

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

Vliv korekčních čoček MiYOSMART na progresi myopie u dětí

Diplomová práce

VYPRACOVALA: Bc. Radka Kučerová

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:

Obor PRF/5345T008/co OPTOMETRIE

doc. RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Studijní rok 2023/2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením pana doc. RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru.

V Olomouci 22. 4. 2024

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce panu doc. RNDr. Mgr. Františku Pluháčkovi, Ph.D. za cenné odborné rady, korekce mé práce a jeho čas věnovaný konzultacím.

A také paní MUDr. Anitě Pirošové za spolupráci při získávání dat k této diplomové práci.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektů IGA PřF UP v Olomouci s názvem "Optometrie a její aplikace", č. IGA_PrF_2023_004 a IGA_PrF_2024_019.

Obsah

1. Myopie jako dioptrická vada	6
1.1. Příznaky myopie	6
1.2. Příčiny vzniku myopie	7
1.3. Vývoj a rozdělení myopie.....	8
1.4. Výskyt a dědičnost	11
2. Progresivní forma myopie (<i>myopia progressiva</i>).....	12
2.1. Klinická patologie	12
2.1.1. Degenerativní změny cévnatky a sítnice	12
2.1.2. Degenerativní změny sklivce	14
3. Možnosti řešení myopie.....	15
3.1. Brýlová korekce	15
3.2. Kontaktní čočky a orthokeratologie	16
3.3. Rohovkové refrakční zákroky	17
3.4. Nitrooční refrakční zákroky	19
Korekce spojená s operací katarakty	19
4. Technologie korekce zpomalující nárůst dioptrií u progresivní myopie	20
4.1. Dlouhodobý pohled do blízka zvyšuje dioptrickou hodnotu myopie.....	20
4.2. Léčba atropinem.....	21
4.3. Neinvazivní metody zpomalující nárůst dioptrií u progresivní myopie.....	21
4.3.1. Kontaktní čočky MiSight 1 day	22
4.3.2. Speciální brýlové čočky.....	23
4.4. Kombinace léčby atropinem a nošení brýlových čoček MiYOSMART	26
5. Technologie MiYOSMART	27
5.1. Technologie D.I.M.S. (<i>Defocus Incorporated Multiple Segments</i>)	27
5.2. Materiál, parametry a výrobní varianty brýlových čoček MiYOSMART	29
5.3. Pokyny pro oční specialisty	31
5.4. Výběr vhodné obruby, centrace a péče o brýle	33
5.5. Deník pacienta	34
6. Experimentální část.....	36
6.1. Subjekty a metodika	36
6.2. Výsledky	38
6.3. Diskuze.....	41
Závěr.....	43
Seznam použitých zdrojů.....	45

Úvod

Myopie neboli krátkozrakost je vedle hypermetropie (dalekozrakosti) a astigmatismu jednou z refrakčních vad při které člověk, který jí trpí, vidí od dalekého bodu nacházejícího se v konečné vzdálenosti před okem dále rozmazaně, což mu podle výše dioptrické vady může značně snižovat kvalitu života. Rozmazané vidění vlivem myopie je v dnešní době velice dobře řešitelné, a to hned několika způsoby – brýlovou korekcí, nošením kontaktních čoček, orthokeratologií či laserovým zákrokem, při kterém dojde k odstranění dioptrií změnou tvaru rohovky.

Problémem současné doby však začíná být výše dioptrické hodnoty myopie, protože současná změna životního stylu a zvýšená práce do blízka napomáhá jejímu růstu prodloužením předozadní délky oka, aby práce na krátkou vzdálenost byla pro zrakový systém méně namáhavá. V důsledku toho však dochází často k výraznému a prudkému zhoršení vidění do dálky zejména v dětském věku.

Pokud výše dioptrické vady přesáhne více než $-6,25$ D, hovoříme o vysoké myopii, při $-10,00$ D už o progresivní myopii. Vznik vysoké a progresivní myopie už s sebou nese poměrně vysoké riziko komplikací spojených zejména s růstem předozadní délky oka, jako je například uvolnění zadní plochy sklivce od zadního pólu oka a následná amoce sítnice.

Motivací pro napsání svojí diplomové práce na téma zmírnění progresu myopie pro mne bylo uvedení speciálních brýlových čoček MiYOSMART japonské firmy Hoya Lens na trh. Tato brýlová skla totiž slibují výrazné zmírnění progresu dětské myopie až úplné zastavení jejího růstu.

Cílem této diplomové práce je stručně popsat myopii jako takovou a přiblížení tematiky možností jejího řešení a nových technologií a potvrzení, či vyvrácení vlivu nošení brýlových čoček MiYOSMART na progresi dětské myopie v časovém horizontu 6 měsíců v praktické části.

1. Myopie jako dioptrická vada

Myopii (*myopia*) jako dioptrickou vadu definoval jako první Kepler v roce 1611. Změny myopického oka oproti oku emetropickému popsal jako první Plempius a to díky prvním anatomickému vyšetření oka, které provedl v roce 1632. O zhruba 200 let později Donders v roce 1866 popsal klinické a patologické změny u progresivní formy myopie. V současné době jsou refrakční vady nejčastějšími onemocněními oka, mezi které řadíme myopii neboli krátkozrakost, hypermetropii neboli dalekozrakost a astigmatismus, který oproti myopii a hypermetropii vidění rozmazává většinou jen v jednom směru. [1, 2, 3, 4, 5]

Refrakční vady můžeme nazývat také jako ametropie, což je stav, kdy ohnisko paprsků není na sítnici (*retina*), ale nachází se buď před anebo za sítnicí, a to při relaxovaném stavu oka. V případě myopie se paprsky dopadající do oka z nekonečna lámou do ohniska, které je před sítnicí, axiální refrakce je tedy menší než 0. Tím pádem na sítnici dopadají divergentní paprsky, což způsobuje rozmazaný obraz předmětů nacházejících se za dalekým bodem oka (*punctum remotum*), který je v konečné vzdálenosti před okem. Vše, co je k oku blíže než daleký bod, lze na sítnici zobrazit ostře pomocí akomodace nebo spojné čočky. [1, 2, 3, 4, 5]

1.1. Příznaky myopie

Myopie se může projevovat vícero příznaky. Hlavním z nich je rozmazané nebo zamlžené vidění do dálky, často spojené s mhouřením očí, kterým si pacienti trpící myopií v podstatě navozují stenopeické vidění, díky kterému je do oka propuštěno méně neparaxiálních paprsků, prodlouží se hloubka ostrosti a zmenší se některé oční aberace, čímž si podvědomě vylepšují vidění. I v případě nekorigované krátkozrakosti se většinou neobjevují astenopické potíže, tedy bolesti hlavy, očí apod. Pokud se však astenopické potíže objeví, mohou poukazovat na nově vzniklou vadu nebo její změnu. Oproti vidění do dálky je vidění do blízka u myopů výborné a bez korekce přetrvává i v presbyopickém věku, kdy je akomodace již oslabená viz podkapitola 1.3 Vývoj a rozdělení myopie. Blízká vzdálenost, ve které je vidění velmi dobré se odvíjí od velikosti dioptrické vady. Při pohledu do blízka se ohnisko přesouvá na sítnici. [3, 4, 6, 7]

1.2. Příčiny vzniku myopie

Myopická dioptrická vada vzniká v případě nevhodného poměru rozměrů oka, kdy předozadní délka rozměrově neodpovídá optické mohutnosti zrakového systému – axiální délka oka je větší, než by měla být, a proto se paprsky lámou dříve, tedy do ohniska před sítnicí. Oko je tedy ve své podstatě příliš dlouhé a rohovka (*cornea*) spíše plošší, tento stav nazýváme axiální myopií. Tento typ myopie je nejčastějším. Kurvatorní myopií nazýváme takovou myopii, která je způsobena příliš vysokou lomivostí optických médií, kdy oko může být standardně dlouhé. [3, 4, 7]

Na celkovou refrakci oka má tedy vliv především tvar, velikost a dioptrická vada jednotlivých optických prostředí, čímž je myšlena rohovka a čočka (*lens cristallina*), a axiální délka oka. Tyto parametry ovlivňuje do velké míry dědičnost, zevní vlivy a tvar a tlak očních víček a očníce na rohovku a oční bulvu. Zásadním faktorem se ukazuje být i poměr pohledu do dálky s prací do blízka viz podkapitola 4.1 Dlouhodobý pohled do blízka zvyšuje dioptrickou hodnotu myopie. [3, 4, 7]

Myopizace s může objevit v souvislosti s různými onemocněními: poruchy příjmu potravy, infekční choroby, TBC, poruchy látkové výměny, encefalitidě, revmatismu a onemocnění horních cest dýchacích nebo po užívání různých léků: mydriatika, antidepressiva, kortikoidy, diuretika apod. Takto navozená vada ustupuje 4-5 dní po vysazení léku. [2, 4, 8]

1.3. Vývoj a rozdělení myopie

Standardní vývoj lidského zraku probíhá od narození, kdy by oko mělo být hypermetropické a jeho refrakce by měla být přibližně +3 D, které vlivem růstu oka a posunem ohniska z oblasti za sítnicí na sítnici postupně vymizí a oko se tak stává emetropické – tedy bez dioptrické vady, což nastává po prvním hypermetropickém období v prvním myopizujícím období, které časově odpovídá školnímu věku dítěte. Vývoj probíhá až přibližně do 20 let věku, kdy nastává období dioptrické stability, které trvá až přibližně do 50 let. Stabilní období plynule přechází do druhého hypermetropizujícího období v pozdní dospělosti, a to do druhého myopizujícího období, které většinou nastává v přibližně 70 letech. Druhé myopizující období je ve většině případů způsobeno indexovou myopií – tedy změnou indexu lomu vlivem změny konzistence a složení nitrooční čočky nebo s nově vzniklým onemocněním *diabetes mellitus*. [1, 2, 4, 7]

Do 20 let věku vede tedy proces vývoje refrakce k myopizaci původně hypermetropického oka o hodnotě ± 3 D. Růst předozadní délky oka je ovlivněn hlavně ve dvou fázích: v infantilní fázi, kdy v prvních 3 letech života dochází k nárůstu předozadní délky oka z 18 na 23 mm. Tento nárůst je kompenzován změnou lomivosti rohovky a čočky. A potom v juvenilní fázi, která trvá od 3 do 15 let. Tento růst je výrazně pomalejší než v infantilní části a jde o nárůst 0,1 mm za rok. Myopie tedy vzniká v případě, že nedochází k odpovídající kompenzaci růstu oka změnou lomivosti rohovky a čočky nebo v případě příliš rychlého růstu oka s jeho neodpovídajícím prodloužením. [2, 4, 8]

Myopii lze dělit z řady různých pohledů. Nejčastější je klasifikace podle velikosti dioptrické vady:

- *Myopia simplex*: do -3 D
- *Myopia modica*: -3,25 až -6 D
- *Myopia gravis*: -6 D a více

Další dělení odráží souvislost s případnými dalšími komplikacemi nebo obdobím rozvoje vady:

- *Myopia physiologica*:

Tento typ myopie je typický nárustem vady pouze do 20 let, nad 20 let již více neroste. Tím, že se jedná o fyziologickou myopii bez patologických změn, tak hovoříme jen o mírné biologické odchylce od normálu, čímž odpovídá oblastem *myopia simplex* a *myopia modica*. Patří sem i pozdní myopie, která vzniká až po 18. roce života a nepřesahuje -3 D.

- *Myopia intermedialis*:

Myopia intermedialis odpovídá oblastem *myopia modica* a *myopia gravis*. Je pro ni charakteristická tendence nadměrného zvětšování bulbu, končícím po 20 roce života. Dosahuje až -10 D.

- *Myopia progressiva (pathologica)*:

Jedná se o maligní typ myopie, u kterého typický rychlý nárůst dioptrií rychlostí až 4 dioptrií za rok. Ke stabilizaci dochází později než u fyziologické myopie a to mezi 20 a 30 lety. Dosahuje hodnoty -10 až 30 D, čímž může vyvolávat vjem exoftalmu. Vlivem nadměrného růstu se mohou na oku objevit chororetinální změny nebo například kolikvace sklivce (*corpus vitreum*).

- *Myopia congenitalis*:

U vrozené myopie nedochází k myopizaci původně hypermetropického oka, protože se dítě rodí rovnou myopické. Dioptrická vada bývá -10 a více dioptrií. Díky ostrému vidění do blízka nedochází k amblyopii viz podkapitola 1.3 Vývoj a rozdělení myopie. Tato forma myopie obvykle více neprogreduje.

