

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

**DENIS
ČERNÝ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

Měření vízu na různých typech optotypů

Measurement of visual acuity on different types of optotypes

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Denis Černý

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Kladno 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Černý** Jméno: **Denis** Osobní číslo: **474008**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Měření vízu na různých typech optotypů

Název bakalářské práce anglicky:

Measurement of visual acuity on different types of optotypes

Pokyny pro vypracování:

V dnešní době probíhá většina vyšetření zraku a zrakových funkcí na Snellenově optotypu. Důvodem je předpokládaná vyšší přesnost a větší pohodlí pro vyšetřovaného v porovnání s ostatními typy optotypů. Popište zrakovou ostrost a faktory, které ji ovlivňují. Rozdělte optotypy podle typu znaku a podle konstrukčního provedení. Popište postup určení subjektivní refrakce pomocí různých typů optotypů. V praktické části student naměří dostatečný počet osob na různých optotypech. Určí na jakém optotypu se dosahuje nejpřesnějších hodnot a pomocí dotazníku určí jaký optotyp je z pohledu komunikace vyšetřovaný optometrista nejvhodnější. Výsledky zpracuje a statisticky vyhodnotí.

Seznam doporučené literatury:

- [1] BENJAMIN, W. J., BORISH, I. M., Borish's Clinical Refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [2] MILLER, D., Optics and refraction, ed. Textbook of Ophthalmology: A User Friendly Gu, London: Mosby, 1991, ISBN 1-56375-011-2
- [3] KEUCHLER, J., LINDNER, H., Visual function test on the Internet - sense or nonsense?, Strabismus, ročník 12, číslo 2, 2004, 97-102 s.

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Písařík, Ph.D.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **10.02.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.09.2021**

doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce: Měření vízu na různých typech optotypů

Abstrakt:

Tato práce se zabývá různými typy optotypů. Cílem je porovnání naměřených hodnot vízu, pohodlí vyšetřovaného, kvality kontroly vyšetřujícího a komunikace mezi vyšetřovaným a vyšetřujícím. Zaměřuje se především na Snellenův optotyp, Pflügerovy háky a Landoltovy kruhy.

Každý vyšetřovaný bude změřen na každém optotypu. Výsledky měření budou doprovázeny subjektivním zhodnocením vyšetřovaného – jak se cítil, jak pochopil vyšetřujícího, jak se mu odpovídalo, na jakém řádku začal mít problémy atd. Podobné zhodnocení provede i vyšetřující.

Výsledky měření, subjektivního vnímání vyšetřovaného a zhodnocení práce vyšetřujícího na každém optotypu povedou k odpovědi, který optotyp je nejvhodnější k měření zrakové ostrosti.

Přínosem této práce jsou nejen nové zkušenosti vyšetřujících, ale mohou také změnit jejich rozhodnutí, na kterém optotypu budou v budoucnosti měřit. A to i do konce života.

Klíčová slova:

Optotyp, Snellenův optotyp, Pflügerovy háky, Landoltovy kruhy

Bachelor's Thesis title: Measurement of visual acuity on different types of optotypes

Abstract:

This work deals with different types of optotypes. The aim is to compare the measured values of the visus, the comfort of the examined person, the quality of the investigator's control and the communication between the investigated and the investigator. It focuses mainly on Snellen optotype, Pflüger hooks and Landolt rings.

Each investigator will be measured on each optotype. The results of the measurements will be accompanied by subjective evaluation of the examined person - how he felt, how he understood the investigator, how he responded, on what line he started to have problems, etc. The investigator will perform a similar evaluation.

The results of measurement, subjective perception of the examined person and evaluation of the investigator's work on each optotype will lead to an answer, which optotype is the most suitable for measuring visual acuity.

The benefits of this work are not only new experiences of investigators, but can also change their decision on which optotype they will measure in the future. Even for the rest of your life.

Key words:

Optotype, Snellen optotype, Pflüger hooks, Landolt rings

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Petru Písaříkovi, Ph.D. za odborné vedení, vstřícnost, rady a připomínky, díky kterým jsem mohl vytvořit tuto práci.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Měření vízu na různých typech optotypů*“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V *Kladně* dne

.....

podpis

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Přehled současného stavu (Rešerše)	1
1.2 Cíle práce, Motivace a Hypotézy.....	1
1.2.1 Motivace.....	2
1.2.2 Hypotézy	2
2. Optotyp.....	3
2.1.1 Optotypy s uplatněním aritmetické řady.....	4
2.1.2 Optotypy s uplatněním logaritmické řady.....	5
2.1.3 Optotypy s uplatněním Snellovy řady	6
2.2.1 Landoltův kruh	6
2.2.2 Snellenovy a Pflügerovy optotypy (háky)	7
2.2.3 Dětské optotypy.....	8
2.2.4 Optotypy do blízka	10
2.3.1 LCD optotyp a jeho vlastnosti.....	10
3. Refrakční vady	13
3.1 Emetropie.....	14
3.2 Ametropie	14
3.2.1 Myopie	15
3.2.2 Hypermetropie.....	16
3.2.3 Astigmatismus	18
3.2.4 Presbyopie.....	21
4. Zrakové funkce	23
4.1 Akomodace oka.....	23
4.2 Binokulární vidění.....	23
4.3 Barevné vidění	23
4.4 Rozlišovací mez oka, vizus.....	24
4.5 Zorné pole	26
5. Objektivní refrakce	27
5.1 Autorefraktometr.....	27
5.2 Skiaskopie	28

6. Subjektivní refrakce	29
6.1 Sada (soubor) zkušebních čoček (skel)	29
6.1.1 Clony a filtry	30
6.1.2 Astigmatická zkušební obruba	32
6.1.3 Jacksonovy (zkřížené) cylindry	33
7. Experimentální část (výsledky)	35
7.1 Přehled vyšetřovaných osob	36
7.2 Naměřené hodnoty vízu	37
7.3 Pohodlí vyšetřované osoby během měření	39
7.4 Znaky optotypů	43
7.5 Školení vyšetřujícím	46
7.6 Kontrola vyšetřovaných osob	49
7.7 Vnímání vyšetřovaných osob během měření	53
7.8 Pochopení školení vyšetřujícího	56
8. Diskuse	59
9. Závěr	61
Seznam použité literatury	63
Seznam symbolů	65
Seznam zkratk	65
Seznam obrázků	66
Seznam tabulek	67

1. Úvod

Zrak je pro člověka nejdůležitějším smyslem. Zprostředkovává nám přes 80 % všech vnímaných informací. Proto je důležité o zrak pečovat a snažit se zachovat co nejlepší zrakovou ostrost. Dnes je vyšetření zrakové ostrosti základním vyšetřením nejen u optometristů, ale i očních lékařů. K jejímu zjištění slouží různé typy optotypů. Mezi nejpoužívanější se dnes řadí Snellenův optotyp, ale zapomínat by se nemělo ani na Pflügerovy háky nebo Landoltovy kruhy.

Pokud chceme dosáhnout co nejlepší zrakové ostrosti, musíme dodržet správné podmínky při vyšetření. Mezi ně patří i správně zvolený optotyp, který bude vyhovovat vyšetřovanému i vyšetřujícímu. Důležitá je i komunikace mezi nimi. Všechny optotypy slouží ke stejnému účelu, ale s každým se pracuje trochu jinak a každý má jiné vlastnosti.

1.1 Přehled současného stavu (Rešerše)

Práci přímo na své téma jsem nedohledal v českém, ani anglickém jazyce. Nicméně našel jsem dvě, které pojednávaly nějakým způsobem o rozdílech vízu nebo optotypu.

První byla diplomová práce Bc. Lenky Zavřelové z Masarykovy univerzity, která se nazývala „*Srovnání kvality vyšetření vízu na různých typech optotypů při odlišné kvalitě osvětlení a různé vyšetřovací vzdálenosti*“. Různými typy optotypů však myslela optotypy tištěné, světelné, projekční a LCD optotyp. Jejím závěrem tak bylo, že zraková ostrost stoupala s klesající vyšetřovací vzdáleností a nejlepším optotypem byl LCD optotyp díky svým nespočetným výhodám. [16]

Druhou byl německy psaný článek v odborném časopise. Nazýval se „*Porovnání zrakové ostrosti mezi Landoltovými kruhy a čísly*“. Autory byli Klaus Rohrschneider, Axel R Spittler a Michael Bach. Jejich závěrem bylo, že průměrná hodnota zrakové ostrosti byla u Landoltových kruhů o jeden řádek horší než u čísel. [17]

1.2 Cíle práce, Motivace a Hypotézy

Cílem práce je ověření, zda je správné a oprávněné, že v dnešní době probíhají téměř všechna vyšetření zrakové ostrosti na Snellenově optotypu. Můj předpoklad je, že správné a oprávněné to je. Nejen z hlediska naměřených hodnot vízu, ale i z hlediska pohodlí pro vyšetřovaného a vyšetřujícího a jejich vzájemné komunikace.

Snellenův optotyp využívá 20-22 písmen naší abecedy. Jedná se o písmena, která používáme celý život a nemusíme o nich ani přemýšlet. Takže když vyšetřovaný čte písmena a vyšetřující je kontroluje, nemusí o tom ani moc přemýšlet. Je zde i vyšší jistota přesnosti měření, když se vyšetřovaný dostane do fáze, kdy už písmena nevidí ostře, ale i tak se je pokouší přečíst. Díky vysokému počtu používaných písmen je zde pravděpodobnost, že vyšetřovaný uhádne písmeno, které už nevidí nižší než 5 %. Pro vyšetřujícího se tak jedná o nejvyšší pravděpodobnost, že pozná, co vyšetřovaný vidí a co ne.

U Pflügerových háků jsou pouze čtyři znaky a tím šance vyšetřovaného na uhádnutí již neostrého znaku vzroste z necelých 5 % na 25 %. Další nevýhodou jsou stále dokola se opakující odpovědi vyšetřovaného a horší kontrola pro vyšetřujícího, který by se v nich po čase mohl začít ztrácet.

Landoltovy kruhy nabízejí osm pozic pro znak. Tím je pravděpodobnost uhádnutí již neviděného znaku 12,5 %, ale odpovědi ohledně polohy znaku se uvádí ve stupních nebo v hodinách. V tom vidím ještě větší problém pro kontrolu vyšetřujícího než v případě Pflügerových háků. Navíc si musíme uvědomit, že vyšetřující zpravidla sedí zády k optotypu.

1.2.1 Motivace

Zájem o ověření kvality Snellenova optotypu a vyzkoušení si měření vízu na dalších typech optotypů.

1.2.2 Hypotézy

Pro svoji práci jsem si stanovil dvě základní hypotézy.

Hypotéza 1: Na hladině významnosti 5 % je Snellenův optotyp přesnější než ostatní optotypy.

Hypotéza 2: Na hladině významnosti 5 % je Snellenův optotyp z hlediska komunikace a kontroly mezi vyšetřovaným a optometristou přesnější než ostatní optotypy.

2. Optotyp

Pro posouzení rozlišitelnosti vizuálního objektu mají význam různé prahové hodnoty:

- a) Minimum perceptibile – jako absolutní práh vnímání pro rozlišitelnost slabých světelných podnětů, závislý na stavu adaptace.
- b) Minimum visibile – jako prahová hodnota rozlišitelnosti malého předmětu na základě světelného kontrastu, vzhledem k poli, které jej obklopuje.
- c) Minimum cognobile – jako rozlišitelnost tvaru, tj. prahová hodnota pro rozlišitelnost známého symbolu či znaku.
- d) Minimum legibile – jako práh vnímání pro pochopení smyslu pojmu, který se skládá z více známých jednotlivých symbolů. U alfabetů je rozhodující pro čitelnost slov, resp. textů.
- e) Minimum separabile – jako prahová hodnota schopnosti rozlišit dva blízko sebe ležící body, což je důležité pro rozlišitelnost nesymbolických struktur a detailů. [4]

Právě toto poslední minimum separabile se jeví jako důležité, nejčastěji prověřované kritérium zrakové ostrosti v optometristické praxi. Podle druhu použitého testového znaku může pak člověk dospět pod různým vlivem minima cognobile k odlišným výsledkům měření. Dívání do blízka je navíc často spojené s minimem legibile. [4]

Vizus V , kterým nejčastěji popisujeme úhlovou (angulární) rozlišovací schopnost oka, resp. Zrakový výkon, je poměr minima separabile v úhlových minutách ($1'$) v konvenční vyšetřovací vzdálenosti k obecnému úhlu α , pod kterým rozliší oko kritický detail testového znaku. [4]

Herman Snellen byl první, kdo v roce 1862 navrhl speciální znaky pro účely měření zrakové ostrosti a pojmenoval je „optotypy“. Intuitivně se správná volba optotypů zdála být velmi důležitá pro přesnost a spolehlivost měření, ale mnoho optotypů používaných v minulosti a dnes bylo vytvořeno bez seriózní analýzy jejich vlastností a informací, které mohou poskytnout o vizuálním systému subjektu. [22]

Optotypy jsou v podstatě soubory znaků, seřazených do tabulek od největší po nejmenší takovým způsobem, aby bylo možno co nejobektivněji posoudit momentální zrakový výkon. Doporučení British Standards je, že řádky by měly být odděleny alespoň 20 mm. Bailey a Lovie (1976) diskutovali principy návrhu optotypů a doporučili, aby písmena nebyla příliš blízko u sebe, protože tím vzniká další problém jejich rozlišení, jev zvaný crowding fenomén. Název je odvozen z anglického slova crowd, což můžeme přeložit jako shlukovat se či nahromadit se. Tento efekt vzniká při nahromadění znaků blízko sebe. Skládá se ze tří faktorů. Jedním je konturová interakce. Ta nastává, jestliže jsou v blízkosti pozorovaného znaku okraje nebo hrany. Druhým jsou fixační oční pohyby a třetím rozložení pozornosti mezi jednotlivé znaky. Jestliže vyšetřovaná osoba má číst znaky na optotypu, kde je více řádků nad sebou a obsahují několik znaků, jsou splněna všechna kritéria a nastává crowding fenomén. Specifické je působení tohoto efektu u amblyopických pacientů s nízkou zrakovou ostrota. Ti potom daleko lépe reagují na osamocené znaky nebo na krajní znaky řádku. Doporučuje se, aby vzdálenost mezi po sobě jdoucími řádky, byla rovna výšce písmen v další řadě. [4,21]

Běžně je udáván vizus jako poměr vzdálenosti, ze které je znak optotypu právě ještě rozeznán ke vzdálenosti, ze které by při hodnotě vizu $V = 1$ musel být ještě rozeznán. Zapisujeme jej vzorcem (u nás nejčastěji formou zlomku), kde v čitateli je uvedena zkušební vzdálenost v metrech (5-6 m) a ve jmenovateli pak rovněž vzdálenost v metrech, ze které by se pozorovateli mělo jevit kritérium znaku přibližně pod úhlem $1'$. [4]

2.1.1 Optotypy s uplatněním aritmetické řady

V r. 1909 byla v rámci mezinárodního normování zavedena tzv. mezinárodní zkušební tabulka s aritmetickým odstupňováním decimálních zlomků, ale bez respektování Weber-Fechnerova zákona. Rozdíl jednoho zlomku od následujícího byl 0,1 a členy této neúplné aritmetické řady byla čísla:

0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,5; 2,0

U českých nejobvyklejších verzí světelných optotypů, určených pro pětimetrovou vyšetřovací vzdálenost, tomu odpovídá adekvátní řada ve zlomkovém zápisu:

5/50; 5/25; 5/16,5; 5/12,5; 5/10; 5/8,33; 5/7,14; 5/6,25; 5/5,55; 5/5; 5/3,33; (viz Obr. 1)

U šestimetrových optotypů pak:

6/60; 6/30; 6/20; 6/15; 6/12; 6/10; 6/8,6; 6/7,5; 6/6,7; 6/6; 6/4; 6/3

Nevýhodou této koncepce bylo, že u nižších hodnot vizu je dělení příliš hrubé, což je na závadu zejména u amblyopií, a v oblasti vizu kolem normálu je to naopak tabulka přehuštěná. [4]

0,1 (50)	4	1			
0,2 (25)	7	1	0		
0,3 (16,5)	4	0	7		
0,4 (12,5)	1	7	4	0	
0,5 (10)	7	0	4	7	
0,6 (8,33)	1	4	7	0	
0,7 (7,14)	4	7	0	1	
0,8 (6,25)	0	1	4	7	
0,9 (5,55)	1	0	7	0	4
1,0 (5,0)	7	1	4	1	0
1,5 (3,33)	4	0	7	4	1

Obrázek 1: Optotyp s uplatněním aritmetické řady [4]

2.1.2 Optotypy s uplatněním logaritmické řady

Mezinárodní oftalmologickou radou bylo r. 1972 navrženo logaritmické odstupňování optotypů, kdy se velikost znaků liší řádek od řádku o faktor $\sqrt[10]{10}$, tj. 1,2589. [4]

Vnímané rozdíly jednotlivých stupňů jsou pak ekvidistantní, což je v souladu s Weber-Fechnerovým zákonem. Jednotlivé stupně vizu, resp. hodnoty na jednotlivých řádcích, odpovídá obvykle soustavě tabulek, které se nabízejí při vyšetřovací zkoušce. Osvědčilo se následující pojetí: [4]

0,05 a nižší vizus na samotné tabulce;

na dalších samostatných tabulkách pak skupiny vizu

0,1; 0,125

0,16; 0,2; 0,25; 0,33

0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0

2.1.3 Optotypy s uplatněním Snellovy řady

V českých zemích je možno se často setkat s tuzemskými výrobky v podobě řádkových světelných optotypů, resp. Celoplošných světelných optotypů, které vycházejí ještě ze známého Snellova odstupňování, datovaného již r. 1890. Navržená Snellova řada vyzněla následovně: [4]

0,1; 0,16; 0,25; 0,33; 0,5; 0,66; 1,0; 1,33; 2,0

Ve zlomkovém zápise pak obvykle po další úpravě v řadě:

6/60; 6/36; 6/24; 6/18; 6/12; 6/8; 6/6; 6/5; 6/4

Po dalších úpravách a obměnách je nyní k dispozici nejčastěji řada:

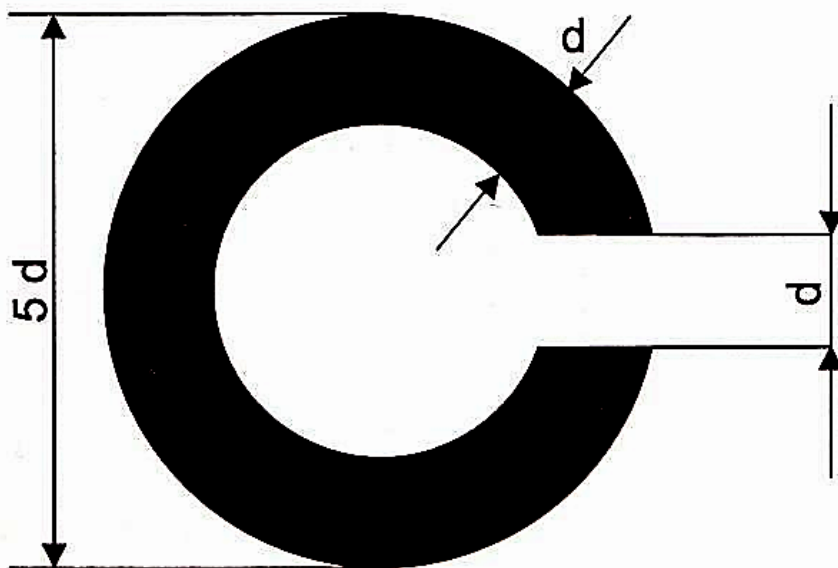
6/60; 6/30; 6/24; 6/18; 6/15; 6/12; 6/9; 6/6; 6/4,

resp. v pětimetrové verzi:

5/50; 5/30; 5/20; 5/15; 5/10; 5/7,5; 5/5; 5/4

2.2.1 Landoltův kruh

Landoltův kruh (viz obr. 2) lze považovat za nejobektivnější vyšetřovací znak vůbec a je též jako jediný normovaný znak předepsán pro mezinárodně uznávané znalecké účely. Kritérium a samotná koncepce Landoltova kruhu nám umožňuje získat velice seriózní a lze říci, že ty nejobektivnější výsledky. Je jako jediný normovaný znak určen pro mezinárodně uznávané znalecké účely. Jedná se o vyšetřovací znak v podobě kružnice, resp. mezikruží s výřezem, jakousi šterbinou. Tato šířka šterbiny, resp. mezery a současně i tloušťka čáry znaku, je 1/5 celkové velikosti znaku. Můžeme si jej tedy dobře představit jako znak vepsaný do čtvercové sítě o velikosti 5d x 5d. U takového znaku je výsledek subjektivního posouzení a vyhodnocení orientací zmíněné šterbiny mezikruží v minimální míře ovlivňován smyslem a povědomím pro tvar i schopnost vnímat důvěrně známé písmeno „C“. Jistá neoblíbenost tohoto znaku u nás je možná poplatná tušeným komplikacím při domlouvání se se zkoušenou osobou. Pokud však je šterbina nabízena v obvyklých pozicích dole (6), vlevo (9), vpravo (3), nahoře (12), resp. v mezipolohách dole vlevo (7:30), dole vpravo (16:30), nahoře vpravo (13:30) a nahoře vlevo (10:30) a ponecháme, aby se vyšetřovaná osoba inspirovala číselníkem na hodinách, potíže s domlouváním obvykle vymizí. Statisticky je dána přibližně pouze 12,5 % pravděpodobnost, že orientaci šterbiny ve správné poloze člověk spíše uhádne, aniž by ji skutečně rozeznal. [4,18]



