

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA TĚLESNÉ A SPORTOVNÍ VÝCHOVY

**VZÁJEMNÝ VZTAH MEZI KVALITOU STEREOPSE A  
KOORDINACÍ HORNÍCH KONČETIN U DĚTÍ VE VĚKU 9-10**

**LET**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Petr Šíma**

*Tělesná výchova a sport*

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

**Plzeň 2018**

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

V Plzni, duben 2018

.....  
vlastnoruční podpis

Rád bych poděkoval Mgr. Václavu Salcmanovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Katedře tělesné a sportovní výchovy Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni děkuji za poskytnutí potřebného materiálního vybavení. Poděkování patří rovněž atletickému oddílu AK Škoda Plzeň za umožnění testování.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK .....	3
ÚVOD .....	4
1 CÍL, ÚKOLY 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 TĚLESNÝ VÝVOJ .....	6
2.1.1 Biologický věk.....	7
2.2 POHYBOVÝ VÝVOJ .....	7
2.3 PSYCHICKÝ VÝVOJ.....	8
3 MOTORICKÉ SCHOPNOSTI.....	9
3.1 KOORDINAČNÍ SCHOPNOSTI.....	9
3.1.1 Taxonomie koordinačních schopností .....	10
3.1.2 Biologický základ koordinačních schopností .....	11
3.1.3 Pohybové vzory a programy .....	14
4 ZRAK .....	15
4.1 ANATOMIE ZRAKOVÉHO ÚSTROJÍ.....	15
4.1.1 Oční koule.....	15
4.1.2 Přidatné orgány oka .....	17
4.2 MECHANISMUS ZRAKOVÉHO VNÍMÁNÍ.....	19
4.2.1 Optický systém oka.....	19
4.2.2 Zorné pole .....	20
4.2.3 Zraková dráha .....	20
4.3 PROSTOROVÉ VIDĚNÍ .....	21
4.3.1 Jednoduché binokulární vidění .....	21
4.3.2 Stupně binokulárního vidění .....	22
4.3.3 Princip stereopse .....	23
4.3.4 Monokulární vnímání prostoru .....	25
4.4 VADY ZRAKU.....	28
4.4.1 Hypermetropie a myopie .....	28
4.4.2 Astigmatismus .....	29
4.4.3 Strabismus.....	29
4.4.4 Amblyopie .....	29
5 METODIKA VÝZKUMU.....	30
5.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR .....	30
5.2 KONCEPCE A ORGANIZACE VÝZKUMU .....	30
5.3 METODY ZÍSKÁVÁNÍ DAT.....	30
5.3.1 Vstupní anamnéza.....	30
5.3.2 Titmus Fly Stereotest .....	31
5.3.3 Test „hod na cíl“ (Valach, Benešová, Salcman, Schulz, 2016).....	32
5.4 METODY ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT .....	32
6 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	33
6.1 VSTUPNÍ ANAMNÉZA .....	33

---

6.2	TITMUS FLY STEREOTEST .....	34
6.3	HOD NA CÍL .....	34
6.4	VZÁJEMNÝ VZTAH MEZI VÝSLEDKY TFS A HNC.....	36
6.5	DISKUSE .....	37
	ZÁVĚR .....	38
	RESUMÉ.....	40
	SUMMARY .....	41
	SEZNAM LITERATURY .....	42
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	44
	SEZNAM GRAFŮ .....	45
	PŘÍLOHY .....	I

**SEZNAM ZKRATEK**

BV - Binokulární vidění

CNS - Centrální nervová soustava

HNC - Hod na cíl

TFS - Titmus Fly Stereotest

## Úvod

Tématem mé bakalářské práce je vzájemný vztah zrakových funkcí a pohybového projevu člověka. Při výběru tématu mě inspiroval mimo jiné fakt, že mám zhoršené vidění, což mi do jisté míry znesnadňuje realizaci pohybových úkolů. Pokud jsou zrakové funkce oslabeny, podléhají přijímané informace určitému zkreslení. Takto limitovaní jedinci mají horší výchozí pozici při výkonu motorického úkolu vyžadující přesnost.

Vizuální percepcí získáváme přibližně 80% všech informací z vnějšího prostředí, což vypovídá o tom, že zrak je náš nejdůležitější smysl. Zrak sehrává velkou roli nejen při sportovních aktivitách, ale i v každodenních situacích jako je například socializace, řízení dopravního prostředku, přecházení silnice, odemykání zámku či pohyb po nerovném povrchu. Jakákoliv oční vada může lidem komplikovat život, proto by se v dětství neměla podceňovat prevence. Čím dříve se vada podchytí, tím větší je pravděpodobnost korekce a následná možnost zlepšení kvality života.

Při výkonu jakéhokoliv pohybového úkolu ovšem nezáleží pouze na kvalitě zraku. Tak složitý proces, jakým lidská motorika dozajista je, zahrnuje i mnoho dalších faktorů, z nichž stěžejní roli zastává motorické učení. Člověk může mít vynikající výsledky očních testů, ale pokud nemá dostatečně rozvinuté koordinační schopnosti a dovednosti, pak je velice pravděpodobné, že při úkolech vyžadujících značnou míru šikovnosti, bude mít horší výsledky než trénovaná osoba s horší vizuální percepcí.

Záměrem této práce je zjistit, do jaké míry může kvalita stereopse ovlivnit realizaci pohybového úkolu u zkoumaného souboru dětí ve věku 9-10 let docházejících do atletické přípravy AK Škoda Plzeň.



## 1 CÍL, ÚKOLY A HYPOTÉZY

### 1.1 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je zjistit, zda existuje vzájemná souvislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin u dětí mladšího školního věku.

### 1.2 ÚKOLY PRÁCE

Realizace vytyčeného cíle předložené bakalářské práce předpokládá splnění následujících úkolů:

1. Výběr výzkumného souboru.
2. Vstupní anamnéza (jméno, věk, korekce zraku, druh pohybové činnosti).
3. Testování kvality stereoskopického vidění.
4. Testování kvality koordinace horních končetin.
5. Vyhodnocení dat.

### 1.3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA

Existuje závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin u dětí z atletické přípravy AK Škoda Plzeň ve věku 9-10 let?

### 1.4 HYPOTÉZY

**H<sub>1</sub>:** U dětí z atletické přípravy AK Škoda Plzeň ve věku 9-10 let existuje statisticky významná závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin.

**H<sub>0</sub>:** U dětí z atletické přípravy AK Škoda Plzeň ve věku 9-10 let neexistuje statisticky významná závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin.

## 2 MLADŠÍ ŠKOLNÍ VĚK

Vývoj jedince neboli ontogeneze je velmi individuální proces, jenž neprobíhá stejnoměrně. Vzhledem k anatomicko-fyziologickým a psycho-sociálním zvláštnostem jednotlivých věkových skupin, dělíme vývoj člověka na jednotlivá období.

Jako mladší školní věk (6 až 11 let) označujeme období od zahájení školní docházky po začátky pohlavního dospívání. Choutka, Votík a Brklová (1999) uvádí, že je pro mladší školní věk charakteristická vyrovnanost mezi biologickými a psychickými složkami vývoje, což je mimořádně důležitým předpokladem motorické učenlivosti (docility). Proto bývá období mladšího školního věku často označováno jako „zlatý věk motoriky“. Dle Periče (2004) můžeme toto relativně dlouhé vývojové období, během kterého dochází k výrazným bio-psycho-sociálním změnám, dále rozdělit na dvě části: dětství a prepubescence, či také dětství a pozdní dětství, s hranicí kolem devátého roku.

### 2.1 TĚLESNÝ VÝVOJ

Vývoj tělesné výšky dětí mladšího školního věku probíhá pozvolna a rovnoměrně. Průměrné roční přírůstky tělesné výšky činí přibližně 6 cm. Postava se zprvu zeštíhluje intenzivním růstem délky končetin, přičemž se ztenčuje vrstva podkožního tuku. Následně je období vytáhlosti vystřídáno obdobím druhé plnosti. Před koncem této vývojové periody se růst zpomaluje. Růstové křivky chlapců a dívek zůstávají do 9-10 let přibližně stejné. Poté začínají dívky tělesnou výškou i hmotností chlapce převyšovat, což je způsobeno dřívějším nástupem pubertálního růstového spurtu. Během mladšího školního věku dochází rovněž k plynulému rozvoji vnitřních orgánů. Zlepšuje se jejich efektivita, snižuje se tepová i dechová frekvence v klidu. Látková výměna je silnější. Normální vývoj hrudního koše a plic úzce souvisí se správným držením těla, proto by se nemělo zapomínat na zásadní význam prevence vadného držení těla. Zakřivení páteře je sice vyvinuto už v šesti letech, ale jeho stabilizace probíhá až mezi osmým a jedenáctým rokem. Osifikace kostí pokračuje rychlým tempem, přesto však zůstávají kloubní spojení velmi měkká a pružná. Vznikají příznivější pákové poměry končetin mající za následek vytvoření pozitivních předpokladů pro motorickou činnost. Kolem šesti let je formována schopnost učit se novým pohybům. Nervový systém je dostatečně zralý i pro koordinačně složitější pohyby. (Kouba, 1995; Perič, 2004; Suchomel, 2004)

### 2.1.1 BIOLOGICKÝ VĚK

Kalendářní věk však nemusí korespondovat s věkem biologickým. Zatímco kalendářní věk je odvozen z data narození, biologický věk odpovídá celkovému stavu růstu a vývoji jedince. Hodnotu biologického věku lze určit několika způsoby. Mezi hlavní metody patří porovnání výšky a váhy s normami, stanovení stupně osifikace kostí, porovnání stupně rozvoje sekundárních pohlavních znaků či stanovení stupně prořezávání druhých zubů. Pokud má jedinec v biologickém vývoji určitý předstih oproti kalendářnímu věku, hovoříme o biologické akceleraci. V případě, že je biologický vývoj dítěte opožděn, jedná se o biologickou retardaci (neplést si s mentální retardací). (Kouba, 1995; Perič, 2004; Ružbarská a Turek, 2007)

### 2.2 POHYBOVÝ VÝVOJ

Tato věková kategorie je z hlediska pohybového vývoje charakterizována vysokou a spontánní pohybovou aktivitou. Dětská motorika postrádá úspornost pohybu. Dynamika nervových procesů se stále rozvíjí. Především u dětí ve věku 6-8 let převažují procesy podráždění nad procesy útlumu, čímž je možné vysvětlit živost, neposednost a výrazný „pohybový luxus“, kdy je prováděná činnost doprovázena množstvím nadbytečných pohybů. Základem daného jevu je iradiace podráždění v motorických centrech do sousedních oblastí mozkové kůry, což vede k aktivaci svalstva, které má k pohybové činnosti jen malý vztah nebo s ní vůbec nesouvisí. (Perič, 2004; Ružbarská a Turek, 2007)

Rozdíly v úrovni motoriky osmiletých a dvanáctiletých dětí jsou značné. Období mezi osmi a dvanácti lety můžeme označit jako etapu s dobrou charakteristikou kvality pohybů. Nejpříznivějším věkem pro motorický vývoj je období deseti až dvanácti let. Tento „zlatý věk motoriky“ je charakterizován rychlým učením novým pohybům. V podstatě stačí dokonalá ukázka a děti jsou schopny nový pohyb provést napoprvé či po několika málo pokusech. Během nácviku pozorujeme již všechny kvalitativní znaky dobře provedeného pohybu. Problémy s koordinací složitějších pohybů z počátku mladšího školního věku poměrně rychle mizí a na konci tohoto období jsou děti schopny vykonávat i koordinačně náročná cvičení. (Perič, 2004)

Vývoj koordinačních předpokladů úzce souvisí s procesy zrání nervové soustavy, zejména s myelinizací nervových drah, propojováním podkorových a korových úrovní řízení a regulace pohybu a se zlepšením kvality analyzátorů. Zrání CNS v tomto období se projevuje rovnováhou mezi volnými a mimovolnými pohyby. Zlepšuje se hrubá i jemná

motorika. Pohyby se zrychlují, zpřesňují a stávají se úspornějšími. Přibližně 75% z celkového objemu přírůstků koordinačních předpokladů je dosaženo do věku 12 let. (Kohoutek, 2005)

### 2.3 PSYCHICKÝ VÝVOJ

V období mladšího školního věku rychle přibývají nové vědomosti. Rozvíjí se paměť a představivost. Při poznávání a myšlení se dítě soustřeďuje spíše na jednotlivé prvky, zatímco souvislosti mu unikají. Zvýšená vnímavost k okolnímu prostředí a faktorům, které odvádějí pozornost, může negativně ovlivnit provedení již osvojených dovedností. Schopnost chápat abstraktní pojmy zůstává malá. Volní vlastnosti jsou zatím slabě rozvinuté. Jedinec nedokáže sledovat dlouhodobý cíl, a to zvláště tehdy, má-li překonávat aktuální nezdary. Veškeré dění je doprovázeno silným citovým prožitkem. Pohyb působí dětem radost, soutěží rády a s vervou. Základem jejich činnosti je hra. V tréninkových jednotkách by proto měl převažovat herní princip. Vzhledem k nedostatečně rozvinuté schopnosti koncentrace musí být činnost pestrá a často obměňovaná. (Perič, 2004)

### 3 MOTORICKÉ SCHOPNOSTI

Dle Měkoty a Novosada (2005) jsou motorické (pohybové) schopnosti velmi obsáhlou a členitou třídou schopností, které podmiňují pohybovou činnost a dosahování výkonů nejen ve sportu, ale i v jiných aktivitách, kde je pohyb dominantní složkou. Dovalil (2008) definuje pohybové schopnosti jako relativně samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti.

