

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA OPTIKY

KONTRASTNÍ CITLIVOST A ŘÍZENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

Bakalářská práce

VYPRACOVAL:

Jan Olbrecht

Obor 5345R008 Optometrie

Olomouc 2012/2013

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci na téma Kontrastní citlivost a řízení motorových vozidel vypracoval pod vedením pana RNDr. Jaroslava Wagnera, Ph.D. za použití parametrů a literatury, které jsem uvedl v seznamu literatury.

V Olomouci 23. 04. 2013

Jan Olbrecht

Rád bych poděkoval panu RNDr. Jaroslavu Wagnerovi, Ph.D. za jeho odborné vedení bakalářské práce a také za vstřícnost a čas, který mi věnoval. Mé poděkování patří také dopravní psychologce paní PhDr. Editě Bosákové ze společnosti KAPS za odbornou konzultaci.

OBSAH

ÚVOD	6
1 FOTOMETRIE.....	7
1.1 Fyzikální veličiny.....	7
1.1.1 Světelný tok	7
1.1.2 Svítivost	8
1.1.3 Jas.....	9
1.1.4 Světlení	10
1.1.5 Osvětlení	10
1.2 Adaptace.....	11
1.2.1 Adaptace na světlo	11
1.2.2 Adaptace na tmou	12
1.2.3 Adaptační křivka.....	12
1.3 Oslnění	13
1.3.1 Dělení oslnění	14
1.3.2 Oslnění a řízení motorových vozidel	15
1.4 Kontrast	15
1.5 Fyziologické klamy	16
2 KONTRASTNÍ CITLIVOST	17
2.1 Testy na vyšetření kontrastní citlivosti	18
2.1.1 Vyšetřovací tabule využívající sinusovou mřížku	18
2.1.2 Vyšetřovací tabule využívající písmena	21
2.1.3 Digitální systémy	25
2.2 Onemocnění ovlivňující kontrastní citlivost	29
2.2.1 Optické příčiny	30
2.2.2 Neoptické příčiny.....	31
3 KONTRASTNÍ CITLIVOST A ŘÍZENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL	32
3.1 Normy pro udělení řidičského oprávnění na základě zraku.....	32
3.1.1 Vyloučení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel	33
3.1.2 Uznání zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel	34
3.1.3 Lékařské prohlídky u řidičů motorových vozidel.....	34
3.1.4 Harmonizační kódy v řidičském průkazu	35

3.2	Vliv kontrastní citlivosti na řízení motorových vozidel.....	35
3.3	Řízení motorových vozidel a onemocnění snižující kontrastní citlivost	37
3.4	Řízení motorového vozidla v závislosti na věku.....	37
	ZÁVĚR	40
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	45
	SEZNAM GRAFŮ	46
	SEZNAM TABULEK	47

ÚVOD

Řízení motorových vozidel je komplexním dějem, ve kterém hraje roli jak zkušenost řidiče, správné soustředění se na provoz, tak zdravotní stav řidiče. Zrak je bezpochyby nejdůležitějším smyslem, který je podstatný pro řízení motorových vozidel. Nicméně i dobrá zraková ostrost nemusí být dostačující, protože za zhoršených světelných podmínek jako například mlha, déšť či noc je pro řidiče podstatnější kontrastní citlivost. A právě vyšetření kontrastní citlivosti nám může poskytnout komplexnější informace o zrakovém systému jedince.

Cílem bakalářské práce je představit souhrn testů, které lze uplatnit pro vyšetření kontrastní citlivosti a také se zaměřit na požadavky pro kontrastní citlivost a řízení motorových vozidel. Dále se pokusím shrnout podmínky na zrakový systém, které jsou nezbytné pro udělení řidičského oprávnění.

Bakalářská práce se skládá ze tří kapitol. V první kapitole se zabývám základními veličinami ve fotometrii, dále adaptací, oslněním a kontrastem. Tato kapitola je informativní, protože zde zmíněné vztahy jsou využívány v dalších částech práce. Druhá kapitola se zabývá kontrastní citlivostí, je zde představen souhrn testů, které můžeme uplatnit pro její vyšetření, a v neposlední řadě jsou zmíněny nemoci, které kontrastní citlivost ovlivňují. Poslední kapitola se věnuje normám pro zrakový systém, které jsou nutné pro udělení řidičského oprávnění. Dále je zde popsáno, jak kontrastní citlivost ovlivňuje řízení motorových vozidel a v neposlední řadě jsou zde informace o kontrastní citlivosti v souvislosti s věkem řidiče motorového vozidla.

1 FOTOMETRIE

Fotometrie je část optiky zabývající se popisem světelných zdrojů a osvětlení z hlediska vnímání lidského oka. Působí v rozmezí 380–760 nm, protože právě v rozsahu tohoto spektra vlnových délek jsou citlivé světločivné buňky sítnice. Smyslem fotometrie je tedy kvantifikace jejich veličin tak, jak je vnímá lidské oko, proto je tedy v jejich jednotkách citlivost oka zohledněna. Dalo by se říct, že fotometrie měří to, co oko vidí. Oproti tomu radiometrie není omezena rozsahem elektromagnetického záření.

1.1 Fyzikální veličiny

Jak už bylo řečeno výše, fotometrie se zabývá viditelným spektrem elektromagnetického záření. Proto jsou její jednotky a veličiny upraveny pro světločivné buňky, které se nacházejí na sítnici. Aby došlo k odlišení fotometrie od radiometrie, tak je kvantifikována pomocí světelných jednotek [1].

1.1.1 Světelný tok

Světelným tokem nazýváme výkon světelné energie, který je zodpovědný za vytvoření zrakového vjemu v lidském oku. Světelný tok značíme Φ a jeho jednotkou je lumen (1 lm).

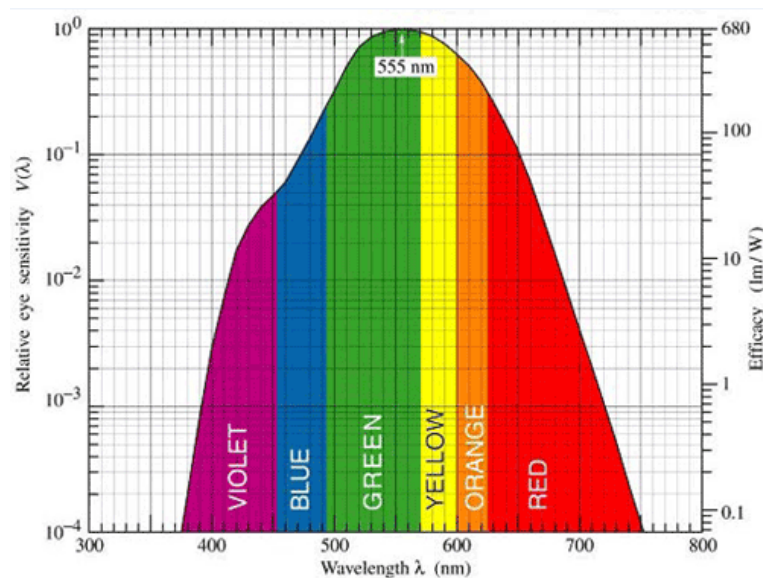
Lumen je definován jako světelný tok, který je vyzářen do prostorového úhlu 1 steradiánu bodovým zdrojem, který má svítivost ve všech směrech 1 kandela. Pro schopnost zářivého toku Φ_e vyvolávat světelný tok Φ zavádíme veličinu, kterou nazýváme jako **světelnou účinnost záření** a značíme ji **K**.

$$\mathbf{K} = \frac{\Phi}{\Phi_e} \quad (1)$$

Poměrná světelná účinnost záření nám poté objasňuje, jak je lidské oko schopno reagovat na zářivý tok, který připadá do viditelné oblasti záření a je schopen vyvolat zrakový vjem. Poměrnou světelnou účinnost značíme V_λ .

$$\mathbf{V}_\lambda = \frac{K_\lambda}{K_m} \quad (2)$$

V tomto vzorci nám K_λ představuje světelnou účinnost záření pro monochromatické světlo a K_m je největší světelná účinnost pro záření o vlnové délce 555 nm (tato vlnová délka odpovídá žlutozelenému spektru), viz graf 1.



Graf 1 Spektrální světelná účinnost lidského oka [39]

1.1.2 Svítivost

Z důvodu, že světelná energie není do prostoru vyzařována světelnými zdroji vždy ve stejném směru, fotometrie zavádí další veličinu, která se nazývá **svítivost I**.

Svítivost je část světelné energie, která je vyzářena ze zdroje světelného záření do jednotkového prostorového úhlu za jednu sekundu. Pro svítivost se zavádí jednotka, která je součástí soustavy SI a tou je **kandela (cd)**.

Kandela je definována jako svítivost bodového zdroje, který vyzařuje v daném směru monochromatické záření o frekvenci $540 \cdot 10^{12}$ Hz a jehož zářivost v tomto směru odpovídá 1/683 wattů na jeden steradián.

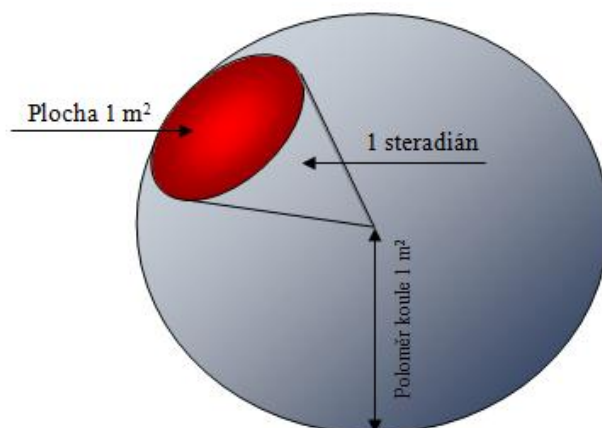
V častých případech je svítivost zdroje různá v různých směrech a platí pro ni vztah:

$$I_{\alpha} = \frac{d\Phi}{d\Omega}, \quad (3)$$

kde $d\Phi$ představuje část světelného toku, který vychází ze zdroje do prostorového úhlu $d\Omega$. V případě, že by byla svítivost zdroje stejná ve všech směrech, jednalo by se o izotropní zdroj a můžeme použít vztah:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}. \quad (4)$$

Prostorový úhel je definován jako kužel vycházející ze středu jednotkové koule, který vytíná vrchlík o ploše 1 m^2 . Viz obr. 1.



Obrázek 1 Prostorový úhel

1.1.3 Jas

Jas definujeme jako podíl svítivosti I elementární plošky o obsahu dS v daném směru α a kolmému průmětu plošky v tomto směru. Tato fotometrická veličina se značí L a její jednotkou je cd/m^2 , dřívější označení je nit (nt).

