťku rohovky, tzv. pachymetrii. Snímá se oblast v centru rohovky, v rozsahu 0,25 x 0,55 mm. U světla, které dopadá na povrch, dochází k částečné absorpci materiálem, k průchodu materiálem a k jeho odrazu. V endoteliální mikroskopii je důležitá právě ta část paprsku, u které dojde k odrazu. Využívá se tzv. zrcadlového odrazu, tedy takového, kdy je úhel dopadu stejný jako úhel odrazu. Takový paprsek je následně zachycen mikroskopem. Během průchodu paprsku rohovkou dochází k odrazu a absorpci na jednotlivých rozhraních (tkáních) rohovky. Část paprsku je vždy odražena zpět a část prochází dále hlouběji do oka. Čím větší je rozdíl mezi indexy lomu daných tkání, tím větší je intenzita odraženého světla. Část takto odraženého světla je zachyceno čočkou objektivu endoteliálního mikroskopu a tvoří obraz té části tkáně, na kterou je mikroskop zaostřen. Výsledkem jsou hodnoty počtu analyzovaných buněk, minimální, maximální a průměrná velikost buněk, směrodatná odchylka plochy, koeficient odlišnosti, buněčná hustota, hexagonalita a histogram rozložení zkoumané plochy. Dále také analýza polymegathismu a polymorfismu.^{7,10}

Metodologie výzkumu

Výzkum bude probíhat ve Fakultní nemocnici u sv. Anny v Brně na Oddělení očních nemocí a optometrie. Probandi účastníci se výzkumu, ve věku 30 až 50 let, budou rozděleni do dvou skupin – na kuřáky (studovaný soubor) a nekuřáky (kontrolní soubor). Nejprve proband vyplní dotazník zahrnující informace o prodělaných očních i systémových onemocněních a případných očních operacích. V případě kuřáků také jak dlouho a v jakém množství kouří. Dále bude pacient vyšetřen na šterbinové lampě. Toto vyšetření slouží k vyloučení například rohovkových dystrofií, jizev, neovaskularizací apod. Nakonec proběhne samotné měření na endotelovém mikroskopu. Z nasbíraných výsledků budou posuzovány zejména hodnoty buněčné denzity, morfologie a velikosti endotelových buněk a hodnoceny případné rozdíly mezi kontrolním a studovaným souborem.

Zdroje

1. Kvapilíková K. *Anatomie a Embryologie Oka*. Institut po další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000.
2. Synek S, Skorkovská Š. *Fyziologie Oka a Vidění*. 2., doplněné a přepracované vydání. Grada; 2014.

3. Rozsival P. *Oční Lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Galén; 2017.
4. Kuchynka P. *Oční Lékařství*. Grada; 2007.
5. Dartt DA, Besharse JC, Dana R. *Encyclopedia Of The Eye: Volume 1 A-C*. Vol 2010. Elsevier Ltd.
6. Corneal endothelium: developmental strategies for regeneration | Eye. Accessed April 28, 2023. <https://www.nature.com/articles/eye201315#Fig3>
7. Mannis MJ, Holland EJ. *Cornea*. Elsevier Health Sciences; 2016.
8. Studený P. *Zadní lamelární keratoplastika*. Doktorská dizertační práce. Univerzita Karlova Praha; 2013.
<https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/58959/140041234.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Tuft SJ, Coster DJ. The Corneal Endothelium. *Eye Lond*. 1990(4):398-424.
doi:10.1038/eye.1990.53
10. Beneš P. *Přístroje pro Optometrii a Oftalmologii*. 1. vyd. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně; 2015.

The Effect of Smoking on the Corneal Endothelium

Bc. Barbora Pilná, vedoucí práce doc. MUDr. Karolína Skorkovská, PhD.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University Brno

Annotation

The reasearch deals with the effect of smoking tobacco products on the corneal endothelium, in the sense of a decrease in endothelial cells and changes in density and hexagonality. The article describes the basic knowledge of the anatomy and histology of the cornea and focuses on the corneal endothelium itself in more detail. Furthermore, the specular microscope and the methodology of the work itself are described here.

Key words

cornea, endothelium, endothelial cells, specular microscope, smoking

Cornea

It is a transparent avascular tissue covering the front part of the eyeball. It is the first refractive surface of the optical environment of the eye. It is composed of 78 % water and 22 % organic components such as collagen, proteins, keratan sulfates, chondoitin sulfates, and sodium and potassium chlorides.¹⁻⁴

The cornea is composed of five layers. The first layer is the **epithelium**, which covers the outside of the cornea and represents 10 % of the total thickness of the cornea. It is a non-keratinized multi-layered squamous epithelium, its cells are grouped in four to six layers. The regenerative ability of the epithelium is very fast. Physiological restoration of the epithelium is carried out once every 7-10 days. Almost every cell of the epithelium is terminated by a nerve fiber, which leads to great sensitivity of the cornea. Beneath the basement membrane of the epithelium is **Bowman's membrane**. It is a thin basement membrane. It separates the epithelium from the stroma and participates in the organization of the basal layer of epithelial cells. If Bowman's membrane is injured, it does not regenerate and a corneal scar is formed. The next layer of the cornea is the **stroma**, which makes up about 90 % of the thickness of the cornea. It consists of lamellar layers of collagen fibrils and fine structures of

connective tissue. One of the factors influencing the transparency of the cornea is its constant high water content – up to 80 %. In case of an increase in water content, for example as a result of mechanical or inflammatory damage, edema occurs. The fourth corneal layer is **Descemet's membrane**. As a product of the endothelium, it is made up of elastic fibers. Thanks to functional endothelial cells, it has the ability to regenerate, so it is very resistant to infections. The fifth and last layer of the cornea, which covers its back surface, is the **endothelium**, the issue of which will be discussed in more detail in the next part of the article. On its outer side, the cornea merges into the conjunctiva at the limbus, an area about 1 mm wide located at the periphery of the cornea. On its inner side merges into sclera.¹⁻⁴

The cornea is an avascular tissue and its nutrition is provided by three different routes. The first is aqueous humor, from which the cornea draws glucose by diffusion. The second way is diffusion from the conjunctival capillaries. The third and most essential is nutrition through the tear film, which consists of three layers – lipid, aqueous and mucous.¹⁻⁴

Corneal Endothelium

Descemet's membrane is covered by a single layer of polygonal endothelial cells that form a regular mosaic and show a thickness of about 4-6 μm . The uniform cell size is 5 μm in height and 20 μm in width. This layer of endothelial cells is in direct contact with the aqueous humor in the anterior chamber of the eye on its posterior apical side. The circular diameter of the endothelium in adults is 11,7 mm on average. Physiologically it contains no blood vessels or nerve endings. Endothelial cells contain a large cell nucleus that is very visible. Numerous cytoplasmic organelles including mitochondria, whose presence is necessary due to the high energy requirement of cells. Furthermore, the Golgi apparatus is located in the cytoplasm, the function of which is linked to the production of extracellular proteins required for the formation of Descemet's membrane, the endoplasmic reticulum and ribosomes. Their metabolism is very active.⁵

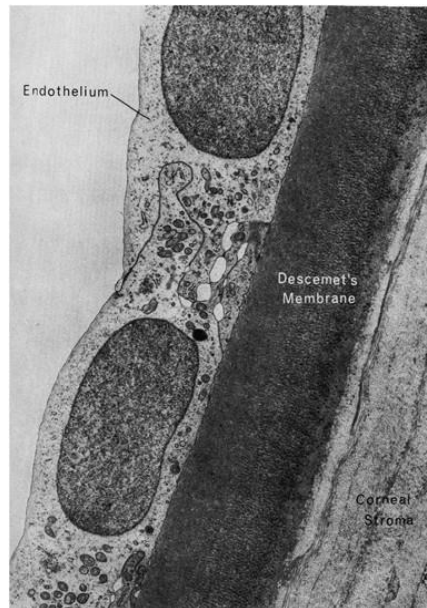


Fig. 3 Electron micrograph of corneal endothelium⁶

Endothelial cells, due to their function of maintaining the transparency of the cornea (deturgescence), have a large expenditure of energy, therefore they contain a large amount of adenosine triphosphate (ATP).⁵

Endothelial cells contain an ion transport system that counteracts the imbibition of water into the stroma. Therefore, in case of loss or damage of corneal endothelial cells, there is an increased imbibition of water by the corneal stroma. Between aqueous humor and stroma there is present an osmotic sodium gradient resulting in Na⁺ flow from the aqueous humor into the stroma and K⁺ flow in the opposite direction. It is a so-called sodium-potassium pump (Na⁺/K⁺ -ATPase). It is located in the basolateral membrane of endothelial cells. Since this ion transport system is partially dependent on cellular energy, cooling the cornea causes it to thicken and become less transparent. This condition is reversible at the moment when the temperature of the cornea returns to normal body temperature (so-called temperature reversal).⁷

Endothelial cells density decrease

At birth, the number of endothelial cells approaches 6000 cells/mm². Immediately after birth, however, it loses its ability to proliferate, which is inhibited by factors found in the aqueous humor. With age, there is a slow physiological decline of endothelial cells. In younger adults, the normal density of endothelial cells is around 3500 cells/mm². The average loss is 0,3-0,6 % annually. An 85-year-old person has an average of 2300 cells/mm². The condition where the cells differ in size is called polymegatism. The shape

of endothelial cells is predominantly hexagonal. In a healthy human cornea, 70-80 % of all cells are hexagonal. The state in which the shape of the cell differs from hexagonal is called pleomorphism. In the case of trauma to the endothelium, both polymegatism, in the sense of cell enlargement, and pleomorphism occur due to the inability to regenerate. In this way, due to the death of cells, surrounding cells migrate to the vacant places, which will spread there and restore cell contacts and their function.^{4,7,8}

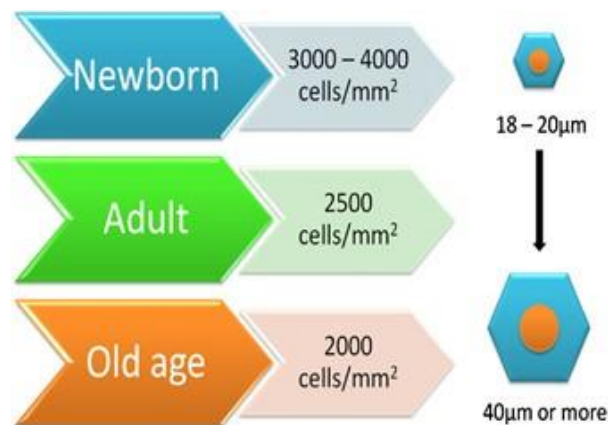


Fig. 4 Physiological decrease in the number of endothelial cells with age⁶

If there is an endothelial or infection trauma, and cell density falls below the critical level, there is a risk of disruption of physiological functions and the onset of corneal edema. This critical limit ranges from 10-15 % of normal cellular density, ie 300 to 500 c./mm². Aspects affecting the state of the endothelium include hereditary endothelial dystrophy, especially the rear polymorphic dystrophy and Fuchs dystrophy. It is one of the most common endothelial dystrophy, when the Descemet's membrane and endothelial cells are decreasing. Furthermore, systemic diseases such as diabetes mellitus affects the quality of the endothelium. The endothelium of such a patient is more sensitive to stress and healing after intraocular surgery (eg extraction of cataracts) is more complicated and longer. Other factors affecting the corneal endothelium include glaucoma, uveitis, intraocular surgery, dry eye and others. Lifestyle, such as long-term wearing of contact lenses or smoking, we can also include.⁹

Specular microscopy

Specular microscope is a non-contact device that is used to determine the condition of the corneal endothelium. The measured values are shown on the display, they can be printed or downloaded to a storage device. The adjustable headrest is usually electrically

controlled. The number and shape of endothelial cells are mainly measured. The total thickness of the cornea can also be measured, the so-called pachymetry. The area in the center of the cornea is scanned, in the range of 0,25 x 0,55 mm. Light that hits the surface is partially absorbed by the material, passes through the material, and is reflected. What is important in specular microscopy is the part of the beam that is reflected. The so-called specular reflection is used, i.e. one where the angle of incidence is the same as the angle of reflection. Such a beam is then captured by a microscope. As the beam passes through the cornea, reflection and absorption occur at individual interfaces (tissues) of the cornea. Part of the beam is always reflected back and part passes further deeper into the eye. The greater the difference between the refractive indices of the given tissues, the greater the intensity of the reflected light. Part of the reflected light is captured by the objective lens of the specular microscope and forms an image of the part on which the microscope is focused. The result is the values of the number of analyzed cells, minimum and maximum and average cell size, standard deviation of area, coefficient of variation, cell density, hexagonality, and also analysis of polymegathism and polymorphism.^{7,10}

Methodology

The research will be carried out at the Department of Ophthalmology and Optometry at the St. Anne's University Hospital in Brno. Research participants in our study will be divided into two groups – one of smokers and one of non-smokers. All of them aged thirty to fifty years. Each of them will fill out a questionnaire including also information about how long and how much they smoke. After that they will be taken to a slit lamp examination, where any possible dystrophy, corneal scar or neovascularization will be ruled out. The main examination will be carried out using an endothelial microscope. The cell density, morphology and endothelial cell size will be compared between smokers and non-smokers. The first goal of this work is to demonstrate that the number of endothelial cells of regular smokers decreases faster than the number of cells of non-smokers in the same age group. The second goal of this work is to demonstrate that the duration of use of tobacco products is directly proportional to the decrease in the number of endothelial cells.

References

1. Kvapilíková K. *Anatomie a Embryologie Oka*. Institut po další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000.
2. Synek S, Skorkovská Š. *Fyziologie Oka a Vidění*. 2., doplněné a přepracované vydání. Grada; 2014.
3. Rozsival P. *Oční Lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Galén; 2017.
4. Kuchynka P. *Oční Lékařství*. Grada; 2007.
5. Dartt DA, Besharse JC, Dana R. *Encyclopedia Of The Eye: Volume 1 A-C*. Vol 2010. Elsevier Ltd.
6. Corneal endothelium: developmental strategies for regeneration | Eye. Accessed April 28, 2023. <https://www.nature.com/articles/eye201315#Fig3>
7. Mannis MJ, Holland EJ. *Cornea*. Elsevier Health Sciences; 2016.
8. Studený P. *Zadní lamelární keratoplastika*. Doktorská dizertační práce. Univerzita Karlova Praha; 2013.
<https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/58959/140041234.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Tuft SJ, Coster DJ. The Corneal Endothelium. *Eye Lond*. 1990(4):398-424.
doi:10.1038/eye.1990.53
10. Beneš P. *Přístroje pro Optometrii a Oftalmologii*. 1. vyd. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně; 2015.

Využití přístroje Jett Plasma Lift Medical v oftalmologii

Bc. Kristýna Koncová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Studie se zabývá možností využití přístroje Jett Plasma Lift Medical v oftalmologii, zejména k podpoře terapie syndromu suchého oka. V první části výzkumu je stručná charakteristika přístroje, druhá část práce popisuje metodiku výzkumu a výsledky studie.

Klíčová slova

Jett Plasma Lift Medical, přístroj, syndrom suchého oka, OSDI dotazník, pacient

Úvod

Jett Plasma Lift Medical (Obr.1) je přístroj využívaný ve zdravotnictví k chirurgickému odstranění kožních útvarů jako jsou bradavice, fibromy, hemangiomy, jizvy a další. Princip přístroje spočívá ve využití posloupnosti jiskrových výbojů, které jsou vytvářeny stejnosměrným napětím. Lze ho tedy využít na všechna místa pokrytá sliznicí a kůží. V oftalmologii je využívaný k ošetření blefaritidy, xantelasma, trichiázy a ektropia. Pro oftalmologické účely je využívaný speciální nástavec Plasma Pen, který se našroubuje na tělo přístroje Jett Plasma Lift Medical, místo původního nástavce (Obr.2 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Součástí přístroje jsou čtyři aplikátory zlatý a tři stříbrné. Stříbrné aplikátory jsou určeny pro kosmetické neablativní zákroky. Využívají se k léčbě mělkých i hlubokých vrásek, rozšířených žilek, pavoučkových névů a akné. Zlatý aplikátor je určený pro ablativní lékařské ošetření. Využívá se k léčbě velmi hlubokých vrásek, jizev po akné, úrazech a operacích. Dále se uplatňuje při léčbě hemangiomů a fibromů¹⁻⁶.



Obr. 1: Příklad přístroje Jett Plasma Lift Medical¹



Obr. 2: Plasma pen našroubovaný na tělo přístroje Jett Plasma Lift Medical¹

Využití přístroje má řadu kontraindikací, mezi něž patří implantované elektrické přístroje (kardiostimulátor, měřič EKG, atd.), epilepsie, těhotenství, přítomnost kovových náhrad v místě zákroku, kožní onemocnění a zanícená kůže v místě zákroku, akutní zánětlivé onemocnění, jakékoliv léčené onemocnění v oblasti zákroku a onkologické onemocnění v oblasti zákroku¹⁻⁶.

Metodika

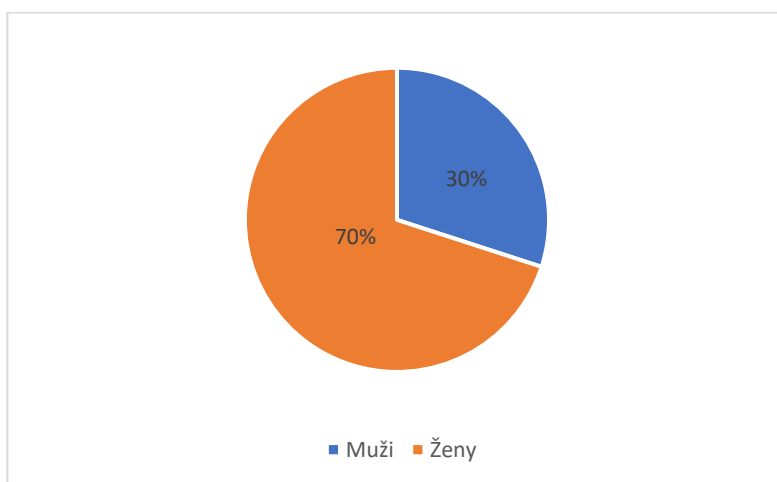
Výzkum byl realizovaný ve Fakultní nemocnici u svaté Anny v Brně v období od října 2022 do srpna 2023. Všechny zákroky byly prováděny oftalmology na oddělení očních nemocí a optometrie. Pacientům se syndromem suchého oka byl předložen standardizovaný dotazník Ocular Surface Disease Index (OSDI), který byl přeložený do češtiny. Dotazník obsahuje 12 otázek týkajících se subjektivních pocitů pacienta. Jednotlivé otázky jsou hodnoceny body od 1 do 4 podle četnosti výskytu problémů. Body za jednotlivé otázky jsou sčítány. Výsledky jsou hodnoceny od 1 do 100, kdy nejvyšší skóre představuje nejzávažnější poškození. Normální výsledek pro pacienty bez suchého oka je 12 nebo nižší. Výsledek 13 až 22 představuje mírné onemocnění, výsledek 23 až

32 představuje středně závažné onemocnění a výsledek vyšší než 33 je těžké onemocnění suchého oka. Výsledky dotazníku byly vyhodnoceny před provedením prvního zákroku a dále po provedení posledního zákroku.

Zákrok k léčbě syndromu suchého oka byl prováděn pomocí přístroje Jett Plasma Lift Medical. Na rohovku se aplikovalo lokální anestetikum k jejímu znecitlivění. V případě potřeby se znecitlivěla i víčka pomocí lidokainu. Pro zákrok byl použit stříbrný nástavec. Na pacientovu kůži byla umístěna nalepovací, uzemňovací elektroda. Místo prováděného zákroku se odlíčilo a vydesinfikovalo. V průběhu zákroku byly meibomské žlázy zahřívány pomocí plazmového výboje. Na zavřená víčka se aplikoval sonogel a víčko se masírovalo jednu minutu vertikálně a poté jednu minutu horizontálně. Víčka se masírovala nejdříve z vnější strany na intenzitu 8 a poté ze strany vnitřní na intenzitu 6. Na převrácené víčko se z vnější strany aplikoval Recugel a víčko se masírovalo jednu minutu horizontálně a jednu minutu vertikálně. Poté se nahřálo i margo víčka. Stejný postup se opakoval i u dolního víčka. Po operaci pacienti užívali kortikoidy s antibiotiky, prováděli hygienu víček a dodržovali pravidelné kontroly u očního lékaře. Zákrok bylo nutné podstoupit ve 4 cyklech s časovým rozestupem jednoho měsíce.

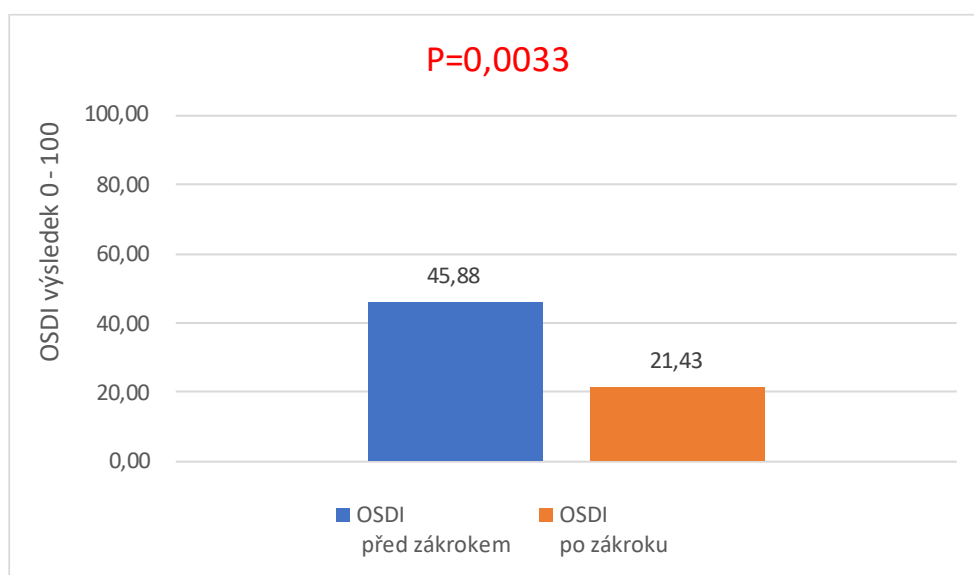
Výsledky

Všichni pacienti, kteří zákrok podstoupili byli starší 18 let a dostali informovaný souhlas o provedené léčbě. Celkem zákrok podstoupilo 10 pacientů se syndromem suchého oka. Z toho 7 pacientů byly ženy a 3 pacienti byli muži. V procentuálním zastoupení prodělalo zákrok 70 % žen a 30 % mužů (viz graf 1). Průměrný věk pacientů byl 52,91 let, kdy nejstaršímu pacientovi bylo 75 let a nejmladšímu bylo 38 let.



Graf 1: Procentuální zastoupení mužů a žen

Pacienti zákrok absolvovali ve čtyřech cyklech, přičemž dotazník před a po zákroku vyplnilo celkem 9 pacientů. Jeden z pacientů nevyplnil dotazník po zákroku. Výsledné skóre dotazníku vyšší než 33 poukazuje na závažný syndrom suchého oka, kdy v našem případě osm pacientů mělo skóre 33 a vyšší. A jeden pacient měl skóre nižší než 13. Průměrná hodnota před zákrokem byla 45,88 (viz graf 2). Výsledky dotazníku po zákroku ukazují snížení skóre u všech osmi pacientů. Přičemž u většiny pacientů došlo ke snížení pod hodnotu 33. U jednoho pacienta ovšem došlo ke zvýšení skóre po zákroku. Průměrná hodnota výsledků po zákroku byla 21,43 (viz graf 2). Průměrný rozdíl ve výsledcích OSDI dotazníku před a po zákroku byl 10,23. Hodnota t-testu byla 0,003, tedy statisticky významná (viz graf 2).



Graf 2: Průměrné výsledky OSDI dotazníku před a po zákroku

Diskuse

Cílem výzkumu bylo potvrdit efektivitu využití přístroje při terapii syndromu suchého oka. V roce 2020 byla provedena studie s názvem Treatment of mild forms of blepharitis using direct plasma discharge⁷. Autoři studie jsou doktorky Zemanová M, Macejová I, Svobodova I, Vlková E. Studie se zúčastnilo 20 pacientů (40 očí) – 11 žen a 9 mužů. Pacienti byli vyšetřeni na štěrbinové lampě a keratografu před zákrokem, 1 týden po zákroku, 2 týdny po zákroku a 1 měsíc po zákroku. Při vyšetření se hodnotila výška slzného menisku, tloušťka lipidové vrstvy, stabilita slzného filmu, bulbární spojivková hyperemie a oblast limbu, meibomské žlázy a jejich exprese, topografie rohovky, barvení

fluoresceinem a byla také provedena kontrola otvorů očních víček a jejich celkový stav. Dále bylo provedeno vyšetření na parazita Demodex. Všichni pacienti vyplnili dotazník suchého oka (DEQ 5) před a po léčbě. Zákrok byl prováděný pomocí přístroje Jett Plasma Lift Medical za sterilních podmínek, pomocí zlatého aplikátoru v lokální anestezii⁷.

Vyšetření slzného filmu ani topografické parametry nevykazují statisticky významné zlepšení po terapii přístrojem. Avšak výška slzného menisku, především v temporální části se po terapii zlepšila, zejména v důsledku zkapalnění obsahu meibomských žláz a snadnější expresi jejich obsahu. V 90 % případů došlo k subjektivnímu zlepšení pocitů na základě vyplněného dotazníku. Zbýlých 10 % pacientů neuvledli zlepšení subjektivních potíží a víčka museli nadále nahřívat teplými obklady a aplikovat kapky. Ze studie vyplývá, že léčba mírných forem suchého oka, pomocí přístroje se zdá být účinná⁷.

Nová terapie syndromu suchého oka za pomoci přístroje Jett Plasma Lift Medical⁸ je další studie, která se zabývá využitím přístroje Jett Plasma Lift Medical. Tato studie, jejímiž autory jsou prim. MUDr. Hana Došková, Ph.D., MUDr. Tomáš Mňuk, MUDr. Tamara Hudcová, MUDr. Oliver Ďurovec, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D., byla publikována v roce 2022. Studie se zúčastnilo celkem 7 pacientů se syndromem suchého oka. Pacienti byli před zákrokem vyšetřeni na přístroji IDRA, na kterém se hodnotila kvalita Meibomských žláz. Dále pacienti podstoupili vyšetření kvality slzného filmu Break Time Test pomocí přístroje Keratograph Oculus. U všech 7 pacientů byla zjištěna porucha produkce lipidů Meibomských žláz, která se podílí na vzniku suchého oka. Pacienti byli následně ošetřeni přístrojem Jett Plasma Lift Medical, který vytváří tepelný účinek na Meibomské žlázy a dochází k jejich zahřátí⁹. Pacienti podstoupili 4 ošetření přístrojem a při prvním a posledním sezení vyplnili standardizovaný dotazník OSDI. Výsledky dotazníku ukázaly snížení po terapii z hodnoty 55,29 bodů na hodnotu 22,71 bodů. Přičemž hodnota 33 a více se jeví jako závažné onemocnění suchého oka. Výsledky dotazníku byly statisticky významné ($P < 0,001$). Subjektivní příznaky pacientů po terapii vykazovaly zlepšení⁸.

Závěr

Studie pojednává o využití přístroje Jett Plasma Lift Medical při terapii syndromu suchého oka. V úvodní části je stručný popis přístroje, výzkumná část popisuje zákrok pomocí přístroje a dále se zabývá vyhodnocením OSDI dotazníku před a po zákroku. Z výsledků dotazníku je patrné zlepšení subjektivních pocitů pacientů po terapii.

Výsledky dotazníku před zákrokem poukazovaly na závažné onemocnění syndromu suchého oka. Po terapii došlo ke snížení výsledků dotazníku na hodnoty, které poukazovaly na mírné onemocnění suchého oka. Přístroj Jett Plasma Lift se tak zdá být efektivní v terapii syndromu suchého oka a mohl by být využíván jako podpora terapie syndromu suchého oka.

Zdroje

1. ett.eu - revoluční lékařské přístroje. jett.eu - revoluční lékařské přístroje. Accessed January 19, 2023. <http://www.compex-jett.eu>
2. Plasma frío atmosférico. Una novedosa tecnología para el dermatólogo. – PIEL-Latinoamericana. Accessed January 26, 2023. <https://piel-l.org/blog/46449>
3. Foster KW, Moy RL, Fincher EF. Advances in plasma skin regeneration. J Cosmet Dermatol. 2008;7(3):169-179. doi:10.1111/j.1473-2165.2008.00385.x
4. Sotiris TG, Nikolaos G, Irini G. Plexr: The Revolution In Blepharoplasty. 2014;1.
5. Heinlin J, Morfill G, Landthaler M, et al. Plasma medicine: possible applications in dermatology. JDDG J Dtsch Dermatol Ges. 2010;8(12):968-976. doi:10.1111/j.1610-0387.2010.07495.x
6. Plasma Lift - CLAREMONT DENTAL PRACTICE. Published March 10, 2020. Accessed January 26, 2023. <https://claremontdental.org/plasma-lift/>
7. Zemanova M, Macejova I, Svobodova I, et al. Treatment of mild forms of blepharitis using direct plasma discharge. Adv Ophthalmol Vis Syst. 2020;10(5):127–130. DOI: 10.15406/aovs.2020.10.00397
8. Došková H, Mňuk T, Hudcová T, Ďurovec O, Veselý P. Nová terapie syndromu suchého oka za pomoci přístroje Jett Plasma Lift Medical. Svatoannenské listy. 2022;2:10.
9. Veselý P, Beneš P, Sokolová Šídlová J, Záděrová P. Vyšetření pomocí přístroje Tearlab v rámci diagnostiky nemoci suchého oka. Česká oční optika. 2021.

Use of the Jett Plasma Lift Medical in ophthalmology

Bc. Kristýna Koncová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University Brno

Annotation

The study deals with the possibility of using the Jett Plasma Lift Medical device in ophthalmology, especially to support the therapy of dry eye syndrome. The first part of the research provides a brief description of the device, the second part of the paper describes the research methodology and the results of the study.

Keywords

Jett Plasma Lift Medical, device, dry eye syndrome, OSDI questionnaire, patient

Introduction

The Jett Plasma Lift Medical (Fig.1) is a device used in the medical field for the surgical removal of skin formations such as warts, fibromas, hemangiomas, scars and others. The principle of the device is based on the use of a sequence of spark discharges that are generated by a DC voltage. It can therefore be used on all areas covered by mucous membranes and skin. In ophthalmology it is used to treat blepharitis, xantelasma, trichiasis and ectropion. For ophthalmic purposes, a special Plasma Pen attachment is used, which is screwed onto the body of the Jett Plasma Lift Medical device, instead of the original attachment (Fig.2). The device includes four gold and three silver applicators. The silver applicators are for non-ablative cosmetic procedures. They are used to treat shallow and deep wrinkles, dilated veins, spider nevi and acne. The gold applicator is designed for ablative medical treatments. It is used to treat very deep wrinkles, acne scars, injuries and surgeries. It is also used in the treatment of hemangiomas and fibromas¹⁻⁶.



Fig. 1: Jett Plasma Lift Medical¹



Fig. 2: Plasma foam screwed onto the body of the Jett Plasma Lift Medical¹

There are a number of contraindications to the use of the device, including implanted electrical devices (pacemaker, ECG meter etc.), epilepsy, pregnancy, presence of metal substitutes at the procedure site, skin disease and inflamed skin at the procedure site, acute inflammatory disease, any treated disease at the procedure site, and cancer at the procedure site¹⁻⁶.

Methodology

The study was conducted at St. Anne's University Hospital in Brno between October 2022 and March 2023. All procedures were performed by ophthalmologists in the Department of Ophthalmology and Optometry. Patients with dry eye syndrome were given a standardized Ocular Surface Disease Index (OSDI) questionnaire, which was

translated into English. The questionnaire contains 12 questions related to the patient's subjective feelings. Individual questions are scored from 1 to 4 according to the frequency of occurrence of problems. The scores for each question are summed. Scores are rated from 1 to 100, with the highest score representing the most severe impairment. The normal score for patients without dry eye is 12 or lower. A score of 13 to 22 represents mild disease, a score of 23 to 32 represents moderate disease, and a score greater than 33 represents severe dry eye disease. The results of the questionnaire were evaluated before the first procedure and then after the last procedure.

The procedure to treat dry eye syndrome was performed using the Jett Plasma Lift Medical device. A local anesthetic was applied to the cornea to numb it. If necessary, the eyelids were also numbed with lidocaine. A silver attachment was used for the procedure. An adhesive, grounding electrode was placed on the patient's skin. The site of the procedure was debrided and disinfected. During the procedure, the meibomian glands were heated using a plasma discharge. Sonogel was applied to the closed eyelids and the eyelid was massaged vertically for one minute and then horizontally for one minute. The eyelids were massaged first on the outer side to intensity 8 and then on the inner side to intensity 6. Recugel was applied to the inverted eyelid from the outer side and the eyelid was massaged horizontally for one minute and vertically for one minute. The margin of the eyelid was then heated. The same procedure was repeated on the lower eyelid. After surgery, patients took corticosteroids with antibiotics, practiced eyelid hygiene and kept regular check-ups with the ophthalmologist. The procedure had to be performed in 4 cycles with a time interval of one month.

Results

All patients who underwent the procedure were over 18 years of age and were given informed consent for the treatment. A total of 10 patients with dry eye syndrome underwent the procedure. Of these, 7 patients were female and 3 patients were male. In percentage terms, 70 % of women and 30 % of men underwent the procedure (Fig. 3). The mean age of the patients was 52.91 years, with the oldest patient being 75 years old and the youngest being 38 years old.

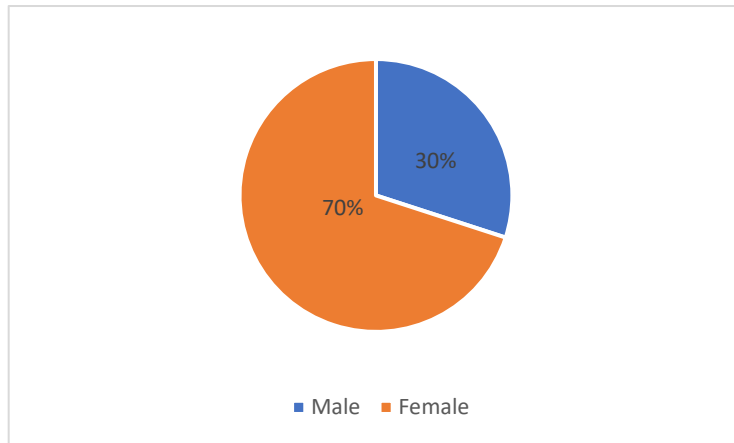


Fig. 3: Percentage of men and women

Patients underwent the procedure in four cycles, with a total of 9 patients completing the questionnaire before and after the procedure. One patient did not complete the post-procedure questionnaire. A questionnaire score greater than 33 indicates severe dry eye syndrome, and in our case eight patients had a score of 33 or higher. And one patient had a score less than 13. The mean score before the procedure was 45.88 (Fig. 4). The results of the post-procedure questionnaire showed a reduction in scores for all eight patients. The majority of patients had a reduction below 33. However, one patient had an increase in score after the procedure. The mean post-procedure score was 21.43 (Fig. 4). The mean difference in OSDI questionnaire scores before and after the procedure was 10.23. The t-test value was 0.003, which is statistically significant (Fig. 4).



Fig. 4: Mean OSDI questionnaire results before and after the procedure

Discussion

The aim of the research was to confirm the effectiveness of the device in the treatment of dry eye syndrome. A study was conducted in 2020 entitled Treatment of mild forms of blepharitis using direct plasma discharge⁷. The authors of the study are doctors Zemanova M, Macejova I, Svobodova I, Vlkova E. 20 patients (40 eyes) - 11 women and 9 men - participated in the study. Patients were examined on slit lamp and keratograph before the procedure, 1 week after the procedure, 2 weeks after the procedure and 1 month after the procedure. During the examination, tear meniscus height, lipid layer thickness, tear film stability, bulbar conjunctival hyperemia and limbal area, meibomian glands and their expression, corneal topography, fluorescein staining, and eyelid openings and their general condition were also evaluated. In addition, examination for Demodex parasite was performed. All patients completed a dry eye questionnaire (DEQ 5) before and after treatment. The procedure was performed using a Jett Plasma Lift Medical device under sterile conditions, using a gold applicator under local anesthesia⁷.

Neither tear film examination nor topographic parameters showed statistically significant improvement after treatment with the device. However, the height of the tear meniscus, especially in the temporal part, improved after therapy, mainly due to the liquefaction of the meibomian gland contents and easier expression of their contents. In 90 % of the cases, there was a subjective improvement in sensation based on the completed questionnaire. The remaining 10 % of patients reported no improvement in subjective discomfort and had to continue warming the eyelids with warm compresses and applying drops. The study suggests that treatment of mild forms of dry eye, using the device, appears to be effective⁷.

A new therapy for dry eye syndrome using the Jett Plasma Lift Medical⁸ is another study looking at the use of the Jett Plasma Lift Medical. This study, which was authored by prim. MUDr. Hana Došková, Ph.D., MUDr. Tomáš Mňuk, MUDr. Tamara Hudcová, MUDr. Oliver Ďurovec, Mgr. A total of 7 patients with dry eye syndrome participated in the study. The patients were examined on the IDRA device before the procedure, which was used to evaluate the quality of Meibomian glands. In addition, patients underwent a tear film quality Break Time Test using the Keratograph Oculus device. All 7 patients were found to have impaired Meibomian gland lipid production, which is implicated in

dry eye. The patients were subsequently treated with the Jett Plasma Lift Medical device, which produces a thermal effect on the Meibomian glands and causes them to heat up⁹. Patients underwent 4 treatments with the device and completed a standardized OSDI questionnaire at the first and last sessions. The results of the questionnaire showed a decrease after treatment from a value of 55.29 points to a value of 22.71 points. Taking a value of 33 or more appears to be severe dry eye disease. The results of the questionnaire were statistically significant ($P < 0.001$). The subjective symptoms of the patients showed improvement after therapy⁸.

Conclusion

This study discusses the use of the Jett Plasma Lift Medical device in the treatment of dry eye syndrome. The introductory section gives a brief description of the device, the research section describes the procedure using the device and then discusses the evaluation of the OSDI questionnaire before and after the procedure. The results of the questionnaire show a vaporous improvement in patients' subjective feelings after the therapy. The results of the questionnaire before the procedure indicated severe dry eye syndrome. After therapy, the questionnaire results decreased to values that indicated mild dry eye disease. Thus, the Jett Plasma Lift device appears to be effective in the treatment of dry eye syndrome and could be used as an adjunct therapy for dry eye syndrome.

Sources

1. ett.eu - revoluční lékařské přístroje. jett.eu - revoluční lékařské přístroje. Accessed January 19, 2023. <http://www.compex-jett.eu>
2. Plasma frío atmosférico. Una novedosa tecnología para el dermatólogo. – PIEL-L Latinoamericana. Accessed January 26, 2023. <https://piel-l.org/blog/46449>
3. Foster KW, Moy RL, Fincher EF. Advances in plasma skin regeneration. *J Cosmet Dermatol.* 2008;7(3):169-179. doi:10.1111/j.1473-2165.2008.00385.x
4. Sotiris TG, Nikolaos G, Irini G. Plexr: The Revolution In Blepharoplasty. 2014;1.
5. Heinlin J, Morfill G, Landthaler M, et al. Plasma medicine: possible applications in dermatology. *JDDG J Dtsch Dermatol Ges.* 2010;8(12):968-976. doi:10.1111/j.1610-0387.2010.07495.x

6. Plasma Lift - CLAREMONT DENTAL PRACTICE. Published March 10, 2020. Accessed January 26, 2023. <https://claremontdental.org/plasma-lift/>
7. Zemanova M, Macejova I, Svobodova I, et al. Treatment of mild forms of blepharitis using direct plasma discharge. *Adv Ophthalmol Vis Syst.* 2020;10(5):127–130. doi: 10.15406/aovs.2020.10.00397
8. Došková H, Mňuk T, Hudcová T, Ďurovec O, Veselý P. Nová terapie syndromu suchého oka za pomoci přístroje Jett Plasma Lift Medical. *Svatoannenské listy.* 2022;2:10.
9. Veselý P, Beneš P, Sokolová Šídlová J, Záděrová P. Vyšetření pomocí přístroje Tearlab v rámci diagnostiky nemoci suchého oka. *Česká oční optika.* 2021.

Aberace vyšších řádů a jejich změny s věkem

Bc. Adéla Bártová, doc. MUDr. Šárka Skorkovská, CSs.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá aberacemi vyšších řádů a jejich změnami s věkem. Práce se zabývá aberacemi vyšších řádů přední i zadní plochy rohovky a aberacemi čočky. Úvodní část se věnuje aberacím nižších řádů, aberacím vyšších řádů a jejich rozdělení, aberometrům a významu aberometrie v praxi. Závěrečná část práce se zabývá metodikou výzkumné části.

