

## SLEDOVÁNÍ OČNÍCH POHYBŮ PRO DIAGNOSTIKU V NEUROVĚDÁCH

Vratislav FABIÁN<sup>1,2</sup>, Martin DOBIÁŠ<sup>2</sup>, Jaromír DOLEŽAL<sup>3</sup>, Jiří JOŠT<sup>4</sup>

1 - Medicton Group, s.r.o., Za Hanspaulkou 9, 160 00 Praha 6

2 - ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, Technická 2, 166 27 Praha 6

3 - ČVUT v Praze, Český institut informatiky, robotiky, kybernetiky, Zikova 1903/4, 166 36 Praha 6

4 - Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice

fabian@medicton.com

***Anotace:** Text příspěvku je zaměřen na prezentaci vybraných výsledků a zkušeností získaných při řešení projektu Sledování očních pohybů pro diagnostiku v neurovědách č. TA01011138 podpořeného Technologickou agenturou ČR. Při řešení projektu byla vyvinuta potřebná technologie ke sledování očních pohybů, vznikla sada okulometrických testů a navrženou videookulografickou metodou bylo změřeno více než 350 žáků základních škol. Cílem provedeného experimentu bylo ověřit možnosti využití technologie ke sledování očních pohybů při diagnostice specifických vývojových poruch učení, a to zejména dyslexii. V následujícím textu je uveden popis použité technologie, navržené metody měření včetně okulometrických testů a získaných zkušeností z provedeného experimentu s dětmi. Součástí textu jsou také vybrané výsledky měření ve vazbě na možnosti jejich využití v praxi.*

### 1 Úvod

Zkoumanou oblastí je vyšetření očních pohybů a použití získaných záznamů k diagnostice neurovývojových poruch ve vztahu k psychologii a speciální pedagogice. Duševní děje jsou úzce spjaty s centrální nervovou soustavou (CNS). Jejich vztah je interakční: CNS podmiňuje duševní dění a současně je duševním děním modifikována. V CNS se ukládají výsledky učení a výchovného či terapeutického působení. Okohybné svaly jsou bohatě inervovány (z 12 párů hlavových nervů to jsou tři páry, které se účastní inervace) a řízeny z nižších i vyšších etáží CNS. Jejich registrace proto umožňuje nahlédnout do nervových dispozic jedince a učebních či terapeutických účinků, a může tak přispět k objektivizaci pedagogicko-psychologických nálezu, obdobně jako např. v interní medicíně vyšetření EKG přispívá k objektivizaci poslechového nálezu. V registraci očních pohybů je šance zpřesňovat diagnostiku a účinněji klienta vést na cestě výchovné či terapeutické. Nejčastěji se vyskytující specifická porucha učení je dyslexie, proto její diagnostika tvořila jednu z hlavních náplní řešeného projektu.

Dyslexií se rozumí omezená schopnost naučit se číst navzdory normální inteligenci, dobrému tělesnému i duševnímu zdraví, přiměřené vzdělávací nabídce, motivaci a vyvíjenému úsilí dotčeného jedince. Postižený jedinec své problémy bez cizí pomoci nezvládne a porucha závažným způsobem zasahuje do jeho života, zpočátku školního a posléze i pracovního a významně ho omezuje v uplatnění jeho nadání a tvořivosti. Dyslexie byla označena jako „nemoc 20. století“ (Matějček, 1993; Bakker, 2006), a to proto, že ve 20. století neobyčejně stoupla hodnota vzdělání a že nejdůležitější cestou k němu je právě dovednost číst a psát. Lidé, kteří tuto základní dovednost plně nezvládnou, se tak dostávají do handicapovaného postavení se všemi nepříznivými následky, ať už společenskými (ztrácíme kus jejich tvůrčího potenciálu), či osobními (pokles osobního štěstí a spokojenosti). Z tohoto pohledu je proto nanejvýš záslužné porozumět podmínkám zdravého čtenářského vývoje a jeho nejvýznamnější odchylce - dyslexii, provést včasnou diagnózu a následně i intervenci. Včasnou diagnózu a včasnou nápravou se rozumí období před nástupem dítěte do školy, tedy ještě dříve než se nekontrolovaně rozeběhnou všechny nepříznivé pochody (kognitivní, emocionální, socializační), které provázejí dyslektika ve věku školním i později.

Díky technologickému rozvoji v posledních deseti letech došlo k výraznému zvyšování výpočetního výkonu počítačů a miniaturizaci kamer. Úlohy sledování očních pohybů tak postupně začínají nacházet uplatnění v různých oblastech. Nyní se zde nabízí možnost screeningového vyšetření na základě očních pohybů, které lze provést i u předškolních dětí, které ještě číst neumí. Vzhledem ke spontánním reakcím mozku a oka na řízené

situace mohou výstupy měření očních pohybů sloužit jako jeden z velmi spolehlivých podkladů k analýze řady stavů.

Oční pohyby je v principu možné rozdělit na konjugované a diskonjugované. U konjugovaných očních pohybů se oči pohybují ve stejném směru vzhledem k objektu, u diskonjugovaných v opačném směru. Ke konjugovaným očním pohybům se řadí pohyby fixační, sakadické, plynulé sledovací a vestibulárně-optokinetické (Ciuffreda a Tannen, 1995).

*Fixační oční pohyby.* Díváme-li se v klidu na pevný bod, nezůstává oko bez pohybu. Jsou popsány tři druhy fixačních očních pohybů: tremor, drift a mikrosakády (Leigh a Zee, 1987; Ciuffreda a Tannen, 1995).

