

Vliv myopie a oslnění na mezopickou kontrastní citlivost

Junker Jiří, Pluháček František

Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci



První autor:
Mgr. Jiří Junker

Korespondenční autor:
Doc. RNDr. František Pluháček, Ph.D.
Katedra optiky, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Palackého v Olomouci
17. listopadu 12
779 00 Olomouc
Česká republika
E-mail: frantisek.pluhacek@upol.cz

Do redakce doručeno dne: 23. 1. 2025
Přijato k publikaci dne: 7. 2. 2025
Publikováno on-line: 10. 4. 2025

Autoři práce prohlašují, že vznik i téma odborného sdělení a jeho zveřejnění není ve střetu zájmů a není podpořeno žádnou farmaceutickou firmou ani výrobcem nebo distributorem lékařských přístrojů. Práce nebyla zadána jinému časopisu ani jinde otištěna. Autoři práce prohlašují, že postupy použité ve studii odpovídají etickým principům Helsinské deklarace z roku 1975 (revidované v roce 2000).

SOUHRN

Cíl: Cílem studie je vyhodnocení současného vlivu lehké myopie a oslnění na kontrastní citlivost za mezopických podmínek odpovídajících podmínkám při řízení vozidla v noci.

Materiál a metodika: Studie se zúčastnilo 22 dobrovolníků (11 žen a 11 mužů) ve věku od 20 do 42 let (průměr 26,5 let, směrodatná odchylka 5,2 let) s normálním binokulárním viděním a normální monokulární i binokulární zrakovou ostrostí naturálně nebo s korekcí a s normálníma zdravýma očima. Studie byla koncipována jako prospektivní. Po adaptaci na mezopické podmínky byly pomocí přístroje Mesotest II provedeny v náhodném pořadí tři série měření kontrastní citlivosti, a to s plně korigovanou refrakční vadou, s navozenou myopií -0,50 D a -1,0 D. V každé sérii bylo provedeno měření bez oslnění a s oslněním. Všechna měření byla provedena dvakrát a jako výsledek byl uvažován jejich průměr. Vliv navozené myopie a oslnění byl hodnocen metodou analýzy rozptylu pro opakovaná měření.

Výsledek: Byl prokázán signifikantní vliv přítomnosti myopie ($p < 0,001$) i oslnění ($p < 0,001$) na mezopickou kontrastní citlivost, přičemž s rostoucí myopií nebo při přítomnosti oslnění kontrastní citlivost klesala. Byla také zjištěna signifikantní interakce těchto faktorů ($p < 0,001$), která se projevila zvýšeným vlivem oslnění při přítomnosti refrakční vady, přičemž dopad oslnění s velikostí vady rostl. Bez přítomnosti myopie mělo oslnění minimální vliv.

Závěr: Kontrastní citlivost při mezopických podmínkách je zásadně ovlivněna nekorigovanou myopií i oslněním, přičemž významný vliv oslnění lze pozorovat zejména při přítomnosti myopie, která dopad oslnění podstatně umocňuje. Proto by měl být u osob, které často potřebují kvalitní vidění za mezopických podmínek (typicky u řidičů) kladen důraz na dobře stanovenou korekci refrakční vady. Pro předcházení nežádoucímu vlivu oslnění je též vhodné u těchto osob zvážit korekci případné noční myopie.

Klíčová slova: kontrast, kontrastní citlivost, mezopické světelné podmínky, oslnění, myopie, Mesotest II

SUMMARY

Effect of Myopia and Glare on Mesopic Contrast Sensitivity

Aim: The aim of the study is to evaluate the simultaneous effect of mild myopia and glare on contrast sensitivity under mesopic conditions corresponding to the conditions of night driving.

Material and Methods: The study included 22 volunteers (11 women and 11 men) aged between 20 and 42 years (mean age 26.5 years, standard deviation 5.2 years) with normal or corrected to normal binocular and monocular vision acuity and normal healthy eyes. The study was designed as a prospective study. After adaptation to mesopic conditions, three series of contrast sensitivity measurements (with fully corrected refractive error, with induced myopia -0.50 D and -1.0 D) were performed in random order using the Mesotest II device. In each series, measurements were performed with and without glare. All measurements were performed twice, and their average was considered as the result. The effect of induced myopia and glare was assessed using the analysis of variance method for repeated measures.