- Pokud se na očním pozadí vyskytuje nějaký patologický stav, potom myopii označujeme jako *degenerativa*. [2, 4, 8]

Myopie se koriguje čočkou zvanou rozptylka, která může být vyhotovená ve vícero formách (brýlová čočka, kontaktní čočka apod.). Rozptylka má za úkol mírně divergovat paprsky jdoucí do oka a tím posunout ohnisko uvnitř v oku na sítnici. Volíme vždy nejslabší dioptrickou hodnotu rozptylky, která posune ohnisko na sítnici a je pacientovi subjektivně příjemná. Řešení myopie je věnována kapitola 3. Možnosti řešení myopie. [1, 8]

Amblyopie

Myopie by vždy měla být korigovaná odpovídající dioptrickou hodnotou, protože v případě nekorigované myopie hrozí riziko vzniku amblyopie. Amblyopii se myslí snížená zraková ostrost i s optimální korekcí bez zřejmé příčiny při normálním anatomickém nálezu. Vzniká při dlouhodobém nepoužívání centrální oblasti oka. Amblyopie vzniklá na základě nekorigované myopie se dělí do dvou skupin podle příčiny vzniku. Jedná se o anizometropickou amblyopii, která vzniká v případě výrazně rozdílné myopické refrakce očí o více než -3 D. A o izoametropickou amblyopii, kde je refrakce očí přibližně stejně velká, ale je natolik vysoká (více než -8 D), že nedochází ke správnému vývoji sítnice. [9]

Presbyopie a krátkozrakost

S nástupem presbyopie může být krátkozrakost výhodou. Presbyopie (dříve vetchozrakost) je jev, který je přirozenou součástí vývoje lidského zraku. Objevuje se mezi 40. a 60. rokem života a poté zůstává přítomna až do smrti. Presbyopie se projevuje problémy s přestřováním z dálky do blízka a naopak, zhoršeným viděním (rozmazání, mlhavé vidění) do blízka, především za zhoršených světelných podmínek a/nebo při únavě. Dochází také ke snížení kontrastní citlivosti a astenopickým potížím při práci do blízka. Často je presbyopie známá díky příznaku „krátkých rukou“, kdy si dotyčný práci do blízka posouvá dále od obličeje, aby pro něj bylo zaostření na předmět jednodušší. V případě myopického oka (podle velikosti krátkozrakosti) tyto potíže pacienta tolik neobtěžují díky výbornému vidění do blízka bez korekce. Myopičtí presbyopové nakonec svoji korekci využívají při pohledu do dálky a do blízka ji odkládají. [7, 10]

1.4. Výskyt a dědičnost

Prevalence krátkozrakosti je různá mezi vybranými a studovanými populacemi. Dle Kuchynky (2016) [11] je prevalence výrazně větší v Asii (především v Číně a Japonsku) než v Evropě a Africe. Procentuálně je prevalence v Asii 50 %, v Evropě 26 % a v Africe 12,5 %. Progresivní forma myopie se objevuje častěji u žen. [3, 4, 11, 12]

V rámci dědičnosti jsou dostupné tyto údaje z kalifornské studie na 716 dětech: 12,2 % myopických dětí má oba rodiče myopy, 8,2 % myopických dětí má jen jednoho rodiče myopa, u 2,7 % myopických dětí ani jeden z rodičů není myop. U 11 % emetropů jsou oba rodiče myopové a u 1,9 % emetropů není ani jeden z rodičů myopický. [3, 4, 11, 12]

Je prokázáno, že myopie je do jisté dědičnou záležitostí. Bylo objeveno vícero myopických genů, zatím ale není jasné, zda je myopický gen recesivní nebo autozomálně dominantní. Víme ale, že těžká myopie je způsobena autozomálně recesivní přenosem. [3, 4, 11, 12]

2. Progresivní forma myopie (*myopia progressiva*)

Progresivní myopie česky těžká myopie s sebou nese jen výrazně zhoršené vidění, ale i vážné zdravotní komplikace. Vyskytují se při ní změny sklivce, cévnatky (*choroidea*) a sítnice, což jsou oční tkáně, které mají jen částečně omezenou schopnost přizpůsobení se zvětšujícímu se očnímu bulbu. Rozvoj těchto očních patologií nastává spíše v dospělosti a jejich progresi může postoupit až do stádia atrofických ložisek v zadním pólu oční koule. Vzhledem k rychlé progresi myopie u dětí a následným změnám na oku jsou vhodné kontroly u oftalmologa každé 2 měsíce. [7, 12]

2.1. Klinická patologie

Většina zdravotních komplikací spojených s progresivní myopií se objevuje především v zadní polovině oka (degenerativní změny sklivce a sítnice mohou vést k výpadkům zorného pole až ke ztrátě centrálního vidění), přední segment se ve většině případů neliší od normálu. Oko s progresivní myopií je celkově rozměrově větší s hlubší přední komorou a tenčí bělímou (*sclera*), která může mít až $\frac{1}{4}$ obvyklé tloušťky. Vzhledem k menšímu množství akomodačních stimulů (oproti emetropickému oku) může být ciliární sval (*corpus ciliare*) až atrofický a zornice línější (u emetropického oka se s akomodací se zornice zužuje – akomodační zornicová reakce). Ve 25 % je progresivní myopie spojena s rozvinutím zeleného zákalu neboli glaukomu, jehož steroidní forma je až 6x častější než u emetropů. Z toho důvodu by každá dětská krátkozrakost měla být vyšetřena na riziko glaukomu. [2, 4, 7, 10, 12]

2.1.1. Degenerativní změny cévnatky a sítnice

Degenerativní změny na cévnatce a sítnici způsobené vlivem progresivní myopie, při které roste oční bulbus velmi rychle a oční média nejsou plně schopná se tomu přizpůsobit, jsou závažnými zdravotními komplikacemi, které mohou vést k různým krvácením, atrofickým ložiskům, změnám pigmentace sítnice nebo až k amoci sítnice (*amotio retinae*) a částečné nebo úplné ztrátě zraku. [2, 7, 10, 12]

Jednou z nich je *conus myopicus*, což je poloměsíčitá atrofie cévnatky a sítnice, která navazuje na okraj disku zrakového nervu (*papila nervi optici*). V pokročilém stadiu může disk zrakového nervu obklopit až cirkulárně a při dalším růstu se může i nadále zvětšovat. Nazální hranice papily nebývá zcela ostrá a můžou se na ní objevovat bělavé trhliny. Na periférii sítnice se často objevuje cystoidní degenerace, která může stát za vznikem

různých trhlin, které mohou vést k amoci sítnice až ke ztrátě zraku. Amoce sítnice je nejhorší oční změnou spojenou s progresivní myopií, která je rovněž nejhůře reparaibilní patologií a zanechává víceméně nevratné změny na vidění. Makulopatie s amocí sítnice se vyskytuje až na 50 % očí trpících progresivní myopií. Prevencí vzniku amoce sítnice je vyvarování se zvedání těžkých břemen a neprovozování silových sportů a sportů/činností, kde dochází k nárazům do hlavy. [2, 7, 10, 12]

Rovněž dochází k hromadění pigmentu a následné tvorbě bělavých ložisek na periferii i v centru sítnice. V celkovém měřítku ale sítnicový pigmentový epitel ubývá, ztenčuje se a dochází ke vzniku tigroidní sítnice. S pigmentovým epitelem může postupně atrofovat i cévnatka a skléra. [2, 7, 10, 12]

Častým příznakem progresivní myopie je i protěnění a mírné vyklenutí skléry, jež nazýváme myopický konus, který se může rozvinout až do zadního sklerálního stafylomu v oblasti makuly (*macula lutea*), tedy do herniace bělimy. Okraj vzniklého stafylomu je pigmentovaný. Jeho progresse může způsobit snížení zrakové ostrosti (vízu) a barvocitu, kolem 50. roku života přechází do těžké slabozrakosti a k zúžení zorného pole. [2, 7, 10, 12]

Ve vrstvě cévnatky zvané Bruchova membrána (*lamina vitrea*) se mohou objevovat trhliny nezpůsobující zhoršení vidění, jsou ale příznakem růstu myopie. Tyto trhliny se při další progresi mění v hemoragie se subretinálními a neovaskulárními (znovu utvořenými) membránami. Retinální hemoragie už zhoršení vízu způsobují a mohou se vyskytnout ve dvou verzích:

- První verzí jsou akutní spontánní benigní hemoragie, které okamžitě zhoršují zrak. Tato forma je však vratná, potíže mohou ale nastat při opakovaných recidivách jejich vzniku.
- Druhou verzí jsou maligní hemoragie vztahující se k dříve zmíněným trhlínám v Bruchově membráně postupujícím ke krvácení do makuly, v jehož důsledku se sítnice začne jizvit. To doprovází pigmentová proliferace a Fuchsova temná skvrna (pigmentová skvrna v centru sítnice) s následnou chororetinální atrofií a vznikem neovaskulární subretinální membrány redukující vízus. [2, 7, 10, 12]

2.1.2. Degenerativní změny sklivce

Nejčastější patologií sklivce spjatou s progresivní myopií je fyziologický děj, ke kterému u progresivní myopie však dochází výrazně dříve a je i výraznější – jedná se o retrakci sklivce (kolikvace, likveface, syneréza) neboli jeho zkapalnění (rozvolnění, rozbřednutí) vlivem rozpadu jeho vláknité gelovité struktury. Což je dané i tahem očních médií při růstu předozadní délky oka. Retrakce sklivce způsobuje větší pohyblivost opákních částic v oku, které jsou postupně vytlačeny více do přední části oka, kde potom vrhají stíny na sítnici a působí rušivě. To nazýváme jako entopické fenomény známé jako létající mušky, které jsou patrné hlavně při pohledu na světlou plochu. [2, 4, 7, 12]

Změny ve sklivci jsou přímo úměrné výšce dioptrické vady – čím jsou dioptrie vyšší, tím těžší jsou patologické změny. Tyto změny mohou dospět až k trhlinám v sítnici, ablaci – odloučení sklivce od zadní plochy oka a následnému rhexementogennímu odchlípení sítnice. Vlivem progresivní myopie dochází k této amoci sítnice přibližně o 20 let dříve než u emetropického oka vlivem fyziologických změn. V souvislosti s tím může před papilou vzniknout takzvaný Vogtův bělavý prstenec, což je koncentrovaný sklivec kolem terče zrakového nervu. V důsledku těchto změn (krvácení, degenerativní změny) se mohou v oku objevit další zákalky. [2, 4, 7, 12]

3. Možnosti řešení myopie

Vzhledem k často rychlému růstu myopie je doporučena kontrola refrakce 2x do roka po 6 měsících. Důležitá je i komunikace se zákonnými zástupci dětí – je nutné důkladně vysvětlit, že růst myopie není závislý na výšce dioptrické hodnoty aktuální korekce, ale že se jedná o přirozenou progresi a že pro správný vývoj oka je nutné nosit subjektivně stanovenou korekci celodenně i při práci do blízka. Myopie zatím nelze řešit farmakologickou cestou. [4]

3.1. Brýlová korekce

Oproti hypermetropii se objektivní refrakce naměřená v cykloplegii povětšinou rovná hodnotě refrakce bez rozkapání. Korigujeme nejslabší rozptylnou čočkou, se kterou dosáhneme co nejlepšího vizu. Při vyšších dioptriích pacient může subjektivně vnímat zmenšení obrazu a zároveň i zmenšení očí při pohledu do zrcadla. [1, 2, 4]

Důležité je celodenní nošení korekce pro správný vývoj sítnice a předejití vzniku amblyopie. U nižších dioptrií se často stává, že pacienti korekci subjektivně odmítají z důvodu malého vylepšení vidění – vidí poměrně dobře i bez korekce a je jim vidění do blízka pohodlnější bez ní, protože tak mohou zapojovat akomodaci v menší míře. V tomto případě lze brýle používat na příležitostné nošení např. na řízení motorového vozidla, do kina a podobně. Přesto je ale dobré korekci používat i při práci do blízka, protože se tím navozuje vhodná pracovní vzdálenost (při vyšších dioptriích může být pracovní vzdálenost až příliš blízko k obličeji) a ciliární sval pracuje správně (pokud se pacient do blízka dívá bez korekce, tak nemusí akomodovat a ciliární sval tím pádem nepracuje dostatečně nebo nepracuje vůbec). [1, 2, 4]

Při myopiích s vysokou dioptrickou hodnotou plná korekce může být subjektivně odmítnuta. Je tedy nutné najít optimální míru podkorigování tak, aby bylo zachováno co nejostřejší vidění a zároveň co nejvyšší subjektivní pohodlí pacienta. V některých případech opravdu vysoké myopie mohou být nápomocné dalekohledové brýle nebo posun textu do místa dalekého bodu. Rovněž je nutné si dát pozor na možné překorigování, tedy na předpis příliš slabých rozptylek, protože oči myopů nejsou zvyklé akomodovat a překorigování by pro ně znamenalo nadměrnou zátěž a korekce by byla subjektivně odmítnuta kvůli nepohodlí. [1, 2, 4]

