

Univerzita Karlova

2. lékařská fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Bc. Radim Židek

Univerzita Karlova

2. lékařská fakulta

# VNÍMÁNÍ VERTIKALITY U PACIENTŮ S VÝVOJOVOU DYSPRAXIÍ

Diplomová práce

Autor: Bc. Radim Žídek, obor fyzioterapie

Vedoucí práce: PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

Praha 2017

## Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Radim Žídek

Název diplomové práce: Vnímání vertikality u pacientů s vývojovou dyspraxií

Pracoviště: Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství 2. lékařské fakulty  
Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole

Vedoucí diplomové práce: PhDr. Ondřej Čákr, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2017

**Anotace:** Vývojová dyspraxie je vývojovou poruchou motorického učení a motorické obratnosti, kterou nelze přisoudit neurologickému nebo psychickému onemocnění. Její příčina není dosud vysvětlena. Existují hypotézy, že porucha spolupráce jednotlivých aferentních systémů může být důvodem způsobující vývojovou dyspraxii. Skrze aferentaci lidský organismus vnímá různé modalit. Jednou z modalit je vnímání vertikality. V této diplomové práci se zaměřujeme na testování subjektivní vertikály zrakové a haptické u dětí s predispozicí pro vývojovou dyspraxii. V teoretické části jsou shrnuty poznatky o vývojové dyspraxii a rovnovážném systému. V experimentální části jsme testovali 35 žáků 8. a 9. ročníků základní školy. Dle testovací baterie MABC-2 jsme rozdělili soubor dětí na děti motoricky zdravé a děti s motorickou poruchou. Mezi těmito skupinami jsme poté porovnávali vnímání subjektivní zrakové a subjektivní haptické vertikály. Na základně statistického zpracování námi vyšetřený vzorek dětí nevykazuje statisticky významné rozdíly ve vnímání zrakové a haptické vertikály.

**Klíčová slova:** vývojová dyspraxie, MABC-2, subjektivní zraková vertikála, subjektivní haptická vertikála, žáci základní školy

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## Bibliographic identification

Author's first name and surname: Bc. Radim Židek

Title of the master thesis: Perception of verticality in patients with developmental coordination disorder

Department: Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2<sup>nd</sup> faculty of medicine, Charles University and FN Motol

Supervisor: PhDr. Ondřej Čákrť, Ph.D.

The year of presentation: 2017

Annotation: Developmental coordination disorder is typical for poor motor learning and motor coordination that cannot be related to any neurological or mental disease. The exact reason of it stays still unknown. There are theories that say that dysfunctional collaboration of afferent systems causes developmental coordination disorder. Thanks to afferent systems a human organism is able to perceive different modalities. One of the modalities is a perception of verticality. In theoretical part of this thesis we summarized information about developmental coordination disorder and postural and balance control. In experimental part we tested 35 pupils of primary school (age 13-15). Using MABC-2 we classified the pupils into children with and without predispositions for developmental coordination disorder. Then we tested their ability of perceiving subjective visual and subjective haptic verticality. According to statistical evaluation there is no difference in perception of verticality between children with and without predispositions for developmental coordination disorder.

Keywords: developmental coordination disorder, MABC-2, subjective visual vertical, subjective haptic vertical, pupils of elementary school

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením PhDr. Ondřeje Čakrta, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Praze dne 28. 8. 2017

Bc. Radim Židek .....

#### Poděkování autora

Děkuji PhDr. Ondřeji Čákrtovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, za cenné a poučné rady při jejím zpracování. Děkuji Mgr. Julii Demekové s nápadem celého projektu, v rámci kterého vznikla tato diplomová práce. Spolu s tím bych rád poděkoval Bc. Markétě Fikarové a Bc. Zuzaně Paříkové, které se na projektu podílejí taktéž. Dále bych rád poděkoval vedení základní školy Ratibořická, za umožnění měření a vřelý přístup. Děkuji hlavně žákům této školy, že nám byli probandy. Za statistické zpracování děkuji Ing. Zuzaně Chrzové. Závěrem bych chtěl poděkovat svým nejbližším za podporu. Děkuji.

## OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 PŘEHLED POZNATKŮ</b> .....	<b>10</b>
1.1 VÝVOJOVÁ DYSPRAXIE .....	10
1.1.1 Terminologie.....	10
1.1.2 Prevalence .....	10
1.1.3 Příčiny vývojové dyspraxie.....	11
1.1.4 Projevy vývojové dyspraxie.....	12
1.1.5 Diagnostika vývojové dyspraxie.....	13
1.1.6 Movement Assessment Battery for Children, 2 <sup>nd</sup> edition .....	13
1.1.7 Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency.....	14
1.1.8 Komorbidity vývojové dyspraxie .....	15
1.1.9 Terapeutické přístupy.....	15
1.2 NEUROFYZIOLOGICKÉ ŘÍZENÍ POSTURÁLNÍ KONTROLY .....	16
1.2.1 Poruchy rovnováhy u dětí s vývojovou dyspraxií.....	25
1.2.2 Vyšetření rovnováhy .....	27
1.3 NEUROFYZIOLOGICKÉ ŘÍZENÍ VERTIKÁLY .....	28
1.3.1 Poruchy řízení vertikály .....	30
1.3.2 Vyšetření vertikály .....	34
<b>2 CÍLE A HYPOTÉZY</b> .....	<b>36</b>
<b>3 METODIKA</b> .....	<b>37</b>
3.1 PROBANDI .....	37
3.2 MABC-2 .....	37
3.3 VYŠETŘENÍ SUBJEKTIVNÍ ZRAKOVÉ VERTIKÁLY .....	38
3.4 VYŠETŘENÍ SUBJEKTIVNÍ HAPTICKÉ VERTIKÁLY .....	40
3.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT .....	42
<b>4 VÝSLEDKY</b> .....	<b>43</b>
4.1 MABC-2 .....	43
4.2 URČENÍ SVV A SHV JEDNOTLIVÝCH PROBANDŮ.....	45
4.3 URČENÍ SVV A SHV V RÁMCI JEDNOTLIVÝCH PÁSEM MABC-2 .....	47
<b>5 DISKUZE</b> .....	<b>51</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>56</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM</b> .....	<b>57</b>

## SEZNAM ZKRATEK

ADL	aktivity všedního dne (activities of daily living)
BOS	báze stoje (base of support)
CCW	proti směru hodinových ručiček (counterclockwise)
CNS	centrální nervová soustava
COG	těžiště gravitace (centre of gravity)
COP	projekce těžiště těla do podložky (centre of pressure)
CW	po směru hodinových ručiček (clockwise)
DCD	vývojová dyspraxie (developmental coordination disorder)
DKK	dolní končetiny
HKK	horní končetiny
MKN-10	mezinárodní klasifikace nemocí, 10. revize
SHV	subjektivní haptická vertikála
SVV	subjektivní zraková vertikála
TTS	celkový skór v MABC-2 testu (total test score)



## ÚVOD

Vývojová dyspraxie je heterogenní postižení zasahující hrubou i jemnou motoriku člověka, nevysvětlitelnou na podkladě neurotického nebo psychického onemocnění. Přestože existují různé hypotézy, nejsou známy exaktní mechanismy, jimiž bychom uspokojivě vysvětlili původ vývojové dyspraxie. V odborné společnosti je stále předmětem diskuzí, co vlastně vývojová dyspraxie znamená a jak se vymezuje. Nezřídka kdy bývá zaměňována za různé jiné termíny.

V klinické praxi se zvyšuje počet pacientů s nespécifickými problémy a jedním z důvodů v pozadí jejich obtíží by mohla být právě vývojová dyspraxie. K diagnostice vývojové dyspraxie slouží diagnostický manuál *Diagnostic and Statistical Manual for Mental Disorders, fifth edition*. Testovací baterie ale neexistuje. Současné testy pouze specifikují motorické schopnosti a jsou limitované horní hranicí věku 21 let.

Teoretická část této diplomové práce shrnuje fakta o vývojové dyspraxii a fyziologii jednotlivých sensorických systémů. Práce uvádí přehled hypotéz, které tvrdí, že vývojová dyspraxie je důsledkem změny schopnosti zpracovávat a vyhodnocovat aferentní informace přicházející do CNS. V tomto polymodálním přísunu informací se integrují impulzy z vizuálního, vestibulárního a somatosenzorického systému.

V experimentální části jsme nejprve otestovali motorické schopnosti skupiny dětí školního věku. Celkem jsme vyšetřili 35 žáků 8. a 9. tříd základní školy. Poté jsme testovali percepci subjektivní zrakové a haptické vertikály. Využili jsme jednoduchých testů, které objektivizují kvalitu těchto systémů.

Cílem diplomové práce je zjistit, zdali je u dětí predisponovaných vývojovou dyspraxií spojitost s poruchou percepce vertikality a zdali je tento fakt využitelný k diagnostice motorických poruch u dospělých.

# 1 PŘEHLED POZNATKŮ

## 1.1 Vývojová dyspraxie

Vývojová dyspraxie (developmental coordination disorder) je heterogenní postižení ovlivňující jemnou motoriku anebo hrubou motoriku. Dle Mezinárodní klasifikace nemocí 10. revize (MKN-10) se vývojová dyspraxie s kódem F82 řadí mezi specifické vývojové poruchy motorických funkcí. Tato definice říká, že motorickou poruchu nezpůsobuje neurologické onemocnění či celková mentální retardace. Přesto že není u těchto jedinců přítomné žádné základní onemocnění, je jejich motorická dysfunkce zjevná (Zwicker, Missiuna, Harris & Boyd; 2012).

### 1.1.1 Terminologie

První termín, který historicky nacházíme ve spojitosti s vývojovou dyspraxií, je termín „developmental clumsiness“ („vývojová neobratnost“), pocházející z roku 1968. V 70. a 80. letech docházelo k obměnám původního názvu, až se ustálil termín „developmental dyspraxia“, neboli vývojová dyspraxie (Vaivre-Douret, 2013). V roce 1994 byl oficiálně uznán na mezinárodním setkání v Londýně (International consensus meeting on children and clumsiness) termín developmental coordination disorder (Blank, Engelsman, Polatajko & Wilson, 2012). Terminologie však zůstává nejednotná. Často se setkáváme s jinými označeními developmental coordination disorder (zkratka DCD). Běžně užívanými termíny jsou například: clumsiness/clumsy child syndrome, minimal brain dysfunction, developmental apraxia, perceptuomotor dysfunction anebo sensory integration disorder (Gibbs, Appleton & Appleton, 2007).

### 1.1.2 Prevalence

Literatura je velmi nejednotná v prevalenci DCD. Průměrná hodnota výskytu vývojové dyspraxie se pohybuje u 6% dětí školního věku (Fong, Tsang & Ng, 2012;

Vaivre-Douret, 2013; Zwicker et al., 2012). Dle některých autorů však rozptyl dosahuje až 20% (Blank et al., 2012). Tyto hodnoty se často liší v důsledku zvolených hodnotících kritérií. (Zwicker et al., 2012). Někteří autoři dokonce tvrdí, že každý 12. člověk v populaci trpí dyspraxií, nejen děti, ale i dospělí (Kirbyová, 2000). Častější je výskyt vývojové dyspraxie u chlapců (Gibbs, Appleton & Appleton, 2007; Kirbyová, 2000). Předčasně narozené děti a děti s extrémně nízkou porodní hmotností mají podstatně vyšší riziko DCD, v tomto případě poměr výskytu je mezi chlapci a dívkami rovnocenný (Holsti, Grunau & Whitfield, 2002).

### ***1.1.3 Příčiny vývojové dyspraxie***

Příčiny DCD nejsou dosud uspokojivě vysvětleny. Často bývá vysvětlení zobecněno na patologii v CNS (Zwicker et al., 2012). Existuje však několik teorií, které by potenciálně mohly vysvětlit, co stojí za vznikem vývojové dyspraxie. Ideativní teorie poukazuje na gnostické poruchy. Vysvětluje, že vývojová dyspraxie je důsledek abnormálního zpracování informací ze sensorických systémů (Davies & Tucker, 2010). Ayres byla první, která vyslovila myšlenku dysfunkce sensorické integrace (Ayres, 1963). U motorické teorie je zachován plán pohybu, ale jeho provedení je nějakým způsobem porušené. Projevuje se například poruchou selektivní hybnosti, posturální adaptace, relaxace anebo rovnováhy. Multisenzorická teorie kombinuje ideativní a motorickou teorii dohromady. Je tedy zřejmě narušena nejen představa, ale i plán pohybu (Gibbs et al., 2007). Motorické plánování závisí na komplexní sensorické integraci (Ayres, 2005). Existují studie, které tvrdí, že vývojová dyspraxie je zapříčiněna dysfunkcí pouze jednoho sensorického systému. Tato teorie se nazývá unisenzorická. K objasnění by mohly posloužit zobrazovací metody, studií opírajících se o ně je však málo a jsou nedostatečné pro malé vzorky pacientů (Bo & Lee, 2013).

#### ***1.1.4 Projevy vývojové dyspraxie***

Typickým projevem vývojové dyspraxie je porucha hrubé a jemné motoriky, plynulost řeči, abnormální svalový tonus ve smyslu hypotonie i hypertonie a snížené uvědomování si svého tělesného schématu (Caçola, 2014). Děti bývají často popisovány jako nemotorné a nekoordinované. V porovnání s normálně vyvíjejícími se dětmi vykazují děti s vývojovou dyspraxií snížené motorické dovednosti (Campbell, Missiuna & Vaillancourt, 2012). Obtížným se stává oblékání, obouvání, zacházení s příborem či běžná hygiena. Dále je ovlivněno také psaní, opisování, používání nůžek, organizování práce. Fyzické výkony jsou též zasaženy, problematické jsou jak obratnostní, tak výkonnostní prvky. Vše se pak odráží i v psychickém pojetí sebe samotného, děti s vývojovou dyspraxií trpí na pocit méněcennosti a často se stává, že se separují od vrstevníků v kolektivu. Je tedy zjevné, že DCD nelze redukovat pouze na motorický problém (Zwicker et al., 2012). Ačkoliv jsou výše popsány typické projevy vývojové dyspraxie, klinický obraz je značně variabilní. Běžně se stává, že afekce jednoho dítěte s DCD se projeví ve specifických úkolech, ve kterých druhé dítě s DCD nevykazuje afekci žádnou. (Geuze et al., 2001).

