

UNIVERZITA KARLOVA

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Natalie Pecková

**Možnosti vyšetření a trénink dynamických
optických funkcí u juniorů herních sportů**

Diplomová práce

Praha 2023

Autor práce: Bc. Natalie Pecková

Vedoucí práce: Mgr. Petra Valouchová, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Jáchym Kolář

Datum obhajoby: 2023

Bibliografický záznam

PECKOVÁ, Natalie. *Možnosti vyšetření a trénink dynamických optických funkcí u juniorů herních sportů*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2023. 92 s., přílohy. Vedoucí diplomové práce Mgr. Petra Valouchová, Ph.D.

Abstrakt

Pojem neurovizuální trénink popisuje postupy prohlubující vizuálně-kognitivní dovednosti jedince. V této diplomové práci jsme se pokusili charakterizovat vybrané vizuálně-kognitivní dovednosti, unifikovat vyšetřovací postupy a nalézt možnosti jejich tréninku. V teoretické části lze najít výčet jednotlivých konvenčních i softwarových pomůcek používaných za tímto účelem. V přílohách popisujeme konkrétní cviky s vybranými pomůckami. V praktické části jsme sestavili trénink mířený na námi vybrané parametry a testovali jeho efekt na skupině volejbalistů juniorského věku.

Metodika: Stanovili jsme sedm parametrů, které jsme sledovali v rámci vstupního a výstupního měření. Vyšetření lze rozdělit na statickou, kterou prováděl diplomovaný optometrista, a dynamickou část měřenou pomocí přístroje *Senaptec Sensory Station* pod vedením zaškoleného fyzioterapeuta. Z původních 31 vstupně měřených probandů se výstupního měření zúčastnilo pouze 18. Jednalo se o hráče volejbalu 2 pražských klubů s věkovým průměrem kolem 13 let. Probandi byli náhodně rozděleni na skupinu intervenční a kontrolní. Intervenční skupina podstoupila tři měsíční neurovizuální trénink ve společné části konvenčního tréninku při frekvenci 1/týdně s doplněním o individuální přípravu v rámci autoterapie. Kontrolní skupina pokračovala v běžné přípravě. Výsledky obou měření jsme porovnali pomocí statistické a věcné významnosti. Protokol studie byl schválen etickou komisí FN Motol.

Výsledky: U intervenční skupiny se podařilo prokázat statisticky významné zlepšení parametru pracovní paměť s významností $p=0,004$. Signifikantní zlepšení se v porovnání se skupinou kontrolní nedalo sledovat u zbylých parametrů. Zůstává otázkou, zda můžeme tento stav brát jako globální pozitivní efekt navrženého tréninku. Možnosti eliminace nedostatků této práce shrnutých v diskuzi přislíbují úspěchy navazujících výzkumů.

Klíčová slova

Neurovizuální trénink, kognitivní trénink, optometrie, akomodace avergence, *Senaptec*
Sensory Station

Bibliographical record

PECKOVA, Natalie. *The possibilities of the visual dynamic functions examination and training in junior game sport*. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, 2023, 92 p. Supervisor Mgr. Petra Valouchová, Ph.D.

Abstract

The term neurovisual training describes procedures that improve an individual's visual-cognitive skills. In this thesis, we tried to characterize selected visual-cognitive skills, unify examination procedures and find possibilities for their training. In the theoretical part, you can find a list of conventional and software tools used for this purpose. In the appendices we describe specific exercises with selected tools. In the practical part, we put together training aimed at selected parameters and tested its effect on a group of junior volleyball players.

Methodology: We established seven parameters that we monitored as part of input and output measurements. The examination can be divided into the static part, which was carried out by a qualified optometrist, and the dynamic part using the *Senaptec Sensory Station* under the guidance of a trained physiotherapist. Of the original 31 probands participating in input measurement, only 18 participated in output measurement. They were volleyball players from two Prague clubs with an average age of around 13 years. Probands were randomly assigned to an intervention and control group. The intervention group underwent three months of neurovisual training in a common part of conventional training at a frequency of one per week with the addition of individual training as part of autotherapy. The control group continued with normal training. We compared the results of both measurements using statistical and substantive significance. The study protocol was approved by the Ethics Committee of FN Motol.

Results: In the intervention group, a statistically significant improvement of the working memory parameter was demonstrated with a significance of $p=0,004$. There was no other significant improvement in other parameters compared to the control group. The question remains whether we can recognize this state as a global positive effect of the designed training. Possible elimination of the limitations summarized in the discussion point out to future success of subsequent research.

Key words

Neurovisual training, cognitive training, optometry, accommodation and vergence,
Senaptec Sensory Station

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Petry Valouchové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 13. 8. 2023

Bc. Natalie Pecková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé práce Mgr. Petře Valouchové Ph.D. za nabídku a odborný dohled na tomto projektu, který by však nikdy nevznikl bez spolupráce s DynaOptic v zastoupení s Bc. Vojtěchem Kopřivou. Děkuji za vypůjčení prostor pro měření, vybavení potřebnými pomůckami a v neposlední řadě za cenné rady ze světa optometrie. Za statistické zpracování dat mnohokrát děkuji Mgr. Václavu Peckovi. Poděkování patří i týmům Dansport Praha a Tatran Střešovice za předání kontaktů a možnost trénovat v rámci jejich přípravy. A v neposlední řadě děkuji samotným hráčům a jejich rodičům, kteří byli ochotni se na projektu podílet a vložit tak do něj svůj čas a úsilí.

OBSAH

OBSAH	8
SEZNAM ZKRATEK	10
ÚVOD	12
1. PŘEHLED POZNATKŮ	13
1.1. ANATOMIE A FYZIOLOGIE OKA	13
1.2. ZRAKOVÁ DRÁHA	14
1.3. ANATOMIE A FYZIOLOGIE VESTIBULÁRNÍHO SYSTÉMU	15
1.4. VESTIBULÁRNÍ DRÁHA	16
1.5. VIZUÁLNÍ SCHOPNOSTI	17
1.5.1. Zorné pole, binokulární vidění, vnímání prostoru	17
1.5.2. Akomodace	18
1.5.3. Vergence	19
1.5.4. Frekvence splývání	20
1.5.5. Zraková ostrost / visus	20
1.6. OČNÍ POHYBY	25
1.6.1. Sakadické pohyby	25
1.6.2. Pomalé sledovací pohyby	26
1.6.3. Nystagmus	26
1.6.4. Okohybné svaly	27
1.7. KOGNITIVNĚ-VIZUÁLNÍ SCHOPNOSTI	27
1.7.1. Pracovní paměť / prostorová paměť	29
1.7.2. Sledování více objektů / multiple object tracking	30
2. PRAKTICKÉ ZPRACOVÁNÍ	31
2.1. MOŽNOSTI VYŠETŘENÍ	31
2.1.1. Optometrické vyšetření statické	31
2.1.2. Optometrické vyšetření dynamické	34
2.2. MOŽNOSTI TRÉNINKU	36
2.2.1. Pomůcky	37
2.2.2. Využití	40
3. CÍLE A HYPOTÉZY	42
3.1. CÍLE PRÁCE	42
3.2. HYPOTÉZY	42
4. METODIKA	44
4.1. CHARAKTERISTIKA SOUBORU	44
4.1.1. Výběr probandů	44
4.2. PROTOKOL PRÁCE	45
4.2.1. Vstupní měření	45
4.2.2. Výstupní měření	48
4.2.3. Intervence	48
4.3. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	52
5. VÝSLEDKY	55
5.1. CHARAKTERISTIKA SOUBORU	55
5.1. INTERVENČNÍ SKUPINA	56
5.2. KONTROLNÍ SKUPINA	57
5.3. VĚCNÁ VÝZNAMNOST	58
5.4. VÝSLEDKY K HYPOTÉZÁM	59

6.	DISKUZE	69
6.1.	DISKUZE K TEORETICKÉ ČÁSTI	69
6.2.	DISKUZE K PRAKTICKÉ ČÁSTI	73
7.	ZÁVĚR.....	78
8.	REFERENCE	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	86
	PŘÍLOHY	87

SEZNAM ZKRATEK

#	počet
3D	trojrozměrná dimenze
apod.	a podobné
BINO	binokulární
cca	cirka
CGL	corpus geniculatum laterale
Cm	centimetr
CNS	centrální nervová soustava
COR	cervico-okulární reflex
D	dioptrie
DVA	dynamic visual acuity
ft	feet
Hz	hertz
L	levá
LCD	liquid crystal display
logMAR	logaritmus minimálního úhlu rozlišení
m	metr
m.	musculus
MAX	maximální hodnota
MIN	minimální hodnota
MOT	multiple object tracking
ms	milisekunda
mTBI	minimal traumatic brain injury
n	počet
n.	nervus
např.	například
ncl.	nucleus
NFQ	near-far quickness
OKR	optiko-kinetický reflex
P	pravá
pD	prizmatická dioptrie
RGB	red green blue

s	sekunda
SD	směrodatná odchylka
tr.	tractus
tzv.	takzvaný
VCR	vestibulo-cervikální reflex
vHIT	video head impuls test
VOR	vestibulo-okulární reflex
VSR	vestibulo-spinální reflex
WM	working memory

ÚVOD

Neurovizuální trénink může být charakterizován jako soubor neurosenzorických a neuromuskulárních aktivit, které vedou k rozvíjení zrakových dovedností (Barton, 2020). Jedním z cílů diplomové práce je tyto dovednosti charakterizovat a zjistit, jak je možné je adekvátně měřit a následně trénovat. V rámci praktického pozorování se pokusíme stanovit možný efekt takového tréninku.

Trénink optických funkcí získává v klinice své místo i díky stále vzrůstajícím nárokům na oči způsobených prací s obrazovkami chytrých telefonů, počítačů, či tabletů. Ve sportovním světě je tomu také z důvodu stále se zvyšující úrovně sportovní přípravy, kdy pro úspěch je důležité vyladit jakýkoliv detail. Jedním z těchto detailů můžou být i vizuálně-kognitivní funkce. V posledních letech se neurovizuální trénink stává nepostradatelnou přípravou typicky u sportů, jako jsou lední hokej, tenis, basketbal, baseball nebo volejbal. Vznikají tak studie snažící se shrnout efektivitu těchto tréninkových postupů. V teoretické části práce se pokusíme tyto studie shrnout a navzájem porovnat.

Hlavním cílem diplomové práce je ověřit efekt neurovizuálního tréninku, implantujeme-li ho na skupinu hráčů juniorského věku při frekvenci společného cvičení jednou týdně s doplněním o individuální přípravu v rámci autoterapie. Pro tyto účely bude sestaven speciální trénink zaměřený na měřené parametry. Zajímá nás, zda dojde k rozdílu těchto parametrů u skupiny intervenční, která podstoupí výše zmíněný trénink, v porovnání se skupinou kontrolní, která bude pokračovat v běžné přípravě. Sekundárně se pokusíme zmapovat možnou afinitu k tomuto typu tréninku.

K zhodnocení výsledků bude použita popisná i matematická statistika. V diskuzi budou zasazeny naše výsledky do kontextu recentní světové literatury.

1. PŘEHLED POZNATKŮ

1.1. Anatomie a fyziologie oka

Oko, jakožto párový smyslový orgán složený z vrstvy receptorů, na které dopadá světelný paprsek, a jeho přídatné orgány, například okohybné svaly, dohromady vytváří percepci zraku, která je dále prostřednictvím signálů zpracována v příslušných centrech centrální nervové soustavy (CNS), kde je následně tvořen výsledný obraz (Ganong, 1995). Vznik obrazu je dynamický děj závislý na celé řadě procesů, které tvoří finální vjem co nejpřesnější.

Zrakové ústrojí se skládá z **oční koule** neboli *bulbus oculi*. Ta je tvořena třemi vrstvami. Vnější vrstva složená z **bělimy** (*sclera*) a **rohovky** (*cornea*) je nazývána *tunica fibrosa bulbi*. Další vrstva, *tunica vasculosa bulbi*, obsahuje **cévnatku** (*choroidea*), **řasnaté tělísko** (*corpus ciliare*), **duhovku** (*iris*) a **zornici** (*pupilla*). Nejvnitřněji se nachází *tunica interni bulbi*, která je též označovaná jako **sítnice** (*retina*). Uvnitř bulbu nalezneme **sklivec** (*corpus vitreum*), **čočku** (*lens*) a **komorový mok** (*humor aquosus*) vyplňující prostor oka. (Čihák, 2011–2016)

Oko je soustava konvexních čoček. Světelný paprsek se láme na rohovce, dále se soustřeďuje přes čočku, až dopadne na senzitivní vrstvu zvanou sítnice. Množství světla, které dopadne na sítnici je regulováno pomocí duhovky stojící před čočkou, která mění cestou cirkulárních svalových vláken (*m. sphincter pupillae*) obvod zornice. Působí tedy jako clona. Tento proces nazýváme pupilárním reflexem (Synek, 2014). Čočka je zavěšena pomocí řasnatého tělíska obsahující taktéž svalová vlákna (*m. ciliaris*), která svým napětím mění její optickou mohutnost. (Klika, 1974; Ganong, 1995; Čihák, 2011–2016)

Sítnice je tvořena dvěma základními vrstvami. Vnitřní vrstvou (*pars optica*) se světločivnými a nervovými složkami a zevním pigmentovým epitelem (*pars pigmentosa retinae*). Tato vrstva slouží k izolaci a tvoří z oka tzv. černou komoru. Světelný paprsek díky tomu dopadá přímo na *pars optica* a její světločivné buňky v podobě tyčinek a čípků a dále se uvnitř oka neodráží (Synek, 2014). Informace je ze světločivných buněk dále vedena přes několik vrstev různorodých buněk ventrálním směrem až ke konečným gangliovým buňkám, jejichž dlouhé axony se sbíhají a tvoří *n. opticus*, který v místě zvaném *papilla* opouští oko (Čihák, 2011–2016; Ganong, 1995). Toto místo nazýváme slepou skvrnou (*macula caeca*), jelikož neobsahuje žádné

světločivné buňky. Laterálně od tohoto místa se nachází tzv. *fovea centralis*, která tvoří střed žluté skvrny (*macula lutea*). Je to místo nejostřejšího vidění uloženo ve vrcholu optické osy (Synek, 2014).

1.2. Zraková dráha

První tři neurony zrakové dráhy se nalézají v sítnici. Jedná se o světločivné buňky, bipolární buňky sítnice a gangliové buňky společně tvořící *n. opticus*, který je obalen mozkovými obaly a tudíž o něm hovoříme jako o vychlípenině mozku (Klika, 1974). Tento párový nerv postupuje dále dorsálně a z většiny se kříží v oblasti zvané *chiasma opticum*. Vlákná přicházející z laterálních částí sítnice se nekříží, vlákna z mediálních částí sítnice se kříží a vlákna přicházející z *fovea centralis* jdou dále zkříženě i nezkříženě. Všechna vlákna z *chiasma opticum* pokračují v podobě párového *tr. opticus*, jež vstupuje v oblasti středního mozku do jeho dorzální části zvané *tectum*, konkrétně do *corpus geniculatum laterale (CGL)*. (Čihák, 2011–2016)

Čtvrtý neuron zrakové dráhy, tvořen buňkami CGL, vedoucí v podobě *tr. geniculocorticalis* do kůry okcipitálního laloku, a to konkrétně do **primární zrakové kůry** (area 17), kde tvoří výsledný obraz (Čihák, 2011–2016). Area 17 leží v blízkosti *sulcus calcarinus*. V této oblasti dochází k uvědomění si zrakové informace tudíž tvorbě obrazu (Synek, 2014). Na primární zrakovou kůru přiléhá ještě kůra **sekundární** (area 18 a 19). Její funkcí je podrobnější analýza vjemů a tvoření dalších souvislostí. Taktéž je tato oblast označovaná jako asociační oblast okcipitálního laloku. Dochází ke srovnávání právě viděného se zrakovou pamětí. Při její poruše pacient předmět vidí, ale není ho schopen popsat (Čihák, 2011–2016).

Ze zrakové kůry vede nespočet neuronů opět zpět do CGL. Jejich funkce je regulovat optický přívod, a tím ovlivňovat rozlišovací funkci oka. (Čihák, 2011–2016)

Část neuronů z CGL vede do **frontálního okohybného pole** (area 8), odkud jsou řízeny funkce jako vyhledávací pohyby očí nebo volní pohyby očí. Frontální okohybné pole se nachází v dolní části frontálního laloku. (Synek, 2014)

Další neurony vedou z CGL přes *ncl. interstitialis* spolu s vlákny pro *m. sphincter pupillae* do *m. ciliaris*, jež je zodpovědný za akomodaci čočky. Stejnou spojkou je vedena i dráha pro konvergenci očí končící na jádrech příslušných hlavových nervů. Z tohoto důvodu probíhá akomodace avergence oka vždy najednou. (Ganong, 1995)

Jednou z dalších funkcí oka jsou sakadické pohyby, které jsou také řízeny příslušnými okohybnými hlavovými nervy, které získávají své informace pomocí třetího neuronu zrakové dráhy. Jsou však kontrolovány i spojkou z kortikální zrakové kůry pomocí kortikotektálních spojů. (Ganong, 1995)

Dalším důležitým spojem je zrakový tektální okruh, který zodpovídá za motorické odpovědi na zrakové podněty. Z *tecta* jsou u nás řízeny zejména svaly krku, řídící pohyby hlavy směrem ke zrakovému podnětu pomocí *tr. tectospinalis*, *tr. tectoreticulospinalis*, či *tr. tectonuclearis*. Většina dalších pohybů je u nás řízena kortikálně. (Čihák, 2011–2016)

Koordinace obou očí, která zprostředkovává jejich seřazený pohyb, je řízena pontinní retikulární formací. Jedná-li se o jemné horizontální pohyby očí, je potřeba pracovat i s informacemi z koncového mozku. (Hahn, 2015)

Zraková dráha nám tedy obstarává přesný obraz zachycený okem. Subjektivně dokážeme vnímat odstíny světla, barvy či tvary, polohy a pohyby různých objektů. (Synek, 2014)

1.3. Anatomie a fyziologie vestibulárního systému

V uchu máme uloženy dvě smyslové modality. Jednou z nich je sluch. Druhou, pro tuto práci důležitější, je rovnováha. Vestibulární systém, který dokáže vnímat a reagovat na gravitační a pohybové podněty, je uložen ve **vnitřním uchu *auris interna***. To je tvořeno **kostěným a blanitým labyrintem**. Kostěný labyrint tvoří řadu kanálků a je uložen v pyramidě skalní kosti. Blanitý labyrint je uložen uvnitř těchto kanálků a je obklopen perilymfou. Kopíruje strukturu těchto kanálků a je naplněn endolymfou. Tato tekutina je uvnitř zcela uzavřena a nemá žádné spojení s vnějším okolím. (Ganong, 1995)

Kostěný labyrint se skládá z *vestibula*, kde jsou uloženy dva útvary blanitého labyrintu a to *utrículus* a *sacculus*. Dále jsou na něj napojené tři **polokruhové kanálky *canales semicirculares ossei***, které jsou opět vyplněny blanitými kanálky nazývanými ***ductus semicirculares***. Kostěný labyrint je tvořen ještě kostěným hlemýžděm nazývaným *cochlea*, jehož stavba připomíná stočenou trubici do tvaru ulity. Tato struktura je však zásadní pro sluchovou percepci a pro tuto práci není stěžejní. (Čihák, 2011–2016)

Na spodině *sacculu* i *utrículu* jsou kolmo na sebe umístěny receptory gravitace zvané ***maculae staticae***, v nichž jsou uloženy smyslové buňky vedoucí signál dál do

centra pomocí vestibulárního nervu. Z těchto buněk vystupují tzv. stereocílie, které jsou apikálně pokryty gelatinozní vrstvou. Na povrchu této vrstvy jsou krystalky zvané **otolity**. Vlivem gravitace působí otolity na příslušné cílie smyslových buněk. Tímto mechanismem získáváme informace o směru působící gravitace a změn směru i rychlosti lineárního pohybu. *Sacculus* nás informuje především o vertikálním zrychlení, *utricleus* o horizontálním. (Ganong, 1995; Čihák, 2011–2016)

Blanité polokruhovitě kanálky začínají a končí v *utricleu*. Rozlišujeme tři na sebe kolmé polokruhovitě kanálky, tudíž každá leží v jiné anatomické rovině. *Ductus semicircularis posterior* leží ve stejné rovině jako zevní zvukovod, dále rozlišujeme *ductus semicircularis anterior* a *ductus semicircularis lateralis*, který leží v transverzální rovině. Jako receptor slouží v tomto případě ***crista ampullaris*** uložena v rozšířeném místě zvaném ***ampulla*** na začátku každého kanálku. Je tvořena smyslovými buňkami se stereocíliemi a podpůrnými buňkami, které jsou opět pokryty gelatinozní vrstvou zvanou jako ***cupula***. Stimulace této vrstvy vzniká při rotačním pohybu hlavy pohybem endolymfy po gelatinózní vrstvě. Informace je opět vedena pomocí vestibulárního nervu dále do centra. Mechanismus polokruhovitých kanálků je schopen zaznamenat změny v úhlovém zrychlení v rovině příslušného kanálku a směr otáčení. To je dáno stimulem pohybu endolymfy směrem k a od *ampully* a opačným obrazem na protilehlém uchu. (Ganong, 1995; Čihák, 2011–2016)

1.4. Vestibulární dráha

Informace z vestibulárních i kochleárních receptorů putují společně pomocí ***n. vestibulocochlearis***. V případě vestibulární části začínají dendrity ve vláskových buňkách v *crisae ampullares* a *maculae staticae*. Podněty jsou dále vedeny do bipolárních buněk ke ***ganglion vestibulare***. Z něj vystupují axony ke čtyřem párovým vestibulárním jádrům ***nuclei vestibulares***. Do těchto jader vedou taktéž neurony z **flokulonodulární části mozečku** řídící rovnováhu. Z vestibulárních jader tak odstupují aferentní i eferentní dráhy pracující s vestibulární informací. Aferentní dráhy vedou zejména do mozečku a thalamu, odkud pokračují do mozkové kůry, kde dochází k vědomému vnímání polohy hlavy vůči gravitaci. Většina eferentních drah vede k motoneuronům posturálních svalů, jejichž napětí řídí vzpřímení a rovnováhu těla. (Čihák, 2011–2016; Hahn, 2015)

Pro stabilizaci hlavy při pohybu a koordinaci pohybů očí a hlavy je zásadní *tr. vestibulospinalis medialis* vedoucí k motoneuronům v rozsahu krční míchy a okohybných svalů. K jádrům okohybných nervů, které realizují kompenzační pohyby očí a hlavy vede ještě *tr. vestibulonuclearis*. (Čihák, 2011–2016; Hahn, 2015)

1.5. Vizuální schopnosti

Vizuální percepce je pro člověka zcela klíčovým smyslem. Pomocí zraku vnímáme až 90 % podnětů z okolí. Zrak je také úzce propojen s dalšími systémy a to především s vestibulárním aparátem a propiocepcí. Dohromady nám umožňují vnímání okolí, což je zásadním předpokladem pro motorické chování. Pokud je jedna z těchto modalit porušena nebo jen utlumena, projeví se to i na výsledném pohybovém projevu. Chceme-li motorické chování prohlubovat, záleží nám především na složkách, jako je technika a biomechanika pohybu nebo kondiční a silová příprava. Poslední dobou se však ukazuje, že je na místě testovat vizuálně kognitivní modalitty. Jedna věc je adekvátní korekce očních vad (nejčastěji myopie, hypermetropie nebo astigmatismus). Druhá věc je cílený trénink složek funkčního vidění. (Knap, 2023)

1.5.1. Zorné pole, binokulární vidění, vnímání prostoru

Jako monokulární zorné pole nazýváme tu část prostoru, kterou můžeme pozorovat jedním okem (Ganong, 1995). Jelikož okohybné svaly fungují současně jako jedna funkční jednotka, tvoří nám společně zorné pole binokulární (Synek, 2014) neboli stereoskopické. To je prostor viděný oběma očima, který je tvořen kruhovou výsečí mediálně omezenou nosem a kraniálně očníci. V praxi dochází k tomu, že se centrální části dvou monokulárních polí překryjí, a proto objekty v této části prostoru vidíme binokulárně a jejich obrazy, které dopadly na obě sítnice, splývají v jeden obraz (Ganong, 1995).

Rozsah monokulárního zorného pole závisí na poloze oka a tvaru očníce. Temporálně dosahuje asi 90°, nazálně 60°, kraniálně 50° a kaudálně zhruba 70°. Pole binokulární má horizontálně rozsah zhruba 120°. Uprostřed zorného pole vidíme nejostřeji, vidění pak prudce klesá směrem k periférii. Informace z periférie jsou však zásadní pro adaptaci a orientaci v prostoru. Právě periférie je velice citlivá na detekci pohybu (Hornová, 2011). K rozvoji binokulárního vidění dochází v období 3. trimestru. Dále se pak rozvíjí v období prvního roku a do 6-8 let věku dochází dál k jeho prohlubování na základě zrakových zkušeností (Duckman, 2006; Knap, 2023).

Vnímání jednoduchého binokulárního pole můžeme rozdělit na tři podkategorie: superpozice, fúze a stereopsie. Superpozice je stav propojení dvou obrazů v jeden. Fúze je propojení dvou sítnicových obrazů v jeden. (Duckman, 2006)

Pojmem **stereopsie** nazýváme vnímání hloubky a proporcí viděného obrazu. To vzniká na základě porovnání informací získaných binokulárním viděním (Coubard, 2015). Vnímání hloubky je podmíněno překrýváním jednotlivých objektů v prostoru nebo hrou barev a stínů (Synek, 2014) a dalších vizuálních schopností. Vestibulární systém dodává informace o poloze a pohybu hlavy v prostoru, které doplňují představu o hloubce (Čihák, 2011–2016). Komplexní orientace v prostoru však není závislá pouze na zrakových a vestibulárních vjemech. Svou roli hrají také informace z proprioreceptorů a kožních exteroceptorů. Na korové úrovni dochází ke splynutí všech vstupů a vytvoření co možná nejpřesnějšího obrazu prostoru a polohy individua v něm (Ganong, 1995).