Klíčová slova

rohovka, čočka, aberace, vady zobrazení, koma, trefoil, sférická aberace, sekundární astigmatismus, tetrafoil, sekundární koma, aberometrie, aberometr

Aberace

Lidské oko není dokonalý optický systém, vidění je ovlivňováno různými vadami zobrazení – aberacemi, které snižují jeho kvalitu. Zobrazovací vady se dělí na chromatické a monochromatické. Chromatické vady jsou způsobeny různým indexem lomu pro paprsky různých vlnových délek. Monochromatické aberace se rozdělují na aberace nižšího a vyššího řádu.¹

Většina zrakových aberací snižující vidění spadá do skupiny aberací nižších řádů. Zde řadíme aberace 1. řádu (prizma) a druhého řádu (defokus). Jde o vady zobrazení, při kterých paprsky světla rovnoběžně přicházející do oka, nedopadají při průchodu optickou soustavou do místa nejostřejšího vidění na sítnici. Je to způsobeno především nepoměrem mezi axiální délkou oka a mohutností optické soustavy. Běžné refrakční vady (myopie, hypermetropie a astigmatismus) lze jednoduše korigovat brýlemi či kontaktními čočkami, případně refrakční chirurgií.²

Optický systém je však zatížen i aberacemi vyšších řádů. Ty vznikají v důsledku nepravidelností na povrchu očních médií, přes které prostupují světelné paprsky. Dalším faktorem ovlivňujícím vznik a účinek aberací vyšších řádů jsou světelné podmínky. Při

snížených světelných podmínkách dochází k roztažení zornice a nárustu jednotlivých aberací.²

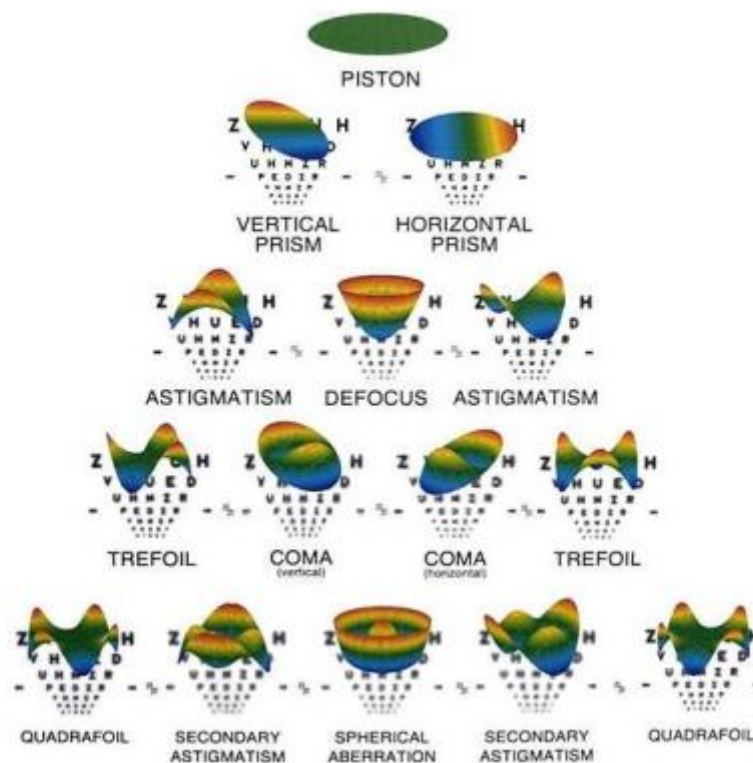
Anatomie rohovky a čočky

Rohovka (cornea) společně s oční čočkou tvoří nejvýznamnější refrakční médium lidského oka. Rohovka je zároveň i hlavním zdrojem vad vyšších řádů. Je pokračováním bělimy směrem dopředu, má tvar horizontálně uložené elipsy. Zdravá rohovka má být hladká, lesklá a transparentní. Zevně hraničí se vzduchem a zevnitř s komorovou vodou. Histologicky tvoří rohovku pět vrstev, a to epitel, Bowmanova membrána, stroma, Descemetova membrána a endotel. Rohovka má největší lomivost z celého systému oka, kolísá mezi +40 až +45 Dpt.³

Čočka (lens crystallina) se také podílí na vzniku aberací vyšších řádů, ale v menší míře než rohovka. Čočka leží za duhovkou v prohloubenině sklivce a je upevněna vlákny závěsného aparátu. Je elastická a její tvar se mění tahem vláken závěsného aparátu. Změna jejího tvaru je závislá na stupni akomodace a na stáří čočky. Histologicky se skládá z pouzdra, epitelu a vlastního čočkového stromatu. Čočka nemá homogenní strukturu a je tvořena z více vrstev, proto není její refrakční hodnota jednotná. Celková lomivost se udává od +16 do +20 Dpt.³

Aberace vyšších řádů

Existuje mnoho druhů aberací vyšších řádů. Můžeme je rozložit do tzv. Zernikeho pyramidy, jejíž vrchol tvoří aberace nultého řádu a základnu aberace libovolného řádu. K aberacím 3. řádu patří koma a trefoil a k aberacím 4. řádu se řadí sférická aberace a tetrafoil. Distorze a nepravidelný astigmatismus patří do aberací 6. řádu. Z aberací 6. řádu se projevuje nejvíce nepravidelný astigmatismus. Aberace vyššího než 4. řádu však nejsou klinicky významné. Rozsah aberací ovlivňuje zásadně i velikost zornice. Čím je zornice širší, tím se dostává více světla do oka a tím je aberace vyšší.^{2,4}



Obr. 1 Zernikeho pyramida⁵

Aberace vyšších řádů se podílejí na snížení kontrastní citlivosti a na vzniku vedlejších optických fenoménů. Mohou se však také vzájemně kombinovat tak, že kvalitu vidění naopak zvyšují. Rohovkové a čočkové aberace vyšších řádů mají tendenci se vzájemně kompenzovat a celkový aberační stav oka se blíží nule. Rohovkové aberace vyšších řádů jsou nejčastěji způsobeny patologickými procesy, jako jsou různá ektatická onemocnění, záněty či poruchy slzného filmu nebo mohou být způsobeny laserovými či chirurgickými zákroky.⁶

Dominantní aberací oka je sférická aberace, která je ovlivněna především přední plochou rohovky. Její hodnota narůstá s věkem. Koma taktéž narůstá s věkem.⁶

Pro porovnání aberací vyšších řádů jednotlivých očí se používá střední kvadratický průměr aberací vyšších řádů – Root Mean Square (RMS). RMS je vyjádřen jako odmocnina z variace odchylky tvaru vlnoplochy. Hodnota RMS nevypovídá o kvalitě vidění, i při vysokých hodnotách se mohou jednotlivé aberace vzájemně kompenzovat či kombinovat tak, že vidění bývá naopak lepší. Každá aberace má při stejné hodnotě jiný

účinek na vidění. U zdravých očí dosahuje hodnota RMS 0,33 μm . Tabulka č. 1 udává normativní hodnoty aberací vyšších řádů změřené na Aberometru Wasca.^{2,6}

Průměr zornice [mm]	Zernikeho polynom [μm]	RMS OPD HO [μm]
5,50	0,50	0,30
5,75	0,60	0,35
6,00	0,71	0,45
6,25	0,83	0,50
6,50	0,98	0,60
6,75	1,13	0,70
7,00	1,31	0,80

Tab. 1: Normativní hodnoty aberací vyšších řádů²

Při zornici široké 6,00 mm by neměla velikost jednotlivých aberací překročit hodnotu 0,71 μm a celková hodnota aberací vyšších řádů (RMS OPD HO) by neměla být vyšší než 0,45 μm .

Aberometrie

Metoda měření aberací vyšších řádů se nazývá aberometrie neboli wavefront analýza a měří se pomocí aberometrů. Vyšetření na aberometru je indikováno těm pacientům, kteří i přes řádnou korekci aberací nižších řádů stále nedosahují optimálního vidění. Pacienti trpící zvýšenými hodnotami aberací vyšších řádů popisují kromě nedostatečné zrakové ostrosti a snížené kontrastní citlivosti také vedlejší optické fenomény jako je glare (záře), halo efekt (světelný kruh), ghosting (rozdvojení obrazu) a starbursts (rozptyl světla).^{2,5}



Obr. 2: Vedlejší optické fenomény způsobené aberacemi vyšších řádů⁷

Aberace vyšších řádů se měří a zohledňují při refrakční chirurgii a implantaci nitroočních čoček. V dnešní době se také rozšířily biometrické brýlové čočky, které jsou vyráběny dle individuálních parametrů oka. Ve výrobě se zohledňuje přesná dioptrická korekce zaokrouhlená na setiny, délka oka, optická mohutnost a tloušťka rohovky, hloubka přední komory, velikost zornice za fotopických podmínek, velikost zornice při mezopických podmínkách, optická mohutnost čočky, délka sklivce a poloha brýlí před okem pro pravé a levé oko zvlášť. Biometrické brýlové zajišťují kontrastnější vidění a mohou pomoci těm, kteří trpí vyššími hodnotami aberací vyšších řádů.^{6,8}

Zdroje

1. Anton M. *Refrakční Vady a Jejich Vyšetřovací Metody*. Vyd. 3., přeprac. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů; 2004.
2. Veselý P, Beneš P. *Vyšetřovací metody v optometrii a interpretace jejich výsledků v praxi*. Grada Publishing a.s.; 2019.

3. Kvapilíková K. *Anatomie a Embryologie Oka: Učební Texty pro Oční Optiky a Oční Techniky, Optometry a Oftalmology*. 1. vyd. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000.
4. Hashemi H, Khabazkhoob M, Jafarzadehpur E, et al. Higher order aberrations in a normal adult population. *J Curr Ophthalmol*. 2016;27(3-4):115-124. doi:10.1016/j.joco.2015.11.002
5. Bartuněk J. *Fyzikální principy přístrojů v optometrii*. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta univerzity Palackého v Olomouci; 2014. file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Fyzik%C3%A1ln%C3%AD%20principy%20p%C5%99%C3%ADstroj%C5%AF%20v%20optometrii.pdf
6. www.MeDitorial.cz. Rohovkové aberace vyššího řádu u zdravého oka a jejich zm... Accessed May 5, 2023. <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2010-6/rohovkove-aberace-vyssiho-radu-u-zdraveho-oka-a-jejich-zmeny-s-vekem-33882>
7. NEI-medialibrary-4721807.jpg | National Eye Institute (NEI) Media Library. Accessed May 3, 2023. <https://medialibrary.nei.nih.gov/media/3695>
8. DNEye® Scanner. Rodenstock B2C. Accessed May 5, 2023. <https://www.rodenstock.cz/cz/cz/dneye-scanner.html>

Higher order aberrations and their changes with age

Bc. Adéla Bártová, doc. MUDr. Šárka Skorkovská, CSs.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University Brno

Annotation

This thesis deals with higher order aberrations and their changes with age. The thesis deals with higher order aberrations of the anterior and posterior corneal surface and aberrations of the lens. The introductory section discusses lower order aberrations, higher order aberrations and their distribution, aberrometers and the importance of aberrometry in practice. The final part of the thesis deals with the research methodology.

Keywords

cornea, lens, aberration, refractive error, coma, trefoil, spherical aberration, secondary astigmatism, tetrafoil, secondary coma, aberrometry, aberrometer

Aberrations

The human eye is not a perfect optical system, vision is affected by various defects in the image - aberrations that reduce its quality. Imaging defects are divided into chromatic and monochromatic. Chromatic defects are caused by different refractive indices for rays of different wavelengths. Monochromatic aberrations are divided into lower and higher order aberrations.¹

Most vision-reducing visual aberrations fall into the group of lower-order aberrations. Here we include first-order aberrations (prism) and second-order aberrations (defocus). These are visual defects in which light rays entering the eye in parallel do not reach the point of sharpest vision on the retina as they pass through the optical system. This is mainly due to the disproportion between the axial length of the eye and the power of the optical system. Common refractive errors (myopia, hypermetropia and astigmatism) can be easily corrected with spectacles or contact lenses or refractive surgery.²

However, the optical system is also burdened by aberrations of higher orders. These are due to irregularities on the surface of the ocular media through which the light rays pass. Another factor influencing the occurrence and effect of higher order aberrations is the lighting conditions. Under reduced light conditions, the pupil dilates and individual aberrations increase.²

Anatomy of the cornea and lens

The cornea, together with the lens, forms the most important refractive medium of the human eye. The cornea is also the main source of higher order defects. It is a continuation of the sclera and is shaped like a horizontally placed ellipse. A healthy cornea should be smooth, shiny and transparent. It is bordered externally by air and internally by chambered water. Histologically, the cornea consists of five layers, the epithelium, Bowman's membrane, stroma, Descemet's membrane and endothelium. The cornea has the greatest refractive index of the entire ocular system, varying between +40 and +45 Dpt.³

The lens (lens crystallina) also contributes to higher-order aberrations, but to a lesser extent than the cornea. The lens lies posterior to the iris in the vitreous cavity and is attached by fibers of the suspensory apparatus. It is elastic and its shape is changed by the tension of the fibers of the suspension apparatus. The change in its shape depends on the degree of accommodation and the age of the lens. Histologically, it consists of the lens capsule, the epithelium and the lens stroma. The lens does not have a homogeneous structure and is made up of several layers, therefore its refractive value is not uniform. The total refractive index is reported to be between +16 and +20 Dpt.³

Aberrations of higher orders

There are many types of higher order aberrations. They can be decomposed into a so-called Zernike pyramid, with zero-order aberrations at the top and arbitrary-order aberrations at the base. Third-order aberrations include coma and trefoil, and fourth-order aberrations include spherical aberration and tetrafoil. Distortion and irregular astigmatism belong to 6th order aberrations. Of the 6th order aberrations, irregular astigmatism is the most common. Aberrations higher than 4th order are not clinically

significant. Pupil size is also a major factor in the extent of aberrations. The wider the pupil, the more light enters the eye and the higher the aberration.^{2,4}

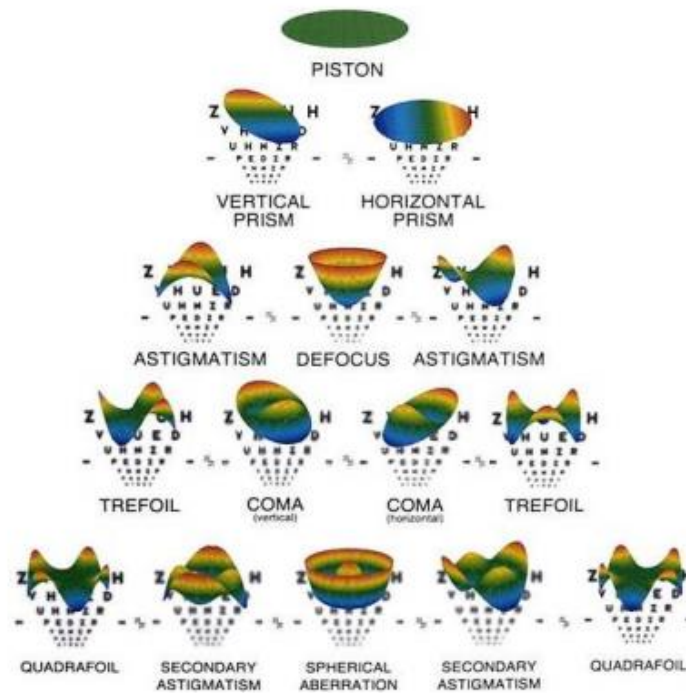


Fig. 1: Zernike pyramid⁵

Higher-order aberrations contribute to reduced contrast sensitivity and to the occurrence of secondary optical phenomena. However, they can also combine to increase the quality of vision. Higher-order corneal and lenticular aberrations tend to compensate for each other, bringing the total aberration state of the eye close to zero. Higher-order corneal aberrations are most often caused by pathological processes such as various ectatic diseases, inflammation or tear film disorders, or may be caused by laser or surgical procedures.⁶

The dominant aberration of the eye is spherical aberration, which mainly affects the anterior surface of the cornea. Its value increases with age. Coma also increases with age.⁶

The Root Mean Square (RMS) is used to compare the higher-order aberrations of individual eyes. RMS is expressed as the square root of the variation in waveform deviation. The RMS value is not indicative of the quality of vision; even at high values, individual aberrations may compensate or combine to produce better vision. Each aberration has a different effect on vision at the same value. In healthy eyes, the RMS value is 0,33 μm . Table 1 shows the normative values of higher order aberrations measured on the Wasco Aberrometer.^{2,6}

Pupil diameter [mm]	Zernike polynomial [μm]	RMS OPD HO [μm]
5,50	0,50	0,30
5,75	0,60	0,35
6,00	0,71	0,45
6,25	0,83	0,50
6,50	0,98	0,60
6,75	1,13	0,70
7,00	1,31	0,80

Tab. 1: Normative values of higher order aberrations²

With a 6.00 mm wide pupil, the magnitude of individual aberrations should not exceed 0,71 μm and the total value of higher order aberrations (RMS OPD HO) should not exceed 0,45 μm .

Aberometry

The method of measuring higher order aberrations is called aberrometry or wavefront analysis and can be measured using aberrometers. An aberrometer examination is indicated for those patients who, despite proper correction of lower order aberrations, still do not achieve optimal vision. In addition to poor visual acuity and reduced contrast sensitivity, patients with elevated levels of higher-order aberrations also describe secondary optical phenomena such as glare, halo effect, ghosting and starbursts.^{2,5}



Fig. 2: Optical side phenomena caused by higher order aberrations⁷

Higher order aberrations are measured and taken into account in refractive surgery and intraocular lens implantation. Nowadays, biometric spectacle lenses have also become widespread, which are manufactured according to the individual parameters of the eye. The production takes into account the exact dioptric correction rounded to the hundredths, the length of the eye, the optical power and thickness of the cornea, the depth of the anterior chamber, the size of the pupil under photopic conditions, the size of the pupil under mesopic conditions, the optical power of the lens, the length of the vitreous and the position of the spectacles in front of the eye for the right and left eye separately. Biometric spectacles provide higher contrast vision and can help those who suffer from higher order aberrations.^{6,8}

Resources

1. Anton M. *Refrakční Vady a Jejich Vyšetřovací Metody*. Vyd. 3., přeprac. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů; 2004.
2. Veselý P, Beneš P. *Vyšetřovací metody v optometrii a interpretace jejich výsledků v praxi*. Grada Publishing a.s.; 2019.
3. Kvapilíková K. *Anatomie a Embryologie Oka: Učební Texty pro Oční Optiky a Oční Techniky, Optometristy a Oftalmology*. 1. vyd. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000.
4. Hashemi H, Khabazkhoob M, Jafarzadehpur E, et al. Higher order aberrations in a normal adult population. *J Curr Ophthalmol*. 2016;27(3-4):115-124. doi:10.1016/j.joco.2015.11.002
5. Bartuněk J. *Fyzikální principy přístrojů v optometrii*. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta univerzity Palackého v Olomouci; 2014. file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Fyzik%C3%A1ln%C3%AD%20principy%20p%C5%99%C3%ADstroj%C5%AF%20v%20optometrii.pdf
6. www.MeDitorial.cz. Rohovkové aberace vyššího řádu u zdravého oka a jejich zm... Accessed May 5, 2023. <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2010-6/rohovkove-aberace-vyssiho-radu-u-zdraveho-oka-a-jejich-zmeny-s-vekem-33882>
7. NEI-medialibrary-4721807.jpg | National Eye Institute (NEI) Media Library. Accessed May 3, 2023. <https://medialibrary.nei.nih.gov/media/3695>
8. DNEye® Scanner. Rodenstock B2C. Accessed May 5, 2023. <https://www.rodenstock.cz/cz/cz/dneye-scanner.html>

Axiálna a systémová príčina refrakčnej vady

Bc. Katarína Bezáková, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotácia

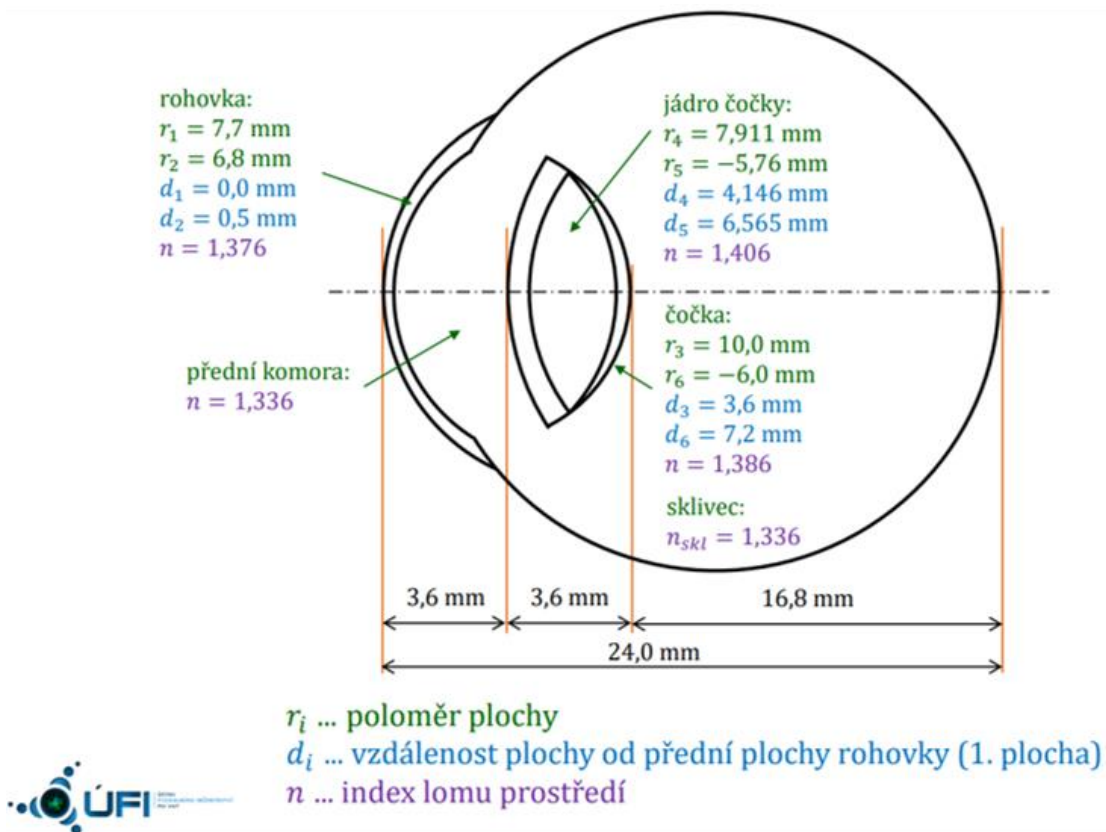
Táto diplomová práca sa zaoberá axiálnou a systémovou príčinou refrakčnej vady. V úvodnej časti je objasnená refrakcia oka a jej vývoj. Ďalšia kapitola je zameraná na refrakčné vady, ich rozdelenie, príčinu a možnosti korekcie. Nasleduje praktická časť práce, ktorej cieľom je zistiť axiálnu dĺžku oka a polomer krivosti rohovky a porovnať ich dopad na hodnotu refrakčnej vady oka. Skúmané sú aj hodnoty centrálnej hrúbky rohovky a ich závislosť na veľkosti refrakčnej vady. Spracované výsledky sú porovnané so zahraničnými štúdiami zaoberajúcimi sa podobnou problematikou.

Kľúčové slová

refrakcia oka, refrakčná vada, ametropia, Gullstrandovo schématické oko, keratometria, axiálna dĺžka oka, pachymetria

Refrakcia oka

Refrakcia oka je pomer medzi axiálnou dĺžkou oka a lomivosťou optických prostredí. Hodnoty vychádzajú z Gullstrandovho schématického modelu oka (Obr. 1). Emetropické oko, teda oko bez prítomnej refrakčnej vady, má predozadnú dĺžku rovnú 24 mm a jeho optická mohutnosť je 58,64 D. Obraz predmetu v nekonečnej vzdialenosti pred okom po prechode optickým aparátom emetropického oka dopadá na sietnicu a je pozorovaný ostro. Optickú sústavu oka tvorí rohovka, komorová voda, šošovka a sklovec. Optická mohutnosť rohovky je rovná +43 D. Rohovka nie je sférická, smerom do periférie sa sploštuje. Optická mohutnosť šošovky je +19 D.¹⁻⁴



Obr. 1: Gullstrandovo schématické oko²

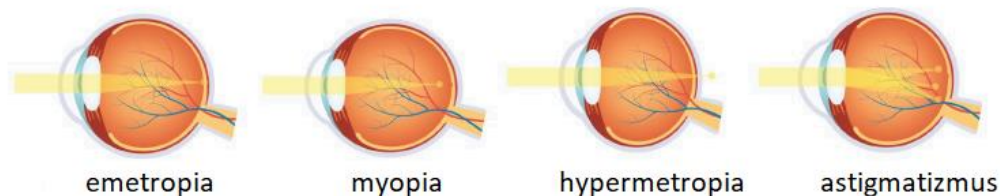
Refrakčná vada

Refrakčná vada je stav nevyváženosti pomeru lomivosti optického očného systému a jeho axiálnej dĺžky. Tento stav sa nazýva ametropia. Ametropia sa ďalej delí na osovo symetrickú, kam spadá myopia (krátkozrakosť) a hypermetropia (ďalekozrakosť), a osovo nesymetrickú, kam patrí astigmatizmus. Porovnanie refrakčných vád je zobrazené na Obr. 2.

Axiálna (osová) refrakčná vada nastáva v prípade, kedy optická mohutnosť oka je rovná 58,64 D, ale jeho predozadná dĺžka nie je rovná 24 mm. Ak dosahuje osová dĺžka oka viac ako 24 mm, je prítomná axiálna myopia. Ak je dĺžka menšia ako 24 mm, ide o axiálnu hypermetropiu, ktorej príčinou môže byť nedostatočná emetropizácia, teda rast oka.

O systémovej refrakčnej vade hovoríme, keď predozadná dĺžka oka je rovná 24 mm, no jeho optická mohutnosť nie je rovná 58,64 D. Tento stav môže byť spôsobený zmenou indexu lomu optických prostredí oka – indexová refrakčná vada. Najčastejším prípadom zmeny indexu lomu je nekompensovaný diabetes mellitus. Ďalšou možnosťou zmeny optickej mohutnosti oka je zmena zakrivenia rohovky alebo šošovky – rádiusová

refrakčná vada. V prípade, kedy je optická mohutnosť väčšia ako 58,64 D, nastáva systémová myopia. Príčinou môže byť zvýšený index lomu, napr. pri zmenách v jadre šošovky pri katarakte alebo menší polomer zakrivenia rohovky alebo šošovky. V extrémnych prípadoch sa vyskytuje rádiusová myopia v podobe degeneratívnych ochorení – keratokonus alebo zriedkavo lentikonus. Systémová hypermetropia je spôsobená znížením indexu lomu alebo väčším polomerom zakrivenia rohovky alebo šošovky, následkom čoho je optická mohutnosť oka menšia ako 58,64 D. Extrémnymi prípadmi rádiusovej hypermetropie sú napríklad cornea plana a lens plana.¹⁻⁴



Obr. 2: Porovnanie refrakčných vád⁵

Metodika výskumu

Výskum prebiehal anonymne na pacientoch vo Fakultnej nemocnici u sv. Anny v Brne, ktorí neboli postihnutí glaukómom alebo nepodstúpili refrakčnú operáciu oka. K zisteniu axiálnej dĺžky oka bol použitý optický biometer. Hodnoty keratometrie a centrálnej hrúbky rohovky (pachymetrie) boli zistené pomocou Pentacam. Refrakcia oka bola určená na základe výstupných hodnôt autorefraktometru.

Zistené hodnoty boli porovnávané s hodnotami Gullstrandovho schématického oka. Pre zistenie prítomnosti axiálnej príčiny refrakčnej vady bol vypočítaný rozdiel axiálnej dĺžky oka a axiálnej dĺžky oka podľa Gullstranda v mm (24 mm). Výsledok bol prepočítaný na D a porovnaný s refrakciou oka zistenou z autorefraktometru. Pre zistenie prítomnosti systémovej príčiny refrakčnej vady bola porovnaná optická mohutnosť prednej plochy rohovky s optickou mohutnosťou prednej plochy rohovky podľa Gullstranda (+48,8 D).

Výskumu sa zúčastnilo 43 dobrovoľníkov. 95 % tvorili ženy a 5 % muži. Priemerný vek zúčastnených bol 22 rokov, pričom najmladší účastník bol vo veku 19 rokov a najstarší mal 28 rokov.

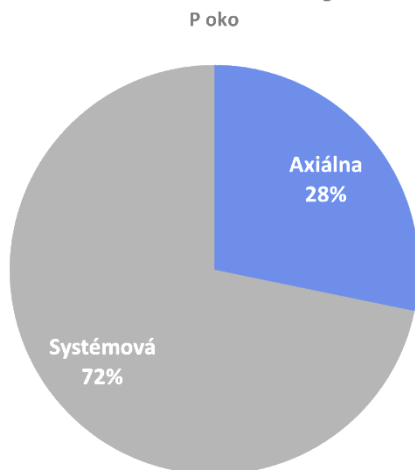
Výsledky

Prvá hypotéza – Axiálna príčina refrakčnej vady je častejšia ako systémová.

Potrebnými údajmi k tejto hypotéze boli axiálna dĺžka oboch očí, priemerná hodnota polomerov zakrivenia rohovky a veľkosť refrakčnej vady.

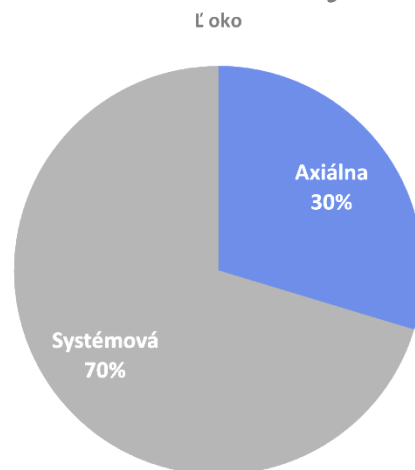
Hypotéza nebola potvrdená. Príčina refrakčnej vady na skúmanej vzorke probandov je častejšie systémová. Axiálna príčina sa na celkovej refrakčnej vade podieľa pri pravých očiach v 28 % (Obr. 3) a v prípade ľavých očí v 30 % (Obr. 4). Najčastejšie je príčinou refrakčnej vady súčasne axiálna a systémová. Väčšina pravých očí je axiálne nastavená do hypermetropie (+0,38 D) a systémovo do myopie (-1,35 D).

Príčina refrakčnej vady



Obr. 3: Príčina refrakčnej vady pravých očí

Príčina refrakčnej vady



Obr. 4: Príčina refrakčnej vady ľavých očí

Druhá hypotéza - Hrúbka rohovky nemá vplyv na veľkosť refrakčnej vady.

K potvrdeniu tejto hypotézy bolo potrebné porovnať veľkosť a charakter refrakčnej vady s hrúbkou rohovky.

Bola preukázaná slabá závislosť medzi hrúbkou rohovky a veľkosťou refrakčnej vady. Pri pravých očiach vyšla korelácia slabá negatívna $r = -0,43$. Priemerná hrúbka rohovky pravých očí je 550,50 μm . U ľavých očí sa prejavila podobne slabá negatívna korelácia $r = -0,31$. Priemerná hodnota pachymetrie ľavých očí je 536,77 μm . Negatívna

korelácia poukazuje na nepriamo úmernú závislosť. S nárastom myopie hrúbka rohovky rastie a s nárastom hypermetropie hrúbka rohovky klesá.

Diskusia

Výsledky mojej práce som porovnávala s rôznymi štúdiami. Jednou z nich bola štúdia s názvom „Vzťah axiálnej dĺžky k zakriveniu rohovky s ohľadom na refrakčný stav oka v zdravej Nigérijskej dospeléj populácii“ z roku 2017. Zúčastnilo sa 350 dobrovoľníkov vo vekovom rozmedzí 18 až 60 rokov. Účastníci nesmeli trpieť žiadnymi závažnými očnými ochoreniami. Bol im vyšetrený sférický ekvivalent refrakcie pravých očí bez cykloplégie. Pre zistenie axiálnej dĺžky oka a optickej mohutnosti rohovky bol použitý prístroj IOL Master. Po získaní potrebných údajov bol vypočítaný pomer axiálnej dĺžky k zakriveniu rohovky.

Pomer axiálnej dĺžky k zakriveniu rohovky bol v priemere $3,04 \pm 0,10$. Sférický ekvivalent dosahoval priemerných hodnôt $-0,38 \pm 1,42D$. Výsledky preukázali, že axiálna dĺžka pri myopii bola významne väčšia než pri emetropii a hypermetropii. Neboli zaznamenané žiadne významné rozdiely v zakrivení rohovky v rôznych refrakčných skupinách. Vyšetrení s myopiou mali významne vyšší pomer axiálnej dĺžky a zakrivenia rohovky než vyšetrení bez myopie.

V závere táto štúdia potvrdila, že axiálna dĺžka je silným determinantom refrakcie, ale odvodený faktor pomer axiálnej dĺžky a zakrivenia rohovky predstavuje vo finálnom refrakčnom stave viac variácií ako axiálna dĺžka samostatne.⁶

Štúdia s názvom „Vzťah medzi centrálnou hrúbkou rohovky, refrakčnou vadou, zakrivením rohovky, hĺbkou prednej komory a axiálnou dĺžkou oka“ z roku 2009 skúmala vzorku 500 Taiwanských účastníkov vo veku 40 až 80 rokov. Účastníci nesmeli mať absolvovanú operáciu očí, glaukóm, úrazy, povrchové ochorenie oka a ani používať kontaktné šošovky.

Priemerná hrúbka rohovky u mužov bola $555 \pm 27 \mu\text{m}$ a u žien $553 \pm 30 \mu\text{m}$. Oči s myopiou majú väčšiu axiálnu dĺžku, plochšiu rohovku, hlbšiu prednú komoru. Nenašli sa žiadne významné korelácie medzi hrúbkou rohovky a ostatnými parametrami.

Centrálna hrúbka rohovky nebola v žiadnom vzťahu s refrakčnou vadou, zakrivením rohovky, hĺbkou prednej komory a axiálnou dĺžkou oka. Je to faktor nezávislý od ostatných parametrov.⁷

Zdroje

1. Bezáková K. Axiálna a systémová príčina refrakčnej vady. *Trendy V Oční Opt 2023*. Published online 2023.
2. Chmelík R. Brýlová optika I. Presented at: 2020; Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.
3. Kuchynka P. *Oční Lékařství*. 1.vyd. Grada; 2007.
4. Rozsival P. *Oční Lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Galén; 2017.
5. Best Refractive Errors Treatment in kannur | Malabar Eye Hospital. Published February 15, 2020. Accessed April 2, 2023. <https://www.malabareyehospital.org/services/refractive-errors/>
6. Badmus SA, Ajaiyeoba AI, Adegbehingbe BO, Onakpoya OH, Adeoye AO. Axial length/corneal radius of curvature ratio and refractive status in an adult Nigerian population. *Niger J Clin Pract*. 2017;20(10):1328-1334. doi:10.4103/njcp.njcp_183_16
7. Chen MJ, Liu YT, Tsai CC, Chen YC, Chou CK, Lee SM. Relationship Between Central Corneal Thickness, Refractive Error, Corneal Curvature, Anterior Chamber Depth and Axial Length. *J Chin Med Assoc*. 2009;72(3):133-137. doi:10.1016/S1726-4901(09)70038-3

Axial and systemic cause of refractive error

Bc. Katarína Bzáková , Mgr. Ptr Veselý , DiS., Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Annotation

This thesis deals with the axial and systemic cause of refractive error. In the introductory part, refraction of the eye and its development are clarified. The next chapter is focused on refractive errors, their types, cause and correction options. The aim of the following practical part is to determine the axial length of the eye and the radius of the cornea curvature and compare their impact on the degree of ametropia. The central corneal thickness and its dependence on the refractive error value is also investigated. The processed results are compared with foreign studies dealing with similar issues.

Keywords

refraction of the eye, refractive error, ametropia, Gullstrand's schematic eye, keratometry, axial length of the eye, pachymetry

Refraction of the eye

Refraction of the eye is the ratio between the axial length of the eye and the refraction of the optical media. The values are based on Gullstrand's schematic eye model (Fig. 1). An emmetropic eye, i.e. an eye without a refractive error, has an anterior-posterior length equal to 24 mm and its optical power is 58,64 D. The image of an object at an infinite distance in front of the eye, after passing through the optical apparatus of an emmetropic eye, falls on the retina and is observed sharply. The optical system of the eye consists of the cornea, aqueous humor, lens and vitreous. The optical power of the cornea is equal to +43 D. The cornea is not spherical, it flattens towards the periphery. The optical power of the lens is +19D.¹⁻⁴

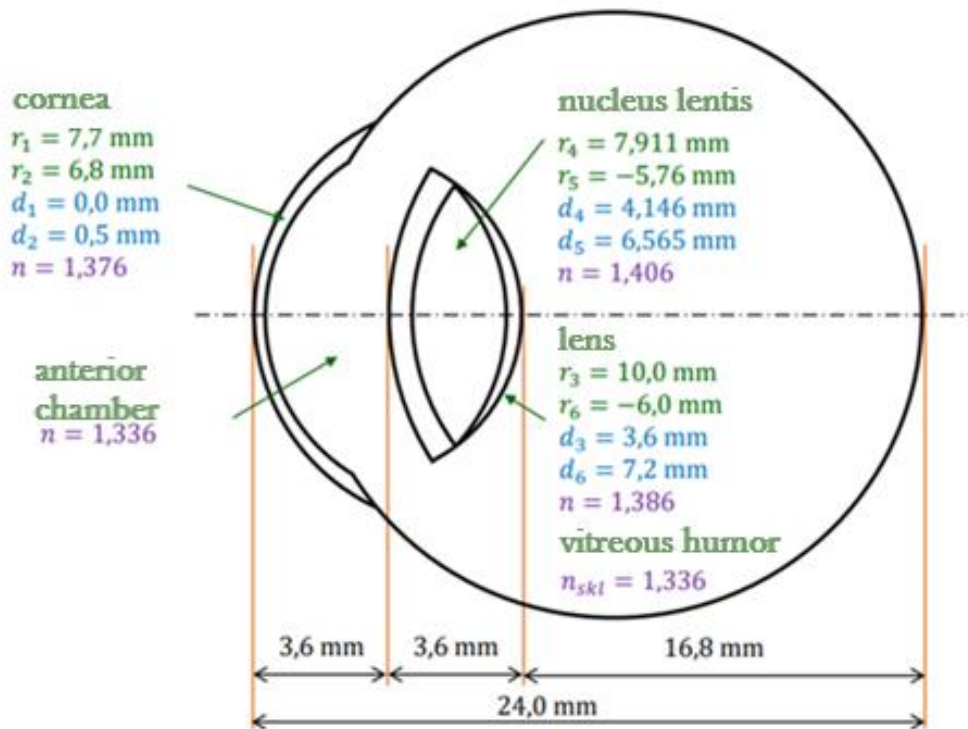


Fig. 1: Gullstrand's schematic eye ²

Refractive error

Refractive error is a state of imbalance between the refractive index of the optical eye system and its axial length. This condition is called ametropia. Ametropia is further divided into axially symmetric, which includes myopia (nearsightedness) and hypermetropia (farsightedness), and axially asymmetric, which includes astigmatism. The comparison of refractive errors is shown in Fig. 2.

Axial refractive error occurs when the optical power of the eye is equal to 58,64 D, but its anterior-posterior length is not equal to 24 mm. If the axial length of the eye reaches more than 24 mm, axial myopia is present. If the length is less than 24 mm, it is axial hypermetropia, the cause of which may be insufficient emmetropization, i.e. growth of the eye.

We speak of a systemic refractive error when the anterior-posterior length of the eye is equal to 24 mm, but its optical power is not equal to 58,64 D. This condition may be caused by a change in the refractive index of the optical environments of the eye – an index refractive error. The most common case of refractive index change is uncompensated diabetes mellitus. Another possibility of changing the optical power of

the eye is a change in the curvature of the cornea or lens – a radius refractive error. In the case when the optical power is greater than 58,64 D, systemic myopia occurs. The cause may be an increased refractive index, e.g. with changes in the nucleus of the lens in cataracts or a smaller radius of curvature of the cornea or lens. In extreme cases, radius myopia occurs in the form of degenerative diseases – keratoconus or, rarely, lenticonus. Systemic hypermetropia is caused by a decrease in the refractive index or a larger radius of curvature of the cornea or lens, as a result of which the optical power of the eye is less than 58,64 D. Extreme cases of radius hypermetropia are, for example, cornea plana and lens plana.¹⁻⁴

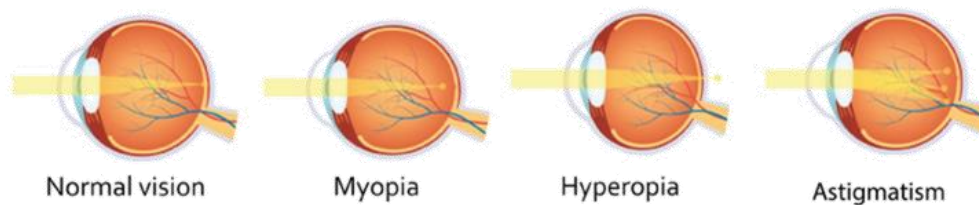


Fig. 2: The comparison of refractive errors ⁵

Research methods

The research was conducted anonymously on patients at the St. Anne's University Hospital Brno, who were not affected by glaucoma or underwent refractive eye surgery. An optical biometer was used to determine the axial length of the eye. Keratometry and central corneal thickness values (pachymetry) were determined using Pentacam. Refraction of the eye was determined based on the output values of the autorefractometer.

The earned values were compared with the values of Gullstrand's schematic eye. To determine the presence of an axial cause of the refractive error, the difference between the axial length of the eye and the axial length of the eye according to Gullstrand in mm (24 mm) was calculated. The result was converted to D and compared with the refraction of the eye earned from the autorefractometer. To determine the presence of a systemic cause of the refractive error, the optical power of the front surface of the cornea was compared with the optical power of the front surface of the cornea according to Gullstrand (+48,8 D).

43 volunteers participated in the research. 95 % were women and 5 % were men (Fig. 3). The average age of the participants was 22 years, while the youngest participant was 19 years old and the oldest was 28 years old (Fig. 4).

Results

First hypothesis – Axial cause of refractive error is more common than systemic.

The necessary data for this hypothesis were the axial length of both eyes, the average value of the radii of curvature of the cornea and the size of the refractive error.

The hypothesis was not confirmed. The cause of the refractive error in the studied sample of probands is more often systemic. The axial cause contributes to the total refractive error in 28 % of the right eyes (Fig. 3) and 30 % of the left eyes (Fig. 4). Most often, the cause of refractive error is simultaneously axial and systemic. Most right eyes are axially set to hypermetropia (+0,38 D) and systemically to myopia (-1,35 D).

Cause of the refractive error

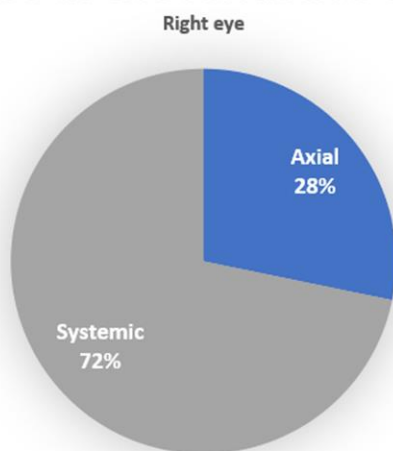


Fig. 3: Cause of the refractive error of right eyes

Cause of the refractive error

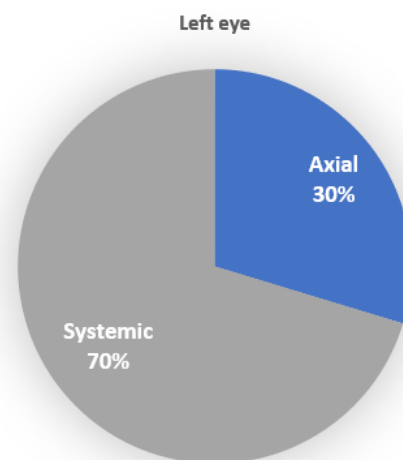


Fig. 4: Cause of the refractive error of left eyes

Second hypothesis – The thickness of the cornea does not affect the size of the refractive error.

To confirm this hypothesis, it was necessary to compare the size and nature of the refractive error with the thickness of the cornea.

A weak dependence between the thickness of the cornea and the size of the refractive error was demonstrated. In the case of the right eyes, the correlation was weakly negative, $r = -0,43$. The average thickness of the cornea of the right eyes is $550,50 \mu\text{m}$. A similarly weak negative correlation of $r = -0,31$ was manifested in the left eyes. The average value of the pachymetry of the left eyes is $536,77 \mu\text{m}$. A negative correlation indicates an inversely proportional dependence. With an increase in myopia, the thickness of the cornea increases, and with an increase in hypermetropia, the thickness of the cornea decreases.

Discussion

I compared the results of my work with various studies. One of them was a 2017 study titled "Relationship of axial length to corneal curvature with respect to refractive status of the eye in a healthy Nigerian adult population." 350 volunteers between the ages of 18 and 60 participated. Participants were not allowed to suffer from any serious eye diseases. They were examined for the spherical equivalent of the refraction of the right eyes without cycloplegia. The IOL Master device was used to determine the axial length of the eye and the optical power of the cornea. After obtaining the necessary data, the ratio of axial length to corneal curvature was calculated.

The ratio of axial length to corneal curvature was $3,04 \pm 0,10$ on average. The spherical equivalent reached average values of $-0,38 \pm 1,42\text{D}$. The results showed that the axial length in myopia was significantly greater than in emmetropia and hypermetropia. No significant differences in corneal curvature were noted in the different refractive groups. Subjects with myopia had a significantly higher ratio of axial length and corneal curvature than subjects without myopia.

In conclusion, this study confirmed that axial length is a strong determinant of refraction, but the derived factor, the ratio of axial length to corneal curvature, represents more variation in the final refractive state than axial length alone.⁶

A 2009 study titled "Relationship between central corneal thickness, refractive error, corneal curvature, anterior chamber depth, and eye axial length" examined a sample of 500 Taiwanese participants aged 40 to 80 years. Participants were chosen according to the criteria, that they mustn't have undergone eye surgery, glaucoma, injuries, superficial eye disease or use contact lenses.

The average corneal thickness in men was $555 \pm 27 \mu\text{m}$ and in women $553 \pm 30 \mu\text{m}$. Eyes with myopia have a longer axial length, a flatter cornea, and a deeper anterior chamber. No significant correlations were found between corneal thickness and other parameters.

Central corneal thickness had no relationship with refractive error, corneal curvature, anterior chamber depth, and axial eye length. It is a factor independent of other parameters.⁷

Resources:

1. Bezáková K. Axiálna a systémová príčina refrakčnej vady. *Trendy V Očnej Opt 2023*. Published online 2023.
2. Chmelík R. Brýlová optika I. Presented at: 2020; Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.
3. Kuchynka P. *Oční Lékařství*. 1.vyd. Grada; 2007.
4. Rozsival P. *Oční Lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Galén; 2017.
5. Best Refractive Errors Treatment in kannur | Malabar Eye Hospital. Published February 15, 2020. Accessed April 2, 2023. <https://www.malabareyehospital.org/services/refractive-errors/>
6. Badmus SA, Ajaiyeoba AI, Adegbehingbe BO, Onakpoya OH, Adeoye AO. Axial length/corneal radius of curvature ratio and refractive status in an adult Nigerian population. *Niger J Clin Pract*. 2017;20(10):1328-1334. doi:10.4103/njcp.njcp_183_16
7. Chen MJ, Liu YT, Tsai CC, Chen YC, Chou CK, Lee SM. Relationship Between Central Corneal Thickness, Refractive Error, Corneal Curvature, Anterior Chamber Depth and Axial Length. *J Chin Med Assoc*. 2009;72(3):133-137. doi:10.1016/S1726-4901(09)70038-3

Srovnání objektivních metod měření refrakce oka

Bc. Veronika Švarcová, Mgr. Jana Sokolová Šidlová, Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Tento článek se v teoretické části věnuje popisu možných metod měření objektivní refrakce oka, obsahuje krátkou charakteristiku optické soustavy oka a refrakčních vad. V praktické části má text za cíl porovnat naměřené dioptrické hodnoty z přístrojů Topcon KR-8100PA a Plusoptix S16, které měří objektivní refrakci, a také posoudit, který přístroj se více blíží hodnotám stanovené subjektivní refrakcí a jestli jsou tyto dva typy přístrojů zaměnitelné v praxi.