Obrázek 2: Landoltův kruh [4]

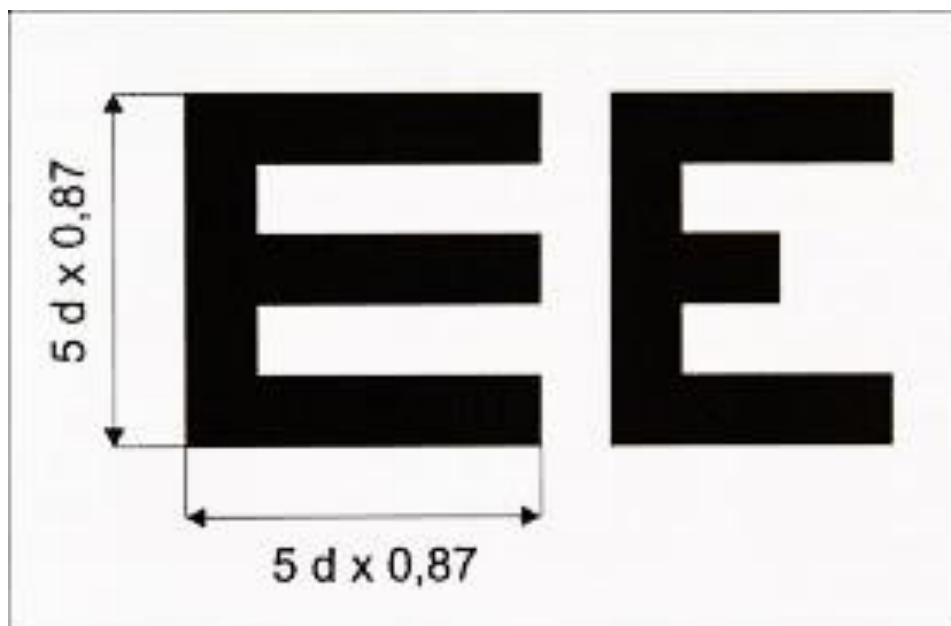
2.2.2 Snellenovy a Pflügerovy optotypy (háky)

Setkáváme se proto ještě stále se Snellenovými a Pflügerovými háky (viz obr. 3). Přestože popularita těchto znaků upadá, stále se s nimi můžeme hojně setkat. [4,18]

U klasických Snellenových háků se v porovnání s Landoltovými kruhy uplatní penalizační faktor v hodnotě 0,87 na celkovém čtvercovém rozměru. Nelze zde tedy uplatnit představa vepsaného znaku do mřížky $5y \times 5y$. Tato mřížka má podobu $(5y \times 0,87) \times (5y \times 0,87)$. Pflügerovy háky jsou pak dále zredukovány na obdélníkový základ výšky k šířce 5:3, přičemž střední část tří horizontálních ramen, vytvářející poměrně věrný obraz klasického písmene *E*, je dále o $1/5$ zmenšena. [4,18]

Tyto znaky nejsou zcela určitě tak dokonalé, jak tomu je u předešlého Landoltova kruhu a existují pouze čtyři základní poziční možnosti, jak znak nabízet. Pravděpodobnost uhodnutí se tedy zvyšuje na 25 % a je zde proto uplatněn penalizační faktor 0,87. [4,18]

Používají se s oblibou zejména pro určování vizu dětí, analfabetů, nebo cizinců, kteří neznají místní jazyk. Jako pomůcky pak poslouží ruční napodobenina znaku, kterou vyšetřovaná osoba natáčí do směru, který vizuálně snímá z optotypů. [4]

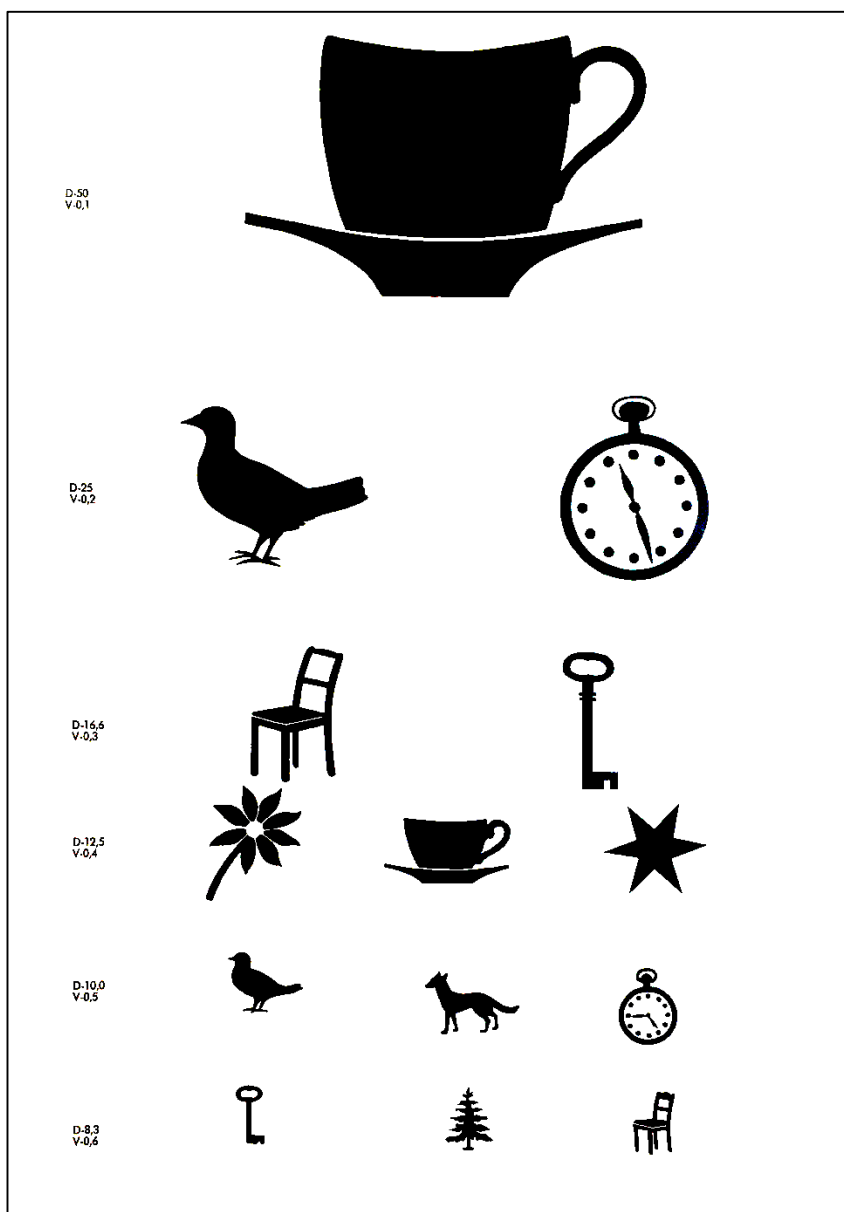


Obrázek 3: Pflügerův hák [4]

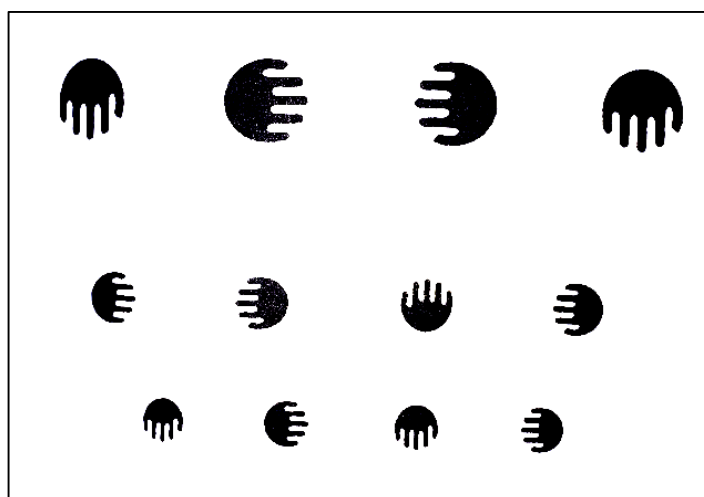
Nedostatků u Snellenových optotypů je více. Patří mezi ně fakt, že změna velikosti písmen mezi řádky není pravidelně progresivní. Nestejná písmena nemají stejnou obtížnost čitelnosti, což vyvrací fakt minima cognobile. Na řádku není konstantní počet písmen. To vede k nestejnému chybovému skóre a vysokokontrastní písmena nerepresentují situaci každodenního života. [18]

2.2.3 Dětské optotypy

Pro určování vizu u dětí se používají vhodné obrázkové motivy z dětského světa (viz obr. 4). Kromě zmíněných klasických Snellenových, nebo Pflügerových háků je možno vidět např. i tzv. *černou ruku* (viz obr. 5), takže dítě může napodobovat její orientaci i svou vlastní rukou bez další pomůcky. Dětské testy bývají většinou přizpůsobeny pro zkrácenou zkušební vzdálenost, aby bylo možno citlivěji vyhodnotit snížený zrakový výkon. [4]



Obrázek 4: Dětský optotyp [4]



Obrázek 5: Dětský optotyp „černá ruka" [4]

2.2.4 Optotypy do blízka

V praxi se při vyšetření zrakové ostrosti do blízka preferují optotypy vystavěné podle Snellenova principu. Obsahují odstavce se souvislým textem (původně podle Jaegera), ale jednotlivé řádky jsou označeny decimálním zápisem. Vyšetřovací vzdálenost obvykle činí 40 cm. Obecně slouží tyto optotypy pro prezentování více různých testů do blízka v konstantní, nebo i proměnné vzdálenosti, zejména při subjektivním vyšetřování presbyopů. Na rozdíl od klasických optotypů do dálky u nich jsou použity namísto samostatných znaků části souvislých textů, a jsou obvykle co do velikosti řazené vzestupně směrem dolů. Použité typy písmen a jejich odstupňování se však od autora k autorovi dost značně liší. [4,7]

U zahraničních optotypů do blízka se ještě můžeme setkat s takzvanou jednotkou M. Optotypový znak o velikosti 1 M má velikost 5 úhlových minut ze vzdálenosti 1 metru. Ze 40 centimetrů (obvyklá vyšetřovací vzdálenost do blízka) bude znak s velikostí 5 úhlových minut s kritickým detailem 1 úhlová minuta označen jako 0,4 M. [7]

Dále je možné označit přečtený řádek písmenem N (N5 až N48). V tomto případě N značí velikost tištěného písmene, kdy $N = 1/72$ palce (cca 2,4 cm). Standartní velikost textu ze 40 cm tak odpovídá hodnotě N5. [7]

2.3.1 LCD optotyp a jeho vlastnosti

LCD monitory obecně se vyrábí TFT („thin film tranzistor“ = „tenký fóliový tranzistor“) technologií, což označuje „aktivní panel“. Vyznačují se vysokým kontrastem, kvalitně podanými barvami (až 16,7 mil barev) a dobrým pozorovacím úhlem. Odezvy monitorů neboli rychlost překreslení informací na matnici, jsou do 12 – 16 ms. Podsvícení monitorů, tedy jas matnice, je hardwarově regulováno. Tím je zajištěno rovnoměrné podsvícení. Zraková ostrost je závislá na střední úrovni jasu optotypu. Proto by měli mít optotypy standardní úroveň jasu. Pro vnitřně osvětlené optotypy se doporučuje jas 120 cd/m², ale nové optotypy by měly mít jas pozadí až 150 cd/m², aby bylo možné zhoršení. [3,20]

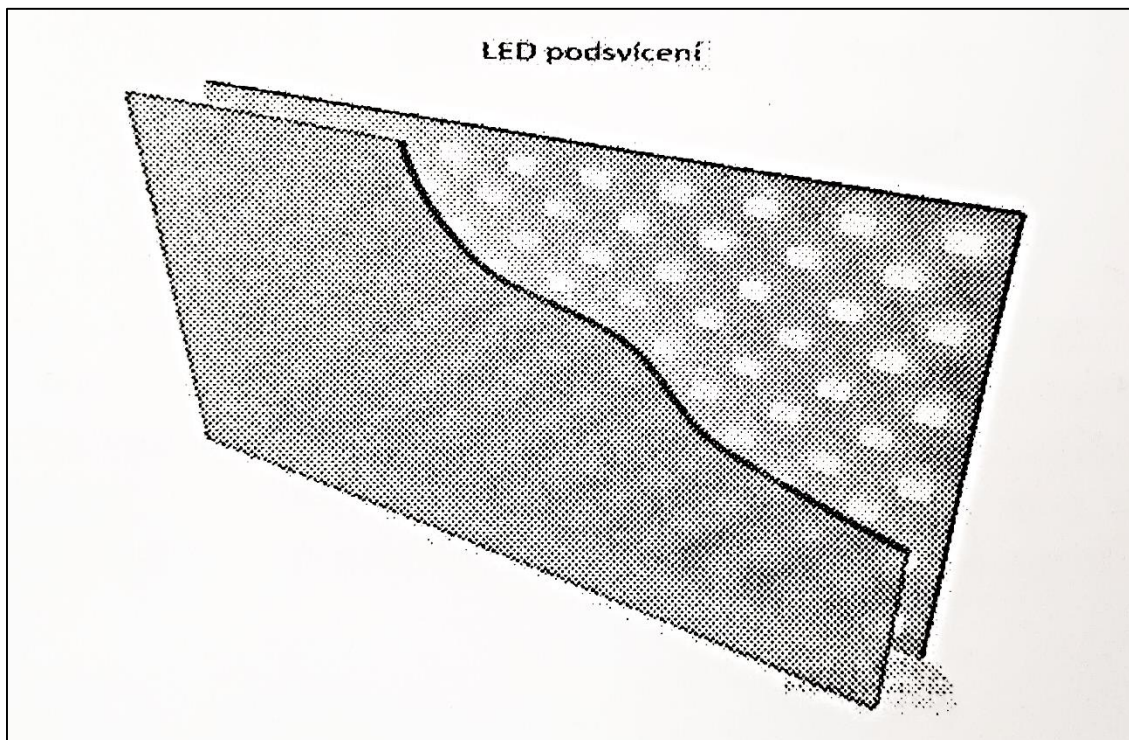
LCD optotypy, kromě základních vlastností výše uvedených, mají oproti svým předchůdcům mnohé výhody. Velkou výhodou LCD optotypu je stálý kontrast testů a jas pozadí, na kterém klienti rozlišují znaky. Výsledky zjištěné zrakové ostrosti závisí právě na kontrastu předkládaných optotypů. Klasické projekční optotypy mnohdy nezajistí dostačující kontrastní promítání znaků na matnici. Důvodem mohou být žárovky v optotypech. Zdroj světla v projekčních optotypech má dle příkonu určitou svítivost a tím je zajištěno osvětlení daného

předmětu (matnice). Víme však, že osvětlení plochy se s rostoucí vzdáleností od zdroje světla rychle zmenšuje. Nevýhodou dlouho používaných žárovek je snížení její svítivosti a tím promítané znaky ztrácejí na kontrastu. Záleží také na úhlu, pod kterým světlo na plochu dopadá. Nejlépe je osvětlena plocha, na kterou světelné paprsky dopadají kolmo. Z toho vyplývá správná instalace optotypu a matnice. Zjištění případných nerovností zdi a přesné vyměření výšky úchyty optotypu a matnice je nutností. Další nevýhodou projekčních optotypů mohou být optické vady objektivu. [3]

LCD optotypy a jejich speciální podsvícené displeje krystalické struktury zajistí vysoké rozlišení volných testů a pestrost barev. Světelná čidla, kterými jsou optotypy opatřeny, kontrolují hladinu osvětlení ve vyšetřovací místnosti a reagují na nedostatečné nebo naopak příliš intenzivní světlo. Písmena, která jsou zobrazena, bývají umístěna do středu LCD obrazovky. LCD optotypy obsahují zařízení, které vybírá náhodné znaky. Díky tomuto zařízení dochází k přesnějším určování zrakové ostrosti, jelikož pacient není schopen si znaky zapamatovat. [3,19]

Nastavením vyšetřovací vzdálenosti v refrakční místnosti (od 2,9 m až po 6,1 m po 10 cm) se automaticky přizpůsobí velikost velikost optotypů, aby byla dodržena podmínka minima separabile ($1'$), tedy nejmenší vzdálenosti, z níž jsou dva body vnímány jako dva. Zraková ostrost je uvedena mezinárodním desetinným číslem vedle jednotlivých řádků. LCD optotyp umožňuje detailní zobrazení malých znaků až do hodnot vizu 2,0. [3,19]

Další výhodou je komunikace LCD optotypu s digitálním foropterem pomocí tzv. „light emitoru“ – infrapřijímače. Není tedy nutné žádné kabelové připojení. Wifi a USB připojení nabízí např. tisk výsledků testů. Snadný upgrade LCD optotypu a možnost dohrávání dalších vyšetřovacích testů je bezesporu dalším velkým plus. [3]



Obrázek 6: LCD optotyp [3]

3. Refrakční vady

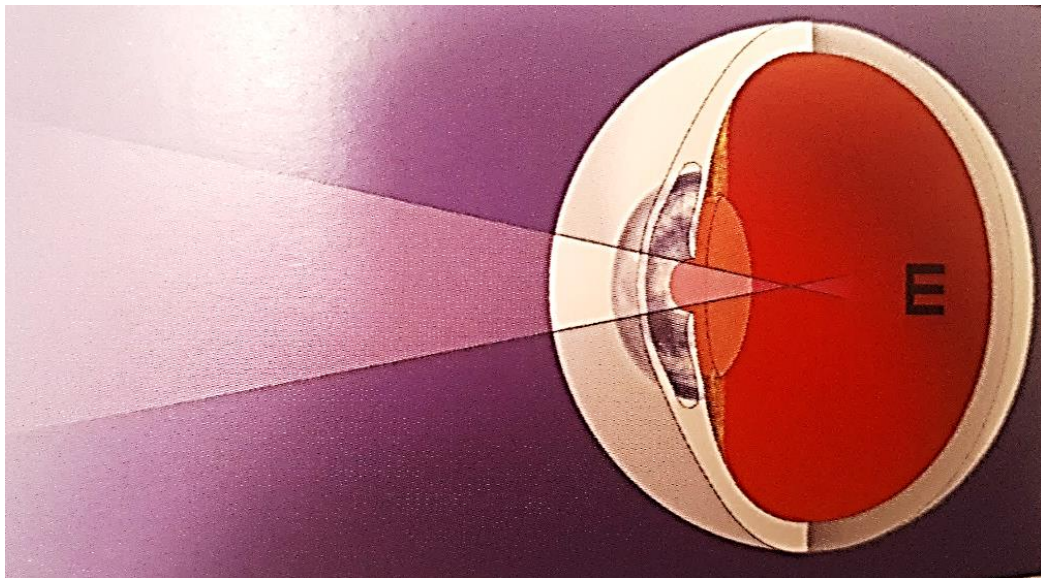
Zrak je naším nejdůležitějším smyslem. Poskytuje nám přes 80 % informací. Na rozdíl od ostatních smyslů, které nám slouží již bezprostředně po narození, získává dítě se zdravým okem a mozkiem prostřednictvím zraku zprvu jen minimální informace. Vývoj vidění je velmi složitý a komplexní proces, který prochází fází aktivní a pasivní. Aktivní fáze je realizována stálým přísunem zrakových podnětů. Pasivní fáze zajišťuje, aby zrakové podněty byly fokusovány na sítnici a vznikl zde ostrý obraz pozorovaného předmětu. Tento proces je ovlivňován lomivostí rohovky, lomivostí čočky, hloubkou přední komory a předozadní délkou oka. Jsou to určující hodnoty pro refrakci oka, která se významně mění v prvních měsících a letech vývoje dítěte a nezůstává konstantní ani po ukončení růstu těla kolem 20. roku. Refrakce oka je dána poměrem axiální délky bulbu a lomivostí optických prostředí. Jsou-li tyto poměry ideálně vyváženy, pak se paprsky protínají na sítnici a jedná se o emetropii. Je-li tento poměr narušen, pak ohnisko už neleží na sítnici a jedná se o refrakční vadu, ametropii. V průběhu života můžeme pozorovat dvě fáze hypermetropizující a dvě fáze myopizující s relativně stabilním obdobím mezi 20. až 50. rokem. Mezi narozením a 8. rokem dochází k hypermetropizaci, kterou střídá myopizace mezi 8. a 20. rokem. Druhá hypermetropizační fáze probíhá mezi 50. a 65. rokem a po ní následuje druhá myopizační fáze. Charakteristické je pro tyto fyziologické změny jejich pomalý, plíživý průběh. Jakákoliv náhlá změna refrakce budí podezření na chorobnou příčinu a vyžaduje pečlivé vyšetření. [1,2]

