

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2022**

**BARBORA  
SVORENČÍKOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra přírodovědných oborů

**Vliv vizuálního maskování na zrakový systém**

**The effect of visual masking on the visual system**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

**Autor bakalářské práce: Barbora Svorenčíková**

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jakub Hlaváček

Kladno 2022

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Svorenčíková** Jméno: **Barbora** Osobní číslo: **474342**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**  
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**  
Studijní obor: **Optika a optometrie**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Vliv vizuálního maskování na zrakový vjem**

Název bakalářské práce anglicky:

**Effect of visual masking on visual perception**

Pokyny pro vypracování:

Studentka popíše anatomii oka, zrakovou dráhu a funkci primárního zrakového centra při zpracování zrakového vjemu. Dále budou popsány vybrané zrakové funkce, které jsou relevantní ke studovanému tématu (zraková ostrost, kontrastní citlivost) a možnosti jejich vyšetření. Stěžejní kapitola teoretické části bude věnována vizuálnímu maskování. Tato kapitola by měla obsahovat popis studovaného fenoménu a shrnout publikované informace. Budou popsány typy vizuálního maskování (backward masking, simultaneous masking, forward masking) a jejich předpokládaný vliv na vidění. Dále bude popsán princip testování vizuálního maskování, který bude použit v praktické části bakalářské práce. Závěr kapitoly by měl přinést stručné informace o možném praktickém využití vizuálního maskování. Cílem praktické části bakalářské práce bude experimentální ověření vlivu vizuálního maskování na zrakový vjem. Testování proběhne za různého časově prostorového uspořádání testované scény.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠIKL, R., Zrakové vnímání, ed. 1., Praha: Grada, 2012, ISBN 978-80-247-3029-5
- [2] POLAT, U., SAGI, D., Lateral interactions between spatial channels: Suppression and facilitation revealed by lateral masking experiments, Vision Research, ročník 33, číslo 7, 1993, pp. 993-999. DOI:10.1016/0042-6989(93)90081-7
- [3] POLAT, U., STERKIN, A., YEHEZKEL, O., Spatio-temporal low-level neural networks account for visual masking, Advances in Cognitive Psychology, ročník 3, číslo 1, 2007, pp. 153-165. DOI:10.2478/v10053-008-0021-4
- [4] BACHMANN, T., FRANCIS, G., Visual masking: Studying perception, attention, and consciousness, ed. 1st, Burlington: Elsevier Science, 2013, ISBN 9780128003831

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Mgr. Jakub Hlaváček**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2023**

prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
děkan

## **Název bakalárskej práce:** Vliv vizuálního maskování na zrakový systém

### **Abstrakt:**

Hlavnou témou práce je vizuálne maskovanie. Jedná sa o fenomén, pri ktorom je viditeľnosť pozorovaného predmetu (target) ovplyvnená okolitými podnetmi (maskami). V práci je popisovaná anatómia oka a zraková dráha. Sú popísané zrkové funkcie, ktoré sú relevantné pri študovanej téme (zrková ostrosť, kontrastná citlivosť) a možnosť ich vyšetrenia. Text informuje o vizuálnom maskovaní, typoch vizuálneho maskovania (backward masking- BM, simultaneous masking- SM, forward masking- FM) a ich predpokladaný vplyv na videnie. Cieľom experimentálnej časti práce je overenie vplyvu vizuálneho maskovania na zrakový vnem. Testy vizuálneho maskovania sa v experimentálnej časti líšia časovým a priestorovým usporiadaním. Pre hodnotenie vplyvu vizuálneho maskovania na zrakový vnem je v tejto práci použité porovnanie kontrastnej citlivosti (bez vizuálneho maskovania) s dosiahnutou kontrastnou citlivosťou za podmienok vizuálneho maskovania.

### **Klíčová slova:**

Vizuálne maskovanie, kontrast, simultánne maskovanie, spätné maskovanie, dopredné maskovanie

**Bachelor's Thesis title:** The effect of visual masking on the visual system

**Abstract:**

The main theme of the work is visual masking. It is a phenomenon in which the visibility of the observed object (target) is influenced by surrounding stimuli (masks). The anatomy of the eye and the visual pathway are described in the thesis. The visual functions relevant to the studied topic (visual acuity, contrast sensitivity) and the possibility of their examination are described. The text informs about visual masking, types of visual masking (backward masking- BM, simultaneous masking- SM, forward masking- FM) and their supposed influence on vision. The aim of the experimental part of the thesis is to verify the influence of visual masking on visual perception. The tests of visual masking in the experimental part differ in temporal and spatial arrangement. To evaluate the influence of visual masking on visual perception, a comparison of contrast sensitivity (without visual masking) with the contrast sensitivity achieved under visual masking conditions is used in this work.

**Key words:**

Visual masking, contrast, simultaneous masking, backward masking, forward masking

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto mieste by som rada poďakovala Mgr. Jakubovi Hlaváčkovi za veľmi profesionálny a nápomocný prístup, ktorý mi poskytoval pri písaní tejto práce.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Vliv vizuálního maskování na zrkový systém*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne .....

.....

podpis

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Anatómia oka.....	2
2.1	Zraková dráha .....	6
2.1.1	Neuróny zrakovej dráhy .....	6
2.1.2	Priebeh zrakovej dráhy .....	7
3	Vyšetrenie zrakových funkcií.....	11
3.1	Zraková ostrosť .....	11
3.2	Vyšetrenie zrakovej ostrosti.....	12
3.3	Kontrastná citlivosť .....	12
3.3.1	Vyšetrenie kontrastnej citlivosti .....	13
4	Vizuálne maskovanie.....	15
5	Experimentálna časť .....	19
5.1	Hypotézy .....	20
5.2	Metodika testovania.....	20
5.2.1	Priebeh testovania.....	22
5.3	Výsledky merania .....	28
6	Diskusia .....	33
7	Záver.....	35
	Zoznam použitej literatúry.....	37
	Zoznam symbolov a skratiek.....	40
	Zoznam obrázkov .....	41
	Zoznam tabuliek a grafov .....	42



# 1 Úvod

Vizuálne maskovanie je fenomén ktorý ovplyvňuje zrakové vnímanie. Tento fenomén môžeme prirovnať ku Crowding fenoménu, ale stým rozdielom, že pri vizuálnom maskovaní sú scény premietané len veľmi krátku dobu, rádovo desiatky milisekúnd. Výsledkom vizuálneho maskovania môže byť buď zlepšenie alebo zhoršenie sledovaného objektu. Literatúra uvádza možné využitie vizuálneho maskovania pri zrakovom tréningu a pri štúdiu zrakového vnímania. Táto téma sa považuje v oblasti optiky a optometrie za málo prebádané, čo ma motivovalo k jej podrobnejšiemu spracovaniu.

Jednou z možností ako pochopiť túto tému, bude dôkladné naštudovanie anatomických častí oka, od prednej plochy rohovky až po fotoreceptory v sietnici. Ako dôležitý informačný bod tejto témy bude podrobné spracovanie zrakovej dráhy a zrakových centier v mozgu.

Pri hodnotení vplyvu vizuálneho maskovania je dôležitý visus, ktorého postup vyšetrenia bude popísaný v druhej kapitole, a má nám poskytnúť spôsob kvalitnej subjektívnej refrakcie, ktorá je dôležitá pri vizuálnom maskovaní u testovaných s refrakčnou vadou. Pri vyšetrení visu pacienta sa stretávame s mnohými vyšetrovacími metódami, ktoré môžu byť použité, ale nie vždy sú aplikované správne. Následné bude popísaný kontrast a jeho vyšetrenie, vzhľadom na spätosť s problematikou vizuálneho maskovania.

V kapitole vizuálne maskovanie bude predstavená problematika spojená s týmto pojmom. Následne budú spracované typy jednotlivých maskovaní a metodika testovania, ktorá nám poskytuje dostatočné informácie aby som mohla uskutočniť experimentálnu časť bakalárskej práce.

Hlavnou zložkou experimentálnej časti tejto bakalárskej práce bude overenie hypotéz, ktoré boli vytvorené na základe článku *Spatio-temporal low-level neural networks account for visual masking*. [24] Overenie týchto hypotéz bude pomocou testov, ktoré sme nastavili v programe PsychoPy3. Jedná sa o porovnanie prvého referenčného testu (testu bez masiek) s ostatnými 4 testami kde je obraz ovplyvnený maskami.

## 2 Anatómia oka

Ludské oko je zložitý orgán, vďaka ktorému môžeme vnímať svetlo, tmu a spracúvať okolité informácie. Orgán, ktorý zbiera a analyzuje informácie, ktoré posiela k ďalšiemu spracovaniu do vyšších kôrových centier konkrétne určenou zrakovou dráhou. Zrakové ústrojenstvo tvoria okrem samotného orgánu oka (bulbus oculi) aj prídavné časti (organa oculi accessoria), ktoré zabezpečujú dobrú funkčnosť bulbu. [1] [2]

### Rohovka (cornea)

Rohovka a bielko tvoria vonkajší obal očnej gule, ich hlavným účelom je chrániť vnútorné štruktúry oka. Rohovka je bezcievne, bezfarebné, priehľadné tkanivo, ktoré slúži ako predná refrakčná plocha. Zakrivenie rohovky je vo vertikálnom smere 11 mm a v horizontálnom 12 mm. Tento rozdiel spôsobuje fyziologický astigmatizmus, ktorý je neskôr kompenzovaný ďalšími štruktúrami. Rohovka má 5 vrstiev. Na jej vonkajšej ploche sa nachádza vrstva dlaždicového epitelu, ktorý pokračuje do spojivky. Epitel (epithelium anterius) je viacvrstvový dlaždicový a má dobrú regeneračnú schopnosť. Pod epitelom sa nachádza Bowmanova membrána (lamina limitans anterior), ktorú tvoria kolagénové fibrily. Pokračovaním vrstiev je stroma (substantia propria corneae), je to najhrubšia vrstva rohovky a zabezpečuje priehľadnosť rohovky. Descemetova membrána (lamina limitans posterior) oddeľuje väzivo rohovky od endotelu. Poslednou vrstvou je endotel (endothelium camerae anterioris, jednovrstevný plochý epitel, ktorý reguluje príjem vody, metabolitov a iónov z komorovej vody. Dôsledkom poškodenia rohovky môže byť znížená citlivosť na svetlo, narušenie reflexnej produkcie slz a žmurkanie. [1] [2] [3] [4] [5]

### Očné bielko (sclera)

Očné bielko je tuhá väzivová blana, ktorú tvoria kolagén a elastické vlákna. Je to štruktúra, ktorá sa podieľa na stálom tvare očnej gule a zabezpečuje úpon pre oko hybné svaly. Táto časť oka je bezcievna a preto má bielu farbu, tento odtieň sa vekom mení. Na prednej strane sa spája so spojivkou, ktorá slúži ako zadná plocha viečok. Očné bielko je bezcievne, takže je vyživované z episklerálneho cievneho riečiska. [1] [2] [5]

### Predná očná komora (camera anterior bulbi)

Je to priestor, ktorý spredu ohraničuje zadná plocha rohovky a zozadu predná plocha dúhovky. Predná očná komora je vyplnená komorovou vodou, vďaka ktorej je rohovka vyživovaná a taktiež napomáha k udržiavaniu vnútro očného tlaku. [5] [6]

**Dúhovka (iris)**

Má tvar medzikružia, pričom uprostred sa nachádza zornica (pupilla). [5] V dúhovke sa nachádza množstvo pigmentu, ktorý ovplyvňuje farbu očí. Hladké svalové bunky, ktoré sa v dúhovke nachádzajú sú zoradené do dvoch systémov, ktoré vytvárajú zvierac zrenice a rozvierač zrenice. Zrenica je otvor, ktorý má priemer 2-5mm, preteká ňou komorová voda zo zadnej komory do komory prednej. Hlavnou úlohou dúhovky je regulovať množstvo svetla, ktoré vstúpi do oka. [6] [5]

**Zadná očná komora (camera posterior bulbi)**

Priestor medzi zadnou plochou dúhovky, šošovky, sklovcom a výbežkami riasnatého telesa sa nazýva zadná očná komora. Je vyplnená komorovou vodou a nachádza sa tu závesný aparát šošovky. [5]

**Šošovka (lens)**

Šošovka je priehľadná bikonvexná štruktúra v oku, ktorá sa podieľa na celkovej refrakcii očnému systému vďaka možnosti vyklenutia a tak následnej zmene optickej mohutnosti. Služi ako membrána pre ultrafialovým žiarením, čím chráni sietnicu pred poškodením. Na mieste je držaná pomocou závesného systému, ktorý je súčasťou riasnatého telieska. Veľkosť šošovky v priemere je 9-10mm, pričom je hrubá 4,7mm v neakomodovanom stave a pri akomodácii sa hodnota pohybuje približne 4,4mm. Obal šošovky je priehľadná elastická membrána, ktorá obklopuje šošovku a chráni ju pred komorovou vodou. Pod obalom sa nachádza jednovrstevný kubický epitel. [2] [7]

**Sklovec (corpus vitreum)**

Je priehľadná, číra, bezbunečná hmota, ktorú tvorí z 98,6% vody. Hlavnou úlohou sklovca je vyplniť vnútorný priestor očnej gule a tak udržať jej tvar. Ďalším prínosom v zrakovom systéme je jeho úloha naliehať na stenu očnej gule a tak pridržovať optickú časť sietnice na svojom mieste. [2]

**Cievovka (choroidea)**

Cievovka je charakterizovaná ako čierno hnedá blana v ktorej sa nachádzajú cievy. Jej skladba je bohatá na množstvo pigmentových buniek, ktoré zachytávajú svetelné lúče a zabraňujú odrazom, či presvetleniu oka. [1] [2]