Results: Significant effects of myopia ($p < 0.001$) and glare ($p < 0.001$) on mesopic contrast sensitivity were proven, with contrast sensitivity decreasing with increasing myopia or in the presence of glare. A significant interaction of these factors ($p < 0.001$) was also found, which was manifested by an increased effect of glare in the presence of refractive error. The impact of glare increased with the size of the refractive error. In the absence of myopia, the effect of glare was minimal if any.

Conclusion: Mesopic contrast sensitivity is significantly affected by both the level of uncorrected myopia and the presence of glare. The significant effect of glare is observed especially in the presence of myopia, which enhances its impact. Therefore, emphasis should be placed on well-defined refractive correction in individuals who need quality vision under mesopic conditions (typically drivers). To prevent the undesirable effect of glare, it is also appropriate to consider correction of possible night myopia in these subjects.

Key words: contrast, contrast sensitivity, mesopic lighting conditions, glare, uncorrected myopia, Mesotest II

Čes. a slov. Oftal., 81, 2025, No. 6, p. 307–311

ÚVOD

Za zhoršených světelných podmínek dochází k významnému poklesu zrakové ostrosti (ZO) [1–4] a současně mizí schopnost rozpoznávat barvy [5]. Pro orientaci v prostoru a detekci nebo identifikaci objektů se tak stavají podstatné rozdíly v jasech pozorované scény spíše než jednotlivé detaily nebo barevné rozdíly. Významnou roli v těchto situacích tedy hraje zejména kontrastní citlivost. Typickým příkladem je řízení za šera nebo v noci [5], kdy rozdíly v jasech umožňují například rozpoznat, kde končí vozovka, nebo pomáhají detekovat chodce bez reflexního oblečení. Dopad kontrastní citlivosti na řízení za těchto podmínek byl již v minulosti prokázán [6,7].

Při nízkých jasech dochází k postupné adaptaci oka a jeho citlivost na světlo roste [5]. Náhlé změny jasu v zorném poli, při kterých je výrazně překročen adaptační jas oka, pak mohou způsobit nepříjemné pocity nebo dokonce omezit vidění. Tento stav, kdy světlo vstupující do oka zhoršuje nebo negativně ovlivňuje zrakovou pohodu, se označuje jako oslnění [8–10]. Vysoké hodnoty oslnění mohou podstatně snižovat kontrastní citlivost [11] a významně tak zhoršovat vidění za šera. Typickým případem nežádoucího dopadu oslnění je opět řízení vozidla za šera či za tmy [7].

Za sníženého jasu se také může více projevit vliv nekorigované nebo neúplně korigované refrakční vady, zejména myopie, kterou oko není schopno samo vykompenzovat a která sama o sobě omezuje nejen zrakovou ostrost [8], ale i kontrastní citlivost [12]. Navíc může za šera nebo za tmy dojít k jejímu navýšení o tzv. noční myopii [13,14]. Např. výsledky naší práce [14] udávají za mezopických podmínek odpovídajících adaptačnímu jasu $0,17 \text{ cd/m}^2$ průměrnou hodnotu noční myopie $0,50 \text{ D} \pm 0,30 \text{ D}$. Společný dopad obou těchto nežádoucích jevů, tj. myopie a oslnění, na kontrastní citlivost nebyl za mezopických podmínek dosud dostatečně popsán. Přitom výzkum vlivu těchto faktorů je důležitý nejen v oblasti zrakového vnímání, ale také v širším kontextu měření a standardizace těchto veličin [15,16].

Cílem naší studie je posouzení vlivu lehké myopie do hodnoty $-1,0 \text{ D}$ a oslnění na kontrastní citlivost při mezopických podmínkách (tj. za šera) u normálních zdravých očí. Pro účely studie byl vybrán přístroj Mesotest II (Oculus, Wetzlar, Německo), který zajišťuje vyhodnocení kontrastní citlivosti za standardizovaných mezopických podmínek bez a s oslněním. Oslňivé světlo v tomto přístroji je designované tak, aby simulovalo oslnění od světel protijedoucích vozidel za podmínek nočního silničního provozu [17].