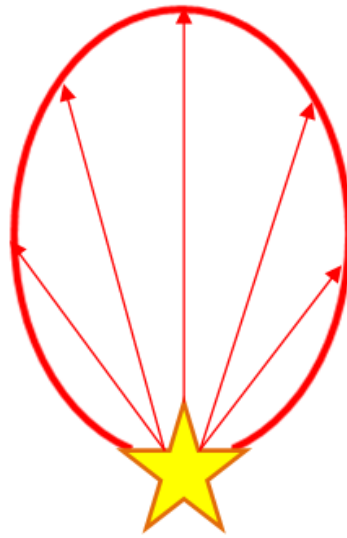
Matematický vztah, kterým definujeme jas, je:

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos\alpha} \quad (5)$$

kde $dS \cdot \cos\alpha$ představuje velikost průmětu plochy do směru kolmému. Z čehož také vyplývá, že pro světelný tok platí vztah $\Phi_\alpha = \Phi_n \cdot \cos\alpha$, který můžeme podle matematického hlediska celý vydělit Φ a dostaneme vztah $\frac{\Phi_\alpha}{\Phi} = \frac{\Phi_n}{\Phi \cdot \cos\alpha}$, neboli $I = I_0 \cdot \cos\alpha$, což je matematický vztah pro **Lambertův zákon**.

S Lambertovým zákonem souvisejí zářiče, u kterých se jejich záření řídí právě tímto vztahem a jež nazýváme kosinové zářiče, viz obr. 2. U kosinových zářičů se jas plochy nemění se směrem pohledu (např. mléčná žárovka, svítidlo ve tvaru koule...). Avšak Lambertův zákon neplatí pro plynné zdroje světla, jako je například Slunce, protože jas ploch, které tato plynná tělesa odrážejí, nebývá ve všech směrech stejný. Neboť tělesa,

u kterých je jas konstantní ve všech směrech, se nazývají ideálně drsná (např. čerstvě napadáný sníh).



Obrázek 2 Kosinový zářič

1.1.4 Světlení

Jedná se o fotometrickou veličinu, kterou značíme H . **Světlení plochy je dáno podílem světelného toku Φ vysílaného zářivou plochou všemi směry a této plochy.** Základní jednotkou je lm/m^2 a matematický vztah popisující předchozí definici je:

$$H = \frac{\Phi}{S}. \quad (6)$$

Dále můžeme konstatovat, že pro kosinové zářiče můžeme užít vztah:

$$H = \pi \cdot L. \quad (7)$$

1.1.5 Osvětlení

Osvětlení E je fotometrická veličina, která je definována jako podíl světelného toku Φ dopadajícího na zářivou plochu všemi směry a této plochy. Základní jednotkou osvětlení je lux (lx). Matematický vztah pro osvětlení je:

$$E = \frac{\Phi}{S}. \quad (8)$$

Plocha má osvětlení jednoho luxu, pokud na každý metr čtvereční této plochy dopadne světelný tok o velikosti jednoho lumenu [1, 2, 3].

1.2 Adaptace

Adaptací rozumíme schopnost oka přizpůsobit se určité intenzitě světla. „*Tato schopnost není při velkých a rychlých změnách intenzity okamžitá – oko se přizpůsobuje*“ [2]. Proces adaptace se odehrává na sítnici a je uskutečněn pomocí zrakových pigmentů, které na světle podléhají rozkladu a ve tmě jsou opětovně spojeny. Z toho vyplývá, že fotopigmenty tyčinek a čípků tak mohou měnit práh citlivosti na světlo. Součástí procesu adaptace je také změna šíře zornic. Rozmezí intenzity osvětlení pro adaptaci je 0,003–80 000 lx. Rozlišujeme adaptaci na světlo a adaptaci na tmu.

1.2.1 Adaptace na světlo

V případě adaptace na světlo dochází k zornicovému reflexu, který nazýváme mióza. Je to stav pupily, kdy dojde k jejímu zúžení díky kontrakci musculus sphincter pupillae. Tato inervace je způsobena parasymptickými vlákny nervus oculomotorius (III. hlavový nerv), který reaguje na osvit a zabraňuje nadměrnému množství světla, aby vstoupilo do oka a nastalo oslnění. Úvodním impulzem, který vyvolá akční potenciál, je uvolnění acetylcholinu a ukončení působení parasymptického mediátoru se uskuteční díky jeho hydrolýze enzymem cholinesterázou. Můžeme tedy konstatovat, že mióza napomáhá adaptaci na světlo a brání před oslněním.

Oko, které se adaptovalo na světlo, je schopno vnímat vlnové délky jako barvy, proto můžeme říci, že se jedná o fotopické vidění. Barevné vidění zajišťují čípky, které jsou na sítnici zastoupeny v nižší počtu než tyčinky. Adaptace na světlo je velmi rychlý děj, který probíhá jen několik vteřin, popřípadě desítek vteřin. Když přejdeme z běžného osvětlení do silného slunečního záření, nastane přechodné a krátké oslepnutí. V případě, že oči vystavíme přechodu ze tmy na světlo, je adaptace rychlá a proběhne okolo 0,15 sekund, ovšem plně zadaptované oko je až po šesti minutách.

1.2.2 Adaptace na tmu

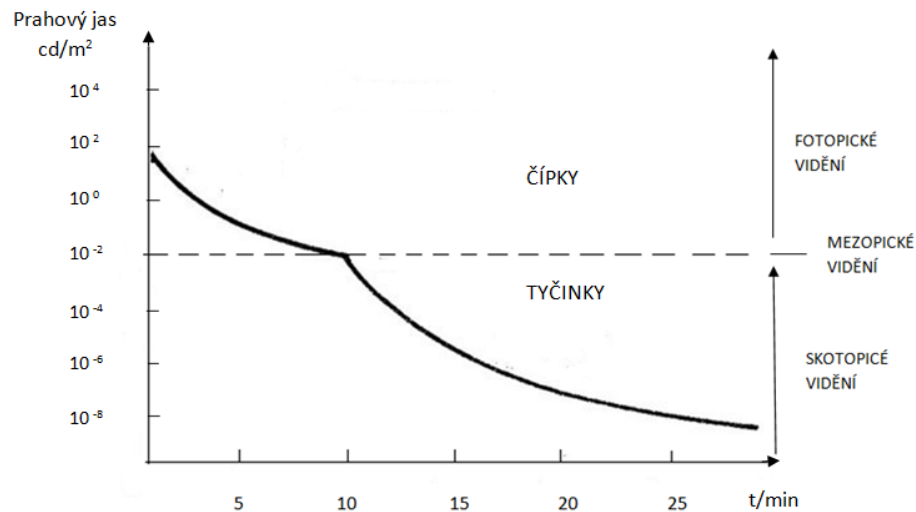
U této formy adaptace dochází k reakci zornice, při níž dojde k jejímu rozšíření. Stav, kdy je pupila dilatovaná, nazýváme mydriáza. Na této formě inervace se podílí musculus dilatator pupillae, který je inervován sympatickými vlákny, jejichž zdrojem je v míše uložené Budgeovo centrum (centrum ciliospinale). Toto centrum se nachází mezi obratli C8 – Th1. Dále můžeme konstatovat, že tonus musculus dilatator pupillae je zprostředkován prostřednictvím cirkulujících katecholaminů, které jsou uvolňovány sympatickým vegetativním systémem. Rozšíření zornice napomáhá průniku většího množství světla do oka a urychluje tak adaptaci na tmu.

Můžeme říci, že oproti adaptaci na světlo je proces adaptace na tmu mnohem komplikovanější a zdlouhavější. *„Rozšíření zornice přizpůsobení oka jen napomáhá, vlastní adaptační děje se odehrávají v sítnici, jsou to podstatně pomalejší biochemické pochody“* [7]. Oko, které je adaptované na tmu, vidí nebarevný obraz, neostrý, s centrálním fyziologickým skotomem, který je způsoben potlačením funkce foveálních čípků. Také oko vnímá nízké hodnoty intenzity osvětlení. Adaptace sítnice je podmíněna opětovnou regenerací a syntézou rodopsinu. Zpočátku dochází k doznění adaptace na světlo, tedy konkrétně dobíhá fotopická fáze a až po ní dojde k nástupu fáze skotopické. Průběh fotopické fáze při adaptaci na tmu je v podstatě rychlý a doba jeho trvání je 5–10 minut. Adaptace čípků je rychlá, ale přírůstek jejich adaptace je jen padesátinásobný. Oproti tomu druhá část adaptace na tmu, kterou můžeme nazvat skotopickou fází, z důvodu, že je zprostředkována tyčinkami, je pomalejší. Doba trvání této fáze je 30 minut. Hodnoty původní citlivosti se zvýší až pětisetnásobně. Úplná adaptace na tmu může ovšem nastat až po hodině.

1.2.3 Adaptační křivka

Důvodem měření adaptace je možnost zaznamenat časovou závislost prahové hodnoty světla, která vyvolá zrakový vjem. Tento časový průběh nám udává adaptační křivka, která především zaznamenává vzestup sítnice při pobytu v temné místnosti. Nejvyšší schopnost adaptace se nachází v 15–20 stupních od fovey, kde je lokalizován největší počet tyčinek. Adaptační křivka zaznamenává přechod fotopického vidění (jas 10^{-2} cd/m²) k vidění skotopickému (jas od 10^{-2} – 10^{-6} cd/m²). Přechodem mezi oběma viděními je vidění mezopické (jas 10^0 – 10^{-2} cd/m²), viz graf 2. Vlivem přechodu od vidění fotopického k vidění skotopickému nastává Purkyňův posun,

který popisuje přesun citlivosti oka ke kratším vlnovým délkám při nočním vidění. Jinými slovy dojde k posunu vlnových délek, a to z 550 nm na 505 nm, což zapříčiní to, že se nám za šera zdají být barvy s nižší vlnovou délkou (modrá) jasnější než barvy s větší vlnovou délkou (červená). Přístroje, kterými měříme adaptaci, nazýváme adaptometry [2, 4, 5, 6, 7, 8].



Graf 2 Adaptace na tmou [8]

1.3 Oslnění

Oslněním nazýváme nepříznivý stav zraku, který narušuje zrakovou pohodu, čímž znesnadňuje, až zhoršuje vidění, což může vést až k poruchám vidění. Tento nepříznivý faktor může být způsoben buď přímo světelnými zdroji, nebo odrazem od povrchů s vysokým činitelem odrazivosti. Mírné oslnění si někdy nemusíme přímo uvědomit, ale může být příčinou astenopických potíží (bolest hlavy, podrážděnost, pálení očí...). V případě vyššího stupně oslnění je vidění velmi namáhavé, dochází zde ke ztrátě jistoty a únava zraku přechází na nervovou soustavu, což může zapříčinit nebezpečí úrazu. Vyšší stupeň oslnění může mít také vliv na naši práci, protože může dojít k poklesu výkonnosti a zhoršení kvality práce.

1.3.1 Dělení oslnění

Podle mechanismů vzniku dělíme oslnění na čtyři druhy:

Absolutní oslnění (oslnění kritickým jasem) je takové, u kterého působí v zorném poli tak vysoký (kritický) jas, že se zrakový systém není schopen přizpůsobit ani po adaptaci (např. přímé sluneční světlo, elektrický oblouk...). Hodnota kritického jasu pro absolutní oslnění se pohybuje v rozmezí od 200 000 – 1 000 cd.m⁻², což představuje den – noc.

Přechodové oslnění nastává náhlou změnou jasu v zorném poli v poměru, který je vyšší než 1:100, na kterou se není schopen zrakový systém stejně rychle přizpůsobit (např. přechod z tmavého prostoru do osvětleného, náhlé rozsvícení...). Přechodové oslnění mizí vlivem adaptace. Zrakovou pohodu už narušují změny jasu od hodnot poměrů 1:10.

