

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
CENTRUM TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**VLIV KVALITY ZRAKOVÝCH FUNKCÍ NA KOORDINACI  
HORNÍCH KONČETIN U DĚTÍ MLADŠÍHO ŠKOLNÍHO VĚKU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Bc. Petr Šíma**

*Učitelství pro základní školy, obor Učitelství tělesné výchovy a geografie pro základní  
školy*

Vedoucí práce: Mgr. Václav Salcman, Ph.D.

**Plzeň 2020**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně  
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, duben 2020

.....  
vlastnoruční podpis

Touto cestou bych rád poděkoval panu Mgr. Václavu Salcmanovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce. Centru tělesné výchovy a sportu Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni děkuji za poskytnutí potřebného materiálního vybavení. Poděkování patří rovněž hokejovému klubu Pilsen Wolves za umožnění testování.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK .....	3
ÚVOD .....	4
1 CÍL, ÚKOLY, VÝZKUMNÁ OTÁZKA A HYPOTÉZY .....	5
1.1 CÍL PRÁCE.....	5
1.2 ÚKOLY PRÁCE .....	5
1.3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA .....	5
1.4 HYPOTÉZY .....	5
2 MLADŠÍ ŠKOLNÍ VĚK.....	6
2.1 VÝVOJ DÍTĚTE V MLADŠÍM ŠKOLNÍM VĚKU .....	6
2.1.1 Tělesný (somatický) vývoj.....	6
2.1.2 Pohybový (motorický) vývoj .....	7
2.1.3 Psychický vývoj .....	8
2.1.4 Sociální vývoj .....	8
2.2 BIOLOGICKÝ VĚK.....	9
2.3 TRENÉRSKÝ PŘÍSTUP V MLADŠÍM ŠKOLNÍM VĚKU.....	9
3 MOTORICKÉ SCHOPNOSTI.....	10
3.1 KOORDINAČNÍ SCHOPNOSTI.....	11
3.1.1 Taxonomie koordinačních schopností .....	11
3.1.2 Biologický základ koordinačních schopností .....	13
3.1.3 Vliv propriocepce na funkci svalu .....	13
3.1.4 Funkce CNS při řízení pohybu .....	15
4 ZRAK .....	17
4.1 ANATOMIE OČNÍHO APARÁTU .....	17
4.1.1 Oční koule.....	17
4.1.2 Přidatné orgány oka .....	21
4.2 MECHANISMUS ZRAKOVÉHO VNÍMÁNÍ.....	23
4.2.1 Optický systém oka.....	23
4.2.2 Transformace světelného signálu na elektrický.....	25
4.2.3 Zraková dráha .....	26
4.2.4 Zrakové korové oblasti .....	27
4.3 PROSTOROVÉ VIDĚNÍ .....	27
4.3.1 Zorné pole .....	28
4.3.2 Jednoduché binokulární vidění .....	28
4.3.3 Stupně jednoduchého binokulárního vidění .....	29
4.3.4 Princip stereoskopického vidění .....	30
4.3.5 Monokulární vnímání prostoru .....	32
4.4 ZRAKOVÁ OSTROST .....	35
4.4.1 Vyšetření zrakové ostrosti .....	35
4.4.2 ETDRS optotypy.....	37
4.5 FYZIOLOGICKÝ ZRAKOVÝ VÝVOJ.....	38
4.6 ZRAKOVÉ VADY.....	39
4.6.1 Refrakční vady .....	39
4.6.2 Další oční vady .....	41
5 METODIKA VÝZKUMU .....	42
5.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR .....	42

---

5.2	KONCEPCE A ORGANIZACE VÝZKUMU .....	42
5.3	METODY SBĚRU DAT.....	43
5.3.1	Vstupní anamnéza.....	43
5.3.2	Test centrální zrakové ostrosti (ETDRS).....	43
5.3.3	Fly Stereo Acuity Test .....	44
5.3.4	Hod na cíl.....	45
5.4	METODY ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT .....	46
6	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	47
6.1	VSTUPNÍ ANAMNÉZA .....	47
6.2	CENTRÁLNÍ ZRAKOVÁ OSTROST.....	48
6.3	FLY STEREO ACUITY TEST .....	49
6.4	HOD NA CÍL .....	50
6.5	VZÁJEMNÝ VZTAH MEZI VÝSLEDKY CZO A HNC .....	52
6.6	VZÁJEMNÝ VZTAH MEZI VÝSLEDKY FSAT A HNC.....	53
6.7	DISKUSE .....	54
	ZÁVĚR.....	56
	RESUMÉ.....	58
	SUMMARY .....	59
	SEZNAM LITERATURY .....	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63
	SEZNAM TABULEK .....	64
	SEZNAM GRAFŮ .....	65
	PŘÍLOHY .....	I

**SEZNAM ZKRATEK**

CNS – Centrální nervová soustava

CZO – Centrální zraková ostrost

ETDRS – Early Treatment Diabetic Retinopathy Study

FSAT – Fly Stereo Acuity Test

HNC – Hod na cíl

JBV – Jednoduché binokulární vidění

LogMAR – Logarithm of minimal angle of resolution

MÚR – Minimální úhel rozlišení

## Úvod

Tématem diplomové práce je vliv kvality zrakových funkcí na koordinační schopnosti u dětí mladšího školního věku.

Koordinační schopnosti jsou spojovány především s řízením a regulací pohybové činnosti. Mimo jiné je však koordinovaný pohybový projev podmíněn také schopností příjmu a zpracování informací z vnějšího i vnitřního prostředí. Tato schopnost je vázána na funkci různých analyzátorů, které více či méně ovlivňují zmíněné procesy řízení a regulace. To znamená, že čím kvalitněji je jedinec schopen vnímat své pohyby a okolní svět prostřednictvím analyzátorů, tím lépe by měl být schopen reagovat na vzniklé okolnosti průběhu pohybu a v rámci svých možností daný motorický úkol splnit.

Pro člověka je hlavním zdrojem poznávání okolního světa zrak, jehož prostřednictvím získáváme 80 až 90 % informací přicházejících do mozku. Pomocí zraku přijímáme například informace o tvaru, barvě, velikosti a vzdálenosti pozorovaného objektu, případně jeho pohybu daným směrem a určitou rychlostí. Zrak se tedy nenahraditelně uplatňuje jak při sportu, tak v běžných situacích každodenního života.

Na základě výše zmíněných poznatků je jasné, že zrak má na koordinační schopnosti silný vliv, neboť jeho absence by znamenala výrazné zhoršení koordinace pohybu. Nás ovšem zajímá, zdali může i drobná nekorigovaná zraková vada či nadprůměrná kvalita zrakových funkcí statisticky významně ovlivnit úroveň rozvoje koordinačních schopností. Proto jsme se rozhodli provést výzkum u vybrané skupiny sportujících jedinců, kteří pravidelně docházejí do stejného sportovního klubu, kde trénují pod vedením stejných trenérů, což by mělo minimalizovat nežádoucí vlivy dalších faktorů.

Záměrem diplomové práce je tedy zjistit, do jaké míry je u dětí mladšího školního věku ovlivněna koordinace horních končetin kvalitou zrakových funkcí, a na základě výsledků vyvodit závěry do praxe. Získaná data rovněž poslouží jako zpětná vazba pro testované osoby, jejich rodiče a trenéry. Probandům s horšími výsledky zrakových testů pak doporučujeme navštívit očního lékaře, čímž tato diplomová práce plní i preventivní funkci, která by s přihlédnutím k jejímu významu pro kvalitu života neměla být opomíjena.



## 1 CÍL, ÚKOLY, VÝZKUMNÁ OTÁZKA A HYPOTÉZY

### 1.1 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je zjistit, do jaké míry je u dětí mladšího školního věku ovlivněna koordinace horních končetin kvalitou zrakových funkcí.

### 1.2 ÚKOLY PRÁCE

Předpokladem pro dosažení vytyčeného cíle předložené diplomové práce je splnění následujících úkolů:

1. Formulace teoretických východisek.
2. Výběr výzkumného souboru.
3. Vstupní anamnéza.
4. Testování kvality zrakových funkcí.
5. Testování koordinace horních končetin.
6. Statistické zpracování získaných dat.
7. Interpretace výsledků, vyvození závěrů.

### 1.3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA

Jaká je míra závislosti mezi kvalitou zrakových funkcí a koordinací horních končetin u dětí mladšího školního věku?

### 1.4 HYPOTÉZY

**H<sub>1</sub>:** Úroveň kvality zrakové ostrosti statisticky významně ovlivňuje koordinaci horních končetin u dětí mladšího školního věku.

**H<sub>2</sub>:** Úroveň kvality stereopse statisticky významně ovlivňuje koordinaci horních končetin u dětí mladšího školního věku.

## 2 MLADŠÍ ŠKOLNÍ VĚK

Vývoj jedince neprobíhá stejnoměrně. Na základě anatomicko-fyziologických a psychosociálních zvláštností, jež jsou typické pro určitou věkovou skupinu, dělíme vývoj člověka na jednotlivá věková období. Přejít mezi těmito obdobími však není ostrý, ale pozvolný. Jedná se spíše o formální rozdělení sloužící k orientačnímu popisu charakteristických jevů či procesů při vývoji a dozrávání organismu. (Perič, 2008)

Kouba (1995) označuje mladší školní věk jako období zvýšené motorické učenlivosti, které probíhá od zahájení školní docházky po začátek pohlavního dospívání, jež u dívek nastupuje okolo 11 let a u chlapců přibližně ve věku 12 let.

Choutka, Votík a Brklová (1999) popisují mladší školní dětství jako období ve věkovém rozmezí 6 až 11 let, které je charakteristické jistou vyrovnaností mezi biologickými a psychickými složkami vývoje, což je velmi důležitým předpokladem motorické docility.

Dle Periče (2008) je mladší školní věk relativně dlouhé vývojové období, během něhož dochází k intenzivním biologicko-psycho-sociálním změnám, a proto ho lze vnitřně rozdělit do dvou relativně samostatných období – dětství a prepubescence, nebo také dětství a pozdní dětství, s hranicí kolem devátého roku života.

### 2.1 VÝVOJ DÍTĚTE V MLADŠÍM ŠKOLNÍM VĚKU

Vývojové zákonitosti dítěte v mladším školním věku lze kategorizovat do několika oblastí, přičemž k těm nejdůležitějším patří tělesný, pohybový, psychický a sociální vývoj.

#### 2.1.1 TĚLESNÝ (SOMATICKÝ) VÝVOJ

Somatický vývoj v období mladšího školního věku probíhá pozvolna a rovnoměrně. Průměrné přírůstky tělesné výšky se pohybují kolem 6 cm za rok. Růstové křivky u chlapců a dívek zůstávají přibližně stejné až do věku 9-10 let. V jedenácti letech začínají dívky tělesnou výškou i hmotností převyšovat chlapce, což je způsobeno dřívějším nástupem pubescence. (Kouba, 1995; Suchomel, 2004)

V mladším školním věku dochází mimo jiné k plynulému růstu a rozvoji vnitřních orgánů. Zlepšuje se efektivnost jejich činnosti, látková výměna je silnější, snižuje se tepová i dechová frekvence v klidu, roste vitální kapacita plic atd. Normální vývoj hrudního koše a plic velmi úzce souvisí se správným způsobem držení těla. Nemělo by se tedy zapomínat na zásadní význam prevence vadného držení těla. Zakřivení páteře je sice

vyvinuto již v šesti letech, ale jeho stabilizace probíhá až v průběhu mladšího školního věku. Hrudní zakřivení se ustaluje přibližně do osmého roku života, zatímco krční a bederní zakřivení až mezi rokem osmým a jedenáctým. Osifikace kostí pokračuje rychlým tempem, kloubní spojení však zůstávají velmi měkká a pružná. Dochází ke změnám tvaru těla. Vytvářejí se příznivější pákové poměry končetin, jež mají pozitivní vliv na rozvoj motoriky. Po šestém roce je nervový systém dostatečně zralý i pro koordinačně náročnější činnosti, což vede k učení se novým pohybům. (Kouba, 1995; Perič, 2008)

### 2.1.2 POHYBOVÝ (MOTORICKÝ) VÝVOJ

Mladší školní věk je z hlediska motorického vývoje charakterizován vysokou a spontánní pohybovou aktivitou s preferencí herní činnosti. Děti se v tomto období učí novým pohybům snadno a rychle na základě ukázky a jednoduché instrukce. Typickým projevem je radost z pohybu, která s růstem potřeby soutěžení tvoří základ budoucí výkonové motivace. (Choutka, Votík a Brklová, 1999; Kouba, 1995; Perič, 2008)

Dětská motorika postrádá úspornost pohybu. Dynamika nervových procesů se stále rozvíjí, přičemž procesy podráždění převažují nad procesy útlumu. Tím je možné vysvětlit živost a neposednost dětí, zvláště ve věku šest až osm let. Motorická činnost je v tomto věku doprovázena množstvím nadbytečných pohybů, které označujeme jako *pohybový luxus*. Základem daného jevu je iradiace podráždění v motorických centrech do sousedních oblastí mozkové kůry, čímž je aktivované svalstvo, které má k pohybové činnosti malý vztah nebo se k ní vůbec nevztahuje. (Perič, 2008; Ružbarská a Turek, 2007)

Rozdíly v rozvoji motoriky osmiletých a dvanáctiletých dětí jsou značné. Období deseti až dvanácti let se považuje za nejpříznivější věk pro motorický vývoj. Často bývá označováno jako *zlatý věk motoriky*, jenž se vyznačuje výbornou motorickou učenlivostí (*docilitou*). Dětem v této fázi vývoje v podstatě stačí dokonalá ukázka a jsou schopny nový pohyb vykonat napoprvé, popřípadě po několika málo pokusech. Jistota provedení se zvyšuje a v průběhu nácviku jsou patrné již všechny kvalitativní znaky dobře provedeného pohybu. Problémy s koordinačně složitějšími pohyby, které vidáme na počátku mladšího školního věku, poměrně rychle mizí a na konci tohoto období jsou děti schopny zvládnout i koordinačně náročná cvičení. V důsledku zdokonalování mechanismů řízení a souvislých přírůstků svalové síly je organismus schopen vykonávat pohyby rychleji a přesněji. Přibližně 75 % z celkového objemu přírůstků koordinačních předpokladů dosahuje organismus dítěte do věku 12 let. (Kohoutek, 2005; Perič, 2008)

### 2.1.3 PSYCHICKÝ VÝVOJ

Během období mladšího školního věku lavinovitě přibývají nové vědomosti, rozvíjí se paměť a představivost. Děti se při poznávání a myšlení soustředí spíše na jednotlivosti, zatímco souvislosti jim unikají. Provedení již osvojených dovedností může narušit zvýšená vnímavost k okolnímu prostředí a dalším faktorům, jež odvádějí pozornost. Schopnost chápat abstraktní pojmy je malá. Abstraktní myšlenkové procesy se objevují až na konci tohoto období. Dítě se opírá o názorné vlastnosti konkrétních předmětů a jevů. Chápe pouze takové situace a pojmy, na které si může tzv. sáhnout. (Perič, 2008)

Děti jsou impulzivní a rychle přecházejí z radosti do smutku a naopak. Vůle je u nich prozatím slabě vyvinuta. Nedokážou sledovat dlouhodobý cíl, a to především tehdy, mají-li překonávat okamžité nezdary. Veškeré činnosti silně citově prožívají. Přetrvává malá sebekritičnost k vlastnímu vystupování a jednání. Charakteristickým rysem je krátká doba, po kterou se dokážou plně koncentrovat. Po uplynutí 4-5 minut nastává útlum a roztěkanost. (Perič, 2008)

### 2.1.4 SOCIÁLNÍ VÝVOJ

Dle Periče (2008) se v průběhu mladšího školního věku projevují dvě významné etapy života (vstup do školy a období kritičnosti).

S nástupem do školy dítě absolvuje proces socializace, během něhož dochází k začleňování se do kolektivu a přizpůsobování se daným normám a pravidlům. Dítě přestává být středem pozornosti rodičů a nastává přechod od hry k vážnějším činnostem. Do vztahů se nově promítají i formální autority (např. učitel či trenér), jejichž vliv může v některých případech zastínit dosavadní vliv rodičů. Děti tohoto věku mezi sebou rády soutěží s tendencí být ve skupině a získat v ní patřičnou odezvu. Začínají se vytvářet malé skupinky a vznikají první kamarádské vztahy. (Perič, 2008)

Ke konci období nastává fáze kritičnosti. Objevují se tendence k negativnímu hodnocení jevů a podnětů ze sociálního prostředí (škola, rodina) a snižuje se přirozená autorita dospělých. Dítě hledá své vzory, jež lze mimo jiné nalézt i v řadách svých vrstevníků, kteří pro něj mohou vytvářet přirozenou autoritu. Dále si dítě osvojuje základní kulturní návyky, prohlubuje svoje zapojení do nových skupin a pozvolně přebírá stále větší odpovědnost za své činy. (Perič, 2008)

## 2.2 BIOLOGICKÝ VĚK

Při vývoji dítěte se uplatňuje princip individualizace, což v praxi znamená, že se každé dítě vyvíjí jinak rychle. *Kalendářní věk*, který je odvozen z data narození, tedy nemusí korespondovat s *věkem biologickým*, jenž odpovídá celkovému stavu růstu a vývoji jedince vzhledem k příslušné populační normě. Disproporce mezi kalendářním a biologickým věkem se v průběhu ontogeneze mění. Během období mladšího školního dětství může rozdíl činit i více než dva roky. Pokud je biologický věk jedince vyšší než kalendářní, hovoříme o *biologické akceleraci*. V opačném případě, kdy je biologický vývoj jedince opožděn, jedná se o *biologickou retardaci*. (Kouba, 1995; Kutáč, 2009; Perič, 2008; Suchomel, 2004)

Biologický věk je nadřazeným pojmem pro několik dílčích kategorií (věk růstový, kostní, zubní, vývinový, proporcionální atd.). Mezi hlavní způsoby určování biologického věku patří porovnání výšky a váhy s normami, stanovení stupně osifikace kostí, porovnání stupně rozvoje sekundárních pohlavních znaků, popřípadě stanovení stupně prořezávání druhých zubů. (Perič, 2008; Suchomel, 2004)

## 2.3 TRENÉRSKÝ PŘÍSTUP V MLADŠÍM ŠKOLNÍM VĚKU

Mladší školní věk je obecně považován za šťastné období. Děti se po všech stránkách vyvíjejí rovnoměrně, jsou optimistické, snadno ovladatelné a zajímají se o vše konkrétní. Pohyb jim způsobuje radost, není tedy potřeba je k němu nutit. Základem jejich konání je hra. Soutěží rády a s vervou. Proto musí v tréninku převládat herní princip. Porážky by neměly být podnětem k výrazně negativnímu hodnocení, aby dítě nebylo zbytečně vystavováno stresu. S ohledem na málo rozvinutou schopnost soustředit se, musí být činnost pestrá a často obměňovaná. Vhodně volená činnost se následně může kladně projevit při formování vztahu ke sportu a pohybovým aktivitám. (Perič, 2008)

Děti snadno přejímají názory druhých. Dospělí jsou pro ně po většinu období přirozenou autoritou. Trenér (učitel) by proto měl jít příkladem. Velkou měrou totiž zodpovídá za pozdější vývoj dítěte v oblasti výkonové i výchovné. V ideálním případě by měl trenér dětský elán postupně převést a usměrnit od spontánní pohybové aktivity k systematické sportovní přípravě, s níž souvisí i osvojování morálních norem. Výchovné působení trenéra by rovněž mělo zdůrazňovat správnou životosprávu, hygienu a celkový denní režim. (Perič, 2008)

### 3 MOTORICKÉ SCHOPNOSTI

Motorické (pohybové) schopnosti jsou relativně samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti. Tyto předpoklady určitým způsobem limitují možnosti jednotlivce, neboť představují jakýsi strop, jehož může osoba při dané pohybové činnosti dosáhnout. (Dovalil, 2008; Měkota a Blahuš, 1983)

Měkota a Novosad (2005) popisují motorické schopnosti jako velmi obsáhlou a členitou třídu schopností, jež podmiňují úspěšnou pohybovou činnost a dosahování výkonů nejen ve sportu, ale i v práci či tvorbě, kde je pohyb dominantní složkou.

U schopností se obvykle klade důraz na jejich potencialitu, protože reprezentují pouze možnosti, ne jistoty. Například geneticky získaná vysoká úroveň motorických schopností dává svému nositeli jen potenciální možnost stát se vynikajícím sportovcem, avšak nezaručuje, že se jím opravdu stane. Pohybové schopnosti totiž nejsou jedinými předpoklady motorické činnosti. O úspěšnosti rozhodují i takové předpoklady, jako je somatotyp, výkonová motivace, vlastnosti osobnosti a spousta dalších, jež se mezi schopnosti nepočítají. (Měkota a Novosad, 2005)

Názory na rozdělení i pojmenování motorických schopností se liší. Dle Měkoty a Novosada (2005) vedl vývoj poznání k rozlišení a definování pětice motorických schopností, které bývají považovány za základní (*silové, vytrvalostní, rychlostní, koordinační a pohyblivostní*). Autoři rovněž uvádějí dělení do následujících skupin:

- *Kondiční schopnosti* – determinované převážně energetickými faktory a procesy. Patří sem schopnosti silové a vytrvalostní.
- *Koordinační schopnosti* – spojované především s řízením a regulací pohybové činnosti.
- *Hybridní schopnosti* (kondičně-koordinační) – stojící na pomezí dvou předchozích skupin. Řadí se sem rychlostní schopnosti.

Pohyblivostní schopnost (flexibilita) se výše uvedenému schématu vymyká, jelikož zastupuje spíše systém pasivního přenosu energie.

Vzhledem k zaměření diplomové práce se dále budeme podrobněji věnovat pouze schopnostem koordinačním.

### 3.1 KOORDINAČNÍ SCHOPNOSTI

Dovalil (2008) definuje koordinační schopnosti jako dispozice lehce a účelně koordinovat vlastní pohyby, přizpůsobovat je měnícím se podmínkám, provádět složitou pohybovou činnost a rychle si osvojovat nové pohyby.