Kolem 30 % světové populace trpí poruchami binokulárního vidění. To se může projevovat diplopií (neboli dvojitým viděním), problémy se čtením nebo s koncentrací, a v neposlední řadě právě snížením stereopsie. V kontextu sportovního výkonu jsou binokulární vidění a následná stereopsie a orientace v prostoru zcela klíčové. Tyto funkce jsou dobře trénovatelné a sportovci může specializovaný trénink v praxi nabídnout například lepší odhadnutí vzdálenosti letícího míče a jeho rychlosti v prostoru. Sportovec je následně schopný přesnějšího načasování odehrání míče. Existují studie, které ukazují na signifikantně lepší motorické dovednosti u jedinců s vyšší mírou stereopsie. (Knap, 2023)

1.5.2. *Akomodace*

Akomodace oka je funkce, která nám pomáhá zaostřit předměty na sítnici oka. Děje se tak především pomocí stahu *m. ciliaris*, který zkrátí vzdálenost mezi řasnatými tělísky, čímž dojde ke změně zakřivení čočky a ta se vyklene. Tuto možnost zakřivení čočky nazýváme jako změnu optické mohutnosti. V běžné situaci, kdy oči koukají do dálky, je tento sval relaxovaný a čočka oploštěná. Přirozený rozdíl optické mohutnosti oka může u dětí školního věku tvořit až 16 dioptrií (Rokyta, 2015) u kojenců je tato funkce nižší (Huurneman, 2016). S věkem se po dosažení píku šestnácti dioptrií toto číslo snižuje rychlostí až 2–3 dioptrie za dekádu. V šesté dekádě může klesnout až k hodnotám jedné dioptrie, či zcela vymizet. V takovém případě se jedná o stav nazývaný jako presbyopie neboli úplná ztráta akomodační funkce (Synek, 2014). Tento úbytek je dán zejména změnou elasticity čočky (Ganong, 1995). Dále se na tomto procesu podílí snížení počtu

svalových vláken v *m. ciliaris*, které jsou s věkem nahrazovány vazivovou tkání. Dalším faktorem je i změna tloušťky čočky (Synek, 2014).

Nejkratší vzdálenost, na kterou je lidské oko běžně schopné zaostřit neboli akomodovat, se nazývá **blízký bod** a v dětství činí asi 9 cm. S věkem se posouvá dále od oka a v šestém decéniu může dosahovat až 80 cm (Ganong, 1995). Svou roli v akomodaci hrají i vlastnosti světelného podnětu. Oko lépe ostří na podněty s širším světelným spektrem (Synek, 2014).

Chceme-li sledovat blízký bod, vedle akomodace musí dojít také k tzv. **konvergenci**, neboli sbíhání obou zrakových os, a k zúžení zornic (Ganong, 1995). Tuto triádu označujeme jako **akomodační reflex**. Jedná se o nepodmíněný reflex, který je zprostředkován pomocí parasymptiku (Synek, 2014).

Vzdálenost, ve které je možné pohybovat s předmětem, aniž by došlo k jeho rozmazání, nazýváme jako **hloubku ostrosti**. Dále rozlišujeme tzv. **akomodační šíři/oblast** neboli vzdálenost mezi blízkým a dalekým bodem. (Synek, 2014)

Jako ***near-far quickness (NFQ)*** definujeme parametr udávaný v sekundách, který nám říká, jak dlouho trvá změna akomodace, neboli přeostrění našich očí střídavě z delší na bližší vzdálenost. Rychlost je závislá na výše zmíněných vlastnostech příslušných svalů a trénovanosti oka. V případě zvýšeného tonu svalů, způsobeného například monotónní vzdáleností, na kterou jsou oči zvyklé většinu dne pracovat (vzdálenost obrazovky počítače, mobilu), dochází ke snížení tohoto parametru. Takový stav může přispívat i k bolestem hlavy a zvýšené únavě. ***near-far quickness*** je trénovatelná (Asken, 2016; Vymyslický, 2007). Pro sportovce tato dovednost znamená kvalitní informace o pohybujícím se míči a možnost rychle zaostřit na podnět z jiné vzdálenosti. To vede ke zkrácení reakčního času při rozhodování, jak se k míči postaví a jak ho odehraje (Erickson, 2011; Knap, 2023).

Akomodační facilita/flexibilita je parametr udávaný v cyklech za minutu. Vymezuje tudíž především rychlost, ale i přesnost zaostření oka na vybraný cíl při změnách akomodačních požadavků mezi různými vzdálenostmi. (Efron, 2007)

1.5.3. ***Vergence***

Vergence je motorická funkce obou očí v opačném směru, která pomáhá stáčet bulby směrem daným pohledovou vzdáleností pozorovaného bodu. Hovoříme-li o pohybu bulbů mediálním směrem, nazýváme tento jev konvergencí. K tomu dochází typicky při zaměření oka na blízkou vzdálenost. Opačný pohyb definujeme

jako divergenci a oči se v tomto případě uvolní a umožní pohled do dálky (Synek, 2014; Knap, 2023).

Vergenční facilita/flexibilita je opět udávána v cyklech za minutu. V tomto případě sledujeme schopnost rychlé a přesné vergence při změnách vergenčních požadavků (Efron, 2007). Funkce je tedy závislá jak na vnitřních, tak na vnějších okoohybných svalech. Nízké hodnoty vergenční flexibility způsobují obtíže při častém přestřování z dálky na blízko a opačně, k čemuž dochází typicky ve škole nebo při sportu (Vymyslický, 2008).

Fúzní rezervy neboli fúzní vergence popisují maximální rozsah vergence, které mohou oči dosáhnout, aniž by bylo narušeno binokulární vidění (Efron, 2007). Nebo je možné je chápat jako sílu vnitřních a vnějších okoohybných svalů (Knap, 2023). Konkrétně sledujeme schopnost spojit obraz v případě vergenčního zatížení. Tento parametr je důležitý především v diagnostice heteroforie (skrytého šilhání), která je v naší populaci častá (Kříž, 2016). Pro stanovení rozsahu fúzní vergence musíme znát tzv. **blur point** (bod rozostření), **break point** (bod rozdvojení) a **recovery point** (bod opětovného spojení). Fúzní vergence rozdělujeme na horizontální a vertikální. Horizontální můžeme dále rozdělit na **pozitivní** (stáčení bulbu do konvergence) a **negativní** (stáčení bulbu do divergence). Všechny typy jsme schopni měřit do dálky i do blízka. (Vymyslický, 2008)

1.5.4. **Frekvence splývání**

Další funkcí oka je jeho schopnost rozlišovat změnu obrazu v čase. Maximální frekvence podnětů, kterou je ještě oko schopno rozlišit, se nazývá **kritická frekvence splývání** (Ganong, 1995). Čím větší je jas viděného, tím větší je kritická frekvence. Při optimálním osvětlení dosahuje velikosti 50-60 podnětů za sekundu (Synek, 2014).

1.5.5. **Zraková ostrost / visus**

Kvalita zrakové ostrosti závisí na více faktorech. Na transparentnosti a fyziologické lomivosti prostředí oka, dobré funkci světločivných buněk, centrální fixaci oka a činnosti zrakového nervu a zrakových center v CNS (Synek, 2014). Dále jsou zásadní vlastnosti pozorovaného podnětu, a to konkrétně jeho osvětlení, jasnost či kontrast a doba, po kterou podnět pozorujeme (Ganong, 1995). Jedná se o jednu ze základních vlastností vizuálního systému a jedno z hlavních měřítek kvality zraku.

Stejně platí i v případě sportovců. I pro ně je tato vlastnost klíčová. Je proto důležité, aby byla zraková ostrost dostatečně vyšetřena a případně korigována ať už dioptrickými brýlemi nebo čočkami. I v případě slabé odchylky v podobě pár desetin dioptrií, může docházet k signifikantnímu snížení ostrosti zraku. *Erickson (2021)* zmiňuje konkrétní studie, které sledovaly sportovce z *Amateur Athletic Union Junior Olympic Games* a objevily, že 20–30 % z nich má refrakční odchylku větší než $\pm 0,75$ D. Udává i další podobné případy. Lze z toho vyvodit, že incidence refrakčních vad by mohla být u sportovců obdobná jako u lidí, co nesportují. Hojně se opakovalo, že sportovci s nálezem refrakční vady fungovali bez jakékoliv korekce (*Erickson, 2021*). U sportovců často narážíme na problém zejména u kontaktních sportů, kde může být přítomnost klasických brýlí nebezpečná. Nejjednodušší je cesta kontaktních čoček, které jsou schopny upravit většinu korekčních vad. Existuje mnoho variant ať už stran materiálu nebo doby použitelnosti. Další variantou mohou být tzv. sportovní korekční brýle. Brýle jsou vyráběny ze speciálních materiálů, aby byly dostatečně pevné a odolaly nárazům, ale zároveň i lehké a pro sportovce komfortní. Mohou mít speciální úpravy čoček, které zajišťují co nejjasnější a nezkreslené vidění. Jedná se zejména o různé antireflexní a ochranné povlaky (*Knap, 2023*).

1.5.5.1. Zraková ostrost statická

Zraková ostrost označuje, jak přesně je oko schopné vnímat detaily viděného předmětu. Zraková ostrost je proto často označovaná jako práh nejmenší vzdálenosti, na kterou je lidské oko schopno oddělit dvě přímky od sebe (*Ganong, 1995*). Jedná se tedy o úhel dvou bodů v prostoru, které oko jako dva body rozezná. Fyziologicky je minimální rozlišovací úhel roven $1'$. To odpovídá vzdálenosti dvou stimulovaných čípků, mezi kterými leží třetí nestimulovaný (*Synek, 2014*). V praxi tento práh můžeme určit například pomocí Snellenových optotypů. Jedná se o tabulku s řádky různě velkých písmen, který člověk sleduje ze vzdálenosti 5–6 m. Tato vzdálenost je stanovena jako vzdálenost, při které není potřeba akomodace. (*Ganong, 1995*). Velikost jednotlivých písmen je vybrána tak, aby části písmen byly pozorovatelné z příslušné vzdálenosti pod úhlem $1'$ (*Synek, 2014*). Měřením dostaneme zlomek, označovaný jako *visus*, jehož jmenovatel je vzdálenost, ze které daný jedinec příslušný řádek optotypu pozoruje (např. tedy 6), a číselník je vzdálenost, ze které by zdravý jedinec tento řádek měl být schopný přečíst. Zdravý člověk má tedy *visus* rovný 1, krátkozraký člověk menší

než jedna (Ganong, 1995). Knap (2023) udává jako optimum pro mladé lidi hodnoty okolo 1,2 až 1,5. Při narození se rodíme s nízkou zrakovou ostroťí kolem 0,05. Během prvního roku dochází k úpravě na hodnoty kolem 0,3. Zrakové ostroťi na úrovni dospělého jedince dosahujeme až ve čtvrtém roce života a až kolem dvanáctého roku dojde k jejímu pevnému ukotvení. S věkem dále dochází k přirozenému stárnutí a snížení zrakové ostroťi. Mezi hlavní faktory patří vznik refrakčních vad, presbyopie nebo počínajícího šedého zákalu (katarakta) (Knap, 2023).

1.5.5.2. **Zraková ostroť dynamická**

Dynamická zraková ostroť (*dynamic visual acuity, DVA*) nám zajišťuje rozpoznávání detailů v případě, že je naše hlava ve statické poloze, ale my pozorujeme dynamický objekt (*dynamic-object DVA*), nebo v opačném případě, pozorujeme-li fixní podnět při dynamickém pohybu naší hlavy či těla (*static-object DVA*). Tato funkce je využívána v každodenním životě. Hodně se o ní však hovoří ve vztahu ke sportovcům, u kterých je často vyvinutější než u běžné populace. Důvodem je opakovaný trénink sledování pohybujícího se předmětu, kterým je nejčastěji nějaký míč. Dále pak lepší orientace v prostoru při pohybu. Pokud jsou tyto funkce rozvinutější, mohou vést k lepšímu povědomí o ostatních hráčích a tím předcházet případným zraněním. (Erickson, 2011; Palidis, 2017; Panthagani, 2020)

Dynamická zraková (*dynamic-object DVA*) ostroť se mění v nepřímé úměře k rychlosti pohybujícího se objektu a dle Erickson (2011) je tento vztah lineární do rychlosti objektu 90°/s. (Erickson, 2011)

DVA není dána pouze zrakovým aparátem, ale svou roli zde hraje i vestibulární systém a jeho spojky. Panthagani (2020) udává pro stabilizaci zraku tři důležité složky. Mezi ně patří zraková fixace, vestibulo-okulární reflex a neurální integrační systém. (Panthagani, 2020)

Vestibulo-okulární reflex (VOR) je tělem využíván jako hlavní stabilizátor zraku soustředěného na stabilní objekt při dynamickém a rychlém pohybu hlavy nebo těla (Nandi, 2009). Tento reflex zajistí stabilizaci obrazu na retině tím, že nastavuje a rotuje oči v opačném směru, než je pohyb hlavy (Muntaseer Mahfuz, 2018). Informace o pohybu hlavy získává CNS pomocí vestibulárního aparátu. Polokruhovitě kanálky jsou u VOR klinicky významnější. Dále je informace zpracovaná v *ncl. oculomotorius*. Motorický výstup v podobě pohybu bulbů vykonají příslušné oční svaly (Nandi, 2009), (Fetter, 2007). Jedná se o nejrychlejší známý reflex. Vestibulární systém je schopný zachytit vychýlení hlavy rychleji než systém vizuální. K reakci dochází nejčastěji v rozmezí 5–8 ms v závislosti na síle podnětu a individualitě (Figtree, 2020).

Poměr mezi rychlostí kompenzačního pohybu oka a iniciálního pohybu hlavy se nazývá **gain VOR** a při přirozených pohybech hlavy (0,5–5 Hz) se rovná jedné ($gain = eye / head\ velocity$). Dojde-li k jeho poklesu (snižuje se rychlost kompenzace), stěžují si pacienti na oscilopsii a rozmazané vidění. K poklesu dochází z důvodu vestibulární hypofunkce (Michel, 2020). Ta může být způsobena poruchou vestibulárního aparátu nebo nervu, a to vlivem stárnutí, určitého poranění nebo tumoru. U zdravých osob může tato situace nastat také tehdy, změníme-li podmínky vidění například tím, že použijeme zvětšovací nebo zmenšovací čočky (Schubert, 2019). V případě akutní vestibulární léze je pokles *gain* až o 75 % při pohybu hlavy k postižené straně a o 50 % při pohybu hlavy na opačnou stranu. Tento pokles se časem spontánně upraví, ale *gain* VOR zůstává stále nižší a asymetrický (Čakrt, 2007). VOR jako určitý adaptační mechanismus můžeme i trénovat. *Vannucci (2017)* udává několik studií, kde se hovoří o mozečku jako o hlavní struktuře zodpovědné za toto motorické učení (Vannucci, 2017).

Gain VOR je různý v závislosti na věku. Perinatálně máme již vyzrálý periferní vestibulární systém a některé z aferentních vestibulárních drah (Wiener-Vacher, 2017). Vestibulární systém totiž dozrává ze všech sensorických systémů jako první. Už mezi 8. a 9. měsícem intrauterinního života se stává funkčním (Nandi, 2009). Během postnatálního vývoje však dochází k dalšímu anatomickému vývoji a zraní centrálních struktur podílejících se na VOR. *Wiener-Vacher (2017)* ve své studii předpokládá, že tento postnatální vývoj stojí za změnou *gain* VOR během dospívání. V rámci studie sledovali rychlost *gain* VOR pomocí *video head impuls* testu (vHIT) u 274 dětí (2 měsíce – 15 let) a u 26 dospělých (v rozmezí 16–67 let). Šestý rok života je

důležitým milníkem, kdy dochází k dozrání důležitých centrálních struktur, ke kterým patří především mozeček. Ve stejném období dochází také ke změně rychlosti vývoje velikosti lebky. V tomto období se také normalizuje refrakce neboli upevnění jednoduchého binokulárního vidění. Do té doby se u dětí objevuje fyziologická hypermetropie neboli dalekozrakost. Hodnoty *gain* VOR pro přední kanálek u dětí od 1 – 6 let se pohybovaly v rozmezí od 0,95 – 0,98. Od 6. roku věku však pozorovali lineární nárůst *gain* VOR, který v **16 letech** dosáhl hodnot srovnatelných s dospělou populací (pro přední kanálek 1,03). (Wiener-Vacher, 2017). Studie *Nandi (2009)* udává informaci z roku 1983, kdy k hodnotám *gain* VOR odpovídajícím dospělým dochází mezi 10. – 14. rokem. Neudávají však další údaje o výzkumu (Nandi, 2009).

Koordinace posturálních reakcí se vyvíjí do 10 – 15. roku života. V dospělém věku je primárním zdrojem informací pro rovnováhu somatosenzorický systém. Děti využívají zejména vizuální informace více než vestibulární. Některé studie udávají, že až kolem 15. roku života dochází k plně funkčnímu využití vestibulárních informací pro rovnováhu (O'Reilly, 2011). K rozvoji rovnováhy a kontroly pohybu však začíná docházet již kolem předškolního věku, kdy dozrává mozeček (Nandi, 2009).

Vestibulo-kolický reflex (VCR) je druhý z reflexů získávající informace z vestibulárního aparátu. Jeho výstupem však není pohyb očí, ale pohyb hlavy napomáhající ke stabilizaci obrazu na retině (Nandi, 2009; Vannucci, 2017).

S vestibulárním aparátem spolupracuje ještě **vestibulo-spinální reflex (VSR)**. Ten pracuje podobně jako VCR. Efektorem však nejsou svaly ovlivňující pouze polohy a pohyb hlavy. Působí především na svaly trupu a končetin pomocí *tr. vestibulo-spinalis lateralis*. Informace čerpá vedle vestibulární dráhy také z bazálních ganglií, mozečku nebo z retikulární formace. (Nandi, 2009)

Ke stabilizaci obrazu při pohybu hlavy přispívá také **cerviko-okulární reflex (COR)**. Ten získává informace z receptorů umístěných v prvních třech intervertebrálních kloubech krční páteře při rotaci hlavy. Je citlivý především při menších frekvencích pohybu v rozmezí 0,1-0,4 Hz. Výstupem je pohyb okulomotorických svalů vedoucí k jasnějšímu obrazu (Barlow, 2009; Zamysłowska-Szmytke, 2019).

Dalším z reflexů je **opto-kinetický reflex (OKR)**. Ten se od VOR liší tím, že stabilizuje oko ve vztahu k viděnému obrazu a ne pohybu. Funguje jako takzvaný *biofeedback*, který nám umožňuje pohybovat okem stejnou rychlostí, jakou se pohybuje sledovaný obraz. Největší efekt je pozorován při nízké frekvenci pohybu hlavy/těla.

V takovém případě podle *Schweigart (1997)* dokonce převažuje jeho vliv na stabilizaci obrazu nad vlivem VOR (*Schweigart, 1997; Vannucci, 2017*). Reflex je zprostředkován především zrakovým polem s vlivem kortikálních i subkortikálních struktur a umožňuje stabilizaci obrazu na retině při konstantním pohybu hlavy (*Nandi, 2009*).

1.6. Oční pohyby

Řízení očních pohybů může být volní nebo reflexně zprostředkované. Mimo reflexů popsaných výše, týkajících se dynamické ostrosti, existují i jiné situace podmiňující jejich reflexní stimulaci. Jedním z nich je fakt, že *fovea centralis* obsahuje nejvyšší koncentraci čípků, a proto je cílem udržet dopadající paprsek sledovaného obrazu na jejím středu právě pomocí jemných pohybů očí (*Coubard, 2015*). Oční bulby nejsou nikdy zcela v klidu, stále dochází k určitým mikro pohybům, ty *Ganong (1995)* popisuje jako fyziologický nystagmus, který brání adaptaci nervových spojení. Pokud by obraz nebyl stále v mírném pohybu na naší sítnici, přestali bychom ho po chvíli vnímat (*Ganong, 1995*). Dle *Synek (2014)* k takovému vymizení obrazu dojde po cca 1–3 sekundách (*Synek, 2014*).

Mezi volní vůlí ovládané pohyby patří méně přesné pohyby iniciované motivací někam se podívat. Směry, kterými se oční bulby mohou pohybovat, jsou dané stavbou a funkcí jednotlivých okohybných svalů. Jelikož fungujeme v binokulárním zorném poli, jak bylo již popsáno, musí být pohyb obou bulbů velice koordinovaný. (*Ganong, 1995*)

Dle *Ganong (1955)* rozlišujeme čtyři základní typy očních pohybů a to **sakadické pohyby**, **sledovací pohyby**, **vestibulární** neboli **kompensační pohyby**, které byly popsány již v souvislosti s dynamickou zrakovou ostrostí, a **konvergenci** bulbů. Každý typ je řízen jiným systémem, ale mají stejného efektoru, a to motoneurony konkrétních okohybných svalů (*Ganong, 1995*). *Čihák (2011-2016)* rozeznává ještě **vyhledávací** a **volní** pohyb očí (*Čihák, 2011–2016*).

1.6.1. Sakadické pohyby

Sakadické pohyby bulbů jsou typicky rychlé, drobné pohyby různého směru. Jejich úkolem je dostávat oči do polohy, kdy se sledovaný obraz promítá co nejlépe na foveu, a tím rozšiřovat místo nejostřejšího vidění (*Coubard, 2015*). Můžeme je srovnat s pojmem vergence. Jsou automatické a tudíž neunavitelné (*Čihák, 2011–2016*). Při sledování okolí nejsme schopni vnímat obraz souvisle, ale dochází k přeskokování z jednoho objektu na druhý. I tento pohyb je popisovaný jako sakády (*Ganong, 1995*).

Taktéž rychlá složka nystagmu, který bude popsán dále, je některými autory popisována jako sakadický pohyb (Nandi, 2009).

1.6.2. *Pomalé sledovací pohyby*

Pokud v prostoru zafixujeme pomalu a stejnoměrně se pohybující objekt, je naše oko schopné plynulého pohybu bulbu, který stíhá tento objekt. Rychlost pohybujícího se objektu musí být menší 25–30 °/s. Pokud je vyšší a to až 800°/s, využije oko mechanismus sakád, který byl popsán výše (Synek, 2014). *Nandi (2009)* udává rychlost sledovaného objektu až 60–70 °/s (Nandi, 2009). Plynulý sledovací pohyb očních bulbů je, stejně jako sakády, automatický (Synek, 2014). Zásadním centrem pro tuto dovednost je mozeček (Ganong, 1995).

1.6.3. *Nystagmus*

Jedná se o repetitivní pohyb očí dvěma protilehlými směry. Rovina pohybu může být horizontální, vertikální, torzní nebo jejich kombinací. Nystagmus má dvě složky pohybu. První, pomalá, vede od vizuálního cíle. Druhá složka přivádí oko zpět k pozorovanému cíli. Ta může být buď rychlá a poté mluvíme o trhaném nystagmu (*jerk nystagmus*), nebo pomalá a pak se jedná o nystagmus kyvadlový (*pendular nystagmus*). (Panthagani, 2020)

Nystagmus může být fyziologický nebo patologický jev. V případě fyziologické funkce je cílem tohoto pohybu udržet stálý obraz při pohybu těla. Oko udržuje svými pohyby pozorovaný objekt na středu *fovea centralis*. Na to má vliv zejména možnost zrakové fixace a VOR. Pokud je tento pohyb patologický a nemá své opodstatnění ve stabilizaci obrazu, často dochází ke zhoršení zraku až oscilopsii (Čihák, 2011–2016). Podstatou je posun obrazu z *fovea centralis* větší než 5 °/s. Díváme-li se například určitou dobu vlevo, po chvíli budou mít oči tendenci vrátit se do primární pozice stočení bulbů vpřed. Bulby se začnou stáčet pomalu vpravo. Následně však dojde ke kompenzačnímu rychlému pohybu zpět vlevo ve směru zamýšleného pohledu. Tento stav nazýváme jako pohledem vyvolaný nystagmus (*gaze-evoked nystagmus*). Fyziologicky by k tomu mechanismu mělo dojít až při úhlu pohledu větším než 45°. (Panthagani, 2020)

Spontánně se vyskytující nystagmus, který nemá své opodstatnění, je tedy brán jako patologický jev. Ten může mít jak centrální, tak periferní příčinu. (Čihák, 2011–2016; Hahn, 2015)

Při periferní lézi vestibulárního systému má lidský organismus tendenci utíkat od strany léze. Dochází tedy k pomalému pohybu očí na stranu léze a rychlému kompenzačnímu pohybu na zdravou stranu. V případě centrální poruchy vidíme nystagmus vertikální, nejčastěji s rychlou složkou směrem kaudálně (*downbeating nystagmus*). (Panthagani, 2020)

Dále ještě rozlišujeme infantilní a získaný nystagmus. Infantilní nystagmus pozorujeme nejčastěji v prvních 3-6 měsících života. Jeho podstatou může být přidružení k albinismu, porucha retiny, slabé vidění nebo brzká zraková deprivace. Často se objevuje zcela idiopaticky. (Papageorgiou, 2014)

1.6.4. **Okohybné svaly**

Všechny výše zmíněné pohyby očí jsou zapříčiněné šesti okohybnými svaly. Můžeme je rozdělit na čtyři svaly přímé a dva šikmé. Svaly jsou inervovány pomocí tří různých hlavových nervů. Okohybné svaly mají malé motorické jednotky a jsou tedy schopné velmi přesných pohybů. Jejich koordinací můžeme pohybovat okem plynule do všech směrů. (Čihák, 2011–2016; Hahn, 2015)

1.7. **Kognitivně-vizuální schopnosti**

Kognitivní funkce jsou jedny ze základních vlastností lidského mozku, které nám umožňují vnímat, jednat a reagovat na naše okolí a tím plnit určité úkoly. Patří sem především paměť, koncentrace nebo schopnost pochopit a pracovat s informacemi. Podtyp kognitivních funkcí jsou funkce **exekutivní**, které nám umožňují plánovat a organizovat myšlenky a činnosti (Národní zdravotnický informační portál, 2023). Obecně se jedná o vyšší funkce mozku a jsou typické pro člověka. V psychologické terminologii bychom mohli také použít pojem inteligence. V předchozí kapitole byly popsány vizuální schopnosti, jakožto propojení periferie s centrální nervovou soustavou, a to především s primární zrakovou oblastí. Kognitivně-vizuální schopnosti jsou spoluprací zrakových drah a vyšších center koncového mozku, například se sekundární zrakovou oblastí a dalšími asociačními centry (Čihák, 2011–2016). Vizuální systém chápeme v tomto případě jako prostředek realizace příslušných kognitivních funkcí. Variant, kde se vizuální systém zapojuje, je samozřejmě obrovské množství. Pro účel této práce jsme popsali pracovní paměť a sledování více objektů. Zvolili jsme je záměrně proto, že jsme na ně mířili v testování a pozdějším tréninku.