Z optického hlediska představuje lidské oko konvergentní optický systém, který zobrazuje vnější předměty na vnitřní vrstvu receptorů citlivých na světlo – sítnici. Pro popis jeho zobrazovacích vlastností je v následujícím textu použit aparát geometrické optiky. Strukturami, které se uplatňují v optickém systému oka, jsou: přední plocha rohovky, rohovková tkáň, zadní plocha rohovky, komorová voda, přední plocha čočky, nitrooční struktury, zadní plocha čočky a sklivec. Optickou izolaci oka od nežádoucího vnějšího osvětlení zajišťuje hustě pigmentovaná cévnatka. Potřebnou funkci clony plní zornice, tvořená přibližně kruhovým otvorem v duhovce. Vytvoření ostrého sítnicového obrazu pozorovaného předmětu umístěného v různých vzdálenostech před okem je umožněno změnou optické mohutnosti uvedeného dioptrického systému oka, tzv. akomodací. Optická mohutnost rohovky činí přibližně +42,00 D a optická mohutnost oční čočky při uvolněné akomodaci (tj. při minimální optické mohutnosti oka) je asi +20,00 D. Předozadní (osová, axiální) délka oka, měřená od předního povrchu rohovky k foveole, činí u dospělých jedinců přibližně 24 mm. Optická osa oka neprotíná sítnici přesně

ve foveole, ale obvykle mírně nazálně. Úhel osy vidění (nebo též uzlové osy), tj. paprsku vedeného přes uzlové body do foveoly, a optické osy, označovaný α , je průměrně 5° . Vedle zrakové osy se zavádí osa fixace, která spojuje fixovaný bod s bodem otáčení oka. Bodem otáčení rozumíme bod v oku, jehož poloha vzhledem k hlavě se při pohybech oka nemění. Nachází se asi 14,43 mm za vrcholem rohovky přibližně 1 až 1,5 mm od optické osy směrem ke spánkům. Obvykle malý úhel, sevřený osou fixace a optickou osou, bývá označován γ . [2,8]

3.1 Emetropie

O emetropickém oku (viz Obr. 7) mluvíme v případě, že obraz předmětu v nekonečnu se vytváří na sítnici neakomodovaného oka. U emetropického oka sítnice odpovídá optickému nekonečnu, a proto leží v rovině ohniska optického systému. Emetropické oko vidí bez akomodace ostře vzdálené předměty. [15]



Obrázek 7: Emetropické oko [15]

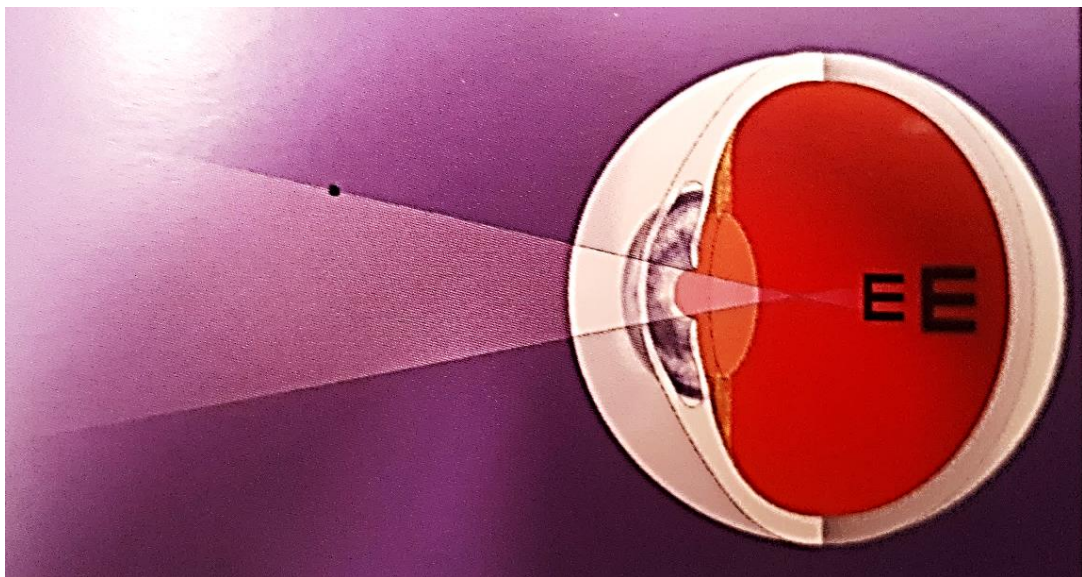
3.2 Ametropie

Oko, které není správně zaostřeno (tj. obraz vzdáleného předmětu se nevytvoří na sítnici neakomodovaného oka), označujeme jako oko s refrakční vadou neboli ametropií. Různé typy ametropie se dělí na tři základní kategorie: myopie, hypermetropie a astigmatismus. [15]

3.2.1 Myopie

Myopie (krátkozrakost) je vada, při které se rovnoběžné paprsky po průchodu relaxovaným optickým aparátem sbíhají v ohnisku před sítnicí. Myopické oko (viz Obr. 8) je tedy relativně dlouhé. Většinou se jedná o axiální myopii. Křivková myopie má podklad ve zvýšeném zakřivení rohovky nebo čočky. [2]

Myopii od -6,00 D do -10,00 D nazýváme jako „těžká myopie“ a nad -10,00 D jako „velmi těžká myopie“. [9]



Obrázek 8: Myopické oko [15]

Typy myopie:

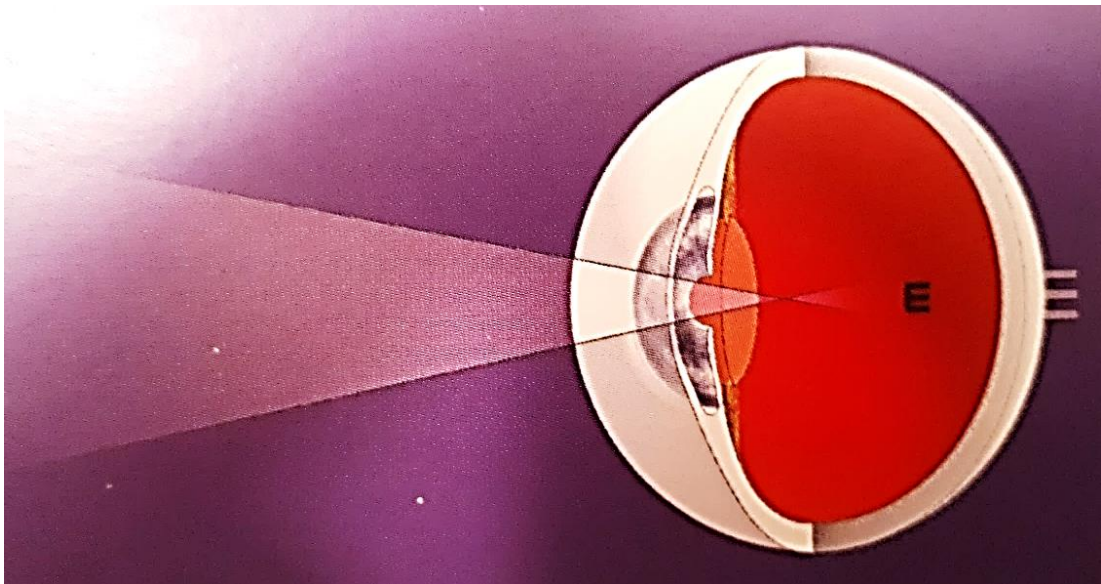
- Vrozená myopie: Je přítomna od narození a může být jednostranná nebo oboustranná. Bilaterální vrozená krátkozrakost může být spojena se šilháním.
- Jednoduchá myopie: Jedná se o nejběžnější typ krátkozrakost, vyplývá z normálních biologických změn při vývoji oka. Zvyšuje se obvykle během studia a pak zůstává stabilní. Tento typ krátkozrakost není spojen s žádnou degenerativní změnou v oku.
- Patologická myopie: V tomto případě krátkozrakost rychle postupuje a zraková ostrost se zhoršuje i se správnou korekcí. Dochází k degenerativním změnám na sítnici.
- Získaná myopie: Dochází k ní v důsledku působení různých léčiv, zvýšení hladiny glukózy, nukleární skleróze a zvýšení zakřivení rohovky.
- Pseudomyopie: Jedná se o falešný výskyt krátkozrakosti, ke které dochází v důsledku křeče akomodativních svalů. Způsobuje těžkou bolest hlavy a astenopické obtíže.

- Noční myopie: Oko má potíže vidět při nízkém osvětlení, i když ve dne je vidění normální. K tomu dochází v důsledku zvýšení citlivost na kratší vlnové délky světla. Mladší lidé jsou postiženi více než starší lidé.
- Prostorová myopie: Tento typ krátkozrakosti nastane, když jedinec nemá žádnou stimulaci pro fixaci vzdálenosti. [10]

3.2.2 Hypermetropie

Leží-li ohnisko dopadajících paprsků za sítnicí oka (viz Obr. 9), které je v klidovém stavu, jde o hypermetropii (dalekozrakost). Příčinou může být menší předozadní průměr oka – axiální (osová) dalekozrakost nebo nedostatečné zakřivení některého z lomivých rozhraní (zejm. rohovka – vrozená vada *cornea plana*, nebo důsledek úrazu) tj. křivková hypermetropie. Další skupinu představuje indexová hypermetropie, která je způsobena snížením indexu lomu čočkové tkáně. Je příčinou fyziologické hypermetropie staršího věku. [2]

Hypermetropii od +5,00 D do +6,00 D nazýváme jako „těžká hypermetropie“ a nad +6,00 D jako „velmi těžká hypermetropie“. [9]



Obrázek 9: Hypermetropické oko [15]

Typy hypermetropie:

- Axiální hypermetropie
- Hypermetropie zakřivení
- Index hypermetropie

- Axiální hypermetropie: Když je přední/zadní délka oční bulvy kratší než obvykle (normální axiální délka je 24 mm). Axiální pokles o 1 mm se projeví jako nárůst hypermetropie o +3,00 D.
- Lomivostní hypermetropie: Když je zakřivení rohovky nebo čočky plošší než obvykle. Nárůst o 1 mm ve svém poloměru zakřivení vytváří nárůst hypermetropie o +6,00 D.
- Indexová hypermetropie: Když je index lomu médií menší než normální
 - Index lomu rohovky - 1,37
 - Index lomu kortexu čočky - 1.38
 - Index lomu jádra čočky - 1,40

Klinické typy hypermetropie:

- Vrozená hypermetropie
- Jednoduchá/Vývojová hypermetropie
- Získaná hypermetropie
- Vrozená hypermetropie: Ta je vzácná. Je obvykle spojena vrozenými anomáliemi oční bulvy jako je mikroftalmus (výrazné zmenšení celého oka).
- Jednoduchá/Vývojová hypermetropie: Je to nejběžnější typ. Novorozené dítě má hypermetropii, ale s věkem se oční koule rozrůstá a hypermetropie se postupně zmenšuje. Pokud je růst oční bulvy zpomalen, pak hypermetropie přetrvává.
- Získaná hypermetropie: To běžně nastává jako afakie po vyjmutí čočky. Tato hypermetropie je obvykle vysoká kolem +10,00 D.
- Totální hypermetropie: Hypermetropie, která je pozorována po úplné paralýze akomodace, po aplikaci atropinu.
- Skrytá hypermetropie: Neprojevuje se díky normální fyziologické funkci ciliárního svalu. Tato funkce však klesá s věkem.
- Zjevná hypermetropie: Zbývající část, která není opravena normální fyziologickou funkcí ciliárního svalu. Způsobuje problémy s akomodací a astenopické obtíže. Skládá se ze dvou složek:
 1. Fakultativní hypermetropie
 2. Absolutní hypermetropie
- Fakultativní hypermetropie: Je součástí manifestní hypermetropie, která může být překonána zvýšenou aktivitou ciliárního svalu.

- Absolutní hypermetropie: je tak velkou částí manifestní hypermetropie, že ji není možné korigovat ani maximální akomodací. [10]

3.2.3 Astigmatismus

Astigmatismus je stav, při kterém nemá optický aparát oka ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost. Křivkový astigmatismus je nejčastěji rohovkový, astigmatismus indexový je např. při počínajícím zkalení čočky. [2]

Astigmatismus s vzájemně kolmými meridiány s nejmenší a největší lomivostí označujeme jako astigmatismus pravidelný (regularis). Osy hlavních meridiánů jsou nejčastěji ve vertikální či horizontální rovině. Jinak jde o astigmatismus šikmý (obliquus). V případě, že osy nejsou k sobě kolmé, jde o astigmatismus nepravidelný (irregularis). [2]

Astigmatismus od 2,00 D do 3,00 D nazýváme jako „těžký astigmatismus“. A nad 3,00 D jako „velmi těžký astigmatismus“. [9]

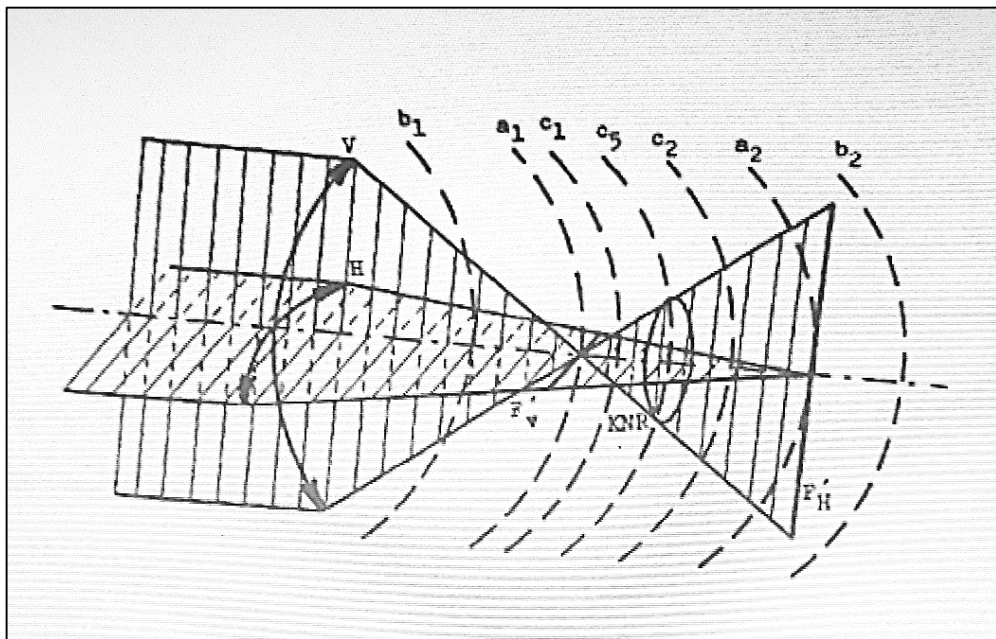
Druhy astigmatismu:

- Křivkový astigmatismus: je nejčastěji rohovkový, vzácněji je při vrozeně větším zakřivení předního a zadního pólu čočky (lentikon)
- Indexový astigmatismus: je např. u počínající kataraktě
- Fyziologický astigmatismus: tlakem horního víčka vzniká fyziologicky větší zakřivení rohovky ve svislém meridiánu (dosahuje až 1,00 D)
- Získaný astigmatismus: získané změny zakřivení rohovky bývají následkem úrazů, operací, onemocnění rohovky.
- Akomodativní (dynamický) astigmatismus: změna čočkového astigmatismu při akomodaci
- Astigmatismus pravidelný (regularis): paralelní paprsky vytvářejí místo jednoduchého bodového ohniska dvě ohniskové přímky, oddělené ohniskovým intervalem. Jeho délka určuje stupeň vady. Pravidelný astigmatismus má oba hlavní meridiány k sobě kolmé.

Dělíme jej na:

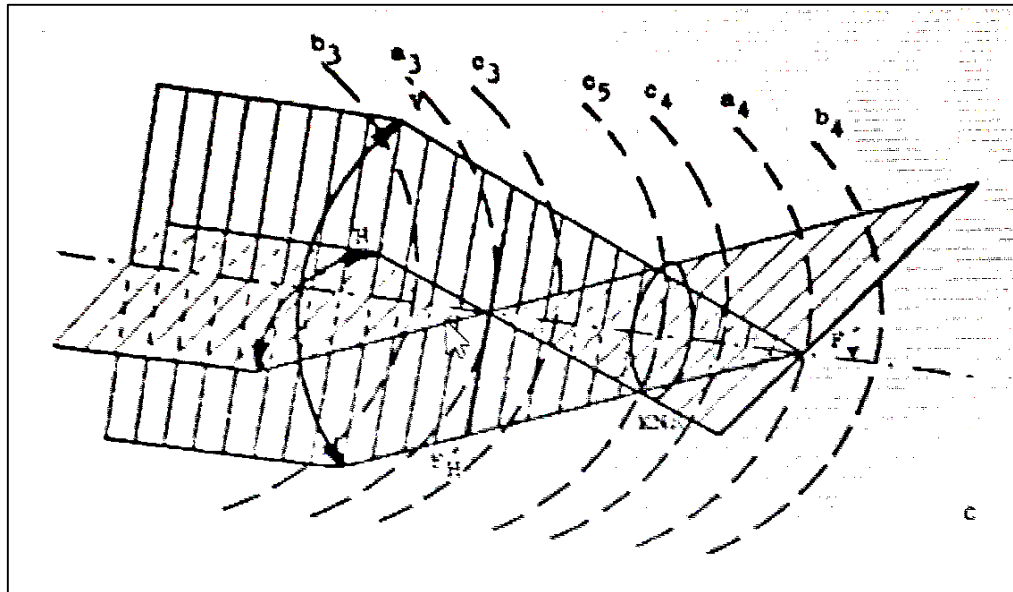
- astigmatismus jednoduchý (simplex): jeden meridián je emetropický a druhý buď myopický, nebo hypermetropický

- astigmatismus složený (compositus): oba meridiány jsou buď myopické nebo hypermetropické
- astigmatismus smíšený (mixtus): má jeden meridián myopický a druhý hypermetropický
- Astigmatismus šikmý (obliquus): leží oba meridiány šikmo, pod 45 stupni a 135 stupni. Nelze tedy určit, který meridián je horizontální a který vertikální. Má dva meridiány s maximálně odlišnou lomivostí, které však nesvírají pravý úhel.
- Astigmatismus přímý (podle pravidla): má svislý meridián více lomivý, než horizontální (viz Obr. 10).



Obrázek 10: Astigmatismus přímý [13]

- Astigmatismus nepřímý (proti pravidlu): má horizontální meridián více lomivý, než vertikální (viz Obr. 11).



Obrázek 11: Astigmatismus nepřímý [13]

a_1 = jednoduchý astigmatismus hypermetropický přímý (podle pravidla)

a_2 = jednoduchý astigmatismus myopický přímý (podle pravidla)

a_3 = jednoduchý astigmatismus hypermetropický proti pravidlu (nepřímý)

a_4 = jednoduchý astigmatismus myopický proti pravidlu (nepřímý)

b_1 = složený astigmatismus hypermetropický podle pravidla (přímý)

b_2 = složený astigmatismus myopický podle pravidla (přímý)

b_3 = složený astigmatismus hypermetropický proti pravidlu (nepřímý)

b_4 = složený astigmatismus myopický proti pravidlu (nepřímý)

c_1 = smíšený astigmatismus podle pravidla

c_2 = smíšený astigmatismus podle pravidla

c_3 = smíšený astigmatismus proti pravidlu

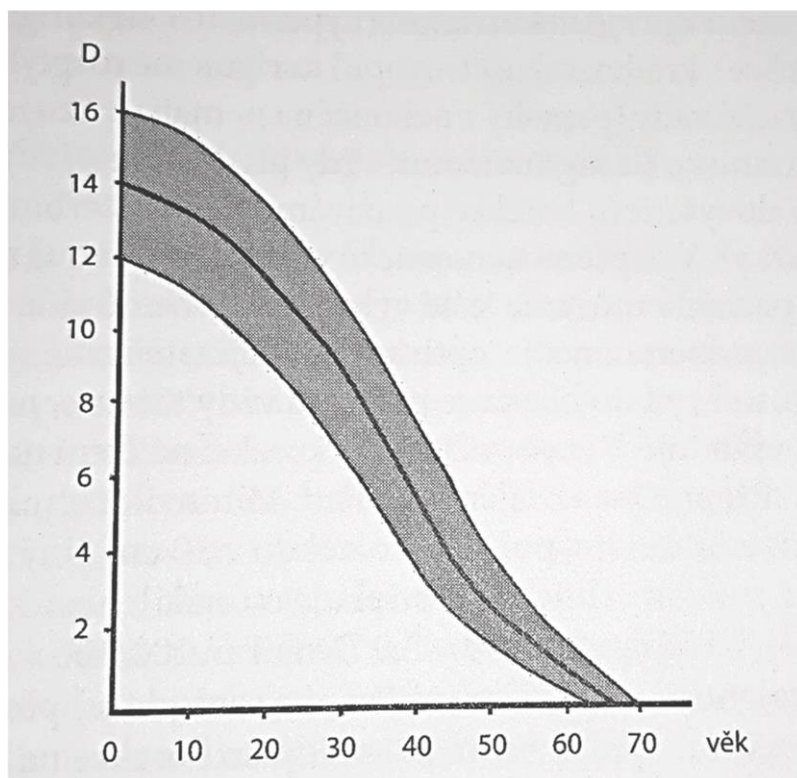
c_4 = smíšený astigmatismus proti pravidlu

c_5 = ryze smíšený astigmatismus [13]

