



Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra optiky

Dynamická zraková ostrost

Bakalářská práce

Autor:

Michaela Nantlová

Obor: 5345R008 Optometrie

Studijní rok: 2023/2024

Vedoucí práce:

Mgr. Lucie Machýčková

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Lucie Machýčkové, za použití literatury uvedené v závěru mé práce.

V Olomouci dne 29.04.2024

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Mgr. Lucii Machýčkové za odborné vedení, vstřícnost, trpělivost, velice podnětné návrhy k práci a předání důležitých zkušeností při řešení problémů v rámci bakalářské práce. Tato práce byla vytvořena za podpory projektů IGA PrF UP v Olomouci s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2023_004 a IGA_PrF_2024_019.

Obsah

Úvod.....	7
1. Zraková ostrost.....	8
1.1 Zraková ostrost úhlová – angulární.....	8
1.2 Centrální zraková ostrost.....	9
1.3 Periferní zraková ostrost	10
1.4 Měření a hodnocení statické zrakové ostrosti	10
1.5 Kontrastní citlivost.....	12
2. Dynamická zraková ostrost	14
2.1 Rozvoj dynamické zrakové ostrosti	14
2.2 Mechanismy využívané při dynamickém vidění.....	15
2.2.1 Binokulární vidění.....	15
2.2.2 Akomodace.....	16
2.2.3 Oční pohyby	16
2.2.4 Reakční čas	18
2.3 Modulační faktory dynamické zrakové ostrosti.....	18
2.3.1 Refrakční stav optického systému oka	19
2.3.2 Věk	19
2.3.3 Pohlaví	20
2.3.4 Sport.....	20
3. Měření dynamické zrakové ostrosti	22
3.1. Testy DVA využívající pohyb testového podnětu	23
3.1.1. Rotátory.....	23
3.1.2. Analyzátor DVA HI-10 Kowa	25
3.1.3. DinVA 3.0.....	26
3.1.4. Test dynamické zrakové ostrosti	27
3.2. Testy DVA využívající pohyb vyšetřovaného	30
3.2.1. DVA test	31

3.2.2. Test DVA na běžeckém páse (Hillmanova metoda)	32
3.2.3. Test DVA s posunem pohledu při chůzi (gsDVA)	34
3.3. Test dynamické kontrastní citlivosti.....	36
4. Užití dynamické zrakové ostrosti v klinické praxi.....	38
4.1 Trénink DVA ve sportovní optometrii.....	38
4.2 Vliv katarakty a jejího řešení na dynamickou zrakovou ostrost	41
4.3 Dynamická zraková ostrost a hodnocení poruch vestibulárního systému.....	43
4.4 Dynamická zraková ostrost a onemocnění zrakového nervu	44
4.4.1 Neuritida optického nervu.....	44
4.4.2 Glaukom.....	45
Závěr	47
Seznam použitých zdrojů	48

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Úhlová zrková ostrost – uspořádání fotoreceptorů.....	9
Obrázek 2 - Anatomická struktura žluté skvrny.....	9
Obrázek 3 - Snellenovy optotypy - 1. Landoltovy prstence, 2. Pflügerovy háky, 3. písmena, 4. obrázky pro děti	10
Obrázek 4 - LogMAR ETDRS optotyp	11
Obrázek 6 - Zápis výsledku na Pelli-Robsonově testu.....	13
Obrázek 5 - Příklad křivky kontrastní citlivosti	13
Obrázek 8 - Princip akomodace	16
Obrázek 8 - Monokulární oční pohyby	17
Obrázek 9 - Bernellův rotátor – test DVA užívaný především v kontextu sportovní optometrie..	24
Obrázek 10 - Konstrukční provedení analyzátoru DVA HI-10 Kowa.....	25
Obrázek 11 - Metodické provedení testu DinVA 3.0	27
Obrázek 12 - Palomarův prstenec, optotypový znak testu DVA DinVA 3.0	27
Obrázek 13 - Metodické provedení cDVA testu.....	32
Obrázek 14 - Zařízení určené k zaznamenávání odpovědí pacienta při cDVA testu.....	32
Obrázek 15 - Demonstrace průběhu Hillmanovy metody měření DVA.....	34
Obrázek 16 - Postup vyšetření testu DVA s posunem pohledu	35
Obrázek 17 - Přístroj Wayne Tachistoscope Rotator Scanner	40
Obrázek 18 - Sport Vision Trainer a jeho metodické provedení	41
Obrázek 19 - Schéma zrakové dráhy s vyobrazením rozložení vrstev šedé hmoty v nucleus corporis geniculati lateralis	46

Úvod

Tato bakalářská práce se věnuje tématu dynamické zrakové ostrosti (DVA). Tento pojem je definován jako schopnost našeho zraku rozpoznat detaily předmětu, v momentu, kdy mezi tímto předmětem a pozorovatelem existuje určitá forma pohybu. DVA je pro náš život velmi důležitá. Svět kolem nás je velmi dynamickým prostředím a téměř všechny objekty kolem nás jsou neustále v pohybu. Tento aspekt zraku využíváme v každodenních běžných činnostech. Dynamické vidění vyžaduje komplexní odezvu našeho oka a do jeho procesu je zapojováno hned několik vizuálních mechanismů, na jejichž správné funkci bude rovněž záviset i kvalita DVA. Jako příklad lze uvést kvalitní binokulární vidění, dobrou akomodační schopnost či velmi důležitou roli hraje správná funkce očních pohybů. Tato skutečnost činí z DVA velmi významný ukazatele našich vizuálních schopností. Její měření má velký klinický potenciál a jeho užití se jeví výhodnější než běžně uskutečňované měření statické zrakové ostrosti. Ovšem většina testů DVA je prováděna převážně experimentálně a doposud v optometrické praxi neexistuje žádná standardizovaná metoda vyšetření. Tento fakt může být jedním důvodů, proč se v české optometrické praxi s tímto vyšetřením setkáme jen velmi výjimečně, i když by nám toto měření poskytlo tak cenné informace o našem zraku. Cílem této práce je přiblížit a zvýšit povědomost o tomto ne zcela známém, ale velmi podstatném aspektu našeho vidění.

Úvod této práce je věnován pojmu zrakové ostrosti jako takovému. Je zde uvedena jeho definice, rozdělení a postup vyšetření, který je běžně uskutečňován v optometrické praxi. V této kapitole je také zmíněn termín kontrastní citlivost. Další část práce je již věnována samotné dynamické zrakové ostrosti. Nejprve je toto téma krátce představeno, poté je uveden vývoj DVA, mechanismy zapojované v jejím procesu a faktory, které mohou ovlivnit její úroveň. Následuje kapitola zabývající se měřením DVA a jednotlivými metodami a testy, které lze za tímto účelem využít. Závěrečná část této práce představuje uplatnění vyšetření DVA v klinické praxi.

1. Zraková ostrost

Pojem zraková ostrost neboli vízus je definován jako schopnost oka rozlišit od sebe dva nejbližše ležící body, jejichž obrazy dopadají na sítnici. Jedná se o psychofyzikální veličinu, již lze určit rozlišovací schopnost oka a poskytuje nám rychlou informaci o výkonu zrakového orgánu. Na úrovni zrakové ostrosti se podílí jednak stav optického systému oka, ale i stav sítnice, zrakové dráhy a zrakových center v mozku. Na její hodnoty mají vliv faktory fyzikální, jako jsou vady optických soustav. Dále je ovlivňována faktory fyziologickými (rozložení čípků a tyčinek na sítnici, adaptace) a psychologickými (pozornost, kontrast). [1][2]

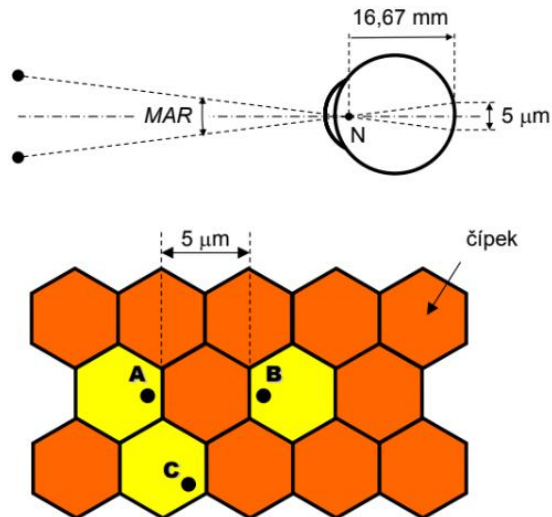
Setkáme-li se v naší, ale i v zahraniční literatuře s termínem zraková ostrost a jejím měřením, velmi často je myšleno námi známé vyšetření, kdy pacient sedí na vyšetřovacím křesle před optotypovou tabulí a zjišťujeme, která nejmenší písmena či znaky nám ještě zvládne přečíst. Ovšem toto měření zrakové ostrosti, kdy je jak pacient, tak i optotyp v klidu, bychom správně měli označovat jako statickou zrakovou ostrost, blíže v kapitole 1.4. Důvodem je fakt, že existuje rovněž zraková ostrost dynamická, u níž hodnotíme schopnost vyšetřovaného rozlišit objekt ve stavu relativního pohybu mezi ním a tímto objektem. Právě tento u nás poměrně nový a neprozkoumaný aspekt našeho zraku se budu snažit v mé bakalářské práci více přiblížit. [1][2]

1.1 Zraková ostrost úhlová – angulární

Při určování úhlové zrakové ostrosti se využívá poznatku, že emetropické oko (oko bez refrakční vady) je schopno dva blízké body rozlišit jako dva, jestliže rozteč mezi těmito body odpovídá tangente jedné úhlové minuty. Hodnota $1'$ je považována za základní jednotku angulární zrakové ostrosti a je stanovena jako *minimum separabile* nebo se rovněž označuje jako minimální úhlové rozlišení. V zahraniční literatuře se užívá pro tuto hodnotu označení *minimal angle resolution*, poté se setkáváme se zkratkou MAR. Tato hodnota nebyla zvolena náhodně, nýbrž vychází se ze skutečných hodnot průměrného lidského oka. Fotoreceptory mají tvar blízký se šestiúhelníku, aby byl optimálně vyplněn povrch sítnice. Zároveň velikost jednoho čípků se rovná cca 0,005 mm a sítnice je od obrazového uzlového bodu vzdálena přibližně 17 mm, jak vidíme na Obrázku 1 nahoře. Podílem těchto hodnot dostáváme rozlišovací schopnost 0,0003 rad, tedy již zmíněnou hodnotu $1'$. Z fyziologického hlediska jsou tedy dva body rozlišeny tehdy, leží-li mezi jejich obrazy na sítnici alespoň jeden nepodrážděný čípek, čemuž na obrázku 1 odpovídá situace A x B a B x C. Dojde-li k podráždění dvou čípků, ležících vedle sebe, situace A x C, výsledný zrakový vjem odpovídá jedinému bodu. [1][2][3][4]

MAR – minimální úhlové rozlišení

N – uzlový bod oka



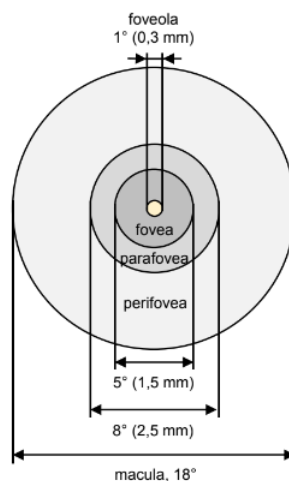
Obrázek 1 - Úhlová zraková ostrost – uspořádání fotoreceptorů. Převzato z [4]

Velikost čípků v centrální oblasti sítnice je obvykle menší než $5\mu\text{m}$ a rozlišení, které je určeno stavbou sítnice může mít i lepší (menší) hodnoty. [4]

Vezmeme-li v potaz skutečnost, že lidské zrakové vnímání není lineární, což je popsáno v tzv. Weber-Fechnerově psychofyzikálním zákoně, poté je vhodnějším parametrem logaritmus minimálního úhlového rozlišení $\log M\acute{U}R$, a to především při přesném měření vízu nebo budeme-li sledovat malé změny v jeho hodnotách. [4]

1.2 Centrální zraková ostrost

Hovoříme-li o centrální zrakové ostrosti nebo též o centrálním vidění, jedná se o situaci, kdy dochází k podráždění centrální oblasti sítnice, kterým je žlutá skvrna neboli *macula lutea*. Macula tvoří cca 3-5 mm velkou oblast kolem malé jamky, která se nazývá fovea centralis. Její velikost je přibližně 1,5 mm a v jejím centru se nachází 0,3 mm velká tzv. foveola, místo nejostřejšího vidění, ve kterém se nacházejí pouze čípky. [5]



Obrázek 2 - Anatomická struktura žluté skvrny. Převzato z [3]

S největší přesností budou tedy vidět ty objekty, na které se budeme dívat přímo. Dojde totiž k zapojení žluté skvrny ve středu sítnice, která se stejně jako její centrální část foveola skládá především z čípků a rozlišovací schopnost zde dosahuje nejvyšších hodnot. [2][5]

1.3 Periferní zraková ostrost

Srovnáme-li periferní zrakovou ostrost a centrální vidění, jsou hodnoty periferní zrakové ostrosti o mnoho menší. Důvodem je postupný pokles množství, hustoty i pravidelnosti uspořádání čípků směrem od centra sítnice do její periferie. Naproti tomu dochází k růstu počtu tyčinek. Všechny tyto skutečnosti vedou k úbytku rozlišovací schopnosti, která je až dvacetkrát nižší. I přesto je pro nás neméně důležitá, je nám nápomocna při orientaci v prostoru, za horších světelných podmínek a rovněž registruje pohyb kolem nás. V případě periferního vidění není tedy tak podstatná ostrost, nýbrž jeho rozsah. Ten je určen zorným polem, které je definováno jako část prostoru promítající se při fixním pohledovém směru na optickou část sítnice. Jeho rozsah je největší v temporální části, kde je $90^\circ - 100^\circ$, nasálně a směrem nahoru dosahuje velikosti 60° a směrem dolů 70° . [5]

1.4 Měření a hodnocení statické zrakové ostrosti

Zjišťování statické zrakové ostrosti (SVA) neboli vízu je nedílnou součástí stanovování subjektivní refrakce. Ta napomáhá vyšetřujícímu určit správný typ refrakční vady a poté zvolit ideální (sférocylindrickou) korekci. K vyšetřování vízu slouží skupiny znaků o proměnné velikosti, tzv. optotypy. Jejich konstrukce se řídí určitými pravidly, řádky vždy zahrnují znaky o téže velikosti a jednotlivé řádky se postupně zmenšují. Nejznámější a stále nejpoužívanějšími jsou tzv. Snellenovy optotypy, které obsahují písmena a číslice. Kromě těchto znaků se využívá též Pflügerovy háky, Landoltovy prstence nebo obrázky, které slouží především k vyšetřování dětí. [4][6]

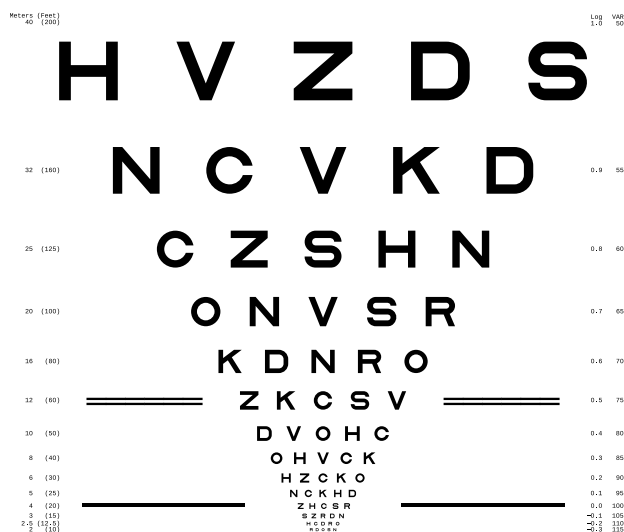


Obrázek 3 - Snellenovy optotypy - 1. Landoltovy prstence, 2. Pflügerovy háky, 3. písmena, 4. obrázky pro děti. Převzato [7]

Budeme-li chtít provést přesné a opakovatelné vyšetření vízu využijeme tzv. logaritmičké optotypy. Jedná se o standardizované optotypy, u kterých každému znaku přísluší přesně definovaná hodnota zrakové ostrosti v jednotkách logMAR. Takovým druhem testu s logaritmičskou stupnicí logMAR je například speciální logMAR ETDRS optotyp. Tento optotyp je konstruován podle tzv. Baileyho & Lovieho kritéria. Celkem ETDRS optotyp obsahuje 14

řádků, kdy na každém z nich nalezneme pět písmen, jež mají téže velikost i čitelnost. Řazení velikosti řádků v tomto optotypu je logaritmické, vizus se mění geometrickou řadou s kvocientem $\sqrt[10]{10}$, každý řádek obnáší změnu o 0,1 logMAR a respektuje Weber-Fechnerův zákon.