### **Riasnaté teliesko (corpus ciliare)**

Spredú má tvar zriaseného prstenca, ktorý zrastá s očným bielkom. V priečnom reze má trojuholníkový tvar, pričom sa jeho zadný okraj stenčuje a prechádza do cievy. Z riasnatého telieska vystupujú riasy dlhé 2-3 mm, ktoré sa menia na riasy s jemnejšou štruktúrou a na sa pripevňujú vlákna závesného aparátu šošovky. Povrch riasnatého telieska je pokrytý pokračovaním pigmentovej vrstvy z dúhovky. Jednou z funkcií riasnatého telieska je produkcia komorovej tekutiny. Riasnaté teliesko sa skladá taktiež z hladkej svaloviny, ktorá umožňuje akomodáciu oka. [1] [2] [5]

### **Sietnica (retina)**

Sietnica je časťou zrakového systému oka, rovnako ako optický nerv. Je to priesvitná vrstva, ktorá je hrubá 0,1 mm. K cievy je fixovaná v dvoch bodoch, v mieste ora serrata a okolo terča zrakového nervu. Ora serrata delí sietnicu na optickú časť sietnice (pars optica retinae) a na slepú časť sietnice (pars caeca retinae). Optická časť sietnice predstavuje najdôležitejšiu časť očnej gule, pričom sa na nej nachádzajú dôležité útvary, ako je žltá škvrna, v ktorej sa nachádza malá jamka fovea centralis a tá predstavuje miesto najostrejšieho videnia. V žltej škvrne sa nachádzajú len čapíky, ktoré sa podieľajú na farebnom videní. 4 mm od žltej škvrny vystupuje zrakový nerv, ktorého kruhový tvar tvoria výbežky multipolárnych neurónov. Optický nerv obsahuje 1 milión vlákien. Z toho vyplýva, že jedna gangliová bunka nesie informáciu z viacerých fotoreceptorov. Výstup optického nervu považujeme za slepú škvrnu (macula caeca), pretože sa tam nenachádzajú žiadne svetlo citlivé bunky. Do sietnice tu vstupujú arteria et vena centralis retinae, ktoré sa vetvia a vyživujú žltú škvrnu. Sietnica sa skladá zo šiestich hlavných tried neurónov: fotoreceptory, bipolárne bunky, horizontálne bunky, amakrinné bunky a gangliové bunky, ktoré zachytávajú a spracúvajú svetelné signály a Müllerové glie, ktoré pôsobia ako ohrbica nervovej sietnice. Slepá časť sietnice pokrýva vnútornú plochu riasnatého telieska a dúhovky. V tejto vrstve ktorú tvorí iba pigmentový epitel sa nenachádzajú žiadne svetlo citlivé bunky. [1] [2] [5] [9] [10]

### **Svetlo citlivé bunky**

Tieto bunky rozdeľujeme na dve skupiny, ktoré tvoria tyčinky a čapíky. Sú to bunky vďaka ktorým môže byť svetlo, ktoré vstupuje do oka v podobe fotónov spracované. [1]

Tyčinky sú charakterizované ako bunky vďaka ktorým môžeme rozlišovať odtiene šedej, pretože sú citlivejšie na svetlo. Ich počet v sietnici je 120 miliónov. Stavba tyčiniek je

rozdelená na internú časť v ktorej sa nachádza jadro a zabezpečuje spojenie s bipolárnymi bunkami. Externá časť zohráva rolu pri fotosenzitivite. Tyčinky obsahujú rodopsin-chromoprotein, ktorý sa rozpadá rôznou rýchlosťou na retinal a opsin. Pri veľmi veľkom oslnení sa retinal mení na retinol. Prvý proces je rýchly pričom sa farba tyčinky mení na žltú a druhý proces nazývame tým pomalým, kde sa rodopsin stáva bielym. [1] [2] [11]

Čapíky nám slúžia k vnímaniu farieb, je ich 7 miliónov a nachádzajú sa v žltej škvvrne. Farbivo, ktoré obsahujú sa nazýva iodopsin, vďaka čomu sú najviac citlivé na červené svetlo. Najväčší počet čapíkov sa nachádza v makulárnej oblasti, smerom do periférie ich počet klesá. Tento opsin delíme na červený, zelený a modrý. Každý typ čapíka je schopný vnímať inú vlnovú dĺžku svetla a tak sú zodpovedné aj za kvalitu zrakovej ostrosti. V centrálnej časti žltej škvvrny každému čapíku patrí jedna bipolárna a jedna gangliová bunka čím dosahujeme maximálnu rozlišovaciu schopnosť. Stavba čapíkov je veľmi podobná stavbe tyčínok, ale sú trochu hrubšie. V kónickej časti sa nachádza centrum videnia, sú tam prídružené aj mitochondrie a glykogén, neďaleko sa nachádzajú ribozómy. [1] [2] [12]

### **Prídavné časti zrakového systému**

Pri kvalitnom videní je kladená dôležitosť na funkcionálnosť všetkých prídavných orgánov zraku, pretože každá jedna zložka ovplyvňuje ako a čo vidíme. [2]

Oko hybné svaly sa nachádzajú upnuté na očnej guľi v dvoch skupinách. Priechne pružované svaly, ktoré nám zabezpečujú pohyb očnej guľe do strán a hladké svaly očnice. Priame a šikmé oko hybné svaly očnice sú pomocou plochých šliach upnuté na očnú guľu. Na očnej guľi sa nachádza 6 oko hybných svalov, ktoré nie sú nikdy v kľude a vykonávajú sakadické pohyby vďaka čomu môžu natáčať oko a tak nájsť najlepšiu polohu pre ostré videnie.

Hlavnou úlohou hladkých svalov očnice je udržiavať očnú guľu posunutú vpred. Taktiež ovplyvňujú šírku očnej štrbiny. [1] [2]

Slzné ústrojenstvo oka tvorí samotná slzná žľaza, prídavné slzné žľazy, Meibomské a Zeissové žľazy a spojivkové pohárikové bunky spojivky. Slzná žľaza je rozdelená na dve časti, palpebrálnu a orbitálnu. Základnou funkciou slznej žľazy je reflexná sekrécia a zvyšovanie objemu slz na základne podnetov z vonkajšieho alebo vnútorného prostredia. Vďaka slzám, ktoré sú produkované sa obnovuje kvalita slzného filmu a udržuje sa jeho stabilita. [13]

## 2.1 Zraková dráha

Zraková dráha sa skladá z buniek a synapsií, ktoré prenášajú vizuálne informácie z vonkajšieho prostredia do mozgu k ich spracovaniu. Hlavnú funkciu zrakovej dráhy tiež môžeme chápať ako prevod obrazu, ktorý je zachytený svetlo citlivými bunkami. Tieto svetlocitlivé bunky sú uložené vo fovei kde ich je najväčšie množstvo. Považujeme ho aj za miesto najostrejšieho videnia. Povrchové bunky sa na týchto miestach odchyľujú do strán, čo umožňuje lepší prístup svetla k fotoreceptorom. Zrakovú dráhu tvorí sietnica, zrakový nerv, chiasma, zraková dráha, lateral geniculate nucleus (LGN). [13] [30]

### 2.1.1 Neuróny zrakovej dráhy

#### Prvý neurón- fotoreceptory

Fotoreceptory tvoria prvý neurón zrakovej dráhy. Určujú podmienky pre zrakové vnímanie na základe vnímania vonkajšieho sveta. Tyčinky, ktorých je 130 miliónov a čapíky, ktoré sú zastúpené v menšom počte 7 miliónov. Ich základnou úlohou je zachytiť svetlo, ktoré vstupuje do oka a ich výbežky ho presúvajú na ďalší neurón zrakovej dráhy. Citlivosť tyčiniek v tme je veľmi vysoká, čo dokazuje skutočnosť spustiť reakciu aj na malý svetelný podnet o veľkosti jedného fotónu pričom týmto fotónom môžeme spôsobiť aktiváciu až sedem tyčiniek. Vďaka rôznym druhom čapíkov môžeme odlíšiť malé rozdiely v kontraste alebo farbe za jasného dňa kde je intenzita svetla mnohonásobne vyššia. [2] [13] [30]

#### Druhý neurón- gangliom retinae

Je charakterizovaný ako bipolárne neuróny, ktoré sa nachádzajú na sietnici v jej strednej vrstve. Bipolárne neuróny delíme do dvoch skupín kde každý zbiera informácie z inej svetlo citlivej bunky. Jedna časť zbiera podnety z čapíkov, pričom každému čapíku patrí jedna bipolárna bunka. Druhá časť zbiera informácie z tyčiniek, kde je zastúpenie na jednu bipolárnu bunku 3-5 tyčiniek. Bipolárne bunky sietnice zabezpečujú prenos signálov z fotoreceptorov do gangliových buniek. Spolu tieto neuróny vytvárajú gangliom retinae. [2] [13]

#### Tretí neurón- ganglion opticum

Neurity gangliových buniek, ktoré delíme do troch skupín vytvárajú dokopy zrakový nerv. Tieto bunky sú v zrakovom nerve usporiadané náhodne. Zrakový nerv sa skladá z vlákien, kde 90% z ich množstva končí v LGN. Približne 10% sa dostáva do oblasti, ktoré ovplyvňujú veľkosť zornice, alebo reagujú na cirkadiálny rytmus. Zrakový nerv sa skladá z 1-

2,22 miliónov vlákien, ktoré majú rôzny priemer. dlhý 5 až 6 cm rozdeľujeme na 4 segmenty, podľa toho kde sa v zrakovej dráhe nachádza. Vnútročná časť ktorá je dlhá (0,7-1 mm), intraorbitálna (3cm), intrakanalikulárna (6-10mm), intrakraniálna (10-16mm). Vnútri očnice je nerv obklopený priamymi oko hybnými svalmi, čo môže niekedy vysvetľovať bolesť pri pohyboch oka. Zrakový nerv je obklopený 3 obalmi (dura mater, pia mater, arachnoidea). Sú medzi nimi intervaginálne priestory, ktorými cirkuluje cerebrospinálna tekutina. Zabezpečujú ochranu zrakového nervu. Vrstvy sú spojené s bielkom, pričom sú obklopené mozgomiešnym mokom. Všetky tieto vrstvy, ktorými je obklopený zrakový nerv slúžia na jeho ochranu a neporušený priebeh. [2] [13]

#### Štvrtý neurón- corpus geniculatum laterale

Sú to bunky, ktoré sa nachádzajú v corpus geniculatum laterale. Ich axony prechádzajú zrakovou dráhou a postupujú až do zadnej časti capsula interna, ktorá a nachádza na mediálnej strane okcipitálneho laloku a neskôr končia v primárnej zrakovej oblasti 17. V spolupráci medzi area 17 a štvrtými neurónmi je vytváraný obraz z vonkajšieho prostredia. [1] [13]

### 2.1.2 Priebeh zrakovej dráhy

Zraková dráha sa skladá z buniek a synapsí, ktoré prenášajú vizuálne informácie z prostredia do mozgu na spracovanie. Súčasťou zrakovej dráhy je sietnica, zrakový nerv, chiasma, optický trakt, LGN, optické žiarenie a striate kôry mozgovej. Prvá bunka v dráhe a zároveň špeciálna senzorická bunka, fotoreceptor- mení svetelnú energiu na neurónový signál, ktorý prenáša bipolárna bunka a amakrinová bunka do gangliovej bunky. Všetky tieto synapsie sú uložené v sietnici. Axony gangliových buniek opúšťajú sietnicu ako optický nerv. Vlákna z oboch očí sa krížia v chiasmate a končia na opačnej strane mozgu. Optický trakt prenáša tieto vlákna z chiasmatu do LGN kde sa vytvoria ďalšie spojenia. Na rôznych miestach optickej dráhy sa informácie o vizuálnom prostredí prenášajú do súvisiacich neurologických centier a na vizuálne asociačné plochy. [13]

Prvá neurónová bunka- fotoreceptor nám na zrakovej dráhe mení svetlo do neurónového signálu, ktorý je posunutý do bipolárnej bunky a amakrinnej bunky a pokračuje ďalej do gangliovej bunky. Celý tento základný systém prebieha v sietnici. Axóny gangliových buniek odstupujú zo sietnice v optickom nerve. Vlákna z oboch očí sa krížia v chiasmate a končia na opačných stranách mozgu. Optická dráha nesie tieto informácie do LGN kde dochádza k ďalším prepojeniam . Z rôznych bodov na zrakovej dráhe sú informácie z prostredia

prenesené do blízkych neurologických centier a do hlavnej oblasti vizuálnej oblasti. [2] [13] [14]

Na to aby mohol byť zrkový podnet spracovaný sa podieľa približne 1 milión neurónov. Oblasti ktoré môžeme považovať za primárne spracovanie zrkového podnetu tvoria až 30% povrchu mozgovej kôry, a nachádzajú sa na veľkej časti temenného, záhlavného a spánkového laloku. Energia ktorú potrebujeme na spracovanie tvorí až 60% energie, ktorú má mozgová kôra. [18]

### **Chiasma**

Biela platnička obdĺžnikového tvaru s rozmermi 15x8 mm a hrúbkou 4mm. Chiasma je obklopená meningeálnym puzdrami ktoré sú vyplnené mozgomiešnou tekutinou. Chiasma leží v na mieste v mozgu kde sa nachádza mnoho podstatných štruktúr. Nad chiasmou je uložená tretia časť mozgovej komory. Zo spodnej časti chiasma prilieha na hypofýzu. Po stranách ju obklopujú obe vnútorné karotídy, ktoré jej aj dodávajú krvné zásobenie. Veľké rozdiely v organizácii vlákien medzi optickým nervom a traktom ukazujú, že optické vlákna sa oddeľujú v závislosti na tom, či prekročia stredovú líniu alebo nie. V chiasme taktiež menia svoje doterajšie usporiadanie pred tým ako vstúpia do optického traktu. Preto môžeme chiasmu považovať za miesto kde dochádza k veľkým zmenám v usporiadané vlákien. Pri vláknoch, ktoré sa tvoria z troch typov gangliových buniek, sa účinok každého typu špecializuje na inú oblasť v chiasmate. Hrubé vlákna, ktoré prechádzajú cez stredovú líniu sa pohybujú tak aby sa v optickom trakte nachádzali na povrchu. Jemné vlákna, ktoré taktiež pretínajú stredovú líniu v rostrálnom mieste sa potom presúvajú na povrchové plochy v optickom trakte. Stredné vlákna, ktoré prečnievajú cez stredovú líniu, tak prechádzajú kaudálne a prenikajú až do hlbokých oblastí mozgu. Vlákna z oboch očí sa v chiasmate krížia, čo má za následok prepojenie obrazov z oboch očí a následné presúvanie tohto obrazu do ďalších štruktúr. Z celej skupiny vlákien sa 62% kríži a 38% prechádza chiasmou neskrížených. [2] [13] [16]