Již z názvu vyplývá, že se zmíněné schopnosti vztahují k pojmu *koordinace* (uvedení v soulad). U motorické koordinace jsou uváděny do souladu především dílčí pohyby nebo pohybové fáze tak, aby vytvořily harmonický celek pohybového aktu. Pohybová koordinace tedy umožňuje provést sladěné, účelné a komplikované pohybové činnosti za různých podmínek a v nejrůznějších situacích. (Měkota a Novosad, 2005)

Koordinační schopnosti jsou podmíněny především procesy řízení a regulace pohybové činnosti. Vnitřně se vyznačují různými operacemi příjmu, zpracování a uchování informací. Tyto operace se nazývají percepční, kognitivní a mnemické. Koordinační schopnosti mají zásadní význam pro rychlost, přesnost a trvalost osvojování motorických dovedností, s nimiž jsou v úzkém vztahu. Liší se od sebe zejména mírou obecnosti. Koordinační schopnosti překračují rámec dovedností tím, že jsou předpokladem pro širší skupinu pohybových činností, jež se vyznačují podobnými nároky na koordinaci. (Kohoutek, 2005; Měkota a Novosad, 2005)

#### 3.1.1 TAXONOMIE KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ

Na základě logických úvah a empirických výzkumů byl pojmenován větší počet koordinačních schopností. Při jejich klasifikaci se uplatnila různá hlediska, což mělo za následek rozlišení schopností *obecných* a *sportovně-specifických*, schopností *jemně-motorických* a *hrubě-motorických*, rovněž byla charakterizována schopnost koordinace *oko-ruka* atd. Pozdější snahy o zjednodušení taxonomie vedly k určení sedmi základních koordinačních schopností, které si v následujících řádcích popíšeme. (Měkota a Novosad, 2005)

**Diferenciační schopnost** – schopnost jemně rozlišovat a nastavovat silové, prostorové a časové parametry pohybového průběhu. Umožňuje jemné vyladění jednotlivých fází pohybu, které se projevuje větší přesností, plynulostí a ekonomičností pohybu celkového. Tato schopnost je někdy též označována jako *kinesteticko-diferenciační*, neboť je založena na příjmu a zpracování převážně kinestetických informací přicházejících ze svalů, šlach, vazů a kloubů. Diferenciační schopnost se často uplatňuje současně se schopností orientační. (Měkota a Novosad, 2005)

**Orientační schopnost** – schopnost určovat a měnit polohu či pohyb těla v prostoru a čase v závislosti na definovaném akčním poli (např. herní plocha) nebo pohybujícím se objektu (např. soupeř, míč). Základem této schopnosti je příjem a zpracování především optických, ale i kinestetických informací. Prostorová orientace má mimo jiné vliv na odhad vzdálenosti při hodu na cíl. Přesnost zásahu však nelze chápat jako spolehlivý ukazatel úrovně orientační schopnosti, neboť se při hodu na cíl uplatňuje také schopnost diferenciativní. (Měkota a Novosad, 2005)

**Reakční schopnost** – schopnost zahájit účelný pohyb na daný podnět v co nejkratším čase. Indikátorem je reakční doba, kterou lze definovat jako časový interval od vzniku smyslového podnětu do zahájení volní reakce (svalové kontrakce). Její délka je závislá především na druhu a intenzitě podnětu. Rozlišujeme podněty taktilní (dotykové), akustické (zvukové) a vizuální (zrakové). Nejkratší reakční doba je u podnětů taktilních (0,14 až 0,15 s), nejdelší u podnětů vizuálních (0,19 až 0,21 s). (Havel a Hnízdil, 2010; Měkota a Novosad, 2005)

**Rytmická schopnost** – schopnost pochopit a pohybově vyjádřit rytmus z vnějšku daný nebo v samotné motorické činnosti obsažený. Z této definice vyplývá, že má rytmická schopnost dva aspekty. Prvním aspektem je vnímání akustických či vizuálních rytmů z vnějšího prostředí a jejich následné přenesení do pohybové činnosti (např. tanec). Druhým aspektem je vystihnoutí rytmu určitého pohybového aktu (např. vzepření vzklopno) a jeho uplatnění při vlastní motorické činnosti. (Měkota a Novosad, 2005)

**Rovnováhová schopnost** – schopnost udržet tělo nebo předměty v relativně stabilní poloze (rovnovážný stav), popřípadě obnovit stav rovnováhy i při změně vnějších podmínek. Rovnováhová schopnost umožňuje řešit motorickou úlohu na malé oporné ploše nebo ve velmi labilním postavení. Vnitřně se dělí na statickou rovnováhovou schopnost, dynamickou rovnováhovou schopnost a balancování předmětu. (Kohoutek, 2005; Měkota a Novosad, 2005)

**Schopnost sdružování** – schopnost účelně organizovat a navzájem propojovat dílčí pohyby jednotlivých částí těla do prostorově, časově a dynamicky sladěného pohybového celku, jenž je zaměřen na splnění cíle motorického jednání. Kritériem úrovně schopnosti sdružování může být samotný stupeň obtížnosti složité kombinace pohybů, kterou jedinec zvládne. (Měkota a Novosad, 2005)



**Schopnost přestavby** – schopnost přizpůsobit pohybovou činnost novým skutečností na základě vnímaných nebo předpokládaných změn situace, eventuálně pokračovat v činnosti zcela jiným způsobem. Změnu situace může zapříčinit měnící se terén, činnost soupeře, vyvíjející se herní situace, zvyšující se únava apod. Schopnost přestavby pohybu je založena hlavně na rychlosti a přesnosti vnímání situačních změn a na motorické zkušenosti. (Havel a Hnízdil, 2010; Měkota a Novosad, 2005)

### 3.1.2 BIOLOGICKÝ ZÁKLAD KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ

Dle Kohoutka (2005) lze za biologický základ koordinačních schopností označit vytváření zpočátku tzv. zkusmých spojů a následně pohybových vzorů a programů, k čemuž dochází postupně v průběhu ontogenetického vývoje. Tento proces souvisí se zráním nervového systému a je umožněn spojením míchy a mozkového kmene s podkořím a podkoří s mozkovou kůrou.

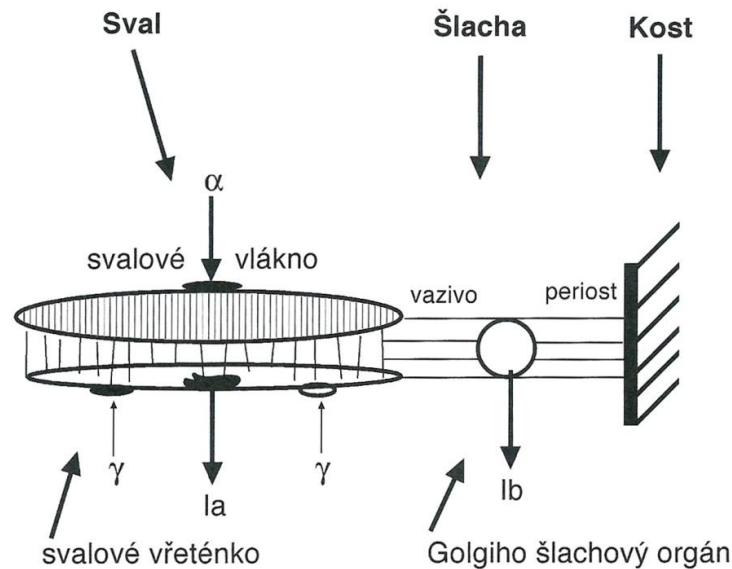
Koordinovaný pohybový projev je mimo jiné podmíněn schopností příjmu a zpracování informací z vnějšího i vnitřního prostředí. Tato schopnost je vázána na funkci různých analyzátorů, jež se skládají ze specifických receptorů, dostředivých (aférentních) nervových drah a senzoričeských center v příslušných oblastech mozku. Pro motorickou koordinaci je více či méně důležitých pět analyzátorů, které v diferencované formě ovlivňují proces řízení a regulace pohybu. Jedná se o analyzátor kinestetický, taktilní, statokinetický, optický a akustický. (Kohoutek, 2005)

V cíleně řízeném pohybu mají významnou roli receptory podávající CNS informace o aktuálním stavu pohybové soustavy. Tyto receptory, jež jsou umístěny ve svalcích, šlachách i kloubních pouzdrech, se nazývají *proprioceptory*. Funkčně k nim lze připočítat i receptory, informující o směru gravitace a rozložení tlaku, které se nacházejí v jiných částech těla. (Véle, 2006)

### 3.1.3 VLIV PROPRIOCEPCE NA FUNKCI SVALU

Ve svalcu, jakožto základní jednotce hybného systému, je hlavním proprioceptorem *svalové vřetenko*. V podstatě se jedná o upravené kontraktlní svalové vlákno, které je vazivově propojeno s normálními svalovými vlákny inervovanými spouštěcím motorickým systémem alfa (obrázek 1). Svalové vřetenko má dva kontraktlní póly, jež jsou inervovány motorickými vlákny nastavovacího systému gama, řízeného z retikulární formace. Mezi zmíněnými póly se nachází receptor reagující na změny napětí ve svalcu při změně jeho délky. Zde vytvořený vzruch putuje přes zadní míšní kořeny interneuronovou sítí

vzestupnými nervovými drahami do retikulární formace a do mozečkových jader. Svalové vřetenko tedy podává informace o statických (změna délky svalu) i dynamických parametrech pohybu (rychlost, s jakou se délka svalu mění). Vedle toho dokáže měnit práh dráždivosti motoneuronů v jakékoliv poloze svalu. (Kohoutek, 2005; Věle, 2006)



**Obrázek 1:** Proprioceptory ve svalu a šlaše

(Zdroj: Věle, 2006)

Obdobným proprioceptivním receptorem, jako je vřetenko ve svalu, je i *Golgiho šlachové tělísko*, jež snímá tah na šlaše svalu. Tento receptor je sice aktivován protažením šlachy, napětí však musí být podstatně vyšší, než je potřeba k podráždění svalového vřetenka. Golgiho šlachové tělísko má tedy oproti svalovému vřetenku vyšší práh dráždivosti, který nelze dopředu měnit. Jeho vzruchová aktivita se šíří podobnými cestami jako aktivita svalového vřetenka. Šlachové tělísko působí proti funkci vřetenka. Vstupuje však do činnosti teprve tehdy, když napětí na šlaše překročí mez, která by v důsledku mohla poškodit celý systém. Oba receptory tvoří automatický ochranný míšní servomechanismus sloužící k předcházení drobných traumat, jež by mohla vzniknout příliš silnou aktivitou svalu, kdyby ke konci pohybového rozsahu nebyla včas šlachovým tělískem utlumena. (Kohoutek, 2005; Věle, 2006)

Další receptory, mající podíl na řízení a regulaci svalové činnosti, se nacházejí v kloubních pouzdech. Tato čidla reagují na změny napětí v kloubním pouzdru, které vznikají napínáním pouzdra na konvexní straně kloubu a jeho řasením na konkávní straně. (Kohoutek, 2005; Věle, 2006)

### 3.1.4 FUNKCE CNS PŘI ŘÍZENÍ POHYBU

Účelně orientovaný pohyb lze považovat za výslednici působení mechanických sil a odporů, ale současně ho můžeme chápat i jako výsledek řídicí funkce centrální nervové soustavy, která ovládá účelové použití mechanické síly vzniklé ve svalech k dosažení zamýšleného cíle. (Véle, 2006)

Dle staršího pojetí řídicí funkce CNS se rozlišovaly dva oddělené řídicí systémy:

- *Systém pyramidový* – vychází z Betzových buněk (korové motorické oblasti) a přímo pyramidovou dráhou ovládá míšní motoneurony a tím i svaly. Tomuto systému byla přiřazována volní hybnost. (Kohoutek, 2005; Véle, 2006)
- *Systém extrapyramidový* – vychází ze širších korových oblastí a řídí míšní motoneurony nepřímo přes komplex podkorových struktur. Tomuto systému byla přiřazována mimovolní hybnost. (Véle, 2006)

Novější poznatky o motorických drahách vedly k rozdělení motorického systému na dvě odlišné části:

- *Systém gama* – připravuje a nastavuje podmínky pro realizaci pohybu a předchází aktivitu systému alfa, jenž pohyb spouští. Dráhy gama systému vystupují z retikulární formace v mozkovém kmeni, putují ke gama motoneuronům v míše a prostřednictvím svalových větének nastavují dráždivost motoneuronů. Gama systém zároveň nastavuje i úroveň bdělosti v kortexu a úroveň metabolických pochodů v mozkovém kmeni zajišťujících přísun energetických látek nutných k uskutečnění pohybu. (Véle, 2006)
- *Systém alfa* – spouští volní pohyb a řídí jeho průběh. Dráhy alfa systému vycházejí z korových oblastí, ale i z některých podkorových struktur, jako je tomu v případě řízení postury vestibulospinální dráhou. Za hlavní dráhu volní hybnosti se pokládala dráha kortikospinální (pyramidová). (Véle, 2006)

Přímo na člověku se však podařilo prokázat, že přetětí pyramidové dráhy v místě decussatio pyramidum nevytvořilo spastickou hemiplegii, jak se to předpokládalo, ale vznikla pouze akrální paréza při zachovalé kořenové hybnosti. Systémy pro řízení volního pohybu tedy nelze označovat morfoloicky podle nervových drah, ale fyziologicky podle povahy jejich funkce. (Véle, 2006)

Véle (2006) na základě těchto nejnovějších poznatků dělí volní účelovou motoriku na níže uvedené systémy:

**1. Podpůrná motorika kořenová a axiální (hrubá motorika):**

- *Systém posturální motoriky* (statická motorika držení těla) – jeho nastavovacím ústrojím je retikulární formace a druhotným řídicím ústrojím jsou podkorová řídicí centra.
- *Systém lokomoční motoriky* (dynamická motorika pohybu) – jeho spouštěcím ústředím jsou korová motorická centra, jež řídí posturální i lokomoční motoriku.

**2. Obratná motorika akrální (jemná motorika):**

- *Systém obratné motoriky akrální* – je řízený přímo z mozkové kůry. Provádí pohyby ideokinetické, uchopovacího a manipulačního rázu.
- *Systém sdělovací motoriky* – je také řízen přímo z mozkové kůry. Jeho funkce jsou komunikačního rázu. Ovládá muskulaturu obličeje a řečových orgánů, včetně gestikulace.

**3. Respirační motorika** – jedná se o samostatný úsek zasahující jak do jemné, tak do hrubé motoriky. Respirační pohyby jsou ovládány vůlí i autonomním systémem.

Mozkové kůře se připisuje integrační a paměťová funkce nutná pro vytvoření potřebných pohybových vzorů jako základ pohybových programů. Korový systém je určený pro řízení diferencované činnosti, která není pouhou reakcí na zevní podnět, ale slouží k cílenému ovládnutí zevního prostředí. (Véle, 2006)

Podkorovým strukturám se naopak připisuje vývojově starší motorika a elementární zpracování podnětů do určitých komplexů schopných samostatné existence, ale bez specificky diferencovaného zaměření. Realizují tedy pohyby automatizované, instinktivní či reflexní povahy. (Véle, 2006)

## 4 ZRAK

Zrak je pro člověka hlavním zdrojem poznávání okolního světa. Jeho prostřednictvím získáváme 80 až 90 % všech informací přicházejících do mozku. Vizuální informace v sobě zahrnuje řadu elementárních kvalit pozorovaného objektu, jako je například jeho tvar, barva, velikost, umístění v trojrozměrném prostoru nebo jeho případný pohyb určitým směrem a jistou rychlostí. Oslabení či ztráta zraku je proto přijímána výrazně obtížněji, než ztráta kteréhokoliv jiného smyslu. (Kralíček, 2011; Rokyta a Šťastný, 2002)

Kralíček (2011) popisuje vidění jako složitý proces, jehož podstatou je příjem a zpracování informačních signálů o vnějším světě ve formě fotonů viditelného světla. Autor dále zjednodušeně rozděluje celý zrakový systém na následující funkční části:

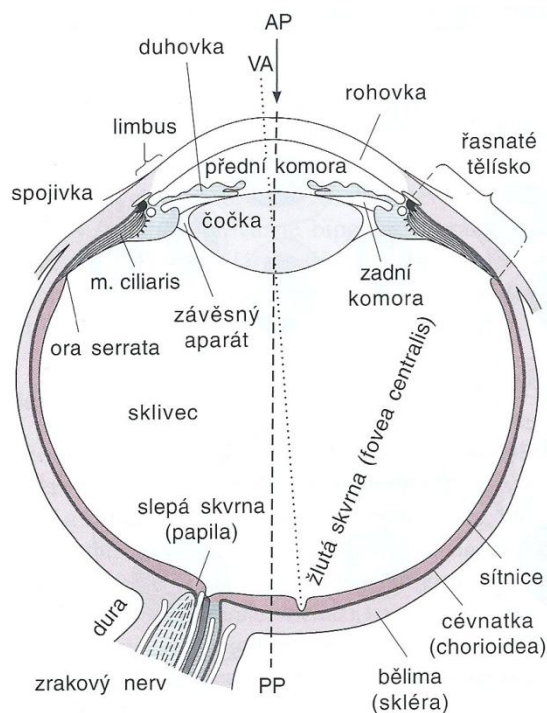
- *optický systém oka* – vytváří obrazy objektů vnějšího světa na sítnici;
- *fotoreceptory sítnice* – transformují elektromagnetické vlnění do podoby akčních potenciálů;
- *optická dráha* – přenáší zakódované vizuální informace (v podobě akčních potenciálů) do korové projekční oblasti;
- *korová zraková oblast* – zpracovává příchozí informace a umožňuje jejich vnímání.

### 4.1 ANATOMIE OČNÍHO APARÁTU

Vlastním smyslovým orgánem pro získávání obrazové informace je oční koule (bulbus oculi). Činnost oka zabezpečují přídatné orgány, které ho mechanicky a chemicky chrání před poškozením a zajišťují postavení a pohyb obou očních koulí. (Dylevský, 2009; Rozsival, 2017)

#### 4.1.1 OČNÍ KOULE

Oční koule (obrázek 2) je párový orgán mírně asymetrického tvaru o přibližném průměru 24 mm. Nachází se v obličejové části lebky, konkrétně v *očnici* (orbita), kde je uložena do tukového pouzdra tak, aby s ní mohly okohybné svaly volně pohybovat. Stěna očního bulbu se skládá ze tří vrstev, jež jsou anatomicky i funkčně rozdílné. Jedná se o vnější vazivovou, střední cévnatou a vnitřní nervovou vrstvu. Vnitřní prostory oční koule vyplňuje komorová voda, sklivec a oční čočka. (Dylevský, 2009; Rokyta a Šťastný, 2002; Štrofová, 2018)



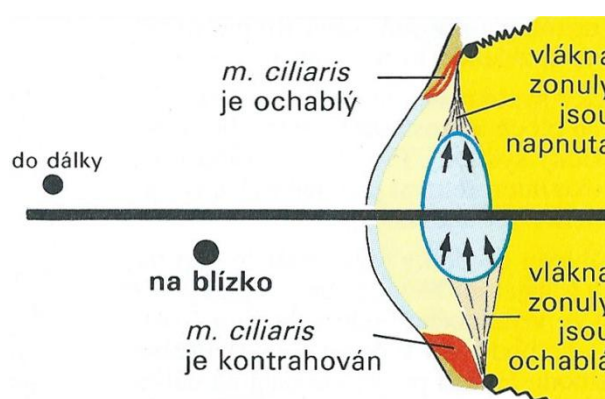
**Obrázek 2:** Horizontální řez okem

(Zdroj: Ganong, 2005)

*Vnější vazivová vrstva* má dvě složky – bělima (sclera) a rohovka (cornea). **Bělima** je bílá, neprůhledná a téměř bezcévná. Zabírá přibližně 80 % povrchu oční koule, udržuje tvar bulbu a poskytuje mu i mechanickou ochranu. Do bělimy se upínají okohybné svaly, vzadu ji prostupuje zrakový nerv a v oblasti limbu přechází v rohovku. **Rohovka** zaujímá zbylých 20 % povrchu oční koule. Tvoří přední oddíl bulbu, je bezcévná, bezbarvá, zcela průhledná a vyklenutá dopředu. S přihlédnutím ke své optické mohutnosti je nejdůležitější složkou optického systému oka. Rohovka má četná nervová zakončení, a proto je jedním z nejcitlivějších míst na těle. (Čihák, 2004; Hornová, 2011; Rozsival, 2017; Štrofová, 2018)

*Střední cévnatou vrstvu* tvoří v zadní části bulbu tenká cévnatka (chorioidea), která přechází do zesíleného prstence řasnatého tělesa (corpus ciliare), z jehož okraje vybíhá ploténka duhovky (iris). Tyto tři složky dohromady tvoří *živnatku* (uvea). **Cévnatka** je tenká, na cévy bohatá, vazivová vrstva sloužící především k výživě sítnice. Díky své pružnosti však působí i mechanicky, neboť tahá směrem dozadu za okraj řasnatého tělesa, k němuž je připojena, čímž napíná závěsný aparát čočky a pomáhá udržovat zaostření oka na dálku. **Řasnaté těleso** má tvar kruhovitěho valu a dochází zde k produkci komorové tekutiny. Podkladem corpus ciliare je *ciliární sval* (musculus ciliaris) tvořený hladkou

svalovinou. Z řasnatého tělesa vybíhají vlákna, která vytvářejí *závěsný aparát* a upínají se na okraj čočky. Kontrakcí ciliárního svalu se vlákna závěsného aparátu uvolní, čočka se vlastní pružností vyklene a oko zaostří nablízko. Tento proces se nazývá *akomodace* (obrázek 3). **Duhovka** je přepážka, která odděluje přední a zadní oční komoru. Má tvar mezikruží, přičemž otvor uprostřed se nazývá *zornice* (pupilla). Duhovka funguje jako clona. Pomocí svěrače a rozvěrače mění průsvit zornice, čímž reguluje množství světla dopadajícího na sítnici. Při nedostatku světla a při zaostření oka na dálku se pupilla rozevře, naopak při dostatku světla a při akomodaci oka nablízko se zornice zúží. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Hornová, 2011; Merkunová a Orel, 2008; Štrofová, 2018)

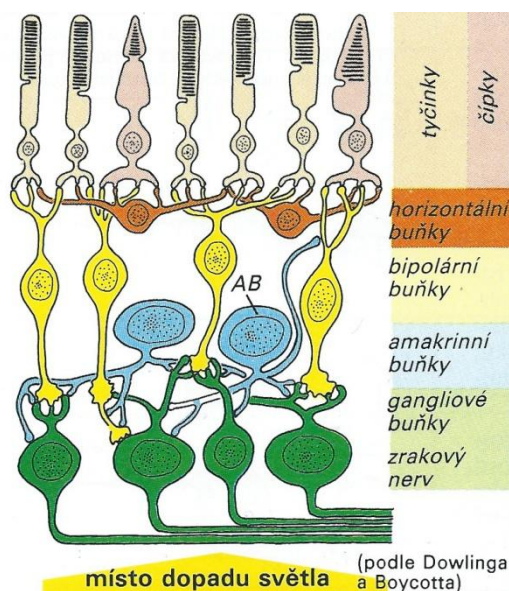


**Obrázek 3:** Akomodace oka

(Zdroj: Silbernagl a Despopoulos, 1993)

*Vnitřní nervová vrstva* stěny očního bulbu je reprezentována sítnicí (retina). Úkolem **sítnice** je transformovat obraz okolního světa do zakódované vizuální informace, která následně putuje ve formě akčního potenciálu do mozku k dalšímu zpracování. Sítnice je tvořena několika vrstvami. Obsahuje světločivé receptory (*tyčinky*, *čípky*) a čtyři typy neuronů (*horizontální*, *bipolární*, *amakrinní* a *gangliové buňky*). Fotoreceptory jsou umístěny nejblíže cévnatce, vytváří synaptická spojení s bipolárními buňkami, jež se dále synapticky napojují na buňky gangliové. Axony gangliových buněk se sbíhají a opouštějí oko v podobě *zrakového nervu*. Horizontální buňky navzájem propojují buňky receptorové, zatímco amakrinní buňky podporují spojení buněk gangliových (obrázek 4). Signál tedy probíhá od fotoreceptorů přes bipolární buňky k buňkám gangliovým, ale i napříč k buňkám horizontálním a amakrinním, které signál ovlivňují z důvodu zkvalitnění zrakového vjemu (ruší tzv. šumy apod.). V retině nalezneme tři druhy čípků, přičemž každý je citlivý na světlo o jiné vlnové délce, což umožňuje barevné vidění. Tyčinky jsou citlivější než čípky, díky čemuž je zajištěno vidění i v horších světelných podmínkách.