MATERIÁL A METODIKA

Soubor probandů

Do studie bylo zařazeno 22 dobrovolníků (11 žen a 11 mužů) ve věku od 20 do 42 let s průměrným věkem

$26,5 \pm 5,2$ let, s normálním binokulárním viděním a normální monokulární i binokulární ZO (ZO alespoň 1) natálně nebo s korekcí. Přítomnost očního onemocnění či operačního zákroku ovlivňujícího ZO nebo kontrastní citlivost byla vylučujícím kritériem. Studie se řídila principy Helsinské deklarace, každý účastník byl před zapojením do studie podrobně seznámen s jejím průběhem a podepsal informovaný souhlas.

Postup měření

Studie probíhala jako prospektivní. V úvodu byla u každého z účastníků testována monokulární i binokulární ZO na optotypu odpovídajícímu standardu ETDRS a stanovena hodnota dioptrické korekce.

Měření probíhalo binokulárně. V případě zjištění refrakční vady měl účastník po celou dobu měření nasazenou odpovídající korekci umístěnou ve zkušební brýlové obrubě. Myopie byla navozena binokulárním předkládáním spojných čoček před vlastní korekci. Na základě pilotních měření byly zvoleny tři hodnoty spojných čoček ($0,00 \text{ D}$, $+0,50 \text{ D}$ a $+1,00 \text{ D}$), které po řadě odpovídají situaci bez dioptrické vady, myopii $-0,50 \text{ D}$ a myopii $-1,00 \text{ D}$. Tyto hodnoty současně odpovídají obvyklému rozsahu noční myopie za mezopických podmínek [14].

Před vlastním měřením byla pro každou z navozených hodnot myopie stanovena ZO. Následně se každý účastník adaptoval na tmu po dobu minimálně 10 min. ve zcela zatemněné místnosti. Tato doba je dostatečná na adaptaci oka pro mezopické podmínky použité při měření a současně je doporučena výrobcem Mesotestu II [17].

Po adaptaci proběhlo vyšetření mezopické kontrastní citlivosti pomocí Mesotestu II, přičemž výsledek byl udán ve formě relativní úspěšnosti, viz níže. Kontrastní citlivost byla měřena ve třech sériích lišících se stupněm navozené myopie. V každé sérii proběhla dvě dílčí měření, první bez přítomnosti oslnění a druhá s oslněním (tj. proběhlo celkem šest dílčích měření lišících se mírou navozené vady a přítomností oslnění). Pořadí jednotlivých sérií bylo voleno náhodně. Mezi jednotlivými sériemi byla jen krátká prodleva potřebná pro změnu předložených dioptrií.

Jak ukázaly pilotní experimenty, je měření za mezopických podmínek více náchylné k náhodným chybám. Proto bylo po krátké přestávce o délce alespoň 5 min. všech šest dílčích měření provedeno ještě jednou a jako konečný výsledek byl uvažován průměr ze dvou odpovídajících si dílčích měření. Všechny údaje ve výsledcích se vztahují k této průměrné hodnotě.

Vyšetření na Mesotestu II

Při vlastním měření kontrastní citlivosti na Mesotestu II měl účastník studie bradu a čelo opřené v gumové manžetě přístroje, která bránila průniku okolního světla, a pozoroval v přístroji promítané tmavě šedé Landoltovy prstence na světlejším pozadí. Opticky simulovaná pozorovací vzdálenost prstenců od očí pozorovatele byla 5 m, jas pozadí byl $0,032 \text{ cd/m}^2$ bez oslnění a $0,1 \text{ cd/m}^2$ s oslněním. Landoltovy prstence měly konstantní velikost odpovídající ZO 0,1 a byly prezentovány ve čtyřech poměrech