Nekrížiace sa vlákna z temporálnych strán sietnice, ktoré prenášajú obrazy z nazálnych častí sietnice prechádzajú po stranách chiasmatu, ale po výstupe sa vracajú do rovnakej polohy ako mali v zrkovom nerve. Pre chiasmu je typické aj usporiadanie, ktoré predstavuje, že vlákna z horného temporálneho kvadrantu prechádzajú hornou časťou a vlákna z dolného temporálneho kvadrantu prechádzajú dole. [2] [13] [16]



Vlákná, ktoré sa krížia sú z nazálnych častí sietnice, ale prenášajú obrazy z temporálnej polovice zorného poľa. Prechádzajú cez chiasmu, ako rozvetvený zväzok až do optického traktu. Vlákna, ktoré pochádzajú z horného nazálneho kvadrantu majú dráhu cez predný okraj chiasmy, prechádzajú popri prednej slučke, aby mohli vstúpiť do zrakového nervu z druhej strany a potom mohli prejsť do optického traktu. Vlákna, ktoré pochádzajú z horného nazálneho kvadrantu sietnice, sa pridružujú rovnako strannému optickému traktu a prebiehajú cez zadnú slučku kde potom vstupujú cez zadný okraj chiasmy do druh stranného traktu. [2] [13] [16]

V žltej škvrne začínajú vlákna, ktorých priebeh sa rozdeľuje v chiasme na dva zväzky. Vlákna z horného zväzku sa krížia, toto kríženie prebieha v zadnej časti chiasmy. Ostatné vlákna z dolného zväzku ostávajú neskrížené. [2] [13] [16]

### **Optický trakt**

Má tvar jemne splošteného valca, ktorý je 3,5 mm hrubý a 5,1 mm dlhý. Optický trakt vychádza z postranného kraja chiasmy do LGN. Skladá sa z ľavého a pravého optického traktu, z ktorých každý prenáša vizuálne informácie na príslušnú kontralaterálnu polovicu zorného poľa. Jedná sa o pokračovanie optického nervu, ktorý prenáša informácie z chiasmy do LGN. Väčšina vlákien, ktoré stále majú formu axónov gangliových buniek sa môžu vetviť, takže jedna bunka môže posilať vlákna do rôznych miest, preto sa na zrakovej dráhe nachádzajú odbočky, ktoré majú rôzne funkcie. [13]

### **Corpus geniculatum laterale**

Axony gangliových buniek sú ukončené spojeniami v corpus geniculatum laterale, kde končí prvá časť zrakovej dráhy. Táto jednotka je uložená v medzimizgu v thalame, pričom sa delí na 6 častí, ktoré sú vyplnené telami neurónov. Podľa veľkosti tela neurónov sú kategoricky rozdelené do rôznych častí. Neuróny, ktoré majú väčšie telo nazývame magnocelulárne a sú uložené na vnútorných vrstvách 1 a 2. Neuróny o vonkajších vrstvách 3-6 disponujú proporčne menším telom a nazývame ich parvocelulárne. Vďaka tomuto rozdeleniu je zrejmé, že nervové vzruchy, ktoré sú vedené do jednotlivých častí môžu pochádzať z magnocelulárnej gangliovej bunky aj parvocelulárnej gangliovej bunky. Parvocelulárne neuróny reagujú na vlnovú dĺžku svetla, čo znamená, že ich aktivita sa mení pri dopade svetla rôznych farieb. Naopak magnocelulárne bunky reagujú aj bez ohľadu na vlnovú dĺžku svetla. Corpus geniculatum laterale sa delí na vrstvy, kde sa zobrazujú oblasti celého

zorného poľa. Tieto oblasti sú v jednotlivých vrstvách zladené a tak môžeme pozorovať prekrývanie sa obrazov. [2] [18]

### **Primárna zraková kôra**

Primárna vizuálna kôra v mozgu je oblasť, ktorá spracúva vizuálne informácie. Nachádza sa na mediálnom povrchu záhlavovom laloku. Je to malá časť, približne 1 cm dlhá. Väčšina primárnych zrakových informácií je vnútri v tkanive v ostrohovitej brázde. Oblasť zrakovkej kôry, ktorá priíma zmyslový vstup z laterálneho genikulového jadra, je primárna zraková kôra, známa ako vizuálna oblasť 1, alebo Brodmannova oblasť 17. Obe hemisféry mozgu obsahujú vizuálnu kôru; vizuálna kôra v ľavej hemisfére prijíma signály z pravého zorného poľa a vizuálna kôra v pravej hemisfére prijíma signály z ľavého zorného poľa. Primárna zraková kôra má hrúbku 2mm a je usporiadaná v horizontálnych. Prvá vrstva obsahuje neuróny, ktoré sú rozptýlené po tejto oblasti. Vrstva 2 obsahuje neuróny, ktorých úlohou je posielat' axóny do hlbších kortikálnych vrstiev. Vrstva 3 obsahuje neuróny, ktoré komunikujú s blízkymi, ale aj vzdialenými kortikálnymi oblasťami. Vrstva 4 obsahuje Gennari ryhy, ktoré majú za úlohu prijímať informácie z magnocelulárnych a parvocelulárnych vrstiev, taktiež posielajú axóny neurónov do povrchovej zrakovkej kôry, tak isto ako do ďalších vizuálnych kortikálnych oblastí. Každá oblasť je inak aktívna, pretože jedna je stimulovaná pri pohybe a druhá počas farebného videnia. Magnocelulárne oblasti sprostredkujú rozpoznanie pohybu a kontrastu s nízkou priestorovou frekvenciou. Parvocelulárne oblasti sprostredkujú informácie, ktoré nám ukazujú citlivosť na farbu a kontrast s vysokou priestorovou frekvenciou. Paralelné stĺpce, ktoré sa v tejto oblasti nachádzajú sú prerušené v časti kde sa nachádza fyziologická slepá škvrna. Bunky v 17 oblasti sú aktivované len vstupom z LGN. Táto oblasť kombinuje a analyzuje vizuálne informácie dostupné z LGN a prenáša tieto podnety do vyšších vizuálnych asociačných oblastí, ktoré poskytujú ďalšiu interpretáciu. Množstvo neurónov v dospeljej primárnej zrakovkej kôre na každej pologuli sa odhaduje na 140 miliónov. [13] [19]

## 3 Vyšetrenie zrakových funkcií

Jedným zo základných zmyslov je zrak, je to schopnosť, ktorá nám dáva možnosť vidieť svet okolo nás, reagovať na zmeny, ktoré sa okolo nás dejú a takisto nám poskytuje možnosť kvalitného života. Vnímanie pomocou zraku je dôležité nielen pre náš komfort, bezpečnosť ale tak isto aj pre naše duševné uspokojenie, vďaka čomu môžeme prepojiť obraz s emóciami. Ľudské videnie naráža však na limity, ktoré nás odlišujú od ostatných živočíchov. Ľudské oko je schopné vnímať iba viditeľné svetlo čím je limitované iba na spracovanie určitých vlnových dĺžok svetla. Je dokázané, že ľudské oko dokáže registrovať iba 20 až 30 obrázkov, ktoré sa za sebou premietajú pretože pri vyššej rýchlosti nám už obrázky začnú splyvať. Sietnicové obrazy, ktoré sa tvoria na základne podnetov z prostredia sú veľmi často nepodobné, aj keď majú len malé odlišnosti. Táto rozdielnosť komplikuje spracovanie obrazu v ktoré prebieha zrakovom centre. [18]

Medzi zrakové funkcie, ktoré ovplyvňujú celkové videnie radíme- visus, farbocit, zorné pole, kontrastnú citlivosť, adaptáciu na svetlo a tmu, hybnosť očí a priestorové videnie (stereopsiu). [18]

### 3.1 Zraková ostrosť

Zraková ostrosť je priestorová rozlišovacia schopnosť zrakového systému. Chápeme ju ako schopnosť oka vidieť jemné detaily. Existujú rôzne spôsoby merania a rozdelenia zrakovej ostrosti. Zraková ostrosť je obmedzená difrakciou, aberáciami, hustotou fotoreceptorov v oku. Okrem týchto obmedzení ovplyvňuje zrakovú ostrosť mnoho faktorov ako je refrakčná chyba, osvetlenie v miestnosti, kontrast a miesto kde je umiestnený stimul na sietnici, veľkosť zornice, stav adaptácie oka, očné pohyby, doba expozície pozorovaného objektu. Zraková ostrosť, ktorá sa môže nachádzať centrálnne aj v periférii nám udáva rozdielne informácie o obraze. Citlivosť oka je predpokladom k prenosu relevantnej zrakovej informácie. Dôležitosť svetlo citlivosti počas dňa nie je príliš veľká pretože na sietnicu dopadá veľké množstvo fotónov, čím je zaistená premena svetla na nervový vzruch a tým dosiahneme bezproblémové videnie. V noci však klesá počet fotónov, ktoré dopadajú na sietnicu a potom nastáva nižšia úspešnosť aktivácie fotónov. Pri nízkych hodnotách osvetlenia je videnie spracované tyčinkami a nemôžeme u objektov rozoznávať dobre detaily. Človek v tme využíva hlavne kontrast, kde rozoznáva svetlejšia a tmavšie plochy a videnie je založené na vnímaní kontúr. [18] [20]

Poznáme dva typy zrakovej ostrosti: zrková ostrosť uhlová a zrková ostrosť koincidenčná. Prvý typ nám hovorí, že základom rozlišovacej schopnosti oka je jedna uhlová minúta. Pod týmto chápeme, že ľudské oko je schopné rozlíšiť dva od seba oddelené body, ktorých vzdialenosť predstavuje  $1'$ . Táto rozlišovacia hranica sa nazýva minimum separabile. Pri zrakovej ostrosti je dôležité spomenúť aj pojem ako je minimum perceptibile, ktorý udáva prahovú hodnotu určenú k rozpoznaní veľmi slabých svetelných impulzov. Minimum visible je prahová hodnota pre rozpoznanie malého predmetu podľa kontrastu. Porovnáva sa kontrast predmetu a pozadia okolo neho. Na sietnici to znamená, že musia byť podráždené dva čipky pričom prostredný medzi nimi ostane nestimulovaný. Druhý typ zrakovej ostrosti nefunguje na rovnakom princípe ako uhlová zrková ostrosť. Podstatou koincidenčnej zrakovej ostrosti je pokračovanie dvoch a viacerých geometrických priamok. Pri tejto metóde je využívané omnoho väčšie množstvo svetlo citlivých buniek, čo nám dokazuje, že táto metóda je presnejšia. [9] [20]

### 3.2 Vyšetrenie zrakovej ostrosti

Zrková ostrosť sa štandardne testuje na základne testov kde pacient musí identifikovať zobrazované symboly tzv. optotypy z pozorovacej vzdialenosti. Testované optotypy sú založené na meraní minimálneho uhlu rozlíšenia. Optotypy sa najčastejšie používajú v maximálnom kontraste, a to predstavuje čierne symboly na bielom pozadí s minimálnou svietivosťou  $80\text{cd/m}^2$ . Vzdialenosť na ktorú prebieha vyšetrenie je 5 alebo 6 metrov. Ak je použitá iná vzdialenosť veľkosť znakov na optotype musí byť zmenená k príslušnej vyšetrovacej vzdialenosti pacienta. Pre vyšetrenie zrakovej ostrosti na blízko sa používajú špeciálne optotypy na blízko a vyšetruje sa na 30-40 cm. Pre optometristu je veľkou pomocou, keď môže využiť foropter, pretože vyšetrovanému aj sebe poskytuje pohodlný priebeh refrakcie. Výsledok zrakovej ostrosti zapisujeme do formy zlomku, kde v čitateli je vyšetrovacia vzdialenosť a v menovateli je číslo najmenšieho čítaného riadku, ktorý je pacient schopný prečítať. Za normálne hodnoty považujeme 6/6 alebo 5/5. [9] [20]

### 3.3 Kontrastná citlivosť

Hodnotenie zrakovej ostrosti je špecifikované vo vizuálnych štandardoch, ktoré je nutné splňať pri rôznych činnostiach. Zrkovú ostrosť ovplyvňuje citlivosť na kontrast čo následne poskytuje informácie o funkčnom a reálnom vnímaní, ktoré neposkytuje visus. Objekty je možné detailne vnímať na základe toho ako sietnica rozoznáva detailné rozdiely v jase

a farbách pozorovaného objektu. Ak je medzi objektom a pozadím pozorovaný intenzívny rozdiel v jase, môžeme vnímať obraz ostrejšie. Kontrastná citlivosť je v tejto dobre považovaná za rutinný klinický test, ktorý hodnotí kvalitu oka v diagnostike niekoľkých patológií. [9] [21]

