

**PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V  
OLOMOUCI**

**KATEDRA OPTIKY**

**AMBLYOPIA A JEJ LIEČBA POMOCOU VIRTUÁLNEJ REALITY**

Bakalárska práca

VYPRACOVALA:

Dominika Štáliková

Obor: 5345R008 Optometria

Študijný rok: 2017/2018

## **Čestné prehlásenie**

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne pod vedením pani Mgr. Elišky Najmanovej za použitia literatúry uvedenej v závere práce.

V Olomouci dňa

.....

Dominika Štáliková

## **Pod'akovanie**

Ďakujem pani Mgr. Najmanovej za vedenie pri písaní mojej bakalárskej práce, za jej trpezlivosť a čas, ktorý mi venovala. Ďakujem tiež lekárom a celému tímu na očnej klinike UVEA Mediklinik v Martine, za ich ochotu pri konzultáciách, odborné rady, poskytnutie cenných informácií a možnosť stretnúť sa s týmto druhom liečby. Bol to pre mňa ohromný zážitok.

Táto práca vznikla za podpory projektu IGA PŕF UP s názvom Optometrie a její aplikace, č. IGA\_PrF\_2018\_007.

## OBSAH

<b>Úvod.....</b>	<b>6</b>
<b>1 Zrak a zrakové vnímanie.....</b>	<b>7</b>
1.1 Ľudský zrak.....	7
1.2 Popis zrakovej dráhy.....	8
1.3 Rozlíšenie refrakčných zrakových postihnutí.....	9
<b>2 Binokulárne videnie.....</b>	<b>12</b>
2.1 Jednoduché binokulárne videnie.....	12
2.2 Vývoj binokulárneho videnia.....	12
2.3 Patológia vo vývoji zraku.....	13
2.4 Adaptačné mechanizmy porúch JBV.....	13
<b>3 Amblyopia.....</b>	<b>16</b>
3.1 Definícia.....	16
3.1.1 Klasifikácia.....	17
3.2 Diagnostika.....	18
3.2.1 Anamnéza.....	18
3.3 Vyšetrenie.....	19
3.3.1 Posudzovanie zrakovej ostrosti a fixačného obrazca.....	19
3.3.2 Červený reflex ( Brücknerov binokulárny test ).....	21
3.3.3 Vyšetrenie zreničiek.....	21
3.3.4 Pohyblivosť a postavenie očí.....	22
3.3.5 Vyšetrenie vonkajších očných adnexov.....	22
3.3.6 Vyšetrenie predného segmentu oka.....	22
3.3.7 Skiaskopia a refrakcia v cykloplégii.....	23
3.3.8 Vyšetrenie očného pozadia.....	23
3.3.9 Overovanie binokularity a priestorovej zrakovej ostrosti.....	24
3.3.10 Monokulárna fixácia.....	24

3.3.11 Akomodácia.....	24
<b>4 Terapeutické metódy liečby amblyopie.....</b>	<b>25</b>
4.1 Konvenčné cvičenia.....	25
4.2 Súčasný trend v liečbe amblyopie.....	29
<b>5 Oculus Rift .....</b>	<b>29</b>
5.1 Virtuálna realita v rámci liečebnej rehabilitácie.....	30
5.2 Typy hier v softvéri Vivid Vision.....	31
5.3 Priebeh liečebnej rehabilitácie.....	34
5.4 Výskum úspešnosti dichoptického videní.....	35
<b>Záver.....</b>	<b>40</b>
<b>Zoznam použitej literatúry.....</b>	<b>41</b>
<b>Zoznam použitých obrázkov a tabuliek.....</b>	<b>44</b>

## Úvod

Tému *Amblyopia a jej liečba pomocou virtuálnej reality* som si vybrala najmä z dôvodu, aby som prispela k informovaniu verejnosti o novej liečebnej terapii tupozrakosti. Doposiaľ väčšina našich, ale aj zahraničných odborníkov zaoberajúcich sa nápravami porúch binokulárneho videnia sa zhoduje s Flenerovej názorom (1998). Tá uvádza, že vývin binokulárneho videnia končí v ôsmom až desiatom roku života, keď sa definitívne stabilizujú zrakové funkcie a po tomto veku už nie je možná ich rehabilitácia. Pri výbere témy bakalárskej práce ma zaujal fakt, že zahraničné a tiež naše prvé skúsenosti s reedukáciou amblyopie pomocou virtuálnej reality (Oculus Rift) poukazujú na potrebu obnovy dlhoročne pretrvávajúcej oftalmologickej normy. Táto norma stanovuje, že amblyopiu nie je možné liečiť po skončení vývinu binokulárneho videnia. Ako už názov práce napovedá, nové výskumy dokazujú, že po aplikovaní metódy Oculus Rift v spojení s klasickými konvenčnými a pleoptickými cvičeniami evidujeme vysokú úspešnosť najmä u detí od 10 rokov, ale taktiež aj u dospelých osôb.

Amblyopia spôsobuje zníženie zrakových schopností, poruchy zrakovej ostrosti, poruchy vnímania priestoru a to spôsobuje problémy v celom živote osoby s touto zrakovou poruchou. Reedukácia amblyopie pomocou okuliarov Oculus Rift je novou metódou tréningu dichoptického videnia (umelo vyvolaného hĺbkového vnímania) vo virtuálnej realite. Pracuje na princípe softvéru „Vivid Vision“ a prebieha v rámci celej Európy len na martinskej súkromnej klinike UVEA Mediklinik, kde som absolvovala svoju povinnú prax v rámci štúdia optometrie.

Skúsenosti s touto novou terapiou, ako súčasťou komplexnej rehabilitácie, posúvajú vekovú hranicu realizácie reedukácie a významnou mierou sa zvyšuje efektívnosť binokulárneho videnia, kedy pacient používa obidve oči naraz. Pacienti popritom absolvujú aj konvenčné cvičenia, ktoré sú zamerané na rozvíjanie vnímania svetelných podnetov, zjemňovanie farbocitu, zlepšenie orientácie v priestore a iné.

Cieľom tejto práce je oboznámenie spoločnosti o priebehu liečebnej rehabilitácie tupozrakosti pomocou Oculus Rift a konvenčných cvičení. Pri písaní bakalárskej práce sa zameriam aj na to, aké výsledky pacienti dosahujú po liečbe amblyopie použitím virtuálnej reality v porovnaní s kombinovanou liečbou.

# 1 Zrak a zrakové vnímanie

V tejto kapitole bude popísané, čo je zrak, ako funguje zrakové vnímanie, čo je úlohou zrakovej dráhy a do akých skupín delíme zrakové postihutia.

## 1.1 Ľudský zrak

Zrak je najfrekvencovanejším analyzátorom rozvoja každého jedinca. Prostredníctvom zraku je podané množstvo informácií v najkratšom čase. Pomáha nám pri orientácii v priestore, rozlišovaní tvarov, farieb a pod. [1]

Vedci sa pokúsili zistiť výkonnosť ľudského zraku, pričom kvantitu prijatých optických informácií počítali v bitoch za časovú jednotku. Zistilo sa, že ľudské oko prijíma približne 10 miliónov bitov za sekundu. Toto množstvo dokáže mozog spracovať a zredukovať na 16 bitov za sekundu, čo predstavuje množstvo, ktoré si dokážeme aktívne uvedomiť. [2]

Zložitosť optického vnímania znázorňuje vzor vizuálneho vnímania prezentovaný pomocou obrázku č. 1, v ktorom sú znázornené individuálne špecifiká jedinca a závislosť jeho zrakových schopností na faktoroch okolitého prostredia.



Obrázok 1: Vzor vizuálneho fungovania podľa A. van Corna [2]

## 1.2 Popis zrakovej dráhy

Jedná sa o neurologickú dráhu, ktorá spája oko so zrakovým centrom a tvorí ju sietnica, sietnicové receptory, sietnicové bunky, optický nerv, chiasma opticum, corpus geniculatum laterale, optický trakt, optická riadiaca a zrková kôra v okcipitálnom laloku mozgu. Vlákna nachádzajúce sa v optickom nerve a optickom trakte sú sietnicové gangliové bunky. [3]

*Sietnica* je najvnútornejší obal očnej gule s dvoma časťami – slepou časťou (pars caeca retinae), umiestnenou pred ekvátorom, a optickou časťou (pars optica retinae), umiestnenou za ekvátorom. Tieto dve časti od seba oddeľuje zubovitá časť (ora serrata). Histologicky sa optická časť sietnice skladá z desiatich vrstiev – 1. pigmentový epitel, 2. vrstva fotoreceptorov (tyčinky a čapíky), 3. vnútorná membrána, 4. vonkajšia jadrová vrstva, 5. vonkajšia plexiformná vrstva, 6. vnútorná jadrová vrstva, 7. vnútorná plexiformná vrstva, 8. vrstva gangliových buniek, 9. vrstva nervových vlákien a 10. vnútorná hraničná membrána. Vo vnútornej vrstve sietnice sa nachádzajú fotoreceptory (tyčinky a čapíky) a neuróny, ktoré prostredníctvom zrkového nervu odvádzajú informácie z fotoreceptorov do mozgu. V sietnici rozlišujeme štyri typy buniek – gangliové, bipolárne, horizontálne a amakrinné. [4]

*Receptívne pole sietnicových buniek* je časť sietnice, ktorá ak je stimulovaná, vyvoláva vzrušivú alebo spomalenú reakciu v neuróne. Receptívne polia pozostávajú na základe vzájomného prepojenia v zrakovej dráhe. Čím bližšie sa receptívne polia buniek nachádzajú k sietnici, tým sú menšie, čím ďalej od sietnice a bližšie ku zrakovej dráhe, tým sú väčšie. V centrálnej oblasti sú receptívne polia malé, v periférii väčšie. Zrková ostrosť súvisí s veľkosťou receptívnych polí. [3]

*Nervové vlákna sietnice* a rozdelenie axónov gangliových buniek sietnice sa dá popísať z dvoch dôležitých hľadísk. Vlákna, pochádzajúce z makuly, majú tvar známy ako vretenovitý makulo-papilárny zväzok. Jedna tretina všetkých gangliových buniek sa sústreďuje práve do makulo-papilárneho zväzku. Z temporálnej časti sietnice vychádza oblúkové rozdelenie axónov, ktoré dáva názov oblúkovým vláknám. Oblúkové vlákna sú od seba oddelené pomocou anatomickej hranice - tzv. horizontálneho švu. [3]

*Corpus geniculatum laterale (CGL)* sa delí na dva typy, a to pravé a ľavé CGL, ktoré slúžia k zrkovému prenosu z centier hypothalamu. Taktiež prispieva k presnému odhaleniu obrysov a tvarov zrkových podnetov. Koronárna oblasť CGL sa skladá zo šiestich vrstiev nervových buniek. Prvé dve z týchto vrstiev sa nazývajú magnocelulárne, pretože obsahujú



veľké bunky. Tento typ vrstiev napomáha motorike. Ostatné vrstvy sú parvocelulárne a skladajú sa z menších buniek než magnocelulárne. Tieto vrstvy slúžia k hodnoteniu centrálneho videnia. Projekcia axónov sa deje oddelene pre každú sietnicu, ako pre vlákna neskrížené tak pre vlákna skrížené. [3,5]

*Zraková kôra* je oblasť známa aj pod pojmom „ryhovaná“ kôra. Ryhovaný vzhľad kôry spôsobujú pruhy alebo striedanie prítomných dendritov axónov. V zrakovej kôre sa nachádza šesť vrstiev vyznačujúcich sa druhom bunky, ktorú je možné nájsť v každej vrstve. Vývoj zrakovej kôry charakteristicky nasleduje model vývoja ostatných častí mozgovej kôry. V zrakovej kôre sa nachádza centrum fúzie. [3]

Zorné pole je časť priestoru, ktorá sa premieta cez optický systém oka na zrkovú časť sietnice. To znamená, že zorné pole je viditeľnou časťou priestoru. Jeho rozsah sa zaznamenáva v stupňoch odchýlky od základnej pohľadovej línie a približne sa rozširuje 100° temporálne, 60° nazálne, 60° hore a 70° dole. K obmedzeniu zorného poľa dochádza vo všetkých smeroch, ale v temporálnej časti je to najviac zapríčinené vplyvom prítomnosti obočia, nosa a líc. [3]

### **1.3 Rozlíšenie refrakčných zrakových postihnutí**

Rozlíšenie zrakových refrakčných postihnutí vnímame podľa viacerých dôležitých kritérií [6] :

- Prvé kritérium zahŕňa stupeň zrakovej poruchy, či ide o jedinca binokulárne chybného, slabozrakého, čiastočne vidiaceho a nevidiaceho.
- Druhé kritérium určuje dobu, kedy došlo k poškodeniu, teda či sa jedná o vrodenú alebo získanú poruchu jedinca.
- Tretie kritérium sa týka etiológie, podľa ktorej delíme postihnutých na osoby s funkčnou zrkovou poruchou a osoby s orgánovou zrkovou poruchou.
- Štvrté kritérium diferencuje zrkové poruchy podľa ich trvania na krátkodobé postihnutie, opakujúce sa postihnutie a dlhodobé zrkové postihnutie.
- Medzi ďalšie kritéria patrí priebeh postihnutia, kedy majú jedinci zrkovú poruchu ustálenú alebo neustálenú a tiež úspešnosť liečby, na základe ktorej zistíme či sa jedná o reparaibilnú alebo ireparaibilnú zrkovú poruchu.