Mezi písmeny na řádku je zvolen vhodný rozestup, který odpovídá alespoň šířce jednoho znaku. Vzdálenost mezi dvěma sousedními řádky je zvolen tak, aby byl roven alespoň výšce menšího z nich. Výhodou tohoto typu testu je již výše zmíněná přesnost, které dosáhneme užitím metody tzv. prahové zrakové ostrosti, jež je blíže popsána níže. Užití tohoto typu optotypu je vhodné například pro klinické studie, naopak se nedoporučuje jej využít pro běžnou ambulanci praxi. [8]



Obrázek 4 - LogMAR ETDRS optotyp. Převzato z [9]

SVA se vyšetřuje jak do dálky, tak i do blízka. Měříme-li vizus do dálky, vyšetřovaný monokulárně sleduje optotyp ze vzdálenosti 5-6 m, a to z důvodu toho, abychom vyloučili akomodaci. V případě vyšetřování zrakové ostrosti na blízko se používají jiné optotypy, tzv. Jägerovy čtecí tabulky. Ty obsahují odstavce se souvislým textem, a jeho velikost se postupně zmenšuje. Standardní vzdálenost pro vyšetření do blízka je 40 cm, aby bylo možné číst text bez větší námahy. [10]

Výsledky SVA se nejběžněji zapisují desetinným číslem či zlomkem. V případě vyjádření pomocí zlomku představuje číselník vyšetřovací vzdálenost v metrech, ze které byl test prováděn, a jmenovatel označuje číslo řádku, což je vzdálenost, ze které je řádek přečten okem o vizu 1. Normální hodnoty vizu se rovnají právě hodnotě $V=1$, vyjádřena zlomkem 5/5 nebo 6/6, podle toho, z jaké vzdálenosti bylo měření prováděno.

K hodnocení a stanovení SVA můžeme využít několika způsobů. Prvním z nich je **celořádkový vizus**. V tomto případě by měla být zraková ostrost dána řádkem, v němž

vyšetřovaný přečte alespoň 60 % znaků. Další metodou je tzv. **prahová zraková ostrost**. Ta je platná pro optotypy s logaritmickou stupnicí. Uvažujeme-li, že u tohoto optotypu je vzdálenost mezi jednotlivými řádky 0,1 logMAR, počet znaků na řádku je 5, pak každý znak je roven změně logMAR o $0,1/5 = 0,02$. [4]

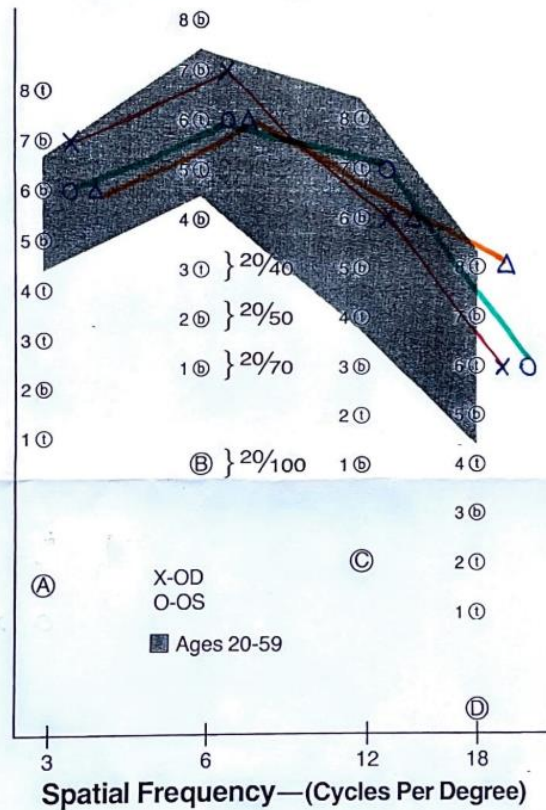
1.5 Kontrastní citlivost

Kontrastní citlivost (CS – z anglického Contrast Sensitivity) je psychofyzikální veličinou, jejímž měřením získáváme informace o tom, jak je náš zrakový systém schopen zpracovávat prostorové nebo časové informace o objektech a jejich pozadí za různých světelných podmínek. Je důležitá k rozeznání dvou různě osvětlených předmětů a je také důležitým faktorem, jež má vliv na kvalitu našeho vidění. [8][11]

Srovnáme-li testování CS a testování statické zrakové ostrosti pomocí Snellova optotypu, poté je pro nás z hlediska získání validnějších výsledků výhodnější první možnost. Důvodem je fakt, že měření CS nám poskytne více informací o zrakových funkcích a pomůže nám zhodnotit vidění za tzv. suboptimálních podmínek neboli podmínek s nimiž se setkáváme v běžném životě. Naproti tomu test zrakové ostrosti je proveden tak, že pacient sleduje nejčastěji černá písmena či znaky na bílém pozadí, tudíž zjišťujeme, jak je schopen vidět malé objekty ve vysokém kontrastu. [8][11]

K vyšetřování CS využíváme nejčastěji dva základní typy testů. Měla by být testována za podmínek sníženého osvětlení, tzv. mezopických nebo až skotopických podmínek. Prvním typem testu je tzv. **sinusová mřížka**, jež nám umožňuje hodnotit CS v závislosti na prostorové frekvenci. Zpravidla jsou dány 4 různé prostorové frekvence a 8 různých hodnot kontrastu. Vyšetřovaný při určité prostorové frekvenci vyhodnocuje, ve které ze dvou řad testových terčů obsahuje tento terč mřížku, tedy rozliší rozdíl mezi tmavým a světlým pruhem. K poklesu kontrastu dochází ve směru zleva doprava. Výsledkem měření je tzv. křivka kontrastní citlivosti, jež je normována, viz Obrázek 6. Druhý typ testu je tzv. **Pelliův – Robsonův test**. Jedná se o písmenkový test, který obsahuje trojice písmen stejného kontrastu. Kontrastní citlivost každé další trojice se postupně zvyšuje (kontrast se snižuje). Prostorová frekvence všech písmen v testu je naprosto shodná. Vyšetřovaný začíná se čtením písmen s největším kontrastem, rozezná-li alespoň dvě ze tří písmen, můžeme tuto trojici uzнат. Postupně čte méně a méně kontrastní písmena, dokud dojde k jejich rozlišení. V tomto případě vyjadřujeme CS pomocí dekadického logaritmu CS. Zde je výhodou, že se test může uskutečňovat i za fotopických či mezopických podmínek, je používán ve valné většině ke klinickým studiím z důvodu respektování Weber-Fechnerova zákona. [8][11]

CSV-1000 Contrast Sensivity



Obrázek 5 - Příklad křivky kontrastní citlivosti

PELLI - ROBSON CONTRAST SENSIVITY TEST	0,00	HSZ	DSN	0,15	0,00	HSZ	DSN	0,15
	0,30	CKR	ZVR	0,45	0,30	CKR	ZVR	0,45
	0,60	NDC	OSK	0,75	0,60	NDC	OSK	0,75
	0,90	OZK	VHZ	1,05	0,90	OZK	VHZ	1,05
	1,20	NHO	NRD	1,35	1,20	NHO	NRD	1,35
	1,50	VRC	OVH	1,65	1,50	VRC	OVH	1,65
	1,80	CDS	NDC	1,95	1,80	CDS	NDC	1,95
	2,10	KVZ	OHR	2,25	2,10	KVZ	OHR	2,25
podm.	fotopické				mezopické			
log KC								
korekce	-0,25 Dp. - 0,5 Dp. / 90°							
UCVA ETDRS	-0,1							
BCVA ETDRS	-0,16							
	3a 3				5 A 5			

Obrázek 6 - Zápis výsledku na Pelli-Robsonově testu. Převzato z [8]

2. Dynamická zraková ostrost

Dynamickou zrakovou ostrostí, anglicky *dynamic visual acuity* (DVA), označujeme schopnost zrakového aparátu rozeznat drobné detaily v pozorovaném objektu, v okamžiku, existuje-li mezi ním a pozorovatelem určitý pohyb. DVA má vliv na běžné každodenní činnosti, ať už se jedná například o řízení automobilu, chůzi nebo běžný nákup v supermarketu. Velmi významnou roli hraje DVA také při sportu a je zde hojně testována a trénována. Je velmi důležitá převážně pro sporty, které zahrnují koordinaci oko-ruka a rychle se pohybující objekty. Příkladem mohou být míčové sporty, jako je např. baseball, kdy si pákár potřebuje opatřit informace o úhlu pohybu letícího míčku, jakou rychlostí se pohybuje a jakou má rotaci. Byla též prokázána provázanost mezi DVA a úrovní schopností sportovců v basketbalu, tenise, fotbalu či vodním pólu. Kromě sportovního vidění má testování DVA též praktický význam u pacientů s potížemi vestibulárního systému či starších řidičů.[12] [13]

Při měření DVA je zapojována zejména motorická složka zraku, tím se aktivuje i více zrakových korových center. Při testování tudíž ve srovnání s měřením statické zrakové ostrosti nehodnotíme pouze minimální úhlové rozlišení, ale také funkčnost okulomotorického systému. Také dochází k výrazně většímu zapojení pozornosti vyšetřovaného a musí se více soustředit. Dojde tak ke komplikovanější reakci oka na podráždění a ta nám poskytne mnohem lepší informace o kvalitě zraku a o tom, jak dobře spolu jednotlivé složky zraku kooperují. Brown v roce 1972 popsal DVA takto: „Dynamická zraková ostrost není základní zrakovou vlastností, ale závisí na senzorických a motorických složkách zrakové reakce a na složitých systémech zpětné vazby, které je propojují.“ [12][13]

Navzdory poznatkům některých studií, které tvrdí, jak už bylo výše zmíněno, že měření DVA vypovídá o kvalitě zrakových funkcí mnohem lépe než běžně prováděná vyšetření statické zrakové ostrosti, doposud neexistuje žádné standardizované a uznávané zařízení či postup na určování DVA a s jejím vyšetřováním alespoň na experimentální úrovni se na českých optometrických pracovištích setkáme jen velmi zřídka. [12][13][14]

2.1 Rozvoj dynamické zrakové ostrosti

K rozvoji DVA dochází společně s rozvojem statické zrakové ostrosti, ale zejména pak také s rozvojem motorických schopností dítěte. Novorozенец je schopen zaznamenat pohyb, ovšem cca do 8. týdne věku ještě není schopen určit jeho směr. S postupem věku dítěte dochází k postupnému zlepšování jeho vizuomotoriky. K tomuto zdokonalování taktéž přispívají zkušenosti, které dítě získává z jeho okolního prostředí, ať už se jedná o různé formy hraní si například s míčem či prozkoumávání nejrůznějších věcí a míst. Vezmeme-li si jako příklad právě míč v letu, dítě neumí cca do 5-6 let přesně sledovat dráhu tohoto letícího míče. Kromě tohoto je-li míč hozen vysoko do vzduchu a jeho pohyb je, jak ve směru dopředu, tak i směrem nahoru

či dolů, takto hozený míč dítě těžko chytá až cca do 8. až 9. roku života. K dokončení rozvoje schopností vnímat pohyb dochází zhruba ve 12. roku. I když rozvoj DVA s rozvojem vizuomotorických schopností dítěte úzce souvisejí, DVA dítěte ukončuje svůj rozvoj až kolem 15 let a její úroveň je srovnatelná s úrovní DVA dospělého jedince, poté již může docházet k jejímu zlepšování v závislosti na tom, jak je daný jedinec aktivní. DVA totiž lze zlepšovat pomocí vizuálního tréninku. Ovšem nebudeme-li naše dynamické vidění takto cvičit, bylo rovněž v několika studiích dokázáno, že po dosažení dospělosti úroveň naší DVA s přibývajícím věkem postupně klesá z důvodu zhoršování jednotlivých složek zraku zapojovaných při dynamickém vidění, jež podléhají procesu stárnutí. [15]

2.2 Mechanismy využívané při dynamickém vidění

Budeme-li chtít posoudit kvalitu dynamického vidění, kromě předpokladu průchodnosti optických médií, musíme se též zaměřit na zrakové systémy, které mají na jeho funkčnost významný vliv. Jelikož je dynamické vidění poměrně komplexním mechanismem, existuje hned několik takových systémů, jejichž narušení či redukce by významně negativně procesy dynamického vidění ovlivnily. Jejich přehled a krátké uvedení do jejich problematiky je uvedeno níže.

2.2.1 Binokulární vidění

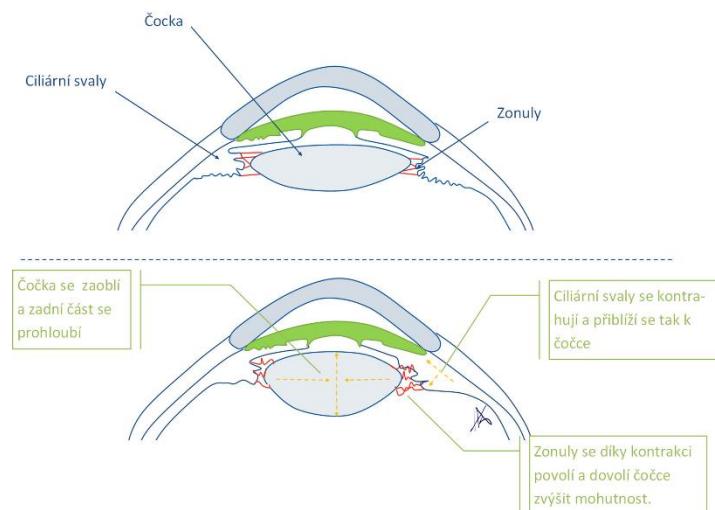
Mechanismus binokulárního vidění (BV) hraje v případě DVA velmi významnou roli. Důvodem je fakt, že valná většina testů určených na měření tohoto typu zrakové ostrosti se uskutečňuje za binokulárních podmínek, a to proto aby došlo k co nejpřesnější simulaci reálných podmínek.

Pod pojmem **jednoduché binokulární vidění** chápeme koordinovanou senzomotorickou odezvu obou očí, díky které jsme schopni vnímat námi sledovaný předmět jednoduše. Aby tomu tak bylo, musí dojít ke souhře tří stupňů binokulárního vidění. Prvním nejjednodušším stupněm BV je **superpozice**, schopnost spojit oběma očima dva zcela odlišné obrazy. Druhý stupeň představuje tzv. **reflex fúze**, což označuje dovednost centrálního nervového systému spojit téže obrazy pravého i levého oka v jediný smyslový vjem. Posledním, zároveň nejsložitějším a nejdokonalejším stupněm je **prostorové vidění** neboli **stereopse**. Jedná se o schopnost vytvořit hloubkový vjem, tedy vidět objekty prostorově. BV není vrozené, ale dochází k jeho vyvíjení a zdokonalování. Tudíž dojde-li k situaci, že se v průběhu formování BV některá ze složek nesprávně vyvine, poté vznikají poruchy JBV. Ty často vedou v případě pozdního záchytu či špatného řešení k supresi (útlumu) jednoho oka, amblyopii nebo k šilhání, což má obvykle za následek také pokles jak statické, tak i dynamické zrakové ostrosti. [16]

2.2.2 Akomodace

Akomodací nazýváme proces, umožňující optickému systému oka lomit dopadající paprsky takovým způsobem, aby došlo k jejich protnutí na sítnici v oblasti nejostřejšího vidění, žluté skvrně. To umožňuje lidskému oku vnímat ostře objekty v různých vzdálenostech. Za mechanismus akomodace je zodpovědná oční čočka, a to díky jejímu pružnému pouzdru a vnitřnímu lamelárnímu uspořádání, také se na něm podílí vlákna řasnatého tělíska, na kterém je čočka zavěšena, a jejichž napětí je regulováno ciliárním svalem. V klidu udržují napětí čočky vlákna závěsného aparátu, a to tahem řasnatého tělesa, čočka je nejvíce zploštělá a má nejmenší optickou mohutnost. Oko je v tomto případě zaostřeno do dálky. Dojde-li k stahu ciliárního svalu, vlákna závěsného aparátu se uvolní a čočka se díky své vlastní pružnosti vyklene, vzroste její optická mohutnost a oko ostří na blízkou vzdálenost. Při pohledu do blízka je akomodace zároveň doprovázena konvergencí (oči se začnou sbíhat) a miózou (zúžení zornice). [4][17]

Vyšetřujeme-li statickou zrakovou ostrost do dálky, tedy pomocí optotypu na 5 nebo 6 metrů, je našim úkolem akomodaci uvolnit, aby ji vyšetřovaný nezapojoval. Naproti tomu v případě testování DVA, a to u testů, které pracují na principu postupného přibližování znaků optotypu směrem k testovanému, je účast mechanismu akomodace žádoucí a bez něj by vyšetření nemělo velkého významu. [4][17]



Obrázek 7 - Princip akomodace. Převzato z [17]

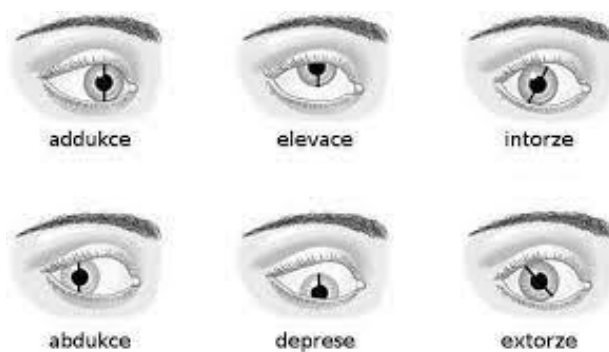
2.2.3 Oční pohyby

Oční pohyby neboli motilita oka je jeden z nejdůležitějších mechanismů, které se na procesu dynamického vidění podílejí a hrají významnou roli v průběhu jeho testování.