Úvod

Optickou soustavu oka tvoří několik struktur, kterými musí projít světelný paprsek při cestě na sítnici. Mezi tyto struktury počítáme především rohovku a oční čočku, a potom slzný film na rohovkovém povrchu, komorovou tekutinu v očních komorách a sklivec. Součet optických mohutností rohovky a čočky, který je přibližně +60 D, udává celkovou optickou mohutnost oka, a proto také na povrchu rohovky a čočky dochází k největšímu lomu procházejícího paprsku. Dalšími významnými komponenty optické soustavy oka jsou zornice s funkcí clony a sítnice jako stínítko.¹⁻⁴

Oko bez refrakční vady nazýváme emetropickým a tento stav je popisován tak, že paprsek světla při průchodu očními prostředními dopadá na sítnici a zaostřuje se do jediného bodu, do tzv. obrazového ohniska. Aby byl navozen emetropický stav, je třeba, aby byly zachovány správné poměry mezi axiální délkou oka a lomivostí optických prostředí. Pokud je tento poměr porušen, vzniká ametropie – refrakční vada.^{1,5,6}

Refrakční vady oka dělíme na sférické a asférické. Příčiny vzniku refrakčních vad jsou různé, patří mezi ně např. anatomické změny v oku, změny v zakřiveních optických ploch, oční nemoci (katarakta, keratokonus), úrazy oka nebo i některá celková onemocnění.

U sférických vad platí, že pozorovaný bod je zobrazován jako bod, avšak není již zobrazován na sítnici. Myopické oko promítá pozorovaný obraz před sítnici, hypermetropické oko za sítnici.^{1,5,6}

Asférická vada (astigmatismus) se od sférické liší tak, že bod již není zobrazován jako bod, ale jeho obraz je deformován na dvojici na sebe kolmých úseček, tzv. fokál, které však neleží ve stejné rovině. Příčinou deformace obrazu je asymetrické zakřivení rohovky a její nestejná optická mohutnost v jednotlivých meridiánech. Astigmatismus rozdělujeme na pravidelný a nepravidelný. Celková hodnota astigmatismu je dána velikostmi rohovkového a čočkového astigmatismu. Malý astigmatismus do $\pm 0,5$ D cyl je fyziologický a v populaci zcela běžný, jeho příčinou bývá konstantní tlak horního víčka na oční bulbus. Etiologie vyšších astigmatismů je různorodá – asférický povrch rohovky (keratoplastika, úrazy rohovky, keratokonus, vrozené anomálie), asférický povrch čočky nebo decentrace oční čočky.^{1,5,6}

Naopak mezi fyziologické procesy v oku patří presbyopie, což je vada, při které dochází ke snižování schopnosti akomodace se zvyšujícím se věkem.⁷

Metody stanovení objektivní refrakce

Přístroje na objektivní refrakci mají dlouhou historii, postupně se vyvíjely, zdokonalovaly a automatizovaly. Jedním z prvních takových přístrojů byl jednoduchý manuální optometr, který je založen na principu nepřímé oftalmoskopie. Mezi rozvinutější, ale dnes již nepoužívané přístroje, patří např. Kùhlův prizmatický refraktometr nebo Hartingerův koincidenční refraktometr.^{8,9}

Další z objektivních metod refrakce, která se však již v dnešní optometrické praxi moc nevyužívá, je skiaskopie. Princip skiaskopie spočívá v hodnocení směru pohybu červeného reflexu, který je vyvolaný na sítnici, a jejím cílem je dosažení reflexu neutrálního, kdy daleký bod leží v rovině skiaskopu.^{8,9}

V dnešní rychlé době, kdy je třeba průběh stanovení refrakce co nejvíce usnadnit, se v praxi nejčastěji používají autorefraktometry. Tyto plně automatizované přístroje fungují na několika různých principech – princip skiaskopie nebo obrazové analýzy – a většinou bývají kombinované s keratometry, tonometry nebo aberometry. Současné

autorefraktometry měří převážně monokulárně a jsou schopny automatické centrace zornice i detekce mimoosových pohledů. Stanovení dioptrické vady oka probíhá tak, že infračervené záření vyslané z přístroje prochází kruhovou fixační značkou, která je promítána na sítnici. Uvnitř přístroje dochází k detekci promítaného obrazu a k nastavení a posunu optických členů tak, aby byla značka zaostřena. Tento posun je zaznamenán softwarem a je přepočítán na velikost dioptrické vady měřeného oka.⁸⁻¹⁰

I u plně automatizovaných přístrojů se objevuje několik komplikací. Předně je třeba dávat pozor na dobré uvolnění akomodace, zvláště pak u mladších jedinců, u kterých může dojít ke zkreslení výsledků měření. Nepřesné hodnoty může autorefraktometr naměřit i v případě velkých nepravidelností na rohovce – při vysokém astigmatismu, po refrakčních operacích nebo v případě degenerativních nebo ektatických onemocnění rohovky.^{9,10}

Metodika výzkumu

Výzkum byl prováděn v lednu a únoru 2023 v oční optice. Celkem bylo změřeno 45 osob – z toho 18 mužů a 27 žen – ve věkovém rozmezí od 15 do 75 let. Měření probíhalo tak, že nejprve byla změřena objektivní refrakce na přístroji Topcon, poté byla provedena subjektivní refrakce, a nakonec objektivní měření pomocí kamery Plusoptix. Všichni účastníci výzkumu vyslovili souhlas s použitím naměřených hodnot.

Výsledky výzkumu

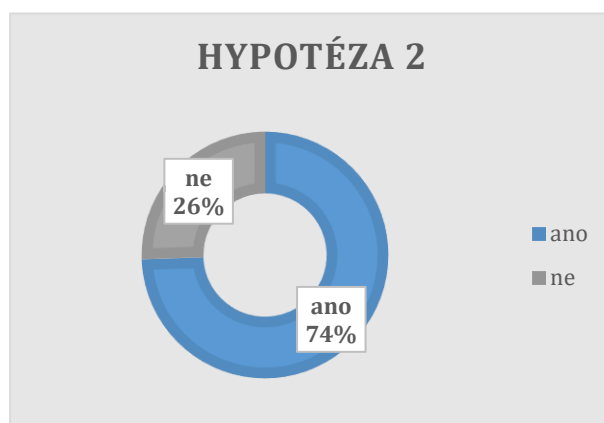
V rámci výzkumu byly stanoveny tyto dvě hypotézy: 1) „Sférické i cylindrické hodnoty naměřené kamerou Plusoptix budou nižší nebo rovny hodnotám z přístroje Topcon“ a 2) „Hodnoty naměřené přístrojem Topcon budou více odpovídat hodnotám subjektivní refrakce než hodnoty naměřené přístrojem Plusoptix“.

Jak je možné vidět na Obr. 1, první hypotéza nebyla potvrzena, jelikož jen ve 32 % měření byly sférické i cylindrické hodnoty naměřené kamerou Plusoptix nižší nebo rovny hodnotám z přístroje Topcon.



Obr. 1 – Výsledek pro hypotézu č. 1

Naopak druhou hypotézu se podařilo prokázat (viz Obr. 2), jelikož naměřené hodnoty subjektivní refrakce v 74 % případů více odpovídají hodnotám naměřeným pomocí autorefraktometru Topcon než kamerou Plusoptix. Při sbírání dat bylo také zjištěno několik nevýhod kamery Plusoptix, která u několika dospělých osob s vysokými refrakčními vadami nebyla schopna naměřit přesné dioptrie, ale pouze říci, že měření bylo mimo rozsah.



Obr. 2 – Výsledek pro hypotézu č. 2

Diskuse

Záměrem tohoto výzkumu bylo porovnat, zda jsou přístroje Topcon a Plusoptix zaměnitelné, tedy zda může kamera Plusoptix zastoupit klasický autorefraktometr v běžné praxi optometrů. Podle výsledků měření lze říci, že ve většině případů jsou

naměřené hodnoty z obou přístrojů zaměnitelné. V 68 % případů byly naměřené sférické i cylindrické hodnoty refrakce z kamery Plusoptix nepatrně vyšší nebo rovny hodnotám z přístroje Topcon, což vyvrací první hypotézu. Tu naopak potvrzuje Bogdănici et al., kde při porovnávání hodnot vycházely hodnoty z kamery Plusoptix nižší než z klasického autorefraktometru.¹¹

Jednou z výhod kamery Plusoptix je její binokulární a rychlé měření a také její snadný transport, což je pohodlnější zvláště pro menší děti a nespolupracující osoby, jak potvrzuje Demirel et al. Naopak jednou z nevýhod kamery Plusoptix je její menší dioptrický rozsah měření, který může u vyšších refrakčních vad znemožnit naměření hodnot. I z těchto důvodů se do běžné praxe optometristy hodí spíše klasický autorefraktometr, což potvrzuje i tento výzkum, protože hodnoty z autorefraktometru Topcon se v 74 % případů více blížily hodnotám konečné subjektivní refrakce.¹²

Závěr

Závěrem lze konstatovat, že pro optometristu do praxe je vhodnější spíše klasický autorefraktometr jako přístroj Topcon, který je spolehlivějším základem pro rychlejší a přesnější výslednou refrakci klienta. Přístroj Topcon byl také na rozdíl od kamery Plusoptix schopen změřit všechny participanty výzkumu bez ohledu na typ a velikost refrakční vady.

Zdroje

1. Pluháček F. Fyziologická optika. Výukové materiály k předmětu Fyziologická optika. Presented at: 2019; Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc.
2. Svatopluk S, Šárka S. *Fyziologie oka a vidění: 2., doplněné a přepracované vydání*. Grada Publishing, a.s.; 2014.
3. Beneš J. *Základy lékařské biofyziky*. Karolinum; 2007.
4. Mornstein V. *Lékařská fyzika a biofyzika*. 1. vydání. Masarykova univerzita; 2018.

5. Anton M. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vol 2004. 3. přepracované. Accessed April 2, 2023. <https://www.lekarskeknihy.cz/produkt/106215-refrakcni-vady-a-jejich-vysetrovaci-metody/>
6. Cochrane GM, du Toit R, Le Mesurier RT. Management of refractive errors. *BMJ*. 2010;340:c1711. doi:10.1136/bmj.c1711
7. Wolffsohn JS, Davies LN. Presbyopia: Effectiveness of correction strategies. *Prog Retin Eye Res*. 2019;68:124-143. doi:10.1016/j.preteyeres.2018.09.004
8. Rutrle M. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000.
9. Najmanová E. Oftalmologické a optometrické přístroje II. Výukové materiály k předmětu Oftalmologické a optometrické přístroje II. Presented at: 2021; Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc.
10. Veselý P, Beneš P. *Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi*. Grada Publishing a.s.; 2019.
11. Bogdănici CM, Săndulache CM, Vasiliu R, Obadă O. Difference of refraction values between standard autorefractometry and Plusoptix. *Rom J Ophthalmol*. 2016;60(4):249-254. Accessed March 14, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5711289/>
12. Demirel S. Objective measurement of refractive errors: Comparison of plusoptix s08 with a standard autorefractometer. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*. 2013;4:40-46. doi:10.5799/ahinjs.01.2013.01.0231

Comparison of objective measurement methods of eye refraction

Bc. Veronika Švarcová, Mgr. Jana Sokolová Šidlová, Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University Brno

Annotation

In the theoretical part, this article is dedicated to the description of possible methods of measuring the objective refraction of the eye, it contains a brief description of the optical system of the eye and refractive errors. In the practical part, the text aims to compare the measured dioptric values from the Topcon KR-8100PA and Plusoptix S16 devices, which measure objective refraction, and to assess which device is closer to the values determined by subjective refraction and whether these two types of devices are interchangeable in practice.

Introduction

The eye's optical system consists of several structures through which a light beam must pass on its way to the retina. These structures primarily include the cornea and the eye lens, then the tear film on the corneal surface, the ventricular fluid in the eye chambers, and the vitreous. The sum of the optical powers of the cornea and the lens, which is approximately +60 D, indicates the total optical power of the eye, and therefore the greatest refraction of the passing beam also occurs on the surface of the cornea and the lens. Other important components of the eye's optical system are the pupil with an aperture function and the retina as a screen.¹⁻⁴

An eye without a refractive error is called emmetropic, and this condition is described in such a way that a ray of light, passing through the ocular environment, falls on the retina and is focused on a single point, the so-called image focus. To induce an emmetropic state, it is necessary to maintain the correct ratio between the axial length of the eye and the refractive power of the optical media. If this ratio is violated, ametropia - a refractive error - occurs.^{1,5,6}

Refractive defects of the eye are divided into spherical and aspheric. The causes of refractive errors are various, they include, for example, anatomical changes in the eye,

changes in the curvature of the optical surfaces, eye diseases (cataracts, keratoconus), eye injuries or some general diseases. In the case of spherical defects, the observed point is displayed as a point, but is no longer displayed on the retina. A myopic eye projects the observed image in front of the retina, and a hyperopic eye behind the retina.^{1,5,6}

An aspheric defect (astigmatism) differs from a spherical defect in that the point is no longer displayed as a point, but its image is deformed into a pair of mutually perpendicular line segments, so-called focal points, which, however, do not lie in the same plane. The cause of image deformation is the asymmetric curvature of the cornea and its unequal optical power in the individual meridians. We divide astigmatism into regular and irregular. The total value of astigmatism is given by the magnitudes of corneal and lens astigmatism. Small astigmatism up to ± 0.5 D cyl is physiological and quite common in the population, its cause is usually the constant pressure of the upper lid on the eyeball. The aetiology of higher astigmatism is diverse – the aspheric surface of the cornea (keratoplasty, corneal injuries, keratoconus, congenital anomalies), aspheric surface of the lens or decentration of the eye lens.^{1,5,6}

Conversely, physiological processes in the eye include presbyopia, which is a defect in which the ability to accommodate decreases with increasing age.⁷

Methods of determining objective refraction

Objective refraction instruments have a long history, gradually developed, improved, and automated. One of the first such devices was a simple manual optometer, which is based on the principle of indirect ophthalmoscopy. Among the more developed, but no longer used, instruments are, for example, Kühl's prismatic refractometer or Hartinger's coincidence refractometer.^{8,9}

Another of the objective methods of refraction, which, however, is not used much in today's optometric practice, is fluoroscopy. The principle of fluoroscopy consists in evaluating the direction of movement of the red reflex, which is induced on the retina, and its goal is to achieve a neutral reflex, when the far point lies in the plane of the fluoroscopy.^{8,9}

In today's fast-paced times, when the course of refraction determination needs to be made as easy as possible, autorefractometers are most often used in practice. These fully

automated devices work on several different principles - the principle of fluoroscopy or image analysis - and are usually combined with a keratometer, a tonometer or an aberrometer. Current autorefractometers measure mainly monocularly and are capable of automatic centring of the pupil as well as detection of off-axis views. The determination of the dioptric defect of the eye takes place in such a way that infrared radiation sent from the device passes through a circular fixation mark that is projected onto the retina. Inside the device, the projected image is detected, and the optical elements are set and moved so that the mark is in focus. This shift is recorded by the software and is recalculated to the size of the dioptric defect of the measured eye.⁸⁻¹⁰

Even with fully automated devices, several complications appear. First, it is necessary to pay attention to a good release of accommodation, especially in younger individuals, in whom the measurement results may be distorted. Inaccurate values can be measured by the autorefractometer even in the case of large irregularities on the cornea - with high astigmatism, after refractive surgery or in the case of degenerative or ectatic corneal diseases.^{9,10}

Research methodology

The research was conducted in January and February 2023 in ophthalmology. A total of 45 people were measured - of which 18 men and 27 women - in the age range from 15 to 75 years. The measurement was carried out by first measuring the objective refraction on the Topcon device, then the subjective refraction, and finally the objective measurement using the Plusoptix camera. All research participants agreed to use the measured values.

Research results

As part of the research, the following two hypotheses were established: 1) "The spherical and cylindrical values measured by the Plusoptix camera will be lower than or equal to the values from the Topcon device" and 2) "The values measured by the Topcon device will correspond more closely to the values of subjective refraction than the values measured by the Plusoptix device".

As can be seen in Fig. 1, the first hypothesis was not confirmed, since in only 32% of the measurements the spherical and cylindrical values measured by the Plusoptix camera were lower than or equal to the values from the Topcon device.

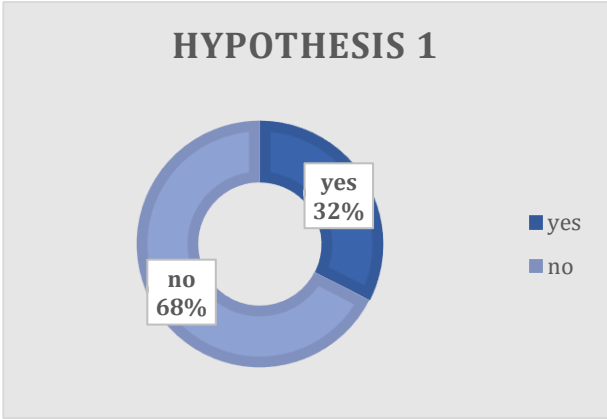


Fig. 1 – Result for Hypothesis #1

On the contrary, the second hypothesis was proven (Fig. 2), since the measured values of subjective refraction in 74% of cases correspond more closely to the values measured with the Topcon autorefractometer than with the Plusoptix camera. During data collection, several drawbacks were also identified with the Plusoptix camera, which in several adults with high refractive errors was unable to measure accurate diopters, but only to say that the measurement was out of range.

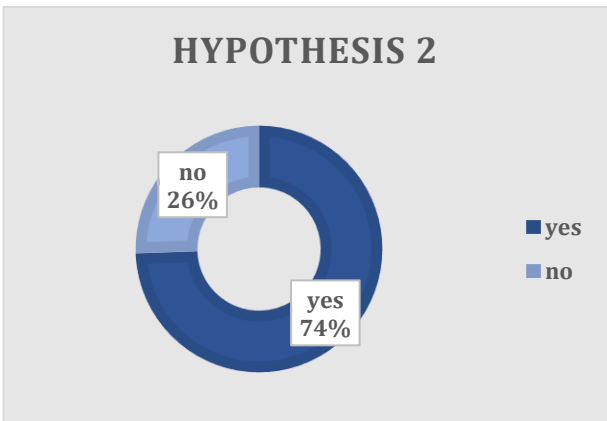


Fig. 2 – Result for Hypothesis #2

Discussion

The purpose of this research was to compare whether the Topcon and Plusoptix devices are interchangeable, i.e., whether the Plusoptix camera can replace a classic autorefractometer in the routine practice of an optometrist. According to the measurement results, it can be said that in most cases the measured values from both devices are interchangeable. In 68% of cases, the measured spherical and cylindrical refraction values from the Plusoptix camera were slightly higher than or equal to the values from the Topcon device, which refutes the first hypothesis. On the contrary, this is confirmed by Bogdănici et al., where when comparing the values, the values from the Plusoptix camera were lower than those from the classic autorefractometer.¹¹

One of the advantages of the Plusoptix camera is its binocular and fast measurement as well as its easy transport, which is more convenient especially for smaller children and uncooperative persons, as confirmed by Demirel et al. Conversely, one of the disadvantages of the Plusoptix camera is its smaller dioptric measurement range, which can make it impossible to measure values with higher refractive errors. For these reasons as well, a classic autorefractometer is more suitable for the routine practice of an optometrist, which is also confirmed by this research, since the values from the Topcon autorefractometer were closer to the values of the final subjective refraction in 74% of cases.¹²

Conclusion

In conclusion, it can be stated that a classic autorefractometer such as the Topcon device is more suitable for optometrists in practice, which is a more reliable basis for faster and more accurate refraction of the client. Unlike the Plusoptix camera, the Topcon device was also able to measure all research participants regardless of the type and size of the refractive error.

Resources

1. Pluháček F. Fyziologická optika. Výukové materiály k předmětu Fyziologická optika. Presented at: 2019; Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc.

2. Svatopluk S, Šárka S. *Fyziologie oka a vidění: 2., doplněné a přepracované vydání*. Grada Publishing, a.s.; 2014.
3. Beneš J. *Základy lékařské biofyziky*. Karolinum; 2007.
4. Mornstein V. *Lékařská fyzika a biofyzika*. 1. vydání. Masarykova univerzita; 2018.
5. Anton M. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vol 2004. 3. přepracované. Accessed April 2, 2023. <https://www.lekarskeknihy.cz/produkt/106215-refrakcni-vady-a-jejich-vysetrovaci-metody/>
6. Cochrane GM, du Toit R, Le Mesurier RT. Management of refractive errors. *BMJ*. 2010;340:c1711. doi:10.1136/bmj.c1711
7. Wolffsohn JS, Davies LN. Presbyopia: Effectiveness of correction strategies. *Prog Retin Eye Res*. 2019;68:124-143. doi:10.1016/j.preteyeres.2018.09.004
8. Rutrle M. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000.
9. Najmanová E. Oftalmologické a optometrické přístroje II. Výukové materiály k předmětu Oftalmologické a optometrické přístroje II. Presented at: 2021; Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc.
10. Veselý P, Beneš P. *Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi*. Grada Publishing a.s.; 2019.
11. Bogdănici CM, Săndulache CM, Vasiliu R, Obadă O. Difference of refraction values between standard autorefractometry and Plusoptix. *Rom J Ophthalmol*. 2016;60(4):249-254. Accessed March 14, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5711289/>
12. Demirel S. Objective measurement of refractive errors: Comparison of plusoptix s08 with a standard autorefractometer. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*. 2013;4:40-46. doi:10.5799/ahinjs.01.2013.01.0231

OBJEKTIVIZÁCIA MERANIA AKOMODAČNEJ FACILITY A BLÍZKEHO BODU AKOMODÁCIE

Bc. et Bc. Patrícia Hladká, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovi univerzity v Brně

Anotácia

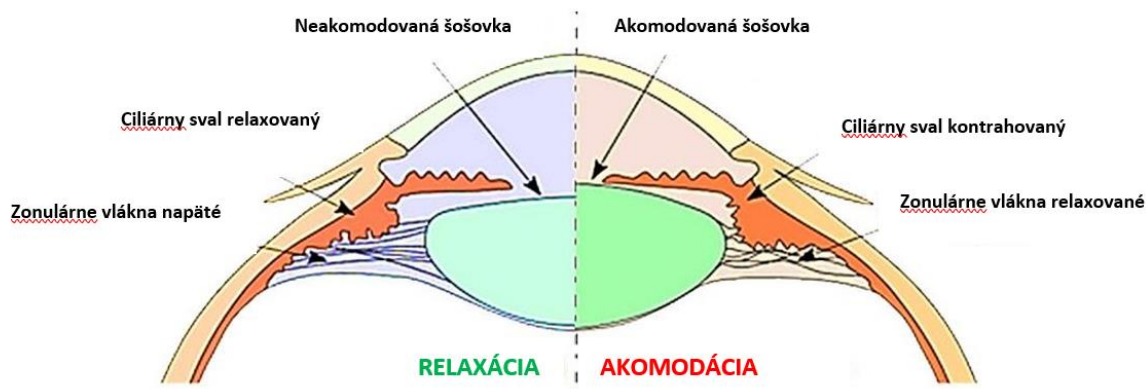
Na začiatku tohto príspevku bude popísaná akomodácia a jej jednotlivé mechanizmy. Ďalej bude charakterizovaná akomodačná facility a jej subjektívne a objektívne meranie. Na záver budú uvedené výhody objektivizácie merania akomodačnej facility. Pôjde o teoretický podklad výskumu.

Kľúčové slová

akomodácia, blízky bod akomodácie, subjektívne meranie akomodačnej facility, objektívne meranie akomodačnej facility, subjektívne meranie blízkeho bodu akomodácie, objektívne meranie blízkeho bodu akomodácie

Akomodácia

Je to schopnosť oka zmeniť svoju optickú mohutnosť s cieľom zobrazit' objekty ležiace medzi blízky a ďalekým bodom ostro na sietnic.¹ U emetropa nastáva pri pozorovaní predmetov bližšie a to zvýšením optickej mohutnosti šošovky. Súčasťou tohto mechanizmu je elasticita šošovky, sťah ciliarneho svalu a uvoľnenie závesného aparátu šošovky.² Pri pohľade na blízku vzdialenosť u emetropa nastáva konvergencia, akomodácia a mióza. Najväčšia akomodácia je pri narodení 30 D a s vekom klesá. Približne v 65 rokov je akomodácia takmer nulová.¹ Ak poklesne akomodačná šírka pod 4 D³ nastáva presbyopia, spôsobená vekovými zmenami akomodačného aparátu šošovky. Prejavuje sa zníženou schopnosťou akomodácie, čiže zhoršeným zaostrovaním na blízke predmety.¹



Obr. 1: Očný aparát v relaxovanom a akomodovanom stave⁴

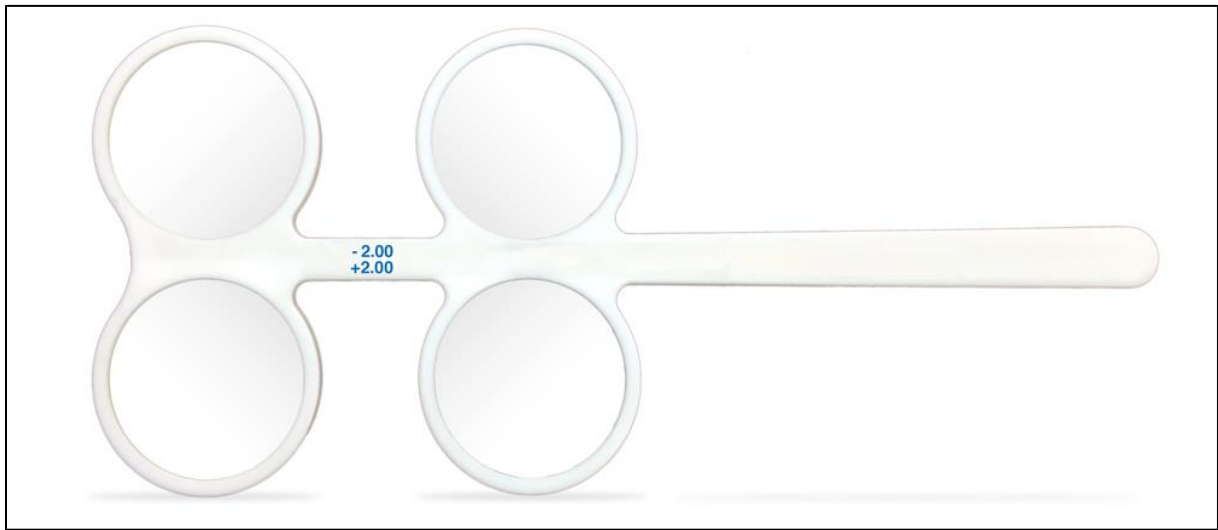
Akomodačná facilitita

Je schopnosť oka zmeniť akomodáciu pri zaostrovaní na rôzne vzdialenosti. Popisuje ako rýchlo a ľahko dokáže meniť oko akomodačnú odpoveď na rôzny akomodačný stimul.⁵ Táto schopnosť je najčastejšie meraná v čase 60 sekúnd. Testovanie akomodačnej facility môže prispieť k výsledku, ako akomodačný systém odoláva únave.⁶

Meranie akomodačnej facility je užitočné najmä pri diagnostike problémov binokulárneho videnia u pacientov s problémom pracovať na blízku vzdialenosť.⁵

Meranie subjektívne je sprostredkované pomocou fliprov. Kde jedna strana má najčastejšie pár šošoviek +2,0 D a druhá -2,0 D. Výsledok je udávaný v cykloch za minútu (cpm). Jeden cyklus je započítaný ak pacient zaostří na určenú vzdialenosť cez pár šošoviek (+2,0 D) a následne cez druhý pár šošoviek (-2,0 D). Meranie môže byť monokulárne aj binokulárne.^{5,6} Pacienta je potrebné o priebehu merania vopred poučiť. Pacient zaostřuje na optotyp do blízka vo vzdialenosti 40 cm. Ako prvé sú použité plusové šošovky. Po uplynutí 60 s je potrebné zaznamenať vrcholovú lámavosť použitých fliprov.⁵ Ďalej je zaznamenávané ako sa pacientovi zaostrovalo a či bol vždy obraz jeden a bez rozdvojenia. Ak sa zaostrovalo horšie, alebo sa obraz rozdvojoval, je potrebné zaznamenať či s oboma hodnotami alebo len plusovou, alebo mínusovou.³ Nakoniec počet cyklov, ktoré pacient za 60 s zaostřil.⁵ Testovanie akomodačnej facility môže prispieť k výsledku, ako akomodačný systém odoláva únave.⁶ Ako normálna

hodnota akomodačnej facility u mladých pacientov s použitím flippov +2,0 D a -2,0 D a na vzdialenosť 40 cm je udávaných 11 cpm monokulárne a 8 cpm binokulárne.^{5,6}



Obr. 2: Flipre používané na meranie akomodačnej facility ⁷

Meranie objektívne je možné sprostredkovať pomocou autorefraktometra s otvoreným polom, aby mohol pacient pri meraní zaostrovať na rôzne vzdialenosti. Medzi takého autorefraktometre patrí napr. Grand seiko WAM-5500.⁸

Výhodou objektívneho meranie je, že výsledok nie je závislý na hodnotení pacienta ale výsledok posudzuje prístroj alebo skúsený odborník. Cieľom tohto výskum bude zobjektivizovať subjektívne meranie, ktoré bude možné jednoducho použiť. Prístroje zatiaľ učené k objektívnemu meraniu akomodačnej facility nie sú klinicky rozšírené. V tejto štúdiu bude použitý modifikovaný spôsob subjektívneho merania akomodačných funkcií, pri ktorých bude objektivizované odpoveď pacienta. Podnety pre akomodáciu sa budú líšiť, aby bolo objektívnejšie možno posúdiť, či pacient podnet naozaj vidí.

Blízky bod akomodácie

Je charakterizovaný ako najbližší bod nachádzajúci sa na optickej ose, ktorý sa zobrazí ostro na sietnici pri maximálnej akomodácii. Vzdialenosť blízkeho bodu sa vekom mení a postupne sa oddaluje od oka.⁹

Subjektívne meranie

Push-up metóda je prevádzaná postupným približovaním fixovaného predmetu k pacientovi. Pacient pozoruje fixovaný bod do okamihu, kedy je fixovaný znak videný rozmazane a nedá sa vidieť ostro. Pomocou prevrátenej hodnoty vzdialenosti blízkeho bodu akomodácie, je určená veľkosť akomodačnej amplitúdy (akomodačnej šírky). Môže byť prevádzaná monokulárne aj binokulárne. Meranie je s plnou korekciou refrakčnej vady.¹⁰

Pull-away metóda jej princípom je uvoľnenie akomodačného úsilia. Pacient pozoruje znak, ktorý vidí najskôr rozmazane. Postupným oddiaľovaním fixovanej značky sa pacient snaží vidieť ju ostro. V okamihu, kedy ju uvidí je nájdený blízky bod akomodácie. Opäť prevrátená hodnota vzdialenosti blízkeho bodu akomodácie vyjadruje akomodačná amplitúda. Meranie je prevedené s plnou korekciou refrakčnej vady.¹⁰

Subjektívne meranie je možné aj pomocou akomodometrov. Princeovo pravítko alebo proximeter podľa Monjého. Meranie má rovnaký princíp.¹¹



Obr. 3: Akomodometer¹²

ZDROJE:

1. Rozsival P et al. *Oční Lékařství*. druhé. Galén; 2017.
2. Svatopluk Synek, Skorkovská Š. *Fyziologie Oka a Vidění*. Grada Publishing, a.s.; 2014.
3. Kříž P. Osobná konzultácia pri písaní diplomovej práce. Published online 2023.

4. Figure 1.24 Schematic representation of the accommodation process of... ResearchGate. Accessed May 11, 2023. https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-accommodation-process-of-the-eye-Reproduced-from-Parel_fig22_288445709
5. Elliott DB. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 4 th ed. Elsevier Limited; 2014.
6. Accommodation in practice: This article outlines the tests and conditions related to the accommodation system that can be encountered in optometric practice. - Free Online Library. Accessed May 11, 2023. <https://www.thefreelibrary.com/Accommodation+in+practice%3A+This+article+outlines+the+tests+and...-a0524180716>
7. Accommodation Flippers: Bernell Corporation. Accessed June 20, 2023. <https://www.bernell.com/category/Accommodation-Flippers>
8. Vera J, Redondo B, Galan T, et al. Dynamics of the accommodative response and facility with dual-focus soft contact lenses for myopia control. *Contact Lens Anterior Eye*. 2023;46(1):101526. doi:10.1016/j.clae.2021.101526
9. Kuchynka Pavel a kolektiv. *Oční Lékařství*. 1st ed. rada Publishing, a.s.
10. Severa D, Beneš P, Bramborová S. Je libo Push-up? https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2013_04.pdf
11. Hromádková L. *Šilhání*. 3rd ed. Národní centrum ošetrovatel'stva a nelekársky zdravotnických oborov; 2011.
12. Accommodometer Eyesfirst.eu. Accessed June 13, 2023. https://www.eyesfirst.eu/akkommodometer.html?__store=en

OBJECTIVIZATION OF MEASUREMENT OF ACCOMMODATION DEVIANCE AND NEAR POINT OF ACCOMMODATION

Bc. et Bc. Patrícia Hladká, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University, Brno

Annotation

At the beginning of this post, accommodation and its individual mechanisms will be described. Next, the accommodation facility and its subjective and objective measurement will be characterized. At the end, the advantages of objectifying the measurement of the accommodation facility will be presented. It will be the theoretical basis of the research.

Keywords

accommodation, nearby point of accommodation, subjective measurement of accommodation facility, objective measurement of accommodation facility, subjective measurement of nearby point of accommodation, objective measurement of nearby point of accommodation

Accommodation

It is the ability of the eye to change its optical power in order to see objects lying between the near and far point sharp on the retina.¹ In emmetropes, it occurs when observing objects closer by increasing the optical power of the lens. Part of this mechanism is the elasticity of the lens, contraction of the ciliary muscle and relaxation of the suspension apparatus of the lens.² Convergence, accommodation and miosis occur when looking at a close distance in an emmetrope. The greatest accommodation is 30 D at birth and decreases with age. At approximately 65 years of age, accommodation is almost zero.¹ If the accommodation width falls below 4 D³, presbyopia occurs, caused by age-related changes in the accommodation apparatus of the lens. It is manifested by a reduced capacity for accommodation, that is, by impaired focusing on nearby objects.¹

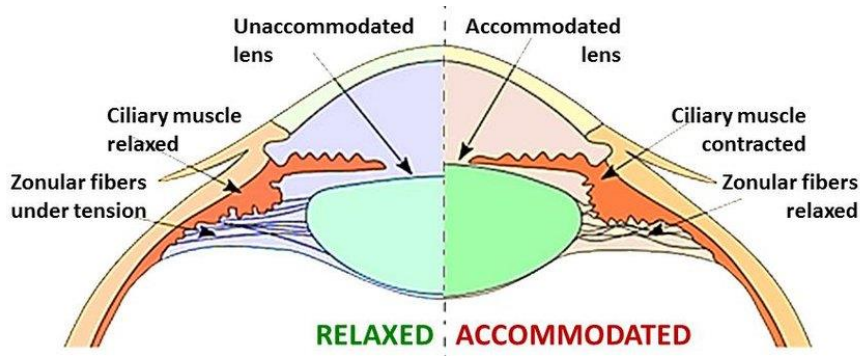


Fig. 1: Eye apparatus in a relaxed and accommodated state⁴

Accommodation facility

It is the ability of the eye to change accommodation when focusing at different distances. It describes how quickly and easily the eye can change its accommodative response to different accommodative stimuli.⁵ This ability is most often measured in 60 seconds. Testing the accommodation facility can contribute to the result of how the accommodation system resists fatigue.⁶

Measuring the accommodation facility is particularly useful in the diagnosis of binocular vision problems in patients with difficulty working at a close distance.⁵

The subjective measurement is mediated by flippers. Where one side most often has a pair of +2.0 D lenses and the other -2.0 D. The result is given in cycles per minute (cpm). One cycle is counted if the patient focuses at the specified distance through a pair of lenses (+2.0 D) and then through a second pair of lenses (-2.0 D). The measurement can be monocular or binocular.^{5,6} The patient must be instructed in advance about the course of the measurement. The patient focuses on the optotype up close at a distance of 40 cm. Plus lenses are used first. After 60 seconds, it is necessary to record the peak refraction of the used flippers.⁵ Furthermore, it is recorded how the patient was focused and whether the image was always one and without bifurcation. If focusing was worse or the image split, it is necessary to record whether with both values or only plus or minus.³ Finally, the number of cycles that the patient focused in 60 s.⁵ Testing the accommodation facility can contribute to the result of how the accommodation system resists fatigue.⁶ The 11 cpm monocularly and 8 cpm binocularly are indicated as a normal value of the accommodation facility in young patients using +2.0 D and -2.0 D flippers and at a distance of 40 cm.^{5,6}



Fig.2: Flipper used to measure the accommodation facility ⁷

Objective measurement can be mediated using an open-field autorefractometer so that the patient can focus at different distances during the measurement. Such autorefractometers include e.g. Grand Seiko WAM-5500.⁸

The advantage of objective measurement is that the result does not depend on the patient's assessment, but the result is assessed by the device or an experienced expert. The goal of this research will be to objectify a subjective measurement that will be easy to use. So far, the instruments used to objectively measure the accommodation facility are not clinically widespread. In this study, a modified method of subjective measurement of accommodation functions will be used, in which the patient's response will be objectified. The stimuli for accommodation will vary so that it is more objective to assess whether the patient really sees the stimulus.

A nearby point of accommodation

It is characterized as the closest point located on the optic axis that appears sharply on the retina at maximum accommodation. The distance of the near point changes with age and gradually moves away from the eye.⁹

Subjective measurement

The push-up method is performed by gradually bringing a fixed object closer to the patient. The patient observes the fixed point until the moment when the fixed sign is seen blurred and cannot be seen clearly. Using the inverted value of the distance of the nearest point of accommodation, the size of the accommodation amplitude (accommodation width) is determined. It can be performed both monocularly and binocularly. The measurement is with full correction of the refractive error.¹⁰

Pull – away. The principle of the pull-away method is the release of accommodation effort. The patient observes the sign, which he sees at first blurry. By gradually moving away from the fixed mark, the patient tries to see it clearly. The moment he sees it, a nearby point of accommodation is found. Again, the inverse value of the distance of the near point of accommodation expresses the accommodation amplitude. The measurement is performed with full correction of the refractive error.¹⁰

Subjective measurement is also possible using acomodometers. Prince's ruler or proximeter according to Monjé. The measurement has the same principle.¹¹



Obr. 3: Accomodometer ¹²

RESOURCES

1. Rozsival P et al. *Oční Lékařství*. druhé. Galén; 2017.
2. Svatopluk Synek, Skorkovská Š. *Fyziologie Oka a Vidění*. Grada Publishing, a.s.; 2014.
3. Kříž P. Osobná konzultácia pri písaní diplomovej práce. Published online 2023.

4. Figure 1.24 Schematic representation of the accommodation process of... ResearchGate. Accessed May 11, 2023. https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-accommodation-process-of-the-eye-Reproduced-from-Parel_fig22_288445709
5. Elliott DB. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 4 th ed. Elsevier Limited; 2014.
6. Accommodation in practice: This article outlines the tests and conditions related to the accommodation system that can be encountered in optometric practice. - Free Online Library. Accessed May 11, 2023. <https://www.thefreelibrary.com/Accommodation+in+practice%3A+This+article+outlines+the+tests+and...-a0524180716>
7. Accommodation Flippers: Bernell Corporation. Accessed June 20, 2023. <https://www.bernell.com/category/Accommodation-Flippers>
8. Vera J, Redondo B, Galan T, et al. Dynamics of the accommodative response and facility with dual-focus soft contact lenses for myopia control. *Contact Lens Anterior Eye*. 2023;46(1):101526. doi:10.1016/j.clae.2021.101526
9. Kuchynka Pavel a kolektiv. *Oční Lékařství*. 1 st ed. rada Publishing, a.s.
10. Severa D, Beneš P, Bramborová S. Je libo Push-up? https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2013_04.pdf
11. Hromádková L. *Šilhání*. 3rd ed. Národní centrum ošetrovatel'stva a nelekársky zdravotnických oborov; 2011.
12. Accommodometer Eyesfirst.eu. Accessed June 13, 2023. https://www.eyesfirst.eu/akkommodometer.html?__store=en

Příčiny rozdílu mezi velikostí AC/A poměru určeného gradientní metodou a výpočtem

Bc. Magdaléna Hájková, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.

Katedra optometrie a ortooptiky Lékařské fakulty Masarykovi univerzity v Brně

Anotace

Tento příspěvek se zaměřuje na porovnávání dvou metod měření AC/A poměru. Jedná se o metodu gradientní a metodu výpočtu. Výzkum zkoumá jejich odlišné hodnoty a možné příčiny vzniku.

Klíčová slova

AC/A poměr, gradientní metoda, výpočetní metoda

AC/A poměr

Měření akomodační konvergence vzhledem k akomodaci (AC/A poměru) je důležité z hlediska správné klasifikace typu heteroforické či strabologické poruchy, a také pro správný výběr a pořadí terapie.¹ Akomodace a konvergence jsou mezi sebou úzce spjaty a každá může dát impuls k navození té druhé. Pojmem akomodace se označuje schopnost oka vidět ostře předměty na různou vzdálenost v závislosti na změně optické mohutnosti optického systému oka.^{2,3} Konvergence je sbíhání os obou očí při pohledu do blízka tak, aby obraz předmětu dopadl na obě žluté skvrny.³

AC/A poměr nám udává o kolik prizmatických dioptrií (pD) se změni akomodační konvergence při změně akomodace o 1 D. „Obvyklý (očekávaný) AC/A poměr je 4:1 se směrodatnou odchylkou ± 2 pD“⁴ Změřit ho lze více způsoby. Je možné použít gradientní metodu, výpočetní metodu, metodu fixační disparity nebo grafickou metodu.^{1,5}

Gradientní metoda

Principem gradientní metody je změnit akomodaci, tím pádem i konvergenci, předkládáním sférických čoček.¹ Měření probíhá při fixní vzdálenosti, takže nenastává žádná změna proximální vergence, a lze měřit do dálky i do blízka. AC/A poměr lze touto metodou měřit například také na synoptoforu, což byla jedna z metod měření ve studii *The Normal Accomodative Convergence/Accomodation (AC/A) Ratio*⁵. Spojné čočky lze

použít pouze při měření na blízko, protože slouží k uvolnění akomodace, za to rozptylné čočky se mohou použít v obou variantách, neboť přidáním minusové hodnoty se vytváří stimul k akomodaci. Výsledné hodnoty AC/A poměru jsou odvozeny z tohoto vztahu:^{1,6}

$$\frac{AC}{A} = \frac{HTF_1 - HTF_0}{-S'_c}$$

HTF₁ – heteroforie s předřazenou sférickou čočkou [pD], HTF₀ - heteroforie bez předřazené sférické čočky [pD], S'_c – vrcholová lámavost předřazené sférické čočky [D]

Výpočetní metoda

Při výpočetní metodě se vychází z heteroforií do dálky a do blízka.¹ Bývá označována také jako heteroforická metoda a obvykle vykazuje vyšší hodnoty nežli metoda gradientní. Výsledné hodnoty této metody jsou dány tímto vzorečkem:^{1,6,7}

$$\frac{AC}{A} = PD - NFD (HTF_D - HTF_B)$$

PD – pupilární distance [cm], NFD – fixní vzdálenost do blízka [m], HTF_D – heteroforie do dálky [pD], HTF_B – heteroforie do blízka [pD]

Pro oba výpočty se za esodeviaci dosazuje kladné číslo a za exodeviaci záporné.