Místo, kde zrakový nerv opouští oko, se z důvodu absence zrakových receptorů nazývá *slepá skvrna*. Naopak největší zraková ostrost je v místě zvaném *žlutá skvrna*, kde je vysoká koncentrace světločivých elementů, konkrétně čípků. (Ganong, 2005; Heissigerová, 2018; Langmeier, 2009; Rokyta a Šťastný, 2002)



**Obrázek 4:** Struktura sítnice

(Zdroj: Silbermagl a Despopoulos, 1993)

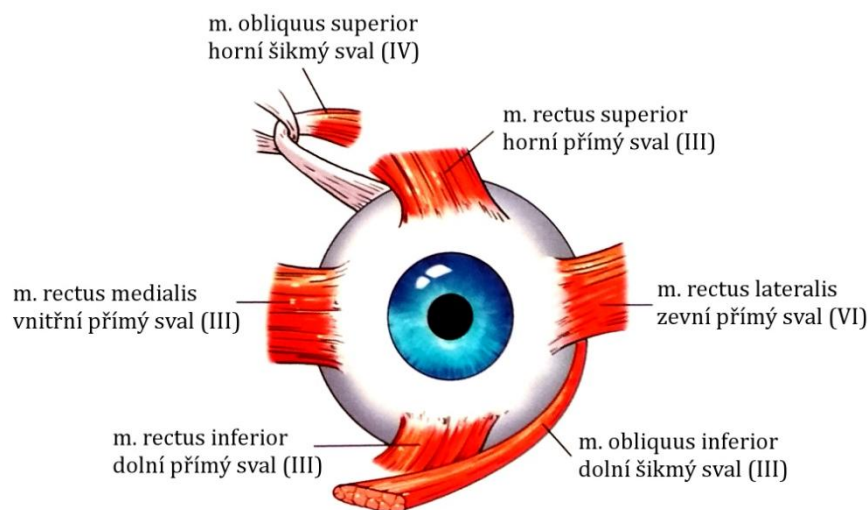
*Vnitřní prostory oční koule* vyplňuje komorová tekutina (humor aquosus), oční čočka (lens) a sklivec (corpus vitreum). **Komorová tekutina** je čirá a zcela průhledná. Má velký význam pro látkovou výměnu tkání, které nemají vlastní cévní zásobení (rohovka, čočka, sklivec). Rovněž svojí tenzí udržuje nitrooční tlak a tím i kulový tvar očního bulbu. Komorová tekutina neustále cirkuluje a obnovuje se. Vzniká ve strukturách řasnatého tělesa, ze kterého proudí do zadní oční komory, odkud následně zornicí protéká do přední oční komory, kde odtéká *Schlemmovým kanálem* do žilního systému. **Oční čočka** je těleso bikonvexního tvaru připojené pomocí závěsného aparátu k povrchu řasnatého tělesa. Hlavní předností čočky je schopnost měnit vyklenutí a tím i svou optickou mohutnost (akomodace). **Sklivec** je bezbuněčná, průhledná a dokonale čirá hmota rosolovité konzistence, která udržuje nitrooční tlak a vyplňuje prostor mezi čočkou, řasnatým tělesem a sítnicí. Na rozdíl od komorové tekutiny se sklivec tvoří pouze během embryonálního vývoje. Po narození se jeho funkce pozvolně vytrácí a dochází k jeho postupné degeneraci. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Heissigerová, 2018; Merkunová a Orel, 2008; Rozsival, 2017; Štrofová, 2018)



#### 4.1.2 PŘÍDATNÉ ORGÁNY OKA

K přídatným strukturám oka patří okohybné svaly (musculi bulbi), oční víčka (palpebrae), spojivka (tunica conjunctiva) a slzný aparát (apparatus lacrimalis).

**Okohybné svaly** zajišťují postavení a pohyblivost očních koulí. Jedním okem pohybuje celkem šest svalů – čtyři přímé a dva šikmé (obrázek 5). Přímé svaly začínají vzadu v očnici ve společném šlachovém prstenci, z něhož se rozbíhají ke svým úponům. Jsou asi 4 cm dlouhé a upínají se do bělimy (přibližně 5-7 mm od okraje rohovky). Horní šikmý sval má stejný začátek jako svaly přímé. Odtud běží do horního vnitřního rohu očnice, kde zatáčí kolem chrupavčité kladky a upíná se v horním zevním kvadrantu oka. Dolní šikmý sval začíná na dolním vnitřním okraji očnice a upíná se v dolním zevním kvadrantu očního bulbu. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Hornová, 2011)



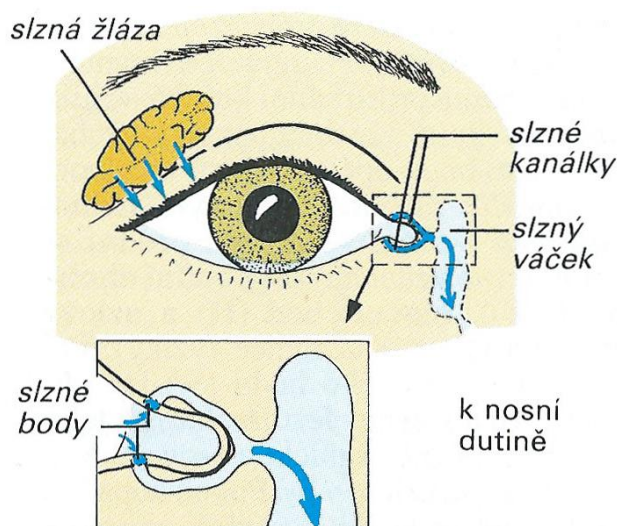
**Obrázek 5:** Okohybné svaly

(Zdroj: Štrofová, 2018)

**Oční víčka** uzavírají oční štěrbinu, regulují množství světla dopadajícího na sítnici a chrání přední část bulbu před poškozením. Pravidelným mrkáním rovnoměrně roztírají po oku vrstvičku slzného filmu a stírají případné nečistoty. Oční víčko má tužší oporu ve vazivové ploténce zvané *tarzus*. Vnější povrch víčka je potažen kůží a vnitřní část, přiléhající na oční kouli, je kryta spojivkou. Z okraje víčka (*margo*) vyrůstají *řasy*, které se poměrně rychle (za 100-150 dní) vyměňují. V tarzu jsou uloženy *Meibomské žlázy*, jejichž sekret je důležitou součástí slzného filmu. Oči se otevírají stahem zdvihačů víček a k jejich uzavření přispívá stah kruhového očního svalu. (Dylevský, 2009; Heissigerová, 2018; Hornová, 2011; Langmeier, 2009)

**Spojivka** je jemná slizniční membrána, jež pokrývá vnitřní plochy obou víček a obloukovitým vyklenutím přechází na přední část očního bulbu, kde kryje bělimu až po okraj rohovky. Spojivka je k bělimě připojena řídkým vazivem, které dovoluje volný pohyb víček i oka. Prostor mezi bulbární a víčkovou spojivkou se nazývá *spojivkový vak*. Spojivka tedy omezuje přístup k oku, z něhož nechává volnou pouze rohovku, a současně uzavírá i prostor očnice kolem bulbu. Dále také zprostředkovává vlhčení rohovky, produkuje spojivkový hlen a je orgánem s imunitními funkcemi, neboť obsahuje drobná mikroskopická nahromadění lymfatické tkáně až mízní uzlíky. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Štrofová, 2018)

**Slzný aparát** má slzotvornou a slzovodnou část. *Slzy* jsou tvořeny v *slzné žláze*, která je uložena v zevním horním kvadrantu očnice (obrázek 6). Ze slzné žlázy vedou krátké trubičky, jež ústí drobnými otvůrkami ve spojivkové klenbě horního víčka. Slzy se hromadí ve spojivkovém vaku, který vymývají, a prostřednictvím pohybu víček jsou roztírány po přední ploše oční koule, kterou zvlhčují a smývají z ní prach. Slzy usnadňují pohyb očního bulbu i víček a díky obsahu lysozymu, jenž má antibakteriální účinky, chrání oko před infekcí. Přebytky slz odtékají z vnitřního očního koutku *slznými body* přes *slzné kanálky* do *slzného váčku*, odkud jsou odváděny *slzovodem* do dutiny nosní. (Dylevský, 2009; Merkunová a Orel, 2008; Štrofová, 2018)



**Obrázek 6:** Slzný aparát oka

(Zdroj: Silbernagl a Despopoulos, 1993)

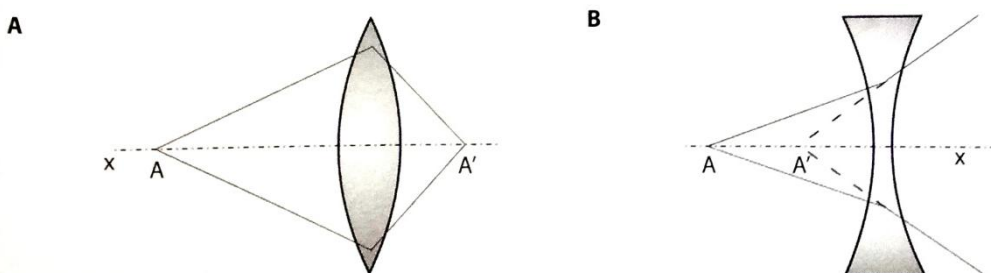
## 4.2 MECHANISMUS ZRAKOVÉHO VNÍMÁNÍ

Podstatou zrakového vjemu je příjem a zpracování informací z okolního prostředí ve formě fotonů viditelného světla. Jako *viditelné světlo* označujeme tu část spektra elektromagnetického vlnění, která je vnímána lidským okem. Vlnové délky viditelného světla leží v rozmezí přibližně od 380 nm (fialová barva) do 760 nm (červená barva). Ultrafialové spektrum má vlnové délky pod 380 nm a infračervené nad 760 nm. (Heissigerová, 2018; Králíček, 2011)

Světelné paprsky vycházející z pozorovaného předmětu, nebo se od něj odrážející, se pomocí optického systému oka lámou a vytvářejí na sítnici jeho zmenšený a převrácený obraz. Působení světla na fotoreceptory sítnice vede ke vzniku akčního potenciálu, jenž obsahuje zakódovanou vizuální informaci. Ta je ve formě elektrického signálu transportována neurony zrakové dráhy až do mozkové kůry, kde následně dochází k jejímu dekodování do vědomé podoby. (Králíček, 2011; Langmeier, 2009)

### 4.2.1 OPTICKÝ SYSTÉM OKA

Při dopadu světelných paprsků na rozhraní dvou rozdílných optických prostředí se část paprsků odrazí a zbylé paprsky proniknou do prostředí druhého, přičemž dochází k jejich lomu. Paprsky dopadající na bikonvexní (spojnou) čočku se lámou do bodu za čočkou, který se nazývá *ohnisko* (obrázek 7). Lámovou schopnost čočky vyjadřuje veličina zvaná *optická mohutnost*, jejíž jednotkou je *dioptrie* ( $D$ ). (Ganong, 2005; Králíček, 2011)



**Obrázek 7:** Spojná (A) a rozptylná (B) čočka

(Zdroj: Králíček, 2011)

Během vytváření obrazu na sítnici musejí světelné paprsky projít přes *čtyři optická prostředí* (rohovka, komorová voda, čočka a sklivec). Tato prostředí mají navzájem odlišné indexy lomu a rozdílný stupeň křivosti sférických rozhraní. Dohromady představují *spojnou optickou soustavu* promítající na sítnici reálný, převrácený a zmenšený obraz nazíraného objektu, jenž posléze CNS transformuje do podoby skutečné. (Králíček, 2011)

Lidské oko má při pohledu do dálky celkovou optickou mohutnost přibližně 59 D. Největší optickou mohutnost z výše uvedených optických prostředí má rohovka (42 D). Druhým silně lámavým prostředím je oční čočka, jejíž optická mohutnost je proměnlivá, neboť dokáže měnit poloměr křivosti svých lámavých ploch. Čím více je oční čočka zakřivena, tím větší je její optická mohutnost. (Ganong, 2005; Králíček, 2011)

V případě, že se pozorovaný předmět nalézá ve vzdálenosti *větší než 6 metrů* od pozorovatele, přicházejí světelné paprsky do oka prakticky navzájem rovnoběžné, tzn. jako by přicházely z nekonečné vzdálenosti. V takové situaci je oční čočka oploštělá a má nejmenší optickou mohutnost, jež činí asi 19 dioptrií. Světelné paprsky se tedy po lomu spojnou soustavou oka protínají v ohniskové rovině, která se nachází právě v úrovni fotoreceptorů sítnice. Pokud se ovšem pozorovaný předmět přiblíží k oku pozorovatele do vzdálenosti *menší než 6 metrů*, budou jím vyzařované či odrážené světelné paprsky přicházet do oka jako rozbíhavé. Za těchto okolností je potřeba zvětšit optickou mohutnost očního aparátu, jinak by se světelné paprsky protnuly a vytvořily obraz v rovině, která by teoreticky ležela někde za sítnicí, čímž by pozorovaný blízký předmět přestal být viděn ostře. Nárůst optické mohutnosti oka při zaostření na blízké objekty se nazývá akomodace. (Králíček, 2011)

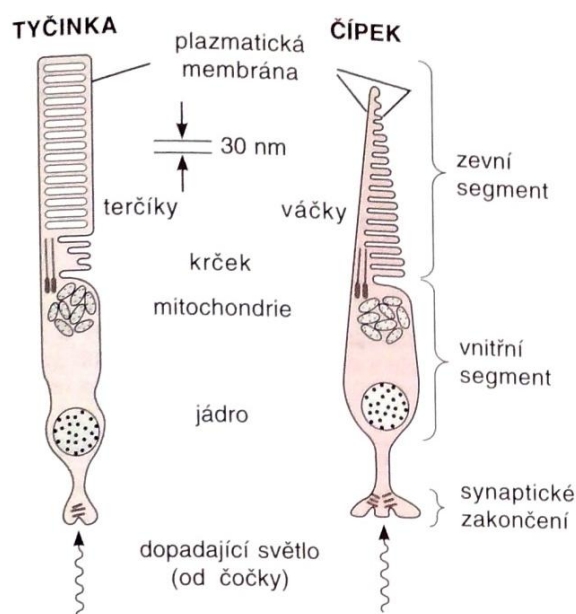
*Akomodace* je aktivní děj vyžadující svalovou činnost, a proto může být namáhavá. Ciliární sval je jedním z nejpoužívanějších svalů v těle. Zakřivení čočky se však může zvětšovat jen do určitého stupně. Světelné paprsky přicházející od příliš blízkého předmětu proto nelze ani při sebevětším úsilí soustředit do ohniska na sítnici. Při maximálním možném vyklenutí oční čočky se její optická mohutnost zvětší z 19 D až na 28 D. Tento rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou optické mohutnosti oční čočky se nazývá *akomodační šíře*. S přibývajícím věkem však akomodační schopnost oka klesá – snižuje se elasticita čočky, která nedokáže zvětšit své zakřivení, i když se stahem ciliárního svalu její závěsný aparát uvolní. Desetileté dítě má akomodační šíři asi 15 D, u dvacetiletého emetropa (normálně vidící člověk) se akomodační šíře dostává na hodnotu 10 D a kolem 70. roku života ztrácí čočka schopnost akomodace úplně. (Ganong, 2005; Králíček, 2011; Štrofová, 2018)

Při pozorování blízkého předmětu dochází kromě akomodace oční čočky ještě ke sbíhání obou zrakových os (konvergence) a zúžení zornic. Souhrnně tyto tři děje označujeme jako *reakce při pohledu do blízka*. (Ganong, 2005)

#### 4.2.2 TRANSFORMACE SVĚTELNÉHO SIGNÁLU NA ELEKTRICKÝ

Po vytvoření obrazu okolního světa na sítnici je dalším krokem v procesu vidění zakódování všech obrazových informací do vzruchové aktivity gangliových buněk sítnice. Jinak řečeno tedy dochází k přeměně světelných signálů na elektrické. Mechanismus této transformace je v tyčinkách i čípcích stejný. (Králíček, 2011)

Dopad určitého množství fotonů viditelného světla na strukturu zevního segmentu fotoreceptoru (obrázek 8) způsobuje rozpad *fotopigmentu*. Chemické děje probíhající v tomto zrakovém barvivu vedou ke vzniku napěťové změny (*generátorového potenciálu*) na povrchové membráně fotoreceptoru. Zde vzniklý generátorový potenciál se šíří směrem k synaptickému zakončení, kde se prostřednictvím mediátoru přenáší na bipolární, horizontální a amakrinní buňky. S výjimkou amakrinních buněk nejsou tyto neurony ještě schopné reagovat na aktivitu fotoreceptoru produkcí akčních potenciálů, ale pouze lokálními napěťovými změnami na svých membránách, charakteru depolarizace či hyperpolarizace. Obecně můžeme říci, že tyto buňky pokračují v kódování obrazové informace, jež bylo započato na fotoreceptorech. Díky jejich činnosti se nakonec původní světelný signál transformuje do *akčních potenciálů*, které jsou generovány na iniciálních segmentech axonů gangliových buněk sítnice. (Králíček, 2011)

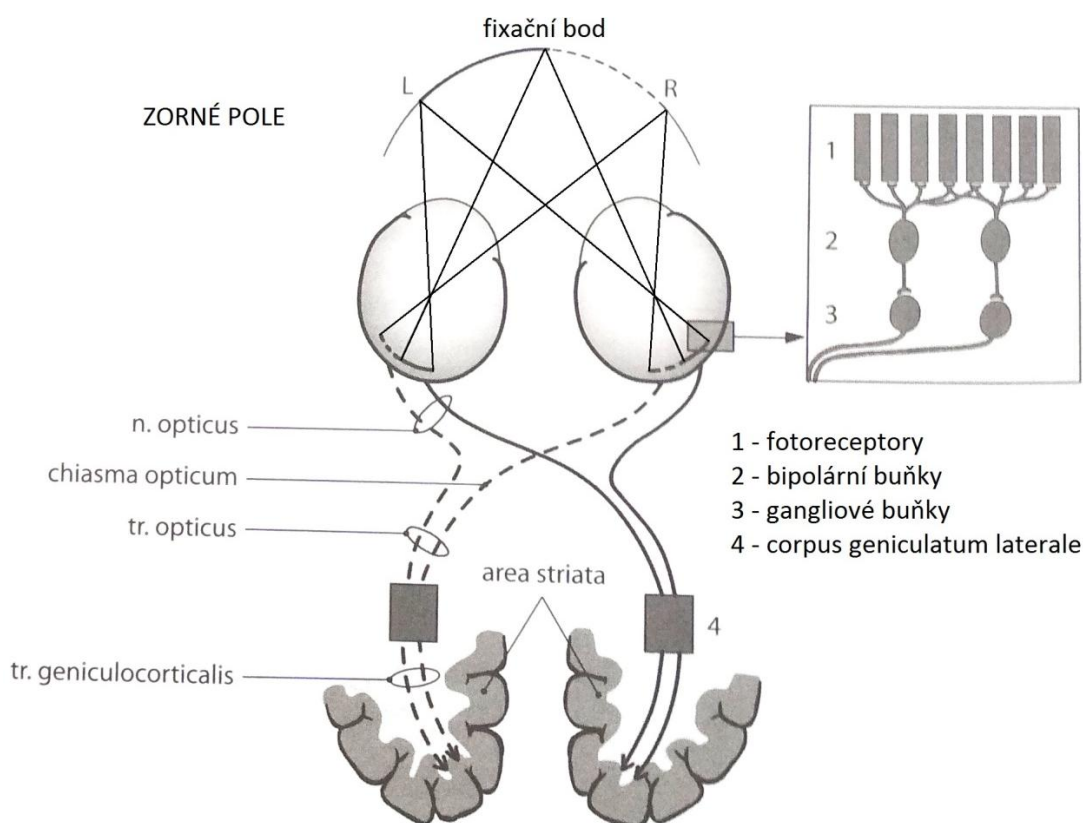


**Obrázek 8:** Schematické znázornění fotoreceptorů

(Zdroj: Ganong, 2005)

### 4.2.3 ZRAKOVÁ DRÁHA

Zraková dráha je soubor neuronů, které přenášejí zakódované vizuální informace z oka do příslušné korové projekční oblasti centrální nervové soustavy (CNS). Trakt je tvořen čtyřmi typy nervových buněk (obrázek 9). První neuron představují světločivé buňky sítnice (fotoreceptory), druhý bipolární buňky, třetí gangliové buňky a čtvrtý corpus geniculatum laterale. (Králiček, 2011)