Za veškeré pohyby oční koule jsou zodpovědné tzv. okoohybné svaly, které jsou řízeny ze zrakových korových center. Na každém oku jich najdeme celkem šest, z toho čtyři přímé (vnitřní, zevní, horní a dolní) a dva šikmé (horní a dolní). Okoohybné svaly musejí spolu

spolupracovat a vyváženě fungovat tak, aby zabezpečily dokonalou souhru pohybů obou očí a došlo tak ke vzniku a udržení jednoduchého binokulárního vidění. [18]

Oční pohyby můžeme rozlišit podle toho, zda dochází k pohybu jednoho či obou očí. Monokulární motilita zahrnuje tzv. **dukce**. Ve vodorovné rovině, v případě pohybu oka směrem ven hovoříme o **abdukci** a směrem dovnitř o **addukci**. V rovině svislé oko může vykonávat pohyb směrem vzhůru neboli **elevaci** a pohyb směrem dolů, který se nazývá **deprese**. Lze sem zahrnout též tzv. **torzi**, kdy dochází k rotaci oka. Směr dovnitř je označován za **intorzi** a směr zevně za **extorzi**. Binokulární oční pohyby lze rozdělit na tzv. **verzi**, pohyby očí stejným směrem, kdy oční osy setrvávají paralelní. Naopak pohyby očí protichůdným směrem označujeme jako **vergence**. Tu lze rozdělit na **konvergenci** – pohyb zrakových os směrem k sobě **divergenci** – pohyb zrakových os od sebe. [18][19]



Obrázek 8 - Monokulární oční pohyby. Převzato z [18]

Oko se nikdy nenachází ve stavu úplného klidu, a tak i v momentu, kdy se usilovně snaží fixovat nepohybující se podnět, uskutečňuje tzv. **malé oční pohyby**. Do této skupiny začleňujeme **mikrosakády**, **klouzavý pohyb očí** neboli **drift** a **oční třes** (tremor). Jako **velké oční pohyby**, které mají mnohem větší klinický význam, označujeme výraznější pohyby oka o větších amplitudách (řádově v úhlových minutách) ve srovnání s pohyby malými (hodnoty se pohybují v úhlových vteřinách). Do této skupiny lze začlenit již výše zmíněné dukce, verze a vergence. Dále mezi velké oční pohyby řadíme **sakády** a **sledovací pohyby**. Sakády slouží našemu zraku k prozkoumání zorného pole, zajišťují, aby se pozorovaný objekt nacházel na fovee a rychle posouvají pozornost mezi jednotlivými fixačními cíli. Jako jediné oční pohyby mohou být jak ovladatelné vůlí, tak reflexní, a to v případě podráždění periferie sítnice. Naopak sledovací pohyby jsou pouze reflexivní pohyb oka, sloužící k pozorování předmětu po delší časový úsek. Jejich smyslem je sledování pohybujícího se předmětu po celou dobu, kdy se nachází v našem zorném poli, a to takový způsobem, aby se neustále sledovaný objekt posouval do centra sítnice. [2][20]

Velmi důležitým reflexem, na kterém závisí DVA, je tzv. vestibulo-okulární reflex (VOR). Radíme ho do skupiny očních pohybů, jejichž úkolem je kompenzace pohybů hlavy a těla. VOR je konkrétně takový reflex, jež aktivuje odezvu na změnu polohy hlavy pohybu oka, jež tuto změnu vyrovnávají a oči tak setrvávají neustále zaměřené na pozorovaný předmět. Směr pohybu očí je opačný ke směru pohybu hlavy, a to vždy v takovém rozpětí, které koresponduje s rozpětím otočení hlavy. Díky tomu je zabezpečeno ostré vidění. [2][20]

Dynamická zraková ostrost a oční pohyby spolu velmi úzce souvisejí. Lze se domnívat, že lepší úroveň DVA můžeme přisoudit lepší kontrole očních pohybů. Touto hypotézou se zajímaly nedávné studie, které probíhaly u hráčů baseballu, a byla skutečně prokázána spojitost mezi lepší DVA dynamických objektů a oční motilitou. V procesu dynamického vidění se uplatňují všechny tři velké oční pohyby. Efektivní plynulé sledovací pohyby nám mohou pomoci udržet objekty v pohybu blíže k fovee, čímž je pohyb vnímán méně rozmazaně. Rovněž dobrá kontrola očních pohybů zlepšuje odhad směru, kterým se bude daný pohybující se předmět dále pohybovat. Velice důležité jsou také sakády, a to zejména např. v míčových sportech, kdy rychlosti pohybu míče dosahují takových hodnot, že jej nelze hladce a plynule sledovat. Všechny typy očních pohybů využívá vyšetřovaný rovněž při testování a měření DVA. [13]

2.2.4 Reakční čas

Reakčním časem rozumíme dobu, která uplyne od registrace podnětu po vznik reakce. Právě dynamickou zrakovou ostrost, a hlavně její testování významně ovlivňuje rychlost reakce oka na podnět, jež se pohybuje. Na tom, zda reakce bude rychlá či pomalá se podílí velké množství faktorů, za nejvýznamnější můžeme považovat stav nervové soustavy. Dospělému zdravému člověku stačí na reakci na zrakové podněty cca pouhých 16 ms, což činí lidský zrak velice rychlým procesem. Reakční doba také velmi úzce souvisí s pozorností, koordinací oko-ruka, psychickém rozpoložení, věku, ale také na životním stylu. Rychlost reakce hraje důležitou roli například ve sportu, kdy rychlejší reakce může vést k lepšímu výkonu. Existují ovšem situace, kde na rychlosti odezvy mohou záviset i životy, jako tomu je například na silnicích, kdy schopnost rychleji zareagovat může předejít dopravní nehodě. Koordinaci a následnou rychlost reakce lze cvičit, a to na nejrůznějších trenažérech, které slouží především pro sportovce. [21]

2.3 Modulační faktory dynamické zrakové ostrosti

Dynamická zraková ostrost jako jedna ze schopností zrakového systému může být ovlivňována několika činiteli, které mohou mít jak negativní, tak i pozitivní dopad na její kvalitu. Například refrakční vada způsobuje snížení úrovně DVA, tento jev poklesu pozorujeme rovněž s přibývajícím věkem jedince. Naopak vyšší hodnoty DVA lze dosáhnout provozováním určitého typu sportovní aktivity. Tyto jednotlivé modulační faktory DVA jsou blíže popsány dále.

2.3.1 Refrakční stav optického systému oka

Refrakce dle Hornové [22], vyjadřuje poměr mezi optickou mohutností jednotlivých lomivých prostředí oka a jeho samotnou délkou. Refrakce je jeden z významných činitelů ovlivňujících úroveň dynamické, tak i statické zrakové ostrosti. Dojde-li ke skutečnosti, kdy se vyskytnou nesrovnalosti v optickém systému oka, jeho lomivost a délka jsou v nepoměru, poté takový stav nazýváme refrakční vadou. Ty nám způsobí to, že obraz námi sledovaného objektu nevzniká na sítnici, jako by tomu bylo u oka emetropického (nezatíženého vadou), ale v místě před nebo za ní, a tím dojde k rozmazání tohoto objektu. Poté hovoříme o stavu tzv. ametropie. [4][23]

Refrakční vady rozdělujeme na sférické a asférické. Mezi sférické vady řadíme **myopii** neboli **krátkozrakost**, kdy se paprsky jdoucí z nekonečné vzdálenosti spojují před sítnicí, tudíž daleký bod se nachází v konečné vzdálenosti před okem. **Hypermetropie** neboli **dalekozrakost** je také sférickou refrakční vadou, a v tomto případě, narozdíl od myopie, se nám paprsky prošlé optickým systémem oka protínají až za sítnicí a daleký bod se nachází rovněž tam. Nejčastější asférickou vadou, se kterou se setkáme je **astigmatismus**. U této vady nalezneme různé lomivosti oka v různých řezech, což má za následek, že rovnoběžný svazek paprsků vstupující do oka vytvoří ohnisko ve dvou rovinách. [4][23]

Bude-li u jedince přítomna některá z výše zmíněných vad, nelze předpokládat, že u něj nalezneme perfektní ať už dynamickou, tak i statickou zrakovou ostrost, naopak bude redukována. Ovšem dojde-li ke korekci stavu, kontrole binokulární spolupráce, může se výsledná zraková ostrost výrazně zlepšit, a to i dokonce na úroveň emetropického oka. [4][23]

2.3.2 Věk

Dalším poměrně významným faktorem, jež ovlivňuje a moduluje DVA je věk daného jedince. Tímto problémem se zabývaly již v šedesátých letech 20.století studie Burga [24] a Frarrimonda [25], které zjišťovaly jak dynamickou, tak i statickou zrakovou ostrost v prvním případě u více než 17 000 osob ženského i mužského pohlaví, v tom druhém u cca 500 osob. Věk testovaných se pohyboval mezi 20 až 80 lety. Výsledkem měření byl fakt, že opravdu dochází k snížení úrovně obou typů zrakové ostrosti v závislosti na věku, kdy pokles DVA je výrazně větší než té statické. Navíc studie též prokázala, že se tento pokles DVA se zvyšujícím věkem postupně zrychluje. Ovšem v obou případech nejmladšímu testovanému jedinci bylo 20 let, a tudíž nebylo osvětleno, jak dochází k vývoji DVA před tímto věkem. Také proto byla uskutečněna studie v roce 1994 doktorem Ishigaki et al. [26], která zahrnuje do skupiny testovaných těž malé děti. Zde bylo zjištěno, že DVA se rychle zlepšovala mezi 5 až 15 rokem života. Poté dochází ke konstantnímu poklesu až do stáří. To znamená, že úroveň dospělého je dosažena až kolem 15 let, na rozdíl od statické zrakové ostrosti, která se vyvíjí jen do 5.roku a její hodnota setrvává přibližně konstantní

do 40 let, a až poté též dochází k postupnému poklesu. Z této skutečnosti můžeme vyvodit, že složky zraku, které jsou zapojovány do procesu DVA jsou komplexnější a jsou citlivější k procesu stárnutí, ať už se jedná o výše zmíněné okulomotorické schopnosti, tak také o stav sítnice a dalších očních tkání, či stav centrální nervové soustavy jedince, a to je důvodem redukce dynamické i statické zrakové ostrosti. [26]

2.3.3 Pohlaví

Společně se studii zabývající se korelací mezi věkem a DVA bylo též zkoumáno, zda existují nějaké rozdíly mezi úrovní dynamického vidění jedinců ženského a mužského pohlaví. Závěrem téměř všech těchto výzkumů bylo zjištění, že muži vykazují lepší průměrné hodnoty DVA než ženy, a to napříč téměř všemi věkovými skupinami. Výrazné odlišnosti byly nalezeny už ve věku pěti let a tento rozdíl zůstával téměř shodný po celou dobu dospívání až cca do dvaceti let věku. Není úplně jasné, co přesně stojí za touto skutečností genderového rozdílu v DVA, ovšem existuje několik hypotéz. Například studie z roku 1994 od Ishigaki & Miyao [26] má za nepravděpodobné, že by ke vzniku odlišností mezi pohlavími docházelo až po narození, ale domnívá se, že muži se již rodí s predispozicí k lepší DVA. Tato studie poukazuje na genderové rozdíly ve struktuře centrální nervové soustavy, díky které jsou vnímány objekty v pohybu. Dá se předpokládat, že tyto odlišnosti jsou důsledkem toho, že ženy se zaměřují se na odlišné aspekty pohybujiícího se cíle než muži. I přes ne zcela jasnou etiologii je genderový rozdíl v DVA potvrzeným faktem, a to může být důvodem, proč chlapani jsou upřednostňováni a více vybírání pro sporty vyžadující výborné dynamické vidění. [26]

2.3.4 Sport

Sport a jeho vliv na DVA je v popředí zájmu velkého množství studií, které se zabývaly otázkou, zda opravdu provozování sportovní aktivity pozitivně ovlivňuje kvalitu dynamického vidění. Závěrem většiny z nich byly následující poznatky. Lepší úroveň DVA vykazují sportovci, kteří se věnují dynamickým sportům, jako je basketball, baseball či hokej, na rozdíl od sportovců provozujících sporty statické, mezi něž můžeme zařadit například posilování nebo vzpírání, či nesportovců. Zde je ovšem důležité zmínit fakt, že je velmi podstatná úroveň, na které se jedinec sportovní aktivitě věnuje. Tyto výsledky se totiž vztahují ke sportovcům profesionálům, nikoliv k jedincům, kteří provozují sport pouze na rekreační úrovni. U profesionálních sportovců může být výborná DVA odrazem jejich skvělé schopnosti sledovat objekty v pohybu prostřednictvím vhodných očních sakád a také vlivem tzv. percepčního učení. Jelikož se profesionálové při svých trénincích opakovaně setkávají s podněty jako je pohybujiící se míček, pak tímto dochází ke zlepšení vnímání tohoto pohybujiícího se objektu, a to zcela nezávisle na tom, zda dojde i ke zdokonalení očních pohybů. Je to dáno faktem, že zrakové vnímání se dá zlepšovat vizuálním tréninkem, tudíž minulou zkušeností. Právě z tohoto důvodu se testování a trénování DVA stává velmi důležitým a hojně využívaným ve sportovním prostředí. Sportovci rozvíjejí své zrakové

dovednosti dodržováním programu zrakových cvičení a většinou systemickým prováděním úkolů. Zrakové vnímání je totiž velmi důležitou součástí sportovního výkonu jedince, a dojde-li k jeho zdokonalování, sportovec bude například schopen rychlejších reakcí, přesnějšího sledování letícího míče, lépe reagovat na vizuálně složité situace, což vše nakonec vede i ke zlepšení ve sportu, kterému se aktivně věnuje. [27]

3. Měření dynamické zrakové ostrosti

Počátky testování dynamické zrakové ostrosti můžeme datovat zhruba do druhé poloviny 20. století, což je o několik desítek let později než v případě testování zrakové ostrosti statické. Ať už první zmínky o DVA, tak právě i první pokusy jejího měření jsou asociovány s oftalmologem Ludvigem a Millerem. Byli to právě oni, kteří přišli s termínem DVA, a rovněž ji i blíže definovali. Také v roce 1958 představili první test DVA, který byl určen k hodnocení budoucích pilotů a později byl též využit i u sportovců. [12][28]

Testováním DVA zjišťujeme u daného jedince, zda je schopen rozpoznat podnět (např. písmeno, číslici atd) v okamžiku relativního pohybu mezi ním a tímto podnětem. Pohyb podnětu může být horizontální či vertikální, předvídatelný či zcela náhodný. Standardně se měření uskutečňuje za binokulárních podmínek a s nejlepší aktuální korekcí (v případě emetropa tedy bez korekce). Testy DVA vyžadují od vyšetřovaného, aby dokázal předpovídat pohyb daného podnětu, byl schopen subjektivně rozeznat daný podnět a rychle reagovat. [12][28]

Výsledné naměřené hodnoty DVA mohou být ovlivněny několika faktory, které se na průběhu vyšetření bezprostředně podílejí. Jedním z nich je rychlost, jež se daný testový podnět pohybuje. Při nižších rychlostech můžeme říci, že DVA je v korelaci se statickou zrakovou ostroší. Bude-li se úhlová rychlost podnětu zvyšovat, dosáhne hodnoty nad 60-70 stupňů za sekundu, nebudeme už přesně schopni rozeznat jednotlivé detaily podnětu, stíhací pohyby očí se začnou prolínat s pohyby sakadickými, jež se snaží opravit polohu obrazu na sítnici, a to vše má za následek pokles zrakové ostrosti. Dále na naměřenou hodnotu DVA má vliv doba expozice a jas daného podnětu. Čím bude trvání prezentace podnětu kratší, tím se bude hodnota DVA snižovat, v případě jasu pozorujeme lepší výsledky DVA, dojde-li k jeho zvýšení. Průběh vyšetření též ovlivňuje samotný vyšetřovaný, ať už se jedná o jeho psychický či zdravotní stav. [12][28]