3.2.4 Presbyopie

Ostrost zrakovou do blízka zkusíme nejčastěji na Jägerových tabulkách na vzdálenost kolem 30 cm. Vidění do blízka je závislé na správné akomodaci (schopnosti čočky vyklenout). S přibývajícím věkem této vlastnosti čočky ubývá. Dítě má čočku elasticou, maximálně ji vyklene a má tak velkou akomodační šíři, která je mezi nejvzdálenějším bodem ostrého vidění na dálku (*punctum remotum*) a nejbližším bodem ostrého vidění (*punctum proximum*). Stárnutím se blízký bod vzdaluje a schopnost akomodace z původních 14,00 D v 7 letech se do 60 let prakticky vytratí (viz obr. 12). Presbyopie (vetchozrakost) je vadou, navozenou stárnutím oka pacienta, jejímž principem je omezování až ztráta akomodační schopnosti lens crystalina, ovlivňující vidění nablízko. Začíná se u emetropa projevovat po čtyřicítce. [1,8]

Při čtení si oddaluje text, večer potřebuje přisvítit. Zpravidla, když natažené ruce „nestačí“, přichází pro brýle. Pro první brýle na čtení (30 cm) přicházejí pacienti asi v 45 letech, kdy na nejmenší text Jäger č. 1 (J. č. 1 odpovídá zhruba velikosti inzerátového tisku) předepisujeme korekci do +1,00 D, v 50 letech asi +2,00 D a v 60 letech +3,00 D. Přichází-li pacient pro brýle na čtení už po třicátém roce života, neznamená to, že by vetchozrakost nastoupila příliš brzy. Zpravidla se jedná o dalekozrakého pacienta (hypermetropa), který dosud nenosil + korekci (spojky) na dálku a neuvědomoval si, že trochu hůře do dálky vidí. Při předpisu správné korekce na dálku bude pacient s těmito brýlemi vidět dobře i do blízka, teprve po čtyřicátém roce života bude potřebovat další brýle na čtení. Základ dioptrií na dálku pak v daném věku připočítáváme ke korekci do blízka. Například šedesátiletý hypermetrop s korekcí na dálku +2,00 D bude potřebovat na čtení +5,00 D (+2,00 D na dálku a +3,00 D na akomodaci = +5,00 D). U afakických pacientů (bez čočky) činí korekce na dálku asi +11,00 D a dalších +3,00 D potřeboje pacient k nahrazení akomodace: (+11,00 D) + (+3,00 D) = +14,00 D na čtení. Krátkozrací pacienti s přibývajícím věkem při čtení brýle na dálku odkládají. Kupříkladu myop v padesáti letech: V OPL 6/6 -2,00 D a J. č. 1 nat., na blízko brýle nepotřebuje. Na dálku má -2,00 D, na čtení v 50 letech by potřeboval +2,00 D, výsledná korekce = 0,00 D. Má-li někdo astigmatickou korekci (cylindrická skla), pak ta se zpravidla celý život nemění (v mládí mohou být nižší dioptrie akomodací vyrovnávány, s ubýváním akomodace se cylindrická korekce odmaskuje) a stále doplňuje danou korekci na dálku i do blízka. Starší lidé emetropové mají korekci do blízka kolem +3,00 D a bez problémů si brýle půjčují. Je také možno nabídnout i alternativní řešení jako např. podkorigování na nedominantním oku, tzv. monovision. [1,8]



Obrázek 12: Závislost akomodace na věku [1]

4. Zrakové funkce

4.1 Akomodace oka

Světelné paprsky u emetropického oka přicházející z nekonečna se lámou do ohniska na sítnici v místě fovey. Při pozorování bližších předmětů nastává zvýšení optické mohutnosti čočky, na kterém se podílí elasticita čočky, stah ciliárního svalu a uvolnění závěsného aparátu čočky. Zvýšení optické lomivosti oka je dosaženo zvýšením předního i zadního zakřivení čočky a zvýšením její tloušťky. [5]

4.2 Binokulární vidění

Binokulární vidění je samozřejmě lepší nežli monokulární a to díky zmenšení fixačních pohybů očí a binokulární kompenzací chyb zobrazení, tj. sumací. Okohybné svaly obou očí fungují společně jako jediná koordinovaná jednotka. Schematicky se funkce očí zobrazuje pomocí kyklopského oka, které je uprostřed mezi oběma očima a na které je možné promítnout projekci obrázků předmětů na sítnici obou očí. Fixujeme-li předmět a vyskytuje-li se jiný předmět blíže, vidíme jej zkříženě a dvojité (heteronymní diplopie). Je-li tento předmět dál než fixační předmět, vzniká homonymní diplopie. Přesvědčit se o tom můžeme při zavření jednoho oka. Učiníme-li tak, pak v prvním případě se obraz bližšího předmětu bude pohybovat směrem k druhému oku. Za normálních okolností toto dvojité vidění nevnímáme. [5,19]

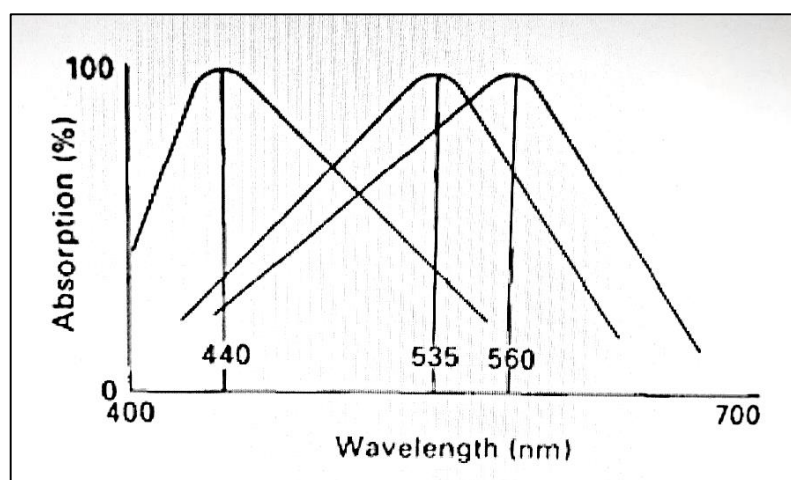
4.3 Barevné vidění

Pro lidské oko viditelné vlnové délky elektromagnetického spektra jsou mezi 400 nm a 780 nm. Uplatňují se čípky, které za dobrých světelných podmínek zajišťují barevné vidění (fotopické vidění). Lidská sítnice obsahuje asi 5 milionů čípků. Stárnutím se počet čípků nemění. Barva jakéhokoli objektu je určena vlnovými délkami emitovanými nebo odráženými od povrchu. Bílé světlo je směs vlnových délek viditelného spektra. Barva je vnímána třemi populacemi kuželových fotoreceptorů v sítnici, které jsou citlivé na světlo krátké (modré), střední (zelené) nebo dlouhé (červené) vlnové délky (viz obr. 13). [8,11]

Vrozená vada barevného vidění se projevuje, pokud chybí kuželový pigment nebo pokud existuje změna spektrální citlivosti. Proto deuteranopie, protanopie a tritanopie indikují

nepřítomnost zelené, červené a modré funkce kužele a deuteranomálie, protanomálie a tritanomálie indikují posun v odpovídající citlivosti kužele. X-chromozom nese geny kódující červený a zelený pigment, zatímco chromozom 7 nese gen modrého pigmentu. U mužů 8 % a žen 0,5 % má poruchu červeno-zeleného systému; nejběžnější je deuteranomálie, která se vyskytuje u 5 % mužů a 0,3 % žen. Poruchy Tritanu jsou vzácné. [11]

Vrozené vady barev charakteristicky ovlivňují konkrétní části barevného spektra. Získané barevné vady se vyskytují v celém spektru, ale v některých oblastech mohou být výraznější. Pro například získané onemocnění zrakového nervu má tendenci způsobovat červeno-zelené defekty. Výjimka se vyskytuje u glaukomu a autozomálně dominantní optické neuropatie, která zpočátku způsobuje převážně modro-žlutý deficit. Tyčinky mají velkou senzitivitu zvláště v modrozelené oblasti (fotopické vidění). Bylo zjištěno, že ztráta zorného pole u glaukomu je detekována dříve, pokud je perimetrie prováděna pomocí podnětu modrého světla na žlutém pozadí. Získané onemocnění sítnice má sklon způsobovat modro-žluté defekty (s výjimkou dystrofie kužele a Stargardtové choroby, která způsobuje převážně červeno-zelenou vadu). [8,11]



Obrázek 13: Citlivost fotoreceptorů na vlnové délce [11]

4.4 Rozlišovací mez oka, vizus

Důležitý parametr každé optické soustavy je její rozlišovací mez. Bod se na sítnici emetropického oka zobrazuje vlivem vlnové povahy světla jako malý difrakční kroužek. Dva body z pohledu geometrické optiky dokáže oko rozlišit, pokud mezi jejich obrazy na sítnici leží alespoň jeden neosvětlený čípek (viz Obr. 14). Vzhledem k rozměru čípku asi 0,005 mm

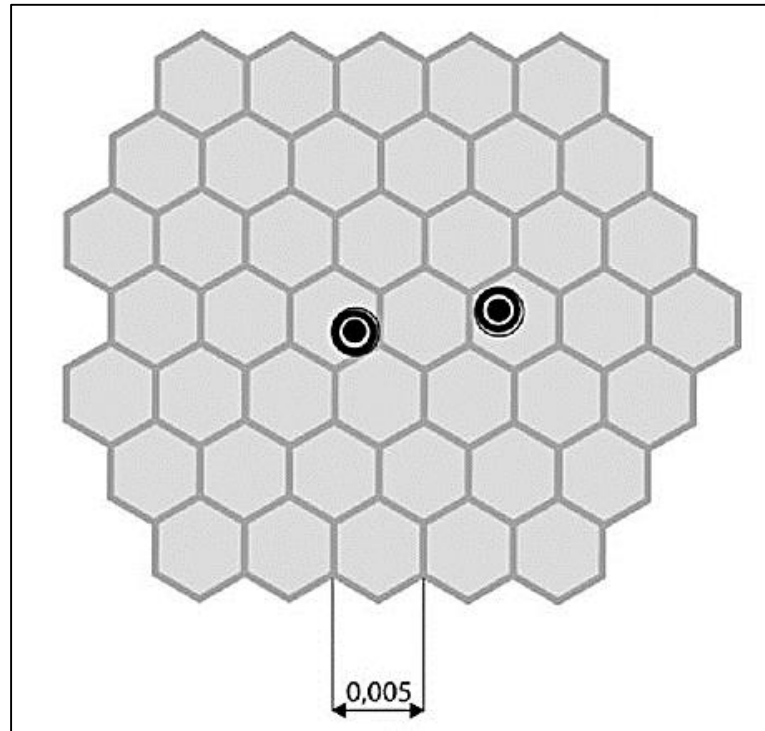
v centrální oblasti a přibližné vzdálenosti sítnice od obrazového uzlového bodu oka 17 mm (viz Gullstrandův model oka) platí pro úhlovou vzdálenost ψ_0 (úhlovou rozlišovací mez, minimum separabile) obou právě ještě rozlišených bodů relace:

$$\psi_0 = 0,005/17 \approx 0,0003 \text{ rad} \approx 1'.$$

Uvedená hodnota 1' se konvenčně užívá jako referenční hodnota při posuzování kvality vidění. Na základě pozorování zdánlivě na sebe navazujících úseček můžeme stanovit tzv. noniovou rozlišovací mez, která dosahuje hodnot 5–10". Kvalita zraku bývá obvykle hodnocena podle zrakové ostrosti, tzv. vizu (V). Vizus je definován vztahem:

$$V = \psi_0 / \psi = 1' / \psi,$$

kde parametr ψ reprezentuje skutečné úhlové rozlišení vyšetřovaného oka, které obecně závisí na podmínkách měření (jas, kontrast pozorovaného obrazce atp.). K měření vizu se v praxi používají optotypy, pozorované obvykle ze vzdálenosti 5 nebo 6 m. Jde o znaky (písmena, čísla, Landoltovy prstence) různých velikostí, u kterých je tloušťka čáry znaku rovna 1/5 jeho výšky. Znaky dané velikosti jsou obvykle uvedeny na stejném řádku. U nástěnných optotypů, které jsou konstruovány pro pevnou vyšetřovací vzdálenost, je každý řádek standardně označen číslem tak, aby zlomek s pozorovací vzdáleností (v m) v čitateli a číslem řádku ještě rozlišených znaků ve jmenovateli udával odpovídající vizus. Lze odvodit, že příslušné číslo daného řádku odpovídá vzdálenosti (v metrech), ze které by byly znaky tohoto řádku vidět pod úhlem 5' a tloušťka jejich čáry pod úhlem 1'. U projekčních optotypů bývá každý řádek přímo označen hodnotou odpovídajícího vizu ve formě desetinného čísla, vyšetřovací vzdálenost lze obvykle plynule měnit. [8]



Obrázek 14: Rozlišovací mez oka [8]

4.5 Zorné pole

Zorné pole oka představuje prostor, který můžeme okem zachytit bez změny směru pohledu. Obraz prostoru, který se vytvoří na sítnici, je poměrně velký. Je však třeba si uvědomit, že ze zorného pole zachyceného okem vidíme jen malou část ostře a okrajovými částmi se spíše jen všeobecně orientujeme. [6]

5. Objektivní refrakce

Objektivní vyšetření refrakce je důležité provádět vždy před subjektivním vyšetřením refrakce. Vyšetření je bezkontaktní a bezbolestné a odhalí objektivní refrakční stav očí. [7]

5.1 Autorefraktometr

Autorefraktometr je přístroj k měření objektivní refrakce, která je dobrým vodítkem pro následné subjektivní zhotovení brýlové korekce. Přístroj nejčastěji využívá principu rozostření kruhové značky. K dalším principům měření patří například princip skiaskopie nebo oftalmoskopu. V současné době většina autorefraktometrů umožňuje spolehlivě uvolnit akomodaci oka během měření. Tyto přístroje obsahují dva světelné svazky. Jeden světelný svazek osvětluje fixační značku, která se rozostřuje. Druhý světelný svazek je měřicí. Zde využíváme infračervené světlo, které je pro lidský zrak neviditelné, a tudíž neovlivňuje refrakční stav oka. [1,7]

Moderní automatické oční refraktometry se v posledních desetiletích značně změnily a liší se svým fyzikálně optickým, elektronickým i optometrickým pojetím. Jedno však mají společné – využívají infračervené oblasti záření kolem 880 nm, aby se vyloučilo oslnění oka vyšetřované osoby. [4]

Měření objektivní refrakce automatickým refraktometrem patří ke každodenním úkonům, které provádějí optometristé, oční lékaři a sestry na očních odděleních. Jde o činnost značně urychlující proces stanovení správné korekce. Avšak i toto, pro někoho možná až banální a jednoduché měření má svá určitá pravidla. Součástí výtisku z počítače jsou i základní údaje o keratometrii (zakřivení rohovky, astigmatické dioptrie a jejich osa), případně i sférický ekvivalent celkové korekce. [1,12]

Mezi náležitosti správného měření se řadí náležité usazení měřené osoby za přístroj. Tato osoba si položí bradu a opře čelo na opěrky k tomu určené tak, aby zevní koutek dosahoval hodnoty rysky na opěrce. Potom nastávají případy, kdy měřené osoby například odklánějí čelo od opěrky (viz obr. 15). [12]



Obrázek 15: Správná poloha hlavy (vlevo), nesprávná poloha hlavy (vpravo) [12]

5.2 Skiaskopie

Při skiaskopii očním zrcátkem odrážíme světlo ze světelného zdroje (zpravidla u hlavy pacienta), do oka pacienta. Retinoskop má již zabudovaný zdroj světla. Takto vybavujeme červený reflex od očního pozadí. Z osvětlené sítnice u emetropického oka paprsky vycházejí paralelně, u hypermetropického oka paprsky divergují a u myopického oka paprsky konvergují (čím je myopie větší, tím se paprsky protnou dříve). Pohybujeme-li zrcátkem či retinoskopem, pak v neosvětlené zornici vidíme stín, který se u hypermetropických, emetropických a myopických očí do $-1,00$ D pohybuje souhlasně s pohybem zrcátka. Znamená to, že *punctum remotum* (vzdálený bod) vyšetřovaného oka leží za vyšetřujícím, který sedí ve vzdálenosti 1 m od oka pacienta. Naopak u oka krátkozrakého se paprsky již protnuly, *punctum remotum* je mezi pacientem a vyšetřujícím, tudíž vyšetřující vidí chod stínu obráceně. Předsunutím skiaskopických lišt můžeme velikost refrakční vady zhodnotit. Takto můžeme objektivně zjistit refrakci i u miminek, je však nutné předem nakapat mydriatika (parasymptolytika: atropin, homatropin) a cykloplegií znemožnit akomodaci. [1]

6. Subjektivní refrakce

Při zahájení subjektivní refrakce používáme pro usnadnění a urychlení měření hodnoty naměřené z objektivní refrakce. Subjektivní refrakcí dosáhneme nejlepších možných výsledků, proto bychom se neměli spoléhat pouze na objektivní refrakci. [14]

Skládá se ze 4 kroků – sféra, osa cylindru, velikost cylindru, sféra. Během celého vyšetření pokládáme vyšetřovanému otázky, z pravidla s výběrem jedné z 2-3 možností. Nejčastěji se provádí na Snellenových optotypech. Necháváme vyšetřovaného číst a s řádkem, který už nepřečetl, pracujeme dále. To poskytne nejjasnější rozdíly při vkládání zkušebních čoček. [14]

6.1 Sada (soubor) zkušebních čoček (skel)

Sada zkušebních čoček představuje soubor optických čoček (v tradiční verzi zkušebních skel) v základním skříňkovém nebo zredukovaném, kufříkovém uspořádání. Se základní plnou sestavou se se setkáváme na stacionárních pracovištích, která se rutinně zabývají optometrií. Zredukovaný transportní kufřík se základním sortimentem zkušebních čoček se osvědčil zejména při domácích návštěvách pacientů, kteří jsou upoutáni na lůžko, u nemocných, nebo při hromadnějších akcích v pečovatelských ústavech (viz Obr. 16). [4]

Základní sada představuje soubor sférických čoček, tj. spojných a rozptylných čoček v párech, dále pak soubor astigmatických čoček, reprezentovaných kladnými nebo i zápornými cylindrickými čočkami a sadu prizmatických čoček. Zkušební refrakční sestava obsahuje rovněž i dva základní filtry – červený a zelený, dvojce kruhových clon o průměru 1-2-3 mm, centrovací kříže, štěrbinu o šířce 1-1,5 mm, okluzní a matové clony, Jacksonovy zkřížené cylindry o různé hodnotě, Maddoxův cylindr a lze dokoupit i dvojici prizmatických kompenzátorů, astigmatr nebo simultánní test dle Biesselse. Nepostradatelným doplňkem je astigmatická zkušební obruba v různém provedení, která umožňuje individuální přizpůsobení podle měnících se anatomických proporcí vyšetřované osoby a slouží jako univerzální nosič rodící se optické korekce očí. [4]

V základní sestavě se nejvíce osvědčil sortiment 68 párů sférických, 40 párů astigmatických a nejméně 15 párů klínových zkušebních čoček. Tento sortiment a jeho odstupňování jsou voleny tak, aby kombinováním maximálně čtyř zkušebních čoček bylo možno dosáhnout potřebného korekčního účinku. Sortiment většiny výrobců obsahuje párové sférické zkušební

čočky od +20,00 do -20,00 D, astigmatické čočky od +6,00 do -6,00 D, jakož i klínové členy od 0,50 do 10,00 až 16,00 pD. Nejčastěji se setkáváme s následujícím párovým odstupňováním:

[4]

Sférické zkušební čočky

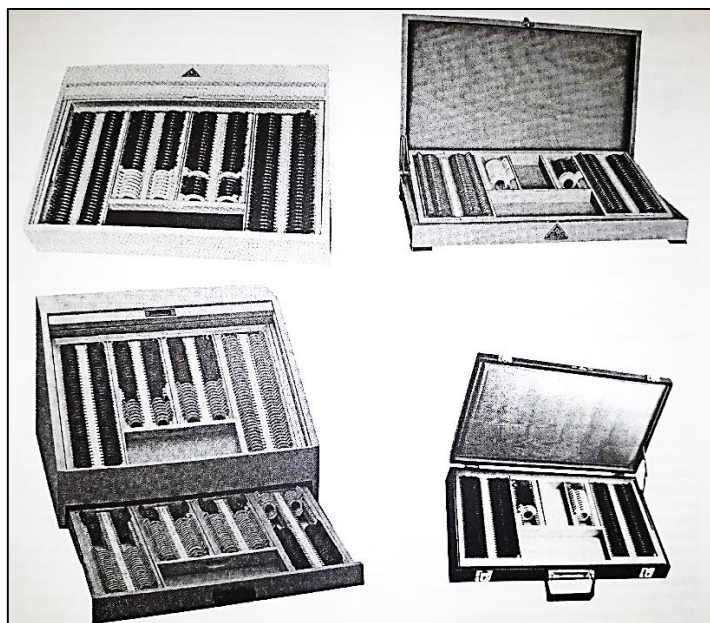
- od +/- 0,25 do +/- 4,00 D v odstupňování po 0,25 D
- nad +/- 4,00 do +/- 8,00 D v odstupňování po 0,50 D
- nad +/- 8,00 do +/- 20,00 D v odstupňování po 1,00 D

Astigmatické zkušební čočky (cylindrické čočky)

- od +/- 0,25 D do +/- 4,00 D v odstupňování po 0,25 D
- nad +/- 4,00 do +/- 6,00 D v odstupňování po 0,50 D

Prizmatické zkušební členy

- 0,50 pD
- od 1,00 do 6,00 pD v odstupňování po 1,00 pD
- od 8,00 do 16,00 pD v odstupňování po 2,00 pD



Obrázek 16: Sady zkušebních čoček [4]