**Obrázek 9:** Zraková dráha

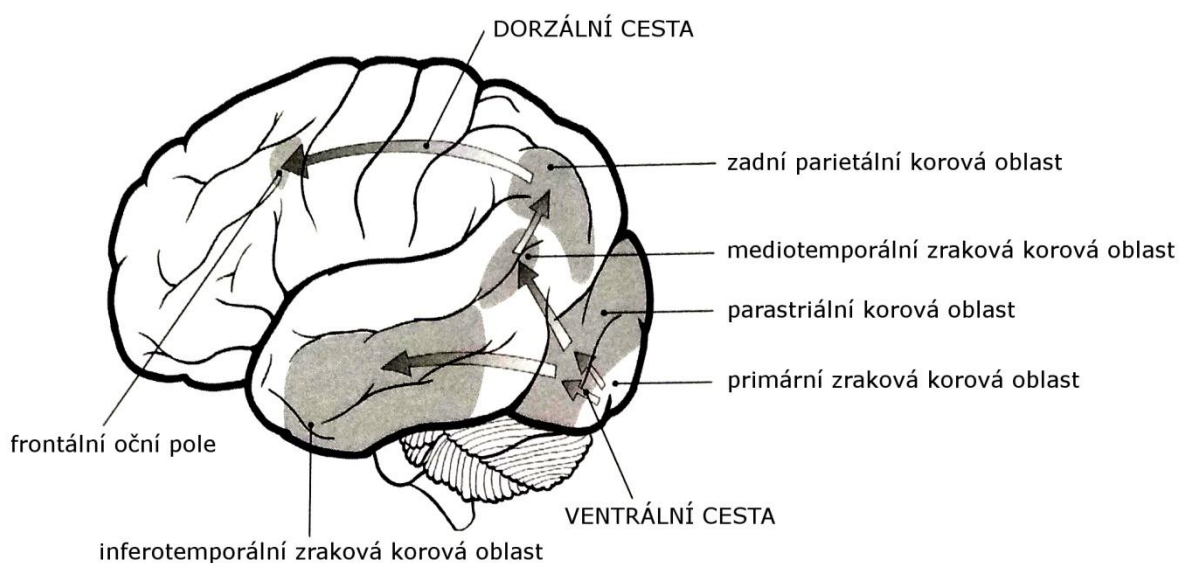
(Zdroj: Králiček, 2011)

Axony gangliových buněk se na sítnici sbíhají do papily zrakového nervu, kde opouštějí oční kouli a vytvářejí *nervus opticus* (zrakový nerv). Po dosažení lebeční dutiny se oba zrakové nervy sbíhají, načež se spojí do *chiasma opticum*. Zde se vlákna obou zrakových nervů částečně kříží – axony přicházející z mediálních (vnitřních) polovin obou sítnic se kříží na druhou stranu, zatímco axony vedoucí z laterálních (vnějších) polovin sítnic se nekříží a zůstávají na téže straně. Vlákna pocházející ze středů sítnic, konkrétně ze žlutých skvrn, se v chiasmatu rovněž z části kříží a z části pokračují nezkříženě. Soubor axonů vystupující z chiasmatu tvoří *tractus opticus*. Důsledkem zmíněného křížení je skutečnost, že každý *tractus opticus* obsahuje vlákna z homolaterálních (stejnostranných) polovin obou

sítnic a vlákna z obou žlutých skvrn. Přibližně 80 % axonů optického traktu končí na neuronech v *corpus geniculatum laterale*. Zbýlých 20 % neuritů odstupuje do středního mozku, kde tato vlákna zajišťují například zornicový reflex či reflexní pohyby očí. Neurony vystupující z *corpus geniculatum laterale* vytvářejí *tractus geniculocorticalis*, jenž končí v primární zrakové korové oblasti (*area striata*). (Králíček, 2011)

#### 4.2.4 ZRAKOVÉ KOROVÉ OBLASTI

*Primární zraková kůra* dekoduje vizuální informaci a přemění ji v nejjednodušší smyslový vjem – *počitek*. Primární zraková kůra každé hemisféry dostává vizuální informace z identických polovin obou zorných polí na protilehlé straně. Pouze informace ze žlutých skvrn mají korovou projekci oboustrannou. Z *area striata* se vizuální informace dále šíří do *sekundární zrakové korové oblasti*, někdy též označované jako *asociační*. Ta je tvořena čtyřmi korovými poli (obrázek 10), jež spojují jednotlivé zrakové počitky v *ucelený vizuální vjem*. (Králíček, 2011)



**Obrázek 10:** Zrakové korové oblasti

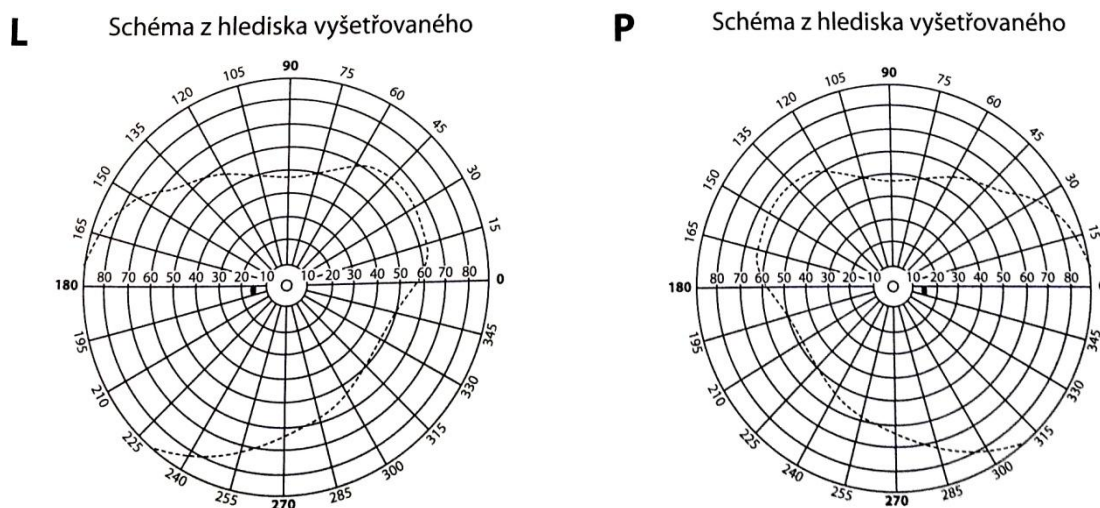
(Zdroj: Králíček, 2011)

### 4.3 PROSTOROVÉ VIDĚNÍ

Trojrozměrný okolní svět je optickým systémem oka promítán na sítnici ve formě dvourozměrného obrazu. Vnímání třetího rozměru neboli *hloubky prostoru* je však zachováno. Tato schopnost se nazývá *prostorové vidění*. Dokonalé prostorové vidění je umožněno binokulárním zřením (nazírání oběma očima současně). (Králíček, 2011)

### 4.3.1 ZORNÉ POLE

Zorné pole každého oka je ta část okolního prostoru, kterou vidíme daným okem nehybně upřeným vpřed. Teoreticky by mělo být zorné pole kruhové, ale ve skutečnosti je na mediální straně omezeno nosem a v horní části stropem očnice (obrázek 11). Mapování zorných polí se provádí přístrojem zvaným *perimetr* a má význam v neurologické diagnostice. Centrální části zorných polí obou očí se překrývají, a proto jakýkoliv objekt v této části prostoru vidíme binokulárně. (Ganong, 2005; Králíček, 2011)



**Obrázek 11:** Zorné pole levého (L) a pravého (P) oka s vyznačenou slepou skvrnou  
(Zdroj: Králíček, 2011)

### 4.3.2 JEDNODUCHÉ BINOKULÁRNÍ VIDĚNÍ

Jednoduché binokulární vidění (JBV) je označením schopnosti mozku spojit separátní obrazy každého oka v jednotný prostorový vjem, tj. jeden obraz fixovaného objektu. Předpokladem JBV je dokonalá senzomotorická koordinace obou očí, která zahrnuje například vzájemně správné postavení očních bulbů či normální retinální korespondenci. Binokulární vidění je získaná schopnost, jejíž vývoj začíná po narození dítěte a končí přibližně v šestém roce života. Porucha ve vývoji JBV může vést ke vzniku strabismu, amblyopie nebo narušení centrální retinální fixace. (Kraus, 1997; Rozsival, 2017)

Rozsival (2017) mezi podmínky pro normální vývoj binokulárního vidění řadí: fyziologický vývoj oka a jeho okolí, přibližně stejnou refrakci obou očí, centrální fixaci obou očí, normální rozsah zorných polí obou očí, intaktní zrakovou dráhu, správně fungující okohybný aparát a neporušenou funkci CNS.



### 4.3.3 STUPNĚ JEDNODUCHÉHO BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

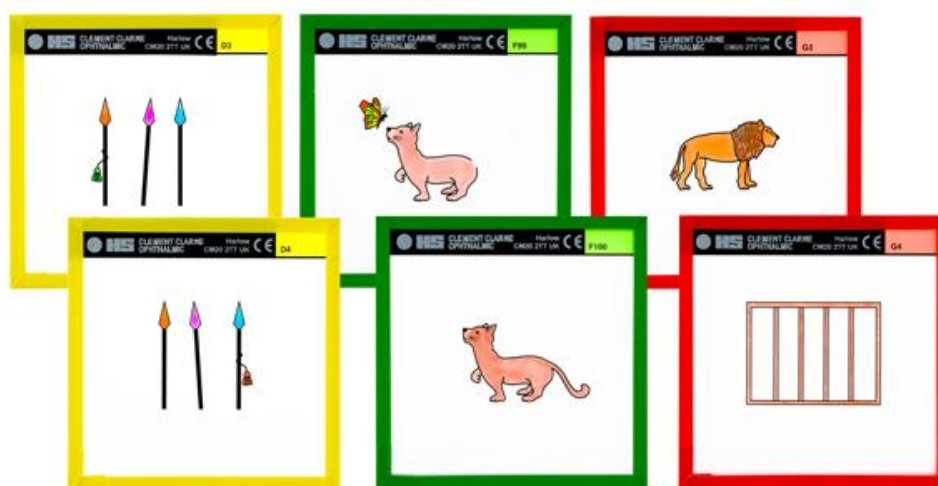
Rozlišujeme tři stupně JBV.

**Simultánní vidění** je nejjednodušší forma binokulárního vidění. Jedná se o schopnost vnímat obraz sítnicemi obou očí. Pomocí *simultánní percepce* vidíme současně oběma očima dva různé obrazy (k sobě patřící). Při vyšetření na troposkopu se používají disimilární obrázky jako např. lev a klec. V případě překrytí těchto obrazů hovoříme o schopnosti zvané *superpozice*. (Heissigerová, 2018; Pustková, 2013; Rozsival, 2017)

**Fúze** jakožto druhý stupeň JBV umožňuje dokonalejší spojení obrazů z pravého a levého oka v jeden vjem. K vyšetření fúze na troposkopu jsou využívány similární obrázky, které jsou téměř stejné, avšak liší se kontrolními detaily pro levé i pravé oko. (Pustková, 2013; Rozsival, 2017)

**Stereopse** je nejvyšší stupeň binokulárního vidění vyjadřující schopnost vnímat hloubku prostoru. Během stereopse dochází k vytvoření trojrozměrného hloubkového vjemu prostřednictvím spojení dvou obrazů stejného objektu viděného ze dvou lehce odlišných úhlů. (Heissigerová, 2018; Rozsival, 2017)

Na obrázku 12 jsou ukázány příklady jednotlivých dvojic snímků sloužících k vyšetření stereopse (vlevo), fúze (uprostřed) a simultánního vidění (vpravo).



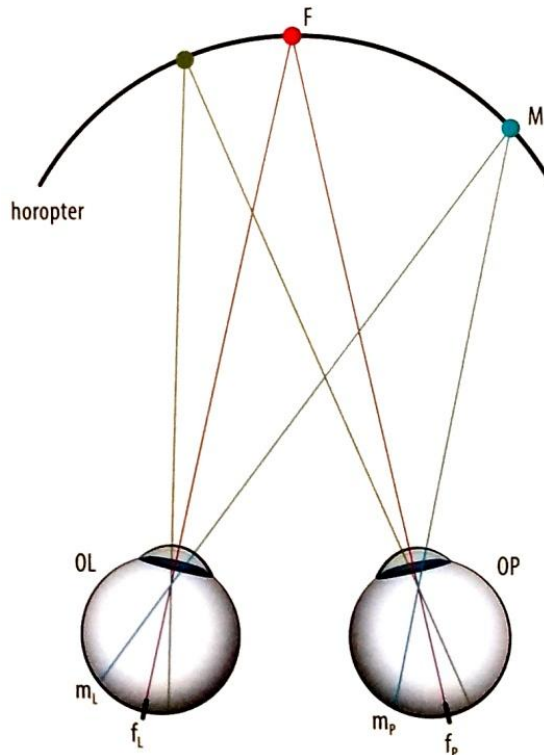
**Obrázek 12:** Obrázky určené k vyšetření na troposkopu

(Zdroj: <https://eshop.haagstreituk.com/node/706>)

#### 4.3.4 PRINCIP STEREOSKOPICKÉHO VIDĚNÍ

Stereoskopické neboli prostorové vidění je založeno na existenci tzv. identických (korespondujících) a neidentických (disparátních) bodů obou sítnic a jejich projekci do vyšších pater centrální nervové soustavy. Při zaostření pohledu na určitý bod v prostoru dochází k automatickému disjunktivnímu očnímu pohybu, jenž zajistí protnutí zorných os obou očí právě v onom nazíraném bodě. Díky tomu se obraz fixovaného bodu vytvoří v centrálních jamkách žlutých skvrn obou sítnic, tzn. na *identických místech* sítnic. Mimo centrální jamky však existují i další identická místa, mezi které řadíme všechny body, jež mají homolaterální lokalizaci a stejnou vzdálenost od horizontálního a vertikálního poledníku. (Králíček, 2011)

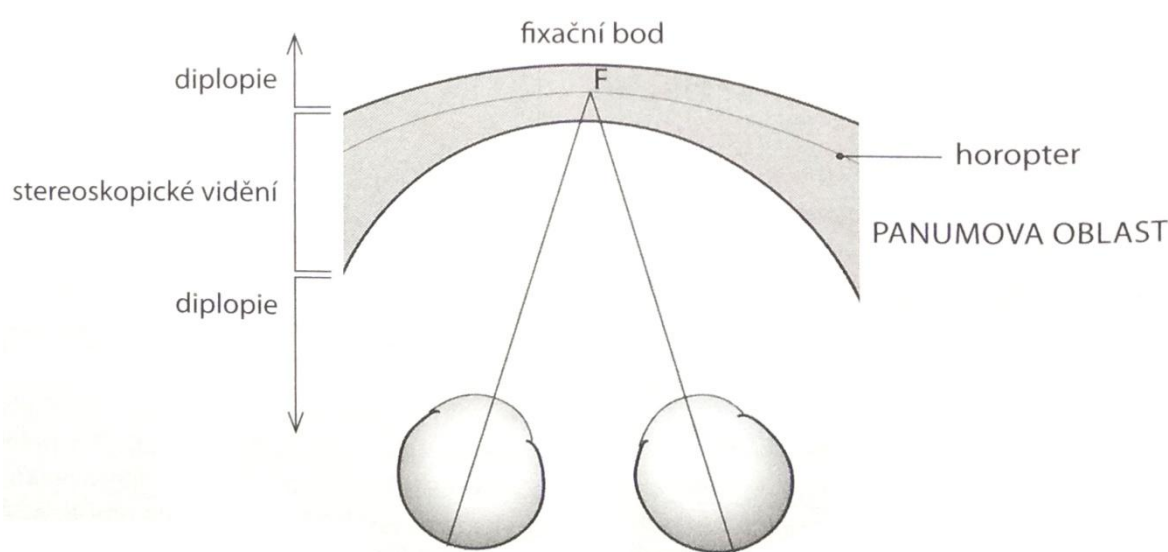
Pro daný fixační bod tedy existuje množina bodů v prostoru, jejichž obrazy dopadají na korespondující sítnicová místa obou očí. Tuto množinu bodů označujeme jako *horopter* (obrázek 13), který si lze představit jako lehce vyklenutou plochu, jejíž tvar se s rostoucí vzdáleností fixačního bodu od pozorovatele zplošťuje. Pokud se nazíraný objekt promítá na identická místa obou sítnic, pak je CNS schopna zajistit splynutí obou obrazů do jednoho zrakového vjemu. (Heissigerová, 2018; Králíček, 2011)



**Obrázek 13:** Horopter

(Zdroj: Heissigerová, 2018)

Body, jež se nacházejí mimo horopter, se promítají na *neidentická (disparátní) místa* obou sítnic. To v hypotetické rovině znamená, že kdybychom vzali jednu sítnici a přiložili ji na druhou, obrazy bodů by nesplývaly a existovala by mezi nimi jistá vzdálenost, která se nazývá *příčná disparace*. Velikost příčné disparace se udává v úhlových minutách a závisí na vzdálenosti objektu od horopteru. Obrazy objektů ležících blízko horopteru mají příčnou disparaci menší než objekty od něho vzdálené. Při zobrazení určitého předmětu na disparátní místa by se mělo objevit dvojité vidění (*diplopie*). Ve skutečnosti však existuje výjimka – pokud hodnota příčné disparace nepřekročí dvacet úhlových minut, je CNS ještě schopna zajistit splynutí obrazů z neidentických míst a na základě informace o velikosti disparace vypočítat hloubku prostoru, ve které se pozorovaný objekt nachází. Body, jejichž sítnicové obrazy mají hodnotu příčné disparace menší nebo rovnu 20', leží v tzv. Panumově oblasti (obrázek 14). Jedná se o jakýsi trojrozměrný pás, který je v centrální části užší a směrem k periférii se rozšiřuje. Z výše uvedeného vyplývá, že objekty ležící mimo Panumovu oblast již mozek není schopen pomocí fúze spojit a vidíme je tedy dvojité (fyziologická diplopie). Tento jev si lze jednoduše vyzkoušet následujícím pokusem. Pomocí jedné ruky umístíme tužku do vzdálenosti asi 20 cm od očí a zafixujeme pohled na její hrot. Následně přiložíme prst druhé ruky za tužku, a aniž bychom spustili oči z jejího hrotu, začneme prst od tužky oddalovat. Zprvu bude prst vnímán jako jediná struktura uložená hlouběji v prostoru než fixovaná tužka. Od určité vzdálenosti však začne být vnímán dvojité. Podobný efekt uvidíme i v opačném případě, kdy prst přiložíme před tužku a budeme s ním pohybovat směrem k obličeji. (Králíček, 2011)



**Obrázek 14:** Panumova oblast

(Zdroj: Králíček, 2011)

#### 4.3.5 MONOKULÁRNÍ VNÍMÁNÍ PROSTORU

Binokulární vidění sehraává stěžejní roli při vnímání hloubky prostoru. Ve skutečnosti má hloubkové rozlišování částečně i monokulární složky, které ovšem nejsou tak přesné, protože vycházejí ze zkušeností jedince. (Ganong, 2005; Trojan, 1999)

Kalloniatis a Luu (2007) řadí mezi vodítka monokulárního vnímání prostoru následující jevy: relativní velikost, interpozice, lineární perspektiva, vzdušná perspektiva, světlo a stín, pohybová paralaxa.