Při definování motorické schopnosti je nutné ji vymežit vzhledem k motorické dovednosti, jež se rovněž řadí mezi předpoklady pohybové činnosti. Na rozdíl od pohybové schopnosti se ovšem nejedná o předpoklad generalizovaný, ale specifický. Dovednost předpokládá úspěšnost jen v úzké skupině vzájemně velice podobných činností (Měkota a Novosad, 2005). Dovalil (2008) popisuje pohybovou dovednost jako učením získaný předpoklad jedince správně, účelně, efektivně a úsporně řešit pohybový úkol.

Měkota a Novosad (2005) rozdělují motorické schopnosti do tří skupin.

- *Kondiční schopnosti* – jsou determinovány převážně energetickými procesy. Řadíme sem vytrvalostní a silové schopnosti.
- *Koordinační schopnosti* – jsou spjaty především s řízením a regulací pohybové činnosti. Patří sem např. schopnosti orientační, diferenciací, rytmické apod.
- *Hybridní schopnosti* – též nazývané kondičně-koordinační. Do této skupiny řadíme rychlostní schopnosti.

Mezi motorické schopnosti patří i pohyblivostní schopnost (flexibilita). Ta se však danému rozdělení vymyká, neboť se jedná spíše o systém pasivního přenosu energie.

S ohledem na zaměření práce se budeme dále podrobněji zabývat pouze koordinačními schopnostmi.

#### 3.1 KOORDINAČNÍ SCHOPNOSTI

Jak vyplývá z názvu, vztahují se tyto schopnosti k výrazu „koordinace“ neboli uvedení do souladu. V případě pohybové koordinace jsou uváděny do souladu především dílčí pohyby či pohybové fáze tak, aby vytvořily harmonický celek. Motorická koordinace tedy umožňuje vykonávání různých sladěných, účelných a komplikovaných pohybových činností za proměnlivých podmínek a v nejrůznějších situacích. (Měkota a Novosad, 2005)

Ve starší literatuře se setkáváme pouze s jednou schopností daného typu nazývanou obratnost. Čelikovský (1979) definoval obratnost jako předpoklady jedince přesně realizovat složité časoprostorové struktury tělesného cvičení i za ztížených podmínek.

Koordinační schopnosti zahrnují operace příjmu, zpracování a uchování informací. Senzorické procesy mají velký podíl na utváření koordinačních schopností. Koordinační schopnosti též spoluurčují kondiční potenciál jedince a mají zásadní význam pro rychlost, přesnost a trvalost osvojování pohybových dovedností. (Kohoutek 2005; Měkota a Novosad, 2005).

### 3.1.1 TAXONOMIE KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ

Na základě četných studií bylo pojmenováno několik koordinačních schopností, při jejichž klasifikaci se uplatnila různá hlediska. Rozlišeny byly schopnosti obecné a sportovně-specifické, schopnosti jemně-motorické a hrubě-motorické, charakterizována byla schopnost koordinace oko-ruka apod. Pozdější snaha o vytvoření zjednodušené taxonomie vyústila ke vzniku modelu dle Hirtze (1985), jenž určil pět koordinačních schopností, které jsou stěžejní pro školní tělesnou výchovu (schopnost orientační, kinesteticko-diferenciační, reakční, rytmická a rovnováhová). Zimmermann, Schnabel a Blume (2003) k nim přiřazují ještě dvě (schopnost sdružování a schopnost přestavby). (Měkota a Novosad, 2005)

*Kinesteticko-diferenciační schopnost* – schopnost realizovat přesné a ekonomické pohyby na základě příjmu a zpracování kinestetické informace ze svalů, šlach a kloubních pouzder. V řízení pohybu má zvláštní význam pro zpětnou vazbu a v motorickém učení ve fázi stabilizace přebírá postupně více funkcí ostatních analyzátorů. (Kohoutek, 2005)

*Orientační schopnost* – schopnost určovat a měnit polohu a pohyb těla v prostoru a čase vzhledem k definovanému akčnímu poli (hřiště) či pohybujícímu se objektu (hráč, míč). Základem pro tuto schopnost je příjem a zpracování především optických, ale i kinestetických informací. (Měkota a Novosad, 2005)

*Reakční schopnost* – schopnost úkolově specifického zahájení pohybu těla na podnět v co nejkratším čase. Podněty mohou být vizuální, akustické, taktilní nebo kinestetické. Indikátorem je reakční doba, jejíž délka závisí na druhu a intenzitě podnětu. Nejrychleji reagujeme na podněty taktilní, nejpomaleji na podněty optické. (Měkota a Novosad, 2005)

*Rytmická schopnost* – schopnost postihnout a motoricky vyjádřit rytmus z vnějšku daný či v samotné pohybové činnosti obsažený. Rozlišujeme schopnost rytmické percepce a rytmické realizace. Rytmickou percepcí vnímáme akustické, případně vizuální rytmické vzorce, které jsou následně přetransformovány do pohybové činnosti. Pomocí rytmické realizace jsme schopni na základě kinestetických informací vystihnout rytmus pohybového aktu (např. vzepření vzklopno). (Měkota a Novosad, 2005)

*Rovnováhová schopnost* – Schopnost udržet tělo nebo předměty v relativně stabilní (vratké) poloze, případně obnovit výchozí polohu při změně vnějších podmínek. Dělí se na statickou rovnováhovou schopnost, dynamickou rovnováhovou schopnost a balancování předmětu. (Kohoutek, 2005; Měkota a Novosad, 2005)

*Schopnost sdružování* – schopnost účelně organizovat pohyby jednotlivých částí těla, kombinovat je a spojovat do prostorově, časově a dynamicky sladěného celku. Dominuje při řešení koordinačně náročných úloh. (Měkota a Novosad, 2005)

*Schopnost přestavby* – schopnost adaptovat či přebudovat pohybovou činnost vzhledem k měnícím se podmínkám, které člověk v průběhu pohybu vnímá nebo předvídá. (Měkota a Novosad, 2005)

### **3.1.2 BIOLOGICKÝ ZÁKLAD KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ**

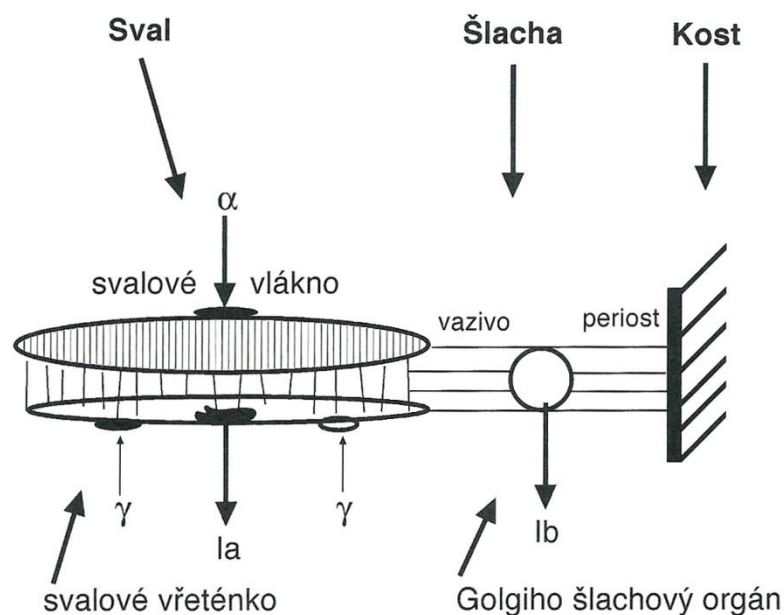
Kohoutek (2005) označuje za biologický základ koordinačních schopností vytváření nejprve tzv. zkusmých spojů a následně pohybových vzorů a programů. Tento proces je umožněn spojením míchy a mozku s podkořím a podkoří s mozkovou kůrou.

V průběhu vývoje dochází díky smyslovému vnímání k rozvoji prostorových a časových vjemů a představ, které jsou postupně ukládány do paměti v podobě pohybových matric. Sběr informací z vnějšího a vnitřního prostředí zajišťují analyzátoři, ke kterým náleží specifické receptory, aferentní (dostředivé) nervové dráhy a senzorická centra v mozku. Pro motorickou koordinaci je důležitých pět analyzátorů: kinestetický, taktilní, statokinetický, optický a akustický. Čím více dokáže jedinec vnímat své pohyby a okolní prostředí, tím lépe je schopen reagovat na měnící se podmínky a v rámci svých možností zvládnout pohybové jednání. (Kohoutek, 2005)

Na úrovni svalu je pohybová koordinace zajišťována prostřednictvím svalového vřeténka, které je hlavním proprioceptivním orgánem. Svalové vřeténko je tvořeno svazkem upravených svalových vláken. Ty jsou vazivově propojeny s normálními

svalovými vlákny inervovanými spouštěcím motorickým systémem alfa. Svalové vřetenko má dva kontraktilní póly inervované motorickými vlákny nastavovacího systému gama, řízeného z retikulární formace. Póly jsou uprostřed odděleny receptorem reagujícím na změny napětí v pólových oblastech vřetenka při změně jeho délky (obrázek 1). Zde vzniklá vzruchová aktivita postupuje přes zadní míšní kořeny vzestupnými nervovými drahami do retikulární formace a do mozečku. Svalové vřetenko rovněž nastavuje práh dráždivosti motoneuronů v jakékoliv poloze svalu. (Kohoutek, 2005; Věle, 2006)

Podobným proprioceptorem je Golgiho šlachové tělísko snímající tah na šlaše. Jeho práh dráždivosti je oproti svalovému vřetenku vyšší a nelze ho dopředu měnit. Aktivita šlachového tělíska se šíří obdobnými cestami jako je tomu u vřetenka. Jedná se o receptor, který působí proti funkci vřetenka. Uplatňuje se ovšem až v případě, že hrozí poškození systému. Šlachové tělísko tedy plní funkci pojistky a společně se svalovým vřetenkem tvoří automatický ochranný servomechanismus. (Kohoutek, 2005; Věle, 2006)



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

(Zdroj: Věle, 2006)

Další receptory, jež se podílejí na řízení a regulaci svalové činnosti, se nacházejí v kloubních pouzdech, kde reagují na změny napětí. Všechny proprioceptivní údaje ze svalových, šlachových a kloubních receptorů jsou součástí zpětnovazebních informací (feed back) o průběžném stavu tělního segmentu, které jsou nutné pro řízení průběhu koordinovaného pohybu. (Kohoutek, 2005; Věle, 2006)



Na centrální úrovni je pohyb řízen činností CNS. Podle starších studií byly pro pohyb rezervovány dva oddělené řídicí systémy (pyramidový a extrapyramidový).

*Systém pyramidový* vychází z Betzových buněk motorické korové oblasti. Pyramidovou dráhou řídí přímo míšní motoneurony a tím i svaly. Tento systém zajišťuje volní hybnost a později byl označen jako řídicí systém alfa, jenž spouští volní pohyb a řídí jeho průběh. Pyramidový systém je vývojově mladší a vyvinul se pouze u vyšších forem živočichů, kde byla potřeba obratné akrální motoriky. (Kohoutek, 2005; Véle, 2006)

*Systém extrapyramidový* vychází z širokých korových oblastí a řídí míšní motoneurony nepřímou přes komplex subkortikálních struktur. Tento systém zajišťuje mimovolní hybnost a později byl specifikován jako nastavovací systém gama, který připravuje a nastavuje podmínky pro realizaci pohybu a předchází aktivitu systému alfa. Extrapyramidový systém je vývojově starší a u některých živočichů představuje nejvyšší řídicí systém motoriky. (Kohoutek, 2005; Véle, 2006)

Na základě novějších poznatků rozděluje Véle (2006) volní účelovou motoriku na tři systémy:

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

- Systém posturální motoriky (statická motorika) – nastavovacím ústrojím je retikulární formace a sekundárním řídicím ústrojím jsou podkorová řídicí centra.
- Systém lokomoční motoriky (dynamická motorika) – spouštěcím ústředím jsou korová motorická centra, která řídí posturální i lokomoční motoriku.