Vývojová dyspraxie je celoživotní záležitost. Výše uvedené projevy přetrvávají do dospělosti (Rosenblum, 2013). S dospíváním přicházejí nové nároky na jedince. Příkladem může být řízení auta. Jedinci s DCD jsou horšími řidiči v porovnání s normálními jedinci (Kirby et al., 2011). Dalším příkladem je studium vysoké školy. Opuštění domova a osamostatnění se s účelem získání vysokoškolského vzdělání zvyšuje u jedinců s vývojovou dyspraxií riziko psychických problémů, například depresi nebo úzkost (Hill & Brown, 2013). Je běžné, že studenti s DCD nedokončí studium. To poté ovlivňuje jejich sociální život (Rasmussen & Gillberg, 2000).

### ***1.1.5 Diagnostika vývojové dyspraxie***

Používaným manuálem pro diagnostiku DCD je Diagnostic and Statistical Manual for Mental Disorders, fifth edition (DSM – V). Kritéria jsou následující, volně přeložena autorem práce (Blank et al., 2012):

- Jedinci daného chronologického věku a inteligence vykazují horší motorickou koordinaci, než je běžně očekáváno.
- Aktivity všedního dne (ADL) a studium je signifikantně ovlivněno odchylkami zmiňovanými v prvním bodě.
- Odchytky nejsou způsobené generalizovaným zdravotním stavem (například mozkovou obrnou, hemiplegií nebo muskulární dystrofií) a neodpovídají kritériím pervasivní vývojové poruchy.
- Je-li přítomna mentální retardace, motorické poruchy se vyjímají typickým motorickým projevům spojených s mentální retardací.

Ačkoliv neexistuje diagnostický standard, pro výzkum i klinickou praxi se běžně používají motorické testy, zejména Movement Assessment Battery for Children (MABC) a Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP) (Polatajko & Cantin, 2005).

### ***1.1.6 Movement Assessment Battery for Children, 2<sup>nd</sup> edition***

MABC-2 (Movement assessment battery for children, 2<sup>nd</sup> edition) slouží k popisu motorických funkcí dítěte. Tento test je standardizovaný a objektivně popisuje kvantitu motorických schopností. MABC-2 je rozděleno do věkových kategorií: 3-6 let, 7-10 let a 11-16 let. Každá věková kategorie plní dohromady 8 úkolů ze tří skupin: manuální zručnosti (MD – manual dexterity), míření a chytání (AC – aiming and catching) a rovnováha (BAL – balance). Testování trvá 20-40 min, čas celkového provedení je závislý na věku dítěte a na zručnosti nejen dítěte,

ale i testujícího. Hodnocení jednotlivých úkolů se liší. Vyhodnocuje se čas daného úkolu, úspěšné pokusy, nebo počet chyb. U dvou pokusů se počítá lepší dosažený výsledek, u porovnání levé a pravé ruky průměrná hodnota. Dosažené výsledky se porovnávají s normativními hodnotami, které jsou rozděleny dle věku dítěte. Tak je získáno standardní skóre, kterého dané dítě dosáhlo v každém z úkolů. Sečtením standardního skóre všech úkolů získáme skóre celkové. Takto získaná skóre se následně použijí k odečtení percentilu, jehož testované dítě dosáhlo (pro 3 subčásti MD, AC a BAL a pro celkový percentil). Systém hodnocení MABC-2 je založený na tzv. semaforu. Dle toho, jakého výsledného percentilu a celkového standardního skóre dítě dosáhne, je přiřazeno do jedné ze tří zón. První zóna, zelená, kategorizuje děti bez motorických obtíží, odpovídající tak 15. percentilu plus a celkovému skóre 67 plus. Druhá zóna, oranžová, kategorizuje děti rizikové, jež je doporučeno monitorovat. Zde se pohybujeme v 6. - 15. percentilu a v bodovém rozmezí 57-67 celkového skóre. Třetí zóna je červená, kategorizující skupinu menší anebo rovnou 5. percentilu a bodově pohybující se pod 67 body celkového skóre (Henderson, Sugden & Barnett, 2007).

V MABC-2 je také obsažen tzv. Check-list, dotazník složený ze dvou částí. Jedna část se zaměřuje na motorické schopnosti, druhá část se zaměřuje na vlastnosti dítěte ovlivňující vykonávání motorických dovedností anebo schopnosti učení se. Check-list vyplňuje rodič, učitel nebo terapeut (osoba, kterou dítě důvěrně zná). Tento dotazník je dle autorů indikovaný pouze pro první stupeň základní školy.

### ***1.1.7 Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency***

Test se skládá z 53 úkolů rozdělených do 8 subtestů: preciznost jemné motoriky (7 úkolů), integrace jemné motoriky (8 úkolů), manuální zručnost (5 úkolů), bilaterální koordinace (7 úkolů), rovnováha (9 úkolů), běh a hbitost (5 úkolů), koordinace horních končetin (7 úkolů) a síla (5 úkolů). V každém subtestu jsou úkoly

řazeny vzestupně dle obtížnosti. BOTMP-2 lze provést v tzv. zkrácené verzi, složené ze 14 úkolů, obsahující vybrané úkoly ze všech 8 zmiňovaných subtestů. Bodovací škála se pohybuje v rozsahu 2-13 bodů, v závislosti na úkolu. Body za každý úkol odpovídají hrubému skóre. To je pak převedeno na standardní numerické skóre. Veškerá dílčí skóre jsou pak sečtena v celkové skóre, podávající tak ucelený obraz o motorickém stavu dítěte. Čas, který zabere celý test, se pohybuje v rozmezí 45-60 minut, zkrácená verze zabere do 20 minut. Test je určený pro věk 4-21 let. BOTMP-2 se potýká s několika obtížemi. Je nutno, aby testování bylo provedeno zaškoleným člověkem. Další podmínkou je dostatek prostoru k testování, subtesty zaměřené na běh a hbitost vyžadují minimálně 18m prostoru. Pořadí na hodnotícím listu neodpovídá pořadí úkolů a pro děti mladšího věku může čas vyžadován ke splnění úkolů být příliš dlouhý, proto se doporučuje separovat celé testování do dvou částí (Bruininks & Bruninks, 2005; Cools, De Martelaer, Samaey & Andries, 2009).

### ***1.1.8 Komorbidity vývojové dyspraxie***

Vývojová dyspraxie se často vyskytuje s dalšími poruchami nebo onemocněními. Nejčastější komorbiditou DCD je až v 50% attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), dále poruchy učení a řeči. Klinické studie prokazují, že více než 50% dětí s DCD má těžkou dyslexii (Zwicker et al., 2012). Tyto komorbidity podporují variabilitu DCD symptomatologie, vedoucí k různosti v popisu poruchy v literatuře (Vaivre-Douret, 2013). Někteří autoři se domnívají, že zmiňovaná onemocnění mají společnou etiologii (Zwicker et al., 2012).

### ***1.1.9 Terapeutické přístupy***

Terapie vývojové dyspraxie je nedostatečně zpracovanou problematikou. Existují ale přístupy, které slouží jako guidelines v terapii vývojové dyspraxie.

Prvním je intervenční program členěný do tří vstupů dle Plesse, Carlssona, Sundelina & Perssona (2000):

- General Abilities Approach (přístup všeobecných schopností). Vychází z předpokladu, že základ funkčních motorických dovedností tkví v reflexech, posturálních reakcích a percepčně-motorických schopnostech přiměřených věku.
- Sensory Integration Approach (přístup sensorické integrace). Přístup je charakteristický optimalizací integrace sensorických vjemů v důsledku kinestetického tréninku.
- Specific Skills Approach (přístup specifických dovedností). Zaměřuje se na obratný pohyb, který je výsledkem procesu motorického řízení a motorického učení.

Dalším intervenčním programem je přístup dle Polatajka & Cantina (2005). Ti rozdělují postup dle modelu International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) na dvě kategorie:

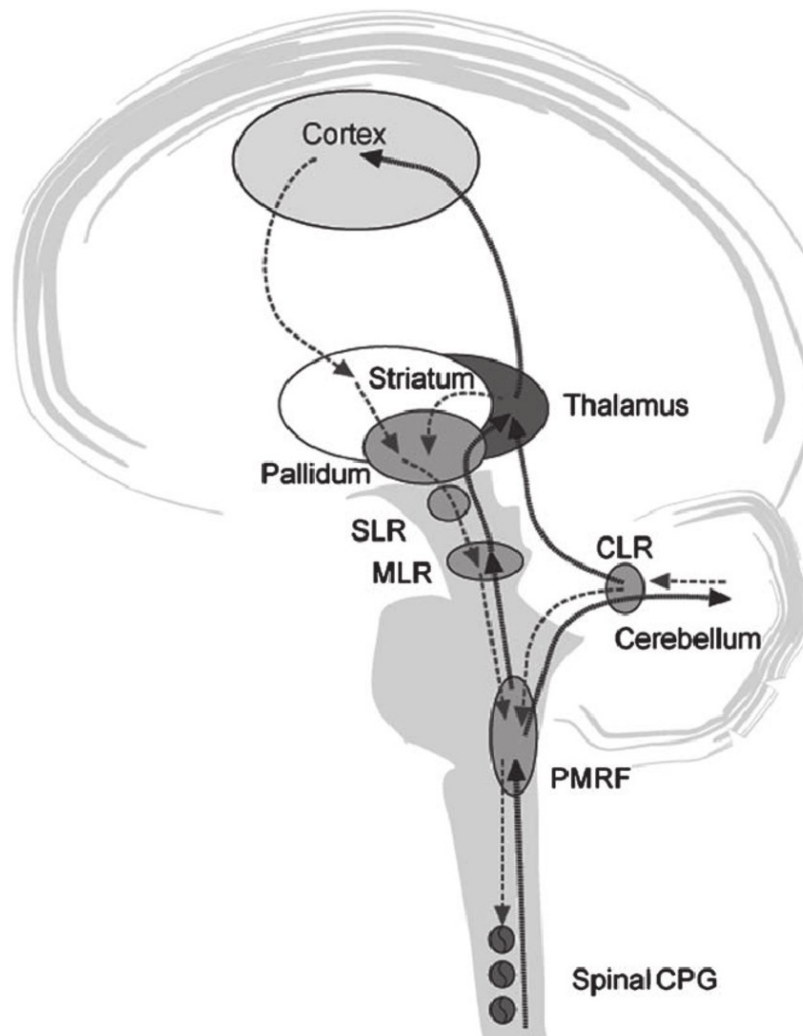
- Deficit-oriented (přístupy orientované na deficit). Znamená pod vlivem různých sensorických modalit provádět pohybový trénink.
- Task-oriented (přístupy orientované na úkol). Skrze trénink dosáhnout zlepšení ve specifických úkolech.

## **1.2 Neurofyziologické řízení posturální kontroly**

Vnitřní a zevní stimuly různým způsobem ovlivňují řízení postury a chůze. Slouží k rozeznání a korekci posturální nestability ve spolupráci s aktivitou mozkové kůry, mozečku a kmene. Ať už je iniciace pohybu volní nebo emoční, cílený pohyb je vždy zajištěn automatickým řízením postury zahrnující vyhodnocování rovnováhy



a regulací svalového tonu. Při motorickém učení nebo pohybu v neznámém prostředí je nutná informovanost o vlastním tělesném schématu a o orientaci v prostoru (Kaoru, 2017).



**Obrázek č. 1:** Schematické znázornění hierarchie lokomočního řízení (Jahn et al., 2008). Na obrázku jsou znázorněny mozkový kmen a mozeček a jejich lokomoční oblasti - mozečková lokomoční oblast (cerebellar locomotor region, CLR), mesencefalická lokomoční oblast (mesencephalic locomotor region, MLR), retikulární formace (ponto-medullary reticular formation, PMRF), subthalamická lokomoční oblast (subthalamic locomotor region, SLR). Dále jsou na obrázku znázorněny centrální spinální generátory pohybu - spinal central pattern

generators (CPG), bazální ganglia, thalamus a mozková kůra. Celé čáry znázorňují ascendentní dráhy, tečkované čáry dráhy descendentní. Skrze striatum a pallidum jsou projektovány signály z mozkové kůry do lokomočních oblastí mozkového kmene. Pokyn k lokomoci je z pallida přenášen skrze SLR do MLR, odtud dále do PMRF, kde se pojí s impulzy z CLR. Z CLR jsou přes bazální ganglia a thalamus informace přenášeny do MLR. PMRF je hlavním místem interakce ascendentních a descendentních drah.

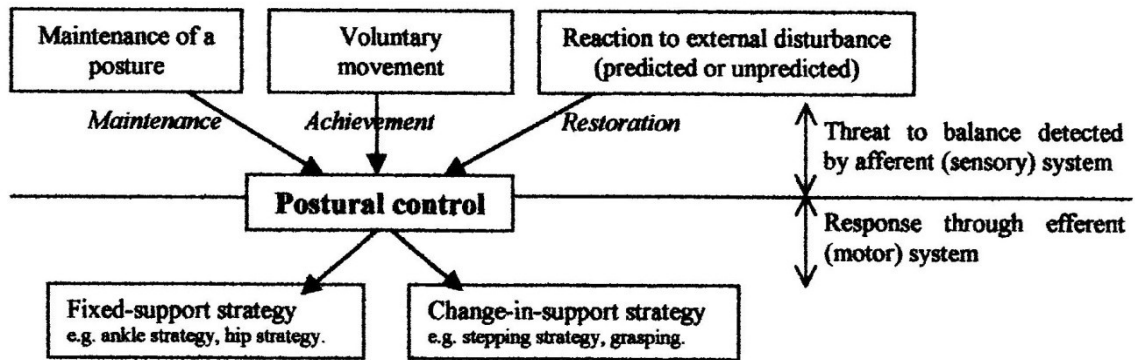
Pro zajištění posturální stability stoje je nutná správná percepce vertikality, jenž je výsledkem souhry vizuálních, somatosenzorických a vestibulárních informací. Vestibulární informace jsou nadřazené ostatním, jelikož vyhodnocují orientaci v gravitačním poli. Není známa konkrétní oblast mozkové kůry, která by zpracovávala pouze podněty z vestibulárního systému. V kombinaci s další aferencí lze vestibulární stimuly rozeznat v oblasti frontálního kortexu, ventrálním intraparietálním kortexu, premotorické oblasti kortexu, somatosenzorickém kortexu, mediální superiorní temporální oblasti kortexu a parietálním vestibulárním kortexu. Právě parietální vestibulární kortex shromažďuje spoje a informace z ostatních oblastí mozkové kůry, které se účastní na zpracování vestibulárních impulzů. Spolu s posteriorním thalameem je parietální vestibulární kortex komplexem tvořící obraz o posturální vertikále (Kaoru, 2017). Dráha, která pravděpodobně vede percepce vertikality, je vestibulo-thalamický trakt, který tak mozkovému kortexu dává multisenzorické informace o prostoru, sebepojetí v prostoru a akceleraci hlavy (Zwergal, Strupp, Brandt & Büttner-Ennever, 2009).