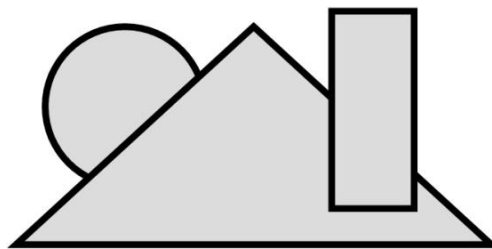
**Relativní velikost:** Velikost sítnicového obrazu nám umožňuje posoudit vzdálenost pozorovaného objektu na základě našich znalostí a zkušeností s podobnými či stejnými objekty. Malé sítnicové obrazy vyhodnocujeme jako vzdálené předměty a naopak. Kupříkladu zmenšující se sítnicový obraz jedoucího automobilu chápeme tak, že se dané vozidlo vzdaluje. Jiná situace nastává ve chvíli, kdy sledujeme více objektů, které se nám jeví jako přibližně stejně velké, avšak díky znalostem a zkušenostem víme, že ve skutečnosti je jeden z objektů několikanásobně menší, a proto je situován výrazně blíže k pozorovateli (obrázek 15). (Kalloniatis a Luu, 2007; Pustková, 2013)



**Obrázek 15:** Relativní velikost

(Zdroj: vlastní)

**Interpozice:** Pokud se jednotlivé objekty překrývají, pak jsme rovněž schopni odhadnout jejich pozici v prostoru. Vycházíme ze zkušenosti, že vzdálenější objekty jsou překryty bližšími objekty (obrázek 16). (Kalloniatis a Luu, 2007; Pustková, 2013)



**Obrázek 16:** Interpozice

(Zdroj: vlastní)

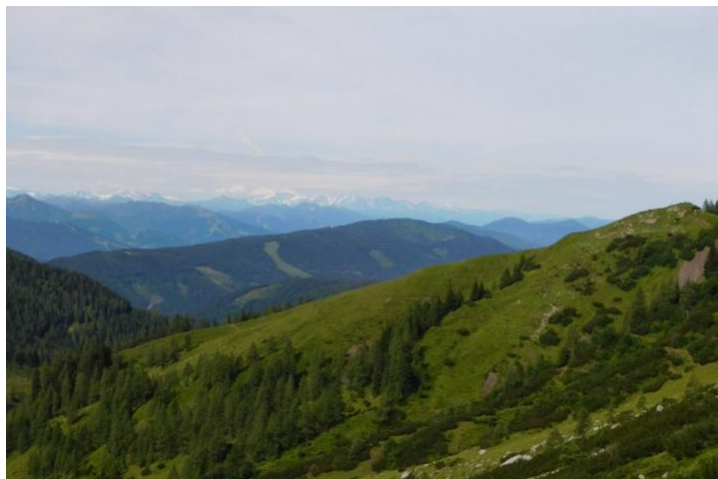
**Lineární perspektiva:** Objekty, jejichž tvary mají paralelní (rovnoběžné) linie, se z našeho pohledu s rostoucí vzdáleností zužují (linie se sbíhají). To je způsobeno tím, že vzdálenější části těchto objektů vidíme pod menším úhlem než části bližší. Mezi typické příklady patří železniční koleje či silnice (obrázek 17). (Kalloniatis a Luu, 2007; Pustková, 2013)



**Obrázek 17:** Lineární perspektiva

(Zdroj: vlastní)

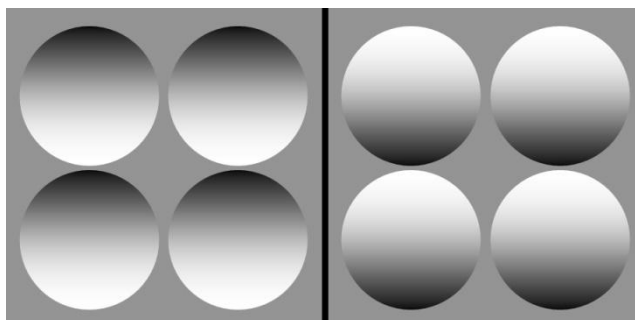
**Vzdušná perspektiva:** S přibývajícím vzdáleností se mění relativní barva objektů. Díky rozptylu modrého světla v atmosféře se nám vzdálené objekty jeví jako namodralé až modré. Ukázkovým příkladem je pohled na vzdálené kopce či hory (obrázek 18). Vzdušná perspektiva taktéž souvisí s rozostřením obrysů dalekých objektů, které je způsobeno rozptylem světla na částicích vodní páry, prachu a kouře. To ovšem znamená, že pokud je atmosféra znečištěná, vnímáme objekty jako vzdálenější, než když je atmosféra čistá. (Kalloniatis a Luu, 2007; Pustková, 2013)



**Obrázek 18:** Vzdušná perspektiva

(Zdroj: vlastní)

**Světlo a stín:** Dopad světla a vržení stínů nám poskytuje informace o rozměrech a hloubce objektu (obrázek 19). Náš zrakový systém předpokládá, že světlo pochází shora. V momentě, kdy bychom otočili obraz vzhůru nohama, dostali bychom zcela odlišné informace. (Kalloniatis a Luu, 2007; Pustková, 2013)



**Obrázek 19:** Světlo a stín

(Zdroj: vlastní)

**Pohybová paralaxa:** Při pohybu ze strany na stranu nabýváme dojmu, že se objekty v různých vzdálenostech pohybují různou relativní rychlostí. Blízké objekty se pohybují mnohem rychleji než objekty vzdálené. Současně máme pocit, že se blízké objekty pohybují proti směru našeho pohybu a vzdálené objekty naším směrem. Tento jev můžeme nejlépe pozorovat při pohledu z bočního okénka jedoucího dopravního prostředku. (Kalloniatis a Luu, 2007; Pustková, 2013)

#### 4.4 ZRAKOVÁ OSTROST

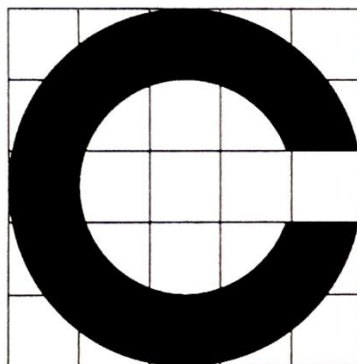
Králíček (2011) pojmem zraková ostrost (*vizus*) označuje přesnost, s jakou dokážeme vnímat obrysy a detaily pozorovaných předmětů. Zdravé oko je schopné od sebe rozeznat dva blízko sebe ležící body tehdy, pokud paprsky od nich směřující svírají úhel alespoň 1'. Tento úhel je označován jako *minimum separabile*.

Dle Rozsívala (2017) a Krause (1997) je východiskem pro určování vizu zjištění rozlišovacího potenciálu oka neboli schopnosti identifikovat dva prostorově separované objekty jako dva. Předpokladem je, aby obraz těchto objektů na sítnici byl oddělen alespoň jedním čípkem, na který se promítne mezera mezi objekty. Veličinu, kterou při určování vizu zjišťujeme, nazýváme *minimální úhel rozlišení* (MÚR). Vizus (V) je pak reciprokou hodnotou MÚR, vyjádřenou v obloukových minutách. Konkrétní příklad vypadá následovně:  $V = 1/MÚR$ ; Pro MÚR = 0,5 je tedy  $V = 2$ .

Ganong (2005) popisuje zrakovou ostrost jako složitý jev, který závisí na řadě různých činitelů, mezi něž řadí faktory optické (mechanismy tvorby obrazu v oku), faktory charakterizující sítnici (stav čípků) a faktory týkající se podnětů (osvětlení, jasnost podnětu, jeho kontrast vůči pozadí a doba, po kterou je podnět pozorován).

##### 4.4.1 VYŠETŘENÍ ZRAKOVÉ OSTROSTI

Pro vyšetření zrakové ostrosti se používají znaky (písmena, číslice nebo různé obrazce) zvané *optotypy*. Celý optotyp je zakreslen do čtvercové sítě o velikosti 5 x 5 jednotek, přičemž tloušťka jeho čar a šířka mezer mezi nimi se rovná jedné jednotce (obrázek 20). Skutečná velikost optotypu se následně vypočítá podle pozorovací vzdálenosti a požadavku na jeho úhlovou velikost. (Kraus, 1997)



**Obrázek 20:** Konstrukce optotypů pomocí čtvercové sítě 5 x 5  
(Zdroj: Kraus, 1997)

Existují různé typy optotypů (Snellenovy, Landoltovy, ETDRS apod.), ale princip jejich fungování je velmi podobný. Znaky optotypů mohou být tištěné na tabulích či kartách (nepodsvícené), světelných boxech (podsvícené), mohou být zobrazovány na displejích (digitální) nebo mohou být promítány na zeď (projekční optotypy). (Heissigerová, 2018; Kolarčík, Dedek a Ptáček, 2016)

Zraková ostrost se obvykle udává v podobě zlomku. Například výsledný zlomek 4/8 znamená, že vyšetřovaný čte ze vzdálenosti 4 m znak, který by zdravý člověk měl přečíst i ze vzdálenosti 8 m. Dále lze vizus zapisovat jako *desetinné číslo* (výsledek zlomku) či jako hodnotu *logaritmu MÚR* (značíme logMAR, tj. logarithm of minimal angle of resolution). V posledních letech je třeba vzhledem k indikacím intravitreálních aplikací léčiv vyjadřovat vizus u některých pacientů ve formě *počtu přečtených písmen* na ETDRS optotypech. Převody mezi jednotlivými hodnotami jsou vyjádřeny v tabulce 1. (Heissigerová, 2018; Kolarčík, Dedek a Ptáček, 2016)

Dle Hycla (1999) rozlišujeme vyšetření zrakové ostrosti bez brýlí (*naturální vizus*) a s brýlemi (*korigovaný vizus*), přičemž naturální vizus je určován vždy jako první.

Logaritmus, testován na ETDRS optotypech (logMAR)	Testování ze 4 m	Testování ze 6 m	Testování z 20 stop (USA)	Desetinná soustava	Počty přečtených písmen na ETDRS optotypech
1	4/40	6/60	20/200	0,1	35
0,9	4/32	6/48	20/160	0,12	40
0,8	4/25	6/38	20/125	0,16	45
0,7	4/20	6/30	20/100	0,2	50
0,6	4/16	6/24	20/80	0,25	55
0,5	4/12,5	6/19	20/63	0,32	60
0,4	4/10	6/15	20/50	0,4	65
0,3	4/8	6/12	20/40	0,5	70
0,2	4/6,3	6/9,5	20/32	0,63	75
0,1	4/5	6/7,5	20/25	0,8	80
0	4/4	6/6	20/20	1,0	85
-0,1	4/3	6/4,8	20/16	1,25	90
-0,2	4/2,5	6/3,8	20/12,5	1,6	95
-0,3	4/2	6/3	20/10	2,0	100

**Tabulka 1:** Převody hodnot vizu do dálky

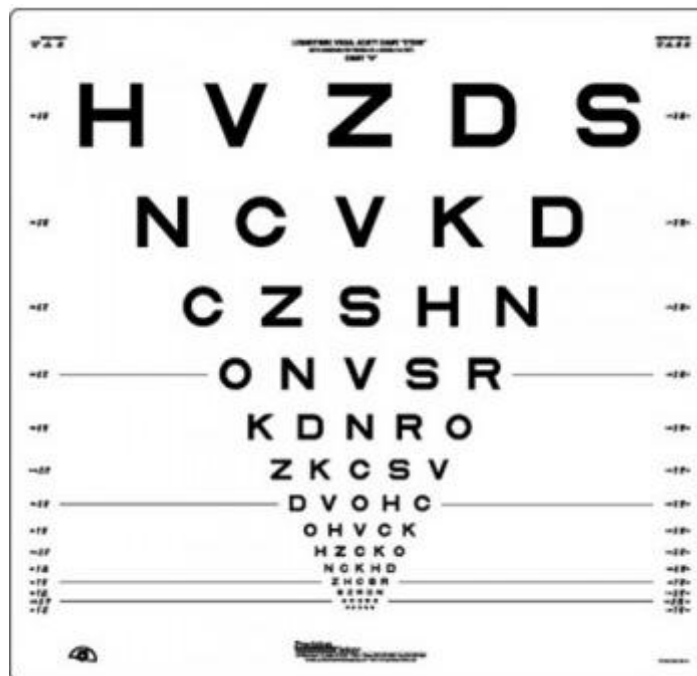
(Zdroj: Heissigerová, 2018)



#### 4.4.2 ETDRS OPTOTYPY

ETDRS je zkratka názvu klinické studie (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study), pro niž byly v roce 1982 vytvořeny speciální optotypy (obrázek 21), které měly splňovat požadavky na citlivost a opakovatelnost vyšetření zrakové ostrosti v klinických hodnoceních. Jsou konstruovány tak, aby minimalizovaly nedostatky ostatních optotypů. Postupem času se staly celosvětovým standardem pro přesné měření vizu. V České republice se optotypy ETDRS používají kromě klinických hodnocení zejména k hodnocení změn zrakové ostrosti v průběhu léčby onemocnění s vysokými nároky na přesnost a potřebu opakovaného hodnocení v čase. (Kolarčík, Dedek a Ptáček, 2016)

Optotypové tabule ETDRS mají 14 řádků s rozsahem od  $\log\text{MAR} = 1$  až po  $\log\text{MAR} = -0,3$ , tj. od vizu 0,1 po 2. V každém řádku je 5 znaků. Velikost mezery mezi znaky v rámci řádku je rovna velikosti jednoho znaku. Řádky vykazují geometrickou progresi velikosti znaků, přičemž se vždy dva sousední řádky liší o 0,1 log jednotek. Tento kvocient zároveň charakterizuje odstup jednoho normalizovaného řádku. Ve prospěch logaritmické gradace řádků mluví zejména skutečnost, že standardní chyba MÚR tvoří vždy konstantní podíl průměrného MÚR (Weberův zákon). (Kraus, 1997)



Obrázek 21: ETDRS optotypy

(Zdroj: <https://www.opticalmarketplace.co.uk/img/fullsize/product10613.jpg>)

#### 4.5 FYZIOLOGICKÝ ZRAKOVÝ VÝVOJ

Čerstvě narozené dítě má oči ještě nezralé a okolní svět vnímá pouze mlhavě. Novorozenec nemá dokončený vývoj sítnice (především oblast žluté skvrny) ani vývoj zrakových korových center v mozku. Myelinizace zrakové dráhy rovněž není u novorozence dokončena. Tyto struktury postupně dozrávají (nejrychleji v prvních šesti měsících života), zlepšuje se zraková ostrost a vytvářejí se jednotlivé reflexy důležité pro binokulární vidění. (Heissigerová, 2018; Štrofová, 2018)

Heissigerová (2018) popisuje fyziologický zrakový vývoj v následujících bodech:

- Po narození je výbavná fotoreakce zornic a optokinetický nystagmus. Z důvodu nezralosti makulární oblasti převažuje periferní vidění. Vizus má hodnotu cca 0,03. Pohyby očí jsou sporadické, trhavé a přerušované.
- V 1. měsíci se vyvíjí monokulární fixace. Novorozenec se dívá střídavě jedním a druhým okem.
- Od 2. měsíce se začíná dívat oběma očima současně. Objevuje se binokulární fixace blízkých předmětů (zejména obličej matky) a kojeneček začíná navazovat oční kontakt. Díky postupně se zdokonalujícím stejnosměrným pohybům očí je schopen sledovat pohybující se předměty v horizontále i ve vertikále.
- Od 3. měsíce se zlepšuje centrální fixace (zrání makulární oblasti) a kojeneček dokáže sledovat bližší i vzdálenější předměty za pomoci protisměrných očních pohybů (konvergence a divergence).
- Ve 4. měsíci začíná akomodovat. Zvládne zaostřit bližší i vzdálenější předměty. Intenzivně fixuje vlastní ruku.
- V 6. měsíci je prokazatelná fúze i stereopse. Postavení očí je paralelní. Kojeneček sahá pro hračky, prohlíží okolí a pozná známé lidi. Hodnota vizu je přibližně 0,2.
- Do 1 roku se zdokonaluje binokulární souhra, zlepšuje se koordinace oko-ruka, odhad vzdálenosti i vztah akomodace a konvergence.
- Zraková ostrost dosahuje hodnoty dospělých mezi 4. a 6. rokem života (vizus 1,0).
- Binokulární vidění se dále upevňuje přibližně do věku 6-7 let a zcela zralý je zrakový systém až mezi 8. a 9. rokem života.

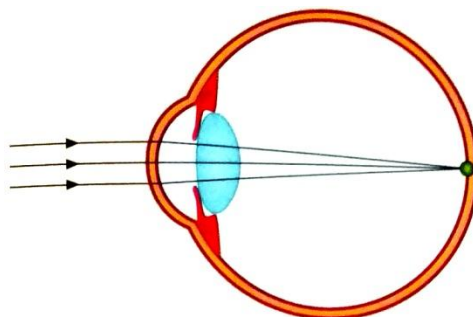
## 4.6 ZRAKOVÉ VADY

Mezi nejčastější oční vady u dětí patří šilhání, tupozrakost, dalekozrakost, krátkozrakost a astigmatismus. Zvýšené riziko vzniku oční vady je v rodinách, kde se již některé oční vady vyskytují. Pravděpodobnost, že dítě vadu zdědí, je až 70 %. (Štrofová, 2018)

### 4.6.1 REFRAKČNÍ VADY

Fyziologický refrakční stav oka se nazývá *emetropie*. U emetropického oka se paralelní světelné paprsky lámou přímo na sítnici do oblasti žluté skvrny (obrázek 22). K tomu je potřeba, aby byla v rovnováze optická mohutnost oka s jeho axiální délkou. Pokud je zmíněná rovnováha narušena, paprsky se sbíhají mimo sítnici a vzniká refrakční vada. Tento nerovnovážený stav se nazývá *ametropie*. (Heissigerová, 2018; Mazal a Herle, 2011)

Refrakční vady většinou korigujeme v první řadě *brýlemi*. Je to v porovnání s dalšími typy korekce metoda nejbezpečnější a nejjednodušší. Ve vhodných případech lze refrakční vady korigovat *kontaktními čočkami*. Jedná se o optické korekční prostředky ležící na rohovce oka, od které jí odděluje pouze slzný film. Ve výjimečných případech se provádí korekce prostřednictvím *laserové operace*. Principem tohoto zákroku je změna zakřivení rohovky pomocí laserových paprsků. (Heissigerová, 2018)

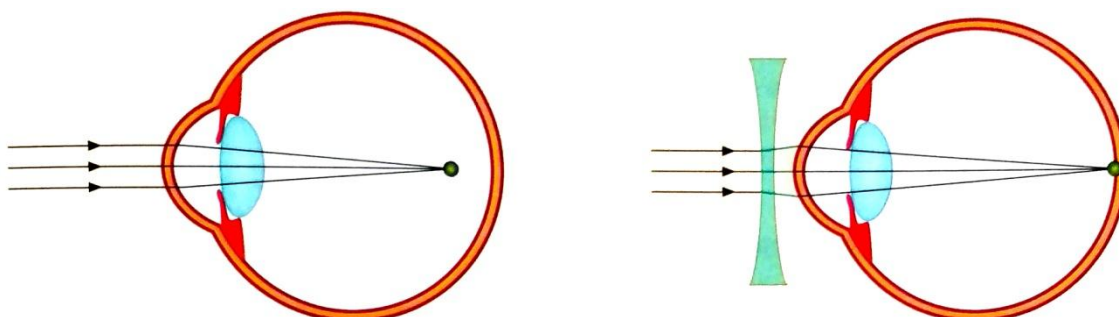


**Obrázek 22:** Emetropie

(Zdroj: Heissigerová, 2018)

**Krátkozrakost (myopie)** je refrakční vada, při které se rovnoběžné paprsky přicházející do oka sbíhají v ohnisku před sítnicí (obrázek 23). Většinou myopie vzniká v důsledku prodloužení předozadní osy oka (axiální myopie). Méně častou příčinou je zvýšená lomivost refrakčních médií oka (refrakční myopie). Hlavním příznakem krátkozrakosti je mlhavé (neostré) vidění do dálky, které se myopická osoba snaží korigovat mhouřením očí (stenopeické vidění). Nejčastěji se myopie zjistí po nástupu do základní školy, kdy má dítě problémy přečíst text na tabuli. Podle závažnosti dělíme

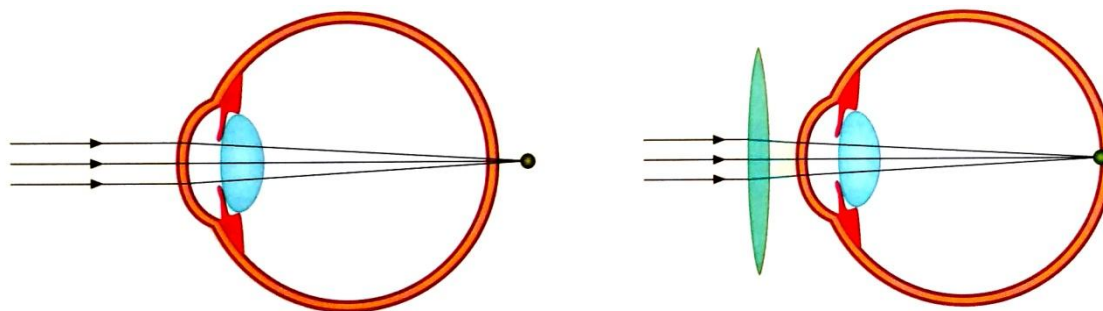
krátkozrakost na lehkou (do -3 D), střední (do -6 D) a těžkou (více než -6 D), přičemž lehká až střední myopie není doprovázena degenerativními změnami. Krátkozrakost se koriguje konkávními (*rozptylnými*) čočkami. U dětí ve školním věku je vhodná plná korekce myopie asi od -0,5 D. (Heissigerová, 2018; Rozsival, 2017; Štrofová, 2018)



**Obrázek 23:** Myopie a její brýlová korekce

(Zdroj: Heissigerová, 2018)

**Dalekozrakost (hypermetropie)** je opakem myopie. Hypermetropické oko soustřeďuje paralelní paprsky až do bodu za sítnicí (obrázek 24), což má za následek rozostřené vidění blízkých předmětů. Vzhledem k tomu, že je lidské oko tento jev schopno částečně kompenzovat akomodací, nemusí být hypermetropie zpočátku patrná. Tato vada může způsobit např. předčasnou únavu nebo bolest hlavy z nadměrné akomodace (*astenopické potíže*). Hypermetropické dítě má problémy se čtením, malováním a jemnou motorikou. U novorozence je dalekozrakost normálním nálezem, s růstem oka však probíhá proces emetropizace, který končí zhruba ve věku 6 až 9 let. Čím je počáteční refrakční vada větší, tím je pravděpodobnost úplné emetropizace nižší. Dalekozrakost se napravuje konvexními (*spojnými*) čočkami. U školních dětí se koriguje hypermetropie asi od +2 D. Při astenopických potížích se však provádí korekce i slabších hodnot, protože dítě musí vidět do blízka bez obtíží. (Heissigerová, 2018; Štrofová, 2018)



**Obrázek 24:** Hypermetropie a její brýlová korekce

(Zdroj: Heissigerová, 2018)

**Astigmatismus** je stav, kdy oko nemá ve všech rovinách stejnou optickou mohutnost. Nejčastěji se jedná o vrozené nestejněměrné zakřivení rohovky (vzácněji čočky). Paprsky prošlé takovým okem se lámou různými směry a tvoří více ohnisek. Kromě poklesu zrakové ostrosti bývá nekorigovaný astigmatismus zdrojem astenopických problémů. Může se vyskytovat samostatně, ale i v kombinaci s myopií či hypermetropií. Ke korekci astigmatismu se využívají *cylindrická* (torická) skla, jež mají různou lomivost ve dvou na sebe kolmých osách. U školních dětí korigujeme astigmatismus přibližně od 1 D. (Heissigerová, 2018; Hycl, 1999; Mazal a Herle, 2011; Štrofová, 2018)

#### 4.6.2 DALŠÍ OČNÍ VADY

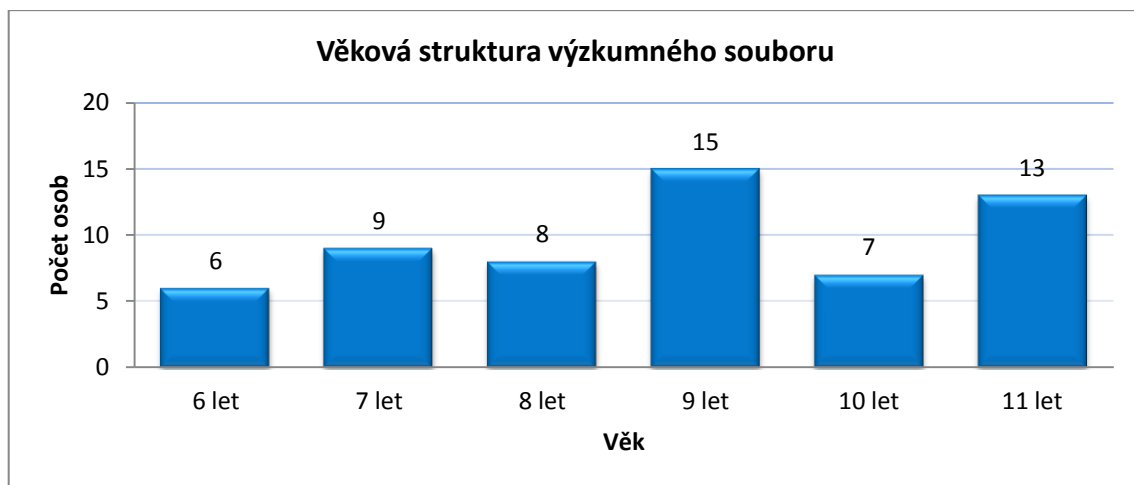
**Šilhání (strabismus)** je porucha spolupráce obou očí, kdy osy vidění obou bulbů nesměřují do téhož bodu. Zatímco jedno oko (vedoucí) je namířeno přímo na fixovaný bod, druhé oko (šilhající) se uchyluje jinam. Osy obou očí svírají úhel, který je označován jako *úchylka* šilhání. Z hlediska etiologie rozlišujeme šilhání souhybné (konkomitantní) a nesouhybné (inkomitantní). Podle směru úchylky lze strabismus rozdělit na konvergentní, divergentní a vertikální. Šilhání vzniká nejčastěji v důsledku vrozené či získané poruchy funkce okohybných svalů a je doprovázeno poruchou jednoduchého binokulárního vidění. V reakci na šilháním způsobenou diplopii se aktivují adaptační mechanismy CNS. Klinickým projevem těchto mechanismů je např. suprese (potlačení zrakového vjemu šilhajícího oka zrakovými centry), amblyopie, porucha retinální fixace či anomální poloha hlavy. (Heissigerová, 2018; Mazal a Herle, 2011; Rozsival, 2017; Štrofová, 2018)

**Tupozrakost (amblyopie)** je označení pro snížení zrakové ostrosti oka způsobené jeho nedostatečnou stimulací v kritickém období zrakového vývoje. Nedostatečná stimulace v útlém dětství vede k postupnému potlačování zrakového vjemu daného oka. Rozostřené vnímání obrazu přicházejícího z tupozrakého oka má většinou za následek poruchu vývoje binokulárního vidění. Příčinou vzniku amblyopie může být kupříkladu strabismus, astigmatismus, vyšší dioptrická vada jednoho oka či zákal některého z optických prostředí. Zhoršený vizus nelze jednoduše zlepšit korekcí, jako je tomu u refrakčních vad. Základem úspěšné léčby amblyopie je její včasné zahájení před dokončením zrakového vývoje, nejlépe v předškolním věku. Později šance na vyléčení klesá. Léčba spočívá v okluzi (zakrytí) lépe vidoucího oka a korigování příčiny tupozrakosti, aby mohlo být postižené oko stimulováno. (Heissigerová, 2018; Mazal a Herle, 2011; Štrofová, 2018)

## 5 METODIKA VÝZKUMU

### 5.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Skupina probandů, jež byla v rámci výzkumného šetření testována, je složena z dětí navštěvujících tréninkové jednotky hokejového klubu Pilsen Wolves. Výzkumný soubor sestává z celkového počtu 58 osob (56 chlapců a 2 dívky) ve věkovém rozmezí 6 až 11 let (graf 1). Jedná se tedy o skupinu osob mladšího školního věku, jejíž členové se aktivně věnují minimálně jednomu sportovnímu odvětví. Výběr probandů proběhl na základě dobrovolnosti a dostupnosti (Hendl, 2004).



