UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA,
KATEDRA OPTIKY

SKIASKOPIE A JEJÍ ZPŮSOBY VYUŽITÍ V OPTOMETRII A OFTALMOLOGII

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:
Lucie Baslová
obor 5345R008 OPTOMETRIE
studijní rok 2022/2023

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:
Mgr. Lenka Musilová, DiS., Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Skiaskopie a její způsoby využití v optometrii a oftalmologii vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lenky Musilové, DiS., Ph.D. a za použití v práci uvedené literatury.

V Olomouci dne 10.5. 2023 .....

Lucie Baslová

Poděkování

Děkuji Mgr. Lence Musilové, DiS., Ph.D. za vedení a užitečné připomínky. Dále pak děkuji projektům za jejichž podpory tato práce vznikla, a to sice IGA PřF UP v Olomouci č. IGA_PrF_2022_010 a IGA_PrF_2023_004.

Obsah

Úvod ... 5
1 Skiaskop ... 6
1.1 Historie a vývoj ... 7
1.2 Konstrukce skiaskopu ... 9
1.3 Přídavné vybavení ... 11
2 Skiaskopie ... 14
2.1 Princip ... 14
2.2 Statická skiaskopie ... 15
2.2.1 Postup při měření refrakce stabilní metodou ... 16
2.2.2 Barrettova metoda ... 19
2.3 Dynamická skiaskopie ... 20
2.3.1 Nottova skiaskopie ... 20
2.3.2 Bell skiaskopie ... 22
2.3.3 Metoda monokulárního odhadu ... 23
2.4 Další využití skiaskopie ... 24
2.4.1 Mohindrova skiaskopie ... 24
2.4.2 Odhalení a vyšetření keratokonu ... 25
2.4.3 Skiaskopie po refrakčních operacích ... 26
3 Skiaskopie ve srovnání s dalšími diagnostickými metodami v optometrii a oftalmologii ... 27
3.1 Výhody a nevýhody skiaskopie ... 27
3.1.1 Špatně nastavená vyšetřovací vzdálenost ... 28
3.1.2 Měření mimo optickou osu ... 29
3.1.3 Vliv velikosti pupily a monochromatických aberací na měření ... 30
3.2 Porovnání skiaskopu s využitím dalších přístrojů ... 32
3.2.1 Porovnání při měření refrakce ... 32
3.2.2 Porovnání při měření akomodačních funkcí ... 34
Závěr ... 37
Seznam použité literatury ... 38
Seznam obrázků ... 42

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá skiaskopií a přístrojem k ní využívanému – skiaskopem. Skiaskop je relativně jednoduchý, vcelku malý přístroj, skrze který probíhá skiaskopické vyšetření. Skiaskopie je pak metoda vyšetření zraku, pomocí které se dá objektivně měřit refrakce, hodnotit stav akomodace, a dokonce pomocí ní lze částečně vyšetřit i keratokonus. Skiaskopie je tak užitečnou vyšetřovací metodou, kterou mohou využívat nejen optometristé, ale i oční lékaři na oftalmologických pracovištích.

Cílem této práce bylo sepsat komplexní shrnutí stěžejních informací o této vyšetřovací metodě a umožnit tak jejich přehledné nalezení na jednom místě. Motivací k sepsání takového „souhrnu" byla skutečnost, že i přesto, o jak užitečnou a všestrannou metodu se jedná, neexistuje k ní mnoho zdrojů v českém jazyce. Proto je většina informací v následujících kapitolách překladem cizojazyčné literatury.

První kapitola bakalářské práce popisuje skiaskop, jeho konstrukci a princip, na kterém přístroj funguje, a jeho vývoj v čase. Je věnována i vybavení, které při vyšetření přístroj doplňuje. Nejstěžejnější kapitolou této práce je druhá kapitola, pojednávající o různých typech skiaskopického vyšetření a jejich aplikací. Je zde popsán například rozdíl mezi statickou a dynamickou skiaskopií, kdy statická skiaskopie slouží k měření objektivní refrakce a dynamická k hodnocení akomodačního stavu oka. Konkrétními typy dynamické skiaskopie popsané v této práci jsou Nottova skiaskopie, Bell skiaskopie a metoda monokulárního odhadu. Další možnou aplikací je vyšetření dětských pacientů pomocí Mohindrovy skiaskopie, či využití skiaskopie jako screeningové metody pro degenerativní onemocnění keratokonus. Poslední kapitola je věnována výhodám a komplikacím, které mohou negativně ovlivnit skiaskopické vyšetření. Součástí této kapitoly je i srovnání přesnosti této metody s dalšími přístroji při vyšetřování objektivní refrakce a akomodačních funkcí oka.

1 Skiaskop

Skiaskop je přístroj využívaný k vyšetřovací metodě zvané skiaskopie. Funguje na poměrně jednoduchém principu, který byl z části převzat z mechanismu zrcadlového oftalmoskopu. Od prvotního vývoje se jeho konstrukce a způsob použití příliš nezměnily, nicméně se oboje zdokonalilo, a i v současnosti se stále objevují podněty na vylepšení konstrukce, například ke zefektivnění výuky budoucích oftalmologů a optometristů.

K samotnému přístroji patří i přídavné vybavení *(viz podkapitola 1.3)*. To může být pouze doplňkem, ke zjednodušení měření a zlepšení jeho kvality, nebo nutnou součástí vyšetření.

Obrázek 1: Skiaskop značky NEITZ, model RX - 3

1.1 Historie a vývoj

V roce 1859 si sir William Bowman všiml „zvláštního“ lineárního reflexu na očním pozadí při vyšetřování astigmatismu, v té době novým, Helmholtzovým oftalmoskopem. Přesto, že byl první oftalmoskop zkonstruován dříve než skiaskop, je možné uvažovat nad vývojem skiaskopu jako paralelní s vývojem oftalmoskopu a jednalo se v podstatě o stejný přístroj. [1]

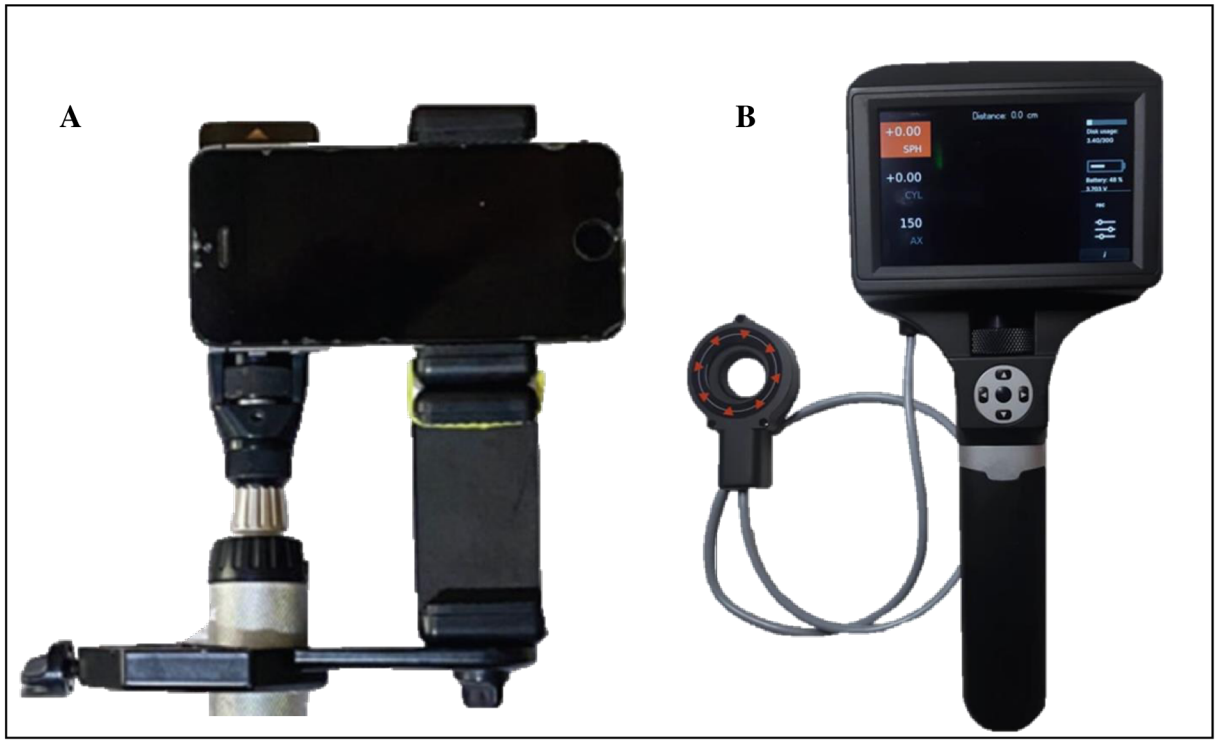
První měření objektivní refrakce bylo provedeno francouzským oftalmologem Cuignetem v roce 1873. K tomuto měření použil jednoduchý zrcadlový oftalmoskop. Cuignet skrz štěrbinu v zrcadle pozoroval reflexy na očím pozadí, které se lišily v závislosti na druhu refrakční vady, což mu umožnilo zhodnocení dané refrakce. Tuto metodu měření nazval „keratoskopie“, neboť odlišnost reflexů přikládal různému zakřivení rohovky. I přes tuto nepřesnou počáteční úvahu je dnes Cuignet považován za zakladatele skiaskopie. [2]

Dnes používaný název skiaskopie navrhl až Francouz H. Parent. Původně metodu vyšetřování pojmenoval *retinoscopie*, pro důležitost sítnice, resp. retiny při vyšetření. Na doporučení lingvisty nakonec ale zvolil termín *skiascopie* (skia v latině znamená stín). Termín *retinoscopy* se v angličtině používá dodnes, jde ale o nepřesnost, jelikož samotná sítnice není zdrojem reflexu pozorovaného při vyšetření. Parent byl zároveň prvním, kdo systému porozuměl natolik, že pomocí čoček dokázal doopravdy vyšetřit refrakční vadu. V roce 1880 pak vydal materiály vysvětlující způsob výpočtu měření objektivní refrakce pomocí skiaskopu a sady čoček. [2]

Kolem roku 1920 vynalezl Jack C. Copeland první pásový skiaskop. Zkonstruoval zdroj světla, jehož paprsek měl tvar pruhu a následně navrhl součástku, která umožňovala měnit polohu světelného zdroje a tím i náklon paprsku. Většina částí jeho konstrukce byla převzata již z dřívějších poznatků, ovšem spojení všech důležitých elementů do jedné konstrukce vytvořilo revoluční přístroj. Tento nový design po 40 letech opět upravuje Copeland. [1, 2] Vynález pásového skiaskopu znamenal velký pokrok v oftalmologii i optometrii, jelikož umožnil přesné, a přitom jednoduché měření astigmatických vad *(viz podkapitola 2.2.1)*.

Vývoj skiaskopu v současnosti pokračuje i přesto, že v mnoha klinikách byl dnes nahrazen jinými přístroji pro měření objektivní refrakce či hodnocení akomodace. Studie z roku 2022 [3] představuje gimbaloskop. Gimbaloskop by mohl usnadnit

dokumentaci i výuku, neboť se jedná o skiaskop rozšířený o funkce chytrých mobilních zařízení, tzv. smartphones. Smartphone je speciálním nástavcem připojen ke skiaskopu, a skrz kameru smartphonu je možné na jeho obrazovce nejen pozorovat reflexy v oku jako při běžné skiaskopii, ale i pořizovat fotografie. Zároveň umožňuje pozorování i jinými osobami než jen vyšetřujícím. To může být užitečné například pro ukládání výsledků do databáze pro pozdější porovnání a vyhodnocení vyšetřované vady, či jejich sdílení k online diskuzím mezi odborníky. Dalším cílem vývoje gimbaloskopu je efektivnější vzdělávání optometristů a oftalmologů, neboť mohou v reálném čase pozorovat vyšetření, což usnadní pochopení průběhu vyšetřování. Müllhaupt et al. [4] představili v roce 2021 videoskiaskop od firmy HEINE, který je velmi podobný gimbaloskopu, avšak složitější a finančně mnohem méně dostupný. I proto by se dal gimbaloskop považovat jako vhodnější pomůcka minimálně pro školství.