*Sakády.* Patří k pohybům kontrolovaným vůlí. Jsou nejrychlejší z očních pohybů. Jejich funkcí je zachytit rychle se pohybující objekt a jeho obraz promítnout na foveu, místo nejostřejšího vidění na sítnici oka. Sakády mají jedinečný rys: invariantní poměr mezi maximální rychlostí a velikostí (amplitudou). Tento poměr se nazývá „hlavní sekvence“ a bývá užíván jakožto identifikační znak sakád u dosud neznámého očního pohybu. Sakadický systém kontroluje výsledek své činnosti, tj. dosažení objektu a jeho foveaci a pokud nalezne chybu, tj. objekt není foveován, vypočte novou tzv. korektivní sakádu. U velkých sakád (amplituda  $>15^\circ$ ) je běžné tzv. podstřelení či hypometrie. U malých sakád je naopak pozorováno příležitostně tzv. přestřelení či hypermetrie. Sakadický systém je schopen se učit či se přizpůsobovat změnám ve vizuálním poli. Tento adaptivní proces přitom probíhá nevědomě.

*Plynulé sledovací oční pohyby.* Ve srovnání se sakádami jsou plynulé sledovací oční pohyby určeny pro hladké, kontinuální pozorování pohybujících se objektů. Aby tuto úlohu mohly plnit, pracují nikoli v režimu vzorkovacím jako sakády, ale v režimu kontinuálním: nepřetržitě porovnávají rychlost pohybu oka s rychlostí objektu a zajišťují jejich rovnováhu, či minimalizují tzv. rychlostní chybu (neúnosný rozdíl v obou rychlostech). Tomu je podřízen druh podnětů, na který plynulé sledovací oční pohyby reagují, i reakční čas. Plynulé sledovací oční pohyby ve srovnání se sakádami reagují na podnět rychleji – Leigh a Zee (1987) udávají normální dobu latence 130 ms oproti 200 ms u sakád.

Podobně jako u sakád i u plynulých sledovacích očních pohybů je pozorována adaptační schopnost. Jsou-li plynulé sledovací oční pohyby vystaveny tréninku, např. denně v průběhu jednoho týdne sledovat kyvadlo, jejich schopnost hladce a plynule sledovat objekt narůstá (Ciuffreda a Tannen, 1995).

## 2 Použitá technologie sledování očních pohybů

Pro účely snímání očních pohybů byl použit systém I4Tracking®, který byl vyvinut společností Medicton Group s.r.o., za přispění ČVUT v Praze. Tento systém pracuje na základě videookulografické metody, která používá ke sledování polohy oka a jeho stavu oční kameru. Jedná se o sofistikovanou metodu, která je neinvazivní a přitom dostatečně přesná pro sledování očních pohybů. Systém je možné rozdělit na dvě zdánlivě izolované, ale vzájemně propojené a spolupracující části - hardware (HW) a software (SW). Zatímco HW slouží zejména ke snímání potřebných obrazových dat v předem vhodně zvolené geometrii, SW představuje jádro celého systému I4Tracking® a zajišťuje kompletní management prováděných experimentů. Celé zařízení je mobilní, přenosné v kufříku, tzn. vyšetřovat lze dle potřeby v prostředí, které je pro daný účel nejvhodnější (škola, rodina, poradna atd.).

### 2.1 Popis HW části systému I4Tracking®

HW část systému I4Tracking® představuje sofistikované snímací zařízení, které snímá videookulografickou metodou oční pohyby. SW aplikace tato měřená data následně matematicky vyhodnocuje jako oční reakce respondenta na vizuální stimul. Základem snímacího zařízení jsou dvě malé kamery (oční a scénická), které jsou připevněny k náhlavní části tak, aby z bezprostřední blízkosti snímaly oční pohyby a okolí uživatele, jak znázorňuje obr. 1. Oční kamera snímá reakci oka testované osoby jako odraz obrazové informace v polopropustném zrcátku ve vlnovém spektru blízké infračervené oblasti. Scénická kamera slouží k záznamu zorného pole testované osoby a může být použita ke kontrole obrazu sledovaného uživatelem, časové synchronizaci apod. Při měření testovaným dětem nebyla fixována hlava, čímž došlo ke snížení jejich nervozity z nového, neznámého vyšetření. Z důvodu nezávislosti na světelných podmínkách okolního prostředí je oko ozařováno infračervenými diodami, které jsou umístěny v modulu oční kamery.



Obr.1: HW část systému I4Tracking®

Zařízení I4Tracking® bylo navrženo tak, aby jeho technické vlastnosti umožňovaly komfortně měřit oční pohyby za účelem diagnostiky dyslexie u dětí. Vysoká snímkovací frekvence až 150 snímků za sekundu umožňuje zaznamenat i ty nejrychlejší oční reakce. Hlava měřeného dítěte při experimentu není fixována, což snižuje jeho psychickou zátěž spojenou s neznámým vyšetřením, nikoliv však na úkor přesnosti měření. Pokud při řešení úlohy nedojde k vychýlení hlavy testované osoby o více než 25 x 25 x 25 cm oproti klidové pozici při kalibraci, je zaručena dostatečná přesnost měření. Technické parametry použitého zařízení jsou uvedeny v tab. 1.