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

- Systém obratné motoriky akrální – je řízený přímo z mozkové kůry a provádí pohyby ideokinetické.
- Systém sdělovací motoriky – ovládá svaly obličeje a řečových orgánů včetně gestikulace. Je rovněž řízen přímo z mozkové kůry.

3) *Respirační motorika* – tvoří samostatný úsek. Zasahuje do jemné i hrubé motoriky a je ovládána vůlí i autonomním systémem.

Složitější pohyby vyžadují existenci specializovaných řídicích center (funkční pohybové generátory). Jedná se o podkorová řídicí centra, která se podle druhu pohybu obracejí na databázi pohybových matric uložených v paměti. Řadíme sem bazální ganglia a mozeček. (Véle, 2006)

*Bazální ganglia* jsou funkčním generátorem pomalých pohybů spojených s posturální funkcí. Kupříkladu zajišťují schopnost střídavé aktivace a relaxace během přenosu zátěže z jedné končetiny na druhou při chůzi. (Véle, 2006)

*Mozeček* je funkčním generátorem rychlých pohybů a především důležitým orgánem pohybové koordinace. Mozeček dozrává až kolem šesti let. Vzestupnými drahami přicházejí do mozečku signály nejen z proprioceptorů, ale i z telereceptorů (zrakové, sluchové a taktilní podněty). Na základě těchto podnětů se jedinec učí hodnotit rychlost a vzdálenost pohybujících se předmětů v okolním prostředí. Mozeček dále časuje jednotlivé fáze pohybu. (Kohoutek, 2005)

### **3.1.3 POHYBOVÉ VZORY A PROGRAMY**

Volní pohyb se skládá z dílčích pohybových vzorů. Pohybový vzor je časoprostorové schéma určitého pohybového úkonu uloženého v paměti ve formě pohybové matrice. V případě potřeby je konkrétní vzor z paměti vyvolán a odeslán přes eferentní (odstředivé) dráhy do výkonných orgánů, kterými je transformován na výsledný pohyb. Jednodušší pohybové vzory skládají dohromady složitější pohybové programy jako dynamickou mozaiku. (Véle, 2006)

## 4 ZRAK

Zrak můžeme považovat za nejdůležitější zdroj informací z vnějšího prostředí člověka. Přibližně 80% všech informací získáváme právě pomocí zraku. Jedná se o velmi složitý a komplexní proces, na kterém se podílí optický systém oka, fotoreceptory sítnice, optická dráha a korová zraková oblast. (Salcman, 2013)

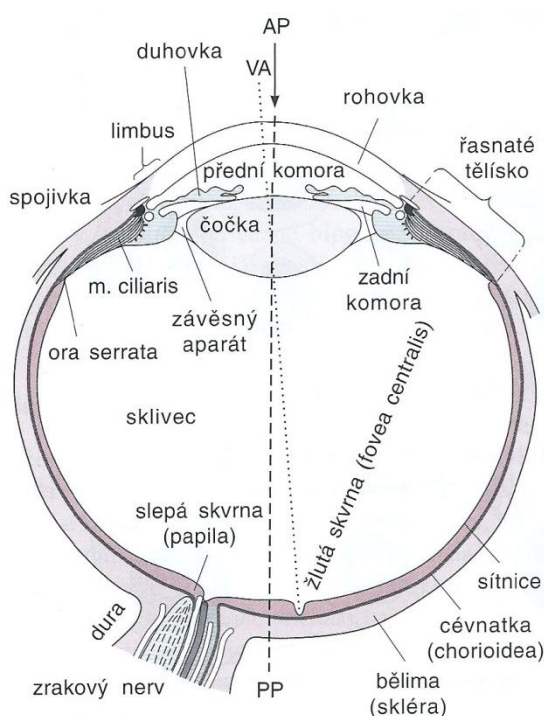
Vlastním orgánem pro vnímání obrazové informace je oční koule (bulbus oculi). V každém oku je uložena vrstva receptorů, na něž optický systém soustřeďuje světelné paprsky, a systém neuronů, které vedou signály od receptorů do mozku, kde dochází ke konečnému zpracování informací. (Ganong, 2005; Rozsival, 2006)

### 4.1 ANATOMIE ZRAKOVÉHO ÚSTROJÍ

Lidské oko je párový orgán kulovitého tvaru o průměru asi 24 mm. Činnost oka zabezpečují přídatné orgány, které oko mechanicky a chemicky chrání před poškozením a zajišťují postavení a pohyb obou očních koulí. Dalším ochranným prvkem je uložení očí v pravé a levé očníci (orbita). (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Rozsival, 2006)

#### 4.1.1 OČNÍ KOULE

Stěna oční koule je složena ze tří vrstev (obrázek 2).

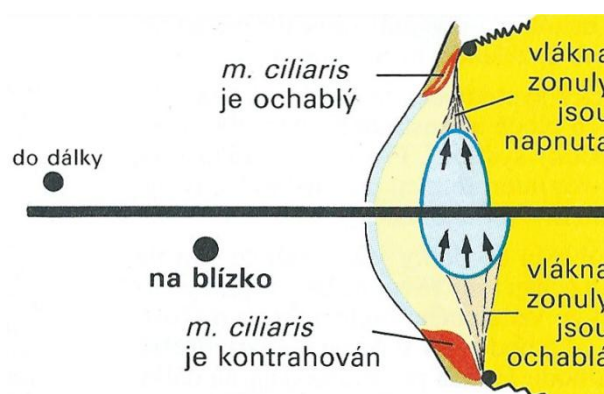


**Obrázek 2: Horizontální řez pravým okem**

(Zdroj: Ganong, 2005)

Zevní vazivovou vrstvu tvoří bělima (sclera) a rohovka (cornea). Bělma, jež má rozsah přibližně 5/6 povrchu, udržuje tvar bulbu a poskytuje mu i mechanickou ochranu. V oblasti limbu přechází sclera v rohovku. Cornea zaujímá zbylou 1/6 povrchu oční koule, vytváří průhledný přední oddíl a je vyklenuta dopředu. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Rozsival, 2006)

Střední cévnatou vrstvu reprezentuje v zadní části bulbu tenká cévnatka (choroidea), která přechází do zesíleného prstence řasnatého tělesa (corpus ciliare), z jehož okraje vybíhá ploténka duhovky (iris). Cévnatka má dvojí funkci. Jednak vyživuje hluboké vrstvy sítnice a jednak působí mechanicky, neboť pružným napětím táhne za okraj řasnatého tělesa směrem dozadu, čímž napíná závěsný aparát čočky a pomáhá udržovat zaostření oka na dálku. Součástí řasnatého tělesa je ciliární sval (m. ciliaris), jehož kontrakce uvolňuje tah závěsného aparátu čočky, která se vyklene a oko zaostří nablízko. Tento proces se nazývá akomodace (obrázek 3). Duhovka má tvar mezikruží se středovým otvorem, jímž je zornice (pupilla). Iris dělí přední prostor oka na přední a zadní oční komoru. Funkcí duhovky je clona, stejně jako u fotografického objektivu. Při nedostatku světla a při akomodaci oka na dálku rozvírá pupilu. Naopak při dostatku světla a při akomodaci oka nablízko zornici zúží. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Ganong, 2005; Rozsival, 2006)

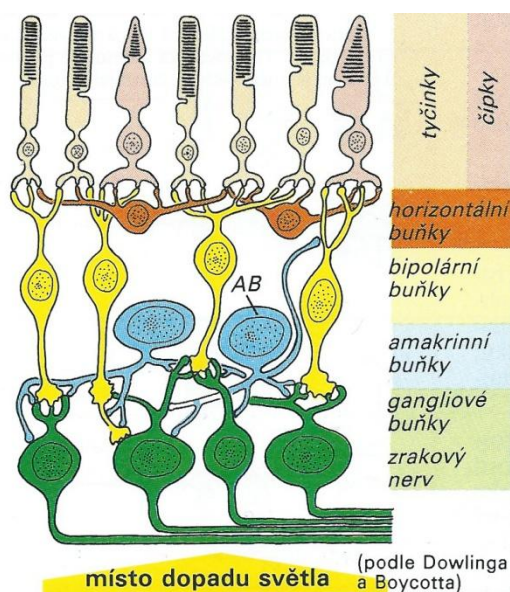


**Obrázek 3: Akomodace oka**

(Zdroj: Silbernagl a Despopoulos, 1993)

Vnitřní receptorovou vrstvou oční koule je sítnice (retina). Retina obsahuje světločivé elementy (tyčinky, čípky) a čtyři typy neuronů (bipolární, gangliové, horizontální a amakrinní buňky). Barevné vidění je umožněno díky existenci tří druhů čípků, protože každý z nich je citlivý na světlo o jiné vlnové délce. Tyčinky jsou citlivější než čípky, čímž zajišťují vidění i v horších světelných podmínkách. Funkčně nejdůležitější částí sítnice je žlutá skvrna, která je díky nejvyšší koncentraci fotoreceptorů místem nejostřejšího vidění.

Naopak v oblasti odstupu zrakového nervu se nachází slepá skvrna. Obraz dopadající na slepou skvrnu nemůže být vnímán, protože zde žádné receptory nejsou. Tyčinky a čípky jsou synapticky spojeny s bipolárními buňkami, na které se dále napojují buňky gangliové. Axony gangliových buněk se sbíhají a opouštějí bulbus jako zrakový nerv (obrázek 4). (Dylevský, 2009; Ganong, 2005; Langmeier, 2009; Rozsival, 2006; Silbernagl a Despopoulos, 1993)



**Obrázek 4: Stavba sítnice**

(Zdroj: Silbernagl a Despopoulos, 1993)

Prostor uvnitř oční koule vyplňuje komorová voda (humor aquosus), oční čočka (lens cristallina) a sklivec (corpus vitreum). Komorová tekutina je produkována řasnatým tělískem. Z tělíska proudí do zadní oční komory, omývá plochu čočky a zornicí protéká do přední komory. Odtud se dostává do žilní krve přes vývody Schlemmova kanálu. Komorová voda má velký význam pro látkovou výměnu tkání a současně udržuje nitrooční tlak a tím i kulový tvar očního bulbu. Čočka je bikonvexní těleso připojené pomocí závěsného aparátu (zonula Zinni) k povrchu řasnatého tělíska. Základní vlastností čočky je schopnost měnit vyklenutí a tím i optickou mohutnost. Sklivec je průhledná, dokonale čirá, světlolomná hmota, která vyplňuje zadní segment oka. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009; Rozsival, 2006)

#### 4.1.2 PŘÍDATNÉ ORGÁNY OKA

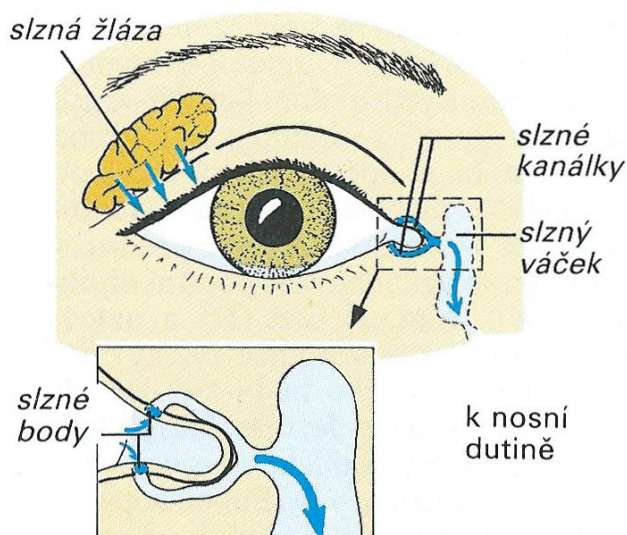
Mezi přídatné orgány oka patří okohybné svaly (musculi bulbi), víčka (palpebrae), spojivka (tunica conjunctiva) a slzný aparát (apparatus lacrimalis).