Níže popsané funkce jsou využívány v běžném životě na denní bázi. Existují však situace, kdy je na ně kladen větší důraz. Pracovní paměť využíváme hojně při učení. Další oblastí, kde využíváme současně i sledování více objektů, je sport. Existuje několik studií, které potvrdily, že sportovci mají lepší kognitivní funkce než lidé, kteří vůbec nesportují. Otázkou však stále zůstává, jestli trénink kognitivních funkcí skrze sport dokáže ovlivnit naše kognitivní funkce i mimo něj. Sporty můžeme rozdělit na dva hlavní typy. *Open-skill exercising* neboli sporty, při kterých jsme nuceni více reagovat na nejasné měnící se situace, a *closed-skill exercising*, sporty, kde se dá průběh očekávat. Mezi *open-skill exercises*, které mají na rozvoj kognice výrazně vyšší vliv, řadí především týmové sporty a sporty, kde hraje roli změna venkovního prostředí. Mezi *close-skill exercises* patří sporty, kde se dá více a konkrétněji na výkon připravit. Příkladem může být gymnastika, atletika, ale i plavání nebo běh (Heilmann, 2022; Jin, 2023). Pro sportovní výkon je tedy zásadní umět efektivně využít specifické vizuální dovednosti, dostatečná rychlost vizuálního vyhledávání a schopnost blokovat potenciálně rušivé podněty (Greenlees, 2006).

Přestože je možné, že jsou sportovci vybaveni lepšími kognitivními schopnostmi, nabízí se tyto schopnosti cíleně prohlubovat i mimo specifický sportovní trénink. Koncentraci, nedílnou součást pracovní paměti, je možné trénovat různými způsoby. V rámci sportovní psychologie jsou takové postupy někdy rozdělovány na dvě kategorie. První kategorie spadá přímo do průběhu závodu/zápasu a obsahuje postupy pomáhající momentální koncentraci. Může se jednat o určité motorické rutiny nebo klíčová slova pomáhající k lepšímu soustředění. Druhá kategorie se týká dlouhodobé tréninkové přípravy a obsahuje speciální cvičení pro prohloubení koncentrace a pracovní paměti. (Greenlees, 2006)

Mezi možnostmi tréninku patří zejména různé vizuální stimulační, videoprojekce nebo cíleně designované softwarové programy typu *Neurotracker*, *Senaptec Sensory Station* apod. Těmito možnostem bude věnovaná samostatná kapitola. Komarudin (2021) ukazuje na menší skupině 21 basketbalistů, že takto cíleným tréninkem dochází ke zlepšení koncentrace neboli jedné z modalit kognice, a pracovní paměti. Nedochozí však signifikantně ke zlepšení sportovního výkonu jako takového (Komarudin, 2021). Nacházíme se tedy v určitém kruhu. Ve sportu je však stále kladen větší tlak na výkon a tak každý detail, který sportovce odlišuje od zbytku, může být pro úspěch zásadní.

V případě tréninku mladých sportovců oceňuji již zmíněný přesah a propojení do sféry učení a školy.

1.7.1. **Pracovní paměť / prostorová paměť**

Mezi exekutivní funkce patří i tzv. pracovní paměť (*working memory*, *WM*). Definice a vymezení je dle různých autorů mnoho. Nejčastěji se však uvádí jako podtyp krátkodobé paměti s účelem udržet informace vedoucí k dosažení určitého kognitivního úkolu (Heilmann, 2022). Od klasické krátkodobé paměti se vymezuje prací s uloženými informacemi i přes vliv určitého rozptýlení nebo jiné, zdánlivě nesouvisějící, aktivity (známo také jako *multitasking*). Pracovní paměť může být rozvíjena a používaná především v rovině verbální nebo vizuální (Melby-Lervåg, 2013).

Vizuální pracovní paměť může demonstrovat a zároveň testovat například tzv. *Stroop test*. Jedná se o situaci, kdy typicky sledujeme barevný text, který popisuje barvu odlišnou od té, jejíž název nese. V praxi to znamená, že čteme slovo „modrá“, ale text je psán červenou barvou a toto určení je naším cílem. (Melby-Lervåg, 2013)

Dalším možným propojením vizuální složky a paměti může být paměť prostorová. Pod tento název můžeme skrýt mnoho věcí. Často je sem řazena možnost orientace v prostoru a tvorba vnitřní mapy. Jedná se o ukládání vizuálních informací, které využijí záhy, i když už primární zdroj informací nemám k dispozici. V komplexnějších úkolech je mimo vizuální systém nutná i spolupráce propriocepce a motorického učení. Vztáhneme-li toto do oblasti sportu, dojdeme k závěru, že právě prostorová paměť je pro celou řadu sportovců zcela klíčová. Ve většině herních sportů je hráč nucen vnímat míč/puk/nebo jiný pohybující se předmět, své spoluhráče a protihráče a často ještě vymezení hřiště. Není proto možné, aby všechny tyto položky dokázal v jeden okamžik sledovat středem své fovey a na plno je vnímal. Je zde tedy nutná určitá prostorová paměť, která mu pomůže v takové situaci zareagovat co nejlépe. (Notarnicola, 2014)

V anglické literatuře je popisována tzv. *perception span* v překladu rozpětí vnímání. Jedná se o rychlost přesného vizuálního rozpoznání zobrazených podnětů. V rámci měření se může jednat o tachistoskopické zobrazení číselné sekvence, kterou má vyšetřovaný za cíl si co nejrychleji vybavit. Erickson (2011) udává studie nabízející transfer této dovednosti do sportovních výkonů. (Erickson, 2011)

1.7.2. ***Sledování více objektů / multiple object tracking***

V předchozím odstavci bylo zmíněno, že prostorová paměť umožní sportovci fungovat na hřišti plném různých vizuálních vjemů. Takovou vlastnost využije především u vjemů, které jsou neměnné. Příkladem je vymezení hřiště a předpokládané rozmístění hráčů. V praxi je však často potřebná ještě jedna dovednost a tou je ***multiple object tracking*** (*MOT*) neboli sledování více objektů. Tato vlastnost je využívána, kdykoliv se okolní hráči dají do pohybu a je zapotřebí zároveň sledovat i pohybující se míč/puk/apod. Tyto situace nastávají především u *open-skill exercise* sportů (Zhang, 2009; Jin, 2023). Opět zde hovoříme o určitém propojení vizuálního a kognitivního systému. Tentokrát hraje velkou roli schopnost koncentrace. Pozornost je rozdělována mezi jednotlivé pohybující se podněty. Příirozeně čím více podnětů, tím rychleji se snižuje schopnost jejich sledování, která se v určitém kritickém bodě dostane na nulu. *Qiu (2018)* sledovali schopnost *MOT* 22 elitních a 20 středně pokročilých hráčů basketbalu, které porovnávali s 23 nesportovci. Výsledkem byl signifikantní rozdíl mezi elitní skupinou a zbytkem, pokud bylo úkolem sledovat více jak 2 podněty. V případě 2 podnětů nebyl mezi skupinami žádný rozdíl (*Qiu, 2018*). Při ovládnutí této dovednosti dochází k subjektivnímu zpomalení hry a možnosti být tak o krok napřed (*Knap, 2023*).

Můžeme tedy sledovat určitý model senzorio-motorického zpracování. Nejprve máme senzoričký vjem, který zpracujeme primárně pomocí vizuálního, vestibulárního a proprioceptivního systému. Nesmíme zapomenout ani na auditivní složku, která také hraje významnou roli pro motorické chování. Informace vede aferentně do CNS, kde se zpracuje a dojde k vytvoření její interní reprezentace, která je následně integrovaná k předchozím zkušenostem. CNS vyhodnotí, jak na tyto informace reagovat. Můžeme zde sledovat vliv kognitivních faktorů (pozornost, paměť, emoce). Dále dojde k eferentní fázi, kterou pozorujeme jako určitou koordinovanou aktivaci a inhibici svalů neboli motorickou odpověď. Po celou dobu funguje systém vnitřního *feedbacku* mezi jednotlivými kroky. Vedle nich si můžeme u sportu definovat ještě vnější *feedback*, který tvoří informace zvenčí, jako jsou pokyny trenéra, rozhodčího apod. Vše vede ke zlepšení výkonu. (*Erickson, 2021; Knap, 2023*)

2. PRAKTICKÉ ZPRACOVÁNÍ

2.1. Možnosti vyšetření

Optometrie se zabývá vyšetřováním lidského oka a jeho funkcí, měřením a stanovením refrakčních vad a v neposlední řadě i jejich následnou léčbou. V rámci této práce jsme vybrali několik optometrických testů, které cílí na oblasti následného tréninku. **Statické vyšetření** obsahovalo vyšetření zrakové ostrosti, akomodační a vergenční flexibility, fúzních rezerv a rychlost přeostržení (*near-far quickness*). Pro **dynamické vyšetření** jsme zvolili využití přístroje *Senaptec Sensory Station*, pomocí kterého jsme měřili zrakovou ostrost (*visual clarity*), rychlost přeostržení (*near-far quickness*), pracovní paměť (*perception span*) a sledování více objektů (*multiple object tracking*).

2.1.1. Optometrické vyšetření statické

Statický systém zpracovává informace o podnětech, které jsou stacionární, v klidu anebo se pohybují velmi pomalu. Umožňuje nám rozlišovat detaily, jako jsou tvary, barvy a velikosti sledovaných předmětů. (Knap, 2023)

Vyšetření **zrakové ostrosti** patří mezi základní kameny optometrie. Měření můžeme provádět do dálky i blízka. Nejčastějším způsobem je využití Snellenových optotypů na vzdálenost 5–6 metrů. V praxi se využívají optotypy papírové nebo projekční LCD. Vyšetřovaná osoba čte jednotlivé řádky. Na základě nejmenšího řádku jsme schopni stanovit zrakovou ostrost, kterou zapisujeme buď v podobě zlomku (čítatel označuje vyšetřovací vzdálenost a jmenovatel přečtený řádek) nebo decimálně. Vyšetřovat můžeme mono i binokulárně. (Veselý, 2019)

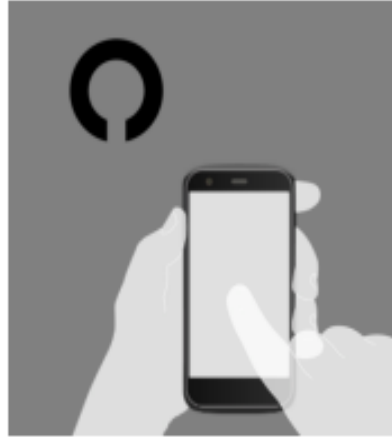
Rychlost přeostržení dálka / blízko (NFG) měříme nejčastěji v sekundách, kdy si stanovíme počet znaků, které má vyšetřovaný za úkol přečíst. Znaky čte střídavě ze čtecí karty umístěné v blízké vzdálenosti (ideálně 40 cm) a z optotypu umístěného na vzdálenost 5–6 m. Toto měření provádíme nejčastěji binokulárně.

V rámci *Senaptec Sensory Station* (obrázek 1) máme k dispozici vyšetření zrakové ostrosti do dálky pomocí **Landaltových kruhů**, které můžeme vidět na *obrázku 2*. Jedná se o přesně definované kruhy, které připomínají písmeno „C“, položené různými směry. Úkolem vyšetřovaného je na obrazovce mobilního telefonu přejet prstem ze středu směrem mezery sledovaného „C“, které se promítá na obrazovce ve vzdálenosti 5 metrů. Vyšetřujeme mono i binokulárně. Výsledek uvádí

přístroj v podobě logMAR, což je logaritmus minimálního úhlu rozlišení určující velikost obrazu na základě poměru jeho absolutní velikosti k jeho vzdálenosti od oka. (Chen, 2023)



Obrázek 1 Ukázka Senaptec Sensory Station, archiv autora



Obrázek 2 vyšetření pomocí Landaltových kruhů, převzato z webu archiv autora (Senaptec Sensory Station for sports)

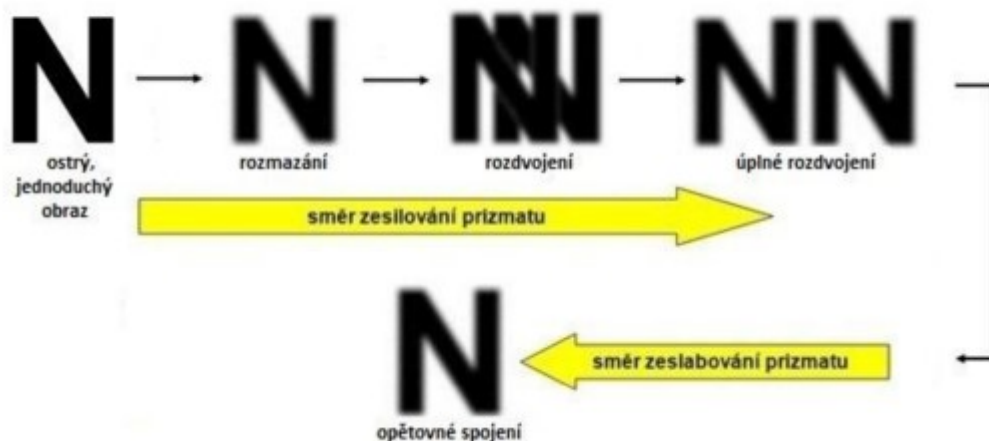


Obrázek 3 Ukázka flipperu, archiv autora

Akomodační flexibilita neboli schopnost kvalitní, rychlé a vytrvalé akomodace je nejčastěji udávaná v cyklech za minutu. Zde měříme opět nejčastěji binokulárně. Vyšetřovaného vybavíme čtecí kartou, kterou si umístí do blízké vzdálenosti (40 cm). Při tomto měření je vhodnější vybírat karty se slovy, ne pouze znaky. Po dobu jedné minuty čte vyšetřovaný slova z karty přes měnící se čočky flipperu. Flipper (*obrázek 3*) je vybavení připomínající brýle se čtyřmi čočkami, které jsou v páru uloženy paralelně. Každý pár čoček má jiné parametry, konkrétně +2,0 D a -2,0 D. Jako jeden cyklus bereme akomodaci skrze oba páry. V praxi to znamená, že sečteme počet přečtených slov a ten vydělíme dvěma. Vždy začínáme s čočkami rozptylnými. Pro binokulární vidění je u dospělých standard kolem 8 cyklů za minutu. *Vymyslický (2011)* udává u dětí nižší hodnoty. Ve věku 8–12 let je standard kolem 5 cyklů za minutu. V obou případech udává běžnou odchylku $\pm 2,5$ cyklů/min. (*Vymyslický, 2011*)

Vergenční flexibilita neboli schopnost dostatečné přesné a vytrvalé vergence se měří velice podobně jako flexibilita akomodační. Rozdíl je pouze ve vlastních flipperech, kdy v případě flexibility vergenční, mají čočky hodnoty 12 pD báze ven a 3 pD báze dovnitř. Báze ven tedy tlačí oko ke konvergenci, báze dovnitř naopak k divergenci. V tomto případě udává *Vymyslický (2011)* obecný standard 9–15 cyklu za minutu (*Vymyslický, 2008; Vymyslický, 2011*)

Vyšetření **fúzních rezerv** neboli rozsahu vergence, vyjadřujeme v prizmatických dioptriích (pD) nebo stupních. Popisujeme tak samotný rozsah disjugovaných očních pohybů. Můžeme vyšetřovat při pohledu do dálky (4–5 m) i blízka (40 cm). Vybavení pro měření fúzních rezerv můžeme rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina funguje na principu tubusů, které způsobí vyosení sledovaných předmětů pro jedno oko a následně musí docházet k vergenci. Příkladem může být troposkop, synoptofor nebo amblyoskop. Druhá skupina vychyluje obraz pomocí prizmat. Zástupci jsou prizmatické lišty, Herschelovo (Risleyho) prizma nebo sada prizmatických skel. Vždy je třeba mezi sebou porovnávat hodnoty měřené stejnou metodou. V případě měření fúzních rezerv do dálky sleduje vyšetřovaný ideální optotypový znak rovnající se visu 6/9. Čím je totiž znak větší, tím větší jsou i měřené rezervy (Kříž, 2016). V případě prizmatické lišty přikládáme postupně lištu k oku a sledujeme nejprve bod zamlžení (*blur point*), což je okamžik, kdy se sledovaný znak prvně rozmáže. Pokračujeme dál až do chvíle, kdy se obraz rozdvojí a nastává stav diplopie. Tento bod nazýváme bodem zvratu (*break point*). Třetím pozorovatelným bodem je bod složení (*recovery point*), který vzniká v okamžiku, kdy uvolníme prizmatické zatížení, a dochází k opětovnému binokulárnímu vjemu, tudíž sledovaný znak se spojí zpátky. Tento proces můžeme pozorovat na *obrázku 4*. (Vymyslický, 2008)



Obrázek 4 Proces měření fúzních rezerv, (Vymyslický, 2008)

Měříme-li **pozitivní** fúzní rezervy, přikládáme klín bází zevně a můžeme měřit všechny tři body. *Blur point* nalzáme okolo hodnot 8–10 pD. *Break point* je v případě pozitivních rezerv občas složitější k určení, jelikož přiložená prizmata mohou sledovaný znak činit značně rozmazaným. Obecně se ale *break point* objevuje okolo hodnot 19 pD.

Po dosažení diplopie pokračujeme ještě chvíli s navyšováním prizmat o 2–4 pD. Poté začínáme se snižováním a určujeme *recovery point* neboli bod, kdy dojde k trvalému opětovnému spojení. Předpokládáme snížení o 4–6 pD. V případě fúzních rezerv **negativních** přikládáme lištu obráceně, a to bází dovnitř. Sledujeme pouze body rozdvojení a složení. *Blur point* nepozorujeme. Naopak *break point* je v tomto případě snazší k určení. Hodnoty se pohybují v případě *break point* okolo 9 D. *Recovery point* nacházíme kolem hodnoty 5 pD. (Kříž, 2016)

2.1.2. Optometrické vyšetření dynamické

Dynamický systém analyzuje zejména pohyblivé podněty. Jeho součástí je koordinace rychlých pohybů oka a propojení s významnou kognitivní složkou. Jedná se tak o dovednosti vnímání hloubky zejména u pohybujících se podnětů, koordinaci oko-ruka/ oko-noha / oko-tělo, předvídavosti situace, správného načasování, dostatečné koncentrace a pozornosti a mnohé další. Tyto dovednosti jsou, jak bylo zmíněno výše, důležité zejména u sportovců (Knap, 2023). V optometrii se během klasických postupů objevuje v poslední letech mnoho nástrojů, které mohou sloužit jak k měření, tak k samotnému trénování optických a kognitivně vizuálních dynamických funkcí. Jedná se o celkem širokou nabídku komerčních zařízení, které propojují svět obrazovek se světem optometrie. Jejich využití může pomoci při běžné praxi, jelikož nám často umožňují odhalit skutečnosti, které bychom v rámci klasického vyšetření mohli přehlédnout. Příkladem může být funkce *eye-tracking*, kterou nám nabízí typicky přístroj *Right Eye*. Díky němu jsme schopni sledovat jemné pohyby jednotlivých bulbů při různých úlohách.

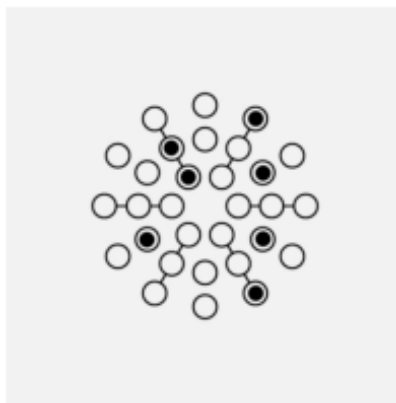
Vysoké využití mají tyto nástroje bezesporu i u sportovců. Je proto vhodné využít je pro testování vizuálních funkcí, které jsou pro daný sport zásadní a na základě tohoto zjištění nastavit ideální trénink. Možností je mnoho. Mezi komerční softwary patří například již zmíněný přístroj *Right Eye* nebo přístroje a programy *Neurotracker*, *Nike SPARQ Sensory Performance* nebo *Senaptec Sensory Station*. (Erickson, 2021)

Dynamická zraková ostrost (*dynamic visual acuity*) se nedá přímo srovnávat s ostroty statickou. V tom případě nám jde spíše o schopnost udržet zrakovou ostrost, i když je vyšetřovaný nebo sledovaný předmět v pohybu (Knap, 2023). *Wu (2021)* udává tři možnosti vyšetření. Prvním je práce se statickými optotypy (například Snellenův). V tomto případě probíhá vyšetření stejně, jako pokud vyšetřujeme zrakovou ostrost statickou, ale vyšetřovaný pohybuje hlavou v horizontálním

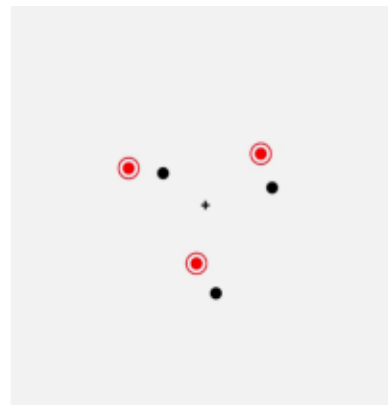
nebo vertikálním směru. Rychlost pohybu může být buď nehlídaná (ale měla by dosahovat alespoň 2 Hz), nebo lépe hlídaná pomocí speciálního přístroje, který se umístí na hlavu měřeného a hlídá rychlost otáčení, či se dá využít speciální rotační křeslo, které opět kontroluje konstantní rychlost pohybu. Jako druhý typ udává dynamické optotypy. Třetí možností jsou speciální „*motion perception behaviour tests*“. Jedná se o počítačové programy, které zobrazují určité motivy skryté v sérii pohybujících se teček nazývané jako „*random dot kinematograms*“. Cílem vyšetřovaného je odhalit tyto skryté vzory (Wu, 2021; Chen, 2023). V klinické praxi nejsou tyto techniky často používány kvůli vysokým nákladům na měřicí přístroje (Erickson, 2011).

Rychlost přestřehání dálka/blízko (NFG) měříme i v rámci dynamických vyšetření pomocí *Senaptec Sensory Station*. Úkolem je sledovat a vyřešit střídavě přeskakující Landaltovy kruhy mezi obrazovkou v dálce a obrazovkou mobilního telefonu v blízkosti. Velikost kruhů přizpůsobí přístroj na základě předchozího vyšetření zrakové ostrosti.

Dalším vybraným parametrem je **pracovní paměť (perception span)**. V tomto případě ovládáme *Senaptec* přímo na jeho dotykové obrazovce a testujeme tedy v blízké vzdálenosti. Na obrazovce se objevuje středová vyplněná kulička obklopená soustřednými prázdnými kuličkami, které se vzrůstající náročností nabývají na počtu (obrázek 5). Na dobu 1s se vyplní náhodné množství prázdných kuliček. Úkolem je následně tyto kuličky označit. System dokáže přizpůsobit obtížnost v průběhu měření na základě úspěšnosti řešení.



Obrázek 5 Vyšetření pracovní paměti pomocí *Senaptec Sensory Station*, převzato z webu (*Senaptec Sensory Station for sports*)



Obrázek 6 Vyšetření *multiple object tracking* pomocí *Senaptec Sensory Station*, převzato z webu (*Senaptec Sensory Station for sports*)

Posledním měřeným parametrem je **sledování více objektů (multiple object tracking, MOT)**. Opět se jedná o testování ovládané přímo na obrazovce. Zobrazují se tmavé náhodně rozmístěné kuličky. Část z nich se zbarví na 1 s červeně (obrázek 6).

Poté se dávají všechny do pohybu, který je opět zcela náhodný. Po určité době se zastaví. Úkolem je určit původně červeně zbarvené kuličky. Zde je opět obtížnost upravovaná na základě odpovědí. Další častou možností testování MOT je program *Neurotracker*. Ten nám nabízí i 3D možnost, kdy vyšetřovaného vybavíme 3D brýlemi, tím pádem pozorované kuličky vnímá v dalším rozměru. Také nám nabízí variantu, kdy se na obrazovce objeví středový fixační bod, který nás navede k efektivnějšímu řešení úkolu. (Knap, 2023)

Mezi další parametry, které dokáže *Senaptec Sensory Station* měřit patří **kontrastní citlivost (*contrast sensitivity*)**, **hloubka ostrosti (*depth perception*)** a **reakční čas (*reaction time*)**. Nabízí nám porovnání naměřených hodnot s databází přístroje na základě typu sportu, konkrétní pozicí ve hře a úrovni soutěže. Výsledek se zobrazí pomocí grafu hodnotícího výsledky v rámci percentilů porovnávané skupiny. Jsme schopni u jednoho vyšetřovaného porovnávat jednotlivá měření mezi sebou a sledovat tak případný progres nebo regres. (Erickson, 2021)

2.2. Možnosti tréninku

„Vizuální trénink je definován jako sekvence neurosenzorických a neuromuskulárních aktivit, které vedou k rozvoji, rehabilitaci a zlepšení zrakových dovedností a jejich zpracování.“ (Barton, 2020)

Své místo si nachází zejména kvůli stále se zvyšujícím nárokům kladeným na oči v podobě monotónní práce, při které oči často pracují pouze v jedné vzdálenosti a častému a dlouhému vystavování monitorům. Klinicky to může vést k symptomům jako je bolest hlavy, rozmazané vidění, snížená koncentrace a výraznější únava. Cílem vizuálního tréninku není odstranit organickou vadu, ale dostat vizuální systém na jeho možné hranice (Vymyslický, 2008). V praxi přistupujeme k vizuálnímu tréninku nejčastěji v případě dysfunkční vergence, kde je efekt nejlépe doložitelný, akomodace nebo třeba při problémech se čtením. Vlastním odvětvím je poté vizuální trénink u sportovců. Vizuální trénink je prostor zejména pro optometristu (Rawstron, 2005). V případě sportovců často vzniká spolupráce mezi optometristou a fyzioterapeutem díky většímu propojení mezi optickou a motorickou složkou tréninku.