Vzhledem k přirozené menší potřebě akomodovat může být ciliární sval oslabený a částečná akomodace, které je ještě schopen, může být obecně slabá nebo schopná pracovat jen omezenou dobu, než se sval unaví. V takovém případě je vhodné jako terapii zařadit subjektivně stanovený zrakový trénink zaměřený na posílení akomodace pomocí sférických flíprů nebo za pomoci Hart chart kartiček. Při nedostatečné motivaci pacienta, který odmítá trénovat je na místě předpis adice do blízka, tedy čtecích brýlí, a to i dříve než v presbyopickém věku. [1, 2, 4]

3.2. Kontaktní čočky a orthokeratologie

Kontaktní čočky

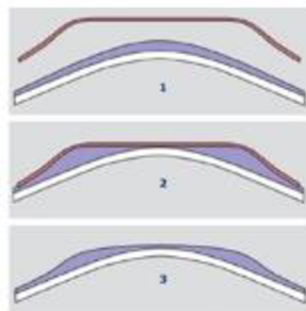
Myopii lze korigovat kontaktními čočkami, které využívají pacienti hlavně kvůli estetickému účinku, aby nemuseli nosit brýle nebo kvůli praktickému účinku, aby si brýle nezničili např. při sportu nebo těžší práci. Vzhledem k tomu, že se jedná o optické pomůcky, které leží přímo na rohovce, tak je nutné, aby byly splněné jisté podmínky nošení kontaktních čoček – oko musí mít vhodné parametry, nesmí se na něm projevovat alergie, pacient musí dodržovat hygienické zásady spojené s nošením kontaktních čoček, ideálně pacient nesmí trpět syndromem suchého oka (kontaktní čočka by měla v slzném filmu plavat, mělo by ho tedy být dostatek) nebo jiným infekčním onemocněním apod. Mezi komplikace nošení kontaktních čoček patří zesílení syndromu suchého oka, změny na tarzální spojivce nebo větší náchylnost k infekčním onemocněním. Obecně jsou ale kontaktní čočky dobře snášeny a jejich výhodou je rychlejší návlek na změnu dioptrií než v brýlích z důvodu přirozenějšího vidění. [8, 13]

Existuje vícero druhů korekčních kontaktních čoček – tvrdé a měkké. Měkké kontaktní čočky jsou používány častěji, protože tvrdé kontaktní čočky jsou indikovány spíše ve specifických případech jako jsou příliš vysoké dioptrie, ektaktické onemocnění rohovky, oko po úrazu apod. Rovněž se kontaktní čočky dělí do 3 základních skupin podle délky nošení jednoho páru na jednodenní, 14denní a měsíční. Vícedenní varianty je nutné po každém použití vyčistit a tím předcházet infekčním onemocněním a alergickým reakcím na oku. [8, 13]

U myopů v presbyopickém věku mohou kontaktní čočky působit jisté komplikace s viděním do blízka, kdy si je jako s brýlemi nemohou sundat, aby do blízka viděli dobře. V takových případech jsou vhodné multifokální kontaktní čočky nebo monovision, při které je dominantní oko vykorigované do dálky a druhé oko dle výše adice do blízka. [8, 13]

Orthokeratologie

Orthokeratologie je korekční i léčebná metoda myopie. Jedná se o pevnou a tvarově stálou kontaktní čočku, vyrobenou z vysoce plynopropustného materiálu s dvojitou reverzní geometrií zadní plochy čočky. Tato metoda slibuje snížení dioptrií o -4,00 až -5,00 D i snížení cylindru o -1,50 D a tím pádem i ostré vidění přes den bez další korekce. Jedná se o plně reverzibilní alternativu refrakčních zákroků. Principem je změna tvaru rohovky (oploštění) vlivem tlaku kontaktní čočky, čímž dojde ke změně tvaru epitelu rohovky účinkem slzné čočky, která se nachází pod kontaktní čočkou. Tyto speciální kontaktní čočky se nosí 6-8 hodin přes noc každý den. [13]



Obr. 1 Princip působení orthokeratologické čočky. [13]

3.3. Rohovkové refrakční zákroky

Prvním doloženým zákrokem je operace z roku 1890, při které byla odstraněna nitrooční čočka z důvodu velmi vysoké myopie. Dnes se většinou využívá principu fotoablace stromatu rohovky (*substantia propria corneae*), čímž dojde ke změně zakřivení přední plochy rohovky. K fotoablacii je používána emitovaná energie laserem. Jde se o velmi rychlou a víceméně nekomplikovanou metodu, díky které vzniká vynikající refrakční výsledek – ostré vidění bez korekce. Myopická refrakční operace funguje na principu oploštění centrální části rohovky – výsledný tvar se vzdáleně podobá rozptýlné čočce. V současné době existují 3 hlavní typy refrakčních operací – starší operace PRK (v současnosti je využívána spíše výjimečně), LASIK a LASEK. Pacient, který si přeje podstoupit jeden z těchto zákroků musí mít dostatečně kvalitní slzný film, protože vlivem operace se kvalita slzného filmu může zhoršit. Dále by pacientovi mělo být více než 18 let kvůli stabilitě refrakční vady. Nevýhodou těchto zákroků je další fyziologický vývoj oka, díky kterému může časem dojít ke změně refrakčního stavu. [1, 3, 14]

Fotorefraktivní keratektomie (PRK)

Princip fotorefraktivní keratektomie spočívá v chirurgickém odstranění epitelu rohovky a korekci refrakční vady fotoablaží stromatu a změnou zakřivení přední plochy rohovky. Po zákroku se nasazuje krycí kontaktní čočka, kterou je nutné nosit několik dní po zákroku a dokapávání zvlhčujících očních kapek, steroidů a antibiotik. Vidění se stabilizuje a doostřuje v průběhu několika dní až týdnů. Častou komplikací je epitel a stroma hazy, což jsou drobné zákalky ve tkáni. Tuto metodu je možné použít i u tenčích a oválných rohovek dosahujících -6,00 D až +3,00 D. [1, 3, 14]

Laser in situ keratolimeusis (LASIK)

Zpočátku dochází k chirurgickému vytvoření flapu ve stromatu rohovky, následně jeho odklopení, ablace tkáně rohovky excimerovým laserem. Na hodinu po zákroku se na oko dává krycí kontaktní čočka, přikapávají se zvlhčující oční kapky, steroidy a antibiotika. Při této operaci se objevuje minimum komplikací typu epitel a stroma hazy, ale je zde zvýšené riziko nárustu aberací vyšších řádů oproti zákroku PRK. Výhodou je výborné vidění bezprostředně po zákroku. Je ale nutné, aby zbytková tloušťka stromatu byla alespoň 300 μm . Tuto metodu lze použít při odstraňování -12,00 D až +8,00 D. Modifikací této metody je femtoLASIK při němž se lamela vytváří za pomoci laseru. [1, 3, 14]

Laserem asistovaná subepiteliární keratomileusis (LASEK)

Princip operace LASEK spočívá ve vytvoření flapu z rohovkového epitelu za pomoci 20% alkoholu. Jedná se o v současnosti nejvíce užívaný keratorefraktivní zákrok, který je velmi efektivní, bezpečný, rychlý, dobře hojitelný s následným minimálním diskomfortem. [1, 3, 14]

ReLEx Smile

Metoda laserového odstranění dioptrií ReLEx Smile je nejmodernější možnou variantou rohovkového refrakčního zákroku, který na trh přivedla společnost Zeiss. Metoda funguje na principu stereotaktického souřadnicového systému femtosekundového laseru VisuMax 800, který dokáže v trojrozměrném prostoru rohovkové tkáně vytvořit řez, kterým separuje rohovkovou tkáň. Takto odloučená tkáň je potom operátorem vyjmuta pomocí speciální pinzety skrz úzký tunelový řez o šířce 3-4 mm, který je většinou situován

pod horním víčkem. Tím, že se odstraní rohovková tkáň v oblasti jejího optického středu, tak dojde k odstranění dioptrií vlivem ztenčení a oploštění rohovky. [15, 16, 17]

Jednoznačnou výhodou tohoto zákroku je, že nedochází ke ztrátě nebo narušení Bowmanovy membrány, čímž se vyhneme komplikacím spojených s vytvořeným flapem, se vznikem syndromu suchého oka, návratem dioptrií nebo porušení inervace rohovky. Dalším pozitivem je velice rychlá a výborná zraková ostrost do dvou hodin po zákroku. Díky těmto výhodám je ReLEx Smile nejbezpečnější metodou současného laserového odstraňování dioptrií. [15, 16, 17]

3.4. Nitrooční refrakční zákroky

Korekce spojená s operací katarakty

Katarakta je nejčastější příčinou světové slepoty – jedná se o jakékoliv zakalení nitrooční čočky, které způsobuje rozptyl světla procházejícího okem a poruchu průhlednosti očních médií. Katarakta je operovatelné onemocnění přicházející nejčastěji s fyziologickými procesy v těle spojenými i s věkem. Řeší se implantací umělé nitrooční čočky, která se vyrábí ve více variantách: monofokální, EDOF, trifokální. [3, 11, 18, 19]

Ve spojení s operací katarakty lze řešit i odstranění dioptrií úpravou dioptrické hodnoty umělé nitrooční čočky tak, aby výsledná refrakce odpovídala emetropickému oku v často v kombinaci se čtecími brýlemi nebo v trifokální variantě i bez nich. Možností této operace je ale i varianta zvaná CLE (*clear lens extraction*), při které se odstraní čirá nitrooční čočka za účelem odstranění dioptrií u velmi vysokých myopických očí. Rizikem u této i u předchozí varianty jsou vedlejší fenomény jako například halo efekty. [3, 11, 18, 19]

Fakické nitrooční čočky

Fakické nitrooční čočky mohou být dobrým řešením v případě velmi vysokých myopií. Tyto čočky se implantují do zadní komory oka, do prostoru před vlastní biologickou čočku. Existují v cylindrickém, ale i presbyopickém provedení a jsou vhodné pro pacienty ve věkovém rozmezí 18 až 45 let. Výhodou fakických čoček je, že je možné je v případě potřeby vyjmout z oka ven. [3, 11, 14, 18, 19, 20]

4. Technologie korekce zpomalující nárůst dioptrií u progresivní myopie

Posledních pár let přineslo různé možnosti řešení myopie u dětí a s tím se přišlo na další faktor ovlivňující její růst, kterým je dlouhodobá práce do blízka a fakt, že ve vyspělejších zemích je obecně výskyt myopie vyšší vlivem odlišného životního stylu oproti zemím rozvojovým, a i její hodnota dosahuje vyšších dioptrií. Následující podkapitoly popisují právě vliv zvýšené doby věnované práci do blízka na dioptrickou hodnotu krátkozrakosti a následně možnosti invazivnějších řešení jako je léčba atropinem, přes kontaktní čočky, po neinvazivní korekční brýlové čočky využívající myopického rozostření pro zmírnění růstu myopie.