Model	Medicton I4Tracking®
Metoda měření	videookulografická, monokulární
Snímkovací frekvenci oční kamery	max. 150 fps
Rozlišení oční kamery	752 x 489 px
Připojení k PC	1x USB 3.0, 1x USB 2.0
Rozlišovací schopnost	0,1°
Přesnost snímání	±0,5°
Hmotnost	přibližně 150 g
Velikost displeje pro zobrazení úloh	až 27"

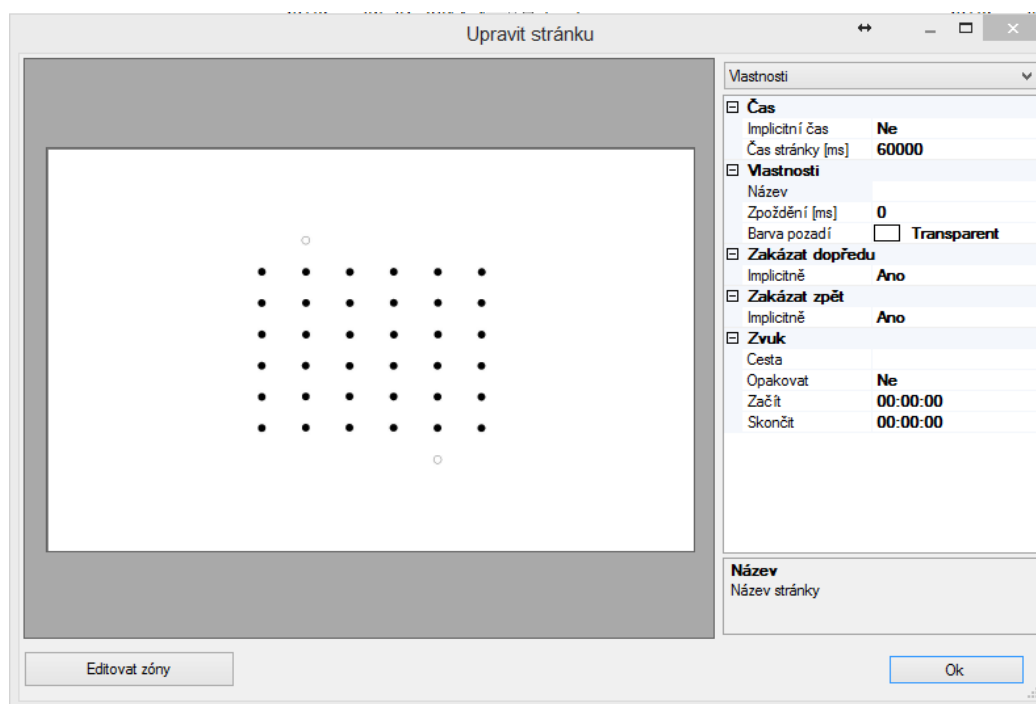
Tab. 1: Technické parametry zařízení I4Tracking®

## 2.2 Popis SW aplikace systému I4Tracking®

Návrhy experimentu a vlastní měření probíhá v SW aplikaci I4Tracking®. Tato aplikace v současné podobě umožňuje zejména jednoduše navrhovat jednotlivé okulometrické testy s vizuálními stimuly a jejich následné vyhodnocení. Níže jsou uvedeny hlavní vlastnosti aplikace:

- jednoduchý nástroj na tvorbu experimentů s vizuálními stimuly (fotografie, jednoduché obrázky se statickými body či body s přesně danou nebo náhodnou trajektorií)
- nástroj pro synchronní záznam očních pohybů a velikosti pupily

- přizpůsobení kalibrace (adaptace měřicího zařízení včetně parametrů pracoviště jednotlivým respondentům) požadavkům experimentátora
- definování různých oblastí zájmu v jednotlivých vizuálních stimulech (možnost zpracování naměřených dat pro tyto oblasti)
- nastavení různých barev pozadí vizuálního podnětu
- nastavení jednotlivých časových parametrů experimentu (různé zobrazovací intervaly vizuálních podnětů)
- nástroj pro přizpůsobení přechodových snímků (důležité při měření velikosti pupily)
- vizuální stimul může být doprovázen i zvukovým podnětem
- vizualizace naměřených dat (včetně možnosti zobrazení obrázku oka)
- export naměřených dat (např. ve formátu vhodném pro MS Excel)
- jednoduché statistické zpracování naměřených dat
- doprovodný záznam zvuku
- možná kontrola videosignálu (nutné pro případ přizpůsobení měřicího zařízení konkrétnímu probandovi)
- možnost nastavení „Přechod na další snímek při kliknutí myší“
- možnost začlenění video souborů do experimentu
- možnost nastavení pozadí ke každému snímku, pro zabránění přebliků mezi jednotlivými snímky
- začlenění teplotních map pohledu do vyhodnocení jednotlivých snímků
- začlenění trasování pohledu do vyhodnocení jednotlivých snímků (časový sled, jak proband sledoval snímek)
- volitelná vzorkovací frekvence digitální kamery