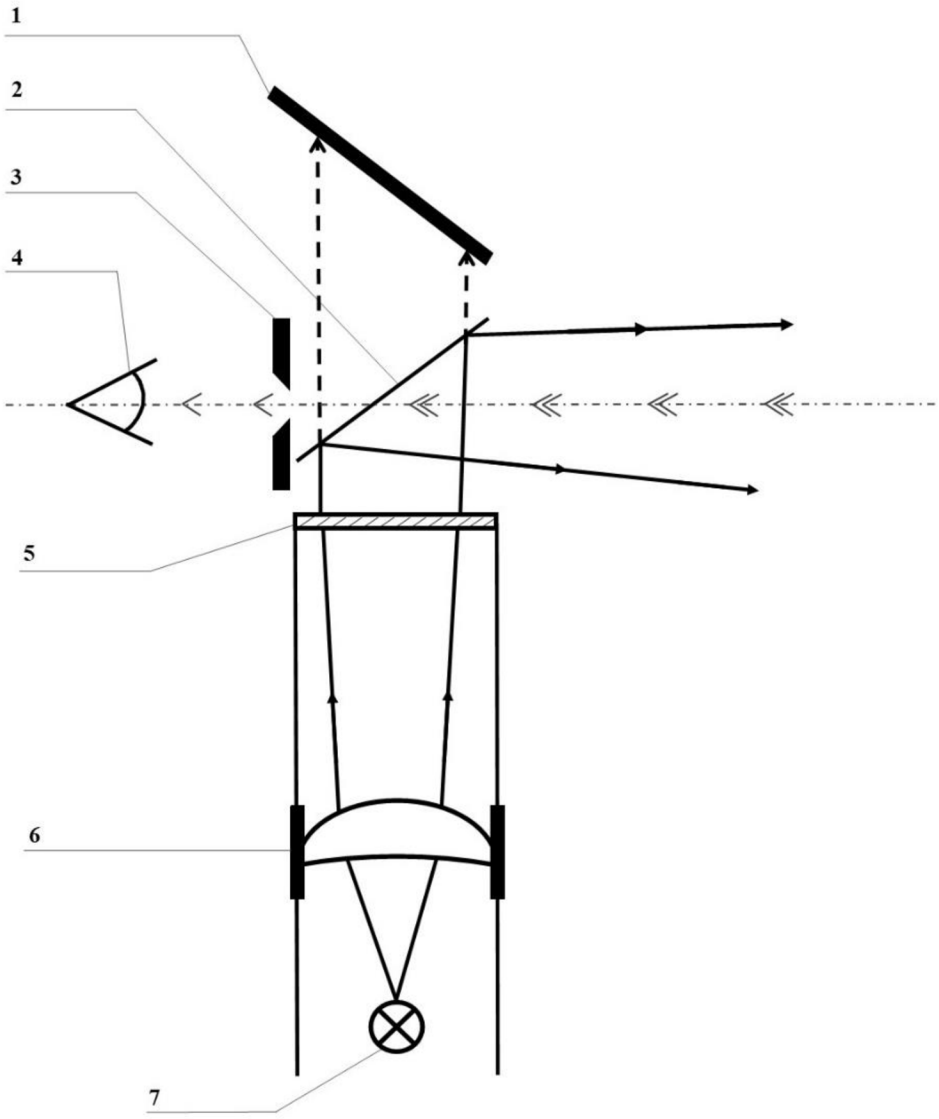
Obrázek 2: Porovnání gimbaloskopu (A) [3] *a videoskiaskopu HEINE (B)* [4] *(upraveno)*

1.2 Konstrukce skiaskopu

Na to, o jak účinný nástroj se jedná, je konstrukce skiaskopu v celku jednoduchá. V podstatě se skládá ze dvou částí – osvětlovacího a pozorovacího systému. Konstrukce bodového i pásového skiaskopu je velmi podobná, s tím rozdílem, že pásový skiaskop obsahuje více ovládacích prvků. Z toho vyplývá lepší nastavitelnost pásového skiaskopu a tím i jeho širší možnosti využití.

Osvětlovací systém je uložen v rukojeti skiaskopu. Jeho prvním komponentem je zdroj světla, kterým je nejčastěji žárovka. Zdroj světla je napájen baterií, která může být buď nabíjecí či vyměnitelná. Rozbíhavost světelného svazku je následně upravena kolimátorem, kterým je spojná čočka. V některé literatuře je tato čočka nazývána kondenzační čočkou. Směr svazku je usměrňován polopropustným zrcadlem tak, aby správně vycházel z vrchu aparatury *(obr. 3)* [1] Ideální přístroj má pak navíc mezi spojnou čočkou a zrcadlem zabudovaný oranžový filtr *(viz podkapitola 1.3).* [5] Jakékoliv nadbytečné světlo, procházející aparaturou skiaskopu je pohlceno světelnou pastí ve vrchní části přístroje. [6]

Konstrukce bodového i pásového skiaskopu se až do tohoto momentu příliš neliší. Na rukojeti pásového skiaskopu je navíc otočný prstenec a posuvka zdroje světla, či kolimátoru. Posunutím kolimátoru či zdroje světla je změněna jejich vzájemná poloha. Jsou-li kolimátor a zdroj světla posunuty blíže k sobě, pak budou paprsky vycházející ze skiaskopu tvořit divergentní světelný svazek, budou-li posunuty od sebe, pak bude svazek konvergentní. Přechod mezi oběma typy osvětlení je plynulý a mezi nimi lze dosáhnout tzv. paralelního osvětlení, při kterém obraz zdroje světla vzniká v nekonečnu. To, kterou součástkou je posouváno, záleží na výrobci – například u skiaskopů značky Copeland je posunován zdroj světla, u jiných značek pak může být posouván kolimátor. U bodového skiaskopu je vzdálenost kolimátrou od zdroje světla pevně dána tak, aby byl vznikající světelný svazek divergentní. [2, 6]



Obrázek 3: Schéma skiaskopu. 1 – pohlcovač světla, 2 – polopropustné zrcadlo, 3 – okulár, 4 – oko vyšetřujícího, 5 – oranžový filtr zabudovaný v aparatuře přístroje, 6 – kolimátor, 7 – zdroj světla, (upraveno) [5]

Možnost nastavení světelného svazku a jeho náklonu jsou důvodem, proč je pásový skiaskop upřednostňován před skiaskopem bodovým. Divergentní osvětlení je při skiaskopickém vyšetření využíváno nejčastěji, neboť je to právě divergentní svazek světla, který vytváří ostrý obraz reflexu odraženého na sítnici. Při konvergentním nastavení je obraz zdroje ostrý na duhovce a bělimě, což se využívá při vyšetřování astigmatismu *(viz podkapitola 2.2.1).*

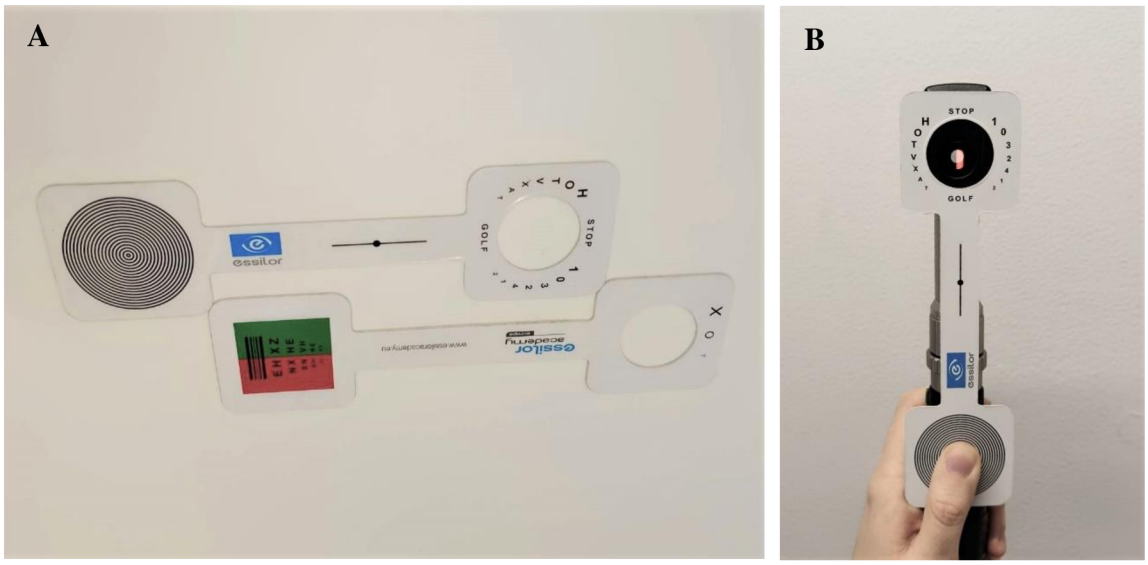
Světelný svazek vstupující do oka pacienta promítne v oku obraz zdroje, a následně se odrazí. Místo, kde dojde k odrazu, se dá považovat za sekundární zdroj světla. Světlo pak prostupuje skrze optickou soustavu oka zpět do skiaskopu, skrze polopropustné zrcadlo až k výstupní pupile a do oka vyšetřujícího. Červený reflex, který při vyšetření pozorujeme, je tedy obrazem odraženého obrazu světelného zdroje skiaskopu. [1, 5]

1.3 Přídavné vybavení

Ke skiaskopu patří také další pomůcky, potřebné k různým druhům měření. Nejdůležitějším vybavením ke skiaskopii, mimo samotný přístroj, jsou tzv. skiaskopické lišty. Jedná se o většinou plastové lišty s posunovačem, do kterých je vsazen soubor čoček s pravidelně se zvyšující se optickou mohutností. Dle různých výrobců se mohou lišit počtem čoček v nich upevněných i tím, o jak velký krok se optická mohutnost čoček mění. Některé lišty na sobě mají i posunovač. Ten v sobě má upevněny dvě čočky, jedna nejčastěji s optickou mohutností o velikosti 0,25 dpt a druhá o velikosti 0,5 dpt. Lišty bývají prodávány po dvou, jedna s rozptylnými a druhá se spojnými čočkami. Lišty od firmy OCULUS v sobě mají 11 otvorů a posunovač. První otvor je prázdný a slouží k měření refrakčních hodnot o ±0,25 dpt a o ±0,50 dpt, a to tím, že k otvoru nasuneme čočku z posunovače. V dalších 10 otvorech jsou pak připevněné buď rozptylné, nebo spojné čočky o hodnotách od 1 dpt do 10 dpt. Lze s nimi tedy vyšetřovat refrakční vady od 0,25 dpt po 10,5 dpt a to jak v mínusových, tak plusových hodnotách. Dále pak mají na rukojeti plastické znaky + a – k jejich jednoduchému rozlišení při vyšetřování v zatemněné místnosti.

Obrázek 4: Skiaskopické lišty OCULUS

K dynamické skiaskopii je pak často potřeba speciálních kartiček *(viz podkapitola 2.3)* na blízko. Takové čtecí kartičky mají uprostřed otvor, který lze nasadit na hlavu skiaskopu a akomodační podnět. Ten může být ve formě textu, znaků, či obrázků a je na kartičce natištěn tak, aby byl kolem celé části skiaskopu, na nějž je kartička nasazena.