Poškodenie zraku môže mať za následok zníženie zrakovej ostrosti, obmedzenie alebo poškodenie zorného poľa a poruchu farebného videnia. [7]

Rozlíšením osôb so zrakovými poruchami sa zaoberala aj Svetová zdravotnícka organizácia - World Health Organization (WHO), ktorá člení zrakovu postihnutých do kategórií s určitým stupňom poruchy a ostrosti videnia. Tieto kategórie sú znázornené v nasledujúcej tabuľke.

**Tabuľka 1: Diferenciácia zrakových porúch podľa WHO [8]**

<b>Kategória</b>	<b>Stupeň poruchy</b>	<b>Ostrosť videnia – vízus</b>
Normálny zrak	Žiadna Ľahká	5/6, 6/7, 20/25 alebo lepší menej než 5/7, 6/7, 20/25
Slabý zrak	Stredná Silná	Menej než 5/15, 6/18, 6/20, 20/80 Menej než 5/40, 6/48, 20/160
Slepota	Hlboká Takmer úplná Úplná	Menej než 5/100, 3/60, 20/400 Menej než 5/300, 1/60, 3/200 Bez vnemu svetla

Klasifikáciu základných skupín jedincov so zrakovou poruchou vzhľadom na ich osobitné potreby charakterizujeme podľa tabuľky 2. Nevidiace osoby (úplná slepota, zachovalý svetlocit, zachovalé čiastočné videnie), slabozraké osoby (ťažký stupeň, stredný stupeň, ľahký stupeň), binokulárne postihnuté osoby (s tupozrakosťou, strabizmom, monokulus). [8]

**Tabuľka 2: Medzinárodné štatistické triedenie chorôb a pridružených zdravotných problémov MKN10 [8]**

<b>Kategorizácia zníženia zrakových schopností</b>	
.	<u>Stredná slabozrakosť</u> zrková ostrosť s najlepšou možnou korekciou: maximum menšie ako 6/18 (0,30) - minimum rovné alebo lepšie ako 6/60 (0,10); 3/10 - 1/10, kategória 1
.	<u>Silná slabozrakosť</u> zrková ostrosť s najlepšou možnou korekciou: maximum menšie ako 6/60 (0,10) - minimum rovné alebo lepšie ako 3/60 (0,05); 1/10 - 10/20, kategória 2
.	<u>Ťažká slabozrakosť</u> a) zrková ostrosť s najlepšou možnou korekciou: maximum menšie ako 3/60 (0,05) - minimum rovné alebo lepšie ako 1/60 (0,02); 1/20 - 1/50 b) koncentrické zúženie zorného poľa oboch očí pod 20° alebo jedného funkčného oka pod 45°, kategória 3
.	<u>Praktická slepota</u> zrková ostrosť s najlepšou možnou korekciou 1/60 (0,02), 1/50 až svetlocit alebo obmedzenie zorného poľa do 5 stupňov okolo centrálnej fixácie aj keď centrálna ostrosť nie je postihnutá, kategória 4
.	<u>Úplná slepota</u> strata zraku zahrňujúca stavy od úplnej straty svetlocitu až po zachovanie svetlocitu s chybnou svetelnou projekciou, kategória 5

Každé zrakové postihnutie, poškodenie, alebo porucha má svoju príčinu alebo pôvod.

K najfrekvencovanejším dôvodom zrakovej poruchy patria [9] :

- geneticky podmienená porucha, najčastejšie sa jedná o poruchu s autozomálnou recesívnou dedičnosťou a dystrofiou sietnice
- porucha intrauterínneho obdobia – röntgenové a rádioaktívne žiarenia
- perinatálne obdobie – poškodenie centrálnej nervovej sústavy a nedonosenosť detí
- faktory v postnatálnom období a detstve – osýpky a nedostatok vitamínu A.

Keďže zrakové postihnuté majú zníženú priepustnosť optického kanálu, príjem zrakových informácií je pre nich znemožnený alebo výrazne znížený. Aj preto majú špeciálne potreby pri edukovaní, pri pohybovaní a orientovaní sa v priestore v sebaobsluhovaní a komunikovaní prostredníctvom písanej reči.

Indikáciou pre špeciálnu výchovnú rehabilitáciu zrakové postihnutých môžu byť poruchy zraku alebo zrakového orgánu, v dôsledku ktorých dochádza k zmene v stavbe a činnosti zrakových orgánov a procesu videnia. Sem patria napr. ablácia sietnice, diplopia, glaukóm. [10]

## 2 BINOKULÁRNE VIDENIE

Binokulárne videnie je koordinovaná senzomotorická činnosť oboch očí, vďaka ktorej sme schopní spojiť 2 sietnicové obrazy toho istého bodu v 1 ostrý priestorový vnem. [11]

### 2.1 Jednoduché binokulárne videnie

Podmienkou na vytvorenie jednoduchého binokulárneho videnia (JBV) je správne fungovanie senzorickej a motorickej zložky.

Medzi senzoricke zložky patrí: normálne videnie oboch očí, približne rovnako veľké sietnicové obrazy, centrálna fixácia oboch očí, normálna retinálna korešpondencia, schopnosť fúzie, normálna funkcia zrakových dráh a centier.

Motorické zložky sú: paralelné postavenie očí pri pohľade do diaľky, voľná pohyblivosť očí vo všetkých smeroch, normálne funkcie motorických dráh a centier, a koordinácia akomodácie a konvergencie. JBV nie je vrodené, vyvíja sa zároveň s vývojom sietnice a zvlášť fovei. [7]

### 2.2 Vývoj binokulárneho videnia

Dieťa po narodení ešte nemá úplne vyvinutý zrak. Sú tu len predpoklady pre správne videnie, ale všetko závisí na vhodných stimuloch zraku v priebehu nasledujúcich zhruba 8 rokov, kedy je zrakový systém veľmi citlivý na akékoľvek podnety a zmeny. Jednotliví autori sa odlišujú v udávaní vekovej hranice, väčšinou sa pohybuje od 6 do 10 rokov. Tomuto obdobiu hovoríme senzitivne obdobie zraku. Dieťa sa rodí s foveou, ktorá je na úrovni okolitej sietnice, musí sa teda ešte len naučiť vidieť ostro a správne týmto miestom fixovať. V prvom týždni novorodenec iba rozlišuje svetlo a tmú, občas sa vyskytnú koordinované očné pohyby. V ďalších týždňoch a mesiacoch sa dieťa učí postupne fixovať daný predmet, najprv jedným okom, postupom času binokulárne. V treťom mesiaci vzniká reflex konvergencie a divergencie, dieťa je schopné sledovať bližšie aj vzdialené predmety. Okolo štvrtého mesiaca sa objavuje reflex akomodácie. Do 6 mesiacov od narodenia ešte nie je plne funkčná koordinácia očí, preto sú tu bežné blúdivé pohyby jedného či oboch očí. V tomto období sú už vytvorené podmienky pre binokulárne videnie, dieťa sa učí priestorovému vnímaniu. V šiestom mesiaci života je tiež zhruba dokončený vývoj fovei, ale dotvára sa až do veku 3 rokov. V prvom roku už môže mať dieťa rovnakú zrakovú ostrosť ako dospelý človek,

ale menšie zníženie vízu je v tomto veku normálne. Dokonalé priestorové videnie a koordinácia všetkých centier sa vyvíja v priebehu celého predškolského veku, kedy dochádza najmä k upevňovaniu už nadobudnutých funkcií. Dieťa si vytvára schopnosť jednoduchého binokulárneho videnia. Po ôsmom roku je vývoj zrakového systému a mozgových centier spracovávajúcich obraz ukončený a už ho nie je možné ovplyvniť, teda ani napraviť prípadné chyby. [11,12]

### **2.3 Patológia vo vývoji zraku**

Pre zrak je najrizikovejších prvých 18 mesiacov života, potom už citlivosť na podnety radikálne klesá. Okolo 6 rokov je už zrakový systém vyvinutý, ale funkcie nie sú ešte úplne zafixované, preto môže dôjsť pri dlhodobejšie neodpovedajúcej stimulácii k miernejšej patologickej zmene aj v tomto období. Ak dôjde v senzitivnom období, kedy sa vyvíja JBV, k nejakej poruche, normálny vývoj je prerušený a pokračuje patologicky. Vznikajú tak nežiaduce javy ako je diplopia (dvojité videnie) a konfúzia (v rovnakom smere sú videné rôzne objekty). Diplopia a konfúzia vzniká, ak obrazy pozorovaného predmetu nedopadajú na korešpondujúce miesta sietnice oboch očí, čo možno pozorovať pri strabizme. Na vznik týchto javov je schopný mladý a plastický zrakový systém dieťaťa reagovať adaptačnými mechanizmami, ktoré majú za úlohu vytvoriť dieťaťu pokiaľ možno ostrý a jednoduchý obraz. Medzi adaptačné mechanizmy, ktorým sa bude venovať nasledujúca kapitola, patrí supresia, amblyopia, excentrická fixácia a anomálna retinálna korešpondencia. Pri poruche JBV v neskoršom veku, najčastejšie po úraze či mozgovej mŕtvici, už zrakový systém nie je schopný reagovať adaptáciou. Diplopia a konfúzia sa teda prejaví v plnej miere. [13]

### **2.4 Adaptačné mechanizmy porúch JBV**

Ako je vysvetlené v predchádzajúcej kapitole, medzi adaptačné mechanizmy, ktoré kompenzujú poruchy JBV, patrí: supresia, amblyopia, excentrická fixácia a anomálna retinálna korešpondencia. Amblyopia je hlavnou témou tejto bakalárskej práce, preto jej bude venovaná samostatná kapitola. Je ale potrebné pochopiť aj ostatné procesy, keďže spolu často súvisia.

## **Supresia**

Supresia je útlm informácií prichádzajúcich z časti alebo z celej sietnice jedného oka sprostredkovaný zrakovými centrami.

Pri normálnej fyziologickej situácii zraková kôra vníma len to, na čo je zameraná naša pozornosť, teda 1 určitý predmet. Všetko ostatné, čo by mohlo vyvolávať rušivé vnemy - fyziologickú diplopiu, je schopná utlmiť. Ak je ale narušené JBV, z dôvodu strabizmu, anizotropie alebo inej príčiny, do každého oka vstupuje iný obraz pozorovaného predmetu, ak nie priamo obrazy dvoch úplne odlišných predmetov. V takom prípade mozgová kôra nie je schopná vnímať súčasne 2 rôzne obrazy na sebe.