Obr.2: Navržená úloha „sakády II“ v SW aplikaci systému I4Tracking®

### 3 Metodika vyšetření

#### 3.1 Příprava dítěte na vyšetření

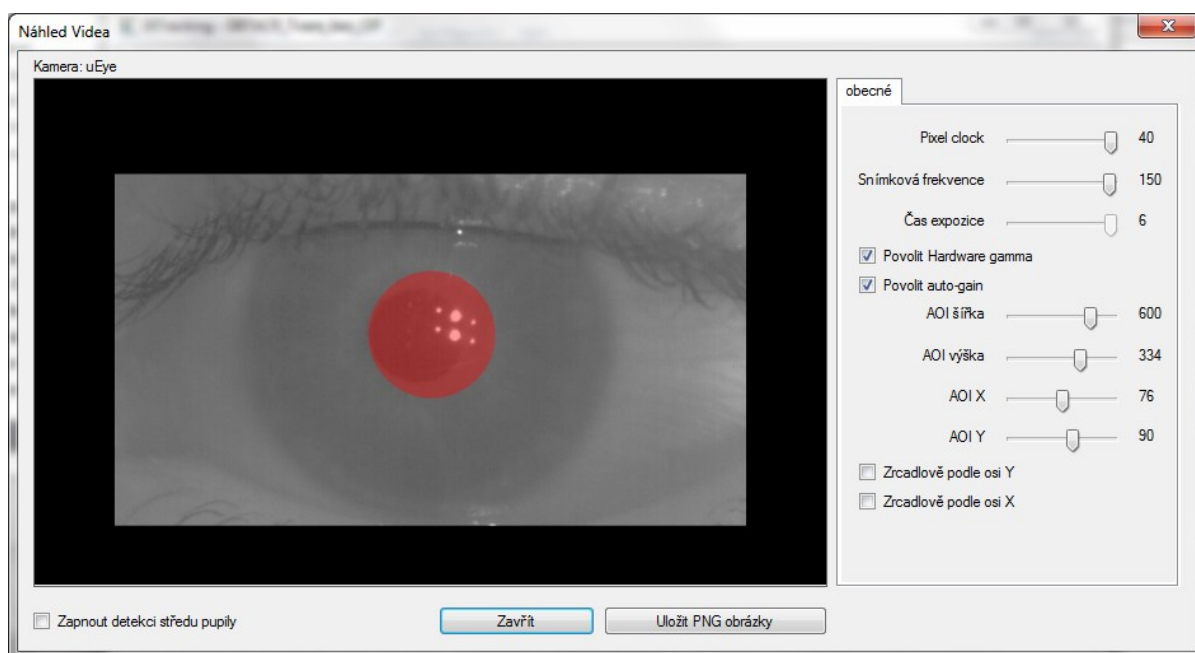
Před přípravou techniky (nastavení parametrů) na měření je nutné řádně připravit dítě na vyšetření. Dítě může být po nasazení náhlavní soupravy mírně neklidné, proto je vhodné nechat jej aspoň 5 minut adaptovat se na novou situaci (např. s ním nezávazně konverzovat). Při vyšetření mohou být přítomni kromě psychologa také rodiče, či spolužáci (v počtu jednoho až dvou), kteří mohou zmírňovat úzkost vyšetřovaného dítěte. Před spuštěním měření je nutné dítěti sdělit přesné pokyny k následující úloze a ověřit si, že je správně pochopilo. V průběhu vyšetření by nemělo být dítě rušeno externími podněty. Proto je nutné instruovat i další osoby přítomné vyšetření, aby zachovaly v průběhu měření naprostý klid. Po tomto kroku je možné přistoupit k technickým nastavením.

##### *Obecná nastavení*

- vzdálenost testované osoby od monitoru musí být 55 až 60 cm
- oči testované osoby musí být ve výšce středu monitoru
- v měřicím prostředí by neměly být žádné odlesky a přímé sluneční světlo dopadající do kamery či na infračervený filtr (zatahnout závěsy, žaluzie apod.)
- měření by mělo probíhat v klidném prostředí bez přítomnosti třetích osob

##### *Náhled videa*

- oko musí být vidět v náhledu celé, viz obr. 3
- v obraze nesmí být vidět kraje či výřez infračerveného filtru, nebo lomy jím způsobené
- oko (spojnice koutků oka) musí být vodorovně
- zornice by měla být překryta červeným kruhem
- při pohledu testované osoby na dolní hranu monitoru nesmí docházet k částečnému zakrytí zornice očními řasami
- kamera musí být správně zaostřena – velikost odrazů infračervených diod (bílé odlesky, 2 větší a čtyři menší) musí mít minimální velikost



Obr.3: Nastavení snímacích parametrů oční kamery v aplikaci I4Tracking®

### *Nastavení snímacích parametrů kamery*

- a. vzorkovací frekvence musí být nastavena na hodnotu 150 snímků za sekundu
- b. hodnota Pixel clock se nastaví dle vzorkovací frekvence na minimální hodnotu
- c. musí být povoleny parametry Hardware gamma a auto-gain
- d. aktivní plocha kamery se zmenší na rozměry, které umožňují dosáhnout vzorkovací frekvence 150 snímků za vteřinu. Zornice a duhovka musí být uprostřed. Nemusí být vidět koutky oka.

### **3.2 Popis okulometrických testů**

Diagnostika specifické vývojové dyslexie je založena na vizuální stimulaci probanda prostřednictvím speciálních stimulů. Jako vizuální podněty se používají neverbální úlohy (např. dítě sleduje sekvenčně body ve statickém či dynamickém provedení) z důvodu diagnostiky i předškolních dětí. V rámci projektu byla v konzultaci s odborníky vytvořena sada úloh, která tvoří baterii okulometrických testů.

Baterie okulomotorických úloh byla navržena a ověřována tak, aby zachytila nejčastější vývojové poruchy učení (dyslexie, dysortografie, dysgrafie, dyskalkulie aj.), ADHD, vývojové poruchy jazyka (dysfázie), poruchy citové vazby, poruchy autistického spektra, intelektovou disabilitu. Zahrnuje úlohy očních pohybů, které jsou kontrolovány jak z nižších etází CNS (reflexy), tak z vyšších etází CNS (voluntární oční pohyby). Jedná se především o tato dílčí vyšetření:

*Vyšetření fixační stability* představuje úlohu s cílem fixovat pohled na terčík uprostřed obrazovky. Nejprve se zobrazuje varianta uniformní: tečka je černá a pozadí bílé (či světle šedé). Doba úlohy: 10 s. Poté následuje varianta optokinetická, stimulující optokinetický nystagmus a znesnadňující fixaci. Doba úlohy opět 10 s. Přejít z jedné varianty do druhé bude plynulý: s nástupem jedenácté vteřiny naskočí na obrazovce během jedné - dvou vteřin svíslé světlo a tmavě šedé pruhy, které se začnou ihned při svém zjevování pohybovat ve směru zprava doleva. Rychlost pohybu 5°/s.