V této kapitole budeme hovořit nejvíce o vizuálním a vizuálně-kognitivním tréninku u sportovců. Každý trénink má za cíl zlepšit aktuální výkon a být lepší než konkurence. V první řadě musí sportovec osáhnout techniku pohybu, být dostatečně

silově a vytrvalostně připraven a u určitých sportů mít zvládnutou strategii hry. Pokud se ale pohybujeme ve skupině, kde jsou všichni na vrcholu těchto dovedností, nabízí se v posledních cca dvaceti letech i možnost tréninku vizuálního a vizuálně-kognitivního. Stále se ještě nejedná o běžnou součást sportovní přípravy, ale pomalu se dostává do povědomí trenérů i sportovců. V elitní sféře profesionálních sportovců (zejména mezi basketbalisty, baseballisty, tenisty, hokejisty nebo volejbalisty) už bývá taková příprava samozřejmostí. V určitých podobách začíná pronikat i do volnočasového sportu. Jedním z cílů naší práce bylo sestavit vizuálně-kognitivní trénink, který by mohl být praktikován v rámci tréninku mladých volejbalistů, aniž by vyžadoval složité nebo nákladné vybavení.

Bavíme-li se o neurovizuálním tréninku sportovců, musíme si uvědomit, že každý sport má své specifika a trénink bychom tedy měli vždy nastavit tak, aby cílil co nejlépe na konkrétní sport. V případě volejbalu, který jsme pro naši práci zvolili my, můžeme vypíchnout následující dovednosti. Z vizuální části je to zejména dynamická zraková ostrost, rychlost přeostržení, akomodace a vergence pohybujícího se míče. Rychlejší a přesnější zaostření může hráč získat čas a lépe odhadnout, v jaké chvíli nejlépe míč odehrát. Dále je potřeba mít vyvinuté periferní vidění a *multiple object tracking*, aby mohl správně vyčíst hru spoluhráčů a protihráčů. A v neposlední řadě je důležitá i vyvinutá pracovní paměť, která poslouží k lepší orientaci na hřišti, odhadnutí možných „outů“ a rychlejšímu zpracování informací.

V rámci naší práce, jsme vybrali okruh čtyř hlavních modalit, na které jsme trénink zaměřili. Jednalo se o **vergenci**, **rychlost přeostržení dálka/blízko (NGQ)**, **dynamickou zrakovou ostrost (DVA)** a **pracovní paměť (WM)**. Vybrané tréninkové postupy přirozeně prohlubují i další složky.

2.2.1. Pomůcky

Vizuální trénink může vypadat různorodě. Využíváme buďto již zmíněné softwary nebo různé jiné video-technické pomůcky. Lze využívat i klasických konvenčních pomůcek.

Většina softwarů funguje jako testovací i tréninkové zařízení. Pro trénink jsou v našich podmínkách nejčastěji využívané *Neurotracker*, *Senaptec* nebo *EyeBab*. (Knap, 2023)

Mezi další často využívané technické pomůcky patří zařízení *FitLight*. Jedná se o set světelných zařízení, které se rozmístí v prostoru. Každé zařízení je vybaveno RGB

LED světly, která mohou různě zhasínat nebo měnit barvu. To se dá využít pro trénink reakčního času, koordinace oko-ruka / oko-noha, periferního vidění nebo kognitivních modalit, a to především pracovní paměti. *FitLight* se dá dobře zařadit do podmínek běžného sportovního tréninku. (Knap, 2023)

Stroboskopické brýle snižují řízeně vstup vizuálních informací do oka v podobě přerušovaných světelných záblesků. Tento stav nutí oko fungovat rychleji, efektivněji a tím zvyšuje i kognitivní schopnosti jedince. Brýle se dají používat jako doplněk k běžnému sportovnímu tréninku nebo k cíleným neurovizuálním cvičením. Jsou vyráběny například od firmy *Senaptec* nebo existuje řada jednodušších provedení.

Další skupinu mohou tvořit tzv. **Exergames** neboli videohry, které obsahují fyzické cvičení. Sem patří například *Microsoft Xbox 360 Kinect*, *Nintendo Wii™* nebo *Sony PlayStation Move*. Jejich hlavním benefitem je bezesporu fakt, že jsou zábavnou formou pohybové aktivity. Mohou tak vést ke zlepšení kardiovaskulárního zdraví nebo nárůstu svalové hmoty. Jejich dopad na vizuálně-kognitivní prvky je už trochu spornější. Jedná se zejména o zlepšení reakčního času. (Hastürk, 2022)

Aplikace **Concentration Grid** nabízí trénink pracovní a prostorové paměti pomocí seřazování náhodně rozřazených čísel v tabulce. Můžeme si nastavit velikost tabulky a tudíž i počet čísel. Příkladem může být tabulka 5x5, kde máme za úkol vzestupně seřadit čísla od 1 do 25 v co nejkratším čase. Můžeme využívat komerčních aplikací nebo si tabulku vytvořit fyzicky sami. Dále můžeme měnit podmínky k vyplnění. Lze pracovat při naprostém klidu anebo při akustickém nebo vizuálním zatížení. Podobná cvičení jsou sportovními psychologii uznávaná jako vhodné postupy ke zvýšení koncentrace a potlačení rušivých elementů. (Greenlees, 2006)

Aplikace **SwitchedOn** se prezentuje jako percepčně-kognitivně-motorický tréninkový nástroj. Jedná se v podstatě o možnost využití tzv. *Stroop* testu v praxi pro nácvik kognice a zlepšení reakčního času. Poskytuje náhodně vizuální nebo auditivní pokyny, na které trénovaný reaguje motorickou odpovědí. Výhodou je, že si můžete sami nastavit rychlost změn a dalších parametrů. Může se tak jednat o praktického pomocníka na sportovní tréninky. Jedná se samozřejmě o jednu z mnoha takto koncipovaných aplikací a podobného efektu můžeme opět docílit i sami pomocí barevných papírů.

Mezi klasické pomůcky patří pomůcka **Q-ball**. Jedná se o malý balon z pryže, který nemá sférický tvar. To mu dává vlastnost odrazet se nepředvídatelným směrem. Na balonku jsou náhodně rozmístěná čísla. Trénink s ním může vést ke zlepšení

reakčního času, koordinace oko-ruka nebo modalit jako je vergence, dynamická zraková ostrost apod. (Knap, 2023)

Další velmi podobnou pomůckou je **Marsdenův míč** neboli **MarsdenBall**. Jde opět o čísla nebo písmeny popsany malý pryžový balon, tentokrát však sférický a typicky zavěšený na šňůře. Má velmi podobný dopad jako *Q-ball*. Můžeme s ním pracovat v různých polohách a při lehké modifikaci i ve specifických motorických projevech typických pro konkrétní sport.

V praxi se dále hojně využívá tzv. **Brockova šňůra** neboli **Brock Cord**. Jde o obyčejnou šňůru, na které jsou umístěny dřevěné korálky, se kterými můžeme pohybovat. Je jednou z nejvhodnějších pomůcek pro nácvik vergence, ale i přeastření z dálky na blízko.

Brain Endurance Stick je pomůcka s mnohým využitím. Vypadá jako hranatá tyč, která je barevně rozdělena na dvě poloviny a popsána čísla. Dá se využívat pro nácvik pracovní paměti v případě, že se snažíme hledat číslice vzestupně od jedničky dál. Můžeme využít i její barevné části pro trénink periferního vidění, kdy se snažíme tyče oddalovat od sebe, fixovat bod před námi a odečítat barvy tyčí. Další varianty slouží ke zlepšení reakčního času, dynamické zrakové ostrosti a koordinace oko-ruka, kdy se může pracovat ve dvojici. Přehazujeme si tyč a verbálně doprovázíme pokynem jakou barvu má protihráč uchopit.

V neposlední řadě se hojně pracuje s **Hartovými tabulkami**. Jedná se o koncept písmen nebo čísel seřazených náhodně do tabulky. Slouží jako kapesní optotypy. Dají se využívat pro nácvik dynamické zrakové ostrosti, rychlosti přeastření z dálky na blízko a nácviku akomodace a vergence.

V *tabulce 1* jsme vybrali základní zaměření jednotlivých konvenčních pomůcek. Je možné mířit i na další modalit, které v tabulce uvedené nemáme, nebo pomůcky využít i za jiným účelem. Toto jsou však ty nejčastější. V *příloze 1* najdeme tabulky s konkrétním cvičením s uvedenými pomůckami z *tabulky 1*.

Tabulka 1 - Zaměření konvenčních tréninkových pomůcek

	Q-BALL	MARSDENŮV MÍČ	BROCKOVA ŠŇŮRA	BRAIN ENDURANCE STICK	HARTOVY TABULKY
Vergence, akomodace	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
Hloubka vidění	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
Dynamická zraková ostrost (DVA)	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Rychlost přeostržení (NFQ)	NE	NE	ANO	NE	ANO
Koordinace oko-ruka / noha	ANO	ANO	NE	ANO	NE
Periferní vidění	NE	NE	ANO	ANO	NE
Reakční čas	ANO	ANO	NE	ANO	NE
Kognice	NE	NE	NE	ANO	NE

2.2.2. Využití

Neuro-vizuální nebo vizuálně-kognitivní trénink může mít plno podob. Může patřit do optometrické ordinace, kde je využíván ke korekci optických vad a nedostatků nebo k individuální přípravě sportovce jako doplněk k hlavnímu tréninku. Může se také nacházet přímo na sportovních trénincích pro celé skupiny hráčů zacílený více do kontextu hry. V posledních letech se ale jeho využití nalézá i v nemocnicích a ambulancích u neurologických pacientů, ale stále zde chybí silná *evidence base*.

Například *Barton (2020)* zaměřil své review na využití vizuálního tréninku při poruchách zraku způsobených následkem mírného mozkového trauma (*mild traumatic brain injury mTBI*). Nejčastěji jde o poruchu vergence a s ní často společně i akomodace. Na obě oblasti existuje forma vizuálního tréninku. Jak už bylo zmíněno, v případě primární poruchy vergence existuje silná evidence efektu tohoto tréninku. Méně informací je však v případě traumatického defektu, a proto je zde prostor pro další výzkumy. Studií sledujících efekt tréninku akomodace je méně, ale také docházely k výsledku, že cílený trénink má efekt. (Barton, 2020)

Systematické review *Cicerone (2019)* hledalo evidenci efektu kognitivního tréninku u pacientů po traumatu mozku nebo cévní mozkové příhodě. Pro nás zajímavé je zejména využití tréninku pracovní paměti pomocí počítačových softwarů, které vede jasně k jejímu zlepšení. Další zmínkou byly postupy vedoucí k rozšíření zorného pole v případech hemianopsie. Zde se bohužel doposud nepodařilo dokázat velký efekt

tréninku a vše zatím vede k tomu, že se často jedná o ireverzibilní změnu (Cicerone, 2019). Nabízí se diskuze, zda nejsme na hranici možností restorativní rehabilitace a není na místě využití postupů kompenzačních (nezmenšujeme oblast skotomu, ale cílenými očními pohyby posouváme zrakové pole) nebo substitučních (využití prizmat). (Raz, 2017)

Další drobnou zmínkou efektu neurovizuálního tréninku v oblasti sportu je možnost snížení zranění při hře. Toto téma prozatím není moc probádané, ale *Emery (2017)* udává nižší incidenci otřesů mozku u fotbalistů, u kterých byl v rámci předsoutěžní přípravy aplikovaný vizuální trénink. Přiklání se, že lepší informace o prostoru, získané tímto tréninkem, mohou předcházet kolizím se soupeři. Je však potřeba dalších bádání tímto směrem. (Emery, 2017)

3. CÍLE A HYPOTÉZY

3.1. Cíle práce

Hlavním cílem této práce je zhodnotit efekt neurovizuálního tréninku u juniorů herních sportů v případě, že je tento trénink zařazen do společné části konvenčního tréninku při frekvenci 1/týdně a doplněn o individuální přípravu v rámci autoterapie. Výsledky otevřou debatu, zda by se takový trénink mohl stát běžnou součástí sportovních tréninků nebo je k dosažení výsledků zapotřebí důslednější individuální příprava.

Mezi vedlejší cíle této práce patří:

- náhled do teoretických poznatků z oblasti optometrie
- nabídka možností neurovizuálního tréninku pro praxi
- zjištění afinity probandů k nabídnuté autoterapii

3.2. Hypotézy

3.2.1. Hypotéza H1: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku optických funkcí po dobu tří měsíců dojde k jejich statisticky významnému zlepšení.

H1a: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku optických funkcí po dobu tří měsíců nedojde ke statisticky významné změně zrakové ostrosti.

H1b: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku *near-far quickness* po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.

H1c: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku *vergenční flexibility* po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.

H1d: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku *akomodační flexibility* po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.

H1e: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku rozsahu fúzních rezerv po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.

H1f: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku pracovní paměti po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.

H1g: Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku *multiple object tracking* po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.

3.2.2. Hypotéza H2: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde při výstupním měření ke statisticky nevýznamnému zlepšení optických funkcí.

H2a: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny nedojde ke statisticky významné změně zrakové ostroty.

H2b: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení *near-far quickness*.

H2c: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení vergenční flexibility.

H2d: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení akomodační flexibility.

H2e: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení rozsahu fúzních rezerv.

H2f: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení pracovní paměti.

H2g: Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení *multiple object tracking*.

3.2.3. Hypotéza H3: Předpokládáme, že část probandů z intervenční skupiny projeví nízkou afinitu k autoterapii.

4. METODIKA

Poznatky v rámci teoretické části této práce byly vyhledávány pomocí webových databází *PubMed*, *Web of Science*, *Google Scholar*. Experimentální část této práce je observačního charakteru. Protokol práce byl schválen Etickou komisí FN Motol (*příloha 2*).

4.1. Charakteristika souboru

4.1.1. Výběr probandů

Bylo kontaktováno několik pražských sportovních klubů s nabídkou spolupráce na této práci. Hledali jsme kolektivní herní sporty s vyšším počtem hráčů ve věkové kategorii do 16 let z důvodu dozrání optických a vestibulární funkcí k dospělým hodnotám. Celkem jsme kontaktovali 1 ultimate frisbee klub, 2 fotbalové kluby, 2 florbalové kluby a 3 volejbalové kluby. Kontakty jsme získali většinou známostí a dva kluby reagovaly na nabídku z *facebookové* skupiny fyzioterapeutů. S vybranými kluby proběhl strukturovaný telefonický nebo emailový rozhovor s hlavním trenérem, při kterém byly sděleny podmínky spolupráce. Zásadními body bylo představení neurovizuálního tréninku, věkové kategorie hráčů a možnost intervence v rámci tréninků při frekvenci 1/týdně po dobu tří měsíců.

Na základě těchto rozhovorů jsme se domluvili se dvěma volejbalovými kluby. Prvním byl sportovní klub **Dansport Praha**, který nabídl skupinu starších zákyň a žáků. Druhým byl sportovní klub **Tatran Střešovice**, kde jsme měli k dispozici skupinu starších zákyň. V obou klubech proběhla první návštěva tréninku, v rámci které jsme informovali samotné hráče o podobě neurovizuálního tréninku a možnosti spolupráce na této práci. Každý hráč obdržel elektronický informační leták, jehož součástí byl odkaz s termíny vstupního vyšetření. Účast byla trenérem doporučená, ale dobrovolná.

Inkluzivní kritéria:

- věk do 16 let
- člen vybraného sportovního klubu s pravidelnými tréninky alespoň 1/týdně
- souhlas probanda i jeho zákonného zástupce se zařazením do studie

Exkluzivní kritéria:

- více jak 16 let věku
- neúčast na trénincích
- nesouhlas se zařazením do studie
- absolutní slepota

4.2. Protokol práce**4.2.1. Vstupní měření**

Vstupní měření proběhlo v prostorách DynaOptic v rámci Centra Pohybové medicíny Pavla Koláře za přítomnosti diplomovaného optometristy a zaškoleného fyzioterapeuta. Všechny testy byly prováděny za standardních podmínek, ve stejném prostředí a stejným člověkem. Vybraní probandi se hlásili pomocí speciálního odkazu na konkrétní datum vyšetření, které probíhalo v odpoledních hodinách v průběhu podzimu a zimy. Probandi docházeli v doprovodu zákonného zástupce, který podepsal informovaný souhlas týkající se účasti na této práci (*příloha 3*). Dále byla odebrána základní anamnéza týkající se optické korekce a četnosti tréninků. Vyšetření probíhá s korekcí, kterou probandi využívají při sportu, aby došlo k dosažení specifických podmínek. Vyšetření lze rozdělit na dvě části, statické a dynamické vyšetření vizuálních funkcí.

4.2.1.1. Statické vyšetření

Statické vyšetření probíhalo pod dohledem optometristy a obsahovalo 5 proměnných:

- **Vyšetření zrakové ostrosti** (monokulárně pro levé a pravé oko, binokulárně)
- **Vyšetření rychlosti přestřehání** *near-far quickness*
- **Vyšetření vergenční flexibility**
- **Vyšetření akomodační flexibility**
- **Vyšetření fúzních rezerv pozitivních a negativních**

Zraková ostrost je měřena pomocí Snellenova projekčního optotypu ve vzdálenosti 5,5 m. Do tabulky je zaznamenána velikost řádku, který daný proband zvládá přečíst. První probíhá monokulární vyšetření, kdy jedno oko zakrýváme klapkou.

Následně probíhá shodné vyšetření binokulárně. Vyšší hodnota značí lepší zrakovou ostrost.

Rychlost přeostření neboli *near-far quickness* je měřena v sekundách. Proband je vybaven čtecí kartou, kterou drží ve vzdálenosti cca 40 cm od očí. Úkolem je, co nejrychleji číst střídavě 10 znaků ze Snellenova projekčního optotypu a čtecí karty. Velikost písmen odpovídá optotypu 0,8. Vyšetření probíhá binokulárně. Nižší čas značí lepší funkci *near-far quickness*.

Vergenční i akomodační flexibilita je měřena pomocí flipperů a udávaná v cyklech za minutu. V případě vergenční flexibility je vybrán flipper s hodnotami 12 pD báze ven a 3 pD báze dovnitř. Proband je opět vybaven čtecí kartou, v tomto případě popsanou smyšlenými slovy o velikosti standartního optotypu 1. Po dobu jedné minuty se proband snaží přečíst co nejvyšší počet slov. Mezi každým přečteným slovem obrací na druhou stranu flipperu. Slova jsou čtena po řádcích. Jako cyklus je udávaná dvojice slov. Vyšší počet cyklů za minutu značí lepší výkonnost.

Pro akomodační flexibilitu jsou použity shodné čtecí karty s rozdílnými slovy, aby byla vyloučena možnost memorace slov. Hodnoty flipperu jsou v tomto případě +/- 2 D. Vyšší počet cyklů za minutu značí lepší výkonnost.

Pro vyšetření fúzních rezerv je vybrána metoda prizmatické lišty, kterou přikládáme k oku probanda, který skrz čočku fixuje znak. V případě pozitivních rezerv určujeme *blur point*, *break point* a *recovery point*. U měření negativních rezerv jsou stanoveny pouze *break* a *recovery point*. Výsledek je zapisován v dioptriích. Vyšší hodnota dioptrií značí obecně větší fúzní rezervy. Avšak je nutné přihlížet i na poměr konvergence a divergence.

4.2.1.2. Dynamické vyšetření

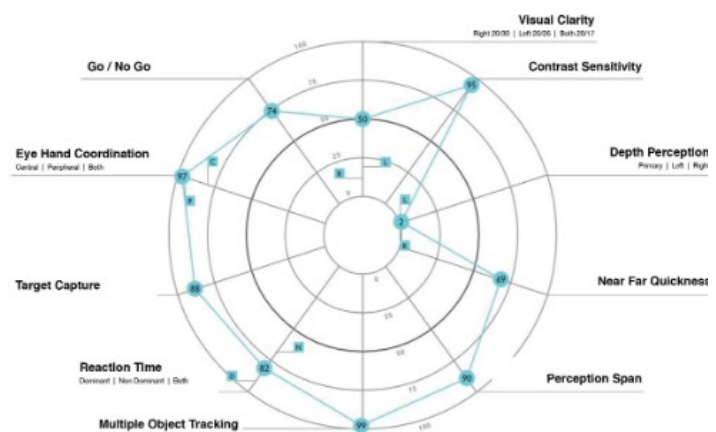
Dynamické vyšetření proběhlo pomocí přístroje *Senaptec Sensory Station* za dohledu fyzioterapeuta. Každému probandovi byl založen jeho osobní profil, který obsahoval základní identifikační údaje, specifikaci sportu, herní úroveň a hranou pozici. Pro efekt této práce jsme zvolili uniformě herní úroveň "*profesionální/elitní (professional/elite)*" a herní pozici "*libero (libero/DS)*". Dále je vyplněna krátká anamnéza týkající se obecné optické korekce probanda, optické korekce využívané při sportu, aktuální korekce pro toto měření a otázka otřesu mozku v anamnéze. Vybrané měřené proměnné:

- **Vyšetření zrakové ostrosti** *visual clarity* (monokulárně pro levé a pravé oko, binokulárně)
- **Vyšetření rychlosti přestřehání** *near-far quickness*
- **Vyšetření pracovní paměti** *perception span*
- **Vyšetření sledování více objektů** *multiple object tracking*

V případě vyšetření *visual clarity* a *near-far quickness* stojí proband ve vzdálenosti 3 m (10 ft) od přístroje a je vybaven chytrým telefonem, pomocí kterého ovládá úkoly zobrazované na tabletu. V případě monokulárního vyšetření zrakové ostrosti zakrýváme oko klapkou. Zbylé dvě kategorie jsou ovládány přímo na tabletu ze vzdálenosti 60 cm (2 ft). Přístroj probanda vždy instruuje ke správnému provedení úkolu a následně ho nechá úkol splnit nanečisto. Vyšetřující doplní instrukce slovním popisem. Až poté probíhá samotné měření. Úkol se nedá opakovat. Software následně uloží naměřená data do profilu probanda a nabídne náhled výsledku zobrazený pomocí dosažených percentilů v souvislosti s nastavenou skupinou. Naměřená data se automaticky ukládají do centrální paměti. Z centrální paměti je možné stáhnout surová data, které udávají jednotlivé skóre. Ve třech kategoriích značí vyšší skóre i vyšší výkonnost. Výjimkou je zraková ostrost, u které platí, že vyšší výkonnost se projeví nižší číslem. Ukázku měření můžeme vidět na *obrázku 7 a 8*.



Obrázek 7 Ukázka práce se *Senaptec Sensory Station*, archiv autora



Obrázek 8 Percentilové zobrazení výsledků ze *Senaptec Sensory Station*, převzaté z webu (*Senaptec Sensory Station for sports*)

4.2.2. Výstupní měření

Výstupní měření probíhá za titižných podmínek jako měření vstupním. Probandi se po uplynutí tří měsíců intervence opět hlásili na termíny měření. Proběhlo shodné statické a dynamické vyšetření. Na přístroji *Senaptec Sensory Station* byl vybrán již existující profil probanda a navoleny výchozí testované proměnné. Po ukončení testování přístroj nabídne srovnání výsledku pro rychlé sledování možného progresu nebo regresu v rámci percentilů.

4.2.3. Intervence

Po dobu tří měsíců od vstupního vyšetření probíhal v obou klubech u intervenční skupiny řízený neurovizuální trénink. Po domluvě jsme měli k dispozici 15–20 min ze společného tréninku. V případě Dansport Praha probíhal neurovizuální trénink každý čtvrtek u starších žákyň na konci jejich běžného tréninku a u starších žáků na jeho začátku. Neurovizuální trénink Tatran Praha probíhal na úvod jejich pondělních tréninků. Zbytek týmu společně s kontrolní skupinou se věnoval v době intervence konvenčním tréninkovým technikám.

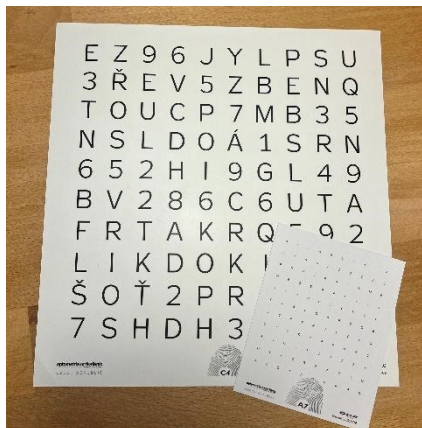
4.2.3.1. Tréninková jednotka

Na úvod proběhne vždy krátký *warm-up* s cílem zvýšení koncentrace a zahřátí oko-hybných svalů. Lze využít tzv. cvičení tří rohů nebo *tracking*, kdy cvičící stojí v jednom rohu tělocvičny/haly a pomalu přeostřuje svůj zrak na zbylé rohy. Samotný neurovizuální trénink je rozdělen na 4 stanoviště.

- **Práce s Hartovými tabulkami**
- ***Stroop test like* cvičení**
- **Práce s modifikovaným Marsdenovým míčem**
- **Vyplnění *Concentration Grid***

Na prvním stanovišti je potřeba zařídit jeden větší optotyp (0,8) zavěšený na síti / zdi / v ruce testujícího. Cvičící se postaví do vzdálenosti 6 metrů a obdrží menší optotyp-Hartovu tabulku (1). Oba optotypy můžeme vidět na *obrázku 9*. Po dobu 1 minuty se snaží co nejrychleji číst znaky střídavě ze vzdálené a bližší karty.

Znaky čteme v řádcích nebo sloupcích. Začínáme monokulárně se zakrytím pravého oka, poté zakrýváme oko levé a na závěr provedeme binokulárně bez zakrytí.