Rovnováha je běžný, nejen odbornou společností užívaný termín. Často bývá asociována s pojmy jako posturální kontrola a stabilita. Terminologie bývá většinou

různě zaměňována a vymezení jednotlivých pojmů tak kolikrát nemusí mít jasný charakter. Dle definic z mechaniky je rovnováha definována jako stav objektu, kdy výslednice působících sil na daný objekt je nulová. Můžeme říci, že objekt je stabilní, spadá-li průmět těžiště (centre of gravity, CoG) do jeho báze (base of support, BoS) (Pollock, Durward, Rowe & Paul, 2000).

U člověka mluvíme o stabilitě jako o vlastnosti udržet, získat nebo obnovit stav rovnováhy za spoluúčasti senzorického a motorického systému. Průmět CoG za hranicemi BoS nazýváme instabilitou. Posturální řízení znamená, že lidský organismus má k dispozici kontrolu nad rovnováhou. U neživých objektů by situace, kdy by se průmět CoG dostal za hranice BoS, znamenala nerovnováhu a pravděpodobně pád. Lidé však skrze svalovou aktivitu mohou působit proti gravitační síle a tak zamezit hrozícímu pádu. Posturální řízení je tak prerekvizitou pro setrvání v nesčetných pozicích a aktivitách (Pollock et al., 2000).

Strategie posturální kontroly jsou tři, buď to reaktivní (kompenzační), prediktivní (anticipační) nebo kombinace obojího. Prediktivní strategie posturální kontroly znamená volní hybnost nebo zvýšenou svalovou aktivitou za předpokladu očekávaného vyrušení. Reaktivní strategie posturální kontroly znamená pohyb či svalovou odpověď na již proběhlé a neočekávané vyrušení. Tyto strategie se uplatňují, když je BoS fixní a průmět CoG taktéž, případně se průmět CoG nedostane za hranice změněného BoS (Pollock et al., 2010).



**Obrázek č. 2:** Schéma posturální kontroly (Pollock, 2000). Schéma znázorňuje koncept řídicích strategií. Horizontální linie vprostřed dělí schéma na poloviny. V horní polovině jsou popsány situace zpracovávány aferentním systémem (udržení postury – maintenance of a posture, volní pohyb – voluntary movement, reakce na externí podnět, očekávaný nebo neočekávaný – reaction to external disturbance, predicted or unpredicted). Dolní polovina schématu znázorňuje odpověď skrze eferentní systém (statická strategie - fixed-support strategy, dynamická strategie – change-in-support strategy).

Nejsou-li tyto podmínky splněny, motorické odpovědi jsou koordinovány v tzv. „ankle strategy“ (kotníková strategie) nebo „hip strategy“ (kyčelní strategie) s cílem udržet anterioposteriorní stabilitu (Cherng, Hsu, Chen & Chen; 2007). Kotníkovou strategií je myšlen pohyb CoG mimo BoS, zatímco kotník zůstává fixní na podložce. Dochází tak v situaci, kdy výchylka je malá a chodidlo stojí na pevné podložce (Horak & Macpherson, 1996; Nashner, 1997). Kyčelní strategie nastává v situacích, kdy výchylka je velká a rychlá, většinou neočekávaná. Pohyb v kyčli je opačný pohybu v kotníku (Horak & Macpherson, 1996; Nashner, 1997). Tyto strategie se uplatňují, zůstává-li po vychýlení BoS neměnné. Je-li vychýlení tak velké a je třeba přizpůsobit BoS, uplatňuje se takzvaný ochranný krok

(Woollacott, 2011). Strategie tak klasifikujeme na statické (kotníková a kyčelní) a dynamické (ochranný krok) (Vařeka, 2002b).

## **Vestibulární systém**

### **Periferní vestibulární systém**

Jedním ze systémů, podílející se na udržení rovnováhy, je ústrojí rovnovážné, které se nachází ve vnitřním uchu. Jedná se o složitý smyslový orgán. Auris interna (neboli vnitřní ucho) je lokalizováno v pyramidě kosti spánkové (pars petrosa ossis temporalis). Zde je tvořeno labyrintem blanitým, který je lokalizovaný v labyrintu kostěném. Dutinami kostěného labyrintu proudí perilymfa, dutiny blanitého labyrintu jsou vyplněné endolymfou (Hudák, Kachlík a kol., 2013).

Kostěný labyrint má tři hlavní složky – vestibulum, v němž se nachází utriculus a sacculus, canales semicirculares ossei, tři vzájemně kolmé polokruhovitě kanálky orientované podle podélné osy pyramidy, a ampullae osseae, lahvicovitá rozšíření na začátku každého kanálku. Utriculus a sacculus jsou váčky, na jejichž stěnách jsou místa zvaná maculae staticae, receptory gravitace. V každé macula staticae jsou smyslové vláskové buňky stereocilie, u nichž je vždy jedna cilie. Buňky jsou zanořené do glykoproteinové vrstvy. Na povrchu zmiňované vrstvy se nachází otolity, krystaly uhličitanu vápenatého různé velikosti. Otolity svojí váhou při pohybu v rámci gravitačního pole deformují cilie a stereocilie. Deformace způsobuje generaci nervových vzruchů přiváděných do CNS dráhou vestibulárního nervu. Touto cestou jsme informováni o lineárním zrychlení a prostoru. Otolitové maculy jsou tak hlavním graviceptorem vestibulárního systému. O rotačním zrychlení dostáváme informace skrze cilie a stereocilie uložených v cristae ampullares, což jsou smyslové útvary v ampulách blanitých polokruhovitých kanálů. Otáčivým pohybem hlavy se

rozpohybuje endolymfa, která ohýbá stereocilie a tak jsou opět generovány nervové vzruchy (Čihák, Druga & Grim; 2004).

### **Centrální vestibulární systém**

Centrální vestibulární systém je tvořen vestibulárními jádry, retikulární formací a mozečkem (Vrabec, Lischkeová, Světlík & Skřivan; 2002). Jsou čtyři hlavní vestibulární jádra – nucleus medius, lateralis, superior a descendens. Z nich vedou dráhy k mozečku, vestibulárnímu thalamu, mozkové kůře a mozečku. Vlákná z polokruhovitých kanálků vestibulárního aparátu končí v nucleis vestibulares superior et medius. Vlákná z utriculu končí v nucleus vestibularis lateralis. Vlákná z celého labyrintu vedou do nucleus vestibularis descendens a odtud do mozečku a retikulární formace (Ambler & Jeřábek, 2008). Pomocí komisurálních spojů jsou propojeny obě strany mozkového kmene (Ganong, 2005).

Informace z vestibulárních jader přijímá hlavně mozeček (Hain, 2011). Slouží jako komplexní systém zajišťující regulaci a zpětnou vazbu. Koordinuje tak sensorické informace a modeluje motorické odpovědi. Otolitové vstupy zpracovává nodulus a nastavuje trvání vestibulo-okulárního reflexu (Hain, 2011). Vestibulo-okulární reflex (VOR) stabilizuje retinální obraz při pohybu hlavy. Uplatňuje se primárně při rychlých pohybech, pomalé pohyby stabilizuje optokinetický systém (Hybášek, 2013).

### **Somatosenzorický systém**

Somatosenzorický systém zahrnuje aferenci ze všech tkání lidského těla a to skrze exteroceptory, propioceptory a enteroceptory. Integrace impulsů

z těchto receptorů zajišťuje orientaci v prostoru a schopnost koordinované motorické odpovědi. Největší význam zaujímá propiocepce, tedy hluboké čítí (Faralli, Longari, Ricci, Ibba & Frenguelli, 2009). Propriocepci dělíme na statickou (statestesie) a dynamickou (kinestésie) (Králíček, 2004).

Hlavní svalový propioceptor je svalové vřetenko. Svazek upravených kontraktálních svalových vláken je vazivově spojen s ostatními svalovými vlákny inervovanými  $\alpha$  motorickým systémem. Má dva kontraktální póly s uprostřed ležícím receptorem reagujícím na změnu napětí (v důsledku tahu kontraktálních pólů). Tyto póly jsou inervovány  $\gamma$  motorickým systémem, který má nastavovací funkci řízenou z retikulární formace. Natažením středového receptoru dochází ke generaci vzruchů. Aktivita je kolaterálně přenášena k motoneuronu a snižuje tak jeho práh dráždivosti. Je-li tato aktivita dostatečná, může dojít k vybavení monosynaptického reflexu. Míchou je informace nesená k antagonistům, jejichž funkce je tak tlumena. Komisurálně aktivita přechází i do druhé strany, kde antagonist je facilitován a agonista inhibován. Skrze řízení formatio reticularis a spojením na mozeček, je laděna úroveň excitability a tím je řízena pohybová koordinace. Práh dráždivosti lze nastavovat i dopředně (Véle, 2006).

Obdobně jako svalové vřetenko funguje Golgiho šlachové tělísko ve šlaše svalu. Aktivace vzniká v důsledku protažení, oproti svalovému vřetenku je však napětí nutné k vyvolání aktivace podstatně větší. Golgiho šlachové tělísko však funguje opačně, než svalové vřetenko. Znamená to tedy, že svou aktivací inhibuje sval vlastní a druhostranného antagonistu, zatímco vlastního antagonistu a druhostranného agonistu facilite. Působí tedy proti svalovému vřetenku a funguje tak jako ochranný prvek, aby nedošlo k poškození systému – „automatický ochranný míšní servomechanismus“ (Véle, 2006).

Vedle svalových vřetének a Golgiho šlachových tělísek slouží k doplnění informací o postuře graviceptory. Mittelstaedt (1996) se na pokusech s rotačním a naklápěcím stolem pokusil prokázat přítomnost graviceptorů v oblasti trupu. K identifikaci trupových graviceptorů testoval 30 probandů, bilaterálních paraplegiků s různými výškami léze od segmentu C5-C6 po L5-S1. Zjistil, že paraplegici s výškou léze od 12. hrudního segmentu kaudálně jsou schopni určit subjektivní horizontální posturu stejně, jako kontrolní vzorek zdravých probandů. Paraplegici s lézí od C6 po Th11 už tuto schopnost neprokázali. Mittelstaedt tak došel k závěru, že aference spojená s gravicepcí vstupuje do míchy v oblasti jedenáctého hrudního segmentu. Spolu s tím vyslovil tezi, že ledviny (v důsledku přítomnosti renálního nervu v tomto segmentu) mohou mít funkci jako statolity a že při nefrektomii dochází ke změně gravicepce. Svou tezi podpořil odkazem na další studie, ale upozornil, že je třeba dalších a hlubších zkoumání.

Také vnitřní orgány a cévy zprostředkovávají percepci gravitace. Ve vazivu mesenteria je velké množství receptorů. Tyto receptory jsou tahové, dávají tedy CNS informaci o síle tahu, nepřímo také o pozici dutiny břišní v prostoru (Vaitl, Mittelstaedt, Saborowski, Stark & Baisch; 2002). Tlakové receptory v cévách také informují o gravitaci. Vaitl et al. (2002) provedli pokus, kterým to ověřili. Při větším množství krve v hrudním koši (zvýšený tlak dolního trupu) testovaní udávali pocit otočení hlavou dolů. V opačné situaci (snížený tlak dolního trupu, menší množství krve v hrudním koši) udávali pocit vzpřímené pozice. Reálná pozice po celou dobu testování však byla neměnná (Vaitl et al., 2002).



## Vizuální systém

Zrak je nejpotřebnějším smyslem člověka. Až na výjimky jsou všechny zrakové funkce kortikalizovány. Optickou komoru tvoří oční bulbus, prostředí tvoří rohovka, čočka, sklivce a komorová tekutina. Sítnice je složena z 10 vrstev. Na nejdorzálnější vrstvě se nachází ve fovea centralis (místo nejostřejšího vidění) čípky a periferně od ní tyčinky. Jsou to fotoreceptory reagující na světlo modré (420nm), zelené (531nm) a červené (558nm). Kombinací těchto základních barev je člověku dána možnost barevné percepce. Dopadem světla na receptor dojde k hyperpolarizaci a vzniku akčního potenciálu (Nevšimalová, Růžička, Tichý et al., 2002).

Dominance vizuálního systému vychází z přijímání informací přímo z retiny, které CNS poskytují nejdetailnější informace o prostoru, ve kterém se daný jedinec nachází. Zatímco ostatní systémy informující o prostoru jsou takzvaně tělo-centrické, což znamená, že jejich funkce je limitovaná pouze na lidský organismus, percepce skrze zrak přesahuje limitu lidského těla a informuje nás o prostoru mimo lidské tělo (Chebat, Rainville, Kupers, & Ptito; 2007).