Kontrastný prah definujeme ako množstvo kontrastu, ktorý je potrebný aby sme mohli vidieť pozorovaný target. Kontrastná citlivosť je recipročná hodnota kontrastného prahu. Subjekt, ktorý vyžaduje veľký kontrast aby videl target, má nízku kontrastnú citlivosť. Predtým ako sa na určenie kontrastu používali sínusové mriežky sa kontrast počítal podľa Webra. Weberov kontrast je definovaný ako  $(L_B - L_T) / L_B$ , kde  $L_B$  je svietivosť pozadia a  $L_T$  je svietivosť targetu. Neskôr sa začala kontrastná citlivosť hodnotiť pomocou sínusových mriežok, tieto mriežky fungujú na princípe striedania sa svetlých a tmavých pruhov, ktoré majú podobu matematickej funkcie sínus. Michelsonov kontrast je definovaný ako  $(L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$  a všeobecne sa používa pri výpočte kontrastu pre mriežky.  $L_{\max}$  a  $L_{\min}$  predstavujú svietivosť najsvetlejších a najtmavších bodov sínusoidy. Michelsonov kontrast a pohybujú v hodnotách od 0 do 1, alebo od 0% do 100%. Jeden susediaci pár svetlých a tmavých predstavuje jeden cyklus. Hrúbka mriežok je popísaná ich priestorovou frekvenciou v cykloch na stupeň (c/deg) zorného uhlu oka. Cyklus predstavuje uhlovú šírku jedného tmavého a jedného susediaceho svetlého pruhu- nízke priestorové frekvencie znamenajú široké pruhy a vysoké priestorové frekvencie predstavujú úzke pruhy. [9] [21]

### 3.3.1 Vyšetrenie kontrastnej citlivosti

Sínusové mriežky sú používané pri hodnotení stavu optického systému, pretože sú vždy zobrazené ako sínusové vlny rovnakej priestorovej frekvencie, aj keď môžu byť narušené rozostrením, aberáciou, difrakciou a svetelným rozptylom. Výhodou sínusovej mriežky je, že môžeme presne určiť kontrastnú citlivosť pre dané priestorové frekvencie. Neuróny v zrakovej dráhe často selektívne reagujú na určitú priestorovú frekvenciu a tak môžeme sínusovú mriežku rôzne nastaviť. Neuróny, ktoré sa nachádzajú vo vizuálnych centrách môžu spracovávať priestorové frekvencie namiesto konkrétnych rysov vizuálneho vnímania sveta. Vizuálny systém sa skladá zo 4 až 6 priestorových frekvenčných kanálov, ktoré rozpoznávajú prahové kontrasty. [9] [22]

V klinickej diagnostike sa kontrastná citlivosť meria optotypoch, ktoré majú rozdielny jas na pozorovaných písmenách, alebo sa používajú sínusové mriežky. Naopak pri optotypoch si môžeme nastaviť rôzne úrovne. [9] [22]

Meranie kontrastnej citlivosti musí byť merané za špecifických svetelných podmienok. Pokiaľ táto podmienka nie je splnená meranie je nepresné a výsledky nepravdivé. Všeobecne platí, že okolité osvetlenie by sa malo pochybovať v rozsahu 10-30% priemerného jasu targetu. [22]

Bailey-Lovie test je test, ktorý sa okrem presného určenia zrakovej ostrosti využíva na hodnotenie kontrastnej citlivosti. Vzhľadom k logaritmickému rozdielu medzi písmenami, ktoré obsahuje a medzerami medzi, ktoré spôsobujú odlesk, je možné meranie kontrastnej citlivosti. [22]

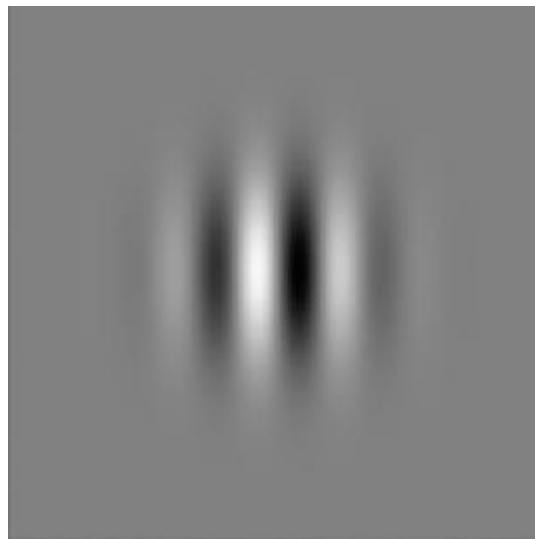
Pelli- Robsonov graf sa skladá z písmen rovnakej veľkosti, ktoré sú uložené do 3 skupín po 16 znakov. V každom triplete sa znižuje jas o 0,15 log. Test sa vykonáva jeden meter od vyšetrovanej osoby a veľkosť písmen je 4,9 x 4,9 cm a skladá sa z 8 riadkov písmen. Je ľahko použiteľný pretože pripomína meranie zrakovej ostrosti, ktoré je väčšine pacientov známe. Kontrastná citlivosť pacienta je určená písmenom poslednej trojice, v ktorej bude schopný prečítať dva znaky z nej. [22]

Pruhované, alebo sínusové testy sa skladajú z jasných a tmavých plôch nazývaných pruhy. Najviac používaným testom je Vision Contrast Test System, alebo nazývaný aj ako Vistech. Skladá sa z kruhových mriežok, ktoré sú usporiadané v piatich radoch a deviatich stĺpcoch s priestorovými frekvenciami 1,5,3,6,12 a 18 c/deg a kontrast sa znižuje zľava doprava. Kruhové mriežky môžu byť umiestnené zvisle (90°), alebo neklonené o 15° proti smeru hodinových ručičiek, alebo v smere hodinových ručičiek. Tento test sa môže vykonávať v dvoch verziách, pričom jeden je robený na diaľku a druhý sa zameriava na podrobnejšie testovanie na blízko. V závislosti na poslednej správnej odpovedi pre každú testovaciu sériu, ktorú pacient podá sa vytvorí krivka kontrastnej citlivosti. [22]

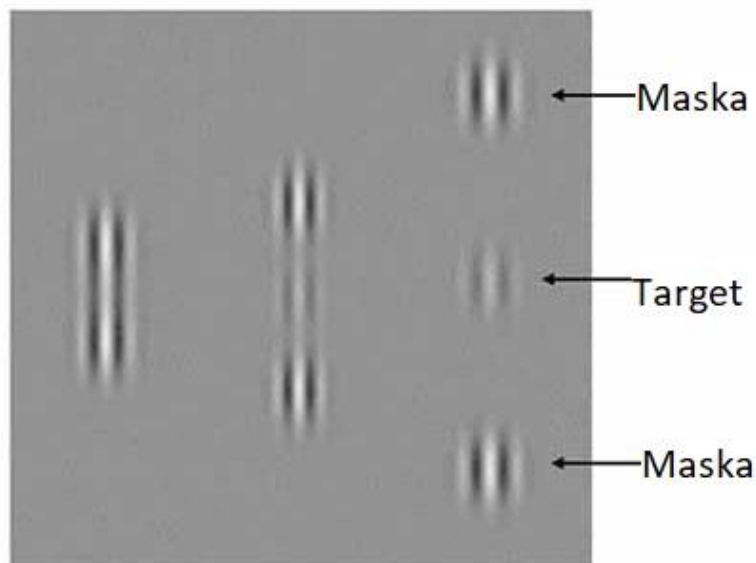
## 4 Vizuálne maskovanie

Efekt maskovania môžeme definovať ako zhoršené alebo zlepšenie vnímanie cieľového podnetu, v dôsledku krátkej prezentácie iného. Vizuálne maskovanie považujeme samo o sebe za zmyslový, kognitívny, percepčný, neurobiologický stav. Pojem vizuálne maskovanie zasahuje do mnohých odvetví, ktoré súvisia s dôležitosťou pochopiť a poznať všetky aspekty, ktoré ho môžu ovplyvňovať. Vizuálne maskovanie ako štúdium vnímania, pocitov a pozornosti registrujeme od obdobia druhej svetovej vojny. Postupom času sa téma vizuálneho maskovania rozšírila a stala sa zaujímavejšou na skúmanie kde sa využívali nové technológie na zobrazovanie mozgu čo prinieslo pokrok v oblasti. [23] [24]

Vo vizuálnom maskovaní je sledovaný podnet (target) ktorý obklopujú podnety (masky). V našom prípade budú mať masky tvar sínusových mriežok kruhového tvaru. Target a masky budú v kolíneárnom uložení. Na obrázku č.1 je zobrazený target a jeho možnosti natočenia. Pre účely tohto projektu a nasledujúcej bakalárskej práce budeme využívať predstavenie targetu na ľavej strane. [23] [24] [25]

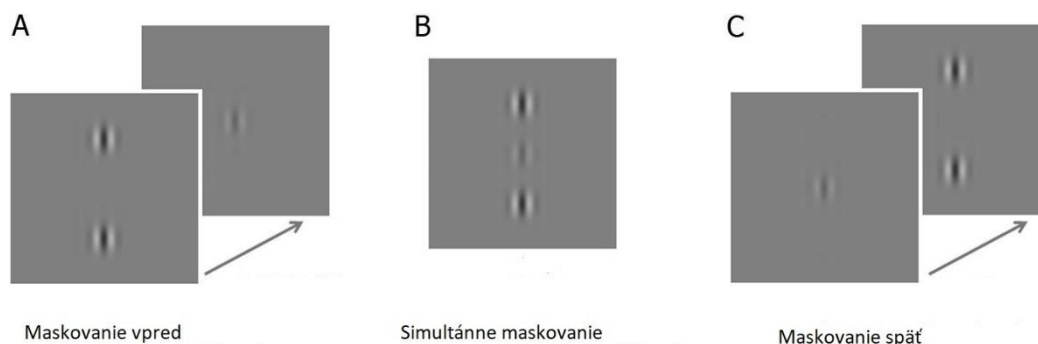


Obrázok 4.1 Target- sínusová mriežka [25]



Obrázok 4.2 Zobrazenie masiek a targetu v kolíneárnom zastúpení pri vzdialenosti  $1,5 \lambda$ ,  $2 \lambda$ ,  $3 \lambda$  [26]

Vizuálne maskovanie sa porovnáva v priestore a čase. V časovej oblasti, môže nastať situácia kedy maska prezentovaná pred targetom sa využíva pri maskovaní vpred (FM), maska prezentovaná po targete je typická pre maskovanie späť (BM). Pri simultánnom maskovaní (SM) je maska prezentovaná v rovnakej časovej ose ako target. Na obrázku 3 pod textom sú predstavené jednotlivé typy maskovania. [23] [24]



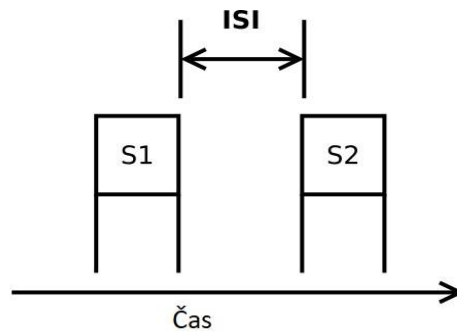
Obrázok 4.3 Typy vizuálneho maskovania [27]

Všeobecne môžeme povedať, že vizuálne vnímanie obrazov a objektov je postavené na dvoch vzájomne sa ovplyvňujúcich systémoch- systém ktorý spracúva obrysy a hrany a systém povrchového spracovania. Vnímanie kvality, ktorá je sprostredkovaná týmito systémami slúži ako kritérium pri výbere obsahu pre maskovacie úlohy. [23]

Maskovanie je nástroj, ktorý je používaný k štúdiu pracovania informácií. Keď je maska prezentovaná pred alebo po targete, viditeľnosť targetu je znížená alebo zvýšená a nastáva efekt zhoršenia alebo zlepšenia vnímania zrkového podnetu. Tento proces môže ovplyvniť vzdialenosť masiek a targetu. Pri zmene vyšetrovacej vzdialenosti je potrebné upraviť



veľkosť targetu a masiek aby bola prispôbená veľkosti testu. Čím viac sa zvyšuje interstimulačný interval (ISI) medzi maskou a cieľom, tým je maskovací efekt znížený. Interstimulačný interval je definovaný ako doba medzi zmiznutím jedného podnetu a nástupom podnetu iného. Na obrázku je zobrazený podnet jeden (S1) kde ho za určitý interstimulačný interval vystrieda podnet dva (S2). [24] [28]



Obrázok 4.4 Interstimulačný stimul [28]

Maskovací efekt je odvodený z porovnania viditeľnosti cieľa pričom musia byť splnené dve podmienky: samotný target musí byť viditeľný a musí byť viditeľný target aj keď je obklopený maskami. Štúdie ukazujú, že neurálna prezentácia targetu je modulovaná s ohľadom na okolité predmety. Z týchto štúdií taktiež vieme, že výsledok kontextuálnej modulácie je zložitý; väčšinou je potlačený, ale vo vhodných priestoroch časových kombináciách môže byť posunutý. Výsledok (buď potlačenie ale presunutie) a sila efektov je určená niekoľkými parametrami ako je blízkosť targetu a masiek, podobnosť týchto značiek, kontrast, globálna konfigurácia. [24]

Pri vizuálnom maskovaní, ktorým je target ovplyvnený je dôležité vnímať dĺžku trvania podnetu, veľkosť podnetu a priestorové usporiadanie podnetu. Odhad doby integrácie odozvy na target poskytuje hornú hranicu 200ms. Tento odhad je v súlade s psycho-fyzickými výsledkami, ktoré ukazujú že doba integrácie pre spoznanie kontrastu na jeho prahovej hodnote je 160-200ms. Predpokladá sa, že masky a target, ktoré sú prezentované za týmto časovým obdobím neovplyvnia reakciu na target. Väčšinou sa pri testovaní používajú masky a target, ktoré môžeme považovať za širokopásmové podnety v priestore. Preto je možné, že vieme rozpoznať vnímané polia rôznych veľkostí. Pole, ktoré sú väčšie reagujú na target aj

masku súčasne. Dôležitým faktorom maskovania je teda prekryvanie sa medzi vnímanými poľami reagujúcich jednotiek. [24] [23]

Maskovanie najčastejšie využíva veľmi jednoduché obrazové stimuly (slová, obrázky, svetlá), ktoré sú v čase a priestore prezentované veľmi krátko, ale sú sprevádzané o niečo dlhšími maskovacími podnetmi. Podľa priestorových dispozičných vlastností masky je maskovanie klasifikované ako maskovanie svetlom (homogenný záblesk), maskovanie hlukom, maskovanie podľa vzoru, maskovanie podľa objektu, alebo metakontrast/parakontrast maskovanie. [23] [24]

Dôležitosť zistenia, ktoré nám hovorí o tom že maskovanie závisí na dvoch hlavných faktoroch je potreba akceptovať a dôležité si pamätať. Maskovanie závisí na priamych faktoroch, tie predstavujú priamu citlivosť a tých, ktoré súvisia so subjektom a jeho reakciou na danú prezentovanú scénu. [23]

## 5 Experimentálna časť

Experimentálna časť bakalárskej práce je založená na vyvrátení alebo potvrdení hypotéz, ktoré som si stanovila v tejto práci. Vizuálne maskovanie je fenomén, ktorý ovplyvňuje schopnosť zrkového vnímania. Testovanie vizuálneho maskovania nám môže poskytnúť informácie o spracovaní zrkového vnemu.