U dieťaťa do 8 rokov je zrakový systém pružný a je schopný sa s takýmto videním vyrovnáť pomocou supresie. Oko, ktoré je dominantné, s lepším vízom alebo lepšie fixujúce, je uprednostnené pred okom slabším, ktorého retinálny obraz je postupne z mozgovej kôry utlmovaný. [11]

Supresia vzniká najčastejšie ako adaptácia práve na diplopiu a konfúziu spôsobenú strabizmom. U striedavého škúlenia vzniká striedavý útlm oboch očí, podľa toho, ktoré oko momentálne fixuje. U jednostranného škúlenia je útlm jednostranný na uchýlenom oku.

Supresia môže však nastať aj pri väčšej anizotropii, kedy je utlmené oko s výrazne horším vízom. Rozlišujeme makulárnu a periférnu supresiu. Supresia v makulárnej oblasti zabraňuje konfúzii a supresiou periférnej oblasti sietnice, ktorá zodpovedá smeru fixácie, sa centrálny nervový systém bráni diplopii.

Supresia je len dočasné adaptačné riešenie porúch JBV, ktoré sa prejavuje len pri binokulárnom videní. Za monokulárnych podmienok supresia nie je zrejماً. Ak je supresia dlhodobejšia a mozog už postihnuté oko nepoužíva ani k monokulárnemu videniu, útlm sa prehĺbuje do amblyopie. V takomto prípade hovoríme o tzv. Amblyopia ex anopsia - amblyopia z nepoužívania.

Prítomnosť supresie sa najčastejšie vyšetruje pomocou Worthových svetiel alebo Bagoliniho skiel, používajú sa aj polarizované testy. [14]

## **Excentrická fixácia**

Ďalším adaptačným mechanizmom, ktorý sa vyskytuje pri strabizme, a ktorý sa často objavuje spoločne s amblyopiou, je excentrická fixácia. Predpokladom normálnej zrakovej ostrosti je fixácia pozorovaného predmetu foveou - teda miestom najostrejšieho videnia na sietnici. Ak sa takto deje, hovoríme o normálnej centrálnej fixácii. Ak pri monokulárnom aj

binokulárnom videní prevezme funkciu fovei škúliaceho oka iný bod sietnice, vzniká excentrická fixácia. K adaptačnému javu dochádza priamo na sietnici. Najčastejšie sa objavuje u malých škúliacich deťoch alebo pri neliečenej amblyopii. Podľa lokalizácie fixujúceho miesta na sietnici rozlišujeme fixáciu parafoveolárnu (fixujúci bod je vo vzdialenosti  $1^{\circ}$  -  $3^{\circ}$  od anatomickej fovei), paramakulárnu (vo vzdialenosti  $3^{\circ}$  -  $5^{\circ}$  od fovei) a periférnu fixáciu (viac ako  $5^{\circ}$  od fovei). Mnoho moderných oftalmoskopov je už dnes vybavených zameriavacou sieťou pre možné zmeranie tejto vzdialenosti. Čím je vzdialenosť od fovei väčšia, tým možno očakávať horšiu zrakovú ostrosť a teda aj hlbšiu amblyopiu. [14,15]

### **Anomálna retinálna korešpondencia (ARK)**

Oproti excentrickej fixácii je ARK binokulárne adaptačný jav, u ktorého je monokulárne videnie oboch očí väčšinou v poriadku. Skutočné fovey majú pri binokulárnom videní rôzne smerové hodnoty, ale pri monokulárnom premeraní je smerová hodnota

normálna. Jedná sa o binokulárnu nedokonalú senzorickú adaptáciu na škúlenie, respektíve diplopiu. K adaptácii dochádza podvedome až v kôrovej zrakovjej oblasti, teda je tu zmena len v senzorickej zložke, nie anatomickej. [16]

ARK vzniká pozvoľna pri dlhotrvajúcom strabizme, ktorý nie je liečený. Objavuje sa až u 60 % škúliacich detí. Ak sa strabizmus objaví do veku 2 rokov, ARK je prítomné takmer vždy. Keďže strabizmus je často sprevádzaný aj amblyopiou, môže vzniknúť kombinácia amblyopie a ARK. ARK je tiež častý sprievodný jav pri excentrickej fixácii. [11]

Uhol medzi foveou a anomálnym korešpondujúcim bodom odchýleného oka je popisovaný ako uhol anomálie. ARK môžeme podľa veľkosti tohto uhla rozdeľovať na harmonickú, disharmonickú a paradoxnú. U harmonickej ARK je uhol anomálie rovnaký ako uhol odchýlky oka, čiže sa jedná o plnú kompenzáciu diplopie a konfúzie vychádzajúcej zo strabizmu. Disharmonická ARK už nie je plne kompenzovaný stav keďže uhol anomálie je menší než uhol strabizmu. Paradoxná ARK naopak pôvodný stav ešte zhoršuje, uhol anomálie je buď väčší než odchýlka oka, prípadne môže smerovať na opačnú stranu. Tento typ sa vyskytuje najčastejšie po operácii strabizmu. [14,16]

Vyšetrenie ARK je možné vykonať pomocou Worthových svetiel Bagoliniho skiel, testu s červeným filtrom alebo následných obrazov.

### 3 Amblyopia

Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, najdiskutovanejším adaptačným mechanizmom porúch JBV je amblyopia. Prejavuje sa v útlom veku dieťaťa, preto musí byť čo najskôr odhalená a zahájená jej liečba. Liečba je najúčinnějšía u detí v predškolskom veku. Ak sa s ňou nezačne včas, hrozí pacientovi handicap na celý život. Horná veková hranica liečenia je do 8 rokov. Od 8 rokov je nádej na vyliečenie amblyopie minimálna. Rizikovou skupinou pre vznik tejto vady sú deti, u ktorých sa v rodine vyskytuje strabizmus (škúlenie) a amblyopia. Prejavuje sa však aj u detí, ktoré nemajú žiadne dedičné predispozície. Predpokladom pre najlepšie výsledky liečby amblyopie je skorý záchyt, správny liečebný postup a dostatočná motivácia rodiny. [17]

V Slovenskej a Českej republike sa s rizikom vzniku amblyopie ročne rodí 3-5 % detí. Liečba sa musí začať čo najskôr, najlepšie pred 4. rokom veku dieťaťa, kedy je možné úplné vyliečenie. Podľa štatistík má každé dvanásť dieťa vo veku 4 rokov neurčenú očnú vadu. [18]

#### 3.1 Definícia

Amblyopia čiže tupozrakosť je funkčná vada zraku, pri ktorej dochádza k poklesu zrakovkej ostrosti aj s optimálnou korekciou bez anatomického nálezu na oku. Tupozrakosť možno primárne pozorovať na jednom oku. Obojstranná tupozrakosť sa nevylučuje, tá však vzniká ako následok bilaterálnej zrakovkej deprivácie napr. pri kongenitálnej katarakte (vrodený šedý zákal). Tupozrakosť je najčastejšie spojená s jednostranným strabizmom (škúlenie) a s anizometriou (rozdiel dioptrické hodnoty pravého a ľavého oka). [19, 20, 21]

Amblyopické videnie má určité špecifiká. Všeobecne možno povedať, že dochádza ku zníženiu zrakovkej ostrosti aj s možnou korekciou bez morfológického nálezu na sietnici. Medzi prvé zvláštnosti patrí *crowding fenomén*. Pacientovi sa zlepši zraková ostrosť pri čítaní izolovaných znakov oproti čítanie celých riadkov na optotypy. Ďalším špecifikom pri amblyopickom videní je účinok neutrálneho filtra, ktorý redukuje osvetlenie a tým sa znižuje rozdiel v zrakovkej ostrosti medzi amblyopickým a zdravým okom. [22]



### 3.1.1 Klasifikácia

- *Klasifikácia podľa príčiny vzniku:*

1.) Organická amblyopia: Spôsobená patologickými alebo anatomickými abnormalitami sietnice. [24]

Ďalej ju rozdeľujeme nasledovne:

a) *Spôsobená chorobami sietnice* - napr. receptorová dystrofia, vrodené makulárne (makula - žltá škvrna) krvácanie.

b) *Nutričná amblyopia* - vzniká vplyvom nedostatku výživy najčastejšie z dôvodu metabolických porúch alebo mentálnej anorexie a bulímie.

c) *Toxická amblyopia* - vzniká vplyvom otravy (napr. arzénom, olovom alebo chinínom), pričom jed poškodí najprv gangliové bunky a potom vlákna optického nervu. O alkoholovej a tabakovej amblyopii sa stále špekuluje, či by mali byť klasifikované ako druh toxickej alebo nutričnej amblyopie, napriek tomu sa častejšie klasifikujú ako toxické.

d) *Idiopatická alebo vrodená amblyopia* - amblyopia vzniknutá z neznámej príčiny. Dnes pomocou moderného elektrofyziologického testovania a zobrazovacích techník možno odhaliť patologickú príčinu vzniku tejto amblyopie. V niektorých prípadoch môže byť prítomná kortikálna a subkortikálna patológia. [3, 23]

2.) Funkčná amblyopia: Pri amblyopii tohto typu nie sú prítomné žiadne organické poškodenia. [24]

Funkčnú amblyopiu delíme nasledovne:

a) *Stimulačná (zraková) depriváčna amblyopia* - strata zraku spôsobená zákalom, rohovkovou jazvou alebo oklúziou optického média (napr. kongenitálna katarakta, ptóza). Môže vzniknúť aj na oku bez amblyopie pri oklúznej alebo atropínovej terapii, teda vplyvom nadmernej oklúzie.

b) *Amblyopia pri strabizme* - vzniká na oku, ktoré nefixuje vplyvom strabizmu počas kritického obdobia. Stupeň amblyopie pri strabizme závisí na dobe vzniku strabizmu počas kritického obdobia. Po ôsmom roku života sa väčšinou tento typ amblyopie nedá efektívne riešiť, a to z dôvodu už neprispôsobivej plasticity zrakového systému. Toto sa však individuálne líši. Amblyopia spôsobená strabizmom sa nazýva amblyopia ex anopsia.

c) *Anizometropická amblyopia* - vzniká vplyvom rozmazaného obrazu viac ametropického oka, obvykle vzniknutého neliečenou anizometriou, a to hypermetropickou.

d) *Refrakčná amblyopia* - vzniká vplyvom obojstranného rozmazaného obrazu spôsobeného nekorigovanou refrakčnou vadou. Obvykle pri hypermetropii zahŕňa aj meridiálnu amblyopiu, ktorá sa vyskytuje pri hlavnom reze vysokého nekorigovaného astigmatizmu.

e) *Psychogénna (hysterická) amblyopia* - amblyopia psychologického alebo neurologického pôvodu, kedy dochádza ku zrakovým adaptačným reakciám.

f) *Izoametropická amblyopia* - vzniká pri vysokej, napriek tomu klinicky rovnakej, nekorigovanej refrakčnej chybe na oboch očiach a to vplyvom obojstrannej (bilaterálnej) zrakovej deprivácie. Amblyopiu spôsobujú obojstranné výrazne rozmazané retinálne obrazy. [3,23,25]

- *Klasifikácia podľa hodnoty zrakovej ostrosti na postihnutom oku:*
  - a) amblyopia ľahká (6/9 až 6/18)
  - b) amblyopia stredná (6/24 až 6/60)
  - c) amblyopia ťažká (6/60) [26]

## **3.2 Diagnostika amblyopie**

Prvotné hodnotenie amblyopie (anamnestické a fyzikálne hodnotenie) by malo obsahovať všetky komponenty celkového oftalmologického zhodnotenia so zvláštnym dôrazom na potenciálne rizikové faktory amblyopie, medzi ktoré sa radí pozitívna rodinná anamnéza na strabizmus, amblyopia alebo nepriehľadnosť v očných médiách.