*Vyšetření plynulých sledovacích očních pohybů (PSOP)* představuje úlohu, u které je cílem plynule sledovat stimul pohybující se horizontálně na obrazovce. Úloha má dvě fáze: v úvodní (a lehčí) variantě je pohyb terčíku rovnoměrný a plynulý (konstantní rychlost 5°/s). V následující druhé (a těžší) variantě se rychlost terčíku zvyšuje, až překročí hranici, za kterou PSOP ztrácí svou účinnost.

*Vyšetření sakád I* představuje úlohu sekvenčního sledování, při které se na obrazovce postupně objevují terčíky a cílem je na ně přesunovat pohled. V úvodní, lehčí fázi jsou doby, kdy jsou jednotlivé terčíky zobrazeny, konstantní a trvají cca 350 ms. Rovněž vzdálenosti mezi jednotlivými stimuly jsou v úvodní fázi konstantní (ne méně než 3°). V navazující druhé, těžší fázi se proměňují doby podnětů, a současně se proměňují i vzdálenosti mezi terčíky.

*Vyšetření sakád II* představuje úlohu sekvenčního sledování, při které si dítě samo určuje tempo. Na obrazovce naskočí 6 řádek terčíků po šesti terčících v každé řádce a cílem je se podívat na všechny terčíky ve směru jako by se jednalo o čtení textu.

*Vyšetření pro-sakád* představuje klasickou sakadickou úlohu. Vyšetřovaná osoba fixuje nejprve bod ve středu obrazovky, a jakmile se objeví sakadický podnět na jedné či druhé straně obrazovky, přesouvá svůj pohled k němu. Strana, na které se sakadický podnět objeví, se vybírá náhodně.

*Vyšetření anti-sakád* představuje anti-úlohu ke klasické sakadické úloze. Vyšetřovaná osoba je instruována, aby se podívala na opačnou stranu, než na které se objevil sakadický podnět, a zhruba stejně daleko od fixačního bodu.

*Vyšetření gravitačního středu* představuje úlohu obdobnou klasické sakadické úloze, ale v některých časových okamžicích se namísto jednoho terčíku zobrazí dva terčíky blízko u sebe a zkoumá se, kam míří prvotní sakadická reakce.

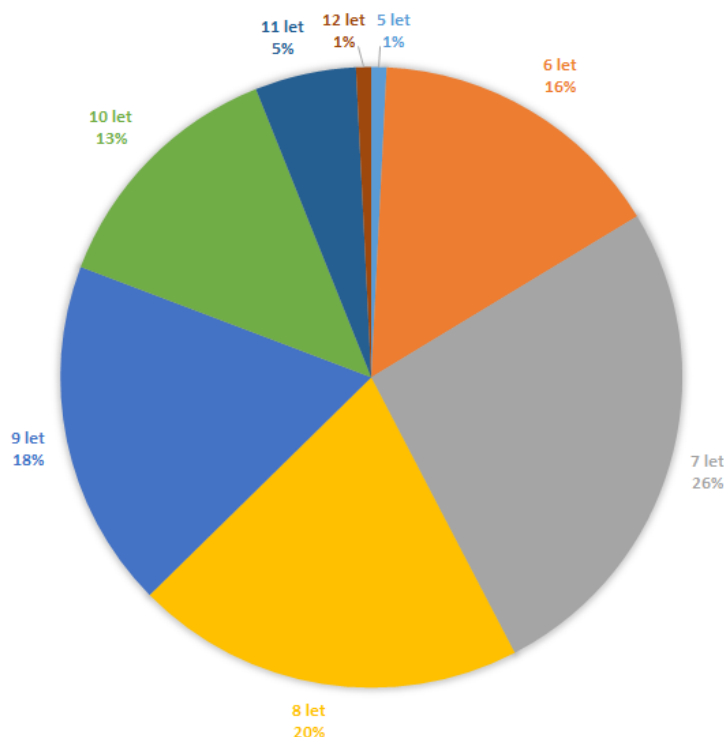
Časový harmonogram měření pro předškolní děti zobrazuje tab. 2. Před zahájením měření je vhodné dítě rychle během několika minut zábavně seznámit s úlohami, oční kamerou a postupem měření. Vlastní měření se provádí v několika blocích, které jsou odděleny krátkou pauzou a instrukcemi pro další blok. Celé vyšetření včetně přípravy a instrukcí zabere přibližně 10 minut.

Úloha číslo:	Délka úlohy [s]:	Délka kalibrace [s]:	Instrukce před úlohou [s]:
1 – Fixační stabilita	24	18	30
2 – PSOP	46	-	-
3 – Sakády I	25	-	-
4 – Sakády II	30	18	15
5 – Prosakády	40		
6 – Antisakády	40	18	15
7 – Gravitační střed	55	18	15
Celkem	260	72	75