jasu prstence a pozadí (tj. ve čtyřech úrovních kontrastu), a to 1:23 (95,7% kontrast), 1:5 (80% kontrast), 1:2,7 (63% kontrast), and 1:2 (50% kontrast). Pro každý kontrast bylo promítnuto pět prstenců s různou orientací, přičemž se zaznamenával počet správných odpovědí. V každém dílčím měření bylo tedy promítnuto k identifikaci celkem 20 prstenců (čtyři hodnoty kontrastu po pěti prstencích). Jako zdroj oslnění sloužilo bílé světlo umístěné 3° nalevo od středu zorného pole, který na úrovni zornice vyvolával osvětlení 0,35 lx. Všechny uvedené parametry představují standardní nastavení přístroje [17]. Kontrastní citlivost byla v daném dílčím měření reprezentována relativní úspěšností v identifikaci prstenců (tj. počtem všech správně určených prstenců děleným jejich celkovým počtem; vyšší hodnota odpovídá vyšší kontrastní citlivosti).

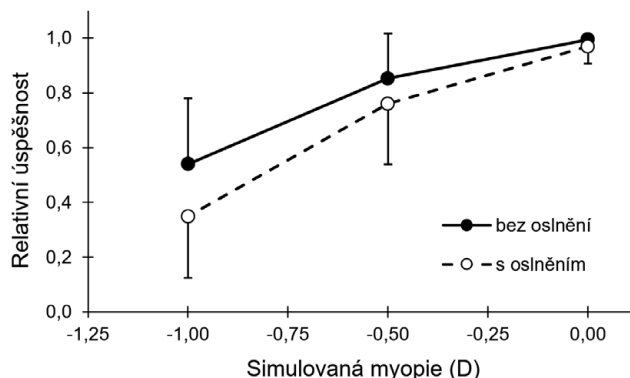
Analýza dat

Normalita dat byla hodnocena Shapiro-Wilkovým testem. Pro analýzu normálně rozložených dat byla využita metoda analýzy rozptylu (ANOVA) pro opakovaná měření, ostatní data byla buďto transformována na normální, nebo analyzována Friedmanovým neparametrickým testem. V případě metody ANOVA byla post-hoc párová porovnání provedena Tukeyovým HSD (honestly significant difference) testem. Všechny statistické testy byly provedeny v programu STATISTICA 13.4 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA) na hladině významnosti 0,05.

VÝSLEDKY

Navozená myopie podle očekávání způsobila zhoršení fotopické ZO, viz Tabulka 1. Signifikantní rozdíl hodnot byl statisticky potvrzen Friedmanovým neparametrickým testem ($p < 0,001$).

Graf 1 ukazuje průběh hodnot relativní úspěšnosti při měření kontrastní citlivosti v závislosti na navozené myopii bez oslnění a s oslněním. Data jsou též shrnuta v Tabulkách 2 a 3. Z průběhu grafu je zřejmé, že úspěšnost, a tedy i mezopická kontrastní citlivost, ztlačně klesá s rostoucí hodnotou myopie. Dále je vidět, že vliv oslnění se zřetelně projevuje jen při nenulových hodnotách navozené myopie, kdy s rostoucí vadou klesá relativní úspěšnost při oslnění rychleji než bez oslnění. Jelikož data neměla normální rozdělení, byla pro účely statistické analýzy transformována tak, že u každého probanda byl od hodnot relativní úspěšnosti odečten průměr získaný ze všech hodnot relativní úspěšnosti tohoto probanda. Dále byl z analýzy vyloučen jeden proband, jehož data vybočovala od ostatních a narušovala normalitu. Takto transformovaná data již splňovala podmínku normality. Dvoufaktorová ANOVA pro opakovaná měření (faktory „oslnění“ a „velikost navozené myopie“), aplikovaná na transformovaná data, v souladu s průběhem grafu potvrdila signifikantní vliv oslnění ($p < 0,001$) i myopie ($p < 0,001$) na relativní úspěšnost. Dále byl zjištěn signifikantní vliv vzájemné interakce obou faktorů ($p < 0,001$). Následné post-hoc párové porovnání všech šesti kombinací myopie a oslnění



Graf 1. Závislost hodnoty relativní úspěšnosti při měření kontrastní citlivosti na hodnotě simulované myopie bez oslnění (plná křivka) a s oslněním (čárkovaná křivka). Body reprezentují průměrné hodnoty v celém souboru probandů, chybové úsečky představují odpovídající směrodatnou odchylku