4.1. Dlouhodobý pohled do blízka zvyšuje dioptrickou hodnotu myopie

Dioptrický přírůstek myopie je nejrychlejší do 10 let věku dítěte. Se změnou životního stylu ve vyspělých zemích byl zaznamenán i přírůstek myopie. To souvisí s vyšší potřebou pohledu do a práce do blízka (digitální zařízení, delší a intenzivnější studium, čtení, psaní domácích úkolů). V na asijském kontinentě v současné době trpí krátkozrakostí až 90 % mladých lidí ve věku 20 let, kteří žijí ve městech a tento trend se začíná šířit i globálně. Je pravděpodobné, že do roku 2050 bude až 50 % evropské a americké populace myopických, asijská populace bude myopická až z 90 %. To potvrzuje i zajímavá studie z roku 1950 na Inuitech, kde v té době bylo pouze méně než 1 % myopů, kteří žili převážně venkovským stylem života. Se zavedením elektřiny, změnou stravování a modernizací životního stylu došlo i ke zvýšení práce do blízka, což vedlo k tomu, že po několika letech krátkozrakých lidí mezi Inuity přibylo na 30-36 %. [3, 11, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]

Zajímavým faktorem je i dopad periferních paprsků na sítnici. Vzhledem ke zvýšené práci do blízka se oko více času dívá směrem dolů, a tak dochází k tomu, že paprsky ze stropu nebo z oblohy dopadají v dolní části sítnice v emetropických ohniskách o akomodačních stimulech 0 D. Oproti tomu periferní obrazy předmětů z blízké pracovní vzdálenosti (16 až 20 cm od oka) se promítají na horní část sítnice v hypermetropických ohniscích o akomodačních stimulech 5 D. [27, 28]

Z toho vyplývá, že nárustu myopie lze předcházet nebo jej alespoň zpomalit co největším množstvím času stráveného venku na přirozeném světle a to alespoň 2 hodiny denně, které je možné rozložit v průběhu dne do menších celků. Dále je vhodné zrak co nejméně namáhat a nabádat děti k přestávkám při sledování obrazovek, čtení knih nebo psaní úkolů. Rovněž je vhodné dodržovat správnou pracovní vzdálenost od obličeje, která by neměla být menší než 20 cm. [3, 11, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]

4.2. Léčba atropinem

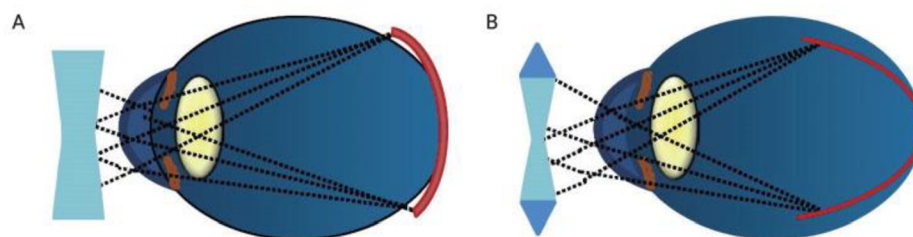
Atropin je látka navozující cykloplegii u dětí – blokuje muskarinové acetylcholinové receptory, čímž navozuje mydriázu a paralyzuje ciliární sval. V malé koncentraci částečně omezuje funkci ciliární svaly (částečná cykloplegie), což při pohledu do blízka simuluje pohled do dálky a oko tím pádem dostává méně podnětů k růstu, čímž se zastaví i progresse krátkozrakosti. Aplikace jedné kapky atropinu večer před spaním snižuje růst myopie. Nevýhodou může být částečně rozmazané vidění do blízka a fotofobie. Problémem může být „rebound effect“, který při aplikaci různých koncentrací může být různě velký. Jedná se o následný nárůst dioptrií po ukončení léčby atropinem. [19, 29, 30, 31, 32, 33]

Aplikace 0,01% atropinu se zdá jako koncentrace s minimálními vedlejšími účinky. 0,05% atropin je neúčinnější variantou s nejmenším rebound efektem (stejně velký i u koncentrace 0,025 % a 0,01 %). Čínská studie [29] prokázala, že čím staršímu dítěti se podává atropin v nižší koncentraci, tím menší rebound effect je. Naopak japonská studie [30] říká, že po ukončení léčby se nárůst dioptrií objeví, ale je menší než u probandů, kteří dostávali placebo. [19, 29, 30, 31, 32, 33]

4.3. Neinvazivní metody zpomalující nárůst dioptrií u progresivní myopie

Předchozí možnosti řešení myopie spočívaly v korekci již vzniklé myopie. V této kapitole budou popsány postupy a možnosti, které cílí na to, aby se růst dioptrické hodnoty vzniklé myopie výrazně zpomalil a v ideálním případě zastavil, což by mělo sloužit jako prevence patologických změn na oku, jejichž vznik bývá podmíněn růstem především progresivní myopie viz kapitola 2. Progresivní forma myopie (*myopia progressiva*).

Tyto speciální metody zmírnění progresu krátkozrakosti jsou oproti klasickým brýlovým, ale i kontaktním čočkám odlišné v práci s ohnisky paprsků v periférii sítnice (tvar zadního pólu oka je v případě myopie odlišný oproti oku emetropickému). V případě korekce myopie klasickými brýlovými čočkami nebo kontaktními čočkami dochází k tomu, že jsou ohniska v periférii spíše za sítnicí (hypermetropická ohniska hlavně v superiorní části sítnice) a to obzvláště při pohledu do blízka a myopie je tedy korigována pouze v centrální oblasti sítnice, což ji stimuluje k dalšímu růstu, a tedy vzniku axiální myopie. Oproti tomu emetropové a hypermetropové mají periferní refrakci myopickou. V případě speciálních metod zmíněných dále jsou tato ohniska přesunuta před sítnici, vlivem toho se tedy oko jeví jako myopické – to nazýváme myopickým defokusem. Tím dochází k plné korekci myopie. Udržování emetropických až myopických ohnisek na periferní sítnici inhibuje růst dioptrické vady i axiální délky oka. [27, 34, 35]



Obr. 2 Znárodnění korekce myopie klasickou jednoohniskovou čočkou (A) a čočkou využívající myopického periferního rozostření (B). [34]

4.3.1. Kontaktní čočky MiSight 1 day

V současné době se jedná o jedinou kontaktní čočku, která prokazatelně zmírňuje růst myopie u dětí. Výhodou je jejich nerozbitnost, možnost ovlivňovat růst krátkozrakosti po celý den – tedy i při sportech, turistice apod. a jejich provedení v jednodenní variantě, což je nejzdravější možností nošení kontaktních čoček u dětí a zároveň tak odpadá nutnost jejich čištění. Naopak nevýhodou může být manipulace s touto kontaktní čočkou, protože děti i jejich rodiče (pokud s nasazováním a sundáváním pomáhají) mohou mít problém s jejich aplikací a manipulací. [36, 37, 38]

Ideální dobou, kdy by se tyto speciální kontaktní čočky měly začít nosit je 8. až 12. rok života dítěte, pokud se jejich refrakční vada pohybuje v rozmezí sférického ekvivalentu $SE -0,75 D$ až $-4,00 D$ s $\leq 0,75 D$ astigmatismu. Zmírnění progresy krátkozrakosti pomocí MiSight 1 day by díky speciální technologii ActivControl mělo být v průměru o 59 %. [36, 37, 38]

Speciální technologie ActivControl je tvořena velkou centrální korekční oblastí, která je velká 3,36 mm. Rozměr této zóny byl navržen tak, aby poskytoval dobrý vÍzus do dÁlky. Kolem ní se nachÁzejÍ soustředné zóny, ve kterých se stÍrdÁ korekce do dÁlky se zónou s adicí +2,00 D (léčebná zóna), které společně utvářejÍ 2 ohniskové roviny. Léčebné zóny, nachÁzející se spÍše na periferii, vytvářejÍ myopické rozostření na sítnici při pohledu do dÁlky, čímž oku dávají podnět ke zpomalení rÚstu oka. [36, 37, 38]

Tyto kontaktní čočky se vyrábÍ v dioptrickém rozsahu +6.00 D až -10.00 D (krok 0,50 D od +5.00 D a -6.00 D), ale i v cylindrické variantě v dioptrickém rozsahu +6.00 D až -10.00 D, cyl -0,75; -1,25; -1,75; -2,25 D. [36, 37, 38]

4.3.2. Speciální brýlové čočky

V současné době přišla řada firem na trh se speciálními brýlovými skly na zmírnění progresy myopie, kdy různými technologiemi ovlivňují ohniska paprsků v oku tak, aby vznikaly 2 zóny, přes které se dítě ve výsledku dívá. Jedná se vždy o korekční zónu a terapeutickou zónu, která způsobuje myopické rozostření na základě čehož oko dostává méně podnětů k nárůstu předozadní délky oka a tím pádem i dioptrií. Je nutné nosit tato speciální brýlová skla co největší množství času – tedy každý den, od rána do večera, při činnostech do dÁlky i do blízka. Tyto produkty slibují výrazné zpomalení až zastavení nárůstu myopie bez rizika rebound efektu zmíněného v kapitole 4.2 Léčba atropinem, tudíž jsou bezpečným a neinvazivním řešením. [21, 23, 30, 31, 32, 33]

Jedná se o čočky nabízené japonskou firmou Hoya (čočka MiYOSMART), německou firmou Rodenstock (čočka MyCon), německou firmou Zeiss (čočka MyoCare) a francouzskou firmou Essilor (čočka Stellest). Následně budou stručně popsány čočky MyCon, MyoCare a Stellest. Čočky MiYOSMART, ke které se vztahuje experimentální část práce, je věnována samostatná kapitola 5. Technologie MiYOSMART. [21, 22, 23, 24]

MyCon

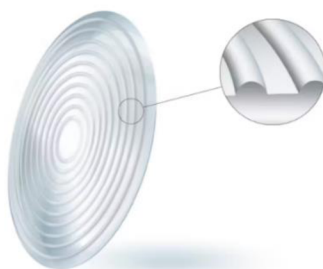
Brýlová čočka MyCon má umístěné korekční zóny na periferii brýlové čočky – nazálně i temporálně. Tento design může připomínat koridor adice u multifokálních brýlových čoček. Zde je však adice umístěna právě na periferii, kde vytváří periferní defokus a snaží se tak potlačit progresi myopie. V centru vidění do dálky i do blízka tedy žádná korekční zóna umístěná není a tím pádem je vidění na obě dvě vzdálenosti neovlivněné myopickým rozostřením. Tyto čočky jsou určené i pro nízkou myopii. Dle oficiálních webových stránek společnosti Rodenstock tyto čočky slibují snížení progresse myopie o 40 %. [22] Oproti tomu ruská studie uvádí snížení až o 60 %. [39]



Obr. 3 Znárodnění terapeutické zóny technologie MyCon. (upraveno) [22]

MyoCare

Čočka MyoCare je navržena pro děti ve věku 6 až 12 let a je konstruována tak, že v jejím centru se nachází korekční čirá zóna a směrem do periferie jsou umístěny speciální terapeutické prvky C.A.R.E., které se střídají s korekčními zónami až k okraji čočky. Tato technologie je dostupná ve dvou variantách – MyoCare a MyoCare S. Hlavním rozdílem je různá velikost průměru centrální zóny a optická mohutnost myopického defokusu. MyoCare má centrální zónu velkou 7 mm s průměrným rozostřením +4,6 D a MyoCare S má centrální zónu rozšířenou na 9 mm s průměrným rozostřením +3,8 D. Zadní plocha čočky je optimalizovaná pro ostré vidění do všech pohledových směrů. Čočky MyoCare u dětí ve věku 7 až 9 let zpomalují nárůst vady průměrně o 0,22 D ročně a u dětí ve věku 10 až 12 let průměrně o 0,33 D ročně. [23, 25, 40]



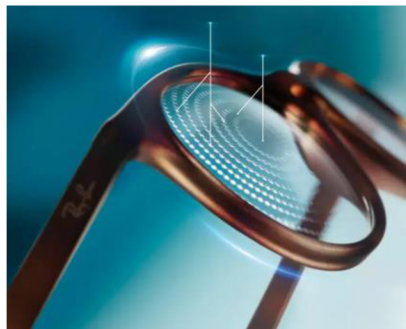
Obr. 4 Znárodnění terapeutické zóny MyoCare. (upraveno) [23]

Stellest

Ve středu této brýlové čočky se nachází čírá korekční zóna zajišťující ostré vidění o průměru 9 mm. Směrem do periferie je umístěno 11 soustředných kružnic skládajících se z neviditelných čoček o hodnotě +4,00 D zajišťujících myopické rozostření. Celkem je jich na každé čočce umístěno 1021. Tato technologie je nazvána jako *Highly Aspherical Lenslet Target (HALT)*. Brýlové čočky Stellest snižují nárůst myopie o 67 % oproti klasickým jednoohniskovým čočkám, podmínkou je jejich nošení delší než 12 hodin denně. [24, 34, 41]

Studie porovnávající korekční čočku Stellest s čočkou MiYOSMART neprokázaly rozdílnou účinnost na kontrolu progresu krátkozrakosti. Počáteční účinnost čoček se pohybovala mezi 60 a 80 % s klesající tendencí v rámci dvou let na 35 až 55 %. Rovněž nebyl prokázán rozdílný vliv na kvalitu vidění. [35, 41, 42]

Čínská studie nepotvrdila rozdílnou účinnost zmírnění progresu myopie při použití orthokeratologické metody a nošení korekčních čoček Stellest. Nárůst předozadní délky oka je srovnatelný u obou metod. Této studii se účastnilo celkem 212 probandů. [43]



Obr. 5 Znárodnění terapeutické zóny Stellest. [24]

4.4. Kombinace léčby atropinem a nošení brýlových čoček MiYOSMART

Pro větší účinnost kontroly krátkozrakosti je možné doplnit nošení korekčních čoček MiYOSMART o léčbu atropinovými kapkami. Účinnost této kombinace potvrzují výsledky studie na 146 evropských dětech, ve které byly zkoumány 4 skupiny dětí ve věku 6 až 18 let: první skupina byla léčena pouze 0,01% atropinovými kapkami (53 dětí), druhá nosila korekční čočky MiYOSMART (30 dětí), třetí kombinovala léčbu atropinem s nošením čoček MiYOSMART (31 dětí) a čtvrtá skupina byla kontrolní s klasickými jednoohniskovými brýlovými skly (32 dětí). [21, 44, 45]