6.1.1 Clony a filtry

Další součástí sady zkušebních skel jsou různé druhy clon. Plné černé okluzní clony slouží pro zakrytí jednoho oka při monokulárně vedené refrakční zkoušce. Doporučuje se

však nyní spíše užívat clony v provedení s matovým sklem, které propouštějí světlo, abychom méně ovlivnili světelnou bilanci před okem a jeho adaptační poměry, ale současně dané oko z procesu vidění vyloučili. [4]

Pro optimální průběh refrakční zkoušky má zásadní význam i pečlivé a přesné ustavení středů kulatých očnic astigmatické zkušební obruby před středy zornic obou vyšetřovaných očí v základním postavení do dálky nebo blízka, podle typu korekce, o kterou usilujeme. Splnění tohoto zásadního požadavku lze napomáhat vložением centrovacího nitkového kříže. Při justáži zkušebních brýlí s jeho pomocí je nutno se vyvarovat paralakčních odchylek. Nejlépe se proto osvědčuje klasická Viktorinská metoda, kdy se vyšetřující dívá monokulárně vždy do protějšího oka vyšetřované osoby. Statickým rozbořem je možno dokázat, že takto dosažené výsledky jsou dostatečně přesné. [4]

Je možno též používat dvou plných clon s malým centrálním otvorem, tzv. stenopeických clon. Pokud se oběma clonami kulatě ohraničené oblasti zorných polí slijí do vjemu, který je rovněž kulatě ohraničený, je možno považovat vycentrování obou očnic za optimální. [4]

Otvůrkové (stenopeické) clony je možno úspěšně využívat i pro odhalení amblyopie (tupožrakosti). Pokud ani po jejich předsazení v řádně vycentrované očnici nedojde u vyšetřovaného bez korekční čočky ke zlepšení zrakového výkonu, je možno považovat oko za tupožraké. Naopak, pokud se zlepšení vizu po předřazení stenopeických clon dostaví, znamená to, že určení hodnot rodičího se korekčního předpisu neprobíhalo z různých důvodů řádně a optimálně. V takovém případě je vhodné vrátit se v refrakční zkoušce tam, kde mohlo dojít k chybě. [4]

Štěrbinová clona se využívala k subjektivnímu určení korekčních hodnot očního astigmatismu tzv. *štěrbinovou metodou*. Vzhledem k nízké kvalitě dosahovaných výsledků se však tato metoda již neužívá. Spíše teoreticky ji lze uplatnit při vyhledání upřednostňovaného *hlavního řezu*, např. u nepravidelného astigmatismu. Vhodnější formou korekce je však v takovýchto případech aplikace kontaktních čoček. [4]

Červené a zelené filtry se používají u více druhů anaglyfních testů do dálky a blízka, při vyšetřování okohybných anomálií, odlišení zrakových vjemů při diplopii atd. [4]

Stále častěji se nyní uplatňují též polarizační filtry v podobě ruční binokulární předsádky, které lze používat s konvenční orientací polarizačních os před pravým (levým)

okem ve 45° (135°). Lze je však též sklopně a odnímatelně upevnit na astigmatické zkušební obrubě. [4]

6.1.2 Astigmatická zkušební obruba

V podstatě se jedná o účelový univerzální nosič zjišťované korekce (viz Obr. 17) v různých variantách. [4]

Astigmatická zkušební obruba je z pevné nosné části P , po které se posuvně pomocí diferenciálního šroubového spojení E pohybují obě kulaté očnice C . Jejich polohu lze navíc s požadovanou milimetrovou přesností odečítat na vestavěném měřítku. U levnějších zkušebních obrub je pro posuv těchto očních po nosném příčnicku použit jen přitlačný šroub. [4]

Obě očnice jsou opatřeny obvykle čtyřmi pérovými přichytkami D (tři vpředu a jedna až dvě vzadu) pro objímky vkládaných refrakčních skel a je možno jimi otáčet pomocí pastorků A s aretací B , aby se vyhovělo potřebám při vkládání astigmatických či klínových skel, což je praktické zejména při pojištění pracně dohledané osy cylindru u astigmatické korekce. Levnější verze je řešena opět úsporně pomocí přitlačné lišty, ovládané šroubem, který slouží zároveň jako držátko pro ovládání rotačního pohybu pérových očních. [4]

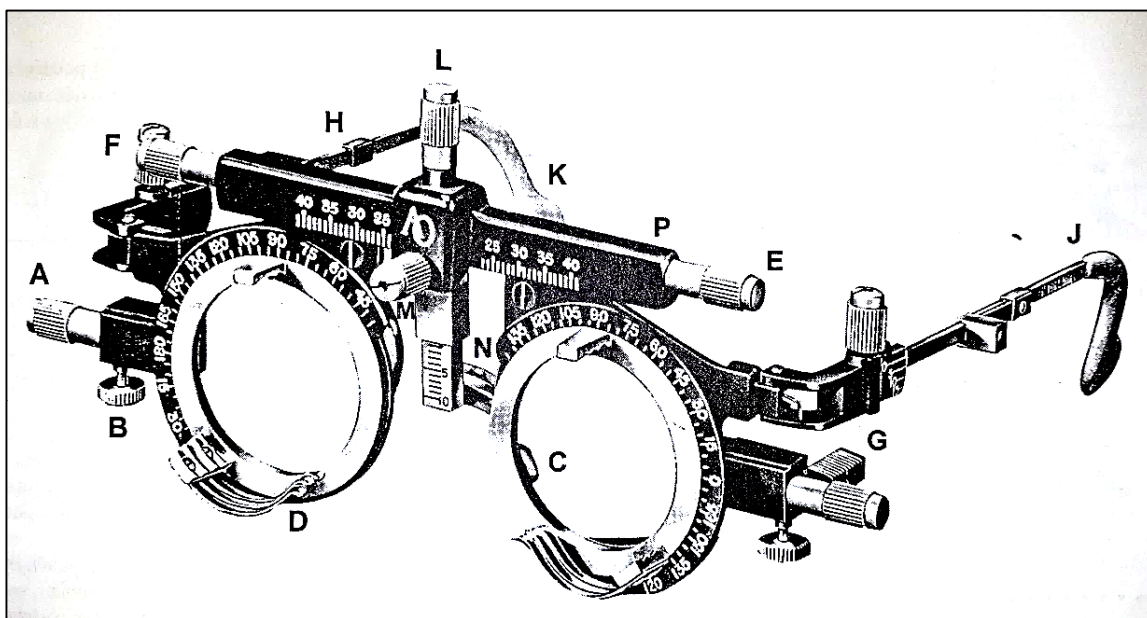
Ve všech případech se uplatňují točítka s rýhovanou nebo jinak vhodně povrchově upravenou hlavou, aby se zlepšily frikční poměry při ovládání prsty. Rovněž i poloha opěrné části sedla nosníku N je stavitelná vůči středům zornic měřených očí v základní poloze, tj. při pohledu přímo před sebe. Lze ji ustavit výškově pomocí dalšího diferenciálního šroubu L , i v předozadním směru pomocí odpérované stavěcí, resp. třecí aretace ovládané šroubem M , v její kloubové části. I zde se levnější zkušební obruby uspokojí s jednodušším přitlačným řešením pomocí jediného šroubu, který působí přímo proti dělenému rotačně-suvnému čepu nosníkové partie. [4]

Předozadní polohu vložených korekčních skel lze pak s dostatečnou přesností odečítat na stupnici G , orientované kolmo na rovinu simulovaného brýlového středu. Kvalitní astigmatické zkušební obruby umožňují též individuální stranové nastavení inklinace F . Lze tak zúročit snahu o přesné ustavení očních zkušebních obrub při individuálních asymetriích konkrétních částí obličejové partie, výškově odlišném uložení očí, vnějšího ušního boltce atd. V souladu s typem korekce, její hodnotou a proměnnými anatomickými a

fyziologickými poměry u daného člověka lze volit optimální inklinaci a navodit tak od počátku reálné poměry, jaké budou působit při výsledné korekci v brýlové obrubě. [4]

Kloubově přípojné stranice jsou u kvalitnějších obrub vybaveny konstantním přitlakem ve značném rozsahu, což je výhodné při nasazování a fixování zkušebních brýlí. [4]

Délku stranic je možno odečítat na stupnici *J*. Lze ji kluzně měnit podle potřeby a doplnit aretací, pojištěnou odpéroványými kuličkami v oblasti *H*. Stranice jsou opatřené umělohmotnou koncovkou *K* ve tvaru, který zajišťuje potřebnou stabilitu celé obruby. Levnější verze stranic řešeny formou pérových spánkových stranic s regulovaným šroubovým přitlakem bez klasické koncovky za ušní boltec. Jejich stabilita, možnosti přesného justování a obslužný komfort jsou poněkud nižší. [4]



Obrázek 17: Astigmatická zkušební obruba [4]

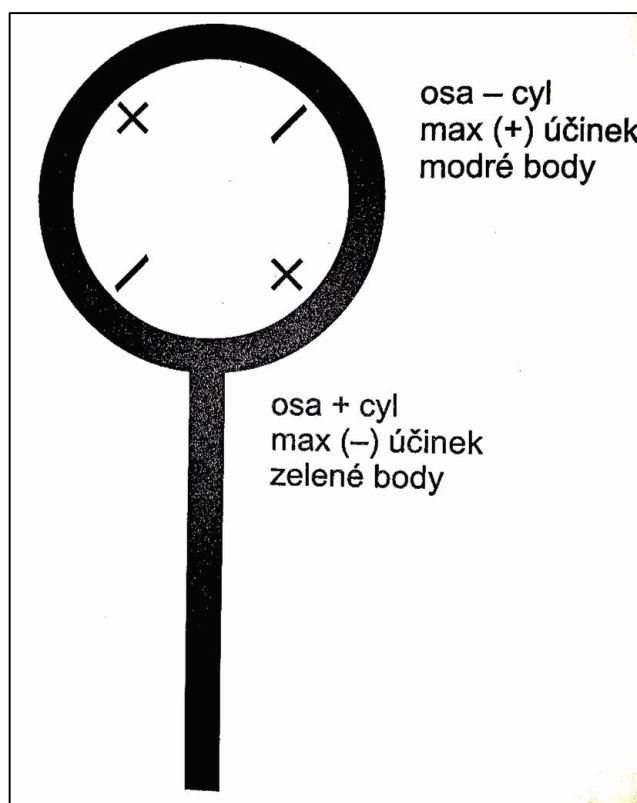
6.1.3 Jacksonovy (zkřížené) cylindry

Nejpřesnější, dostatečně rychlá, minimálně náročná na speciální vybavení a nejvíce rozšířená ve světě je při určování parametrů astigmatických očí metoda Jacksonových cylindrů (JC), označovaná též jako metoda zkřížených cylindrů. Jedná se opět o subjektivní vyšetřovací metodu, která používá Jacksonovy cylindry ze souboru zkušebních čoček. Pokud se navíc správně aplikuje, způsobí, že se bude stupeň zrakové ostrosti plynule zvyšovat až do optimální hodnoty, v souladu s postupně optimalizovanou korekcí. [4]

Je to dáno i tím, že výchozím aplikačním stavem po optimální sférické korekci není složený myopický astigmatismus jako u předešlé zamlžovací metody, ale vizuálně nejpriznivější situace s optimální sférickou složkou v podobě (ryze) smíšeného astigmatismu. Tuto situaci lze navodit z každé jiné formy očního astigmatismu aplikací vhodného sférického členu. Vychází se přitom z předpokladu, že se oko automaticky nastavuje na kroužek nejmenšího rozptylu (KNR), který je místem relativně nejkvalitnějšího zobrazení v pravidelné astigmatické figuře Sturmova konoidu a nachází se v něm zhruba uprostřed. [4]

Jacksonovy cylindry tvoří dvojice navzájem kolmých plan-cylindrů v hodnotách $\pm 0,25$; $\pm 0,50$; eventuálně $\pm 1,00$ D, uložených v kulaté objímce, s kulatým nebo čtvercovým profílem držátka (viz Obr. 18). [4]

Spojnice kladných, resp. záporných znamének představuje osu stejnojmenného cylindru. U Jacksonových cylindrů ze sady zkušebních čoček od jiných výrobců jsou tato klasická znaménka nahrazena dvojicemi barevných teček, nejčastěji v souladu s barevným označením objímek stejnojmenných plan-cylindrů ze sady zkušebních skel. Držátko je umístěno tak, aby symetricky půlilo směry os těchto uvedených plan-cylindrů. [4]



Obrázek 18: Jacksonův zkřížený cylindr [4]

7. Experimentální část (výsledky)

Experimentální část této práce je zaměřena na samotné měření a výzkum. Jsou zde zaznamenány a graficky znázorněny hodnoty nejvyšších dosažených hodnot vízu pro tři typy optotypů, naměřené nezávisle na sobě. Prvním optotypem je klasický Snellenův optotyp, který za testové znaky využívá vybraná velká tiskací písmena abecedy. Vybranými písmeny se rozumí písmena mezinárodní abecedy, která je shodná s anglickou abecedou. Nenajdeme zde proto písmena s háčky (Č, Ď, Ň, Ř, Š, Ť, Ž), čárkami (Á, É, Í, Ó, Ú, Ý) a spřežky (CH). Druhým je optotyp se znaky v podobě Pflügerových háků, tedy znaku připomínajícího velkého tiskacího E ve čtyřech základních polohách – vpravo, vlevo, nahoře, dole. Třetím a posledním je optotyp, který vízus měří pomocí Landoltových kruhů, tedy znaku, který připomíná velké tiskací C. To je natočené do jedné z osmi možných poloh - 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°.

Součástí práce je také výzkum, hodnotící faktory a podmínky během vyšetření. Tabulky a grafická zobrazení zde znázorňují nejen spokojenost a obtížnost vyšetření z pohledu vyšetřovaných osob, ale také problematiku kontroly a pocity z vyšetřovaných osob během vyšetření z pohledu vyšetřujícího. Hodnocení je formou známek jako ve škole (1 = nejlepší/žádné problémy, 5 = nejhorší/velké problémy).

Aby byl vyšetřovaným osobám poskytnut co nejlepší přehled o tom, co přesně hodnotí a jak to mají hodnotit (kde se nachází hranice mezi známkami), probíhala tato klasifikace formou dialogu mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím. Tak mohlo být vynaložené maximální úsilí pro nejpřesnější výsledky výzkumu. Přesné znění částí výzkumu, které byly hodnoceny vyšetřovanými osobami, kritéria pro hodnocení a samotné výsledky jsou zaznamenány na následujících stránkách.

Části hodnocené z pohledu vyšetřujícího vycházely především z jeho pocitů a názorů během měření. Hodnotily nejen měření, ale i samotné vyšetřované osoby. Obdobné zobrazení těchto výsledků je také součástí této kapitoly na následujících stránkách.

Motivací je ověření, zda Snellenův optotyp je skutečně nejvhodnější a nejpřijatelnější pro obě strany. Nejen pro měření zrakové ostrosti, ale také z hlediska přijetí vyšetřovanými osobami a kvalitou kontroly naměřených hodnot vyšetřujícím. Porovnáván proto bude s Pflügerovými háky a Landoltovými kruhy pro následující hypotézy:

Hypotéza 1: Na hladině významnosti 5 % je Snellenův optotyp přesnější než ostatní optotypy.

Hypotéza 2: Na hladině významnosti 5 % je Snellenův optotyp z hlediska práce, kontroly a komunikace mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím přijatelnější a vhodnější než ostatní optotypy.

7.1 Přehled vyšetřovaných osob

Následující tabulka (viz Tab. 1) zobrazuje počet, pohlaví a rok narození osob, jejichž naměřené hodnoty vízu a hodnocení průběhu vyšetření byly použity pro tuto práci.

Tabulka 1: Přehled vyšetřovaných osob

Osoba	Pohlaví	Rok narození
1	Ž	2002
2	M	1999
3	Ž	1998
4	Ž	1997
5	M	1997
6	Ž	1995
7	Ž	1992
8	M	1992
9	M	1990
10	Ž	1988
11	M	1986
12	Ž	1985
13	Ž	1984
14	M	1982
15	M	1982
16	Ž	1981
17	Ž	1976
18	Ž	1971
19	M	1971
20	Ž	1967
21	Ž	1961
22	Ž	1958

Původním záměrem této práce pro získání kvalitnějších a přesvědčivějších výsledků bylo zpracování výsledků minimálně od 50 osob. Z důvodů zvláštních vládních opatření proti šíření onemocnění Covid 19 se však bohužel podařilo získat výsledky pouze od 22 osob, z toho 14 žen a 8 mužů. Cílem nebylo jen získání dat od co možná nejvíce lidí, ale ohled byl brán také

na věkové rozmezí vyšetřovaných osob. Důvodem byla možnost nalezení souvislosti věku s naměřenými hodnotami vízu a hlavně s výzkumem průběhu vyšetření na jednotlivých typech optotypů. Roky narození vyšetřovaných osob se tak pohybují v rozmezí 1958 – 2002, stáří vyšetřovaných osob je tedy 18 – 62 let.

7.2 Naměřené hodnoty vízu

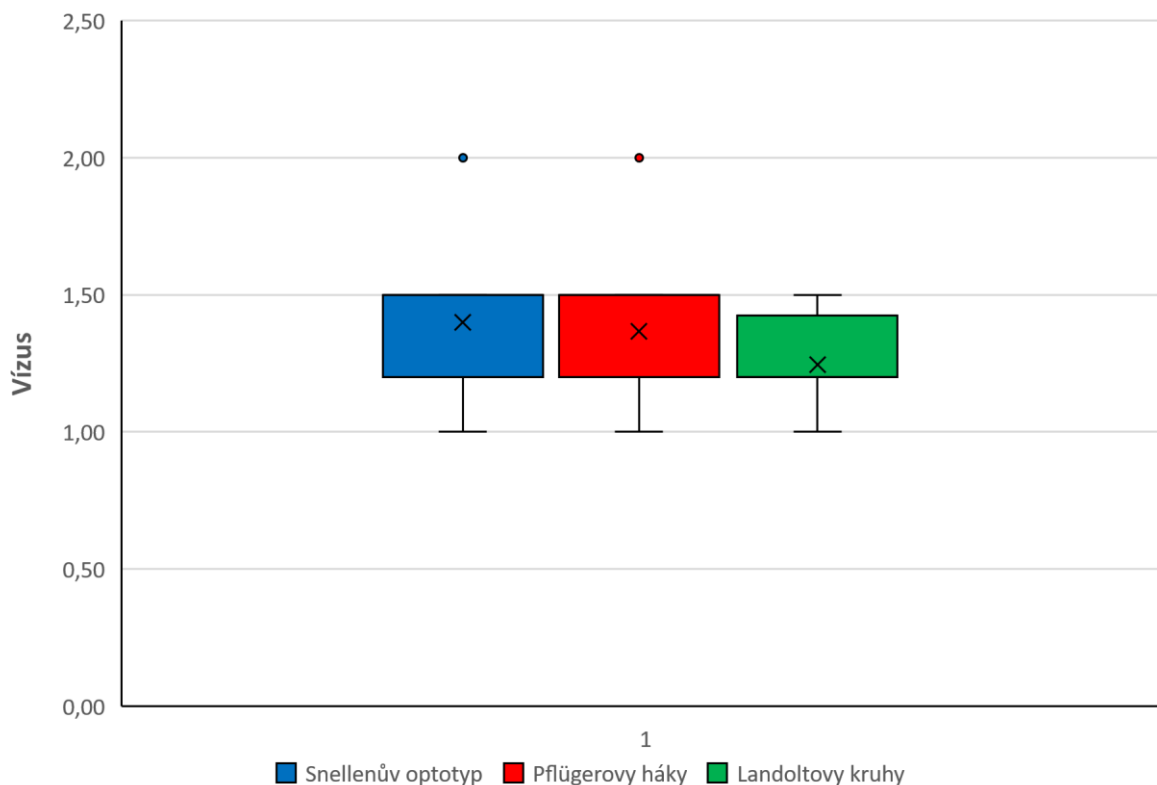
Hlavním důvodem, proč si lidé nechávají vyšetřit zrak je, že chtějí vidět co nejlépe do všech vzdáleností. Optometristé a oftalmologové proto dělají vše, co mohou, aby vyšetřovaným osobám toto přání splnili. Míru úspěšnosti udává vízus, číslo nejmenšího řádku optotypu, který vyšetřovaná osoba je schopná ještě přečíst. Čím vyššího visu je dosaženo, tím vyšší bude kvalita zraku a spokojenost vyšetřované osoby.

Měření hodnoty vízu u každé vyšetřované osoby probíhalo nejdříve na klasickém Snellenově optotypu, následně na Pflügerově hácích a nakonec na Landoltových kruzích. Každá osoba tak byla naměřena celkem třikrát. V tabulce níže (viz Tab. 2) jsou zaznamenány nejvyšší hodnoty vízu, kterých při vyšetření bylo na jednotlivých typech optotypů dosaženo po sférocyklindrické korekci. Výsledky u Snellenova optotypu a Pflügerových háků byly takřka totožné. V jednom případě (Osoba č. 2) byl dokonce na Pflügerových hácích naměřen lepší vízus než na Snellenově optotypu. V případě Landoltových kruhů v porovnání se zbývajícími dvěma typy optotypů docházelo k zhoršení častěji, zejména u osob s hodnotou cylindru vyšší než 1,00 – 1,25 D.