Existují dvě běžně využívané metody, které slouží ke zjišťování dynamické zrakové ostrosti a jsou založeny na odlišném principu testování. První z metod užívá principu pohybu podnětu přes zorné pole vyšetřovaného, jež je vůči testu nehybný. Vyšetřovaný je nucen zapojit okulomotorický systém, resp. použít sledovacích očních pohybů (při pohybu podnětu rychlostí menší než 50 stupňů za sekundu) či sakád (při vyšších rychlostech podnětu) za účelem vytvoření obrazu podnětu na fovee oka. Druhá metoda měření DVA je naopak založena na principu pohybu vyšetřovaného a testový podnět žádný pohyb nevykonává, je statický. V tomto případě pomocí rotace hlavy dochází ke stimulaci pohybu, jež posléze navodí vestibulo-okulární reflex (VOR). Tento reflex je blíže popsán v kapitole 2.2.3 Oční pohyby. Do tohoto procesu jsou rovněž zapojeny nervové dráhy či extraokulární svaly. Testy DVA jsou tedy nejčastěji založeny na jednom z těchto principů, ovšem existuje jedna věc, která je pro všechny společná, a to, že hovoříme o tzv.

subjektivních metodách, tudíž je při vyšetření nutné, aby s námi vyšetřovaný aktivně spolupracoval. [12]

3.1. Testy DVA využívající pohyb testového podnětu

Tento druh testů, jak už bylo výše zmíněno, pracuje na principu pohybujícího se podnětu, kterým může být například písmeno, číslice či Landoltův prstenec. Tento znak je sledován testovanou osobou, která žádný pohyb nevykonává. U některých testů se setkáme s rotačním pohybem znaků, u jiných mohou například vykonávat pohyb směrem k vyšetřovanému. Tento typ testů je nejčastěji užíván k hodnocení toho, jak dobře nám fungují a spolupracují mechanismy dynamického vidění. Níže budou uvedeny příklady konkrétních testů, jež do této skupiny mohou být zařazeny. [12]

3.1.1. Rotátory

Rotátory se řadí mezi tradiční způsob, jenž je využíván k hodnocení DVA. Nalezly též uplatnění ve sportovní optometrii, kde slouží jako pomůcka ke trénování dynamického vidění. Tato zařízení jsou složena ze dvou prvků – základové desky a otáčejícího se disku, na kterém se nachází optotyp černých znaků různých velikostí na bílém pozadí. Tyto disky jsou výměnné, tudíž lze zvolit takovou velikost znaků, jež je žádoucí. Rovněž mezi nimi nalezneme jeden tvořený otvory, které jsou určeny k vkládání hrotu například tužky, a pomocí kterého lze trénovat koordinaci oko-ruka. Podobně jako v případě disků, je také možná volba rychlostí, směru či sklonu otáčení. [11][28][29]

Prvním krokem před samotným měřením DVA je vždy nejprve určení statické zrakové ostrosti. Na základě této hodnoty je posléze zvolen takový disk, jehož znaky mají nejlépe takovou velikost, která odpovídá námi zjištěné SVA. Z počátku volíme rychlost otáčení disku poněkud vyšší nežli tu, jež by byla vyhovující k rozeznání znaků, a to proto, že tímto způsobem dojde k lepší stimulaci zrakových funkcí vyšetřovaného. Posléze postupně rychlost otáčení disku snižujeme, až do té doby, kdy je vyšetřovaný schopen znaky na testu rozpoznat. Výsledné hodnoty DVA zaznamenáváme ve tvaru, který je kombinací zrakové ostrosti a rychlosti, jež je vyjádřena v otáčkách za minutu (např. 20/30 při 33 otáčkách za minutu).[11][28][29]

Mezi nejznámější rotátory, sloužících k měření DVA a pomocí kterého jsme schopni získat normalizovaná data, můžeme zařadit **Kirshnerův rotátor**. V tomto případě vyšetřovaný sleduje na obrazovce Landoltův prstenec, jež je ve vzdálenosti tří metrů od něj. Znak se pohybuje ve směru hodinových ručiček po kruhové trajektorii o průměru 55 cm a vyšetřovaný musí rozlišit, jak je Landoltovo C orientováno. Landoltův prstenec se může otevírat směrem nahoru, dolů, doprava či doleva. Z počátku je rychlost rotace znaku 100 otáček za minutu, postupně dochází ke snižování této rychlosti, do okamžiku, kdy je testovaný schopen třikrát po sobě správně rozpoznat, jak je „C“ orientováno. Měření by se mělo uskutečňovat při nižší intenzitě osvětlení, aby byl

vyšetřovaný schopen lépe rozpoznat podnět, jež je mu na obrazovce prezentován. Dalším příkladem tohoto typu zařízení je **Shermanův disk**. Tento rotátor našel uplatnění jak v oblasti měření DVA, tak i k jejímu tréninku a také k nácviku přesnosti očních pohybů. Při jeho konstrukci bylo použito jednoduchého principu, který lze připodobnit ke gramofonu, na kterém nalezneme dvě velikosti písmen. Velká písmena odpovídají zrakové ostrosti 10/30, malá písmena pak zrakové ostrosti 10/15. Hodnoty DVA určujeme při rychlosti 78, 45 a 33 otáček za minutu. Jako normativní hodnota byla přijata zraková ostrost 10/15 při rychlosti 45 otáček za minutu, jež byla stanovena na základě měření u více než tisícovky sportovců. V klinické praxi na pracovištích zaměřených na sportovní optometrii se můžeme často setkat také s *Pegboard rotator machine* či s Bernellovým rotačním diskem. U obou z nich je opět využito mechaniky, kterou lze přirovnat k principu gramofonové desky. Disk obsahuje optotyp s písmeny různých velikostí (u *Pegboard* odpovídají zrakové ostrosti 20/30 a 20/60, v případě Bernellova disku poté 20/20, 20/30 a 20/40). [11][28][29]

Rotátory lze považovat za poměrně spolehlivé a platné zařízení pro měření DVA, ovšem nalezneme u nich i některé nevýhody. Někteří autoři upozornili na nedostatek specifičnosti měření, protože se jen velmi zřídka se v běžném životě setkáváme s kruhovou trajektorií, jež má za následek nadměrnou cyklotorzi oka a rovněž se užívá maximálního kontrastu, což opět neodráží reálné podmínky. Také jelikož dochází k otáčení disku, znaky, které se na něm nalézají neustále mění svojí pozici, proto pravidelně nastává situace, kdy písmena či čísla jsou k vyšetřovanému v poloze „vzhůru nohama“, a tak nemusí být testovaný dobře schopen rozeznat jednotlivé znaky.[11][28][29]



Obrázek 9 - Bernellův rotátor – test DVA užívaný především v kontextu sportovní optometrie. Převzato z [28]

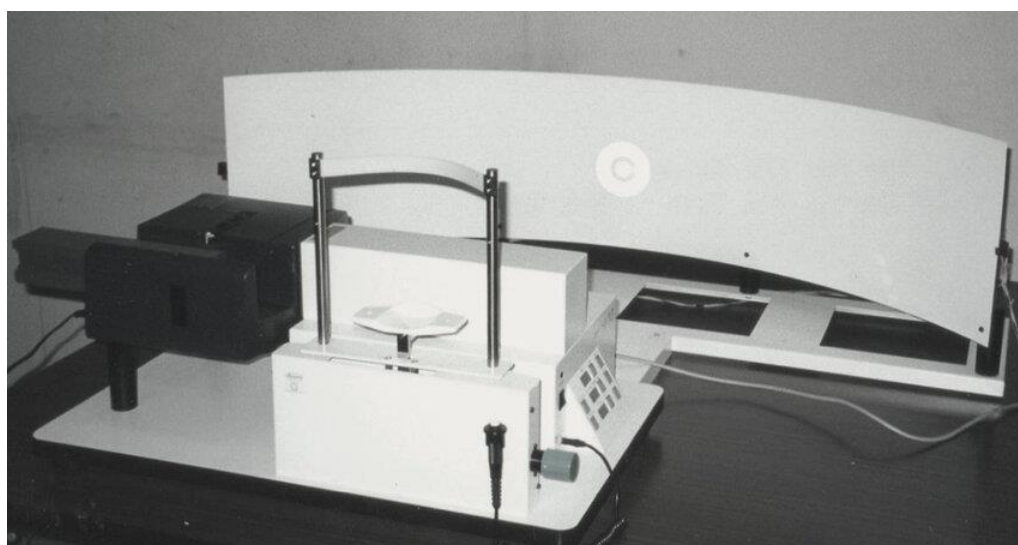
3.1.2. Analyzátor DVA HI-10 Kowa

Jedná se o tradiční metodu měření DVA, jež je založena na principu a návrhu, s nímž jako úplně první přišli již v 50. letech 20. století oftalmologové Ludvigh a Miller, které lze považovat za „otce“ pojmu dynamické zrakové ostrosti. [30][31]

Zařízení se skládá ze zrcadla, jež je vertikálně upevněno na otočném stolku. Rychlost rotace otočného stolku je ovládána pomocí rychloběžného motorku. Prostřednictvím projektoru dochází k projekci optotypu, jež využívá znaku Landoltova prstence, na zrcadlo, od kterého dochází k odrazu znaků na bílou obrazovku. Jak velikost, tak i orientaci Landoltova C lze měnit pomocí speciálního ovladače. [30][31]

Vyšetřovaný sedí před obrazovkou, jež se nachází ve vzdálenosti 0.8 m od něj. Při měření má testovaný nehybně opřenou bradu a čelo v opěrce, podobně jako se můžeme setkat například při vyšetřování na štěrbinové lampě. Úkolem vyšetřovaného je pouze pomocí pohybů očí sledovat Landoltův prstenec, který se pohybuje po obrazovce horizontálně zleva doprava a zprava doleva proměnlivou rychlostí a určit orientaci výřezu tohoto znaku. Počáteční rychlost pohybu optotypu je nastavena na 210 stupňů za sekundu a postupně dochází k jejímu snižování, až do okamžiku, kdy dojde ke správnému určení orientace Landoltova C. Rozpoznání této orientace vyšetřovaný oznámí stisknutím tlačítka, jež drží během vyšetření v ruce. [30][31]

Výslednou hodnotu DVA poté vyjadřujeme pomocí nejvyšší rychlosti pohybu Landoltova prstence (jednotka stupeň za sekundu) nebo pomocí nejvyšší rychlosti rotace otočného stolku s zrcadlem (jednotka otáčky za minutu), při niž testovaný schopen rozeznat polohu „C“. Měření se provádí celkem pětkrát a jako výslednou DVA bere průměr z těchto pěti měření. [30][31]



Obrázek 10 - Konstrukční provedení analyzátoru DVA HI-10 Kowa. Převzato z [30]

3.1.3. DinVA 3.0

DinVA 3.0 představuje jeden z nejnovějších způsobů, jež slouží k měření DVA. Tento počítačový software byl představen v roce 2012 a za jeho vznikem stojí optometristé z univerzity ve španělské Barceloně specializovaní na sportovní optometrii. Při jeho navrhování se vědci opírali o poznatky z již proběhlých výzkumů a studií, které poukazovaly na potřebu vyvinout takovou metodu měření DVA, jež by umožnila platné a spolehlivé hodnocení DVA s podněty pohybujícími se nejen po kruhové trajektorii, ale také vertikálně, horizontálně či diagonálně napříč zorným polem testovaného. [14]

Tato metoda vyšetření DVA využívá principu pohybujícího se podnětu, jež je promítán na monitor počítače s rozměrem 17 palců a rozlišením 1024 x 768 pixelů. Jako podnět byl v tomto případě zvolen tzv. Palomarův prstenc, který lze svojí konstrukcí připodobnit k námi dobře známému Landoltovu prstenci. Znak může rovněž zaujmout osm různých poloh (vpravo, vlevo, nahoru, čtyři diagonálně) a také skvěle vyhovuje kritériu *minimum separabile*. Software nám ovšem umožňuje navrhnout různé podněty za pomoci jakéhokoliv obrázkového editoru a rovněž za užití souřadnic chromatičnosti v CIE-XYZ můžeme nastavit barvu daného podnětu oproti pozadí pro co možná nejpřesnější přiblížení situací a podmínek reálného života. [14]

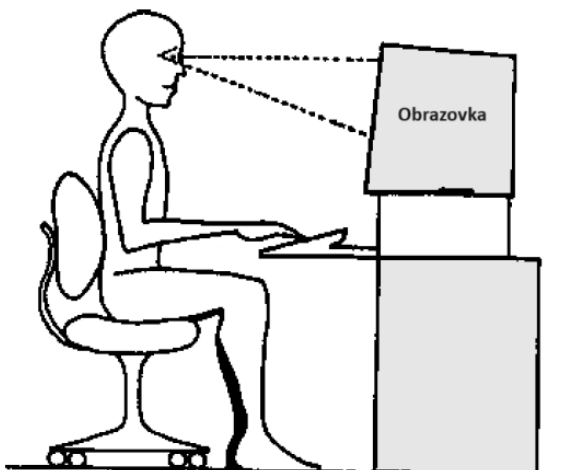
Program DinVA 3.0 nám poskytuje možnost užití dvou módů pro měření DVA. Prvním z nich je mód rychlostní, kdy si znak udržuje konstantní rychlost, na počátku měření je prezentována nejmenší velikost znaku a ta je posléze zvětšována, a to až do okamžiku, kdy vyšetřovaný správně rozezná, jak je znak orientován. Druhý mód se nazývá velikostní, zde je naopak užito konstantní velikosti znaku a dochází k progresivnímu zpomalování rychlosti, již se pohybuje, a to opět do chvíle, kdy je testovaný schopen rozlišit orientaci znaku. V případě rychlostního módu lze naměřené hodnoty DVA zaznamenat v jednotkách zrakové ostrosti (desetinné číslo či užití tvaru logMAR atd.) a s udáním užití rychlosti, ovšem u velikostního módu nastává s jednotkami problém. Zde musíme DVA vyjádřit jak hodnotou zrakové ostrosti, ale také i maximální rychlostí, kdy došlo k rozpoznání orientace znaku. Z tohoto důvodu studie využívá výhradně rychlostního módu, kdy je možné test zahájit v různých obměnách. [14]

Měření se uskutečňuje za binokulárních podmínek, vyšetřovaní se nacházejí ve vzdálenosti 2 metrů od obrazovky a jsou instruováni, aby pomocí šipek na klávesnici, jež ovládají svojí dominantní rukou, zaznamenali orientaci Palomara prstence. Ten se může pohybovat třemi různými rychlostmi (14,1; 8,58 a 1,14°/s) po třech náhodně zvolených drahách (horizontální a šikmá při 45 a 135°) a mít tři různé úrovně kontrastu proti pozadí (0,997; 0,54 a 0,13, což odpovídá černé, šedé a jasně šedé barvě). To nám celkem dává 27 případných kombinací, které jsou měřeny desetkrát. [14]

Software DinVA 3.0 lze brát za poměrně spolehlivou, lehce použitelnou metodu měření DVA, které může nalézt široké uplatnění v nejrůznějších klinických či experimentálních studiích. [14]



Obrázek 12 - Palomarův prstenec, optotypový znak testu DVA DinVA 3.0. Převzato z [14]



Obrázek 11 - Metodické provedení testu DinVA 3.0. Upraveno z [28]

3.1.4. Test dynamické zrakové ostrosti

Test dynamické zrakové ostrosti lze považovat za teoretický návrh testu sloužícího k měření DVA, jež vznikl u nás v České republice. Popudem k vytvoření tohoto návrhu lze považovat skutečnost, že s hodnocením DVA se v ČR setkáváme jen velmi výjimečně, a to především pouze na pracovištích zaměřených na vizuální či sportovní optometrii, což má za následek absenci standardizované metody sloužící k jejímu měření. Za vznikem testu stojí doktorka Kraňská a kolektiv. [32]

Test řadíme do skupiny testů, jež využívá metody statického vyšetřovaného a pohybujících se znaků, v tomto případě je pohyb simulován na LCD optotypu. Stejně jako v některých předcházejících příkladech testů, i zde se jeví jako nejvhodnější pro měření volba znaku Landoltova prstence. Důvodem může být i skutečnost, že tento druh optotypového znaku je pokládán za úplně neobjektivnější. Výška jednoho Landoltova „C“ odpovídá velikosti pěti jednotek („D“), jeho tloušťka či velikost jeho výřezu poté pouze jedné jednotce („d“). Tento výřez znaku může zaujmout osm odlišných poloh, z toho dvě jsou orientovány horizontálně, dvě vertikálně a hned čtyři diagonálně, kdy v tomto případě a typu testu rotace znaku není potřeba. To, jakou velikost Landoltova prstence zvolíme je závislé na vzdálenosti, z níž bude test vyšetřovaným pozorován. Zde byla zvolena vzdálenost 6,2 m pro zjednodušení následujících výpočtů, ale velikost také hlavně závisí na hodnotě požadované zrakové ostrosti („VA“).