Hlavními sledovanými parametry byl sférický ekvivalent měřený v objektivní cykloplegické refrakci a axiální délka oka. Výsledky ukazují, že po jednom roce je nárůst sférického ekvivalentu zmírněn o 70 % a nárůst axiální délky oka o 77 %. U 18 % dětí ve skupině s kombinací léčbou atropinem a nošením čoček MiYOSMART se neobjevil nárůst vady, naproti tomu v kontrolní skupině se jednalo pouze o 2 %. [21, 44, 45]

Dá se tedy předpokládat, že kombinace těchto dvou metod, by mohla být nejúčinnějším řešením progresu krátkozrakosti. Vzhledem k tomu, že sluneční nebo samozabarvovací varianta korekčních čoček MiYOSMART je díky širší zornici účinnější než čirá, mohly by výsledky být ještě přívětivější. [21, 44, 45]

5. Technologie MiYOSMART

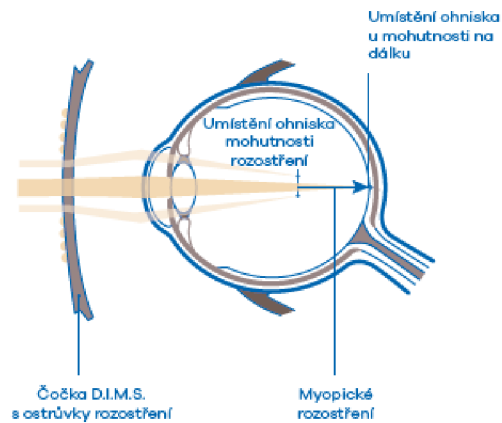
Speciální brýlová skla MiYOSMART jsou neinvazivním řešením dětské myopie, které tuto dioptrickou vadu nejen koriguje, ale i účinně omezuje její progresi o 59 %, zastavuje ji u 21,5 % případů a zpomaluje růst axiální délky oka o 60 %. Největší efekt by čočky měly mít hlavně v prvních 6 měsících nošení. Čínská studie [46] 2 roky sledovala nárůst myopie u dvou skupin dětí: experimentální skupina nosila čočky MiYOSMART a kontrolní skupina klasické brýlové čočky. U experimentální skupiny došlo k nárůstu myopie o -0,3 D a nárůstu axiální délky o 0,21 mm a u kontrolní skupiny o -0,93 D a 0,53 mm. U experimentální skupiny tedy došlo k menšímu nárůstu myopie o 52 %, zpomalení růstu axiální délky oka o 62 % oproti skupině kontrolní a zastavení vady u 21,5 % dětí. U kontrolní skupiny došlo k zastavení vady jen u 7,4 % dětí.

Tyto čočky jsou tenké, lehké a bezpečné a jsou indikovány dětem od 6 do 18 let už při prvních známkách krátkozrakosti a není detekován významný rozdíl ve zrakové ostrosti oproti nošení klasických jednoohniskových čoček. V případě, že dítě trpí i jiným onemocněním jako je strabismus, nystagmus nebo keratokonus, je nutné použití těchto čoček konzultovat s oftalmologem. Výhodou je rychlý návyk na jejich nošení [57], který se pohybuje v rozmezí 1 až 2 týdnů, během kterých se může ve výjimečných případech objevit diplopie, závratě nebo bolesti hlavy. [21, 34, 35, 47, 48]

5.1. Technologie D.I.M.S. (*Defocus Incorporated Multiple Segments*)

Speciální technologie použitá v brýlových sklech MiYOSMART byla vyvinuta v roce 2014 ve spolupráci s The Hong Kong Polytechnic University. Její funkcí je korekce zrakové vady na celém povrchu čočky s povrchovou úpravou prstencovitého tvaru pro zpomalení růstu krátkozrakosti. Na čočce se nacházejí 2 oblasti – centrální zóna (*Clear Zone*) a funkční zóna (*Treatment Zone*). Centrální zóna s plochou o velikosti 9,4 mm je určena pro korekci refrakční vady a poskytuje co nejlepší vize. Funkční zóna má v sobě zabudované 396 dioptrických segmentů o hodnotě $\pm 3,5$ D a průměru 1,03 mm, aby dostatečně stimulovaly vjemy sítnice i při pohybu očí a které vytvářejí myopické rozostření před sítnicí na ploše o průměru 33 mm. Tvar funkční zóny kopíruje tvar sítnice. Funkční zóna je konstruována tak, aby poskytovala z 50 % ostré vidění a z 50 % myopický defokus. Díky současnému pohledu přes centrální i funkční zónu je zajištěno dobré vidění i ovlivnění progresu myopie, přičemž centrální vidění není nijak ovlivněno. Periferní rozostření je zpočátku pacienty vnímáno,

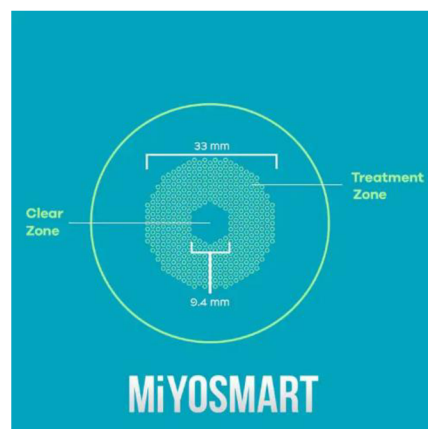
navzdory tomu 90 % pacientů preferuje čočky MiYOSMART i vzhledem k informovanosti o jejich účincích na progresi myopie. [21, 34, 35, 49]



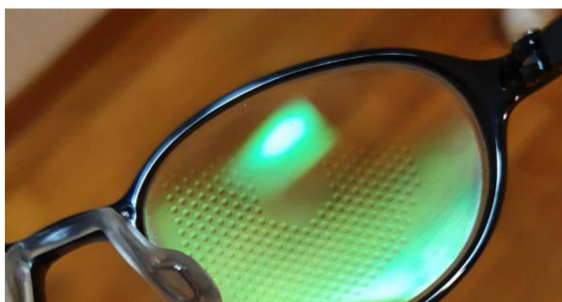
Obr. 6 Znárodnění technologie myopického rozostření při používání korekčních čoček MiYOSMART. [50]



Obr. 7 Znárodnění rozložení centrální a funkční zóny na korekčních čočkách MiYOSMART. [21]



Obr. 8 Znárodnění velikosti centrální a funkční zóny na korekčních čočkách MiYOSMART. [51]



Obr. 9 Fotografie provedení myopického rozostření formou dioptrických segmentů na korekčních čočkách MiYOSMART. [52]

5.2. Materiál, parametry a výrobní varianty brýlových čoček MiYOSMART

Materiál

Brýlové čočky MiYOSMART jsou vyrobeny z polykarbonátu o indexu lomu 1,59, s Abbeovým číslem 31,3 a měrnou hmotností 1,20 g/cm. Materiál nazvaný *Eye Shield* absorbuje 100 % UVA a UVB záření a jedná se o nárazuvzdorný materiál, který oproti standardnímu plasty a vysokoindexové čočce splňuje Zkoušku odolnosti proti dopadu při vysoké rychlosti (při tomto testu je proti materiálu vyslána ocelová peleta o velikosti 6,3 mm a rychlosti 45 m/s) – jedná se o nejpřísnější normu v oblasti nárazuvzdornosti. [21, 50, 53]

Čočka je pokryta antireflexní vrstvou Hard-MiYOSMART, která je odolná a dobře čistitelná. Dále zvyšuje průhlednost brýlových čoček a má dobré hydrofobní vlastnosti – zabraňuje hromadění vody na povrchu čočky. [21, 50, 53]

Dioptrický rozsah se ve sféře pohybuje od 0 do -10,00 D, v cylindru od 0 do -4,00 D, do 3 prizmatických dioptrií na čočku. Součtovou hodnotou je sféra -6,50 D s cylindrem -4,00 D. Čočky se vyrábí v různých výrobních průměrech daných dioptrickou hodnotou čočky od 75 mm, přes 70 mm a 65 mm po 60 mm. Platí zde pravidlo: čím vyšší dioptrická hodnota, tím menší výrobní průměr čočky. [21, 50, 53]

Sluneční varianty

Dětské oko je náchylnější k působení slunečního UV záření než oko dospělého člověka, protože nitrooční čočka je více čirá a zornice je širší, a tak na sítnici dopadá větší množství záření, proto je dobré dětské oči před ním chránit především do věku 21 let. V případě léčby dětské myopie aplikací atropinu je tento problém markantnější, protože zornice je v částečné mydriáze a dětské pacienty jeho vlivem mohou trpět fotofobií. Světloplachost je časem může odradit od trávení času venku nebo od sportovních aktivit, což je pro zpomalení růstu krátkozrakosti negativním faktorem viz podkapitola 4.1 Dlouhodobý pohled do blízka zvyšuje dioptrickou hodnotu myopie. [21, 44]

Tento problém pomáhá řešit sluneční varianta brýlí MiYOSMART Sun s technologií D.I.M.S., která ovlivňuje růst myopie a zároveň zajišťuje komfortní vidění při pobytu venku. MiYOSMART Sun poskytuje stoprocentní ochranu před UVA a UVB zářením a existuje ve dvou verzích, a to MiYOSMART Chameleon a MiYOSMART Sunbird. [21, 44]

MiYOSMART Chameleon

Jedná se o samozabarvovací (fotochromatickou) brýlovou čočku pro zpomalení růstu myopie, vyrobenou technologií lisovaného laminovaného fotochromatického filmu. Vzhledem k tomu, že čočky reagují různými stupni zbarvení na různé množství dopadajícího UV záření na povrch čočky, tak dochází k jejich plynulému zbarvení do šedé barvy kategorie 2 odpovídajícímu komfortnímu a bezpečnému vidění při přechodu z interiéru do venkovního prostředí. Toto zbarvení mizí již po pár sekundách po návratu do interiéru. Zajišťují menší oslnění a mírní příznaky fotofobie. [21, 44]



Obr. 10 MiYOSMART Chameleon. [44]

MiYOSMART Sunbird

Jedná se o polarizační brýlové čočky zmírňující progresi myopie. Jsou vhodné jako doplněk k regulaci růstu krátkozrakosti čirou variantou čoček MiYOSMART. Stejně jako MiYOSMART Chameleon, slouží jako ochrana před UV zářením a oslněním, jsou provedené v šedé barvě. U dětí léčených atropinovými kapkami (viz podkapitola 4.4. Kombinace léčby atropinem a nošení brýlových čoček MiYOSMART) zvyšují komfort při pohybu venku a omezují fotofobii, způsobenou částečnou mydriázou zornice. Oproti MiYOSMART Chameleon mají tyto čočky stupeň zbarvení 3, tím pádem jsou lepší ochranou před intenzivním slunečním světlem. [21, 44]



Obr. 11 MiYOSMART Chameleon. [44]

5.3. Pokyny pro oční specialisty

Doporučit korekční čočku MiYOSMART může oftalmolog, optometrista, ale i oční optik. Tyto čočky jsou vhodné pro děti mezi 6 a 18 lety ideálně v okamžiku, kdy se objeví první známky krátkozrakosti. Důležitá je hlavně následná spolupráce očních specialistů při průběžných kontrolách při nošení těchto speciálních brýlových čoček viz podkapitola 5.5. Deník pacienta, aby byly používány správně, měly tak možnost správně účinkovat a aby vzniklá myopie byla plně pod kontrolou kvůli případným komplikacím. [21, 34, 35, 47, 48]

Pro správnou indikaci brýlových čoček MiYOSMART je nutné provést různá měření. V první řadě je nutné provést důkladnou anamnézu a kontext vzniku myopie. Jedná se o osobní oční anamnézu dítěte, ve které je potřeba se doptat na potíže, pokud nějaké existují, věk nástupu myopie a její progresi, případně její dosavadní řešení. Dále rozložení času pohledu do různých vzdáleností v průběhu dne a používání současných brýlí. Z rodinné anamnézy je potřeba znát refrakční vady obou rodičů, míru progresu jejich vady a případné komplikace. [48]

V rámci předběžného vyšetření by měl být proveden monokulární i binokulární vízus do dálky i do blízka v naturálním stavu i s korekcí. Je vhodné zhodnotit i funkci pupil, zda správně funguje binokulární vidění, včetně testu motility. Dále je provést i doplňující testy, a to test na zorné pole a na barevné vidění. [48]

Dalším důležitým bodem je vyšetření objektivní refrakce v cykloplegii, ale i subjektivní refrakce se zrakovou ostroší. S touto novou subjektivní refrakcí je dobré zhodnotit funkce binokulárního vidění do dálky i do blízka včetně stereopse, akomodace a vidění za šera i za dobrého osvětlení. [48]