Tabulka 2: Přehled naměřených hodnot vízu

Osoba	Pohlaví	Rok narození	Snellenův optotyp	Pflügerovy háky	Landoltovy kruhy
1	Ž	2002	1,50	1,50	1,50
2	M	1999	1,20	1,50	1,20
3	Ž	1998	2,00	2,00	1,50
4	Ž	1997	1,50	1,50	1,20
5	M	1997	1,50	1,50	1,20
6	Ž	1995	1,20	1,20	1,20
7	Ž	1992	2,00	1,50	1,50
8	M	1992	1,20	1,20	1,20
9	M	1990	1,50	1,50	1,20
10	Ž	1988	1,50	1,50	1,50
11	M	1986	1,50	1,50	1,20
12	Ž	1985	1,50	1,50	1,20
13	Ž	1984	1,20	1,20	1,20
14	M	1982	1,50	1,50	1,50
15	M	1982	1,50	1,50	1,50
16	Ž	1981	1,20	1,20	1,20
17	Ž	1976	1,20	1,20	1,00
18	Ž	1971	1,20	1,00	1,00
19	M	1971	1,20	1,20	1,00
20	Ž	1967	1,50	1,20	1,20
21	Ž	1961	1,00	1,00	1,00
22	Ž	1958	1,20	1,20	1,20

Grafické znázornění (viz Obr. 19) zobrazuje rozmezí, ve kterém se pohybovaly naměřené hodnoty vízu pro jednotlivé typy optotypů při nejlepší sférocylické korekci. V ideálním případě by rozmezí měla být shodná, ale jak už ukázala předchozí tabulka (viz Tab. 2), drobné odchylky tu zaznamenány jsou.



Obrázek 19: Naměřené hodnoty vízu

7.3 Pohodlí vyšetřované osoby během měření

První složkou výzkumu, kterou hodnotili vyšetřované osoby je pohodlí během vyšetření. Nejedná se však například o hygienické podmínky vyšetřovací místnosti, kvalitní a správně seřízenou zkušební obrubu nebo profesionální a ohleduplný přístup vyšetřujícího, protože to vše by mělo být samozřejmostí. Tato část výzkumu byla zaměřená na případnou problematiku vyšetřovaných osob s formulací odpovědí toho, co vidí, tedy čtením řádků optotypu nahlas. Cílem tak je zjištění, zda se vyšetřované osoby budou ve svých odpovědích zadržávat, přerhávat nebo dokonce měnit typ odpovědí. Je důležité zmínit, že tato část výzkumu není zaměřena na dobu, která je potřeba na rozeznání například polohy Pflügerova háku v poloze vpravo/vlevo, ale na čas, který uplyne mezi rozeznáním této polohy a vyslovením této polohy nahlas. Výchozí známkou tedy je schopnost rychlé orientace v písmenech, vpravo/vlevo, stupních atd.

V případě Pflügerových háků je zaměření hlavně na prohazování polohy vlevo/vpravo, případně nahore/dole; přeskakování určování polohy podle jedné svislé čáry/tří vodorovných

čar; nebo zda dokonce bude pro vyšetřovanou osobu udávat polohu podle orientace ve vyšetřovací místnosti/udávat polohu pomocí modelu písmene E v ruce.

U Landoltových kruhů je zaměření podobné jako u Pflügerových háků, tedy převážně na upřednostňování udávání poloh ve stupních/hodinách, případně jejich kombinací nebo jinou alternativní cestou (pomocí prstů/rukou). Důraz je opět kladen také na orientaci pomocí výseče/kruhové části písmene C.

Tabulka 3: Přehled hodnocení pohodlí vyšetřovanými osobami

Osoba	Pohlaví	Rok narození	Snellenův optotyp	Pflügerovy háky	Landoltovy kruhy
1	Ž	2002	1	2	2
2	M	1999	1	1	1
3	Ž	1998	1	1	1
4	Ž	1997	1	1	1
5	M	1997	1	1	1
6	Ž	1995	1	2	2
7	Ž	1992	1	1	1
8	M	1992	1	2	2
9	M	1990	2	1	2
10	Ž	1988	1	2	2
11	M	1986	1	2	2
12	Ž	1985	1	2	2
13	Ž	1984	2	2	3
14	M	1982	1	1	1
15	M	1982	1	1	1
16	Ž	1981	1	3	2
17	Ž	1976	1	1	1
18	Ž	1971	1	2	2
19	M	1971	2	2	2
20	Ž	1967	1	2	2
21	Ž	1961	2	3	3
22	Ž	1958	1	1	2

V tabulce výše (viz Tab. 3) jsou zaznamenány známky, které každá vyšetřovaná osoba udělila jednotlivým typům optotypů. Udělené známky jsou převážně jedničky a dvojky, ve dvou případech se objevila i trojka. Čtyřka a pětka se zde neobjevila. Jednalo by se o případy již zdoluhavého až nemožného vyšetření.

1 = nebyl sebemenší problém, vše se dalo ihned v pořádku vyslovit.

2 = drobné zádrhely, občas potřeba více času na orientaci vpravo/vlevo, ...

V případě Snellenova optotypu se s největší pravděpodobností jednalo o záměnu s následující částí výzkumu, nicméně tyto osoby na svém hodnocení trvali. U Pflügerových háků a Landoltových kruhů se převážně jednalo o delší dobu pro orientaci a přeroky s následnou opravou.

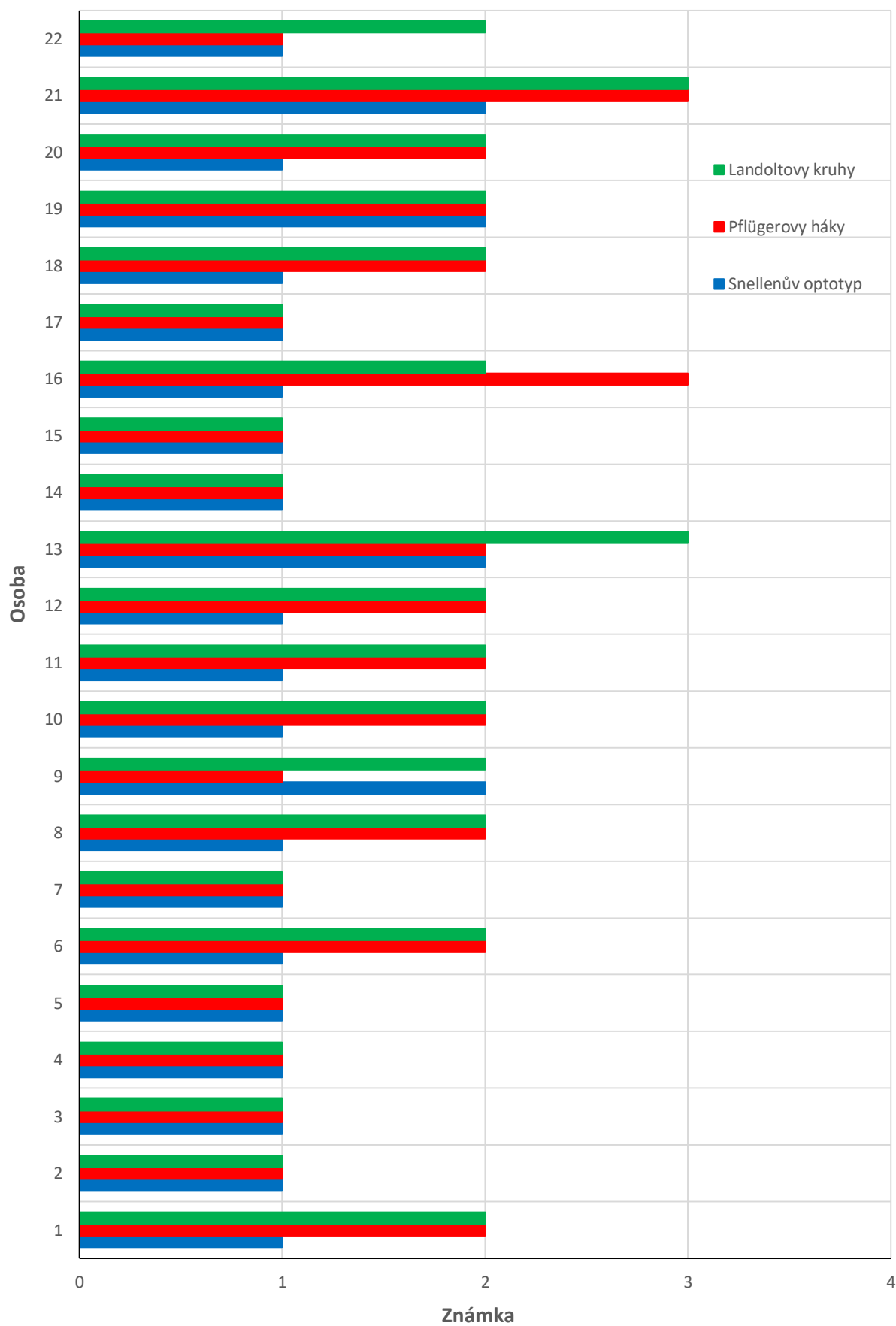
3 = poměrně obtížné vyšetření, častější zadržávání, problematictější orientace.

U Pflügerových háků bylo časté zaměňování polohy vpravo/vlevo, proto se vyšetření dokončilo v udávání poloh pomocí hodin (3, 6, 9, 12), které se pak zachovalo i u vyšetření na Landoltových kruzích a zbylé čtyři polohy byly udávány formou „mezi“ (mezi 3 a 6,...). Landoltovy kruhy obdržely toto hodnocení kvůli obtížnějšímu popisování poloh pomocí stupňů.

4 = obtížné vyšetření, časté zadržávání, nepopsatelnost nějakých znaků, nepříjemné měření.

5 = nelze popsat většinu znaků, obtěžující měření.

Grafické znázornění obdržených známek podle Tabulky 3 a jejich výchylek od ideální známky 1 znázorňuje graf níže (viz Obr. 20).



Obrázek 20: Hodnocení pohodlí vyšetřovaných osob při měření

7.4 Znaky optotypů

Druhou částí výzkumu hodnocenou vyšetřovanými osobami jsou znaky využívané jednotlivými typy optotypů. Jedná se o část výzkumu zdánlivě podobnou části předchozí. Tato je však zaměřena na problematiku rozlišení jednotlivých znaků v řádku optotypu – rozlišovací schopnosti. Zatímco předchozí část cílila na schopnost vyšetřovaných osob správně a bezproblémově formulovat, co vidí, tato část se soustředí na fakt, zda vyšetřované osoby vůbec vidí daný znak.

Snellenův optotyp bývá obecně nejvíce problematický u skupiny znaků s kruhovými prvky (B, C, D, O, P, R, ...) a také u znaků podobného vzhledu (U/V, V/Y, B/D, ...). Pflügerovy háky a Landoltovy kruhy by měly představovat problém s rozlišovací schopností na celém řádku, v případě Landoltových kruhů by tyto problémy měly nastat nejdříve (na nejvyšším řádku optotypu).

Tabulka 4: Přehled hodnocení znaků optotypů vyšetřovanými osobami

Osoba	Pohlaví	Rok narození	Snellenův optotyp	Pflügerovy háky	Landoltovy kruhy
1	Ž	2002	1	2	2
2	M	1999	1	1	1
3	Ž	1998	1	1	1
4	Ž	1997	1	1	2
5	M	1997	1	1	1
6	Ž	1995	1	1	2
7	Ž	1992	1	1	2
8	M	1992	1	2	2
9	M	1990	1	1	2
10	Ž	1988	1	1	2
11	M	1986	1	2	2
12	Ž	1985	1	2	2
13	Ž	1984	1	1	2
14	M	1982	1	1	1
15	M	1982	1	1	1
16	Ž	1981	1	1	3
17	Ž	1976	1	1	2
18	Ž	1971	1	2	2
19	M	1971	1	1	2
20	Ž	1967	1	1	1
21	Ž	1961	1	2	2
22	Ž	1958	1	2	3

Podle známek udělených vyšetřovanými osobami (viz Tab. 4) je opět patrná převaha jedniček a dvojek, ale i zde se vyskytl pár trojek.

1 = použité znaky vyhovovaly, rozeznat se daly ihned, žádný problém.

2 = drobné problémy s rozlišením, potřeba více času, horší čitelnost některých znaků.

U všech osob, které dali toto hodnocení Pflügerovým hákům se poslední 1-2 řádky optotypu hůře odlišovaly polohy vpravo a vlevo. Landoltovy kruhy byly problémem v podobě kruhů bez výseče, případně s nerozhodností s výsečí v protilehlých polohách (například 3 a 9).

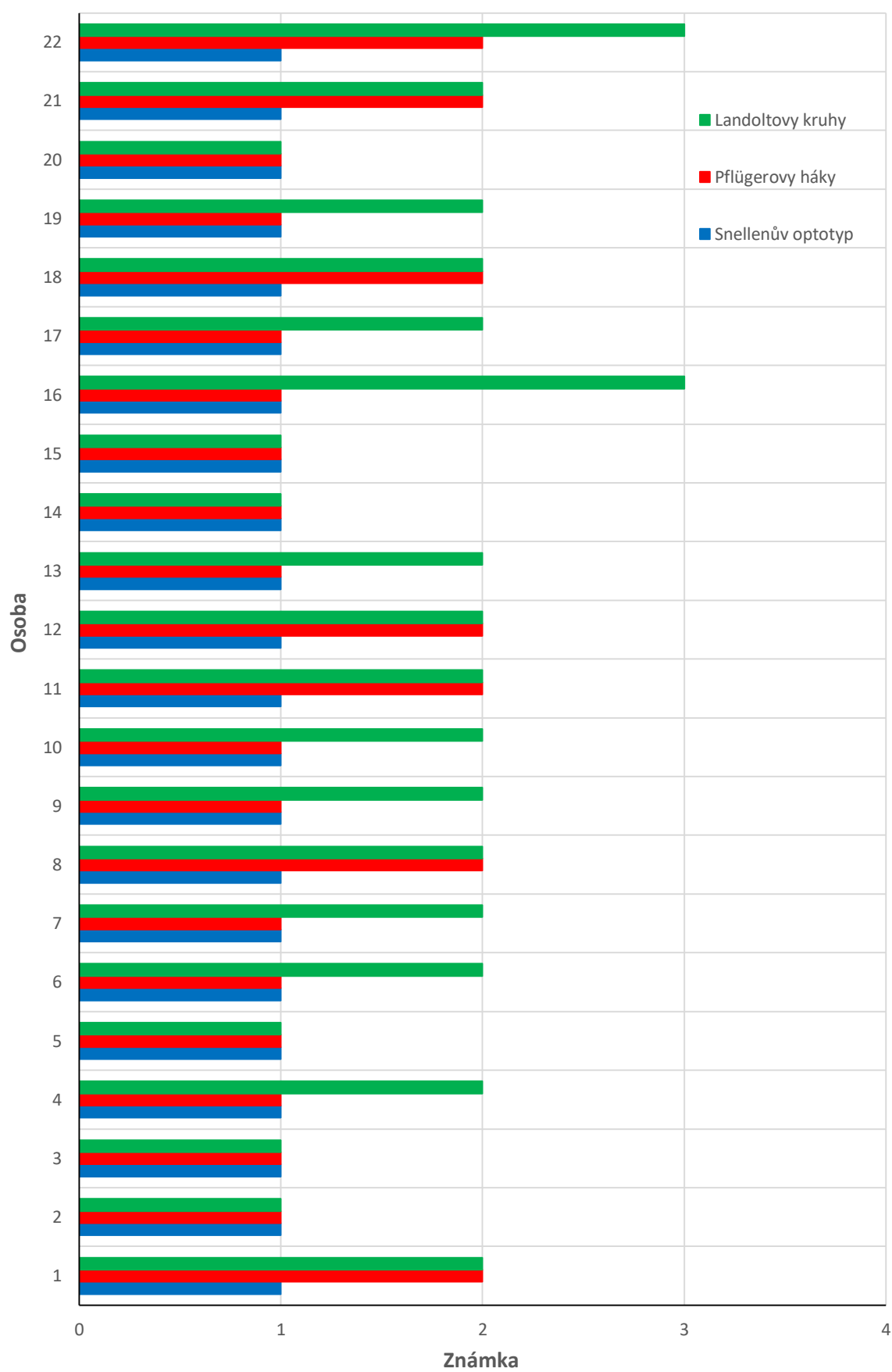
3 = častější problémy s rozlišením, nečitelnost několika znaků, případně řádků.

U jedné osoby údajně docházelo k pocitu měnících se poloh, pocitu, že některé znaky jsou v pohybu a neustále mění polohu.

4 = časté problémy s rozlišením, nelze rozeznat většinu znaků, nepříjemné měření.

5 = velmi časté problémy s rozlišením, obtěžující měření.

Známky udělené vyšetřovanými osobami v grafickém znázornění zobrazuje následující graf (viz Obr. 21).



Obrázek 21: Hodnocení znaků optotypů vyšetřovanými osobami

7.5 Školení vyšetřujícím

Poslední částí výzkumu, která je hodnocena vyšetřovanými osobami je jejich spokojenost a pochopení vysvětlení vyšetřujícím, jak při měření na jednotlivých typech optotypů číst jednotlivé znaky. Jedná se tedy o hodnocení vyšetřujícího a jeho schopnosti jim vysvětlit a tím co nejvíce ulehčit měření na každém typu optotypu.

U Snellenova optotypu nebyla problematika očekávána z důvodu celoživotního využívání a dobré znalosti abecedy a ve většině případů i zkušeností vyšetřovaných osob s tímto optotypem.

Na Pflügerovy háky bylo vyšetřovaným osobám doporučeno odpovídat v pohledových směrech (vpravo, vlevo, nahore, dole), podle hodin (3, 6, 9, 12), podle orientace ve vyšetřovací místnosti (dveře, stěna, strop, podlaha), případně jim byl nabídnut model písmene E pro jeho natáčení v ruce. Výběr byl ponechán na vyšetřovacích osobách, aby si vybrali způsob, který jim bude nejvíce vyhovovat a činit nejmenší problémy. Důraz byl také kladen na zachování jedné ze dvou možných orientací podle písmene E po celou dobu měření. To znamená buď podle místa, kde se nachází jedna dlouhá čára (E = vlevo), nebo podle směru, do kterého vybíhají tři krátké čáry (E = vpravo).

Landoltovy kruhy se v tomto ohledu pokládaly za nejvíce problematické. Důvodem je celkem osm možných poloh znaku ve tvaru C. Pro zajištění, co největšího přizpůsobení vyšetřujícího zde byly nabízeny i možnosti pro toto měření ne příliš používané. Například podle světových stran (S, SV, V, JV, J, JZ, Z, SZ) nebo rukou, případně prstů. Další používanější možnost byly stupně (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°) a hodiny (1:30, 3, 4:30, 6, 7:30, 9, 10:30, 12). Co se týče orientace znaku C, důraz byl kladen na udávání polohy výseče.

V následující tabulce (viz Tab. 5) je přehled známek jednotlivých vyšetřovaných osob pro schopnosti vyšetřujícího objasnit práci na jednotlivých typech optotypů. Nejčastěji zastoupena je jednička, najdeme zde i několik dvojek, ale také jednu trojku a dokonce jednu čtyřku. Zejména čtyřka je pro vyšetřujícího nepříjemnou vizitkou.

1 = zcela pochopeno, měření nepředstavovalo žádný problém.

2 = převážně pochopeno, něco raději pro jistotu zopakovat, obava z úplného pochopení.

Jednalo se převážně o ujistění, zda vybraný způsob odpovídání je pochopen správně, první řádek pomaleji a jasněji pro přesvědčení.

3 = pochopeno, ale problémy s napodobením, ujasnění výběru, případně změna.

Pro vyšetřujícího již nepříjemnější známka. Jednalo se o případ, kdy se z důvodu ztrácení se ve stupních přešlo na ukazování rukou.

4 = něco pochopeno, něco nepochopeno, míchání možností dohromady, míchání orientace znaku, potřeba navádění, nepříjemné měření.