Jako počáteční hodnota VA byla dle návrhu zvolena VA=3,1 a je postupně snižována až na hodnotu 0,1. K tomu by mělo v neoptimálnější situaci docházet lineárně spojitě, což nám simuluje pohyb znaku směrem k testované osobě. Rychlost, jež se jeví jako dostačující k navození tohoto pohybu byla teoreticky stanovena na 20 m/s. [32]

Velikost VA bude záviset na tom, kdy, v jakém čase dojde k zastavení testu. Pro odvození zrakové ostrosti použijeme vzorce:

$$VA = \frac{a}{A},$$

kde „A“ nám označuje fiktivní v čase se měnící vzdálenost znaku od LCD optotypu, z níž by byl znak přečten člověkem s vízem 1,0 a „a“ poté označuje vyšetřovací vzdálenost, v tomto případě testu již výše zmíněná hodnota 6,2 metrů. Pokud by testovaný byl schopen z vyšetřovací vzdálenosti „a“ na začátku testování (tedy v čase t=0) přečíst znak, jež je pro člověka s normální zrakovou ostrostí čitelný ze vzdálenosti A=2 m, hodnota jeho zrakové ostrosti by poté odpovídala hodnotě VA= 3,1. Ovšem kdyby testovaný rozpoznal znak až v okamžiku odpovídající t=1 s, kdy kvůli rychlosti 20m/s je znak takové velikosti, aby ho byl schopen přečíst člověk s vízem 1,0 ze vzdálenosti A=22 m, pak by hodnota vízu testovaného odpovídala VA= 0,28. [32]

Budeme-li chtít vypočítat, jakou velikost bude mít samotný znak, či jeho detail v jednotlivých pozicích, použijeme závislosti zrakové ostrosti (VA) na zorném úhlu, z něhož je znak pozorován, a to dle vzorce:

$$\omega = \frac{1}{VA} \text{ (jednotkou zde bude úhlová minuta)}$$

Dále chceme-li vypočítat velikost kritického detailu znaku „d“, budeme potřebovat znát hodnotu veličinu „a“, tedy danou vzdálenost, ze které vyšetření uskutečňujeme a poté pro zjištění tohoto detailu „d“ použijeme vzorce ve tvaru:

$$d = a \cdot \operatorname{tg} \omega$$

Poté vynásobíme-li tuto hodnotu pěti, získáme konečnou výšku celého znaku odpovídající dané zrakové ostrosti. Zde je nutné zabezpečit, aby došlo k zobrazení optotypu na LCD obrazovce tak, aby nedošlo k pozměnění této velikosti. Jednotlivé úrovně zrakové ostrosti a jejich odpovídající hodnoty velikosti znaku či jeho kritického detailu jsou uvedeny v tabulce níže (Tab.1). [32]

Tabulka 1 – Úrovně zrakové ostrosti a odpovídající hodnoty velikosti znaku a jejich kritického detailu, navržené pro test dynamické zrakové ostrosti. Upraveno z [32]

A	t	VA	ω	ω	ω	d	D	d	D
[m]	[s]		[']	[°]	[rad]	[m]	[m]	[mm]	[mm]
2	0	3,10	0,32258	0,00538	0,00009	0,00058	0,00291	0,58	2,91
3,1	0,055	2,00	0,50000	0,00833	0,00015	0,00090	0,00451	0,90	4,51
4	0,1	1,55	0,64516	0,01075	0,00019	0,00116	0,00582	1,16	5,82
6	0,2	1,03	0,96774	0,01613	0,00028	0,00175	0,00873	1,75	8,73
6,2	0,21	1,00	1,00000	0,01667	0,00029	0,00180	0,00902	1,80	9,02
8	0,3	0,78	1,29032	0,02151	0,00038	0,00233	0,01164	2,33	11,64
9,3	0,365	0,67	1,50000	0,02500	0,00044	0,00271	0,01353	2,71	13,53
10	0,4	0,62	1,61290	0,02688	0,00047	0,00291	0,01454	2,91	14,54
12	0,5	0,52	1,93548	0,03226	0,00056	0,00349	0,01745	3,49	17,45
12,4	0,52	0,50	2,00000	0,03333	0,00058	0,00361	0,01804	3,61	18,04
14	0,6	0,44	2,25806	0,03763	0,00066	0,00407	0,02036	4,07	20,36
15,5	0,675	0,40	2,50000	0,04167	0,00073	0,00451	0,02254	4,51	22,54
16	0,7	0,39	2,58065	0,04301	0,00075	0,00465	0,02327	4,65	23,27
18	0,8	0,34	2,90323	0,04839	0,00084	0,00524	0,02618	5,24	26,18
18,6	0,83	0,33	3,00000	0,05000	0,00087	0,00541	0,02705	5,41	27,05
20	0,9	0,31	3,22581	0,05376	0,00094	0,00582	0,02909	5,82	29,09
22	1	0,28	3,54839	0,05914	0,00103	0,00640	0,03200	6,40	32,00
24	1,1	0,26	3,87097	0,06452	0,00113	0,00698	0,03491	6,98	34,91
24,8	1,14	0,25	4,00000	0,06667	0,00116	0,00721	0,03607	7,21	36,07
26	1,2	0,24	4,19355	0,06989	0,00122	0,00756	0,03782	7,56	37,82
28	1,3	0,22	4,51613	0,07527	0,00131	0,00814	0,04072	8,14	40,72
30	1,4	0,21	4,83871	0,08065	0,00141	0,00873	0,04363	8,73	43,63
31	1,45	0,20	5,00000	0,08333	0,00145	0,00902	0,04509	9,02	45,09
32	1,5	0,19	5,16129	0,08602	0,00150	0,00931	0,04654	9,31	46,54
34	1,6	0,18	5,48387	0,09140	0,00160	0,00989	0,04945	9,89	49,45
36	1,7	0,17	5,80645	0,09677	0,00169	0,01047	0,05236	10,47	52,36
38	1,8	0,16	6,12903	0,10215	0,00178	0,01105	0,05527	11,05	55,27
40	1,9	0,16	6,45161	0,10753	0,00188	0,01164	0,05818	11,64	58,18
42	2	0,15	6,77419	0,11290	0,00197	0,01222	0,06109	12,22	61,09
44	2,1	0,14	7,09677	0,11828	0,00206	0,01280	0,06400	12,80	64,00
46	2,2	0,13	7,41935	0,12366	0,00216	0,01338	0,06690	13,38	66,90
48	2,3	0,13	7,74194	0,12903	0,00225	0,01396	0,06981	13,96	69,81
50	2,4	0,12	8,06452	0,13441	0,00235	0,01454	0,07272	14,54	72,72
52	2,5	0,12	8,38710	0,13978	0,00244	0,01513	0,07563	15,13	75,63
54	2,6	0,11	8,70968	0,14516	0,00253	0,01571	0,07854	15,71	78,54
56	2,7	0,11	9,03226	0,15054	0,00263	0,01629	0,08145	16,29	81,45
58	2,8	0,11	9,35484	0,15591	0,00272	0,01687	0,08436	16,87	84,36
60	2,9	0,10	9,67742	0,16129	0,00282	0,01745	0,08727	17,45	87,27
62	3	0,10	10,00000	0,16667	0,00291	0,01804	0,09018	18,04	90,18

To, jaká bude výsledná hodnota DVA testovaného, nám bude záviset na tom, kdy dojde k zastavení tohoto testu. Z důvodu vysoké rychlosti, kterou dochází k simulaci pohybu znaku, měla by být nedílnou součástí testu přesná časomíra, stejně jako možnost, aby bylo možné test pozastavit v jakémkoliv okamžiku, ideálně aby byl schopen samotný testovaný pozastavit test okamžitě, kdy správně rozezná, jak je šterbina Landoltova „C“ orientována. Rovněž by bylo též výhodné, aby po pozastavení testu již nedocházelo k zobrazení tohoto znaku. Důvodem je skutečnost, že v již nepohybujícím se znaku je testovaný schopen jednodušeji doostřit jeho orientaci, což by posléze mohlo ovlivnit či dokonce změnit výslednou odpověď testovaného o orientaci šterbiny Landoltova prstence, oproti tomu, jak nám reagoval původně. Dojde-li tedy ke správnému rozeznání, poté lze hodnotu VA, na niž došlo k pozastavení testu, chápat jako výslednou hodnotu DVA. Tu si posléze můžeme ověřit opakovaným provedením testu, jen s rozdílem užití odlišné orientace znaku. [32]

3.2. Testy DVA využívající pohybu vyšetřovaného

Tento typ testu sloužících k zjišťování DVA je založen na principu metody, kdy úkolem vyšetřovaného je rozeznat detaily statických optotypů (znaků, čísel atd.) v okamžiku, kdy pomocí rotace hlavy stimulujeme jeho pohyb. Bude-li se frekvence pohybů hlavy rovnat či bude-li větší než hodnota 2 Hz, dojde k aktivování VOR systému, jež nám generuje kompenzační pohyby očí ve směru opačné ke směru pohybu hlavy, což nám zajišťuje stabilní vidění. Tento typ testu je velmi výhodné provádět u pacientů, u nichž máme podezření na těžkou vestibulární poruchu či nefunkčnost systému VOR. U takových pacientů totiž dochází ke sklouznutí obrazu na sítnici, vestibulární systém bude mít nepřesné informace ke kompenzaci pohybu hlavy, což má za následek rozmazané vidění a úbytek úrovně DVA, který se nám prokáže a projeví právě při uskutečnění tohoto druhu testu. Dále budou opět uvedeny příklady testů, jež lze zahrnout do této skupiny testů. [12]

3.2.1. DVA test

Dynamic Visual Acuity test řadíme do skupiny testů, jimž zjišťujeme schopnost testovaného rozpoznat detaily znaků v okamžiku pohybu hlavy. Existují dvě varianty tohoto vyšetření, které se liší v užití či neužití automatizace.

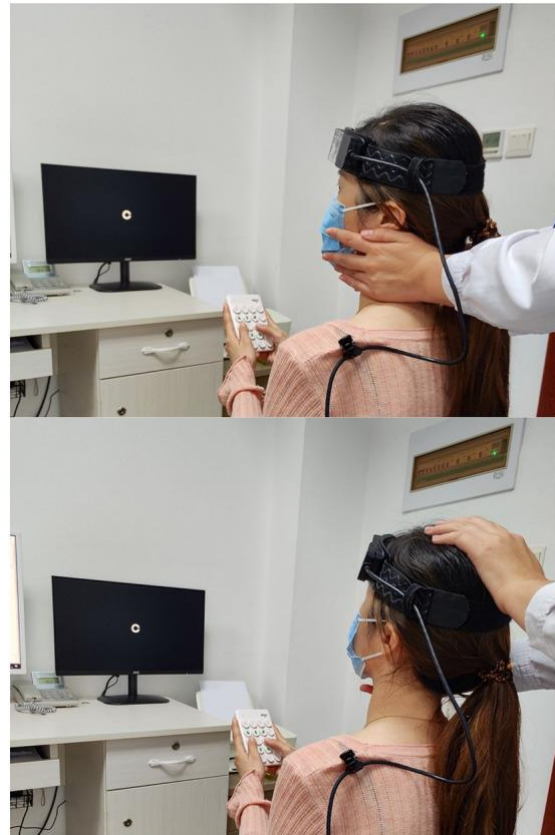
První varianta testu je uskutečňována následujícím způsobem – vyšetřovaného posadíme před monitor, který se nachází v takové vzdálenosti, jež koresponduje s druhem užitého optotypu. Prvním krokem vyšetření je zjištění hodnoty statické zrakové ostrosti. Určíme hodnotu nejmenšího možného řádku, z něhož nám testovaný byl schopen rozpoznat alespoň 3 z 5 znaků a tento řádek budeme brát jako výchozí pro následující průběh vyšetření. Máme-li zjištěnou hodnotu SVA, přejdeme k samotnému testování DVA, kdy vyšetřující osoba přistoupí k testovanému a uchopením jeho hlavy do obou rukou a následnými kývavými pohyby z jedné na druhou stranu simuluje daný námi žádaný pohyb hlavy. Ten by měl probíhat v rozsahu kolem 10° na obě strany a jeho frekvence by měla být taková, aby došlo k uskutečnění cca dvou cyklů za jednu sekundu. V průběhu těchto cyklů má testovaný za úlohu sledovat optotyp a přečíst nám jeho nejmenší řádek, na němž je ještě schopen rozlišit jednotlivé znaky. Posléze můžeme jako příslušnou konečnou hodnotu DVA brát zlomek, jehož čitatele tvoří příslušná vzdálenost vyšetření a ve jmenovateli se objeví námi zjištěné číslo nejmenšího přečteného řádku. Ve většině případů se tato hodnota DVA liší přibližně o jeden či dva řádky oproti hodnotě zjištěné na počátku testu při hodnocení SVA. Byla-li ovšem naměřená DVA ještě o něco horší, měli bychom zpozornět, protože v takovém případě se může jednat o projev poruchy vestibulárního systému. Tento test lze považovat za poměrně přesnou a spolehlivou metodu měření DVA, ale nalezneme zde i některé negativa. Za jedno z nich můžeme brát skutečnost, že k provedení statické i dynamické části vyšetření užíváme stále stejných znaků, proto si může testovaný znaky i jejich posloupnost zapamatovat, z tohoto důvodu je výhodné znaky pozměnit či poprosit pacienta, ať nám je čte v opačném směru, tedy zprava doleva. Další nevýhodou je také ne zcela specifikovaná rychlost, frekvence pohybu hlavy, možný vznik nevolnosti či dezorientace pacienta a rovněž některé testované osoby mohou fyzický kontakt s vyšetřující považovat za poněkud nepříjemný. [33][34]

Z tohoto důvodu došlo k sestavení druhé varianty tohoto testu, tzv. Computerized Dynamic Visual Acuity test (cDVA), která je plně automatizována. Shodně s první variantou i zde začínáme měření zjištěním SVA. Při vyšetření DVA je užití optotypových znaků ve tvaru písmene E či C s dvěma náhodně se měnícími polohami, jež se zobrazují na monitoru, a to pouze v takovém okamžiku, kdy testovaný pohybuje hlavou ve správném směru (horizontálně či vertikálně) a s příslušnou rychlostí (mezi 120 a 180° po dobu delší než 40ms). Toto vše je monitorováno snímačem rychlosti, jež má pacient upevněn na čele, čímž se nám eliminuje fyzický kontakt s předchozí variantou testu. Postup i samotné vyhodnocení se velmi málo liší oproti první neautomatizované variantě testu. cDVA je lépe pacienty tolerován, nesetkáváme se s problémem

memorování znaků testu a rovněž došlo ke zlepšení přesnosti měření, což ji činí výhodnější oproti klasickému DVA testu. Tuto variantu užíváme například k určení stupně vestibulární dysfunkce, či k určení cílů rehabilitace těchto poruch vestibulárního systému. [33][34]



Obrázek 14 - Zařízení určené k zaznamenávání odpovědí pacienta při cDVA testu. Převzato z [34]



Obrázek 13 - Metodické provedení cDVA testu. Převzato z[34]

3.2.2. Test DVA na běžecím páse (Hillmanova metoda)

Další metodou měření, jež nám umožňuje zjišťování DVA za podmínek pohybu hlavy pacienta je metoda využívající chůze na běžecím pásu, která se často označuje jako Hillmanova metoda, a to podle vědce, jenž právě toto schéma užil ve své studii [35] zabývající se pacienty s oboustrannou vestibulární poruchou, kteří v jejím důsledku trpí tzv. oscilopsií. Tento pojem označuje zrakový vjem, kdy jedinec z důvodu nefunkčnosti nervového systému nebo VOR vnímá poskakování, rozpohybování či vibrování obrazu, který je ve skutečnosti v klidu.