Tab. 2: Časový harmonogram vyšetření

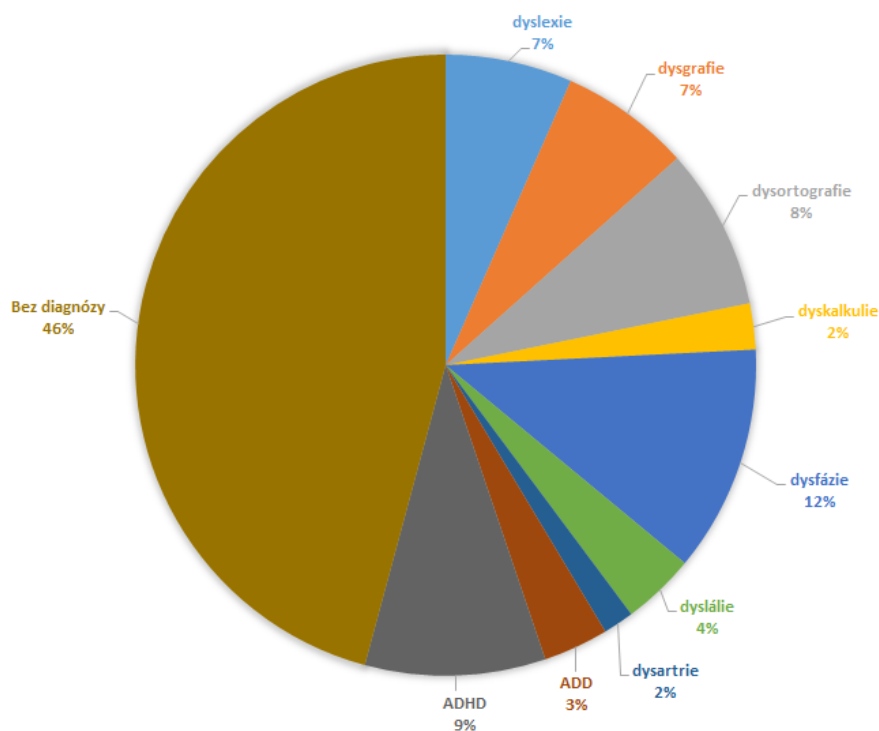
### 3.3 Popis měřené skupiny

Měření probíhala v říjnu, listopadu a prosinci roku 2013 v 6 základních školách a jedné mateřské škole. Všechna tato vzdělávací zařízení mají mezi svými žáky děti s různými specifickými poruchami učení. V rámci 25 měřicích dní bylo celkem změřeno 378 dětí, tj. 217 chlapců a 161 dívek. Jejich věkové rozložení je názorně zobrazeno na obr. 4.



Obr.4: Relativní četnosti věku dětí v měřené skupině

Před samotným měřením byli rodiče žáků informováni o prováděném výzkumu a každé dítě mělo podepsán informovaný souhlas rodičů s účastí na experimentu. Rozřazení žáků do jednotlivých skupin specifických poruch zobrazuje obr. 5. Většina respondentů má však vícenásobnou specifickou poruchu učení (více typů).

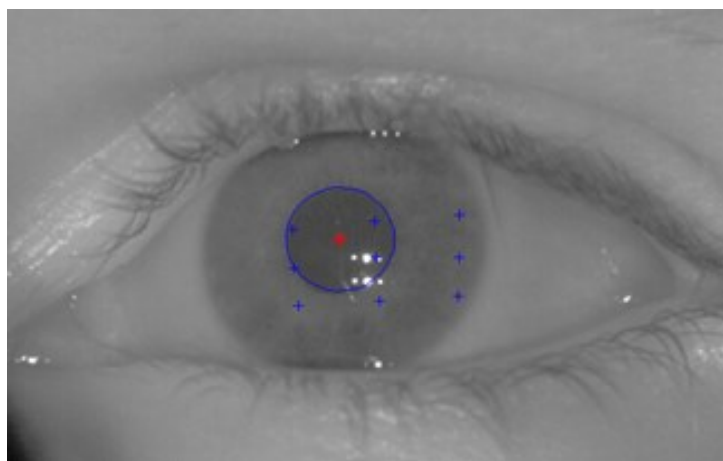


Obr.5: Relativní četnosti diagnóz dětí v měřené skupině

Pro další zpracování dat byly vybrány záznamy dětí s dyslexií a dětí s dyslexií v kombinaci s jinou poruchou. K těmto záznamům byla následně vybrána kontrolní skupina záznamů dětí bez žádné diagnózy tak, aby tento výběr svým složením odpovídal výběru záznamů dyslektiků z hlediska věku a pohlaví. Skupina dyslektiků v této práci pro zvolenou úlohu fixační stability čítala 15 dětí, kontrolní skupina pak 35 dětí.

### 3.4 Popis použitého zpracování dat

Naměřená data jsou nejprve vyhodnocena aplikací I4Tracking®, která převádí obrazová data z kamery snímající oko na souřadnice na monitoru, kam byl nasměřován pohled. Situaci zobrazuje obr. 6. Ve snímku z oční kamery je detekován střed pupily, a na základě souřadnic středu pupily odpovídající kalibračním bodům v pravidelné mřížce zahrnující rohy obrazovky je určen aktuální průmět snímku na monitor.



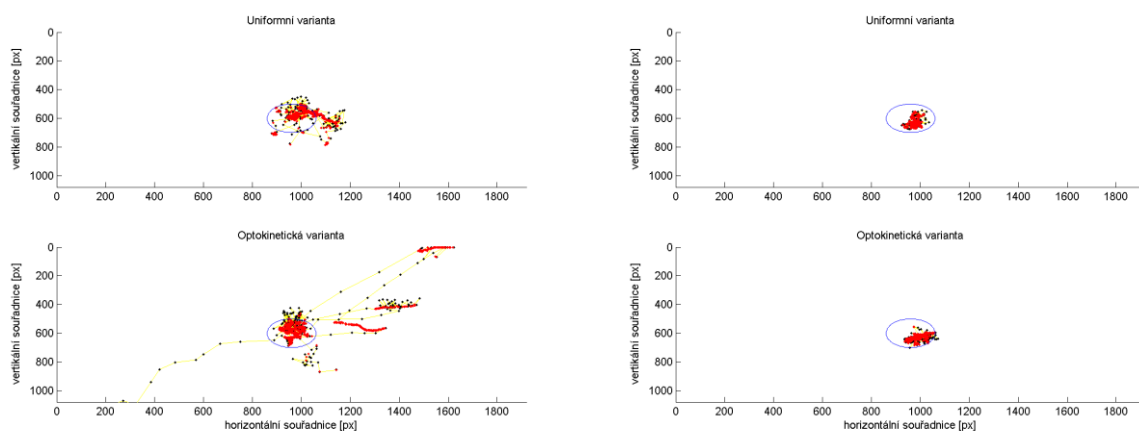
Obr.6: Souřadnice kalibračních bodů v prostoru kamery a detekovaný střed pupily, devíti bodová kalibrace