Relativní oslnění (oslnění kontrastem) nastane v okamžiku, kdy se objeví v zorném poli pozorovatele současně plochy o různých jasech v poměru, který je vyšší než 1:100 (např. vlákno žárovky a okolní stěna). Na tuto situaci není zrakový systém schopen zareagovat adaptací, a proto vzniká trvalé oslnění. I u tohoto typu oslnění je zraková pohoda narušena již od poměrů jasů 1:10.

Závojové oslnění vznikne v okamžiku, kdy se mezi okem a pozorovaným objektem nachází kalné prostředí, prostředí s vyšším jasem nebo také jemné struktury, kterými mohou být záclony, déšť, mlha a podobně.

Dle stupně působení rozeznáváme tři druhy oslnění:

Rušivé oslnění, které pozorovateli naruší pohodu při dívání, dále odvádí pozornost při práci, a proto si mnohdy ani dotyčný neuvědomí, že to způsobuje oslnění.

Omezující oslnění zhoršuje vnímání detailů, dále může být příčinou nejistoty, ztráty zrakové pohody, s čímž také souvisí nastupující únava, a z toho důvodu může stát za snížením pracovní výkonnosti.

Oslepující oslnění může oslnit až „oslepit“ pozorovatele na delší dobu, než je působení dané příčiny oslnění [6, 8, 9].

1.3.2 Oslnění a řízení motorových vozidel

Na našich silnicích se nejvíce pohybují automobily, které mají světlometry s halogenovými žárovkami, vyzařující teple bílé světlo, nebo se ve světlometech vyskytují xenonové výbojky, které vydávají studeně bílé světlo. A právě xenonové výbojky, tedy konkrétně studeně bílé světlo nejvíce vyzařuje modrofialové spektrum. K vidění nejvíce používáme modrozelenou část spektra a červená s modrou částí spektra se na vidění podílí jen okrajově. Zároveň dopadající světlo s sebou přináší určitou energii, která se zvyšuje s nižší vlnovou délkou světla.

Můžeme tedy říci, že na oslnění se nejvíce podílí modrofialové spektrum dopadajícího světla v kombinaci s modrofialovým světlem, které je vyzařováno ze světlometů protijedoucích automobilů využívajících xenonové výbojky. Dále můžeme konstatovat, že oslnění se zvyšuje s přibývajícím věkem, proto je velmi důležité svůj zrak chránit před oslněním speciálními brýlemi, které zabrání případnému oslnění, zároveň se tak mohou řidiči více soustředit na okolní provoz, který je rok od roku frekventovanější.

1.4 Kontrast

Vyskytuje-li se v zorném poli pozorovatele určité místo, které vyniká nad okolím, nazýváme tento jev **kontrastem**. Jinými slovy nám kontrast definuje zrakový vjem, který závisí na rozdílu jasů světlých a tmavých částí předmětů, které pozorujeme.

$$C = \frac{L_z - L_p}{L_z + L_p} \quad (9)$$

Ve výše uvedeném vzorci znamená L_z jas předmětu a L_p jas pozadí.

Kontrast můžeme vyvolat dvěma způsoby a to „*růzností intenzity při jednobarevném osvětlení, nebo různobarevným osvětlením*“ [10].

Nicméně pro optometrii jsou také důležité následující dvě definice kontrastu. **Weberův kontrast** nám definuje jasy podnětů v závislosti na jasech pozadí.

$$C_w = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L_p - L_z}{L_p} \quad (10)$$

Tedy pokud vyjádříme Weberův kontrast slovy, tak se jedná o podíl jasů, konkrétně pozorovaného pozadí a předmětu a jasu pozadí.

Michelsonův kontrast definujeme jako změny jasů u pozorovaných obrazů.

$$C_m = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (11)$$

Jinými slovy, pokud bychom vyjádřili Michelsonův kontrast slovně, jeho definice by zněla: „Podíl rozdílu maximálního a minimálního jasů pozorovaného obrazu, vydělený součtem obou hodnot jasů.“

1.5 Fyziologické klamy

Mezi optické klamy fyziologického původu řadíme iradiaci, kontrast a následné obrazy. V této podkapitole se budeme zabývat především optickými klamy, jež jsou založeny na základě fyziologického jevu, kterým je kontrast. **Postupný kontrast** je způsobený z důvodu únavy oka, respektive z únavy sítnice. Při pozorování jasných ploch dochází k únavě celé sítnice. Tato únava ovšem nenastává, když pozorujeme tmavé pozadí. Tento jev je zúročen u postupného kontrastu, který nastává v okamžiku, kdy se díváme na předmět na tmavém pozadí, zde se nám jeví světlejší než předmět, který je položený na jasném pozadí. Viz obr. 3.



Obrázek 3 Postupný kontrast

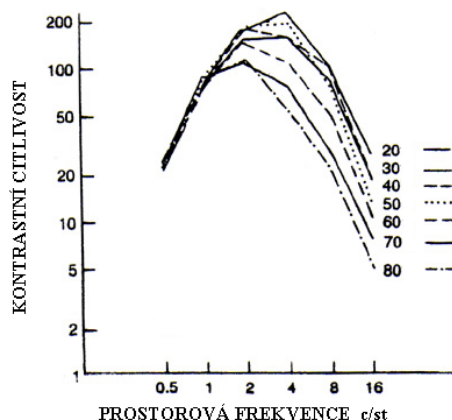
Barevný kontrast má také příčinu v únavě sítnice, konkrétně dochází k předráždění čípků, které již nejsou schopny vnímat všechny barvy stejně citlivě. Pokud položíme předmět šedé barvy na červenou podložku, jeví se nám nazelenalý. Tento jev si můžeme vysvětlit tak, že sítnice je unavená pro vnímání červené barvy, a proto se předmět objeví v doplňkové barvě, kterou je právě zelená. Tento fyziologický klam působí také obráceně, tedy pokud položíme šedý předmět na zelený podklad, bude se nám jevit červeně [11, 12].

2 KONTRASTNÍ CITLIVOST

Denně nastávají nejrůznější situace, ve kterých musí náš zrak co možná nejrychleji a nejpřesněji zareagovat, ať už se jedná o řízení automobilu či práci v kanceláři. Náš zrakový systém vnímá předměty, které nás obklopují, ale zároveň, což je velmi podstatné, vnímá také kontrasty těchto předmětů. A právě vyšetření kontrastní citlivosti je jednou z nenahraditelných součástí vyšetření zraku, která nám může objasnit, zda je zrakový systém v pořádku.

Kontrastní citlivost můžeme definovat jako převrácenou hodnotu kontrastního prahu. Kontrastním prahem zároveň rozumíme nejmenší hodnotu kontrastu, kterou je lidské oko schopno vnímat v daném okamžiku, tedy jak je schopen zrakový orgán v daném okamžiku od sebe odlišit dva různě světelné objekty. Velmi důležitým parametrem pro měření kontrastní citlivosti je prostorová frekvence, která se udává v cyklech na úhlový stupeň [c/st]. Cyklus, tedy perioda, je úhlová šířka jednoho tmavého a sousedního světlého pruhu.

Funkci popisující kontrastní citlivost, tedy konkrétně kontrastní prahy v závislosti na různých prostorových frekvencích, nazýváme křivkou kontrastní citlivosti, viz obr. 4. Lidský zrakový orgán je schopen vnímat nejvyšší citlivost v rozmezí 3 – 6 c/st, ale u vyšších a nižších prostorových frekvencí citlivost klesá. Proto můžeme konstatovat, že křivka kontrastní citlivosti má zvonovitý tvar. Vysoké prostorové frekvence odpovídají členitým cyklům, detailům, liniím a okrajům. Na druhou stranu nízké hodnoty prostorové frekvence demonstrují schopnost rozlišit velké objekty a tvary [8, 13].



Obrázek 4 Křivka kontrastní citlivosti v závislosti na věku [40]

2.1 Testy na vyšetření kontrastní citlivosti

Testy, kterými vyšetřujeme kontrastní citlivost v klinické praxi, si můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinu testů tvoří vyšetřovací tabule a druhou skupinou jsou testy, které umožňují vyšetření kontrastní citlivosti na monitoru či LCD panelu. Dále si můžeme rozdělit vyšetřovací tabule na testy, u kterých je využita sinusová mřížka, a testy, které využívají písmena.

2.1.1 Vyšetřovací tabule využívající sinusovou mřížku

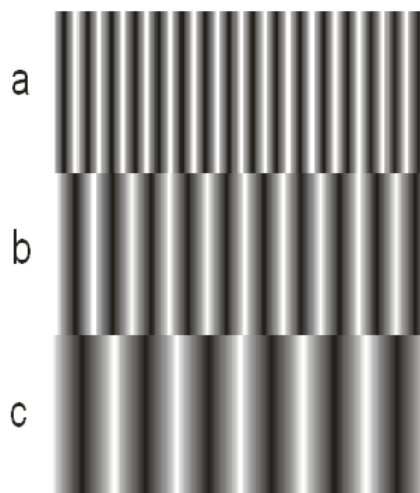
U tohoto typu vyšetřovacích tabulí je využita sinusová mřížka, která využívá Michelsonův zákon pro kontrast, který si můžeme popsat vztahem jako rozdíl maximálního a minimálního jasu pozorovaného obrazu, vydělený součtem obou hodnot jasů.

$$C_m = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (12)$$

Ardenovy tabule (American Optical Contrast Sensitivity System)

Tento test se začal používat v roce 1987, a proto jej můžeme hodnotit jako nejstarší test na vyšetřování kontrastní citlivosti. Zároveň můžeme konstatovat, že se tento test již dnes nepoužívá. Ardenovy tabule jsou brožurou skládající se z šesti vyšetřovacích tabulí, která se skládá z několika vzorů sinusových mřížek. Každá z těchto mřížek je orientována vertikálně, ale kontrast je odlišný v horní a spodní části testu (kontrast světlých a tmavých pruhů mřížky se snižuje shora dolů). Každá z mřížek má zároveň stejnou prostorovou frekvenci, viz obr. 5.

Vyšetřovaný, popřípadě vyšetřující pohybuje brožurou, dokud se nedosáhne bodu, ve kterém mřížka přechází v uniformní šed', v tomto okamžiku si vyšetřující zaznamená hodnotu kontrastu. Tento úkon je opakován u každé z šesti desek, které jsou součástí testu. Cílem tohoto testu je tedy snaha zjistit bod, ve kterém mřížka přechází v uniformní šed'.



Obrázek 5 Ardenův test

The Cambridge Low – Contrast Grating Test

Tento test je v rámci vyšetření kontrastní citlivosti tvořen 20 stranami, přičemž každá strana má velikost 210 x 295 mm, uspořádanými do formy kalendáře. Na stranách testu se vyskytuje sinusová mřížka o konstantní prostorové frekvenci mající velikost 4 c/st. Testování probíhá ze vzdálenosti 6 m. Strany testu jsou prezentovány v párech umístěných nad sebou, přičemž vždy na jedné straně je zobrazena sinusová mřížka a druhá strana je prázdná, ale má stejnou odrazivost jako strana předchozí. První strana testu The Cambridge Low – Contrast Grating Test má nejvyšší kontrast, který se postupně snižuje.