Zásadním bodem je i zhodnocení zdravotního stavu oka, což je možné posoudit při vyšetření předního segmentu na štěrbinové lampě, vyšetření očního pozadí, topografii rohovky, změření nitroočního tlaku, ale hlavně při změření předozadní délky oka (axiální délka bulbu), která je zásadním ukazatelem progresu myopie. [48]

V rámci následné péče je vhodné opakovaně vyplňovat dotazník pro zhodnocení návyku a funkčnosti brýlových čoček MiYOSMART, který obsahuje dotazy na ostrost vidění na různé pohledové vzdálenosti, stabilitu a pohodlnost vidění a celkovou funkčnost čoček. Pokud je celková spokojenost s brýlovými čočkami nízká je dobré se zaměřit na konkrétní potíže, doptat se na podrobnosti jejich výskytu a dále je řešit. Patří mezi ně potíže s přeostrůváním, diplopie, závratě, zamlžené vidění nebo bolesti hlavy. Při kontrolních návštěvách viz podkapitola 5.5 Deník pacienta by vždy měly být všechny zrakové funkce zkontrolovány a zaznamenány, aby bylo možné sledovat případnou progresi myopie. [48]

Může se stát, že se v průběhu nošení těchto speciálních čoček změní refrakce dětského pacienta. V takovém případě je vhodná výměna čoček za novou subjektivně stanovenou refrakcí. Jedná se o změnu ve smyslu nárůstu *SE* o více než 0,50 D. Vždy by mělo dojít k výměně obou brýlových čoček, a to i na oku, kde k progresi nedošlo. V případě, že k takové změně dojde v prvním roce nošení, pak tyto jednorázové náklady hradí společnost Hoya, čímž garantuje funkci čoček. [48]

5.4. Výběr vhodné obruby, centrace a péče o brýle

Výběr vhodné obruby

Brýlové čočky MiYOSMART se používají velmi podobně jako klasické brýlové jednoohniskové čočky a výběr obruby není nijak speciálně limitován. Podmínkou je však správné usazení na obličejí a na hlavě, tedy vhodná šířka obruby s ideální délkou stranic a optimálním tvarem nosníku. Obruba by se neměla dotýkat tváří a měla by mít malé prohnutí brýlového středu (FFFA), ideálně nulové (0-5°). Co se týče vrcholové vzdálenosti rohovky od čočky (CVD), tak ta by měla být spíše menší (≤ 10 mm), aby čočky správně plnily svoji funkci. Pantoskopický úhel (WPA) by měl být rovněž co nejmenší, ideálně však nulový. Je nutné tyto parametry dodržovat, protože není možné vyrobit individuálně upravenou čočku na jiné rozměry, než je uvedeno. [48, 54]

Ohledně konkrétních rozměrů obruby – výška očnice by měla mít minimálně 23 mm, aby se do ní vešla funkční zóna čoček MiYOSMART. Co se týče její šířky jsou uváděné rozměry obruby vzhledem k pupilární distanci: pro 42 až 48 mm je vhodná velikost obruby 37 až 38, pro 48 až 52 mm 40 až 42, pro 53 až 55 mm 43 až 45, pro 56 až 58 mm 45 až 47 a pro 58 až 62 mm 47 až 52. [48, 54]

Centrace

Centrace je doporučena na střed zornice stejně jako u progresivních čoček. Důležité je, aby během centrace pacient stál s přirozeným postojem – přirozené držení hlavy a těla. Vynášíme individuální monokulární pupilární distanci PD a výšku od spodního okraje očnice EP. Případný rozdíl mezi očima je respektován. [48, 54]

Péče o brýle

Brýle by měly být správně nošeny celodenně (alespoň 15 hodin denně), sundávání a nandávání by vždy mělo probíhat za pomoci obou rukou. V případě jejich poškození by mělo dojít k vyhotovení nové korekce. Je vhodné je nechat seřadit každé 3 měsíce v oční optice. V době, kdy brýle nemá pacient nasazené by je měl uchovávat v pevném brýlovém pouzdru. Jejich čištění je doporučeno v jarové vodě s osušením měkkým hadříkem. Na tyto brýlové čočky není povoleno nanášet aceton a není dobré je vystavovat vysokým teplotám. [35, 48, 54]

5.5. Deník pacienta

Deník pacienta je poměrně důležitým článkem ke správnému používání čoček MiYOSMART, protože se do něj dají zaznamenat veškeré kontroly, díky čemuž je možné sledovat postupný vývoj krátkozrakosti. [19, 50, 54]

Je v něm uvedené číslo daného dioptrického páru čoček, jméno a příjmení pacienta, datum narození a datum vystavení deníku. Pro zákonné zástupce pacienta, ale i pro pacienta samotného slouží jako průvodce adaptačním obdobím, ale i po celou dobu nošení čoček MiYOSMART. V rámci adaptačního období, které trvá přibližně 14 dnů je nutné, aby byl pacient obezřetný při intenzivních sportovních aktivitách, při řízení dopravních prostředků včetně koloběžky a jízdního kola, při tělesné výchově ve škole nebo při lezení do výšek. [19, 50, 54]

Rovněž obsahuje poučení o denním režimu, pravidelných kontrolách u lékaře a v optice viz dále a o častých přestávkách při práci do blízka v rámci pravidla 20/20/20, což znamená, že po 20 minutách práce do blízka by si měl pacient udělat přestávku věnovanou pohledu minimálně do 20 stop po dobu 20 sekund. [19, 50, 54]

Záznamy kontrol

Záznamy obsahují informace o tom, kdo provedl oční vyšetření, zda v dřívější době dítě nosilo kontaktní čočky nebo brýle, zápis aktuální objektivní refrakce naměřené v cykloplegii (sférická hodnota, cylindrická hodnota, osa cylindru, případné prizma s orientací báze, vzdálenost rohovky a čočky a axiální délka očního bulbu každého oka zanesená do grafu, na jehož základě lze odhadnout vývoj myopie v závislosti na věku dítěte). Obsahuje rovněž informace o dřívějších metodách regulace myopie, pokud nějaké byly použity (kontaktní čočky, brýlové čočky nebo atropinové kapky) a zda a jak moc jsou krátkozrací rodiče pacienta. Zaznamenává se i aktivita dítěte ve smyslu množství času věnovaného pohledové vzdálenosti kratší než 40 cm, 4 m, času věnovaného venkovní aktivitě, délce spánku a zda při těchto aktivitách dítě nosí brýle. [19, 50, 54]

Frekvence kontrol je poměrně vysoká. V rámci indikace čoček MiYOSMART by dítě mělo navštívit očního lékaře i optiku, ve které budou brýle vyhotoveny. Po dvou týdnech od začátku nošení následuje adaptační kontrola, při které je vyplněn dotazník, na který pacient subjektivně odpovídá na škále 1 až 5, přičemž 1 znamená výborně a 5 špatně. Tento dotazník se doptává na vidění na různé pohledové vzdálenosti a na celkovou spokojenost s viděním

a používáním brýlí a měl by být proveden jednou ročně. Na každé kontrole v oční optice optometristou nebo očním optikem by měla být provedena kontrola vízu a seřízení brýlí a na každé kontrole u očního lékaře aktualizace refrakce a zhodnocení zdravotního stavu oka. Kontroly v oční optice jsou doporučeny každé 3 měsíce, kontroly u lékaře vždy přibližně v době kontroly v oční optice jednou za půl roku. [19, 50, 54]

6. Experimentální část

Motivací pro experimentální část této práce bylo ověření funkce čoček na zmírnění progresu krátkozrakosti MiYOSMART se speciální technologií D.I.M.S., fungující na základě myopického rozostření před sítnicí, jež by mělo zpomalit růst předozadní délky oka, v rámci parametrů evropského oka (studie uvedené společností Hoya byly provedené na obyvatelstvu asijského původu), které jsou na trhu s brýlovými skly zatím po krátkou dobu. Cílem experimentální práce je ověřit, že při nošení brýlových čoček MiYOSMART dochází ke zpomalení růstu předozadní délky oka a ideálně k zastavení růstu dioptrií oproti kontrolní skupině s klasickými jednoohniskovými čočkami za zlepšení nebo alespoň udržení zrakové ostrosti na původní hodnotě. V souladu s předchozími studii předpokládáme, že dojde ke zmírnění progresu myopie, zpomalení růstu axiální délky očního bulbu, až k zastavení růstu vady. Sledovanými parametry bude axiální délka oka AL měřená na optickém biometru, sférický ekvivalent SE měřený za cykloplegie a zraková ostrost se subjektivně stanovenou korekcí V_{cc} , kdy nárůst parametru AL je očekáván vždy s ohledem na růst a vývoj dětského těla a oka.

6.1. Subjekty a metodika

Probandi

Probandi (dětští pacienti) byli vybráni z řad myopických pacientů MUDr. Anity Pirošové (pod vedením primářky očního oddělení Nemocnice AGEL Přerov MUDr. Moniky Daňkové), všichni prošli standardním očním vyšetřením, přičemž všem byla doporučena čočka MiYOSMART. V konečné fázi o aplikaci čoček rozhodli rodiče. Data probandů byla získána zpětně z databáze pracoviště, první proband byl poprvé měřen v září roku 2022 a poslední proband podruhé v listopadu roku 2023. U každého probanda byly vždy uvažovány obě oči, každé oko samostatně. Do experimentální skupiny byli zařazeni probandi, jejichž rodiče se rozhodli pro aplikaci čoček MiYOSMART, do kontrolní skupiny ostatní. Do studie bylo původně zařazeno celkem 28 probandů, z toho 8 do experimentální skupiny (16 očí) ve věkovém rozmezí od 5 do 17 let a 20 do kontrolní skupiny (40 očí) ve věku od 9 do 15 let, průměrný věk experimentální skupiny byl 13 let a kontrolní skupiny 12 let. Celkem se jednalo o 18 dívek a 10 chlapců. V experimentální skupině se nacházelo 7 dívek a 1 chlapec, v kontrolní skupině 11 dívek a 9 chlapců. Následně byla kontrolní skupina upravena tak, aby mezi AL a SE obou skupin nebyl významný rozdíl, viz podkapitola 6.2 Výsledky. Podrobné údaje jsou v části 6.2 Výsledky.

Vyšetřovací postupy

U každého probanda byla vzata data ze dvou po sobě jdoucích vyšetření v rozestupu přibližně 6 měsíců. Probandi z experimentální skupiny po dobu mezi vyšetřeními nosili brýlové čočky MiYOSMART, probandi z kontrolní skupiny klasické brýlové čočky pro korekci myopie. V rámci standardního očního vyšetření byla odebrána anamnéza, ve které byli zákonní zástupci probandů i probandi osobně dotázáni osobní údaje, na subjektivní pocit rozmazaného vidění, vidění během vyučování ve škole, umístění lavice probandů ve třídě a jejich školní prospěch. Dále potom, jak dlouho případné potíže pozorují a jaké jsou zrakové podmínky mimo školní docházku, konkrétně kolik času tráví na elektronických zařízeních a práci do blízka. Na závěr byla doplněna osobní anamnéza o jiná onemocnění probanda, pokud nějaká měl. V rámci rodinné anamnézy bylo zjištěno, zda nosí brýle rodiče a sourozenci probandů, zda se u nich objevilo šilhání, tupozrakost nebo glaukom. Poté byla změřena objektivní refrakce na autorefrakto-keratometru Auto-Refraktometr RK-3 (Canon, Amstelveen, Holandsko), před i po rozkapání. Cykloplegie byla dosažena aplikací Cyclogylu 1 % gtt. 3x, vždy po 5 minutách do každého oka. Druhé přeměření objektivní refrakce bylo provedeno po 30 minutách od poslední kapky. Vízus bez korekce a s korekcí byl naměřen monokulárně na nástěnném optotypu LCD Optotyp CP-400 (Frey, distributor Spirit Medical, Piaseczno, Polsko) ze vzdálenosti 3 metrů dle schopností každého probanda na písmenech nebo Pflugerových háčích. Dále byla provedena biometrie na optickém biometru IOLMaster 700, softwarová verze 1.90, (Zeiss, Jena, Německo). Všechna měření byla provedena v osvětlené místnosti. Pro účely byly použity AL , V_{cc} a objektivní refrakce reprezentovaná SE . U některých probandů nebyla dohledána všechna měření.

Analýza dat

Naměřená data byla reprezentována průměrem a směrodatnou odchylkou SD, případně mediánem a maximálním a minimálním rozsahem. Normalita dat byla testována Shapiro-Wilkovým testem. Data s normálním rozdělením byla vzájemně porovnávána pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA), ostatní data pomocí neparametrického Mann-Whitneyho U testu. V případě použití metody ANOVA byla navíc testována homogenita rozptylů mezi skupinami Levenovým testem. Korelace mezi veličinami byla hodnocena pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Všechny statistické hypotézy byly testovány v programu STATISTICA 13.4 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA), doplňující testy v programu MS Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

Testy probíhaly na hladině významnosti 0,05, v textu jsou též uvedeny mezní hladiny významnosti p , na kterých by právě došlo k zamítnutí nulové hypotézy.