### **3.2.1 Anamnéza**

Hoci detailná anamnéza všeobecne zahŕňa nižšie uvedené položky, presné zloženie sa mení v závislosti s konkrétnymi problémami pacienta a jeho potrebami [27, 28, 29, 30, 31]:

- Demografické dáta zahŕňajúce anamnézu rodičov, pacientovo pohlavie a dátum narodenia
- Hlavné ťažkosti a dôvod očného vyšetrenia
- Súčasné očné problémy
- Očná anamnéza zahŕňajúca ochorenia, diagnózy a liečby pred súčasnými očnými problémami

- Osobná anamnéza; pôrodná váha; predpôrodná a popôrodná anamnéza, ktorá môže byť dôležitá; minulé hospitalizácie a operácie; celkový zdravotný stav a vývoj
- Užívané lieky a alergie
- Celková rodinná anamnéza
- Posúdenie stavu oka

### **3.3 Vyšetrenie**

Vyšetrenie oka spočíva vo vyhodnotení zrakových funkcií, anatomického stavu oka a zrakového systému. Je dobré zaznamenať úroveň spolupráce pacienta v priebehu vyšetrenia, pretože táto informácia môže byť užitočná pri interpretácii výsledkov a pri porovnávaní vyšetrení v čase. Na zistenie amblyopie sa používa viacero vyšetrovacích metód. Vyšetrenie amblyopie by malo zahŕňať hlavne nasledujúce príklady, ktoré spolu úzko súvisia. [27, 28, 29, 30, 31]

#### **3.3.1 Posudzovanie zrakovej ostrosti a fixačného obrazca**

Vhodná metóda pre vyšetrenie zrakovej ostrosti sa mení v závislosti od veku pacienta a miere jeho spolupráce. Najprv sa vyšetří jedno oko a potom druhé. Oko, ktoré sa nevyšetruje, musí byť dôkladne zakryté pomocou nepriehľadného materiálu, ktorý však nesmie na oko tlačiť, aby nedošlo ku skresleniu vízu pri odkrytí. Ak pacient nevidí dobre odkrytým okom, bude sa snažiť rôzne natáčať hlavu alebo hľadať, či nie je u zakrytého lepšieho oka medzera, cez ktorú by si mohol pomôcť. Toto správanie môže upozorniť na možnú existenciu amblyopie alebo nystagmu. Preto musí pri vyšetrení špecialista strážiť, aby pacient držal hlavu vzpriamene s pohľadom dopredu. V prípade nystagmu sa zraková ostrosť vyšetruje binokulárne.

Je ťažké vyšetriť zrakovú ostrosť u malých detí, pretože sa nevedia presne vyjadriť ani úplne opísať to, čo vidia. Existujú však metódy, ktoré možno použiť na orientačné zhodnotenie zrakovej ostrosti aj u veľmi malých detí. U novorodencov sa ako prvá testuje reakcia na svetlo, čím sa dá vylúčiť slepota. Pomocou oftalmoskopu osvetľujeme zreničku, ktorá by mala reagovať stiahnutím. Rovnakým spôsobom by mala reagovať aj druhá, teda neosvetlená zornička. Ak táto reakcia chýba, existuje riziko výskytu slepoty osvetleného oka.

U detí do dvoch rokov sa videnie zisťuje ukazovaním známych predmetov zo vzdialenosti 4 m pri striedavom zakrytí jedného oka. Ak sa dieťa bráni zakrytiu jedného oka, môže toto správanie naznačovať prítomnosť amblyopie. Ďalšou možnosťou je tzv. preferencia looking test. Ide o špeciálne terče s kontrastnými čiernobielymi pruhmi, ktoré sa zhusťujú a postupne sa dieťaťu mihajú pred očami oproti šedému podkladu a sleduje sa reakcia dieťaťa na ne. Ak sa dieťa pozrie v smere terča s pruhmi, potom sa pokračuje s ďalším viac zahusteným terčom a to tak dlho, kým dieťa reaguje. Všeobecne platí, že na čím zhustenejšie terče dieťa reaguje, tým lepšiu zrakovú ostrosť u neho možno predpokladať. Ďalšou testovacou metódou, ktorú môžu vykonávať rodičia v domácom prostredí, je tzv. Bocková metóda. Rodičia zalepia dieťaťu jedno oko a rozsypú okolo neho malé farebné guľôčky na zdobenie torty. Keď dieťa tieto guľôčky zaujmú a začne ich zbierať, dá sa predpokladať, že odkrytým okom vidí dobre. Pokiaľ sa ale o guľôčky nezaujíma, indikuje to možnú amblyopiu v odkrytom oku.

Medzi druhým a tretím rokom veku dieťaťa sa dajú na určenie zrakovej ostrosti použiť prvé jednoduché obrázkové optotypy. To však vyžaduje, že rodičia najprv doma svoje dieťa naučia spoznávať a správne určovať obrázky, ktoré sa pri vyšetovaní používajú. Od tretieho roku veku sa v ordináciách používajú Pflügerove háky. Ide o písmeno "E", ktoré je zobrazené v rôznych polohách. Dieťa drží v ruke model rovnakého písmena alebo si môže pomôcť prstami, keď chýba model, a ukazuje presné natočenie znakov na optotypoch. Pflügerove háky sú rýchlou a presnou metódou, ktorú je možné považovať za smerodajnú pri určovaní vízu do diaľky a do blízka. Od školského veku, kedy dieťa už rozpozná všetky písmená, sa prechádza k Snellovým optotypom.

Testovanie zrakovej ostrosti pacienta by malo byť pri štandardizovaní pri každej návšteve vyšetrovne. Je potrebné zdôrazniť použitie rovnakej pozorovacej vzdialenosti a nemenných svetelných podmienok. Niektorí pacienti sú viac prístupní na testovanie z kratších vzdialeností. Je všeobecne známe, že hlavne malé deti niekedy profitujú z kratšej vzdialenosti a to hlavne v prípade, keď je predpokladaný deficit zraku alebo pozornosti. Špecialista by mal izolovaným znakom udáva veľkosť poruchy rozlišovacej schopnosti. Rozdiel môže byť významný. Na izolovaných znakov môže byť vízus 6/6, avšak na riadkovom optotype môže činiť len 6/60. Pacienti by mali byť motivovaní v čo možno najskoršom veku k tomu, aby sa učili testy, ktoré sú ekvivalentné k optotypu. [27, 28, 29, 30, 31]

### **3.3.2 Červený reflex ( Brücknerov binokulárny test )**

Vyšetrenie červeného reflexu a binokulárny test na červený reflex by mal byť vykonaný za účelom identifikácie prípadných zákalov v očných médiách. Červený reflex každého oka je zhodnotený pohľadom do každého oka pri použití priameho oftalmoskopu zo vzdialenosti asi 40 cm. Lekár by mal overiť, či je prítomný červený reflex u oboch očí, či sú červené reflexy oboch očí symetrické a či je množstvo červeného reflexu normálne pre konkrétne dieťa.

Binokulárny test na červený reflex (Brücknerov test) dovoľuje vyhodnotenie čistoty zrakové osi, nepriame vyhodnotenie postavenia očí a konečne veľkých alebo symetrických refrakčných vád. Binokulárny test na červený reflex sa vykonáva v slabo osvetlenej miestnosti a lekár je vo vzdialenosti asi 75 cm od dieťaťa. Lekár súčasne osvieti obe zreničky. Binokulárne červený reflex sa vytvorí najväčším kruhovým svetlom priameho oftalmoskopu zacieleným na povrch oka, zvyčajne v pozícii nula. Lekár potom hodnotí kvalitu červenosti, ktorú vidí v zrenici dieťaťa. Normálne by mal byť červený reflex z oboch očí rovnakej farby a jas. Abnormality zahŕňajú asymetrické reflexy, keď jeden reflex je matný alebo inej farby, prípadne biely reflex, čiastočne alebo úplne zahmlený reflex alebo sú v reflexe prítomné polmesiačky. [27, 28, 29, 30, 31]

### **3.3.3 Vyšetrenie zreničiek**

Už u malých detí by sa mali vyšetrovať zreničky na priamu a konsenzuálnu odozvu na svetlo a na prítomnosť možných aferentných defektov. Toto môže byť vykonané pomocou bodového svetielka, priamym oftalmoskopom alebo transiluminátorom. Vyhodnotenie zreničky u novorodencov a detí môže byť ťažké kvôli aktívnemu hipusu alebo posunu pacientovej fixácie a stavu akomodácie. Ak je však prítomný aferentný pupilárny defekt, lekár by mal dôkladne posúdiť etiologické príčiny asymetrickej funkcie optického nervu namiesto okamžitého prisudzovania nálezu amblyopii, pretože amblyopia nebýva často spojená s detekovateľným pupilárnym aferentným defektom. [27, 29, 30, 31]

### **3.3.4 Pohyblivosť a postavenie očí**

Postavenie očí je vyhodnocované pomocou rohovkového reflexu na svetlo, binokulárneho testu na červený reflex (Brücknerov test) alebo pomocou zakrývacieho testu. Ak je to možné, tak sa používajú zakrývacie / odkrývacie a striedavo zakrývacie testy v primárnom pohľade do diaľky a pri akomodácii na cieľ do blízka. Okrem dostatočného videnia pre fixáciu na cieľ tieto testy vyžadujú spoluprácu pacienta a interakciu s lekárom. U malých dojčiat by tiež mali byť testované očné verzie a dukcie. U nepozorného alebo nespolupracujúceho pacienta môžu byť pohyby očí testované manévrom okulocefalických rotácií (fenomén hlavy bábky) alebo vyhodnotením spontánneho pohybu očí. Ak sa vyšetruje malé dieťa so strabizmom, je dôležité zhodnotiť funkciu šikmého okohybného svalu, avšak je potrebné uviesť, že vyšetrenie môže byť zložité. Ak máme podozrenie na strabizmus alebo je už odhalený, je tiež oprávnené ho hodnotiť. [27, 28, 29, 30, 31]

### **3.3.5 Vyšetrenie vonkajších očných adnexov**

Toto vyšetrenie zahŕňa hodnotenie očných viečok, rias, slzného aparátu a očnice. Mala by byť zaznamenaná anatómia tváre (vrátane viečok, medziočnej vzdialenosti a prítomnosti alebo absencie epikantálnej riasy) a prítomnosť anomálií. Tiež by mala byť zdokumentovaná pozícia hlavy a tváre (vrátane náklonu a pootočenia). Deti s výraznou epikantálnou riasou a normálnym postavením očí sa môžu javiť ako ezotropické (pseudoezotropia). Individuálne rysy, ktoré sú nezvyčajné pre rodinu, môžu znamenať prítomnosť kongenitálnej anomálie a vyžadujú vyhodnotenie ďalších fyzikálnych abnormalít (napr. uší, rúk). [27, 28, 29, 30, 31]

### **3.3.6 Vyšetrenie predného segmentu oka**

Pokiaľ je to možné, mala by byť pomocou štrbinovej lampy vyšetrená rohovka, predná komora, dúhovka a šošovka pre hodnotenie prípadných zákalov v očných médiách. Vyhodnotenie štrbinovou lampou sa vykonáva u starších detí alebo u mladších detí, ktoré dobre spolupracujú. Pri dojčatách a malých deťoch môže byť užitočná príručná štrbinová lampa. Niektoré deti potrebujú podprieť, upokojiť alebo podstúpiť očné vyšetrenie pod celkovou anestéziou v prípadoch, keď je zrejماً abnormalita, ktorá ospravedľňuje detailné vyšetrenie. [27, 29, 30, 31]

### 3.3.7 Skiascopia a refrakcia v cykloplégii

Pre diagnózu a liečbu amblyopie alebo strabizmu je dôležité určiť všetky refrakčné chyby. Pacientovi by sa mala spraviť presná cykloplegická refrakcia a to buď skiaskopom, pomocou skiaskopických líšt alebo subjektívnou refrakciou. Pred cykloplégiou sa dá získať rýchle vyhodnotenie akomodačných funkcií pomocou dynamickej mohindrovej skiascopia, ktorá môže byť obzvlášť vhodná predovšetkým u detí s vysokou hypermetropiou a nie je pri tom potrebná mydriáza. Avšak pre presné určenie refrakcie u detí je cykloplégia nutnosťou. Je vhodné použiť, medikament v podobe očných lokálnych kvapiek, pretože má rýchly účinok a vytvára cykloplégiu (mydriázu), ktorá má podobný efekt ako atropín, ale vykazuje kratšie pôsobenie. Častejšie sa používa 1 % cyklopentolát, ale je tiež možné použiť 2 % cyklopentolát. Koncentrácia cyklopentolátu by mala byť určená na základe váhy dieťaťa, zafarbenia dúhovky a anamnézy rozšírenia. U očí so silnou pigmentáciou dúhovky, je občas nutné použiť podporné činidlá ako tropikamid alebo fenylefrín hydrochlorid na dosiahnutiu maximálnej cykloplégie. Aplikácia lokálnych anestetík pred cykloplégiou zmierňuje cykloplegický účinok a podporuje jeho penetráciu do oka.