Testování je zahájeno s nejvyšším kontrastem a pacient je zároveň tázán na to, na které z dvojice stran vidí mřížku. Testování je zastaveno v momentě, kdy vyšetřovaný udělá chybu, ale testování pokračuje s tím, že se začíná od předchozí dvojice stran, u které byla pacientem udělána chyba. Čtyři klesající série testu jsou testovány pro každé oko zvlášť a výsledek testu je stanoven na základě součtu čísel stran, na kterých byla pacientem udělána chyba. Tedy, udělá-li pacient chybu ve čtyřech sériích na stranách 7, 9, 6 a 8, poté víme, že celkový součet je 30 a tato hodnota je vyhodnocena pomocí tabulky, která je přiložena u testu.

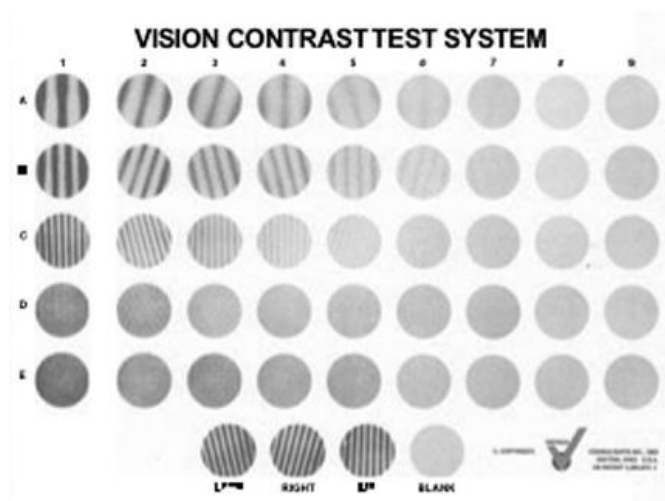
Ginsburgovy tabule

Tyto fotografické tabule byly zkonstruovány panem doktorem Ginsburgem v roce 1984. Na této fotografické tabuli se nachází 5 řádků, ve kterých jsou terče s různě

orientovanou sinusovou mřížkou. Každá mřížka je orientována v jednom ze tří směrů, a to buď vertikálně, šikmě 15 stupňů doleva či šikmě 15 stupňů doprava. V tomto testu jsou využity různé prostorové frekvence 1,5; 3; 6; 12; a 18 c/st, což je značnou výhodou oproti písmenovým testům. Zároveň je v tomto testu 9 sloupců, u kterých dochází k nepravidelnému snížení kontrastu, a to o hodnotu 0,25 log jednotek. Pomocí Ginsburgovy tabule testujeme kontrastní citlivost jak na dálku tak do blízka.

Vyšetřující požádá pacienta, aby určil, jakou mají orientaci mřížky na každém řádku. Když je testování ukončeno, data jsou zaznamenána a porovnána s „normální“ křivkou kontrastní citlivosti.

Princip Ginsburgových tabulí byl použit u testů **VCTS 6500** (Vision Contrast Test System), viz obr. 6. **SWCT** (Sine Wave Contrast Test) a **FACT** (Functional Acuity Contrast Test). Tyto testy se při vyšetření kontrastní citlivosti zásadně neliší, rozdíl je v tom, že u testu VCTS 6500 se nachází 9 sloupců a kontrast v těchto sloupcích klesá o hodnotu 0,25 log jednotek oproti testu FACT, ve kterém je taktéž 9 sloupců, ale kontrast klesá o hodnotu 0,15 log jednotek (tento test je oproti testům VCTS 6500 A SWCT vhodný na testování menšího rozsahu, z důvodu zkrácení intervalu mezi jednotlivými terči se sinusovou mřížkou). A test SWCT má jen 8 sloupců, u kterých také dochází k nepravidelnému snížení kontrastu.



Obrázek 6 Vision Contrast Test System (VCTS) [40]

The Vector Vision – CSV 1000

Tento test je samostatně osvětlená vyšetřovací jednotka, vytvořená pro testování kontrastní citlivosti ze vzdálenosti 2,5 m. Tabule si samostatně kalibruje úroveň světla přístroje na hodnotu 85 cd/m^2 , což má za následek také to, že není nutné další přídatné osvětlení. Vyšetřovací tabule obsahuje 4 řádky, které umožňují testovat prostorovou frekvenci ve 3; 6; 12 a 18 c/st. Každý řádek zároveň obsahuje osm terčů se sinusovou mřížkou ve dvou řadách umístěných pod sebou, viz obr. 7.

Vyšetřující osvětlí horní řádek s terčí a požádá pacienta, aby začal číst zleva s prvním párem terčů a aby uvedl, zda se sinusová mřížka objeví v horním terči, ve spodním, nebo zda jsou oba terče prázdné. Toto se opakuje pro zbývající tři řádky. Vyšetřující zároveň zaznamenává vždy poslední správnou odpověď u každého řádku. Po spojení posledních správných odpovědí čarou získáme pacientovu křivku kontrastní citlivosti.



Obrázek 7 The Vector Vision (CSV 1000) [41]

2.1.2 Vyšetřovací tabule využívající písmena

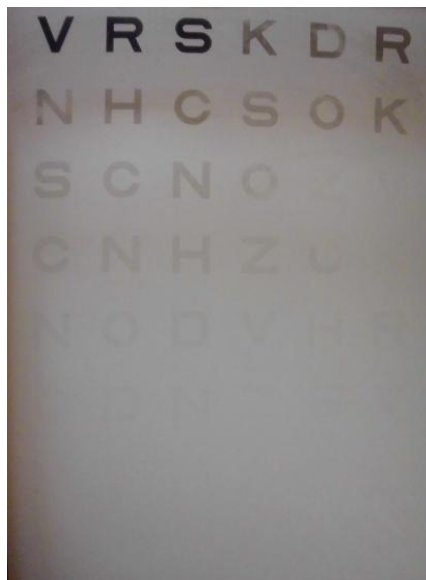
U vyšetřovacích tabulí, které využívají jako stimul písmena, platí pro kontrast Weberův zákon, definovaný jako podíl jasů pozorovaného pozadí a předmětu (v našem případě pozorovaného písmena) a jasů pozadí.

$$Cw = \frac{L_p - L_z}{L_p} \quad (13)$$

Pelli – Robson Contrast Sensitivity Charts

Tento písmenový test se liší od ostatních testů na kontrastní citlivost tím, že jako stimul využívá Snellova písmena. Všechna písmena v tomto testu mají stejnou velikost, ale shora dolů se snižuje kontrast těchto písmen. Test Pelli – Robson Contrast Sensitivity Charts má osm řádků, na kterých je vždy po 6 písmenech. Písmena na řádku jsou rozdělena vždy na dvě poloviny, přičemž jejich kontrast se snižuje o hodnotu 0,15 log jednotky, proto také můžeme konstatovat, že náročnost testu se zvyšuje uprostřed každého řádku. Tento test vyšetřuje prostorovou frekvenci 1,25 c/st. Vyšetřovací vzdálenost pro tento test je 1 m, viz obr. č. 8.

Úkolem pacienta je číst písmena od začátku řady po trojicích a pokračovat ve čtení do té doby, než je udělána chyba ve dvou písmenech ze tří. V tomto okamžiku se za výsledek považuje předcházející trojice, která byla přečtena správně.



Obrázek 8 Robson Contrast Sensitivity Charts

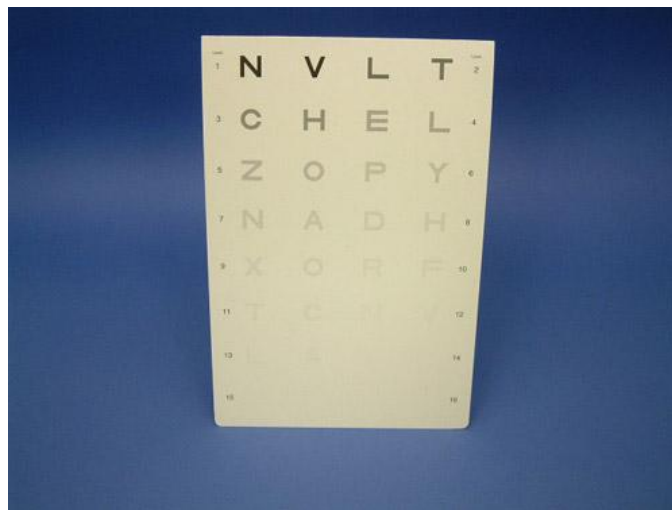
The Regan Low – Contrast Letter Charts

Tento test se skládá ze tří vyšetřovacích tabulí, které mají kontrast 96 %, 7 % a 4 %, přičemž dnes jsou nejvíce používány Reganovy tabule s kontrastem 96 %. Na každé vyšetřovací tabuli jsou písmena, která mají stejný kontrast. U tohoto testu dochází k testování vysokých prostorových frekvencí. Vyšetřovací vzdálenost je 3 m.

V diskuzi o používání tohoto testu s nízkým kontrastem Regan zdůraznil, že jeho hlavní rolí je včasná detekce a prevence ztráty vidění, konkrétně u pacientů, kteří trpí diabetes mellitus a pacientů s glaukomem. Výhoda tohoto testu spočívá také v tom, že může být vhodný pro detekci Parkinsonovy choroby, katarakty a centrální serózní chorioretinopatie.

Hamilton – Veale Contrast Sensitivity Test

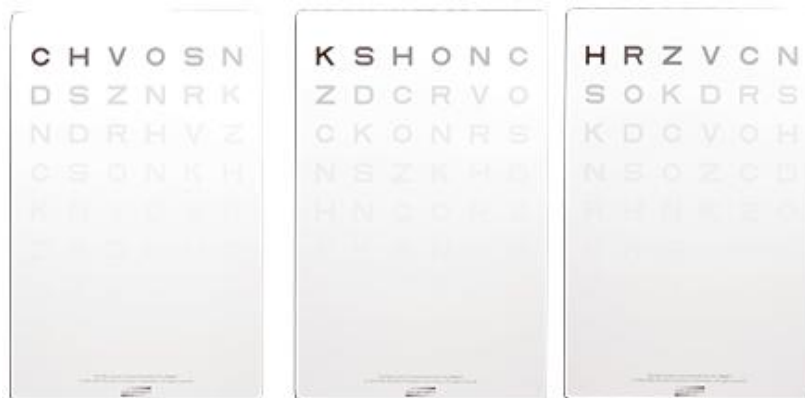
Jedná se o vyšetřovací tabuli, která je podobná testu Pelli – Robson Contrast Sensitivity Charts, ale o menší velikosti. Tento test má osm řad, na kterých je vždy po čtyřech písmenech. U písmen dochází ke snížení kontrastu vždy s nadcházejícím písmenem, viz obr. 9.



Obrázek 9 Veale Contrast Sensitivity Test [42]

Mars Letter Contrast Sensitivity Test

Jedná se o test na vyšetření kontrastní citlivosti, který je podobný stejně jak testu Hamilton – Veal Contrast Sensitivity Test, tak testu Pelli – Robson Contrast Sensitivity Charts s tím rozdílem, že je rozměrově menší. Na této vyšetřovací tabuli je osm řádků, na nichž je vždy po šesti písmenech. U písmen dochází ke snížení kontrastu vždy s nadcházejícím písmenem o hodnotu 0,04 log jednotek. Kontrastní citlivost u tohoto testu vyšetřujeme ze vzdálenosti 0,5 metru, viz obr. 10.