Použité testy vizuálneho maskovania som spúšťala v programe PsychoPy3, ktorý sa používa na výskum experimentálnej psychológie a neurovedy. Tento program klasifikujeme ako tzv. „builder“, čo znamená, že môžeme v grafickom rozhraní vyberať prednastavené objekty použité v testoch a pomerne jednoducho meniť ich charakteristické vlastnosti (čas prezentácie, kontrast, veľkosť) Okrem toho je možné niektoré zložitejšie časti testu ovplyvniť vložením skriptu naprogramovaného v jazyku Python. Program z prednastavených parametrov testu v „buildri“ vytvorí skript na spustenie testu. Hlavnou výhodou PsychoPy je postačujúca základná znalosť programovacieho jazyka Python a jednoduché aplikačné rozhranie. V programe je k možnosti grafického rozhrania pridaná aj možnosť zvukových efektov aby sa testy mohli vytvárať pre rôzne podnety, ktoré sú v mozgu spracované.

Na testovanie bol použitý notebook DELL v ktorom je program nainštalovaný a testy sú nastavené presne na parametre obrazovky, pričom jej uhlopriečka je 31,8 cm a rozlíšenie 1366 x 768 pixelov. Dôležitým parametrom pri testovaní bol jas obrazovky, ktorý sa udržiaval na 50tich percentách. Test bol vykonávaný vo vzdialenosti 40 cm.

Testovanie experimentálnej časti bolo uskutočnené na Fakulte biomedicínskeho inžinierstva ČVUT v Kladne. Bola využívaná miestnosť (KL: B-016) kde boli zabezpečené vhodné svetelné podmienky, ktoré boli potrebné k úspešnému testovaniu. Dáta potrebné na experimentálnu časť boli zozbierané v mesiaci február a apríl roku 2022.

Na toto posúdenie som využila respondentov vo vekovom rozmedzí od 21 do 28 rokov, pričom pomer žien a mužov nebol rovnaký. Testovania sa zúčastnilo jedenásť žien a štyria muži, ktorí boli nositeľmi správnej korekcie, alebo boli respondenti bez refrakčnej vady.

## 5.1 Hypotézy

Na základe publikovaných výsledkov z článku Spatio-temporal low-level neural networks account for visual masking [24] som stanovila nasledujúce hypotézy:

*Hypotéza H1: Testovanie SM pri vzdialenosti masiek od targetu 2  $\lambda$  bude viesť k facilitácii zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek.*

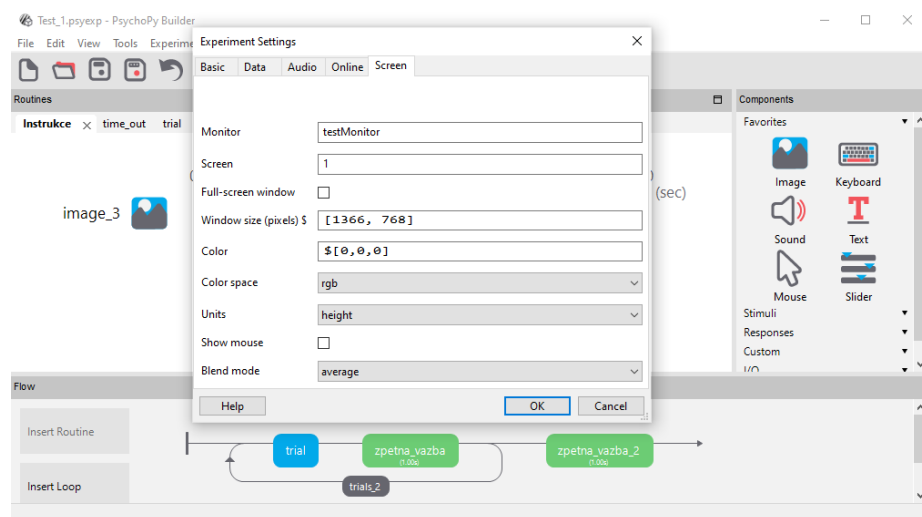
*Hypotéza H2: Testovanie SM pri vzdialenosti masiek od targetu 3  $\lambda$  bude viesť k facilitácii zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek.*

*Hypotéza H3: Testovanie BM pri vzdialenosti masiek od targetu 2  $\lambda$  vedie k supresii zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek.*

*Hypotéza H4: Testovanie BM pri vzdialenosti masiek od targetu 3  $\lambda$  nebude viesť ku zlepšeniu/zhoršeniu zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek.*

## 5.2 Metodika testovania

V programe PsychoPy bolo vytvorených 5 testov. V každom teste sa museli nastaviť rôzne parametre, ktoré mohli ovplyvniť správnosť testovania. Všetky parametre boli nastavené na základne zozbieraných doterajších informácií, ktoré boli zverejnené v článkoch, alebo publikované v knihách. Program PsychoPy nám poskytol možnosť nastavenie testov, čo najpresnejšie ako bolo potrebné pre úspešné testovanie.

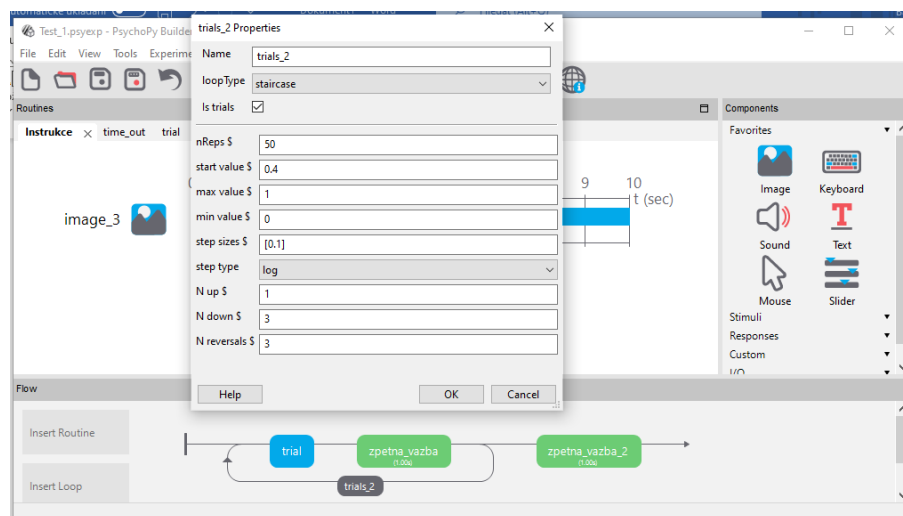


Obrázok 5.1 Nastavenie obrazovky v testoch [vlastné spracovanie]

Dôležitosť pri príprave testov sa kladla hlavne na rozlíšenie obrazovky, ktorá mohla byť kľúčovou pre správne prevedení test, pričom bolo zachované farebné nastavenie RGB, ktoré ponúkal program.

Príprava testov spočívalo v niekoľkých krokoch, ktoré bolo treba nastaviť. Každý test bol nastavený na 50 opakovaní (cykly) kedy bol target prezentovaný alebo nie. Počet týchto cyklov nám poskytoval zber väčšieho množstva informácie, ktoré mali za následok spresnenie informácií k vyhodnoteniu jednotlivých testov. Ďalšou hodnotou, ktorá sa musela nastaviť bol kontrast. Štartovací kontrast targetu bol nastavený na 40%. Kontrast masiek sa počas testovania nemenil. Maximálny kontrast, ktorý mohol testovaný dosiahnuť v prípade niekoľkonásobnej zlej odpovedi bol 100%.

Počas testov bol znižovaný a zvyšovaný kontrast na základe odpovede testovaného. Používala sa metóda staircase 1 up 3 down. Táto metóda je založená na princípe kedy sú podnety sú prezentované vzostupne ale s meniacim sa kontrastom na základe odpovedi. Keď sa reakcia pozorovaného zmení tak smer stimulačnej frekvencie- hodnota jasou targetu sa obráti. Pokiaľ je podnet vnímaný tak hodnota klesá o 0.1 log na dol, na základe informácií získaných zo štúdie [24]. V našom teste to znamenalo tri po sebe idúce správne odpovede a kontrast targetu sa znížil. Pokiaľ pacient odpovedal jeden krát nesprávne tak bol kontrast zvýšený o 0.1 log.

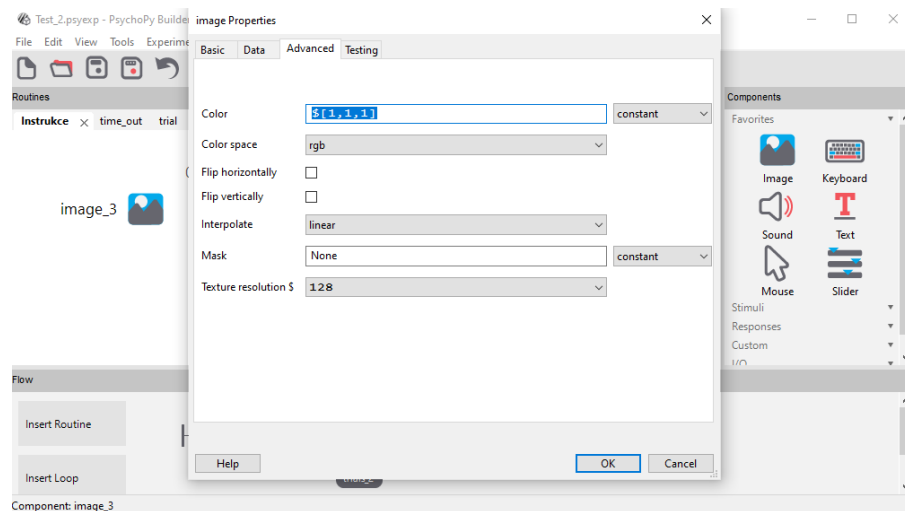


Obrázok 5.2 Nastavenie detailov testu [vlastné spracovanie]

V každom teste bolo treba pripraviť test tak aby obsahoval kruh ktorý vymedzoval od zvyšku zobrazovaného poľa fixačné značky, ktoré mali tvar kríža. V strede tohto fixačného kruhu sa nachádzal fixačný bod, ktorý predchádzal pred premietaním scény masiek a targetu, ktorých podobu sme vybrali zo základných možností programu. Target a masky mali podobu sínusovej mriežky. V testoch bolo nutné nastaviť čas, ako dlho sa mal target alebo target v obklopení s maskami zobrazovať. Na základe tohto sme dostali predbežný čas koľko môžu jednotlivé testy trvať, k tejto skutočnosti však bolo nutné započítať aj čas, ktorý potreboval

pacient na spracovanie obrazu a jeho následnú reakciu na klávesnici. V mojej experimentálnej časti nebol kladený dôraz na rýchlosť odpovede a tak mohol testovaný odpovedať bez stresových podnetov. Následné bolo nutné nastavenie veľkosti targetu a masiek a v jednotlivých testoch aj vzdialenosť masiek od targetu.

Vybratý podnet v tvare sínusovej mriežky sme mohli ešte v programe do upraviť tak aby vyhovoval testom.



Obrázok 5.3 Vlastnosti targetu [vlastné spracovanie]

## 5.2.1 Priebeh testovania

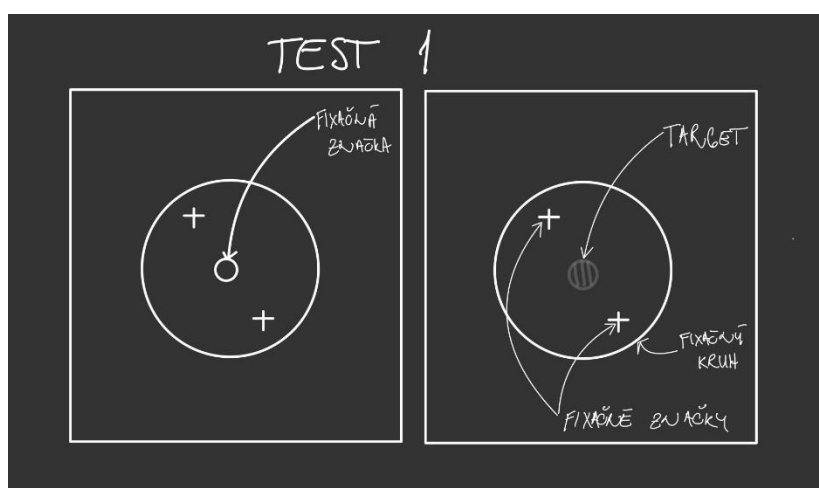
Testovanie sa začalo anamnézou testovaných, kde bol kladený hlavne dôraz na otázku zrakovej vady. Pokiaľ bola u pacienta zistená zrková vada, bolo potrebné zistiť či je nositeľom správnej korekcie, ktorá bola podmienkou pre testovanie. U pacientov bez zistenej zrakovej vady boli položené kontrolné otázky, ktoré by nám mohli poskytnúť pohľad či netrpí skrytou zrkovou vadou.

Testovanie začalo inštrukciou testovaného, kde bol pomocou jednoduchých schematických nákresov oboznámený s priebehom testov a bola mu poskytnutá grafická predstava, čo má v teste vidieť. Najskôr mu bol predstavený target, ktorý je kľúčovým podnetom v každom teste. Zároveň bol inštruovaný že pri viditeľnosti targetu počas testu musí stisnúť klávesu doprava a v opačnom prípade klávesu doľava.