6.2. Výsledky

Základní charakteristiky původního vzorku očí probandů z 1. a 2. vyšetření jsou uvedeny v tab. 1 až 3. U kontrolní skupiny 20 probandů byla dostupná všechna data, u experimentální skupiny byla dostupná data pro AL pouze u 14 očí, pro SE a V_{cc} pouze u 12 očí. Z tabulek je vidět, že vstupní hodnota SE má mezi oběma skupinami výrazně odlišný medián a rozsah hodnot. Toto prokázala i statistická analýza (Mann-Whitneyho U test, $p = 0,00035$). V případě vstupní AL nebyl rozdíl zjištěn ($p = 0,15$). Pro sjednocení obou skupin byla následně kontrolní skupina upravena tak, že do ní byly zahrnuty pouze oči, u kterých velikost vstupního SE nepodkročila minimální velikost vstupního SE experimentální skupiny. Stejný požadavek byl kladen i na AL . Takto upravená kontrolní skupina zahrnovala 15 očí od 9 probandů. Nyní nebyl ani u SE , ani u AL mezi oběma skupinami zjištěn signifikantní rozdíl (Mann-Whitneyho U test, $p = 0,33$; ANOVA, $p = 0,54$). U vstupní hodnoty V_{cc} také nebyl zjištěn rozdíl (Mann-Whitneyho U test, $p = 0,56$).

Tab. 1 Statistický popis axiální délky oka z prvního (AL_1) a druhého (AL_2) vyšetření experimentální (E, 14 očí) a kontrolní (K; původní o 40 očích a po sjednocení AL a SE s experimentální skupinou o 15 očích) skupiny očí; SD reprezentuje směrodatnou odchylku.

	AL_1 před (mm)					AL_2 po (mm)				
	průměr	SD	medián	maximum	minimum	průměr	SD	medián	maximum	minimum
E (14 očí)	24,76	0,86	24,440	26,63	23,77	24,91	0,84	24,560	26,64	23,91
K původní (40 očí)	24,12	0,94	24,375	25,45	22,13	24,21	0,95	24,515	25,52	22,16
K sjednocená (15 očí)	24,80	0,39	24,650	25,45	24,21	24,90	0,39	24,690	25,52	24,25

Tab. 2 Statistický popis sférického ekvivalentu oka z prvního (SE_1) a druhého (SE_2) vyšetření experimentální (E, 14 očí) a kontrolní (K; původní o 40 očích a po sjednocení AL a SE s experimentální skupinou o 15 očích) skupiny očí; SD reprezentuje směrodatnou odchylku.

	SE_1 před (D)					SE_2 po (D)				
	průměr	SD	medián	maximum	minimum	průměr	SD	medián	maximum	minimum
E (12 očí)	-4,5	1,7	-5,062	-1,250	-6,750	-4,7	1,6	-5,313	-1,500	-6,750
K původní (40 očí)	-2,2	1,9	-1,250	-0,500	-7,250	-2,7	1,9	-1,938	-0,625	-7,750
K sjednocená (15 očí)	-4,1	1,8	-4,500	-1,250	-7,250	-4,5	1,9	-4,750	-1,250	-7,750

Tab. 3 Statistický popis vízu s korekcí z prvního (V_{cc1}) a druhého (V_{cc2}) vyšetření experimentální (E, 14 očí) a kontrolní (K; původní o 40 očích a po sjednocení AL a SE s experimentální skupinou o 15 očích) skupiny očí; SD reprezentuje směrodatnou odchylku.

	V_{cc1} před					V_{cc2} po				
	průměr	SD	medián	maximum	minimum	průměr	SD	medián	maximum	minimum
E (12 očí)	0,72	0,15	0,75	1,00	0,400	0,84	0,17	0,90	1,00	0,40
K původní (40 očí)	0,74	0,23	0,80	1,00	0,160	0,89	0,16	1,00	1,00	0,32
K sjednocená (15 očí)	0,71	0,29	0,80	1,00	0,160	0,85	0,22	1,00	1,00	0,32

Následně byly stanoveny rozdíly všech parametrů mezi 1. a 2. měřením. Tyto rozdíly jsou uvedeny v tab. 4 až 6. Statistická analýza neprokázala významné rozdíly mezi AL , SE a V_{cc} z obou měření (Mann-Whitneyho U test, $p = 0,38$, $p = 0,15$, $p = 0,96$). Přestože testy byly nesignifikantní, rozdílová data u SE naznačují drobné odlišnosti mezi oběma skupinami. Zatímco v experimentální skupině byl sledován jak nárůst a stagnace vady, tak i pokles vady (u jednoho probanda byl zaznamenán pokles vady, což odpovídá 8,33 %; u 4 probandů stagnace, což odpovídá 33,33 % a u 7 probandů nárůst vady, což odpovídá 58,33 %), v kontrolní skupině byla pozorována jen stagnace u 2 probandů (13,33 %) nebo nárůst vady u 13 probandů (86,66 %). V případě AL byl u obou skupin vždy pozorován nárůst délky oka, a to více méně shodný (do 0,26 mm), jen u experimentální skupiny byl u jednoho probanda poněkud vyšší (0,63 mm). Spearmanův korelační koeficient v případě obou skupin ukázal nárůst vady s rostoucí délkou oka ($r = -0,57$ pro experimentální a $r = -0,27$ pro kontrolní skupinu, záporný rozdíl v SE znamená nárůst vady s nárůstem délky). Nicméně žádná z uvedených korelací nebyla statisticky významná. U hodnot vízu převažuje v obou skupinách mírný nárůst.

Tab. 4 Rozdíl axiální délky oka z druhého (AL_2) a prvního (AL_1) vyšetření experimentální (E, 14 očí) a kontrolní (K; původní o 40 očích a po sjednocení AL a SE s experimentální skupinou o 15 očích) skupiny očí; SD reprezentuje směrodatnou odchylku. Kladná hodnota rozdílu znamená nárůst axiální délky oka.

	$AL_2 - AL_1$ (mm)				
	průměr	SD	medián	maximum	minimum
E (14 očí)	0,11	0,22	0,185	0,40	-0,40
K původní (40 očí)	0,09	0,08	0,055	0,26	0,00
K sjednocená (15 očí)	0,14	0,26	0,200	0,60	-0,30

Tab. 5 Rozdíl sférického ekvivalentu oka z druhého (SE_2) a prvního (SE_1) vyšetření experimentální (E, 14 očí) a kontrolní (K; původní o 40 očích a po sjednocení AL a SE s experimentální skupinou o 15 očích) skupiny očí; SD reprezentuje směrodatnou odchylku. Záporná hodnota rozdílu znamená nárůst dioptrické vady.

	$SE_2 - SE_1$ (D)				
	průměr	SD	medián	maximum	minimum
E (12 očí)	-0,22	0,33	-0,125	0,375	-0,625
K původní (40 očí)	-0,48	0,42	-0,375	0,000	-1,625
K sjednocená (15 očí)	-0,42	0,31	-0,375	0,000	-1,125

Tab. 6 Rozdíl vízu s korekcí z druhého (V_{cc2}) a prvního (V_{cc1}) vyšetření experimentální (E, 14 očí) a kontrolní (K; původní o 40 očích a po sjednocení AL a SE s experimentální skupinou o 15 očích) skupiny očí; SD reprezentuje směrodatnou odchylku. Kladná hodnota rozdílu znamená nárůst vízu s korekcí.

	$V_{cc2} - V_{cc1}$				
	průměr	SD	medián	maximum	minimum
E (12 očí)	0,11	0,22	0,185	0,40	-0,40
K původní (40 očí)	0,15	0,24	0,100	0,68	-0,30
K sjednocená (15 očí)	0,14	0,26	0,200	0,60	-0,30

6.3. Diskuze

Brýlové čočky MiYOSMART jsou určeny pro zmírnění progresu myopie u dětí. V této studii nebyl zjištěn signifikantní vliv přibližně šestiměsíčního nošení těchto čoček na sledované parametry (AL , SE , V_{cc}), i přes to, že dle předchozích studií by v prvních 6 měsících měl být jejich vliv nejmarkantnější. Nicméně podrobnější analýza výsledků naznačuje mírně odlišný (zpomalený) vývoj SE u experimentální skupiny (u nositelů MiYOSMART).

Je možné, že signifikantní vliv korekčních čoček MiYOSMART nebyl zjištěn z důvodu jistých limitů studie. Jedná se o malý počet probandů v experimentální, ale i kontrolní skupině, což bylo pravděpodobně způsobeno tím, že se tento produkt na trhu zatím nenachází dostatečně dlouhou dobu, a tudíž dle dat MUDr. Anity Pirošové nebylo možné retrospektivně posbírat větší množství probandů a dat. Je možné, že na větším vzorku probandů by byl vliv těchto brýlových čoček prokázán s ohledem na fakt, že při podrobnější analýze hodnoty poukazují na odlišný vývoj SE u experimentální skupiny. U 41,66 % probandů v experimentální skupině došlo k poklesu nebo stagnaci vady oproti tomu u kontrolní skupiny došlo v 86,66 % k nárůstu vady. Tyto hodnoty se sice blíží výsledkům předchozích studií, ale nepotvrzují naši hypotézu, zároveň ji ani nevyvracejí.

Dalším faktorem, který neprůkaznost hypotézy mohl způsobit a představuje druhý ze zásadních limitů této studie, je doba mezi prvním a druhým měřením, která byla přibližně 6 měsíců. Půl roku mohlo být krátkou dobou pro zpozorování výsledků našim předpokladům.

S ohledem na rychlost fyziologického vývoje oka, parametry očních médií a jejich měřitelnost by možná zpomalení růstu předozadní délky oka a zmenšení výsledné hodnoty refrakční vady bylo při delší době markantnější. Studie uváděné společnostmi Hoya a Essilor probíhaly v rámci několika (dvou až tříleté studie) let. [55]

Třetím limitujícím faktorem je fakt, že studie probíhala retrospektivně, tudíž nebylo možné vždy sesbírat všechna potřebná data. V rámci konstruktivní kritiky by tedy při pokračování experimentální části bylo vhodnější měření provádět v reálném čase u všech probandů stejným způsobem, aby získaná data byla objektivnější a nebylo nutné některé probandy vyřadit z výzkumu. V tomto případě se jednalo o 14 vyřazených probandů z důvodu nevhodnosti dat do výzkumu nebo nekompletnosti získaných údajů. Vhodnější by byl i vyrovnanější počet probandů v obou skupinách.

Informace o korekčních čočkách společnosti Zeiss (MyoCare) byly získány pouze z oficiálních webových stránek společnosti, protože výsledky studií zatím nebyly oficiálně publikovány. Tato studie slibuje, že bude první randomizovanou a kontrolovanou studií na evropských dětech a že prokáže účinnost korekčních čoček MyoCare. [28] Výsledky studie zabývající se účinností čočky MyCon společnosti Rodenstock nelze nezávisle ověřit, protože byla publikována pouze jedna studie, jejíž výsledky se neshodují s informacemi na oficiálních webových stránkách společnosti Rodenstock. Z těchto důvodů není možné porovnat účinky všech designů jednotlivých společností. Oproti tomu vliv korekční čočky MiYOSMART (Hoya) a Stellest (Essilor) na oko potvrzeny jsou a existují i studie porovnávající jejich účinnost, která je u obou čoček víceméně srovnatelná co do subjektivního vnímání nošení, tak do růstu předozadní délky oka i dioptrické vady.

V rámci případného navázání na tuto experimentální práci by mohl být vlivným parametrem růst tělesné výšky v porovnání s růstem předozadní délky oka. Vzhledem k tomu, že u 25 % případů progresivní myopie dochází k rozvoji onemocnění zeleného zákalu (*glaukomu*), tak by pravděpodobně bylo zajímavé k měřeným parametrům v dalších studiích přiřadit i nitrooční tlak (*NOT*), konkrétně jeho změny v kontrolní a experimentální skupině.

Závěr

Teoretická část této diplomové práce shrnuje hlavně popis refrakční vady zvané myopie. Vysvětluje podmínky jejího vzniku a rozděluje ji dle kritéria výšky její dioptrické hodnoty do několika kategorií, které i popisuje. Dotýká se i jejího výskytu a faktorů dědičnosti. V kapitole 2 jsou shrnuty a popsány nejčastěji vyskytující se patologie a zdravotní komplikace spojené s progresivní formou myopie, které mohou zásadně ovlivnit zrakovou ostrost, ale i životní úroveň pacientů v případě úplné ztráty zraku. Třetí kapitola rozebírá možnosti řešení myopie obecně, a to od nejčastějšího neinvazivního řešení – brýlové korekce – přes invazivnější variantu kontaktních čoček a orthokeratologie po laserové odstranění dioptrií, implantaci fakických čoček a chirurgické operace často spojené s řešením šedého zákalu.