Obrázek 10 Mars Letter Contrast Sensitivity Test [43]

Sloanovy tabule

Jedná se o typ testu na vyšetření kontrastní citlivosti, který je podobný testu The Regan Low – Contrast Letter Charts. Tento test je standardizovaný a sestavený na základě ETDRS nebo Baileyho–Loviho tabulí. Nyní se nejčastěji setkáváme s typem Sloanových tabulí, které označujeme jako Multi distance testing low kontrast letter set. Tento soubor testů se skládá ze sedmi vyšetřovacích tabulí, které se liší svým kontrastem. Kontrasty jsou 100 %, 25 %, 10 %, 5 %, 2,5 % a 0,6 % log MÚR optotypů, konstruovaných pro vyšetřování ze vzdálenosti 1,6 m a 1 m, viz obr. 11.



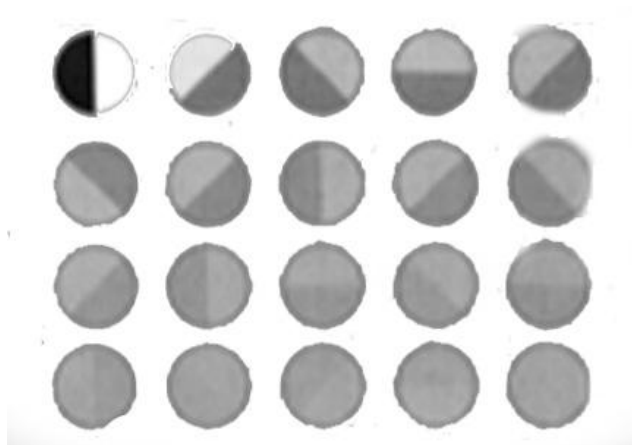
Obrázek 11 Sloanovy tabule [44]

Do tohoto typu testu můžeme také zařadit testy pro vyšetřování kontrastní citlivosti u dětí, kde jsou sestaveny testy s E – háky pro vyšetřování kontrastní citlivosti o prostorových frekvencích 3 a 6 c/st a pro děti v předškolním věku můžeme využít testy Hiding Heidi nebo LEA low – contrast symbols, u kterých jsou kontrasty také

odstupňovány v procentech, a to od nejvyšší hodnoty tvořící 25 % po nejmenší hodnotu 1,25 % (25 %, 10 %, 5 %, 2,5 % a 1,25 %).

Vyšetřování kontrastní citlivosti metodou rozlišování dělicích linií

K vyšetření kontrastní citlivosti metodou rozlišování dělicích linií využíváme test The Melbourne Edge test, který byl v roce 1986 vymyšlen Melbournem a Johnstonem. Tento test je využíván k detekci kontrastní citlivosti nablízko. Skládá se z dvaceti kruhových podnětů o průměru 2,5 mm, které jsou zároveň rozděleny na poloviny pomocí dělicích linií v osách 0°, 45°, 90° a 135°. Jedna polovina je osvětlena s postupně se snižující intenzitou světla, která vyvolá pokles kontrastu mezi oběma polovinami v následujících kruzích. Můžeme se setkat s různými verzemi tohoto typu testu – původní test byl vytištěný na papíře, nová verze je vytištěna na průsvitné fólii, která se umísťuje na svítící přenosnou skříňku, viz obr. 12.



Obrázek 12 The Melbourne Edge Test [40]

2.1.3 Digitální systémy

LCD SmartChart

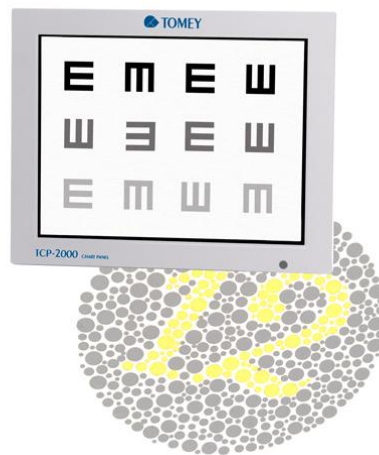
Jedná se o digitální systém, který využívá moderních způsobů pro dosažení velmi přesného vyšetření nejen zrakové ostrosti. Tato digitální jednotka je atraktivní a má elegantní LCD panel s vybavením, které je zabudováno v počítači. Jedná se tedy

o komplexní sadu mezinárodních standardizovaných testů, které slouží pro praktické vyšetření každého pacienta.

Kontrastní citlivost je u LCD SmartChart systému vyšetřována pomocí Thresholdova optotypu, červeno-zeleného testu a prostorové frekvence (SCF). Kontrastní citlivost je měřena v 5 prostorových frekvencích (1,5; 3; 6; 12 a 18 c/st). Tato sada testů pro vyšetřování kontrastní citlivosti slouží k preciznímu vyšetření kontrastní citlivosti, která se mění u rozdílných věkových skupin, onemocnění či u postižení [15, 16].

TCP 2000 (Tomney)

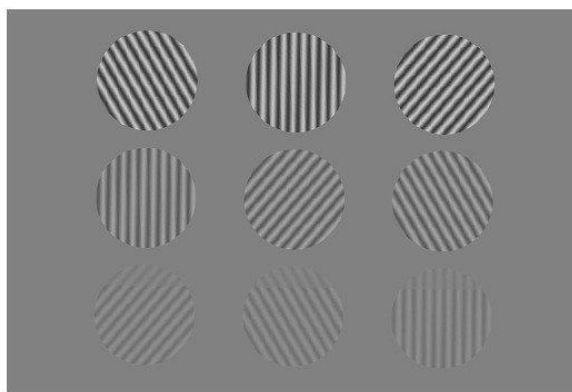
Moderní digitální panel, který slouží k modernímu vyšetření refrakce. Jeho velkou výhodou je, že obsahuje velké množství optotypů a testů pro vyšetření barvocitu, kontrastní citlivosti a podobně, viz obr. 13. Panel obsahuje naprogramovaný display s nereflexním povrchem a možností upravit vyšetřovací vzdálenost od 1,5 do 7 m [17].



Obrázek 13 Digitální systém TCP 2000 (Tomney) [17]

CC – 100XP (Topcon)

Digitální jednotka CC – 100XP zahrnuje všechny podstatné testy zrakové ostrosti, binokulárního vidění, testy barvocitu a kontrastní citlivosti, viz obr. 14. Binokulární testy u CC – 100XP využívají speciální polarizační techniku, která zaručí oddělení vjemu obou očí, a tak představuje 100% vyšetření bez rušivých efektů. Unikátní vlastností testu kontrastní citlivosti u této digitální jednotky je poskytnutí jak kvantitativní, tak kvalitativní informace o kontrastní citlivosti vyšetřovaného [18].



Obrázek 14 Test kontrastní citlivosti u digitálního systému CC-100XP (Topcon) [18]

Vision Monitor (Metrovision, Francie)

Systém Vision Monitor obsahuje testy pro vyšetření zraku v oftalmologii. V tomto digitálním systému jsou začleněny testy na vyšetření zorného pole, kontrastní citlivosti, vizuální elektrofyziologie a podobně. Nyní jsou čtyři typy Vision Monitor, které obsahují rozdílné testy, a z toho důvodu se hodí pro rozdílná vyšetření.

Rozeznáváme typy:

MonPack3 – je vhodný pro vizuální elektrofyziologii.

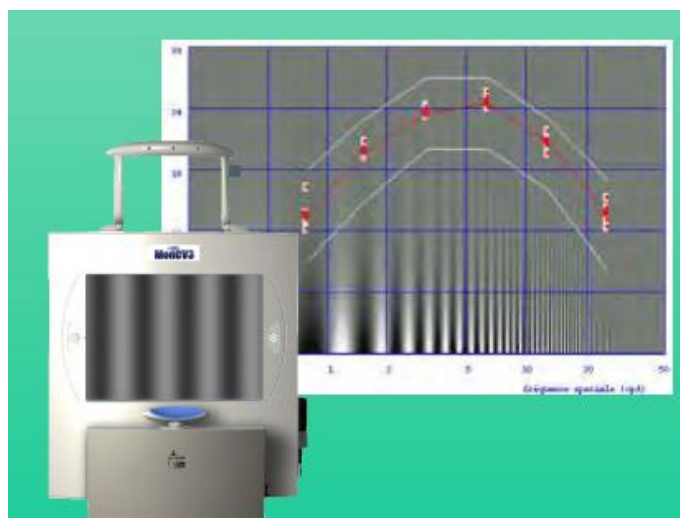
MonCV1 – obsahuje testy na vyšetření zorného pole.

MonCV3 – tento typ má kombinaci testů na vyšetření zorného pole a kontrastní citlivosti.

MonColor – vhodný pro vizuální elektrofyziologii.

MonCV3

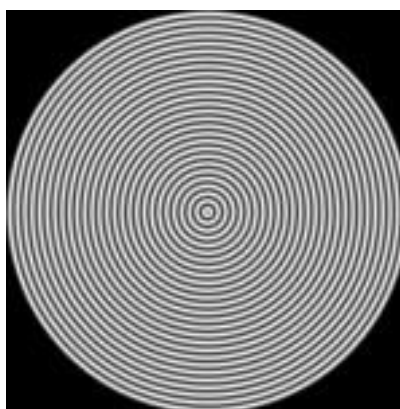
Tento typ Vision Monitor je vhodný pro vyšetření předního segmentu oka, sítnice, glaukomu, neurooftalmologie a zrakových schopností, jako je zraková ostrost, zraková ostrost u sníženého kontrastu, zraková ostrost u sníženého osvětlení, test na oslnění, test barvocitu a test kontrastní citlivosti, viz obr. 15. Kontrastní citlivost je vyšetřována pomocí programu, který umožňuje změřit prahy kontrastní citlivosti díky testu obsahujícímu sinusovou mřížku o rozdílné prostorové frekvenci [19, 20].



Obrázek 15 Test kontrastní citlivosti u digitální jednotky MonCV3 [20]

Holladay Automated Contrast Sensitivity System (M&S Technologies, USA)

Tato digitální jednotka využívá CSF System, což znamená systém rotujících symetrických kružnic a náhodně prezentovaných optotypů. HACSS splňuje jak požadavky American National Standards Institute (ANSI), tak International Standards Organization (ISO), viz obr. 16. Pomocí této digitální jednotky vyšetřujeme zrakovou ostrost, ale především testujeme kontrastní citlivost v pěti rozdílných frekvencích, a to v 1,5; 3; 6; 12 a 18 c/st a za hodnot jasu 85 cd/m^2 (hodnota odpovídající fotopickému vidění) a 3 cd/m^2 (hodnota pro mezopické vidění) [21, 22].



Obrázek 16 Test kontrastní citlivosti pro hodnotu prostorové frekvence 18 c/st [21]

CST 1800

CST 1800 Digital představuje přístroj na vyšetřování zrakových funkcí, který je nezbytný pro vyšetřování a klinické zkoušky. Tento systém umožňuje testovat kontrastní citlivost pomocí FACT (optotyp, který obsahuje sinusovou mřížku) a ETDRS optotypy. U CST 1800 obsahuje samostatný kalibrovaný zdroj oslnění a standardizované nebo nastavitelné osvětlení [23].