**Graf 1:** Věková struktura výzkumného souboru  
(Zdroj: vlastní)

### 5.2 KONCEPCE A ORGANIZACE VÝZKUMU

S ohledem na zaměření výzkumu byly ke sběru dat vybrány následující tři testy. K vyšetření zrakové ostrosti jsme využili *optotypovou tabuli ETDRS*, měření kvality stereopse proběhlo prostřednictvím *Fly Stereo Acuity Testu* a kvalita koordinace horních končetin byla stanovena pomocí standardizovaného testu *Hod na cíl*. Před zahájením testování absolvoval každý proband vstupní anamnézu.

Sběr dat se uskutečnil během ledna a února 2019 v prostorách budov Ice Arena Plzeň a Krašovská Aktivita centrum Plzeň, kde se konaly off-ice tréninkové jednotky hokejového klubu Pilsen Wolves. Testování probandů bylo realizováno paralelně s těmito tréninky. Abychom minimalizovali riziko ovlivnění výsledků rušivými elementy, neprobíhalo měření v tělocvičně, nýbrž v přilehlé místnosti, zpravidla volné šatně, kde se na připravených stanovištích postupně vystřídali všichni probandi.

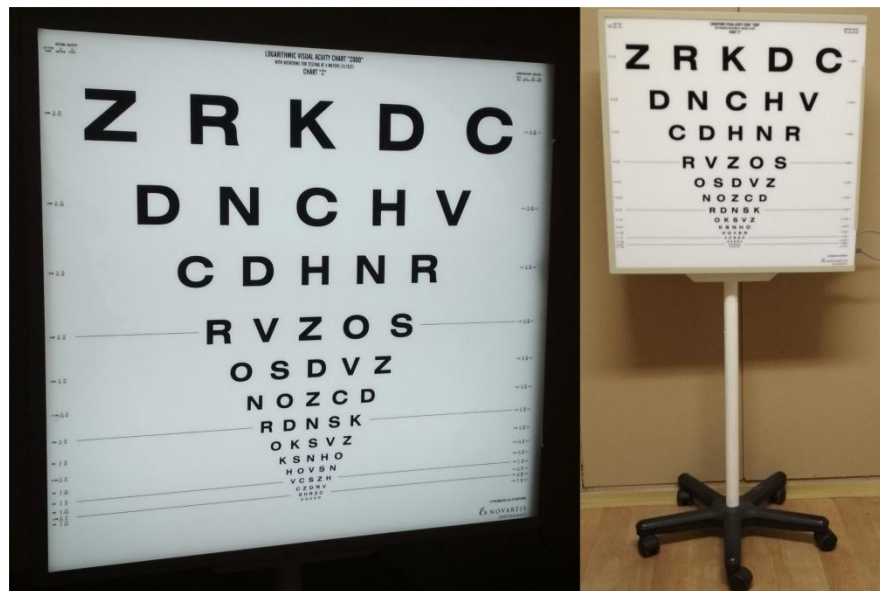
## 5.3 METODY SBĚRU DAT

### 5.3.1 VSTUPNÍ ANAMNÉZA

Každý proband před samotným testováním absolvoval krátký rozhovor, během něhož jsme vedle jména a věku zjišťovali, jestli testovaná osoba provozuje kromě ledního hokeje ještě nějaký další sport a zdali používá dioptrické brýle či kontaktní čočky. Vstupní anamnéza byla do diplomové práce zařazena za účelem potenciálního odhalení faktorů ovlivňujících výsledky výzkumu.

### 5.3.2 TEST CENTRÁLNÍ ZRAKOVÉ OSTROSTI (ETDRS)

Jedná se o základní funkční vyšetření oka, ke kterému jsme použili světelnou tabuli s optotypy ETDRS (obrázek 25). V rámci výzkumu jsme se zaměřili na zrakovou ostrost bez brýlí či kontaktních čoček (naturální vizus).



**Obrázek 25:** Světelná tabule s optotypy ETDRS

(Zdroj: vlastní)

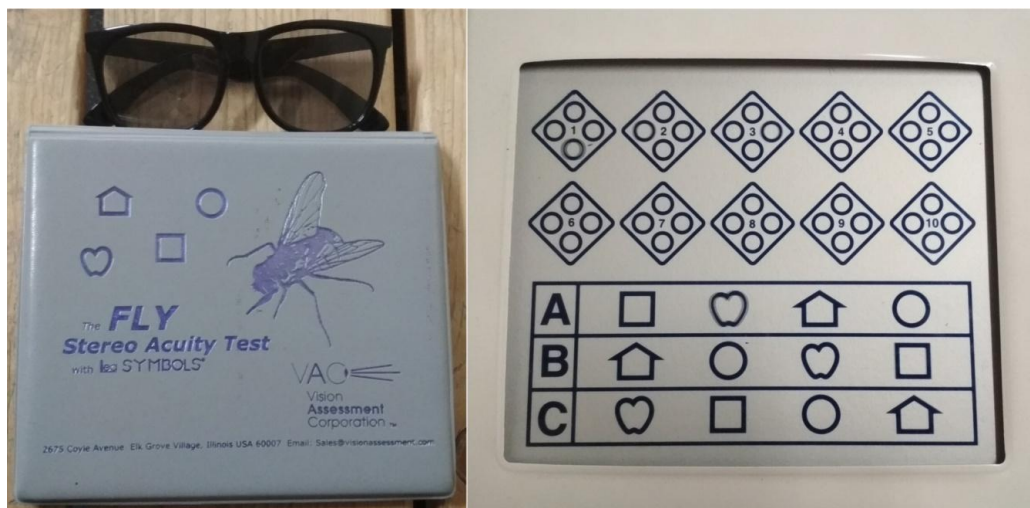
Vyšetření centrální zrakové ostrosti pomocí optotypové tabule ETDRS by mělo probíhat dle standardizovaných postupů v zatemněné místnosti. Pokud to situace v terénu umožňuje, je nutné co nejvíce ztlumit zdroje světla, aby nedošlo k oslnění probanda. Testovaná osoba čte jednotlivé řádky ze vzdálenosti 4 m. Každé oko vyšetřujeme zvlášť. Druhé oko musí být bezpečně zakryto, aby se vyloučila jeho spoluúčast na čtení optotypů. Na zakryté oko se nesmí tlačit, jelikož by následný vizus tohoto oka byl zkreslený. (Kolarčík, Dedek a Ptáček, 2016)

Optotypy ETDRS nabízejí řadu různých způsobů výpočtu skóre. V našem výzkumu byla použita metoda skórování podle počtu správně přečtených písmen. Optotypová tabule ETDRS má 14 řádků, přičemž každý z nich obsahuje 5 znaků (písmen). Testovaná osoba začíná číst od prvního (největšího) řádku a pokračuje postupně s menšími řádky, dokud dokáže smysluplně rozpoznat alespoň nějaké písmeno. Počet správně přečtených písmen si zapíšeme. Pokud proband ze vzdálenosti 4 m správně přečetl minimálně 20 písmen, automaticky získává bonus (+ 30 bodů). Tento bonus se přičte k počtu správně přečtených písmen. V testu zrakové ostrosti lze tedy získat maximálně 100 bodů (70 + 30). Pokud vyšetřovaný ze vzdálenosti 4 m správně přečetl méně než 20 písmen, posadíme ho před tabuli na vzdálenost 1 m, odkud čte znovu od největšího řádku. Počet písmen (maximálně 30), jež proband správně přečetl ze vzdálenosti 1 m, přičteme k počtu správně přečtených písmen ze vzdálenosti 4 m. (Kolarčík, Dedek a Ptáček, 2016)

Za konečný výsledek testu centrální zrakové ostrosti považujeme hodnotu aritmetického průměru vypočítaného z výsledků vizu pravého a levého oka.

### 5.3.3 FLY STEREO ACUITY TEST

The Fly Stereo Acuity Test with Lea Symbols (obrázek 26) je testová sada, která umožňuje kvantitativní zhodnocení stereopse od hrubé po normu. Tato sada obsahuje celkem tři testové oddíly. V rámci výzkumu jsme však použili pouze stereotest ze sekce B (tzv. kroužky).



**Obrázek 26:** Fly Stereo Acuity Test

(Zdroj: vlastní)

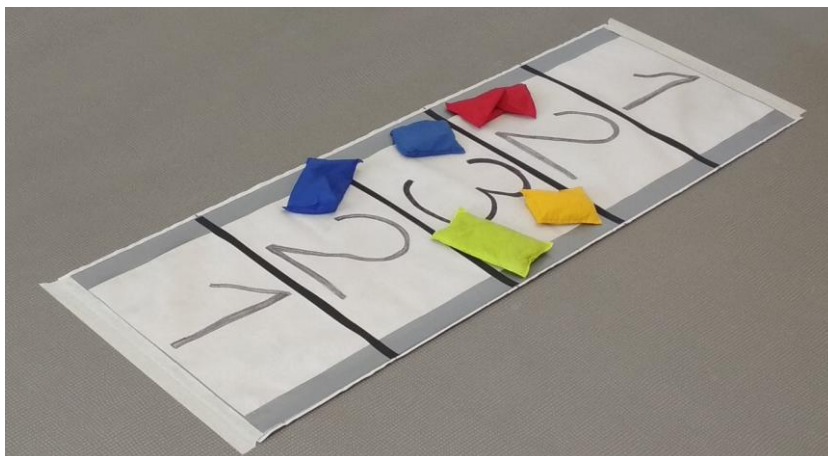


Vyšetření se provádí v přiměřeném osvětlení, přičemž dbáme na to, aby nedocházelo ke vzniku odlesků od povrchu zkušebních tabulek. Vyšetřovaný má po celou dobu testování nasazené polarizační brýle. Používá-li proband dioptrické brýle, potom si polarizační brýle nasadí na ně. (Vision Assessment Corporation, 2012)

Námi použitý stereotest ze sekce B obsahuje celkem 10 polí. V každém poli nalezneme 4 kroužky, z nichž je vždy jeden zobrazen stereoskopicky (u osob s běžnou stereopsí vystupuje tento kroužek z úrovně tabulky do popředí). Správná zkušební vzdálenost testu je 40 cm. Vyšetřovaný z této vzdálenosti pozoruje jednotlivá pole (počínaje č. 1) a oznamuje, který z kroužků vidí plasticky nad podložkou. Za každou správnou odpověď získává jeden bod. Vzhledem k počtu polí lze tedy získat maximálně 10 bodů. Obtížnost jednotlivých polí se neustále zvyšuje, neboť stereoskopicky vyobrazené kroužky mají postupně se zmenšující úroveň disparity. (Heissigerová, 2018; Vision Assessment Corporation, 2012)

#### 5.3.4 HOD NA CÍL

Podstatou tohoto testu je házení speciálních sáčků naplněných pískem na cíl. Na přesném zásahu terče se velkou měrou podílí kinesteticko-diferenciační a orientační schopnosti, které se řadí do komplexu koordinačních schopností. Terč se skládá z pěti obdélníkových polí o délce 30 cm a šířce 50 cm (obrázek 27). Pole jsou označeny čísly, která symbolizují jejich bodovou hodnotu. Pořadí čísel odpovídá modelu 1, 2, 3, 2, 1. (Valach, Benešová, Salcman a Schulz, 2016)



**Obrázek 27:** Hod na cíl - terč a sáčky

(Zdroj: vlastní)

Testovaná osoba stojí za vyznačenou čarou, která je vzdálená tři metry od terče. Odtud se snaží hodit sáček do středového pole terče s nejvyšší bodovou hodnotou. Zapisujeme bodovou hodnotu místa dopadu, nikoliv místa, kde sáček ukončí svůj pohyb. Proband má k dispozici pět sáčků o různé hmotnosti a tvaru, přičemž každým hází pouze jednou. Hod na cíl tedy zahrnuje celkem pět pokusů, jejichž prostřednictvím lze získat maximálně 15 bodů. (Valach, Benešová, Salcman a Schulz, 2016)

#### 5.4 METODY ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT

Získaná data byla zpracována prostřednictvím programu Microsoft Excel 2007. Pro statistické ověření hypotéz byla použita korelační analýza, přesněji řečeno Pearsonův korelační koeficient. Tento koeficient měří sílu lineární závislosti mezi dvěma veličinami, díky čemuž lze kvantifikovat, jak silná je vazba mezi výsledky námi vybraných testů. S ohledem na přehlednost jsme některé další parametry vyjádřili pomocí aritmetického průměru, mediánu, minima, maxima, směrodatné odchylky, procentuálního zastoupení či rozložení četnosti.

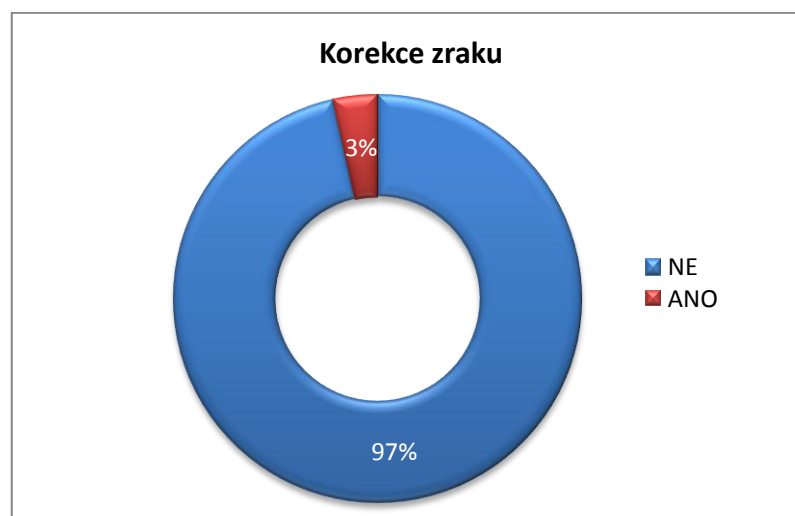
## 6 VÝSLEDKY A DISKUSE

V této kapitole jsou nejprve prezentovány výsledky dle jednotlivých kritérií. Následuje vyhodnocení míry závislosti mezi výsledky vybraných testů a nakonec se tyto nově získané informace pokusíme objasnit prostřednictvím diskuse.

### 6.1 VSTUPNÍ ANAMNÉZA

Základní informace o výzkumném souboru jsou uvedeny v kapitole 5.1. Vstupní anamnéza, jež proběhla formou krátkého rozhovoru s každým probandem, nám poskytla doplňující informace týkající se provozovaných pohybových aktivit či případné korekce zraku u jednotlivých členů výzkumného souboru.

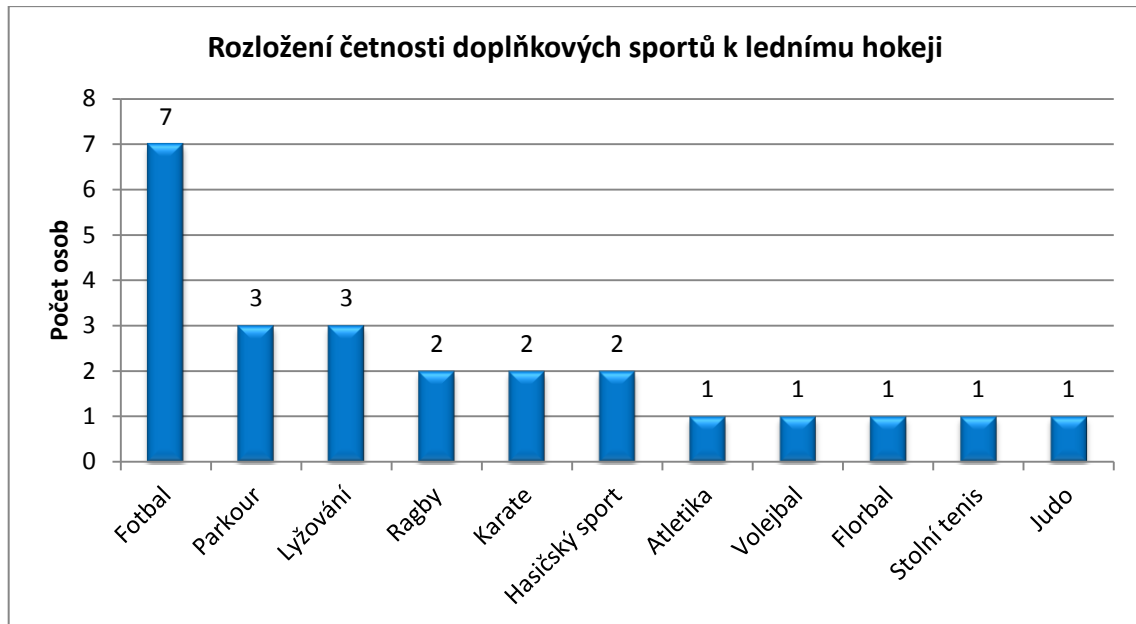
Z celkového počtu 58 testovaných osob měli předepsanou korekci zraku pouze dva probandi (graf 2), přičemž oba nosí výhradně dioptrické brýle, nikoliv kontaktní čočky. Tito dva jedinci však shodně uvedli, že dioptrické brýle využívají jen na běžné činnosti. Při hokejových trénincích a jiných aktivitách, které nejsou pro nošení brýlí příliš vhodné, žádnou zrakovou korekci nepoužívají.



**Graf 2:** Procentuální zastoupení korekce zraku

(Zdroj: vlastní)

Všechny testované osoby se společně věnují lednímu hokeji. Na otázku, zdali provozují kromě ledního hokeje i nějaké další sporty, odpovědělo kladně jen 38 % dotazovaných. Tito respondenti dále uvedli, o jaké sporty se jedná. Rozmanitost odpovědí byla nečekaně vysoká, neboť 22 osob uvedlo celkem 11 různých sportů (graf 3), z nichž byl jednoznačně nejčastěji zmiňován fotbal.