Obrázek 9 Větší a menší optotyp pro stanoviště č. 1, archiv autora



Obrázek 10 Sada barevných listů pro stanoviště č. 2, archiv autora

Na druhém stanovišti je každý cvičící vybaven sadou barevných papírových listů, které jsou popsány neodpovídajícími názvy barev. Tyto listy jsou rozmístěny v okruhu 1 metru kolem cvičícího. (obrázek 10) Po dobu tří minut je cvičícím po odpočítání ukazován barevný papír nebo sdělován název barvy. Na tento pokyn reagují výskokem a následným kontaktem s příslušným listem. Poté se vrací zpátky do výchozí pozice. Pokud zazní název barvy, míří cvičící k listu v této barvě. Pokud se objeví barevný papír, úkolem je dotknout se listu s názvem této barvy. Pokud se jedná o list, který je na středu, odpovědí je pouze další výskok.



Obrázek 11 Modifikovaný Marsdenův míč pro stanoviště č. 3, archiv autora

Předposlední stanoviště využívá modifikovaný Marsdenův míč. Jedná se o volejbalový míč popsáný náhodnými velkými písmeny (obrázek 11) Cvičící provádí nácvik obouručního odbíjení vrchem se zastavením míče nad hlavou. Nejprve se snaží

fixovat znak na letícím míči, který se k nim blíží. V druhé variantě naopak fixují znak nad hlavou a snaží se ho sledovat po dobu odbití. Cvičení probíhá opět 3 minuty.

Posledním úkolem je splnění *Concentration Grid*. Využíváme placenou aplikaci „*Concentration Grid*“, která je přístupná na v *Google Play* i *App Store* (obrázek 12.) Další možností je webová platforma <https://tryconcentrationgrid.com>, která nabízí bezplatně shodné prostředí jako aplikace. Nastavíme tabulku 5x5 (obrázek 13). Cvičící poté seřadí vzestupně čísla od 1 do 25 v co nejkratším čase.



Obrázek 12 Ukázka aplikace *Concentration Grid*, zdroj *AppStore*

CONCENTRATION GRID

15	3	20	1	10
18	16	23	24	4
11	5	25	17	14
2	8	21	13	22
19	7	12	6	9

Obrázek 13 Příklad tabulky 5x5 z aplikace nebo webu *Concentration Grid*, zdroj aplikace *Concentration Grid*

V případě nižšího počtu přítomných probíhají jednotlivá cvičení postupně. Pokud je cvičících více než čtyři, probíhají jednotlivá stanoviště současně. Na závěr proběhne opět krátký společný *cool-down* v podobě *palmingu*. Cvičící si zakryjí oči dlaněmi, aby vytvořili naprostou tmou. Poté po dobu několika desítek sekund nechají oči ve tmě otevřené a uvolněné. Celá tréninková jednotka je sestavena tak, aby neovlivnila negativně výkon na daném tréninku ani výrazně neunavila oči.

4.2.3.2. Autoterapie

Každý zúčastněný z intervenční skupiny je zařazen do autoterapie, která doplňuje společný trénink. Na úvodním tréninku proběhlo školení a každý byl vybaven vlastním tréninkovým deníkem. Ten obsahuje informace kdy cvičit a instrukce k jednotlivým

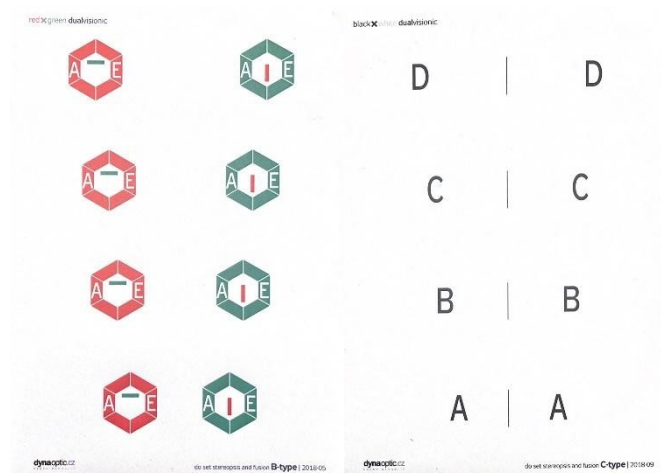
cvikům. Dále obsahuje tříměsíční kalendář sloužící k zapisování odevičených dní. Doporučená intenzita tréninku je denně po dobu 3 minut kromě dne společného tréninku.

Trénink obsahuje 3 cviky:

- **Práce s Hartovými tabulkami**
- ***Pencil push-up***
- **Vyplnění *Concentration Grid***

V případě autoterapie je cvičící vybaven dvěma malými optotypy-Hartovými tabulkami o stejné velikosti. Úkolem je uchopit obě tabulky. Pravou ruku natáhnout před sebe do vzdálenosti přibližně 15 cm a po dobu 1 minuty číst střídavě znaky ze vzdálenější a bližší tabulky. Provádíme pouze binokulárně.

Dalším úkolem jsou tzv. *pencil push-ups*. Jedná se o nácvik konvergence. Cvičící uchopí tužku a natáhne ruku před sebe. Po dobu jedné minuty se snaží stále dokola pomalu přibližovat tužku směrem k sobě za stále oční fixace. Tužku přibližuje do takové vzdálenosti, že je schopný obraz stále zaostřit. V momentě, kdy se mu tužka rozostří, začne tužku opět pomalu oddalovat zpět. Po uplynutí času je doporučeno využít *freespace* kartu. Tato karta má dvě strany, jak můžeme vidět na *obrázku 14*. Obě fungují na stejném principu. Cílem je uvolnění očí při pohledu do dálky. S kartou se pracuje tak, že ji uchopíme do jedné ruky, tu natáhneme a snažíme se nefixovat text na kartě, ale naopak koukat skrz kartu. Pokud provádíme cvičení správně, naše oči začnou například místo dvou písmen „D“ v řadě vidět písmena tři nebo čtyři. V ideálním případě se vůlí snažíme stáhnout viděný obraz na tři písmena „D“.



Obrázek 14 Ukázka obou stran Freespace karty, archiv autora

Třetím úkolem je splnění *Concentration Grid 5x5* pomocí webové stránky nebo aplikace.

4.3. Statistické zpracování dat

Výsledky statického vyšetření byly zapisovány a ukládány do tabulek pomocí Microsoft Excel. Pro statistické zpracování výsledků z dynamického vyšetření byla použita surová data, která jsou k dispozici po zažádání z centrální paměti. Nejedná se o percentily, ale o absolutní čísla. Pro charakteristiku souboru bylo využito popisné statistiky. Pro testování hypotéz H1 a H2 bylo využito matematické statistiky nejčastěji v podobě studentova párového t-testu při splnění normálnosti rozložení dat, nebo Wilcoxonova neparametrického testu při jejím nesplnění. Normalita dat byl zhodnocena pomocí Shapiro-Wilkovova testu. Data byla zpracována pomocí Microsoft Excel a statistického programu *Jamovi*. Testování bylo vždy použito zvlášť pro intervenční a kontrolní skupinu. Hladina významnosti byla stanovena $p = 0,05$. Výsledky jsou graficky znázorněné.

Hypotézy H1a H2 jsou rozděleny na 7 podkategorií (a-g). Je tomu tak z důvodu obtížného zobecnění globálního zlepšení optických funkcí. Každá optická funkce je tedy testována zvlášť. V *tabulce 2* můžeme vidět srovnání využitých statistických testů u jednotlivých parametrů.

V případě H1a a H2a *zraková ostrost* čerpáme data ze statického i dynamického vyšetření. Zvlášť sledujeme výsledky monokulární a binokulární. Jedná se o parametr netrénovatelný, a proto nepředpokládáme jeho zlepšení. U **intervenční skupiny** v rámci statického vyšetření byl pro monokulární (pravé oko) a binokulární vyšetření použit studentův párový t-test a pro monokulární (levé oko) vyšetření neparametrický Wilcoxonův test. Při dynamickém vyšetření intervenční skupiny byl ve všech případech využit studentův párový t-test. U **kontrolní skupiny** byl u statického vyšetření všude použit studentův párový t-test. Při dynamickém vyšetření kontrolní skupiny byl studentův párový t-test použit jen pro monokulární (pravé oko) a binokulární vyšetření. Monokulární (levé oko) vyšetření bylo testováno pomocí Wilcoxonova neparametrického testu.

U hypotéza H1b a H2b *near-far quickness* čerpáme opět data ze statického i dynamického vyšetření. U **intervenční skupiny** byl použit Wilcoxonův neparametrický test pro statické hodnoty a studentův párový t-test pro hodnoty

dynamické. V případě **kontrolní skupiny** byly naopak u statického vyšetření splněny podmínky pro párový studentův t-test a nesplněny u vyšetření dynamického, u něhož byl použit Wilcoxonův neparametrický test.

Hypotézy H1c a H2c *vergenční flexibilita* byly testovány pro **intervenční skupinu** pomocí neparametrického Wilcoxonova testu a pro **kontrolní skupinu** klasickým studentovým párovým t-testem.

Hypotézy H1d a H2d *akomodační flexibilita* byly pro **obě skupiny** testovány párovým studentovým t-testem.

U hypotéz H1e a H2f *fúzní rezervy* jsme opět sledovali více výsledků a to konkrétně hodnoty tří bodů (*blur point*, *break point* a *recovery point*) v případě rezerv pozitivních a hodnoty dvou bodů (*break point* a *recovery point*) u rezerv negativních. Hodnocení zlepšení nebo zhoršení je zde obtížné a mimo samotné body je potřeba se podívat na celý kontext. Pro účel této práce jsme však od tohoto odhlédli a inspirovali jsme se statistickým zpracováním kvalifikačních prací s podobnou tématikou, kde porovnávali hodnoty těchto bodů. Pozitivní rezervy u **intervenční skupiny** splňovaly podmínky pro párový studentův t-test, negativní nesplňovaly, a tak byl použit neparametrický Wilcoxonův test. **Kontrolní skupina** splňovala parametry pro párový studentův t-test u pozitivních i negativních rezerv.

V případě hypotéz H1f a H2f *pracovní paměť* je u **intervenční skupiny** využit párový studentův t-test a Wilcoxonův neparametrický test pro **skupinu kontrolní**.

U poslední hypotézy H1g a H2g *multiple object tracking* splňují podmínky k párovému studentově t-testu **obě skupiny**.

Tabulka 2 - Využití statistických testů u hypotéz H1a-g a H2a-g

INTERVENČNÍ SKUPINA			KONTROLNÍ SKUPINA		
H1a	Statické vyšetření	L	H2a	Statické vyšetření	L
		P			P
		BINO			BINO
	Dynamické vyšetření	L		Dynamické vyšetření	L
		P			P
		BINO			BINO
H1b	Statické vyšetření		H2b	Statické vyšetření	
	Dynamické vyšetření			Dynamické vyšetření	
H1c			H2c		
H1d			H2d		
H1e	Pozitivní	<i>blur point</i>	H2e	Pozitivní	<i>blur point</i>
		<i>break point</i>			<i>break point</i>
		<i>recovery point</i>			<i>recovery point</i>
	Negativní	<i>blur point</i>		Negativní	<i>blur point</i>
		<i>break point</i>			<i>break point</i>
		<i>recovery point</i>			<i>recovery point</i>
H1f			H2f		
H1g			H2g		

Žluté zbarvení značí studentův párový t-test, modré zbarvení značí neparametrický Wilcoxonův test.

5. VÝSLEDKY

5.1. Charakteristika souboru

Vstupního vyšetření se zúčastnilo 14 hráčů Dansport Praha a 17 hráčů Tatran Střešovice (n = 31). Následně byli probandi v rámci každého klubu randomizovaně rozděleni na dvě poloviny, intervenční a kontrolní skupinu. Intervenční skupina podstoupila úvodní trénink, kde proběhly instrukce k neurovizuálnímu tréninku a doplňkové autoterapii. Kontrolní skupina pokračovala v konvenčním volejbalovém tréninku. Po uplynutí tří měsíců proběhlo výstupní měření, kterého se zúčastnilo 10 hráčů Dansport Praha a 8 hráčů Tatran Střešovice (n = 18). Část probandů (n = 13) byla vyřazena z důvodu dostupnosti pouze vstupního měření. Mezi nejčastější příčiny neúčasti na výstupním měření patřily osobní nebo časové možnosti. Část probandů opustila sportovní klub v průběhu intervence. Pro statistické zpracování počítáme tedy celkově s 18 probandy (n = 18), 11 probandů v intervenční skupině a 7 ve skupině kontrolní.

Věková kategorie probandů se pohybuje mezi ročníky 2007–2009 (*tabulka 3*). Mezi probandy je 5 chlapců a 13 dívek. Většina navštěvuje volejbalové tréninky 3/týdně, všichni alespoň 1/týdně. Oba kluby působí v soutěžích Český pohár a Pražský přebor. Z 18 probandů používají optickou korekci 4. Žádný z nich nevyužívá korekci při tréninku nebo hře a proto všechna měření probíhala bez zrakové korekce.

Tabulka 3 - Popisná statistika pro charakteristiku souboru

Ročník	Počet (n)	Věk	Věkový průměr	Medián ročníku	Modus ročníku
2007	1	15	13,4	2009	2009
2008	6	14			
2009	11	13			

5.1. Intervenční skupina

Tabulka 4 - Popisná statistika intervenční skupiny

			VSTUPNÍ VYŠETŘENÍ					VÝSTUPNÍ VYŠETŘENÍ					p - hodnota
			Průměr	Medián	SD	MIN	MAX	Průměr	Medián	SD	MIN	MAX	
Zraková ostrost VA	Statické vyšetření (visus dle Snellenova otpotypu) S	L	1,25	1,25	0,28	0,50	1,60	1,17	1,25	0,26	0,63	1,60	0,200
		P	1,27	1,25	0,31	0,50	1,60	1,17	1,10	0,28	0,63	1,60	0,224
		BINO	1,43	1,25	0,38	0,70	2,00	1,44	1,60	0,32	0,80	2,00	0,512
	Dynamické vyšetření (LogMAR) D	L	-0,08	-0,07	0,21	-0,37	0,44	-0,02	-0,07	0,14	-0,19	0,28	0,876
		P	-0,10	-0,07	0,17	-0,37	0,33	-0,03	-0,07	0,17	-0,37	0,33	0,877
		BINO	-0,11	-0,07	0,14	-0,37	0,17	-0,12	-0,07	0,11	-0,37	0,03	0,399
Near-far quicknes NFQ	Statické vyšetření (s) S	19,92	17,31	8,44	13,52	43,71	17,80	17,62	5,28	12,82	32,16	0,100	
	Dynamické vyšetření (# odpovědi za 30 s) D	21,27	20,00	3,89	15,00	26,00	21,09	22,00	4,44	14,00	28,00	0,543	
Vergenční flexibilita (cykly/minutu) VF		10,91	2,51	2,63	8,00	17,50	12,82	2,60	2,75	8,00	16,50	0,110	
Akomodační flexibilita (cykly/minutu) AF		9,41	3,37	3,53	3,50	12,00	10,36	3,34	3,51	3,50	15,00	0,27	
Fúzní rezervy (pD) FR	Pozitivní +	blur point 1	8,00	8,00	2,97	4,00	12,00	8,36	8,00	4,18	4,00	16,00	0,367
		break point 2	15,36	16,00	5,70	6,00	25,00	17,00	16,00	8,56	8,00	35,00	0,254
		recovery point 3	12,91	14,00	5,47	4,00	20,00	16,55	18,00	6,52	8,00	30,00	0,091
	Negativní -	break point 2	6,00	6,00	1,26	4,00	8,00	5,27	6,00	1,01	4,00	6,00	0,960
		recovery point 3	3,82	4,00	1,08	2,00	6,00	3,27	4,00	1,01	2,00	4,00	0,932
Pracovní paměť (skore) PS		45,45	46,00	11,63	32,00	61,00	53,55	57,00	8,26	34,00	63,00	0,004	
Multiple object tracking (skore) MOT		1462,21	1194,67	555,22	891,85	2288,35	1815,64	1766,94	345,55	1093,17	2532,24	0,021	

Vysvětlivky: SD = směrodatná odchylka, MIN = minimální hodnota, MAX = maximální hodnota, p = nejmenší hladina významnosti

5.2. Kontrolní skupina

Tabulka 5 - Popisná statistika kontrolní skupiny

			VSTUPNÍ VYŠETŘENÍ					VÝSTUPNÍ VYŠETŘENÍ					p - hodnota
			Průměr	Medián	SD	MIN	MAX	Průměr	Medián	SD	MIN	MAX	
Zraková ostrost VA	Statické vyšetření (visus dle Snellenova optotypu) S	L	1,21	1,10	0,28	0,80	1,60	1,23	1,25	0,37	0,63	1,60	0,586
		P	0,96	1,10	0,34	0,40	1,25	1,04	1,10	0,44	0,50	1,60	0,757
		BINO	1,36	1,25	0,32	0,90	2,00	1,40	1,60	0,37	0,90	2,00	0,630
	Dynamické vyšetření (LogMAR) D	L	0,00	-0,19	0,33	-0,19	0,79	0,00	-0,07	0,22	-0,19	0,47	0,710
		P	-0,02	-0,07	0,22	-0,19	0,44	0,08	0,11	0,18	-0,19	0,33	0,901
		BINO	-0,07	-0,07	0,11	-0,19	0,17	-0,12	-0,19	0,19	-0,37	0,28	0,334
<i>Near-far quicknes</i> NFQ	Statické vyšetření (s) S		21,53	20,09	9,63	14,42	42,30	21,97	18,75	9,77	14,09	41,80	0,590
	Dynamické vyšetření (# odpovědi za 30 s) D		19,29	21,00	5,70	7,00	26,00	20,86	25,00	6,71	10,00	29,00	0,120
Vergenční flexibilita (cykly/minutu) VF			9,36	10,00	1,82	5,50	10,50	11,21	10,50	2,56	8,00	14,50	0,060
Akomodační flexibilita (cykly/minutu) AF			10,29	9,50	4,66	7,50	17,50	10,36	9,50	1,61	7,90	11,00	0,560
Fúzní rezervy (pD) FR	Pozitivní +	<i>blur point</i> 1	7,43	8,00	2,51	4,00	12,00	10,29	8,00	5,09	6,00	18,00	0,119
		<i>break point</i> 2	14,00	14,00	3,46	10,00	18,00	19,14	20,00	7,88	10,00	30,00	0,074
		<i>recovery point</i> 3	13,71	14,00	4,07	8,00	16,00	19,00	20,00	4,51	10,00	25,00	0,029
	Negativní -	<i>break point</i> 2	5,71	6,00	1,38	4,00	8,00	6,29	6,00	1,80	4,00	8,00	0,178
		<i>recovery point</i> 3	3,71	4,00	1,38	2,00	6,00	4,29	4,00	1,80	2,00	6,00	0,178
		Pracovní paměť (skore) PS		43,57	41,00	8,91	34,00	61,00	36,57	35,00	17,65	7,00	58,00
<i>Multiple object tracking</i> (skore) MOT			1417,50	1624,39	388,56	536,00	2288,35	1924,52	1813,17	577,99	1090,91	3014,24	0,018

Vysvětlivky: SD = směrodatná odchylka, MIN = minimální hodnota, MAX = maximální hodnota, p = nejmenší hladina významnosti,

5.3. Věcná významnost

Tabulka 6 Věcná významnost intervenční a kontrolní skupiny

			Cohenovo d	
			Intervenční skupina	Kontrolní skupina
Zraková ostrost VA	Statické vyšetření (visus dle Snellenova otpotypu) S	L	0,30	-0,06
		P	0,34	-0,21
		BINO	-0,03	-0,12
	Dynamické vyšetření (LogMAR) D	L	-0,34	0,00
		P	-0,41	-0,50
		BINO	0,08	0,33
<i>Near-far quicknes</i> NFQ	Statické vyšetření (s) S		0,31	-0,05
	Dynamické vyšetření (# odpovědí za 30 s) D		0,04	-0,25
Vergenční flexibilita (cykly/minutu) VF			-0,71	-0,84
Akomodační flexibilita (cykly/minutu) AF			-0,27	-0,02
Fúzní rezervy (pD) FR	Pozitivní +	<i>blur point 1</i>	-0,10	-0,75
		<i>break point 2</i>	-0,23	-0,91
		<i>recovery point 3</i>	-0,61	-1,23
	Negativní -	<i>break point 2</i>	0,64	-0,36
		<i>recovery point 3</i>	0,53	-0,36
Pracovní paměť (skóre) PS			-0,81	0,53
<i>Multiple object tracking</i> (skóre) MOT			-0,78	-1,05

Odstíny žluté barvy je vyznačena velikost efektu dle obrázku 15

Velikost efektu	d	Zdroj
Velmi malý	0,01	Sawilowsky, 2009
Malý	0,20	Cohen, 1988
Střední	0,50	Cohen, 1988
Velký	0,80	Cohen, 1988
Velmi velký	1,20	Sawilowsky, 2009
Obrovský	2,00	Sawilowsky, 2009

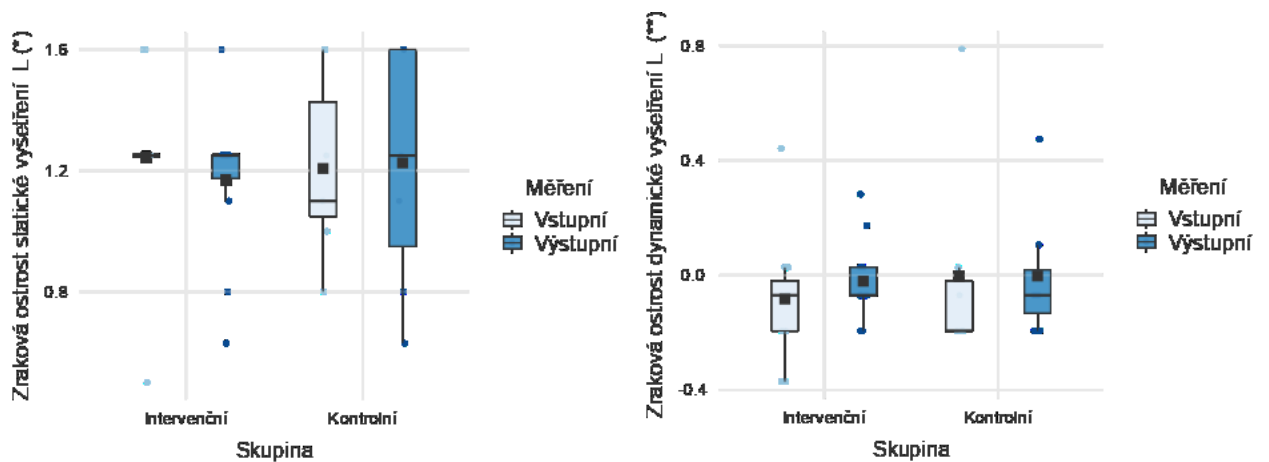
Obrázek 15 Tabulkové hodnoty pro velikost efektu na základě hodnoty Cohenova d, převzato z <https://ktvs.ujep.cz/hnizdil/antropomotorika/S3.pdf>

5.4. Výsledky k hypotézám

5.4.1. Hypotéza H1a a H2a

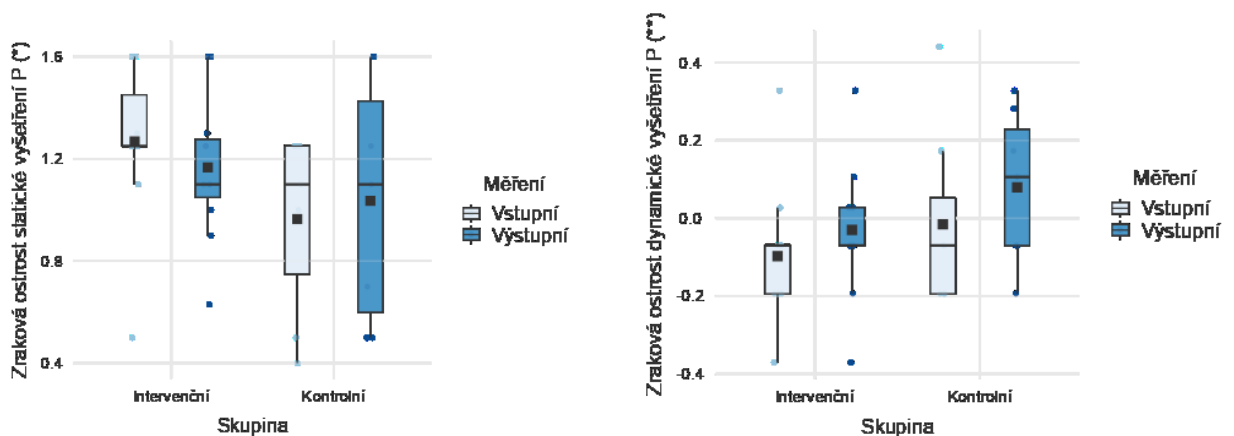
- **H1a:** Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku optických funkcí po dobu tří měsíců nedojde ke statisticky významné změně zrakové ostrosti.
- **H2a:** Předpokládáme, že u kontrolní skupiny nedojde ke statisticky významné změně zrakové ostrosti.