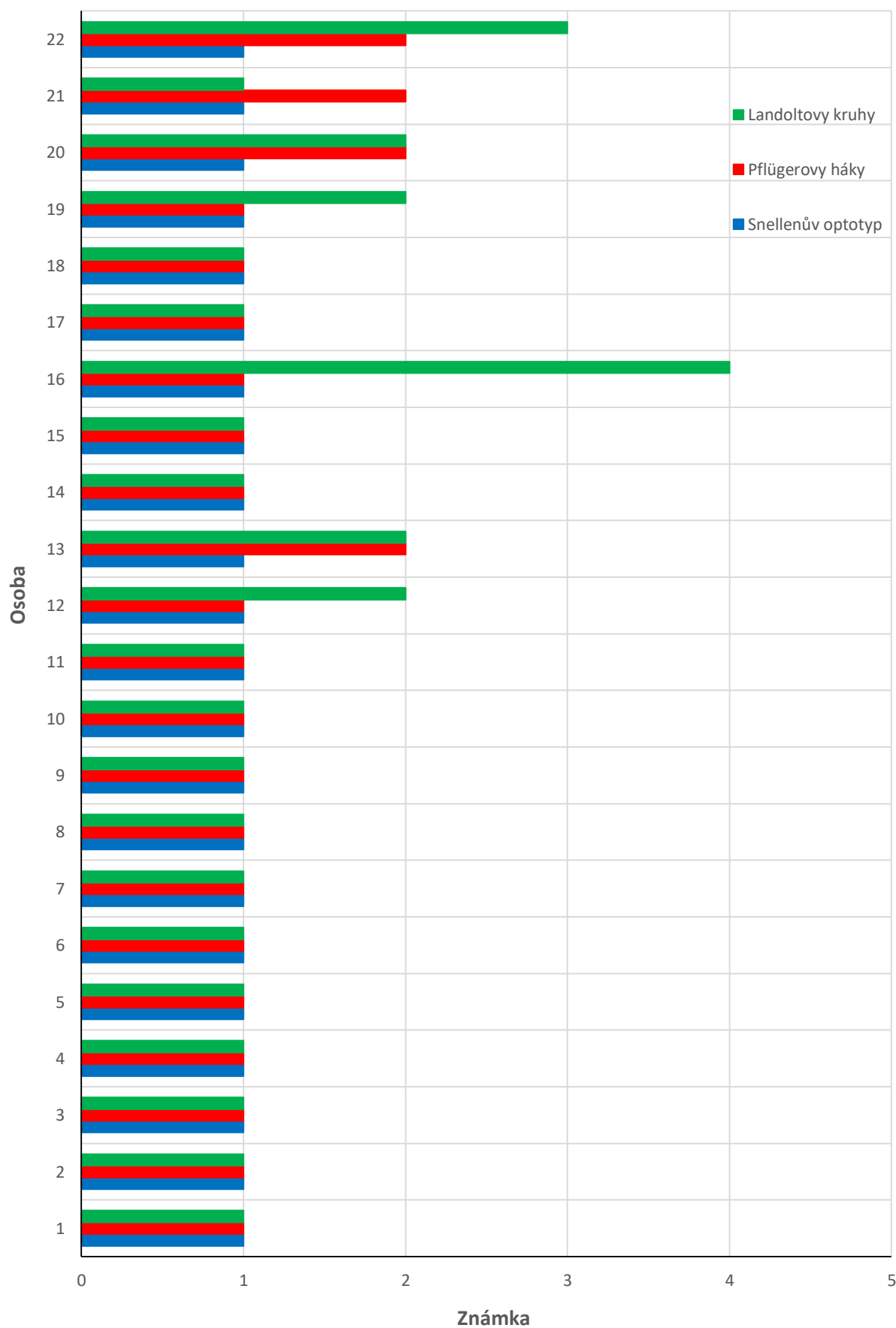
Výstražné hodnocení pro vyšetřujícího. Nepochopené hodnocení. Vyšetřovaná osoba se snažila odpovídat v pohledových směrech a stupních.

5 = nepochopeno, neznalost odpovědí, obtěžující měření.

Tabulka 5: Přehled hodnocení školení vyšetřujícího vyšetřovanými osobami

Osoba	Pohlaví	Rok narození	Snellenův optotyp	Pflügerovy háky	Landoltovy kruhy
1	Ž	2002	1	1	1
2	M	1999	1	1	1
3	Ž	1998	1	1	1
4	Ž	1997	1	1	1
5	M	1997	1	1	1
6	Ž	1995	1	1	1
7	Ž	1992	1	1	1
8	M	1992	1	1	1
9	M	1990	1	1	1
10	Ž	1988	1	1	1
11	M	1986	1	1	1
12	Ž	1985	1	1	2
13	Ž	1984	1	2	2
14	M	1982	1	1	1
15	M	1982	1	1	1
16	Ž	1981	1	1	4
17	Ž	1976	1	1	1
18	Ž	1971	1	1	1
19	M	1971	1	1	2
20	Ž	1967	1	2	2
21	Ž	1961	1	2	1
22	Ž	1958	1	2	3

Následující graf (viz Obr. 22) znázorňuje ideální hodnocení vyšetřujícího na Snellenově optotypu a odchylky od ideálního hodnocení vyšetřujícího na Pflügerových hácích a Landoltových kruzích.



Obrázek 22: Hodnocení školení vyšetřujícího vyšetřovanými osobami

7.6 Kontrola vyšetřovaných osob

Dostáváme se k druhé polovině výzkumu. Toto je její první část a zároveň první část, která není již hodnocena vyšetřovanými osobami, ale samotným vyšetřujícím. Zaměřuje se na kvalitu a možnou problematiku kontroly měření vízu. Tedy přesvědčení vyšetřujícího, že vyšetřovaná osoba skutečně vidí, co čte na daných rádcích optotypů a nemá pouze štěstí v podobě uhádnutých znaků.

Snellenův optotyp využívá znaků mezinárodní abecedy. Tedy velkých tiskacích písmen z anglické abecedy. Těch je celkem 26 (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z). Díky tomuto vysokému počtu využívaných znaků je pravděpodobnost uhádnutí již neviděného znaku menší než 4 % (přibližně 3,85 %). Písmena používaná tímto optotypem jsou také výhodou v tom, že písmena používáme již automaticky takřka celý život. Díky tomu nepředstavují pro vyšetřujícího problém při kontrole vyšetřovaných osob, které jej čtou. Naopak nevýhodou tohoto optotypu je rozdílná rozlišovací schopnost daných písmen. Většinou platí, že písmena s kruhovými částmi (C, D, O, ...) začnou být hůře rozlišitelné dříve, než písmena, která mají naopak pouze hranatý tvar (E, H, Z, ...). Je tedy normální, že vyšetřované osoby mohou začít váhat mezi zmíněnými znaky s kruhovým tvarem, případně podobnými písmeny (U/V, V/Y, ...). Pokud však vyšetřovaná osoba označí například písmeno „H“ jako písmeno „O“, je velice pravděpodobné, že pouze hádá.

Zatímco pravděpodobnost uhádnutí již neviděného znaku je u Snellenova optotypu velice nízká, v případě Pflügerových háků je naopak nejvyšší a to 25 %. Příčinou je používání pouze jedno znaku připomínajícího velké tiskací E ve čtyřech různých polohách (vpravo, vlevo, nahoře, dole). Kontrola je zde obtížnější nejen z hlediska vysoké pravděpodobnosti uhádnutí již neviděného znaku, ale také v možné ztrátě přehledu, kde je vpravo a kde vlevo. Pokud však vyšetřující nepatří mezi typ lidí, kteří mívají často problém s rychlou orientací vpravo/vlevo, není vyšetření a kontrola na tomto typu optotypu tak obtížná, jak se může na první pohled zdát.

Posledním optotypem jsou Landoltovy kruhy. Pravděpodobnost uhádnutí již neviděného znaku je zde 12,5 %, která je dána jedním používaným znakem v podobě velkého tiskacího C v osmi různých polohách. Kontrola měření na tomto optotypu je teoreticky nejobtížnější, ale prakticky záleží na komplikacích a výběru způsobu odpovědi vyšetřovaných osob popsanych v předchozí části výzkumu – Školení vyšetřujícím.

Podle tabulky níže (viz Tab. 6) je patrné, že teoretické obavy z práce a kontroly hlavně na Pflügerových hácích a Landoltových kruzích vypadaly hůře, než tomu bylo v praxi. Je zde patrná převaha jedniček, dále několik málo dvojek a pouze jedna trojka.

1 = kontrola probíhala zcela bez problémů.

2 = místy prosba o zopakování odpovědí, upřesnění po přerěknutí a následné opravě.

V pár případech nebyla kontrola stíhána kvůli rychlosti vyšetřované osoby. V několika případech došlo k přerěknutí nebo záseku vyšetřované osoby, která si to sama uvědomila a opravila se. Pro jistotu kvalitní kontroly proto byla požádána o vyslovení definitivní odpovědi.

3 = častější problémy s plynulou kontrolou, častější záseky a opravy vyšetřovaných osob, ztráta orientace, který znak na daném řádku vyšetřovaná osoba čte, změna v způsobu odpovědi.

Pouze v jednom případě, jednalo se o osobu, která zmiňovala, že se jí znaky otáčí a proto uváděla nejdříve znaky, které viděla poměrně dobře a poté u otáčejících se znaků uváděla polohy, do kterých se natáčí.

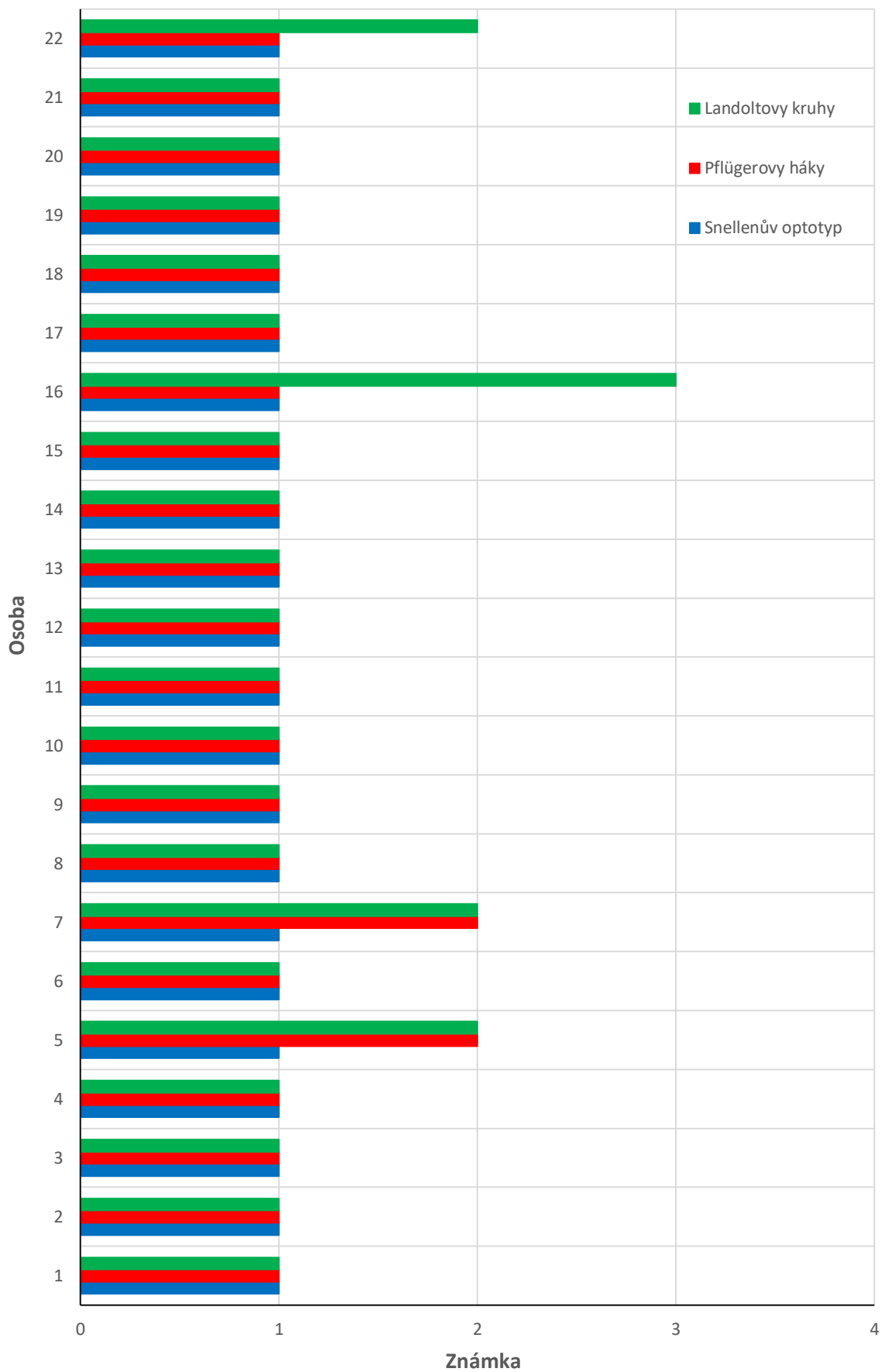
4 = časté problémy s kontrolou, časté žádosti o zopakování přečtených symbolů, míchání způsobů odpovědí, ...

5 = nekvalitní kontrola

Tabulka 6: Přehled hodnocení kontroly vyšetřovaných osob vyšetřujícím

Osoba	Pohlaví	Rok narození	Snellenův optotyp	Pflügerovy háky	Landoltovy kruhy
1	Ž	2002	1	1	1
2	M	1999	1	1	1
3	Ž	1998	1	1	1
4	Ž	1997	1	1	1
5	M	1997	1	2	2
6	Ž	1995	1	1	1
7	Ž	1992	1	2	2
8	M	1992	1	1	1
9	M	1990	1	1	1
10	Ž	1988	1	1	1
11	M	1986	1	1	1
12	Ž	1985	1	1	1
13	Ž	1984	1	1	1
14	M	1982	1	1	1
15	M	1982	1	1	1
16	Ž	1981	1	1	3
17	Ž	1976	1	1	1
18	Ž	1971	1	1	1
19	M	1971	1	1	1
20	Ž	1967	1	1	1
21	Ž	1961	1	1	1
22	Ž	1958	1	1	2

Grafické znázornění výchylek hodnocení kvality kontroly vyšetřujícím zobrazuje graf na následující stránce (viz Obr. 23).



Obrázek 23: Hodnocení kontroly vyšetřovaných osob vyšetřujícím

7.7 Vnímání vyšetřovaných osob během měření

Druhá část výzkumu hodnocená vyšetřujícím se zaměřuje na vnímání vyšetřované osoby v průběhu měření. Zkoumá a hodnotí, zda má vyšetřující pocit, že jednotlivé vyšetřované osoby mají v průběhu vyšetření nějaký problém, jestli se při průběhu měření netrápí. Může tak být zjištěn optotyp, který dané osobě vyhovuje nejvíce a využívat právě tento optotyp pro tuto osobu i v budoucnu. Zjištění, jestli problém mohl být pouze ve vyjadřování, nebo v celém průběhu měření.

Při měření na Snellenově optotypu se vyšetřované osoby potýkali s problémy jen vzácně, Pflügerovy háky a Landoltovy kruhy už byly problematictější, ale většinou se jednalo jen o drobné nebo počáteční problémy. Podrobné hodnocení na další stránce (viz Tab 7).

1 = s průběhem měření nemá žádný problém.

2 = občasné zadrhnutí nebo delší přemýšlení, počáteční obavy, otrkání.

Ve všech případech se jednalo pouze o počáteční drobnou nervozitu z neznámého optotypu. U osob takto ohodnocených u Snellenova optotypu se jednalo pouze o pomalejší a „zamyšlenější“ začátek měření.

3 = pomalejší průběh vyšetření, zamyšlení, váhavé odpovědi, ...

Nejspíše se také jednalo pouze o prvotní šok z nově načerpaných informací, jak lze číst jednotlivé optotypy. Zde se však tento šok úplně nevstřebal a celé měření bylo pomalejší.

4 = nepříjemné měření, špatné vyjadřování, časté zamotávání se, kombinace způsobů odpovědí, ...

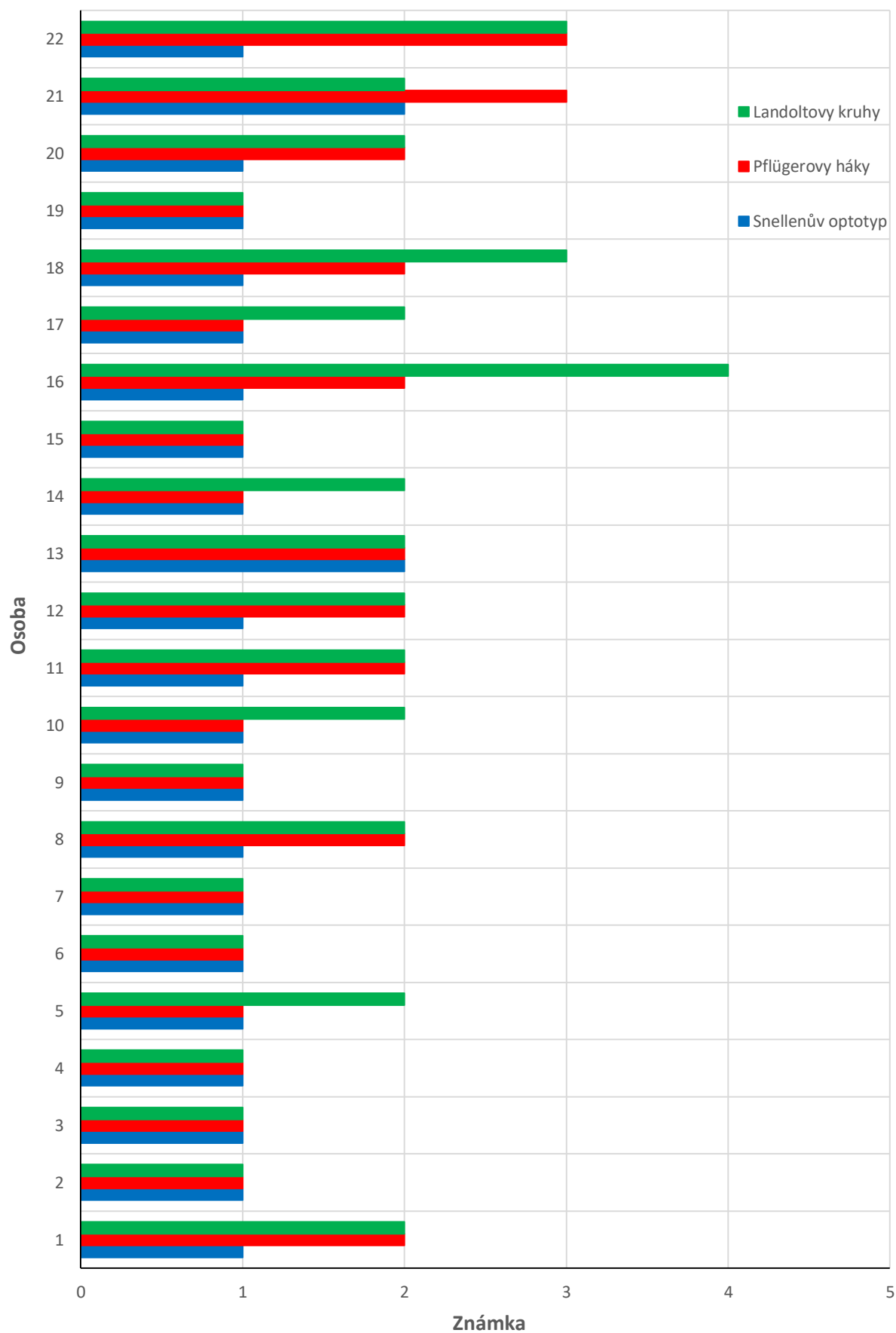
Ta samá osoba jako v předchozím hodnocení. Problémy s rozlišením, komplikované vyjadřování.

5 = trápení se

Tabulka 7: Přehled hodnocení vnímání vyšetřovaných osob v průběhu měření vyšetřujícím

Osoba	Pohlaví	Rok narození	Snellenův optotyp	Pflügerovy háky	Landoltovy kruhy
1	Ž	2002	1	2	2
2	M	1999	1	1	1
3	Ž	1998	1	1	1
4	Ž	1997	1	1	1
5	M	1997	1	1	2
6	Ž	1995	1	1	1
7	Ž	1992	1	1	1
8	M	1992	1	2	2
9	M	1990	1	1	1
10	Ž	1988	1	1	2
11	M	1986	1	2	2
12	Ž	1985	1	2	2
13	Ž	1984	2	2	2
14	M	1982	1	1	2
15	M	1982	1	1	1
16	Ž	1981	1	2	4
17	Ž	1976	1	1	2
18	Ž	1971	1	2	3
19	M	1971	1	1	1
20	Ž	1967	1	2	2
21	Ž	1961	2	3	2
22	Ž	1958	1	3	3

Níže uvedený graf (viz Obr. 24) názorně zobrazuje odchylky od ideálního hodnocení vnímání vyšetřovaných osob z pohledu vyšetřujícího.



Obrázek 24: Hodnocení vnímání vyšetřovaných osob v průběhu měření vyšetřujícím

7.8 Pochopení školení vyšetřujícího

Poslední část výzkumu hodnocená vyšetřujícím a zároveň poslední část výzkumu samotného se zaměřuje na fakt, zda jednotlivé vyšetřované osoby podle prvních výrazů, reakcí a počátku měření v očích vyšetřovaného pochopili, co po nic vlastně chce. Jedná se tedy o hodnocení přesvědčení vyšetřujícího, že způsoby odpovědí vysvětlil dostatečně a vyšetřovaná osoba tak v průběhu měření nebude mít problémy správně číst dané typy optotypů.

Ohodnocení osob (viz Tab. 8) dostali osoby, které nevykazovali obavy vůbec, případně jen dali najevo počáteční překvapení, ale po seznámení už nevyjadřovali neklid nebo obavy. Dvojky představují vyjadřování nejistoty a prosbu kontroly při zahájení měření, v průběhu měření tyto drobnosti vymizely. Ojediněle byly uděleny trojky, představující nedostatky napříč celým měřením nebo potřeba zopakování způsobu odpovědí během měření.

1 = jasný a klidný souhlas, pocit porozumění, pouze reakce na novinku.

2 = méně klidný souhlas, pocit porozumění, ubezpečení porozumění.

3 = méně přesvědčivý souhlas, opakování způsobu odpovědí.