K presnému stanoveniu refrakcie u malých detí sa často dospeje až po opakovanom vyšetrení. Skiascopia zostáva základnou metodikou u dojčiat a malých detí odmietajúcich spoluprácu na automatických prístrojoch. Princíp vyšetrenia vychádza z hodnotenia nepomeru lomivosti optických prostredí a dĺžky oka. Vyšetrujúci lekár skiaskopom hodnotí svetelný reflex od očných pozadí dieťaťa. Predkladaním šošoviek v skiascopickej lište, sa postupne zosilňuje ich hypermetropická a myopická hodnota. [5, 27, 28, 29, 30, 31]

### 3.3.8 Vyšetrenie očného pozadia

Vyšetrenie štruktúr zadného segmentu je najlepšie vykonať pomocou nepriameho oftalmoskopu a mal by byť vyšetrený zrkový terč, makula, sietnice, cievy a cievnatka. U detí pri plnom vedomí môže byť ťažké alebo dokonca nemožné vyšetriť perifériu sietnice. V týchto prípadoch je potrebné aplikovať sedatíva alebo vykonať celkovú anestéziu.

### **3.3.9 Overovanie binokularity a priestorovej zrakovej ostrosti**

Testovanie binokulárneho splynutia pomocou Worthového 4 - bodového svetla sa využíva najmä v prípade, ak sa vyskytuje okohybná odchýlka alebo výskyt stereopsie. Pri tomto vyšetrení je dôležité aby vyšetrujúci sledoval oči pacienta kvôli očným pohybom a alternácii. Môže dôjsť k skresleným výsledkom preto by sa mali ukázať svetlá pacientovi až po predradení červeného a zeleného filtra. Ďalšou možnosťou overenia binokularity je Random Dot E test alebo Stereo Fly test, s použitím polarizačných okuliarov, cez ktoré sa pacient pozerá na stereotest. Tento test môže byť užitočný pri detekcii zlého postavenia očí alebo amblyopie. [27]

### **3.3.10 Monokulárna fixácia**

Správnou metódou pre hodnotenie monokulárnej fixácie je oftalmoskopia pri použití oftalmoskopu s kalibrovaným fixačným cieľom. Lekár by mal identifikovať, či je prítomná excentrická fixácia a zhodnotiť charakteristiky excentrickej fixácie ako je umiestnenie, veľkosť a stálosť. Ak nie je prítomný žiadny foveálny reflex, môže byť vhodné pre hodnotenie monokulárnej fixácie entopické testovanie napr. Haidingerove kefky, Maxwelllove škvرنy alebo vynárajúca sa textová kontúra. [28, 29, 30, 31]

### **3.3.11 Akomodácia**

Hodnotenie akomodačných funkcií zahŕňa testovanie monokulárnej veľkosti akomodácie (metóda push-up alebo mínusové šošovky) a jej schopnosti (plus-mínus prehadzovacia metóda). U pacientov bez strabizmu môže byť vyhodnotenie akomodačnej presnosti intervalu vykonané pomocou monokulárnej odhadovej metódy. [28]

Testovanie binokulárneho splynutia (Worthov 4 bodový test) alebo výskyt stereopsie (Random-Dot E test alebo Stereo Fly test) môžu byť užitočné pri detekcii zlého postavenia očí alebo amblyopie. Amblyopia s absenciou strabizmu, nerovnomerná refrakčná vada alebo výskyt opacít v médiu sa vyskytujú zriedka. Preto by sa mali poctivo hľadať alternatívne diagnózy v súvislosti so zrakovou stratou, u ktorej nie je prítomná žiadna zrejma príčina. [27]



## 4 Terapeutické metódy liečby amblyopie

V predošlej kapitole je podrobne rozpracované, ako prebieha vstupné vyšetrenie u optometristu a následne aj u očného lekára. Tieto vyšetrenia musí pacient absolvovať aby sa zistilo, ktorá metóda liečby bude konkrétne preňho najvhodnejšia. V dnešnej dobe existuje mnoho foriem cvičení amblyopického oka.

### 4.1 Konvenčné cvičenia

Klasickými konvenčnými cvičeniami sú ortoptické a pleoptické cvičenia, okluzor a korekcia okuliarmi.

*Pleoptika* je pri liečbe amblyopie veľmi dôležitou súčasťou najmä u pacientov s ťažším stupňom amblyopie. Pomocou pleoptického cvičenia by sa mal čo najviac zlepšiť vŕzus amblyopického oka a následne pridaním ortoptických cvičení aj obnoviť jednoduché binokulárne videnie. Znevýhodnenie lepšie vidiaceho oka sa prevádza pomocou okluzoru a v prípade, že je prítomná obojstranná amblyopia, toto cvičenie sa vykonáva striedavo na ľavom a pravom oku.

#### *Aktívne pleoptické liečenie*

Pacient dokáže tupozraké oko používať pri realizácii rôznych úloh na blízko pomocou sluchu, hmatu a pamäti. Pleoptické cvičenie by malo byť pre pacienta čo najviac zábavné a záživné. Jednoduchým cvičením je obkresľovanie, vystrihovanie, skladanie kociek a pod. Ďalšou pleoptickou liečbou je Starkiewiczzove lokalizačné cvičenie, pri ktorom spolupracuje oko s končatinou. V rámci tohto cvičenia sa pacient hrá s loptou (stolný tenis, hádzaná, vybíjaná), skáče alebo chodí po rôznych značkách a pod.

*Lokalizátor* je jednoduchý prístroj určený na aktívnu pleoptiku. Pri tomto cvičení pacient zakrýva prstom otvory v kovovej podložke, ktoré sú postupne rozsvetované. Veľkosti otvorov sa môžu predkladaním ďalších dosiek postupne meniť.

*Korektor* je takisto používaný pri pleoptickej liečbe. Pomocou kovovej ceruzky, zapojenej do prúdového okruhu, pacient obťahuje obrázok vyrytý na kovovej podložke. Ak pacient prekročí líniu obrázku, upozorní ho zvukový a svetelný signál. Korektor je vhodné použiť až po absolvovaní cvičení s lokalizátorom. [11]

Ďalšie možnosti zábavného cvičenia pri pleoptickej liečbe sú - špeciálne okienko na čítanie, pexeso a rôzne pracovné listy určené na rozvoj pohybov oka, priestorovej orientácie, pamäti a pozornosti. [32]



**Obrázok 2: Lokalizátor so svetielkom [11]**



**Obrázok 3: Korektor [11]**

Ortoptika sa snaží obnoviť poškodené jednoduché binokulárne videnie. Predpoklady na ortoptickú liečbu sú [11]:

- Centrálné fixovanie obidvoch očí
- Normálne pohybovanie obidvoch očí
- Vyrovnaná zrková ostrosť
- Normálna retinálna korešpondencia
- Oči so žiadnou alebo len malou úchylkou
- spolupráca normálne inteligentného dieťaťa

Ortoptické prístroje sú založené na disociácii, to znamená, že do každého oka sú premietané trochu rozdielne obrázky.

#### *Priebeh ortoptickej liečby*

V prvej fáze liečby je dôležité odľahčiť a cvičiť SP pomocou troposkopu, synoptoforu, zrkadlového stereoskopu a cheiroskopu. Následne na to sa nacvičuje fúzia a cvičí jej šírka troposkopom, zrkadlovým stereoskopom, diploptikou, prizmami a Holmesovým stereoskopom. Ďalšou neoddeliteľnou súčasťou liečby je cvičenie stereopsie a pohyblivosti pomocou troposkopu, Holmesovho stereoskopu a svalového trenažéru. V poslednej fáze sa cvičí konvergencia a správny vzťah akomodácie a konvergenzie pomocou konvergenčného trenažéru, Rémyho separátora a diploskopu. [11]



**Obrázok 4: Holmesov stereoskop [11]**

*Okluzor (prekrytie)* na vedúcom oku predstavuje ďalšiu z možností liečby tupozrakosti. Cieľom okluzoru je zlepšiť zrakovú ostrosť a zmenšiť útlm tupozrakého (nezakrytého) oka taktiež má význam ako prevencia vzniku anomálne retinálnej korešpondencie, kedy sa oči nepozerajú súčasne. [11]

Možnosti oklúzie [11]:

- priama – okluzor je na vedúcom oku
- nepriama – okluzor je na amblyopickom oku
- totálna – úplné vyradenie videnia vedúceho oka okluzorom z umelej hmoty, kože, látky alebo náplast'ou
- parciálna – videnie tupozrakého oka sa zhoršuje videním vedúceho oka (rôzne fólie z papiera, vrstva laku, sklo s mriežkami)
- sektorová – určité miesto okuliarového skla je úplne zakryté



**Obrázok 5: Okluzor [11]**

Medzi terapeutické metódy, ktoré sú určené na nápravu poruchy amblyopie, patrí aj korekcia okuliarmi. U pacientov s ľahkým stupňom amblyopie sa lekári snažia ostrosť videnia korigovať okuliarmi. Pri ťažšom stupni amblyopie nie je okuliarová korekcia vhodná z dôvodu znemožnenia binokulárneho videnia a neschopnosti rozoznávania menších znakov na tabuľkách postihnutým okom, ktorými sa určuje zraková ostrosť. [33]

*Čo môže pacient očakávať po ukončení terapie?*

„Po ukončení terapie možno očakávať zlepšenie senzorických schopností pacientových očí, vymiznutie dvojitého videnia a úpravu postavenia očných bulbov. U mnohých pacientov sa tak upravia astenopické problémy spojené so zrakovou námahou a zostrí sa videnie, najmä v prípade tupozrakého oka. Cvičenie neprináša zníženie počtu dioptrií.“ (MUDr. Juraj Halička)

## 4.2 Súčasný trend v liečbe amblyopie

Liečba pomocou virtuálnej reality sa považuje za najzábavnejšiu existujúcu liečebnú terapiu amblyopie, ktorá je novou nádejou najmä pre dospelých. Deti vnímajú túto metódu ako zábavu. Ak je pacient majiteľom svojich vlastných okuliarov na virtuálnu realitu (napr. Samsung gear VR), môže vďaka špeciálnej aplikácii na mobile trénovať svoj zrak aj doma. Lekár sleduje progres cez rozhranie na cloude. [39]

Princípom liečby je plnenie rôznych úloh vo virtuálnej realite, vďaka čomu je pacient nútený vnímať a trénovať videnie v priestore. Okuliare majú špeciálny druh displejov a tie zobrazujú odlišný obraz pre každé oko. S touto metódou liečby pracujú na klinike Uvea Mediklinik v Martine od roku 2015. Liečba je kontroverzná v tom, že skvelé výsledky dosiahnu nielen deti, ale práve aj dospelí, o ktorých sa doposiaľ tvrdilo, že už nemajú šancu na vyliečenie z amblyopie.