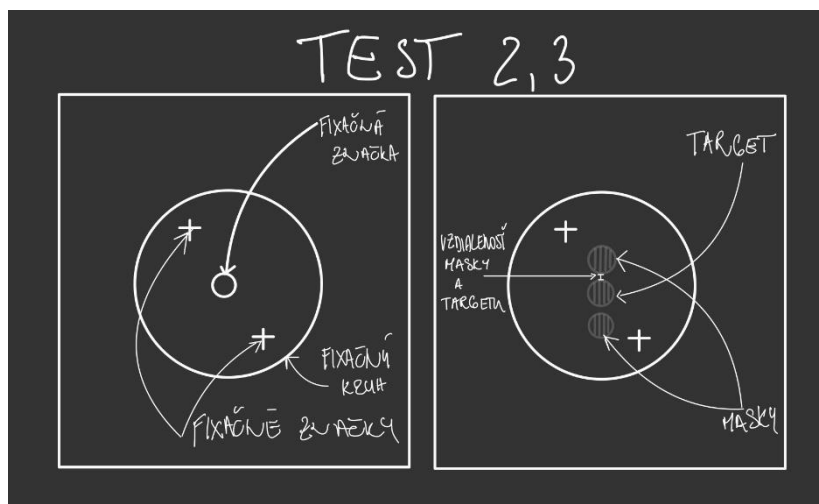


Obrázok 5.4 Inštruktážny nákres 1 [vlastné spracovanie]

Následné bol testovanému vysvetlený test 1, ktorého sa zúčastní. Opäť mu pre lepšie pochopenie bol vytvorený schematický nákres kde už bolo podrobnejšie prezentované aké obrazy sa budú nachádzať na obrazovke. Testovaný bol oboznámený, že uvidí biely fixačný kruh väčších rozmerov, dve fixačné značky, ktoré majú tvar kríža a nakoniec malý fixačný kruh priamo v strede väčšieho fixačného kruhu. V ďalšom kroku bolo vysvetlené, že sa target počas prvého testu bude zobrazovať iba na krátku dobu a preto je nutná sústredenosť pacienta. Program PsychoPy už počas testu vedel vyhodnocovať správnu a nesprávnu odpoveď testovaného. Pričom keď fixačný kruh zasvietil na zeleno bola odpoveď správna. Ak kruh zasvietil na červeno bola odpoveď nesprávna. Tento fakt bolo treba testovanému vysvetliť aby ho nevyviedol z mieri aj keby zle odpovedal.

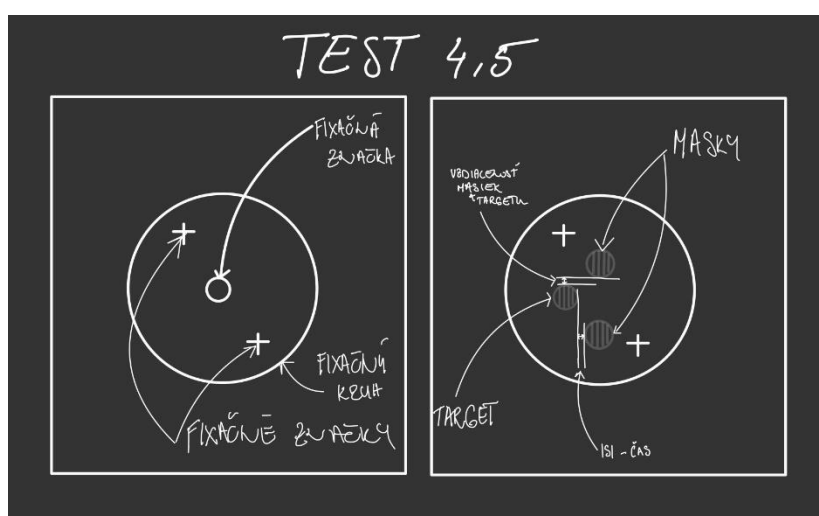


Obrázok 5.5 Inštruktážny nákres 2 [vlastné spracovanie]



Obrázok 5.6 Inštruktážny nákres 3 [vlastné spracovanie]

Na základe úvodnej inštruktáže testovaného mu boli položené kontrolne otázky zamerané na pochopenie testov a obrazov, ktoré má vidieť. Nasledovalo predstavenie ostatných testov. Test 2 a 3 bol navyše obohatený o prítomnosť masiek, ktoré mali podobu targetu ale boli modifikované tým, že ho obklopovali, neboli priamo uprostred. Počas testu 2 sa masky a target zobrazovali v jednom čase tak bolo treba testovaným vysvetliť, že keď sa masky nachádzajú vo väčšej blízkosti targetu tak tento jav môže spôsobovať, že testovaný vidí jednu lineárnu nepretrúšanú priamku. Každý bol upozornený, že sa má zameriavať na target a jeho detekciu. Test 3 spočíval na rovnakom princípe až na to, že sa masky, ktoré obklopujú target nachádzali vo väčšej vzdialenosti, čo sa mohlo testovaným zdať pri detekcii targetu jednoduchšie.



Obrázok 5.7 Inštruktážny nákres 4 [vlastné spracovanie]

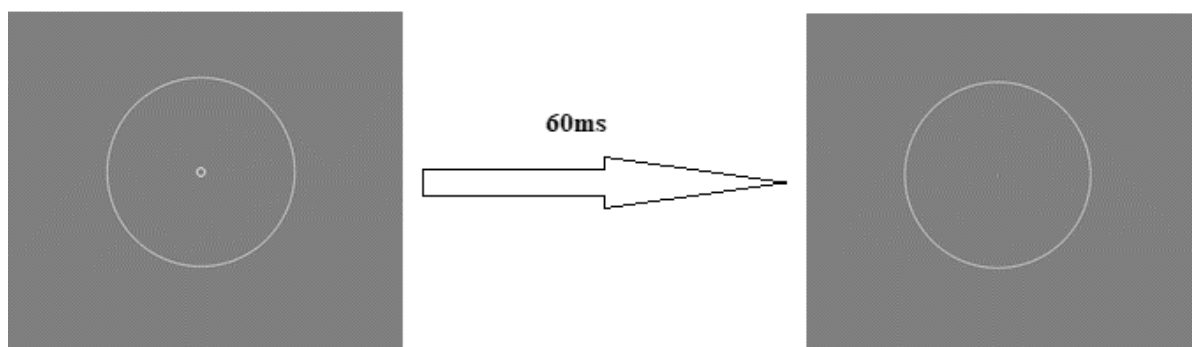


V teste 4 bolo testovanému vysvetlené, že sa môže zobrazit' najskôr target ktorý bude posunutý na ľavej strane od masiek a následne budú zobrazené masky. Alebo sa zobrazia iba masky. Test 5 bol obdobný ale s inou vzdialenosťou, ktorá bola medzi targetom a maskami, ktoré ho obklopovali.

Každý testovaný bol oboznámený s dodržiavaním 40 cm vzdialenosti očí od obrazovky monitora. Dodržiavanie tejto vzdialenosti bolo počas celého testu kontrolované. Testovaním boli kladené otázky ohľadom pochopenia problematiky a pripravenosti na test. Na základe skúsenosti získaných počas prvého kola testovania sme vytvorili tzv. pred test v ktorom sa mali testovaní zoznámiť s grafickým prostredím testov a ovládaním. Pred testy boli nastavené na skúšobných 15 cyklov, čo poskytlo dostatočný čas testovanému na pochopenie. Ak test nebol pochopený, alebo mal testovaní problém bolo mu umožnené vyskúšanie ďalšieho pred testu.

### Test 1

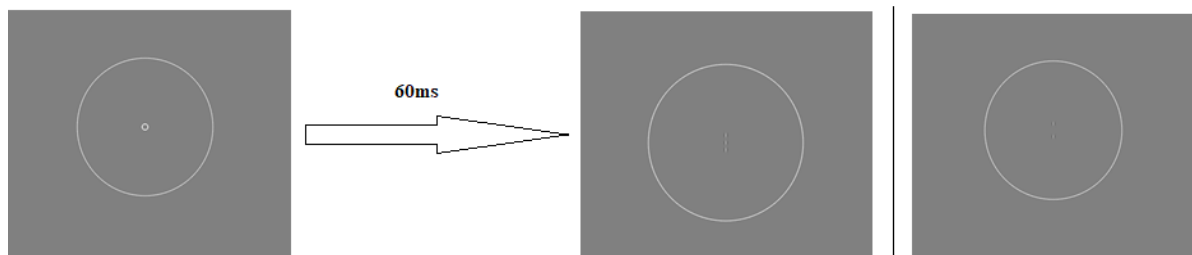
Test 1 považujeme za referenčný test kde sa striedajú dva deje. Pri prvom z nich je zobrazená na fixačná značka. Pri druhom sa zobrazí obraz, kde sa buď target nachádza, alebo nie. Tento dej je tiež prezentovaný v čase 60 ms. Po každom deji má testovaní možnosť na odpoveď, ktorá nie je ohraničená časom. Každý test začína s počiatočným kontrastom targetu 40%.



Obrázok 5.8 Program- Test 1 [vlastné spracovanie]

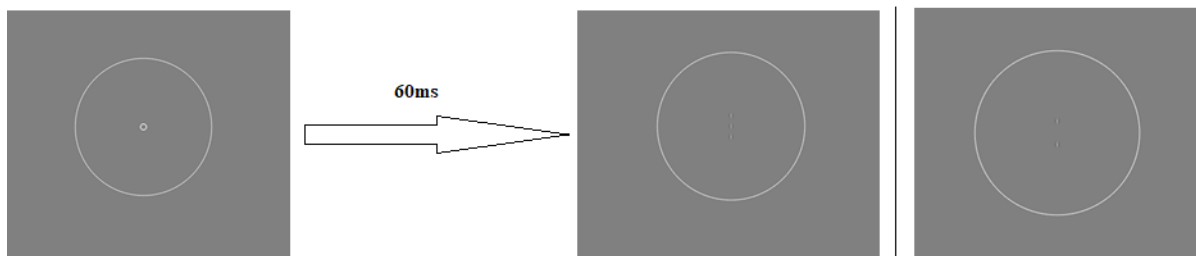
### Test 2

V tomto teste sa jedná o simultánne maskovanie. Počas testu 2 je prezentovaný target, ktorý môže byť obklopený značkami vo vzdialenosti  $2\lambda$ . Táto vzdialenosť je malá a môže sa pri teste zdať, že target a masky sú v kolineárnom prepojení. Každý obraz počas testu je prezentovaný 60 ms.

Obrázok 5.9 Program- Test 2, pri vzdialenosti  $2\lambda$  [vlastné spracovanie]

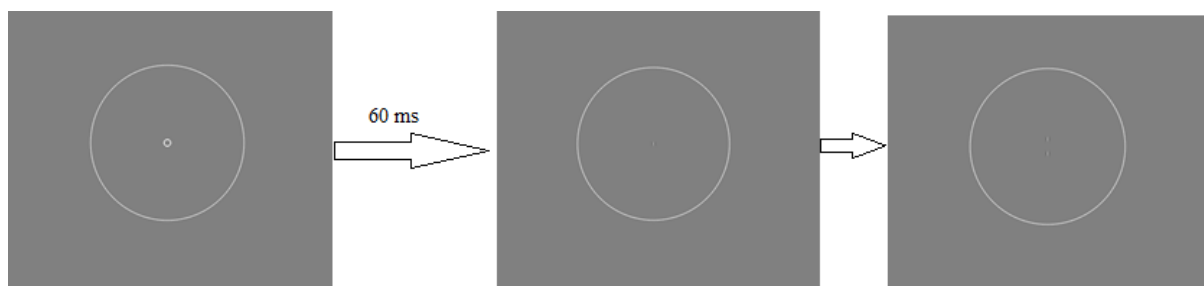
### Test 3

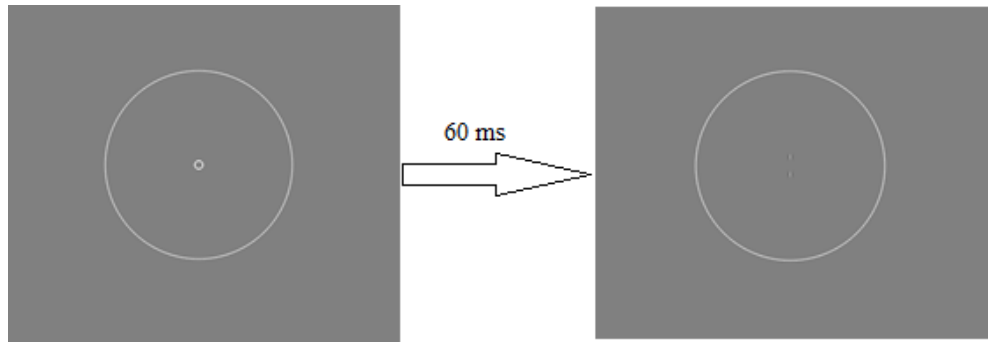
V teste 3 boli pozmenené vzdialenosti targetu a masiek na  $3\lambda$ , pričom prezenčný čas jednotlivých dejov ostal rovnaký. Taktiež sa jedná o formu simultánneho maskovania.

Obrázok 5.10 Program- Test 3, pri vzdialenosti  $3\lambda$  [vlastné spracovanie]

### Test 4

Test 4 zobrazuje dva deje, kde sa target buď zobrazí pred maskami, alebo nie. Masky a target sú vo vzdialenosti  $2\lambda$ . Pred každým cyklom sa zobrazí aj fixačný kruh, ktorý ma za úlohu zvýšiť pozornosť testovaného. Každý obraz sa prezentuje 60 ms. V tomto teste sa jedná o spätné maskovanie.