Obrázek 5: Skiaskopické kartičky firmy Essilor s různými akomodačními podněty (A) a ilustrace jejich přiložení ke skiaskopu během vyšetření (B)

Filtry mohou být dalším užitečným doplňkem k samotnému přístroji. K některým skiaskopům je vhodný oranžový filtr, a to k těm, kteří ho v sobě již nemají zabudovaný. Od fundu se totiž odráží pouze oranžové světlo a ostatní je pohlceno. Pacientova sítnice tak není zbytečně nadměrně oslňována částmi spektra, které jsou pro vyšetření bezvýznamné. U většiny dnešních skiaskopů je však filtr zabudovaný uvnitř přístroje *(obr. 3)*. Odlesky lze eliminovat i snížením osvětlení, to ale může vést ke snížené viditelnosti červeného reflexu a tím paradoxně ke ztížení vyšetřování. [1, 5]

Za přídavné vybavení by se dal považovat i tzv. oční fantom. Fantom je pomůckou válcovitého tvaru, simulující optický systém oka s nastavitelnou sférickou dioptrickou vadou. Jeho součástí je průhledná čočka, nastavitelná clona, která umožňuje napodobovat různé velikosti pupil a kulovité pozadí nahrazující pozadí oční. Obsahuje také předsádku, do které je možno vložit cylindrickou čočku pro navození astigmatické vady. Fantom není nijak důležitý pro vlastní měření objektivní refrakce pacienta, nicméně je stěžejním vybavením pro výuku optometristů a oftalmologů, kteří budou skiaskopii používat ve své každodenní praxi. Mohou si na něm totiž na nečisto osvojovat techniku skiaskopování a naučit se lépe pozorovat a chápat červený reflex v různých situacích. [1, 2]

Obrázek 6: Oční fantom HEINE Retinoscope Trainer

2 Skiaskopie

Skiaskopie je vyšetřovací metoda, využívaná především k objektivnímu měření hodnoty refrakce zrakové vady při statické skiaskopii, nebo stav akomodace pacienta pomocí skiaskopie dynamické. V očním lékařství se pak také využívá Mohindrova skiaskopie.

Další možnost využití je také při hodnocení stavu rohovky a s tím spojené pozorování keratokonu.

2.1 Princip

Základní princip skiaskopie spočívá v osvětlení oka pacienta pomocí skiaskopu, čímž je na oku vidět světelný pás. Za toto osvětlení je zodpovědný tzv. světelný tok skiaskopu. Část světla přicházejícího do oka vytváří na sítnici světelnou skvrnu, kde se odráží a je pozorována v pupile oka jako světelný jev, nazývaný pupilární nebo červený reflex. Tvar obrazu světelné skvrny se může podle osvětlení lišit. Vzniká tak skvrna kulatého tvaru, nebo pruh. Podle toho je pak skiaskopie nazývána buď bodovou, nebo pásovou.

U bodové skiaskopie je zdrojem světla za dokonalých podmínek svazek paprsků, které tvoří soustředný kruh. Ten je skrze optickou aparaturu skiaskopu promítán do oka pacienta, kde tak vzniká světelná skvrna kulatého tvaru. Bodová skiaskopie byla do značné míry vytlačena do pozadí, neboť neumožňuje tak přesné měření cylindrické korekce, jako skiaskopie pásová, a to především u astigmatických vad o nižších hodnotách. Její hlavní výhoda dříve spočívala v tom, že konstrukce skiaskopů pro její provedení je jednodušší než konstrukce skiaskopů pásových. V takovém skiaskopu totiž nejsou nutné žádné pohyblivé části. Dnes jsou skiaskopy konstruovány s pohybovou aparaturou, díky které je sice možné plynule přecházet mezi bodovou a pásovou skiaskopií, ale většinou se možnosti nastavení světelného paprsku využívá pouze při otáčení světelného pruhu při skiaskopii pásové.

Pásová skiaskopie funguje na stejném principu jako skiaskopie bodová, skvrna vzniklá odrazem světla na sítnici ale tvoří pruh, nikoliv kulatý bod. Pohybuje-li se světelný pás otočením skiaskopu přes oko, pohybuje se i světelná skvrna, kterou

v oku pozorujeme. V praxi je využívána častěji, jelikož lze skrze ni jednodušeji posuzovat astigmatické vady a tím je i přesněji měřit. [1] Proto je v této bakalářské práci vždy uvažována právě skiaskopie pásová, pokud není zmíněno jinak.

2.2 Statická skiaskopie

Při statické skiaskopii je předpokladem ke správnému měření objektivní refrakce uvolnění akomodace vyšetřovaného. Pohled vyšetřovaného je proto fixován na vzdálený podnět, například optotyp ve vzdálenosti 6 metrů. Statickou skiaskopii lze provádět metodou stabilní či labilní. [1]

Pokud je ohnisko oka vyšetřovaného zachytitelné na cloně skiaskopu, pak lze k neutralizaci červeného reflexu docílit změnou vzdálenosti mezi vyšetřovaným okem a skiaskopem. Na tomto principu funguje labilní metoda statické skiaskopie. Velikost korekce v dioptriích je získána přepočítáním vzdálenosti, při které nastal neutrální sítnicový reflex. Výhoda této metody tedy spočívá v tom, že k určení refrakční vady vyšetřovaného oka není potřeba sada čoček. Tato metoda však není v praxi příliš využívána, neboť je nutno velmi přesně zapisovat vzdálenosti vyšetřujícího od vyšetřovaného, a navíc touto metodou nelze určit astigmatickou refrakci s takovou přesností, jako u metody stabilní. Astigmatismus o nízkých hodnotách je v podstatě nezměřitelný. [1]

Při stabilní metodě statické skiaskopie je mezi okem pacienta a skiaskopem udržována stejná vzdálenost po celou dobu měření. Před oko vyšetřovaného jsou předkládány čočky o různých hodnotách, dokud nedojde k neutralizaci sítnicového reflexu *(viz podkapitola 2.2.1)*. Dnes se místo předkládání jednotlivých čoček z refrakční sady využívá skiaskopických lišt *(viz podkapitola 1.3)*. Výsledná refrakce S_v oka je pak vypočtena podle vzorce (1) kde d_s je vzdálenost skiaskopu od vyšetřovaného oka v metrech, a S_n je hodnota optické mohutnosti čočky, při jejímž předložení došlo k neutralizaci sítnicového reflexu v dioptriích.

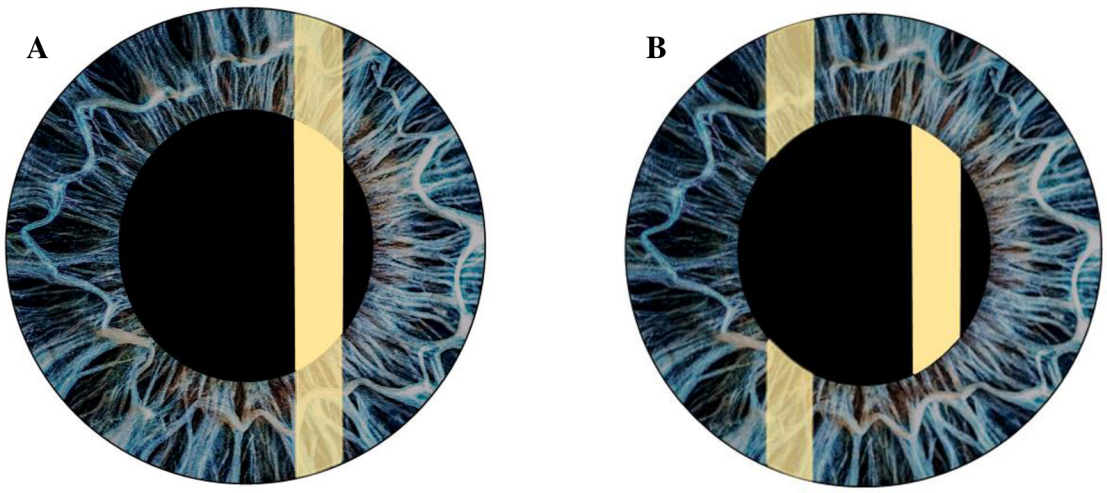
$$S_v = S_n - \frac{1}{d_S} \tag{1}$$

Stabilní skiaskopie je přesnější než labilní, především při určování hodnoty cylindrické korekce při nižších hodnotách astigmatické vady. [1]

2.2.1 Postup při měření refrakce stabilní metodou

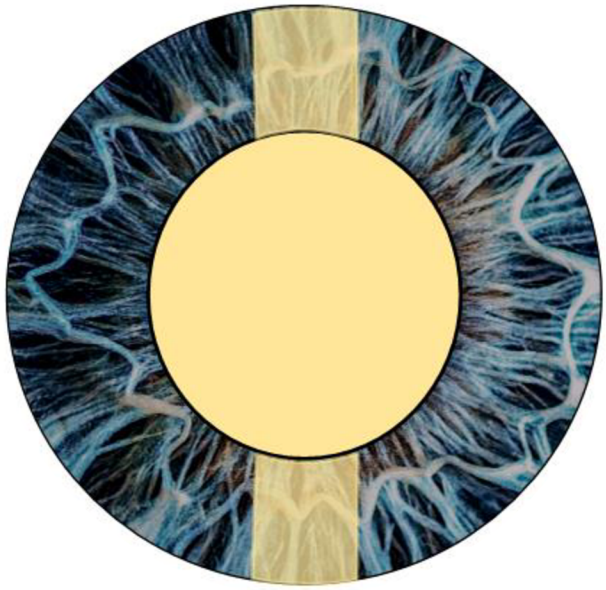
Postup měření refrakce je velmi podobný pro bodovou i pásovou skiaskopii. Před samotným měřením je důležité nastavit správnou vyšetřovací vzdálenost, tedy vzdálenost mezi klientem a vyšetřujícím *(viz podkapitola 3.1.1)*, která je obvykle 50 cm. Je také důležité připravit si k ruce skiaskopické lišty, v případě, že k vyšetření není využíván foropter, aby mohlo vyšetření proběhnout plynule. Vyšetřující se posadí naproti klientovi tak, aby se díval skrz skiaskop stejným okem, které vyšetřuje. To znamená, že pravé oko klienta bude přímo proti pravému oku vyšetřujícího a naopak. Klient během celého vyšetření fixuje optotyp ve vzdálenosti 6 m. Pro objektivní měření refrakce je potřeba v místnosti zatemnit. [1, 2]

Vyšetřující optometrista či oftalmolog nastaví divergentní osvětlovací svazek a maximální jas a podívá se skrz okulár přístroje na oko klienta, případně upraví polohu skiaskopu tak, aby byl v zornici pozorován červený reflex. Je-li červený reflex zřetelný, pak začne skiaskopem manipulovat tím způsobem, že jej mírně pootáčí z jedné strany na druhou. Při tom pozoruje pohyb červeného reflexu v pupile klienta, podle kterého začne předkládat skiaskopické lišty s čočkami o vhodné optické mohutnosti. Pokud se reflex pohybuje ve směru shodném s pohybem skiaskopu, pak je předkládána lišta se spojnými čočkami, tedy lišta označená plusovým znakem. Pokud je pozorovaný reflex opačný k pohybu skiaskopu, pak místo spojných čoček předkládáme čočky rozptylné, tedy lištu označenou znakem mínusovým, jinak vyšetření probíhá stejně.



Obrázek 7: Znázornění shodného červeného reflexu (A) a protijdoucího červeného reflexu (B) pozorovaného při vyšetření pásovým skiaskopem

Čočky jsou předkládány od těch s nejnižší hodnotou, dokud není červený reflex neutralizován. K neutralizaci reflexu dojde ve chvíli, kdy se při pohybu skiaskopem „rozsvítí“ celá zornice. Tento stav je nazýván neutrální červený reflex nebo neutrální pupilární reflex. [1, 2] Výsledná refrakce vyšetřovaného oka je následně vypočtena podle vzorce (1).