Graf 1 Grafické zobrazení statického a dynamického vyšetření zrakové ostrosti L oka

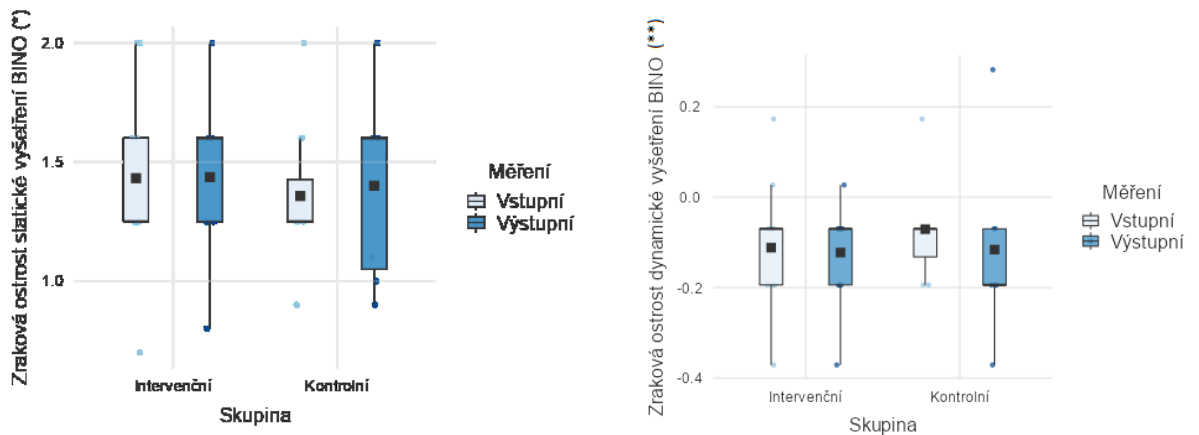


Vysvětlivky: * = visus dle Snellenova optotypu, ** = logMAR, čtvereček = průměr

Graf 2 Grafické zobrazení statického a dynamického vyšetření zrakové ostrosti P oka



Vysvětlivky: * = visus dle Snellenova optotypu, ** = logMAR, čtvereček = průměr

Graf 3 Grafické zobrazení statického a dynamické vyšetření zrakové ostrosti BINO

Vysvětlivky: * = visus dle Snellenova optotypu, ** = logMAR, čtvereček = průměr

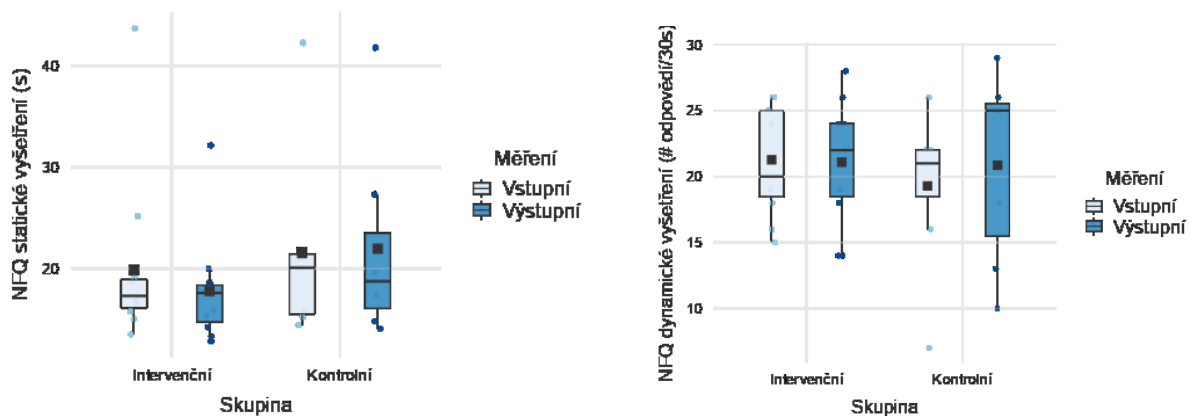
U statického vyšetření zrakové ostrosti bereme jako zlepšení vyšší hodnoty. U dynamického vyšetření zrakové ostrosti se naopak zlepšení projeví hodnotou nižší. V grafech 1,2 a 3 máme zobrazenou změnu pro obě skupiny mezi vstupním a výstupním vyšetřením pro L, P a BINO měření.

Na základě stanovení statistické a věcné významnosti se podařilo vyvrátit nulovou hypotézu H1a0 i H2a0 a tudíž můžeme stanovené hypotézy H1a a H2a potvrdit. U intervenční i kontrolní skupiny nedošlo ke statisticky významnému zlepšení mezi vstupním a výstupním měřením. Výsledky vycházejí z tabulky 4, 5 a 6.

5.4.2. Hypotéza H1b a H2b

- **H1b:** Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku near-far quickness po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.
- **H2b:** Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení near-far quickness.

Graf 4 Grafické zobrazení statického a dynamického vyšetření NFQ



Vysvětlivky: *čtvereček* = průměr

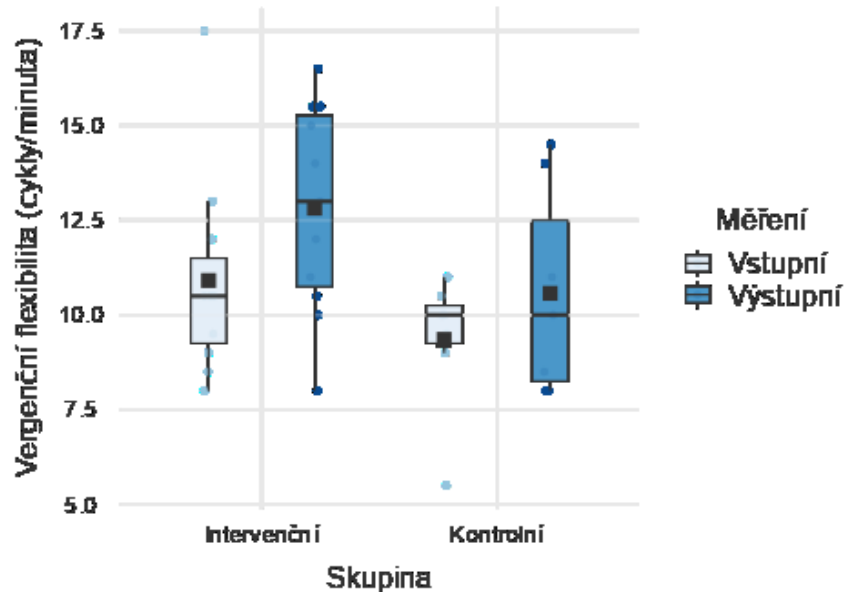
V případě statického vyšetření NFQ se případné zlepšení promítne jako nižší hodnota. V případě dynamického vyšetření je tomu naopak, zlepšení se projeví hodnotou vyšší. V grafu 4 můžeme vidět změnu jednotlivých skupin při statickém i dynamickém vyšetření.

Na základě stanovení statistické a věcné významnosti se nepodařilo vyvrátit nulovou hypotézu H1b0 ani H2b0, tím pádem nelze potvrdit hypotézy H1b ani H2b. U intervenční skupiny nepozorujeme statisticky významné zlepšení, ale hodnota p se k němu velmi blíží. U kontrolní skupiny došlo dokonce k mírnému zhoršení NFQ. Rozdíl v dosažené změně NFQ nebyl mezi skupinami statisticky signifikantní. Výsledky vycházejí z tabulky 4, 5 a 6.

5.4.3. Hypotéza H1c a H2c

- **H1c:** Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku vergenční flexibility po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.
- **H2c:** Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení vergenční flexibility.

Graf 5 Grafické zobrazení vyšetření vergenční flexibility



Vysvětlivky: čtvereček = průměr

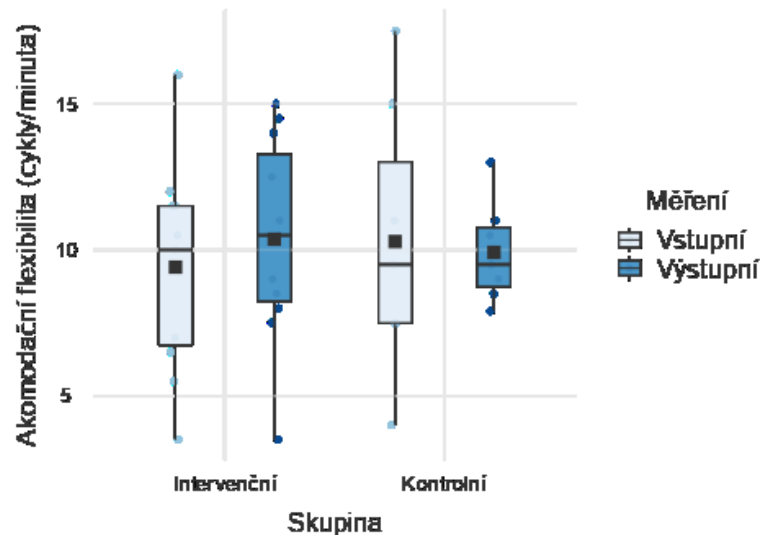
Zlepšení vergenční flexibility se projeví její vyšší hodnotou. V grafu 5 je zobrazena změna obou skupin mezi vstupním a výstupním měřením.

Na základě stanovení statistické a věcné významnosti se nepodařilo vyvrátit nulovou hypotézu H1c0, tím pádem nelze potvrdit hypotézu H1c. U intervenční skupiny došlo ke zlepšení, ale hodnota p nesplňovala požadavky pro staticky významnou změnu. Naopak se podařilo vyvrátit hypotézu H2c0 a potvrdit hypotézu H2c. U kontrolní skupiny došlo k podobnému zlepšení jako u skupiny intervenční, opět však hodnota p nesplňovala požadavky pro staticky významnou změnu. Rozdíl v p-hodnotách je dán různými testy a menším rozptylem hodnot v kontrolní skupině. Výsledky vycházejí z tabulky 4, 5 a 6.

5.4.4. Hypotéza H1d a H2d

- **H1d:** Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku akomodační flexibility po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.
- **H2d:** Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení akomodační flexibility.

Graf 6 Grafické zobrazení akomodační flexibility



Vysvětlivky: čtvereček = průměr

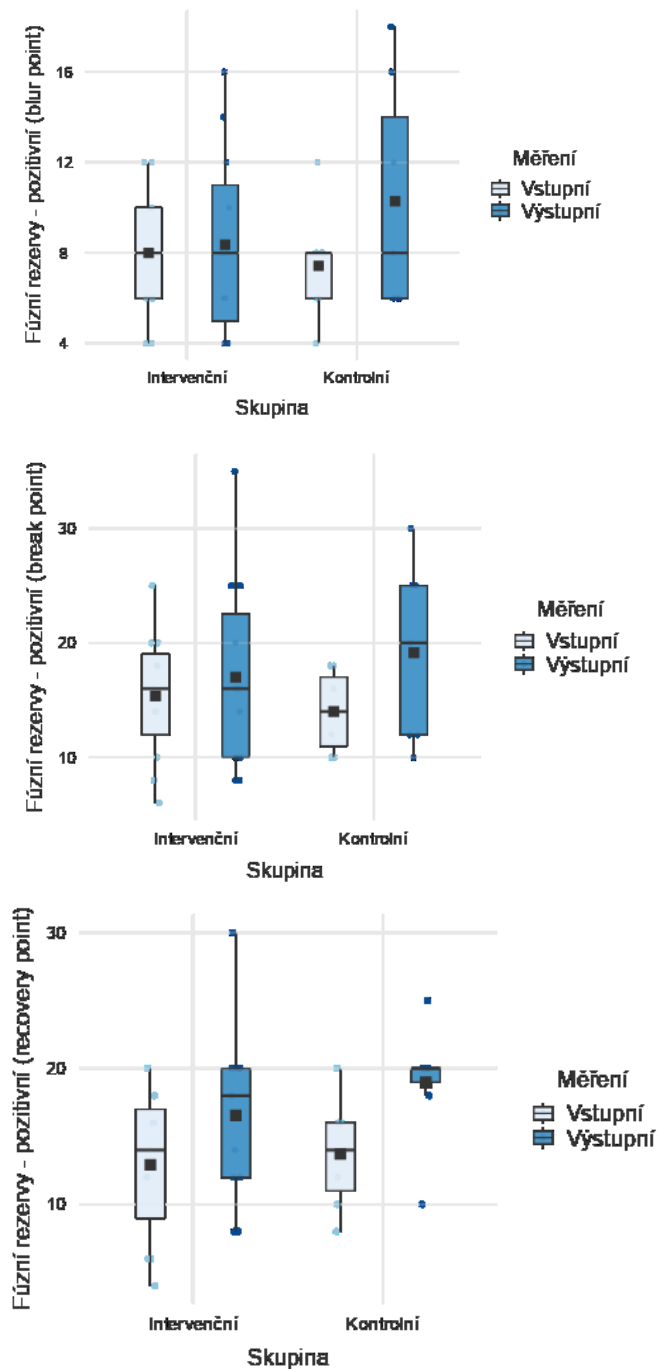
Zlepšení akomodační flexibility se projeví její vyšší hodnotou. V grafu 6 je zobrazena změna obou skupin mezi vstupním a výstupním měřením.

Na základě stanovení statistické a věcné významnosti se nepodařilo vyvrátit nulovou hypotézu H1d0, tím pádem nelze potvrdit hypotézu H1d. U intervenční skupiny došlo pouze k mírnému zlepšení a hodnota p nespĺňovala požadavky pro staticky významnou změnu. Nepodařilo se vyvrátit ani hypotézu H2d0 a potvrdit hypotézu H2d, jelikož u kontrolní skupiny došlo k mírnému zhoršení. Výsledky vycházejí z tabulky 4, 5 a 6.

5.4.5. Hypotéza H1e a H2e

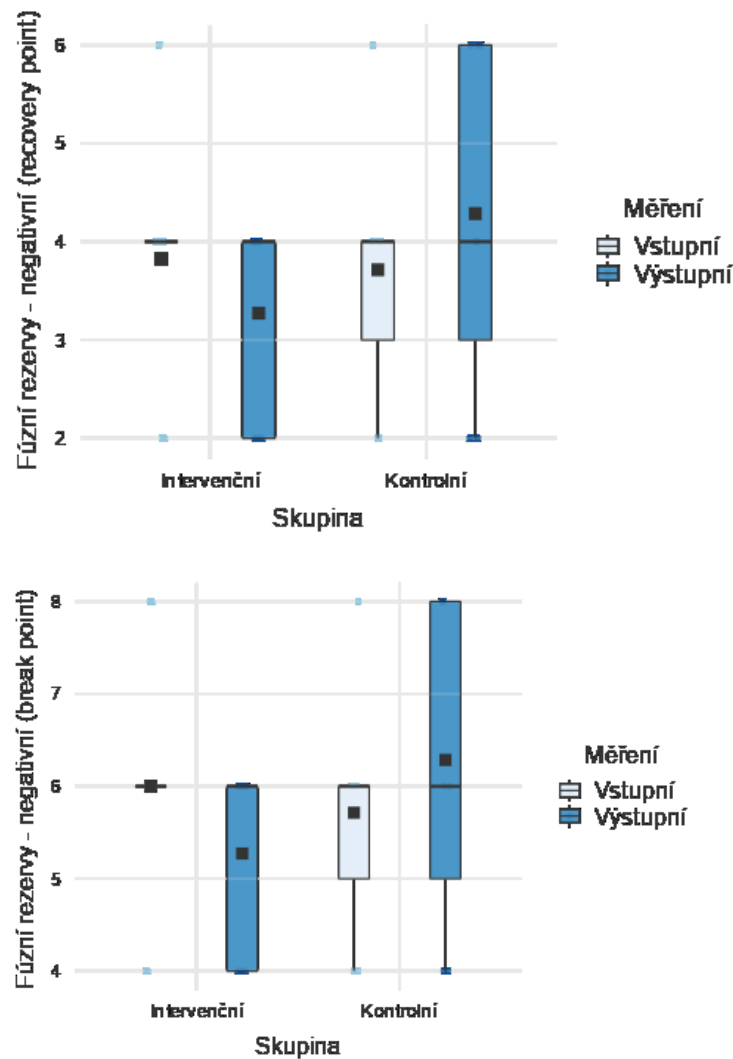
- **H1e:** Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku rozsahu fúzních rezerv po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.
- **H2e:** Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení rozsahu fúzních rezerv.

Graf 7 Grafické zobrazení vyšetření pozitivních fúzních rezerv



Vysvětlivky: čtvereček = průměr

Graf 8 Grafické zobrazení vyšetření negativních fúzních rezerv



Vysvětlivky: čtvereček = průměr

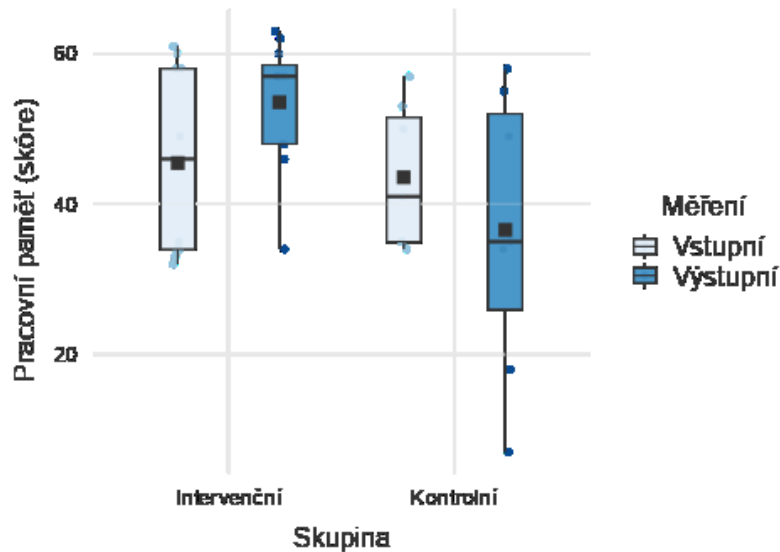
Zlepšení fúzních rezerv se projeví vyšší hodnotou jednotlivých bodů. V grafu 7 a 8 jsou zobrazeny změny obou skupin mezi jednotlivým měřením.

Na základě stanovení statistické a věcné významnosti se nepodařilo vyvrátit nulovou hypotézu H_{1e0} , tím pádem nelze potvrdit hypotézu H_{1e} . U intervenční skupiny nedošlo k výrazné změně hodnot žádného z bodů v případě rezerv pozitivních. U rezerv negativních došlo k mírnému poklesu těchto hodnot. Podařilo se vyvrátit hypotézu H_{2e0} a potvrdit hypotézu H_{2e} , jelikož u kontrolní skupiny došlo k mírnému zlepšení všech hodnot a pouze v případě 3. bodu u pozitivních rezerv bylo toto zlepšení statisticky významné. Pohled na celkové zlepšení je problematický, ale předpokládáme, že ke globálně statisticky významnému zlepšení nedošlo. Výsledky vycházejí z tabulky 4, 5 a 6.

5.4.6. Hypotéza H1f a H2f

- **H1f:** Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku pracovní paměti po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.
- **H2f:** Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení pracovní paměti.

Graf 9 Grafické zobrazení vyšetření pracovní paměti



Vysvětlivky: čtvereček = průměr

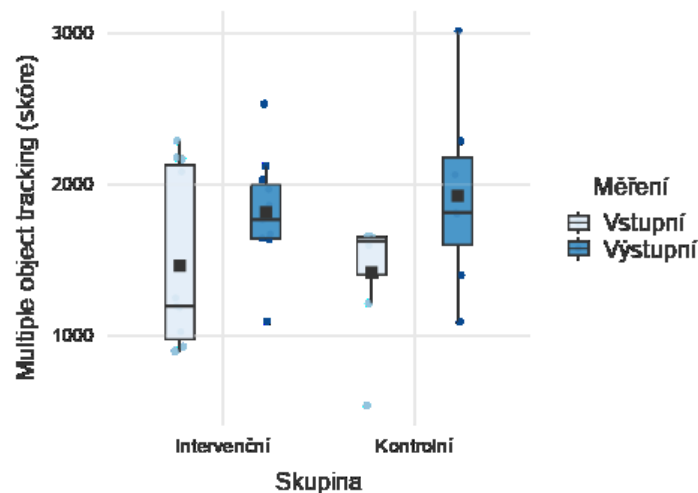
Zlepšení pracovní paměti se projeví její vyšší hodnotou. V grafu 9 je zobrazena změna obou skupin mezi vstupním a výstupním měřením.

Na základě stanovení statistické a věcné významnosti se podařilo vyvrátit nulovou hypotézu H1f0 a tím pádem potvrdit hypotézu H1f. U intervenční skupiny došlo ke statisticky významnému zlepšení, jelikož hodnota p splňovala nastavené předpoklady. Nepodařilo se vyvrátit hypotézu H2f0 a potvrdit hypotézu H2d, jelikož u kontrolní skupiny došlo k mírnému zhoršení pracovní paměti. Výsledky vycházejí z tabulky 4, 5 a 6.

5.4.7. Hypotéza H1g a H2g

- **H1g:** Předpokládáme, že u intervenční skupiny při řízeném tréninku multiple object tracking po dobu tří měsíců dojde k jejímu statisticky významnému zlepšení.
- **H2g:** Předpokládáme, že u kontrolní skupiny dojde ke statisticky nevýznamnému zlepšení multiple object tracking.

Graf 10 Grafické zobrazení multiple object tracking



Vysvětlivky: čtvereček = průměr

Zlepšení MOT se projeví jeho vyšší hodnotou. V grafu 10 je zobrazena změna obou skupin mezi vstupním a výstupním měřením.

Na základě stanovení statistické a věcné významnosti se podařilo vyvrátit nulovou hypotézu H1g0 a tím pádem potvrdit hypotézu H1g. U intervenční skupiny došlo ke statisticky významnému zlepšení, jelikož hodnota p splňovala nastavené předpoklady. Nepodařilo se vyvrátit hypotézu H2g0 a potvrdit hypotézu H2g, jelikož i u kontrolní skupiny došlo ke statisticky významnému zlepšení MOT. Výsledky vycházejí z tabulky 4, 5 a 6.

5.4.8. Hypotéza H3

Z celkového počtu probandů zařazených do intervenční skupiny bylo všech 11 zařazeno do autoterapie. Každý zúčastněný byl vybaven tréninkovým deníkem, do kterého se zapisuje průběh autoterapie. Byla navržena každodenní frekvence cvičení pro maximální efekt, dále doporučeno alespoň 4/týdně pro určitý efekt. Zápis v tréninkovém deníku sloužil jako zpětná vazba o afinitě probandů k autoterapii. V rámci výstupního vyšetření byli probandi povinni deník odevzdat. Stalo se tak bohužel pouze ve 4 případech. Ve většině případu proband zapomněl deník doma nebo ho ztratil. Už tento fakt můžeme brát jako ukazatel snížené afinity.

Ze 4 deníků můžeme pozorovat trend domácí přípravy v průměru kolem 47 %, je-li 100 % každodenní cvičení po dobu tří měsíců. Medián tvoří 37 %.

Na základě těchto dat nejsme schopni provést statistické ani věcné testování. Lze však tyto výsledky interpretovat jako sníženou afinitu k nabídnutému tréninku a tím potvrdit hypotézu H3.

6. DISKUZE

6.1. Diskuze k teoretické části

V rámci teoretického úvodu této práce byly stručně popsány fyziologické procesy zprostředkovávající percepci zraku a jejich propojení s dalšími systémy, které dohromady tvoří zrakově - kognitivní funkce člověka. Pro toto propojení je zásadní vizuální, vestibulární, ale v neposlední řadě i proprioceptivní systém. Jednotlivé receptory neustále přijímají aferentní informace, které jsou v rámci centrální nervové soustavy zpracovány nejprve na bazální úrovni a dále spojovány pomocí asociačních center ve složitější procesy, které nám umožňují specifické eferentní dovednosti, pro člověka často typické.

Tyto procesy používá každý jedinec v běžných denních činnostech. Tato práce se však zaměřuje na juniory herních sportů. To znamená na systém, který je ještě vývoji, ale je na něj kladen specifický motorický a kognitivní nárok v podobě sportovního tréninku.

Mezi zásadní zrakové a kognitivní dovednosti tvořící základ pro neurovizuální adaptaci řadí autoři nejčastěji zrakovou ostrost statickou i dynamickou, stereopsii a binokulární vidění, schopnost akomodace a vergence, rychlost přestřehání z dálky na blízko, sledování více objektů nebo rozvinutí pracovní paměti. Přirozeně jsou všechny zmíněné parametry na sobě závislé a navzájem se podmiňují. Je zcela zásadní základní funkce světločivných buněk, odpovídající prostředí oka a kontinuita zrakového nervu. To nám zajistí adekvátní zrakovou ostrost. Pokud sledujeme jakýkoliv statický podnět, je pro nás klíčová akomodace zajišťující zakřivení čočky, neboli optickou mohutnost oka, a vergence podmiňující motoriku bulbů, tudíž naše fúzní rezervy. Kvalita těchto dvou parametrů je dána jejich flexibilitou (akomodační/vergenční flexibilita). Pokud chceme, aby byly tyto procesy použitelné i u dynamických podnětů, zajímá nás například rychlost přestřehání z dálky na blízko neboli *near-far quickness* nebo prostorové vnímání. Fungují-li tyto procesy v kognitivním kontextu, využíváme exekutivních funkcí našeho mozku nejčastěji v podobě pracovní paměti, která nám umožní pracovat s informacemi z krátkodobé paměti. (Ganong, 1995; Vymyslický, 2008; Čihák, 2011–2016; Rokyta, 2015; Knap, 2023)

V rámci ontogeneze můžeme sledovat určité změny a mezníky týkající se těchto neurovizuálních parametrů. Rodíme se s relativně nízkou zrakovou ostrostí, která se

během prvního roku života rapidně zvyšuje, ale k hodnotám dospělého se přibližuje až kolem 4. roku života a teprve kolem 12 let dochází k její fixaci (Knap, 2023). Často proto můžeme pozorovat spontánní úpravu vyžadující zrakové korekce nebo naopak zhoršení zraku u dětí v tomto věku. Optická mohutnost se v kojeneckém věku také postupně vyvíjí a dosahuje svého maxima v období školního věku (Rokyta, 2015). Vestibulární systém dozrává již intrauterinně, ale po narození se ještě prohlubují funkce jednotlivých reflexů. Například pro vestibulo-okulární reflex je důležitý 6. rok života, který souvisí s dozráváním mozečku a jeho funkcí (Nandi, 2009). K propojení a zdokonalení však dochází až do věku 16. let (Wiener-Vacher, 2017). V tomto období také dozrávají posturální funkce (O'Reilly, 2011). Kategorie starších žákyň a žáku, která byla pro tuto observační studii vybrána, obsahuje hráče v rozmezí 13–15 let, tudíž na vrcholu dozrávání jednotlivých oblastí.

Chceme-li se v čemkoliv zlepšovat, je zapotřebí získávat zkušenosti a tím se učit. V případě sportovních výkonů je zapotřebí cíleného tréninku, který nás naučí specifické dovednosti v podobě techniky, kondiční přípravy, která nám zprostředkuje fyzickou adaptaci, a kognitivního povědomí o pravidlech, strategii. Aby byli sportovci ještě výkonnější, snaží se vyladit své sportovní výstroj a výstroj, dostatečně regenerovat, spolupracují s fyzioterapeuty pro případnou kompenzaci špatných pohybových vzorů, nebo se sportovními psychology pro správné nastavení svých cílů. V posledních letech se mezi doplňkové tréninkové postupy začíná řadit i neurovizuální trénink. Tedy možnost využít svůj vizuálně-kognitivní systém na maximum, a tím se posunout ve svém výkonu. U sportovců jsou obecně pozorovány lepší kognitivní vlastnosti (Heilmann, 2022; Jin, 2023). Otázkou je, zda je tento vztah jednostranný nebo zda není předpokladem pro sport dobrá kognitivní funkce.