Rozdíl mezi gradientní a výpočetní metodou

Důvodem je ovlivnění měření heteroforie do blízka proximální vergencí, která je navozena vědomím blízkého bodu. U gradientní metody nedojde ke změně vergence zcela na popud akomodace, protože je držena právě proximální vergencí. V knize *Clinical Management of Binocular Vision. Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*⁴ se také uvádí, že příčinou vyšších hodnot AC/A poměru při heteroforické metodě je zpoždění akomodace. Jedná se o rozdíl mezi stimulem a odezvou akomodačního systému, kdy stimul je obvykle větší než odezva. Tímto problémem se zabývá také studie *Validity of clinical measures of the AC/A ratio*.⁷

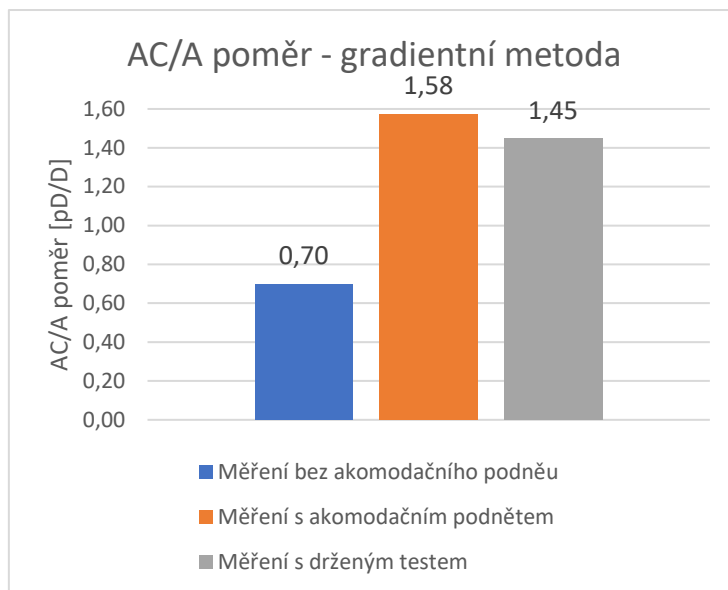
Metodologie

Výzkum se uskutečnil v Očním Centru Visual v Kroměříži. AC/A poměr byl změřen u 20 probandů s normálním očním zdravím.¹ Měření probíhalo s plnou korekcí refrakční

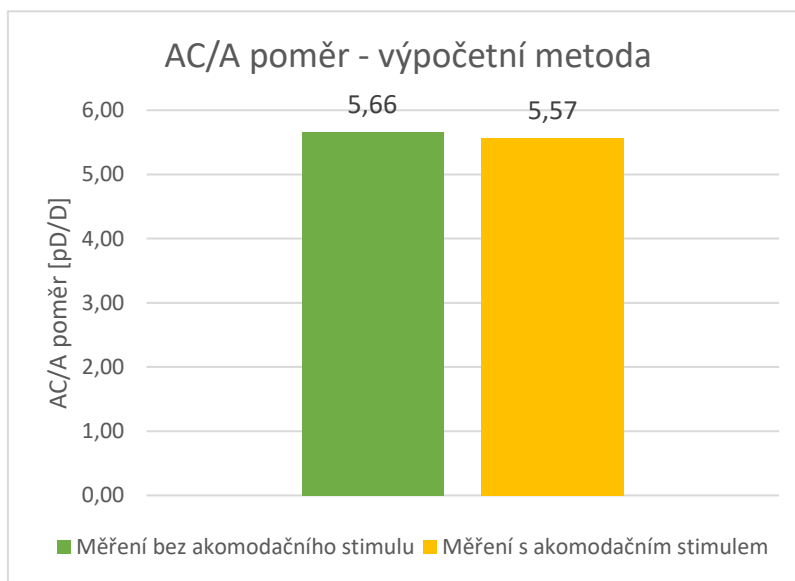
vady na základě subjektivního měření refrakce. Pacienti nad 38 let byli vyloučeni. Každý měřený měl normální binokulární vidění a nevyskytoval se u něj manifestní strabismus. Hodnoty heteroforií k určení AC/A poměrů byly měřeny využitím Maddoxovi metody při kvantifikaci prizmatickou lištou. První byla změřena forie do dálky bez akomodačního podnětu, takže se pacient díval pouze na bodové světlo. Následně byl přidán měnicí se akomodační podnět v roli písemného optotypu odpovídající velikosti vizu 0,8, který se nacházel lehce pod světlem. Světlo i podnět ležely vertikálně zarovnaně. Do blízka byly forie měřeny vždy bez a s předřazenou sférickou čočkou o optické mohutnosti -1 D. Při posledním měření byl zvýšen podnět k proximální vergenci. Prvně bylo měření prováděno bez akomodačního podnětu, kdy byl test držen vyšetřujícím. Při druhém měření byl test také držený, ale už byl přidán akomodační podnět se stejným principem jako při měření do dálky. V posledním měření byl použit nadále stejný test, ale pacient si ho sám držel ve stejné vzdálenosti, jako mu byl držen vyšetřujícím.

Výsledky

Z 20 změřených účastníků bylo 5 mužů (25 %) a 15 žen (75 %) od 9 do 38 let.¹ U každého byl změřen AC/A poměr všemi zmíněnými metodami. Průměrné hodnoty všech gradientních metod (graf 1) vyšly pod normálně udávané hodnoty. Pro měření bez akomodačního podnětu byl průměrný AC/A poměr $0,7 \pm 1,84$ pD/D, s akomodačním podnětem $1,58 \pm 1,80$ pD/D. Pro poslední měření, kdy si vyšetřovaný test držel sám, byla průměrná hodnota $1,45 \pm 1,92$ pD/D. U výpočetní metody (graf 2) vyšly oba AC/A poměry vyšší. Průměrná hodnota výpočtu z měření bez akomodačního podnětu byla $5,65 \pm 1,26$ pD/D. Trochu nižšího výsledku se dosáhlo, když byl přítomen akomodační podnět. Takový AC/A poměr průměrně vyšel $5,57 \pm 1,53$ pD/D. Rozdíl mezi měřeními forie do dálky bez akomodačního podnětu a s ním vyšel průměrně $-0,38 \pm 0,56$ pD, neboli více do exoforie.



Graf 2: Srovnání průměrných hodnot gradientních metod AC/A poměru



Graf 1: Srovnání průměrných hodnot výpočetních metod AC/A poměru

Diskuze

Studie na univerzitě v Liverpoolu v roce 2018⁵ zkoumala hodnoty AC/A poměru měřeného gradientní metodou na dálku, na blízko a na synoptoforu, a také metodu výpočetní. Měřeno bylo 50 subjektů od 18 do 34 let. Při gradientní metodě použili čočky o vrcholových lámavostech +3 D a -3D a fixní vzdálenost do blízka byla stanovena na

33 cm. Výsledný medián byl pro jednotlivé metody: 1 pD/D pro gradientní metodu na dálku, 2 pD/D na blízko, 1 pD/D při měření na synoptoforu a pro výpočetní metodu byl medián 6 pD/D. Ke zjištění hodnot využili zakrývací test s využitím prizmat. AC/A poměr měřený gradientní metodou na blízko tak vyšel velmi podobně jako při měření s akomodačním podnětem, ovšem zde nebylo použito měnícího se akomodačního podnětu. Podobných výsledků se dosáhlo také v případě měření AC/A poměru heteroforickou metodou.

Druhá studie z roku 1995⁷ probíhala na 23 pacientech v rozmezí 17 až 42 let. U výpočetní metody byly heteroforie měřeny pouze na 3 m do dálky a 33 cm na blízko. Další měření byla formou gradientního stimulu, ale také formou gradientní odezvy, kdy byla měřena skutečná akomodační odezva pomocí autorefraktoru. Pro navození stimulu byly předkládány pouze rozptylné čočky -1 D a -2 D a AC/A poměr byl měřen pouze do blízka. Průměrné hodnoty poměru vyšly pro heteroforickou metodu $5,81 \pm 1,03$ pD/D, pro gradientní stimul $3,49 \pm 2,17$ pD/D a pro gradientní odezvu $4,37 \pm 1,31$ pD/D. AC/A poměr určený výpočtem vyšel opět velmi podobně. Výsledné hodnoty u gradientní metody však nabývají vyšších hodnot, oproti vlastnímu měření ve všech jeho variantách. Rozdílem je také, že v této studii byly hodnoty měřeny pouze s využitím Howellova testu bez prizmatické kvantifikace.

Závěr

Z dosavadních výsledků vyplývá, že použití gradientní metody není nejvhodnější k měření AC/A poměru, protože výsledné hodnoty byly velmi nízké.¹ Chceme-li však metodu použít, tak určitě s akomodačním podnětem, protože takový AC/A poměr vyšel blíže očekávaným hodnotám. Použije-li se v roli podnětu pouze světlo, tak vůbec netušíme, jak ostře pacient test vidí a nemáme tak představu o jeho akomodaci, čemuž odpovídají i velmi nízké hodnoty vergenční odezvy. Držený test vyšel hodnotově velmi podobně testu s akomodačním podnětem. Hypoteticky je možné, že očekávanou vergenční odpověď snížilo hmatem podpořené vědomí blízkého předmětu. V praxi tak nezáleží, jestli test drží vyšetřující nebo sám pacient. Vhodné je použít to, co je pro všechny pohodlnější. Hodnoty AC/A poměrů, které byly měřeny výpočetními metodami nevyšly příliš rozdílně a více odpovídají očekávání. Při měření do dálky (nejen heteroforie), je dle výsledků lepší mít také přítomný akomodační podnět, protože chceme, aby pacient co nejvíce uvolnil svou akomodaci a nebyl ovlivněn blízkými

podněty, jako je například nasazená zkušební obruba nebo objímky zkušebních čoček. Akomodační podnět přispěl k tomu, že se pacient lépe zaměřil na test a adekvátně desakomodoval.

Zdroje

1. Hájková M, Kříž P. Causes of the difference between the magnitude of the ACA ratio determined by the gradient method and the heterophoric method. In: *European Academy of Optometry and Optics.*; 2023.
2. Rozsival P. *Oční Lékařství*. 1. Galén; 2006.
3. Hromádková L. *Šilhání*. 2. dopl. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 1995.
4. Scheiman M, Wick B. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. 4., rev. ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
5. Murray C, Newsham D. The Normal Accommodative Convergence/Accommodation (AC/A) Ratio. *J Binocul Vis Ocul Motil*. 2018;68(4):140-147. doi:10.1080/2576117X.2018.1529450
6. Efron N. *Optometry A-Z*. Butterworth-Heinemann; 2007.
7. Bhoola H, PhD A, Atchison D, Bruce A. Validity of clinical measures of the AC/A ratio. *Clin Exp Optom*. 1995;78:3-10. doi:10.1111/j.1444-0938.1995.tb00776.x

Causes of the difference between the magnitude of the AC/A ratio determined by the gradient method and the heterophoric method

Bc. Magdaléna Hájková, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University, Brno

Annotation

This post focuses on the comparison of two methods of measuring AC/A ratio. These are the gradient method and the calculation method. The research studies their different values and the possible causes of.

Key words

AC/A ratio, gradient method, heterophoric method

AC/A ratio

Measurement of **accommodation convergence relative to accommodation ratio** (AC/A ratio) is important for the correct classification of the type of the heterophoric or strabological disorder, and for the correct selection and sequence of therapy.¹ Accommodation and convergence are closely related, and each can give impulse to induce the other. The term accommodation refers to the ability of the eye to see objects sharply at different distances in response to changes in the optical power of the eye's optical system.^{2,3} Convergence is the rotation of the axes of both eyes in near vision so that the image of an object falls on both maculae.³

The AC/A ratio indicates by how many prismatic diopters (pD) the accommodation convergence changes when the accommodation changes by 1 D. „*The usual (expected) AC/A ratio is 4:1 with a standard deviation of ± 2 pD.*“⁴ It can be measured in several ways. It is possible to use the gradient method, the heterophoric method, the fixation disparity method or the graphical method.^{1,5}

Gradient method

The principle of the gradient method is to change the accommodation, and thus the convergence, by presenting spherical lenses.¹ The measurement is performed at

a fixed distance, so there is no change in proximal vergence, and both distance and near measurements can be taken. The AC/A ratio can also be measured by this method, for example on a synoptophore, which was one of the measurement methods in *The Normal Accomodative Convergence/Accomodation (AC/A) Ratio*⁵. Converging lenses can only be used for near measurements, as they serve to relax accommodation, whereas diverging lenses can be used in both variations, as adding a minus value creates a stimulus to accommodation. The resulting AC/A ratio values are derived from the following relationship:^{1,6}

$$\frac{AC}{A} = \frac{HTF_1 - HTF_0}{-S'_L}$$

HTF₁ – heterophoria with spherical lens [pD], HTF₀ – heterophoria without spherical lens [pD], S'_L – value of spherical lens [D]

Heterophoric method

In the heterophoric method, the distance and near heterophorias are used.¹ It is also known as the calculation method and the resulting values are higher than in the previous method. The resulting values of this method are given by the following formula:^{1,6,7}

$$\frac{AC}{A} = IPD - NFD (HTF_D - HTF_B)$$

IPD – interpupillary distance [cm], NFD – near fixation distance [m], HTF_D – heterophoria to distance [pD], HTF_B – heterophoria to near [pD]

For both calculations, a positive number is substituted for the exodeviation and a negative number for the exodeviation.

Difference between gradient and heterophoric methods

The reason is the influence of the measurements of heterophoria to the near by the proximal vergence, which is induced by the awareness of the near point. The gradient method does not change the vergence completely due to accommodation because it is held just by the proximal vergence. In the book *Clinical Management of Binocular Vision. Heterophoric, Accomodative, and Eye Moveement Disorders*⁴ also states that the reason for the higher AC/A ratio values in the heterophoric method is due to a lag of accommodation. This is the difference between the stimulus and the response of

the accommodative system, with the stimulus usually being higher than the response. The *Validity of clinical measures of the AC/A ratio*⁷ study also deals with this issue.

Methodology

The research took place at Oční Centrum Visual in Kroměříži. AC/A ratio was measured in 20 subjects with normal ocular health.¹ Measurements were performed with full correction of refractive error based on subjective refraction measurements. Patients over 38 years of age were excluded. Each subject measured had normal binocular vision and did not have manifest strabismus. Heterophoria values to determine AC/A ratios were measured using Maddox method while quantifying with a prism bar. The distance foria was measured first without an accommodative stimulus, so the patient was looking only at the point light. Next, a changing accommodative stimulus was added in the form of a letter optotype corresponding to a visual size of 0.8, which was slightly below the light. The light and stimulus were vertically aligned. The near foria were always measured without and with a spherical lens of optical power -1 D. In the last measurement, the stimulus for proximal vergence was increased. The first measurement was performed without the accommodative stimulus, when the test was held by the examiner. In the second measurement, the test was also held, but the accommodative stimulus was added with the same principle as in the distance measurement. In the last measurement, the same test was still used, but the patient held the test himself at the same distance as it was held by the examiner.

Results

Of the 20 participants measured, 5 were male (25%) and 15 were female (75%), aged 9 to 38 years.¹ The AC/A ratio was measured for each by all methods mentioned above. The average values of all gradient methods (Figure 1) were below normal values. For measurements without accommodative stimulus, the average AC/A ratio was 0.70 ± 1.84 pD/D, with accommodative stimulus 1.58 ± 1.80 pD/D. For the last measurement, when the participant held the test alone, the average value was 1.45 ± 1.92 pD/D. For the heterophoric method (Figure 2), both AC/A ratios were higher. The average value calculated from measurements without the accommodative stimulus was 5.66 ± 1.26 pD/D. A slightly lower result was reached when an accommodative stimulus was present. This AC/A ratio was 5.57 ± 1.53 pD/D on average. The difference

between the measurement of phoria into to distance without and with the accomodative stimulus was $- 0.38 \pm 0,56$ pD on average, or more into exophoria.

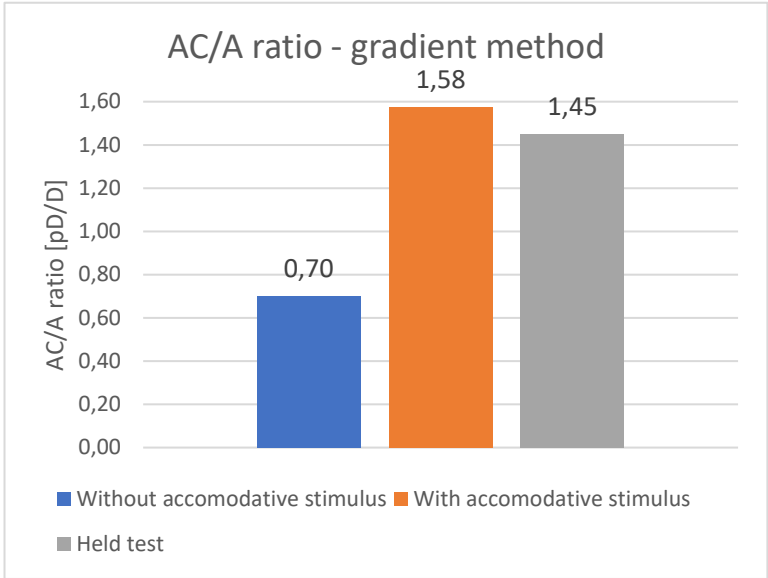


Figure 4: Comparison of average values of gradient methods of AC/A ratio

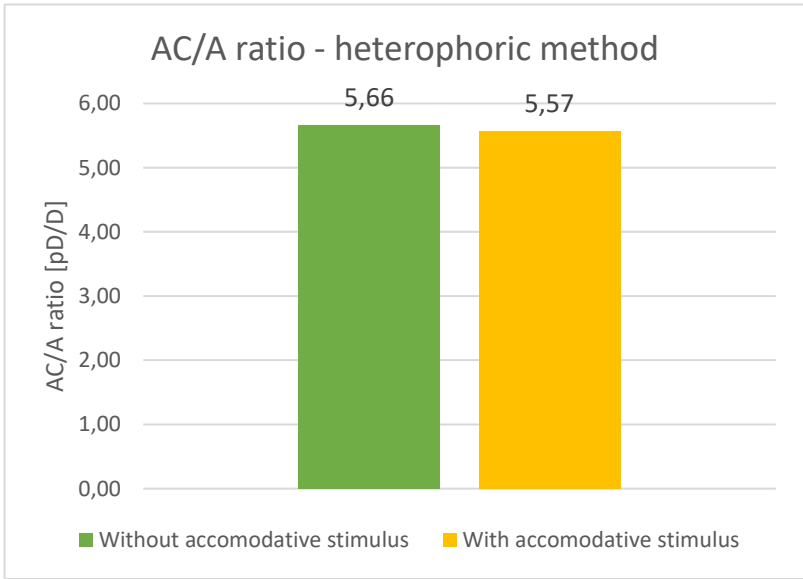


Figure 3: Comparison of average values of heterophoric methods of AC/A ratio

Discussion

A study at the University of Liverpool in 2018⁵ examined AC/A ratio values measured by the gradient method at distance, near and synoptophore, as well as the heterophoric method. 50 subjects aged 18 to 34 years were measured. The gradient method used lenses with refractive powers of +3 D and -3 D, and the fixed near distance was set at 33 cm. The resulting median for each method was 1 pD/D for the gradient method at distance, 2 pD/D at near, 1 pD/D for the synoptophore method, and the median for the heterophoric method was 6 pD/D. They used a prism cover test to determine the values. The AC/A ratio measured by the gradient method at near thus resulted very similar to that measured with the accommodative stimulus, but here the changing accommodative stimulus was not used. Similar results were also obtained in the measurement of the AC/A ratio using the heterophoric method.

The second study in 1995⁷ was conducted on 23 patients aged between 17 and 42 years. In the heterophoric method, heterophoria were measured only at 3 m distance and 33 cm at near. Other measurements were in the form of a gradient stimulus, but also in the form of a gradient response, where the actual accommodative response was measured using an autorefractor. Only -1 D and -2 D diverging lenses were presented to induce the stimulus, and the AC/A ratio was measured at near only. The average ratio values resulted to be 5.81 ± 1.03 pD/D for the heterophoric method, 3.49 ± 2.17 pD/D for the gradient stimulus and 4.37 ± 1.31 pD/D for the gradient response. The AC/A ratio determined by calculation again came out very similar. However, the resulting values for the gradient method take on higher values compared to our own measurements in all its variants. Another difference is that in this study the values were measured using only the Howell test without prismatic quantification.

Conclusion

From the results so far, the use of the gradient method is not the most suitable method to measure the AC/A ratio, because the resulting values were very low.¹ However, if we want to use the method, we should definitely use it with an accommodative stimulus, because such an AC/A ratio was closest to the expected values. If only light is used as the stimulus, we have no idea how sharply the patient sees the test and thus no idea of his or her accommodation, which corresponds to the very low vergence response values. The held test was very similar in value to the test with

the accommodative stimulus. Hypothetically, it is possible that the expected vergence response was reduced by tactile awareness of a nearby object. In practice, it does not matter whether the test is held by the examiner or by the patient. It is appropriate to use the one that is more comfortable for all. The values of AC/A ratios that were measured by heterophoric methods did not differ much and are more in line with expectations. In distance measurements (not only heterophoria), according to the results, it is better to also have an accommodative stimulus present, because we want the patient to relax his accommodation as much as possible and not be affected by nearby stimuli, such as a fitted spectacle frame or the sockets of the trial lenses.. The accommodative stimulus helped to the patient being more focused on the test and adequately desaccommodated.

Resources

1. Hájková M, Kříž P. Causes of the difference between the magnitude of the ACA ratio determined by the gradient method and the heterophoric method. In: *European Academy of Optometry and Optics.* ; 2023.
2. Rozsival P. *Oční Lékařství.* 1. Galén; 2006.
3. Hromádková L. *Šilhání.* 2. dopl. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 1995.
4. Scheiman M, Wick B. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders.* 4., rev. ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
5. Murray C, Newsham D. The Normal Accommodative Convergence/Accommodation (AC/A) Ratio. *J Binocul Vis Ocul Motil.* 2018;68(4):140-147. doi:10.1080/2576117X.2018.1529450
6. Efron N. *Optometry A-Z.* Butterworth-Heinemann; 2007.
7. Bhoola H, PhD A, Atchison D, Bruce A. Validity of clinical measures of the AC/A ratio. *Clin Exp Optom.* 1995;78:3-10. doi:10.1111/j.1444-0938.1995.tb00776.x

Nácvik fúzních vergencí u pacientů s horizontální heteroforií a astenopií

Bc. Štěpánka Dohnalová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

V úvodu článku je teoreticky popsána heteroforie, její rozdělení a vyšetření. Ve výzkumné části je popsána metodika výzkumu a jeho výsledky s porovnáním s jinými studiemi.

Klíčová slova

heteroforie, skryté šilhání, fúzní vergence, prizmatické lišty, astenopie, fúzní trénink

Úvod

Heteroforie neboli skryté šilhání je binokulární porucha, která se projeví změnou postavení očí po vyrušení fúzního podnětu. Pokud ke změně postavení očí nedojde, jedná se o ortoforii, ta se v populaci vyskytuje pouze zhruba u 20 % populace. Je tedy patrné, že heteroforie, ačkoliv není za běžných podmínek zřetelná, je zcela běžným nálezem u většiny lidí.¹⁻³

Heteroforie můžeme rozdělit podle několika kritérií. Podle směru úchytky je rozdělujeme na horizontální heteroforie, vertikální heteroforie, cykloforie či smíšené heteroforie. Dle etiologie je možno heteroforie rozdělit na statickou, kinetickou, nebo neurogenní heteroforii. V neposlední řadě lze heteroforie rozlišit také dle její kompenzace, a to na kompenzovanou, či dekompenzovanou heteroforii.¹⁻⁴

Vyšetření heteroforií se provádí při vyrušení fúzního podnětu. To lze docílit například zakrytím jednoho a následně druhého oka okluzí neboli tzv. alternujícím zakrývacím testem, nebo také intermitentním zakrývacím testem, při kterém se nejprve okluzí zakrývá a odkrývá jedno oko a poté druhé. Těmito testy lze od sebe rozlišit heteroforii a heterotropii. Dále lze heteroforie zjistit také Maddoxovým cylindrem, jedná se o červenou nebo průhlednou čočku složenou z paralelních plankonvexních cylindrů, které vytvoří světelnou linii protaženou z bodového zdroje světla. Následně je pacientem

vyhodnocováno, kam se tato linie posunula od středu Maddoxova kříže viz obr. 2. Při tomto vyšetření dochází k disociaci vjemů obou očí. Na podobném principu jsou založena také Bagoliniho skla, tyto skla mají paralerní rýhy, které správným vložením do zkušební obruby vytvoří z bodového světla světelný kříž. Pacient opět posuzuje, zda se linie někam neposunuly a kolik světel vidí. Další variantou vyšetření jsou anaglyfní neboli červeno-zelené testy. Při těchto testech dochází k zrušení fúze pomocí červeného a zeleného filtru, které se předradí před obě oči. Následně je díky Worthova, či Schoberova testu vyhodnocováno postavení testových značek. Na obdobném principu disociace vjemů jsou postaveny testy polarizační, které využívají nejčastěji lineárně polarizovaného světla. Nejnovější přístroje již však obsahují testy s cirkulární polarizací. Často používaná je také Von Graefeho metoda, při které dojde k disociaci obrazů pravého a levého oka hranolem, heteroforie se pak projeví posunem obrazu. Další alternativou pro vyšetření skrytého šilhání jsou také synoptofor, troposkop, které najdeme spíše v ortoptické praxi, nebo také v Německu hodně užívané MKH testy.^{1,3-5}

Metodika výzkumu

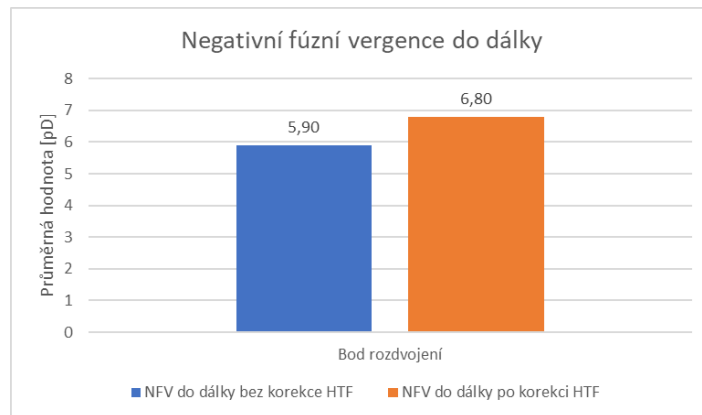
Výzkum probíhal v Oční optice Optik Krouman, zúčastnilo se ho celkem 20 osob, s průměrným věkem 34 let. Začátek měření odstartovalo určení sférocylindrické korekce, následovalo změření heteroforií na Schoberově testu a poté byly měřeny hodnoty fúzních vergencí pomocí horizontální prizmatické lišty. Fúzní vergence (také fúzní rezervy) do dálky byly měřeny ze vzdálenosti 6 metrů, na LCD optotypu bylo promítnuto písmeno N o velikosti 0,5. Nejprve byly změřeny negativní (vkládání prizmat před oko bází dovnitř) a poté pozitivní fúzní rezervy (bází zevně) bez korekce heteroforie. Poté byla pacientovi do zkušební obruby vložena příslušná korekce heteroforie a po adaptaci na prizmata byly fúzní rezervy měřeny znovu, přičemž porovnávány byly hodnoty bodu rozdvojení.

Měření heteroforií do blízka bylo měřeno Von Graefeho metodou kombinovanou s Howellovým testem ve čtecí tabulce. Měření fúzních rezerv do blízka probíhalo opět pomocí horizontálních prizmatických lišt, kdy pacient fixoval znak na Guldenově tyčince ze 33 centimetrů. Nejprve byly měřeny hodnoty fúzních vergencí bez korekce heteroforie a poté s její korekcí.

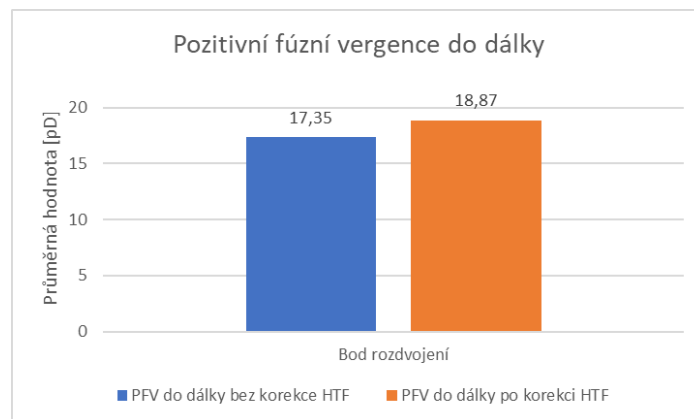
Poslední a velmi důležitou částí bylo vyplnění CSV-Q dotazníku, který se skládá z 16 otázek a má nám podat přehled o pacientových subjektivních potížích.

Výsledky

Graf 1 ukazuje negativní fúzní vergence do dálky před a po korekci heteroforie. Je z něj zřejmé, že průměrné hodnoty negativních fúzních rezerv se po korekci zvýšily o necelou prizmatickou dioptrii, zatímco graf 2 ukazuje zvýšení průměrných hodnot pozitivních fúzních rezerv zhruba o 1,5 pD.

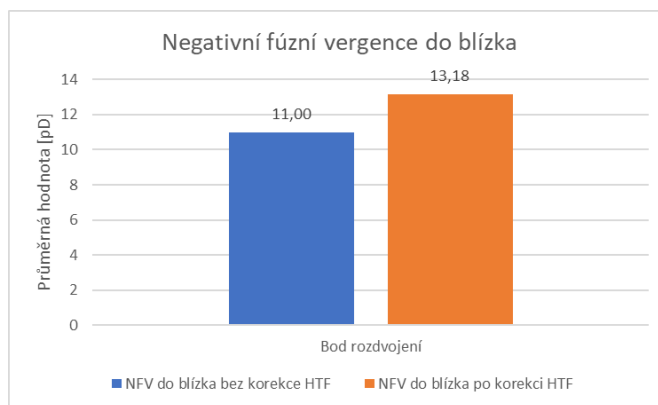


Graf 1: Srovnání NFV do dálky před a po korekci HTF

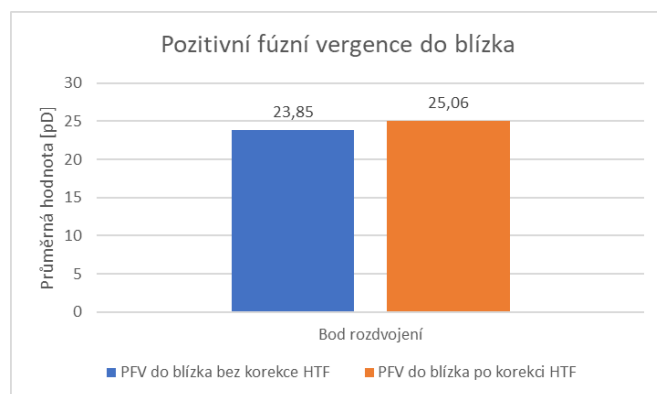


Graf 2: Srovnání PFV do dálky před a po korekci HTF

Následující grafy 3,4 pojednávají o tom, jak byly fúzní vergence ovlivněny korekcí heteroforie do blízka. Průměrná hodnota negativních rezerv do blízka se zvýšila o více než 2 pD a průměrná hodnota pozitivních fúzních vergencí do blízka se zvýšila zhruba o 1,2 pD.



Graf 3: Srovnání NFV do blízka před a po korekci HTF



Graf 4: Srovnání PFV do blízka před a po korekci HTF

Diskuze

Porovnáním hodnot fúzních rezerv před a po korekci heteroforie se zabývala také studentka Masarykovy univerzity Bc. Ilona Haasová. Výzkum probíhal v Šumperku a zúčastnilo se ho 53 osob. Haasová porovnávala body rozdvojení i opětovného spojení u pozitivních i negativních vergencí do dálky, přičemž průměrné hodnoty negativních fúzních vergencí došlo v obou případech po vykorigování heteroforií ke zlepšení. Průměrná hodnota bodu rozdvojení vzrostla o 0,5 pD a u bodu opětovného spojení došlo k navýšení o 0,22 pD. Taktéž tomu bylo u bodu rozdvojení v případě pozitivních vergencí, u kterých se po vykorigování heteroforie průměrná hodnota změnila z 13,6 pD na 14,57 pD., avšak průměrné hodnoty bodu opětovného spojení se po vykorigování heteroforií snížily, a to z 8,64 pD na 8,58 pD.⁴

U zahraničních studií jsem se rozhodla porovnávat rozsahy fúzních vergencí naměřených prizmatickými lištami. V tabulce 1 jsou porovnávány mnou naměřené průměrné hodnoty fúzních vergencí se studiemi Fu et al. Z roku 2015, Antona et al. z roku 2008 a studie Lança a Rowe z roku 2016.⁶⁻⁸

		Fu at al.	Antona et al.	Lança a Rowe	Dohnalová
Dálka	NFR	8,81	8,63	6,97	5,90
	PFR	26,46	23,25	13,1	17,35
Blízko	NFR	15,91	12,14	9,57	6,80
	PFR	31,08	28,91	20,48	19,13

Tabulka 1: Porovnání rozsahu fúzních vergencí

Zdroje

1. Dohnalová Š, Veselý P. Fúzní rezervy a heteroforie. *Trendy V Oční Opt 2023*. http://www.s-presspublishing.cz/archiv/20230226_trendy_v_ocni_optice_2023.pdf. Accessed April 1, 2023.
2. Hromádková L. *Šilhání*. 2nd extend. ed.. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, Brno, Czechia; 1995.
3. Divišová G. a spolupracovníci. *Strabismus*. AVICENUM zdravotnické nakladatelství; 1979.
4. Haasová I. *Změna Velikosti Fúzních Rezerv Při Korekci Heteroforie*. [master's thesis]. Brno, Czechia: Masarykova Univerzita; 2020. https://is.muni.cz/auth/th/ckrag/Zmena_velikosti_fuznich_rezerv_pri_korekci_heteroforie.pdf. Accessed April 1, 2023.
5. Kříž P. *Binokulární Korekce, Měření a Korekce Heteroforií Metodou MKH*. [dissertation]. Brno, Czechia: Masarykova Univerzita; 2017. https://is.muni.cz/th/dosli/Kriz_Disertace.pdf. Accessed April 1, 2023
6. ANTONA, B., A. BARRIO, F. BARRA, E. GONZALEZ a I. SANCHEZ, 2008. Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Optom Online*. 28(5):475-491. Accessed April 11, 2023
7. Lança C., Rowe FJ. Variability of Fusion Vergence Measurements in Heterophoria. *Strabismus*. 2016;24(2):63-69. doi:10.3109/09273972.2016.1159234. Accessed April 11, 2023
8. Fu T, Junfa L. et al. Fusional Vergence Detected by Prism Bar and Synoptophore in Chinese Childhood Intermittent Exotropia. *J Ophthalmol*. Published online 2015. Accessed April 11, 2023

Fusion vergence training in patients with horizontal heterophoria and asthenopia

Bc. Štěpánka Dohnalová, Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Annotation

In the beginning of the article, heterophoria, its distribution and examination are described theoretically. The research part describes the research methodology and its results with a comparison with other studies.

Keywords

heterophoria, latent strabism, fusional vergence, prismatic bars, asthenopia, fusional training

Introduction

Heterophoria, or hidden squint, is a binocular disorder that is manifested by a change in the position of the eyes after disruption of the fusion stimulus. If the position of the eyes does not change, this is orthophoria, which occurs in only about 20 % of the population. It is therefore evident that heterophoria, although not obvious under normal conditions, is quite a common finding in most people.¹⁻³

Heterophoria can be divided according to several criteria. According to the direction of deviation, we divide them into horizontal heterophoria, vertical heterophoria, cyclophoria or mixed heterophoria. According to etiology, heterophoria can be divided into static, kinetic, or neurogenic heterophoria. Last but not least, heterophoria can also be distinguished according to its compensation, namely compensated or decompensated heterophoria.¹⁻⁴

Examination of heterophoria is performed when the fusion stimulus is interrupted. This can be achieved, for example, by covering one and then the other eye with an occlusion, or the so-called alternating occlusion test, or also with an intermittent occlusion test, in which the occlusion first covers and uncovers one eye and then the other. With these tests, heterophoria and heterotropia can be distinguished from

each other. Furthermore, heterophoria can also be detected with a Maddox cylinder, this is a red or transparent lens composed of parallel plano-convex cylinders that create a light line extending from a point light source. Subsequently, the patient evaluates where this line has moved from the center of Maddox's cross, see Fig. 2. During this examination, the perceptions of both eyes are dissociated. Bagolini glasses are also based on a similar principle, these glasses have parallel grooves, which, when correctly inserted into the test frame, create a light cross from the spot light. The patient again assesses whether the lines have moved somewhere and how many lights they see. Another variant of the examination is anaglyph or red-green tests. In these tests, fusion is canceled using a red and green filter placed in front of both eyes. Subsequently, thanks to the Worth or Schober test, the position of the test marks is evaluated. Polarization tests, which most often use linearly polarized light, are based on a similar principle of dissociation of perceptions. However, the latest devices already include tests with circular polarization. Von Graefe's method is also often used, in which the images of the right and left eye are dissociated with a prism, and heterophoria is then manifested by a shift in the image. Another alternative for the examination of hidden squint is also a synoptophore, a troposcope, which is more likely to be found in orthoptic practice, or MKH tests, which are widely used in Germany.^{1,3-5}

Research methodology

The research was conducted at Optik Krouman Ophthalmology, a total of 20 people participated, with an average age of 34. The beginning of the measurement was started by determining the spherocylindrical correction, followed by the measurement of heterophoria on the Schober test, and then the fusion vergence values were measured using a horizontal prismatic bar. Fusion vergences (also fusion reserves) into the distance were measured from a distance of 6 meters, the letter N of size 0.5 was projected on the LCD optotype. First, negative (insertion of prisms in front of the eye with bases in) and then positive fusion reserves (bases outside) were measured without heterophoria correction. The patient was then fitted with the appropriate heterophoria correction in the trial frame and, after adaptation to the prisms, the fusion reserves were measured again, while the bifurcation point values were compared.

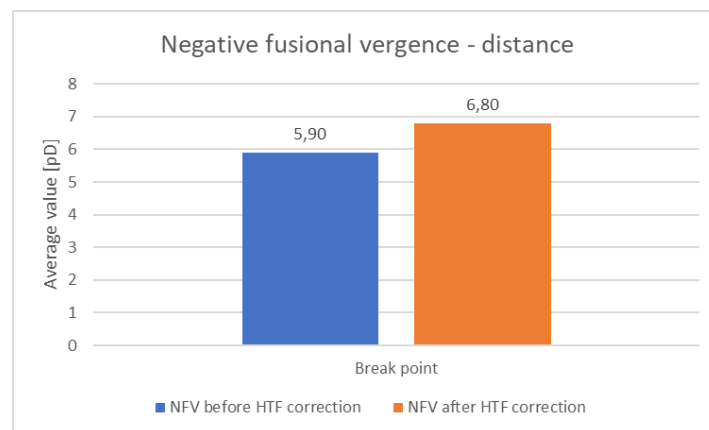
The measurement of near heterophoria was measured by the Von Grafe method combined with the Howell test in a reading table. The measurement of the near fusion

reserves was again carried out using horizontal prismatic bars, when the patient fixed the sign on the Gulden rod from 33 centimeters. Fusion vergence values were first measured without heterophoria correction and then with heterophoria correction.

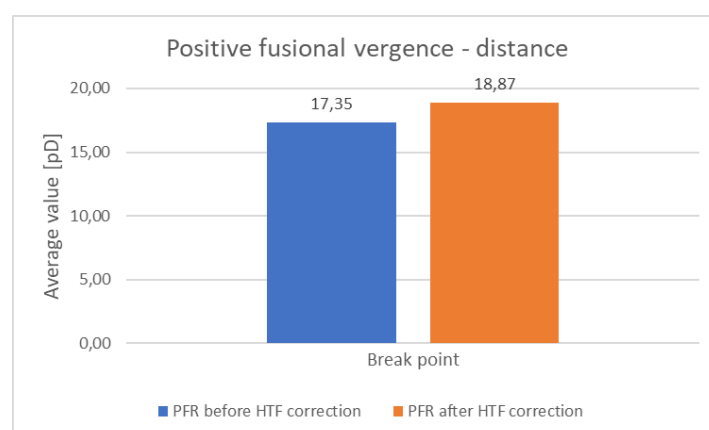
The last and very important part was filling in the CSV-Q questionnaire, which consists of 16 questions and is supposed to give us an overview of the patient's subjective problems.

The results

Graph 1 shows negative fusion vergence into distance before and after heterophoria correction. It is clear from it that the average values of the negative fusion reserves increased by less than a prismatic diopter after correction, while graph 2 shows an increase in the average values of the positive fusion reserves by roughly 1.5 pD.



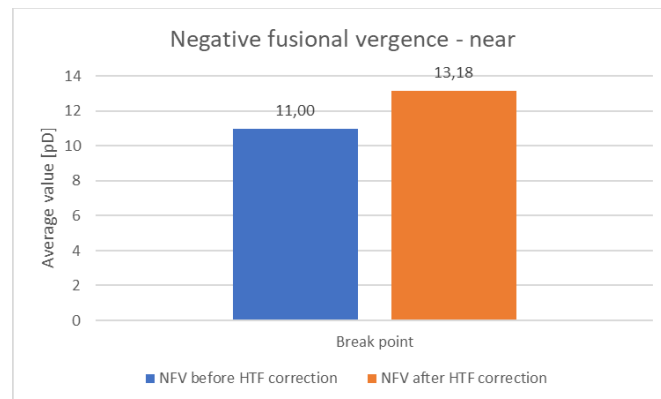
Graph 1: Comparison of long-distance NFV before and after HTF correction



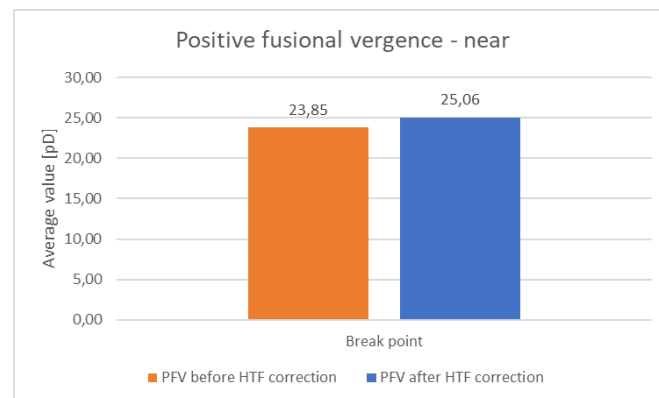
Graph 2: Comparison of long-distance PFV before and after HTF correction

The following graphs 3,4 discuss how fusion vergences were affected by near heterophoria correction. The average value of near-side negative reserves increased by

more than 2 pD, and the average value of near-side positive fusion vergences increased by about 1.2 pD.