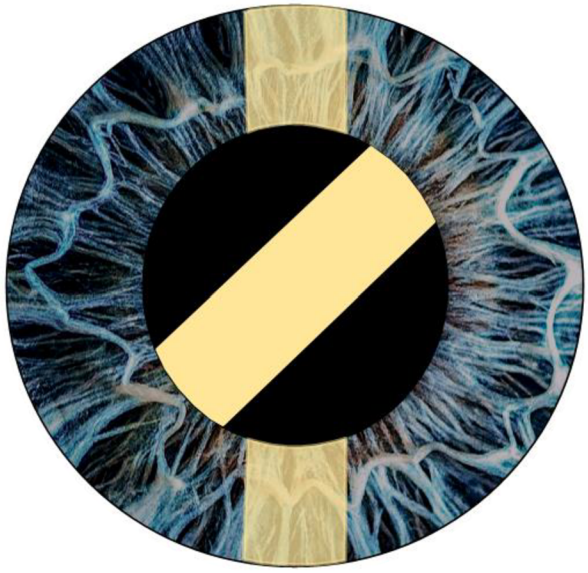


Obrázek 8: Znázornění neutrálního červeného reflexu pozorovaného při vyšetření pásovým skiaskopem

Tímto způsobem lze relativně přesně vyšetřit sférické refrakční vady oka a vyšetření probíhá stejně při použití bodového i pásového skiaskopu. Při pásové skiaskopii lze pak mimo světelný pás v pupile oka pozorovat i neostrý světelný pás na ostatních strukturách oka, jako například na duhovce či bělimě. [6] Pokud takto nelze dosáhnout neutrálního reflexu, je přítomna i astigmatická vada. Její vyšetření je složitější a je k němu potřeba pásového skiaskopu.

U astigmatické refrakční vady si lze povšimnout rozdílného postavení světelného pásu uvnitř a vně pupily. Vyšetřující v takovém případě nastaví konvergentní osvětlovací svazek skiaskopu, čímž zaostří světelný pás na rohovce. Následně pootočí tento světelný pás tak, aby byla jeho orientace shodná s pásem uvnitř pupily, čímž stanoví jeden ze dvou hlavních řezů astigmatické vady. Pak na skiaskopu opět nastaví divergentní osvětlovací svazek a postupuje stejně, jako při vyšetřování sférické vady,

dokud nedojde k neutralizaci reflexu. Ten samý postup je opakován pro druhý řez astigmatické vady, kterého je dosáhnuto pootočením světelného pásu o 90° od polohy prvního hlavního řezu. Takto je získána cylindricko-cylindrická hodnota refrakční vady oka, z níž lze jednoduchým přepočtem získat sféricko-cylindrický zápis objektivní refrakce. [1, 2, 6]



Obrázek 9: Znázornění červeného reflexu pozorovaného u astigmatické vady při vyšetření pásovým skiaskopem

Předpokládejme, že při vyšetřování astigmatické vady došlo k neutralizaci reflexu jednoho hlavního řezu ve 40° při předložení čočky optické mohutnosti +3,50 dpt a k neutralizaci druhého hlavního řezu ve 130° došlo při předložení čočky o optické mohutnosti +1,00 dpt. Vyšetřovací vzdálenost byla 50 cm. Od hodnot předložených čoček tedy musíme podle vzorce (1) odečíst 2,00 dpt. Cylindricko-cylindrický zápis pak tedy bude: cyl +1,50 dpt ax 40°

cyl –1,00 dpt ax 130°

Pomocí křížového pravidla získáme výslednou sféricko-cylindrickou hodnotu objektivní refrakce: sph +1,50 dpt komb. cyl –2,50 ax 130°, resp.

sph –1,00 dpt komb. cyl +2,50 ax 40° .

2.2.2 Barrettova metoda

Barrettova metoda byla vyvinuta za účelem co nejpřesněji udržet ve shodě optickou osu pacienta se směrem, kterým je přes skiaskop oko pozorováno. Je vhodná zejména v případě, že pacient není z jakýchkoliv důvodů schopen fixovat binokulárně. Na skiaskop je pro tuto metodu připevněno jasně zářící fixační světlo bez dalších pomůcek. Pacient se dívá na fixační bod oběma očima a vyšetřující provede skiaskopii pro každé oko zvlášť. Následně optometrista nebo oftalmolog pracuje s tím okem, ve kterém je možné nalézt pupilární reflex, tedy je možné jej dále vyšetřovat. Je-li zamlžené pravé oko pacienta, pak pracujeme s okem levým a naopak. Konvergence navozená fixací blízkého bodu může zvýšit akomodační úsilí a tím pádem ovlivnit naměřené výsledky, to ale může být kompenzováno dalším postupem.

Pokud je reflex přítomen v obou očích, pak necháme pacienta, ať se podívá na vzdálený znak a vyšetřující opět zhodnotí obě oči. Pokud je červený reflex například v pravém oku stále viditelný, i zatímco levé oko fixuje znak do dálky, pak pokračujeme s vyšetřením. Obecně lze takto nalézt malou změnu ve sférické korekci směrem k plusovým hodnotám. Cylindrická korekce obvykle zůstává beze změny. [1] Vzhledem k předpokladu, že akomodace působí na obě oči stejně, má i monokulární změna sféry vliv na obě oči. [1, 2, 7] Tato úprava naměřených hodnot je spolehlivou pouze u dospělých pacientů. U dětí je akomodační úsilí do blízka natolik silné, že pohledem do dálky není uvolněna dostatečně na to, aby poskytla spolehlivé výsledky. [1]

Skiaskopie je o něco ztížena kvůli mioze, tedy zúžení zornice, navozené akomodací na blízký fixační bod. Dále je pak možné, že heteroforie některých pacientů při fixaci na zářivý blízký bod přejde až do heterotropie. Pokud skiaskop při přímém osvětlení jednoho oka působí jako separátor zrakových vjemů, není možné Barrettovu metodu dál provádět. [1]

2.3 Dynamická skiaskopie

O dynamické skiaskopii hovoříme, hodnotíme-li akomodaci oka za binokulární stimulace. Je tedy možné hodnotit stav akomodace za konvergence obou očí navozené pohledem do blízka. Ve zkratce se tedy jedná o skiaskopii při stimulované akomodační odpovědi. Díky tomu je dynamická skiaskopie optimálním nástrojem jak pro odhalení nedostatečné akomodace, tak akomodačního spasmu. Důležitá je zejména při hodnocení akomodace u dětí. Vyšetření probíhá za přirozených světelných podmínek, v klidném prostředí, kde se může vyšetřovaný nerušeně soustředit na text, či jiný fixační bod. [1]

Variací provedení dynamické skiaskopie existuje více. Některé z nich jsou popsány níže a všechny z popsaných technik vycházejí ze dvou základních principů:

Stejně jako u statické skiaskopie, kde je požadována akomodace minimální, tak i u dynamické pozorujeme neutrální reflex. Toho je v prvním případě dosáhnuto tak, že vyšetřovaný binokulárně fixuje blízký podnět v pevně dané vzdálenosti, zatímco vzdálenost skiaskopu se mění, dokud nedojde k neutralizaci reflexu. Rozdíl mezi vzdáleností, na kterou vyšetřovaný fixuje a vzdáleností skiaskopu od oka vyšetřovaného, je mírou „přesnosti“ akomodace. Jinými slovy, pokud bude pacient plně vykorigovaný do dálky, fixující podnět na vzdálenost 30 cm a vyvine tak akomodační úsilí o 2,25 dpt, pak leží sdružený bod sítnice ve 44 cm. Skiaskop pak musí být přiblížen do vzdálenosti 40 cm, aby byl pozorován neutralizovaný reflex. [1, 8]

Vyšetřovaný binokulárně fixuje objekt upevněný na skiaskop a vyšetřující předkládá před oko vyšetřovaného čočky, dokud nedojde neutralizaci reflexu. Hodnota akomodace je pak úměrná dioptrické síle dané čočky. [1] Pokud je opět uvažován plně vykorigovaný vyšetřovaný, sledující podnět ze vzdálenosti 44 cm o vyvinutém akomodačním úsilí 2,25 dpt, pak bude reflex neutralizován při předložení rozptylky o síle – 2,25 dpt. [8]

2.3.1 Nottova skiaskopie

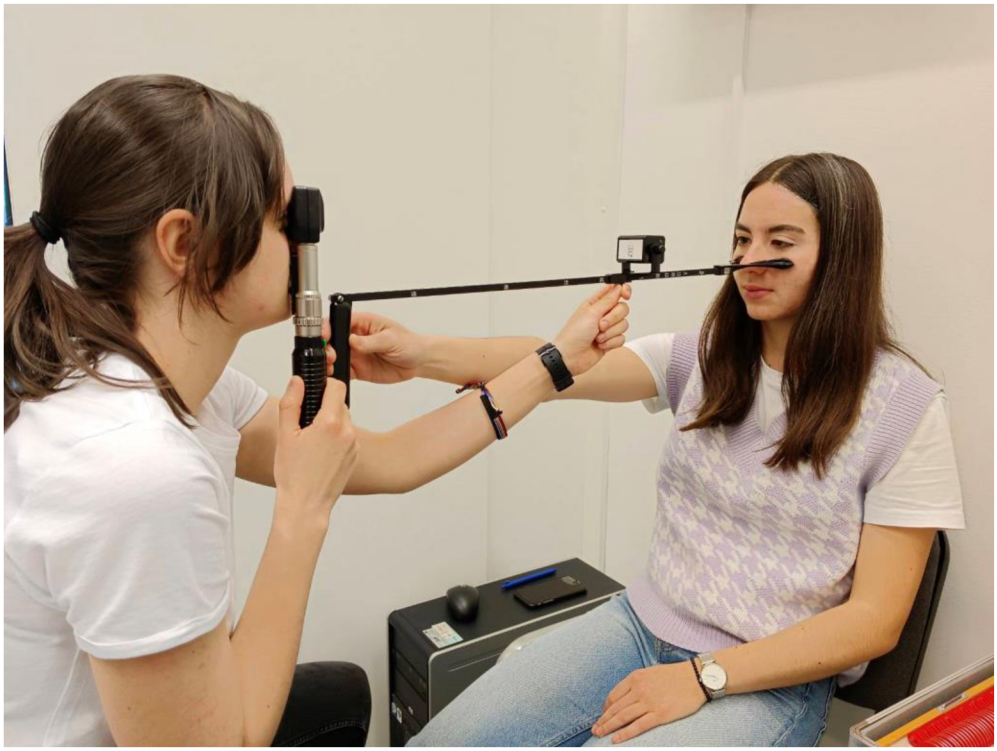
Nottova skiaskopie, občas také nazývána Cross-Nottova skiaskopie, je typ dynamické skiaskopie, ke které nejsou potřeba refrakční lišty. Původně byla vymyšlena optikem A. J. Crossem a následně zdokonalena doktorem I. S. Nottem. Odtud také pochází její název. Tato metoda slouží především k odhalení nedostatku akomodace.

Plně vykorigovaný vyšetřovaný do dálky [8], popřípadě i do blízka, drží čtecí tabulku ve vzdálenosti, která mu vyhovuje, nebo která mu je určena vyšetřujícím, maximálně však 40 cm. Kromě vyšetřovací tabulky mohou být použity také čtecí kartičky s otvorem uprostřed, které však v tomto případě nebudeme upevňovat na skiaskop. Tabulka, či kartička je vyšetřovaným čtena nahlas. Vizus vyšetřovaného by do blízka měl být minimálně 0,63 na vzdálenost 40 cm. [1] Pozice skiaskopu bude nastavena nad vrchní polovinou čtecí tabulky (nebo tak, aby bylo možné pozorovat pohled vyšetřovaného otvorem přes čtecí kartičku) a co nejvíce v linii s optickou osou vyšetřovaného. Pokud je při vyšetřování využíván foropter, pak musí být nastaven do blízka.