Okohybné svaly zajišťují postavení a pohyb očních koulí. Okem pohybuje celkem šest svalů (čtyři přímé a dva šikmé). Přímé svaly začínají vzadu v očnici, odkud vybíhají dopředu na bulbus, kde se upínají na bělimu asi 5-7 mm od okraje rohovky. Šikmé svaly doplňují svalový kužel přímých svalů. (Dylevský, 2009)

Oční víčka jsou zploštělé útvary, sféricky prohnuté podle zakřivení oční koule, které ohraničují oční štěrbinu a uzavírají očnici. Chrání oko před vniknutím cizích těles, regulují množství světla dopadajícího na sítnici a pravidelným mrkáním se starají o rovnoměrné rozdělení slzného filmu na rohovce. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009)

Spojivka je jemná slizniční blanka, která přechází z vnitřní plochy víček na přední část bělimy. Uzavírá přístup k bulbu, zprostředkovává vlhčení rohovky a má imunitní funkce, neboť obsahuje mikroskopická nahromadění lymfatické tkáně až mízní uzlíky. (Čihák, 2004; Dylevský, 2009)

Slzný aparát se skládá ze slzné žlázy a z trubicovitých vývodů (obrázek 5). Slzná žláza je uložena v zevním a horním okraji očnice. Produkované slzy jsou pohyby víček roztírány po rohovce, kde odstraňují prachové částice. Následně stékají do vnitřního očního koutku, odkud jsou slznými kanálky odváděny přes slzný vak do dutiny nosní. (Dylevský, 2009; Rozsíval, 2006)



**Obrázek 5: Slzný aparát pravého oka**

(Zdroj: Silbernagl a Despopoulos, 1993)

## 4.2 MECHANISMUS ZRAKOVÉHO VNÍMÁNÍ

Fyzikální optika se zabývá světlem jako elektromagnetickým vlněním. Lidským okem viditelná část elektromagnetického spektra začíná na vlnové délce 380 nm (fialová) a končí délkou 760 nm (červená). Každý světelný zdroj vysílá svazek paprsků. Úkolem optiky oka je soustředit tyto paprsky na sítnici za pomoci lomu tak, aby vznikl reálný, převrácený a zmenšený obraz pozorovaného objektu. Ten je později transformován v CNS zpět do polohy skutečné. Při vytváření obrazu na sítnici prochází světelné paprsky přes čtyři optická prostředí s odlišným indexem lomu (rohovka, komorová voda, čočka a sklivec). Schopnost lámat světlo je vyjádřena optickou mohutností a udává se v dioptriích. Pro vytvoření zrakového vjemu je nutná přeměna světelných signálů na signály elektrické. Akční potenciál vzniká v sítnici, kde je vyvolán působením světla na fotosenzitivní sloučeniny tyčinek a čípků. Tento proces se nazývá fotoelektrická transdukce. Vzruchy zde vzniklé přenášejí zakódované informace po optické dráze do mozkové kůry. V korové projekční oblasti probíhá jejich zpracování, mající za následek vyvolání zrakového vjemu. (Ganong, 2005; Kraus, 1997; Salcman, 2013)

### 4.2.1 OPTICKÝ SYSTÉM OKA

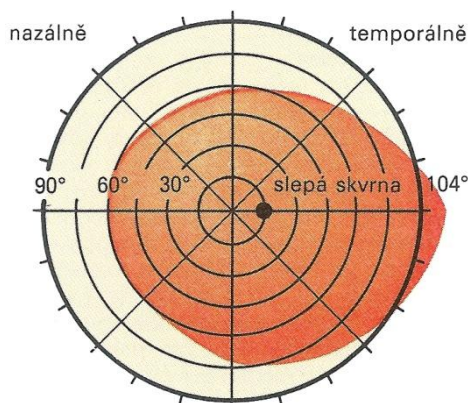
Celková optická mohutnost oka činí při pohledu do dálky 59 D. Optickým prostředím oka s největší optickou mohutností je rohovka (42 D). Druhým silně lámavým prostředím je oční čočka, jejíž optická mohutnost je díky schopnosti měnit poloměr křivosti svých lámavých ploch proměnlivá. (Králíček, 2011)

Pokud se pozorovatel nachází ve vzdálenosti větší než 6 metrů od pozorovaného předmětu, tak světelné paprsky přicházejí do oka prakticky navzájem rovnoběžné (tj. jako by přicházely z nekonečně velké vzdálenosti). Oční čočka je v tomto případě oploštělá, má nejmenší optickou mohutnost (19 D) a světelné paprsky se po lomu spojnou soustavou oka protínají v ohniskové rovině, která leží přímo na úrovni fotoreceptorů sítnice. Pokud se však nazíraný objekt přiblíží k oku pozorovatele na vzdálenost menší než 6 metrů, je nutná změna optické mohutnosti očního aparátu. V opačném případě by světelné paprsky vytvořily obraz až za sítnicí, čímž by blízký objekt přestal být viděn ostře. Zvětšení optické mohutnosti oka se nazývá akomodace a je docíleno vrůstem zakřivení lámavých ploch čočky. Při maximálním vyklenutí čočky se její optická mohutnost zvýší z 19 až na 28 D. Rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou označujeme jako akomodační šíře. (Králíček, 2011)



### 4.2.2 ZORNÉ POLE

Zorné pole je část prostoru viděná nepohybujícím se okem upřeným na fixační bod. Vzhledem k tomu, že se na sítnici vytváří obrácený obraz, promítá se temporální polovina zorného pole do nazální poloviny sítnice a naopak. Podobné je to u horní poloviny zorného pole, jež se promítá do spodní poloviny sítnice a opačně. Zorné pole je na mediální straně omezeno nosem a v horní části stropem očnice (obrázek 6). K vyšetření zorného pole se používá přístroj zvaný perimetr. (Králiček, 2011)



**Obrázek 6: Zorné pole pravého oka**

(Zdroj: Silbernagl a Despopoulos, 1993)

### 4.2.3 ZRAKOVÁ DRÁHA

Zrakovou dráhou rozumíme souhrn neuronů převádějících vizuální informaci z oka do příslušné korové projekční oblasti CNS. Dráha je tvořena čtyřmi nervovými buňkami. Prvním neuronem jsou fotoreceptory, druhým bipolární buňky a třetím gangliové buňky sítnice, jejichž axony se sbíhají do papily zrakového nervu, kde opouštějí oční bulbus. Oba zrakové nervy se po dosažení lebeční dutiny sbíhají a spojují do chiasma opticum. Vlákná obou zrakových nervů se zde částečně kříží (obrázek 7). Axony přicházející z mediálních polovin obou sítnic se kříží, zatímco axony z laterálních polovin sítnic zůstávají na své straně. Vlákná vedoucí ze žlutých skvrn (macula lutea) se v chiasmatu rovněž z části kříží a z části zůstávají. Soubor axonů, jenž vystupuje z chiasmatu, vytváří tractus opticus. Zmíněné křížení způsobí, že každý tr. opticus obsahuje vlákna ze stejnostranných polovin obou sítnic a vlákna z obou žlutých skvrn. V průběhu zrakové dráhy odstupuje část vláken do jader mozkového kmene, mozečku a retikulární formace, což má význam pro řízení pohybů očí a nitroočních svalů, pro řízení pohybů hlavy a těla, a pro udržování bdělosti a pozornosti. Většina axonů gangliových buněk tr. opticus však končí na neuronech v corpus geniculatum laterale. Odtud vystupuje tractus geniculocorticalis, který končí v primární





schopnost zaostřování předmětů. Přibližně v 6. měsíci jsou vytvořeny předpoklady pro binokulární vidění. Pohyby očí začínají být koordinované a přítomna je i stereopse. Centrální zraková ostrost je zcela vyvinuta kolem 4. roku. Binokulární vidění se vyvíjí a stabilizuje do 5 let. (Kraus, 1997; Rozsival, 2006)

Dle Rozsívala (2006) se mezi podmínky pro normální vývoj BV řadí: fyziologický vývoj oka a jeho okolí, přibližně stejná refrakce obou očí, centrální fixace obou očí, normální rozsah zorných polí obou očí, intaktní zraková dráha, správně fungující okohybný aparát a neporušená funkce CNS.

Pustková (2013) uvádí, že realizace binokulárního vidění vyžaduje kvalitní spolupráci tří funkčních složek zrakového orgánu, jimiž jsou:

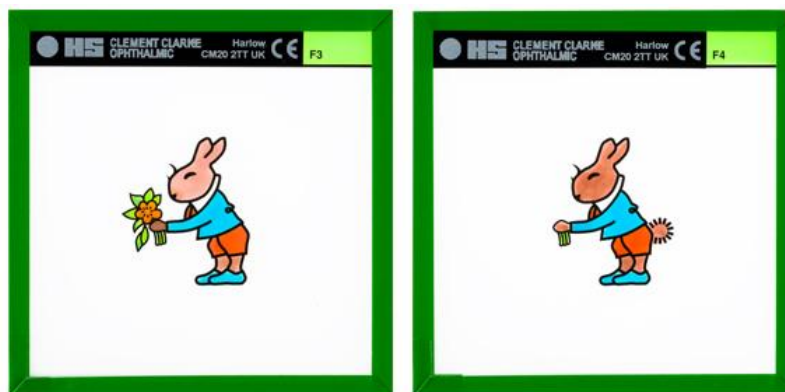
- *Optická složka* – transparentnost lomivého prostředí v ose vidění.
- *Motorická složka* – udržování správného postavení očních bulbů.
- *Senzorická složka* – transport informace z obou očí do korových center.

#### 4.3.2 STUPNĚ BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

Binokulární vidění se dělí na tři stupně (simultánní vidění, fúze a stereopse).

Simultánní vidění je schopnost vnímat obraz sítnicemi obou očí současně. Jedná se o nejjednodušší formu BV. Vyšetřuje se pomocí troposkopu zobrazením dvou zcela odlišných obrazů. Např. jedno oko vidí tygra a druhé oko klec. Pokud dojde k překrytí obrazů a vyšetřovaná osoba vidí tygra v kleci, hovoříme o superpozici. V opačném případě dochází k supresi. (Kráal, 2011; Pustková, 2013; Rozsival, 2006)

Fúze je druhým stupněm BV, umožňující dokonalejší spojení obrazu z pravého a levého oka v jeden smyslový vjem. Fúzi můžeme rozdělit do tří kategorií dle rozsahu stimulované plochy sítnice, kterým jsou oba obrázky spojovány (fúze I. stupně – paramakulární, fúze II. stupně – makulární, fúze III. stupně – foveolární). K vyšetření fúze na troposkopu se používají dva similární obrázky. Oba obrázky mají stejný hlavní motiv. Liší se pouze kontrolním detailem zvláště pro pravé a levé oko (obrázek 8). (Pustková, 2013; Rozsival, 2006; Salcman, 2013)



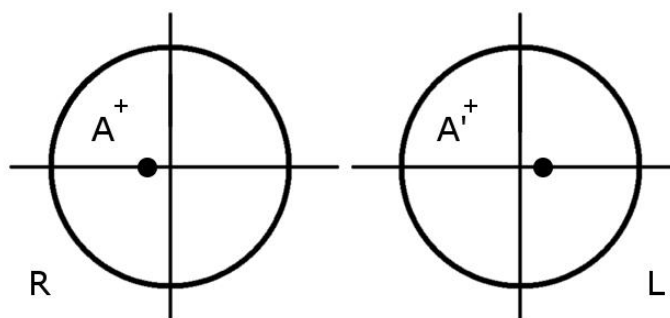
**Obrázek 8: Similární obrázky pro vyšetření fúze**

(Zdroj: <https://eshop.haagstreituk.com/node/711>)

Stereopse, zvaná též jako prostorové vidění, je nejvyšším stupněm binokulárního vidění. Je to schopnost vytvořit hluboký vjem spojením obrazů, jejichž jednotlivé části dopadají na lehce disparátní body sítnice. Vznik stereopse je podmíněn binokulárním viděním, na rozdíl od částečného hloubkového vidění, které může vzniknout i monokulárně. (Pustková, 2013)

#### 4.3.3 PRINCIP STEREOPISE

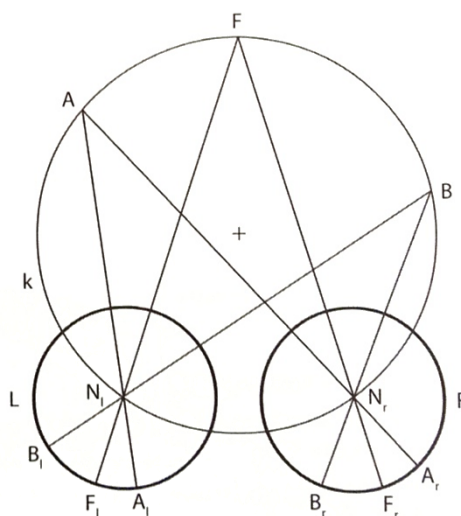
Teorie stereoskopického vidění se zakládá na existenci identických (korespondujících) a neidentických (disparátních) bodů obou sítnic a jejich projekci do CNS. Zaměříme-li pozornost na určitý bod v prostoru, automatické disjunktivní pohyby očních bulbů zajistí protnutí zorných os obou očí v nazíraném bodě. Obraz fixovaného bodu se tedy vytvoří v centrálních jamkách obou sítnic (identická místa). Identická místa ovšem existují i mimo centrální jamky. Jedná se o všechny body, které mají homolaterální lokalizaci a stejnou vzdálenost od horizontálního a vertikálního poledníku. Příkladem identického místa jsou body A na obrázku 9. (Králíček, 2011)