Tabulka 1. Fotopická zraková ostrost v logaritmech minimálního úhlového rozlišení (logMAR) při jednotlivých hodnotách simulované myopie; SD představuje směrodatnou odchylku

| Simulovaná myopie | | 0,00 D | -0,50 D | -1,00 D |
|--------------------------|--------|--------|---------|---------|
| Zraková ostrost (logMAR) | Průměr | -0,195 | -0,036 | 0,10 |
| | SD | 0,049 | 0,090 | 0,13 |
| | Medián | -0,20 | 0,00 | 0,10 |

Tabulka 2. Relativní úspěšnost při měření mezopické kontrastní citlivosti při různých hodnotách simulované myopie bez oslnění; SD představuje směrodatnou odchylku

| Simulovaná myopie | | 0,00 D | -0,50 D | -1,00 D |
|---------------------|--------|--------|---------|---------|
| Relativní úspěšnost | Průměr | 0,994 | 0,85 | 0,54 |
| | SD | 0,013 | 0,16 | 0,24 |
| | Medián | 1,00 | 0,90 | 0,55 |

Tabulka 3. Relativní úspěšnost při měření mezopické kontrastní citlivosti při různých hodnotách simulované myopie s oslněním; SD představuje směrodatnou odchylku

| Simulovaná myopie | | 0,00 D | -0,50 D | -1,00 D |
|---------------------|--------|--------|---------|---------|
| Relativní úspěšnost | Průměr | 0,969 | 0,76 | 0,35 |
| | SD | 0,062 | 0,22 | 0,22 |
| | Medián | 1,00 | 0,84 | 0,31 |

ukázalo, že hodnoty úspěšnosti se navzájem liší téměř ve všech případech (vždy $p < 0,01$), jedinou výjimkou je porovnání hodnot bez simulované vady při oslnění a bez oslnění, mezi kterými nebyl nalezen signifikantní rozdíl ($p = 0,95$). Na základě výsledků statistické analýzy a grafické interpretace dat lze konstatovat, že u daného vzorku

osob má oslnění bez přítomnosti simulované myopie na kontrastní citlivost statisticky nevýznamný vliv. Je-li však přítomna myopie, je dopad oslnění na kontrastní citlivost významný, přičemž s rostoucí myopií se vliv oslnění podstatně zvětšuje. Zhoršující vliv oslnění při nenulové myopii se však neprojevil u všech probandů. Při vadě -0,50 D došlo u 6 osob (27 %) dokonce k mírnému zlepšení úspěšnosti při oslnění (maximálně o hodnotu 0,15), při vadě -1,00 D se tak stalo u 3 osob (14 %) (maximální zlepšení o 0,23). Oproti tomu maximální pozorované zhoršení dosahovalo hodnot až 0,45 a 0,48.

DISKUZE

Nekorigovaná či špatně korigovaná myopie a oslnění jsou dva jevy, které mohou u jinak zdravého oka významně ovlivnit kontrastní citlivost. Dopad těchto jevů je patrný zejména za zhoršených světelných podmínek, kdy při nízkých jasech dochází k rozšíření zornice a do oka se tak může dostat více oslnivého světla. Při širší zornici se také více projevuje vliv refrakční vady, zejména myopie [8]. K ní se navíc může připojit noční myopie [13,14], která situaci nadále zhoršuje. Fatální význam pak může mít zhoršení zrakového výkonu v silniční dopravě. Bylo prokázáno, že zhoršená mezopická kontrastní citlivost a zvýšená citlivost na oslnění souvisí s vyhýbáním se řízení v noci [6], a to zejména u starší populace. Naše studie zjistila, že oslnění samo o sobě (bez refrakční vady) má při sledovaných intenzitách, odpovídajících situaci v běžném silničním provozu za tmy či za šera, u studovaného vzorku mladých osob jen malý, nesignifikantní dopad na kontrastní citlivost. Avšak při přítomnosti myopie začne oslnění kontrastní citlivost významně omezovat, přičemž jeho dopad roste s velikostí refrakční vady.