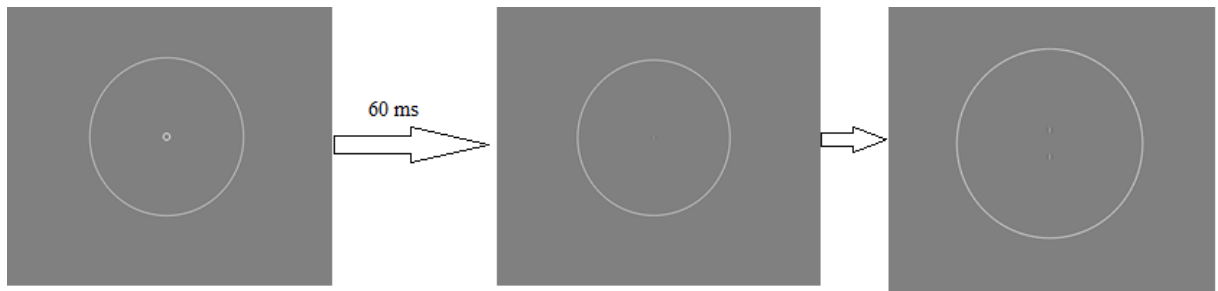
Obrázok 5.11 Program- Test 4, zobrazenie targetu a následne masiek pri vzdialenosti  $2\lambda$  [vlastné spracovanie]



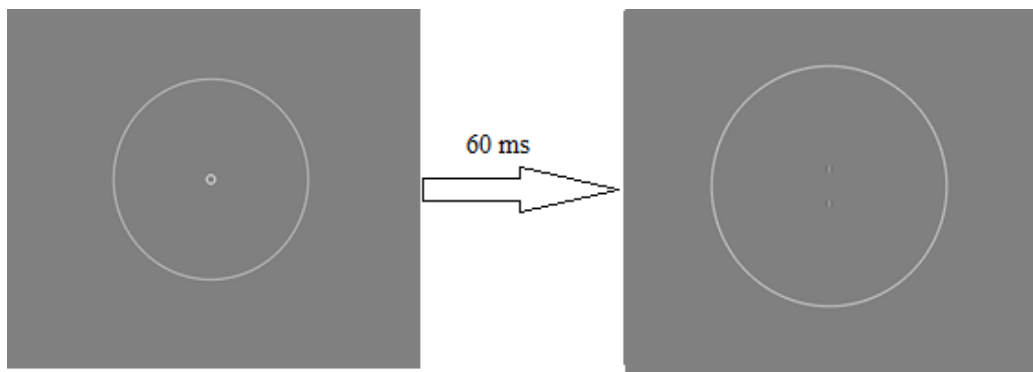
Obrázok 5.12 Program- Test 4, zobrazenie masiek pri vzdialenosti  $2\lambda$  [vlastné spracovanie]

### Test 5

Test 5 je nastavený aby vzdialenosť targetu a masiek bola  $3\lambda$ . Doba prezentácie ostáva ako pri zvyšných testoch.



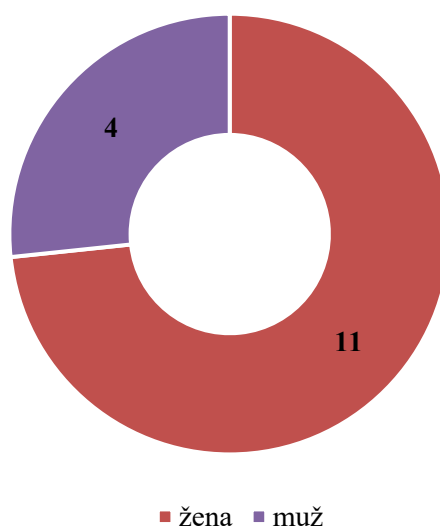
Obrázok 5.13 Program- Test 5, zobrazenie targetu a následne masiek pri vzdialenosti  $3\lambda$  [vlastné spracovanie]



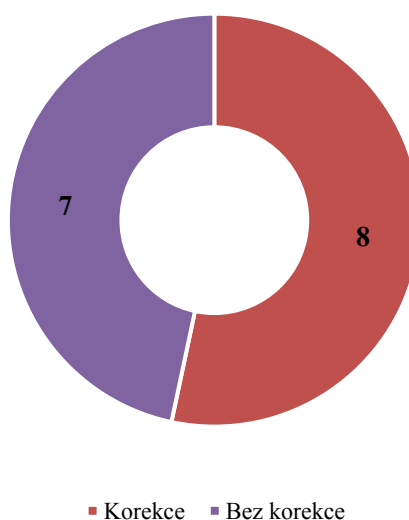
Obrázok 5.14 Test 5, zobrazenie masiek pri vzdialenosti  $3\lambda$  [vlastné spracovanie]

### 5.3 Výsledky merania

Testovanie bolo vykonané na 15 ľuďoch, z toho boli štyria muži a jedenásť žien. Testovaní boli vo veku od 21 do 28 rokov. Pre jednoduchý prehľad boli vytvorené grafy 5.1 a 5.2. U ôsmich testovaných sa objavovala refrakčná vada a bola korigovaná dvoma spôsobmi korekcie. Dvaja testovaní boli nositeľmi kontaktných šošoviek a šiesti nosili okuliare. Sedem pacientov bolo bez refrakčnej vady. Pre jednoduchý prehľad boli vytvorené grafy 1 a 2.



Graf 5.1 Pomer mužov a žien [vlastné spracovanie]



Graf 5.2 Pomer nositeľov a nenositeľov korekcie [vlastné spracovanie]

Na základe testovania, ktoré bolo vykonané som všetky výsledky zanalyzovala

a zapísala do tabuliek. K výsledkom boli vypočítané priemery jednotlivých meraní v testoch a smerodajné odchýlky.

Tabuľka 5.1 Výsledky prvého testu [vlastné spracovanie]

<b>Test 1</b>	
<b>Testovaní</b>	<b>(CS)</b>
Testovaný 1	0,100
Testovaný 2	0,100
Testovaný 3	0,100
Testovaný 4	0,063
Testovaný 5	0,080
Testovaný 6	0,252
Testovaný 7	0,100
Testovaný 8	0,159
Testovaný 9	0,318
Testovaný 10	0,063
Testovaný 11	0,126
Testovaný 12	0,200
Testovaný 13	0,080
Testovaný 14	0,050
Testovaný 15	0,050
<b>Priemer</b>	<b>0,123</b>
<b>Smerodajná odchýlka</b>	<b>0,078</b>

Test jedna slúžil ako referenčný test pretože sa v tomto teste nenachádzalo maskovanie, ktoré mohlo ovplyvniť vnímanie targetu. V teste 1 pacienti 14 a 15 dosiahli najnižších hodnôt. Smerodajná odchýlka v tomto teste bola 0,078 čo svedčí o malom rozptyle dát.

Tabuľka 5.2 Výsledky druhého testu [vlastné spracovanie]

<b>Test 2</b>	
<b>Testovaní</b>	<b>(CS)</b>
Testovaný 1	0,050
Testovaný 2	0,100
Testovaný 3	0,080
Testovaný 4	0,063
Testovaný 5	0,025
Testovaný 6	0,159
Testovaný 7	0,100
Testovaný 8	0,100
Testovaný 9	0,159
Testovaný 10	0,063
Testovaný 11	0,050
Testovaný 12	0,050
Testovaný 13	0,080
Testovaný 14	0,063
Testovaný 15	0,040
<b>Priemer</b>	<b>0,079</b>
<b>Smerodajná odchýlka</b>	<b>0,040</b>

V teste 2, kde bol target ovplyvnený maskami dosiahol najnižšiu hodnotu testovaný 5. Smerodajná odchýlka v tomto teste bola 0,040.

Tabuľka 5.3 Výsledky tretieho testu [vlastné spracovanie]

<b>Test 3</b>	
<b>Testovaní</b>	<b>(CS)</b>
Testovaný 1	0,050
Testovaný 2	0,050
Testovaný 3	0,063
Testovaný 4	0,025
Testovaný 5	0,020
Testovaný 6	0,100
Testovaný 7	0,063
Testovaný 8	0,100
Testovaný 9	0,020
Testovaný 10	0,020
Testovaný 11	0,100
Testovaný 12	0,100
Testovaný 13	0,080
Testovaný 14	0,080
Testovaný 15	0,050
<b>Priemer</b>	<b>0,062</b>
<b>Smerodajná odchýlka</b>	<b>0,031</b>

Pri teste 3 sa na najnižšiu hodnotu kontrastu dostali pacienti 9 a 10. V tomto teste sa od seba výsledné hodnoty líšili veľmi málo a tak smerodajná odchýlka dosahovala hodnotu 0,031.

Tabuľka 5.4 Výsledky štvrtého testu [vlastné spracovanie]

<b>Test 4</b>	
<b>Testovaní</b>	<b>(CS)</b>
Testovaný 1	0,080
Testovaný 2	0,100
Testovaný 3	0,159
Testovaný 4	0,080
Testovaný 5	0,063
Testovaný 6	0,200
Testovaný 7	0,200
Testovaný 8	0,252
Testovaný 9	0,159
Testovaný 10	0,100
Testovaný 11	0,159
Testovaný 12	0,252
Testovaný 13	0,159
Testovaný 14	0,050
Testovaný 15	0,080
<b>Priemer</b>	<b>0,140</b>
<b>Smerodajná odchýlka</b>	<b>0,067</b>

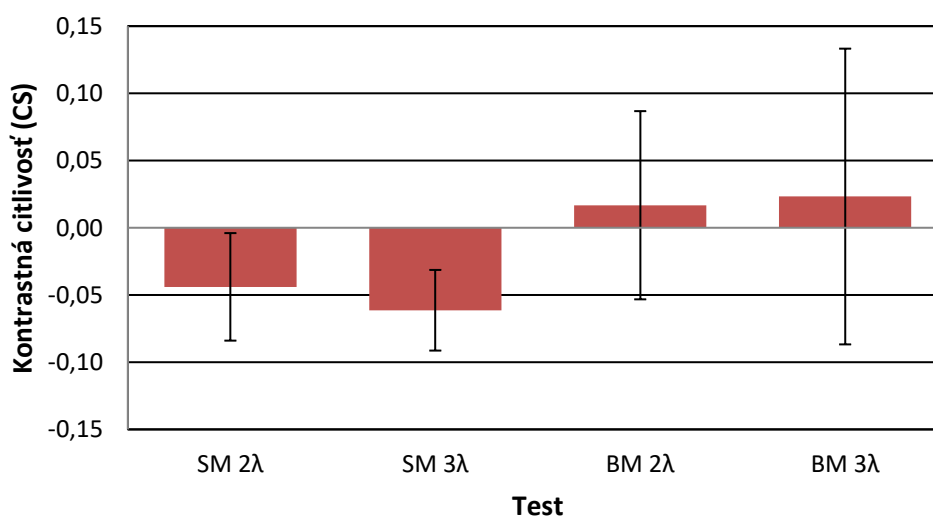
Priebeh testu 4 sa pre testovaných zdal náročný a tak dosahujeme vyššej priemernej hodnoty 0,140. Avšak boli zúčastnení testu, ktorí sa dokázali dostať na veľmi nízku hodnotu kontrastu t.j. 0,05. Túto hodnotu dosiahol iba testovaný číslo 14. Smerodajná odchýlka v tomto bola 0,067.

Tabuľka 5.5 Výsledky piateho testu [vlastné spracovanie]

<b>Test 5</b>	
<b>Testovaní</b>	<b>(CS)</b>
Testovaný 1	0,126
Testovaný 2	0,100
Testovaný 3	0,200
Testovaný 4	0,063
Testovaný 5	0,063
Testovaný 6	0,200
Testovaný 7	0,126
Testovaný 8	0,126
Testovaný 9	0,063
Testovaný 10	0,126
Testovaný 11	0,159
Testovaný 12	0,501
Testovaný 13	0,159
Testovaný 14	0,050
Testovaný 15	0,126
<b>Priemer</b>	<b>0,146</b>
<b>Smerodajná odchýlka</b>	<b>0,109</b>

Test 5 s najväčšou smerodajnou odchýlkou až 0,109 nám hovorí o veľkej rozptýlenosti dát. Najnižšiu hodnotu kontrastu sa podarilo dosiahnuť testovanému 14.

Pre kompletne zobrazenie dát bol vytvorený graf 5.3, ktorý nám ukazuje vplyv vizuálneho maskovania na kontrastnú citlivosť. V grafe sú vynesené výsledky zo SM a BM pri vzdialenosti  $2\lambda$  a  $3\lambda$  masiek od targetu.



Graf 5.3 Vplyv vizuálneho maskovania na kontrastnú citlivosť [vlastné spracovanie]



## 6 Diskusia

Na základne výsledkov, ktoré som dosiahla testovaním v experimentálnej časti a následným spracovaním údajov v programe Microsoft Excel som dospela k potvrdeniu/vyvráteniu štyroch stanovených hypotéz. Údaje boli štatisticky spracované pomocou párového t-Testu.

Prvým referenčným testom som dosiahla údaje z ktorých bola vytvorená priemerná hodnota dosiahnutého kontrastnej citlivosti (0,123) a tá porovnávaná so 4 ďalšími testami. Vďaka čomu som mohla zhodnotiť vplyv jednotlivých testov na zrakové vnímanie.

V hypotéze  $H1$  ktorej znenie bolo „*Testovanie SM pri vzdialenosti masiek od targetu 2  $\lambda$  bude viesť k facilitácii zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek.*“ došlo k potvrdeniu hypotézy, pretože na základe údajov z t-Testu kde bola hodnota ( $p=8,16 \cdot 10^{-3}$ ) a zvolená hladina významnosti  $\alpha = 0,05$  bolo zistené, že rozdiel medzi priemernými hodnotami prvého a druhého testu je štatisticky veľmi významný.

Druhá hypotéza  $H2$ : „*Testovanie SM pri vzdialenosti masiek od targetu 3  $\lambda$  bude viesť k facilitácii zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek*“ bola potvrdená údajmi z párového t-Testu kde dosiahnutá hodnota čísla ( $p= 8,6 \cdot 10^{-3}$ ) pri hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  bol zistený významný štatistický rozdiel.