Pro zpracování naměřených dat je dále použit programový balíček Eye Movements Signal Analysis (EMSA, dále jen toolbox) v prostředí Matlab. Toolbox svojí funkcí těsně navazuje na program I4Tracking®, dále zpracovává a provádí vyhodnocení měřených signálů. Nejprve je použito předzpracování surových signálů, což zahrnuje například korekci vypadlých snímků. Následuje detekce a korekce artefaktů podle různých kritérií (fyziologická rychlost kontrakce/dilatace pupily, rychlost pohybu, atd.), a vyřazení těchto okamžiků z dalšího zpracování. V této fázi je také odstraněno mrkání. Dále jsou vypočteny základní parametry, jako jsou úhlová rychlost pohybu oka, zrychlení, atd. Následuje automatická klasifikace částí záznamů na sakády, fixace a výpočet jejich parametrů: četnosti, délky, směry pohybů, atd. Dále následuje fáze synchronizace okulometrických dat a prezentovaných stimulů a výpočet vlastních příznaků specifických pro danou úlohu.

V tomto příspěvku je z baterie testů vybrána pro demonstraci základní úloha fixační stability. Úkolem měřené osoby je stále se dívat, “fixovat” pohled na stimul, který je umístěn ve středu obrazovky. Pro fixační stabilitu jsou diagnosticky významné odchylky od “ideálního” průběhu, v tomto případě ideální průběh představuje setrvalý pohled na fixační bod. V reálné situaci však vždy k určitým drobným pohybům dochází. Na obr. 7 jsou vidět průměry pohledu na monitor. Terčík ve středu monitoru, na který se mělo fixovat, je zobrazen modrým kruhem. Žlutou čarou je vyznačena cesta pohledu, a ta je dále rozdělena na černými tečkami označené rychlé pohyby - sakády, a červenými tečkami označené fixace. Průběh očních pohybů zdravého dítěte (bez žádné diagnózy), v pravé části obr. 7, představuje téměř ideální průběh.

V pravé části obrázku jsou vidět záznam pro dítě bez diagnózy, vlevo pak pro dítě s diagnostikovanou dyslexií, obě děti mají 9 let. V horní části obrázků je část záznamu, kdy byl prezentován pouze fixační terčík, v dolní části obrázku je část záznamu, kdy byl na pozadí prezentovány pohybující se pruhy, které mají cíleně komplikovat fixace a zvyšovat diskriminační citlivost úlohy.

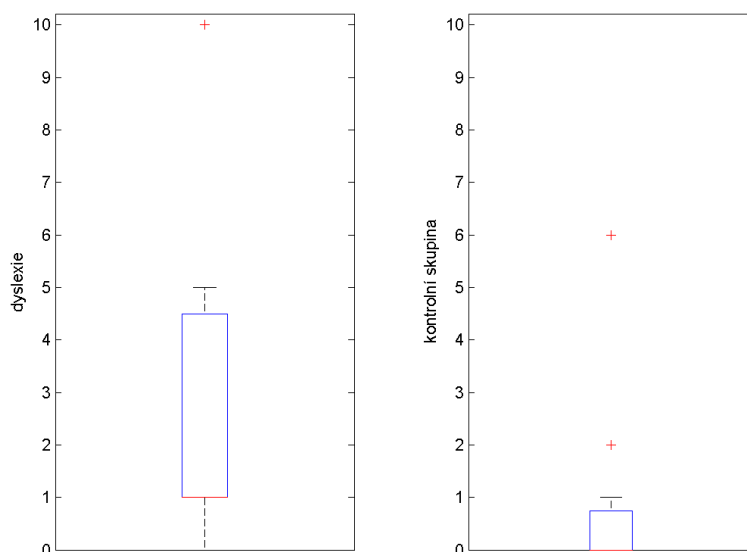


Obr.7: Naměřené záznamy, 9 let, vlevo dyslexie, vpravo zdravé dítě. V horní části varianta uniformní, v dolní části optokinetická.

Na obr. 7 vlevo dole je zřetelně vidět, že v druhé části úlohy dítě nedokázalo udržet pohled na fixační terčík, a několikrát se podívalo na pohybující se pruhy. Na obr. 7 vlevo nahoře je vidět, že i v úvodní části úlohy dítě nebylo schopno stále fixovat terčík. Prostý počet těchto odchylek od fixovaného bodu, “odskoků” je sám o sobě diagnosticky významný a představuje míru fixační instability, která je charakteristická pro vývojové poruchy učení. U dyslexie dochází častěji k chybným, nežádoucím pohybům od fixovaného bodu („odskokům“), a to především v optokinetické variantě. Nález ukazuje na sníženou fixační stabilitu, tj. schopnost udržet záměrně oko v jedné a téže fixační pozici a eliminovat spontánní pohyb, který fixaci naruší.

Statistické rozložení celkového počtu chybných pohybů („odskoků“) ukazuje obr. 8, ze kterého plyne, že statistické rozložení příznaků se mezi skupinou dyslektiků a věkově vyváženou kontrolní skupinou liší. U skupiny dyslektiků dochází nejméně k jednomu odskoku (tj. chybné sakádě), u kontrolní skupiny nejvýše jednomu odskoku (tj. chybné sakádě). Podle prostého faktu, zda došlo alespoň k jednomu odskoku, je možné v této skupině odhalit dyslexii s pravděpodobností 75%, což je velmi příznivý a statisticky významný výsledek. Pokud budou při vyhodnocení využity další pokročilé statistické metody a budou brány v úvahu všechny úlohy i parametry, lze očekávat výrazné zvýšení přesnosti diagnostiky. Dalšími parametry, které budou do

vyhodnocení získaných dat pro obě části úlohy postupně přidány, jsou např.: doby trvání jednotlivých odskoků, jejich velikost, absolutní odchylku od ideálního průběhu.