Jako subjekty této studie dle doktora Hillmana [35] byli zvoleni jedinci, jež trpí různými typy poruch vestibulárního systému, kteří tvořili jednu skupinu testovaných. Druhá skupina vyšetřovaných byla složena z jedinců, kteří naopak žádnou poruchu vestibulárního systému netrpí. Výsledky obou skupin účastníků studie byly posléze navzájem srovnány. Prvním krokem měření, jako u každé předchozí metody zjišťování DVA, je nejprve určení hodnoty SVA, které probíhá vestoje na běžecím páse, aby došlo k zachování shodné vyšetřovací vzdálenosti. Následuje spuštění pásu a testovaný zahájí chůzi. Z důvodu bezpečnosti je pacient v průběhu

chůze jištěn kolem pasu bezpečnostním pásem, jež je připojen k záchranné brzdě, která ihned pás zastaví, a to proto kdyby došlo ke ztrátě rovnováhy měřeného, protože musí chůzi vykonávat bez držení madel. Úkolem subjektů studie bylo, aby v průběhu chůze nahlas četli znaky, v tomto případě číslice, které byly zcela náhodně zobrazovány na monitor vzdálený dva metry od testovaného. Jako počáteční velikost znaků byla zvolena velikost 20 bodů, ta se postupně zmenšovala o 2 body až na úroveň velikosti znaků 12 bodů. Vždy namátkou vybereme dva znaky každé velikosti, které jsou prezentovány jen po dobu 3 sekund. Dohromady je tedy testovanému prezentováno deset číslic během 15 sekund. Výslednou hodnotu DVA získáme přepočteme-li velikost nejmenších znaků přečtených testovaných v bodech v závislosti na dané vyšetřovací vzdálenosti. [35]

Můžeme říci, že tento typ testu DVA je z důvodu poměrně přesného napodobení skutečných podmínek jedním z nejvhodnějších. Hlava a její pohyby jsou během chůze přirozené, nejsou jako v případě předchozího testu DVA nijak nucené či úmyslně vyvolané. Každopádně jako u každé metody i zde nalezneme několik negativ, a za to hlavní můžeme považovat rychlost chůze na pásu, která byla ve studii dle Hillmana [35] zvolena na hodnotu 6,4 km/h. Celá skupina testovaných bez vestibulární poruchy zvládla tomuto požadavku vyhovět, ovšem druhá skupina touto rychlostí, až na jednu výjimku, jít nedokázala. Proto došlo v rámci studie k snížení z počátečních 6,4 km/h na 5,6 km/h. Avšak i tato rychlost činila některým testovaným problém, tudíž hodnoty výsledné rychlosti se v závěru studie se pohybovaly v intervalu 2,4-5,6 km/h. I tak tyto rychlosti jsou poměrně vysoké, proto pro jedince trpící například nemocemi srdce či ortopedickým onemocněním není toto měření vhodné a neměli by se testování vůbec zúčastňovat. Další nevýhodou této metody je její náročnost na prostory a finanční náklady. [35]

Závěrem studie dle Hillmana při porovnání obou skupin byl fakt, že u jedinců s poruchou vestibulárního systému byly hodnoty DVA naměřené při chůzi na pásu významně horší, a to u všech velikostí prezentovaných znaků, ve srovnání s jedinci zdravými. U nich se zraková ostrost snížila jen u dvou nejmenších hodnot velikosti znaků. [35]

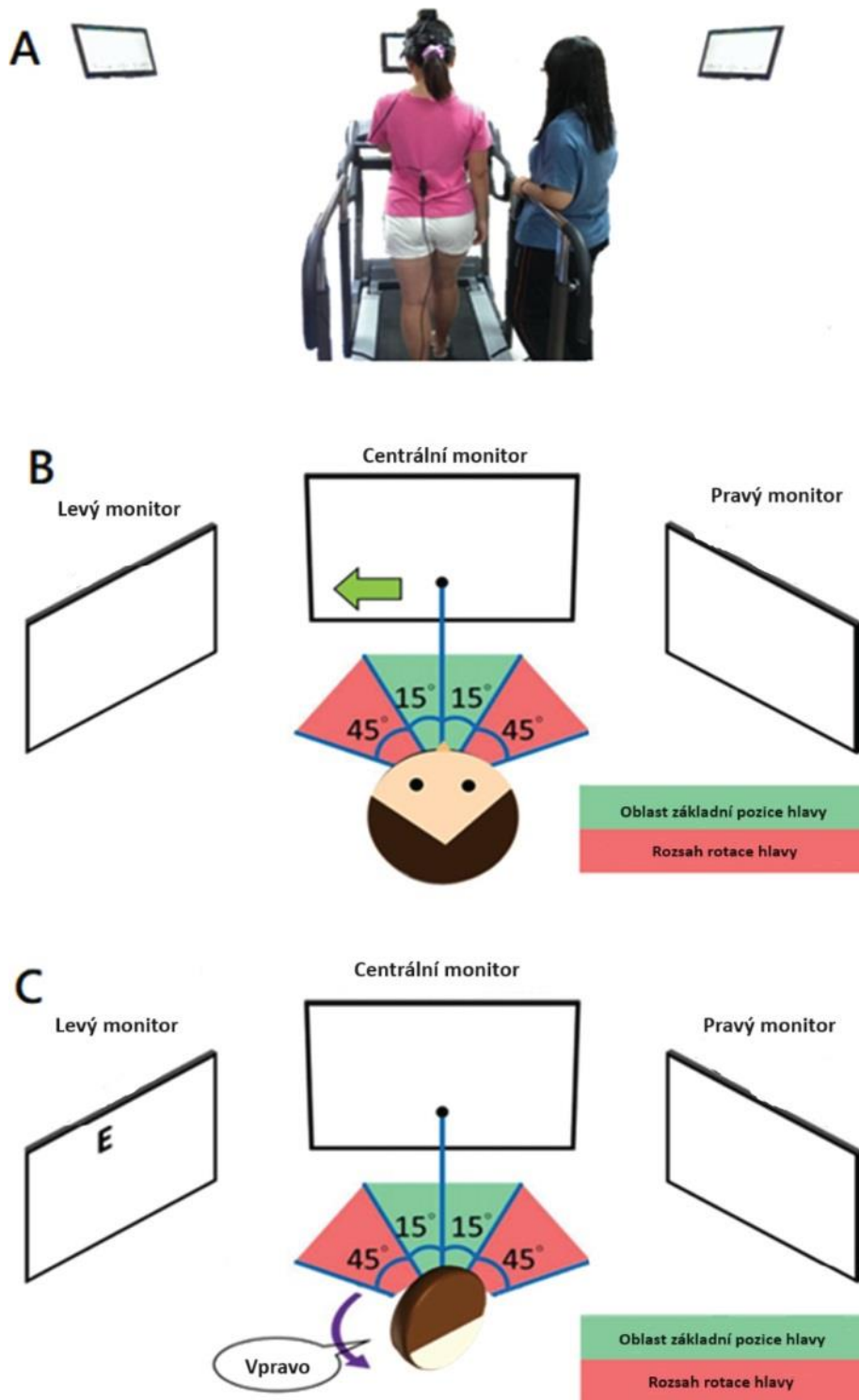


Obrázek 15 - Demonstrace průběhu Hillmanovy metody měření DVA. Převzato z [35]

3.2.3. Test DVA s posunem pohledu při chůzi (gsDVA)

Tato metoda měření DVA vychází z výše zmíněného testu Computerized Dynamic visual test (cDVA) a byla čínským vědcem Chenem a kolektivem zdokonalena zahrnutím prvku posunu pohledu vyšetřovaného. Nejprve před samotným testem DVA byla zhodnocena statická zraková ostrost pacienta, jako tomu je u valné většiny vyšetření již zmíněných v této práci. Následně lze tuto metodu rozdělit na dvě provedení. První z nich probíhá ve stoje (gsDVAs), druhé provedení je uskutečňováno během chůze testovaného vhodnou rychlostí na běžeckém páse (gsDVAw). Vybavení a prvky potřebné k měření jsou ovšem zcela shodné. Před vyšetřováním se při tomto testu DVA nacházejí tři monitory, kdy na prostředním monitoru je zcela náhodně prezentována šipka, jež směřuje vlevo či vpravo. To signalizuje testovanému, aby co nejrychleji otočil hlavou v tomto směru (cca o 60°) a sledoval optotyp jež se promítá na druhém (pravém či levém) monitoru. Skutečnost, že dojde k zobrazení znaku na monitoru je ovládána senzorem, jež má testovaný umístěn na hlavě stejně jako u testu cDVA. viz kap. 3.1.2.1. V tomto případě je jako optotypový znak užito písmeno E, které je prezentováno v různých orientacích (0°, 90°, 180°, 270°), a právě její určení je úkolem testovaného. Ten by měl co nejrychleji rozlišit směřování „nožiček“ E a sdělit svoji odpověď. Znak je na monitoru právě tak dlouho, dokud pacient tuto svoji odpověď nezaznamená. V okamžiku, kdy dojde k nahrání reakce testovaného, optotypový znak se z bočního monitoru ztratí, a to zároveň slouží jako upozornění pro pacienta, aby svoji pozornost a pohled opět směřoval na centrální monitor, na kterém se po intervalu 2 s opět objeví šipka, jež znovu zcela náhodně určí směr dalšího otočení jeho hlavy. Tento celý mechanismus je několikrát opakován v celkovém trvání měření kolem 40 minut. [36]

Tento test DVA lze opět užít k zhodnocení funkcí vestibulárního systému pacienta a k odhalení jeho případné hypofunkce. Lze říci, že užitím prvku chůze na páse se současnou rotací hlavy se jedná o poměrně věrnou a spolehlivou metodu, jež odpovídá aktivitě a úkolům v našem běžném a každodenním životě. [36]



Obrázek 16 - Postup vyšetření testu DVA s posunem pohledu. Upraveno z [38]

3.3. Test dynamické kontrastní citlivosti

Jak už bylo v této práci několikrát zmíněno, testování DVA se jeví jako vhodnější způsob hodnocení zrakových funkcí, v porovnání s testy SVA a mají skutečný potenciál k užití v klinické praxi. Ovšem i testy DVA mají některé metodické nedostatky, které začaly být předmětem diskuze o jejich plné platnosti. Příkladem může být způsob měření, kdy při vyšetřování DVA tradičně zjišťujeme nejmenší znak, který je jedinec schopen rozlišit při dané rychlosti. To je však problematické, protože při pohybu podnětů různých velikostí dochází k odlišnému požadavku na zapojení očních pohybů. Dokonce byla prostřednictvím několika výzkumů stanovena prahová rychlost pohybu podnětu pro jejich jednotlivé velikosti. Druhým problémem, který měření DVA vystavuje stejné kritice jako testování SVA, je tradiční užití optotypů o vysokém kontrastu, který ne moc dobře simuluje přirozené podmínky, ve kterých dynamické vidění zapojujeme a využíváme. [36]

Proto došla skupina vědců ze dvou amerických univerzit k závěru, zda by nebylo výhodné spojit test DVA s testem kontrastní citlivosti, viz kap. 1.6. Takto nově vytvořený test by nám byl schopen vytvořit ještě lepší obraz o zrakových funkcích jedince, zakomponování optotypu o proměnném kontrastu.

Postup měření dynamické kontrastní citlivosti (DCS – dynamic contrast sensitivity) byl navržen následovně. Před samotným měřením byla zjištěna nejprve SVA každého jedince a taktéž jeho standardní kontrastní citlivost pomocí Pelli-Robsonova testu, viz. kap. 1.5. Přístroj k vyšetření DCS se konstrukčně velmi podobá tomu, jež už je po řadu let užíván k hodnocení DVA podle návrhu Ludvigha a Millera, viz. kap 3.1.2. Jako optotypových znaků bylo zvoleno dvou velikostí písmen totožných s Pelli-Robsonovým testem, tudíž dochází k postupnému snižování jejich kontrastu. Toto měření kontrastu je uskutečňováno při pěti rychlostech jejich pohybu v rozmezí $0^\circ/\text{s}$ až $120^\circ/\text{s}$. Znaky byly prezentovány ve dvou časových intervalech, a to buď po dobu 250 ms, nebo po dobu 600 ms k zjištění odlišností v DVA, které se nám mohou při těchto časových intervalech vyskytnout z důvodu zapojení odlišných typů očních pohybů. Pro každého jedince byla zvolena jedna z těchto hodnot a byli vyšetřováni při dvou velikostech písmen. U každé z nich došlo k stanovení prahového kontrastu při rychlostech 0° , 30° , 60° , 90° a $120^\circ/\text{s}$. Bylo zachováno postupu standardního Pelli-Robsonova testu. Byla náhodně zvolena trojice písmen u každé hodnoty kontrastu, a to pro každou rychlost. Vždy měření začínáme písmeny o vysokém kontrastu. Rozliší-li testovaný alespoň dvě z trojice písmen dané úrovně kontrastu, dojde k jejímu snížení o dva stupně. Tímto způsobem postupujeme až do té doby, kdy nám jedinec sdělí dvě špatné odpovědi. V tento okamžik zvýšíme stupeň kontrastu o jednu úroveň, a opět byla jedinci prezentována trojice písmen. Pokud v tomto případě testovaný udělá alespoň dvě chyby, opět kontrast zvýšíme o jednu úroveň, naopak rozliší-li dvě a více písmen, úroveň kontrastu o jedna snížíme. Jako prahovou hodnotu kontrastu posléze bereme tu úroveň

kontrastu, pod kterou nám měřený nebyl schopen rozlišit alespoň dvě ze tří písmen. Výsledky jsou vyjádřeny jako logaritmus kontrastní citlivosti v závislosti na rychlosti podnětu a s uvedením časového intervalu doby prezentace. [36]

Tato metoda vyšetření má velký klinický potenciál, vykazuje větší citlivost oka na pohyb daného podnětu, a to i při menších rychlostech než 50°/s. Pro tyto hodnoty nejsou klasické testy DVA příliš citlivé, z důvodu skvělé schopnosti našeho zraku sledovat tyto pomalejší cíle, ale především užití vysoce kontrastních optotypů. Proto účinek těchto nižších hodnot rychlosti na výkonnost našeho zraku byl brán jako bezvýznamný, to ovšem test DCS vyvrací. Test DCS by se mohl stát velmi užitečným měřítkem k hodnocení dynamických zrakových funkcí v širší oblasti jejich uplatňování, z důvodu lepšího přiblížení podmínek, za kterých dynamické vidění zapojujeme. [36]

4. Užití dynamické zrakové ostrosti v klinické praxi

Dynamickou zrakovou ostrost můžeme považovat za jednu z velmi důležitých složek našeho zraku, kterou v každodenním životě velmi často zapojujeme. Ovlivňuje ve velké míře běžné činnosti, ať už budeme hovořit o řízení automobilu, či o prosté chůzi. I když DVA není v optometrické či v oftalmologické praxi běžně hodnocena, má klinicky velmi praktický a unikátní význam. Testy DVA jsou velmi hojně využívány v odvětví sportovní optometrie, taktéž jsou aplikovány k hodnocení řidičů a s tím souvisejícím zvýšením bezpečnosti na silnicích. Rovněž měření DVA stále více nabývá na významu v případě klinické praxe k pochopení nejrůznějších očních onemocnění, toho, jak mohou oční chirurgické zákroky ovlivnit zrak v reálném životě, k diferenciaci jednotlivých poruch vestibulárního systému a též k včasné diagnostice některých očních chorob. Tudíž lze říci, že zahrnutí testování DVA do klinické oftalmologie by nám mohlo poskytnout další, velmi důležité informace o zrakových funkcích a doplnit tak informace získané tradičními oftalmologickými testy jako jsou testy SVA, kontrastní citlivost či vyšetření zorného pole. Je ovšem nutno podotknout, že vztah DVA a zrakových funkcí není doposud úplně zcela objasněn, taktéž nastávají problémy s indikací k jejich užití. Z tohoto důvodu je stále velmi důležitý výzkum a získání poznatků, jak efektivně a správně testy DVA v klinické oftalmologii využít. [38]

4.1 Trénink DVA ve sportovní optometrii

Toto odvětví optometrie, jež označujeme jako sportovní, se v posledních letech stále více dostává do popředí zájmu a nabývá na oblíbenosti. Důvodem může být trend zdravého životního stylu, kdy stále více lidí vykonává nějakou ze sportovních aktivit. Rovněž zmíníme-li sport na profesionální úrovni, zde dochází neustále k vzrůstajícím požadavkům na výkon sportovce, a právě jakákoliv oční vada či narušení zrakových funkcí by mohly být negativní faktor, který by tento výkon limitoval.