### *1.2.1 Poruchy rovnováhy u dětí s vývojovou dyspraxií*

U dětí s DCD je běžně snižena kvalita posturálního řízení, obtížné je motorické učení a je narušena senzomotorická koordinace (Geuze, 2005). Tématikou posturálního řízení a rovnovážného řízení se zabývali například Forseth & Sigmundsson (2003), kteří testovali výdrž dětí ve stoji na 1 noze na podlaze a poté na kladině při otevřených a zavřených očích. Děti s vývojovou dyspraxií (n=12, věk 10-11 let) byly schopné na podlaze průměrně vydržet stát při otevřených očích 32s, při zavřených 9s, na kladině při otevřených očích 11s a při zavřených 3s. Kontrolní skupina (n=12) průměrně vydržela stát na podlaze při otevřených očích 50s a zavřených 21s, na kladině

při otevřených očích 24s a zavřených 4s. Geuze (2003) a Przysucha & Taylor (2004) testovali na stabilometru stoj u dětí s DCD při otevřených a zavřených očích. Geuze uvádí pouze lehké výkyvy (o 4.7% laterálně a o 6.6% anteroposteriorně) u dětí s DCD (n=24, věk 6-12 let) v porovnání s kontrolní skupinou. Przysucha & Taylor zjistili, že v klidném stoji v porovnání s kontrolní skupinou je lehce zvýšen laterální výkyv (o 9%) a signifikantně zvýšen anteroposteriorní výkyv (o 25%) a oblast COP je 42% větší u dětí s DCD (n=20, věk 6-11 let). Autoři těchto studií také uvádí, že děti s vývojovou dyspraxií měly podstatně větší problém s plněním úkolů a měření tedy vyžadovalo více pokusů.

Williams, Fisher & Tritschler (1983) pomocí EMG testoval svalovou aktivitu 12 svalů v 7 různých pozicích u dětí s vývojovou dyspraxií. Děti s DCD bylo 6 (věk 4, 6 a 8) a kontrolní skupinou bylo 14 dětí (věk 4, 6 a 8). Vybranými svaly byly dolní porce musculus (dále jen m.) trapezius, m. pectoralis major, m. teres major, zadní část m. deltoideus, m. rectus abdominis, m. erector spinae, m. semitendinosus, m. tibialis anterior, m. soleus, m. gastrocnemius a m. peroneus longus. Děti postupně zaujímal tyto statické pozice – leh na břicho s oporou o lokty, leh na boku, pozice na všech 4 končetinách, klek, klek s nárokem, stoj a stoj na jedné noze. Ačkoliv byly zřejmé interindividuální rozdíly, obecně autoři vyhodnotili podstatně vyšší svalovou činnost u dětí s vývojovou dyspraxií. Větší svalová aktivita byla zřetelnější na dolní porci m. trapezius, zadní části m. deltoideus, m. rectus abdominis, m. gastrocnemius a m. peroneus longus. Podobný pokus s EMG zopakoval i Geuze (2003). Sledoval rozdíl ve svalové koaktivitě peroneálních svalů a m. tibialis anterior u dětí ve stoji na 1 noze. U dětí s DCD (n=24, věk 10 a 12 let) docházelo ke kokontrakci zmiňovaných svalů 2.2x více než u kontrolní skupiny (n=24). Dále zkoumal, jestli bude rozdíl ve stoji na obou dolních končetinách, když testované lehce zezadu trefí balónek.

Zjistil, že zde nebyly žádné statisticky významné rozdíly, pouze děti s DCD potřebovaly více odpočinkového času mezi jednotlivými pokusy.

### **1.2.2 Vyšetření rovnováhy**

Mezi nejobektivnější přístrojové metody k měření stability stoje patří posturografie. Klinicky se posturografie využívá k objektivizaci balančního deficitu u pacientů s poruchami rovnováhy. Tato elektrofyzilogická metoda hodnotí motorické balanční mechanismy podílející se na udržování posturální stability. Posturografii rozlišujeme statickou (stabilometrie) a dynamickou. Dynamickou posturografií rozumíme chůzi a její modifikace nebo pohyb podložky s pacientem. V druhém zmiňovaném případě testujeme schopnost pacienta udržet rovnováhu při narušení zevním stimulem. Z fyzikálního hlediska při stabilometrii působí lidské tělo proměnlivými tlakovými silami na podložku, která reakčními silami působí opačně na tělo. Primární akční síla je tíhová síla, sekundární síly jsou reakční síly svalů přenesené na podložku. Tyto síly reagují na oscilaci těžiště při stoji. Z naměřených hodnot systém určí CoP v antero-posteriorním směru (osa x) a medio-laterálním směru (osa y). Hodnoty jsou zaznamenány numericky i graficky. Grafický záznam se nazývá stabilogram (Vařeka, 2002a; Vařeka, 2002b).

Stabilometrie nemusí být dostatečně validní. Oslabení nebo výpadek jednoho ze systémů udržujících vzpřímenou posturu (vestibulární systém, somatosenzorický systém, zrakový systém) se nemusí projevit okamžitě, ale až při dekompenzaci během zvýšené zátěže. K ozřejmení porušeného systému se využívá selektivního testování – bez zrakové kontroly, použití pěnové podložky a další (Čákr in Kolář et al., 2009).

### 1.3 Neurofyziologické řízení vertikály

Koncept vertikality zahrnuje identifikaci vlastní pozice ve vertikále (subjektivní posturální vertikála) a vertikálu, kterou vnímáme pomocí zraku nebo pomocí dotyku – subjektivní vizuální a haptická vertikála (Schuler, Bockisch, Straumann & Tarnutzer, 2010). Postura vytváří podmínku pro schopnost přesného určení směru gravitace. Posturou nazýváme aktivní držení pohybových segmentů těla proti působení zevních sil (Kolář, 2009). Vnímání směru gravitace je zajištěno skrze otolitový systém (Tarnutzer, Bockisch, Straumann & Olasagasti, 2009). Čítí z tohoto systému je závislé na vzpřímené poloze hlavy. Nejsenzitivnější jsou otolitové orgány právě ve vzpřímené pozici, se změnou dochází ke snížení senzitivity (Dichgans, Diener & Brandt, 1974). Samotný koncept vertikality vzniká v mozkové kůře jako důsledek kombinace modalit z aferentních systémů. Tyto systémy jsou již značně propojeny v prekortikálních etážích. Subjektivní vizuální vertikála závisí na vizuovestibulární informaci, která porovnává předměty v prostoru s objektivní vertikálou. Subjektivní posturální vertikála závisí na graviceptivně-somatosenzorické informaci, díky které jsme schopni určit vzpřímenou polohu. Subjektivní haptická vertikála závisí na taktilním čítí (Pérennou, Piscicelli, Barbieri, Jaeger, Marquer & Barra, 2008).

#### Subjektivní vizuální vertikála

Subjektivní vizuální vertikála vzniká propojením vestibulárních a zrakových informací. Umožňuje nám tak určit směr gravitace v zorném poli. Zdravé osoby určují subjektivní zrakovou vertikálu  $\pm 2^\circ$  od objektivní vertikály (Pérennou et al., 2008). Schopnost určení se bude lišit se změnou hlavy ze vzpřímeného postavení. Broinstein (1999) provedl pokus, kdy testoval schopnost určit vertikálu vleže na boku

v temné místnosti. V této pozici zdraví jedinci nastavovali subjektivní vizuální vertikálu s odchylkou 10-30 stupňů ve směru boku, na kterém leželi. Tento jev se nazývá jako A-efekt (vysvětleno dále v textu). Broinsein předpokládal, že tento jev je zprostředkován spíše somatosenzorickým systémem než vestibulárním, protože se projevuje tendence posouvat vertikálu paralelním směrem k longitudinální ose těla (idiotropický vektor). Při stejných podmínkách byli testováni i pacienti s bilaterální poruchou labyrintu. Nejprve byli pacienti testováni ve vertikální pozici, v níž nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly v naměřených výsledcích. V pozici vleže na boku však A-efekt u pacientů s bilaterální poruchou labyrintu dosahoval dvojnásobných hodnot než u zdravých jedinců. To dle Broinsteina indikuje, že změny v subjektivním vnímání vertikály jsou primárně nevestibulárního charakteru (Broinsein, 1999).

Podobné testování prováděli i další autoři, kteří naopak poukazují na nadřazenost vestibulárního systému. Například Tarnutzer et al. (2009) testovali při různém náklonu schopnost určit subjektivní zřakovou vertikálu. Z výsledků vyplývá, že otolitové signály jsou závislé na postavení otolitového systému, tedy na tom, jaký úhel svírá se zemskou vertikálou. Ačkoliv docházelo ke zvýšení odchylek v určování vertikály při náklonu blížíci se hodnotě 120°, hodnoty těchto odchylek nebyly monotónní. Autoři tak poukazují na to, že se v těchto pozicích nelze z hlediska interpretace výhradně spoléhat na často zmiňované kompenzační efekty.

Těmito efekty jsou myšleny „A-effect“ a „E-effect“. A-effect, pojmenovaný po Aubertovi (jenž ho poprvé zmínil v roce 1861), značí nedostatečnou kompenzaci výchylek otolitového systému při náklonu ve specifických úhlech. Aubert tento efekt publikoval u náklonu většího než 60°, dalšími studiemi byl však prisouzen úhlům v rozmezí 135°-150°. E-effect, popsáný Muellerem v roce 1916, popisuje naopak překompenzovanou odpověď otolitového systému při náklonech ve specifických úhlech.

Tento efekt byl pozdějšími studii shledán minimálním, až chybějícím. Mittelstaedt (1983) navrhl hypotézu, že lze vysvětlit tyto efekty nerovnoměrným zastoupením vláskových buněk v utriculu a saculu (Tarnutzer et al., 2009).

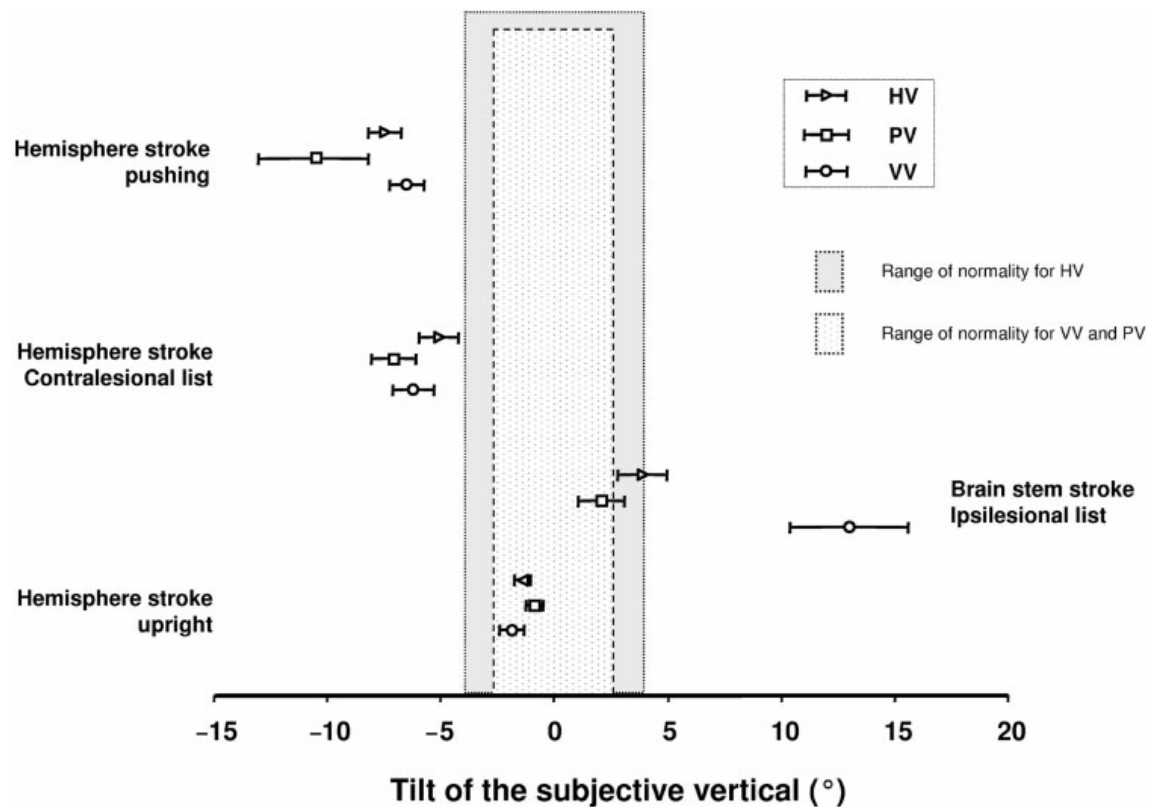
### **Subjektivní haptická vertikála**

Oproti subjektivní zrakové vertikále není tolik prozkoumaná (Böhmer & Mast, 1998). Schopnost jejího určení je závislé na taktilním čítí (Pérennou et al., 2008). Haptická percepce je výsledkem stimulace mechanoreceptorů v kůži, svalech, šlachách a kloubů jako proces manuálního zkoumání objektu v okolí (Schuler et al., 2010). Testovat se ji pokoušelo několik autorů. Tarnutzer, Schuler, Bockisch & Straumann, (2012) zkoumali, co ovlivňuje schopnost určení SHV. Porovnával pohlaví, lateralitu a úchop. Vyšlo, že při rotaci po směru hodinových ručiček docházelo k větším odchylkám ve smyslu hystereze. Schuler et al. (2010) ve své studii zkoumal schopnost určit subjektivní vertikálu při různém sklopení celého těla. Probandi byli připásáni na 3D pohyblivém sedadle tak, aby pouze pravá horní končetina byla volná. Touto končetinou nastavovali tyč do subjektivní vertikály. Měřeno bylo 18 různých pozic za kompletní tmy. Testováním vyšlo, že subjektivní haptická vertikála nebyla příliš přesně určována. Směr rotace signifikantně ovlivňoval chyby v určování. Při rotaci po směru hodinových ručiček odchylka dosahovala  $-11.7^\circ$  ve smyslu hystereze, při opačné rotaci dosahovala  $8.9^\circ$ . Individuální rozdíly byly nejznatelnější v rozmezí  $120^\circ$ - $140^\circ$ .