Obr.8: Kvartilové grafy pro obě skupiny a prostý parametr počet sakadických chyb („odskoků“)

Při interpretaci výsledků je třeba brát v úvahu i možnost, že také v kontrolní skupině se mohly vyskytovat děti dyslektické, tyto děti např. mohly projít běžným diagnostickým filtrem, kdy dyslexie u nich nebyla dosud diagnostikována a tyto děti pak nebyly evidovány v poradnách a ve školní kartotéce. Nebylo ovšem v silách našeho týmu vyšetřit děti kontrolní skupiny z hlediska vývojových poruch učení. Pokud by i tyto „skryté“ případy vývojových poruch byly kontrolovány, pak by to pravděpodobně přispělo ke zvýšení diskriminační citlivosti metody, jejíž podstatou je vyšetření očních pohybů.

## 4 Diskuze

Kombinace specializovaných diagnostických úloh se systémem snímání očních pohybů přináší nové možnosti diagnostiky dyslexie. Vyšetření je určeno pro pedagogicko psychologické poradny a speciálně pedagogická centra a dále pro pedagogické či filosofické fakulty, kde jsou vzdělávání budoucí psychologové a speciální pedagogové. Vyšetření se uplatní v každodenní práci poraden a SP-center, při diagnostice a posuzování reedukační účinnosti navržených postupů. Jmenovitě jako součást komplexního vyšetření nebo jako součást kontrolního vyšetření u individuálních případů a při screeningu zejména předškolní populace, kde pomůže včasné identifikovat jedince se zvýšeným rizikem neurovývojových odchylek (specifické poruchy učení, specifické poruchy jazyka, poruchy autistického spektra, ADHD, intelektové disability) a odchylek citového vývoje (subdeprivace). Screeningová šetření mohou psychologové a speciální pedagogové realizovat přímo v terénu, v mateřských školách či rodinách dětí, neboť zařízení je přenosné a nevyžaduje asistenci technického specialisty.

Oční pohyby by proto mohly plnit roli ukazatele, jak hluboké je dyslektické postižení. Najdeme-li u dítěte diskrepanci mezi inteligenčním kvocientem (IQ) a kvocientem úrovně čtení (ČQ) a současně relativně dobré oční pohyby, pak je absolutní hodnota diskrepance relativizována, ztratí svou „osudovost“ a předpověď dalšího vývoje u takového dítěte může být i příznivá. Najdeme-li ovšem u dítěte stejně velkou diskrepanci a současně chaotické oční pohyby, je zvýšená pravděpodobnost, že porucha bude odeznívat pomaleji a více bude odolávat nápravnému úsilí. V tomto smyslu by vyšetření očních pohybů mohlo být významným doplňkem standardního vyšetření, jehož cílem je poruchu co nejpřesněji diagnostikovat a učinit co nejpravděpodobnější prognostický závěr.

V rámci České republiky se jedná o zcela novou metodiku, která umožňuje zavést relativně levnou přístrojovou diagnostiku založenou na registraci očních mikropohybů do rutinní práce pedagogicko

psychologických poraden a speciálně pedagogických center. Těmto pracovištím se tak otvírají nové obzory v diagnostice, v její spolehlivosti i validitě, v širší diagnostického záběru, tj. v možnosti realizovat screening spádové populace, kterou pracoviště obhospodařuje – a to pro časovou a personální nenáročnost takového vyšetření. Včasná screeningová diagnostika realizovaná u předškolních dětí přispěje k včasnému odhalení neurovývojových poruch, kterými se uvedená pracoviště typicky zabývají (specifických poruch učení, ADHD, komunikačních poruch a specifických poruch jazyka, motorických poruch, intelektových disabilit, poruch autistického spektra a dalších neurovývojových odchylek) a tím otevře i možnost účinnější pomoci těmto dětem a jejich rodičům.

Předpokládáme, že školícím pracovištěm, kde by se psychologové a speciální pedagogové vzdělávali v práci se zařízeními, by bylo Dys-centrum, Praha. Tato instituce je již zavedena v dalším vzdělávání pro pracovníky poraden a SP-center a vybavena personálně a materiálně. Např. nabízí v širokém sortimentu reedukační pomůcky (v tradiční formě, např. papírové i ve formě moderní, elektronické), které jsou dostupné na našem trhu, realizuje kurzy s teoretickou a praktickou částí, vč. zácviku a supervize, vydává pro zaškolené pracovníky licence. Dys-centrum je napojeno na odbornou společnost Dyslexie (bývalou sekci specifických poruch při Logopedické společnosti M. Sováka, založenou prof. Matějčkem) i na akademická pracoviště (např. Pedagogická fakulta UK, Praha). V případě zařízení ke sledování očních pohybů a vzniklé metodiky by akademická pracoviště byla obohacena o ČVUT, Fakultu elektrotechnickou, kde se popisované zařízení zrodilo a kde i dále pokračuje jeho vývoj – v souladu s požadavky terénu.

## 5 Literatura

BAKKER, D. Treatment of developmental dyslexia: A review. *Pedatric Rehabilitation*, 2006, 9, 3-13.

CIUFFREDA, Kenneth J a Barry TANNEN. *Eye movement basics for the clinician*. St. Louis: Mosby, c1995, xi, 266 p. ISBN 0801668433.

LEIGH, R a David S ZEE. *The neurology of eye movements*. 5th edition. p. ISBN 9780199969289.

MATĚJČEK, Z. *Dyslexie – specifické poruchy čtení*. Praha: H+H, 1993, ISBN: 808578727X.