Graph 3: Comparison of near-field NFV before and after HTF correction



Graph 4: Comparison of near-field PFV before and after HTF correction

Discussion

The comparison of fusion reserve values before and after heterophoria correction was also carried out by a student of Masaryk University, Bc. Ilona Haasová. The research took place in Šumperk and was used by 53 people. Haas compared the body bifurcation and repeated fusion in positive and negative vergences into the distance, while the average negative fusion vergence improved in both cases after the correction of heterophoria. The mean value of the bifurcation point increased by 0.5 pD and the rejoining point increased by 0.22 pD. The same was true for the bifurcation point in the case of positive vergences, for which the average value changed from 13.6 pD to 14.57 pD after heterophoria correction. However, the average values of the repeated point connection are repeated after heterophoria correction, from 8.64 pD to 8.58 pD. ⁴

For foreign studies, I decided to compare the ranges of fusion vergences measured with prismatic strips. In Table 1, the average values of fusion vergences measured by me

are compared with the studies of Fu et al. From 2015, Antona et al. from 2008 and the Lança and Rowe study from 2016.⁶⁻⁸

		Fu at al.	Antona et al.	Lança a Rowe	Dohnalová
Dálka	NFR	8,81	8,63	6,97	5,90
	PFR	26,46	23,25	13,1	17,35
Blízko	NFR	15,91	12,14	9,57	6,80
	PFR	31,08	28,91	20,48	19,13

Table 1: Comparison of the range of fusion vergences

Resources

1. Dohnalová Š., Veselý P., Fusion reserves and heterophoria. *Trends In Ophthalmology* 2023. http://www.spresspublishing.cz/archiv/20230226_trendy_v_ocni_optice_2023.pdf. Accessed April 1, 2023.
2. Hromádková L. *Šilhání*. 2nd extension. ed.. Institute for further education of healthcare workers, Brno, Czechia; 1995.
3. Divišová G. and co-workers. *Strabismus*. AVICENUM healthcare publishing house; 1979.
4. Haasová I. *Change in the Size of Fusion Reserves During the Correction of Heterophoria*. [master's thesis]. Brno, Czechia: Masaryk University; 2020. https://is.muni.cz/auth/th/ckrag/Zmena_velikosti_fuznich_rezerv_pri_korekci_heteroforie.pdf. Accessed April 1, 2023.
5. Kříž P. *Binocular Correction, Measurement and Correction of Heterophoria by the MKH Method*. [dissertation]. Brno, Czechia: Masaryk University; 2017. https://is.muni.cz/th/dosli/Kriz_Dissertace.pdf. Accessed April 1, 2023
6. ANTONA, B., A. BARRIO, F. BARRA, E. GONZALEZ and I. SANCHEZ, 2008. *Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences*. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom Online*. 28(5):475-491. Accessed April 11, 2023
7. Lanca C, Rowe FJ. *Variability of Fusion Vergence Measurements in Heterophoria*. *Strabismus*. 2016;24(2):63-69. doi:10.3109/09273972.2016.1159234. Accessed April 11, 2023

8. Fu T, Junfa L. et al. *Fusional Vergence Detected by Prism Bar and Synoptophore in Chinese Childhood Intermittent Exotropia*. J Ophthalmol. Published online 2015. Accessed April 11, 2023

Závislost polohy středu otáčení oka na výši a typu refrakční vady

Bc. Markéta Fridrichová, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Tento článek pojednává o teorii k mé diplomové práci, o refrakčních vadách, středu otáčení oka a vlivu velikosti a typu refrakčních vad na polohu daného středu otáčení oka.

Klíčová slova

Refrakce oka, refrakční vady oka, hypermetropie, myopie, astigmatismus, střed otáčení oka, axiální délka oka.

Refrakce oka

Refrakce oka, nebo také jinými slovy lomivost, je definována jako vzájemný poměr optické mohutnosti oka a jeho axiální délky, která způsobí to, že paprsky vstupující do oka a následně procházející jednotlivými lomivými prostředími oka se střetnou v jednom bodě na sítnici-v místě nejostřejšího vidění, ve fovea centralis. Takový stav, kdy se paprsky střetnou v jednom bodě na sítnici, označujeme jako emetropie, nebo také jako oko bez refrakční vady.

Tento stav ale není příliš častý a mnohem častěji se vyskytují spíše ametropie, kdy optická mohutnost oka a jeho axiální délka nejsou ve správném poměru, tudíž se paprsky vstupující do oka nestřetnou v místě nejostřejšího vidění, ale před, nebo za sítnicí-tento stav označujeme také jako refrakční vady a na sítnici vzniká rozmazaný, neostrý obraz.^{1,2}

Refrakční vady

Jak jsem již před chvílí zmínila, aby se obraz zobrazil na sítnici ostře, musí být axiální délka oka v poměru s optickou mohutností. Pokud tomu tak není a tento poměr je narušen, dochází ke vzniku refrakční vady oka a paprsky vstupující do oka se po

průchodu jednotlivými lomivými prostředími střetnou před, či za sítnicí. Obojí vede k neostrému, rozmazanému vidění.

Stav, při kterém dojde k projekci obrazu pozorovaného předmětu umístěném v nekonečnu před sítnicí, označujeme jako myopii nebo také krátkozrakost. Typicky je myopické oko popisováno větší axiální délkou. V opačném případě, kdy dojde k zobrazení pozorovaného předmětu za sítnicí, jde o hypermetropii nebo také dalekozrakost.

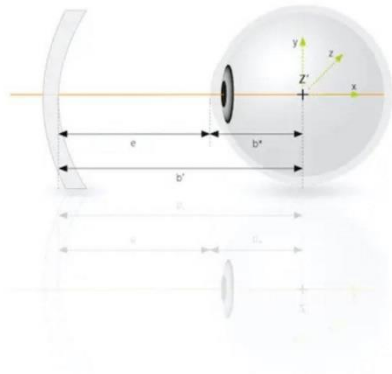
Speciálním případem je pak refrakční vada astigmatismus, kdy paprsky vstupující do oka se nestřetnou v jednom bodě, ale ve dvou na sebe kolmých liniích.^{1,2}

Střed otáčení oka

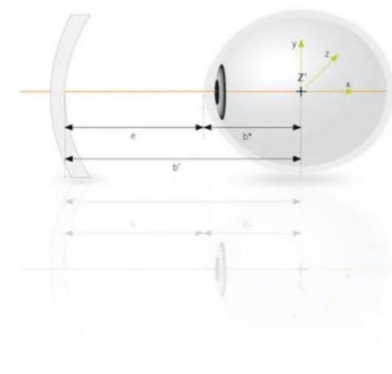
Naše oči jsou neustále v pohybu, aby docházelo k projekci vizuálních cílů na sítnici do místa nejostřejšího vidění do fovea centralis. Tyto pohyby lze rozdělit na pohyby sledovací (jejichž cílem je pohybující se předměty zobrazit na sítnici ostře) a pohyby posunující předměty zájmu co nejrychleji na střed sítnice-tzv. sakády. Všechny tyto pohyby a rotace očí jsou uskutečněny kolem středu otáčení oka, což je v podstatě těžiště, nacházející se přesně uprostřed oka na optické ose. Vzhledem k tomu, že oční bulva není dokonale sférická, může být poloha středu otáčení oka diskutabilní.

V případě emetropie, tedy oka bez refrakční vady, by se tento střed otáčení oka nacházel ve vzdálenosti cca 13,5 mm (13–15 mm) za vrcholem rohovky. Pokud se však změní axiální délka oka v důsledku přítomnosti refrakčních vad, může se poloha středu otáčení oka změnit.

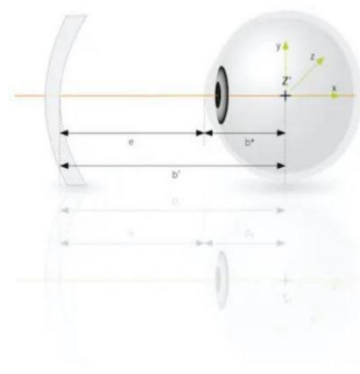
Myopie je obvykle charakterizována větší axiální délkou oka, proto lze předpokládat, že střed otáčení oka se bude nacházet ve větší vzdálenosti než 13,5 mm, naopak u hypermetropie, která je charakterizována kratší axiální délkou oka, se střed otáčení oka bude nacházet ve vzdálenosti menší, než je 13,5 mm.³ Tato skutečnost hraje velmi důležitou roli v centraci brýlových čoček. Vzhledem k tomu, že brýlová čočka, na rozdíl od čočky kontaktní či nitrooční, je vůči očím nehybná, je pro pohodlné vidění důležité znát, kolem jakého bodu oko za brýlovou čočkou rotuje během vizuálního procesu.^{3,4}



Obrázek 1: Poloha středu otáčení oka (Z') u emetropie. ⁴



Obrázek 2: Poloha středu otáčení oka (Z') u myopie. ⁴



Obrázek 3: Poloha středu otáčení oka (Z') u hypermetropie. ⁴

Metodika výzkumu

Výzkumná část mé diplomové práce probíhá u pana Mgr. Pavla Kříže, PhD. v Kroměříži v Očním Centru Visual. Retrospektivně jsou získávána data z přístroje Visiooffice a programu Galen. V první řadě je využíván přístroj Visiooffice, odkud jsou získávána data jako je jméno, příjmení, poloha středu otáčení oka, vzdálenost brýlové čočky od přední plochy rohovky, pupilární distance (PD), výška segmentu, pantoskopický úhel, prohnutí brýlového středu a náklon hlavy respondentů.

Následně budou přiřazeny k jednotlivým respondentům údaje z programu Galen, odkud jsou čerpány informace jako je věk, anamnéza, objektivní i subjektivní refrakce, nejlépe korigovaná zraková ostrost a informace o prizmatickém zakrývacím testu. Na základě toho programu budou vybíráni respondenti do mé diplomové práce podle vstupních a vylučovacích kritérií, které jsem si předem stanovila.

Vstupní kritéria

- Objektivní refrakce v cykloplegii s Unitropic 1%
- Subjektivní refrakce
- Zakrývací test PAZT
- Respondenti starší 15 let
- NKZO větší jako 0,5

Vylučovací kritéria

- Astigmatismus větší jako 1 Dcyl
- Latentní hypermetropie
- Porucha motility
- Amblyopie
- Strabismus
- Refrakční chirurgie

Hypotézy

Předběžně jsem si stanovila dvě hypotézy.

1. Hypotéza:

- Poloha středu otáčení oka se mění v závislosti na výši a typu refrakční vady.

2. Hypotéza:

- U myopických (hypermetropických) očí se střed otáčení oka nachází ve větší (menší) vzdálenosti, než 13,5mm za vrcholem rohovky.

Zdroje:

1. Furdeková M. Refrakční vady. Bachelor's thesis. Masarykova univerzita, 2008. Accessed May, 2023. https://is.muni.cz/th/bq8c9/bakalarska_praca_2008-_yvet.pdf
2. Sokolová, Šidlová J. Nauka o refrakci IV. Presented at the: 2022
3. Ohlendorf A., Schaeffel F., Wahl S. Position of the horizontal and vertical centre of rotation in eyes with different refractive errors. Wiley Online Library. January, 2022. Accessed May, 2023. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/opo.12940>
4. ZEISS. Co je to střed otáčení oka? Zeiss. <https://www.zeiss.cz/vision-care/lepsi-videni/pochopeni-zraku/co-je-to-stred-otaceni-oka.html>. October 16, 2017. Accessed May, 2023.

Dependence of the position of the center of rotation of the eye on the level and type of refractive error

Bc. Markéta Fridrichová, Mgr. Pavel Kříž, Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Anotation

This article discusses the theory for my diploma thesis, about refractive errors, the center of eye rotation and the influence of the level and type of refractive errors on the position of the center of eye rotation.

Keywords

Refraction of the eye, refractive errors of the eye, hypermetropia, myopia, astigmatism, center of rotation of the eye, axial length of the eye.

Refraction of the eye

Refraction of the eye, or in other words refractive power, is defined as the mutual ratio of the optical power of the eye and its axial length, which causes the rays entering the eye and subsequently passing through the individual refractive environments of the eye to meet at one point on the retina - at the point of sharpest vision, in the fovea centralis. Such a condition, when the rays meet at one point on the retina, is called emmetropia, or an eye without a refractive error.

However, this condition is not very common, and ametropia occurs much more often, when the optical power of the eye and its axial length are not in the right ratio, so the rays entering the eye do not meet at the point of sharpest vision, but in front of or behind the retina - we also refer to this condition as refractive errors and a blurred, out-of-focus image is created on the retina.^{1,2}

Refractive errors

As I mentioned a while ago, in order for the image to appear sharp on the retina, the axial length of the eye must be in proportion to the optical power. If this is not

the case and this ratio is disturbed, a refractive error of the eye occurs and the rays entering the eye, after passing through individual refractive environments, collide in front of or behind the retina. Both lead to blurry vision.

The condition in which the image of the observed object placed at infinity in front of the retina is projected is called myopia or nearsightedness. Typically, a myopic eye is described by a longer axial length. In the opposite case, when the observed object is displayed behind the retina, it is hypermetropia or farsightedness.

A special case is the refractive error astigmatism, when the rays entering the eye do not meet at one point, but in two mutually perpendicular lines.^{1,2}

Center of rotation of the eye

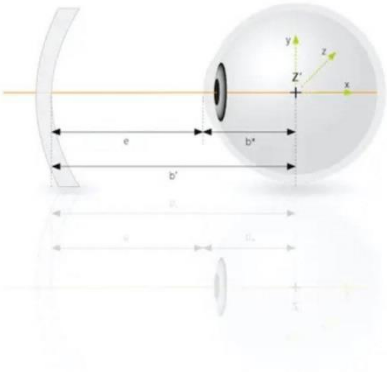
Our eyes are constantly in motion to project visual targets on the retina to the point of sharpest vision in the fovea centralis. These movements can be divided into tracking movements (the aim of which is to display moving objects sharply on the retina) and movements moving objects of interest as quickly as possible to the center of the retina - the so-called saccades.

All these movements and rotations of the eyes are made around the center of rotation of the eye, which is basically the center of gravity located exactly in the middle of the eye on the optical axis. Since the eyeball is not perfectly spherical, the position of the eye's center of rotation can be debatable.

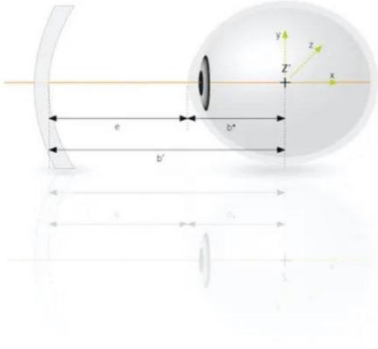
In the case of emmetropia, that is, an eye without a refractive error, this center of rotation of the eye would be located at a distance of about 13.5 mm (13-15 mm) behind the apex of the cornea. However, if the axial length of the eye changes due to the presence of refractive errors, the position of the center of rotation of the eye may change.

Myopia is usually characterized by a larger axial length of the eye, therefore it can be assumed that the center of rotation of the eye will be located at a distance greater than 13.5 mm, on the contrary, in hypermetropia, which is characterized by a shorter axial length of the eye, the center of rotation of the eye will be located at a distance less than 13.5 mm.³

This fact plays a very important role in the centering of spectacle lenses. Since the spectacle lens, unlike the contact or intraocular lens, is stationary relative to the eyes, it is important for comfortable vision to know around which point the eye behind the spectacle lens rotates during the visual process.^{3,4}



Picture 1: The position of the center of rotation of the eye (Z') in emmetropia.⁴



Picture 2: The position of the center of rotation of the eye (Z') in myopia.⁴



Picture 3: The position of the center of rotation of the eye (Z') in hypermetropia. ⁴

Research Methodology

The research part of my diploma thesis is being conducted by Mgr. Pavel Kříž, PhD. in Kroměříž at the Eye Center Visual. Data are obtained retrospectively from the Visiooffice device and the Galen program.

First of all, the Visiooffice device is used, from which data such as name, surname, position of the center of rotation of the eye, distance of the spectacle lens from the front surface of the cornea, pupillary distance (PD), height of the segment, pantoscopic angle, curvature of the spectacle center and head tilt of the respondents are obtained.

Subsequently, data from the Galen program will be assigned to individual respondents, from which information such as age, medical history, objective and subjective refraction, best-corrected visual acuity and information on the prismatic masking test are drawn. On the basis of that program, respondents will be selected for my diploma thesis according to the entry and exclusion criteria that I set in advance.

Entry criteria:

- Objective refraction in cycloplegia with Unitropic 1%
- Subjective refraction
- PAZT test (Prismatic test)
- Respondents older than 15 years
- NKZO better than 0.5 (best corrected visual acuity)

Exclusion criteria:

- Astigmatism more than 1 Dcyl
- Latent hypermetropia
- Motility disorder
- Amblyopia
- Strabismus
- Refractive surgery

Hypotheses

I have preliminarily established two hypotheses.

1. Hypothesis:

- The position of the eye's center of rotation changes depending on the amount and type of refractive error.

2. Hypothesis:

- In myopic (hypermetropic) eyes, the center of rotation of the eye is located at a greater (smaller) distance than 13.5 mm behind the top of the cornea.

Resources:

1. Furdeková M. Refrakční vady. Bachelor's thesis. Masarykova univerzita, 2008. Accessed May, 2023. https://is.muni.cz/th/bq8c9/bakalarska_praca_2008-_yvet.pdf
2. Sokolová, Šidlová J. Nauka o refrakci IV. Presented at the: 2022
3. Ohlendorf A., Schaeffel F., Wahl S. Position of the horizontal and vertical centre of rotation in eyes with different refractive errors. Wiley Online Library. January, 2022. Accessed May, 2023. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/opo.12940>
4. ZEISS. Co je to střed otáčení oka? Zeiss. <https://www.zeiss.cz/vision-care/lepsi-videni/pochopeni-zraku/co-je-to-stred-otaceni-oka.html>. October 16, 2017. Accessed May, 2023.

Současné možnosti chirurgického řešení odchlípnuté sítnice

Bc. Kateřina Rozehnalová, doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Tento článek se zabývá problematikou amoce sítnice, která patří mezi závažné oční onemocnění. Úvodní slova teoretické části informují o příznacích a také o faktorech, které ovlivňují vznik tohoto onemocnění. Dále jsou přehledově uvedeny odpovídající vyšetřovací metody, léčba a případné komplikace. Druhá polovina je věnována výzkumné části. Zde je představena metodika výzkumu, stanovené hypotézy a prozatímní výsledky sběru dat včetně grafů.

Klíčová slova

sítnice, amoce, rhegmatogenní odchlípení sítnice, ablace sklivce, příznaky, vyšetřovací metody, léčba, komplikace

Úvod

Sítnice (retina) představuje nejnvnitřnější část stěny oční koule. Jedná se o nejdůležitější a zároveň nejsložitější strukturu oka. Světelné podněty procházející čočkou se v sítnici přeměňují na elektrické potenciály, ty jsou poté cestou zrakového nervu vedeny do mozkové kůry, kde vzniká vlastní obraz. ^{1,2,3}

Odchlípení neboli amoce sítnice představuje odloučení neurosenzorické části sítnice od retinálního pigmentového epitelu (RPE), který zůstává pevně fixován k cévnatce. Mezi těmito vrstvami se hromadí tekutina, která pochází buďto ze sklivce nebo z cévnatky. Odchlípení sítnice se dělí do dvou skupin. První je **rhegmatogenní (primární)** odchlípení sítnice, které bývá nejčastějším typem. Druhou skupinu označujeme jako **nonrhegmatogenní (sekundární)** odchlípení sítnice, které se dále dělí na trakční a exsudativní. ^{1,2,3}

Odloučení neuroretiny od RPE znamená vždy vážné narušení výživy fotoreceptorů. Nastává jejich postupné odumírání, proto je důležité amoci včas diagnostikovat a léčit co nejdříve. Podaří-li se co nejrychleji odchlípenou sítnici znovu přiložit, může se funkce

fotoreceptorů zcela obnovit. Trvá-li však odchlípení týdny či měsíce, dochází k atrofii sítnice a také k trvalým změnám ve vidění nebo dokonce až ke ztrátě zraku.^{1,2,3}

Rhegmatogenní odchlípení sítnice

Příčinou vzniku rhegmatogenního odchlípení sítnice je díra či trhlina sítnice, která spojuje sklivcový a subretinální prostor. Umožňuje tak průnik nitrooční tekutiny pod sítnici. Může vzniknout kdykoliv během života, nejčastěji se objevuje u jedinců středního a vyššího věku. Podmínkou všech rhegmatogenních amocií je odloučení (ablace) zadní sklivcové membrány.^{1,3,4}

Predisponující faktory ovlivňující vznik rhegmatogenní amoce

Faktory, které doprovázejí rhegmatogenní odchlípení sítnice, jsou způsobeny kombinací degenerativních změn sítnice, trakčních sil spolu s pohyby zkapalněného sklivce, vysokou myopií nebo úrazy oka. Zvýšené riziko odchlípení sítnice je u afakických a pseudofakických očí a u pacientů s pozitivní anamnézou amoce v rodině nebo na druhém oku.^{1,3}

Ablace zadní sklivcové membrány

Mezi nejčastější faktor, který podmiňuje vznik amoce sítnice, patří ablace zadní sklivcové membrány, kdy se sklivec odlučuje od sítnice. Tato degenerace navazuje na zkapalnění sklivce, v pozdějším stádiu dochází k jeho kolapsu. Sklivec zůstává místy pevně fixován k periferní sítnici, a právě zde působí odstředivé setrvačné síly sklivce jako mikrotraumata při pohybech oka a hlavy. Když tato síla překoná pevnost sítnice, vzniká trhlina v sítnici. Při akutní ablaci zadní sklivcové membrány může až u 15 % pacientů vzniknout trhlina sítnice a její pozdější odchlípení. Toto riziko se objevuje během prvních dvou týdnů po akutním odloučení sklivce.^{1,3,5}

Příznaky odchlípení sítnice

Odchlípnutá sítnice zpravidla nebývá bolestivá. Existuje řada varovných symptomů, které mohou poukazovat na oční změny týkající se odchlípení sítnice. Mezi první příznaky patří **světelné záblesky**. Tyto fotooptické jevy jsou způsobeny mechanickým drážděním sítnice, a sice vitreoretinální trakcí a nárazy odloučeného sklivce při pohybu

oka. Sítňice pak na tuto stimulaci reaguje odesláním signálu do mozku, a tam se zpracovává v podobě krátkého záblesku světla.^{1,3}

Mezi další příznaky se řadí **přibývající plovoucí zákalky**, které vidíme v podobě drobných teček či vláken v zorném poli. Příčinou jejich vzniku je ablace sklivce, který se rozvláknuje a kapalní. Při vznikající trhlině se může do sklivce uvolnit menší množství krve, které se pak jeví jako **padající černé saze**. Zvláště u tohoto příznaku může být vidění značně zhoršeno. Symptomem počínajícího se odchlípení sítňice je i tzv. **clona**. Jedná se o tmavý stín, který postižený vnímá na okraji svého zorného pole, častěji se nachází na nasální straně. Zpočátku se jeví jako výpadek části zorného pole, dle progresu onemocnění se může zvětšovat až do centra nejostřejšího vidění. V tomto stádiu se může stát, že k návratu vidění na postiženém oku nedojde.^{1,3}

Vyšetřovací metody a diagnostika amoce sítňice

Mezi subjektivní metody, které potvrzují odchlípení sítňice, se řadí vyšetření zrakové ostrosti a zorného pole. K základním objektivním metodám, které hodnotí sítňici a její odchlípení, patří ultrazvukové vyšetření, oftalmoskopie a optická koherentní tomografie. Důležitou součástí je i rozhovor s pacientem a jeho anamnéza, která z velké části pomáhá určit diagnózu.^{1,3}

Léčba a možné komplikace

Léčba odchlípení sítňice je výhradně chirurgická. Principem je přiložení sítňice, uzavěra trhlín a děr v sítňici a vytvoření pevné jizvy v místě trhlíny. **Laserová terapie** se používá v případech trhlín v sítňici, kdy ještě nedošlo k jejímu odchlípení. V případech již vzniklého odchlípení se nejčastěji volí postup **pars plana vitrektomie (PPV)**. Jedná se o mikrochirurgický zákrok, který se proveden v lokální anestezii. Mezi alternativní techniky patří **episklerální blombáž**, **cerkláž** nebo **pneumatická retinopexie**.^{1,3,4,6,7}

Chirurgická léčba je spojena s pooperačními komplikacemi. Mezi nejčastější patří katarakta, krvácení do přední oční komory a nitrooční záněty. Do pooperační péče spadá prioritně kontrola nitroočního tlaku (při zvýšení hrozí riziko glaukomu), také je důležité polohování hlavy a aplikace očních kapek s antiseptickým účinkem.^{1,3}

Metodika výzkumu

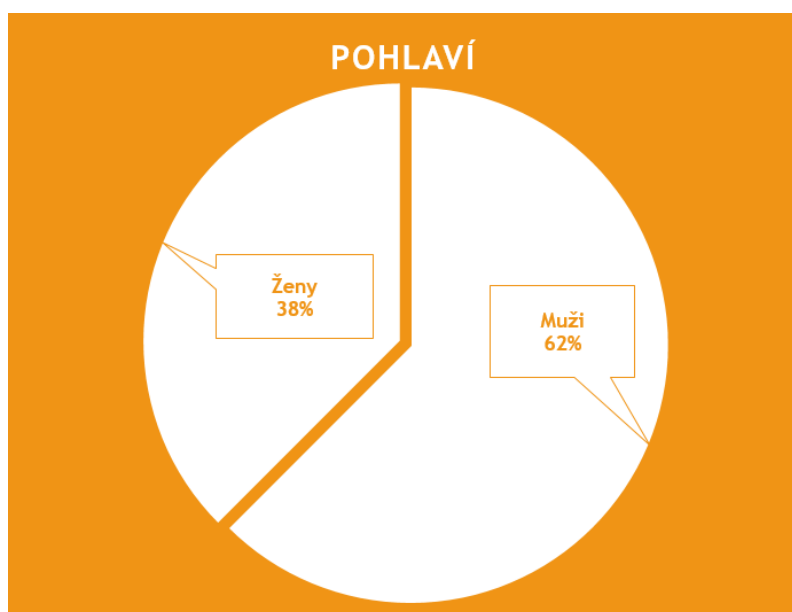
Cílem výzkumu je stanovit dlouhodobý výsledek u pacientů operovaných pars plana vitrektomií pro primární rhegmatogenní odchlípení sítnice. Výzkum probíhá ve fakultní nemocnici v Brně v Bohunicích na oční klinice v pavilonu L. Zdrojem dat je nemocniční informační systém AMIS, který obsahuje základní zdravotnickou dokumentaci o pacientovi. Design studie je retrospektivní. Vyhledávání jsou pacienti, kteří podstoupili operaci primární rhegmatogenní odchlípení sítnice v roce 2021 (leden až srpen). Zaznamenávány jsou tyto údaje: věk, pohlaví, stranové postižení, příčina vzniku onemocnění, taktéž použití operačních nástrojů a tamponád a v neposlední řadě úspěšnost operace, tzn., jestli se objevila recidiva.

Pro výzkum jsou stanoveny následující dvě hypotézy:

1. Výskyt amoce sítnice bude nejčtenější u pacientů starších 60 let.
2. Úspěšnost operace bude u více než 80 % pacientů (není výskyt recidivy).

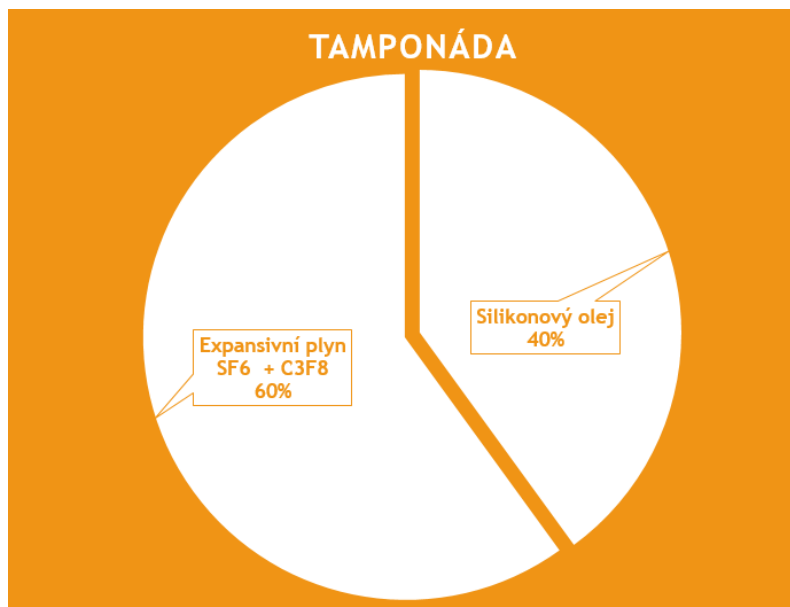
Prozatímní výsledky výzkumu

Průběžná data jsou získané od 40 pacientů. Soubor je tvořen z 25 mužů (62 %) a 15 žen (38 %). Věkový rozsah souboru pacientů je 14 až 78 let. Průměrný věk skupiny je 59,35 let, z čehož vyplývá, že vzhledem k dosud malému počtu pacientů by mohla být hypotéza č. 1 na konci výzkumu potvrzena.



Graf 1 Poměr mužů a žen ve vzorku

Co se týče tamponády, která se po skončení operace dává do prostoru sklivce, u 24 očí se aplikoval expanzivní plyn (hexafluorosulfid nebo oktafluoropropan) a u 16 očí silikonový olej.



Graf 2 Poměr použitých tamponád ve vzorku

Diskuze

Rhegmatogenní amoce sítnice je nejběžnější formou odchlípení, která se vyskytuje přibližně u 1 z 10 000 populace ročně. Cílem této práce je zhodnotit výsledky operačního zákroku metodou pars plana vitrektomie u rhegmatogenní amoce sítnice. Při PPV je sklivce odstraněn, aby se eliminoval tah sklivce na sítnici kolem trhliny, což umožňuje opětovné připojení sítnice. Známé rizikové faktory, jako je rozsah odchlípení, počet a velikost trhlín a předoperační známky proliferativní vitreoretinopatie (PVR), nás vedou k přizpůsobení operace. ^{8,9}

Úspěch chirurgické léčby při odchlípení sítnice je pravděpodobně nejdůležitějším faktorem při určování toho, jak dobře se pacient zotavuje. Jak již bylo zmíněno, existuje několik metod chirurgického řešení odchlípení sítnice a mnoho studií se zaměřuje na jejich srovnání a možná i na identifikaci chirurgických metod, které by mohly být alespoň za určitých okolností lepší. ^{8,9}

Závěr

PPV je nyní jednou z hlavních technik k nápravě amocce sítnice. Pokud je sklivce odstraněn a dojde k recidivě, oko může snadno progredovat do proliferativní vitreoretinopatie. Základním patologickým procesem při PVR je růst a kontrakce buněčných membrán na vnitřním retinálním povrchu a zevní ploše kortikálního sklivce. Kontrakce fibrózních membrán vede k znovuootevření trhlin i děr a opětovnému odchlípení sítnice. PPV by se tedy pro rhegmatogenní amoci sítnice měla používat pouze po pečlivém zvážení a srovnání s jinými metodami.

Zdroje

1. Kuchynka P, ed. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Grada Publishing; 2016.
2. Synek S, Skorkovská Š. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Grada; 2014.
3. Rozsival P. Oční lékařství. Druhé, přepracované vydání. Galén; 2017.
4. Odchlípení sítnice s ležící makulou | Akutní vitreoretinální stav | Doporučené postupy - Česká vitreoretinální společnost. Accessed April 28, 2023. <https://www.cvrs.cz/odchlipeni-sitnice-s-lezici-makulou1>
5. Degenerativní změny sklivce | NZIP. Accessed April 28, 2023. <https://www.nzip.cz/clanek/395-degenerativni-zmeny-sklivce>
6. Haritoglou C, Wolf A. [Surgical management of retinal detachment]. Klin Monatsbl Augenheilkd. 2015;232(5):669-675. doi:10.1055/s-0034-1383068
7. Pars plana vitrektomie a peeling sítnicových membrán (číslo 6 / 2010) | Archiv | Odborné články | FLORENCE - Odborný časopis pro ošetřovatelství a ostatní zdravotnické profese. Accessed April 28, 2023. <https://www.florence.cz/casopis/archiv-florence/2010/6/pars-plana-vitrektomie-a-peeling-sitnicovych-membran/>
8. Anatomical outcome of retinal detachment surgery comparing different surgical approach - Thylefors - 2021 - Acta Ophthalmologica - Wiley Online Library. Accessed April 28, 2023. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aos.14678>
9. Rhegmatogenní odchlípení sítnice: přehled současné praxe v diagnostice a léčbě - PMC. Accessed April 28, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7549457/>

Current surgical options for retinal detachment

Bc. Kateřina Rozehnalová, doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Annotation

This article deals with the issue of retinal detachment, which is a serious eye disease. The introductory words of the theoretical part inform about the symptoms and also about the factors that influence the origin of this disease. Furthermore, the relevant examination methods, treatment, and possible complications are reviewed. The second half is devoted to the research part, where can be found the research methodology, hypotheses, and preliminary results of data collection, including graphs.

Keywords

retina, rhegmatogenous retinal detachment, posterior vitreous detachment, symptoms, examination methods, treatment, complications

Introduction

The retina is the innermost part of the wall of the eyeball. It is the most important and the most complex structure of the eye. Light stimuli passing through the lens are converted into electrical potentials in the retina, which are then conducted via the optic nerve to the cerebral cortex, where the actual image is formed. ^{1,2,3}

Retinal detachment (RD) represents the detachment of the neurosensory part of the retina from the retinal pigment epithelium (RPE), which remains firmly fixed to the choroid. Fluid accumulates between these layers and originates either from the vitreous or the choroid. Retinal detachment is divided into two groups. The first is the most common type of **rhegmatogenous (primary)** retinal detachment. The second group is called **non-rhegmatogenous (secondary)** retinal detachment, further divided into tractional and exudative. ^{1,2,3}

Detachment of the neuroretina from the RPE always means a serious disruption of photoreceptor nutrition. It is important to diagnose and treat the retinal detachment as early as possible. If the detached retina can be reattached as soon as possible,

the photoreceptor function can be fully restored. However, if the detachment lasts for weeks or months, retinal atrophy occurs and permanent vision changes or even loss of vision can occur. ^{1,2,3}

Rhegmatogenous retinal detachment

The cause of rhegmatogenous retinal detachment is a hole or tear in the retina that connects the vitreous and subretinal space. This allows intraocular fluid to pass under the retina. It can occur at any time during life and is most common in middle-aged and older individuals. The condition of all rhegmatogenous retinal detachment is a posterior vitreous detachment. ^{1,3,4}

Predisposing factors influencing the development of rhegmatogenous retinal detachment

The factors that accompany rhegmatogenous retinal detachment are caused by a combination of degenerative changes in the retina, and tractional forces along with movements of the liquefied vitreous, high myopia, or trauma to the eye. There is an increased risk of retinal detachment in aphakic and pseudophakic eyes and in patients with a positive family history of retinal detachment or retinal detachment on the other eye. ^{1,3}

Posterior vitreous detachment

The most common factor that causes retinal detachment is the posterior vitreous detachment when the vitreous is detached from the retina. This degeneration follows liquefaction of the vitreous, with collapse at a later stage. The vitreous remains firmly fixed to the peripheral retina in places, and it is here that the centrifugal inertial forces of the vitreous act as microtrauma during eye and head movements. When this force overcomes the strength of the retina, a tear in the retina occurs. In acute posterior vitreous ablation, up to 15% of patients may develop a retinal tear and subsequent retinal detachment. This risk occurs during the first two weeks after acute vitreous detachment. ^{1,3,5}

Symptoms of retinal detachment

A detached retina is usually not painful. Several warning symptoms may indicate ocular changes related to retinal detachment. The first signs include **flashes of light**.

These photopic phenomena are caused by mechanical irritation of the retina, namely vitreoretinal traction and the impact of the detached vitreous during eye movement. The retina then responds to this stimulation by sending a signal to the brain, and there it is processed in the form of a brief flash of light.^{1,3}

Other symptoms include **increasing floaters**, which are seen as tiny dots or fibers in the field of vision. They are caused by posterior vitreous detachment, which becomes loose and liquid. When a tear occurs, a small amount of blood may be released into the vitreous, which then appears as **falling black soot**. With this symptom, in particular, vision can be severely impaired. The so-called **aperture** is also a symptom of retinal detachment. This is a dark shadow that the affected person perceives at the edge of his or her field of vision, more often on the nasal side. Initially, it appears as a loss of part of the visual field, depending on the progression of the disease, it may increase up to the center of the sharpest vision. At this stage, the affected eye may not return to vision.^{1,3}

Examination Methods and Diagnosis of retinal detachment

Subjective methods that confirm retinal detachment include visual acuity and visual field testing. Basic objective methods that evaluate the retina and retinal detachment include ultrasound, ophthalmoscopy, and optical coherence tomography. An important part of this is the patient interview and medical history, which largely helps to determine the diagnosis.^{1,3}

Treatment and possible complications

The treatment of retinal detachment is exclusively surgical. The principle is to attach the retina, close the tears and holes in the retina and create a solid scar at the site of the tear. **Laser therapy** is used in the case of retinal tears when retinal detachment has not yet occurred. In the case of an already formed detachment, the procedure of **pars plana vitrectomy (PPV)** is most often chosen. This is a microsurgical procedure that is performed under local anesthesia. Alternative techniques include **episcleral blombage, cerclage, or pneumatic retinopexy**.^{1,3,4,6,7}

Surgical treatment is associated with postoperative complications. The most common are cataracts, anterior chamber bleeding, and intraocular inflammation. Postoperative care includes priority control of intraocular pressure (if increased, there is

a risk of glaucoma), head positioning and application of eye drops with antiseptic effect are also important.^{1,3}

Research Methodology

The study aims to determine the long-term outcome of patients undergoing pars plana vitrectomy for primary rhegmatogenous retinal detachment. The research is conducted at the University Hospital in Brno, Bohunice, at the Eye Clinic in Pavilion L. The source of data is the hospital information system AMIS, which contains basic medical documentation about the patient. The study design is retrospective. Patients who underwent surgery for primary rhegmatogenous retinal detachment in 2021 (January to August) are sought. The following data are recorded: age, sex, lateral involvement, cause of disease, as well as the use of surgical instruments and tamponades, and, last but not least, the success rate of the surgery, i.e., whether recurrence occurred.

The following two hypotheses are set for the research:

1. The incidence of RD will be most frequent in patients over 60 years of age.
2. The success rate of surgery will be more than 80% (no recurrence).

Interim research results

Interim data are obtained from 40 patients. The cohort consists of 25 males (62%) and 15 females (38%). The age range of the cohort is 14 to 78 years. The mean age of the group is 59.35 years, which suggests that given the small number of patients so far, hypothesis 1 could be confirmed at the end of the study.

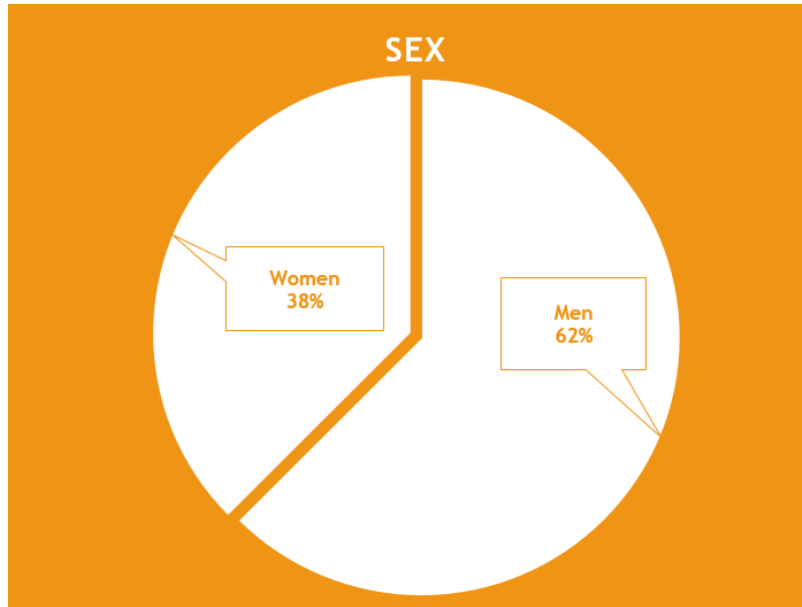


Chart 1 Proportion of men and women in the sample

As for the tamponade, which is placed in the vitreous space after the operation, 24 eyes were treated with expansive gas (sulfur hexafluoride or octafluoropropane) and 16 eyes with silicone oil.

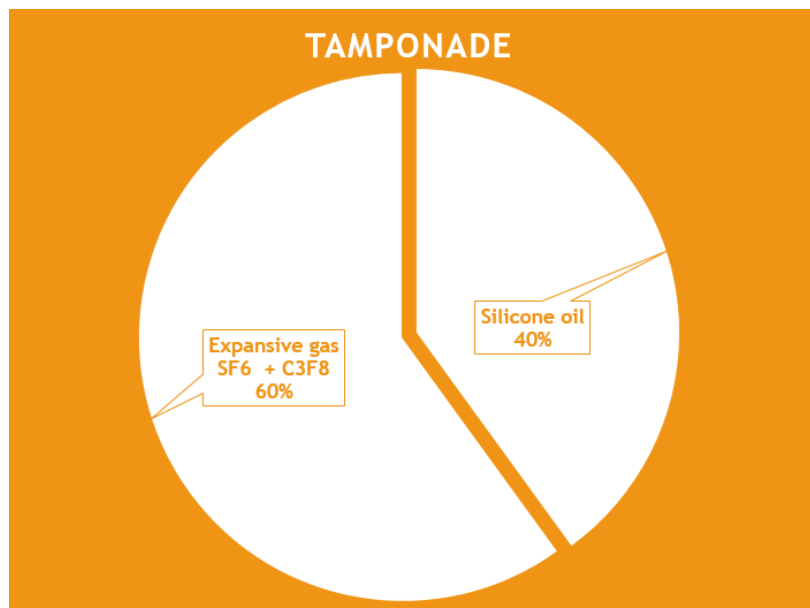


Chart 2 Ratio of tamponades used in the sample

Discussion

Rhegmatogenous RD is the most common form of retinal detachment, occurring in approximately 1 in 10,000 of the population each year. This study aims to evaluate the results of surgical intervention by pars plana vitrectomy in rhegmatogenous retinal

detachment. In PPV, the vitreous is removed to eliminate the traction of the vitreous on the retina around the tear, allowing the retina to reattach. Known risk factors such as the extent of detachment, number, and size of tears, and preoperative signs of proliferative vitreoretinopathy (PVR) lead us to tailor the surgery.^{8,9}

The success of surgical treatment for retinal detachment is probably the most important factor in determining how well a patient recovers. As mentioned, there are several methods of surgical management of retinal detachment, and many studies have focused on comparing them and perhaps identifying surgical methods that might be superior, at least in some circumstances.^{8,9}

Conclusion

PPV is now one of the main techniques for correcting retinal motility. If the vitreous is removed and recurrence occurs, the eye can easily progress to proliferative vitreoretinopathy. The basic pathologic process in PVR is the growth and contraction of cell membranes on the inner retinal surface and the outer surface of the cortical vitreous. Contraction of fibrous membranes leads to the reopening of tears and holes and re-retinal detachment. Therefore, PPV should only be used for rhegmatogenous retinal detachment after careful consideration and comparison with other methods.

Resources

1. Kuchynka P, ed. Oční lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Grada Publishing; 2016.
2. Synek S, Skorkovská Š. Fyziologie oka a vidění. 2., dopl. a přeprac. vyd. Grada; 2014.
3. Rozsival P. Oční lékařství. Druhé, přepracované vydání. Galén; 2017.
4. Odchlípení sítnice s ležící makulou | Akutní vitreoretinální stav | Doporučené postupy - Česká vitreoretinální společnost. Accessed April 28, 2023. <https://www.cvrs.cz/odchlipeni-sitnice-s-lezici-makulou1>
5. Degenerativní změny sklivce | NZIP. Accessed April 28, 2023. <https://www.nzip.cz/clanek/395-degenerativni-zmeny-sklivce>
6. Haritoglou C, Wolf A. [Surgical management of retinal detachment]. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 2015;232(5):669-675. doi:10.1055/s-0034-1383068

7. Pars plana vitrektomie a peeling sítnicových membrán (číslo 6 / 2010) | Archiv | Odborné články | FLORENCE - Odborný časopis pro ošetrovatelství a ostatní zdravotnické profese. Accessed April 28, 2023. <https://www.florence.cz/casopis/archiv-florence/2010/6/pars-plana-vitrektomie-a-peeling-sitnicovych-membran/>
8. Anatomical outcome of retinal detachment surgery comparing different surgical approach - Thylefors - 2021 - Acta Ophthalmologica - Wiley Online Library. Accessed April 28, 2023. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aos.14678>
9. Rhegmatogenní odchlípení sítnice: přehled současné praxe v diagnostice a léčbě - PMC. Accessed April 28, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7549457/>

Vliv optických filtrů na prevenci vzniku a progresi sítnicových onemocnění

Bc. Adéla Mádlová, Ing. Petr Písařík, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra
přírodovědných oborů, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Česká republika

Anotace

Světlo krátkých vlnových délek a ultrafialové záření nese velké množství energie, která je schopna interagovat s buňkami očních tkání obsahujících pigment. U pacientů s postižením sítnice, jako jsou degenerace, retinopatie nebo jiné vady, je potřeba krátké vlnové délky elektromagnetického spektra blokovat. Částečný filtr UV záření a modrého světla tvoří samotná optická média oka. Světlo můžeme také filtrovat pomocí brýlových čoček (každá brýlová čočka je schopna blokovat UV záření) s různými povrchovými úpravami. Základní čočka propouští světlo od 355 nm a maxima dosahuje na 398 nm. S vyšším indexem lomu může mít propustnost od 395 nm a maxima dosáhne na 438 nm. Brýlová čočka se speciální úpravou proti modrému světlu propouští vlnové délky od 414,5 nm a maxima může dosáhnout až na 450 nm. Dbát by se mělo i na výběr nitrooční čočky při operaci katarakty. Tím, že kataraktou postižená oční čočka byla poměrně účinným filtrem světla a zejména krátkých vlnových délek, je zvýšeno riziko vzniku sítnicových degenerací (v důsledku množství uloženého pigmentu v sítnici). Čirá nitrooční čočka může mít maximální propustnost na 397 nm (propouští světlo od 392,5 nm) a žlutě zbarvená může mít posunuté maximum až na 547 nm (propouští světlo od 392 nm). Další z možností blokace světla je použití hranových filtrů.