#### ***1.3.1 Poruchy řízení vertikály***

U zdravých lidí je percepce subjektivní vertikály srovnatelná s gravitační vertikálou. Různá onemocnění mohou ovlivnit percepci vertikality

jak v rovině frontální, tak i sagitální. Ve frontální rovině je častou příčinou změny percepce stav po centrální mozkové příhodě (CMP) (Bonan, Guettard, Leman, Colle & Yelnik ; 2006). Porucha vnímání vlastního těla anebo prostoru u pacientů s CMP je častou klinicky popisovanou jednotkou jako neglect syndrom (Heilman et al., 2011). Běžně jako neglect syndrom považujeme absenci pozornosti určité oblasti těla kontralaterálně k lézi (Mennemaier, 2011). Výzkumy ukazují, že oblasti lézí, u kterých je porušena percepce vertikality, odpovídají oblastem způsobující neglect syndrom, nebo s nimi alespoň sousedí (Utz, 2011). Funk et al. (2011) tvrdí, že v důsledku neglect syndromu dochází k posunu předozadní horizontály, což způsobuje i úklon subjektivních vertikál. Pérennou et al. (2008) provedli rozsáhlou studii, ve které našli souvislosti mezi vnímáním subjektivních vertikál a tzv. lateropulzí a pusher syndromem. Lateropulze (aktivní posturální laterální náklon) a pusher syndrom (aktivní odpor při snaze o korekci lateropulze) jsou výchylky, díky kterým u pacientů po CMP dochází ke ztrátě soběstačnosti a zvyšují riziko pádu. Celkem se studie zúčastnilo 86 pacientů, z toho 35 s lateropulzemi a 6 s pusher syndromem. Následující graf znázorňuje výsledky jejich výzkumu.



**Graf č. 1:** Porovnání modalit vnímání vertikality. Subjektivní zraková vertikála je značena kruhy, subjektivní haptická vertikála trojúhelníky a subjektivní posturální vertikála čtverci. Větší obdélník zobrazuje vnímání subjektivní haptické vertikály, menší subjektivní zrakové a posturální vertikály kontrolního vzorku zdravých lidí ( $n=33$ ). Dále jsou v grafu zaznamenány čtyři skupiny pacientů po CMP. V levé polovině grafu jsou to pacienti s kontralaterální výchylkou, v pravé s ipsilaterální výchylkou (předpony kontra a ipsi v tomto případě znamenají naklánění do prostoru od strany léze). Vlevo nahoře jsou zaznamenány výchyly u pacientů s lateropulzí i pusher syndromem, vlevo uprostřed s lateropulzí bez pusher syndromu a vlevo dole bez lateropulzí i pusher syndromu (Pérennou et al., 2008).

Zajímavým tématem v percepci vertikality je idiopatická skolióza (IS). Dle výsledků studie Simoneau et al. (2009) dochází k chybnému vestibulárnímu



zpracovávání u pacientů s IS. Na rotačním křesle testoval vnímání rotace trupu a vestibulo-okulární reflex (VOR) u 9 pacientů s idiopatickou skoliózou (Cobbův úhel  $28^{\circ}$ - $51^{\circ}$ ) a 13 zdravých jedinců. Ačkoliv nebyl nalezen významný rozdíl ve VOR mezi pacienty s IS a zdravými jedinci, ve vnímání rotace trupu statisticky významný rozdíl byl. Pacienti s IS v porovnání se zdravými jedinci hůře odhadovali velikost rotace trupu po ukončení rotování na rotačním křesle. Ze zjištěných poznatků autoři studie tvrdí, že se těžké deformity páteře mohly vyvinout na základě chybného přenosu vestibulárních informací nebo jejich špatným zpracováním (Simoneau et al., 2009). Podobného závěru se dopracovali i Wiener-Vacher & Mazda (1998). Tvrdí, že porucha otolitového systému může vést k vestibulo-spinální nerovnováze, čímž dochází k narušení posturální kontroly a změně v držení vzpřímené postury, jež způsobuje IS. Testovali 30 dětí s IS (6-15 let, Cobbův úhel  $10^{\circ}$ - $85^{\circ}$ ), 3 děti s kongenitální skoliózou a 12 dětí bylo jako kontrolní skupina (11-15 let). Vestibulární funkci testovali pomocí OVAR (off-vertical axis rotation), jež měří vyváženost otolitového systému. 67% dětí s IS statisticky významně vykazovalo vyšší hodnoty směrové převahy očních pohybů oproti zdravým dětem. Nebyla však nalezena korelace mezi křivkou skoliózy a směrovou převahou pohybů očí (Wiener-Vacher & Mazda, 1998). Diplomová práce Lucie Viktorinové (2010) se zabývala možným vlivem prenatálních faktorů a otolitových funkcí na vznik IS. K vyšetření otolitového systému využila „bucket method“. 46 probandů (23 jedinců s IS, 23 kontrolní skupina, věk 8-18 let) určovali SVV. Výsledky ukázaly, že existuje statisticky významný rozdíl ve vnímání SVV mezi jedinci s IS a zdravými jedinci. Průměrná hodnota odchylky od gravitační vertikály byla u pacientů s IS  $2.46 \pm 0.82^{\circ}$ , u kontrolní skupiny  $1.49 \pm 0.94^{\circ}$ . Korelace mezi křivkou a stranovým vychýlením SVV nebyla nalezena.

Poruchy v percepci vertikality nemusí být nutně záležitostí nějaké patologie. Existují studie, které potvrzují, že stárnutím dochází k nenávratným změnám ve vnímání vertikality. Barbieri, Gissot & Pérennou (2009) testovali 87 zdravých jedinců ve věku 20-97 let. Zjišťovali schopnost určit posturální vertikálu (PV). Byla nalezena zjevná korelace věku a schopnosti určit vertikálu. U probandů starších 50 let ( $n=38$ ) byla PV průměrně určována  $-1.15^{\circ}\pm 1.40^{\circ}$  a u probandů mladších 50 let ( $n=49$ ) byla PV průměrně určována  $-0.45^{\circ}\pm 0.97^{\circ}$ . Výsledky prokazují, že s rostoucím věkem fyziologicky dochází k nižší kvalitě otolitových funkcí. Vliv věku na schopnost určení vertikality bylo také předmětem diplomové práce Jana Kmeťá (2014). Testoval 64 probandů, 30 osob ve věku 20-30 let a 34 osob ve věku 62-89 let. Statisticky významně vyšlo, že skupina mladších probandů lépe určovala subjektivní haptickou vertikálu než skupina starších probandů. Naproti tomu nebyl statisticky významný rozdíl v určování subjektivní zrakové vertikály mezi oběma skupinami.

### ***1.3.2 Vyšetření vertikály***

#### **Vyšetření subjektivní zrakové vertikály**

V porovnání s haptickou nebo posturální vertikálou je subjektivní zraková vertikála nejlépe prozkoumanou vertikálou. Pomocí různých zařízení se měří jak ve statických, tak dynamických podmínkách. Při měření je důležité co nejvíce eliminovat vnější vlivy, především ty ovlivňující zrakovou aferenci. Jelikož má subjektivní zraková vertikála největší afinitu k vestibulárnímu systému, měla by percepce SVV být součástí vyšetření obecné funkce vestibulárního aparátu (Böhmer, Mast, 1998).

Vyšetření statické subjektivní zrakové vertikály se provádí v zatemněné místnosti. Pomocí ovladače proband uvádí 50cm dlouhou osvětlenou tyč z vychýlené

pozice do své SVV (Faralli et al., 2011). „Sférický dóm“ je další metodou, jakou lze testovat statickou zrakovou vertikálu. Hlava probanda je umístěna do polokoule průměru 60cm. Uprostřed dómu (30cm) je umístěna tyčka, kterou vyšetřovaný pomocí ovladače navádí do své SVV (Strupp, Arbusow, Maag, Gall & Brandt, 1998). Levnou a rychlou alternativou k testování subjektivní zrakové vertikály je kbelíková metoda („bucket method“), publikovaná Zwergalem et al. (2009). Bucket method byla využita v experimentální části této diplomové práce, je popsána v kapitole Metodika. K vyšetření dynamické subjektivní zrakové vertikály se využívá stejných přístrojů, rozdílné je akorát provedení, kdy je pohybováno pozadím nebo vyšetřovaným (Pérennou et al., 2008).

### **Vyšetření subjektivní haptické vertikály**

Subjektivní haptická vertikála je testována pomocí tyče, kterou vyšetřovaný otáčí pomocí horní končetiny. Tyč je spojena s úhlovým snímačem, který tak měří odchylku od objektivní vertikály. Během měření je důležité zamezit zrakovou kontrolu, nejlépe zakrytím očí, nebo alespoň tak, aby pacient neviděl na končetinu určující vertikálu (Bronstein et al., 2003). Podobný design přístroje byl přejat i pro experimentální část této diplomové práce, je blíže popsán v kapitole Metodika.

## 2 CÍLE A HYPOTÉZY

Cílem práce bylo zpracovat přehled problematiky vývojové dyspraxie, v experimentální části jsme vyšetřili 35 dětí pomocí testovací baterie MABC-2 (7 dětí spadalo do 1. pásma, 9 do 2. pásma a 19 do 3. pásma). Dále jsme u všech dětí vyšetřili vnímání subjektivní zrakové a haptické vertikály. Cílem práce bylo zjistit, zda se liší vnímání subjektivní zrakové vertikály a subjektivní haptické vertikály mezi dětmi v 1. a 3. pásmu dle MABC-2.

V práci byly stanoveny následující hypotézy:

**H1:** Jedinci dosahující v MABC-2 testu 3. pásma se budou statisticky významně lišit ve vnímání subjektivní zrakové vertikály ve srovnání s jedinci dosahující v MABC-2 testu 1. pásma.

**H2:** Jedinci dosahující v MABC-2 testu 3. pásma se budou statisticky významně lišit ve vnímání subjektivní haptické vertikály ve srovnání s jedinci dosahující v MABC-2 testu 1. pásma.

### 3 METODIKA

Experiment byl rozdělen do dvou částí. V první části jsme všechny probandy otestovali pomocí testovací baterie MABC-2. V druhé části jsme vyšetřili percepci subjektivní zrakové a haptické vertikály. Testování proběhlo v prostorách základní školy Ratibořická v Praze.

#### 3.1 Probandi

Vyšetřili jsme žáky 8. a 9. ročníků, kalendářního věku 13-15 let. Průměrný věk byl 14 let  $\pm$  1.25. Skupinu tvořilo celkem 35 probandů, z toho 24 dívek a 11 chlapců. Pravá horní končetina byla dominantní v 31 případech, ve 4 případech levá horní končetina. Dominanci vyplnili probandi do anamnestického dotazníku, dále byla ověřena podpisem. Před samotným testováním žáci vyplnili anamnestický dotazník, aby byly vyloučeny jakékoliv poruchy, které by ovlivnily výsledky testování (například zrakové vady aj.)

Všechny osoby zúčastněné v testování byly předem seznámeny s průběhem studie a souhlasily se svou účastí. Zákonní zástupci podepsali informovaný souhlas.

#### 3.2 MABC-2

Testování probíhalo dle manuálu přiloženého v MABC-2. Komponenty testování pro kategorii 11-16 let (AB 3) jsou následující:

Komponenta MD

- MD 1: otáčení kolíčků. Měříme čas, za jakou dobu dítě postupně vytáhne a zasune otočený kolíček jednou rukou, zatímco druhou rukou fixuje desku se zbývajících kolíčky. To provede pro všechny kolíčky. Testujeme obě ruce, zaznamenávána je preferovaná ruka.
- MD 2: trojúhelník s maticemi a šrouby. Měříme čas, za jak dlouhou dobu dítě sestaví trojúhelník.

- MD 3: kreslení cesty. Cílem úkolu je, aby dítě co nejpřesněji kreslilo souvislou čáru. Může čáru přerušit, ale musí napojit v místě, kde přerušilo. Penalizují se přesahy a natočení papíru o více než 45°.

#### Komponenta AC

- AC 1: chytání jednou rukou. Ze vzdálenosti 2m hází testovaný míček o stěnu, který po odrazu chytá jednou rukou. Testovány jsou obě HKK.
- AC 2: házení na terč. Hodem jedné ruky se dítě snaží trefit červený terč přilepený na stěně.

#### Komponenta BAL

- BAL 1: rovnováha na dvou deskách. Měří se výdrž stoje dítěte na úzké desce. Maximum je 30s, stoj se měří v pevné sportovní obuvi.
- BAL 2: chůze vzad s dotykem špička-pata. Dítě po nalepené pásce kráčí vzad, špička nohy se musí při kroku dotýkat paty nohy stojné. Test je prováděn v pevné sportovní obuvi.
- BAL 3: poskoky na podložkách. Testovaný jedinec skáče šikmo z jedné podložky na druhou. Testují se obě DKK, test je prováděn v pevné sportovní obuvi.

### 3.3 Vyšetření subjektivní zrakové vertikály

Subjektivní zraková vertikála byla měřena pomocí takzvané „bucket method“, metodou navrženou a publikovanou Zwergalem (2009). K testování byl použit bílý kyblík, na jehož zevní straně dna byl z jedné strany připevněn úhломěr. Ve středu úhломěru pak byla připevněna olovnice. Vnitřní strana dna byla černá, protínala ji bílá linie, která spojovala 0° a 180° tak, aby to vyšetřovaný nebyl schopný rozeznat.



**Obrázek č. 3:** Zařízení na testování subjektivní zrakové vertikály. Pohled z vnější strany.



**Obrázek č. 4:** Zařízení na testování subjektivní zrakové vertikály. Pohled dovnitř.

Samotné testování probíhalo ve vzpřímeném sedu. Proband měl nohy v kontaktu se zemí, nohy na širší pánve od sebe. V kyčelních, kolenních a hlezenních kloubech byla flexe  $90^\circ$ . Trup a hlava zůstaly nefixované, obličej byl těsně za hranicí válce používaného kyblíku tak, aby vyšetřovanému byla znemožněna optická orientace v okolí. Provedeno bylo celkem 6 měření, 3 měření po směru hodinových ručiček, odchylka definovaná jako clockwise (CW), a 3 měření proti směru hodinových ručiček, odchylka definovaná jako counterclockwise (CCW).