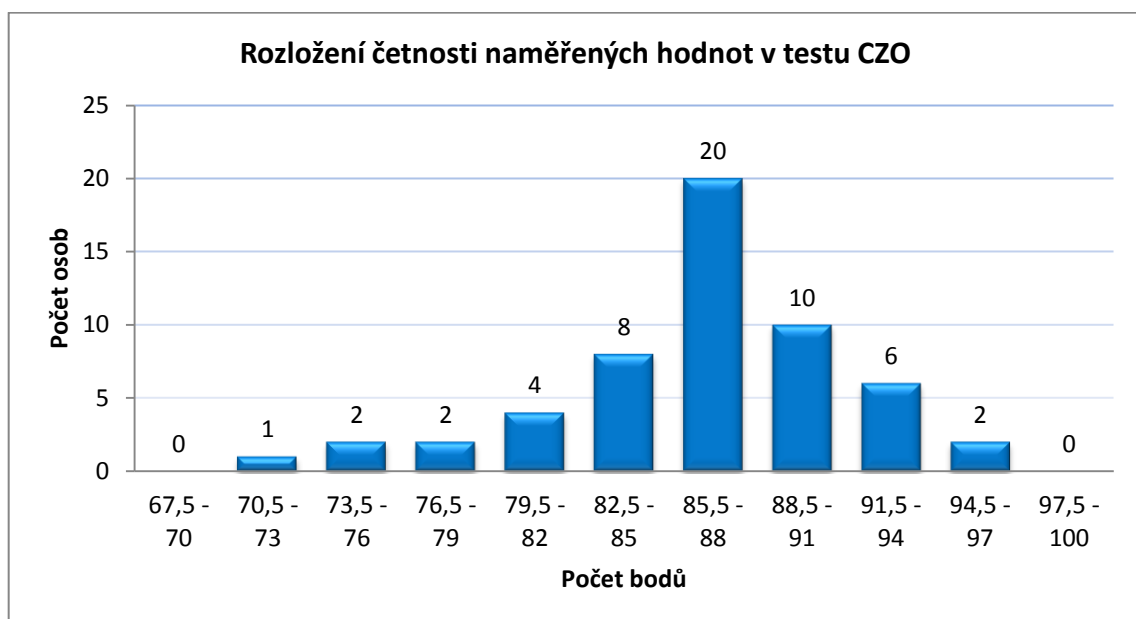


**Graf 3:** Rozložení četnosti doplňkových sportů k lednímu hokeji

(Zdroj: vlastní)

## 6.2 CENTRÁLNÍ ZRAKOVÁ OSTROST

K určení centrální zrakové ostrosti (CZO) jsme použili světelnou tabuli s optotypy ETDRS. Nejvyšší možné skóre, kterého lze v tomto testu dosáhnout, je 100 bodů. Hodnota 85 bodů odpovídá normální zrakové ostrosti zdravého jedince, který nepotřebuje brýlovou korekci. Graf 4 znázorňuje četnost naměřených hodnot CZO u našich probandů.



**Graf 4:** Rozložení četnosti naměřených hodnot v testu centrální zrakové ostrosti

(Zdroj: vlastní)

Pro úplnost a přehlednost uvádíme popisnou statistiku CZO (tabulka 2).

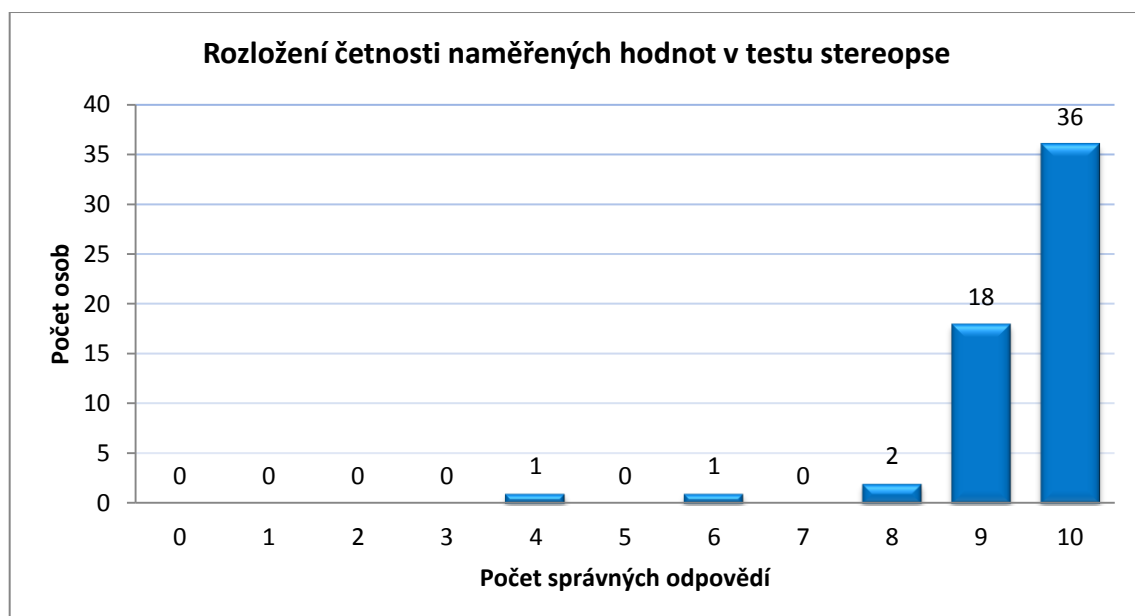
Aritmetický průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
86,43	87,5	73	97	5,04

**Tabulka 2:** Popisná statistika centrální zrakové ostrosti  
(Zdroj: vlastní)

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že výzkumný soubor jako celek vykazuje lehké nadprůměrnou úroveň zrakové ostrosti. Celkem 69 % probandů získalo v testu CZO více než 85 bodů. Přes hranici 90 bodů se dostalo 27 % testovaných osob. U 4 % probandů byla dokonce naměřena hodnota převyšující 95 bodů, což v praxi znamená, že tito jedinci dokázali ze vzdálenosti 4 metrů přečíst písmena, která by pro běžnou populaci se zdravým zrakem byla čitelná pouze do vzdálenosti 2,5 metru. Na druhou stranu 9 % probandů mělo výsledek horší než 80 bodů a byla jim doporučena návštěva oftalmologa.

### 6.3 FLY STEREO ACUITY TEST

Kvalitu stereopse jsme zjišťovali pomocí Fly Stereo Acuity Testu (FSAT). Z níže uvedených výsledků je patrné, že naprostá většina probandů má výborné prostorové vidění, neboť 62 % testovaných osob dosáhlo maximálního možného skóre, tedy počtu 10 bodů. Pod hranici 9 bodů se dostalo pouze 7 % probandů (graf 5).



**Graf 5:** Rozložení četnosti naměřených hodnot v testu stereopse (FSAT)  
(Zdroj: vlastní)

Pro úplnost a přehlednost uvádíme popisnou statistiku FSAT (tabulka 3).

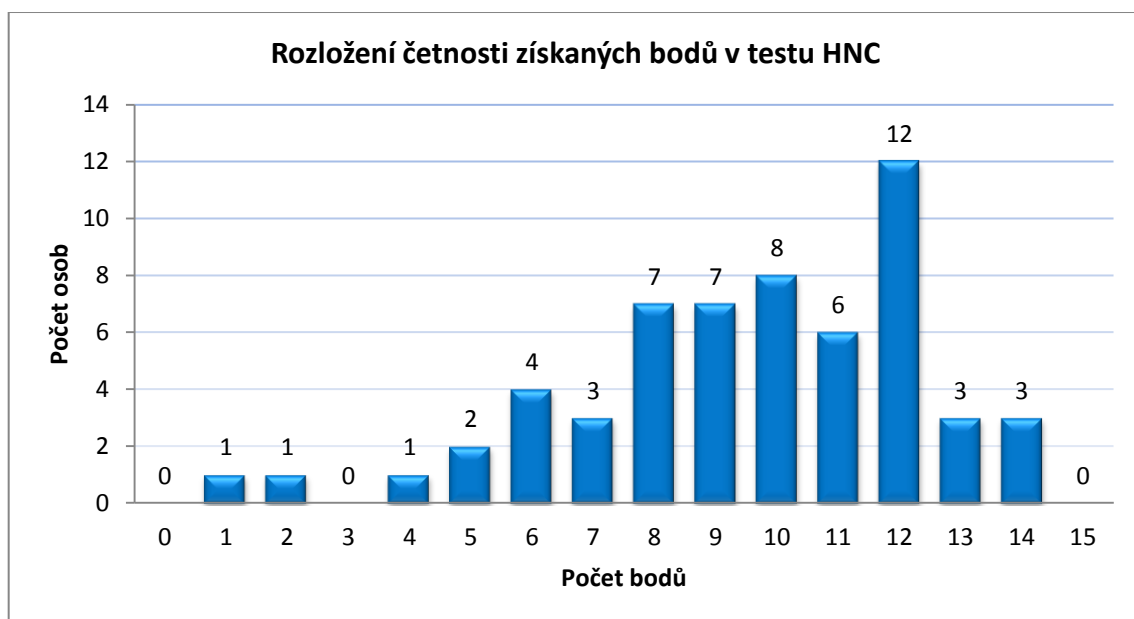
Aritmetický průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
9,45	10	4	10	1,02

**Tabulka 3:** Popisná statistika Fly Stereo Acuity Testu  
(Zdroj: vlastní)

Vyšetření stereopse jsme navíc obohatili o orientační měření času potřebného k dokončení testu. Tuto informaci jsme však testovaným osobám nesdělovali, protože jsme nechtěli jakkoliv ovlivnit způsob myšlení probandů, čímž by mohla být znehodnocena hlavní podstata tohoto měření. Průměrný čas vyšetření činil 51 sekund. Nejrychlejších 10 % probandů však zvládlo vykonat test v rozmezí 16 až 20 sekund. Do půl minuty to stihla třetina testovaných osob.

#### 6.4 HOD NA CÍL

Prostřednictvím testu HNC jsme získali informace o kvalitě koordinace horních končetin testovaných osob. Hodnoty naházeného skóre se pohybují téměř v celém rozmezí stanovené škály (graf 6). Vysokou četnost vykazuje skóre v intervalu 8 až 12 bodů, kterého dosáhlo celkem 69 % probandů. Nejčastěji bylo dosaženo počtu 12 bodů. Hodnota aritmetického průměru je ovšem podstatně nižší (9,52).



**Graf 6:** Rozložení četnosti získaných bodů v testu HNC (hod na cíl)  
(Zdroj: vlastní)

Pro úplnost a přehlednost uvádíme popisnou statistiku testu HNC (tabulka 4).

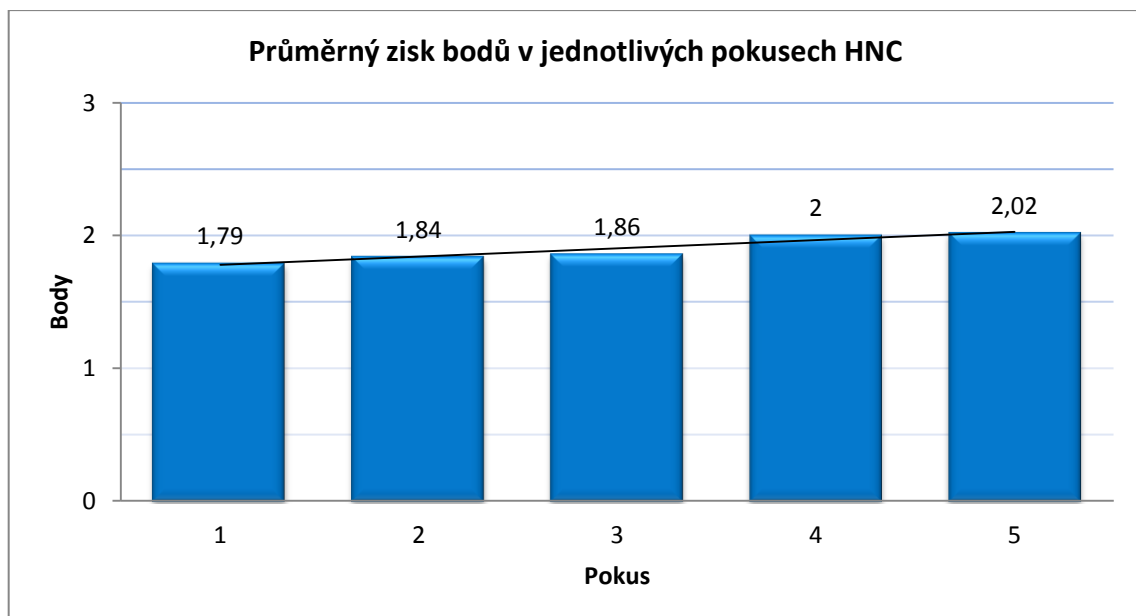
Aritmetický průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
9,52	10	1	14	2,85

**Tabulka 4:** Popisná statistika testu HNC

(Zdroj: vlastní)

Kromě konečných výsledků jsme podrobili analýze i bodové zisky jednotlivých pokusů testu HNC. První pokusy byly z hlediska průměrného bodového zisku nejméně vydařené (1,79). Každým dalším pokusem se však průměrná úspěšnost hodů pravidelně zvyšovala, až dosáhla během posledních pokusů svého maxima (2,02). Tento jev, který je podrobněji vyobrazen v grafu 7, připisujeme motorické učenlivosti testovaných osob.

Další zajímavé skutečnosti jsme si všimli u probandů, kterým chyběl pouze jeden bod k dosažení maximálního možného skóre (15 bodů). Všichni tři totiž shodně zaváhali až při posledním pátém pokusu. Tento jev si pro změnu vysvětlujeme tak, že si zmínění jedinci svými výkony sami na sebe vytvořili tlak, s nímž se nedokázali adekvátně vypořádat, což se negativně projevilo v přesnosti závěrečného hodu.



**Graf 7:** Průměrný zisk bodů v jednotlivých pokusech HNC

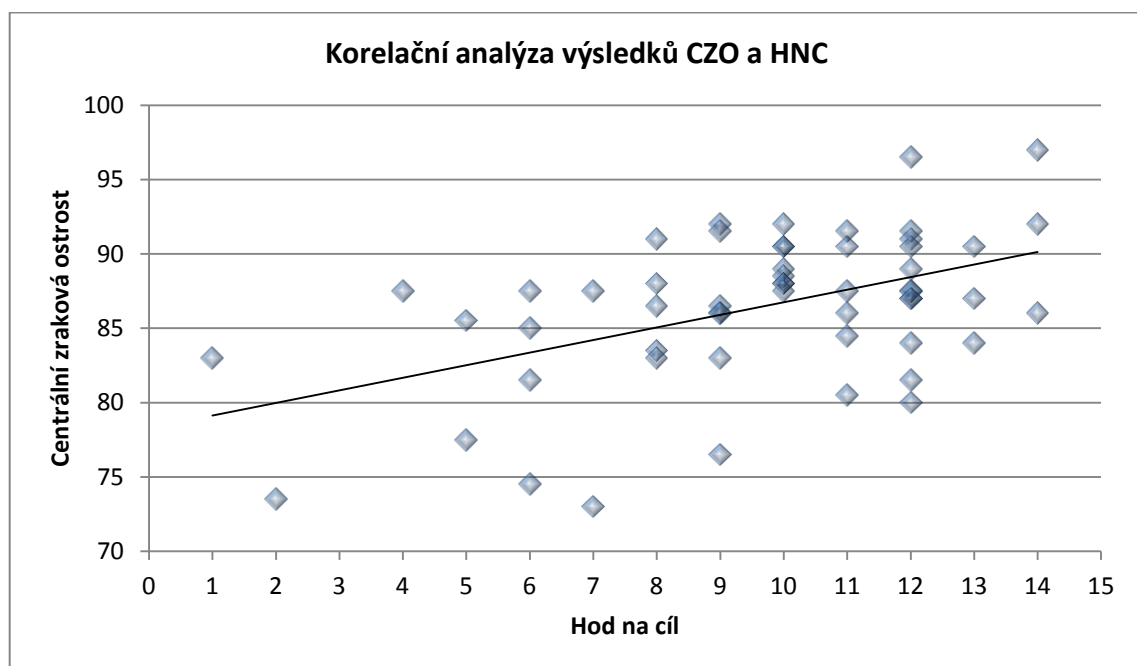
(Zdroj: vlastní)

## 6.5 VZÁJEMNÝ VZTAH MEZI VÝSLEDKY CZO A HNC

Vyhodnocením vzájemného vztahu mezi výsledky testů CZO a HNC zjistíme, zdali kvalita zrakové ostrosti zkoumaných osob měla statisticky významný vliv na jejich výkon v testu HNC, jenž spočívá v koordinovaném pohybu horní končetiny. Tímto způsobem současně dojde k ověření hypotézy  $H_1$ .

Výsledný korelační koeficient ( $r = 0,486$ ) je větší než kritická hodnota koeficientu součinné korelace ( $r_{krit} = 0,261$ ) pro odpovídající počet osob a hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$  (Procházka, 1993). Hypotézu  $H_1$  proto přijímáme.

Na základě provedené analýzy konstatujeme, že existuje statisticky významný korelační vztah mezi kvalitou centrální zrakové ostrosti a výsledky testu HNC. Kladný korelační koeficient zde vyjadřuje závislost, kdy rostoucí kvalita zrakové ostrosti zkoumaných osob zvyšuje pravděpodobnost dosažení lepšího skóre při testu HNC. Tento vztah je detailně znázorněn v grafu 8.

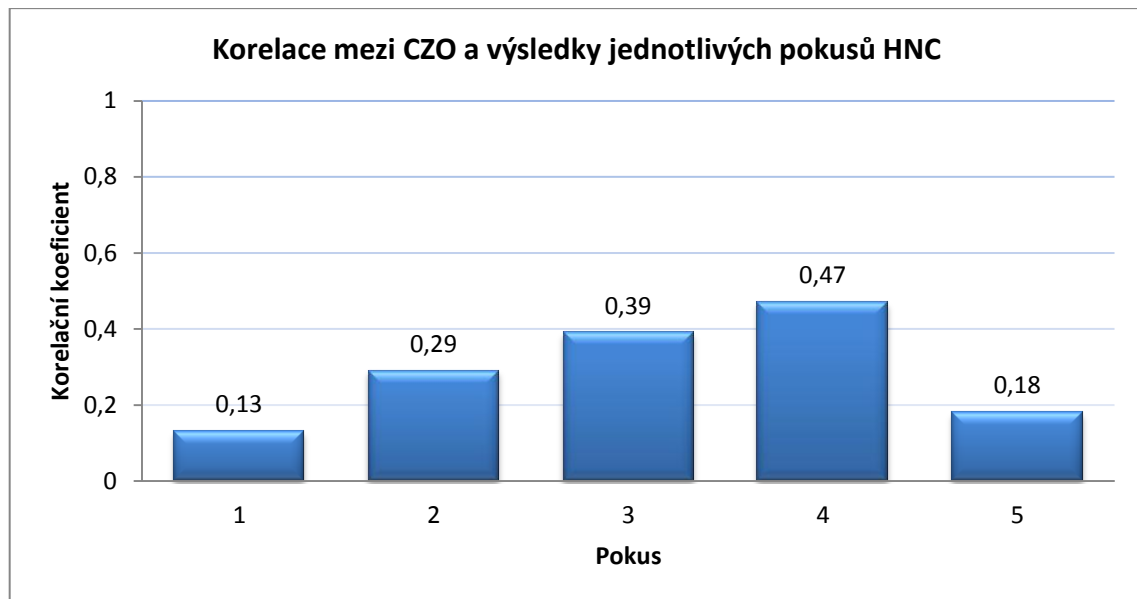


**Graf 8:** Korelační analýza výsledků CZO a HNC

(Zdroj: vlastní)

Následná analýza vztahu mezi centrální zrakovou ostrostí a výsledky jednotlivých pokusů HNC nám poskytla další zajímavá data. Závislost úspěšnosti hodu na CZO totiž s přibývajícimi pokusy rostla. Pokles nastal až při pátých pokusech (graf 9).





**Graf 9:** Korelace mezi CZO a výsledky jednotlivých pokusů HNC

(Zdroj: vlastní)

Může se jednat o pouhou shodu náhod, ale nelze vyloučit ani variantu, že má tento jev věcnou příčinu. Nabízí se teorie, že první pokusy byly především o vyzkoušení letových vlastností sáčku, neboť testované osoby neměly možnost cvičného hodu. Poté probandi museli pomocí zraku vyhodnotit přesnost zásahu terče a případně upravit pohybový program pro následující hod, s čímž může souviset rostoucí vliv zrakové ostrosti u 2. až 4. pokusů. Snížení hodnoty korelačního koeficientu u 5. pokusů pak mohlo být způsobeno například akumulací zpětnovazebných informací u osob s horší zrakovou ostrostití.

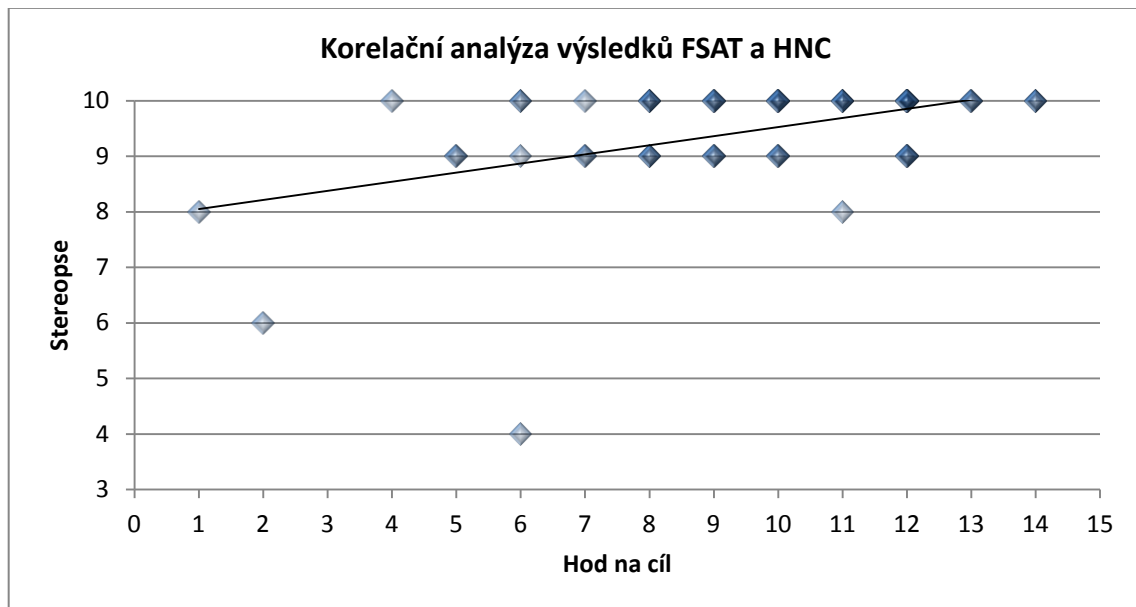
Skutečnost, že korelační koeficient dosáhl kladných hodnot u všech dílčích pokusů testu HNC, podporuje naši teorii o pozitivním vlivu kvality zrakové ostrosti na přesnost provedení daného motorického úkolu.

## 6.6 VZÁJEMNÝ VZTAH MEZI VÝSLEDKY FSAT A HNC

Posouzením vzájemného vztahu mezi výsledky testů FSAT a HNC zjistíme, zdali kvalita stereopse zkoumaných osob měla statisticky významný vliv na jejich výkon v testu HNC, jenž je založen na koordinovaném pohybu horní končetiny. Tímto způsobem zároveň vyhodnotíme hypotézu  $H_2$ .