**Obrázek 9: Identické body (A, A'). Černá skvrna znázorňuje centrální jamku**

(Zdroj: Králíček, 2011)

Množina všech bodů v prostoru, jejichž obrazy dopadají na korespondující místa obou sítnic, se nazývá horopter. Jedná se o oblou plochu, jejíž tvar se s rostoucí vzdáleností fixačního bodu od pozorovatele zplošťuje. Horopter lze zjednodušeně geometricky znázornit jeho průměrem do horizontální roviny. Tato geometrická aproximace horopteru se nazývá Vieth-Müllerova kružnice. Kružnice prochází uzlovými body obou očí a fixačním bodem (obrázek 10). Pokud se obraz určitého předmětu promítá na korespondující místa obou sítnic, pak je CNS schopna zajistit splynutí obou obrazových signálů do jednoho optického vjemu. (Králíček, 2011)

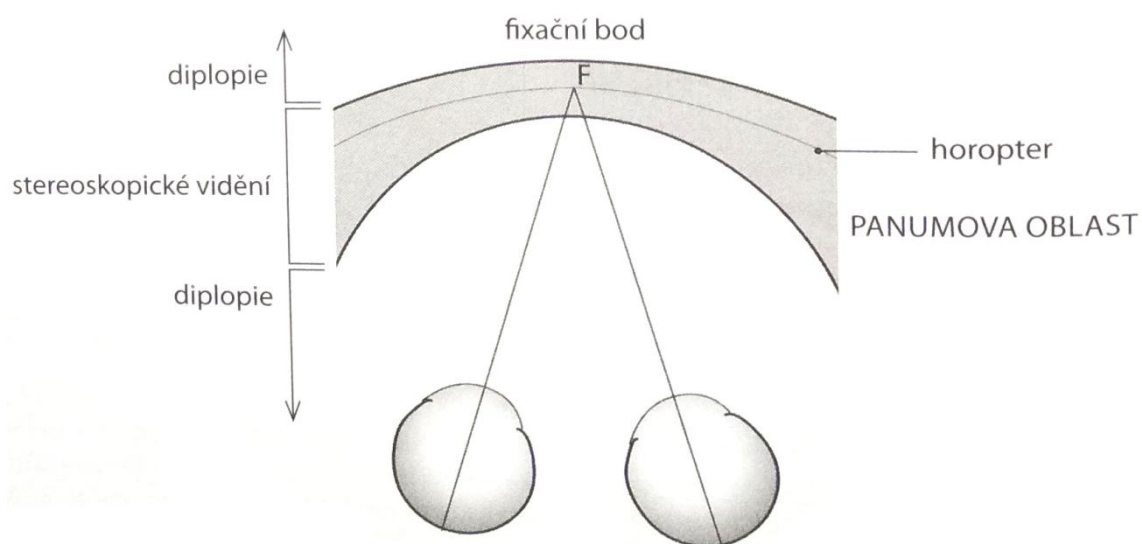


**Obrázek 10: Kružnice horopteru**

(Zdroj: Králíček, 2011)

Body ležící mimo horopter se promítají na disparátní místa obou sítnic (místa dopadu se liší). Kdybychom vzali jednu sítnici a přiložili ji na druhou, nebudou obrazy bodů splývat. Vzdálenost mezi těmito body se nazývá příčná disparace. Její velikost se udává v úhlových minutách, které svírají paprsky vycházející z daného bodu prostoru v uzlovém bodě oka. Výše zmíněné imaginární oko obsahující projekce objektů ze sítnic obou očí označujeme jako kyklopské. Velikost příčné disparace závisí na vzdálenosti objektu od horopteru. Čím blíže horopteru se objekt nachází, tím je příčná disparace menší. Na základě uvedené teorie by při zobrazení určitého předmětu na disparátní místa mělo vzniknout dvojité vidění (diplopie). Pokud však velikost příčné disparace nepřekročí 20 úhlových minut, je centrální nervová soustava ještě schopna zajistit splynutí obrazových signálů a na základě informace o velikosti disparace dokonce vypočítat hloubku prostoru, ve které nazíraný předmět leží. Výsledkem je tedy vjem jediného obrazu, který má třetí rozměr (hloubku). Body, jejichž obrazy na sítnicích mají velikost příčné disparace menší nebo rovnu dvaceti úhlovým

minutám, leží v tzv. Panumově oblasti (obrázek 11). Tato oblast představuje jakýsi trojrozměrný pás nacházející se v okolí horopteru, jenž je v centrální oblasti užší a směrem k periferii se rozšiřuje. Pokud se objekty nacházejí mimo Panumovu oblast, CNS již není schopna zajistit fúzi obrazových informací, což způsobí, že tyto objekty uvidíme dvojité. Hovoříme zde o fyziologické diplopii, kterou za normálních okolností nevnímáme. (Králíček, 2011)



**Obrázek 11: Panumova oblast**

(Zdroj: Králíček, 2011)

#### 4.3.4 MONOKULÁRNÍ VNÍMÁNÍ PROSTORU

Vnímání hloubky pomocí binokulárního vidění je omezeno pouze na Panumovu oblast, která zabírá minimální část celkového prostoru. Mimo tuto oblast vnímáme hloubku díky monokulárnímu vidění. Jedná se o částečné hloubkové vidění, které je založeno na zrakových zkušenostech jedince ve spolupráci s níže popsanými jevy.

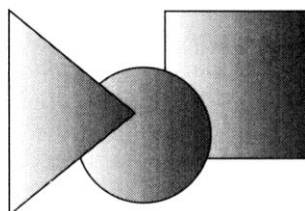
*Relativní velikost* – na základě velikosti sítnicového obrazu jsou nazíranému předmětu prisuzovány jeho prostorové vlastnosti. Interpretace vzdálenosti předmětu je ovlivněna naší předešlou zkušeností se stejným nebo podobným předmětem. Malé sítnicové obrazy se nám jeví jako vzdálené objekty a naopak (obrázek 12). Pozorujeme-li jedoucí automobil, jehož obraz na sítnici se postupně zvětšuje, pak víme, že se automobil přibližuje. Pokud pozorujeme kupříkladu člověka stojícího přímo před námi a velmi vzdálenou budovu, může nastat situace, že se nám obrazy obou objektů na sítnici budou jevit jako stejně velké. Díky naším zkušenostem ovšem víme, že je člověk několikanásobně menší, a proto se nachází mnohem blíže. (Pustková, 2013)



**Obrázek 12: Monokulární vnímání prostoru – relativní velikost**

(Zdroj: <http://www.j7sports.net/crossing-the-finish-line.jpg>)

*Překrývání předmětů v prostoru (interpozice)* – na základě překrytí jednotlivých předmětů dokážeme odhadnout jejich umístění v prostoru. Předpokládá se, že vzdálenější předměty jsou překryty předměty bližšími (obrázek 13). (Pustková, 2013)



**Obrázek 13: Monokulární vnímání prostoru – interpozice**

(Zdroj: [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=71303](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71303))

*Lineární perspektiva* – při pohledu na dvě rovnoběžné linie vidíme, že se s přibývajícím vzdáleností sbíhají do jednoho bodu (obrázek 14). Tento jev je způsoben tím, že pozorovaný objekt vidíme pod stále menším úhlem. Typickým příkladem jsou železniční koleje. (Král, 2011; Pustková, 2013)



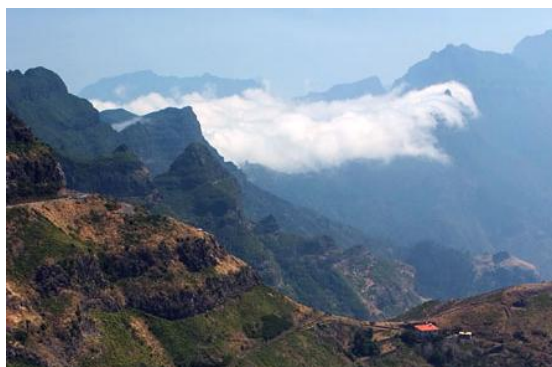
**Obrázek 14: Monokulární vnímání prostoru – lineární perspektiva**

(Zdroj: <https://images5.alphacoders.com/347/thumb-1920-347731.jpg>)

*Vzdušná perspektiva* – dalším možným vodítkem pro monokulární vnímání hloubky je změna barvy s narůstající vzdáleností. Propustnost vzduchu není stejná pro všechny vlnové



délky světla. Rozptyl modrého světla v atmosféře způsobuje, že se vzdálené objekty jeví více namodralé. Tento jev je k vidění například při pohledu do dálky na hory (obrázek 15). Rozptyl světla na částicích vodní páry, prachu a kouře v atmosféře navíc zapříčiňuje rozostření vzdálených objektů. (Pustková, 2013)



**Obrázek 15: Monokulární vnímání prostoru – vzdušná perspektiva**

(Zdroj: [http://www.fotoroman.cz/tech2/comp\\_persp/rom\\_per05\\_01.jpg](http://www.fotoroman.cz/tech2/comp_persp/rom_per05_01.jpg))

*Pohybová paralaxa* – pohybovou paralaxu lze sledovat např. při pohledu z jedoucího dopravního prostředku. Při pohybu dopředu nabýváme dojmu, že se blízké objekty pohybují v opačném směru než my, zatímco objekty vzdálené se pohybují s námi. Polohu objektu můžeme určit i na základě relativní rychlosti. Vzdálenější objekty se pohybují mnohem pomaleji než objekty blízké. (Král, 2011; Pustková, 2013)

*Světlo a stín* – tento jev nás informuje o rozměrech a hloubce objektu. Při rozeznávání hloubky vycházíme ze skutečnosti, že světlo přichází shora. V případě, že bychom obraz otočili vzhůru nohama, dostaneme naprosto odlišné informace (obrázek 16). (Pustková, 2013)



**Obrázek 16: Monokulární vnímání prostoru – světlo a stín**

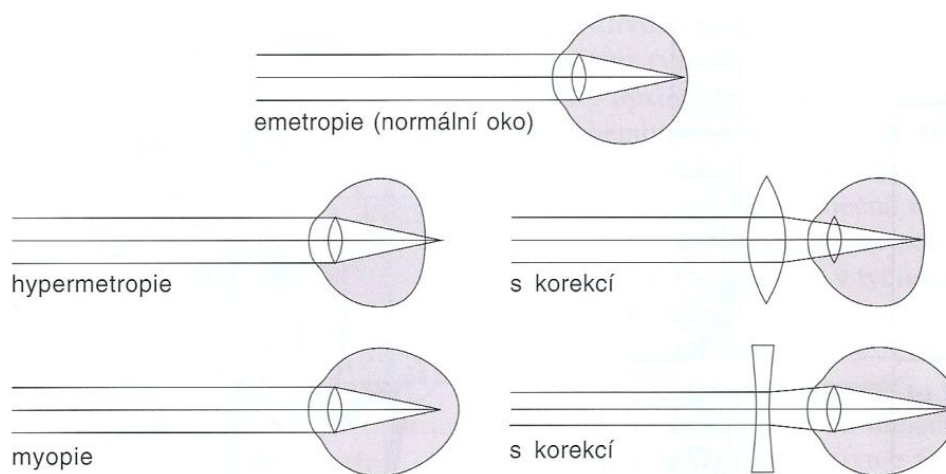
(Zdroj: <https://wallhere.com/da/wallpaper/685585>)

#### 4.4 VADY ZRAKU

Vzhledem k zaměření bakalářské práce je tato kapitola soustředěna na poruchy zraku, které se objevují u dětí mladšího školního věku a snižují kvalitu stereopse.