Vyšetřující sleduje pohyb červeného reflexu a přibližuje se nebo oddaluje od vyšetřovaného, dokud nenajde bod neutrálního reflexu pro vyšetřované oko. Je-li běh paprsku nesouhlasný, je nutno se k vyšetřovanému přiblížit a naopak. Po nalezení pozice pro neutrální reflex je možné získat hodnotu amplitudy akomodace, kterou je převrácená hodnota vyšetřovací vzdálenosti. [1]

Obrázek 10: Nottova skiaskopie se čtecí tabulkou

K vyšetření dětských či postižených pacientů lze využít modifikaci Nottovy skiaskopie s akomodačním pravítkem. Vyšetřující při této metodě zůstává ve stejné vzdálenosti od pacienta a přibližuje nebo oddaluje text, nebo obrázek připevněný na akomodačním pravítku. [9]



Obrázek 11:Modifikace Nottovy skiaskopie s akomodačním pravítkem

2.3.2 Bell skiaskopie

Tato metoda by se dala volně přeložit také jako „rolničková skiaskopie“, neboť při jejím vzniku byla používána rolnička z kočičího obojku. Dnes se jako fixační podnět využívá malá, většinou kovová kulička připevněná na tyčce. [8] Je to metoda často využívána při vyšetřování u dětí. [1]

Vyšetřovací vzdálenost je 50 cm a v průběhu měření se nemění. Po celou dobu je přes skiaskop pozorován reflex vyšetřovaného oka a fixační bod je přibližován z 50 cm, dokud není červený reflex nesouhlasný. Následně je fixační podnět oddalován, dokud nedojde ke shodě pohybu reflexu a skiaskopu. Pohyb fixačního podnětu by během vyšetřování neměl být rychlejší než 3 cm za sekundu. Vzdálenost, na které došlo

k nesouhlasnému a souhlasnému reflexu, je vždy poznamenána vyšetřujícím. [1] Výsledky bývají zapisovány v centimetrech formou zlomku, např. zápis OD 41 cm/39 cm značí, že při přibližování fixačního podnětu došlo k obratu reflexu na nesouhlasný ve 41 cm od vyšetřovaného oka a při oddalování nastal souhlasný reflex ve vzdálenosti 39 cm od oka. Ideální je pak převod poznamenaných výsledků na dioptrie, [8] tedy 41 cm a 39 cm odpovídá přibližným hodnotám 2,44 dpt a 2,56 dpt.

Nesouhlasný pohyb sítnicového reflexu by měl nastat ve vzdálenosti 43-35 cm, zatímco ke změně reflexu na souhlasný by mělo dojít ve 38-46 cm od vyšetřovaného oka. [7]

Dojde-li k obratu na nesouhlasný reflex v kratší vzdálenosti než 35 cm, pak je akomodace nedostatečná. Naopak pokud nesouhlasný reflex nastane dříve, nebo pokud nedojde ke změně souhlasného pohybu na nesouhlasný v rámci norem během oddalování fixačního bodu, může to být znakem akomodačního spasmu.

2.3.3 Metoda monokulárního odhadu

Metoda monokulárního odhadu, nazývána také MEM skiaskopie (z angl. monoocular estimate method), slouží, stejně jako Nottova skiaskopie, k odhalení nedostatku akomodace, popřípadě akomodačního spasmu. Vyšetřovaný musí být řádně vykorigovaný do dálky, popřípadě do blízka. [1]

Vlastní akomodační odpověď vyšetřovaného na daný podnět může mít za následek falešné naměřené výsledky při jiných metodách vyšetřování stavu akomodace. Monokulárním předsazováním spojných čoček před obě oči, většinou o síle +0,25 dpt až +0,75 dpt, je dosaženo neutrálního reflexu. [1] Čočky musí být předloženy pouze na okamžik, aby nedošlo k vyvolání akomodační odpovědi na stimul dioptrické hodnoty. [10] Ideální doba, po kterou je čočka před okem, by měla být kratší 350 ms, což je obvyklá reakční doba akomodace. [11] Dosáhnout takové rychlosti je ale prakticky nemožné, a tak by doba neměla být delší než 2 sekundy. [1]

Vyšetření probíhá monokulárně, zatímco druhé oko fixuje symboly na čtecí kartičce připevněné na skiaskop. [1] Uvolnění akomodace navozené předkládanými čočkami je minimalizováno díky tomu, že neměřené oko stále fixuje kartičku. [8] Přesto bylo zjištěno, že předložení spojných čoček i tak způsobuje mírné uvolnění akomodace

a tím falešně vznikají výsledky o vyšším akomodačním nedostatku. [12] Skiaskop je při měření ve vzdálenosti asi 40 cm. Na takovou vzdálenost by měl být před předložením čočky vždy pozorován souhlasný pupilární reflex. Nesouhlasný reflex značí akomodační spasmus. [1]

2.4 Další využití skiaskopie

Kromě hodnocení stavu akomodace a zrakových vad u dospělých se dá skiaskopie využít i k jiným účelům. Například při vyšetřování zraku u dětských pacientů, nebo screeingu keratokonu.

2.4.1 Mohindrova skiaskopie

Jedná se o specifický typ skiaskopie, využívaný hlavně v oblasti vyšetřování zraku u dětí. Jmenuje se podle svého zakladatele Dr. Mohindra, který ji vyvinul v roce 1975. Je díky ní možné objektivní naměření vady u dětských pacientů bez nutnosti využití cykloplegik ke krátkodobému uvolnění akomodace. Cykloplegika jsou totiž farmaka, nejčastěji podávaná lokálně, ve formě očních kapek, která způsobují ochabnutí ciliárního tělesa.

Ke správnému provedení Mohindrovy skiaskopie je zapotřebí naprosté tmy. Využíváme k tomu tedy tzv. temnou místnost, která by měla být nepropustná pro světlo zvenčí a jediným zdrojem světla uvnitř by měl být skiaskop. Ve tmě dojde k dilataci zornice vyšetřovaného pacienta a tím i k uvolnění akomodace. Vyšetření probíhá monokulárně na vzdálenost 50 cm a dětský pacient se dívá přímo na zdroj světla, tedy skiaskop. Dále vyšetření probíhá stejně, jako při obvyklém skiaskopickém měření sféro-cylindrické korekce. Výslednou korekci získáme tak, že od naměřené korekce odečteme 1,25 dpt. [1] Někdy je odečítána pouze hodnota 1,00 dpt a pokud je dětský pacient mladší 2 let, pak je odečítáno 0,75 dpt. K úpravě hodnot dochází, jelikož je zohledněna akomodace, kterou dokáže dětské oko vyvinout. Je tím tedy upravena korekce tak, aby vyhovovala při každodenním nošení. Názory na hodnotu, o kterou korekci upravit, se však různí, a proto je možno setkat se s úpravami v rozsahu 0,50 dpt. [13]

Přesto, že je tato metoda prováděna na 50 cm, tedy blízko, nelze ji zaměnit za metodu dynamické skiaskopie. Jak již bylo zmíněno výše, dynamický skiaskopie je prováděna binokulárně a za přirozených světelných podmínek. Je tedy považována za druh statické skiaskopie.

2.4.2 Odhalení a vyšetření keratokonu

Keratokonus je degenerativní, chronické, většinou pomalu progradující, onemocnění rohovky, při kterém se ztenčuje a dochází k její deformaci vyklenutím vpřed, tzv. ektázií. To má za následek narušení optické soustavy oka a tím pádem dochází k poklesu zrakové ostrosti. Nejhorší případy mohou dojít až k praktické slepotě. Mimo zhoršené vidění jsou typickými znaky keratokonu například nepravidelný astigmatismus, Munsonův znak, tedy prohnutí dolního očního víčka do tvaru V při pohledu pacienta dolů nebo Fleischerův prstenec, tedy kruh nahnědlé barvy kolem apexu vyklenutí. [14, 15, 16]

Při skiaskopickém vyšetření je možné odhalit keratokonus i před tím než začnout být zjevné další příznaky. Při pásové skiaskopii totiž můžeme v místě vyklenutí rohovky pozorovat takzvaný „Scheren-Effekt“, neboli česky „nůžkový efekt“, v místě zornicového reflexu. Nazývá se tak, neboť se obraz pruhu pupilárního reflexu v místě vyklenutí rozdvojí. Při plynulém pohybu paprsku to pak jeho rozdvojování a spojování připomíná pohyb nůžek. Podle místa, kde Scheren-Effekt pozorujeme pak lze keratokonus dále hodnotit. Je-li efekt pozorován ve středu rohovky, jedná se o centrální ektázii, je-li níže, pak to bude ektázie decentrovaná lehce nebo výrazně dolů. Podle rozsahu efektu pak může být dále hodnocen i tvar vyklenutí, a to sice jedná-li se o oválný, či kruhový. [1]

Díky tomu může být keratokonus vyšetřujícím objeven zcela náhodou, avšak velmi brzy, což může být pro pacienta s tímto onemocněním výhodou. Čím dříve se takové onemocnění odhalí, tím pečlivěji je možno jej sledovat a tím i efektivněji zpomalovat jeho progresy, popřípadě řešit nastalé komplikace s ním spojené.

2.4.3 Skiaskopie po refrakčních operacích

Existuje několik způsobů, jak pomocí chirurgického zákroku upravit refrakční hodnotu optické soustavy oka. V současné době je nejvyužívanějším zákrokem operace LASIK, proto se tato podkapitola věnuje především jí. LASIK funguje na principu úpravy tvaru rohovky. Podle vady, která je operací kompenzována, zůstává po zákroku oploštěná buď centrální, nebo periferní část rohovky. [17] Neobvyklý tvar rohovky pak při skiaskopii může způsobit neobvyklý vzhled pupilárního reflexu, podobně jako je tomu u keratokonu *(viz podkapitola 2.4.2)*.

Prvních pár dnů bezprostředně po zákroku může být téměř nemožné naměřit vyhovující hodnoty. Mimo změnu tvaru rohovky, je možné, že optická zóna a osa vidění pacienta se po operaci nebudou shodovat, což dále stěžuje pooperační skiaskopickou kontrolu refrakce. Obecně platí, že nejtěžší je měření během prvních 30 dnů po operaci. Poté pooperační otok rohovky ustupuje a reflexy se stávají jasnějšími. [2] I po úplném zhojení a ustálení rohovky, je důležitá velká preciznost a pozornost vyšetřujícího.

Zásadním pravidlem při skiaskopickém měření refrakce po operaci LASIK je řídit se dle reflexu ve středu pupily. Pokud se korekce blíží k ideálním hodnotám a červený reflex se tak blíží k neutralitě, je možné pozorovat souhlasný či nesouhlasný pohyb reflexu v periferních částech. Těchto reflexů v periferii není potřeba si všímat. Bod neutralizace je třeba vyhodnotit velmi přesně. Pokud vyšetřující bod neutralizace mine, může nastat zvláštně vypadající reflex, který je v jednom řezu širší a v druhém užší. Vypadá jako opak „nůžkového efektu“. Je proto lepší hodnotit bod neutralizace, dokud je pohyb červeného reflexu souhlasný.

Další komplikací může být při ablaci centrální části rohovky odlesk, který na ní vzniká a může být milně zaměňován za neutrální reflex. V takovém případě pomáhá mírné posunutí skiaskopu do periferie. Dále pak měření probíhá stejně – stále je však důležité soustředit se především na červený reflex v centrální části pupily. [2]

3 Skiaskopie ve srovnání s dalšími diagnostickými metodami v optometrii a oftalmologii

Jak již bylo zmíněno v této práci, skiaskopie je vyšetřovací metodou k hodnocení zraku, jako například objektivní refrakce či akomodačních funkcí oka. Není však jedinou metodou, která se dá pro takové účely využívat, stejně tak skiaskop není jediným přístrojem, který se dá k daným měřením použít.

Tato kapitola je proto zaměřena především na shrnutí různých výhod i komplikací při využití skiaskopie včetně srovnání skiaskopie s jinými přístroji a metodami měření.

3.1 Výhody a nevýhody skiaskopie

Skiaskopie je relativně jednoduchou, a přitom přesnou diagnostickou metodou. Ke většině typů skiaskopických měření stačí menší místnost, kde lze dostatečně zatemnit, a sada skiaskopických lišt, popřípadě pár kartiček k provedení dynamické skiaskopie. Další vybavení lze pořídit v závislosti na tom, jaké metody budou na daném pracovišti využívané. Veškeré toto vybavení je cenově velmi dostupné ve srovnání s ostatními přístroji pro měření akomodace nebo objektivní refrakce, a to včetně samotného skiaskopu. Zatímco ceny autorefraktometrů se pohybují ve sta tisícových částkách, skiaskop stojí v průměru kolem deseti až dvaceti tisíc korun českých. Díky tomu mohou i začínající oftalmologové či optometristé bez zvlášť vysokých finančních výdajů ihned od začátku na svých klinikách provádět komplexní měření zrakových funkcí.