Najviac sa osvedčila metóda kombinovaného liečebného cvičenia, v ktorej je zahrnutý tréning vo virtuálnej realite a konvenčné cvičenia. [34]

## 5 Oculus Rift

Najnovšou metódou účinnej liečby amblyopie je tréning *dichoptického videnia* čiže videnia vo *virtuálnej realite* pomocou okuliarov *Oculus Rift* a softvéru *Vivid Vision*. Osoba, ktorá používa iba jedno oko nedokáže vnímať okolie priestorovo a svet vníma len ako 2D obraz. V porovnaní s predošlými spomínanými metódami terapie ide o výrazný prelom v binokulárnom videní, kedy postihnutá osoba používa obidve oči naraz a vníma tak obraz trojrozmerné. Vedci v minulosti tvrdili, že ak sa amblyopia nelieči dostatočne skoro v detskom veku, šanca na vyliečenie u dospelého už nie je žiadna. Nové štúdie ale dokazujú opak - elasticita ľudského mozgu je dostatočná na to, aby zabezpečila správnu adaptáciu na trojrozmerné videnie v ľubovoľnom veku jedinca. Jedným z najznámejších pozitívnych príkladov je neurologička z New Yorku - Susan R. Barry, ktorá sa naučila vhodným tréningom vidieť svet trojrozmerné vo veku 48 rokov. [35]

## 5.1 Virtuálna realita v rámci liečebnej rehabilitácie

Dichoptický zrakový tréning je prevádzaný pomocou betaverzie počítačovej hry „Diplopia Game“ (Vivid Vision, San Francisco, USA), ktorá prebieha v okuliaroch „Oculus Rift“ (OC DK 2) a displejom určeným pre virtuálnu realitu (Oculus VR, LLC, Irvine, Kalifornia, USA). Oculus Rift je vybavený displejom AMOLED (uhlopriečka 5,7 ", rozlíšenie 960 × 1080 pixelov na každé oko) so zorným poľom 100 °, montovaný s akcelerometrom, magnetometrom a gyroskopickým senzorom pre systém sledovania polohy. Displej virtuálnej reality je pripojený k počítačovému systému (Intel i5 3,4 GHz, 8 GB RAM, Nvidia GeForce 970GT 4 GB.) [36]

Hru „Diplopia Game“ vyvinul James Blaha (San Francisco), ktorý má korene v ČR a sám trpel amblyopiou. Prvý úspech tejto hry zažil James Blaha práve na sebe, keď si pomocou hry vyliečil svoje vlastné tupozraké oko. Celý život vnímal svet len dvojrozmerné, pretože s tupozrakosťou sa narodil a lekári označili jeho stav za nezvratný. Dobré výsledky boli potvrdené u viacerých pacientov a preto sa rozhodli túto metódu otestovať aj na klinike Uvea Mediklinik. Prostredníctvom hry Diplopia sú lekári schopní kontrolovať, čo vidí pacient na obrazovke a manipuláciou kontrastov oboch obrazovok dokážu navigovať pacienta na to, aby koordinoval obe oči. V momente, keď hráčov mozog správne spojí do kompletnej scény dva obrazy, pacient skóruje. [37]

Napriek tomu, že princíp systému Oculus Rift je jednoduchý, stále sa na ňom pracuje, aby sa zdokonalil. Dostupnosť tohto systému je zatiaľ len pre veľkých fanúšikov virtuálnej reality a vývojárov softvéru. Autorom je Palmer Luckey, ktorý má len 22 rokov. Palmerovú firmu Oculus nakoniec kúpil Facebook za 2 miliardy dolárov a tým finančne zaistil ďalší vývoj. [38]



Obrázok 6: Oculus Rift [37]

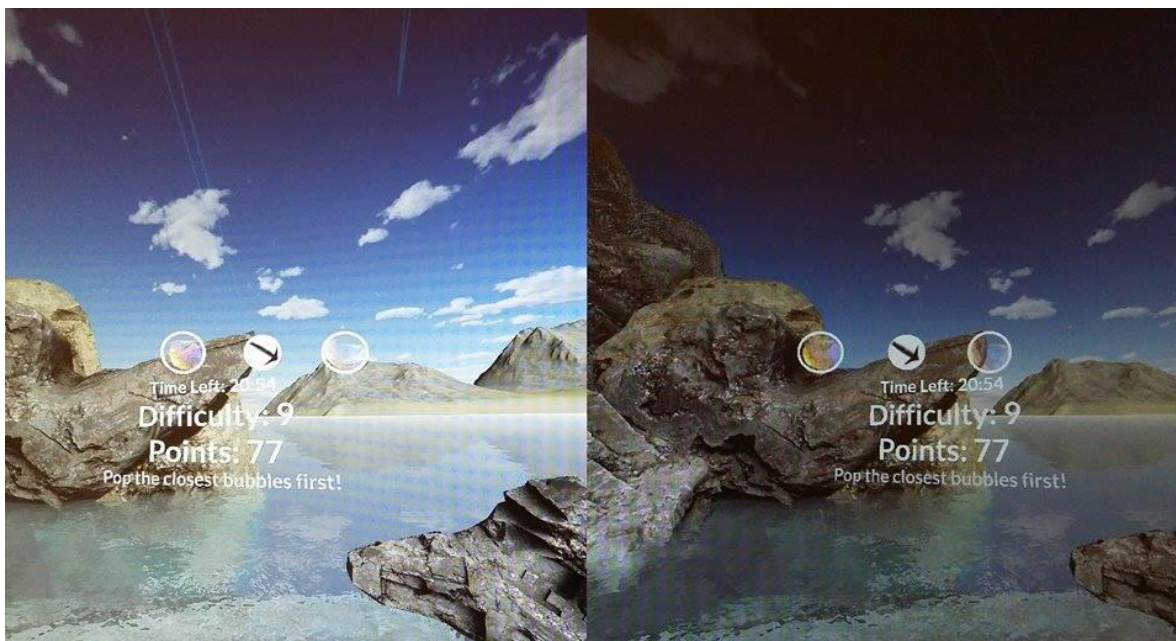
## 5.2 Typy hier v softvéri Vivid Vision

Každým dňom pribúda viac a viac hier do softvéru Vivid Vision. Okrem spomínaných dvoch hier existujú ďalšie zábavné hry ako napríklad:

### ***Bublina „Bubbles“***

**Cieľ hry:** Táto hra je určená najmä pre amblyopických pacientov, ktorí s ťažkosťami vnímajú hĺbku obrazu. Uhol vnímania sa dá nastaviť aj priamo v hre, čo je veľkou výhodou najmä pre amblyopických pacientov so strabizmom.

**Pravidlá:** Pred hráčom sú bublinky, a medzi bublinkami je šípka. Pacient ovláda túto šípku do rôznych strán pomocou džojstiku. Keď stlačí na džojstiku písmeno A, praskne bublinu, na ktorú je namierená šípka. Bublina praská od najbližšej po najďalej v poradí. Správne prasknutá bublina praská do modra a v prípade nesprávneho prasknutia bubliny sa objaví slovo „POW“.



Obrázok 7: Hra bubbles

### Hra „Hoppie“

**Účel:** Hra je určená pre amblyopikov, ktorí majú ťažkosti s hĺbkovým vnímaním obrazu.

**Pravidlá:** Hráč vidí v pozadí basketbalový kôš, z ktorého vyskakujú lopty a tie musí chytiť do „svojho“ basketbalového koša v popredí. Úlohou hráča je chytať jednotlivé loptičky. Chytá ich pomocou pohybu hlavy. Vzadu v pozadí na tabuli je SCORE, kde sa hráč môže pozrieť, koľko bodov nahral.



Obrázok 8: Hra Hoppie

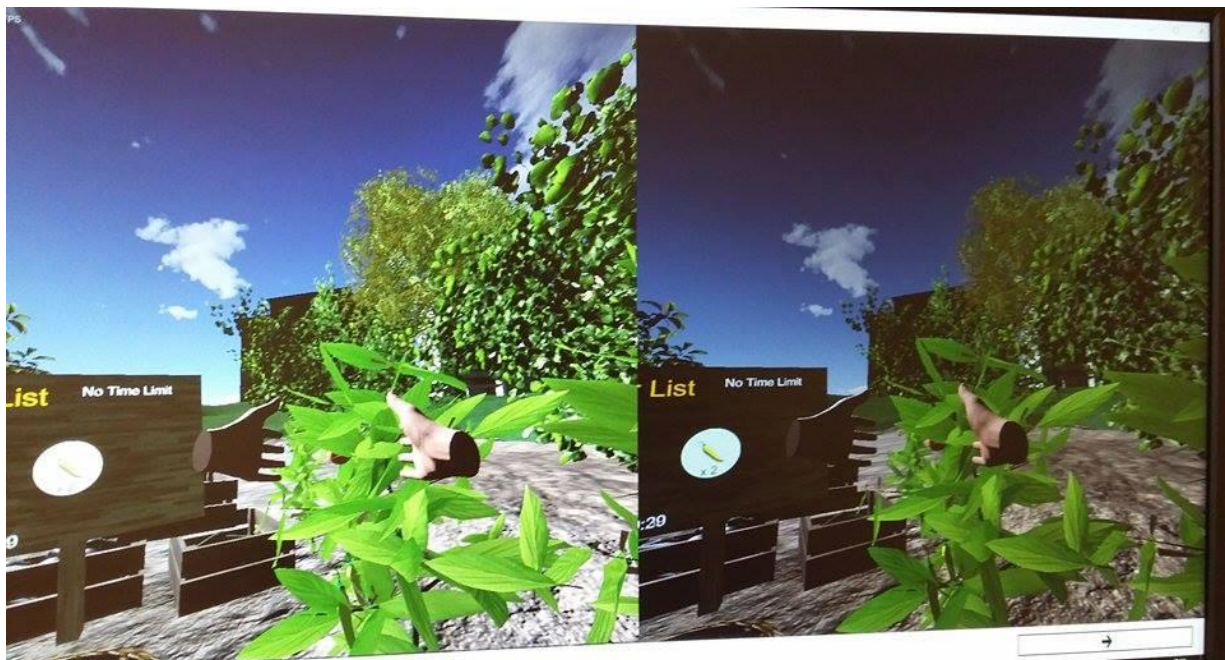


## ***Hra Pepper Picker***

**Účel:** Hra je určená pre amblyopikov, ktorí majú ťažkosti s hĺbkovým vnímaním obrazu.

Hra je určená na liečbu amblyopie/strabizmu a zároveň zlepšuje koordináciu ruky a oka u amblyopika.

**Pravidlá:** Hráč ma pred sebou na tabuli znázornenú zeleninu a pod ňou počet, koľko zeleniny má zobrať. Tak isto má pred sebou ruky, ktoré ovláda gamepadom/džojstikom posúvaním ovládača dopredu/dozadu, podľa toho ako je zelenina od neho vzdialená. Úlohou hráča je nájsť zeleninu, ktorá je zadaná na tabuli, v kríkoch po pravej strane chytaním zeleniny do rúk a stlačením tlačidla „A“ na džojstiku/gamepadu . Hráč sa môže do kríkov nakláňať.



**Obrázok 9: Hra picker pocker**

### *Postup vyšetrení pred zahájením tréningu virtuálnou realitou*

Predtým ako sa pacienti rozhodnú podstúpiť liečbu amblyopie pomocou virtuálnej reality (tehnológie Oculus-Rift), musia absolvovať niekoľko nevyhnutných vyšetrení, aby sa vylúčila možná kontraindikácia liečby. Očný lekár ako prvé vyšetří pacientovi predný a zadný segment oka pomocou štrbinovej lampy, aby mohol vylúčiť možnosť zápalového, degeneratívneho, distrofického či vrodeného ochorenia oka, ktorá by mohla negatívne

ovplyvniť výsledky liečby amblyopie. Následne na to sa realizuje topografia rohovky, ktorou sa vyhodnotí hrúbka jednotlivých rohovkových vrstiev, chorobné a patologické zmeny na rohovke ako je napríklad keratokonus. Panfundoskopia a optická koherentná tomografia sú zobrazovacie metódy, pomocou ktorých sa vyšetrí konkrétne miesta sietnice ako je terč zrkovového nervu, žltá škvrna, periféria sietnice a následne na to je nevyhnutné aby oftalmológ vylúčil patologické lézie na sietnici. V prípade potvrdenia tejto diagnostiky by mohlo dôjsť k zníženiu zrakovej ostrosti a tým by sa úspešnosť liečby amblyopie eliminovala. V ďalšom kroku sa musí vylúčiť očná hypertenzia meraním vnútroočného tlaku pomocou špeciálneho prístroja takzvaného tonometra a použitím Wirthových kruhov sa vyšetrí stereoskopia, aby sa zistil stupeň binokulárneho a priestorového videnia, ktorý je ovplyvnený amblyopiou. (MUDr. Monika Fedorová, MUDr. Juraj Halička)

### **5.3 Priebeh liečebnej rehabilitácie**

Pacient si na oči založí okuliare virtuálnej reality Oculus Rift, ktoré sú napojené na počítač. Následne na to trénuje na softvéri *Vivid Vision*, ktorý majú v Martine na klinike Uvea Mediklinik ako jediní na Slovensku a v celej Európe. Okrem tejto kliniky ho majú ešte v Kalifornii, na klinike Irvine. Tam taktiež prebieha táto liečba, pričom aktívne navzájom komunikujú. Počas tréningu pacient používa metódu dichoptického videnia, v prístroji sa mu zobrazujú dva z časti pozmenené obrazy, t.z. jedným okom vidí iný obraz ako druhým. Počas hry sa do pozerania zapája najmä oko trpiace amblyopiou a zároveň sa pacient učí používať obidve oči naraz. V porovnaní s okluzívnou terapiou ide o výrazný posun v binokulárnom videní, keď pacient používa obidve oči naraz.