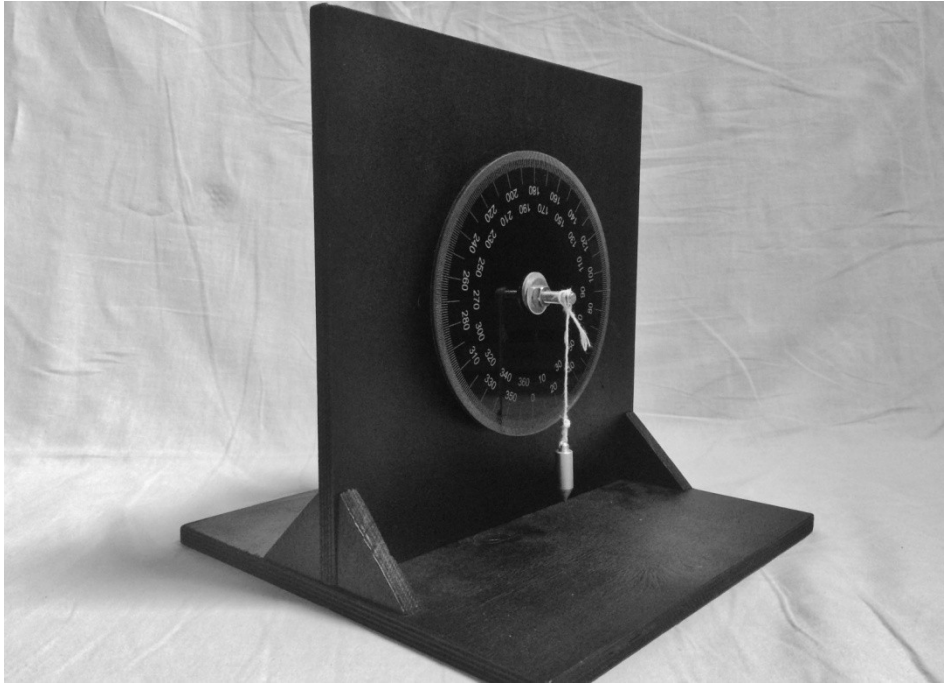
Počáteční vychýlení bylo nastaveno vyšetřujícím, pokaždé v jiné pozici. Poté testovaný otáčel kyblíkem tak, aby nastavil kyblík do pozice, která dle jeho subjektivního pocitu odpovídala vertikále. Tím testovaný určil subjektivní zrakovou vertikálu. Výsledná hodnota odpovídala vychýlení kyblíku po zastavení otáčení. Ze změřených pokusů jsme hodnotili průměrnou hodnotu.

### **3.4 Vyšetření subjektivní haptické vertikály**

K určení subjektivní haptické vertikály bylo vytvořeno zařízení, které se skládalo z madla na straně jedné a z úhloměru s olovnici na straně druhé tak, aby vyšetřovaný nemohl vidět naměřené hodnoty. Vše bylo připevněno na pevné desce stojící na podstavci, při měření bylo zařízení položeno na stole. Úhloměr s olovnici byl s madlem propojen tak, aby olovnice při jakémkoliv vychýlení stále ukazovala směr vektoru geofyzikálního směru gravitace.

Určení výchyly probíhalo stejně jako u předchozího měření. Design přístroje byl přejet dle přístroje využitého ve studii Precision and accuracy of the subjective haptic vertical in the roll plane (Schuller et al., 2010).





**Obrázek č. 5:** Zařízení na testování subjektivní haptické vertikály. Pohled na stranu s úhломěrem.



**Obrázek č. 6:** Zařízení na testování subjektivní haptické vertikály. Pohled ze strany.

Testování probíhalo ve vzpřímeném sedu, nastavení těla bylo stejné, jako u testování subjektivní zrakové vertikály. Paži vyšetřované HK držel vyšetřovaný u těla, 90° flexe v loketním kloubu, zápěstí v neutrální poloze. Madlo přístroje držel palmárním úchopem, palec v opozici. Dlouhá osa předloktí byla stejně vysoko, jako byla osa otáčení přístroje. Provedeno bylo celkem 6 měření, 3 měření po směru hodinových ručiček a 3 měření proti směru hodinových ručiček, stejně jako u předchozího testování. Při tomto měření byly zakryté oči, aby byla vyloučena zraková kontrola.

Počáteční vychýlení madla bylo nastaveno vyšetřujícím, pokaždé v jiné pozici. Poté testovaný otáčel madlem tak, aby nastavil madlo do pozice subjektivně odpovídající vertikále. Výsledná hodnota odpovídala vychýlení madla po zastavení otáčení. Ze změřených pokusů jsme hodnotili průměrnou hodnotu.

### **3.5 Statistické zpracování dat**

Získaná data byla zpracována v programu Excel 2012 (Microsoft, USA) a v programu STATISTICA 12 (Statsoft, USA). Statistická analýza byla provedena pomocí Mann-Whitneyova testu. Hladina statistické významnosti byla stanovena při  $p \leq 0.05$ .

## **4 VÝSLEDKY**

### **4.1 MABC-2**

Prvního pásma (zelené) výkonnostně dosáhlo 7 dětí, druhé pásmo (oranžové) výkonnostně dosáhlo 9 dětí, třetí pásmo (červené) výkonnostně dosáhlo 19 dětí. Dosažené výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách. V levém sloupci jsou uvedena čísla probandů, v prostředním jejich celkové dosažené skóre a v pravém sloupci pásmo, kterého probandi dosáhli.

Proband	Celkové skóre	Pásmo
1	76	1
2	77	1
3	75	1
4	77	1
5	77	1
6	78	1
7	78	1
8	65	2
9	68	2
10	67	2
11	70	2
12	63	2
13	65	2
14	66	2
15	65	2
16	68	2
17	56	3
18	51	3
19	59	3
20	54	3
21	53	3
22	54	3
23	39	3
24	51	3
25	55	3
26	58	3
27	54	3
28	61	3
29	55	3
30	59	3
31	56	3
32	45	3
33	54	3
34	59	3
35	41	3

**Tabulka č. 1:** Celkové testové skóre probandů v jednotlivých pásmech MABC-2.

## 4.2 Určení SVV a SHV jednotlivých probandů

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty výchylek při určování subjektivní zrakové a haptické vertikály jednotlivých probandů. V levých sloupcích jsou uvedena čísla probandů a pásma, ve kterých se umístili. Další sloupce jsou rozděleny na průměrné hodnoty vychýlení pro subjektivní zrakovou vertikálu (SVV) a subjektivní haptickou vertikálu (SHV). Dále jsou sloupce děleny na výchylky ve směru otáčení po směru hodinových ručiček (CW) a otáčení proti směru hodinových ručiček (CCW).

Pásmo (MABC- 2)	Proband	SVV		SHV	
		CW	CCW	CW	CCW
1	1	0°	0.67°	24.67°	10.67°
1	2	1.50°	1.83°	11.83°	3.67°
1	3	-0.33°	0.17°	5.17°	2.67°
1	4	0.17°	1.50°	1.67°	2.33°
1	5	3.83°	0°	8.50°	3.67°
1	6	2°	0.83°	1.67°	4.67°
1	7	1.83°	0.67°	2.50°	-2°
2	8	1.83°	0°	7.83°	2.83°
2	9	2.17°	1.17°	1.33°	0.50°
2	10	1.17°	1.50°	8.50°	6.50°
2	11	0.67°	0.50°	5.50°	4.50°
2	12	-1.33°	3°	15.50°	1.17°
2	13	3°	-1.17°	7.67°	6.17°
2	14	1.17°	0.5°	8.67°	-4.33°
2	15	3.67°	-2.33°	7.67°	10.17°
2	16	4.33°	4.67°	3°	2.33°
3	17	2.33°	7.67°	10.67°	4.67°
3	18	4°	0°	1.33°	-0.83°
3	19	0.67°	1°	8.50°	4.50°
3	20	1.50°	1.83°	4.50°	-1.83°
3	21	1.33°	-0.50°	10.83°	8°
3	22	3.83°	-1°	7.50°	3.67°
3	23	0.33°	0°	12.17°	3°
3	24	1°	-1°	1.33°	5.33°
3	25	-0.67°	3°	11.83°	2.17°
3	26	0°	2.17°	9.67°	7.33°
3	27	1.17°	1.17°	2.17°	8°
3	28	1.17°	0.33°	12.33°	7.50°
3	29	0.67°	0.50°	4.67°	3.33°
3	30	3°	-1.17°	10°	-0.33°
3	31	3.50°	-1.17°	7.50°	5.50°
3	32	0.83°	-0.17°	9.83°	9.83°
3	33	0.67°	0°	7.50°	3.33°
3	34	2.17°	0.33°	-2.17°	5.67°
3	35	0.83°	0.17°	14.83°	2.50°

**Tabulka č. 2:** Průměrné hodnoty výchylek při určování subjektivních vertikál všech probandů.

### 4.3 Určení SVV a SHV v rámci jednotlivých pásem MABC-2

V následujících tabulkách jsou statisticky zpracované průměrné hodnoty výchylek při určování SVV a SHV u jednotlivých pásem. Sloupce tabulky jsou děleny na hodnoty pro subjektivní zrakovou vertikálu (SVV) a na hodnoty pro subjektivní haptickou vertikálu (SHV). Sloupce jsou dále děleny na hodnoty pro výchylky při otáčení po směru hodinových ručiček (CW) a proti směru hodinových ručiček (CCW). V řádku průměr hodnoty znamenají průměrnou hodnotu ze všech měřených pokusů probandů daného pásma, SD je směrodatná odchylka, medián je střední hodnota výchylek daného pásma.

1. pásmo MABC-2	SVV		SHV	
	CW	CCW	CW	CCW
průměr	1.29°	0.81°	8.00°	3.67°
SD	1.49°	0.66°	8.28°	3.76°
medián	1.50°	0.67°	5.17°	3.67°

**Tabulka č. 3:** Statistické zpracování výsledků prvního pásma.

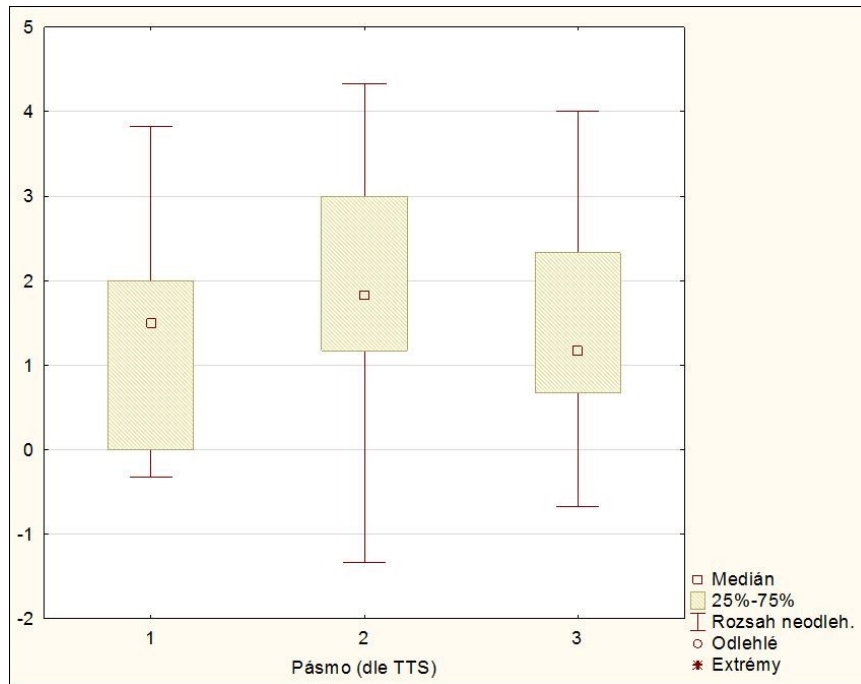
2. pásmo MABC-2	SVV		SHV	
	CW	CCW	CW	CCW
průměr	1.85°	0.87°	7.30°	3.32°
SD	1.71°	2.09°	4.01°	4.17°
medián	1.83°	0.50°	7.67°	2.83°

**Tabulka č. 4:** Statistické zpracování výsledků druhého pásma.

3. pásmo MABC-2	SVV		SHV	
	CW	CCW	CW	CCW
průměr	1.49°	0.69°	7.63°	4.28°
SD	1.31°	2.04°	4.54°	3.15°
medián	1.17°	0.17°	8.50°	4.50°

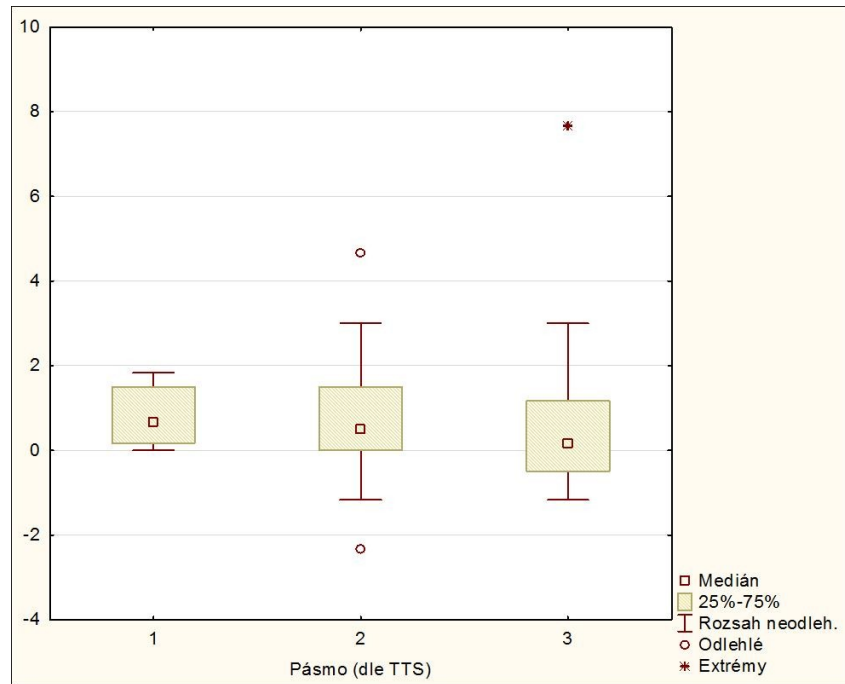
**Tabulka č. 5:** Statistické zpracování výsledků třetího pásma.