Klíčová slova

Fotochemické poškození, optické filtry, nitrooční čočky, vliv modrého světla

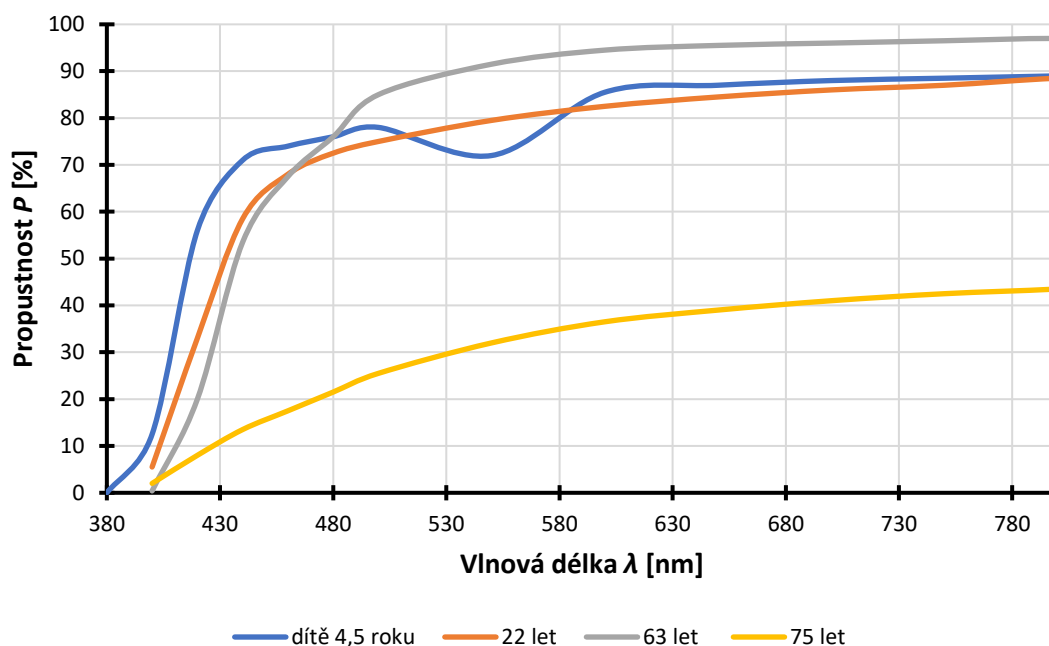
Úvod

Oko jako zrakový orgán přijímá informace z okolního prostředí pomocí světla. Mluvíme o viditelném spektru elektromagnetického záření. Světlo se šíří prostředím v podobě vln a jeho barva je charakterizována vlnovou délkou světla. Po dopadu světla vzniká zrakový signál, který je pomocí zrakové dráhy přenesen do mozku, kde je vytvořen zrakový vjem. Světelné paprsky nevytváří pouze zrakový vjem na sítnici, ale také jsou nositelem kvant energie, fotonů. S kratší vlnovou délkou nese světelný paprsek větší množství energie. UV záření, modrofialové a modré spektrum viditelného světla můžeme považovat za vysokoenergetické. energii daného elektromagnetického záření můžeme vyjádřit (Vzorec 1) jako závislost energie fotonu (vyjádřena Planckovou konstantou h a rychlostí světla ve vakuu c) a vlnové délky záření λ . Určité vlnové délky světla nesou danou energii a liší se i svými optickými vlastnostmi. Krátké vlnové délky se na základě zákona lomu více lámou a při dopadu na rozhraní dvou optických prostředí se více odchylují od směru šíření.

$$E = \frac{(h \cdot c)}{\lambda} \quad (1)$$

Průchod světla okem

UV záření je částečně absorbováno atmosférou. Před dopadem na sítnici je přicházející světlo filtrováno optickými médii oka. Většina UV záření je blokována již rohovkou, zbytek je odfiltrován oční čočkou. Propustnost světla oční čočkou se mění postupně s věkem. Pokud se podíváme čistě na propustnost oční čočky (přicházející světlo není filtrováno rohovkou a komorovou tekutinou), tak čočka malého dítěte začíná propouštět světlo již od 300 nm. Propustnost strmě stoupá od 360 do 390 nm, poté se propustnost pro světlo ustaluje. U dětí kolem věku 5 let je propustnost na 320 nm na zhruba 8 %, oční čočka jedince ve věku 22 let na stejné vlnové délce propustí pouze 0,1 %. Propustnost oční čočky mladého jedince bez patologie začíná na 390 nm a 90% propustnosti dosahuje na vlnové délce 450 nm. Spektrální propustnost oční čočky staršího jedince (63 let) začíná na 400 nm a propustnosti 90 % dosahuje na vlnové délce 540 nm. S věkem se nesnižuje pouze propustnost pro krátké vlnové délky, ale i pro ty delší. Například na hodnotě 700 nm propustí oční čočka mladého jedince zhruba 88 % a oční čočka 75letého jedince má propustnost pouze 41 %. Spektrální propustnost lidské oční čočky je vyobrazena v grafu (Graf 1). [1]



Graf 1. Spektrální propustnost lidské oční čočky (E. A. Boettner aj. R. Wolter, 1962) [2]

Oční čočka je největším filtrem světla, které projde na sítnici. Krátké vlnové délky jsou absorbovány a rozptylovány bílkovinami, enzymy a bílkovinnými depozity. Tyto látky produkují žlutý pigment lutein, který je příčinou postupného tmavnutí a žloutnutí čočky. Tím je zvýšena schopnost oční čočky absorbovat krátké vlnové délky. Krátké vlnové délky po dopadu reagují s pigmentem a vznikají volné kyslíkové radikály. [3; 4]

Fotochemické poškození

Energie dopadajícího fotonu mění ozářenou molekulu v buňkách obsahujících pigment a probíhají změny v elektronových orbitalech. Dochází například k rozdělení vazby v jedné molekule při výměně elektronů nebo vodíku. Vznikají volné vodíkové radikály, volný kyslík, radikály superoxidů, peroxid vodíku, hydroxylové radikály. Volné radikály mohou reagovat různé druhy molekul a tím je inaktivovat. Záření podobných vlnových délek vyvolává stejné změny v určitých buňkách. Pro kompletní přetrhání vazeb molekul nebo atomů je potřeba určité množství fotonů. Reakce pokračuje s celkovým množstvím energie, kterou fotony přinesou. Doba ozáření, intenzita a spektrum světla udává míru poškození molekul, buněk a tkání. [3; 4; 5]

V důsledku fotochemických procesů a změn se ukládají pigmenty v buňkách sítnice. Makulární pigmenty zeaxantin a lipofuscin (a jeho složka pigment A2E) vznikají jako

vedlejší produkt vidění a jsou schopny absorpce krátkých vlnových délek. Absorpce krátkých vlnových délek vede k přechodu na vyšší energetické hladiny a vznikají volné kyslíkové radikály, které reagují s dalšími buňkami sítnice. Tyto reakce pak vedou ke změnám v buňkách, jejich poškození a až k buněčné apoptóze. Dochází pak k zániku fotoreceptorů, narušení hematoretinální bariéry a dalším změnám. Riziko těchto změn stoupá postupně s věkem díky ukládání pigmentů v buňkách sítnice (pigmentový epitel, fotoreceptory). Pigmenty se ukládají také v oční čočce, která pak tvoří poměrně účinný filtr a chrání sítnici. Krátkovlnné světlo může urychlit vznik a progresi věkem podmíněné makulární degenerace a dalších sítnicových patologií. Zejména pak roste riziko patologií u pacientů po operaci katarakty. Implantovaná nitrooční čočka má mnohem větší propustnost pro krátké vlnové délky a i pro světlo obecně, než měla zakalená čočka. [3; 4; 5]

Optické komplikace vznikající dopadem světla s krátkými vlnovými délkami

Krátké vlnové délky po dopadu na rozhraní dvou optických prostředí se více lámou nežli dlouhé vlnové délky. Rozdíl lámavosti vlnových délek příslušejících červené a modré barvě (konec a začátek spektra viditelného světla) může být v rozmezí až 1,5 – 2,0 dpt. Díky vyšší lámavosti krátkých vlnových délek a bílkovinným depozitům, která se uvnitř oka tvoří, dochází k rozptylu světla uvnitř oka a ke chromatické aberaci. Tyto problémy nejčastěji postihují osoby s patologiemi sítnice. Nitrooční rozptyl je výsledkem rozdílných refrakčních indexů proteinových depozit a vlastního matrixu čočky. Důsledkem nitroočního rozptylu je například snížená kontrastní citlivost, zhoršená zraková ostrost a obraz je degradovaný. [6; 7; 8]

Makulární pigmenty jsou díky absorpci schopny redukovat světelné paprsky, které se odchýlily od směru šíření v důsledku nitroočního rozptylu. Při patologiích sítnice může být funkce pigmentového epitelu nedostatečná. [6; 8]

Možnosti ochrany zraku

Brýlové čočky

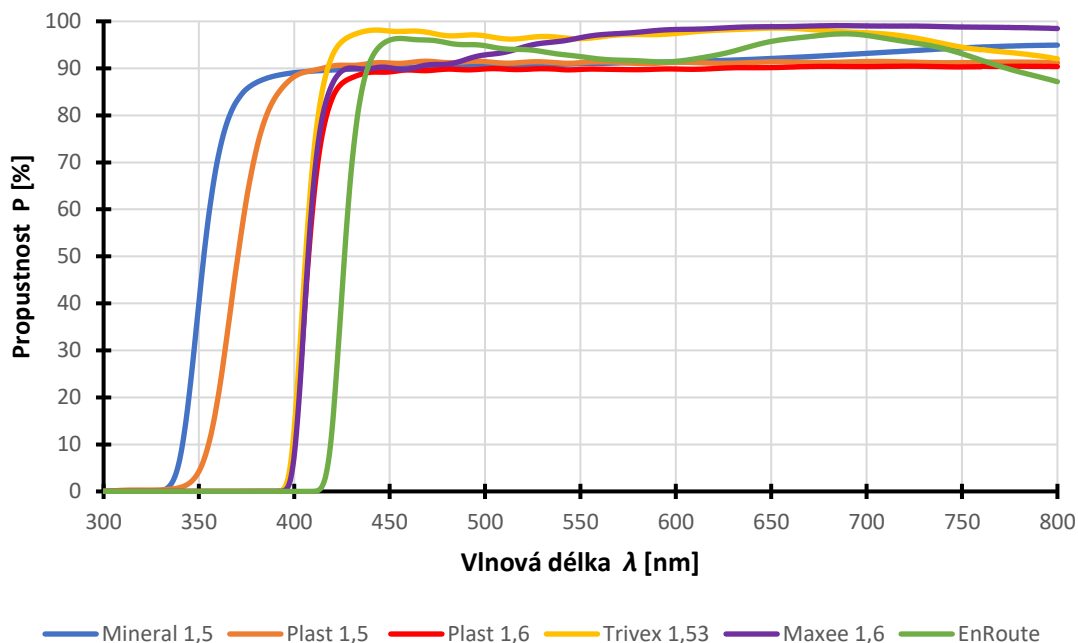
Brýlové čočky jsou základní pomůckou pro korekci zraku. Brýlové čočky mohou být vyrobeny z různých materiálů a mohou být opatřeny různými povrchovými úpravami. V závislosti na těchto charakteristikách se mění i spektrální propustnost. Každá brýlová čočka plně filtruje UV záření. Propustnost pro krátké vlnové délky se liší dle použitého

materiálu a povrchových úprav. V experimentální části byla měřena transmisivita brýlových čoček od 300 nm do 800 nm pomocí UV-VIS spektrofotometru UV-2600. Spektrální propustnosti vypraných brýlových čoček jsou zobrazeny v grafu (Graf 2).

Mezi nejvíce transmisní materiály patří minerální sklo (index lomu 1,5; počátek propustnosti na 335 nm a maxima dosahuje na 398 nm) nebo nízkoindexový plast (index lomu 1,5; počátek propustnosti 341 nm a maximum 438 nm). Nízkou propustnost pro krátké vlnové délky má například vysokoindexový plast (index lomu 1,6; počátek propustnosti 396 nm, maximum 437 nm) nebo Trivex (index lomu 1,53; počátek propustnosti 395 nm a maximum 438 nm). Všechny plastové čočky byly od firmy Omega optix pouze s tvrzením, čočka z trivexu byla navíc opatřena základní antireflexní úpravou.

V dnešní době je na trhu dostupná i řada brýlových čoček blokujících modré světlo. Prezentovány jsou jako čočky pro řidiče nebo jako čočky vhodné při častém používání digitálních zařízení. Světlo blokují buď pomocí povrchové antireflexní vrstvy, nebo obsahují žlutý chromofor, který nežádoucí vlnové délky neodráží, ale absorbuje.

Čočka s antireflexní úpravou proti modrému světlu (HOYA, Maxxee 1,6). začala propouštět vlnové délky od 396,5 nm a maxima dosáhla na 400,5 nm. Čočka se žlutým chromoforem (HOYA EnRoute Daily) začala propouštět světlo od 414,5 nm a maxima dosáhla na 450 nm. Nutno poznamenat, že čočka s chromoforem je prezentována jako čočka pro řidiče. [9]



Graf 2. Spektrální propustnosti jednotlivých brýlových čoček [9]

Hranové filtry

Optické filtry jsou speciálním typem brýlových čoček. Mohou, ale nemusí mít dioptrickou hodnotu. Filtry jsou používány pro diagnostické i terapeutické účely. Hranové filtry jsou jedním z typů optických filtrů, který je schopen selektivně odfiltrout světlo nežádoucích vlnových délek. V nežádoucím spektru mají nulovou propustnost a následně jejich propustnost strmě stoupá. Pro ostatní procházející vlnové délky je zachována míra transmitance. Hranové filtry tedy nemění intenzitu propuštěného světla, jen odfiltrují spektrum nežádoucích vlnových délek.

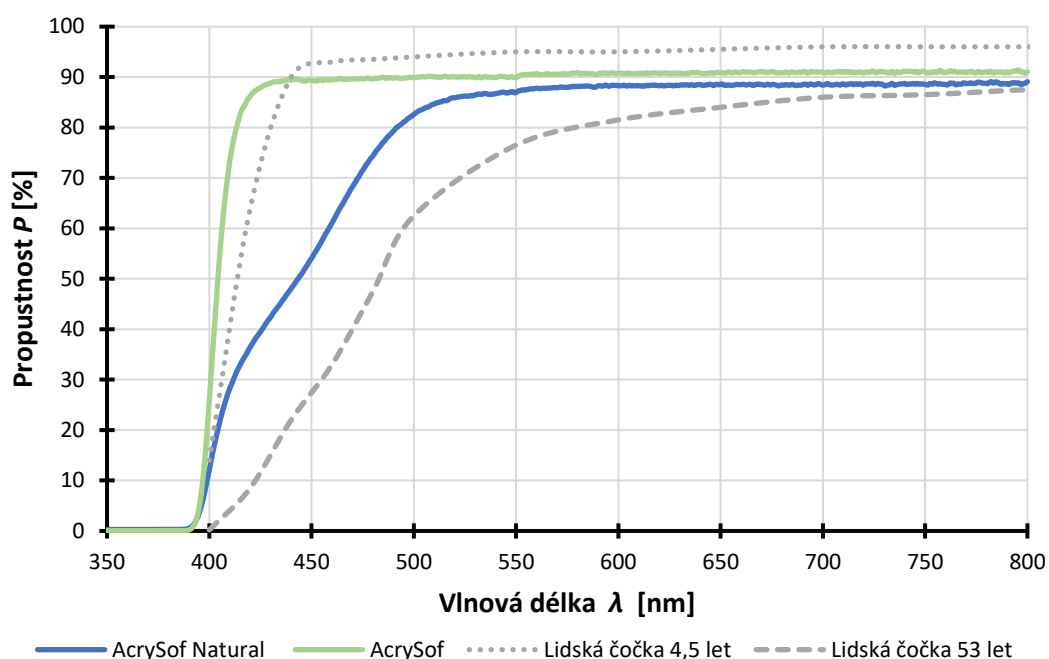
Hranové filtry mají široké uplatnění u pacientů s diagnostikovaným onemocněním sítnice, slabozrakostí, albinismem či s poruchami barvocitu. Nejčastěji se používají tzv. žluté filtry, které blokují krátké vlnové délky příslušející blízkému spektru blízkému UV záření, modrofialovému a modrému spektru. Odfiltrováním těchto spekter se může zlepšit zraková ostrost pacienta, zmírní se subjektivní problémy způsobené nitroočním rozptylem. [10; 11]

Nitrooční čočky

Při operaci katarakty je z oka vyjmuta zakalená čočka (která byla poměrně účinným filtrem světla) a je nahrazena nitrooční čočkou. Existují číré konvenční nitrooční čočky, které jsou schopné blokovat UV záření, a pak také speciální nitrooční čočky se žlutým

chromoforem, které jsou schopny blokace krátkých vlnových délek a snižují tak propust vlnových délek modrofialové a modré barvy viditelného světla.

Transmisivita nitroočních čoček byla měřena stejným spektrometrem. Pro měření byly zvoleny akrylátové zadněkomorové nitrooční čočky značky Alcon (model AcrySof a AcrySof Natural - žlutě zbarvená). Měřené nitrooční čočky měly stejnou optickou mohutnost. Konvenční nitrooční čočka začíná propouštět světlo od 392,5 nm a maxima dosahuje na 397 nm. Žlutě zbarvená nitrooční čočka začíná propouštět světlo od 392 nm, její propustnost má postupný nástup a maximální propustnosti dosahuje na 547 nm. V grafu (Graf 3) je zobrazena spektrální propustnost vybraných nitroočních čoček v porovnání s propustností lidské oční čočky [2]. [9]



Graf 3. Spektrální propustnost umělých nitroočních čoček a propustnost lidské oční čočky [2; 9]

Závěr

Použití správně zvolené korekční pomůcky u pacientů s vyšším rizikem vzniku věkem podmíněné makulární degenerace, dalších sítnicových onemocnění nebo s poruchami barvocitu i s albinismem je velmi důležité. Je dostupná celá řada brýlových čoček a hranových filtrů, které mohou sloužit jako prevence vzniku nebo progresu onemocnění, nebo mohou zmírnit subjektivní obtíže, jako je zhoršená kontrastní citlivost nebo světloplachost. U pacientů s kataraktou je nutné správně vybírat implantovanou nitrooční čočku, protože není čočka jako čočka a i ty se liší svou spektrální propustností

pro modré světlo. Ale abychom nemluvili o modrém světle jen v negativech, pro zdravého jedince má nepostradatelný význam ve vnímání okolních předmětů, kontrastní citlivosti, vnímání vzdálenosti předmětů, reguluje cirkadiální režim, dokonce se v některých oblastech využívá pro udržení bdělosti.

Použitá literatura

- [1] BOETTNER, Edward a J. WOLTER. Transmission of the Ocular Media. *Investigative Ophthalmology & Visual Science December 1962, Vol.1. 1962, 1(6), 776-783*
- [2] BOETTNER, Edward a J. WOLTER. *Transmission of the Ocular Media*. 32. Kalifornská univerzita v Berkeley. Air Force Systems Command, 1962: Life Support Systems Laboratory, 6570th Aerospace Medical Research Laboratories, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command, 1962, 1962, 6. prosinec 2017, , 43 s.
- [3] WU, Jiangmei, Stefan SEREGARD a Peep V. ALGVERE. Photochemical Damage of the Retina. *Survey of Ophthalmology* . 2006, **51(5)**, 461-481, doi: 10.1016/j.survophthal.2006.06.009.
- [4] OUYANG, Xinli, Jing YANG, Zexin HONG, Yide WU, Yongfang XIE a Guohui WANG. *Mechanisms of blue light-induced eye hazard and protective measures: a review* . 2020, **130** 110577, 8 p., doi:10.1016/j.biopha.2020.110577
- [5] HUNTER, Jennifer J., Jessica I.W. MORGAN, William H. MERIGAN, David H. SLINEY, Janet R. SPARROW a David R. WILLIAMS. The susceptibility of the retina to photochemical damage from visible light. *Progress in Retinal and Eye Research* . 2012, **31(1)**, 28-42, doi:10.1016/j.preteyeres.2011.11.001
- [6] EPERJESI, Frank a Lillian-Evangelica AGELIS. Effect of short wavelength filters on visual function in simulated cataract. *International Congress Series* . 2005, **1282**, 517-520 . ISSN 05315131. Dostupné z: doi:10.1016/j.ics.2005.05.066
- [7] HAMMOND, Billy R., Billy R. WOOTEN, Michael ENGLES a Jennifer C. WONG. The influence of filtering by the macular carotenoids on contrast sensitivity measured under simulated blue haze conditions. *Vision Research* . 2012, **63**, 58-62 . ISSN

00426989. Dostupné z: doi:10.1016/j.visres.2012.04.019

- [8] COLOMBO, L., E. MELARDI, P. FERRI et al. Visual function improvement using photocromic and selective blue-violet light filtering spectacle lenses in patients affected by retinal diseases. *BMC Ophthalmology* . 2017, **17**(1) . ISSN 1471-2415. Dostupné z: doi:10.1186/s12886-017-0545-9
- [9] MÁDLOVÁ, Adéla. Ochrana očí před UV zářením a modrým světlem: Bakalářská práce. In: *DIGITÁLNÍ KNIHOVNA ČVUT* . České vysoké učení technické v Praze: DSpace software copyright, 2022 . Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/104551>
- [10] BURDOVÁ, Pavla. Filtry v optice a optometrii. In: *Brýle a móda* . Praha: Iva Production Agency, s.r.o., 2014, s. 24-27 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: http://www.bryleamoda.cz/UserFiles/casopis/042014/24_27_FILTRY.pdf
- [11] RIMBERGAS, Sylvia, Aparna RAGHURAM, Gané BOOTHROYD, Angelo VATIANOU, Vasudevan LAKSHMINARAYANAN *, Joan STELMACK a Thomas STELMACK. Change in contrast sensitivity functions with Corning CPF filters in patients with age related macular degeneration. *Journal of Modern Optics* . 2005, **52**(9), 1255-1262 . ISSN 0950-0340. Dostupné z: doi:10.1080/09500340512331330837

Poděkování: Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou agenturou Českého vysokého učení technického v Praze (grant č. SGS22/131/OHK4/2T/17).

The effect of optical filters on the prevention of retinal disease development and progression

Bc. Adéla Mádlová, Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Czech Technical University in Prague, Faculty of Biomedical Engineering, Department of Natural Sciences, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

Annotation

Short wavelength light carries a large amount of energy that is able to interact with the pigment cells of the eye tissues. Patients with retinal disorders such as age related macular degeneration, retinopathy or other defects, short wavelengths need to be blocked. The optical media of the eye are a partial filter of UV and blue light. We can also filter the light using spectacle lenses (each lens is capable of blocking UV radiation) with different surface treatments. The conventional lens transmits light from 355 nm and reaches a maximum at 398 nm. With a higher refractive index, it can have transmittance from 395 nm and reaches a maximum at 438 nm. A spectacle lens with a special treatment against blue light transmits wavelengths from 414.5 nm and can reach a maximum at 450 nm. Care should also be taken in the choice of intraocular lens for cataract surgery. The fact that the cataract-affected lens has been a relatively effective filter of light, particularly short wavelengths, increases the risk of retinal degeneration (due to the amount of pigment deposits in the retina). A clear intraocular lens may have a maximum transmittance at 397 nm (transmitting light from 392.5 nm) and a yellow-coloured lens may have a shifted maximum up to 547 nm (transmitting light from 392 nm). Another option for blocking light is the use of corning filters.

Keywords

Photochemical damage, optical filters, intraocular lenses, the effect of blue light

Introducion

The eye as a visual organ receives information from the environment by means of light. We are talking about the visible spectrum of electromagnetic radiation. Light propagates through the environment in the form of waves and the colour is characterised by the wavelength of the light. When light hits the eye, a visual signal is created, which is transmitted to the brain via the visual pathway, where a visual perception is created. Light rays not only create visual perception on the retina, but also carry quanta of energy, photons. With a shorter wavelength, the light beam carries a greater amount of energy. UV, blue-violet and blue spectrum of visible light can be considered as high energy. The energy of a given electromagnetic radiation can be expressed (Formula 1) as a function of the photon energy (expressed by Planck's constant h and the speed of light in vacuum c) and the wavelength of the radiation λ . Certain wavelengths of light carry certain energies and differ in their optical properties. Short wavelengths are more refractive by the law of refraction and deviate more from the direction of propagation when incident at the interface of two optical media.

$$E = \frac{(h \cdot c)}{\lambda} \quad (1)$$

Transmission of the eye

UV radiation is partially absorbed by the atmosphere. Before reaching the retina, the incoming light is filtered by the optical media of the eye. Most of the UV radiation is already blocked by the cornea, the rest is filtered out by the lens. The light transmission through the lens of the eye changes gradually with age. If we look purely at the transmittance of the eye lens (incoming light is not filtered by the cornea and chamber fluid), the lens of a young child starts transmitting light as early as 300 nm. The transmittance rises from 360 to 390 nm and then the light transmittance is stable. A five-year-old child has the transmittance at 320 nm is at about 8%; the lens at the age of 22 years at the same wavelength transmits only 0.1%. The transmittance of the cristalline lens of a young person without pathology starts at 390 nm and reaches 90% transmittance at 450 nm. The spectral transmittance of the eye lens of an older people (63 years) starts at 400 nm and reaches 90% transmittance at 540 nm. Not only does the transmittance for short wavelengths decrease with age, but also for longer ones. For example, at 700 nm, the lens of a young person has a transmittance of about 88 % and

the lens of a 75-year-old person has a transmittance of only 41 %. The spectral transmittance of the human lens is shown in the graph (Figure 1). [1]

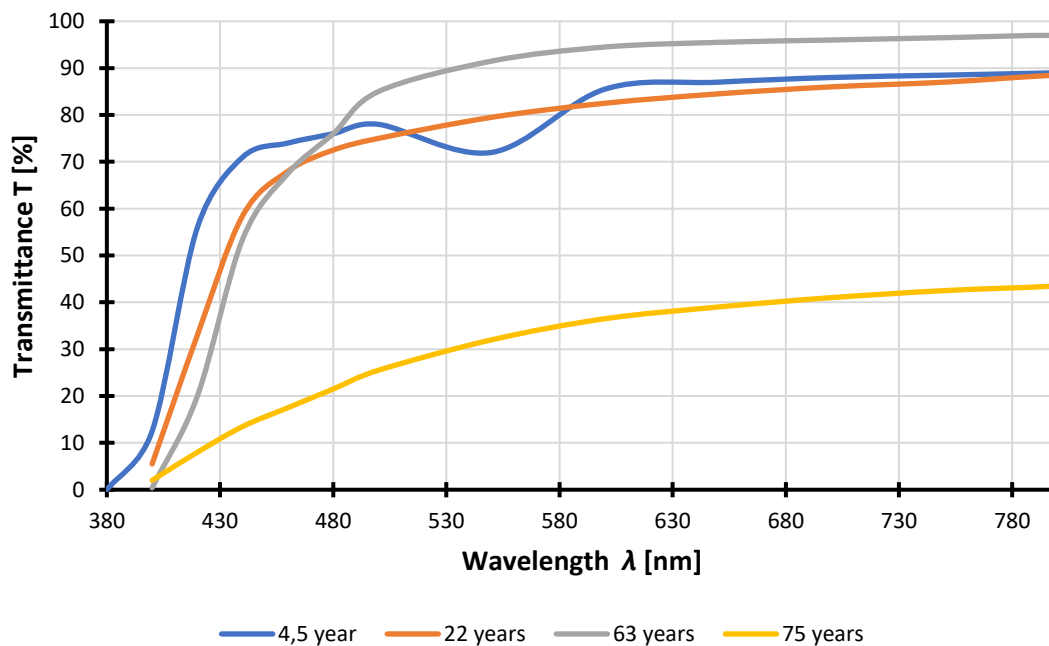


Figure 1. Spectral transmittance of the human eye lens (E. A. Boettner and R. Wolter, 1962) [2]

The lens of the eye is the largest filter of light that passes through the retina. Short wavelengths are absorbed and scattered by proteins, enzymes and protein deposits. These substances produce the yellow pigment lutein, which is the cause of the lens gradual darkening and yellowing. This increases the ability of the lens to absorb short wavelengths. The short wavelengths react with the pigment to produce reactive oxygen species. [3; 4]

Photochemical damage

The energy of the incident photon changes the irradiated molecule in the pigmented cells and makes changes in the electron orbitals. For example, the bond in one molecule is broken when electrons or hydrogen is exchanged. Free reactive oxygen species, singlet oxygen, superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals are formed. Free radicals can attack different kinds of molecules and inactivate them. Radiation of similar wavelengths induces the same changes in certain cells. It takes a certain amount of photons to completely break the bonds of molecules or atoms. The reaction continues with the total amount of energy the photons arrive. The exposure time, intensity and spectrum of the light determines the degree of damage to molecules, cells and tissues. [3; 4; 5]

As a result of photochemical processes and changes, pigments are deposited in the cells of the retina. The macular pigments zeaxanthin and lipofuscin (and its component pigment A2E) are formed as a by-product of vision process and are capable of absorbing short wavelengths. Absorption of short wavelengths leads to a transition to higher energy levels and the formation of reactive oxygen species that react with other retinal cells. These reactions then lead to changes in the cells, cell damage and even cell apoptosis. Photoreceptors death, disruption of the haemoretinal barrier and other changes occur. The risk of these changes increases gradually with age due to the deposition of pigments in retinal cells (retinal pigment epithelium, photoreceptors). Pigments are also deposited in the lens of the eye, which then forms a relatively effective filter and protects the retina. Short-wavelength light can accelerate the beginning and progression of age-related macular degeneration and other retinal pathologies. In particular, the risk of pathologies increases in patients after cataract surgery. The implanted intraocular lens has a much higher transmittance for short wavelengths and for light in general than the clouded lens. [3; 4; 5]

Optical complications arising from the impact of light with short wavelengths

Short wavelengths are more refractive than long wavelengths when incident at the interface of two optical media. The difference in refractivity between red and blue wavelengths (the end and beginning of the visible light spectrum) can be as large as 1.5-2.0 dpt. Due to the higher refractivity of short wavelengths and the protein deposits that form inside the eye, intraocular scatter and chromatic aberration occur. These problems most commonly affect people with retinal pathologies. Intraocular scattering is the result of different refractive indexes of the protein deposits and the lens matrix. The consequence of intraocular scattering is, for example, reduced contrast sensitivity, impaired visual acuity and degraded images. [6; 7; 8]

Macular pigments are able to reduce light rays that have deviated from the direction of propagation due to intraocular scattering through absorption. Reduced function of the pigment epithelium is associated with retinal diseases. [6; 8]

Eye protection options

Spectacle lenses

Spectacle lenses are an essential tool for vision correction. Spectacle lenses can be made of different materials and have different surface coatings. Depending on these

characteristics, the spectral transmittance changes. Each spectacle lens fully filters UV radiation. The transmittance for short wavelengths changes according to the material and used surface coatings. In the experimental part, the transmittance of the spectacle lenses was measured from 300 nm to 800 nm using a UV-VIS spectrophotometer UV-2600. The spectral transmittances of the selected spectacle lenses are shown in the graph (Figure 2).

The most transmissive materials are mineral glass (refractive index 1,5; transmittance starts at 335 nm and reaches a maximum at 398 nm) or low-index plastic (refractive index 1,5; transmittance starts at 341 nm and reaches a maximum at 438 nm). Low short wavelength transmittance is, for example, found in high-index plastic (refractive index 1,6; transmittance starts at 396 nm and peaks at 437 nm) or Trivex (refractive index 1,53; transmittance starts at 395 nm and peaks at 438 nm). All plastic lenses were from Omega optix with hard coating only; the Trivex lens also had a basic antireflective coating.

Nowadays, a range of blue-blocking lenses are also available. They are presented as lenses for drivers or as lenses suitable for frequent use of digital devices. They either block light by means of a surface anti-reflective coating or contain a yellow chromophore that absorbs, rather than reflects, unwanted wavelengths.

The lens with anti-reflective coating against blue light (HOYA, Maxxee 1.6) started transmitting wavelengths from 396.5 nm and reached a maximum at 400.5 nm. The lens with yellow chromophore (HOYA EnRoute Daily) started transmitting light from 414.5 nm and reached a maximum at 450 nm. It should be noted that the chromophore lens is presented as a driver lens. [9]

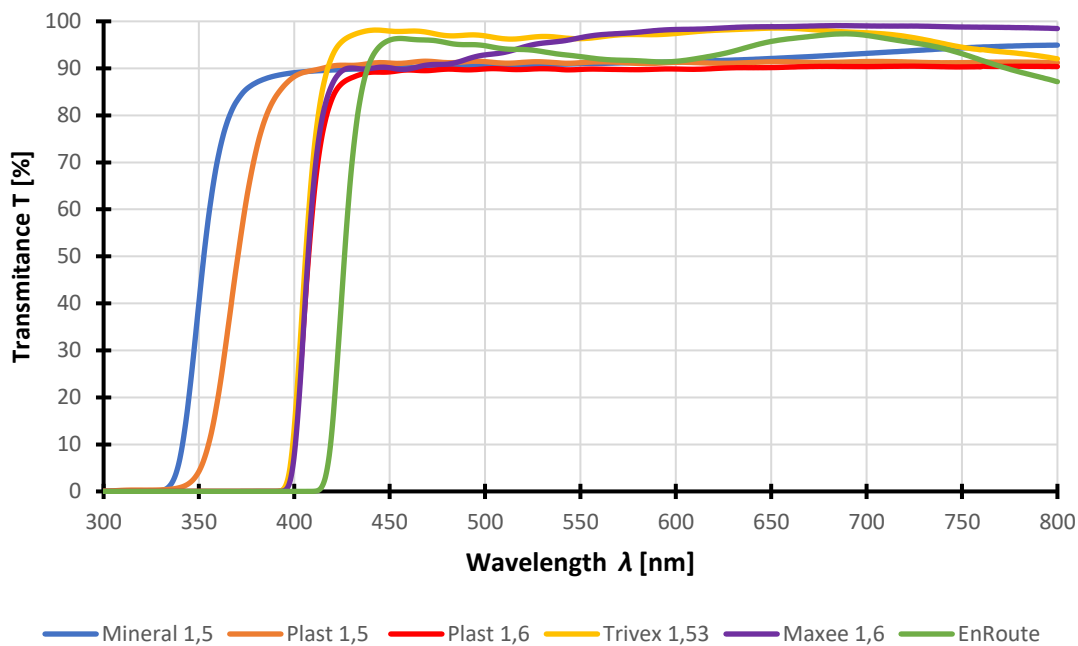


Chart 2. Spectral transmittances of specific lenses [9]

Corning filters

Optical filters are a special type of spectacle lens. They may or may not have a dioptric value. Filters are used for both diagnostic and therapeutic purposes. Corning (edge) filters are one type of optical filter that is able to selectively filter out light of undesirable wavelengths. They have zero transmittance in the unwanted spectrum and then their transmittance rises steeply. For other wavelengths, the transmittance is maintained. Edge filters therefore do not change the intensity of the transmitted light, they just filter out the spectrum of unwanted wavelengths.

Edge filters are widely used in patients diagnosed with retinal disease, low vision, albinism or colour vision disorders. The most commonly used filters are the so-called yellow filters, which block short wavelengths belonging to the near UV, blue-violet and blue spectrum. By filtering out these spectrums, the patient's visual acuity can be improved and subjective problems caused by intraocular scattering can be alleviated. [10; 11]

Intraocular lenses

During cataract surgery, the lens affected by cataract (which was an effective light filter) is removed from the eye and replaced with an intraocular lens. There are clear conventional intraocular lenses that are capable of blocking UV light, and then there are

special intraocular lenses with a yellow chromophore that are capable of blocking short wavelengths, thus reducing the transmission of the blue-violet and blue wavelengths of visible light.

Intraocular lens transmissivity was measured with the same spectrometer. For the measurements, Alcon acrylic posterior chamber intraocular lenses (AcrySof and AcrySof Natural (yellow) models) were chosen. The measured intraocular lenses had the same optical power. The conventional intraocular lens starts transmitting light from 392.5 nm and reaches a maximum at 397 nm. The yellow-coloured intraocular lens starts transmitting light from 392 nm, its transmittance has a gradual onset and reaches maximum transmittance at 547 nm. The graph (Figure 3) shows the spectral transmittance of selected intraocular lenses compared to that of the human eye lens [2]. [9]

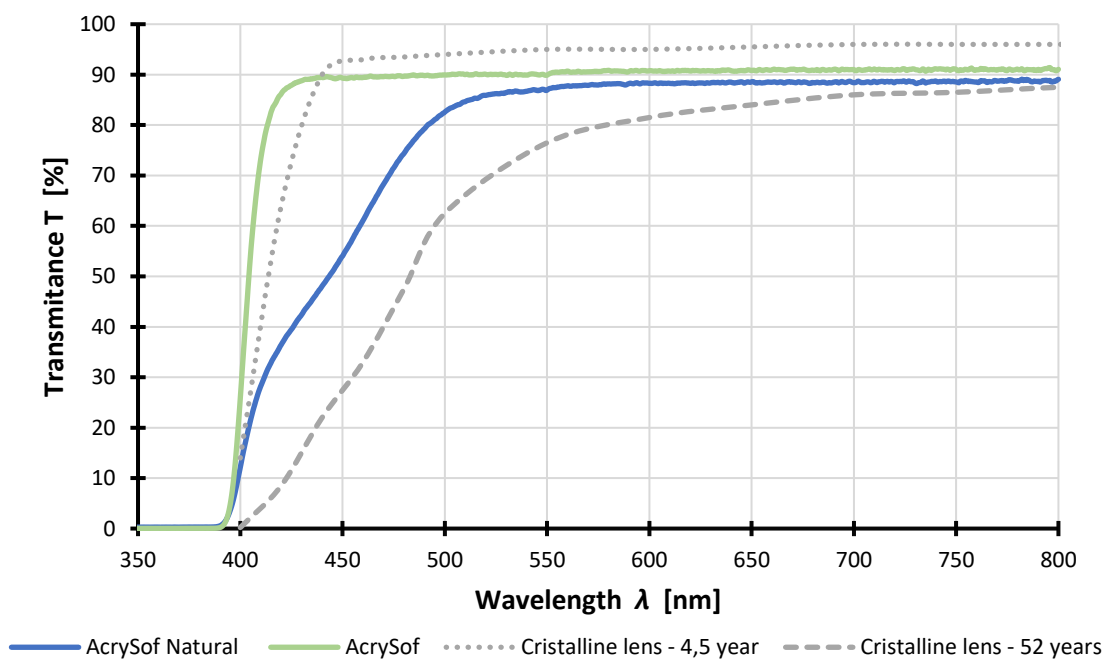


Figure 3: Spectral transmittance of artificial intraocular lenses and transmittance of human lens [2; 9]

Conclusion

It is important to use a correctly selected corrective device in patients with a higher risk of age-related macular degeneration, other retinal diseases or with colour vision disorders and albinism. A variety of lenses and edge filters are available that can serve to prevent the onset or progression of disease or can alleviate subjective difficulties such as

impaired contrast sensitivity or photophobia. In patients with cataract, it is essential to select the correct intraocular lens implant because there is no such thing as a lens and even these differ in their spectral transmittance for blue light. But not to talk about blue light only in negatives, for a healthy person blue light is indispensable in perception of surrounding objects, contrast sensitivity, perception of distance of objects, regulates circadian rhythm and is even used in some areas to maintain alertness.

References

- [1] BOETTNER, Edward a J. WOLTER. Transmission of the Ocular Media. *Investigative Ophthalmology & Visual Science December 1962, Vol.1. 1962, 1(6), 776-783*
- [2] BOETTNER, Edward a J. WOLTER. *Transmission of the Ocular Media*. 32. Kalifornská univerzita v Berkeley. Air Force Systems Command, 1962: Life Support Systems Laboratory, 6570th Aerospace Medical Research Laboratories, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command, 1962, 1962, 6. prosinec 2017, , 43 s.
- [3] WU, Jiangmei, Stefan SEREGARD a Peep V. ALGVERE. Photochemical Damage of the Retina. *Survey of Ophthalmology* . 2006, **51(5)**, 461-481, doi: 10.1016/j.survophthal.2006.06.009.
- [4] OUYANG, Xinli, Jing YANG, Zexin HONG, Yide WU, Yongfang XIE a Guohui WANG. *Mechanisms of blue light-induced eye hazard and protective measures: a review* . 2020, **130** 110577, 8 p., doi:10.1016/j.biopha.2020.110577
- [5] HUNTER, Jennifer J., Jessica I.W. MORGAN, William H. MERIGAN, David H. SLINEY, Janet R. SPARROW a David R. WILLIAMS. The susceptibility of the retina to photochemical damage from visible light. *Progress in Retinal and Eye Research* . 2012, **31(1)**, 28-42, doi:10.1016/j.preteyeres.2011.11.001
- [6] EPERJESI, Frank a Lillian-Evangelica AGELIS. Effect of short wavelength filters on visual function in simulated cataract. *International Congress Series* . 2005, **1282**, 517-520 . ISSN 05315131. Dostupné z: doi:10.1016/j.ics.2005.05.066

- [7] HAMMOND, Billy R., Billy R. WOOTEN, Michael ENGLES a Jennifer C. WONG. The influence of filtering by the macular carotenoids on contrast sensitivity measured under simulated blue haze conditions. *Vision Research* . 2012, **63**, 58-62 . ISSN 00426989. Dostupné z: doi:10.1016/j.visres.2012.04.019
- [8] COLOMBO, L., E. MELARDI, P. FERRI et al. Visual function improvement using photocromic and selective blue-violet light filtering spectacle lenses in patients affected by retinal diseases. *BMC Ophthalmology* . 2017, **17**(1) . ISSN 1471-2415. Dostupné z: doi:10.1186/s12886-017-0545-9
- [9] MÁDLOVÁ, Adéla. Ochrana očí před UV zářením a modrým světlem: Bakalářská práce. In: *DIGITÁLNÍ KNIHOVNA ČVUT* . České vysoké učení technické v Praze: DSpace software copyright, 2022 . Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/104551>
- [10] BURDOVÁ, Pavla. Filtry v optice a optometrii. In: *Brýle a móda* . Praha: Iva Production Agency, s.r.o., 2014, s. 24-27 [cit. 2022-12-28]. Dostupné z: http://www.bryleamoda.cz/UserFiles/casopis/042014/24_27_FILTRY.pdf
- [11] RIMBERGAS, Sylvia, Aparna RAGHURAM, Gané BOOTHROYD, Angelo VATIANOU, Vasudevan LAKSHMINARAYANAN *, Joan STELMACK a Thomas STELMACK. Change in contrast sensitivity functions with Corning CPF filters in patients with age related macular degeneration. *Journal of Modern Optics* . 2005, **52**(9), 1255-1262 . ISSN 0950-0340. Dostupné z: doi:10.1080/09500340512331330837

Acknowledgements This work was supported by the Student Grant Agency of the Czech Technical University in Prague (grant no. SGS22/131/OHK4/2T/17).

Úloha pomůcek při optimalizaci prostorové orientace slabozrakých pacientů

Bc. Radka Grohová, doc. Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Článek se zabývá zejména prostorovou orientací a mobilitou slabozrakých a nevidomých klientů. Počáteční kapitoly se věnují rozdělení slabozrakosti a druhům optických a neoptických kompenzačních pomůcek. V další části je popsána prostorová orientace a pomůcky, které se při ní využívají.