Knap (2023) i Erickson (2021) poukazují na důležitý fakt adekvátního vyšetření a následné optické korekce u sportovců, která bývá často nedostatečná. Můžeme předpokládat, že je tomu tak z důvodu nízké informovanosti o důležitosti vizuálního systému pro sportovní výkon a zároveň nepříznivosti většiny sportu pro používání korekčních brýlí (Knap, 2023; Erickson, 2021). Ve starší práci však Erickson (2011) poukazuje na několik studií, které provedly umělou degradaci statické zrakové ostrosti pomocí korekčních čoček, a neshledaly výrazný rozdíl na motorickém výkonu sportovců. Jednalo se o repetitivní předvídatelné motorické úkoly (Erickson, 2011). V rámci naší observační studie bylo mezi probandy několik jedinců, kteří měli

diagnostikovanou slabou refrakční vadu, ale korekci byli zvyklí používat pouze ve škole. Udávali, že při sportu jim brýle nevyhovují a o kontaktních čočkách nepřemýšleli z důvodu, že subjektivně vidí bez brýlí při sportu dostatečně jasně. Jak bylo popsáno výše, vizuálně-kognitivní systém je okolo 15. roku života na svém vrcholu a případné odchylky dokáže oko samo kompenzovat. Může tak ale docházet k rychlejší únavě, bolestem hlavy a systém může při častém přetížení podléhat rychlejší regresi. Sportovní tréninky bývají často v odpoledních hodinách, kdy jsou už oči unavené z celodenní koncentrace ve škole, což může také přispívat ke snížení výkonu. Měření pro statistické zpracování dat probíhalo v podmínkách, v jakých daný jedinec trénuje, ve všech případech tedy bez zrakové korekce. Provedli jsme však dodatečné měření s korekcí a u většiny byly výsledky lepší než bez ní. Pro jakékoliv závěry by však vzorek musel být mnohem větší a měření více zacílené. Stojí však za zvážení, zda by i relativně slabá refrakční vada, kterou sportovec subjektivně nepocítuje, neměla být po dobu sportu adekvátně korigovaná. V případě profesionálních sportovců je důkladné vyšetření a korekce vizuálního systému samozřejmostí.

Druhým bodem, jak využít vizuálně-kognitivní systém na plno je samotný cílený trénink těchto funkcí. Tím narážíme na interdisciplinární spolupráci mezi oftalmology, optometry a fyzioterapeuty. Vyšetření by mělo vždy být prováděno diplomovaným specialistou. Samotný trénink může být, dle mého názoru, v rukách optometristy, fyzioterapeuta, nebo pokud je dostatečně instruován, i samotného trenéra. Propojení těchto oborů není zatím velké, ale vzniká mnoho projektů s tímto zaměřením. Pozorujeme individuální přípravu zaměřenou konkrétně na nedostatky daného sportovce nebo zařazení tréninkových postupů do skupinových příprav. V práci zmiňujeme škálu pomůcek a softwarů využívaných v neurovizuálním tréninku s konkrétní formou užití v příloze 1. Práce se softwary je často atraktivnější a snazší, jelikož zařízení vás samo navádí, jak postupovat. Také uchovává vaše výsledky a vy můžete lépe sledovat případný progres. Dokáže se přizpůsobit vašemu aktuálnímu výkonu a zvolit adekvátní zátěž. Nevýhodou je však jejich finanční nedostupnost.

Obecně můžeme jakýkoliv trénink rozdělit na dvě skupiny. Jedna skupina obnáší specifickou přípravu v kontextu samotného výkonu. Druhá nás připravuje více obecně. Obě mají stejný cíl a tím je zlepšení. Tento trend vidíme i u vizuálně-kognitivního tréninku. Můžeme trénovat konkrétní vizuálně-kognitivní dovednosti jako je zmapování reálného hracího hřiště a rozestavení hráčů, změnu hloubky míče při určitém úderu apod.

Nebo můžeme trénovat dovednosti obecné a využít jejich transfer. Existují tři typy transferů. *Near* a *mid level transfer* vedou ke zlepšení ve velmi podobných úkolech, jakými byl samotný trénink. *Far transfer* doufá v přenesení získaných dovedností do úkonů běžného dne. A zde vzniká velká debata o tom, zda má obecný vizuálně-kognitivní trénink kapacitu dosáhnout *far transfer* a ovlivnit tak specifický sportovní výkon. Existuje řada studií, které to potvrzují, ale řada těchto studií nemá ideálně navrženou metodiku. Dalším úskalím je, že se často jedná o propagaci komerčních softwarů a pomůcek a může tak snadno dojít ke střetu zájmů. Vater (2021) provedli kritické systematické review zabývající se dopadem trénování obecných vizuálně-kognitivních dovedností pomocí softwaru *Neurotracker* na specifický sportovní výkon. Nacházejí několik studií potvrzujících zdokonalení, ale výsledky jsou v těchto případech velmi sporné. Jedná se podle nich spíše o *near* nebo *mid level transfer*, který se při samotné hře tolik neprojeví, a proto shledali propagaci softwaru *Neurotracker* zavádějící (Vater, 2021). Podobné srovnání provedli Formenti (2019), kteří sledovali efekt šestitýdenního tréninkového programu hráčů volejbalu u tří skupin. První dvě skupiny podstoupily vizuálně-kognitivní trénink. Jedna skupina trénovala obecné vizuálně-kognitivní cvičení, druhá skupina byla vybavena vizuálně-kognitivními cviky zaměřenými na hru volejbalu bez většího sportovního kontextu. Třetí skupina podstoupila konvenční volejbalový trénink mířící na zlepšení herních dovedností. Studie se zúčastnilo 51 žen, u kterých byly testovány jejich specifické volejbalové dovednosti a kognitivní výkon. Volejbalové dovednosti se signifikantně zlepšily pouze u konvenčního tréninku. U prvních dvou skupin došlo ke zlepšení kognitivních úkolů. Potvrzuje to tezi, že vizuálně-kognitivní trénink nemůže nahradit klasickou přípravu, ale může sloužit jako doplněk (Formenti, 2019). Jeví se jako důležité, aby byl trénink aplikován ve sportovně specifickém prostředí, čímž usnadníme formu přenosu.

Efekt neurovizuálního tréninku se různí a kvalitních studií zabývajících se touto problematikou stále není dostatek. Laby (2021) ve svém review zmiňuje kolem třiceti studií, zaměřujících se na efekt neurovizuálního tréninku na sportovní výkon hráčů. Přiznává, že jsou často stavěné velmi rozmanitě. Některé sledují čistě individuální změnu, některé zase neberou v potaz případný neúspěch protihráčů, který může vytvořit relativní zlepšení. Většina studií je prováděna na vzorku dvaceti až třiceti hráčů. Objevuje se mezi nimi však i studie prováděna na 250 baseballových hráčích, která určitý progres dokazuje. Dalším problémem je rozmanitost neurovizuálně-kognitivního

tréninku. Mállokdy jsou srovnávány stejné parametry. Můžeme jednoduše změřit zlepšení v konkrétních měřených a trénovaných parametrech. Neřekne nám to však nic o přínosu do hry. Měřitelnost zlepšení sportovního výkonu, především u kolektivních sportů, je už velmi sporná. Můžeme pracovat se statistickými daty úspěšnosti jednotlivých hráčů ze zápasů, s umístěním celého týmu v žebříčku nebo se subjektivním hodnocením samotného hráče nebo trenéra. Ve všech případech je ale velký vliv okolí, který může výsledky zcela zkreslit. Přehlédneme-li tyto nedostatky, závěrem většiny studií srovnávaných v rámci review *Laby (2021)* je, že při lepších vizuálních a kognitivních možnostech můžou hráči dosahovat hráči lepších herních výsledků. (Laby, 2021)

6.2. Diskuze k praktické části

6.2.1. Charakteristika souboru

V rámci praktické části jsme si kladli za cíl zhodnotit efekt neurovizuálního tréninku u juniorů herních sportů v případě, že je tento trénink zařazen do společné části konvenčního tréninku při frekvenci 1/týdně a doplněn o individuální přípravu v rámci autoterapie. Záměrem bylo oslovit sportovní kluby, které nám nabídnou spolupráci a zařadit tak 20–30 probandů, kteří budou randomizovaně rozděleni do dvou skupin (intervenční a kontrolní skupina), do této studie. Podařilo se nám oslovit dva týmy, které nám nabídly dohromady 3 tréninkové skupiny (každá o počtu cca 15 hráčů). Hráče jsme oslovili s nabídkou účasti na studii. Na vstupní vyšetření dorazilo 31 probandů, kteří byli následně rozděleni do příslušných skupin. Na výstupní vyšetření dorazilo pouze 18 probandů, 11 ze skupiny intervenční a 8 ze skupiny kontrolní. Pro statistické zpracování jsme počítali s 18 probandy, zbytek nesplnil podmínky pro zařazení do statistického zpracování.

6.2.2. Hypotézy

Stanovili jsme si dvě základní hypotézy H1 a H2 týkající se efektu neurovizuálního tréninku u souboru probandů. Hypotéza H1 se vztahuje k intervenční skupině, u které jsme předpokládali, že se po 3 měsících tréninku v měřených hodnotách signifikantně zlepší. Hypotéza H2 se týká skupiny kontrolní, u které jsme předpokládali, že při druhém měření může dojít k určitému zlepšení vlivem opakování stejného úkolu, ale toto zlepšení nebude statisticky signifikantní. Sledovali jsme tedy možnou úpravu měřených hodnot po uplynutí 3 měsíců. Nelze tudíž vyvozovat

závěr, jaký efekt má tento fakt na samotný sportovní výkon jedince a jestli vůbec k nějakému přenosu dojde. Na podobný problém upozorňuje více autorů, například *Vater (2021)*, *Formenti (2019)* nebo *Laby (2021)*, kteří porovnávají studie sledující efekt neurovizuálního tréninku. *Laby (2021)* provedl systematické review 13 článků týkajících se korelace mezi výsledky vizuálně-kognitivních testů a herních statistik. Jejich statistické zpracování však není ideální, a přestože nabízejí slibné výsledky, nemůžeme s těmito daty pracovat, jako s *evidence-based* fakty.

Dalším úskalím je zhodnocení celkového zlepšení. Z tohoto důvodu jsme hypotézy H1 a H2 rozdělili na 7 podkategorií (a-g), kdy každá podkategorie sleduje změnu jedné měřené proměnné. I když se jednotlivé kategorie navzájem ovlivňují, pro statistické zpracování je nutné a ně nahlížet jako na samostatné jednotky.

V případě hypotéz H1a a H2a, týkajících se zrakové ostrosti, jsme v obou případech předpokládali, že nedojde k její úpravě, jelikož se jedná o parametr netrénovatelný. Měření jsme provedli pomocí Snellenova optotypu v rámci statického vyšetření a pomocí Landoltových kruhů v rámci dynamického vyšetření pomocí *Senaptec Sensory Station*. Zde může být trochu zavádějící pojem dynamické vyšetření, ale v tomto případě se stále jedná o statickou zrakovou ostrost, jelikož proband i sledovaný objekt jsou ve statické poloze a nedochází k žádnému vyosení.

6.2.3. Výsledky

U intervenční skupiny se nám podařilo prokázat statisticky významné zlepšení pracovní paměti (*PS*) a *multiple object tracking (MOT)* s významností v příslušném pořadí $p=0,004$ a $p=0,021$ na základě studentova párového t-testu pro normální rozložení dat. Šance, že by k takovému zlepšení došlo náhodou je tedy pro PS 4 promile a pro MOT 20 promile. Zároveň i věcná významnost potvrdila u těchto dvou proměnných velký efekt s absolutní hodnotou Cohenova d v příslušném pořadí $d=0,81$ a $d=0,78$. Můžeme tedy tvrdit, že velká většina výstupních měření je vyšší než průměr měření vstupního. Potvrdili jsme tím hypotézy H1f a H1g.

Ke statisticky významnému zlepšení *multiple object tracking* však došlo i v případě skupiny kontrolní, a to konkrétně s $p=0,018$ opět pomocí studentova párového t-testu při normálním rozložení dat. V tomto případě je šance náhodného zlepšení rovna 18 promile, což je víceméně shodné se skupinou intervenční. Je možné uvažovat, že ke zlepšení MOT došlo vlivem opakování stejného úkolu při druhém měření. *Erickson (2011)* vyšetřili 125 probandů pomocí softwaru *Nike Sensory Station* (který má

srovnatelné postupy se *Senaptec Sensory Station*) ve dvou po sobě jdoucích měření v rozmezí 3-10 dní bez vložené intervence. Sledovali možnou úpravu druhého měření pro stanovení reliability měření. Byla sledovaná pracovní paměť (PS) u které nedošlo k žádné signifikantní změně mezi jednotlivými měřeními na základě studentova t-testu. *Multiple object tracking* v rámci tohoto měření sledované nebylo. (Erickson, 2011)

Ze všech vybraných modalit došlo ke zlepšení právě kognitivního úkolu, což se podobá i závěru studie *Formenti (2019)*, kde byl také největší efekt tréninku na kognitivní složku (Formenti, 2019). Pracovní paměť byla trénovaná pomocí cvičení využívajícího *stroop test* v rámci společného tréninku a v podobě vyplňování tabulky 5x5 v rámci aplikace *Concentration Grid* během společného tréninku i v rámci autoterapie. V případě *Concentration Grid* se jedná o jediné cvičení, které bylo pevně dáno a kontrolováno softwarem. Můžeme se domnívat, že i tento fakt může stát za největším zlepšením. Ze subjektivního hodnocení probandů jsme se dozvěděli, že tato položka autoterapie patřila mezi jejich nejoblíbenější. Opět lze přemýšlet o vyšší adherenci k tomuto typu tréninku a následnému efektu zlepšení.

Podářilo se nám najít podobně stavěnou studii *Greenlees (2006)*, kde testovali u 28 fotbalových hráčů v průměrném věku 21 let mimo jiné i efekt používání *Concentration Grid* pro trénink pracovní paměti a koncentrace. V rámci vstupního vyšetření bylo pozorováno splnění tabulky 10x10 po dobu 1 minuty a dvou video úkolů (rychlost rozhodování a rychlost vizuálního vyhledávání). Probandi byli po prvním vyšetření rozděleni na intervenční a kontrolní skupinu. Intervenční skupina absolvovala 5/ týdně po dobu 9 týdnů vyplnění tabulky 10x10 pod dohledem sportovního psychologa. Kontrolní skupina měla místo této intervence pouze řízený rozhovor o jejich sportovním výkonu. Na závěr proběhlo opětovné měření obou skupin. Ačkoliv se intervenční skupina oproti skupině kontrolní ve vyplnění tabulky zlepšila, nebyla tato změna statisticky signifikantní. Ke statisticky významnému zlepšení však došlo u třetího úkolu, rychlosti vizuálního vyhledávání. V průběhu tohoto úkolu bylo probandům tachistoskopicky promítáno 20 snímků z fotbalového prostředí a jejich úkolem bylo detekovat, zda se na obrázku objevil fotbalový míč nebo ne. (Greenlees, 2006)

I v naší práci se vracíme k otázce, zda se zlepšení pracovní paměti dokáže projevit přímo v samotném sportovním výkonu jednotlivých probandů.

6.2.4. *Limity práce*

Mezi hlavní limity této práce patří počet probandů, který se z původních 31 vstupně vyšetřených snížil na 19 splňujících zařazení do statistického zpracování. Nízký počet probandů má mimo efektu účinku také negativní vliv na statistickou interferenci. U některých sledovaných proměnných, kde se p-hodnota blížila k statistické významnosti (například u intervenční skupiny v případě statického vyšetření NFQ, kde $p=0,100$) můžeme předpokládat, že při větším vzorku by se toto číslo mohlo ještě upravit. Tímto směrem poukazují i výsledky věcné významnosti.

Dalším úskalím je již zmíněná afinita k tréninku. Motivace zúčastnit se této studie byla především na základě doporučení trenéra, souhlasu zákonného zástupce a osobního zájmu. Účast na společných tréninzích nebyla 100% vlivem nemocí a osobních důvodů. Kontrola autoterapie probíhala pouze v podobě zápisu do tréninkového deníku. Nutno si uvědomit, že jsme pracovali s věkovou skupinou kolem 13 let a jejich odpovědnost ke cvičení může být nestabilní. Nemůžeme tedy předpokládat, že u všech zúčastněných probíhal řízený neurovizuální trénink při frekvenci 1/týdně doplněn o individuální přípravu v rámci pravidelné autoterapie. Pokud by se podařilo lépe zaopatřit dohled, lze předpokládat, že by se výsledky opět mohly ještě upravit.

Relativním nedostatkem může být nízká dostupnost relevantních zdrojů pro popis a nabídku cvičení s konvenčními pomůckami používanými v rámci neurovizuálního tréninku. Často je proto v práci uveden text bez citace, který je sestaven na základě osobní zkušenosti nebo vychází z přirozené povahy popisovaných předmětů. Narážíme tím na problém unifikace neurovizuálního tréninku, jež udává i *Laby (2021)*, který snižuje reliabilitu většiny tímto směrem mířených studií. Snažili jsme se proto v rámci praktické části volit standardizované postupy měření a konkrétní cvičení co nejvíce specifikovat.

Jedním z cílů této práce bylo zodpovězení otázky, zda by se takový trénink mohl stát běžnou součástí sportovních tréninků, nebo je k dosažení pozitivních výsledků zapotřebí důslednější individuální příprava. Na základě našeho sledování nelze na tuto otázku odpovědět jednoznačně. Podařilo se nám jasně potvrdit zlepšení jednoho sledovaného parametru. Otázkou tedy je, zda toto můžeme brát jako pozitivní efekt celého cvičení. Zároveň nemáme prostředky, které by nám pomohly určit transfer tohoto zlepšení do samotné hry. Přihlédneme-li k faktu, že se jednalo o parametr, jehož trénink byl nejlépe korigovatelný vlivem softwaru, a k celkově snížené afinitě k autoterapii, můžeme předpokládat, že při individuální přípravě by mohlo dojít k vyšší

důkladnosti provádění všech cvičení a možnému zlepšení ve více oblastech. Také je v takovém případě možné sestavit trénink na základě výsledků z vyšetření a zacílit ho tak na konkrétní problém jedince. V individuální přípravě má tedy neurovizuální trénink své místo jasné. Pokud však zhodnotíme limity této práce, je jasné, že k finální odpovědi, zda je tento trénink vhodný i pro běžnou přípravu, je zapotřebí dalších výzkumů, které budou mít lepší podmínky. Myslím si ale, že i kdyby jeho efekt nebyl jasně prokazatelný, jedná se o vhodnou alternativu a obohacení konvenčních tréninků.

7. ZÁVĚR

Tato práce je věnovaná možnostem vyšetření a tréninku dynamických optických funkcí u juniorů herních sportů. Na základě teoretické části této práce se nám podařilo shrnout základní poznatky z oblasti optometrie. Mimo samotnou specifikaci optického a vestibulárního systému jsme vybrali jednotlivé vizuální a kognitivní dovednosti zásadní pro neurovizuální trénink a následně popsali jejich fyziologii, ontogenezi, postupy vyšetření a v neposlední řadě jejich kontext v rámci sportu.

V práci jsme dále nabídli nejnovější možnosti a podoby neurovizuálního tréninku pro klinickou praxi. Jedná se o výčet konvenčních i softwarových pomůcek a konkrétních příkladů cviků. Pokusili jsme se najít recentní studie zabývající se neurovizuálním tréninkem, které by zodpověděly případné otázky o jeho efektu.

Větší pozornost byla věnovaná vybraným modalitám, které byly součástí našeho pozorování. Jednalo se o statickou zrakovou ostrost, rychlost přeostrění z dálky na blízko (známou také jako *near-far quickness*), vergenční a akomodační flexibilitu, fúzní rezervy pozitivní a negativní, pracovní paměť a sledování více objektů (neboli *multiple object tracking*). Za účelem praktické části jsme sestavili strukturovaný trénink doplněný o autoterapii, který mířil na výše zmíněné modalitty.

Při testování 18 hráčů volejbalu s věkovým průměrem 13 let, kteří byli rozděleni na intervenční a kontrolní skupinu, jsme pozorovali efekt tohoto tréninku. Na základě výsledků se nám podařilo prokázat signifikantní zlepšení pracovní paměti u intervenční skupiny. V diskuzi jsme se pokusili nastínit problematiku transferu takového zlepšení do praktických herních dovedností a celkové limity této práce.

Závěr této práce přináší možnou podobu neurovizuálního tréninku pro juniory herních sportů. K jasnému efektu je však potřeba dalších studií, provedených na větším vzorku a s lepší afinitou k tréninkovým postupům.

8. REFERENCE

- ASKEN, Breton; MIHALIK, Jason a SCHMIDT, Julianne, 2016. Athletic Training & Sports Health Care: Visual Performance Measures and Functional Implications in Healthy Participants: A Sports Concussion Perspective. online. ISSN 1942-5872. Dostupné z: <https://journals.healio.com/doi/pdf/10.3928/19425864-20160204-03>. [cit. 2023-05-07].
- BARLOW, David a FREEDMAN, William, 2009. Cervico-Ocular Reflex in the Normal Adult. online. Acta Oto-Laryngologica. roč. 89, č. 3-6, s. 487-496. ISSN 0001-6489. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/00016488009127166>. [cit. 2021-10-28].
- BARTON, Jason a RANALLI, Paul, 2020. Vision Therapy: Ocular Motor Training in Mild Traumatic Brain Injury. online. Annals of Neurology. roč. 88, č. 3, s. 453-461. ISSN 0364-5134. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ana.25820>. [cit. 2023-06-05].
- CICERONE, Keith; GOLDIN, Yelena; GANCI, Keith; ROSENBAUM, Amy; WETHE, Jennifer et al., 2019. Evidence-Based Cognitive Rehabilitation: Systematic Review of the Literature From 2009 Through 2014. online. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. roč. 100, č. 8, s. 1515-1533. ISSN 00039993. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.02.011>. [cit. 2023-06-05].
- COUBARD, Olivier A. (ed.), 2015. Neurovision: Neural bases of binocular vision and coordination and their implications in visual training programs. online. Frontiers Research Topics. Frontiers Media SA. ISBN 9782889196555. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/978-2-88919-655-5>. [cit. 2021-10-31].
- ČAKRT, Ondřej, Michal TRUC, Pavel KOLÁŘ a Jaroslav JEŘÁBEK, 2007. Vestibulární rehabilitace - Principy vestibulární rehabilitace pacientů s poruchou vestibulárního systému. In: *Neur. praxi* [online]. s. 354-356 [cit. 2021-06-03]. Dostupné z: <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2007/06/07.pdf>
- ČIHÁK, Radomír, 2011–2016. Anatomie. online. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5636-3. [cit. 2021-09-03].
- DUCKMAN, Robert H., 2006. Visual development, diagnosis, and treatment of the pediatric patient. online. 2. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. ISBN 0-7187-5288-4. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=SY1_VkX9D1cC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Visual+development,+diagnosis,+and+treatment+of+the+pediatric+patient&ots=wIHwwYVac8&sig=SQSUpVeEn9IOwKHnhX17DLCm7Ww&redir_esc=y#v=onepage&q=ontogenesis&f=false. [cit. 2023-08-05].
- EFRON, Nathan, 2007. Optometry A-Z. online. 1. Brisbane: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0750649131. [cit. 2023-05-07].

- EMERY, Carolyn; BLACK, Amanda; KOLSTAD, Ash; MARTINEZ, German; NETTEL-AGUIRRE, Alberto et al., 2017. What strategies can be used to effectively reduce the risk of concussion in sport? A systematic review. online. *British Journal of Sports Medicine*. roč. 51, č. 12, s. 978-984. ISSN 0306-3674. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097452>. [cit. 2023-06-05].
- ERICKSON, Graham B., 2021. Review: Visual Performance Assessments for Sport. online. *Optometry and Vision Science*. roč. 98, č. 7, s. 672-680. ISSN 1538-9235. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001731>. [cit. 2023-05-22].
- ERICKSON, Graham; CITEK, Karl; COVE, Michelle; WILCZEK, Jennifer; LINSTER, Carolyn et al., 2011. Reliability of a computer-based system for measuring visual performance skills. online. *Optometry - Journal of the American Optometric Association*. roč. 82, č. 9, s. 528-542. ISSN 15291839. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.optm.2011.01.012>. [cit. 2023-08-07].
- FETTER, Michael, 2007. Vestibulo-Ocular Reflex. online. *Neuro-Ophthalmology. Developments in Ophthalmology*. s. 35-51. ISBN 3-8055-8251-X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000100348>. [cit. 2021-10-28].
- FIGTREE, William; SCHUBERT, Michael; RINAUDO, Carlo a MIGLIACCIO, Americo, 2020. The instantaneous training demand drives vestibulo-ocular reflex adaptation. online. *Experimental Brain Research*. roč. 238, č. 12, s. 2965-2972. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00221-020-05953-1>. [cit. 2021-10-28].
- FORMENTI, Damiano; DUCA, Marco; TRECROCI, Athos; ANSALDI, Leslie; BONFANTI, Luca et al., 2019. Perceptual vision training in non-sport-specific context: effect on performance skills and cognition in young females. online. *Scientific Reports*. roč. 9, č. 1. ISSN 2045-2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55252-1>. [cit. 2023-05-29].
- GANONG, Wiliam F., 1995. Přehled lékařské fyziologie. 1. vydání. Jinočany: H&H. ISBN 80-85787-36-9.
- GREENLEES, Iain; THELWELL, Richard a HOLDER, Tim, 2006. Examining the efficacy of the concentration grid exercise as a concentration enhancement exercise. online. *Psychology of Sport and Exercise*. roč. 7, č. 1, s. 29-39. ISSN 14690292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2005.02.001>. [cit. 2023-08-07].
- HAHN, Aleš, 2015. Otoneurologie a tinitologie. 2., doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4345-5.