Následující grafy porovnávají schopnost vnímání vertikál dle jednotlivých pásem, kterých děti dosáhly v MABC-2. Jedná se o box-plot grafy, kde každý graf znázorňuje jednotlivé pásmo. Vlevo je první pásmo, uprostřed druhé a vpravo třetí pásmo. Osa y udává odchylky v určování dané vertikály.

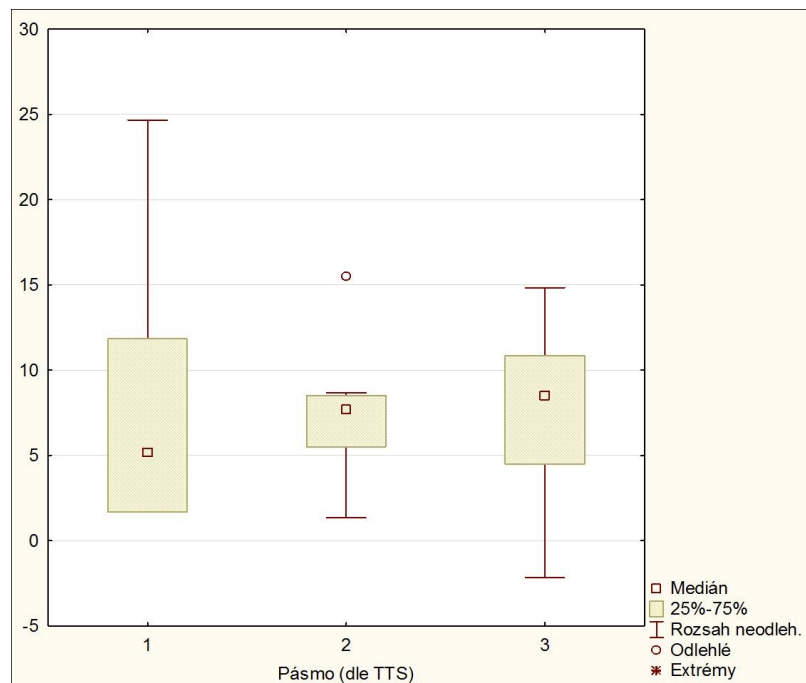


**Graf č. 2:** Srovnání percepce subjektivní zrakové vertikály při rotaci po směru hodinových ručiček jednotlivých pásem dle MABC-2.

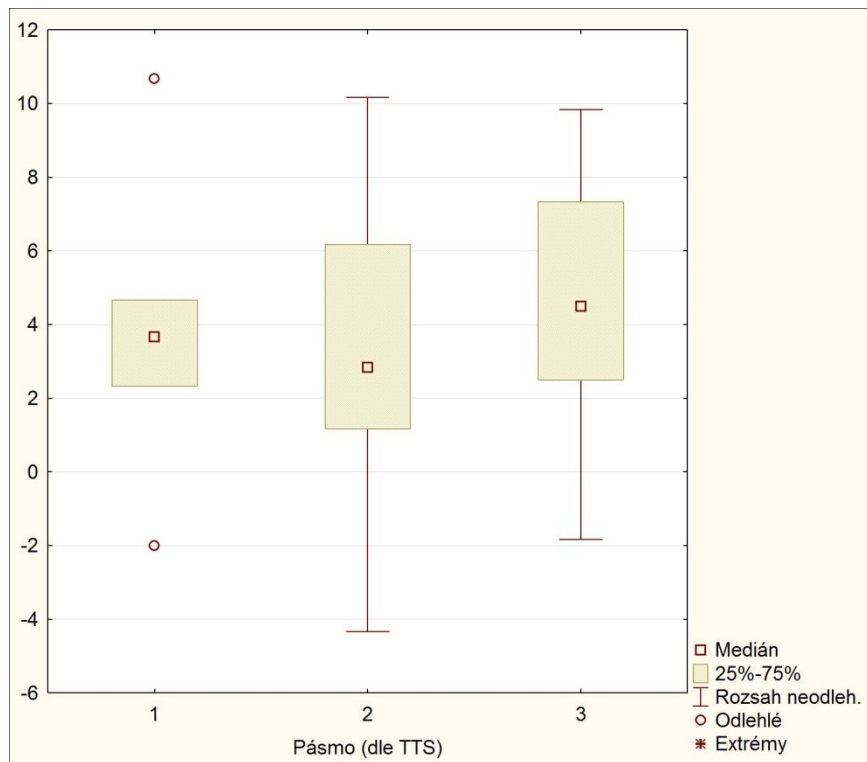




**Graf č. 3:** Srovnání percepce subjektivní zrakové vertikály při rotaci proti směru hodinových ručiček jednotlivých pásem dle MABC-2.



**Graf č. 4:** Srovnání percepce subjektivní haptické vertikály při rotaci po směru hodinových ručiček jednotlivých pásem dle MABC-2.



**Graf č. 5:** Srovnání percepce subjektivní haptické vertikály při rotaci proti směru hodinových ručiček jednotlivých pásma dle MABC-2.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že stanovené hypotézy H1 a H2 nebyly potvrzeny. Znamená to, že námi testovaný vzorek probandů vnímá subjektivní zrakovou a haptickou vertikálu srovnatelně s kontrolní skupinou.

## 5 DISKUZE

Vývojová dyspraxie postihuje motorický projev člověka a má široké spektrum projevů. Její diagnostika z tohoto důvodu obtížná. Nejsou známy přesné mechanismy, díky kterým bychom uspokojivě objasnili příčinu vývojové dyspraxie. Většina studií, zabývajících se problematikou DCD, vychází z předpokladu, že se jedná o změněnou schopnost zpracovávat a vyhodnocovat aferentní informace přicházející do CNS. Naše práce se opírá o tento předpoklad. Pomocí klinicky jednoduchých testů jsme se snažili najít spojitost mezi vnímáním subjektivní zrakové a haptické vertikály, představující aferentní modality, a vývojovou dyspraxií.

V rámci našeho testování hovoříme o vývojové dyspraxii, ale pro přesnost bychom měli užívat spíše termín „předpoklad pro vývojovou dyspraxii“. Abychom ji mohli přesně diagnostikovat, vyšetřování probandi by museli splňovat kritéria dle současného diagnostického manuálu DSM-V. Ačkoliv je běžné, že studie zabývajících se problematikou DCD svou diagnostiku vývojové dyspraxie opírají pouze o testovací baterie testující motoriku jedince. Naši zvolenou testovací baterií byl test MABC-2. V oddíle věnovaném diagnostice vývojové dyspraxie bylo popsáno, že tato testovací baterie patří mezi klinický standard. Samotní autoři MABC-2 (Henderson et al.) poukazují na nízkou senzitivitu této baterie – k diagnostice vývojové dyspraxie je třeba širšího testování, doplněného o další testy zahrnující vyšetření neurologem, psychologem aj. Děti jsou na základě MABC-2 klasifikovány pouze podle jejich motorických dovedností, což nemusí zcela vypovídat o skutečnosti, zda má dítě vývojovou dyspraxii. Na nízkou senzitivitu MABC-2 upozorňují i jiní autoři. Například Steinman, Mostofsky & Denckla (2010) nebo O'Hare, Gorzkowska & Elton (1999) poukazují, že by MABC-2 měl být doplněn o test provedení gest podle verbálního povelu. Takovým testem může být např. Míkův orientační test dynamické

praxe (1982), který testuje osm situací vedených verbálními instrukcemi. Vedle MABC-2 bývá k diagnostice vývojové dyspraxie často užíván také BOTMP-2. Jeho popis je uvedený v teoretické části. Pro svou náročnost na provedení a nedostupnost nebyl zvolen pro náš experiment. V několika studiích byl také využit test SOT – sensory organization test. Příkladem může být studie Fonga, Leeho & Panga (2011), kteří porovnal výsledky z MABC-2 a SOT. Z obou testování vzešlo, že jsou znatelně nižší výkony ve statické i dynamické rovnováze. V sensory organization testu se testuje šest různých balančních situací, kdy v každé situaci se uplatňuje jiný poměr aferentace ze sensorických systémů. Výsledků této studie ukazují, že děti s DCD vykazují dezorganizace při situacích kdy je dominantní vstup z vizuálního a vestibulárního systému.

Několik studií testovalo organizaci sensorických vstupů pro řízení rovnováhy u dětí s vývojovou dyspraxií, například Cherng et al., 2007; Grove & Lazarus., 2007; Inder & Sullivan, 2005, avšak výsledky se výrazně liší. Například Inder & Sullivan (2005) jako první podali zprávy o poruše integrace sensorických vstupů. Při jejich testování všichni testovaní prokazovali sníženou kvalitu somatosenzorických, vizuálních i vestibulárních vstupů. Naproti tomu Grove & Lazarus (2007) ve své studii poukazují na výsledcích testování na nedostatečnost vestibulárních informací a zároveň zvýšení nároků na zbylé dva systémy. Studie Chernga et al. (2007) zase tvrdí, že není signifikantní rozdíl v kvalitě funkce všech tří systémů mezi zdravými a dětmi s vývojovou dyspraxií. Otázka organizace sensorických vstupů u dětí s vývojovou dyspraxií tak zůstává nezodpovězena. Je však známo, že u dětí s DCD je podstatně méně jednotné a konzistentní řízení regulace svalového tonu (Huh, Williams & Burke, 1998). Neuromuskulární deficit tak může ovlivňovat motorické strategie. Studie motorických strategií pro udržení rovnováhy se tak může jevit

jako perspektivní diagnostický způsob, protože jakékoliv změny v postuře pozmění senzorickou zpětnou vazbu a tak více ovlivní posturální stabilitu (Black, Shupert, Horak & Nashner.; 1988; Horak, Nashner & Diener; 1990). Bair, Kiemel, Jeka & Clark (2012) testovali posturální stabilitu u dětí s vývojovou dyspraxií. Zjistili, že děti s DCD dosahují schopnosti zpracovávat aferentní modality ve věku 10.8 let, zatímco zdravé děti tyto dovednosti vykazují již ve věku 4.2 let. Autoři studie uvádějí, že multisenzorická integrace je u dětí s DCD výrazně opožděná.

Statisticky jsme zpracovali získaná data z měřených pokusů v určování subjektivní zrakové a haptické vertikály. Výsledky neprokázali statisticky významné rozdíly mezi vyšetřenými skupinami. Také porovnání nejlepších pokusů neukázalo statisticky významné rozdíly mezi vyšetřenými skupinami. Naše výsledky tedy ukazují, že děti s predispozicemi k vývojové dyspraxii nevnímají subjektivní zrakovou a haptickou vertikálu jinak, než děti bez predispozice k DCD. V rámci našeho testování probíhalo testování subjektivní zrakové a haptické vertikály za statických podmínek. Jak již bylo popsáno v teoretické části práce, vertikality lze testovat i dynamickým způsobem. Nabízí se tak otázka, zdali by výsledky dynamického testování odpovídaly výsledkům testování statického. Dále se nabízí otázka, jak by ovlivnil výsledky fakt, kdyby vyšetření subjektivní haptické vertikály probíhalo ve více rovinách. V našem testování byla povolena probandům pouze jedna rovina, transverzální (roll), ve které prováděli rotační pohyb, tedy pronaci a supinaci, čímž určovali subjektivní haptickou vertikálu.

Tato diplomová práce vznikla v rámci projektu, jehož konečným cílem je vytvořit testovací baterii, díky které by se dala diagnostikovat vývojová dyspraxie u dospělých. Jelikož testovací baterie pro dospělé neexistuje, bylo třeba vycházet z dosavadních poznatků. Studie Hsu, Kuan & Young (2009) vyhodnocuje vývoj

balančních schopností dětí využitím stabilometrie. Testováno bylo celkem 251 zdravých dětí ve věku 3-12 let (136 chlapců a 115 dívek). Kontrolní skupinu tvořilo 23 zdravých dospělých jedinců věku 31-33 let (9 mužů a 14 žen). Stabilometricky byly vyhodnocovány čtyři různé situace – stoj na rovném povrchu nejprve s otevřenými očima, poté se zavřenými, dále stoj na pěnové podložce s otevřenými očima a poté se zavřenými. Autoři této studie uvádějí, že věk je zásadním faktorem v určení funkčního vývoje rovnovážného systému člověka. Dle výsledků studie by měl věk 12 let odpovídat svou funkcí rovnovážnému systému dospělého. Na základě poznatků z výše uvedené studie jsme vymysleli koncept této diplomové práce. Pokud by výsledky měření byly statisticky významné, mohli bychom tohoto faktu využít k diagnostice motorické predispozice dospělého člověka pro vývojovou dyspraxii. Výsledky našeho měření statisticky významné nejsou. Znamená to, že u dospělých jedinců statické měření subjektivní zrakové a haptické vertikály nemusí reflektovat přítomnost motorické predispozice k vývojové dyspraxii.

V rámci studie jsme nebyli schopni zajistit pokaždé stejné podmínky testování. Jelikož testování probíhalo v prostorách základní školy, byli jsme limitováni režimem vyučování. Naše testování bylo podřízeno školnímu rozvrhu, obsazeností tříd apod. To znamená, že během jednoho dne jsme probandy otestovali pouze MABC-2 testem, další den jsme prováděli další měření. Výsledky měření tak mohly ovlivnit faktory jako např. rozdílné psychické ladění v testovacích dnech, různá míra únavy, schopnost koncentrace a zájmu aj. Pokud to bylo jen možné, snažili jsme se během měření zajistit co nejpodobnější podmínky a co nejstriktněji jsme dodržovali nastavené testovací protokoly.