OPTEC 6500 (Stereo Optical, USA)

Jedná se o digitální tester, který funguje na stejném principu jako CST 1800 a využívá FACT (optotypy, obsahující sinusovou mřížku) na testování kontrastní citlivosti. U tohoto testeru se dá nastavit jas pro testování kontrastní citlivosti za dne (85 cd/m^2) a v noci (3 cd/m^2). Kromě kontrastní citlivosti umožňuje testovat zrakovou ostrost, stereopsii, oslnění a barvocit. Kvalitní měření testerem OPTEC 6500 je zajištěno pomocí mikroprocesoru, který kontroluje kontinuální kalibraci osvětlení [24].

2.2 Onemocnění ovlivňující kontrastní citlivost

Zraková ostrost se vlivem fyziologických změn zhoršuje, a proto je nezbytné její správné vyšetření. Podobně jako u zrakové ostrosti je i fyziologickými procesy ovlivňována kontrastní citlivost. Nejvíce se s pokročilým věkem zhoršuje kontrastní citlivost u středních a vysokých prostorových frekvencí. Hodnoty prostorových frekvencí jsou odeslány do mozku pomocí dvou kanálů, a to **magnocelulárního** (odesílá hodnoty o nízké prostorové frekvenci) a **parvocelulárního** (přenáší data o vysokých prostorových frekvencích) [25].

V počátcích některých očních onemocnění je centrální zraková ostrost v pořádku, ale naopak je snížena kontrastní citlivost, a to především u nízkých prostorových frekvencí. Naopak u očních chorob, které vykazují zhoršenou zrakovou ostrost, jsou sníženy i hodnoty vysokých prostorových frekvencí kontrastní citlivosti. Z tohoto důvodu můžeme konstatovat, že testy kontrastní citlivosti jsou opodstatněnou součástí očního vyšetření, které mohou indikovat počínající oční onemocnění.

Sníženou kontrastní citlivost můžeme rozdělit do dvou částí, a to na **optické příčiny** (nekorigovaná refrakční vada, katarakta, onemocnění rohovky, kontaktní čočky,

kataraktová a refrakční chirurgie – rohovková i nitrooční) a **neoptické příčiny** (amblyopie, onemocnění sítnice v oblasti makuly, glaukom s otevřeným úhlem, onemocnění zrakového nervu, neurologické choroby, metabolické choroby, toxické látky).

Sníženou kontrastní citlivost můžeme zlepšit buď odstraněním příčiny, která ji způsobuje, tedy například operací katarakty, správnou korekcí refrakčních vad či správnou péčí o kontaktní čočky, která zajišťuje neukládání se depozit. V případě onemocnění, u kterých se projevuje snížená kontrastní citlivost, lze použít brýle se speciálními filtry žluté barvy [15, 25, 27, 28, 29].

2.2.1 Optické příčiny

OPTICKÉ PŘÍČINY SNIŽUJÍCÍ KONTRASTNÍ CITLIVOST				
Snížení KC v nižších prostorových frekvencích	Zadní subkapsulární katarakta		Začínající stadium keratokonu	Kontaktní čočky s depozitami
Snížení KC ve středních prostorových frekvencích	Zadní subkapsulární katarakta			Vysoké refrakční vady
Snížení KC ve vyšších prostorových frekvencích	Začínající stadium katarakty	Nízké refrakční vady	Pokročilé stadium keratokonu	Kontaktní čočky se špatnou korekcí astigmatismu
Snížení KC ve všech prostorových frekvencích	Implantace nitrooční čočky			

Tabulka 1 Optické příčiny

2.2.2 Neoptické příčiny

NEOPTICKÉ PŘÍČINY SNIŽUJÍCÍ KONTRASTNÍ CITLIVOST									
Snížení KC ve středních prostorových frekvencích	Diabetes mellitus								
Snížení KC ve vyšších prostorových frekvencích	Diabetes mellitus			Suchá forma věkem podmíněné makulární degenerace			Cystoidní makulární edém		
Snížení KC ve všech prostorových frekvencích	Amblyopie	Vlhká forma VPMD	Diabetická retinopatie	Glaukom	Alzheimerova choroba	Parkinsonova choroba	Sclerosis multiplex	Alkohol	Organická rozpuštědla (ve smyslu drog)

Tabulka 2 Neoptické příčiny

3 KONTRASTNÍ CITLIVOST A ŘÍZENÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

3.1 Normy pro udělení řidičského oprávnění na základě zraku

V této kapitole budou rozebrána kritéria podstatná pro zrak řidičů motorových vozidel, kteří jsou účastníky provozu v silniční dopravě, ve které se používají vozidla, jež jezdí po silnicích či zpevněných cestách a kde dochází k přepravě osob a nákladu.

Pro udělení řidičského oprávnění v České republice jsou podstatné podmínky, které jsou stanoveny ve vyhlášce č. 72/2011 Sb., kterou se mění znění vyhlášky č. 277/2004 Sb., *o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel), ve znění vyhlášky č. 253/2007 Sb.* [30].

Na základě výše zmíněné vyhlášky můžeme rozdělit řidiče motorových vozidel do kategorií – na skupinu 1 a skupinu 2. Vyhláška upravuje i další zdravotní kritéria pro uznání či vyloučení zdravotní způsobilosti k získání řidičského oprávnění. V mé bakalářské práci se ale budu zabývat pouze podmínkami, které jsou stanoveny u zraku.

Do skupiny 1 řadíme řidiče motorových vozidel, kteří mají řidičské oprávnění typu A, B, B+E, AM a také podskupiny A1 a B1.

Ve skupině 2 jsou řidiči, kteří mají řízení motorového vozidla v pracovně-právním vztahu, což znamená, že se uvádí řízení motorového vozidla jako druh práce, který je stanoven v pracovní smlouvě. Dále jsou zde řidiči, kteří při výkonu povolání využívají výstražné modré světlo, které může být doplněno výstražným zvukovým znamením, jedná-li se o plnění úkolu v souvislosti s výkonem zvláštních povinností. Do kategorie skupiny 2 také řadíme řízení motorového vozidla jako předmět samostatně výdělečné činnosti, která je prováděna podle zvláštních právních norem a předpisů. V této skupině jsou uchazeči a osoby s osvědčením, na základě kterého mohou provádět výcvik k řízení motorových vozidel dle zvláštního právního předpisu, či jsou zde také zařazeni žadatelé a majitelé řidičského oprávnění skupiny C, C+E, D, D+E a T a dále podskupiny C1, C1+E, D1 a D1 +E.

3.1.1 Vyloučení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel

O nemocech, vadách zraku popřípadě stavech zrakového systému, které vylučují zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel a jsou stanoveny vyhláškou č. 72/2011, hovoříme jako o zdravotních komplikacích či odchylkách, které se mohou stát pro provoz na pozemních komunikacích nebezpečné. Tyto zdravotní komplikace či odchylky dále rozlišujeme podle toho, o jakou skupinu řidičů se jedná.

U skupiny 1 se vylučuje řízení motorového vozidla u binokulární zrakové ostrosti menší než 0,5, a to i v případě použití korektivních čoček (ve znění vyhlášky se za korektivní čočky nepovažují nitrooční čočky). Dále zraková ostrost menší než 0,5 při úplné funkční ztrátě zraku na jednom oku či v případě, že je používáno jen jedno oko (např. diplopie...), a to i v případě použití korektivních čoček. Také v případě úplné funkční ztráty zraku na jednom oku nebo u používání jen jednoho oka, jedná-li se o stav, který trvá méně než 6 měsíců. K dalším odchylkám zraku vylučující získání řidičského oprávnění řadíme rozsah zorného pole obou očí. U horizontálního rozsahu obou očí se jedná o hodnotu nižší než 120 stupňů, konkrétně u monokulárního rozsahu, který je nižší než 50 stupňů na levou a pravou stranu. V případě vertikálního rozsahu zorného pole za podmínky, že je menší než 20 stupňů ve směru nahoru a dolů. A v neposlední řadě to jsou změny v centrálním zorném poli do 20 stupňů. O nezpůsobilosti k řízení motorových vozidel hovoříme u skupiny 1 také v případě, že dojde u žadatele k nesnášenlivosti korektivní čočky, pokud je její nošení nezbytné k dosažení zrakové ostrosti.

Řidiči skupiny 2, u kterých je zraková ostrost v lepším oku menší než 0,8 a na horším oku 0,1, a to i v případě použití korektivních čoček. K vyloučení může také dojít, pokud je rozsah horizontálního zorného pole menší než 160 stupňů a také tehdy, když je dodatečný rozsah horizontálního zorného nižší než 70 stupňů na levou a pravou stranu. V případě vertikálního pole se jedná o rozsah menší než 30 stupňů ve směru nahoru a dolů. U centrálního zrakového pole jsou to změny do 30 stupňů. Žadatel o řidičské oprávnění skupiny 2 neuspěje v případě, že bude trpět diplopií a nebo také pokud bude mít závažně porušenou kontrastní citlivost.

3.1.2 Uznání zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel

Řadíme zde takové nemoci, vady a onemocnění zraku, které svým působením ovlivňují bezpečnost na pozemních komunikacích a u kterých se vyžaduje závěrečné vyhodnocení odborného lékaře, aby žadatel či řidič mohl být uznán za zdravotně způsobilého k řízení motorových vozidel na pozemních komunikacích.

V případě skupiny 1 se jedná o binokulární zrakovou ostrost nižší než 0,7 i v případě použití korektivních čoček. Dále pokud je zraková ostrost menší než 1,0, a to při úplné funkční ztrátě zraku na jednom oku nebo nastane-li situace, že dotyčný používá jen jedno oko (např. u diplopie) a tento stav trvá déle než 6 měsíců. Odborné vyšetření také vyžaduje změna v rozsahu zorného pole a také nemoci oka a oční adnex, na základě jejichž působení dochází ke změnám v rozsahu zorného pole, nebo způsobují snížení zrakové ostrosti. Žadatel je nucen podstoupit vyšetření odborným lékařem také v situaci, když u něj dojde k poruchám vidění za šera (jen u závažné poruchy, v případě lehké formy vyšetření není nutné) a u závažné poruchy barvocitu v oblasti základních barev.

Pro řidiče skupiny 2 platí nemoci, vady a stavy zraku, které jsou stanoveny pro řidiče skupiny 1, pokud se dále neuvádí jinak. Nutnost odborného vyšetření je v případě závažné poruchy barvocitu, poruchy prostorového vidění či v neposlední řadě vidění za šera.

3.1.3 Lékařské prohlídky u řidičů motorových vozidel

Na základě paragrafu 87 zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích jsou upraveny podmínky o pravidelných lékařských prohlídkách v tomto znění.

Pro řidiče skupiny 1 jsou povinné lékařské prohlídky ve věku 60, 65 a 68 let a po dovršení věku 68 let každé následující dva roky, tedy konkrétně v 70, 72 letech, atd. K pravidelné lékařské prohlídce je řidič povinen se dostavit nejdříve šest měsíců před dovršením výše uvedeného věku a nejpozději pak v den dovršení věku.

Řidiči skupiny 2 jsou povinni se pravidelných lékařských prohlídek účastnit do dovršení věku 50 let pravidelně každé dva roky. Po 50. roce je prohlídka povinná každý rok [31].

3.1.4 Harmonizační kódy v řidičském průkazu

Podle vyhlášky č. 153/2004 Sb., která upravuje znění vyhlášky č. 31/2001 Sb., o řidičských průkazech a registru řidičů, se hovoří o harmonizačních kódech v řidičském průkazu.