Klíčová slova

Orientace v prostoru, slabozrakost, mobilita, kompenzační pomůcky, osoby se zrakovým postižením

Úvod

Úlohou prostorové orientace je pomocí smyslů vytvořit povědomí o vlastní pozici a vztahu ke všem ostatním významným objektům v okolí. Pro lidi se zrakovým postižením je to schopnost vnímat své okolí díky koncentraci a tréninku.¹

Slabozrakost

Podle odhadů, žije v České republice, přibližně sto tisíc lidí trpících těžkým zrakovým postižením.² Jsou to lidé, u kterých s nejlepší možnou korekcí nedosáhneme lepší zrakové ostrosti než 6/18. Podle světové zdravotnické organizace WHO (z anglického World Health Organization) se zrakové postižení klasifikuje do 5 kategorií:

- 1. Střední slabozrakost – s nejlepší možnou korekcí vizus v intervalu $< 6/18$ (0,3) $\geq 6/60$ (0,1)
- 2. Silná slabozrakost - s nejlepší možnou korekcí vizus v intervalu $< 6/60$ (0,1) $\geq 3/60$ (0,05)
- 3. Těžce slabý zrak – a) s nejlepší možnou korekcí vizus v intervalu $< 3/60$ (0,05) $\geq 1/60$ (0,02); b) lidé s koncentrickým zúžením zorného pole obou očí pod 20 stupňů, nebo jediného funkčního oka pod 45 stupňů

- 4. Praktická slepota - s nejlepší možnou korekcí vizus v intervalu $< 1/60$ (0,02) až světlocit nebo omezení zorného pole do 5 stupňů kolem centrální fixace, i při zachování centrální ostrosti
- 5. Úplná slepota - lidé s chybnou světelnou projekcí až naprostou ztrátou světlocitu³

Toto členění však určuje jen stupeň zrakové ostrosti a koncentrického zúžení zorného pole, neobsahuje všechny symptomy zrakových vad, které ovlivňují vidění. Pro výběr vhodných kompenzačních pomůcek jsou důležité i symptomy, jako schopnost rozlišovat barvy, kontrastní citlivost, schopnost lokalizovat a fixovat předměty, vnímání hloubky a jiné. ⁴

Pomůcky pro zrakově postižené rozdělujeme dle praktického použití na:

- A) Rehabilitační – mají za úkol zvětšit sledovaný objekt
- B) Kompenzační pomůcky – jsou přístroje, které kompenzují alespoň částečně zrakový hendikep

Pomůcky můžeme dělit i na pomůcky:

- A) Optické – Lupy stojánkové bez/s osvětlením, lupy do ruky s/bez osvětlení, lupy předsádkové na brýle, lupy hlavové, lupy závěsné vyšívací, hyperokulární čočky, řádkové lupy, hranoly, polokoule, monokulár, Galileiho systém, dalekohledové brýle, Keplerův systém, filtrové brýle ⁵
- B) Neoptické – Osvětlení, barvy a barevné filtry, stojánky na čtení a sklopné desky, stojánky k uchycení textů a lup, psací pomůcky, pomůcky pro záznam poznámek.⁶

Orientace a mobilita

Zrak není podmínkou pro schopnost samostatně se pohybovat. Zvládnout se dá pohybovat bezpečně i bez zraku, avšak informace slabozrací/slepí získávají výrazně odlišnými způsoby. Člověk se přirozeně při orientaci spoléhá na zrak z 80 až 90 %. Žádný jiný ze smyslů nedokáže informovat člověka, tak rychle, o takovém množství informací, jako zrak. Nesmíme opomenout vzdálenost, ze které lze zrakem informace získat. V mobilitě znamená vzdálenost - předvídaní – schopnost náhledu na cestu – jedinci dává schopnost být proaktivní při vyhýbání se překážkám nebo při jejich včasné detekci.

Slabozrací pacienti získávají informace potřebné pro nezávislé pohybování především pomocí sluchu a hmatu. Tito lidé využívají orientační body jako například štěrková cesta, tráva, sklon a umístění chodníků nebo zvuky aut, jiných chodců, štěkot psa sousedů a jiné, vše, co je potřebné pro jejich bezpečný pohyb. Slabozrací pacienti dostávají menší objem a podrobnosti dostupných informací oproti vidoucím. Co se týče rychlosti a vzdálenosti informovanosti, můžou při pohybu ve známých oblastech sluchové a hmatové vjemy dostačovat pro bezpečný pohyb. Pokud se vidoucí člověk pohybuje po neznámém místě, rychle dostává veškeré informace o okolí. U slabozrakého/nevidoucího člověka je potřeba více času k přístupu nových informací obzvláště na neznámém místě. V moment, kdy člověk třeba přechází ulici, čas a rychlost není už jen otázkou efektivity, ale problémem, který ovlivňuje bezpečnost jedince. Mobilita slabozrakých pacientů skýtá i další výzvu, jako je kolísání kvality a jasnosti vidění, způsobené vnitřními a vnějšími faktory. Mezi vnitřní faktory patří onemocnění, jako je cukrovka (diabetes mellitus) nebo pigmentová retinopatie (retinitis pigmentosa), vedlejší účinky léků a zraková únava. Vnější faktory můžou být rychlé změny osvětlení nebo kontrastu nebo dokonce jemné změny osvětlení, například procházení stínem stromu. Slabozrací pacienti mají výhodu oproti nevidomým, že můžou použít i vizuální vodítka, jako je například barva domu, jako orientační bod nebo sledovat světla na chodbě, aby šel rovně.⁷

Pomůcky pro usnadnění mobility

1. Orientační hole – Jsou to dlouhé hole, zakončené mohutnou rotační nebo pevnou koncovkou. V provedení bílém, jsou znakem pro lidi s poškozením zraku, a v červeno-bílém pro lidi s poškozením zraku i sluchu. Díky své délce, hůl umožňuje dostatečný odstup od případných překážek, a uživatel zvyšuje bezpečnost. Orientační hole jsou skládací, neskládací (pevné), teleskopické (umožní nastavení délky) nebo kombinované. Skládací hůl je tvořena z tenkostěnné trubky, do níž je možné doplnit elektroniku k vysílání rádiových signálů.⁸
2. Signalizační hole – Tyto hole jsou krátké, tenké s jemnou nevýraznou koncovkou a prodávají se ve stejných provedeních jako hole orientační. Využívány jsou při chůzi s vodícím psem, průvodcem nebo u slabozrakých osob. Oznamují nám přítomnost člověka s poškozeným zrakem, ale také s ní uživatel ověřuje různé orientační informace (Rozhraní mezi silnicí a chodníkem, začátek schodiště).⁸

3. Opěrné hole – Hole krátké s masivní konstrukcí, které slouží k zajištění stability při chůzi i ve stoje, díky protiskluzné koncovce. Opět k dostání ve stejných provedeních jako orientační hole. ⁸
4. Povelové vysílače VPN01– k dálkovému ovládní orientačních majáčků díky rádiovému signálu. Stisknutím tlačítek 1 až 6 se vyšlou povely k aktivaci např. informace o názvu objektu, o čísle a směru jízdy, zvukový signál označující jezdící schody a jiné. ⁸
5. Orientační majáčky pro nevidomé – slouží k zvukovému a hlasovému informování o daných místech, kde jsou upevněny a jsou orientačně významné.
6. Navigační jednotka – využívá se k zjištění polohy člověka se zrakovým postižením v terénu. Díky GPS přijímači jdou informace o poloze do Navigačního centra SONS. Následuje spojení s operátorem a pomocná navigace. ⁸
7. Ultrazvukové vyhledávače překážek – jsou doplňky k holím, aby díky odrazu ultrazvuku od překážky upozornily člověka slabozrakého či nevidomého na překážku vyskytující se v úrovni od pasu nahoru. ⁸
8. Vodící pes – je průvodce, který výrazně usnadní a urychlí pohyb. Žadatelé o psa musí první zvládnout samostatnou orientaci v terénu. Pes není považován za náhradu hole. Je to dobrý pomocník, prostředník, přispívající k větší nezávislosti.⁸

Metodika výzkumné práce

Výzkumná část bude zpracována pomocí dotazníku. Otázky v dotazníku jsou směřované na orientaci lidí se zrakovým postižením, pomůcky, které u pohybu používají a jak dlouho jim s nimi trval nácvik. Výsledky se porovnají mezi skupinami lidí rozdělených podle dominantního očního onemocnění. Cílem je zjistit preference lidí se slabozrakostí a nevidomých, jaké užívají pomůcky pro orientaci, a jestli se odlišují dle pohybu v interiéru nebo exteriéru.

Zdroje:

1. Hill E, Ponder P. *Orientation and Mobility Techniques: A Guide for the Practitioner*. American Foundation for the Blind; 1976.
2. Macháček P. *Osvětlení a slabozrakost: jak správně svítit a vytvořit vhodné podmínky pro slabozrakého člověka*. Tyfloservis; 2002.

3. Archivní verze stránek SONS ČR - Klasifikace zrakového postižení podle WHO. Accessed April 28, 2023. <http://archiv.sons.cz/klasifikace.php>
4. Úvod | Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením. Accessed May 6, 2023. <http://pomucky.blindfriendly.cz/uvod.html>
5. Optické pomůcky | Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením. Accessed May 6, 2023. <http://pomucky.blindfriendly.cz/opticke-pomucky.html>
6. Moravcová D. *Zraková terapie slabozrakých: jak efektivně využít slabý zrak*. Vyd. 1. Triton; 2007.
7. Wiener WR, Welsh RL, Blasch BB, eds. *Foundations of Orientation and Mobility*. 3rd ed. AFB Press; 2010.
8. Pomůcky pro usnadnění | Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením. Accessed May 2, 2023. <http://pomucky.blindfriendly.cz/pomucky-pro-usnadneni-mobility.html>

Tools for Optimizing Spatial Orientation of Visually Impaired Patients

Bc. Radka Grohová, doc. Mgr. Pavel Beneš, Ph.D.

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Abstract:

This article focuses on spatial orientation and mobility of visually impaired and blind clients. The initial chapters discuss the classification of visual impairment and types of optical and non-optical compensatory aids. The following sections describe spatial orientation and the tools used in this process.

Keywords:

Spatial orientation, visual impairment, mobility, compensatory aids, visually impaired individuals

Introduction:

The task of spatial orientation is to create awareness of one's own position and relationship to significant objects in the surrounding environment using the senses. For individuals with visual impairments, this ability is achieved through concentration and training.¹

Visual Impairment:

Approximately one hundred thousand people with severe visual impairments live in the Czech Republic.² These are individuals whose best-corrected visual acuity does not exceed 6/18. According to the World Health Organization (WHO), visual impairment is classified into five categories:

- 1. Moderate visual impairment - best-corrected visual acuity in the range of $<6/18$ (0.3) to $\geq 6/60$ (0.1)
- 2. Severe visual impairment - best-corrected visual acuity in the range of $<6/60$ (0.1) to $\geq 3/60$ (0.05)
- 3. Profound visual impairment: a) Best-corrected visual acuity in the range of $<3/60$ (0.05) to $\geq 1/60$ (0.02), b) Individuals with concentric narrowing of

the visual field in both eyes below 20 degrees or in a single functional eye below 45 degrees

- 4. Near-total blindness - best-corrected visual acuity in the range of $<1/60$ (0.02) to light perception or restriction of the visual field to 5 degrees around central fixation, while maintaining central acuity
- 5. Total blindness - individuals with complete light projection defects and absolute loss of light perception.³

However, this classification only determines the degree of visual acuity and concentric narrowing of the visual field, without encompassing all symptoms of visual impairments that affect vision. Other symptoms such as color discrimination, contrast sensitivity, object localization and fixation, depth perception, and others are important for selecting suitable compensatory aids.⁴

Tools for Visually Impaired Individuals are divided into two practical categories:

A) Rehabilitation aids - aimed at enlarging the observed object.

B) Compensatory aids - devices that partially compensate for visual impairments.

These aids can be further divided into:

A) Optical aids - stand magnifiers with/without illumination, handheld magnifiers with/without illumination, clip-on magnifiers for glasses, head-mounted magnifiers, hanging embroidery magnifiers, hyperocular lenses, line magnifiers, prisms, hemispheres, monoculars, Galilean system, telescopic glasses, Keplerian system, filtered glasses.⁵

B) Non-optical aids - illumination, colors and color filters, reading stands and tilting boards, stands for holding texts and magnifiers, writing aids, note-taking aids.⁶

Orientation and Mobility:

Vision is not a prerequisite for independent movement. It is possible to move safely without vision, but visually impaired/blind individuals acquire information through different means. Normally, vision accounts for 80-90% of sensory input used for orientation. No other sense can provide a person with such a rapid and vast amount of information as vision. Additionally, the distance from which visual information can be obtained is significant for mobility. Distance, prediction, the ability to anticipate the path,

and being proactive in avoiding obstacles or detecting them in advance are crucial in mobility.⁷

Visually impaired patients acquire information necessary for independent mobility primarily through hearing and touch. These individuals utilize reference points such as gravel paths, grass, slopes, and the positioning of sidewalks, as well as the sounds of cars, other pedestrians, barking dogs, and anything else necessary for their safe movement. Visually impaired patients receive less volume and detail of available information compared to sighted individuals. In terms of the speed and distance of awareness, auditory and tactile sensations can be sufficient for safe movement when navigating familiar areas. However, when a sighted person moves through an unfamiliar place, they quickly receive all the surrounding information. For a visually impaired/blind person, more time is needed to access new information, especially in an unfamiliar location. When, for example, crossing the street, time and speed become not only a matter of efficiency but a safety issue that affects the individual. The mobility of visually impaired patients presents additional challenges, such as fluctuations in the quality and clarity of vision caused by internal and external factors. Internal factors include conditions such as diabetes mellitus or retinitis pigmentosa, side effects of medications, and visual fatigue. External factors can involve rapid changes in lighting or contrast, or even subtle variations in lighting, such as passing through the shadow of a tree. Visually impaired patients have an advantage over the blind in that they can also use visual cues, such as the color of a house as a reference point or follow lights along a hallway to walk straight.⁷

Aids for Mobility Assistance

1. Orientation Canes - These are long canes with a sturdy rotating or fixed tip. In white versions, they serve as a symbol for people with visual impairments, while red-white canes are designed for individuals with both visual and hearing impairments. Due to their length, these canes provide sufficient distance from potential obstacles and increase safety for the user. Orientation canes come in folding, non-folding (rigid), telescopic (allowing length adjustment), or combination models. Folding canes are made of thin-walled tubes and can be equipped with electronics for radio signal transmission.⁸
2. Signaling Canes - These canes are short, slim, with a subtle tip and are available in the same variations as orientation canes. They are used when walking with

a guide dog, guide, or by individuals with low vision. They indicate the presence of a person with a visual impairment and also help the user verify various orientation information (e.g., the interface between a road and a sidewalk, the beginning of stairs).⁸

3. Support Canes - These short canes have a solid structure and serve to provide stability during walking and standing, thanks to their anti-slip tip. They are available in the same variations as orientation canes.⁸
4. Command Transmitters VPN01 - Used for remote control of orientation beacons through radio signals. By pressing buttons 1 to 6, commands can be sent to activate, for example, information about the name of an object, the number and direction of travel, sound signals indicating moving stairs, and others.⁸
5. Orientation Beacons for the Blind - These beacons are used for auditory and voice-based information about specific locations where they are installed and are of orientation significance.⁸
6. Navigation Unit - This device is used to determine the position of a visually impaired person in the terrain. With a GPS receiver, position information is sent to the Navigation Center SONS. This is followed by communication with the operator and assistance in navigation.⁸
7. Ultrasonic Obstacle Detectors - These are attachments for canes that, through ultrasonic reflections from obstacles, alert individuals with low vision or blindness to obstacles located at waist level and above.⁸
8. Guide Dogs - A guide dog is a companion that significantly facilitates and speeds up mobility. Applicants for a guide dog must first be able to independently navigate the environment. A guide dog is not considered a replacement for a cane but rather a helpful assistant and mediator, contributing to greater independence.⁸

Research Methodology

The research component will be conducted using a questionnaire. The questions in the questionnaire are aimed at assessing the orientation of visually impaired individuals, the mobility aids they use, and the duration of training with these aids. The results will be compared among groups of people divided according to their dominant eye condition. The aim is to identify the preferences of individuals with low vision and blindness

regarding the orientation aids they use, and whether these preferences differ based on their movement indoors or outdoors.

Sources:

1. Hill E, Ponder P. *Orientation and Mobility Techniques: A Guide for the Practitioner*. American Foundation for the Blind; 1976.
2. Macháček P. *Osvětlení a slabozrakost: jak správně svítit a vytvořit vhodné podmínky pro slabozrakého člověka*. Tyfloservis; 2002.
3. Archivní verze stránek SONS ČR - Klasifikace zrakového postižení podle WHO. Accessed April 28, 2023. <http://archiv.sons.cz/klasifikace.php>
4. Úvod | Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením. Accessed May 6, 2023. <http://pomucky.blindfriendly.cz/uvod.html>
5. Optické pomůcky | Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením. Accessed May 6, 2023. <http://pomucky.blindfriendly.cz/opticke-pomucky.html>
6. Moravcová D. *Zraková terapie slabozrakých: jak efektivně využít slabý zrak*. Vyd. 1. Triton; 2007.
7. Wiener WR, Welsh RL, Blasch BB, eds. *Foundations of Orientation and Mobility*. 3rd ed. AFB Press; 2010.
8. Pomůcky pro usnadnění | Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením. Accessed May 2, 2023. <http://pomucky.blindfriendly.cz/pomucky-pro-usnadneni-mobility.html>

Bakteriální kontaminace brýlových obrub

Bc. Eva Mangerová, MUDr. Ondřej Zahradníček

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Příspěvek pojednává o bakteriální kontaminaci brýlových obrub. Na začátku příspěvku je zmíněna teorie pojednávající o materiálech brýlových obrub, bakteriích vztahujících se k lidskému oku a lidské pokožce. Na konci práce jsou průběžné výsledky výzkumu.

Klíčová slova

Brýlová obruba, bakterie, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, MALDI-TOF, *Staphylococcus aureus*

Rozdělení brýlových obrub dle materiálu

1) Nekovové materiály

K této skupině v dnešní době řadíme zejména plastové obruby. Nejčastěji používaným materiálem je acetát celulózy, jehož základem je celulóza z bavlněného nebo dřevěného odpadu, který se vyznačuje tvarovou stálostí a dobrou opracovatelností. K plastovým materiálům řadíme i optyl, PMMA, celuloid nebo propionát. Optyl se oproti ostatním plastovým materiálům vyznačuje tvarovou pamětí, kdy se při nahřátí vrací do původního tvaru. Plastové materiály obsahují řadu změkčovadel, díky nimž jsou brýlové obruby elastičtější, pružnější a lépe opracovatelné.^{1,2}

K dalším nekovovým materiálům řadíme dřevo, želvovinu nebo slonovinu. Často se používají přírodní materiály i ke zdobení brýlových obrub, kde se využívá ptačí peří, drahé kovy nebo kameny.

Nekovové obruby oproti kovovým působí mnohem mohutnějším dojmem, díky své výraznější tloušťce brýlového středu a straníc.^{1,2}

Z pohledu mikrobiální kontaminace je podstatné, že některé bakterie mají menší či větší schopnost vytvářet na povrchu plastů biofilm. Tento problém se obvykle uvádí

v souvislosti se závažnými infekcemi spojenými se zdravotní péčí (katetrové sepe, infekce srdečních implantátů), ale mohou se týkat i brýlových obrub z plastových materiálů.³⁻⁵

2) Kovové materiály

Ke kovovým materiálům řadíme např. ocel, hliník, slitiny mědi, případně titan a jeho slitiny. Nejlehčím a hypoalergenním materiálem je titan, oblíbený materiál lidí s alergiemi. Kovové obruby se vyznačují pevností v ohybu, pružností, leštitelností a možností galvanického pokovování. Oproti plastovým materiálům působí subtilnějším, jemnějším a méně nápadným dojmem.^{1,2}

Všechny nekovové i kovové materiály musí splňovat podmínky biokompatibility (nesmí dráždit a alergizovat pokožku).

Z hlediska mikrobiální kontaminace kovy oproti plastům zpravidla nepředstavují vhodnou plochu pro tvorbu biofilmu. Některé kovy mohou mít i určité antimikrobiální účinky.³⁻⁵

Bakterie vztahující se k lidskému oku a lidské pokožce

Taxonomické dělení bakterií je složité a neustále se mění. V příspěvku je rozdělení bakterií dle tradičního třídění dle tvaru (koky, tyčinky, popř. spirochety) a typu buněčné stěny, která se odráží v barvitelnosti dle Grama (grampozitivní bakterie se barví fialově a gramnegativní červeně nebo růžově).³

Grampozitivní koky

Ke grampozitivním kokům řadíme rod *Staphylococcus*, kde jeho nejvýznamnější zástupce je *Staphylococcus aureus* („zlatý“ stafylokok), který je považován za patogenní bakterii vyskytující se na lidské pokožce, i když v malém množství se může objevovat na kůži i fyziologicky. Zlatý stafylokok může způsobovat hnisavé záněty pokožky, ale i abscesy ve tkáních, je původcem zánětů mazových žlázek očního víčka, spojivek i hlubších částí oka a očnice.³⁻⁶

Staphylococcus epidermidis je nejběžnější, mnohem méně patogenní druh. Jeho nález na kůži nebo i ve spojivkovém vaku lze považovat za normální (je součástí typického mikrobiomu kůže). Infekce může ale vyvolávat při prúniku pod kůži, například

v ranách nebo v krevním řečišti. Významná je jeho velká schopnost tvořit bakteriální biofilm, proto je často nalézán jako původce již zmíněných katetrových sepsí.³⁻⁶

Dalším rodem ze skupiny grampozitivních koků je rod *Streptococcus*. Jeho významnými zástupci jsou *Streptococcus pneumoniae* a *Streptococcus pyogenes*, které způsobují záněty spojivek a rohovky. Zdrojem těchto infekcí jsou zpravidla dýchací cesty, ve kterých se streptokoky vyskytují buď jako patogeny, nebo v některých případech i jako součást mikrobiomu.³⁻⁶

Grampozitivní tyčinky

Ke grampozitivním tyčinkám řadíme rod *Bacillus*. Velká většina zástupců jsou zcela neškodné bakterie, běžně se vyskytující ve vnějším prostředí. Mezi významného zástupce řadíme *Bacillus cereus*, který může způsobovat keratitidy u nositelů kontaktních čoček a způsobovat alimentární intoxikace.³⁻⁶

Gramnegativní tyčinky

Z této skupiny je významný rod *Pseudomonas*, konkrétně nejběžnějšího zástupce tohoto rodu, bakterii *Pseudomonas aeruginosa*. Jde o velmi odolnou bakterii běžně se vyskytující ve vnějším prostředí, ale zároveň také o významného původce infekcí spojených se zdravotní péčí. V naší souvislosti jde o to, že způsobuje rohovkové vředy a keratitidy zejména u osob s kontaktními čočkami.³⁻⁶

MALDI-TOF (Hmotnostní spektrometrie)

Hmotnostní spektrometrie je ionizační technika založena na rozdělení nabitých částic podle jejich molekulových hmotností v elektrickém a magnetickém poli. Ke stanovení vyšších molekulových hmotností se využívá laser za přítomnosti matrice (MALDI, matrix assisted laser desorption/ionization) s detektorem doby letu (TOF, time-of-flight). Detektor umožňuje změřit dobu průletu a z ní lze vypočítat rychlost částice. Matrice zajišťuje kontakt analyzované molekuly s laserem tak, aby bakterie nebyla rozštěpena a absorbuje energii dodanou laserovým paprskem. Excitované molekuly matrice následně ionizují vzorek přenosem protonu za vzniku pseudomolekulového iontu. Ionty jsou pak na krátkou vzdálenost urychleny silným elektrickým polem a vstupují do vakua v trubici detektoru, kde se pohybují rychlostí úměrnou jejich hmotnosti a náboji. Hmotnostní analyzátor měří čas potřebný k tomu, aby každý iont dosáhl detektoru, a také zaznamenává čas průletu. Hmotnostní spektra získaná během

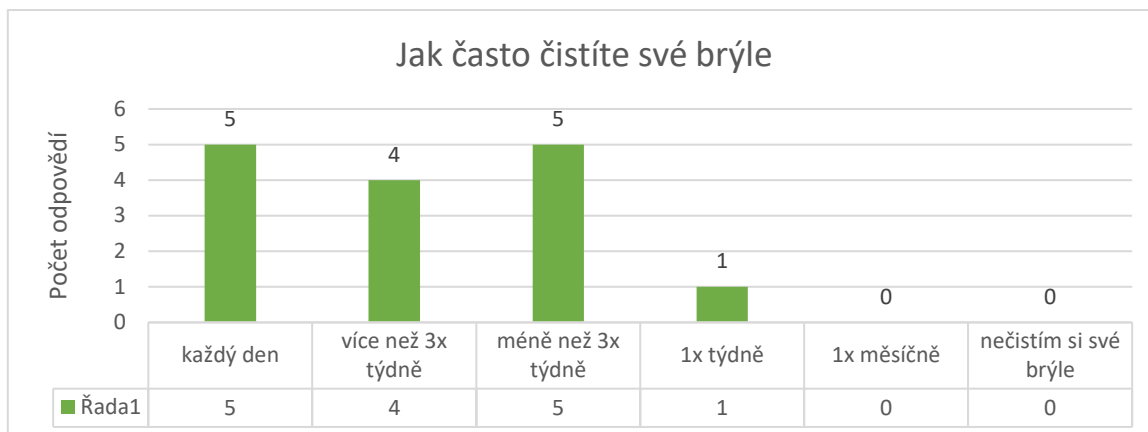
analýzy jsou specifická (jako otisk prstu – fingerprint) pro každý testovaný mikroorganismus. Pro identifikaci mikroorganismů jsou získané proteinové profily porovnávány s referenční databází kontrolních kmenů. Míra spolehlivosti identifikace je hodnocena na základě tzv. skóre (nejvyšší možná hodnota je 3) vyjadřujícího shodu hmotnostního spektra vyšetřovaného vzorku s referenčním molekulárním identifikátorem v databázi MALDI Biotyper.⁷

Metodika výzkumu

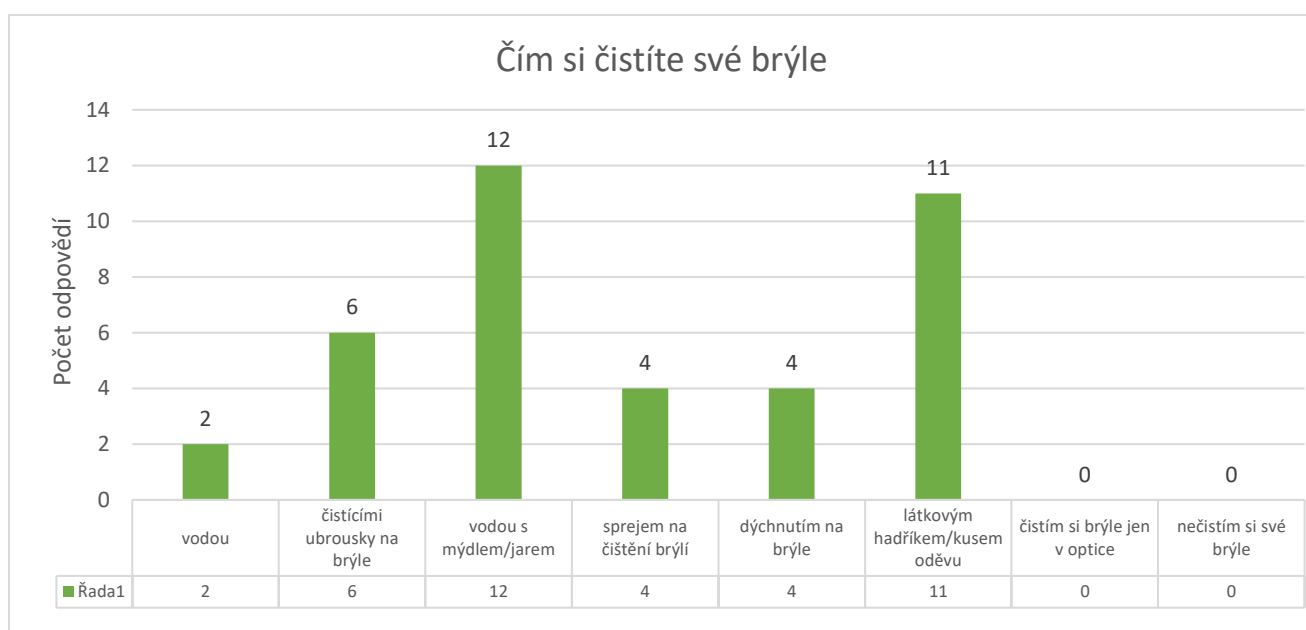
Pilotní studie proběhla v oční optice Optik Krouman v Brně, kde nejprve 15 probandů vyplnilo dotazník týkající se péče o brýlové obruby. Subjektům byly odebrány vzorky z brýlové obruby, které se otiskly do krevního agaru. Do krevního agaru se otiskl brýlový střed, pravá stranice a pravé sedlo. Po odběru vzorků následovala kultivace agarů, která probíhala na Mikrobiologickém ústavu ve Fakultní nemocnici u svaté Anny v Brně. Následující den po kultivaci byly vzorky vyhodnoceny mikrobiologem a některé patologické nálezy byly určeny pomocí přístroje MALDI TOF. V den vyhodnocení se spočítaly kolonie na krevním agaru zvlášť pro brýlový střed, pravou stranici a pravé sedlo/nosník. Z množství kolonií se vypočítala hustota kolonií na mm² obruby. Z těchto výpočtů lze určit míru znečištění brýlové obruby.

Výsledky

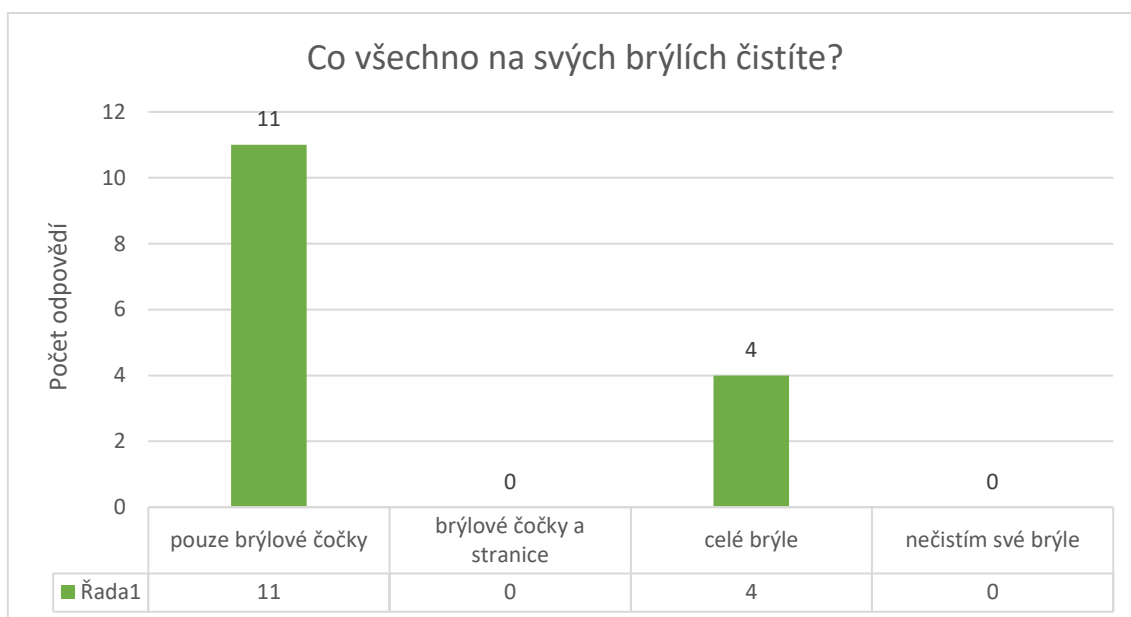
Dotazníkového šetření se zúčastnilo 15 probandů (10 žen a 5 mužů). Průměrný věk dotazovaných byl 40 let. Nejmladšímu účastníkovi bylo 22 let a nejstaršímu bylo 64 let. Z dotazníkového šetření, kterého se prozatím zúčastnilo 15 probandů, vyplývá, že 11 respondentů čistí na svých brýlích pouze brýlové čočky a pouze 4 účastníci si čistí celé brýle, včetně brýlového středu a stranic. Nejčastěji k čistění využívají mýdlovou vodu a látkový hadřík. 8 z 15 dotazovaných si nechává čistit své brýle v oční optice. 5 z 15 respondentů si čistí své brýle každý den.



Graf 1 – Jak často si respondenti čistí své brýle



Graf 2 – Čím si respondenti čistí své brýle



Graf 3 – Jaké části si respondenti čistí na brýlích

Z otisků, které byly použity do pilotní studie, kterých bylo 5, vyplývá, že největší míra znečištění byla na sedlech brýlové obruby v průměru 0,172 kolonií/mm². Nejmenší míra znečištění byla na stranicích brýlové obruby v průměru 0,048 kolonií/mm². Více byly znečištěny plastové obruby 0,112 kolonií/mm² oproti kovovým obrubám 0,083 kolonií/mm².

Na všech otiscích byly nalezeny grampozitivní bakterie, především ze skupiny koaguláza-negativních stafylokoků, které jsou součástí normální mikroflóry kůže. Do této skupiny bakterií patří zejména *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus hominis* subspecies *hominis* a *Staphylococcus warneri*. *Staphylococcus epidermidis* je oportunní patogen, který může napadat oslabené pacienty a vyvolat zánět rohovky. Na 2 vzorcích byla nalezena grampozitivní bakterie z rodu *Staphylococcus*, *Staphylococcus aureus*, oba vzorky byly MRSA negativní. *Staphylococcus aureus* je považován za patogenní bakterii, která může způsobit hnisavé záněty na kůži. Je původce konjunktivitid, keratitid a dacryocystitid.

Závěr

Ze studie prozatím vyplývá, že je vhodné více edukovat klienty očních optik, aby si čistili nejen brýlové čočky, ale i brýlový střed a stranice obruby. Klientům, kteří mají kožní onemocnění nebo jsou častěji nemocní, je vhodnější vybírat kovové obruby.

Zdroje

1. Najman L. Dílenská Praxe Očního Optika. 2., přepracované a doplněné vydání. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů; 2010.
2. Rutrle M. Brýlová Technika, Estetika A Přizpůsobování Brýlí. IDVPZ; 2001.
3. Votava M. Lékařská Mikrobiologie: Vyšetřovací Metody. Brno: NEPTUN; 2010.
4. Štrofová H. Oční infekce. Medicína pro praxi. 2016;2016(3):136-141. doi:10.36290/med.2016.030
5. Zahradníček O. Přehled bakterií s důrazem na oko. https://is.muni.cz/el/med/podzim2017/BOMI0111s/um/65484409/E04_Prehled_bakterii_s_durazem_na_oko_EL.pdf. Accessed April 24, 2023.
6. Novotná L. Záněty Předního Segmentu Oka. Bakalářská práce. 2015. Accessed June 1, 2023. https://is.muni.cz/th/ap220/Zanety_predniho_segmentu_oka.pdf
7. Havliš J. Hmotnostní spektrometrie MALDI TOF. Vesmír. Accessed June 1, 2023. <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1999/cislo-8/hmotnostni-spektrometrie-maldi-tof.html>

Bacterial contamination of spectacle frames

Bc. Eva Mangerová, MUDr. Ondřej Zahradníček

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Annotation

This paper discusses bacterial contamination of spectacle frames. At the beginning of the paper, the theory discussing the materials of spectacle frames, bacteria related to the human eye and human skin is mentioned. At the end of the paper, interim research results are presented.

Keywords

Eyeglass frames, bacteria, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, MALDI-TOF, *Staphylococcus aureus*

Classification of spectacle frames according to material

1) Non-metallic materials

This group nowadays includes mainly plastic frames. The most commonly used material is cellulose acetate, based on cellulose from cotton or wood waste, which is characterised by dimensional stability and good machinability. Other plastic materials include optiles, PMMA, celluloid or propionate. Compared to other plastic materials, optiles are characterised by their shape memory, where they return to their original shape when heated. Plastic materials contain a number of plasticizers that make spectacle frames more elastic, flexible and easier to machine.^{1,2}

Other non-metallic materials include wood, tortoiseshell or ivory. Natural materials are also often used to decorate eyeglass frames, using bird feathers, precious metals or stones.

Non-metallic frames give a much more robust impression than metal frames, due to their more pronounced thickness of the spectacle centre and sides.^{1,2}

From the point of view of microbial contamination, it is significant that some bacteria are more or less able to form biofilms on the surface of plastics. This problem is

usually reported in the context of serious healthcare-associated infections (catheter sepsis, cardiac implant infections), but can also affect spectacle frames made of plastic materials.³⁻⁵

2) Metallic materials

Metallic materials include, for example, steel, aluminium, copper alloys and titanium and its alloys. The lightest and most hypoallergenic material is titanium, the material of choice for people with allergies. Metal frames are characterised by their bending strength, flexibility, polishability and the possibility of electroplating. Compared to plastic materials, they give a more subtle, softer and less conspicuous impression.^{1,2}

All non-metallic and metallic materials must comply with the biocompatibility conditions (must not irritate or allergize the skin).

In terms of microbial contamination, metals, compared to plastics, are generally not a suitable surface for biofilm formation. Some metals may also have some antimicrobial effects.³⁻⁵

Bacteria related to the human eye and human skin

The taxonomic division of bacteria is complex and constantly changing. In this paper, bacteria are divided according to the traditional classification by shape (cocci, rods, or spirochetes) and cell wall type, which is reflected in Gram stainability (Gram-positive bacteria stain purple and Gram-negative bacteria stain red or pink).³

Gram-positive cocci

Gram-positive cocci include the genus *Staphylococcus*, where its most important representative is *Staphylococcus aureus*, which is considered a pathogenic bacterium found on human skin, although it can occur on the skin in small amounts physiologically. The golden staphylococcus can cause purulent inflammation of the skin, as well as abscesses in the tissues, and is the causative agent of inflammation of the sebaceous glands of the eyelid, conjunctiva and deeper parts of the eye and orbit.³⁻⁶

Staphylococcus epidermidis is the most common, much less pathogenic species. It can be found normally on the skin or even in the conjunctival sac (it is part of the typical skin microbiome). However, it can cause infection when it penetrates under the skin, for

example in wounds or in the bloodstream. Its great ability to form bacterial biofilms is significant, which is why it is often found as the causative agent of the aforementioned catheter sepsis.³⁻⁶

Another genus in the Gram-positive cocci group is the genus *Streptococcus*. Its important representatives are *Streptococcus pneumoniae* and *Streptococcus pyogenes*, which cause conjunctivitis and corneal inflammation. The source of these infections is usually the respiratory tract, where streptococci occur either as pathogens or, in some cases, as part of the microbiome.³⁻⁶

Gram-positive rods

Gram-positive rods belong to the genus *Bacillus*. The vast majority of representatives are completely harmless bacteria, commonly found in the external environment. *Bacillus cereus* is an important representative, which can cause keratitis in contact lens wearers and alimentary intoxication.³⁻⁶

Gram-negative rods

Of this group, the genus *Pseudomonas* is important, specifically the most common representative of this genus, *Pseudomonas aeruginosa*. It is a very resistant bacterium commonly found in the external environment, but also an important causative agent of healthcare associated infections. In our context, it causes corneal ulcers and keratitis, particularly in people with contact lenses.³⁻⁶

MALDI-TOF (Mass spectrometry)

Mass spectrometry is an ionization technique based on the separation of charged particles according to their molecular masses in electric and magnetic fields. Matrix assisted laser desorption/ionization (MALDI) with a time-of-flight (TOF) detector is used to determine higher molecular weights. The detector allows the time-of-flight to be measured and from this the particle velocity can be calculated. The matrix ensures the contact of the molecule to be analysed with the laser so that the bacterium is not split and absorbs the energy delivered by the laser beam. The excited molecules of the matrix then ionize the sample by proton transfer to form a pseudomolecular ion. The ions are then accelerated a short distance by a strong electric field and enter the vacuum of the detector tube, where they move at a speed proportional to their mass and charge. The mass analyser measures the time taken for each ion to reach

the detector and also records the transit time. The mass spectra obtained during analysis are specific (like a fingerprint) for each microorganism tested. To identify the microorganisms, the protein profiles obtained are compared with a reference database of control strains. The level of reliability of the identification is evaluated on the basis of a so-called score (the highest possible value is 3) expressing the agreement of the mass spectrum of the examined sample with the reference molecular identifier in the MALDI Biotyper database.⁷

Research methodology

The pilot study took place in the Optik Krouman opticians in Brno, where 15 probands first completed a questionnaire regarding the care of spectacle frames. Subjects had samples taken from the spectacle frames, which were imprinted in blood agar. The spectacle center, right side and right saddle were imprinted in blood agar. Sampling was followed by agar culture, which was performed at the Institute of Microbiology at St. Anne's University Hospital in Brno. The day after the culture, the samples were evaluated by a microbiologist and some pathological findings were determined using the MALDI TOF instrument. On the day of evaluation, colonies on blood agar were counted separately for the spectacle center, right lateral and right saddle/nasal. From the number of colonies, the density of colonies per mm² of rim was calculated. From these calculations, the degree of contamination of the spectacle rim can be determined.

Results

15 probands (10 women and 5 men) participated in the questionnaire survey. The average age of the respondents was 40 years. The youngest participant was 22 years old and the oldest was 64 years old. The questionnaire survey, which has so far involved 15 probands, shows that 11 respondents clean only the lenses on their spectacles and only 4 participants clean their entire spectacles, including the spectacle centre and sides. Most often they use soapy water and a cloth to clean their glasses. 8 out of 15 respondents have their glasses cleaned at the opticians. 5 out of 15 respondents clean their glasses every day.



Chart 1 - How often respondents clean their glasses

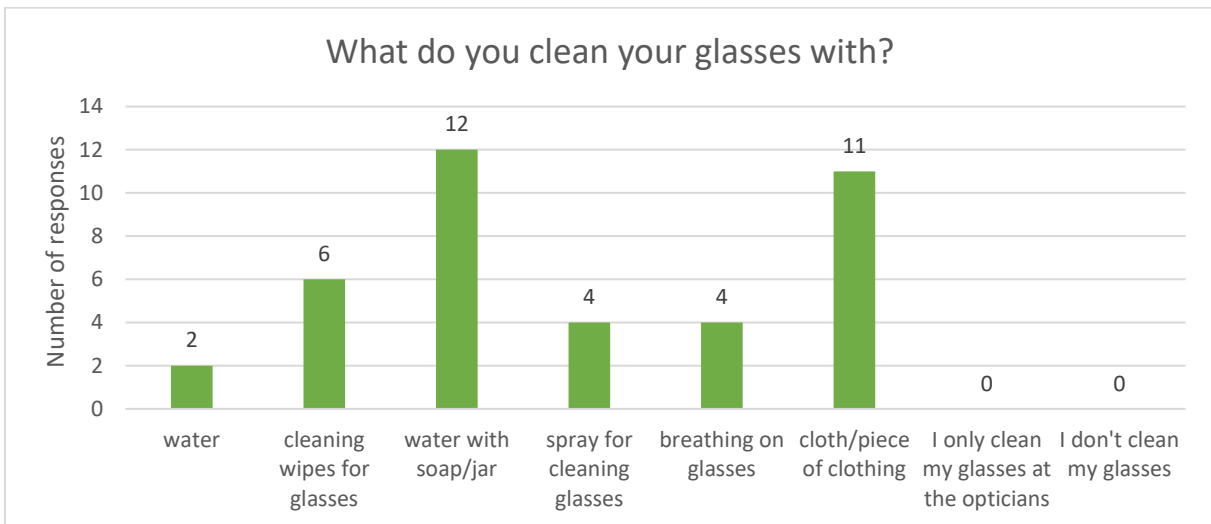


Chart 2 - What respondents use to clean their glasses



Chart 3 - What parts respondents clean on their glasses

The impressions used in the pilot study, of which there were 5, showed that the highest level of contamination was on the spectacle rim saddles at an average of 0.172 colonies/mm². The lowest level of contamination was on the sides of the spectacle rim at an average of 0.048 colonies/mm². Plastic frames were more contaminated at 0.112 colonies/mm² compared to metal frames at 0.083 colonies/mm².

Gram-positive bacteria, mainly from the group of coagulase-negative staphylococci, which are part of the normal skin microflora, were found on all impressions. This group of bacteria includes mainly *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus hominis subspecies hominis* and *Staphylococcus warneri*. *Staphylococcus epidermidis* is an opportunistic pathogen that can infect debilitated patients and cause corneal inflammation. A gram-positive bacterium of the genus *Staphylococcus*, *Staphylococcus aureus*, was found on 2 samples, both of which were MRSA negative. *Staphylococcus aureus* is considered a pathogenic bacterium that can cause purulent inflammation on the skin. It is the causative agent of conjunctivitis, keratitis and dacryocystitis.