Výsledný vnímaný obraz sa tak javí ako trojrozmerný. Jedno tréningové sedenie trvá 40–60 minút v závislosti od toho, ktoré vizuálne testy pred sedením pacienti vykonávajú. Nutnou súčasťou terapie amblyopie je dôsledná korekcia vyvolávajúceho činiteľa amblyopie.

Liečba si vyžaduje aktívny prístup pacienta, najmä dodržiavanie stanovených termínov a ich dĺžku. Pri škúliacich pacientoch sa musí v nastavení liečby dbať na opatrnosť, pretože u nich sa môže paradoxne tréningom navodiť diplopia (dvojité videnie). Pozitívne výsledky sa prejavujú najmä v zlepšení centrálnej zrakovej ostrosti, t.j. vnímanie ostrosti textov, periférne a priestorové videnie. Pre zaistenie maximálneho zlepšenia je v niektorých prípadoch nutné tréning opakovať (MUDr. Juraj Halička, PhD.)



**Obrázok 10: Tréning dichoptického videnia [37]**

#### **5.4 Výskum úspešnosti dichoptického videnia**

Na očnej klinike Uvea Mediklinik uskutočnili výskum, do ktorého bolo zaradených 17 amblyopických jedincov (10 mužov a 7 žien) s priemerným vekom 31 rokov (rozsah 17 až 69 rokov). Kritéria pre zahrnutie do výskumu boli osoby s anizometrickou amblyopiou vo veku od 15 rokov a ochotou zúčastniť sa vizuálneho tréningu. Nevhodní boli pacienti so strabizmom, s nedávnou očnou operáciou, s nepravidelnosťou rohovky, s opacifikáciou očných médií vrátane katarakty a prebiehajúceho očného ochorenia. Všetci pacienti museli absolvovať vstupné vyšetrenia.

Najlepšie korigovaná zraková ostrosť (BCVA) sa merala použitím kalibrovaného LCD displeja so Snellovými diagramami (CC-X10, Topcon, Japonsko). Stereoskopická ostrosť sa merala pomocou Stereo Randot testu. (Stereo Optical, IL, USA). BCVA a stereoskopická ostrosť boli merané pred a po programe dichoptického tréningu. Dichoptický zrakový tréning bol vykonaný pomocou spomínanej betaverzie počítačovej hry „Diplopia Game“, ktorá prebiehala v okuliaroch Oculus Rift a displejom určeným pre virtuálnu realitu.

K dispozícii boli dve hry. Vesmírna hra, v ktorej pacienti lietali kozmickou loďou cez systém farebných prstencov medzi meteoritmi a hra „Braker“, v ktorej priesvitným štvorcem odrážali loptičku, ktorá bola pred nimi, do štvorcov v pozadí. Obidve hry mali dichoptické nastavenie, v ktorom centrálna časť obrazového zobrazenia bola iná. Vo vesmírnej hre bola vesmírna loď viditeľná len s fixujúcim okom, zatiaľ čo farebné brány a asteroidy boli

viditeľné len s amblyopickým okom. Kozmická loď je viditeľná len s dominantným okom, aby sa zabránilo podvádzaniu. Ak sú všetky objekty hry viditeľné s amblyopickým okom, pacient môže jednoducho zatvoriť dominantné oko a "podvádzat". Niektoré objekty sú viditeľné s amblyopickým okom a ostatní sú vidieť s druhým okom, hra prinúti mozog používať obe oči spoločne na hranie.

Každý pacient absolvoval 8 tréningov dvakrát týždenne. Každé sedenie zahŕňalo 40-minútový tréning s 2 rôznymi hrami (20 min. za hru). Optometrické testy, dostupné vo verzii beta softvéru boli prevádzané priamo v dispeji, ktorý bol nasadený na hlave pred každým tréningom (očná dominancia a supresia). BCVA bol testovaný pred prvým a po posledným tréningom. Pacient nerobil žiadny iný optický tréning v období dichoptického tréningu. [36]



**Obrázok 11: Výskum úspešnosti liečby pomocou virtuálnej reality [36]**

### **Výsledok výskumu**

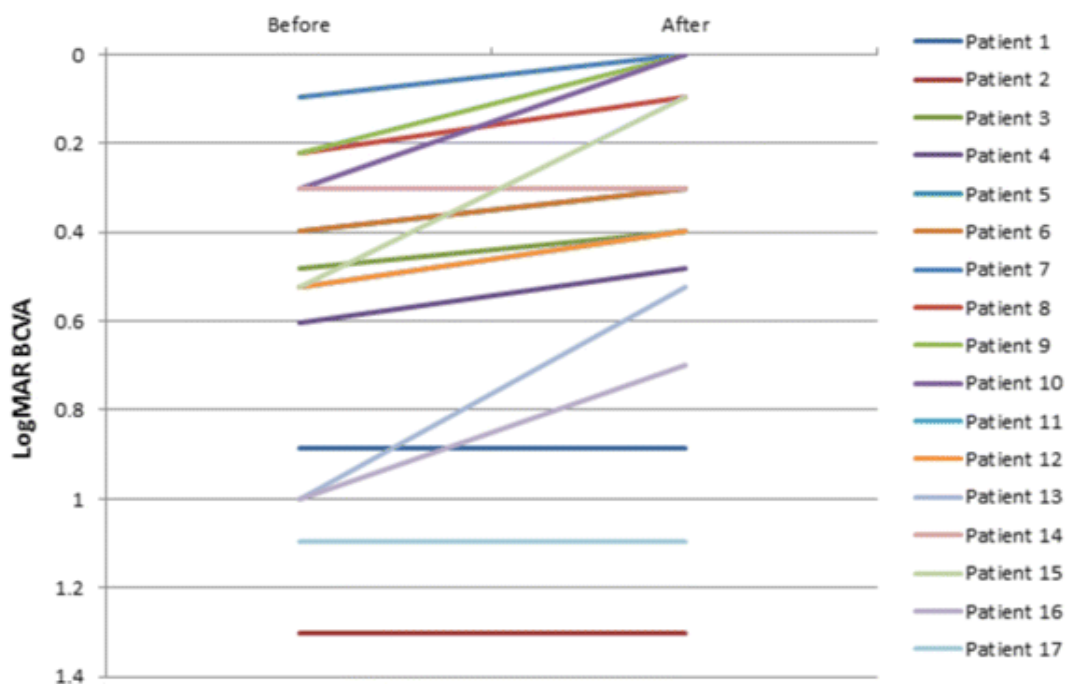
Priemerný sférický refrakčný ekvivalent u pacientov bol  $+0,09 \pm 2,13$  a  $+ 2,01 \pm 4,07$  D na zdravom a amblyopickom oku. Zisťovalo sa BCVA amblyopického oka a údaje o stereoskopickú ostrosť pred a po ôsmich dichoptických tréningových sedeniach. BCVA sa významne zlepšila zo strednej hodnoty logMAR BCVA  $0,58 \pm 0,35$  tréningu predtým na priemernú úroveň tréningu  $0,43 \pm 0,38$ . Snellov test BCVA amblyopického oka sa pohyboval pred tréningom od 20/400 do 20 / 25 a od 20/400 do 20/20 po výcviku.

Celkovo 29,41 % a 47,06 % očí dosiahlo BCVA 20/40 alebo lepšie pred a po tréningu. Väčšina pacientov získala línie (1,5 logMAR v priemere) BCVA s výnimkou tých troch s najnižšou hodnotou BCVA (1,30, 1,10 a 0,9 logMAR) a jedného pacienta s 0,30 logMAR BCVA. V týchto štyroch prípadoch sa nezaznamenala žiadna zmena v BCVA. [36]

**Tabuľka 3: Východiskové charakteristiky a výsledky vzorky pacientov, ktorí vykonali výcvik pomocou virtuálnej reality s využitím displeja Oculus Rift [36]**

Pacient	Zdravé oko (Dsph. Dcyl)		Amblyopické oko (Dsph. Dcyl)		BCVA – pred DT	BCVA – po DT	Stereopická ostrosť pred DT	Stereopická ostrosť po DT
1	+0.5	+1	-0.5	+3.50	0.9	0.9	žiadna	žiadna
2	+0.75	+1.5	+2.37	+0.75	1.3	1.3	žiadna	400
3	+0.25	+0.5	+4.5	+2.5	0.5	0.4	žiadna	140
4	-2.5	+1	-3.5	+1	0.6	0.5	žiadna	50
5	+0.50	0	+7.00	+0.5	0.4	0.3	400	400
6	+2	+0.5	+3.00	+1.0	0.4	0.3	200	200
7	-0.12	+0.75	+1.5	+1.0	0.1	0.0	70	50
8	+0.25	+0.5	+3.00	+0.5	0.2	0.1	140	20
9	+0.75	0	+3.75	+0.5	0.2	0.0	400	160
10	+0.25	+0.5	+1.00	+1.5	0.3	0.0	200	20
11	+0.5	+0.5	+4.25	+1.0	0.5	0.4	400	140
12	+0.50	0	+2.25	+1.5	0.5	0.4	žiadna	400
13	+0.25	0	+1.75	+3.0	1.0	0.5	žiadna	400
14	+0.5	+1.0	+2.50	0	0.3	0.3	400	50
15	+0.5	+0.5	+4.0	+1.0	0.5	0.1	160	20
16	-8.0	+1.0	-12.0	+2	1.0	0.7	žiadna	žiadna
17	0	0	+1.87	+0.75	1.1	1.1	žiadna	200

Stereoskopická ostrosť sa merala s použitím Stereo Randot test. Priemerná stereoaktivita sa zmenila z hodnoty  $263,3 \pm 135,1$  pred dichoptickým tréningom na hodnotu  $176,7 \pm 152,4$  po tréningu. Táto zmena bola štatisticky významná ( $p < 0,01$ , test Wilcoxon sign-rank). Celkom 8 pacientov (47,1 %) pred dichoptickou liečbou nemalo merateľnú hodnotu stereoskopickej ostrosti a s použitím tejto metódy sa vyskytla u 2 pacientov (11,8 %) po tréningu. Subjektívne sa pacienti po liečbe nestťažovali na dichoptický tréning. Občas sa niektorí pacienti cítili po tréningu unavení a hlásili pocit vytrápenia amblyopického oka. [36]



Obrázok 12: Zmena najlepšie korigovanej ostrosti zraku (BCVA) pred a po liečbe každého hodnoteného pacienta [36]

### Kontraindikácie metódy Oculus Rift

- Zariadenia na zobrazovanie virtuálnej reality nemôžu používať *ľudia s epilepsiou*.
- Tréning vo virtuálnej realite nemôžu používať *pacienti so silnou kinetózou*, napr. ktorým je zle pri jazde autobusom, autom, loďou a pod.
- Tréning nie je vhodný pre *deti v predškolskom veku*, mladšie ako 6 rokov, pretože väčšina z nich nevie pracovať s ovládačom a nechápe cieľ hry.
- Tréning nie je vhodný *pre ľudí, ktorí nie sú schopní nosiť okuliarovú korekciu, resp. KČ*, počas celej fázy terapie. [34]