V tretej hypotéze  $H3$  ktorej znenie bolo „*Testovanie BM pri vzdialenosti masiek od targetu 2  $\lambda$  vedie k supresii zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek.*“ som podľa párového t-Testu kde hodnota bola hodnota ( $p= 3,34 \cdot 10^{-1}$ ) a zvolená hladina významnosti  $\alpha = 0,05$  bol zistený štatisticky nevýznamný rozdiel a tak som nemohla potvrdiť hypotézu.

V štvrtej hypotéze  $H4$ : „*Testovanie BM pri vzdialenosti masiek od targetu 3  $\lambda$  nebude viesť ku zlepšeniu/zhoršenie zrakového vnemu oproti rovnakému testu bez prítomnosti masiek.*“ Došlo k potvrdeniu hypotézy a základe nevýznamného štatistického rozdielu, ktorý bol zistený pri párovom t-Teste. Hodnota čísla ( $p= 4,4 \cdot 10^{-1}$ ) pri hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  túto skutočnosť potvrdila.

Dôvodov prečo došlo pri hypotéze  $H3$  a  $H4$  k štatisticky nevýznamnému rozdielu a následnému zamietnutiu hypotézy  $H3$  môže byť niekoľko. Prvým z dôvodov môže byť vek. Vekové rozpätie skupiny pacientov, ktorý sa nachádzali v článku Spatio-temporal low-level neural networks account for visual masking [24] nebol známy a preto je možné že ak by

testovanie prebiehalo na ľuďoch z iných vekových skupín výsledky by dosahovali iných hodnôt.

Ďalším dôvodom, ktorý mohol ovplyvniť testovanie bola pripravenosť a sústredenosť pacienta. Značná časť experimentálnej časti sa zaoberá inštruktážou testovaného, ale nesprávne alebo nie úplné presné pochopenie testu môže ovplyvňovať výsledky. Dĺžka a zložitosť testu bola pre testovaných náročná a je možné že únava a znížená pozornosť pri poslednom teste mohla ovplyvniť dosiahnuté hodnoty. Keďže v priebehu testovania sa nekládol dôraz na čas kedy boli osoby testované boli testy vykonané v rôznych časových intervaloch počas dňa. Z tohto sa domnievam, že sústredenosť pacientov mohla byť ovplyvnená únavou, či psychickým vypätím človeka.

Počas testovania má veľmi dôležitú rolu vzdialenosť z ktorej pacient vykonáva test. V testoch bol požadovaná vzdialenosť 40 cm. Táto vzdialenosť bola kontrolovaná, ale väčšina pacientov mala tendenciu k priblíženiu sa obrazovky notebooku, čím došlo k skráteniu vzdialenosti a na základe tohto mohlo dôjsť k ovplyvneniu výsledkov.

Testovanie mohlo byť ovplyvnené neschopnosťou obrazovky počítača pohltiť všetky prichádzajúce lúče a tak mohli na obrazovke nastať nechcené odlesky, ktoré pacient mohol vnímať ako prezentáciu targetu s veľmi nízkym kontrastom.

## 7 Záver

Teoretická časť bakalárskej práce, ktorú som písala sa venovala vysvetleniu problematiky anatomických častí oka, zrakovej dráhy a ako je zraková informácia šírená do mozgu.

V práci som sa ďalej venovala téme vyšetrenia visu a zrakových funkcií, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou pre hodnotenie kvality videnia. Teoretická časť obsahuje informácie ohľadom vizuálneho maskovania. Vizuálne maskovanie je fenomén, ktorý ovplyvňuje zrakové vnímanie. V tomto fenoméne sa využívajú rôzne typy časového usporiadania masiek. V prvom spôsobe sú masky prezentované spolu s targetom a nazývame ho simultánne maskovanie. V prípade, že je target prezentovaný pred maskami sa jedná o spätné maskovanie. Posledným typom maskovania, ktoré bolo spracované je dopredné maskovanie, kde sú najskôr prezentované masky až potom target. Z informácii ktoré boli spracované vyplýva že pri maskovaní je dôležitá vzdialenosť masiek a targetu, doba prezentácie jednotlivých obrazov a vybraná metóda maskovania.

V experimentálnej časti som sa zamerala na testovanie ku ktorému som použila program PsychoPy 3. Tieto testy boli nastavené podľa informácií z článku Spatio-temporal low-level neural networks account for visual masking. [24] Pre jednotlivé testy boli upravené veľkosti targetu a masiek, aby mohla byť vyšetrovacia vzdialenosť menšia. Experimentálnu časť tvorilo testovanie vplyvu SM a BM na zrakové vnímanie. Pre testy boli použité dve rozdielne vzdialenosti masiek a targetu,  $2\lambda$  a  $3\lambda$ . Testovanie sa skladalo z piatich testov z ktorých bol prvý test referenčný (bez masiek) a bol porovnávaný so zvyšnými testami (s maskami).

Na základe získaných výsledkov, ktoré boli spracované sa mi podarilo potvrdiť prvé dve hypotézy, ktoré pojednávajú tom, že pri SM a vzdialenosti  $2\lambda$  a  $3\lambda$  dôjde k facilitácii zrakového vnemu. Hypotéza tri, ktorá hovorí že pri BM a vzdialenosti  $2\lambda$  dôjde k supresii obrazu sa potvrdila. Hypotéza štyri bola postavená na informácii, že pri vzdialenosti  $3\lambda$  nedôjde k zlepšeniu/zhoršeniu zrakového vnemu a táto hypotéza bola potvrdená, ale došlo k supresii, ktorá však nebola štatisticky významná.

Vizuálne maskovanie sa môže na základe doteraz publikovaných článkov využívať pre zrakový tréning pri amblyopii alebo presbyopii. Tento fenomén má veľkú budúcnosť

v neuropsychológii a tak by sa mu mala venovať väčšia pozornosť, ktorá by nám poskytla hlbšie overenie informácií v tejto oblasti.

## Zoznam použitej literatúry

- [1] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2. dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-8944-6.
- [2] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3* [online]. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016 [cit. 2021-11-02]. ISBN 978-80-247-9552-2. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/anatomie-3-2286/>
- [3] Anatomy of cornea and ocular surface. *Indian Journal of Ophthalmology* [online]. 2018, **66**(2), 190-194 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: doi:10.4103/ijo.IJO\_646\_17
- [4] Anatomy of the human corneal innervation. *Experimental Eye Research* [online]. 2010, **90**(4), 478-492 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014483509003571>
- [5] *Oční propedeutika* [online]. 1. Praha: Grada Publishing, 2011 [cit. 2021-11-18]. ISBN 978-80-247-7190-8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/ocni-propedeutika-656101/>
- [6] Structural and functional imaging of aqueous humour outflow: a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology* [online]. 2018, **46**(2), 158-168 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ceo.13064>
- [7] Anatomy and Physiology of the Crystalline Lens. *Pediatrics Lens Diseases* [online]. 2017, , 21-28 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-10-2627-0\_3
- [9] ARTAL, Pablo. *Handbook of Visual Optics: Fundamentals and Eye Optics*. 2. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742: CRC Press, 2017. ISBN 9781482237856.
- [10] Anatomy and physiology of the human eye: effects of mucopolysaccharidoses disease on structure and function – a review. *Clinical & Experimental Ophthalmology* [online]. 2010, **2010**(38), 2-11 [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1442-9071.2010.02363.x>
- [11] Tyčinky. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Ty%C4%8Dinky>
- [12] ŘEHÁK, Jiří a Matuš ŘEHÁK. *Venózní okluze sítnice*. 1. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3480-4.

- [13] REMINGTON, Lee Ann. *Clinical Anatomy of visual system*. 2. 11830 Westline Industrial Drive St. Louis, Missouri 63146: Elsevier, 2005. ISBN 0-7506-7490-3.
- [14] The Visual Pathway-Functional Anatomy and Pathology. *Seminars in ultrasound, CT and MRI* [online]. 2014, 2014, **2014**, 487-503 [cit. 2021-12-08]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1053/j.sult.2014.06.007>
- [15] ROZSÍVAL CS.C, prof. MUDr. Pavel a et. al. *Oční Lékařství*. 1. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-246-1213-5.
- [16] Architecture of the Optic Chiasm and the Mechanisms That Sculpt Its Development. *Physio rev* [online]. 2001, **2001**(81), 1393-1414 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1393>
- [17] The lateral geniculate nucleus. *Current Biology* [online]. 2001, **11**(16), 3 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(01\)00379-7](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(01)00379-7)
- [18] *Zrakové vnímání* [online]. 1. Praha: Grada Publishing, 2012 [cit. 2021-12-26]. ISBN 978-80-247-3029-5. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/zrakove-vnimani-616890/#>
- [19] Locating the functional and anatomical boundaries of human primary visual cortex. *NeuroImage* [online]. 2009, **46**(4), 915-912 [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.03.036>
- [20] HARVEY, Bill a Sandip DOSHI. *Assessment & investigative techniques*. 1. London: Elsevier butterworth heinemann, 2005. ISBN 0 7506 8853 X.
- [21] BORIS H. *Clinical Refraction*. 2. Missouri: Elsevier butterworth heinemann, 2006. ISBN 978-0-7506-7524-6.
- [22] Contrast Sensitivity Studies and Test- A Review. *Ophthalmology and Clinical Research* [online]. 2020, **7**(116), 1 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: doi:DOI: 10.23937/2378-346X/1410116
- [23] BACHMANN, Tali a Gregory FRANCIS. *Visual masking: Studying Perception, Attention and Consciousness*. 1. USA: Elsevier, 2014. ISBN 978-0-12-800250-6.
- [24] POLAT, U., STERKIN, A., YEKEZKEL, O., Spatio-temporal low-level neural networks account for visual masking, *Advances in Cognitive Psychology*, ročník 3, číslo 1-2, 2007, pp. 153–165, DOI: 10.2478/v10053-008-0021-4

- [25] Spatial and temporal dependencies of cross-orientation suppression in human vision. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2007, **274**, 127-136 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2006.3697
- [27] Individual differences in the dynamics of collinear facilitation? *Vision Research* [online]. 2017, **133**(1),61-72[cit.2022-01-05].Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.visres.2016.12.016
- [28] HOWELL, Ben. Interstimulus Interval (ISI). *Https://www.psychstudio.com/* [online]. 2019 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://www.psychstudio.com/articles/interstimulus-interval/>
- [29] PsychoPy®. In: *Psychopy* [online]. Appleton House, 25 Rectory Road, Nottingham NG2 6BE.: Open Science Tools, 2019 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.psychopy.org/>
- [30] NICHOLLS, John G., A. Robert MARTIN, Bruce G. WALLCE a Paul A. FUCHS. *Od neuronu k mozgu*. 1. Praha, 2013. ISBN 978-80-200-2155-7.

# Zoznam symbolov a skratiek

## Zoznam skratiek

Skratka	Význam
LGN	Lateral geniculate nucleus
BM	Maskovanie spať
SM	Simultánne maskovanie
FM	Maskovanie vpred
ISI	Interstimulačný interval
Ms	Milisekunda
Log	Logaritmus
$\lambda$	Lambda



## Zoznam obrázkov

Obrázok 4.1 Target- sínusová mriežka [25] .....	15
Obrázok 4.2 Zobrazenie masiek a targetu v kolíneárnom zastúpení pri vzdialenosti $1,5 \lambda$ , $2 \lambda$ , $3 \lambda$ [26].....	16
Obrázok 4.3 Typy vizuálneho maskovania [27].....	16
Obrázok 4.4 Interstimulačný stimul [28].....	17
Obrázok 5.1 Nastavenie obrazovky v testoch [vlastné spracovanie] .....	20
Obrázok 5.2 Nastavenie detailov testu [vlastné spracovanie] .....	21
Obrázok 5.3 Vlastnosti targetu [vlastné spracovanie] .....	22
Obrázok 5.4 Inštruktážny nákras 1 [vlastné spracovanie].....	23
Obrázok 5.5 Inštruktážny nákras 2 [vlastné spracovanie].....	23
Obrázok 5.6 Inštruktážny nákras 3 [vlastné spracovanie].....	24
Obrázok 5.7 Inštruktážny nákras 4 [vlastné spracovanie].....	24
Obrázok 5.8 Program- Test 1 [vlastné spracovanie] .....	25
Obrázok 5.9 Program- Test 2, pri vzdialenosti $2\lambda$ [vlastné spracovanie].....	26
Obrázok 5.10 Program- Test 3, pri vzdialenosti $3 \lambda$ [vlastné spracovanie].....	26
Obrázok 5.11 Program- Test 4, zobrazenie targetu a následne masiek pri vzdialenosti $2 \lambda$ [vlastné spracovanie] .....	26
Obrázok 5.12 Program- Test 4, zobrazenie masiek pri vzdialenosti $2 \lambda$ [vlastné spracovanie] .....	27
Obrázok 5.13 Program- Test 5, zobrazenie targetu a následne masiek pri vzdialenosti $3 \lambda$ [vlastné spracovanie] .....	27
Obrázok 5.14 Test 5, zobrazenie masiek pri vzdialenosti $3 \lambda$ [vlastné spracovanie] .....	27

## Zoznam tabuliek a grafov

### Zoznam tabuliek

Tabuľka 5.1 Výsledky prvého testu [vlastné spracovanie] .....	29
Tabuľka 5.2 Výsledky druhého testu [vlastné spracovanie] .....	30
Tabuľka 5.3 Výsledky tretieho testu [vlastné spracovanie] .....	30
Tabuľka 5.4 Výsledky štvrtého testu [vlastné spracovanie].....	31
Tabuľka 5.5 Výsledky piateho testu [vlastné spracovanie].....	32

### Zoznam grafov

Graf 5.1 Pomer mužov a žien [vlastné spracovanie] .....	28
Graf 5.2 Pomer nositeľov a nenositeľov korekcie [vlastné spracovanie].....	28
Graf 5.3 Vplyv vizuálneho maskovania na kontrastnú citlivosť [vlastné spracovanie].....	32