##### 4.4.1 HYPERMETROPIE A MYOPIE

Pokud je v rovnováze délka oka, zakřivení lomných médií a jejich optická mohutnost, pak jsou paralelní paprsky lomeny přesně na sítnici. Tento ideální stav se nazývá emetropie. V případě nerovnovážného stavu dochází ke vzniku hypermetropie nebo myopie (obrázek 17). (Mazal a Herle, 2011; Rozsíval, 2006)



**Obrázek 17: Běžné vady optického systému oka**

(Zdroj: Ganong, 2005)

Při dalekozrakosti (hypermetropie) je bulbus příliš krátký a světelné paprsky se sbíhají za sítnicí, což vede k rozostřenému vidění blízkých předmětů. Tuto vadu korigujeme spojnou čočkou, která zvýší refrakční sílu oka. (Ganong, 2005; Hycl, 1999)

Při krátkozrakosti (myopie) je bulbus příliš dlouhý a paprsky se sbíhají před sítnicí. Myopické oko vidí špatně na dálku. K ostrému vidění je potřeba oslabit lomivý aparát oka rozptylnou čočkou. (Ganong, 2005; Hycl, 1999)

Dle Pustkové (2013) dochází k narušení stereopse u hypermetropů při +5 D a k úplné ztrátě při +7 D. Autorka dále uvádí, že u krátkozrakých pacientů je schopnost vidět stereoskopicky narušena při -1,5 D a definitivně se ztrácí při -2 D.



#### 4.4.2 ASTIGMATISMUS

Astigmatismem nazýváme stav, kdy oko nemá ve všech rovinách stejnou optickou mohutnost. Nejčastější příčinou je vrozené nepravidelné zakřivení rohovky. Astigmatismus způsobuje neostře vidění. Pacienti s malou či střední vadou často přivírají oči za účelem dosažení ostřejšího vidění. Nekorigovaný astigmatismus může vyvolat astenopické potíže. Ke korekci se používají cylindrická skla, která mají různou lomivost ve dvou na sobě kolmých osách. (Hycl, 1999; Mazal a Herle, 2011)

#### 4.4.3 STRABISMUS

Šilhání (strabismus) je porucha souhybu očních bulbů. Osy vidění obou očí nesměřují k fixovanému bodu. Strabismus můžeme podle etiologie rozdělit do dvou skupin.

*Konkomitující (souhybný) strabismus* – úhel úchylky je stejný ve všech směrech pohledu. Motilita očí není porušena. Příčinou je porucha koordinace motility očí centrální nervovou soustavou. (Rozsival, 2006)

*Inkomitantní (paralytický) strabismus* – úhel úchylky se mění v různých směrech pohledu. Motilita očí je porušena. Příčinou je většinou obrna jednoho či několika okohybných svalů. (Rozsival, 2006)

#### 4.4.4 AMBLYOPIE

Amblyopie, též zvaná jako tupozrakost, je pokles zrakové ostrosti bez zjevné organické příčiny. Důvodem vzniku tupozrakosti je nedostatečný vývoj zrakových drah a mozkových center vidění způsobený nedostatečnou stimulací oka v útlém dětství. Možnost vzniku končí zhruba v šesti letech věku. Čím dříve se u dítěte objeví, tím je zpravidla závažnější. Léčba probíhá pomocí stimulace tupozrakého oka, což vede k postupnému zlepšení vizu. (Mazal a Herle, 2011)

## 5 METODIKA VÝZKUMU

### 5.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Skupina probandů je složena z dětí navštěvujících atletickou přípravku AK Škoda Plzeň. Výzkumný soubor čítá celkem 63 testovaných osob (25 chlapců a 38 dívek) ve věkovém rozmezí 9-10 let. Tréninky atletické přípravy se konají dvakrát týdně a jsou zaměřeny na všestranný rozvoj motorických schopností a dovedností. Zkoumaný soubor lze definovat jako skupinu sportujících osob mladšího školního věku, která se nespécializuje pouze na jeden druh sportu, nýbrž se ve svém volném čase věnuje různým pohybovým aktivitám. Výběr probandů proběhl na základě dobrovolnosti a dostupnosti (Hendl, 2004).

### 5.2 KONCEPCE A ORGANIZACE VÝZKUMU

Vzhledem k zaměření výzkumu byly vybrány dva testy. Ke zjištění kvality stereoskopického vidění byl použit „Titmus Fly Stereotest“ (TFS). Kvalita koordinace horních končetin se měřila pomocí testu „Hod na cíl“ (HNC).

Sběr dat se uskutečnil na přelomu listopadu a prosince 2017 v prostorách haly Sportovního gymnázia Plzeň během odpoledních tréninků atletické přípravy AK Škoda Plzeň. S ohledem na efektivitu práce jsem měl k dispozici druhého examinátora, se kterým jsme vytvořili dvě testovací stanoviště, na nichž se postupně vystřídaly všechny přítomné děti. Měření probíhalo v rohu tělocvičny mimo tréninkovou plochu, aby bylo minimalizováno riziko ovlivnění výsledků rušivými elementy.

### 5.3 METODY ZÍSKÁVÁNÍ DAT

#### 5.3.1 VSTUPNÍ ANAMNÉZA

Samotnému měření předcházela vstupní anamnéza dotazující se na jméno, věk, sportovní aktivity provozované mimo atletickou přípravku a případné poruchy zraku. Tento krátký dotazník byl do bakalářské práce zařazen proto, aby pomohl odhalit faktory, jež by mohly negativně ovlivnit výsledky výzkumu. Kupříkladu uplatnění zvýšené úrovně specifických motorických dovedností, které bylo dosaženo provozováním sportu, jež vykazuje větší nároky na koordinaci oko-ruka.

### 5.3.2 TITMUS FLY STEREOTEST

„The FLY Stereo Acuity Test with LEA Symbols“ (obrázek 18) je testová sada, díky níž rychle a snadno zjistíme pomocí hloubkového vnímání, zda testovaná osoba trpí některou z poruch binokulárního vidění. Například tupozrakostí či šilháním. Test je založen na principu polarizace. (Vision Assessment Corporation, 2012)

Pro správný průběh vyšetření je nezbytné dodržení standardních podmínek, včetně zajištění přiměřeného osvětlení a vyloučení jakýchkoliv odlesků. Proband si před zahájením vyšetření nasadí polarizační brýle. V případě, že nosí dioptrické brýle, nasadí si brýle polarizační přes ně. Knížku s úkoly drží ve vzdálenosti asi 40 cm od obličeje.

TFS má tři testové oddíly. V rámci výzkumu byl však použit pouze jeden (sekce B). Vybraný test zahrnuje celkem 10 ohraničených polí. Každé pole obsahuje 4 kroužky, z nichž jeden po nasazení polarizačních brýlí vystupuje do popředí. Proband se postupně dívá na jednotlivá pole a u každého z nich ohlašuje examinátorovi polohu vystupujícího kroužku. Za každou správnou odpověď získává bod. Maximem je tedy 10 bodů. Obtížnost je dána úhlem stereopse. S přibývajícimi poli se obtížnost zvyšuje. Stereoskopická paralaxa prvního pole čítá 400 úhlových vteřin a postupně klesá až na 20 úhlových vteřin. Pomocí tohoto testu stanovíme kvalitu prostorového vidění.



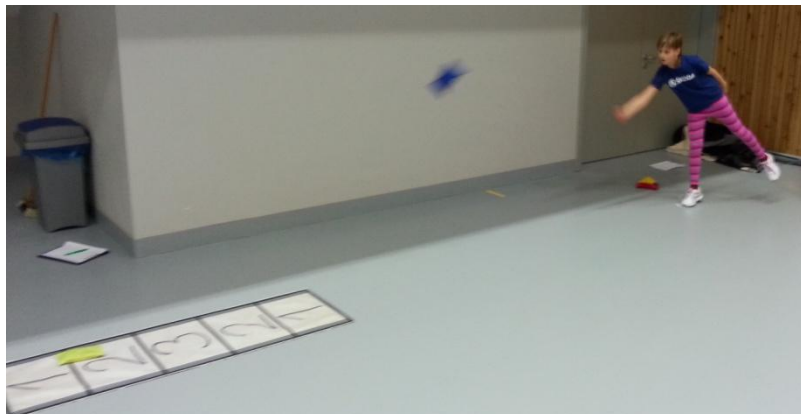
**Obrázek 18: The FLY Stereo Acuity Test with LEA Symbols**

(Zdroj: [http://cdn.bernell.com/images/uploads/3049\\_5077\\_large.jpg](http://cdn.bernell.com/images/uploads/3049_5077_large.jpg))

### 5.3.3 TEST „HOD NA CÍL“ (VALACH, BENEŠOVÁ, SALCMAN, SCHULZ, 2016)

Test spočívá v házení speciálních sáčků naplněných pískem na cíl. Akcentována je dovednost přesně házet sáčky do vymezených míst terče. Terč se skládá z pěti obdélníkových polí o šířce 50 cm a délce 30 cm. Pole mají hodnotu jednoho až tří bodů a jsou seřazeny dle modelu 1, 2, 3, 2, 1. Proband stojí za vyznačenou čarou, která se nachází ve vzdálenosti tří metrů od terče. Odtud se snaží hodit sáček do středového pole terče s nejvyšším počtem bodů (obrázek 19). Zapisuje se bodová hodnota místa dopadu, nikoliv místa, na kterém sáček ukončí svůj pohyb. Testovaná osoba má k dispozici 5 sáčků o různé hmotnosti a tvaru, přičemž každým hází pouze jednou. HNC tedy čítá celkem pět pokusů, kterými lze dosáhnout maximálního počtu patnácti bodů. (Valach, Benešová, Salcman, Schulz, 2016)

Pro účely bakalářské práce byl vytvořen přenosný terč, který nejenže usnadnil přípravu stanoviště, ale ještě pomohl vytvořit konstantní podmínky pro každé měření.



**Obrázek 19: Test „hod na cíl“**

(Zdroj: vlastní)

## 5.4 METODY ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT

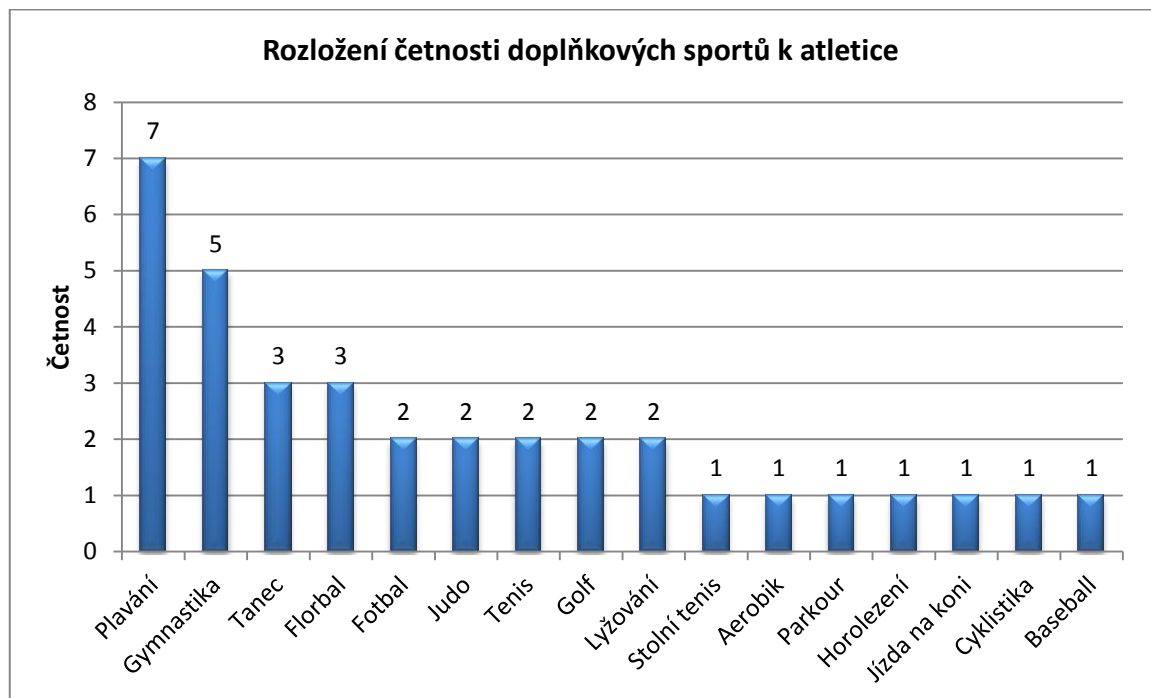
Získaná data byla zpracována pomocí programu Microsoft Office Excel 2007. Ke statistickému ověření hypotéz jsme použili korelační analýzu. Konkrétně Pearsonův korelační koeficient, jenž měří sílu lineární závislosti dvou veličin. Pro lepší orientaci v získaných datech byly další parametry interpretovány pomocí aritmetického průměru, směrodatné odchylky, rozložení četnosti a procentuálního zastoupení.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUSE

V této kapitole budou prezentovány výsledky jednotlivých kritérií. Následně vyhodnotíme jejich vzájemný vztah, jenž je vymezen v hypotézách práce. V diskusi se tento vztah pokusíme objasnit.