Další výhodou je i přenosnost veškerého vybavení. Měření zrakových funkcí u imobilních pacientů či malých dětí tak může být jednodušší než s autorefraktometrem, či jinými velkými a nepřenosnými přístroji. U dětí nebo mentálně postižených pak může být výhodou i to, že nemusíme složitě nastavovat jejich obličej na příslušné opěrky, ale stačí, aby se přirozeně a relativně pohodlně usadili.

Nevýhodou skiaskopického vyšetření pak může být skutečnost, že je negativně ovlivnitelné mnoha vnějšími faktory. Chybné výsledky v refrakci mohou být způsobeny chybami vyšetřujícího buď v samotném měření, nebo ve špatném nastavení vyšetřovací

vzdálenosti či úhlu, pod kterým vyšetření probíhá. V takovém případě se jedná o chyby, které lze během měření kontrolovat a napravit. Negativně mohou na měření působit i okolnosti vyšetřujícím neovlivnitelné. Jednou z nich je například velikost pupily klienta, nebo oční monochromatické aberace.

3.1.1 Špatně nastavená vyšetřovací vzdálenost

Jednou z chyb, které se vyšetřující při skiaskopování mohou dopustit velmi často, je špatné nastavení vzdálenosti mezi vyšetřujícím a klientem, resp. vyšetřovací vzdálenosti. Ta musí být co nejpřesnější, jinak by při přepočtu naměřených hodnot bylo dosaženo nesprávných výsledků. Čím větší je pracovní vzdálenost, tím jsou chyby v přepočtu dioptrií menší. Pro co nejpřesnější měření se tedy ideální jeví co největší vyšetřovací vzdálenost. V praxi je však maximální vzdálenost vyšetřujícího a klienta omezená, neboť k měření je potřeba aby vyšetřující dobře dosáhl na zkušební obrubu, foropter, nebo byl schopen pohodlně předložit skiaskopickou lištu před oko. Dalším důvodem je i skutečnost, že červený reflex je s prodlužující vzdáleností hůře viditelný. Vyšetřovací vzdálenost je proto v praxi nejčastěji 50 cm nebo 67 cm.

I pokud si vyšetřující před měřením správně nastaví a zkontroluje vzdálenost mezi ním a klientem, je potřeba vzdálenost průběžně kontrolovat i během vyšetření. Je přirozené, snažit se přiblížit ke klientovi, obzvláště pokud je červený reflex například hůře vidět. Je však nutné pamatovat na skutečnost, že pokud je zvolená vyšetřovací vzdálenost 50 cm, pak při její změně o 5 cm vzniká chyba o hodnotě 0,22 dpt. K rychlé kontrole vzdálenosti se dá použít například provázek, přichycený k židli, na které sedí klient, který narovnáme či natažením ruky. [1] Při vyšetření na autorefraktometru není potřeba toto řešit, neboť klient je fixován v opěrce autorefraktometru, nastavení správné vzdálenosti je jednoduché a rychlé, stejně jako samotné vyšetření. Pokud by přesto k odchylce ve vyšetřovací vzdálenosti došlo, přístroj ji sám zaregistruje a měření zastaví, či navrhne nové. I tak je samozřejmě důležité dát si pozor na správnou fixaci klienta v opěrce.

3.1.2 Měření mimo optickou osu

Ve většině zdrojů, zabývajících se skiaskopií a objektivním měření refrakce, je zmiňována důležitost provádění měření v souladu s optickou osou klienta. Málokterý z daných zdrojů ale uvádí, jaký vliv má odchýlení se od optické osy na vyšetření v praxi. D.W. Jackson a kol. [18] v červnu 2004 vydal experimentální studii, zabývající se právě ovlivněním přesnosti výsledků naměřené objektivní refrakce, pokud je osa skiaskopu odchýlena od optické osy pacientova oka. Podnětem ke studii byl především fakt, že u některých pacientů může být obtížné měřit v souladu s optickou osou po celou dobu. Takovými pacienty mohou být například děti, nepříliš spolupracující s průběhem vyšetření, či klienti pod vlivem sedativ.

Studie byla provedena pro odchylky různých velikostí a její výsledky potvrdily důležitost udržení měření v souladu s optickou osou. Měření probíhalo na pacientech v cykloplegii, což tento experiment odlišuje od jiných studií [19–21], které probíhaly na očních fantomech. U těchto experimentálních metod byl odhad naměřených odchylek extrémní v porovnáním s reálnými situacemi. Dále pak tyto studie začínaly měření s odchylkou minimálně 20° od optické osy, v praxi je však mnohem pravděpodobnější že se vyšetřující nechtěně odchýlí například o 5°. Výsledky Jacksonovy studie [18] uvádí hodnotu sférického ekvivalentu naměřené refrakce přibližně o – 0,40 dpt, – 0,90 dpt, – 1,00 dpt, – 1,38 dpt a – 1,80 dpt pro odchylky o 0°, 5°, 10°, 15° a 20°. Síla hodnot astigmatismu se pak průměrně zvýšila o 3 % s každým přibývajícím stupněm odchylky. Pravidlo pro změnu v ose astigmatismu však pozorováno nebylo – u některých pacientů se osa od původní polohy vychýlila, u jiných zůstala bez zásadní změny při všech měřeních.

Odchýlením se od optické osy při vyšetření klientova oka o pouhých 5° může tedy dojít k falešné myopizaci výsledné objektivní refrakce a hodnota naměřené cylindrické refrakce by v průměru byla o 15 % vyšší. Otázkou je, zda je vůbec možné v praxi udržet vyšetření v souladu s optickou osou po jeho celou dobu, a tím nijak neovlivnit výsledné naměřené hodnoty. Obtížné to může být především u pacientů kteří nejsou schopni dostatečně spolupracovat s postupem vyšetření. Těmi mohou být například děti či pacienti s mentálním postižením.

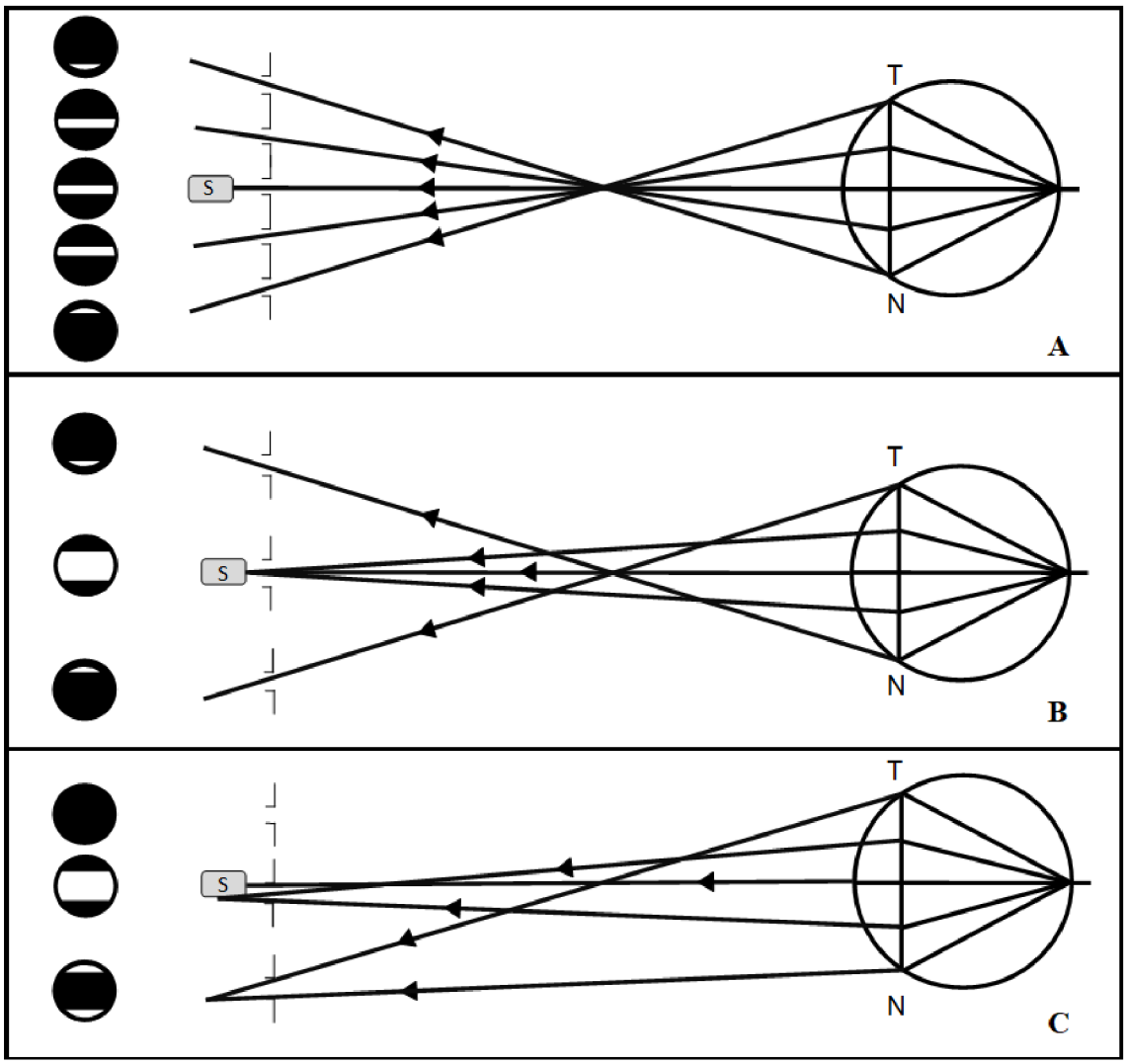
3.1.3 Vliv velikosti pupily a monochromatických aberací na měření

Velikost pupily je jedním z faktorů, který je za přirozených podmínek vyšetřujícím téměř neovlivnitelný, pokud vyšetření neprobíhá v cykloplegii, tedy za umělé mydriázy zornice. Vyšetřující může ve vyšetřovně více zatemnit, pro větší rozšíření zornice, či třeba nastavit vyšší jas světelného svazku skiaskopu, pokud chce dosáhnout zmenšení průměru pupily vyšetřovaného. Přesto je velikost pupily dána především fyziologicky, a nelze tak její velikost dokonale a přesně upravit. [1] Přitom se může jednat o velmi důležitý faktor při pozorování červeného reflexu. Přítomnost monochromatických aberací v optické soustavě oka může mít rovněž dopad na formu červeného reflexu.

Monochromatické optické aberace je možné popsat jako odchylky od ideálního zobrazení, či ideální vlnoplochy, pro jednu určitou vlnovou délku. Podle velikosti dané odchylky je pak možné rozřadit aberace do jednotlivých řádů, podle Zernikeho polynomů. Monochromatickou aberací prvního řádu je tzv. tilt, v optometristické praxi se jedná o prismata. Aberacemi druhého řádu jsou defokus a pravidelný astigmatismus, z aberací třetího řádu je pak pro optickou soustavu lidského oka nejvýznamnější koma. V optické soustavě lidského oka pak může dojít ke sférické aberaci, která patří ke čtvrtému řádu monochromatických aberací. Je velice důležité si uvědomit, že sférická aberace neznamená sférická vada oka, tedy hypermetropie nebo myopie. Sférické vady oka patří pod defokus, a sférickou aberací je to, co nazýváme otvorová vada. Otvorová vada je ovlivněna především šířkou pupily. Čím je zornice lidského oka širší, tím větší je pravděpodobnost, že se tato aberace projeví. Dále se dá předpokládat, že šířka pupily ovlivní i projev dalších možných aberací, neboť čím širší je pupila, tím širší svazky paprsků budou do optické soustavy vstupovat a tím výraznější bude jejich vliv na deformaci obrazu na sítnici.