Další část práce se zabývá možnostmi zpomalení progresu myopie, ideálně zastavením jejího růstu. Představuje různé technologie využívající myopického rozostření před sítnicí, což dává sítnici podněty zajišťující zpomalení růstu předozadní (axiální) délky očního bulbu. Představené technologie od společností Cooper Vision, Hoya, Rodenstock, Zeiss a Essilor využívají různých variant pro vytvoření myopického rozostření od dioptrických segmentů s různým umístěním na ploše brýlové čočky po kontaktní čočky se 2 soustřednými dioptrickými zónami. Zajímavým řešením dětské krátkozrakosti je i přímá aplikace atropinu do oka každý den před spaním, kdy je v podstatě nasimulovaný efekt pohledu do dálky i při práci do blízka, nevýhodou této metody je však takzvaný „*rebound effect*“, kdy po ukončení léčby dojde k opětovnému nárůstu dioptrií, který je ale i tak o něco menší než u očí, které nebyly touto metodou léčeny.

Závěr teoretické části je věnován konkrétní technologii zmírňující nárůst dětské myopie, a to brýlovým čočkám MiYOSMART od japonské společnosti Hoya. Jejich principem je myopické rozostření formou dioptrických segmentů o +3,50 D, rozmístěných kolem centrální zóny v oblasti zornice při přímém pohledu před sebe. Centrální zóna zajišťuje ostré vidění a korekční zóna kontroluje růst myopie, konkrétně růst předozadní délky oka i růst dioptrické hodnoty refrakční vady.

V experimentální části byla provedena retrospektivní studie na experimentální a kontrolní skupině s cílem vyhodnotit efekt čoček MiYOSMART. Výsledky výzkumu naznačují možné rozdíly mezi klasickou korekcí a studovanou čočkou (větší procento stagnace vady, popř. zlepšení s čočkami MiYOSMART), pozorované rozdíly ale nebyly

statisticky významné. Hlavním limitem studie byl nízký počet zapojených probandů z důvodu dosud malého rozšíření tohoto způsobu terapie a krátká doba sledování. Přitom hodnocen byl sférický ekvivalent SE , axiální délka oka AL a vízus s korekcí V_{cc} .

Závěrem lze říci, že ideálním řešením a korekcí dětské myopie by mohla být kombinace kontaktních čoček MiSight, nošených v době, kdy není možné používat brýlovou korekci, aplikace atropinu a brýlových čoček určených ke zmírnění krátkozrakosti, a to i ve sluneční/samozabarvovací variantě, která je díky roztažené zornici účinnější než čirá varianta. Zásadním faktorem je i životní styl a časový poměr pohledové vzdálenosti do blízka a do dálky, kdy je preferovaný pobyt v exteriéru s přirozeným světlem. Rovněž je dobré omezit práci na digitálních zařízeních a při práci s nimi zařadit krátké přestávky s pohledem do dálky.

Seznam použitých zdrojů

1. Pluháček F. Cyklus přednášek k předmětu Korekce zraku 2. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2020.
2. Anton M. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody. 3. přepracované vydání. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004.
3. Kuchynka P. Oční lékařství. 2. přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2016.
4. Kraus H a kol. Kompendium očního lékařství. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 1997.
5. Návarová M. Vysoká myopie a patologické změny oka [bakalářská práce]. Brno: Masarykova Univerzita, 2006.
6. Tunnacliffe AH. Introduction to Visual Optics. 4. vyd. Canterbury: Association of British Dispensing Opticians, 1993.
7. Kolín O a kol. Oční lékařství. 2. vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2007.
8. Heissigerová J a kol. Oftalmologie. 1. vyd. Praha: Maxdorf s. r. o., nakladatelství odborné literatury, 2018.
9. Pluháček F. Cyklus přednášek k předmětu Binokulární vidění. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2020.
10. Kučerová R. Vliv velikosti zornice na vidění při nošení multifokálních kontaktních čoček [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, studijní rok 2021/2022.
11. Heissigerová J. Rozhovor o epidemii krátkozrakosti pro Seznam Zprávy. <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/bojujeme-s-epidemii-kratkozrakosti-jen-mobily-a-monitory-za-to-nemuzou-vysvetluje-oftalmolozka-64908> [Online 31. 9. 2019]
12. Gerinec A. Dětská oftalmologie. 1. vydání. Martin: Osveta, spol. s. r. o., 2005.
13. Machýčková L. Cyklus přednášek k předmětu Kontaktní čočky. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2020.
14. Tavanzi U. Cyklus přednášek k předmětu Refrakční chirurgie. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2023.
15. ReLEx Smile. Oficiální webové stránky společnosti Neovize. <https://www.neovize.cz/laserova-operace-oci/relex-smile/>
16. ReLEx Smile. Oficiální webové stránky společnosti Gemini. https://www.gemini.cz/ocni_vady_a_pojmy/relex-smile/

17. ReLEx Smile. Oficiální webové stránky Oční kliniky Horní Počernice.
<https://ocniklinikahp.cz/laserove-operace-oci/relex-smile/>
18. Falhar M. Cyklus přednášek k předmětu Diagnostika v optometrii. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Olomouc; 2023.
19. Heissigerová J. Rozhovor o epidemii krátkozrakosti pro Seznam Zprávy.
<https://www.seznamzpravy.cz/clanek/bojujeme-s-epidemii-kratkozrakosti-jen-mobily-a-monitory-za-to-nemuzou-vysvetluje-ofthalmozka-64908> [Online 31. 9. 2019]
20. Fakická čočka. Oficiální webové stránky společnosti Gemini.
https://www.gemini.cz/zakroky/fakicke-cocky/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw8pKxBhD_ARIsAPrG45mJsC8u5553Ycosit uPjMps3XvuQXgqWhmjd3uHftR89vstdrQZ36waAucQEALw_wcB
21. MiYOSMART. Oficiální webové stránky společnosti Hoya.
<https://www.hoyavision.com/cz/opticke-vyrobky/miyosmart/>
22. Brýle pro děti od společnosti Rodenstock. Oficiální webové stránky společnosti Rodenstock. <https://www.rodenstock.cz/cz/cz/detske-bryle.html>
23. Brýlové čočky ZEISS MyoCare. Oficiální webové stránky společnosti Zeiss.
<https://www.zeiss.cz/vision-care/zeiss-vyrobky/myocare.html>
24. Stellest. Oficiální webové stránky společnosti Essilor.
<https://www.essilor.com/cz-cs/products/stellest/>
25. ZEISS Magazín 2023, str. 4.
26. Chytrý způsob řešení krátkozrakosti vašeho dítěte [informační leták]. Dostupné na oficiálních webových stránkách společnosti Hoya.
<https://www.hoyavision.com/cz/opticke-vyrobky/miyosmart/>
27. Lin Z, Xi X, Wen L et al. Relative Myopic Defocus in the Superior Retina as an Indicator of Myopia Development in Children. 2023 Apr 3;64(4):16. doi: 10.1167/iovs.64.4.16.
28. Alvarez-Peregrina C, Sanchez-Tena MA, Martinez-Perez C et al. Clinical Evaluation of MyoCare in Europe (CEME): study protocol for a prospective, multicenter, randomized, double-blinded, and controlled clinical trial. 2023 Oct 17;24(1):674. doi: 10.1186/s13063-023-07696-0.
29. Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y et al. Three-Year Clinical Trial of Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) Study: Continued Versus Washout Phase 3 Report. *Ophthalmology*. 2022 Mar;129(3):308-321. doi: 10.1016/j.ophtha.2021.10.002.

30. Hieda O, Hiraoka T, Fujikado T et al. Assessment of myopic rebound effect after discontinuation of treatment with 0.01% atropine eye drops in Japanese school-age children. *Jpn J Ophthalmol.* 2023 Sep;67(5):602-611. doi: 10.1007/s10384-023-01012-8.
31. Fen Fen Li MD, Jason C. YamLow-Concentration Atropine Eye Drops for Myopia Progression. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology.* Volume 8, Issue 5, September–October 2019, Pages 360-365.
32. Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y. Effect of Low-Concentration Atropine Eyedrops vs Placebo on Myopia Incidence in Children. The LAMP2 Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2023 Feb 14;329(6):472-481. doi: 10.1001/jama.2022.24162.
33. Grosvenor T. *Primary care optometry.* 5. vydání. Missouri: Elsevier, 2007.
34. Erdinest N, London N, Lavy I et al. Peripheral Defocus and Myopia Management: A Mini-Review. 2023 Feb;37(1):70-81. doi: 10.3341/kjo.2022.0125.
35. Carlà MM, Boselli F, Giannuzzi F et al. Overview on Defocus Incorporated Multiple Segments Lenses: A Novel Perspective in Myopia Progression Management. 2022 Apr 2;6(2):20. doi: 10.3390/vision6020020.
36. MiSight® 1 day. Oficiální webové stránky společnosti Cooper Vision. <https://coopervision.cz/contact-lenses/misight-1-day/misight-1-day>
37. Specifikace produktů Cooper Vision. Dostupné na oficiálních webových stránkách společnosti Cooper Vision. https://coopervision.cz/sites/coopervision.cz/files/product-specs/coopervision-product-specifications-guide-cz_12.pdf
38. Ruiz-Pomeda A, Villa-Collar C. Slowing the Progression of Myopia in Children with the MiSight Contact Lens: A Narrative Review of the Evidence. *Ophtalmo Ther.* 2020 Dec;9(4):783-795. doi: 10.1007/s40123-020-00298-y.
39. Tarutta EP, Proskurina OV, Tarasova NA, Milash SV, Markosyan GA. Long-term results of perifocal defocus spectacle lens correction in children with progressive myopia. 2019;135(5):46-53. doi: 10.17116/ofalma201913505146.
40. MyoCare. MyopiaProfile. <https://www.myopiaprofile.com/product/myocare>
41. Radhakrishnan H, Lam CSY, Charman WN. Multiple segment spectacle lenses for myopia control. Part 1: Optics. 2023 Sep;43(5):1125-1136. doi: 10.1111/opo.13191. Epub 2023 Jun 28.
42. Radhakrishnan H, Lam CSY, Charman WN. Multiple segment spectacle lenses for myopia control. Part 2: Impact on myopia progression. 2023 Sep;43(5):1137-1144. doi: 10.1111/opo.13194. Epub 2023 Jun 28.

43. Yang B, Liu L, Cho P. Effectiveness of orthokeratology and myopia control spectacles in a real-world setting in China. 2024 Apr 11:102167. doi: 10.1016/j.clae.2024.102167.
44. MiYOSMART Sun. Oficiální webové stránky společnosti Hoya.
<https://www.hoyavision.com/cz/opticke-vyrobky/miyosmart/miyosmart-sun/>
45. Nucci P, Lembo A, Schiavetti I, Shah R, Edgar DF, Evans BJW. A comparison of myopia control in European children and adolescents with defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacles, atropine, and combined DIMS/atropine. 2023 Feb 16;18(2):e0281816. doi: 10.1371/journal.pone.0281816. eCollection 2023.
46. Lam CSY, Tang WCH, Tse DY et al. Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. 2020 Mar;104(3):363-368. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313739. Epub 2019 May 29.
47. Návod na použití čoček MiYOSMART. [tištěný informační leták společnosti Hoya]
48. MiYOSMART praktický rádce pro oční specialisty. [tištěná informační brožura společnosti Hoya]
49. Lu Y, Lin Z, Wen L. The Adaptation and Acceptance of Defocus Incorporated Multiple Segment Lens for Chinese Children. 2020 Mar;211:207-216. doi: 10.1016/j.ajo.2019.12.002. Epub 2019 Dec 13.
50. Chytrý způsob řešení krátkozrakosti. [tištěný informační leták společnosti Hoya]
51. Webové stránky Eye-deology Vision Care.
<https://www.eye-deology.com/eyewear/hoya-miyosmart-myopia-control-eyeglass-lenses>
52. Webové stránky Central Vision Opticians.
<https://www.centralvisionopticians.co.uk/miyosmart-by-hoya-a-revolutionary-spectacle-lens-to-help-combat-myopia/>
53. Prodejní ceník MiYOSMART. [tištěný materiál společnosti Hoya]
54. Deník pacienta. [tištěná brožura společnosti Hoya]
55. Důvěra na základě důkazů. Oficiální webové stránky společnosti Hoya.
<https://www.hoyavision.com/cz/opticke-vyrobky/miyosmart/dukazy/>