## Cena liečby tupozrakosti virtuálnou realitou

Vývojári virtuálnej reality prišli najnovšie aj s pohodlnejším riešením. Terapeutické hry sprístupnili na ďalšie zariadenie, Samsung GearVR, ktorý má niekoľko výhod v porovnaní s Oculus Riftom. Hlavnou z nich je cena – základná verzia sa pohybuje na 60 eurách (Oculus Rift na 600 eurách + cena za počítač), najnovšia verzia spolu s ovládačom stojí 150 eur. Ďalšou výhodou je spratnosť a manipulácia. Samsung GearVR funguje aj bez stolového počítača, postačí si aj so smartfónom pacienta. [40]

**Tabuľka 4: Cenník liečby tupozrakosti virtuálnou realitou**

<b><u>LIEČBA TUPOZRAKOSTI</u></b>	<b><u>CENA (so ZP)</u></b>
Komplexné vyšetrenie tupozrakosti	40 €
Konvenčné cvičenia	50 €
Liečba virtuálnou realitou na klinike – základný balík	170 €
Liečba virtuálnou realitou na klinike – komplexný balík	210 €
Domáca liečba virtuálnou realitou – úvodný cyklus	240 €
Domáca liečba virtuálnou realitou – základný balík	160 €
Domáca liečba virtuálnou realitou – komplexný balík	190 €

**Podporované zariadenia Samsung GearVR [40]:** Samsung Galaxy S6, Galaxy S6 Edge, Galaxy S6 Edge+, Galaxy Note 5, Galaxy S7 a Galaxy S7 Edge

## Záver

Amblyopia trápí približne 2 – 5 percent svetovej populácie. Definujeme ju ako zníženie zrakovej ostrosti spôsobenej rozdielnymi refrakčnými vlastnosťami, opacitami médií alebo škúlením očí, kedy mozog aktívne potláča informácie prichádzajúce z postihnutého oka. Amblyopické oko je inak úplne zdravé a nemá štrukturálnu zmenu, ktorá by mu bránila vo fyziologickej funkcii. Tupozrakosť vzniká najmä v detstve, kedy prebieha vývoj miesta najostrejšieho videnia (makula).

Oči sa snažia tento stav kompenzovať zaostrovaním na blízko (akomodáciou), čím zároveň vzniká škúlenie. Aby mozog zabránil dvojitému videniu, „vypne“ informácie prichádzajúce z jedného (obvykle horšieho) oka. Niekedy býva toto videnie sprevádzané bolesťami hlavy.

Téma liečba amblyopie pomocou Oculus Riftu ma oslovila okrem iného najmä preto, že každodenná prax poukazuje na skutočnosť, že rodina, okolie ale ani samotné dieťa nemusia problém amblyopie včas spozorovať. Prvé skúsenosti nasvedčujú tomu, že ak príde k použitiu Oculus Riftu ako súčasť komplexnej špeciálnopedagogickej rehabilitácie, posúva sa veľmi evidentne veková hranica realizácie reedukácie a významnou mierou sa zvyšuje efektívnosť ortopticko – pleoptického pôsobenia.

Až doteraz sa amblyopia liečila väčšinou prelepením zdravého oka, čo u detí spôsobilo zlepšenie videnia tupozrakého oka. Príchodom 3D okuliarov Oculus Rift sa však otvorili nové možnosti liečby, kedy sa pomocou počítačových hier dokážu trénovať obe oči naraz.

Očná klinika UVEA Mediklinik testuje množstvo počítačových hier, ktoré osobám s narušeným vnímaním hĺbky alebo tupozrakým okom môžu pomôcť v zlepšení ich videnia. V rámci terapie je potrebné tréningy s Oculus Riftom opakovať. Túto metódu liečby by som určite odporučila na každú kliniku alebo očné centrum, ktoré sa zaoberá amblyopiou a poruchami binokulárneho videnia.

Okrem iného klinika UVEA Mediklinik pripravuje aj ďalšiu fázu výskumu pomocou magnetickej rezonancie, v ktorej by odborníci chceli sledovať aktivity v mozgu, ktoré sa odohrávajú počas terapie s virtuálnou realitou.



## Zoznam použitej literatúry

- [1] KEBLOVÁ, A. 1998. *Integrované vzdelávanie detí se zrakovým postihnutím*. 1. vyd. Praha: Septima, 1998. 92 s. ISBN 80-7216-051-6.
- [2] FRANKE, W. H. *Bilder der Wissenschaft*, Stuttgart 1978
- [3] TUNNACLIFFE, A. H. Introduction to visual optics. 4th ed. Canterbury: Association of British Dispensing Opticians, 1993. ISBN 978-09-000-9928-1
- [4] SYNEK S., SKORKOVSKÁ Š. Fyziologie oka a vidění. 2. dopl. a přeprac. vydání. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [5] KUČHYNKA, P. a kol. Oční lékařství. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8
- [6] ČAJKA, K. 2007. *Úvod do pedagogiky zrakovo postihnutých*. Ružomberok: PdF KU, 2007. 70 s. ISBN 978-80-8084-245-1.
- [7] OLÁH, Z. 1998. *Očné lékařstvo*. Martin: Osveta, 1998. ISBN 80-88824-74-5.
- [8] NÉMETH, O. 1999. *Slabozrakosť ako pedagogický problém*. Bratislava: Sapiencia, 1999. 113 s. ISBN 80-967180-5-3.
- [9] LOPÚCHOVÁ, J. 2010. *Reedukácia a komplexná rehabilitácia zraku u jednotlivcov so zrakovým postihnutím*. Bratislava: Iris, 2010. 210 s. ISBN 978-80-89238-40-8.
- [10] VAŠEK, Š. 2003. *Základy špeciálnej pedagogiky*. Bratislava: Sapiencia, 2003. 210 s. ISBN 80-968797-0-7.
- [11] HROMÁDKOVÁ, L. 1995. *Šilhání*. Druhé vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. 163 s. ISBN 80-7013-207-8.
- [12] HYCL, Josef. Šilhání a tupozrakosť – informace pro pacienty. Praha: Triton, 2000. ISBN 80-7254-088-2.
- [13] WOORDEN, CAMPES. Binocular vision & ocular motility. St. Louis: Mosby, 2002. ISBN 0-323-01129-2.
- [14] GROSVENOR, Theodore. Primary care optometry, 5th edition. Butterworth – Heinemann, Elsevier, 2007. ISBN 0-7506-7575-6.
- [15] ROZSÍVAL, Pavel et al.. Oční lékařství. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-404-0.

- [16] PLUHÁČEK, František. Poruchy BV a akomodace – výukové materiály k předmětu Binokulární vidění. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010.
- [17] MLADÁ FRONTA. Zdravotnictví+Medicína [online]. © 2015, [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/amblyopie-449186>
- [18] MLADÁ FRONTA. Zdravotnictví+Medicína [online]. © 2015, [cit. 2015-03-29]. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: [http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-frontazdravotnicke-noviny\\_zdn/nelecena-tupoizrakost-v-detstvi-muze-byt-pricinouslepoty-v-dospelosti-472743](http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-frontazdravotnicke-noviny_zdn/nelecena-tupoizrakost-v-detstvi-muze-byt-pricinouslepoty-v-dospelosti-472743)
- [19] AUTRATA, R., VANČUROVÁ, J. Nauka o zraku. Brno: Institut pro další vzdě- lávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-701-3362-7.
- [20] SIMCOCK, P. Ophthalmology. Oxford: Health Press, 2001. ISBN 18-995-4195- 0.
- [21] DUCKMAN, R. H. Visual development, diagnosis, and treatment of the pediatric patient. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. ISBN 9780781752886.
- [22] GERINEC, A. Detská oftalmológia. Martin: Osveta, 2005. ISBN 80-806-3181-6.
- [23] EVANS B. J., PICKWELL D. Pickwell's binocular vision anomalies, 5th edition. Edinburgh: Elsevier Butterworth - Heinemann, 2007. ISBN 978-07-506- 8897-0
- [24] RUTSTEIN R. P., CORLISS D. Relationship between anisometropia, amblyopia, and binocularity. Optometry and Vision Science, Vol. 76, 1999, pp. 229 – 233
- [25] SCHEIMAN M., WICK B. Clinical management of binocular vision: Heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 3rd edition.
- [26] ŠIMIČÁK, J. Pedooftalmologie - výukové materiály k předmětu Klinická oftalmologie. Oční klinika Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc, Olomouc 2016.
- [27] CHRISTMANN, Linda M., et al. Amblyopia [online]. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 2007. 27 s. [cit. 2012-05-20]. URL: . <[www.aao.org/ppp](http://www.aao.org/ppp)>

- [28] ROUSE, Michael W., et al. Care of the Patient with Amblyopia [online]. St. Louis: American Optometric Association, 2004. 56 s. [cit. 2012-05-20]. URL: <[www.aoa.org/documents/CPG-4.pdf](http://www.aoa.org/documents/CPG-4.pdf)>
- [29] VON NOORDEN, Gunter K. - CAMPOS, Emilio C. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus. 6th edition. St. Louis: Mosby, 2002. 653 s. ISBN 03-230-1129-2.
- [30] HROMÁDKOVÁ, L. Šilhání. 3. vydání. Brno: NCO NZO, 2011. 162 s. ISBN 978-80-7013- 530-3.
- [31] DIVIŠOVÁ, G. a kolektiv. Strabismus. 2. vydání. Praha: Avicenum, 1990. 312 s. ISBN 80- 201-0037-7.
- [32] BEDNÁŘOVÁ, J. 2009. *Rozvoj zrakového vnímání pro děti od 3 do 5 let*. 1. Díl. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 8-80-251-2440-6.
- [33] KEBLOVÁ, A.- LINDÁKOVÁ, L. – NOVÁK, I. 2000. *Náprava porúch binokulárneho videnia*. 1. vydanie. Praha: Septima, 2000. 48s. ISBN 80-7216-121-0.

### **Internetové zdroje**

- [34] <https://www.uvea.sk/sk/tupoizrakost>
- [35] <https://www.uvea.sk/sk/aktuality/item/554-virtualna-realita-funguje-prve-vysledky-liecby-tupoizrakosti-na-slovensku>
- [36] <https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12886-017-0501-8?site=bmcophthalmol.biomedcentral.com>
- [37] <https://www.uvea.sk/sk/aktuality/item/750-ako-vyzera-liecenie-tupoizrakosti-pocitacovymi-hrami>
- [38] <https://www.uvea.sk/sk/aktuality/item/749-dokaze-virtualna-realita-liecit-tupoizrakost-pokusam-sa-o-to>
- [39] <https://www.uvea.sk/sk/aktuality/item/731-otvorili-sme-centrum-pre-liecbu-tupoizrakosti>
- [40] <https://www.uvea.sk/sk/aktuality/item/765-vyliecte-tupoizrakost-so-zariadenim-z-vrecka>

## **Zoznam obrázkov**

Obr. 1 Vzor vizuálneho fungovania podľa A. van Corna

Obr. 2 Lokalizátor so svetielkom

Obr. 3 Korektor

Obr. 4 Holmesov stereoskop

Obr. 5 Okluzor

Obr. 6 Oculus Rift

Obr. 7 Hra bubbles

Obr. 8 Hra Hoppie

Obr. 9 Hra picker pocker

Obr. 10 Tréning dichoptického videnia

Obr. 11 Výskum úspešnosti liečby pomocou virtuálnej reality

Obr. 12 Zmena najlepšie korigovanej ostrosti zraku (BCVA) pred a po liečbe každého hodnoteného pacienta

Poznámka: Obr. 7, 8, 9 sú vyfotené vlastným fotoaparátom v tréningovej miestnosti na očnej klinike Uvea Midiklinik

## **Zoznam tabuliek**

Tab. 3 Kategorizácia zrakových porúch podľa WHO

Tab. 2 Medzinárodné štatistické triedenie chorôb a pridružených zdravotných problémov MKN10

Tab. 3 Východiskové charakteristiky a výsledky vzorky pacientov, ktorí vykonali výcvik pomocou virtuálnej reality s využitím displeja Oculus Rift

Tab. 4 Cenník liečby tupozrakosti virtuálnou realitou

## **Konzultácia s odborníkmi:**

MUDr. Juraj Halička, PhD.

MUDr. Monika Fedorová

M.Sc. Michal Krasňanský