Výsledný korelační koeficient ( $r = 0,459$ ) je větší než kritická hodnota koeficientu součinné korelace ( $r_{krit} = 0,261$ ) pro příslušný počet osob a hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$  (Procházka, 1993). Hypotézu  $H_2$  proto přijímáme.

Z výsledků korelační analýzy vyplývá, že existuje statisticky významný korelační vztah mezi kvalitou stereopse a získaným počtem bodů v testu HNC. Kladný korelační koeficient zde vyjadřuje závislost, kdy klesající kvalita stereopse zkoumaných osob současně snižuje pravděpodobnost dosažení lepšího skóre při testu HNC. Tento vztah je podrobněji zobrazen v grafu 10.



**Graf 10:** Korelační analýza výsledků FSAT a HNC

(Zdroj: vlastní)

## 6.7 DISKUSE

Na úvod diskuse bychom chtěli připomenout, že výzkumný soubor nebyl tvořen reprezentativním vzorkem. Probandi byli vybráni na základě dobrovolnosti a dostupnosti (Hendl, 2004), což mohlo mít vliv na výsledky výzkumu. Riziko ovlivnění naměřených dat rušivými činiteli jsme minimalizovali izolací testované osoby od zbytku výzkumného souboru a přípravou standardních podmínek pro vykonání všech testů. Přesto však nelze vyloučit vliv dalších faktorů, jako je například únava apod.

V kapitole 6.5 jsme na základě analýzy naměřených dat přijali hypotézu  $H_1$ , která předpokládá statisticky významnou závislost mezi kvalitou zrakové ostrosti a koordinací horních končetin u dětí mladšího školního věku. Rozložení četnosti naměřených hodnot centrální zrakové ostrosti bylo pro ověření této hypotézy naprosto ideální. Výzkumný soubor totiž zahrnoval jak probandy s lehkou krátkozrakostí, tak osoby s vizem na úrovni průměrného zdravého jedince, který nepotřebuje brýlovou korekci, a dokonce i probandy s lehce až silně nadprůměrnou zrakovou ostrostí.

Za zmínku stojí i skutečnost, že jsme při vyšetření naturálního vizu objevili 6 probandů, kteří měli zrakovou ostrost horší než 2 testované osoby, jimž byla lékařem předepsána brýlová korekce. Těchto šest probandů mimo jiné mělo velice nízký průměr získaných bodů v motorickém testu HNC (6,83). Po následném porovnání uvedené hodnoty s průměrem celého výzkumného souboru (9,52) a průměrným výsledkem HNC šesti osob s nejlepší zrakovou ostroší (11,67), můžeme opět konstatovat, že probandi s lepší CZO dosahovali při házení na cíl lepších výsledků než probandi s horší CZO.

V kapitole 6.6 jsme na základě analýzy naměřených dat přijali hypotézu  $H_2$ , která předpokládá statisticky významnou závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin u dětí mladšího školního věku. Naměřené hodnoty v testu stereopse ovšem nebyly rozloženy tak, jak by se dalo před zahájením testování očekávat, neboť 62 % probandů dosáhlo při FSAT maximálního možného skóre (10 bodů) a 31 % testovaných osob získalo pouze o bod méně (9 bodů). Drtivá většina probandů tedy měla výborné prostorové vidění.

Zajímavostí vztahu mezi výsledky FSAT a HNC je, že pokud bychom z korelační analýzy vyřadili nejhorších 7 % probandů, kteří v testu stereopse získali méně než 9 bodů, korelační koeficient by se snížil z 0,459 na 0,294. To sice znamená, že by se v tomto případě síla závislosti mezi výsledky FSAT a HNC výrazně snížila, ale statistická významnost korelace daných kritérií by ani po této úpravě nezanikla. Uvedené poznatky nás vedou k závěru, že na konečné skóre v testu HNC měly vliv dokonce i minimální rozdíly v kvalitě stereopse testovaných osob.

Při hlubším rozboru dat jsme objevili ještě jednu zajímavost, která stojí za zmínku. Probandi s FSAT = 10 naházeli průměrně 10,36 bodů a bylo jim v průměru 9,28 let, zatímco probandi s FSAT = 9 naházeli průměrně 8,83 bodů a průměrný věk měli 8,22 let. Nabízí se teorie, že naházené skóre při motorickém testu HNC mohlo v našem případě být ovlivněno spíše věkem než kvalitou stereopse. Mladší školní věk je totiž charakterizován zvýšenou motorickou učenlivostí. V tomto vývojovém období, zvláště u trénovaných jedinců, tedy může každý rok navíc znamenat vyšší úroveň koordinačních schopností, které jsou při testu HNC potřeba. O tom, zdali je tato teorie platná či nikoliv, můžeme jen polemizovat. My však i nadále zůstáváme u původního stanoviska založeného na výsledku korelační analýzy, která závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin u dětí mladšího školního věku potvrdila.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit, do jaké míry je u dětí mladšího školního věku ovlivněna koordinace horních končetin kvalitou zrakových funkcí.

Výzkumného šetření se zúčastnilo celkem 58 probandů navštěvujících tréninkové jednotky hokejového klubu Pilsen Wolves. Testované osoby absolvovaly vyšetření kvality zrakových funkcí, konkrétně centrální zrakové ostrosti a stereopse, a poté vykonaly motorický test, jehož podstatou je házení speciálních sáčků na cíl. Síla závislosti mezi výsledky vybraných testů byla kvantifikována pomocí Pearsonova korelačního koeficientu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Na základě výsledků statistického zpracování získaných dat jsme přijali jak stanovenou hypotézu **H<sub>1</sub>**: „Úroveň kvality zrakové ostrosti statisticky významně ovlivňuje koordinaci horních končetin u dětí mladšího školního věku“, tak stanovenou hypotézu **H<sub>2</sub>**: „Úroveň kvality stereopse statisticky významně ovlivňuje koordinaci horních končetin u dětí mladšího školního věku“. Dovolujeme si proto konstatovat, že u dětí mladšího školního věku je koordinace horních končetin s velkou pravděpodobností ovlivňována i relativně malými rozdíly v kvalitě zrakových funkcí, jako je například mírná nekorigovaná oční vada či nadstandardní zraková ostrost.

Výsledky vyšetření centrální zrakové ostrosti a stereopse nás příjemně překvapily, jelikož většina testovaných osob měla zrak zcela v pořádku. Přesto jsme však objevili menší množství probandů s horšími hodnotami vybraných zrakových funkcí, jimž do té doby nebyla předepsána žádná korekce zraku. Těmto jedincům jsme proto doporučili návštěvu oftalmologa.

Vzhledem ke všeobecné důležitosti zraku, jenž se nenahraditelně uplatňuje při sportovních aktivitách i běžných činnostech každodenního života, bychom neměli zapomínat na jeho prevenci (především v dětství). Včasné odhalení oční vady totiž může v kombinaci se správnou diagnostikou a vhodně zvolenou léčebnou terapií některé poruchy postupem času zmírnit nebo dokonce úplně odstranit.

Při náročnějších sportovních aktivitách je nošení běžných dioptrických brýlí doprovázeno celou řadou komplikací a rizik. Proto považujeme za vhodné, aby aktivně sportující osoby s nutností korekce zraku svou situaci konzultovaly s očním lékařem, který jim v souladu s jejich specifickými potřebami pomůže vybrat vhodný typ korekce.

Pro budoucí výzkumné práce s touto tematikou doporučujeme výrazně zvýšit počet testovaných osob a zároveň se zaměřit na užší věkovou skupinu, aby měly výsledky vyšší vypovídací hodnotu. Za zvážení by stálo, zda testovat pouze aktivně sportující jedince napříč různými sporty nebo do výzkumného souboru zařadit i nespportující osoby. S ohledem na složitost problematiky a nemožnost oddělit proměnné od vnějších faktorů bychom rozšířili vstupní anamnézu o detailnější otázky týkající se sportovně-pohybové praxe, což by pomohlo získat přesnější informace o možném transferu motorických schopností a dovedností.

**RESUMÉ**

Diplomová práce se zabývá vlivem kvality zrakových funkcí na koordinaci horních končetin u dětí mladšího školního věku. Výzkumu se zúčastnilo celkem 58 probandů navštěvujících tréninkové jednotky hokejového klubu Pilsen Wolves. Probandi podstoupili vyšetření centrální zrakové ostrosti a stereopse. Poté absolvovali senzomotorický test, jenž klade vysoké nároky na koordinaci horní končetiny. Získaná data byla vyhodnocena prostřednictvím Pearsonova korelačního koeficientu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . S ohledem na výsledky korelační analýzy jsme dospěli k závěru, že kvalita centrální zrakové ostrosti i stereopse má v mladším školním věku statisticky významný vliv na koordinaci horních končetin.

**Klíčová slova:** zrak, vizus, stereopse, koordinační schopnosti, mladší školní věk.

**SUMMARY**

This thesis focuses on the effect of visual functions quality on upper limb coordination of primary school aged children. In our research we tested 58 probands attending Hockey Club Pilsen Wolves trainings. This group of probands gradually underwent central visual acuity examination, stereopsis test and sensorimotor test laying high emphasis on upper limb coordination. We used the Pearson's correlation coefficient at a significance level of  $\alpha = 0,05$  to evaluate the obtained data. Considering the results of correlation analysis, we have concluded that the quality of central visual acuity and stereopsis has statistically significant effect on upper limb coordination of primary school aged children.

**Key words:** vision, visus, stereopsis, coordination abilities, primary school aged children.

## SEZNAM LITERATURY

1. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-1132-X.
2. DOVALIL, Josef. *Lexikon sportovního tréninku*. Druhé, upravené vydání. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1404-5.
3. DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
4. GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-311-7.
5. HAVEL, Zdeněk a HNÍZDIL, Jan. *Rozvoj a diagnostika koordinačních a pohyblivostních schopností*. Banská Bystrica: Pedagogická fakulta UMB v Banské Bystrici, 2010. ISBN 978-80-8083-950-5.
6. HEISSIGEROVÁ, Jarmila. *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, 2018. Jessenius. ISBN 978-80-7345-580-4.
7. HENDL, Jan. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-820-1.
8. HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
9. HYCL, Josef. *Oftalmologie: minimum pro praxi*. Praha: Triton, 1999. Levou zadní. ISBN 80-7254-065-3.
10. CHOUTKA, Miroslav, VOTÍK Jaromír a BRKLOVÁ Danuše. *Motorické učení v tělovýchovné a sportovní praxi*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999. ISBN 80-7082-500-6.
11. KALLONIATIS, Michael a LUU, Charles. Perception of Depth by Michael Kalloniatis and Charles Luu. In: *Webvision: The Organization of the Retina and Visual System* [online]. 2007 [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <https://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-psychophysics-of-vision/perception-of-depth/>.
12. KOHOUTEK, Milan. *Koordinační schopnosti dětí: výsledky čtyřletého longitudinálního sledování vývoje vybraných somatických a motorických předpokladů dětí ve věku 8-11 let*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2005. ISBN 80-86317-34-X.
13. KOLARČÍK, Lukáš, DEDEK, Václav a PTÁČEK, Michal. *Příručka pro sestry v oftalmologii*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5458-1.



14. KOUBA, Václav. *Motorika dítěte*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1995. ISBN 80-7040-137-0.
15. KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. Třetí, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-618-2.
16. KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
17. KUTÁČ, Petr. *Základy kinantropometrie: pro studující obor Tv a sport*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, Katedra tělesné výchovy, 2009. ISBN 978-80-7368-726-7.
18. LANGMEIER, Miloš. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.
19. MAZAL, Zdeněk a HERLE, Petr. *Oftalmologie pro všeobecné praktické lékaře*. Praha: Raabe, 2011. Ediční řada pro všeobecné praktické lékaře. ISBN 978-80-86307-89-3.
20. MĚKOTA, Karel a BLAHUŠ, Petr. *Motorické testy v tělesné výchově*. Praha: SPN, 1983. Učebnice pro vysoké školy.
21. MĚKOTA, Karel a NOVOSAD, Jiří. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-0981-X.
22. MERKUNOVÁ, Alena a OREL, Miroslav. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
23. PERIČ, Tomáš. *Sportovní příprava dětí*. Druhé, doplněné vydání. Praha: Grada, 2008. Děti a sport. ISBN 978-80-247-2643-4.
24. PROCHÁZKA, Vojtěch. *Úvod do matematické statistiky: Pro posluchače tělesné výchovy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1993. ISBN 80-7043-075-3.
25. PUSTKOVÁ, Hana. *Screening míry stereopse v populaci, její kvalitativní zhodnocení* [online]. Brno, 2013 [cit. 2019-09-23]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/am991/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.
26. ROKYTA, Richard a ŠŤASTNÝ, František. *Struktura a funkce lidského těla*. Praha: Tigris, 2002. ISBN 80-900130-2-3.
27. ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-316-6.
28. RUŽBARSKÁ, Ingrid a TUREK, Milan. *Kondičné a koordinačné schopnosti v motorike detí predškolského a mladšieho školského veku*. Prešov: Prešovská univerzita v Prešove, 2007. ISBN 978-80-8068-670-3.

29. SILBERNAGL, Stefan a DESPOPOULOS, Agamemnon. *Atlas fyziologie člověka*. Vydání druhé české podle třetího německého, přepracovaného a rozšířeného. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85623-79-X.
30. SUCHOMEL, Aleš. *Somatická charakteristika dětí školního věku s rozdílnou úrovní motorické výkonnosti*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-900-7.
31. ŠTROFOVÁ, Helena. *Praktická oftalmologie*. Praha: Mladá fronta, 2018. Medical services. ISBN 978-80-204-4888-0.
32. *The FLY Stereo Acuity Test with LEA Symbols: Instructions*. Vision Assessment Corporation. 2012.
33. TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Třetí, přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-788-5.
34. VALACH, Petr, BENEŠOVÁ, Daniela, SALCMAN, Václav a SCHULZ, Henry. *Děti v pohybu: výzkumná studie v rámci mezinárodního projektu Comenius*. Köln: Netzwerk - Soziale Dienste und Ökologische Bildung, 2016. ISBN 978-3-936218-29-9.
35. VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Druhé, rozšířené a přepracované vydání. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1:</b> Proprioceptory ve svalu a šlaše .....	14
<b>Obrázek 2:</b> Horizontální řez okem .....	18
<b>Obrázek 3:</b> Akomodace oka .....	19
<b>Obrázek 4:</b> Struktura sítnice .....	20
<b>Obrázek 5:</b> Okohybné svaly .....	21
<b>Obrázek 6:</b> Slzný aparát oka .....	22
<b>Obrázek 7:</b> Spojná ( <b>A</b> ) a rozptylná ( <b>B</b> ) čočka .....	23
<b>Obrázek 8:</b> Schematické znázornění fotoreceptorů .....	25
<b>Obrázek 9:</b> Zraková dráha .....	26
<b>Obrázek 10:</b> Zrakové korové oblasti .....	27
<b>Obrázek 11:</b> Zorné pole levého ( <b>L</b> ) a pravého ( <b>P</b> ) oka s vyznačenou slepou skvrnou .....	28
<b>Obrázek 12:</b> Obrázky určené k vyšetření na troposkopu .....	29
<b>Obrázek 13:</b> Horopter .....	30
<b>Obrázek 14:</b> Panumova oblast .....	31
<b>Obrázek 15:</b> Relativní velikost .....	32
<b>Obrázek 16:</b> Interpozice .....	33
<b>Obrázek 17:</b> Lineární perspektiva .....	33
<b>Obrázek 18:</b> Vzdušná perspektiva .....	34
<b>Obrázek 19:</b> Světlo a stín .....	34
<b>Obrázek 20:</b> Konstrukce optotypů pomocí čtvercové sítě 5 x 5 .....	35
<b>Obrázek 21:</b> ETDRS optotypy .....	37
<b>Obrázek 22:</b> Emetropie .....	39
<b>Obrázek 23:</b> Myopie a její brýlová korekce .....	40
<b>Obrázek 24:</b> Hypermetropie a její brýlová korekce .....	40
<b>Obrázek 25:</b> Světelná tabule s optotypy ETDRS .....	43
<b>Obrázek 26:</b> Fly Stereo Acuity Test .....	44
<b>Obrázek 27:</b> Hod na cíl - terč a sáčky .....	45

**SEZNAM TABULEK**

<b>Tabulka 1:</b> Převody hodnot vizu do dálky .....	36
<b>Tabulka 2:</b> Popisná statistika centrální zrakové ostrosti .....	49
<b>Tabulka 3:</b> Popisná statistika Fly Stereo Acuity Testu .....	50
<b>Tabulka 4:</b> Popisná statistika testu HNC .....	51

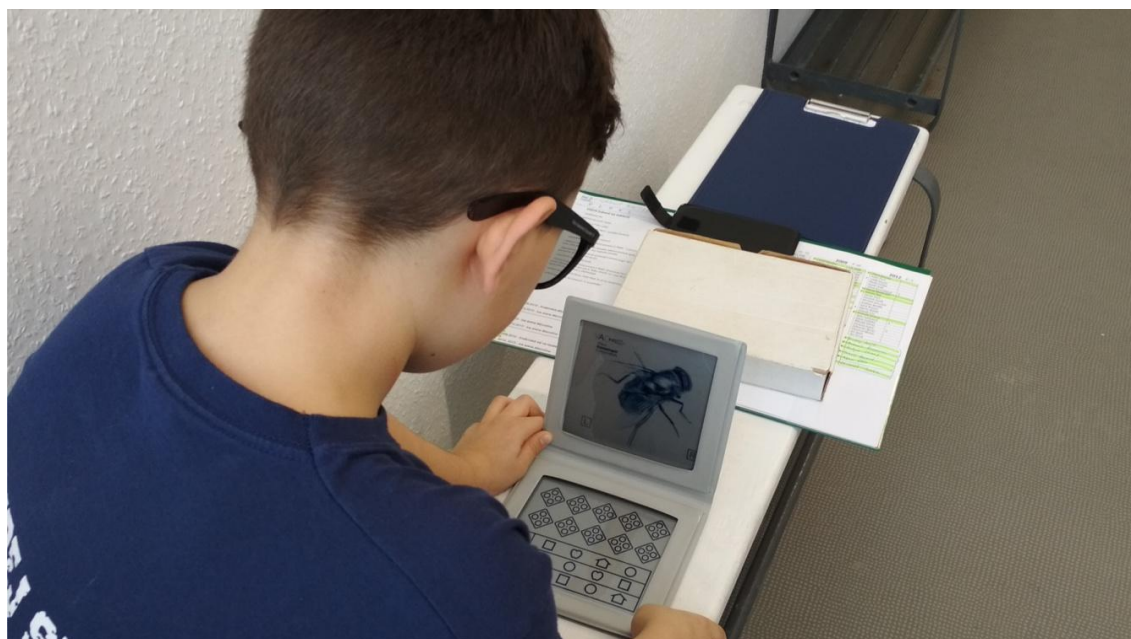
**SEZNAM GRAFŮ**

<b>Graf 1:</b> Věková struktura výzkumného souboru .....	42
<b>Graf 2:</b> Procentuální zastoupení korekce zraku.....	47
<b>Graf 3:</b> Rozložení četnosti doplňkových sportů k lednímu hokeji.....	48
<b>Graf 4:</b> Rozložení četnosti naměřených hodnot v testu centrální zrakové ostrosti .....	48
<b>Graf 5:</b> Rozložení četnosti naměřených hodnot v testu stereopse (FSAT) .....	49
<b>Graf 6:</b> Rozložení četnosti získaných bodů v testu HNC (hod na cíl).....	50
<b>Graf 7:</b> Průměrný zisk bodů v jednotlivých pokusech HNC .....	51
<b>Graf 8:</b> Korelační analýza výsledků CZO a HNC .....	52
<b>Graf 9:</b> Korelace mezi CZO a výsledky jednotlivých pokusů HNC .....	53
<b>Graf 10:</b> Korelační analýza výsledků FSAT a HNC .....	54

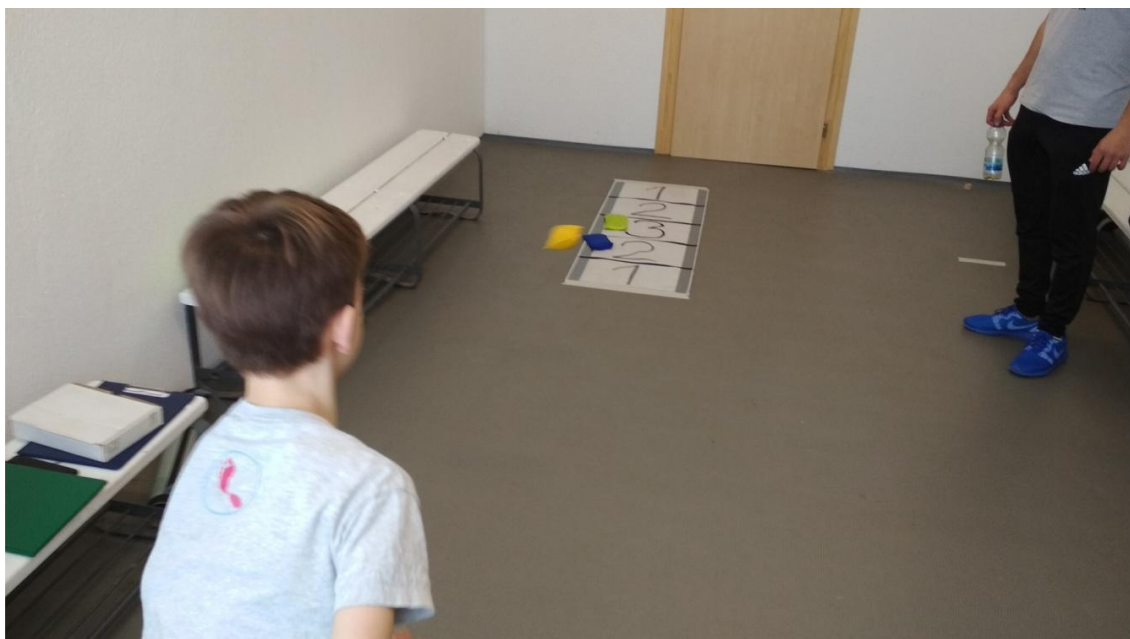
PŘÍLOHY



**Příloha 1:** Testování kvality centrální zrakové ostrosti  
(Zdroj: vlastní)



**Příloha 2:** Testování kvality stereopse  
(Zdroj: vlastní)



**Příloha 3:** Testování kvality koordinace horních končetin  
(Zdroj: vlastní)