Studie z roku 1996 [22], pod vedením A. Roorda a W. R. Bobiera se zabývala právě zkoumáním vlivu monochromatických aberací na skiaskopické vyšetření. Vycházela z teorie, že nahnutí skiaskopu způsobuje odklon od soustřednosti (excentricity) obrazu zdroje světla od pozorovací pupily ve středu polopropustného zrcadla, čímž je změněna podoba červeného reflexu. Tato změna závisí na optických aberacích a refrakčních vadách v optické soustavě oka. Na základě této teorie a jednoduché ilustrace chodu paprsků při jednotlivých aberacích *(obr. 12)* pak A. Rooda a W. R. Bobier předpokládali, jak by mohly vypadat pozorované reflexy

pro dané aberace. Výsledky studie potvrdily předvídané reflexy a dá se podle nich tedy předpokládat větší komplikovanost reflexu, čím vyšší je řád dané monochromatické aberace. Z výsledků také vyplývá, že nekorigovaný defokus je hlavním zdrojem reflexu. Čím lépe je pak defokus vykorigován, tím více se začnou projevovat i reflexy navozené ostatními aberacemi, a to především v periferii pupily. Studie tak podporuje doporučení soustředit se na neutralizaci reflexu především v centru pupily *(viz podkapitola 2.4.3)*.



Obrázek 12: Předpokládaný vliv různých monochromatických aberací na červený reflex pozorovaný při skiaskopii. A – myopický defokus, B – sférická aberace, C – koma. (upraveno) [22]

Ze studie dále vyplývá, že nelze najít univerzální velikost zornice, při které by bylo nejvhodnější vyšetření provádět. Malá zornice nemusí být vždy výhodnou, neboť pozorovaný reflex bude slabší a hůře pozorovatelný, přestože u některých klientů lze skiaskopické vyšetření bez problémů provést i při plně dilatované pupile. Některé reflexy navozené monochromatickými aberacemi oka pak nemusí být velikostí pupily ovlivněné vůbec – tak tomu bude například u keratokonu. Keratokonus je fakticky koma, a „Scheren-Effekt" pozorovaný při jeho vyšetřování bude pozorovatelný téměř nezávisle na velikosti zornice vyšetřovaného *(viz podkapitola 2.4.2)*.

3.2 Porovnání skiaskopu s využitím dalších přístrojů

Skiaskop byl dlouhou dobu jediným přístrojem využitelným k měření objektivní refrakce, především díky jeho jednoduché konstrukci. V současné době však již existuje řada moderních přístrojů, kterými můžeme hodnotit zrakové funkce stejně jako pomocí skiaskopu. Otázkou je, zda je toto měření stejně přesné, či možná dokonce lepší než skiaskopie. Následující podkapitoly se proto zabývají shrnutím studií, zaměřených právě na srovnání skiaskopie s jinými metodami měření.

3.2.1 Porovnání při měření refrakce

Studie z roku 2018 [23] porovnávala výsledky skiaskopického měření a měření pomocí autorefraktometru. Pro tuto studii bylo změřeno 5053 íránských dětí ve věku od 6 do 12 let. U všech pacientů byla nejprve změřen jejich naturální vizus, tedy vizus bez korekce, následně subjektivní refrakce a poté refrakce objektivní. K měření objektivní refrakce byl použit skiaskop HEINE Beta 200 a autorefraktometr NIDEK ARK-510A. Měření na obou přístrojích bylo nejprve provedeno bez a následně v cykloplegii. Motivem ke srovnávání cykloplegického a necykloplegického měření byly výsledky jiných studií, z nichž vyplývá, že cyckloplegická refrakce je přesnější než refrakce měřená bez cykloplegie. Dále se pak většina studií shoduje v tvrzení, že autorefrakce bez cykloplegie se velmi liší od skiaskopických výsledků a výsledků subjektivní refrakce, na rozdíl od autorefrakce naměřené v cykloplegii, která je velmi spolehlivá. Měření refrakce autorefraktometrem v cykloplegii je tedy upřednostňovanou metodou v situacích, kdy je potřeba maximální přesnost. [24–28] Některé studie

dokonce tvrdí, že měření objektivní refrakce v cykloplegii autorefraktometrem je nejpřesnější metodou, dokonce více spolehlivou než subjektivní refrakce a skiaskopie. [29] Nové výsledky íránské studie [23] však ukazují, že za cykloplegie jsou výsledky skiaskopického i autorefraktivního měření srovnatelné. Výsledky naměřené sférické refrakce byly při autorefraktometrii statisticky výrazně vyšší, než u skiaskopie ($P < 0,001$), s tím, že nadhodnocení refrakčních hodnot bylo významné u všech věkových kategorií, které se výzkumu zúčastnily ($P < 0,0001$). Hodnota 95% konfidenčního intervalu mezi oběma metodami byla pro sférické hodnoty od –0,35 dpt do +0,50 dpt a pro cylindrické hodnoty od –0,12 dpt do +0,15 dpt pro vektor J_0 a –0,10 dpt do +0,11 pro vektor J_{45}. U všech refrakčních vad byl tedy výsledek měření nadhodnocen při autorefraktometrii, na rozdíl od skiaskopického měření. To může být mirně významnější pro pacienty s vyššími hodnotami hypermetropické vady, avšak klinicky je to rozdíl zanedbatelný a skiaskopie se tak dá považovat za srovnatelnou s autorefraktometrií. Statisticky jsou tedy rozdíly v naměřených hodnotách významné, avšak klinicky je možno je považovat za nedůležité, neboť jsou nižší než ±0,25 dpt. Statistickou významnost rozdílů měření je při této studii možné připisovat i velkému množství pacientů účastnících se studie.

Další studií [30], zabývající se srovnáním měření objektivní refrakce, je studie z roku 2021 provedena v Demokratické Republice Kongo. Studie měřila cykloplegickou refrakci pravého oka 54 dětí ve věku od 6 do 17 let. Sférický ekvivalent (dále jen SE) naměřené refrakce v cykloplegii pak použila jako základ pro subjektivní refrakci. Měření subjektivní refrakce proběhlo vždy minimálně 72 hodin po cykloplegii. Výsledky studie opět uvádí výraznou shodu mezi hodnotami naměřenými autorefraktometrem a skiaskopem a v podstatě se shoduje s výsledky studie [23] z roku 2018 zmíněné výše. Novým poznatkem je, že SE získaný hodnotami naměřenými při cykloplegické skiaskopii se shoduje se subjektivní refrakcí o trochu více než výsledky cykloplegické autorefraktometrie. Skiaskopické výsledky jsou tedy podle této studie vhodnější pro získání referenčních hodnot k subjektivní korekci.

Přesnost skiaskopického měření lze porovnávat nejen s autorefraktometrem, ale i například s Plusoptix systémem. V roce 2019 vyšla studie [31], která porovnává Plusoptix S12R s cykloplegickou autorefraktometrií na autorefraktometru Potec PRK-6000 a cykloplegickou skiaskopií prováděnou skiaskopem HEINE Beta-200. Plusoptix S12R je přístroj, využívaný k měření refrakce, velikosti pupily, pupilární

distance a pohledové odchylky – to vše probíhá v reálném čase, biokulárně a bez cykloplegie. Jedná se o účinnou screeningovou metodu vhodnou pro děti či pacienty s postižením. Měření probíhalo na 100 dětech rozdělených do 2 skupin podle věku. Součástí první skupiny byly děti od 3 do 7 let, které byly měřeny pouze přístrojem Plusoptix a cykloplegickou skiaskopií z důvodu nedostatečné spolupráce při autorefraktometrii. Druhá skupina byla složena z dětí ve věku od 8 do 15 let, které již byly měřeny všemi přístroji, tedy Plusoptixem, atuorefraktometrem bez cykloplegie a v cykloplegii a skiaskopem v cykloplegii. Pro účely této bakalářské práce však stačí výsledky z porovnání cykloplegické skiaskopie s Plusoptix systémem. Naměřené refrakční hodnoty přesahující –7,00 dpt a +5,00 dpt jak při sférických, tak cylindrických vadách, byly ze studie vynechány, neboť překračují rozsah měření přístroje Plusoptix S12R. Výsledky srovnání měření v první i druhé skupině se opět ukazují jako podstatné pouze statisticky, zatímco prakticky jsou v podstatě nevýznamné. U první i druhé skupiny byly naměřené sférické hodnoty statisticky značně nižší než u Plusoptix systému ($P > 0{,}001$), zatímco cylindrická hodnota byla u Plusoptix systému vyšší ($P > 0{,}001$). Ze studie tedy vyplývá, že hodnoty naměřené skiaskopií v cykloplegii silně korelují s výsledky měření Plusoptix systému. I tak je doporučeno refrakci změřenou přístrojem Plusoptix doplnit skiaskopickým měřením v cykloplegii.

3.2.2 Porovnání při měření akomodačních funkcí

Mimo skiaskopii statickou, používanou především k hodnocení objektivní refrakce, existuje i skiaskopie dynamická *(viz kapitola 2)*, která slouží například k měření akomodační amplitudy či akomodačního nedostatku nebo spasmu. Stejně jako pro měření objektivní refrakce dnes existují moderní přístroje a nové metody k hodnocení stavu akomodace, a tím pádem i studie, zabývající se otázkou přesnosti skiaskopického vyšetření ve srovnání s vybranými moderními metodami. [32, 33]

R. Aboumourad společně s H. A. Anderson vydali v roce 2019 studii [32] porovnávající open-field autorefraktometrii s dynamickou skiaskopií. Studie nezmiňuje model použitého skiaskopu, použitý autorefraktometr byl modelu WAM-5500 Grand Seiko. Jedná se o autorefraktometr, na kterém lze vyšetřovat binokulárně, tedy umožňuje dynamické měření akomodace. [34] Nedominantní oko vyšetřovaných účastníků studie bylo zakryto okluzorem i přes možnost binokulárního měření. Studie

probíhala na vzorku 100 osob ve věkovém rozmezí od 5 do 60 let. Po vyřazení 2 odlehlých hodnot naměřených u mladých účastníků studie, kteří špatně reagovali na jednu z metod, výsledky studie udávají silnou shodu výsledků mezi oběma způsoby měření. Hodnota 95% konfidenčního intervalu byla od –1,87 dpt do +1,92 dpt. Mimo jiné studie dále potvrzuje i fakt, že akomodační amplituda se snižuje s přibývajícím věkem.

Další studie [33], vydána v roce 2018, zkoumala přesnost měření síly akomodačního nedostatku pomocí Nottovi skiaskopie a MEM skiaskopie *(viz podkapitoly 2.3.1 a 2.3.3)* ve srovnání s open-field autorefraktometrií. Ve studii byly hodnoty naměřené metodami dynamické skiaskopie srovnávány se sférickým ekvivalentem výsledků získaných autorefraktometrií a s hodnotami akomodace naměřené autorefraktometrem ve 180°, tedy horizontálním meridiánu oka. Vyšetřováno bylo vždy pravé oko celkem 53 účastníků, rozdělených do 2 skupin. První skupina sestávala z 26 dětí, ve věku od 7 do 16 let a druhá skupina ze 27 dospělých účastníků od 22 do 29 let. Vyšetření všemi přístroji probíhalo na vzdálenost 33 cm. Autorefraktometrem bylo provedeno pět opakovaných měření refrakce, při kterých byla binokulárně pozorována čtecí kartička *(viz podkapitola 1.3)* typu Welch Allyn Grade 6. Výsledky měření byly zprůměrovány a následně z nich byl vypočítán sférický ekvivalent a hodnota refrakce pro horizontální meridián. K takto získaným hodnotám pak byly přičteny 3,00 dpt. Od výsledků získaných Nottovou skiaskopií *(viz podkapitola 2.3.1)* byla naopak hodnota o 3,00 dpt odečtena. Kladná hodnota po přičtení nebo odečtení 3,00 dpt značí akomodační nedostatek, záporná hodnota by pak znamenala akomodační nadbytek. U MEM skiaskopie se hodnota akomodačního nedostatku či nadbytku rovnala dioptrické hodnotě čočky, při jejímž předložení došlo k neutralizaci reflexu *(viz podkapitola 2.3.3)*. Výsledky studie opět ukazují výraznou shodu skiaskopického i autorefraktivního měření jak u dětí, tak dospělých, a to i u jedinců s akomodačním nedostatkem o relativně nízkých hodnotách. Navíc z nich vyplývá, že přepočítáním hodnot získaných autorefraktometrem pro meridián, jež je shodný s meridiánem, ve kterém bylo provedeno skiaskopické vyšetření, lze dosáhnout ještě vyšší shody ve výsledcích. Průměrné naměřené hodnoty akomodačního nedostatku pak byly 0,69 dpt pro MEM skiaskopii, 0,62 dpt pro Nottovu skiaskopii, 0,66 dpt pro hodnotu naměřenou autorefraktometrem v horizontálním meridiánu a 0,60 dpt pro sférický ekvivalent hodnot naměřených autorefraktometrem. Naměřený

akomodační nedostatek se v rámci jednotlivých metod příliš nelišil ($P = 0,48$), avšak u dětí byly jeho celkové hodnoty nižší, než u dospělých ($P < 0,001$).