### 6.1 VSTUPNÍ ANAMNÉZA

Prostřednictvím vstupní anamnézy jsme získali detailnější informace o skupině probandů. Výzkumu se zúčastnilo celkem 63 dětí, z toho 38 dívek a 25 chlapců. Co se věku týče, bylo rozložení vyrovnanější (34 desetiletých a 29 devítiletých dětí). Sedm respondentů uvedlo, že používá dioptrické brýle. Pouze dva z nich se však dostali nad hranici jedné dioptrie. Na dvě téměř identické části byli respondenti rozděleni v otázce, zda se kromě atletiky věnují i jiným sportovním aktivitám. 49% dotazovaných odpovědělo na položenou otázku kladně. Doplňující otázkou jsme zjistili, že rozmanitost těchto aktivit je pozoruhodně vysoká. 31 zkoumaných osob uvedlo celkem 16 různých sportovních odvětví, z nichž jednoznačně dominovalo plavání a gymnastika (graf 1).

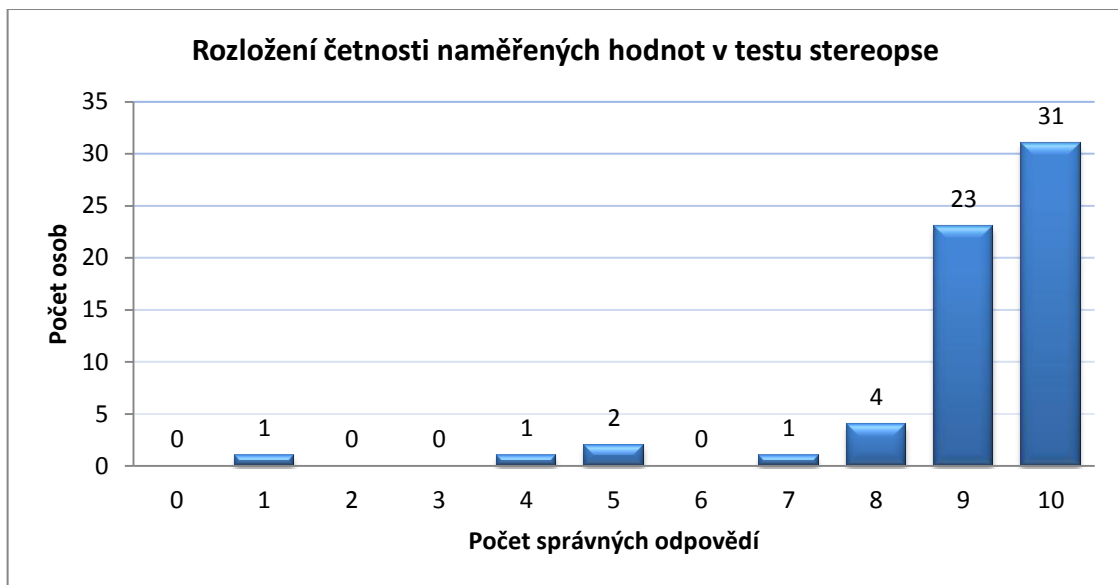


**Graf 1: Rozložení četnosti doplňkových sportů k atletice**

(Zdroj: vlastní)

## 6.2 TITMUS FLY STEREOTEST

Pomocí Titmus Fly Stereotestu byla zjištěna kvalita prostorového vidění testovaných osob. Z výsledků vyplývá, že většina zkoumaného souboru má stereoskopické vidění na výborné úrovni. Plný počet deseti bodů (úhel stereopse 20") získalo 49% dětí a pod hranici devíti bodů (25") se dostalo pouze 14% probandů (graf 2). Jelikož v testu stereopse nikdo nedosáhl nulového skóre, můžeme konstatovat, že všichni probandi mají zachovanou schopnost stereoskopického vidění. Průměrný výsledek TFS činí 9,06 bodů a směrodatná odchylka má hodnotu 1,59 bodu.

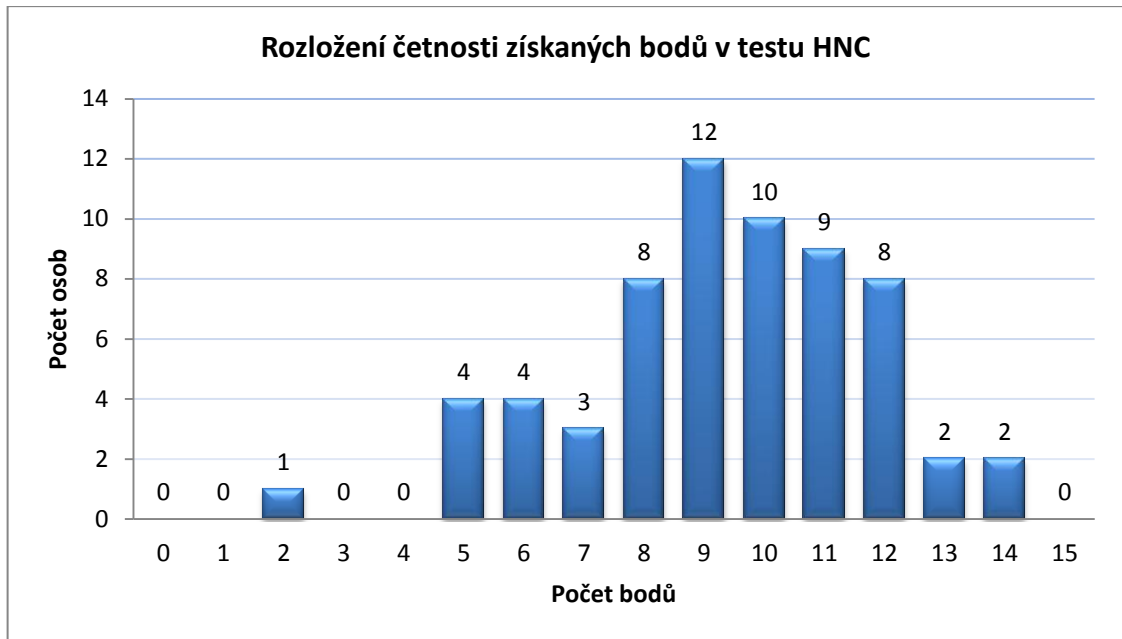


**Graf 2: Rozložení četnosti naměřených hodnot v testu stereopse**

(Zdroj: vlastní)

## 6.3 HOD NA CÍL

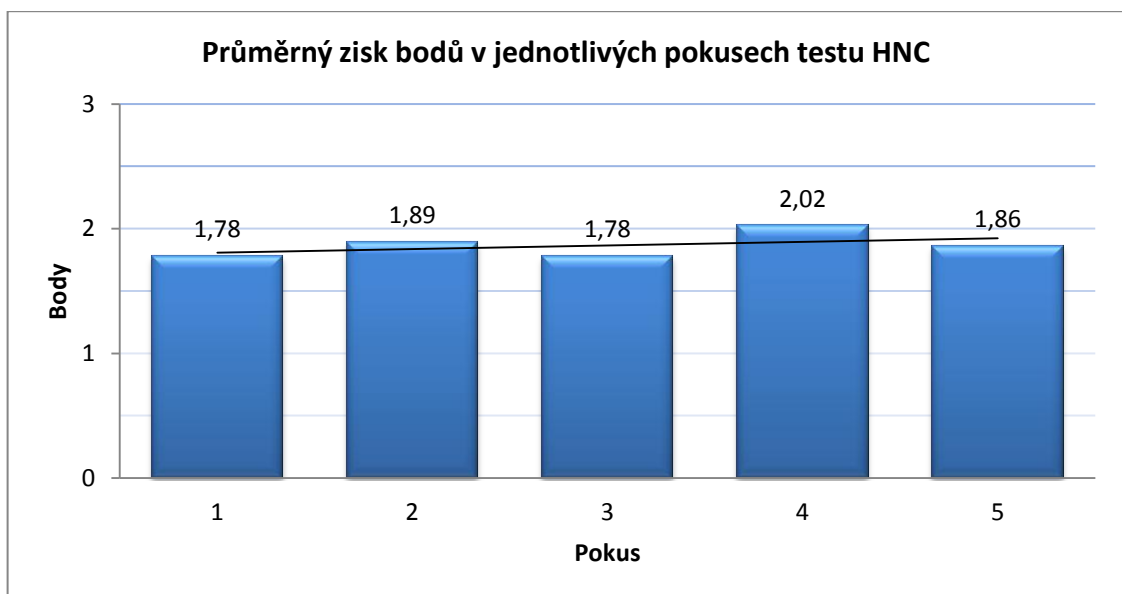
Výsledky testu HNC nám poskytují informace o kvalitě koordinace horních končetin a do jisté míry také o úrovni motorické docility. V grafu 3 je znázorněna četnost jednotlivých bodových zisků v testu HNC. Nejvíce testovaných osob dosáhlo zisku devíti bodů. Výsledky 75% probandů se nachází v intervalu 8 až 12 bodů. Průměrná hodnota naházeného skóre je 9,32 bodů. Směrodatná odchylka činí 2,41 bodů. Mimo jiné jsme zjistili, že probandi, kteří ve vstupní anamnéze uvedli jako jeden z doplňkových sportů baseball, tenis, golf či stolní tenis, tedy sport stimuluující koordinaci oko-ruka, dosáhli v průměru skóre 11 bodů.



**Graf 3: Rozložení četnosti získaných bodů v testu HNC**

(Zdroj: vlastní)

Z grafu 4 lze vyčíst, že během prvních a třetích pokusů naházeli probandi v průměru nejméně bodů. Čtvrté pokusy byly naopak nejméně úspěšnější. Zajímavým úkazem je také pravidelné střídání horších a lepších bodových zisků jednotlivých hodů doprovázené mírně rostoucí tendencí úspěšnosti. Sudé pokusy byly bodově produktivnější než pokusy liché. Výše zmíněné jevy si vysvětlujeme přítomností motorické docility.



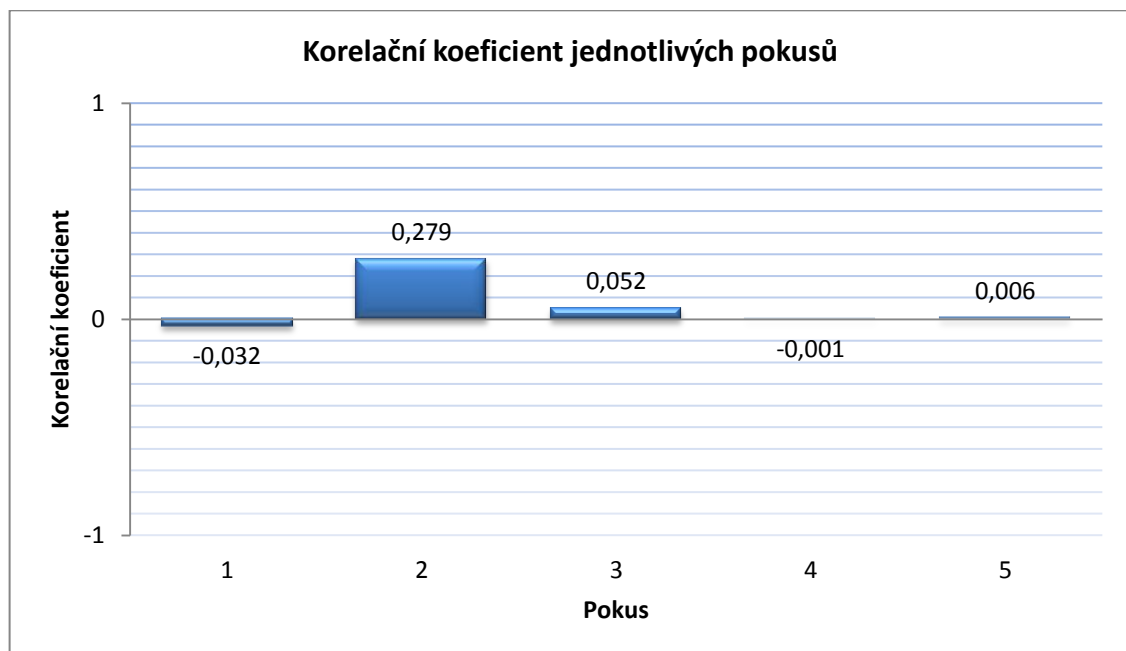
**Graf 4: Průměrný bodový zisk v jednotlivých pokusech testu HNC**

(Zdroj: vlastní)

#### 6.4 VZÁJEMNÝ VZTAH MEZI VÝSLEDKY TFS A HNC

K vyhodnocení vzájemného vztahu jsme použili korelační analýzu. Konkrétně Pearsonův korelační koeficient, pomocí něhož byla zjištěna síla lineární závislosti proměnných obou testů. Vzhledem k tomu, že výsledný korelační koeficient ( $r = 0,119$ ) je menší než kritická hodnota ( $r_{\text{krit}} = 0,250$ ), musíme konstatovat, že závislost mezi výsledky TFS a HNC není na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  statisticky významná.