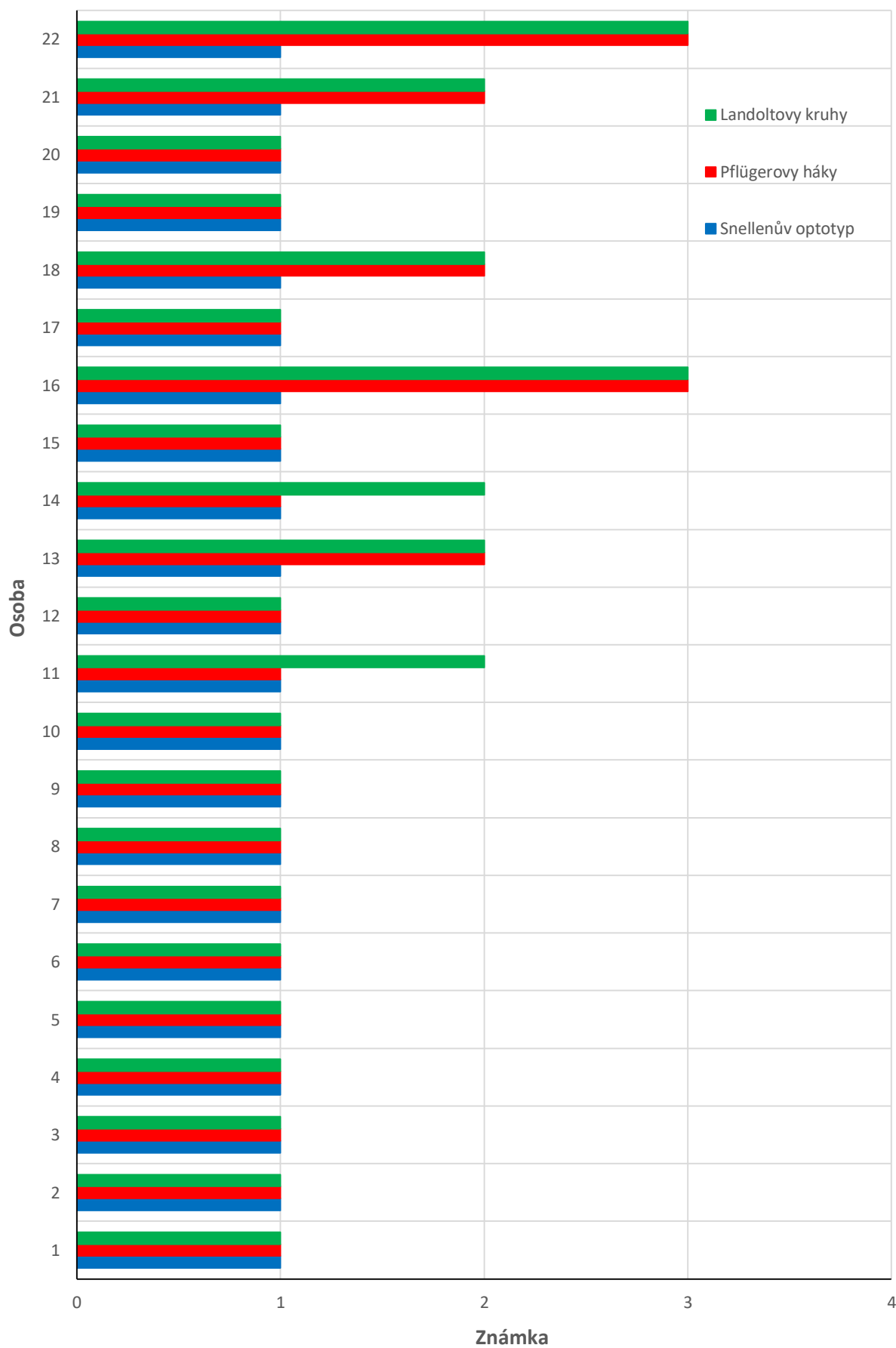
4 = spíše nesouhlas, nepochopení, špatné odpovídání.

5 = nepochopení většiny způsobů odpovědí.

Tabulka 8: Přehled hodnocení pochopení způsobů odpovědí vyšetřovaných osob

Osoba	Pohlaví	Rok narození	Snellenův optotyp	Pflügerovy háky	Landoltovy kruhy
1	Ž	2002	1	1	1
2	M	1999	1	1	1
3	Ž	1998	1	1	1
4	Ž	1997	1	1	1
5	M	1997	1	1	1
6	Ž	1995	1	1	1
7	Ž	1992	1	1	1
8	M	1992	1	1	1
9	M	1990	1	1	1
10	Ž	1988	1	1	1
11	M	1986	1	1	2
12	Ž	1985	1	1	1
13	Ž	1984	1	2	2
14	M	1982	1	1	2
15	M	1982	1	1	1
16	Ž	1981	1	3	3
17	Ž	1976	1	1	1
18	Ž	1971	1	2	2
19	M	1971	1	1	1
20	Ž	1967	1	1	1
21	Ž	1961	1	2	2
22	Ž	1958	1	3	3

Poslední grafické znázornění odchylek od ideálního známkování zachycuje graf níže (viz Obr. 25).



Obrázek 25: Hodnocení pochopení způsobů odpovědí vyšetřovaných osob

8. Diskuse

Po získání, zapsání, znázornění a vyhodnocení nasbíraných dat během výzkumu byly spočítány průměrné hodnoty vízu, kterých bylo na jednotlivých typech optotypů dosaženo. Obdobným procesem byly stanoveny také celkové výsledné známky pro jednotlivé optotypy, které byly spočítané z průměrů všech částí výzkumu, které dané optotypy hodnotily. Tyto dosažené výsledky výzkumu znázorňuje tabulka níže (viz Tab. 9). Těchto výsledků bylo dosaženo naměřením oněch 22 osob ve věku 18 – 62 let. Průměrný věk osob činil 38 let.

Tabulka 9: Výsledky výzkumu

	Vízu Průměr ± Směr. odchylka	Celková známka Průměr ± Směr. odchylka
Snellenův optotyp	1,40 ± 0,25	1,05 ± 0,07
Pflügerovy háky	1,37 ± 0,22	1,35 ± 0,19
Landoltovy kruhy	1,25 ± 0,17	1,57 ± 0,23

Podle výsledků v Tabulce lze říci, že nejvyšších hodnot vízu bylo dosaženo na Snellenově optotypu, což podle T testu na hladině významnosti 5 % prokazuje Hypotézu 1 tohoto výzkumu. Nicméně Pflügerovy háky dosáhly horšího výsledku pouze o 0,03. Rozdíly mezi těmito dvěma optotypy byly v malém množství případů vyšetřovaných osob. Landoltovy kruhy z hlediska naměřených hodnot vízu dopadly podle očekávání nejhůře. I přesto výsledná hodnota není nízká a lze ji považovat za více než kvalitní. Lze tak konstatovat, že Hypotéza 1, která stanovovala, že naměřené hodnoty vízu budou dosahovat nejvyšších hodnot na Snellenově optotypu, byla T testem na hladině významnosti 5 % prokázána.

Celková známka jednotlivých optotypů, která byla stanovena z dílčích částí výzkumu, nabízí pohled, jak byly měření a práce s daným optotypem vnímány jak z pohledu vyšetřovaných osob, tak z pohledu vyšetřujícího. Snellenův optotyp dosáhl takřka čisté jedničky, jelikož ve čtyřech částích výzkumu ze šesti dosáhl čistého hodnocení 1,00. Lze tak stanovit, že jak pro vyšetřované osoby, tak pro vyšetřujícího je skutečně nejvhodnější a nejpříjemnější. Toto téměř jednoznačné hodnocení prokazuje pomocí T testu na hladině významnosti 5 % Hypotézu 2.

Ta stanovovala, že z hlediska práce, kontroly a komunikace mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím je Snellenův optotyp nejvhodnější a nejpříjemnější pro obě strany.

Jedničku obdržely také Pflügerovy háky. Není sice tak čistá jako u Snellenova optotypu, i přes to však také tento optotyp lze označit za vyhovující pro obě strany. Pouze v několika málo individuálních případech je opravdu potřeba zvolit raději Snellenův optotyp.

Landoltovy kruhy těsně nedosáhly na hodnocení za jedna. Jedná se o jediný typ optotypu, který si tak odnáší celkové hodnocení v podobě dvojky. Jeho zařazení mezi optotypy pro nejkvalitnější měření vízu nevyhovovalo největšímu počtu vyšetřovaných osob. Největší problémy činil starším osobám a osobám s vyššími hodnotami cylindrů. Hodnocení těchto optotypů bylo potvrzeno horším výsledkem T testu na hladině významnosti 5 %. V případě Landoltových kruhů byly výsledky také potvrzeny článkem „*Porovnání zrakové ostrosti mezi Landoltovými kruhy a čísly*“ od K. Rohsneidera, A. R Spittlera a M. Bacha [17]. Jejich závěrem bylo, že naměřené hodnoty vízu na Landoltových kruzích byly v průměru o jeden řádek horší než u čísel.

Výsledky měření a výzkumu T testem na hladině významnosti 5 % prokázaly obě hypotézy, které pro tuto práci byly stanoveny. Z důvodů zvláštních vládních opatření proti šíření onemocnění Covid 19 však bylo získáno příliš málo dat, pro prokazatelnější výsledky. Z plánovaného minima 50 osob se výzkum musel spokojit s výsledky od pouhých 22 osob. Z tohoto důvodu by bylo vhodné v budoucnu výzkum zopakovat s větším množstvím dat. Případně lze na tuto práci navázat podobným výzkumem. Například zkoumáním rozdílů naměřených hodnot vízu na jednotlivých typech optotypů a refrakcí stanovenou autorefraktometrem nebo jinou objektivní refrakcí.

9. Závěr

Cílem této práce bylo ověření, zda je správné a oprávněné, že v dnešní době dává většina zrakových vyšetřoven přednost Snellenovu optotypu, který jako vyšetřovací znaky používá velká tiskací písmena mezinárodní abecedy. Jestli by nebylo vhodnější a přesnější místo písmen za vyšetřovací znaky využívat Pflügerovy háky nebo Landoltovy kruhy. Součástí výzkumu však nebylo jen měření hodnot vízu, ale také hodnocení pohodlnosti a problematiky měření a práce na jednotlivých typech optotypů. Hodnocení probíhalo nejen z pohledu vyšetřujícího, ale zúčastnili se i jednotlivé vyšetřované osoby.

Vyšetřované osoby hodnotili pohodlí, které během vyšetření pociťovali. Rozumí se tím náročnost spolupráce s vyšetřovaným, tedy snadnost/obtížnost ve čtení řádků optotypu nahlas. Dále hodnotili samotné znaky jednotlivých optotypů. Poukázali, zda jim nejvíce vyhovovalo vyšetření na písmenech Snellenova optotypu, Pflügerových hácích nebo Landoltových kružích. Poslední hodnocení poté udělili samotnému přístupu vyšetřujícího. Konkrétně jeho schopnosti vysvětlit jim, jak jednotlivé znaky optotypů správně číst a zajistit mu tak kvalitní kontrolu.

Vyšetřující hodnotil případnou problematiku kontroly vyšetřovaných osob. Je tím myšleno, zda pro něj představovalo problém při jednotlivých typech optotypů správně a rychle posoudit, zda vyšetřované osoby čtené znaky skutečně čtou, nebo jen hádají. Dále vyšetřující hodnotil samotné vyšetřované osoby. Tedy vnímání, jestli jednotlivé osoby nemají během vyšetření nějaký problém. Například, pokud potřebují více času na určení orientace a tak správného přečtení znaku optotypu. Případně jsou-li schopni číst např. Landoltovy kruhy stejně rychle a bezproblémově jako písmena Snellenova optotypu. Nakonec vyšetřující hodnotil své pocity z vyšetřovaných osob z pohledu přesvědčení, zda dostatečně vysvětlil způsoby čtení jednotlivých znaků optotypů. Jinými slovy, pokud má během měření ze strany vyšetřované osoby očekávat nějaké problémy a na co má dávat pozor.

Z takto naměřených dat a udělených hodnocení lze stanovit, že obě hypotézy, stanovené pro tuto práci, byly pomocí T testu na hladině významnosti 5 % prokázány. Hypotéza 1 stanovovala, že na hladině významnosti 5 % Snellenův optotyp dosáhne nejpřesnějších výsledků, tedy naměření nejvyšších hodnot vízu, kterých jednotlivé vyšetřované osoby jsou schopné dosáhnout. Snellenův optotyp dosahoval nejvyšších výsledků s průměrnou hodnotou vízu 1,40. Nejnižší hodnotě odpovídají Landoltovy kruhy, které v průměru dosáhly hodnoty vízu 1,25. Pflügerovy háky na Snellenův optotyp ztrácejí pouze 0,03, jelikož na nich naměřená průměrná hodnota vízu činila 1,37.

Z hlediska hodnocení vyšetřovanými osobami a vyšetřujícím docházelo již k mírně větším rozdílům mezi jednotlivými optotypy. Nejlépe opět dopadl používanější a širší veřejnosti známý Snellenův optotyp. Jeho celková známka, která se skládá ze šesti samostatně hodnocených částí výzkumu, je 1,05. To znamená, že v jeho hodnocení se jen ojediněle objevovala jiná známka než jednička, čímž byla T testem na hladině významnosti 5 % prokázána Hypotéza 2. Ta stanovovala, že Snellenův optotyp na hladině významnosti 5 % bude z hlediska práce, kontroly a komunikace mezi vyšetřovanou osobou a vyšetřujícím nejpříjemnější pro obě strany. Pflügerovy háky a Landoltovy kruhy dopadly podle očekávání hůře. Konečné hodnocení Pflügerových háků je 1,35 a konečné hodnocení Landoltových kruhů je 1,57.

Ze získaných dat bylo pomocí T testu na hladině významnosti 5 % prokázáno, že aktuálně nejpoužívanější a nejzažtější Snellenův optotyp má tuto pozici oprávněně. Zbylé dva zkoumané optotypy však nedopadly v hodnocení širší veřejnosti nejhůře. Nicméně v tomto výzkumu padlo rozhodnutí, že měření pomocí písmen je pro vyšetřované osoby nejpříjemnější, nejjednodušší a nejpřirozenější. T testem na hladině významnosti 5 % bylo také prokázáno, že i z pohledu vyšetřujícího je práce na Snellenově optotypu nejvíce vyhovující. Nicméně o Pflügerových hácích a Landoltových kruzích bylo prokázáno, že ani práce s nimi není obtížná.

Důvodem menších rozdílů mezi optotypy a ziskem poměrně podobných výsledků je bezesporu nízký počet naměřených osob. Výsledky této práce proto nelze považovat za definitivní. Dalším důvodem může být nedokonalé sepsání rešerší, jelikož pro tuto práci nebylo nalezeno a využito zdroje stejného nebo více podobného zaměření.

V každém případě, pokud není pro vyšetřujícího problémem pracovat s různými typy optotypů, mohl by se co nejvíce přizpůsobit jednotlivým vyšetřovaným osobám. Jestliže bude vědět, že by daná osoba uvítala více měření spíše například na Pflügerových hácích, měl by jí toto přání splnit.

Seznam použité literatury

- [1] J. Hornová, Oční propedeutika, Grada Publishing, a.s., 2011, ISBN 978-80-247-4087-4
- [2] R. Autrata, J. Černá, Nauka o zraku, Brno 2006, ISBN 80-7013-362-7
- [3] Česká společnost pro vědeckou kinematografii, Moderní metody a přístroje v oční optice 2009, Praha 2009, ISBN: 978-80-01-04396-7
- [4] M. Rutrle, Přístrojová optika, Brno 2000, ISBN – 80-7013-301-5
- [5] S. Synek, Š. Skorkovská, Fyziologie oka a vidění, Grada Publishing, a.s. 2014, ISBN 978-80-247-3992-2
- [6] J. Hajda, Optika a optické přístroje, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry Bratislava, 1956
- [7] P. Veselý, P. Beneš, Vyšetřovací metody v optometrii a interpretace jejich výsledků v praxi, Grada Publishing, a.s. 2019, ISBN 978-80-271-2723-8 (ePub)
- [8] P. Kuchynka a kolektiv, Oční lékařství, 3. LF UK a FN Královské Vinohrady, Praha 2016, ISBN: 978-80-247-5079-8
- [9] W. Benjamin, J., Borish's clinical refraction, ed. 2, Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2006, 1255 s., ISBN 978-0-7506-7524-6
- [10] Ophthalmic Assistant Training Series, A text book on optics and refraction, Aravind Eye Case System, 2007
- [11] A. R. Elkington, H. J. Frank, M. J. Greaney, Clinical optics, Blackwell Science, ISBN 0-632-04989-8
- [12] Společenstvo českých optiků a optometristů, Česká oční optika 2/2019, Praha 2019
- [13] E. Studená, Vyšetřovací metody refrakční vady, DP, Masarykova univerzita, Brno, 2006
- [14] R. J. Kolker, Subjective refraction and prescribing glasses, R. J. Kolker, 2015
- [15] D. Meslin, Listy očních optiků - Praktická Refrakce, Paříž: Essilor academy europe, 2008, 56s.
- [16] L. Zavřelová, Srovnání kvality vyšetření vízu na různých typech optotypů, DP, Masarykova univerzita, Brno 2015
- [17] K. Rohrschneider, A. R Spittler, M. Bach, Vergleich der Sehschärfenbestimmung mit Landolt-Ringen versus Zahlen, Springer Medizin, Ophthalmologe (2019) 116: 1058

- [18] J. Mencák, Zraková ostrost, BP, Masarykova univerzita, Brno 2009
- [19] M. Frantová, LCD optotyp, BP, Masarykova univerzita, Brno 2011
- [20] A. H. Tunnacliffe, Introduction to visual optics, Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993, ISBN 978-0-90009-928-1
- [21] T. Pučálková, Měření zrakové ostrosti pomocí aplikace Vizmeter, BP, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2014
- [22] G. Rozhkova, D. Lebedev, M. Gracheva, S. Rychkova, Optimal optotype for monitoring visual acuity, Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute), Russia Academy of Sciences, Bolshoy Karetny per. 19, build 1, Moscow 127051, Russia, Proceedings of the Latvian academy of sciences. Section B, Vol. 71 (2017), No. 5 (710), pp. 327–338. DOI: 10.1515/prolas-2017-0057

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
N	2,4 cm	Velikost tištěného písmene u zahraničních optotypů do blízka
α	5°	Úhel osy vidění, tj. paprsku vedeného přes uzlové body do foveoly a optické osy
ψ	1'	Úhlová rozlišovací mez – minimum sebarabile

Seznam zkratk

Zkratka	Význam
V	Vizus
C	Landoltův kruh
E	Pflügerův hák
LCD	Liquid Crystal Display – display z tekutých krystalů
TFT	Thin Film Tranzistor – tenký fóliový tranzistor
J	Jäger
D	Dioptrie
pD	Prizmatická dioptrie
JC	Jacksonův cylindr
KNR	Kroužek nejmenšího rozptylu
γ	Úhel sevřený osou fixace a optickou osou
Wifi	Wireles Fidelity – technologie bezdrátových sítí
USB	Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice
m	Metr
cm	Centimetr
mm	Milimetr
nm	Nanometr
μm	Mikrometr
mil	Milion

Seznam obrázků

Obrázek 1: Optotyp s uplatněním aritmetické řady 4.....	5
Obrázek 2: Landoltův kruh 4	7
Obrázek 3: Pflügerův hák 4.....	8
Obrázek 4: Dětský optotyp 4.....	9
Obrázek 5: Dětský optotyp „černá ruka" 4	9
Obrázek 6: LCD optotyp 3.....	12
Obrázek 7: Emetropické oko 15.....	14
Obrázek 8: Myopické oko 15.....	15
Obrázek 9: Hypermetropické oko 15.....	16
Obrázek 10: Astigmatismus přímý 13.....	19
Obrázek 11: Astigmatismus nepřímý 13	20
Obrázek 12: Závislost akomodace na věku 1.....	22
Obrázek 13: Citlivost fotoreceptorů na vlnové délce 11	24
Obrázek 14: Rozlišovací mez oka 8	26
Obrázek 15: Správná poloha hlavy (vlevo), nesprávná poloha hlavy (vpravo) 12	28
Obrázek 16: Sady zkušebních čoček 4	30
Obrázek 17: Astigmatická zkušební obruba 4.....	33
Obrázek 18: Jacksonův zkřížený cylindr 4	34
Obrázek 19: Naměřené hodnoty vízu	39
Obrázek 20: Hodnocení pohodlí vyšetřovaných osob při měření	42
Obrázek 21: Hodnocení znaků optotypů vyšetřovanými osobami	45
Obrázek 22: Hodnocení školení vyšetřujícího vyšetřovanými osobami.....	48
Obrázek 23: Hodnocení kontroly vyšetřovaných osob vyšetřujícím.....	52
Obrázek 24: Hodnocení vnímání vyšetřovaných osob v průběhu měření vyšetřujícím	55
Obrázek 25: Hodnocení pochopení způsobů odpovědí vyšetřovaných osob.....	58

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled vyšetřovaných osob	36
Tabulka 2: Přehled naměřených hodnot vízu	38
Tabulka 3: Přehled hodnocení pohodlí vyšetřovanými osobami.....	40
Tabulka 4: Přehled hodnocení znaků optotypů vyšetřovanými osobami	43
Tabulka 5: Přehled hodnocení školení vyšetřujícího vyšetřovanými osobami	47
Tabulka 6: Přehled hodnocení kontroly vyšetřovaných osob vyšetřujícím	51
Tabulka 7: Přehled hodnocení vnímání vyšetřovaných osob v průběhu měření vyšetřujícím .	54
Tabulka 8: Přehled hodnocení pochopení způsobů odpovědí vyšetřovaných osob	57
Tabulka 9: Výsledky výzkumu.....	59