Úkolem sportovní optometrie je správné a přesné určení a vykorigování oční vady sportovce a volba vhodné korekční pomůcky se zohledněním nejrůznějších požadavků, které daná sportovní aktivita vyžaduje. Rovněž je její snahou zhodnotit funkčnost zrakového systému a jeho jednotlivých složek užívaných při sportu, mezi nimiž je i námi zkoumaná dynamická zraková ostrost. Optometrista specializující se na sportovní optometrii se taktéž účastní tréninku a podílí se na přípravě samotných sportovců. [38]

Se vzrůstajícím zájmem a se získáváním nových poznatků se stále častěji přikláníme ke skutečnosti, že výkon sportovce je ovlivněn nejen jeho fyzickou kondicí, ale rovněž kvalitou jeho zrakových funkcí, mezi které můžeme zařadit rozsah zorného pole, oční motilitu či námi zkoumanou DVA apod. Za pomoci jejich správné souhry je sportovec schopen lépe analyzovat např. informace o pohybujících se předmětech v jeho okolí. K tomu, aby všechny tyto zrakové

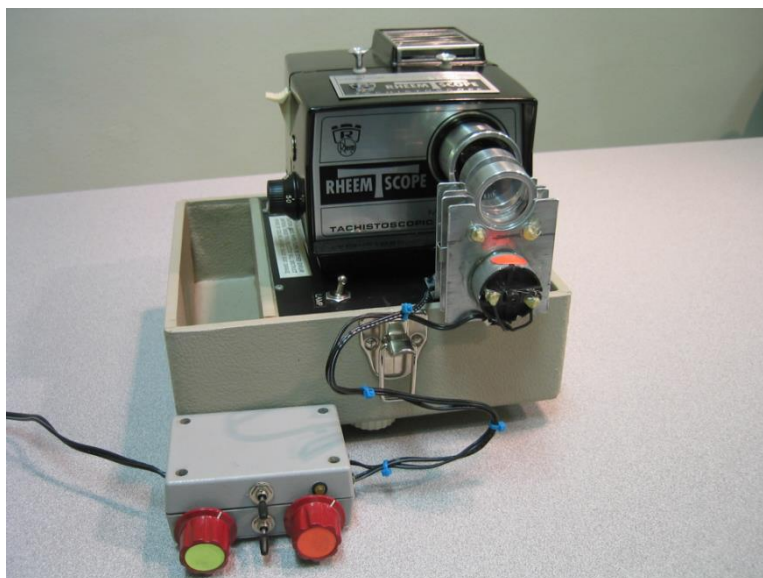
dovednosti byly správně a efektivně zapojovány při sportovní aktivitě je nutné, aby docházelo ke správné souhře motorické a senzorycké složky zraku. Za motorickou složku jsou zodpovědné vnější oční svaly. Ty nám zabezpečují plynulou a přesnou oční motilitu, a jelikož se jedná o svaly jako každé jiné, tak i v případě těch očních lze volbou vhodného cvičení do jisté míry zlepšit jejich účinnost. Za senzoryckou složkou našeho zraku stojí korová centra nacházející se v mozku, a i ta jsou částečně plastická, nejvíce v brzkém období našeho života. S přibývajícím věkem se tato schopnost učení postupně snižuje, ovšem určitá schopnost tvárnosti je možná i po zbytek života. Ze všech těchto skutečností pramení, že skutečně lze kvalitu našeho zraku ovlivnit, kdy obvykle lepších výsledků dosáhneme u dětí, nežli tomu je u dospělých jedinců. [11][38]

Zaměříme-li se na dynamickou zrakovou ostrost, bylo prokázáno, že v případě sportovců, jež provozují sport profesionálně, a to od útlého věku, jsou hodnoty DVA výrazně vyšší a kvalitnější na rozdíl od jedinců, kteří sport neprovozují. Za touto skutečností může být fakt, že tito jedinci velmi často trénují, a tím se nezvyšuje jen jejich fyzická kondice, ale rovněž dochází i ke zkvalitňování jejich dynamické složky vidění, a i dalších zrakových funkcí. Taktéž platí, že čím více je sport rychlejší a dynamičtější, bude DVA u tohoto sportovce na lepší, vyšší úrovni. [11][38]

Jedna z hlavních myšlenek, s kterými sportovní optometrie pracuje, tvrdí, že budeme-li správně a efektivně zlepšovat tréninkem sportovcovu dynamické vidění, dojde i k odpovídajícímu zlepšení a zdokonalení jeho dovedností potřebných při sportovním výkonu. To, jakým způsobem či metodou bude k tomuto vizuálnímu cvičení docházet, bude záviset na konkrétním druhu sportu a je uskutečňován z velké části experimentálně. Na počátku zahrnoval trénink např. pouhé sledování letícího míčku či dráhy rozsvěčujících se světél, posléze se k těmto pokusům přidalo záměrné omezování zorného pole či experiment, kdy jedinec s nasazenou prizmatickou korekcí musel házet míč na daný cíl. S rozvojem tohoto odvětví došlo z důvodu eventuálního srovnání a zobjektivizování cvičebních metod ke zkonstruování několika speciálních trenažerů k nácviku jak DVA, tak i ostatních mechanismů zapojovaných během sportovní aktivity. [11][38]

Dynamickou zrakovou ostrost lze zlepšit a trénovat pomocí **rotátorů**, které též slouží k samotnému měření DVA, více o tomto zařízení je zmíněno v kapitole 3.1.1. Rotátory. Dalším přístrojem pro nácvik dynamického vidění je tzv. **Wayne Tachistoscope Rotator Scanner**. Jedná se o speciální tachistoskop, který je využíván k promítání rotujících prostorových obrázků. K dispozici je řada diapozitivů s obrázky čísel, šipek či přímo snímků imitující prostředí daného sportu. Zařízení se skládá z dvou prizmatických čoček, kterými lze otáčet před objektivem percepčního tachistoskopu a z panelu na ovládání. Rychlost otáčení jednotlivých prizmat lze nastavit v rozmezí 20 až 240 otáček za minutu, což umožňuje promítání obrazu v různých směrech. Nutné je dodržovat přesné umístění prizmat jejich plochou stranou k plátnu k zabránění

vzniku distorze obrazu. Pomocí takto nastavených prizmat lze vytvořit otáčivý pohyb kruhový, ve tvaru spirály, který může probíhat jak ve svislém, tak i vodorovném směru. Rovněž lze nastavit čas, po který budeme pacientovi daný obrázek prezentovat. Čas expozice se pohybuje od 1 sekundy až po velmi krátký okamžik 0,01 sekundy, což usnadňuje nácvik DVA při krátké expozici. Před nácvikem testovaného posadíme před promítací plátno do takové vzdálenosti, jež se přibližuje požadované prahové zrakové ostrosti. Rovněž je jedinci ukázána oblast, kam se daný promítaný obraz zobrazí. Po zaznění zvukového signálu dojde k zobrazení obrazu na předem nastavenou dobu expozice a pohybuje se po dráze, kterou jsme vytvořili pomocí kombinace různých rychlostí a orientace otáčení prizmat. Pacient musí naleznout a fixovat pohybující se obraz, a tuto fixaci pomocí vhodných sledovacích očních pohybů udržet po celý čas prezentace tohoto obrazu, aby byl schopen rozeznat jeho jednotlivé detaily. Nutností je užití anaglyfických (3D) brýlí. Využití tohoto zařízení je velmi široké, díky velkému množství kombinací kotoučů či filtrů a lze jej využít k tréninku nejen DVA, ale rovněž akomodace, vergence či okolomotoriky. [11]



Obrázek 17 - Přístroj Wayne Tachistoscope Rotator Scanner. Převzato z [11]

Jedním z nejmodernějších a v současnosti nejvíce používaným zařízením k tréninku vizuálně motorických dovedností jak sportovců, tak i nesportovců je **Sport Vision Trainer** (SVT). SVT je složen z tabule, na které nalezneme 80, v případě přenosného provedení tohoto zařízení 32 políček obsahující barevné LED diody, kolem kterých nalezneme kruh průměru cca 8 cm sloužící jako detektor. Primárně tento přístroj užíváme k nácviku koordinace oko-ruka, spočívající v zcela náhodném rozsvěcování LED světél, kdy následnou úlohou trénovaného je dotyk pole s právě rozsvěčenou diodou. SVT lze nastavit do tří základních režimů s možností různých úprav. Prvním z nich je tzv. *proaction* režim. V tomto nastavení dochází k rozsvěčení

další světelné diody, až v okamžiku, kdy trénovaný dotykem aktivuje detektor pole s právě svítícím světlem. Další režim se nazývá *reaction*. Zde už rozsvěcování světel nebude závislé na reakcích a dotycích testovaného, ale interval mezi jednotlivými rozsvěcováními je obvykle 0,5 sekundy. Tento interval lze upravit a snižovat, a to v případě kdy trénovaný zvládne správně dotykem zareagovat na více než 80 % rozsvěčených diod. Třetím a zároveň posledním režimem je *reactive random*. Jedná se o modifikovaný druhý režim, kdy sám vyšetřující je schopen upravit intervaly mezi jednotlivých rozsvěceními, a to zcela nepravidelně. SVT má vedle užití k vyšetření či nácviku vizuálních schopností, taktéž uplatnění v procesu rehabilitace sportovců po zraněních a v nejrůznějších výzkumech či studiích. [40][41]

Ať už bude docházet k tréninku vizuálních dovedností sportovců jakýmkoliv způsobem, je vždy nutné sportovce obeznámit s náročností tréninků či nutností pravidelnosti. Jedná se o



Obrázek 18 - Sport Vision Trainer a jeho metodické provedení. Převzato z [40]

dlouhodobý proces, jež vyžaduje trpělivost jak ze strany sportovce, tak rovněž ze strany samotného optometristy. [11][38]

4.2 Vliv katarakty a jejího řešení na dynamickou zrakovou ostrost

Katarakta neboli šedý zákal je multifaktoriální oční onemocnění, přesněji onemocnění zasahující čočku, vyskytující se především v pozdější etapě našeho života. Vznik šedého zákalu souvisí s chemickými změnami čočkových proteinů, které způsobí její zkalení. Toto zneprůhlednění oční čočky má za následek zhoršené vidění. Léčba katarakty probíhá pouze chirurgicky, kdy nejběžnější a nejmodernější technikou operace šedého zákalu je fakoemulzifikace s následnou implantací nitrooční čočky (IOL – *intraocular lens*) do zadního neporušeného čočkového pouzdra. [42]

Odhálí-li běžné oční vyšetření u jedince šedý zákal, bude potřebné vyhodnotit jeho stádium a jeho vliv na vidění pacienta. To bude posléze zásadní pro volbu, zda je nutné zkalení čočky řešit jejím chirurgickým odstraněním. K tomuto hodnocení zrakových funkcí pacienta

s kataraktou, ale rovněž i po jejím odstranění a implantaci IOL se v našich očních ordinacích v současnosti tradičně užívá testů SVA a kontrastní citlivosti. Tato měření ovšem velmi dobře neodrážejí běžné každodenní situace a podmínky. Svět kolem nás je neustále v pohybu, většina zrakem vnímaných signálů je dynamických, to vše vede k závěru, že do běžného zrakového vyšetření před i po operaci katarakty by měl být zahrnut test DVA. [38]

Jak už bylo výše zmíněno, vznik šedého zákalu má za následek zneprůhlednění oční čočky. Toto zkalení má za následek rozptýl světla, v jehož důsledku vzniká na sítnici takového oka rozmazaný obraz. Rovněž bylo zjištěno, dochází-li k pohybu sledovaného objektu, vlivem tohoto pohybu na okraji jeho obrazu na sítnici vzniká určitý artefakt, jež nazýváme *retinal smear*, což lze česky přeložit jako retinální šmouha. Bude-li tedy jedinec se šedým zákalem sledovat pohybující se objekt, bude jeho už tak rozmazaný retinální obraz vlivem tohoto okrajového artefaktu ještě více rozmazaný. Můžeme tedy říci, že šedý zákal nám významně ovlivňuje schopnost rozlišovat jemné detaily pohybujících se cílů, a tato skutečnost se postupně ještě více zhoršuje s jejich rostoucí rychlostí. [38]

Tímto problémem vlivu katarakty na DVA se zabývaly dvě studie provedené doktorem Zhangem et al. [43] a doktorem Wangem et al.[44]. V obou případech bylo k výzkumu užito testu DVA s využitím pohybujícího se optotypu. V první studii provedené doktorem Zhangem bylo zvoleno standardního logaritmického optotypu se znakem písmena E, umístěného na pojízdném vozíku. V této studii byla jeho rychlost určena na 1,3 m/s. Úkolem testovaných bylo rozlišit optotypové E ve vzdálenosti 5 m. Studie od doktora Wanga rovněž využila logaritmického optotypu E, ale upřednostnila jeho digitální promítání na obrazovku. Znak se pohyboval v horizontálním směru rychlostí 15, 30, 60 a 90 stupňů za sekundu. Měření probíhalo ze vzdálenosti 4 m. Vzorek testovaných v obou případech tvořili jedinci, u nichž došlo k porovnání jejich úrovně DVA před a po operaci katarakty, a rovněž se zapojili i zcela zdraví jedinci. Výsledkem obou studií byl fakt, že po operaci a následné implantaci IOL došlo k výraznému zlepšení hodnoty DVA. V případě druhé studie došlo ke zlepšení u všech třech zvolených rychlostí.[38] [43][44]

Shrneme-li všechny výše uvedené výsledky, lze tvrdit, že DVA by se měla stát nezbytným doplněním funkčního vyšetření před a po operaci šedého zákalu. Taktéž testování DVA by se mohlo stát slibným pro svou citlivost při rozpoznání jedinců s počínající kataraktou, které je výhodnější a přesnější než běžně prováděné měření SVA. [38]

4.3 Dynamická zraková ostrost a hodnocení poruch vestibulárního systému

Testování DVA nalezlo významného uplatnění v klinické praxi rovněž jako jedna z možností užívaná k zhodnocování funkce vestibulárního systému daného pacienta. V současnosti je tento způsob měření velmi hojně využíván a upřednostňován před jinými diagnostickými metodami. Důvodem je, že měření DVA představuje určité propojení mezi objektivní diagnostickou metodou a subjektivním klinickým sledováním chování a pohybů pacienta. Srovnáme-li test DVA s jinými metodami, můžeme říci, že právě měření DVA nám podává lepší informace o tom, jak dobře či špatně pacient zapojuje vestibulární systém v běžném životě a jeho provedení nám zabere podstatně méně času. Vybavení potřebné k jeho provedení je podstatně levnější a nevyžaduje tolik potřebného místa. Taktéž je pacienty mnohem lépe snášeno, nezpůsobuje závratě či nevolnost.[38] [45]

Pod pojmem vestibulární systém chápeme soubor několika struktur nacházejících se v oblasti vnitřního ucha, které se účastní na vzniku smyslu pro rovnováhu. Jejich úkolem je vnímat zrychlení či změny polohy hlavy. Dojde-li k určitému náklonu či rotaci hlavy, dojde k pohybu tekutiny v oblasti vnitřního ucha, tím nastane podráždění smyslových buněk. Takto získané informace jsou pomocí vestibulárních nervů dovedeny až do mozku. Tento aparát hraje významnou roli u tzv. vestibulo-okulárního reflexu (VOR). Podrobněji je tento reflex popsán v kap. 2.2.3. Právě testování a samotná úroveň DVA nám nepřímo ukazuje, jak dobře či špatně VOR funguje. Při oboustranných, ale taktéž u jednostranných poruch vestibulárního systému je VOR významně narušen, což má za následek snížení DVA, závratě či oscilopsii (viz kap. 3.1.2.2). Z tohoto důvodu, by měření DVA mohlo být velmi užitečnou screeningovou metodou k odhalení vestibulárních potíží, jakékoliv změny v hodnotách DVA nás mohou taktéž informovat o rozvoji možné kompenzace těchto poruch. [45][46]

Skupinou testů DVA, jež slouží k hodnocení zhoršené funkce vestibulárního systému je ta, která využívá metody pohybu pacienta, konkrétně pohybu jeho hlavy. Tyto pohyby mohou být pasivní či aktivní, předvídatelné či nepředvídatelné a o nejrůznější rychlostí. Všechny příklady testů zmíněné v kapitole 3.2 lze k tomuto účelu využít. Jelikož metody měření DVA nejsou standardizované a převážně experimentální, lze tyto testy nejrůzněji modifikovat a vědci ve svých studiích přicházejí neustále s novými způsoby testování.[38] [45]

DVA testy by též mohly nalézt své uplatnění při diferenciální diagnostice příčin závratí. Ty totiž nemusí být způsobeny pouze nefunkčním vestibulárním aparátem, ale i očními problémy, jako je např. insuficience konvergence. Pacienti často nejsou schopni přesně popsat příznaky jejich potíží, a právě u těchto jedinců nám zhodnocení DVA usnadní rozpoznání příčiny. Důvodem je, že u osob trpících závratí kvůli nedostatečné konvergenci k poklesu DVA nedochází, naopak

jak už bylo výše zmíněno, při zásahu VOR je negativně ovlivněna i úroveň DVA. Měření DVA se často využívá taktéž pro hodnocení efektivity vestibulární rehabilitace či rizika pádů u starších osob. [34][38]

4.4 Dynamická zraková ostrost a onemocnění zrakového nervu

Jako velmi zajímavé a potenciálně úspěšné se jeví užití testů DVA, jako diagnostické metody u pacientů trpících určitou formou poškození zrakového nervu. Mezi taková onemocnění, která by mohla být tímto způsobem hodnocena a odhalena můžeme zařadit neuritidu optického nervu nebo velmi často v populaci se vyskytující zelený zákal neboli glaukom. [34][38]

4.4.1 Neuritida optického nervu

Zánět optického nervu neboli neuritida optika je zánětlivé onemocnění zrakového nervu vedoucí k velmi závažnému poklesu zrakové ostrosti. Nejčastěji s tímto onemocněním setkáme v souvislosti s roztroušenou sklerózou, a to jako její velmi častý a obvykle první klinický příznak. Roztroušenou sklerózu můžeme zařadit do autoimunitních zánětlivých onemocnění, projevující se tzv. demyelinizací, a právě tímto procesem je nejčastěji při neuritidě zrakový nerv poškozen. Tento patologický proces zasahuje myelinová vlákna nervu a dochází k destrukci myelinu. Myelin je následně fagocytován a posléze nahrazen fibrózní tkání, tzv. plakem. V takto poškozeném nervu dochází ke špatnému vedení nervových vzruchů.[38] [47]