Při následné analýze závislosti jednotlivých pokusů HNC s výsledky TFS jsme objevili zajímavý jev (graf 5). U čtyř z pěti pokusů se korelační koeficient pohyboval kolem nuly. To značí, že kvalita stereopse a výsledky testu HNC spolu nesouvisí. Avšak korelační koeficient druhých pokusů dosáhl hodnoty, která na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  spadá při daném počtu probandů již do kategorie statisticky významných (Procházka 1993).



**Graf 5: Míra závislosti výsledků jednotlivých hodů na kvalitě stereopse**

(Zdroj: vlastní)

Otázkou je, zda se u výsledků druhých pokusů jedná o pouhou shodu náhod nebo za touto anomálií opravdu stojí nějaká věcná příčina. S jistotou nelze vyloučit ani jednu variantu. Zkusíme se tedy zamyslet nad tím, čím by tento jev mohl být způsoben. Vezmeme-li v potaz skutečnost, že testované osoby neměly cvičné hody na vyzkoušení testu a druhé pokusy byly po pokusech čtvrtých druhé nejúspěšnější, nabízí se nám následující teorie. Proband prvním hodem zjistil náročnost motorického úkolu a vyzkoušel letové vlastnosti speciálního sáčku, jímž se hází na terč. Na základě dobrého prostorového



vnímání vyhodnotil výsledky prvního pokusu a upravil pohybový program pro pokus druhý tak, aby bylo dosaženo lepšího skóre.

## 6.5 DISKUSE

Na úvod je potřeba zmínit, že výzkumný soubor nebyl tvořen reprezentativním vzorkem, nýbrž skupinou probandů vybraných na základě dobrovolnosti a dostupnosti (Hendl, 2004). Vzhledem k této skutečnosti si netroufáme získané poznatky generalizovat na celou populaci, aniž by se uskutečnily další dlouhodobé, úzce specializované studie na dostatečně velkém vzorku probandů.

Prostředí pro testování bylo uzpůsobeno tak, aby byl minimalizován vliv rušivých elementů na výsledky výzkumu. I přes veškerou snahu však nelze s jistotou vyloučit ovlivnění výzkumu některým z dalších faktorů (únava, zdravotní problémy, psychické rozpoložení testovaných osob apod.).

Po statistickém zpracování výsledků jsme navzdory našemu očekávání zamítli hypotézu  $H_1$ , která předpokládala, že u výzkumného souboru existuje závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin. Kromě výše zmíněných faktorů se na výsledcích výzkumu mohl negativně podílet fakt, že 92% probandů získalo v testu stereopse 8 až 10 bodů, má tedy velmi kvalitní prostorové vidění. Tak drobné rozdíly v úrovni stereoskopického vidění nemusí být při výkonu testu HNC vůbec znatelné. Lze předpokládat, že kdybychom měli k dispozici výzkumný soubor s rovnoměrně rozloženou četností kvality stereopse, byly by výsledky výzkumu odlišné.

V neposlední řadě se při testu HNC může bez ohledu na úroveň stereopse projevit lepší kvalita specifických motorických dovedností u probandů, kteří provozují sportovní aktivity stimulující koordinaci oko-ruka. Kupříkladu probandí provozující ve svém volném čase baseball, tenis, golf či stolní tenis dosáhli v testu HNC nadprůměrných výsledků.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, zda existuje vzájemná souvislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin u dětí mladšího školního věku.

V rámci výzkumu jsme otestovali celkem 63 probandů navštěvujících atletickou přípravku AK Škoda Plzeň. Testované osoby nejprve absolvovaly vstupní anamnézu, poté podstoupily vyšetření kvality stereopse a následně vykonaly senzomotorický test, jenž akcentuje dovednost přesně házet sáčky do vymezených míst. Získaná data byla vzájemně porovnána pomocí Pearsonova korelačního koeficientu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Na základě výsledků statistického zpracování získaných dat jsme zamítli stanovenou hypotézu  $H_1$ : „U dětí z atletické přípravy AK Škoda Plzeň ve věku 9-10 let existuje statisticky významná závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin“ a potvrdili hypotézu  $H_0$ : „U dětí z atletické přípravy AK Škoda Plzeň ve věku 9-10 let neexistuje statisticky významná závislost mezi kvalitou stereopse a koordinací horních končetin“.

Vzhledem k nečekanému zamítnutí hypotézy  $H_1$  uvádíme důvody, které potenciálně mohly tuto situaci způsobit. Příčinou mohlo být např. silně nerovnoměrné rozložení četností naměřených hodnot v testu stereopse. Další příčinou mohla být zvýšená úroveň specifických motorických dovedností u probandů, kteří provozují sportovní aktivity stimuluji koordinaci oko-ruka. Nelze vyloučit ani vliv únavy, zdravotních problémů či psychického rozpoložení testovaných osob.

Příjem většiny informací z vnějšího prostředí je zajištěn pomocí zraku. Pokud dojde k oslabení zrakových funkcí, vznikne informační deficit, který nelze zcela nahradit ostatními smysly. Proto jsme se v bakalářské práci zaměřili mimo jiné na prevenci. Výsledky vyšetření stereopse nás příjemně potěšily tím, že většina probandů měla zrak v pořádku. Našlo se ovšem pár jedinců s horšími parametry, kterým bylo doporučeno komplexní vyšetření u očního lékaře. Včasné rozpoznání zrakových vad, správná diagnostika a vhodně zvolená léčba totiž mohou některé poruchy zmírnit či zcela odstranit. V opačném případě se může stát, že pozdě odhalené vady budou již nevratné.

Osobám s nutností korekce zraku se při výkonu sportovních aktivit vzhledem k bezpečnosti doporučuje nošení kontaktních čoček, potažmo speciálně vyráběných sportovních brýlí.

Pro další výzkum této problematiky navrhuje zařadit více senzomotorických úkolů, které stimulují koordinaci oko-ruka. Dále doporučujeme zvýšení počtu testovaných osob a současné rozšíření výzkumného souboru o probandy, kteří aktivně nesportují, aby mohlo být provedeno porovnání mezi sportovci a nesportovci.

**RESUMÉ**

Bakalářská práce se zabývá vzájemným vztahem mezi kvalitou prostorového vidění a koordinací horních končetin u dětí ve věku 9-10 let. Výzkumného šetření se zúčastnilo celkem 63 dětí navštěvujících atletickou přípravku AK Škoda Plzeň. Kvalita stereopse a koordinace horních končetin byla zjišťována pomocí standardizovaných testů. K vyhodnocení získaných dat byl použit Pearsonův korelační koeficient na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Na základě této analýzy jsme dospěli k závěru, že u dětí mladšího školního věku nemá kvalita stereopse statisticky významný vliv na koordinaci horních končetin.

**Klíčová slova:** zrak, stereopse, koordinální schopnosti, mladší školní věk, prevence

**SUMMARY**

This thesis is focused on the relationship between the quality of stereopsis and upper limb coordination of children aged 9-10 years. Within the framework of our research we tested 63 probands, children attending an athletic preparation of athletic club in Pilsen. The quality of stereopsis and upper limb coordination was measured using standardized tests. The Pearson's correlation coefficient was used to evaluate the obtained data at a significance level of  $\alpha = 0,05$ . Based on this analysis, we have concluded that the quality of stereopsis does not have statistically significant effect on the upper limb coordination of primary school aged children.

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

## SEZNAM LITERATURY

1. ČELIKOVSKÝ, Stanislav. *Antropomotorika: pro studující tělesnou výchovu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1979. Učebnice pro vysoké školy.
2. ČIHÁK, Radomír, DRUGA, Rastislav a Miloš GRIM, ed. *Anatomie 3*. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-1132-X.
3. DOVALIL, Josef. *Lexikon sportovního tréninku*. 2., upravené vydání. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1404-5.
4. DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
5. GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-311-7.
6. HENDL, Jan. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-820-1.
7. HYCL, Josef. *Oftalmologie: minimum pro praxi*. Praha: Triton, 1999. Levou zadní. ISBN 80-7254-065-3.
8. CHOUTKA, Miroslav, Jaromír VOTÍK a Danuše BRKLOVÁ. *Motorické učení v tělovýchovné a sportovní praxi*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999. ISBN 80-7082-500-6.
9. 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.
10. KOUBA, Václav. *Motorika dítěte*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1995. ISBN 80-7040-137-0.
11. KRÁL, Jakub. *Stereopse* [online]. Olomouc, 2011 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/l6yi4e?lang=en;furl=%2Fid%2F16yi4e;so=nx>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.
12. KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyziologie*. Třetí, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-618-2.
13. KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-1.
14. LANGMEIER, Miloš. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.

15. MAZAL, Zdeněk, HERLE, Petr, ed. *Oftalmologie pro všeobecné praktické lékaře*. Praha: Raabe, 2011. Ediční řada pro všeobecné praktické lékaře. ISBN 978-80-86307-89-3.
16. MĚKOTA, Karel, NOVOSAD, Jiří. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-0981-X.
17. PERIČ, Tomáš. *Sportovní příprava dětí*. Praha: Grada, 2004. Děti a sport. ISBN 80-247-0683-0.
18. PROCHÁZKA, Vojtěch. *Úvod do matematické statistiky: Pro posluchače tělesné výchovy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1993. ISBN 80-7043-075-3.
19. PUSTKOVÁ, Hana. *Screening míry stereopse v populaci, její kvalitativní zhodnocení* [online]. Brno, 2013 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/326310/lf\\_m/](https://is.muni.cz/th/326310/lf_m/). Diplomová práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.
20. ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-404-0.
21. RUŽBARSKÁ, Ingrid, 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.
22. SALCMAN, Václav. *Výzkum synergií zrakových funkcí a lidských vnějších pohybových projevů* [online]. Brno, 2013 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/358426/fsps\\_d](https://is.muni.cz/th/358426/fsps_d). Disertační práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
23. SILBERNAGL, Stefan, DESPOPOULOS, Agamemnon. *Atlas fyziologie člověka*. Vydání druhé české podle třetího německého, přepracovaného a rozšířeného. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85623-79-X.
24. SUCHOMEL, Aleš. *Somatická charakteristika dětí školního věku s rozdílnou úrovní motorické výkonnosti*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-900-7.
25. *The FLY Stereo Acuity Test with LEA Symbols: Instructions*. Vision Assessment Corporation, 2012.
26. VALACH, Petr, BENEŠOVÁ, Daniela, SALCMAN, Václav, 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.
27. VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2., rozšířené a přepracované vydání. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Proprioceptory ve svalu a šlaše.....	12
Obrázek 2: Horizontální řez pravým okem .....	15
Obrázek 3: Akomodace oka .....	16
Obrázek 4: Stavba sítnice .....	17
Obrázek 5: Slzný aparát pravého oka .....	18
Obrázek 6: Zorné pole pravého oka .....	20
Obrázek 7: Zraková dráha .....	21
Obrázek 8: Similární obrázky pro vyšetření fúze.....	23
Obrázek 9: Identické body (A, A'). Černá skvrna znázorňuje centrální jamku.....	23
Obrázek 10: Kružnice horopteru .....	24
Obrázek 11: Panumova oblast .....	25
Obrázek 12: Monokulární vnímání prostoru – relativní velikost .....	26
Obrázek 13: Monokulární vnímání prostoru – interpozice .....	26
Obrázek 14: Monokulární vnímání prostoru – lineární perspektiva.....	26
Obrázek 15: Monokulární vnímání prostoru – vzdušná perspektiva.....	27
Obrázek 16: Monokulární vnímání prostoru – světlo a stín .....	27
Obrázek 17: Běžné vady optického systému oka .....	28
Obrázek 18: The FLY Stereo Acuity Test with LEA Symbols.....	31
Obrázek 19: Test „hod na cíl“ .....	32



**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Rozložení četnosti doplňkových sportů k atletice.....	33
Graf 2: Rozložení četnosti naměřených hodnot v testu stereopse .....	34
Graf 3: Rozložení četnosti získaných bodů v testu HNC .....	35
Graf 4: Průměrný bodový zisk v jednotlivých pokusech tesu HNC.....	35
Graf 5: Míra závislosti výsledků jednotlivých hodů na kvalitě stereopse.....	36

**PŘÍLOHY**



**Příloha 1: Testování kvality stereopse**

(Zdroj: vlastní)



**Příloha 2: Testování kvality koordinace horních končetin**

(Zdroj: vlastní)