Harmonizační kódy jsou ve výše zmíněné vyhlášce upravovány podle § 11. Jedná se o záznamy, které se vypisují hnědou barvou na zadní stranu řidičského průkazu a které nás informují o omezení či podmínění řidičského oprávnění. Harmonizační kódy nabývají hodnot od 01 do 99. V této kapitole se budu zajímat pouze o kódy 01, které souvisejí s ochranou nebo korekcí zraku.

01.01 Harmonizační kód ustanovuje řízení motorového vozidla s brýlemi, což znamená, že v případě nedodržení této podmínky jedná účastník provozu v rozporu se zákonem a mohl by být sankcionován.

01.02 Kód, který nařizuje řidiči, nosit kontaktní čočky v okamžiku řízení motorového vozidla. U kontaktních čoček může být pro policistu obtížné určit, zda je řidič opravdu má naaplikované, proto je vhodné, aby u sebe měl řidič kartičku o aplikaci kontaktních čoček.

01.03 Údaj pro nošení ochranných brýlí při řízení motorového vozidla.

01.04 Informace o tom, že je řidič povinen mít sluneční brýle.

01.05 Harmonizační kód, který je uveden u řidiče s povinností řídit s ochranným krytem.

01.06 Norma, která nařizuje řidiči, aby řídil s korekční pomůckou, a to buď s brýlemi, nebo s kontaktními čočkami [32].

[30, 31, 32, 33]

3.2 Vliv kontrastní citlivosti na řízení motorových vozidel

Kontrastní citlivost je důležitá pro řidiče motorových vozidel z důvodu schopnosti rozpoznat předměty na nekontrastním pozadí, viz obr. 17. Tato skutečnost je podstatná především při jízdě v noci nebo za snížených světelných podmínek, jako je například mlha, sněžení a podobně. K nedozírným důsledkům tedy může dojít v případě, že dotyčná osoba má velmi sníženou kontrastní citlivost a řídí motorové vozidlo za výše uvedené situace. Některé zahraniční studie také poukazují na to,

že právě kontrastní citlivost je tím důvodem, proč dochází k dopravním nehodám u starších lidí, popřípadě proč starší řidiči opouštějí od jízd v nočních hodinách.



Obrázek 17 Snížené světelné podmínky [45]

Na druhou stranu vyhláška č. 72/2011 Sb., která stanovuje podmínky upravující mimo jiné normy pro zrak u řidičů, nepřikládá kontrastní citlivosti až tak velký důraz. Pouze stanovuje, že v případě těžké poruchy kontrastní citlivosti u řidičů skupiny 2 tato porucha vylučuje či podmiňuje řízení motorových vozidel. Nicméně porucha kontrastní citlivosti nemusí být pouze záležitostí řidičů, které řadíme do skupiny 2.

Ve večerních a nočních hodinách může dojít k ztrátě sebejistoty u starších řidičů z důvodu nedostatečného kontrastu a jasů. Toto zjištění vyplývá ze skutečnosti, že podněty, u kterých je nízký kontrast, jsou zpracovávány mnohem pomaleji než podněty, které mají vysoký kontrast. Tato situace se může stát o to závažnější, pokud bude mít řidič motorového vozidla zhoršenou zrakovou ostrost, redukované vidění za šera, popřípadě zvýšenou sensitivitu na oslnění. Pomalejší vyhodnocování podnětů s nízkým kontrastem se může stát nebezpečné pro řidiče, kteří jezdí v nočních hodinách na dálnicích. Lze totiž konstatovat, že reakční doba se prodlužuje se snižujícím se kontrastem a jasem podnětu, a proto může dojít k špatnému odhadu rychlosti u ostatních vozidel na dálnici. V souvislosti s prodlouženou reakční dobou také souvisí delší brzdná dráha. Díky kontrastní citlivosti jsou řidiči všech věkových kategorií schopni lépe vnímat podmínky provozu ve dne i v noci než na základě zrakové ostrosti. Ačkoli kombinace správné zrakové ostrosti a kontrastní citlivosti je nejlepší.

3.3 Řízení motorových vozidel a onemocnění snižující kontrastní citlivost

Jak už bylo výše uvedeno, vlivem stáří a různých onemocnění dochází k snížení kontrastní citlivosti. S tímto také souvisí skutečnost, že podle některých studií je kontrastní citlivost úzce spjata s dopravními nehodami a přestupky více než zraková ostrost. Owsley et al. (2001) zjistili, „že řidiči kteří už měli dopravní nehodu, měli osmkrát větší pravděpodobnost mít hodnotu kontrastní citlivosti pod 1,25 (u testu Pelli – Robson), než řidiči, kteří ještě neměli dopravní nehodu“ [34].

Nejfrekventovanějšími chorobami, které svým podílem nejčastěji ovlivňují řidičské schopnosti, jsou katarakta a glaukom.

Katarakta se může podílet na ovlivnění bezpečnosti na silnicích tím, že i když nedošlo k snížení zrakové ostrosti, tak může dojít k snížení kontrastní citlivosti, což představuje velké riziko pro pohybující se cíle především v noci. Dále podle studií Wood and Troutbeck (1995) a Wood (2002), které uměle navozovaly kataraktu zdravým účastníkům studie, bylo vyhodnoceno, že došlo k zhoršení jízdních výkonů, a to především zhoršením zorného pole a hodnotami kontrastní citlivosti. Můžeme také zmínit skutečnost, že u řidičů s incipientní kataraktou došlo k snížení hodnot kontrastní citlivosti, i když zraková ostrost byla binokulárně 0,5. Naopak po operaci šedého zákalu nastane zlepšení zrakových funkcí. Některé studie uvádějí, že pět let po operaci katarakty klesl počet pacientů, kteří měli problém s řízením ve dne o 16 % a o 35 % u těch, kteří pozorovali komplikace při jízdě v noci.

Zelený zákal je další chorobou, která znesnadňuje řízení motorového vozidla. Szlyk et al. (2002) dospěli k závěru, že zhoršený jízdní výkon na jízdním simulátoru u jedinců s mírnou až těžkou hodnotou glaukomu byl způsoben právě sníženou kontrastní citlivostí a ne omezeným zorným polem. Na druhou stranu omezení periferie hraje také velmi důležitou roli, protože u velmi zúženého zorného pole dochází k zhoršenému vnímání dopravních značek, jízdě v kolonách, zatáčkách a jízdě na dálnicích (zejména pro vysokou rychlost ostatních vozidel).

3.4 Řízení motorového vozidla v závislosti na věku

V dnešní době je naprostou samozřejmostí vlastnictví řidičského průkazu minimálně skupiny B. Zároveň se zvyšující se úroveň životního stylu a kvalitní lékařskou péčí rok

co rok roste ve vyspělých zemích hustota silničního provozu. S touto skutečností také souvisí fakt, že se zvyšuje věk účastníků silničního provozu, pro které je automobil symbolem samostatnosti, mobility a soběstačnosti. Na základě výzkumu, který byl proveden v USA, konkrétně ve státě Alabama, se dospělo k výsledku, že „v roce 2024 bude jeden ze čtyř řidičů starší věku 65 let“ [35]. A proto se nabízí otázka, zda je i přes velmi kvalitní zdravotní péči na pozemních komunikacích bezpečno?

S přibývajícím věkem nastává zhoršení zraku, který můžeme považovat za hlavní smysl, protože jím vnímáme více než 80 % informací kolem sebe. Proto je velmi nezbytné, aby řidiči měli nejen dostatek zkušeností a správných návyků pro řízení motorového vozidla, ale také to, aby jejich zrakové funkce byly v pořádku a mohla tak být zachována bezpečnost na pozemních komunikacích. Mezi zrakové aspekty podstatné pro řízení motorového vozidla a které se v závislosti na věku mění, můžeme zařadit zrakovou ostrost, šířku zorného pole a kontrastní citlivost.

V případě, že jsou výše zmíněné zrakové aspekty podceněny a jejich funkce je omezená, může dojít k ohrožení bezpečnosti na silnicích. Dokládá to skutečnost, že starší lidé potřebují více času pro příjem a vyhodnocení informací, rozlišování detailů. Z toho důvodu mají také více problémů s odhadnutím rychlosti ostatních vozidel.

Szlyk, Seipe a Viena uvádějí, že při použití interaktivního dopravního simulátoru u starších řidičů byly výsledky např.: „*Pomalejší reakce než u mladších řidičů, dopravní návyky byly charakterizovány pomalejší rychlostí, delší brzdicí odezvou, vjezdem do křižovatek a pozdní brzdicí reakcí*“ [36]. Se schopností přímo vyhodnocovat situace při řízení vozidla souvisí stáří řidiče, konkrétně stáří mozku a stáří sítnice. „*Ve věku 60-70 let trvá zpracování sítnicového obrazu o 50 % déle než mezi 20. a 30. rokem života*“ [37].

Kontrastní citlivost je důležitých aspektem u starších řidičů, zvláště pokud se jedná o odhad vzdálenosti při jízdě v noci. Uvádí se, že asi 70 % starších lidí starší věku 60 let potřebuje až třikrát vyšší kontrast, aby rozpoznaly předměty v pozadí oproti mladším řidičům. Podle studie mezi lidmi staršími 67 let jezdí v noci více muži než ženy. „*U mužů starších 85 let je to asi 6,6x více pravděpodobné*“ [38]. Taky lze říct, že muži v pokročilém věku přestávají řídit v noci z důvodu snížení kontrastní citlivosti nebo

z celkové ochablosti, naopak ženy rezignují v nočních jízdách z důvodu sníženého vidění při oslnění a také z důvodu vyššího věku. Pro starší řidiče je jízda v noci obtížná zejména vlivem nízké kvality osvětlení, která přímo ovlivňuje kontrastní citlivost.

V USA roste úmrtnost řidičů zapojených do dopravních nehod s věkem, dále mají řidiči ve věku 75–84 let 4–6krát vyšší riziko, že se stanou účastníky dopravní nehody, ve které bude někdo zraněn. Z toho důvodu jsou v Americe dopravní nehody druhou nejčastější příčinou návštěvy ambulance.

ZÁVĚR

Testy kontrastní citlivosti lze využít jako ukazatel správné funkce zrakového systému, neboť dokážou odhalit jeho zhoršení i v případě, že je zraková ostrost v pořádku, nebo je lze uplatnit jako ukazatel onemocnění organismu například u roztroušené sklerózy či Alzheimerovy choroby.

Existuje velké množství testů na vyšetření kontrastní citlivosti využívající například sinusovou mřížku nebo písmena. Podstatné ale je, že stále chybí jejich sjednocení, neboť testy využívající sinusovou mřížku mohou signalizovat sníženou kontrastní citlivost i v případě, že testy s písmeny vyhodnotí, že je kontrastní citlivost v pořádku.

Dalším poznatkem je skutečnost, že testy vyhodnocující kontrastní citlivost nejsou praktickými lékaři a popřípadě oftalmology využívány k ověření zrakových funkcí u udělování zdravotního posudku k řídičskému oprávnění. Možným odůvodněním může být také fakt, že samotná vyhláška č. 72/2011 Sb. se o kontrastní citlivosti zmiňuje jen okrajově, a to pouze u řidičů skupiny 2. Taktéž nejsou pevně dané hodnoty pro kontrastní citlivost, které by už signalizovaly, že kontrastní citlivost je natolik snížena, že by mohlo dojít k ohrožení, a to nejen v provozu na pozemních komunikacích.