Conclusion

The study so far suggests that it is advisable to educate more opticians' clients to clean not only the lenses but also the lens centre and sides of the frame. Clients who have skin conditions or are frequently ill are better suited to choose metal frames.

Resources

1. Najman L. Dílenská Praxe Očního Optika. 2., přepracované a doplněné vydání. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů; 2010.
2. Rutrle M. Brýlová Technika, Estetika A Přizpůsobování Brýlí. IDVPZ; 2001.
3. Votava M. Lékařská Mikrobiologie: Vyšetřovací Metody. Brno: NEPTUN; 2010.
4. Štrofová H. Oční infekce. Medicína pro praxi. 2016;2016(3):136-141. doi:10.36290/med.2016.030
5. Zahradníček O. Přehled bakterií s důrazem na oko. https://is.muni.cz/el/med/podzim2017/BOMI0111s/um/65484409/E04_Prehled_bakterii_s_durazem_na_oko_EL.pdf. Accessed April 24, 2023.
6. Novotná L. Záněty Předního Segmentu Oka. Bakalářská práce. 2015. Accessed June 1, 2023. https://is.muni.cz/th/ap220/Zanety_predniho_segmentu_oka.pdf
7. Havliš J. Hmotnostní spektrometrie MALDI TOF. Vesmír. Accessed June 1, 2023. <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1999/cislo-8/hmotnostni-spektrometrie-maldi-tof.html>

Pleoptický nácvik amblyopického oka s excentrickou fixací

Bc. et Bc. Ester Čapkovičová

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotace

Článek popisuje problematiku amblyopie. První část je zaměřena na obecnou charakteristiku, rozdělení, etiologii vzniku a následnou terapii. V druhé části je popsán pleoptický nácvik těžkého typu amblyopie levého oka s přítomností excentrické fixace.

Klíčová slova

Amblyopie, tupozrakost, zraková ostrost, jednoduché binokulární vidění, excentrická fixace, červený filtr, okluze, refrakční vada, brýlová korekce

Amblyopie, česky tupozrakost, postihuje dětský zrakový aparát. Ve světě trpí amblyopií zhruba 3 % dětí ve všech věkových kategoriích. Tupozrakost může zasáhnout jedno oko (unilaterální) nebo obě oči (bilaterální). Oboustranně vyskytující se tupozrakost v dnešní době stoupá, kvůli nárůstu progresivní myopie. Dítě s nekompenzovanou tupozrakostí má charakteristické chování, mezi které patří zakopávání, nejistota při chůzi, přehnaná opatrnost, špatná lokalizace předmětů, nezájem o své hračky či nevšímá si detailů.^{1,2,7}

Dítě se rodí s nevyvinutým zrakem, který potřebuje ke své správné funkci a vývoji adekvátní vizuální podněty. Jakmile je zraková informace insuficientní, dochází k nesouměrné excitaci vizuálního kortexu v tylním laloku a tím dochází ke snížení zrakové ostrosti. Anatomický stav očí i zraková dráha je bez patologické změny.^{1,3,7}

Jednoduché binokulární vidění (JBV) je komplikovaný proces, který je prohlubován pomocí vizuálních zkušeností a vrcholí zhruba kolem 8. roku věku. Jestliže je jednoduché binokulární vidění v období vývoje negativně postihnuto, rozvíjí se patologické jednoduché binokulární vidění. Díky plasticitě dětského mozku, který se dokáže přizpůsobit novým přicházejícím informacím ze sítnice, vzniká patofyziologická odpověď ve formě amblyopie, suprese a anormální retinální korespondence. Hloubka

rozsahu a stupeň patofyziologické odpovědi závisí na předešlém stavu vizuálních funkcí a jejich síle, věku pacienta a délce působení.^{4,5,7}

Charakteristické znaky, které doprovází tupozraké oko jsou snížená zraková ostrost s orientací v prostoru, zhoršená rozlišovací schopnost znaků v řádku (crowding fenomén), zhoršená kontrastní citlivost, nestálá nebo dislokalizovaná fixace a snížená přesnost sakadických pohybů.^{1,3,7}

Amblyopie je klasifikována do dvou primárních skupin, které se dále rozdělují na sekundární podskupiny. Avšak hlavní princip vzniku tupozrakosti je pro všechny formy totožný (parciální nebo totální ztráta funkce fovey, anormální kooperace očí). Primární rozdělení je dle dosaženého vízu a etiologie vzniku. Amblyopie v závislosti na dosažené zrakové ostrosti je rozdělena na lehkou, střední a těžkou.^{1,4,7} (viz tabulka 1)

Tupo­zra­kosť	Zra­ková osťrosť
lehká	6/8 – 6/18, (0,8 – 0,3)
střední	6/18 – 6/60, (0,3 – 0,1)
těžká	6/60 < (0,1 <)

Tabulka 3 Rozdělení amblyopie dle zrakové ostrosti ⁷

Dle etiologie se amblyopie dělí sekundárně na reverzibilní (vratná, funkční) a ireverzibilní (nevratná, organická). Funkční tupozrakost vzniká na podkladě refrakční vady, šilhání a ex anopsia, zatímco organická tupozrakost se dále klasifikuje jako forma vrozená, nutriční a toxická.^{6,7}

Zásadním faktorem v terapii amblyopie je věk pacienta, který hraje důležitou roli v následující prognóze. S rostoucím věkem se snižuje šance úplného vyléčení. Klasické léčebné pořadí začíná plnou korekcí refrakční vady, která zajišťuje správné zrakové stimuly mozku. Následuje okluze dominantního oka. Pokud se vyskytuje bilaterální amblyopie, okluze se střídá dle časové periody, kterou určí strabolog. Lékař také doporučí pleoptické cvičení, kde probíhá jednostranná stimulace tupozrakého oka, čímž se podpoří stimulační synapse. Jakmile se vize tupozrakého oka zlepší, následuje binokulární odtlumování pomocí oscilace, kde se podpoří inhibiční synapse. Pokud vize obou očí dosahuje normy (5/5), přechází se z pleoptického cvičení na ortoptické. Cílem ortoptické léčby je nácvik binokulárních funkcí, na které navazuje kondiční cvičení pro prohloubení a ustálení binokulárních funkcí.^{2,5,6,7}

Kazuistika

Na dětskou oční kliniku byla dětským lékařem odeslána holčička ve věku 3,5 let z důvodu konvergentního unilaterálního strabismu levého oka se sníženou zrakovou ostroť. Pacientka nikdy předtím nepodstoupila pleoptickou léčbu. Holčička byla narozená v termínu s porodní váhou 3500 g, těhotenství probíhalo bez komplikací. Dosavadní psychomotorický vývoj je v normě. Pacientka se s ničím neléčí, neužívá dlouhodobě žádné léky a nemá žádné alergie. V rodině holčičky se nikdy nevyskytovala amblyopie, pouze otec trpí refrakční vadou – myopie. Matka začala pozorovat zhruba od 2. věku holčičky občasné zašilhání („k nosu“) levého oka, které se s postupem času stalo stabilním. Matka popisuje náklon hlavy na levou stranu.⁷

Strabolog diagnostikoval stav dítěte jako H523 – Aniseimetrovie, aniseikonie. Následovala kontrola naturálního vízu s použitím LCD optotypu s LEA symboly (obrázky).⁷

OD: 5/32

OS: 3/36

Výsledky z autorefraktometru po aplikaci cykloplegika (Cyklogyl 1%) dosahovaly těchto hodnot:

OD: +2,75 D komb. cyl -0,75 D ax 78°

OS: +6,50 D komb. cyl -0,25 D ax 46°

Motilita očí byla dobrá, pouze lehce vážla abdukce levého oka. Přední segment oka i oční pozadí vykazovalo fyziologický nález.⁷

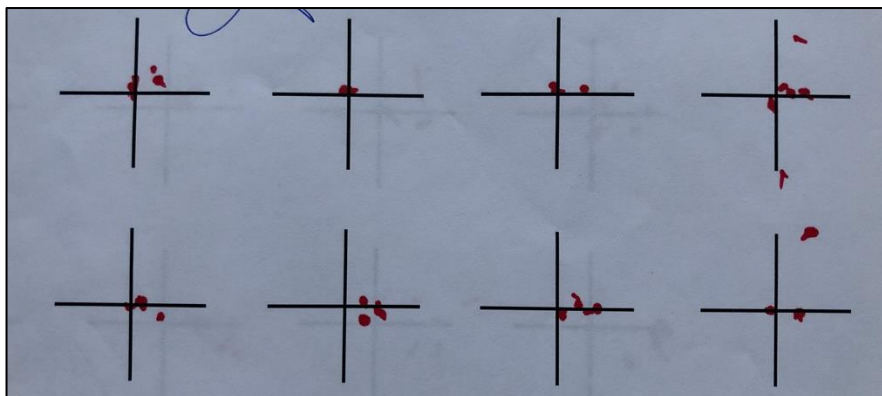
Na základě těchto vstupních vyšetření oční lékař předepsal plnou korekci z autorefraktometru, kterou je nutné nosit po celý den. Doporučil totální okluzi pravého oka po celý den v poměru 5:2. Po dobu okluzy by pacient měl provádět aktivitu na krátkou vzdálenost (kreslení, atd.). Bylo doporučeno pleoptické cvičební 1x týdně. Po jednom bloku cvičení – 12 schůzek, je nutná kontrola u strabologa.⁷

Brýlová korekce: OD: +2,75 D komb. cyl -0,75 D ax 78°
OS: +6,50 D komb. cyl -0,25 D ax 46°

Pacientka přišla poprvé do ortopticko-pleoptické cvičebny v březnu roku 2022, kde byl proveden vstupní ortoptický status. Holčička měla na sobě brýlovou korekci po celou dobu vyšetření a následné terapie.

Vízus byl měřen z 5 metrů na LCD optotypu, kde byly promítány LEA symboly. Zraková ostrost pravého oka dosahovala 5/7,5 a levého oka 5/40. Zakrývací zkouška odhalila velmi nestálou fixaci levého oka do dálky i blízka za přítomností velké konkomitující konvergentní úchylky. Blízky bod konvergence měla pacientka fyziologický (5 cm), avšak s asymetrickým souhybem očí. U Bagoliniho skel, Worthových světél i Hardyho testu popisovala pacientka vjem, který vypovídá o útlumu levého oka. Objektivní úchylka změřená na synoptoforu dosahovala + 25°, subjektivní úchylka nešla změřit, kvůli věku pacientky. Z důvodu velmi špatného vízu a suprese levého amblyopického oka nebyla přítomná simultánní percepce, superpozice, fúze I-III ani stereopse. (viz tabulka 2)⁷

Test na prokázání centrální či excentrické fixace – Kříž dle Dostála byl proveden na levém oku, kde znaky odpovídaly poloze PERI. (viz obrázek 1)



Obrázek 2 Kříž dle Dostála - fixace OS, excentrická fixace poloha PERI ⁷

Pacientka trpí těžkou formou amblyopie s excentrickou fixací na levém oku, proto se v ortopticko-pleoptické cvičebně zaměřili právě na stimulaci tohoto oka. Záměrem cvičení bylo probudit a znovu aktivovat stimulační synapse slabšího oka s cílem zlepšení zrakové ostrosti. Zásadním komponent je červený filtr Kodak Wratten 92, který

povzbuzuje a dráždí nejostřejší místo na sítnici – foveu. Během celého procesu léčby je umístěn na brýlové obrubě před tupozrakým levým okem.⁷

Proběhla edukace rodičů o důležitosti nošení brýlí, okluze a červeného filtru, které mají velký význam na průběh léčby. Zákonní zástupci si vyzkoušeli, jak správně nalepit okluzi. Byli informováni o pečlivém dohledu na dítě s okluzí a vědí, že okluzor mají sundat během venkovní aktivity, u které hrozí úraz (běh, jízda na koloběžce, atd.). Rodičům byla vysvětlena problematika okluzní amblyopie.⁷

Jedno cvičení je vymezeno na 30 minut, kde pacientka cvičila převážně pasivní pleoptiku. Každých 14 dní se kontroloval vízus, začínalo se levým tupozrakým okem, kvůli ztráty soustředění. Během všech cvičení měla pacientka po celou dobu brýlovou korekci, červený filtr Kodak Wratten 92 před levým okem a totální okluzi pravého oka. Cvičení bylo rozděleno na několika časových bloků zhruba po 7 minutách. K pasivní pleoptice byla zařazena barevná retinální stimulace (BRS). Pacientka byla usazena do tmavé komory, kde fixovala obrázek na černobílé a poté na červenozeleň šachovnici. Na synoptoforu následovalo velmi krátké a intenzivní prosvícení tupozrakého oka s přidaným červeným sklem a poté oko bylo oscilováno za současné fixace superpozičního obrázku. Další možností pasivní pleoptiky byl centrofor a PC program Therapy Amblyopia. Mezi aktivní pleoptiku patří Cambellův zrakový stimulátor (CAM), kde si holčička obkreslovala obrázky na dotykovém monitoru.⁷

Před pátou terapií měla pacientka inverzní okluzi levého oka po dobu 3 týdnů. Tato inverzní (nepřímá) okluze pomohla rozrušit místo excentrické fixace s následnou aktivací centrální fixace za pomoci červeného filtru Kodak Wratten 92. Po celou dobu léčby probíhala důsledná edukace rodičů ohledně aplikace okluze, červeného filtru a provádění domácí aktivní pleoptické péče. Léčba zlepšila stav zrakové ostrosti OS došlo i ke zlepšení postavení očí.

Po 5 měsících pravidelného chození na ortopticko-pleoptickou cvičebnu a dodržování nošení okluze s červeným filtrem se k pasivní formě pleoptiky zařadil navíc Heidingerův svazek. Cílem bylo lokalizovat točící se vrtuli, umístit ji a následným udržením na jednom místě obrázku.⁷

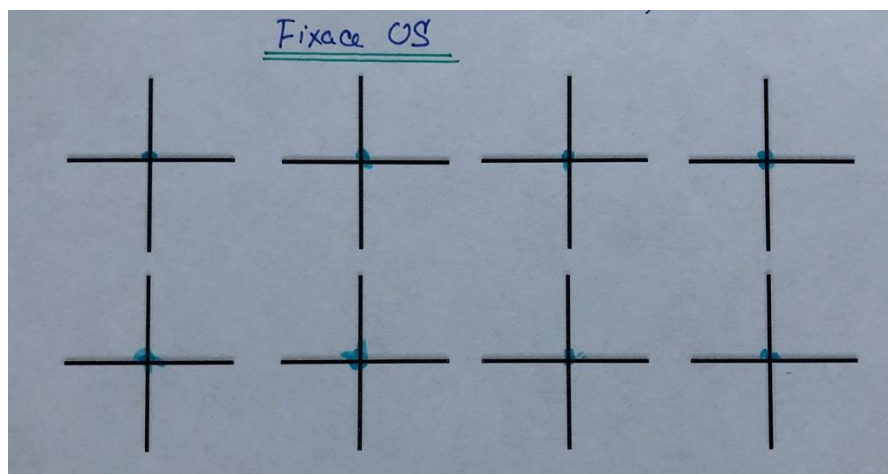
V únoru 2023 (11 měsíců pravidelného cvičení) se uskutečnil výstupní status.

Zraková ostrost pravého i levého oka se výrazně zlepšila, fixace se stabilizovala do dálky i blízka. Bagoliniho skla (dálka, blízko), Worthova skla i Hardy test popisovala pacientka subjektivně jako alternaci. Objektivní úchylka na synoptoforu se rapidně snížila na $+14^\circ$, avšak subjektivní úchylka stále nešla určit kvůli věku dítěte. Z důvodu alternace, pacientka neudala simultánní percepci. Následující obrázky (SPP-stereopse) viděla střídavě. ⁷ (viz tabulka 2)

Vízus (s korekcí), ODS – korekce bez změny		Výstupní status
OD	5/7,5 obrázky	5/5 obrázky
OS	5/40 obrázky	5/6,3 obrázky
Zakrývací zkouška		
ZZ dálka	velká konvergentní úchylka, OS neudrží fixaci	konvergentní úchylka, OS udrží fixaci
ZZ blízko	velká konvergentní úchylka, OS neudrží fixaci	konvergentní úchylka, OS udrží fixaci
Blízký bod konvergence	5 cm, asymetrický souhyb	5 cm, symetrický souhyb
Bagoliniho skla		
dálka	OS útlum	Vidí střídavě 1 obrázek
blízko	OS útlum	Vidí střídavě 1 obrázek
Worth	OS útlum	Vidí střídavě 1 obrázek
Hardy test	OS útlum	Vidí střídavě 1 obrázek
Synoptofor		
Objektivní úchylka	+25°	+14°
Subjektivní úchylka	nelze věk	nelze věk
SMP	ne	ne
Superpozice	ne, OS útlum	Vidí střídavě 1 obrázek
Fúze I (paramakulární)	ne	ne
Fúze II (makulární)	ne	ne
Fúze III (foveolární)	ne	ne
Stereopse	ne	ne
Stereotesty do blízka (Randot, TNO, Lang I+II, De-ka)	ne	ne

Tabulka 4 Porovnání vstupního a výstupního statusu, březen 2022, únor 2023⁷

Test k určení fixace – Kříž dle Dostála, za přítomné okluzi pravého oka, vykazoval centrální fixaci levého oka. (viz obrázek 2)⁷



Obrázek 3 Kříž dle Dostála - fixace OS, centrální fixace⁷

Pleoptická léčba s červeným filtrem měla úspěšný výsledek na vízus a místo fixace levého oka. Pacientka byla velmi snaživá během všech cvičení, na které docházela pravidelně. Zraková ostrost pravého oka upevnila na 5/5. Pacientka bude nadále navštěvovat ortopticko-pleoptickou cvičebnu.⁷

Zdroje

1. Hromádková L. *Šilhání*. Vol 3rd ed. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.; 2011.
2. Dobšíková K. *Diagnostika a terapie amblyopie v dětské populaci*. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Brno; 2021.
3. Rowe J. Fiona. *Clinical orthoptics*. Vol 3rd ed. Chichester, West Sussex. Wiley-Blackwell; 2012.
4. von Noorden G. K., Campos E. C. *Binocular Vision and Ocular Motility*. Vol 6th ed. A Harcourt Health Sciences Company; 2002.
5. Wright W. K., Spiegel H. P, Thompson S. L. *Handbook of Pediatric Strabismus and Amblyopia*. Vol 2nd ed. Springer Science+Business Media; 2006.
6. Papcunová R. *Korekce Refrakčních Vad Dětského Věku*. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Brno; 2014.

7. Čapkovičová E. *Diagnostika a terapie amblyopie*. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Brno; 2023.

The pleoptic training of the amblyopic eye with eccentric fixation

Bc. et Bc. Ester Čapkovičová

Department of Optometry and Orthoptics, Medical Faculty, Masaryk University Brno

Abstract

This article describes the issue of amblyopia. The first part is focused on the general characteristics, distribution of amblyopia, etiology and subsequent therapy. The second part describes pleoptic training of a severe type of amblyopia of the left eye with the presence of eccentric fixation.

Key words

Amblyopia, lazy eye, visual acuity, simple binocular vision, eccentric fixation, red filter, occlusion, refractive error, spectacle correction

Amblyopia affects child's visual apparatus. Worldwide, around 3% of children in all age categories suffer from amblyopia. Amblyopia can be unilateral or bilateral. Due to the increase in number of patients with progressive myopia, bilateral amblyopia is becoming more common. A child with uncompensated amblyopia has characteristic behaviors such as tripping, unsteadiness when walking, excessive caution, poor localization of objects, lack of interest in their toys, or not paying attention to details.^{1,2,7}

A child is born with underdeveloped vision. Vision needs adequate visual stimuli to function and develop well. If the visual information is insufficient, there is asymmetric excitation of the visual cortex in the occipital lobe, and thus, visual acuity is reduced. The anatomical condition of eyes and the visual pathway is without pathological change.^{1,3,7}

Simple binocular vision is a complicated process. This is enhancement through visual experience and ends around 8 years of age. If simple binocular vision is negatively affected, it is developed pathologically. Children's brain is plastic and can adapt to new incoming information from the retina. A pathophysiology in the form of amblyopia,

suppression and anomalous retinal correspondence arises. The patient's age, previous condition and strength of visual function affect the depth and degree of amblyopia.^{4,5,7}

The characteristic features of amblyopia are reduced visual acuity, reduced orientation in space, impaired discrimination in one line (crowding phenomenon), impaired contrast sensitivity, unstable or dislocated fixation and reduced accuracy of saccadic movements.^{1,3,7}

Amblyopia is divided into two primary groups. Groups are further divided into secondary subgroups. Nevertheless, the main mechanism of amblyopia is the same for all forms (partial or total loss of the fovea, abnormal eye coordination). The primary division is based on the achieved visual acuity and the etiology of the onset. According to visual acuity, amblyopia is divided into mild, moderate and severe forms.^{1,4,7}

Amblyopia	Visual acuity
mild	6/8 – 6/18, (0,8 – 0,3)
moderate	6/18 – 6/60, (0,3 – 0,1)
severe	6/60 < (0,1 <)

Table 5 Classification of amblyopia according to visual acuity⁷

According to etiology, amblyopia is divided into reversible (functional) and irreversible (organic) types. Functional amblyopia arises on the basis of refractive errors, strabismus and ex anopsia. Organic amblyopia is further classified as congenital, nutritional and toxic form.^{6,7}

Child's age is an important factor for a follow-up prognosis and success of the therapy. The older the child, the lower the chance of recovery. Amblyopia therapy begins with full correction of the refractive error. The brain receives the right visual stimuli. This is followed by occlusion of the amblyopic eye. If the child has alternating amblyopia, the doctor will determine the period of alternating occlusion. The doctor will then recommend pleoptic exercises to support the stimulatory synapses of the amblyopic eye.

If visual acuity improves in the amblyopic eye, it goes to an intermediate stage of pleoptics and orthoptics, where inhibitory synapses are stimulated. If the visual acuity of both eyes is within the norm (6/6), it is switched to orthoptic exercises. The goal of

orthoptic treatment is the training of binocular functions. Fitness exercises serve to deepen and stabilize binocular functions.^{2,5,6,7}

Case study

A pediatrician sent a 3.5-year-old girl to a children's eye clinic because of convergent unilateral strabismus of the left eye with reduced visual acuity. The patient has never had pleoptic treatment before. The patient was born at term with a birth weight of 3500g, the pregnancy proceeded without complications. Her psychomotor development is normal. The patient is not being treated with anything, does not take any long-term medications and has no allergies. There was no amblyopia in the patient's family, only the father has a refractive error - myopia. Around the age of 2, the mother began to observe occasional squinting („up to the nose“) of the left eye, after a while the strabismus became stable. The mother has noticed the child tilts head to the left. The strabologist diagnosed the patient's condition as H523 - Aniseimetrobia, aniseiconia. This was followed by a check of natural visual acuity on the LCD optotype with LEA symbols (pictures).⁷

OD: 5/32

OS: 3/36

The results from the autorefractometer after cycloplegic application reached these values. Both the anterior segment of the eye and the fundus were physiological.⁷

After examining the eye with autorefractor, the doctor prescribed full correction glasses must be worn all day. The doctor recommended total occlusion of the right eye throughout the day in 5:2 ratio. When the patient has an occlusion, she should do close-up activity over short distance (drawing, etc.). The strabologist recommended pleoptic exercises once a week. After one block of exercises - 12 meetings, a check-up with the strabologist is necessary.⁷

Spectacle correction

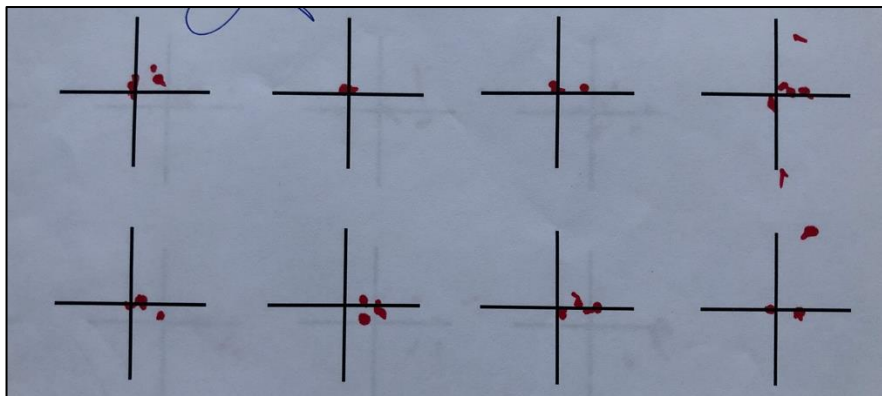
OD: +2,75 D komb. cyl -0,75 D ax 78°

OS: +6,50 D komb. cyl -0,25 D ax 46°

In March 2022, the patient came to the orthoptic-pleoptic exercise room for the first time. The orthoptist did an initial orthoptic status. The patient wore glasses during the entire examination and subsequent therapy.⁷

Visual acuity was measured on an LCD optotype with LEA symbols from 5 meters. The visual acuity of the right eye was 5/7,5 and the left eye 5/40. The cover test revealed a very unstable fixation of the left eye both far and near and a large concomitant convergent deviation. The near point of convergence was 5 cm with asymmetric eye movement. With Bagolini glasses on, Worth lights on and during Hardy test, the patient described symptoms indicating suppression of her left eye. The objective deviation measured on a synoptophore reached + 25°, the subjective deviation could not be measured due to the patient's age. Due to the very poor vision and suppression of the left amblyopic eye, simultaneous perception, superposition, I-III fusion, and stereopsis were not present.⁷

The test to demonstrate central or eccentric fixation - Cross according to Dostál was performed on the left eye, where the signs corresponded to the position of PERI.⁷



Picture 4 Cross according to Dostála - eccentric fixation by OS, PERI position ⁷

The patient has a severe form of amblyopia with eccentric fixation of the left eye. The left amblyopic eye was stimulated in the orthoptic-pleoptic clinic. The aim of the exercise was to activate stimulating synapses and, thereby, improve visual acuity. A red Kodak Wratten 92 filter has been placed in front of the amblyopic eye to stimulate the fovea. The right eye has an occlusion.⁷

Parents were educated about the importance of wearing glasses, occlusion, and red filter. The parents learnt how to stick the occluder correctly and, were informed about the careful supervision of a child with an occlusion. They know that the child must be outside without occlusion, because she can get injured (running, cycling, etc.). The orthoptist explained the issue of peripheral amblyopia to the parents.⁷

One exercise lasts 30 minutes. The patient mainly practiced a passive form of pleoptics. Every 14 days, the orthoptist checked patient's visual acuity. The process started with the left, problematic eye due to its gradual loss of concentration. For all exercises, the patient wore glasses, a red Kodak Wratten 92 filter in front of the left eye and a total occlusion of the right eye. The exercise was divided into several time blocks of roughly 7 minutes each. Color retinal stimulation (BRS) was added to passive pleoptics. The patient was placed in a dark room, where she fixed her sight on an image first on a black-and-white and then on a red-green checkerboard. The synoptophore check-up was followed by a very short and intense illumination of the amblyopic eye with added red glass, and then the eye was oscillated while simultaneously fixing the superposition image. Another option for passive pleoptics was the centrophore and the Therapy Amblyopia PC program. Active pleoptics include Campbell's visual stimulator (CAM, touch monitor), where the patient traced images.⁷

Before the fifth therapy, the patient had inverted occlusion of the left eye for 3 weeks. This inverse (indirect) occlusion helped to disrupt the site of eccentric fixation followed by activation of central fixation using a Kodak Wratten 92 red filter. Throughout the treatment, parents were consistently educated about the application of the occlusion, the red filter and the implementation of home active pleoptic care. The treatment improved the state of the visual acuity of the OS and the position of the eyes improved.⁷

After 5 months of regular visits to the orthoptic-pleoptic training room and wearing occlusion with a red filter, Heidinger's bundle was added to the passive form of pleoptics. The goal was to locate the rotating propeller, position it and then keep it in one place in the image.⁷

In February 2023 (11 months of regular practice) the exit status was decided.

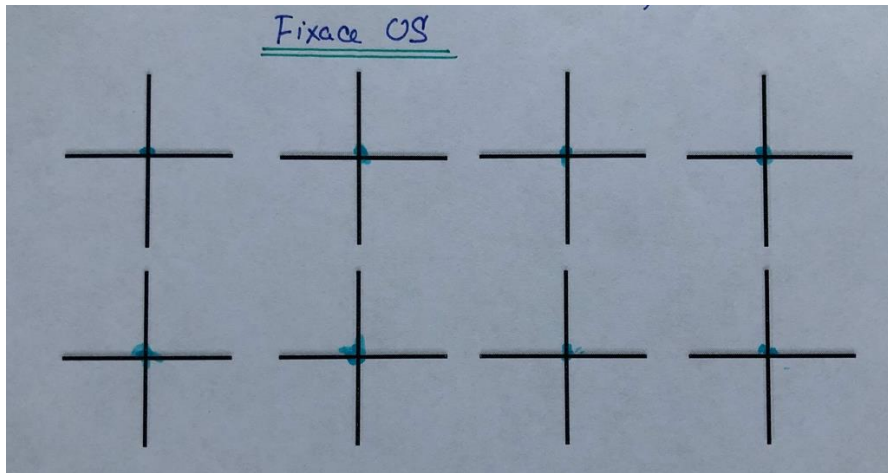
The visual acuity of the right and left eyes has improved significantly, the fixation has stabilized both far and near. Bagolini's glass (far, near), Worth's glass and the Hardy

test were subjectively described by the patient as alternation. The objective deviation on the synoptophore rapidly decreased to $+14^{\circ}$, however, the subjective deviation could still not be determined due to the child's age. Due to the alternation, the patient did not report simultaneous perception. She saw the following images (SPP-stereopsia) alternately.⁷

Visual acuity (with glasses), ODS – the optical correction was unchanged		Exit status
OD	5/7,5 pictures	5/5 pictures
OS	5/40 pictures	5/6,3 pictures
Cover test		
Cover test - distance	huge convergent deviation, OS unstable fixation	convergent deviation, OS maintains fixation
Cover test - near	huge convergent deviation, OS unstable fixation	convergent deviation, OS maintains fixation
Near Point of Convergence	5 cm, asymmetric movement	5 cm, symmetric movement
Bagolini glasses		
Distance	OS suppression	ODS alternates
Near	OS suppression	ODS alternates
Worth test	OS suppression	ODS alternates
Hardy test	OS suppression	ODS alternates
Synoptophore		
Objective deviation	+25°	+14°
Subjective deviation	OS suppression	ODS alternates
Simultaneous Perception	no	no
Superposition	no, OS suppression	ODS alternates
Fusion I (paramacular slide)	no	no
Fusion II (macular slide)	no	no
Fusion III (foveal slide)	no	no
Stereopsis - distance	no	no
Stereopsis – near (Randot, TNO, Lang I+II, De-ka)	no	no

Table 6 Comparison of entry and exit status, March 2022, February 2023⁷

Test to determine fixation – Cross according to Dostál, with present occlusion of the right eye, showed central fixation of the left eye.⁷



Picture 5 Cross to Dostál - fixation OS, central fixation

Pleoptic treatment with a red filter had a successful result on the visual acuity and the fixation point of the left eye. The patient was very diligent during all the exercises that she attended regularly. The visual acuity of the right eye stabilized at 5/5. The patient will continue to visit the orthoptic-pleoptic training room.⁷

Resources

1. Hromádková L. *Šilhání*. Vol 3rd ed. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.; 2011.
2. Dobšíková K. *Diagnostika a terapie amblyopie v dětské populaci*. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Brno; 2021.
3. Rowe J. Fiona. *Clinical orthoptics*. Vol 3rd ed. Chichester, West Sussex. Wiley-Blackwell; 2012.
4. von Noorden G. K., Campos E. C. *Binocular Vision and Ocular Motility*. Vol 6th ed. A Harcourt Health Sciences Company; 2002.
5. Wright W. K., Spiegel H. P, Thompson S. L. *Handbook of Pediatric Strabismus and Amblyopia*. Vol 2nd ed. Springer Science+Business Media; 2006.

6. Papcunová R. *Korekce Refrakčních Vad Dětského Věku*. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Brno; 2014.
7. Čapkovičová E. *Diagnostika a terapie amblyopie*. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita, Brno; 2023.

KAZUISTICKÁ SPRÁVA - EXCES DIVERGENCIE

Bc. et Bc. Patrícia Hladká

Katedra optometrie a ortoptiky Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Anotácia

Táto kazuistická správa sa venuje ortoptickej terapii diagnózy exces divergencie. Na začiatku bude predstavená charakteristika a anamnéza pacienta. Ďalej základná diagnostika a vyšetrenie pacienta. Tiež som sa venovala zostaveniu vhodného plánu liečby a samotnej ortoptickej liečby. Nakoniec po poslendom ortoptickom statuse je možné vidieť pokrok a účinnosť ortoptickej terapie.

Kľúčové slová

exces divergencie, ortoptická terapia, ortoptický status, cvičenie konvergencie, cvičenie kladnej šírky fúzie, cvičenie superpozície, free space techniky

Pacientom kazuistiky bol 8 ročný chlapec. V jeho anamnéze neboli žiadne momentálne liečené a ani v minulosti prekonané vážnejšie ochorenia. V jeho rodine sú prítomné refrakčné vady, otec a sestra majú korekciu do diaľky, matka na blízko a u brata je prítomná tupozrakosť.

Základná diagnostika prebehla po vyšetrení na očnej klinike, kedy si rodičia všimli občasné škúlenie temporálnym smerom. Neboli prítomné žiadne patologické zmeny na prednom segmente oka. Pri zakrývacej skúške do blízka bolo postavenie očí paralelné a do diaľky prítomný pohyb očí z temporálnej strany. Konvergencia viazla a nebola prítomná žiadna refrakčná vada. Odporúčenie ortoptického cvičenia s dôrazom na cvičenie konvergencie.

Exces divergencie je stav, kedy je prítomná exoforia na diaľku (nízka tonická vergencia) a vysoký pomer akomodačnej konvergencie a akomodácie (AC/A). Exofória do blízka je výrazne nižšia. Môže sa vyskytovať supresia pri pohľade do diaľky. Binokulárne funkcie sú zhoršené – obmedzená fúzia I a II. Do blízka je prítomná aj stereopsia.¹

Terapia bola rozvrhnutá na 30min 1x týždenne.

Insuficiencia konvergenzie je stav, kedy je zhoršená koordinácia očí pri fixovaní na bližší objekt. Môže sa objavovať boľenie hlavy pri práci na blízko, rozmazané videnie na blízku vzdialenosť a občasné dvojité videnie na blízko.² *Cvičenie konvergenzie* bolo prevedené pomocou *pútaču, konvegens trenážeru, brockovej šnúry (1 m) a stíhacieho cvičenia*.² Cvičená bola v približnom čase 5 min.

Cvičenie šírky fúzie v priestore. Najskôr prevedené pomocou *priziem*. Počas cvičenia je polohu očí možné kontrolovať pomocou Bagolíniho skiel a svetla.³ V prípade excessu divergenzie bolo cvičenie zamerané na kladnú šírku fúzie. Požitý bol aj *Rémyho sparátor*, až po zvládnutí cvičenia kladnej šírky fúzie pomocou priziem na 5m s výsledkom 30-35pD. Vzhľadom na to, že pri cvičení pacient fixuje na vzdialený bod napr. z okna, je pre neho ťažké fúzne obrázky spájať. Cvičenie naplánované na 10-13 min..

Superpozícia je prítomná ak pacient dokáže obraz videný pravým okom a obraz videný ľavým okom prekryť do jedného obrazového vnemu a tieto dva obrazy majú rovnakú lokalizáciu v priestore.⁴ *Cvičenie superpozície s použitím Holmsovho stereoskopu, Cheirokopu a Bernell-o-Scpou*. Cvičenie bolo naplánované na 7 min..

Free space techniky sú techniky cvičenia, kedy pacient cvičí v reálnom priestore a pracuje v normálnych podmienkach videnia. Nie je obmedzený prístrojovým priestorom.¹ Pri excese divergenzie bolo použité cvičenie *3 kočky* na priehľadnej karte a *Brockova šnúra* dlhá 3m s 3 koráľkami. Cvičenie naplánované na 5min..

Pacient absolvoval 2 bloky cvičenia (1 blok = 12 cvičení). Počas terapie boli rodičia priebežne edukovaní k cvičeniu konvergenzie a superpozície (pomocou cvičenia diery v dlani) v domácom prostredí. Binokulárne funkcie sú momentálne navodené, dosiahol všetky stupne Fúzie a udáva aj jemnú stereopsiu. Pacientovo postavenie očí v priestore je paralelné. Pri vyšetrení na synoptofore je nameraná úchylka 0°. Pacientovi bolo odporučené v cvičení pokračovať s cieľom upevniť binokulárne funkcie a postavenie očí.

	Pred cvičením	Po cvičení
Vizus NATUR. OD	5/5	5/5
Vizus NATUR. OS	5/5	5/5
Bagoliniho skla do diaľky	striedavo udáva jednu a druhú svetelnú čiaru	udáva svetelný krížik so svetielkom uprostred
Bagoliniho skla do blízka	na chvíľu udrží spojený kríž, častejšie vidí striedavo jednu a druhú svetelnú čiaru	udáva svetelný krížik so svetielkom uprostred
Worth test	striedavo udáva červené a zelené svetlá	udáva 4 svetlá správne
Hardy test	udáva 4 svetlá	udáva 4 svetlá
Synoptofor objektívne BEZ KOREKCIE	-10°	0°
Synoptofor subjektívne BEZ KOREKCIE	-8°	0°
Simultánna percepcia	vdrží na chvíľu, častejšie strieda	udáva
Superpozícia	nestabilná, udrží na chvíľu, častejšie strieda	udáva
Fúzia I	vidí striedavo 1 obrázok	udáva
Fúzia II	neudáva	udáva
Fúzia III	neudáva	udáva
Stereopsia (na synoptofore)	neudáva	udáva
Randot	udáva	udáva
TNO	udáva	udáva
DE- KA	udáva	udáva
Lang I, II	udáva	udáva
Blízky bod konvergencie	8 cm	5 cm
HB test	NRK	NRK

ZDROJE

1. Elliott DB. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 4 th ed. Elsevier Limited; 2014.
2. Convergence Insufficiency Exercises. Milton Keynes University Hospital. Accessed June 13, 2023. <https://www.mkuh.nhs.uk/patient-information-leaflet/convergence-insufficiency-exercises>
3. Ortoptika I. praxe: motorická zložka. Presented at: 2021.
4. Rowe FJ. *Clinical ORTHOPTICS*. Wiley-Blackwell; 2012.

CASE REPORT - EXCESS OF DIVERGENCE

Bc. et Bc. Patrícia Hladká

Department of Optometry and Orthoptics, Faculty of Medicine, Masaryk University, Brno

Annotation

This case report deals with orthoptic therapy for the diagnosis of excess divergence. At the beginning, the characteristics and history of the patient will be presented. Next, basic diagnosis and examination of the patient. I also devoted myself to drawing up a suitable treatment plan and the orthoptic treatment itself. Finally, after the last orthoptic status, the progress and effectiveness of orthoptic therapy can be seen.

Keywords

excess divergence, orthoptic therapy, orthoptic status, convergence exercise, positive fusion width exercise, superposition exercise, free space techniques

The patient of the case report was an 8-year-old boy. In his anamnesis, there were no currently treated or previously overcome serious diseases. Refractive defects are present in his family, father and sister have correction for distance vision, mother for near vision and brother has amblyopia.

The basic diagnosis took place after an examination at the eye clinic, when the parents noticed occasional squinting in the temporal direction. No pathological changes were present in the anterior segment of the eye. During the near-covering test, the position of the eyes was parallel and the eye movement from the temporal side was present for the distance. Convergence bound and no refractive error was present. A recommendation of orthoptic exercise with an emphasis on convergence exercise was issued.

Excess divergence is a condition where there is exophoria at a distance (low tonic vergence) and a high ratio of accommodative convergence to accommodation (AC/A). Exophoria up close is significantly lower. Suppression may occur when looking into the

distance. Binocular functions are impaired - limited fusion of I and II. Up close, stereopsis is also present. ¹

Therapy was scheduled for 30 minutes once a week.

Convergence insufficiency is a condition where eye coordination is impaired when fixating on a closer object. Headaches may occur when working at close range, blurred vision at close distances and occasional double vision at close range.² Convergence exercise was carried out with the help of a puller, convergence trainer, Brock line (1 m) and pursuit exercise.² The exercise took approximately 5 minutes.

Practicing fusion width in space. Initially performed using prisms. During the exercise, the position of the eyes can be checked using Bagolini glasses and light.³ In the case of excess divergence, the exercise was focused on the positive width of the fusion. Rémy's sparator was also ingested, only after mastering the positive fusion width exercise using prisms at 5m with a result of 30-35pD. Due to the fact that during the exercise the patient fixes on a distant point, e.g. from the window, it is difficult for him to connect the fusion images. Exercise planned for 10-13 min..

Superposition is present if the patient can overlap the image seen by the right eye and the image seen by the left eye into one image perception and these two images have the same localization in space.⁴ Superposition exercise using Holms stereoscope, Cheiroscope and Bernell-o-Scpou. The exercise was planned for 7 min..

Free space techniques are exercise techniques where the patient exercises in real space and works under normal vision conditions. It is not limited by the space of the instrument.¹ In the case of excess divergence, an exercise of 3 cats on a transparent card and Brock's cord 3 m long with 3 beads was used. Exercise planned for 5 min..

The patient completed 2 blocks of exercises (1 block = 12 exercises). During the therapy, the parents were continuously educated to practice convergence and superposition (using the hole in the palm exercise) in the home environment. Binocular functions are currently induced, he has achieved all degrees of Fusion and also shows fine stereopsis. The position of the patient's eyes in space is parallel. During the

synoptophore examination, the measured deviation is 0°. The patient was advised to continue the exercise in order to strengthen binocular functions and eye position.

	Before exercises	After exercise
Visual acuity <small>NATUR.</small> OD	5/5	5/5
Visual acuity <small>NATUR.</small> OS	5/5	5/5
Bagolini glasses distance	he alternately indicates one and the other light line	he indicates a light cross with a lamp in the middle
Bagolini glasses near	For a while he keeps the cross connected, more often he sees alternately one and second line of light	he indicates a light cross with a lamp in the middle
Worth test	he alternately indicates red and green lights	he indicates 4 lights correctly
Hardy test	he indicates 4 lights correctly	he indicates 4 lights correctly
Synoptophore objective deviation <small>NO CORRECTION</small>	-10°	0°
Synoptophore subjective deviation <small>NO CORRECTION</small>	-8°	0°
Simultaneous perception	keeps for a while, alternates more often	yes
Superposition	unstable, lasts for a while, alternates more often	yes
Fusion I	sees alternately 1 picture	yes
Fusion II	no	yes
Fusion III	no	yes
Stereopsis (na synoptofore)	no	yes
Randot	yes	yes
TNO	yes	yes
DE- KA	yes	yes
Lang I, II	yes	yes
Near point of convergence	8 cm	5 cm
HB test	NRK	NRK

Resources

1. Elliott DB. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. 4 th ed. Elsevier Limited; 2014.
2. Convergence Insufficiency Exercises. Milton Keynes University Hospital. Accessed June 13, 2023. <https://www.mkuh.nhs.uk/patient-information-leaflet/convergence-insufficiency-exercises>
3. Ortoptika I. praxe: motorická zložka. Presented at: 2021.
4. Rowe FJ. *Clinical ORTHOPTICS*. Wiley-Blackwell; 2012.

Název: **Sborník přednášek
XIV. CELOSTÁTNÍ STUDENTSKÁ KONFERENCE OPTOMETRIE
A ORTOPTIKY S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ**

Vydal: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických
oborů, Vinařská 6, 603 00 Brno

Pořadatelé sborníku: doc. Mgr. Pavel Beneš, Ph.D., Mgr. Petr Veselý, DiS., Ph.D.,
Bc. Magdaléna Hájková, Bc. Eva Mangerová, Bc. Barbora Pilná

Katedra optometrie a ortoptiky, LF MU, Komenského nám. 2,
662 43 Brno

Počet stran: 223

Výrobní číslo: 70/2023

Tirážní znak: 57-854-23

ISBN: 978-80-7013-621-8 (online; pdf)

ISBN 978-80-7013-621-8



9 788070 136218