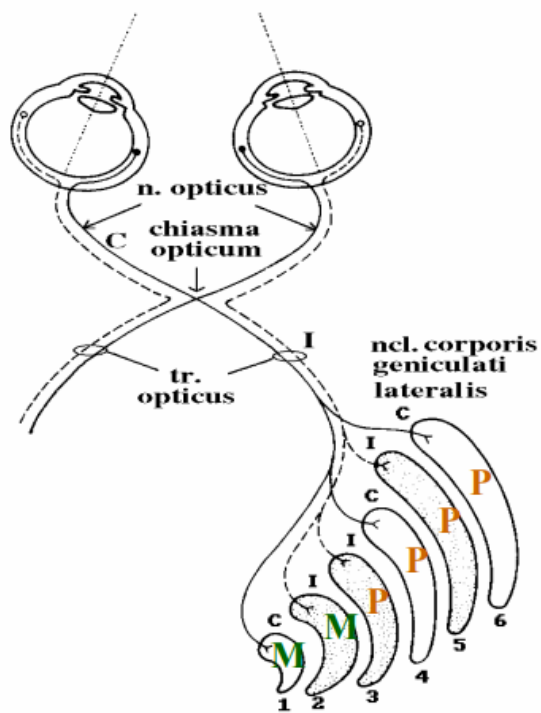
V klinické praxi se demyelinizace optického nervu nejčastěji diagnostikuje pomocí vyšetření zrakových evokovaných potenciálů (VEP – visual evoked potentials). Ty nám zaznamenávají jakékoliv změny elektrické aktivity mozku nebo i jiných částí nervové soustavy jako odpověď na působení zevního podnětu. Jeho pomocí lze vyhodnotit funkční stav dané nervové dráhy. Jako alternativa této metody vyšetření se jeví právě testování DVA. Jak už bylo zmíněno, demyelinizace optického nervu vede ke snížení rychlosti vedení vzruchů podél zrakové dráhy, a právě tato skutečnost lze pomocí vyšetření DVA rovněž zjistit. Studie Raze et al. [48], která se právě detekcí demyelinizace optika pomocí testu DVA věnuje, dokonce tvrdí, že tento druh vyšetření je pro identifikaci a kvantifikaci změn v rychlosti vedení vzruchu vhodnější než běžně uskutečňovaná statická vyšetření, kam řadíme i VEP. Za důvod můžeme považovat požadavky na vznik dynamických a statických vizuálních vjemů. Na dosažení statických i dynamických zrakových funkcí je potřeba dostatečné množství projekce vizuálních vstupů, ovšem pouze dynamické vizuální vjemy jsou závislé také na rychlosti této projekce. Z tohoto nám vyplývá, že patologický jev destrukce myelinu bude mít spíše vliv na DVA nežli na SVA, a to z důvodu potřeby rychlého přenosu vnímaných zrakových podnětů pro vytvoření vjemu pohybu. Test DVA se rovněž jeví jako výhodnější s ohledem na nižší náklady na vybavení a relativně snadnou obsluhu, jež nevyžaduje zapojení vyškoleného technika. Měření DVA by potenciálně mohlo zjednodušit diagnostiku pacientů s neuritidou optika, ale rovněž by mohlo nalézt uplatnění

při hodnocení účinnosti nejnovějších neuroprotektivních a regeneračních terapeutických metod orientovaných na podporu obnovu myelinu nervových vláken.[34][38] [48]

4.4.2 Glaukom

Glaukom neboli zelený zákal je velmi závažné oční onemocnění a je jednou z hlavních příčin nevratného zrakového postižení ve světě. Tato choroba je charakterizována progresivní degenerací a odumíráním gangliových buněk sítnice. Na podkladu transsynaptické degenerace vede glaukom rovněž k poškození zrakového nervu, ale posléze i struktur zrakové dráhy nacházejících se za sítnicí oka, jako například neuronů *nucleus corporis geniculati lateralis*. Z tohoto důvodu je velmi důležité včasné odhalení poškození zrakového nervu glaukomovými procesy v raných stádiích. [34][38]

Nucleus corporis geniculati lateralis (NCGL) je součástí zrakové dráhy a má za úkol přijímání zrakových signálů ze sítnice a následně jejich přenos do zrakového centra, které se nachází v týlním laloku. Je utvářeno šesti vrstvami šedé hmoty. Dvě nejhlubší se nazývají magnocelulární vrstvy (M) a přijímají axony z magnocelulárních gangliových buněk retiny, které mají zejména za úlohu vnímání pohybu, podávání informací o změně polohy či rychlosti. Ostatní čtyři vrstvy označujeme jako parvocelulární (P), zde končí axony parvocelulárních gangliových neuronů sítnice vedoucí informace o vzhledu předmětů, jako je barva, tvar či jejich detaily (ostrota). Několik dříve uskutečněných studií zjistilo, že vrstvy M jsou v porovnání s vrstvami P více zranitelné při rozvoji glaukomového poškození. Tuto skutečnost potvrdil ve svém výzkumu i doktor Zhang a spol.[49], který porovnal rozdíly ve vedení signálů neurony NCGL u jedinců s časným onemocněním primárního glaukomu otevřeného úhlu a jedinců zcela zdravých. Opravdu došlo selektivnímu ztracení signálů z M vrstev u osob trpících časným stádiem glaukomu a jsou tedy závažně poškozeny. Jak už bylo výše zmíněno M vrstvy jsou primárně zodpovědné za vedení zrakového vjemu pohybu, a tato skutečnost nám nabízí teoretický základ k užití testů DVA, jako vyšetření vhodné k zhodnocení časných stádií glaukomu. Jako nejvhodnější se jeví test DVA s pohyblivým optotypem a s užitím optotypu s vysokou časovou frekvencí, protože právě při nich jsou M neurony nejvíce zapojovány. Měření DVA má tedy velký klinický potenciál jako vyšetření pro včasné zjištění funkčního poškození u glaukomu, ovšem vše je pouze ve fázi výzkumu a doposud nebylo tohoto způsobu hodnocení včasných stádií glaukomu v praxi využito. [34][38] [49][50]



Obrázek 19 - Schéma zrakové dráhy s vyobrazením rozložení vrstev šedé hmoty v nucleus corporis geniculati lateralis. Převzato z [50]

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení s tématem dynamické zrakové ostrosti, o kterém není v českém optometrickém prostředí příliš v povědomí. Jedná se o velice přínosné a užitečné vyšetření, které je prováděno jen velmi výjimečně a často se na něj zapomíná.

Záměrem první části této práce bylo provedení krátkého vhledu do problematiky pojmu zrakové ostrosti jako celku. Následně je práce věnována již pouze tématu DVA. Nejprve je pojem krátce vysvětlen a popsán. Dále je popsáno, jak dochází k vývoji DVA průběhu jednotlivých etap našeho života. Zde je zajímavým faktem souvislost DVA s vývojem motorických dovedností dítěte. Rovněž je zmíněno, které aspekty našeho zraku se do procesu dynamického vidění zapojují a které okolnosti mohou pozitivně, ale také negativně ovlivnit, jaké úrovně naše DVA dosáhne. Následující poměrně rozsáhlá část této práce je věnována měření DVA. V této kapitole jsou shrnuty principy, sloužící k hodnocení DVA, a taktéž jsou zde představeny jednotlivé testy, které vždy využívají jednu z uvedených metod. Na závěr této bakalářské práce jsou představeny jednotlivé oblasti klinické praxe, ve kterých lze DVA a její měření prakticky využít. Zajímavým zjištěním je skutečnost, že testování DVA může mít své využití při hodnocení zraku například při časných stádiích glaukomu a předejít tak další progresi tohoto onemocnění a trvalým následkům, ke kterým pozdější stadia zeleného zákalu vedou.

Vyšetřování dynamické zrakové ostrosti se jeví jako velmi účinné a přesné komplexní zhodnocení našich vizuálních funkcí, a jak je v této práci několikrát zmíněno, jeho zařazení do běžné optometrické, ale i oftalmologické praxe by mohlo mít velký význam a přínos, například v diagnostice některých očních onemocnění, či zvýšení bezpečnosti na našich silnicích.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Anton M. *Refrakční Vady A Jejich Vyšetřovací Metody*. Vyd. 3., přeprac. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů; 2004.
- [2] Fyziologie oka. https://is.muni.cz/www/345402/66012191/Fyziologie_oka.pdf
- [3] Rutrle M. *Brylová Optika*. 2. přeprac. vyd. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 1993.
- [4] Pluháček F. Fyziologická optika – výukové materiály k předmětu Fyziologická optika. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc. 2021.
- [5] Kvapilíková K. *Anatomie A Embryologie Oka*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 2000.
- [6] Severa D, Veselý P, Beneš P. Základy metod korekce refrakčních vad. In: 2016. https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js_16/refrakcni_vady/web/index.html
- [7] Optotypy. Published 2024. <https://www.sosovky-kontaktne.sk/slovník/optotypy.html>
- [8] Veselý P, Beneš P. *Vyšetřovací Metody V Optometrii: A Interpretace Jejich Výsledků V Praxi*. Grada Publishing; 2019. ISBN 978-80-271-2071-0.
- [9] ETDRS Chart R. Wikipedia, 2024. https://en.wikipedia.org/wiki/LogMAR_chart#/media/File:ETDRS_Chart_R.svg
- [10] Hrušková J, Jakubík J, Hendrych M, et al. Vyšetření zrakové ostrosti a barvocitu. Published 2021, https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js21/fyziologie/web/pages/24_zrakova_ostrost.html
- [11] Erickson GB. *Sports Vision: Vision Care For The Enhancement Of Sports Performance*. 2nd ed. Elsevier; 2020.
- [12] Erdinest N, London N. Dynamic visual acuity and methods of measurement. *Journal of Optometry*. 2022;15(3): e247-248. doi: 10.1016/j.optom.2021.06.003
- [13] Palidis DJ, Wyder-Hodge PA, Fookan J, Spering M, Price NSC. Distinct eye movement patterns enhance dynamic visual acuity. *PLOS ONE*. 2017; e12(2). doi: 10.1371/journal.pone.0172061
- [14] Quevedo L, Aznar-Casanova JA, Merindano-Encina D, Cardona G, Solé-Fortó J. A novel computer software for the evaluation of dynamic visual acuity. *Journal of Optometry*. 2012;5(3): e131-138. doi: 10.1016/j.optom.2012.05.003
- [15] Haibach PS, Reid G, Collier DH. *Motor Learning And Development*.; 2011. https://books.google.cz/books?id=I1ruWBOOLQUC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f
- [16] Hromádková L. *Šilhání*. Vyd. 2., dopl. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví; 1995.

- [17] Hrušková J, Jakubík J, Hendrych M, et al. Akomodace a Scheinerův pokus. 2021. https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js21/fyziologie/web/pages/26_scheineruv_pokus.html?kod=SPLBP_SPLS;lang=cs.
- [18] Demer JL. Extraocular Muscles. <http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/pages/v1/v1c001.html>.
- [19] Kraus H. *Kompendium Očního Lékařství*. Grada; 1997. ISBN 80-716-9079-1
- [20] Dostálek M. Motorická složka binokulárního vidění II – vyšetření motility a postavení očí. <https://www.binocular.cz/presentations/vysetreni-ocni-motility-vyvoj-jbv/>
- [21] Pivodová L. *Principy Vizuální Optometrie Využívané Při Přípravě Vrcholových Sportovců*. Diplomová práce. 2015.
- [22] Hornová J. *Oční Propedeutika*. Grada; 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [23] Buryanová V. *Výskyt Refrakčních Vad A Způsoby Jejich Korekce V Populaci Studentů Optometrie*. Diplomová práce. 2008. https://is.muni.cz/th/flrjy/Diplomova_prace_-_Veronika_Buryanova10.pdf
- [24] Burg A. Visual acuity as measured by dynamic and static tests: A comparative evaluation. *Journal of Applied Psychology*. 1966;50(6): e460-466. doi:10.1037/h0023982
- [25] Farrimond T. Visual and auditory performance variations with age: Some implications. *Australian Journal of Psychology*. 1967;19(3): e193-201. doi:10.1080/00049536708255578
- [26] Ishigaki H, Miyao M. Implications for Dynamic Visual Acuity with Changes in Age and Sex. *Perceptual and Motor Skills*. 1994;78(2): e363-369. doi:10.2466/pms.1994.78.2.363
- [27] Quevedo-Junyent L, Aznar-Casanova JA, Merindano-Encina D, Cardona G, Solé-Fortó J. Comparison of Dynamic Visual Acuity Between Water Polo Players and Sedentary Students. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2011;82(4): e644-651. doi:10.1080/02701367.2011.10599801
- [28] Quevedo L, Aznar-Casanova AJ, Aparecido Da Silva J. Dynamic visual acuity. *Trends in Psychology*. 2018;2018(26): e1283-1297. doi:10.9788/TP2018.306En
- [29] Loran DFC, MacEwen CJ, eds. *Sport Vision*. Butterworth-Heinemann; 2001. ISBN 0 7506 3616 5.
- [30] Hoshina K, Tagami Y, Mimura, Edagawa H, Matsubara M, Nakayama T. A study of static, kinetic, and dynamic visual acuity in 102 Japanese professional baseball players. *Clinical Ophthalmology*. doi:10.2147/OPHTH.S41047
- [31] Ishigaki H, Miyao M. A NEW DYNAMIC VISUAL ACUITY DEVICE. *Sangyo Igaku*. 1994;36(3): e181-182, A44. doi:10.1539/joh1959.36.3_181

- [32] Synek, CSc. DMUDS, Petrová MS, Veselý, DiS. MP, Patočková PD, BL, Švambergová BZ, Žličarová BD. Sborník přednášek z 6. celostátní studentské konference Optometrie a ortoptiky s mezinárodní účastí. 2015. <https://docplayer.cz/116164742-Sbornik-prednasek-6-celostatnistudentskakonferenceoptometrieaortoptiky-s-mezinarodniucasti.html>
- [33] Roberts RA, Gans RE, Johnson EL, Chisolm TH. Computerized Dynamic Visual Acuity with Volitional Head Movement in Patients with Vestibular Dysfunction. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*. 2006;115(9): e658-666. doi:10.1177/000348940611500902
- [34] Chen G, Zhang J, Qiao Q, et al. Advances in dynamic visual acuity test research. *Frontiers in Neurology*. 2023;13. doi:10.3389/fneur.2022.1047876
- [35] Hillman EJ, Bloomberg JJ, McDonald VP, Cohen H. Dynamic Visual Acuity While Walking: A Measure of Oscillopsia. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 1997; e117(2). doi:10.1016/S0194-59989780273-2
- [36] Chen PY, Jheng YC, Huang SE, et al. Gaze shift dynamic visual acuity: A functional test of gaze stability that distinguishes unilateral vestibular hypofunction. *Journal of Vestibular Research*. 2021;31(1):e23-32. doi:10.3233/VES-201506
- [37] Long GM, Zavod MJ. Contrast Sensitivity in a Dynamic Environment: Effects of Target Conditions and Visual Impairment. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2002;44(1):120-132. doi:10.1518/0018720024494784
- [38] Wu TY, Li XM. Applications of dynamic visual acuity test in clinical ophthalmology. *International Journal of Ophthalmology*. 2021;14(11): e1771-1778. doi:10.18240/ijo.2021.11.18
- [39] Rudolf, Vilém, Teoretické a praktické aspekty sportovní optometrie: Česká oční optika. 47(2/2006), s. 72-74. ISSN 1211-233X.
- [40] Appelbaum LG, Erickson G. Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2016;11(1): e160-189. doi:10.1080/1750984X.2016.1266376
- [41] Ellison P. Sports Vision Trainer Studies. *News*. 2013(18). https://www.researchgate.net/publication/256309097_Sports_Vision_Trainer_Studies
- [42] Rozsival P. *Oční Lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Galén; [2017]. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [43] Zhang, LY; Yang, LD a Chen, ZF. The change of dynamic visual acuity after age-related cataract surgery. *Clin Ophthalmol*. 2019, č. 27.
- [44] Wang MF, Ji XX, Wang RF. The change of identifying dynamic optotypes after phacoemulsification combined with intraocular lens (IOL) implantation surgery in age-related cataract patients. *Med Recapitulate*. 2015;(21). ISSN 3797–3800.

- [45] Peters BT, Mulavara AP, Cohen HS, Sangi-Haghpeykar H, Bloomberg JJ, Oman CM. Dynamic visual acuity testing for screening patients with vestibular impairments1. *Journal of Vestibular Research*. 2012;22(2-3): e145-151. doi:10.3233/VES-2012-0440
- [46] Rovnovážné ústrojí. 2024. <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/5409>
- [47] Kuchynka P. *Oční Lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Grada Publishing; 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [48] Raz N, Hallak M, Ben-Hur T, Levin N. Dynamic Visual Tests to Identify and Quantify Visual Damage and Repair Following Demyelination in Optic Neuritis Patients. *Journal of Visualized Experiments*. 2014;(86). doi:10.3791/51107 ISSN 1940-087X.
- [49] Zhang P, Wen W, Sun X, He S. Selective reduction of fMRI responses to transient achromatic stimuli in the magnocellular layers of the LGN and the superficial layer of the SC of early glaucoma patients. *Human Brain Mapping*. 2016;37(2): e558-569. doi:10.1002/hbm.23049 ISSN 1065-9471.
- [50] Masarykova Univerzita. ZRAK A ZRAKOVÁ DRÁHA. https://is.muni.cz/el/med/jaro2011/VSNV041p/13542700/10_Zrakova_draha.pdf