Lze také konstatovat, že pravidelné prohlídky u řidičů skupiny 1 jsou prováděny před vydáním řídičského oprávnění a poté nejdříve v 60 letech. Z toho lze usuzovat, že řidiči, kteří získali řídičské oprávnění v 18 letech, řídí motorové vozidlo 42 let bez kontroly zraku a dalších tělesných funkcí. Zde by bylo vhodné provést legislativní změnu a kontrolovat zdravotní stav řidičů častěji, protože každým rokem roste hustota silničního provozu a nároky na řidiče jsou stále větší. Účastníci silničního provozu musí být neustále soustředěni a právě správná funkce zrakového systému ovlivňuje rychlost, s kterou jsou řidiči schopni zareagovat na dané podněty. S tím souvisí i skutečnost, že s přibývajícím věkem dochází k snížení více funkcí organismu, mezi které lze zařadit i zrak. A právě proto je zarážející, že naši poslanci projednávali návrh o odložení další lékařské prohlídky u řidičů na 65 let věku, přičemž jako hlavní důvod svého návrhu předkládají prodlužující se délku odchodu do důchodu a rostoucí životní úroveň. Ve fázi psaní mé bakalářské práce prošel tento návrh druhým čtením a nyní se jím mají zabývat senátoři. Sám za sebe doufám, že tento návrh nebude úspěšným, neboť se domnívám, že

by mohla být narušena bezpečnost na pozemních komunikacích, protože z průzkumů vyplynulo, že mnozí řidiči si vůbec neuvědomují zhoršení zraku i přes jeho prokázání u specialisty.

Ze statistik sice vyplývá, že v České republice jsou řidiči vyššího věku méně často viníky dopravní nehody než mladší řidiči, nicméně zde stále chybí statistika, která by se přímo zabývala dopravními nehodami způsobenými vlivem zhoršeného zraku. Můžeme totiž usuzovat, že mladší řidiči havarují častěji kvůli málo zkušenostem a starší řidiči naopak vlivem špatné korekce zraku. Nyní se při dopravní nehodě zrak řidičů nekontroluje, neboť je dopravní nehoda považována za komplexní děj a spíše je přihlíženo k zhoršeným světelným podmínkám než k samotnému zrakovému systému u řidičů.

Svou bakalářskou prací jsem chtěl upozornit na to, že testy kontrastní citlivosti by se měly stát součástí vyšetření refrakce, a to nejen u řidičů. Lze konstatovat, že právě u starších lidí dochází k zhoršení kontrastní citlivosti, což se může mimo jiné projevit při jízdě v nočních hodinách a za zhoršených podmínek. A dále je podstatné, aby samotní řidiči lépe dbali na svůj zrak a navštívili při sebemenším zhoršení zraku optometristu či oftalmologa, který provede nezbytné testy a refrakci k docílení nejlepšího výsledku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Malý, P. *Optika*. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1342-0.
- [2] Merglová, J. *Studijní materiály pro OCT 4 – GVO. Fotometrie – texty* [online]. [cit. 2012-09-28].
Dostupné z: www.merglova.webzdarma.cz/OCT%204/FOTOMETRIE.doc.
- [3] Mikš, A. *Aplikovaná optika*. Praha: ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04254-0.
- [4] Řehák, J. a kol. *Venózní okluze sítnice*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3480-4. (str. 72)
- [5] Hornová, J. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [6] Polášek, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
- [7] Rozsival, P. et al. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-404-0. (str. 48)
- [8] Pluháček, F. *Fyziologická optika – výukové materiály k předmětu Fyziologická optika*. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010.
- [9] Bencko, V. *Hygienu: učební texty k seminářům a praktickým cvičením II*. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-7184-551-5.
- [10] Havelka, B. *Geometrická optika II. díl*. Praha: Nakladatelství československé akademie věd, 1956.
- [11] Fuka, J. a Havelka, B. *Optika a atomová fyzika část I. – OPTIKA*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství v Praze, 1961.
- [12] Pluháček, F. *Zrakové klamy – výukový materiál pro gymnázium Hranice*. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2012.
- [13] Ventruba, J. *Kontrastní citlivost, testování a příčiny jejího snížení*. Česká oční optika, 1/2008, Společenstvo českých optiků a optometristů. ISSN 1211 233X. (str. 70 – 71)
- [14] Grosvenor, T. *Primary Care Optometry*. 5th edition. Butterworth – Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 13: 978-0-7506-7575-8, ISBN 10: 0-7506-7575-6.
- [15] Ventruba, J. *Kontrastní citlivost, testování a příčiny jejího snížení*. Česká oční optika, 1/2008, Společenstvo českých optiků a optometristů. ISSN 1211 233X. (str. 71)
- [16] *22 Smart Chart PRO. Visual Acuity System. Advanced technology meets smart design* [online]. © 2011 Optos. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z:
http://www.optos.com/Global/documents/Product_SmartChartPro_Brochure.pdf.

- [17] TCP 2000. *Geonal*. [online]. © 2009-2010 LEICA.AM. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: <http://www.leica.am/en/medical-systems/ophthalmology/chart-projection/tcp-2000>.
- [18] CC-100XP, LCD Chart. *Topcon-medical.eu*. [online]. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: <http://www.topcon-medical.eu/eu/products/60-cc-100xp-lcd-chart.html#description>.
- [19] *Metrovision* [online]. © Since 1996 ECPlaza Network Inc. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: <http://metrovision.en.ecplaza.net/>.
- [20] *MonCV3* [online]. © 2012 Metrovision. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: http://www.metrovision.fr/MonCV3_US.pdf.
- [21] *HACSS* [online]. © 2013 M&S Technologies, Inc. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: <http://www.mstech-eyes.com/contrast-testing/hacss>.
- [22] Home. *Ophthalmology Web* [online]. © 2007-2013 OphthalmologyWeb. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: <http://www.ophthalmologyweb.com/5905-Contrast-Sensitivity-Tests/56946-Holladay-Automated-Contrast-Sensitivity-System-trade-HACSS/>.
- [23] CST 1800 DIGITAL. *Contrastsensitivity.net* [online]. © 2002 Vision Sciences Research Corporation. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: <http://www.contrastsensitivity.net/products/cst1800d.html>.
- [24] Optec 6500. *Contrastsensitivity.net* [online]. © 2002 Vision Sciences Research Corporation. [cit. 2013-01-08]. Dostupné z: http://www.contrastsensitivity.net/products/Optec_6500%20.html.
- [25] Mrazíková, E. *Citlivost na kontrast – principy a způsoby jeho měření*. Bakalářská práce, Masarykova univerzita v Brně, 2009. (str. 54)
- [26] Kuchyňka, P. a kol. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8. (str. 386)
- [27] Karhanová, M. *Amblyopie u dětí – výukový materiál k předmětu Anatomie a fyziologie oka*. Olomouc: Oční klinika LF UP a FN Olomouc, 2011.
- [28] Kuchyňka, P. a kol. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [29] Vokurka, M. a spol. *Patofyziologie pro nelékařské směry*. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-346-1561-5.
- [30] Heger, M. *Vyhláška č. 72/2011 Sb.* Ministerstvo zdravotnictví České republiky.
- [31] Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu).
- [32] Šimonovský, M. *Vyhláška č. 154/2003 Sb.* Ministerstvo dopravy České republiky.
- [33] Coufalová, M. *Význam zrakových funkcí v dopravě*. Bakalářská práce, Masarykova univerzita v Brně, 2011.

- [34] Van Rijn, L.J. *New standards for the visual functions of drivers*. Report of the Eyesight Working Group, Brussels, 2005. (str. 11)
- [35] Owsley, C. *Vision and Driving in the Eldery*. Optometry and Vision Science. (str. 727)
- [36] Wood, J. M. *Aging, driving and vision*. Clinical and Experimental Optometry. July, 2002. (str. 215)
- [37] Anton, M. *Stáří a vidění*. Česká oční optika, 3/2009, Společenstvo českých optiků a optometristů. ISSN 1211 – 233X. (str. 32-34)
- [38] Anton, M. *Řízení motorového vozidla a vidění*. Česká oční optika, 3/2006, Společenstvo českých optiků a optometristů. ISSN 1211 – 233X. (str. 14)
- [39] Fórum:Přání a stížnosti. *Powerlaser.cz* [online]. © 2010 Martin Stiller, Makevision. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.powerlaser.cz/forum/prani-a-stiznosti-2/>
- [40] The Aging Eye: Problems That Affect Acuity and Contrast Sensitivity. *Pacific University Oregon* [online]. © Pacific University. [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.pacificu.edu/optometry/ce/courses/16554/agingeyepg2.cfm#Testing>.
- [41] CSV-1000 Test Instrument Viewer. *Good-Lite Company* [online]. Copyright © 2004 – 2013 Good-Lite Co. [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: <https://www.goodlite.com/Details.cfm?ProdID=240>.
- [42] Hamilton-Veale Contrast Sensitivity Test. *Bernell VT Sports Vision* [online]. [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: <http://www.bernell.com/product/2051/383>.
- [43] Mars Perceptrix Letters Contrast Chart. *Good-Lite Company* [online]. Copyright © 2004 – 2013 Good-Lite Co. [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: <https://www.good-lite.com/Details.cfm?ProdID=600>.
- [44] Multi-Contrast / Multi-Distance Sloan Letter Flip Book. *Precision Vision* [online]. © 2013 Precision Vision. [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: http://precision-vision.com/index.cfm/product/278_26/index.cfm.
- [45] Dopravně preventivní akce Policie ČR – listopad 2012. *Doipo.cz* [online]. © 2013 CFIT s.r.o. [cit. 2013- 04- 23]. Dostupné z: <http://www.doipo.cz/doprava/dopravne-preventivni-akce-policie-cr-listopad-2012/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Prostorový úhel.....	9
Obrázek 2	Kosinový zářič.....	10
Obrázek 3	Postupný kontrast.....	16
Obrázek 4	Křivka kontrastní citlivosti v závislosti na věku [40].....	17
Obrázek 5	Ardenův test.....	19
Obrázek 6	Vision Contrast Test System (VCTS) [40].....	20
Obrázek 7	The Vector Vision (CSV 1000) [41].....	21
Obrázek 8	Robson Contrast Sensitivity Charts.....	22
Obrázek 9	Veale Contrast Sensitivity Test [42].....	23
Obrázek 10	Mars Letter Contrast Sensitivity Test [43].....	24
Obrázek 11	Sloanovy tabule [44].....	24
Obrázek 12	The Melbourne Edge Test [40].....	25
Obrázek 13	Digitální systém TCP 2000 (Tomney) [17].....	26
Obrázek 14	Test kontrastní citlivosti u digitálního systému CC-100XP (Topcon) [18].....	27
Obrázek 15	Test kontrastní citlivosti u digitální jednotky MonCV3 [20].....	28
Obrázek 16	Test kontrastní citlivosti pro hodnotu prostorové frekvence 18 c/st [21].....	28
Obrázek 17	Snížené světelné podmínky [45].....	36

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Spektrální světelná účinnost lidského oka [39]	8
Graf 2 Adaptace na tmu [8].....	13

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Optické příčiny.....	30
Tabulka 2 Neoptické příčiny	31