Jak bylo již dříve prokázáno, samotná přítomnost myopie má prokazatelný dopad na kontrastní citlivost. Jansonijs a Kooijman [12] udávají zřetelné zhoršení kontrastní citlivosti už od hodnot -0,50 D, přičemž -1,00 D zhoršuje citlivost na polovinu. Tyto výsledky plně korelují s našim nálezem, viz Graf 1. Naše studie však probíhala za mezopických podmínek, zatímco Jansonijs a Kooijman [12] hodnotili vidění za fotopických (denních) podmínek. Z toho lze vyvodit, že myopie ovlivňuje kontrastní citlivost v obou případech podobným způsobem – rozmazání obrazu pravděpodobně působí změnu jasu zejména okrajových částí testového znaku a tím navodí pokles kontrastu oproti pozadí.

Při měření s oslněním jsme zjistili další výrazný pokles mezopické kontrastní citlivosti, avšak pouze v kombinaci s refrakční vadou. U korigovaného nebo emetropického oka byl rozdíl v případě námi studovaného vzorku mladých osob minimální. Vlivem oslnění na mezopickou kontrastní citlivost se zabývala také práce autorů Maniglia et al. [11], ovšem bez vlivu refrakční vady. Autoři zjistili, že mezopické oslnění má dopad na kontrastní citlivost až při vysokých hodnotách, nízké hodnoty, které řádově korespondují s oslněním v naší studii, kontrastní citlivost

neovlivnily. Určitý vliv oslnění na mezopickou kontrastní citlivost naznačila také studie autorů Puell et al. [6]. Na základě našich výsledků lze tedy tvrdit, že přítomnost oslnění v průměru umocňuje dopad myopie na kontrastní citlivost a obráceně, nekorigovaná myopie podstatně zhoršuje dopad oslnění. Zajímavým zjištěním však bylo mírné zlepšení kontrastní citlivosti u asi 27 % osob při navozené vadě -0,5 D a 14 % při vadě -1,0 D. Je možné, že v tomto případě oslnující světlo způsobilo větší zúžení zornice, čímž došlo k omezení vlivu myopie na vidění (obraz se vlivem zmenšení rozptylového kroužku na sítnici částečně zaostřil). Tento efekt však byl menšinový. V praxi je proto raději potřeba počítat s významným zhoršením vidění při kombinaci obou jevů.

Omezením této studie je její zaměření pouze na relativně mladou populaci a na myopii. Lze předpokládat, že u starších osob se může významněji projevit i zhoršená kvalita optických médií v oku, zejména čočky, jak naznačuje např. práce autorů Puell et al. [6]. Naše studie se zaměřila pouze na myopii, vliv jiných dioptrických vad nebyl sledován. U hypermetropie, kterou může oko do určité míry vykorigovat akomodací, je možné očekávat odlišné výsledky, které budou záviset na velikosti fakultativní složky oproti absolutní vadě. Oproti tomu u astigmatismu, který bez odpovídající korekce vždy působí určité rozmazání sítnicového obrazu, můžeme předpokládat podobný efekt jako u myopie. Podstatný vliv mohou mít i aberace vyšších řádů, navozené např. při refrakčních operacích nebo ortokeratologii. Zhoršení kontrastní citlivosti za mezopických podmínek v těchto případech popisují např. práce Montés-Micó et al. a Hirahoka T et al. [18,19]. Autoři těchto publikací se však podrobně nezabývali vlivem oslnění. V naší studii oproti tomu nebyl sledován aberační stav oka.

ZÁVĚR

Z námi naměřených výsledků je patrné, že i lehká myopie má za mezopických podmínek značný vliv na kontrastní citlivost, přičemž se tento efekt výrazně umocňuje přítomností oslnění. Přitom právě kontrastní citlivost má za zhoršených světelných podmínek dominantní dopad na kvalitu vidění. V praxi se tyto nežádoucí efekty mohou projevit např. při řízení vozidla za šera či v noci, kdy oslnění protijedoucím vozidlem v kombinaci se nedostatečnou korekcí může mít fatální následky. Proto by měl být u osob, které potřebují kvalitní vidění za mezopických podmínek (typicky u řidičů), kladen důraz na dobře stanovenou korekci refrakční vady. Pro předcházení nežádoucímu vlivu oslnění je též vhodné u těchto osob zvážit korekci noční myopie, která by jinak mohla situaci nadále zhoršovat.