Závěr

Cílem této práce bylo vypracovat ucelený zdroj informací o skiaskopii, jakožto metodě využívané v optometristické i oftalmologické praxi k vyšetřování zraku. Byl popsán skiaskop, tedy přístroj, ke skiaskopii využívaný a jeho vývoj. Byť přístroj sám o sobě od vynálezu pásového skiaskopu nabízí vše, co je k vyšetření potřeba, stále je možné jej vylepšovat a propojovat s moderními technologiemi současné doby. Takovým příkladem je například gimbaloskop.

Skiaskopie a metody, kterými lze vyšetřovat jak objektivní, tak subjektivní refrakci, se sice nikam dále nevyvíjejí, výsledky měření však bývají velmi přesné a srovnatelné s výsledky získanými moderními přístroji jakými jsou autorefraktometry či plusoptix systém. To platí jak pro dynamickou skiaskopii, pomocí níž se hodnotí stav akomodace očí pacienta, tak pro skiaskopii statickou, používanou při měření objektivní refrakce. U statické skiaskopie to pak platí obzvláště, jsou-li k vyšetření využita cykloplegika. Skiaskopické vyšetření sice může být ovlivněno mnoha vnějšími faktory, pokud jim však vyšetřující věnuje dostatečnou pozornost a ví, čeho si všímat, lze většinu z nich eliminovat. Výhody skiaskopie jsou pak její relativní jednoduchost, a možnost provádět vyšetření flexibilně a téměř kdekoliv, díky lehké přemístitelnosti skiaskopu. To může být výhodou především u dětských nebo postižených pacientů, kteří nedobře spolupracují při vyšetřeních autorefraktometrem. Menší pracoviště pak jistě ocení i cenovou dostupnost veškerého vybavení.

Skiaskopie je všestrannou vyšetřovací metodou, která by jistě našla uplatnění v mnoha oftalmologických klinikách a jiných pracovištích poskytujících služby měření zraku. Zkušení vyšetřující, kteří ovládli jednotlivé techniky měření pomocí skiaskopu, dokáží hodnotit zrak objektivně, flexibilně a komplexně, s výsledky srovnatelnými s moderní technikou.

Seznam použité literatury

1. Hornig M, Harms KR. Die Praxis Der Skiaskopie. 1st ed. DOZ-Verlag Optische Fachveröffentlichung GmbH; 2011. ISBN 9783942873031

2. Corboy JM. The Retinoscopy Book: An Introductory Manual for Eye Care Professionals. 5th ed. Slack; 2003. ISBN 1556426232

3. Chandrakanth P et al. The Gimbalscope – A novel smartphone assisted retinoscopy technique. Indian Journal of Ophthalmology 2022:70;e3112-3115 doi: 10.4103/ijo.IJO_221_22; dne 20.3. 2023

4. Mülhaupt M, Michel F, Schiefer U, Ungewiss J. Vorstellung eines neuartigen Videoskiaskops. Ophthalmologe, 2021;118:e854–858. doi: 10.1007/s00347-021-01399-0; dne 20.3. 2023

5. Allen RJ, Fletcher R, Still DC. Eye Examination and Refraction. Wiley-Blackwell; 1991. ISBN 0632028661

6. Rutrle M. Přístrojová Optika. 1st ed. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně; 2000. ISBN 8070133015

7. Benjamin JW. Borish's Clinical Refraction. Butterworth-Heinemann – Elsevier; 2006. ISBN 9780750675246

8. Zadnik K. The Ocular Examination. 1st ed. Saunders; 1997. ISBN 0721652093

9. McClelland JF, Parkes J, Hill N, Jackson AJ, Saunders KJ. Accommodative Dysfunction in Children with Cerebral Palsy: A Population-Based Study. Investigative Opthalmology & Visual Science. 2006;47:e1824-1830. doi: 10.1167/iovs.05-0825; dne 10.3. 2023

10. Valenti CA. The Full Scope of Retinoscopy, revised ed. Santa Ana, CA: Optom Extension Prog, 1990. ISBN 0943599075

11. Hogan RE, Gilmartin B. The choice of laser speckle exposure duration in the measurement of tonic accommodation. Opthalmic Physiol Opt 1984;4:e365-368. doi:10.1111/j.1475-1313.1984.tb00379.x; dne 11.12.2022

12. Rouse MW, London R, Allen DC. An Evaluation of the monocular estimate method of dynamic retinoscopy. Am J Physiol Opt , March 1982; 59;e234-239. z doi: 10.1097/00006324-198203000-00006; dne 11.12.2022

13. Najmanová E. Korekce zraku II: Vyšetřování dětí optometristou. Přednáška k předmětu Korekce zraku II. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2021

14. Pavel Kuchynka a kolektiv. Oční Lékařství. 2., přepracované a doplněné vydání. Grada Publishing; 2016. ISBN 9788024750798

15. Gottwaldová P. Kontaktní čočky: Účinek farmak na nošení KČ a keratokonus. Výukové materiály a přednáška k předmětu Kontaktní čočky. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2021

16. Hrabčíková P. Moderní trendy v oftalmologii: Transplantace v oftalmologii. Přednáška k předmětu Moderní trendy v oftalmologii. Katedra všeobecného lékařství Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2022

17. Pluháček F. Korekce zraku II: Korekce zraku pomocí refrakčních operací, doplněk ke Korekci zraku I. Přednáška k předmětu Korekce zraku II. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2021

18. Jackson DW, Paysse EA, Wilhelmus KR, Hussein MAW, Rosby G, Coats DK. The effect of off-the-visual-axis retinoscopy on objective refractive measurement. American Journal of Ophthalmology 2004;137:e1101-1104. doi: 10.1016/j.ajo.2004.02.012; dne 13.4. 2023

19. Lotmar W, Lotmar T. Peripheral astigmatism in the human eye: Experimental data and theoretical model predictions. J Opt Soc Am 1974;64:e510–513. doi: 10.1364/josa.64.000510; dne 23.4. 2023

20. Millodot M, Lamont A. Refraction of the periphery of the eye. J Opt Soc Am 1974;64:e110–111. doi: 10.1364/josa.64.000110; dne 23.4. 2023

21. Rempt F, Hoogerheide J, Hoogenboom WPH. Peripheral retinoscopy and the skiagram. Ophthalmologica 1971;162:e1–10. doi: 10.1159/000306229; dne 23.4. 2023

22. Rooda A, Bobier WB. Geometrical technique to determine the influence of monochromatic aberrations on retinoscopy. J. Opt. Soc. Am. A. 1996;13:e3-10; doi: 0.1364/josaa.13.000003; dne 13.4. 2023

23. Hashemi H, Khabazkhoob M, Asharlous A, Yekta A, Emamian MH, Fotouhi A. Overestimation of hyperopia with autorefraction compared with retinoscopy under cycloplegia in school-age children. British Journal of Ophthalmology. 2018;102:e1717-1722. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-311594; dne 14.4. 2023

24. Hashemi H, Khabazkhoob M, Asharlous A, et al. Cycloplegic autorefraction versus subjective refraction: the Tehran Eye Study. Br J Ophthalmol 2016;100:e1122–7. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307871; dne 14.4. 2023

25. Chen J, Xie A, Hou L, et al. Cycloplegic and noncycloplegic refractions of Chinese neonatal infants. Invest Ophthalmol Vis Sci 2011;52:e2456–61. doi: 10.1167/iovs.10-5441 dne 14.4. 2023

26. Won JY, Shin HY, Kim SY, et al. A comparison of the Plusoptix S09 with an autorefractometer of noncycloplegics and cycloplegics in children. Medicine2016;95:e4596-4600. doi: 10.1097/md.0000000000004596; dne 14.4. 2023

27. Nayak BK, Ghose S, Singh JP. A comparison of cycloplegic and manifest refractions on the NR-1000F (an objective Auto Refractometer). Br J Ophthalmol 1987;71:e73–75. doi: 10.1136/bjo.71.1.73; dne 14.4. 2023

28. Choong YF, Chen AH, Goh PP. A comparison of autorefraction and subjective refraction with and without cycloplegia in primary school children. Am J Ophthalmol 2006;142:e68–74. doi: 10.1016/j.ajo.2006.01.084; dne 14.4. 2023

29. Walline JJ, Kinney KA, Zadnik K, et al. Repeatability and validity of astigmatism measurements. J Refract Surg 1999;15:e23–31. doi: 10.1016/s0886-3350(02)01333-0; dne 15.4. 2023

30. Mukash SN, Kayembe DL, Mwanza JC. Agreement Between Retinoscopy, Autorefractometry and Subjective Refraction for Determining Refractive Errors in Congolese Children. Clinical Optometry. 2021;13:e129-136. doi: 10.2147/opto.s303286; dne 15.4. 2023

31. Saini V, Raina U, Gupta A, et al. Comparison of Plusoptix S12R photoscreener with cycloplegic retinoscopy and autorefraction in pediatric age group. Indian Journal of Ophthalmology. 2019;67:e1555-1559. doi:10.4103/ijo.ijo_1465_18; dne 16.4. 2023

32. Aboumourad R, Anderson HA. Comparison of Dynamic Retinoscopy and Autorefraction for Measurement of Accommodative Amplitude. Optometry and Vision Science. 2019;96:e670-677. doi: 10.1097/opx.0000000000001423; dne 16.4. 2023

33. Nguyen AT, Wayne JL, Ravikumar A, Manny RE, Anderson HA. Accommodative accuracy by retinoscopy versus autorefraction spherical equivalent or horizontal meridian power. Clinical and Experimental Optometry. 2018;101:e778-785. doi: 10.1111/cxo.12678; dne 17.4. 2023

34. WAM-5500 Binocular Accommodation Auto Ref/Keratometer – SHIGIYA MACHINERY WORKS LTD. http://grandseiko.com/en/wam-5500-binocular-accommodation-autoref-keratometer. [online 17.4. 2023]

Seznam obrázků

Obr. 1 – Skiaskop značky NEITZ, model RX - 3

Obr. 2 – Porovnání gimbaloskopu a videoskiaskopu HEINE (upraveno)

Obr. 3 – Schéma skiaskopu (upraveno)

Obr. 4 – Skiaskopické lišty OCULUS

Obr. 5 – Skiaskopické kartičky firmy Essilor a ilustrace jejich přiložení ke skiaskopu během vyšetření

Obr. 6 – Oční fantom HEINE Retinoscope Trainer

Obr. 7 – Znázornění shodného a protijdoucího červeného reflexu pozorovaného při vyšetření pásovým skiaskopem

Obr. 8 – Znázornění neutrálního červeného reflexu pozorovaného při vyšetření pásovým skiaskopem

Obr. 9 – Znázornění červeného reflexu pozorovaného u astigmatické vady při vyšetření pásovým skiaskopem

Obr. 10 – Nottova skiaskopie se čtecí tabulkou

Obr. 11 – Modifikace Nottovy skiaskopie s akomodačním pravítkem

Obr. 12 – Předpokládaný vliv různých monochromatických aberací na červený reflex pozorovaný při skiaskopii (upraveno)