- HASTÜRK, Günnur a AKYILDIZ MUNUSTURLAR, Müge, 2022. The Effects of Exergames on Physical and Psychological Health in Young Adults. online. Games for Health Journal. roč. 11, č. 6, s. 425-434. ISSN 2161-783X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1089/g4h.2022.0093>. [cit. 2023-05-29].
- HEILMANN, Florian; WEINBERG, Henrietta a WOLLNY, Rainer, 2022. The Impact of Practicing Open- vs. Closed-Skill Sports on Executive Functions—A Meta-Analytic and Systematic Review with a Focus on Characteristics of Sports. online. Brain Sciences. roč. 12, č. 8. ISSN 2076-3425. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/brainsci12081071>. [cit. 2023-05-08].
- HORNOVÁ, Jara, 2011. Oční propedeutika. online. 1. vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4087-4. [cit. 2021-09-14].
- HUURNEMAN, Bianca a BOONSTRA, F., 2016. Assessment of near visual acuity in 0–13 year olds with normal and low vision: a systematic review. online. BMC Ophthalmology. roč. 16, č. 1. ISSN 1471-2415. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0386-y>. [cit. 2021-11-02].
- CHEN, Ganggang; ZHANG, Jin; QIAO, Qi; ZHOU, Liyuan; LI, Ying et al., 2023. Advances in dynamic visual acuity test research. online. Frontiers in Neurology. roč. 13. ISSN 1664-2295. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1047876>. [cit. 2023-08-07].
- JIN, Peng; ZHAO, Zi-Qi a ZHU, Xiao-Feng, 2023. The relationship between sport types, sex and visual attention as assessed in a multiple object tracking task. online. Frontiers in Psychology. roč. 14. ISSN 1664-1078. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1099254>. [cit. 2023-05-14].
- KLIKA, Eduard a VACEK, Zdeněk, 1974. Histologie. 1. Praha: Avicenum. ISBN 08-084-74.
- KNAP, Radovan; ŘÍHA, Martin; BERÁNEK, Radek; KOLÁŘ, Jáchym a ŠKACHOVÁ, Kateřina, 2023. Diagnostika a trénink vizuálního a kognitivního systému: Metodický materiál. 1. Praha: VICTORIA Vysokoškolské sportovní centrum Ministerstva školství, mládeže a sportu. ISBN 978-80-88627-00-5.
- KOMARUDIN, Komarudin; MULYANA, Mulyana; BERLIANA, Berliana a PURNAMASARI, Ira, 2021. NeuroTracker Three-Dimensional Multiple Object Tracking (3D-MOT): A Tool to Improve Concentration and Game Performance among Basketball Athletes. online. Annals of Applied Sport Science. roč. 9, č. 1, s. 0-0. ISSN 2322-4479. Dostupné z: <https://doi.org/10.29252/aassjournal.946>. [cit. 2023-05-09].

- KŘÍŽ, Pavel, 2016. Česká oční optika: Fúzní rezervy. online. Brno: EXPO DATA spol. s r.o. ISSN 1211-233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2016_01.pdf. [cit. 2023-05-20].
- LABY, Daniel a APPELBAUM, Lawrence, 2021. Review: Vision and On-field Performance. online. *Optometry and Vision Science*. roč. 98, č. 7, s. 723-731. ISSN 1538-9235. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001729>. [cit. 2023-06-04].
- MELBY-LERVÅG, Monica a HULME, Charles, 2013. Is working memory training effective? A meta-analytic review. online. *Developmental Psychology*. roč. 49, č. 2, s. 270-291. ISSN 1939-0599. Dostupné z: <https://doi.org/10.1037/a0028228>. [cit. 2023-05-08].
- MICHEL, Lacour; LAURENT, Tardivet a ALAIN, Thiry, 2020. Rehabilitation of dynamic visual acuity in patients with unilateral vestibular hypofunction: earlier is better. online. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. roč. 277, č. 1, s. 103-113. ISSN 0937-4477. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00405-019-05690-4>. [cit. 2021-06-02].
- MUNTASEER MAHFUZ, M.; SCHUBERT, Michael; FIGTREE, William; TODD, Christopher a MIGLIACCIO, Americo, 2018. Human Vestibulo-Ocular Reflex Adaptation Training: Time Beats Quantity. online. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. roč. 19, č. 6, s. 729-739. ISSN 1525-3961. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10162-018-00689-w>. [cit. 2021-06-02].
- NANDI, Raj a LUXON, Linda, 2009. Development and assessment of the vestibular system. *International Journal of Audiology*. roč. 47, č. 9, s. 566-577. ISSN 1499-2027. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/14992020802324540>.
- Národní zdravotnický informační portál: Rejstřík pojmů [online], 2023. Praha: MZČR [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/>
- NOTARNICOLA, Angela; MACCAGNANO, Giuseppe; PESCE, Vito; TAFURI, Silvio; NOVIELLI, Grazia et al., 2014. Visual- spatial capacity: gender and sport differences in young volleyball and tennis athletes and non-athletes. online. *BMC Research Notes*. roč. 7, č. 1. ISSN 1756-0500. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-57>. [cit. 2023-05-14].
- O'REILLY, Robert; GRINDLE, Chris; ZWICKY, Emily a MORLET, Thierry, 2011. Development of the Vestibular System and Balance Function: Differential Diagnosis in the Pediatric Population. *Otolaryngologic Clinics of North America*. roč. 44, č. 2, s. 251-271. ISSN 00306665. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.otc.2011.01.001>.

- PALIDIS, Dimitrios; WYDER-HODGE, Pearson; FOOKEN, Jolande; SPERING, Miriam a PRICE, Nicholas, 2017. Distinct eye movement patterns enhance dynamic visual acuity. online. PLOS ONE. roč. 12, č. 2. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172061>. [cit. 2023-06-05].
- PANTHAGANI, Jesse; VIRDEE, Jasvir; MACDONALD, Trystan; BRUYNSEELS, Alice a BATRA, Ruchika, 2020. Acquired nystagmus. online. British Journal of Hospital Medicine. roč. 81, č. 11, s. 1-8. ISSN 1750-8460. Dostupné z: <https://doi.org/10.12968/hmed.2020.0320>. [cit. 2021-11-07].
- PAPAGEORGIU, Eleni; MCLEAN, Rebecca a GOTTLOB, Irene, 2014. Nystagmus in Childhood. online. Pediatrics & Neonatology. roč. 55, č. 5, s. 341-351. ISSN 18759572. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2014.02.007>. [cit. 2021-11-07].
- QIU, Fanghui; PI, Yanling; LIU, Ke; LI, Xuepei; ZHANG, Jian et al., 2018. Influence of sports expertise level on attention in multiple object tracking. online. PeerJ. roč. 6. ISSN 2167-8359. Dostupné z: <https://doi.org/10.7717/peerj.5732>. [cit. 2023-05-14].
- RAWSTRON, John; BURLEY, Celeste a ELDER, Mark, 2005. A Systematic Review of the Applicability and Efficacy of Eye Exercises. online. roč. 42, č. 2, s. 82-88. ISSN 0191-3913. Dostupné z: <https://doi.org/10.3928/01913913-20050301-02>. [cit. 2023-05-22].
- RAZ, Noa a LEVIN, Netta, 2017. Neuro-visual rehabilitation. online. Journal of Neurology. roč. 264, č. 6, s. 1051-1058. ISSN 0340-5354. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00415-016-8291-0>. [cit. 2023-06-05].
- ROKYTA, Richard, 2015. Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi. online. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4867-2. [cit. 2021-09-09].
- Senaptec Sensory Station for sports: Assesment [online]. [cit. 2023-08-05]. Dostupné z: <https://senaptec.com/pages/sensory-station-for-sports>
- SCHUBERT, Michael a MIGLIACCIO, Americo, 2019. New advances regarding adaptation of the vestibulo-ocular reflex. online. Journal of Neurophysiology. roč. 122, č. 2, s. 644-658. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <https://doi.org/10.1152/jn.00729.2018>. [cit. 2021-06-02].
- SCHWEIGART, G; MERGNER, T; EVDOKIMIDIS, I; MORAND, S a BECKER, W, 1997. Gaze Stabilization by Optokinetic Reflex (OKR) and Vestibulo-ocular Reflex (VOR) During Active Head Rotation in Man. online. Vision Research. roč. 37, č. 12, s. 1643-1652. ISSN 00426989. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(96\)00315-X](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(96)00315-X). [cit. 2021-10-30].

- SYNEK, Svatopluk a SKORKOVSKÁ, Šárka, 2014. Fyziologie oka a vidění. online. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3992-2. [cit. 2021-09-13].
- VANNUCCI, Lorenzo; FALOTICO, Egidio; TOLU, Silvia; CACUCCILO, Vito; DARIO, Paolo et al., 2017. A comprehensive gaze stabilization controller based on cerebellar internal models. online. Bioinspiration & Biomimetics. roč. 12, č. 6. ISSN 1748-3190. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1748-3190/aa8581>. [cit. 2021-10-30].
- VATER, Christian; GRAY, Rob a HOLCOMBE, Alex, 2021. A critical systematic review of the Neurotracker perceptual-cognitive training tool. online. roč. 28, č. 5, s. 1458-1483. ISSN 1069-9384. Dostupné z: <https://doi.org/10.3758/s13423-021-01892-2>. [cit. 2023-05-22].
- VESELÝ, Petr a BENEŠ, Pavel, 2019. Vyšetřovací metody v optometrii: a interpretace jejich výsledků v praxi. 1. vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-2071-0.
- VYMYSLICKÝ, Ivan, 2007. Česká oční optika: Vizuální optometrie. online. Brno: EXPO DATA spol. s r.o. ISSN 1211-233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2007_02.pdf. [cit. 2023-05-20].
- VYMYSLICKÝ, Ivan, 2008. Česká oční optika: Vizuální optometrie. online. Brno: EXPO DATA spol. s r.o. ISSN 1211-233X. Dostupné z: https://www.4oci.cz/dokumenty/pdf/4oci_2008_03.pdf. [cit. 2023-05-07].
- VYMYSLICKÝ, Tomáš, 2011. Vizuální optometrie v praxi. online, Diplomová práce, vedoucí Sylvie Petrová. Brno: Lékařská fakulta Masarykovy Univerzity. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/k18d9/Vizualni_optometrie_v_praxi..pdf. [cit. 2023-05-20].
- WIENER-VACHER, Sylvette a WIENER, Sidney, 2017. Video Head Impulse Tests with a Remote Camera System: Normative Values of Semicircular Canal Vestibulo-Ocular Reflex Gain in Infants and Children. online. Frontiers in Neurology. roč. 8. ISSN 1664-2295. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00434>. [cit. 2021-06-02].
- WU, Ting-Yi a LI, Xue-Min, 2021. Applications of dynamic visual acuity test in clinical ophthalmology. online. International Journal of Ophthalmology. roč. 14, č. 11, s. 1771-1778. ISSN 22223959. Dostupné z: <https://doi.org/10.18240/ijo.2021.11.18>. [cit. 2023-08-07].

ZAMYSŁOWSKA-SZMYTKE, Ewa; ADAMCZEWSKI, Tomasz; ZIĄBER, Jacek; MAJAK, Joanna; KUJAWA, Jolanta et al., 2019. Cervico-ocular reflex upregulation in dizzy patients with asymmetric neck pathology. online. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. roč. 32, č. 5, s. 723-733. ISSN 1232-1087. Dostupné z: <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01428>. [cit. 2021-10-28].

ZHANG, Xuemin; YAN, Ming a YANGANG, Liao, 2009. Differential Performance of Chinese Volleyball Athletes and Nonathletes on a Multiple-Object Tracking Task. online. *Perceptual and Motor Skills*. roč. 109, č. 3, s. 747-756. ISSN 0031-5125. Dostupné z: <https://doi.org/10.2466/pms.109.3.747-756>. [cit. 2023-05-14].

SEZNAM PŘÍLOH

<i>Příloha 1</i> Baterie cviků A-D pro trénink s konvenčními pomůckami	87
<i>Příloha 2</i> Schválení projektu etickou komisí FN Motol	90
<i>Příloha 3</i> Informovaný souhlas	91
<i>Příloha 4</i> Informační letáček pro nábor do studie	92

PŘÍLOHY*Příloha 1 Baterie cviků A-D pro trénink s konvenčními pomůckami*

	PROVEDENÍ	ZAMĚŘENÍ
A1	Máme dvě tabulky. Uchopím do každé horní končetiny jednu na vyznačeném místě. Obě končetiny natáhnu před sebe, abych viděl na text. Jednu končetinu nechám napnutou (tab. A), druhou pokrčím v lokti (tab. B), aby byla ve vzdálenosti cca 10 cm od oka. Následně čtu jednotlivá písmena střídavě z tab. A a z tab. B po řádcích nebo sloupcích.	Vergence, akomodace Hloubka vidění Rychlost přestřeni
A2	Máme dvě tabulky. Uchopím do každé horní končetiny jednu na vyznačeném místě. Obě končetiny natáhnu před sebe, abych viděl na text. Tab. A posunu lehce nahoru, tab. B lehce dolů, tak aby mezi nimi byla vzdálenost cca 20cm. Následně čtu jednotlivá písmena střídavě z tab. A a z tab. B po řádcích nebo sloupcích.	Sakády Rychlost přestřeni
A3	Máme dvě tabulky. Uchopím do každé horní končetiny jednu na vyznačeném místě. Obě končetiny natáhnu před sebe, abych viděl na text. Tab. A posunu lehce vlevo, tab. B lehce vpravo, tak aby mezi nimi byla vzdálenost cca 20cm. Následně čtu jednotlivá písmena střídavě z tab. A a z tab. B po řádcích nebo sloupcích.	Sakády Rychlost přestřeni
A4	Uchopím jednu tabulku na vyznačeném místě libovolnou horní končetinou. Natáhnu končetinu před sebe a kývu hlavou ve směru nahoru/dolů (jako bych říkal ano). Nejdříve pomaleji, poté zrychluji. Přitom čtu jednotlivá písmena po řádcích nebo sloupcích.	Dynamická zraková ostrost
A5	Uchopím jednu tabulku na vyznačeném místě libovolnou horní končetinou. Natáhnu končetinu před sebe a hýbu hlavou ve směru doleva/doprava (jako bych říkal ne). Nejdříve pomaleji, poté zrychluji. Přitom čtu jednotlivá písmena po řádcích nebo sloupcích.	Dynamická zraková ostrost
A6	Uchopím jednu tabulku na vyznačeném místě libovolnou horní končetinou. Natáhnu končetinu před sebe a hýbu s ní ve směru nahoru/dolů (rozmezí cca 15cm). Nejdříve pomaleji, poté zrychluji. Hlava se nehýbe. Přitom čtu jednotlivá písmena po řádcích nebo sloupcích.	Dynamická zraková ostrost
A7	Uchopím jednu tabulku na vyznačeném místě libovolnou horní končetinou. Natáhnu končetinu před sebe a hýbu s ní ve směru doleva/doprava (rozmezí cca 15cm). Nejdříve pomaleji, poté zrychluji. Hlava se nehýbe. Přitom čtu jednotlivá písmena po řádcích nebo sloupcích.	Dynamická zraková ostrost

Hartovy tabulky 6,5 x 7,5 cm popsány náhodnými velkými písmeny

	PROVEDENÍ	ZAMĚŘENÍ
B1	Upevním šňůru cca ve výšce mých očí, natáhnu ji, rozmístím korálky přibližně do stejných vzdáleností a konec šňůry uchopím jednou rukou a přiložím ke svému nosu. Začínám od nejvzdálenějšího korálku a postupně se snažím zcela zaostřit každý další směrem k mému nosu. Dojdu-li nakonec, mohu stejným mechanismem zaostřovat opět směrem ode mě. Mohu si také libovolně vybírat, v jakém pořadí budu korálky vybírat nebo mohu dostávat informace o barvě korálku od druhé osoby.	Vergence, akomodace Hloubka vidění Rychlost přeostrění
B2	Připravím si šňůru. Začnu kývat hlavou ve směru nahoru/dolu (jako bych říkal ano). Nejdříve pomaleji, poté zrychluji. Ruka se nehýbe. Opět se snažím zaostřit jednotlivé korálky.	Vergence, akomodace Hloubka vidění Rychlost přeostrění Dynamická zraková ostrost
B3	Připravím si šňůru. Začnu hýbat hlavou ve směru doleva/doprava (jako bych říkal ne). Nejdříve pomaleji, poté zrychluji. Ruka se nehýbe. Opět se snažím zaostřit jednotlivé korálky.	Vergence, akomodace Hloubka vidění Rychlost přeostrění Dynamická zraková ostrost
B4	Připravím si šňůru. Fixuji bod na začátku šňůry. Postupně oddaluji ruku s druhým koncem šňůry laterálně, aniž bych změnil fixovaný bod. Snažím se stále periferně vnímat zbytek šňůry.	Periferní vidění

Brockova šňůra 1,5m se 3 různě barevnými korálky

	PROVEDENÍ	ZAMĚŘENÍ
C1	Uchopím do každé ruky jednu tyč. Natáhnu obě horní končetiny před sebe a souběžně plynule roztahuji směrem nahoru a dolů. Hlava ani oči se nehýbou. Současně s pohybem končetin se snažím stále sledovat obě tyče a rozeznat jejich barvy.	Periferní vidění
C2	Uchopím do každé ruky jednu tyč. Natáhnu obě horní končetiny před sebe a souběžně plynule roztahuji do stran. Hlava ani oči se nehýbou. Současně s pohybem končetin se snažím stále sledovat obě tyče a rozeznat jejich barvy.	Periferní vidění
C3	Házím tyč spoluhráči ve dvojici. Jeho úkolem je uchopit tyč za polovinu příslušné barvy, kterou mu s hodem sdělím. Postupně mohu zkusit přidat druhou tyč a hody různě kombinovat.	Dynamická zraková ostrost Hloubka vidění Koordinace oko-ruka Reakční čas Kognice
C4	Snažím se postupně najít otáčením všech hran tyče čísla vzestupně od jedničky k nejvyššímu číslu.	Kognice Koordinace oko-ruka

Brain endurance stick rozdělené na dvě různě barevné poloviny a náhodně popsány čísla.

	PROVEDENÍ	ZAMĚŘENÍ
D1	Házím si <i>Q-ball</i> se spoluhráčem. Snažím se fixovat a co nejrychleji vyslovit písmeno, které vidím na míčku letícím směrem ke mně. Míček mohu házet s odrazem o zem nebo rovnou do rukou spoluhráče. Stejná varianta je možná i s <i>Marsdenovým míčem</i> .	Dynamická zraková ostrost Hloubka vidění Akomodace, vergence Koordinace oko-ruka Reakční čas
D2	Můžeme vytvořit mnoho variant pro konkrétní sporty s lehkou modifikací <i>Marsdenova míče</i> . Pro fotbal můžeme trénovat kop s fixací a vyslovením písmene, do kterého se chci střelit. Můžeme si místo házení lehce přihrávat nohou. Pro volejbal můžeme trénovat pinkání nad hlavou, při kterém opět fixuji písmeno nebo přecházíme v přehazování, postupně až v pinkání. Pro tenis i volejbal mohu trénovat nadhození míčku nad hlavu s fixací písmene v místě úderu pro smeče nebo podání.	Dynamická zraková ostrost Hloubka vidění Akomodace, vergence Koordinace oko-ruka / noha Reakční čas

Q-ball/Marsdenův míč

Příloha 2 Schválení projektu etickou komisí FN Motol



FN MOTOL

ETICKÁ KOMISE PRO MULTICENTRICKÁ KLINICKÁ HODNOCENÍ
FAKULTNÍ NEMOCNICE V MOTOLE A 2. LÉKAŘSKÉ FAKULTY UNIVERZITY KARLOVY
V PRAZE

Ethics Committee for Multi-Centric Clinical Trials of the University Hospital Motol and
2nd Faculty of Medicine, Charles University in Prague

✉ V úvalu 84, 150 06 Praha 5 ☎ 224 431 195 📠 224 431 196 📧 etickakomise@fnmotol.cz
www.fnmotol.cz

STANOVISKO ETICKÉ KOMISE K VÝZKUMNÉMU PROJEKTU
OPINION OF THE ETHICS COMMITTEE ON RESEARCH PROJECT

Název projektu / Full Title of the Project :

**Možnosti vyšetření a trénink dynamických optických funkcí u juniorů
herních sportů**

Diplomová práce

Zadavatel /Sponsor:

2. LF UK a FN Motol, Praha (mgr. studium fyzioterapie)

Žadatel a řešitel / Applicant and Investigator:

Bc. Natalie Pecková

Vedoucí práce / Supervisor:

Mgr. Petra Valouchová, Ph.D., CPM Pavla Koláře

Konzultanti / Consultant:

Bc. Vojtěch Kopřiva, DynaOptic,

Mgr. Jáchym Kolář, CPM Pavla Koláře

EK vydává /EC issues

souhlasné stanovisko / favourable opinion

Etická komise prohlašuje, že byla ustavena a pracuje podle jednacího řádu v souladu se správnou klinickou praxí (GCP) a platnými předpisy / *The Ethics committee hereby declares that it was established and operates in accordance with its Rules of Procedure in compliance with Good Clinical Practice and valid legal regulations.*

Datum přijetí / Date of Submission: **20. 3. 2023** Jednací č. /Reference No.: **EK - 332/23**

Datum jednání EK / Date of EC Session: **12. 7. 2023**

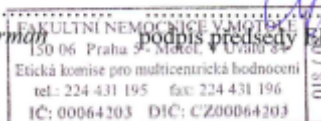
12. 7. 2023

MUDr. Vratislav Šmelhaus

Datum / Date

předseda/ Chairman

podpis předsedy EK / Signature of Chairman



Příloha 3 Informovaný souhlas**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA
UNIVERZITA KARLOVA**2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy
V Úvalu 84, Praha 5, 150 06**Informovaný souhlas**

Vážení rodiče,

dovoluji si Vás požádat o souhlas s účastí Vašeho dítěte (participant) na studii týkající se neurovizuálního tréninku. Jedná se o diplomovou práci Bc. Natalie Peckové prováděné na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy v rámci navazujícího magisterského programu specializace ve zdravotnictví obor fyzioterapie.

Cílem diplomové práce je objasnit efekt cíleného tréninku neurovizuálních funkcí u herních sportů. Obsahem studie je úvodní statické a dynamické vyšetření zraku a jeho funkcí, které proběhne na adrese CPM Pavla Koláře Praha 5 – Jinonice, Walterovo náměstí 329/2 pod záštitou DynaOptic. Odborné měření provede Bc. Vojtěch Kopriva a Bc. Natalie Pecková s využitím standardních optometrických pomůcek a přístroje Senaptec. Po dobu 3 měsíců bude probíhat řízený neurovizuální trénink. Na závěr bude provedeno shodné výstupní vyšetření zraku a jeho funkcí hodnotící progres a efekt dosavadního tréninku.

Všechna měření jsou zcela neinvazivní a bez jakéhokoliv rizika.

Během měření, či tréninku mohou být pořízeny fotografie ilustrující průběh studie. Na fotografiích bude utajena identita všech zúčastněných.

Účast na studii je dobrovolná a rodič i participant má po celou dobu právo od studie odstoupit nebo kdykoliv nahlédnout do získaných informací.

Každý participant i rodič bude v rámci této práce uveden anonymně a bude zachováno jeho soukromí. Informace budou shromažďovány a zpracovány výhradně v souvislosti s diplomovou prací Natalie Peckové a její publikací. K získaným informacím má dále právo nahlédnout vedoucí práce Mgr. Petra Valouchová, Ph.D. a příslušní konzultanti práce.

Tímto prohlašuji, že souhlasím s účastí svého dítěte na této studii a dávám souhlas k zpracování a k anonymnímu publikování získaných dat. Byl/a jsem poučena o právu odmítnout účast nebo spolupráci kdykoliv bez udání důvodů ukončit.

V Praze dne

Podpis rodiče/zákonného zástupce:

Podpis Bc. Natalie Peckové:

Příloha 4 Informační letáček pro nábor do studie

NEUROVIZUÁLNÍ TRÉNINK

Vážení milovníci volejbalu, Vážení rodiče,

tímto si Vás dovoluji oslovit s nabídkou účasti ve studii zabývající se **neurovizuálním tréninkem** u juniorů herních sportů. Jmenuji se Natalie Pecková a studuji magisterský obor fyzioterapie na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy. S Tatranem Střešovice jsme domluveni na spolupráci v podobě 15 minut z jednoho z tréninku po dobu 3 měsíců. Na Vás se obracím s prosbou a otázkou, zda s účastí souhlasíte.

Co to obnáší?

Vstupní vyšetření (20min) profesionálními optometry a fyzioterapeuty v Centru pohybové medicíny Pavla Koláře v průběhu **listopadu/prosince 2022** zaměřené na analýzu zraku a funkčního vidění. Vyšetření je neinvazivní.

Souvislý trénink (1x týdně 15 minut z tréninku) neurovizuálních funkcí, doporučená autoterapie v podobě 3 jednoduchých cviků (5 min denně) po dobu **3 měsíců**.

Výstupní vyšetření, kde se zhodnotí změny naměřených hodnot a efekt tréninku opět v Centru pohybové medicíny Pavla Koláře (předpokládáme **březen/duben 2023**).

Co je neurovizuální trénink?

Nácvik specifických dovedností (dynamická zraková ostrost, akomodace, koordinace oko-ruka,...), které vedou k efektivnějšímu využití vizuálního systému jak v běžném životě, ale i při hře. Budeme trénovat **lepší prostorovou orientaci, rychlejší reakci na letící balón, přesnější zpracování, kde se balón nachází a jakou rychlostí ke mně letí**.

Pokud souhlasíte s účastí, kontaktuje mě prosím na email

nat.peckova@gmail.com

a já Vám nasdílím tabulku s možnými termíny vyšetření.

Obě vyšetření by proběhly na adrese *CPM Pavla Koláře Walterovo náměstí 329/3 Praha 5*. Přesnější informace bych Vám poslala po sjednání termínu. Termíny jsou orientační, pokusím se kdyžtak individuálně přizpůsobit. Všechny informace a osobní údaje budou uváděny anonymně a poslouží pouze účelům práce. Pokud by Vás zajímalo cokoliv dalšího, nebojte se mě na uvedený email kontaktovat.

Děkuji za pozornost a těším se na spolupráci!

Krásný den,
Bc. Natalie Pecková