Poděkování

Tato studie byla podpořena projekty IGA_PrF_2023_004 a IGA_PrF_2024_019 Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika.

1. Pluhacek F, Siderov J. Mesopic visual acuity is less crowded. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018;256(6):1739-1746. doi: 10.1007/s00417-018-4017-6
2. Johnson CA, Casson EJ. Effects of luminance, contrast, and blur on visual acuity. *Optom Vision Sci*. 1995;72:864-869.
3. Rabin J. Luminance effects on visual acuity and small letter-contrast sensitivity. *Optom Vision Sci*. 1994;71:685-688.
4. Lin RJ, Ng JS, Nguyen AL. Determinants and standardization of mesopic visual acuity. *Optom Vision Sci*. 2015;92:559-565.
5. van Bommel W. *Road Lighting*. Cham (Switzerland): Springer, c2015. Chapter 6, Mesopic Vision; p. 71-82. doi:10.1007/978-3-319-11466-8_6
6. Puell MC, Palomo C, Sánchez-Ramos C, Villena C. Mesopic contrast sensitivity in the presence or absence of glare in a large driver population. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2024; 242(9):755-761. doi:10.1007/s00417-004-0951-6
7. Kimlin JA, Black AA, Wood MJ. Nighttime Driving in Older Adults: Effects of Glare and Association With Mesopic Visual Function. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58(5):2796-2803. doi:10.1167/iops.16-21219
8. Benjamin W. *Borish's clinical refraction*. 2nd Edition. St. Louis: Butterworth-Heinemann; 2006.1712.
9. Mainster MA, Turner PL. Glare's causes, consequences, and clinical challenges after a century of ophthalmic study. *Am J Ophthalmol*. 2012;153:587-593. doi:10.1016/j.ajo.2012.01.008
10. Pierson C, Wienlod J, Bodart M. Review of factors influencing discomfort glare perception from daylight. *Leukos*. 2018;14:1-37. doi: 10.1080/15502724.2018.1428617
11. Maniglia M, Thurman SM, Seitz AR, Davey PG. Effect of varying levels of glare on contrast sensitivity measurements of young healthy individuals under photopic and mesopic vision. *Front Psychol*. 2018;9:899. doi:10.3389/fpsyg.2018.00899
12. Jansonius NM, Kooijman AC. The effect on defocus on edge contrast sensitivity. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1997; 17(2):128-132.
13. Leibowitz HW, Owens DA. Night myopia and intermediate dark focus of accommodation. *J Opt Soc Am*. 1975; 65:1121-1128.
14. Pluháček F, Rýparová H. Stanovení velikosti noční myopie pomocí vybraných testových znaků za mezopických podmínek [Measurement of the night myopia using of selected targets under mesopic conditions]. *Fine Mech Opt*. 2015; 60(4):132-135. Czech.
15. Viktorová L, Stanke L, Hamerníková V, Šucha M. Metodika pro posuzování oslnění světlomety osobních automobilů z hlediska řidičů [Methodology for assessing glare from passenger car headlights from the driver's perspective]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci; 2022. 68. Czech.
16. Smetánka A, Rybář J, Onderčo P, Leja J, Gerneschová J. What is metrological traceability and what role does physics play? In 27th Conference of Slovak Physicists: Proceedings. 1st Edition. Košice: Slovak Physical Society; 2024. 63-64.
17. Oculus Optikgeräte GmbH. Mesotest II. Instruction manual.
18. Montés-Micó R, España E, Menezo JL. Mesopic contrast sensitivity function after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg*. 2003;19(3):353-356. doi: 10.3928/1081-597X-20030501-13
19. Hirahoka T, Okamoto C, Ishii Y, Takahira T, Kakita T, Oshika T. Mesopic contrast sensitivity and ocular higher-order aberrations after overnight orthokeratology. *Am J Ophthalmol*. 2008;145(4):645-655. doi: 10.1016/j.ajo.2007.11.021