Optimální by bylo zajistit veškeré testování v jeden den, pokud možno všem a za stejných podmínek. Naše výsledky mohou být ovlivněny také počtem vyšetřených

probandů. Ideální by bylo zajistit více probandů a to hlavně tak, abychom získali stejný počet dětí v každém pásmu. Různé zastoupení dětí v jednotlivých pásmech MABC-2 může mít dopad na statistické výsledky. V prvním pásmu bylo 7 dětí, zatímco ve třetím pásmu jich bylo 19. Pro statistickou analýzu by bylo vhodné, aby byl v každém pásmu stejný počet dětí.

## ZÁVĚR

V diplomové práci jsme shrnuli teoretické poznatky o vývojové dyspraxii, neurofyziologickém řízení postury a vnímání vertikály. V experimentální části jsme testovali motorickou zdatnost skupiny dětí 13 -15 let pomocí testu MABC-2 a dále jsme vyšetřili subjektivní zrakovou a haptickou vertikálu. Cílem bylo zjistit, zda existuje rozdíl ve vnímání vertikály mezi dětmi zařazenými v jednotlivých pásmech MABC-2. Výsledky našeho testování ukazují, že není statisticky významný rozdíl v percepci subjektivní zrakové a haptické vertikály mezi zdravými dětmi a dětmi s predispozicí k vývojové dyspraxii. V diskuzi jsme naše výsledky porovnali s výsledky zahraničních studií.



## REFERENČNÍ SEZNAM

- AMBLER, Z. & JEŘÁBEK, J. *Diferenciální diagnóza závratí*. 2. vyd. Praha: Triton, 2008, 229 s. ISBN 978-80-7387-127-7.
- AYRES, A. J. *Sensory integration and the child: understanding hidden sensory challenges*. Los Angeles: Western Psychological Services 2005.
- AYRES, A. J. The development of perceptual-motor abilities: a theoretical basis for treatment of dysfunction. *American Journal of Occupational Therapy*. 1963, vol. 17 issue 6, s. 221-225.
- BAIR, W. N., T. KIEMEL, J. J. JEKA & J. E. CLARK. Development of multisensory reweighting is impaired for quiet stance control in children with developmental coordination disorder (dcd). *PLoS ONE*. 2012, vol. 7. DOI: 10.1371/journal.pone.0040932.
- BLACK, F. O., C. L. SHUPERT, F. B. HORAK & L. M. NASHNER. Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders. *Progress in Brain Research*. 1988, vol 76, s. 263-275. DOI: 10.1016/S0079-6123(08)64513-6.
- BLANK, R., B. SMITS-ENGELSMAN, H. POLATAJKO & P. WILSON. European Academy for Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version)\*. *Developmental Medicine*. 2012, vol. 54, issue 1, s. 54-93. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.04171.x.
- BO, J. & C. M. LEE. Motor skill learning in children with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*. 2013, vol. 34, issue 6, s. 2047-2055. DOI: 10.1016/j.ridd.2013.03.012.
- BONAN, I. V., E. GUETTARD, M. C. LEMAN, F. M. COLLE & A.P. YELNIK. Subjective visual vertical perception relates to balance in acute stroke. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006, vol. 87, issue 5, s. 642-646. DOI: 10.1016/j.apmr.2006.01.019.
- BRONSTEIN, A. M., D. A. PERENNOU, M. GUERRAZ, D. PLAYFORD & P. RUDGE. Dissociation of visual and haptic vertical in two patients with vestibular nuclear lesions. *Neurology*. 2003, vol. 61, issue 9, s. 1260-1262. DOI: 10.1212/01.WNL.0000086815.22816.DC.
- BRUININKS R. H., B. D. BRUININKS. *Test of Motor Proficiency – second edition manual*. Minneapolis: AGS Publishing. Circle Pines, 2005.
- CAÇOLA, P. Movement difficulties affect children's learning: an overview of developmental coordination disorder (DCD). *Learning Disabilities: A Multidisciplinary Journal*. 2014, col. 20, s. 98-106. DOI: 10.18666/LDMJ-2014-V20-I2-5279.

- CAMPBELL, W. N., C. MISSIUNA. & T. VAILLANCOURT. Peer victimization and depression in children with and without motor coordination difficulties. *Psychology in the Schools*. 2012, vol. 49, s. 328–341. DOI:10.1002/pits.21600
- COOLS, W., K. De MARTELAER, C. SAMAEY & C. ANDRIES. Movement skill assessment of typically developing preschool children: A review of seven movement skill assessment tools. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009, vol 8, issue 2, s. 154-168.
- ČAKRT, O. (2009). *Kinetická analýza (posturografie)*. In KOLÁŘ et al. (Eds.) *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. Vyd. Praha: Galén, 713s., ISBN 978-80-7262-657-1.
- ČIHÁK, R., R. DRUGA & M. GRIM, ed. *Anatomie*. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 802471132x.
- DAVIES, P. L., & R. TUCKER. Evidence review to investigate the support for subtypes of children with difficulty processing and integrating sensory information. *American Journal of Occupational Therapy*. 2010, vol. 64, issue 3, s. 391-402. DOI: 10.5014/jot.2010.09070.
- FARALLI, M., F. LONGARI, G. RICCI, M. C. IBBA & A. FRENGUELLI. Influence of extero- and proprioceptive afferents of the plantar surface in determining subjective visual vertical in patients with unilateral vestibular dysfunction. *Acta otorhinolaryngologica Italica*. 2009, vol. 29, issue 5, s. 245-250. ISSN 1827-675X.
- FARALLI, M., L. MANZARI, R. PANICHI, F. BOTTI, G. RICCI, F. LONGARI & V. E. PETTOROSSO. Subjective visual vertical before and after treatment of a BPPV episode. *Auris Nasus Larynx*. 2011, vol. 38, issue 3, s. 307-311. DOI: 10.1016/j.anl.2010.10.005.
- FONG, S. S. M., V. Y. L. LEE & M. Y. C. PANG. Sensory organization of balance control in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*. 2011, vol 32, issue 6, s. 2376-2382. DOI: 10.1016/j.ridd.2011.07.025.
- FONG, S. S. M., W. W. N. TSANG & G. Y. F. NG. Altered postural control strategies and sensory organization in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*. 2012, vol. 31, issue 5, s. 1317-1327. DOI: 10.1016/j.humov.2011.11.003.
- FORSETH, A. K. & H. SIGMUNDSSON. Static balance in children with hand-eye coordination problems. *Child: Care, Health and Development*. 2003, vol. 29, s. 569-579. DOI: 10.1046/j.1365-2214.2003.00378.x.
- GANONG, W. F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, c2005. ISBN 8072623117.
- GEUZE, R. H. (2005). *Motor impairment in DCD and activities of daily living*. In: Sugden, D, Chambers M, eds, *Children with Developmental Coordination Disorder*. London, UK: Whurr Publ.

- GEUZE, R. H. Static balance problems in children with Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*. 2003, vol. 22, s. 527-548.
- GEUZE, R. H., M. J. JONGMANS, M. M. SCHOEMAKER & B. C. M. SMITS-ENGELSMAN. Clinical and research diagnostic criteria for Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*. 2001, vol. 20, s. 7-47.
- GIBBS, J. J. APPLETON & R. APPLETON. Dyspraxia or developmental coordination disorder? Unravelling the enigma. *Archives of Diseases in Childhood*. 2007, vol 92, issue 6, s. 534-539. DOI: 10.1136/adc.2005.088054.
- GROVE, C. R. & J. A. C. LAZARUS. Impaired re-weighting of sensory feedback for maintenance of postural control in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*. 2007, vol 26, issue 3, s. 457-476. DOI: 10.1016/j.humov.2007.01.014.
- HAIN, T. C. Neurophysiology of vestibular rehabilitation. *NeuroRehabilitation*. 2011, vol. 29, iss.2, s. 127-141. DOI: 10.3233/NRE-2011-0687.
- HEILMAN, M. K. & K. M. E. VALLENSTEIN. *Clinical neuropsychology*. Fifth edition. Oxford: Oxford University Press, 2011 ISBN 978-019-5384-871.
- HENDERSON, S., D. SUGDEN & A. BARNETT. *Movement Assessment Battery for Children - Second Edition (Movement ABC-2): Examiner's Manual*. London: Pearson Assessment, 2007, 194 s.
- HILL, E. L. & D. BROWN. Mood impairments in adults previously diagnosed with developmental coordination disorder. *Journal of Mental Health* (Abingdon, England). 2013, vol. 22, s. 334–340. DOI:10.3109/09638237.2012.745187.
- HOLSTI, L., R. V. GRUNAU & M. F. WHITFIELD. Developmental coordination disorder in extremely low birth weight children at nine years. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*. 2002; vol. 23, issue 1, s. 9–15. DOI: 10.1097/00004703-200202000-00002.
- HORAK, F. B. & J. M. MACPHERSON. *Postural Orientation and Equilibrium*. In *Comprehensive Physiology*. 1996, s 255–292.
- HORAK, F. B., L. M. NASHNER & H. C. DIENER. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental brain research*. 1990, vol 82, s. 167-177. DOI: 10.1007/BF00230848.
- HSU Y. S., C. C. KUAN & Y. H. YOUNG. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2009, vol. 73, issue 5, s. 737-740. DOI: 10.1016/j.ijporl.2009.01.016.
- HUDÁK, R. & D. KACHLÍK. *Memorix anatomie*. Praha: Triton, c2013. ISBN 9788073876746.

- HUH, J., H. G. WILLIAMS & J. R. BURKE. Development of bilateral motor control in children with developmental coordination disorders. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1998, vol 40, s. 474-484. DOI: 10.1111/j.1469-8749.1998.tb15398.x.
- HYBÁŠEK, I. *ORL- anatomie, fyziologie, patologie in otorinolaryngologie*. 3. vyd.2013. 100 s. ISBN 1803-280X.
- CHEBAT ,D. R., C. RAINVILLE, R. KUPERS & M. PTITO. (2007).Tactile-‘visual’ acuity of the tongue in early blind individuals. *Neuroreport*. 2007, vol. 18, s. 1901–1904. DOI: 10.1097/WNR.0b013e3282f2a63.
- CHERNG, R. J., Y. W. HSU, Y. J. CHEN & J. Y. CHEN. Standing balance of children with developmental coordination disorder under altered sensory conditions. *Human Movement Science*. 2007, vol. 26, issue 6, s. 913-926. DOI: 10.1016/j.humov.2007.05.006.
- INDER, J. M. & J. S. SULLIVAN. Motor and postural response profiles of four children with developmental coordination disorder. *Pediatric Physical Therapy*. 2005, vol 17, issue 1, s. 18-29. DOI: 10.1097/01.PEP.0000154184.06378.F0.
- JAHN, K., A. DEUTSCHLÄNDER, T. STEPHAN, R: KALLA, K. HÜFNER, J. WAGNER, M. STRUPP & T. BRANDT. Supraspinal locomotor control in quadrupeds and humus. *Progress in brain research*. 2008, vol. 171, s. 353-362. DOI: 10.1016/S0079-6123(08)00652-3
- KAORU, T. Functional neuroanatomy for posture and gait control. *Journal of Movement Disorders*. 2017, vol 10, issue 1, s. 1-17. DOI: 10.14802/jmd.16062.
- KIRBY, A. *Nešikovné dítě: dyspraxie a další poruchy motoriky:diagnostika, pomoc, podpora, cesta k nezávislosti*. Praha: Portál, 2000. Speciální pedagogika (Portál). ISBN 80-7178-424-9.
- KIRBY, A., D. SUGDEN & L. EDWARDS. Driving behaviour in young adults with developmental co-ordination disorder. *Journal of Adult Development*. 2011, vol. 18, s. 122–129. DOI:10.1007/s10804-011-9120-4.
- KMEŤ, J. *Vliv věku na percepci vertikality u zdravých jedinců*. Praha, 2014. 71 s. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce PhDr. Ondřej Čákrť Ph.D.
- KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, xxxi, 713 s. ISBN 978-807-2626-571.
- KRÁLÍČEK, P. *Úvod do speciální neurofyziologie*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2004. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0350-0.

- MENNEMAIER M. (2011). *Neglect Syndrome*. In: B. CAPLAN, J. DELUCA & J. S. KREUTZER. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*: Springer Reference. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. DOI: 10.1007/SpringerReference\_184105 2011-05-09 09:18:39 UTC
- MIKA J. *Orientační test dynamické praxe*. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy 1982.
- MITTELSTAEDT, H. Somatic graviception. *Biological psychology*. 1996, vol 5, issue 42, s. 53-74. DOI: 10.1016/0301-0511(95)05146-5.
- NASHNER, L. M. Computerized dynamic posturography. In: G. P. Jacobson, C. W. Newman, J. M. Kartush. *Handbook of balance function and testing*. St. Louis Mosby Yearbook Inc., 1997, s. 261-307.
- NEVŠÍMALOVÁ, S., E. RŮŽIČKA & J. TICHÝ. *Neurologie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2002, xiv, 367 s. ISBN 80-246-0502-3.
- O'HARE, A., J. GORZKOWSKA, J., R. ELTON. Development of an instrument to measure manual praxis. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1999, vol 41, issue 9, s. 597-607.
- PÉRENNOU, D. A., G. MAZIBRADA, V. CHAUVINEAU, R. GREENWOOD, J. ROTHWELL, M. A. GREASY & A. M. BRONSTEIN. Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: a causal relationship? *Brain*. 2008, vol. 131, issue 9, s. 2401-2413. DOI: 10.1093/brain/awn170.
- PLESS M, M. CARLSSON, C. SUNDELIN & K. PERSSON. Effects of group motor skill intervention on five-to sixyear-old children with developmental coordination disorder. *Pediatric Physical Therapy*. 2000, vol 12 issue 4, s. 183-189.
- POLATAJKO, H. J. & N. CANTIN. Developmental coordination disorder (dyspraxia): an overview of the state of the art. *Seminars in Pediatric Neurology*. 2005; vol. 12, issue 4, s. 250-258. DOI: 10.1016/j.spen.2005.12.007.
- POLLOCK, A. S., B. R. DURWARD, P. J. ROWE & J. P. PAUL. What is balance?. *Clinical Rehabilitation*. 2000, vol. 14, issue 4, s. 402-406. DOI: 10.1191/0269215500cr342oa.
- PRZYSUCHA, E. P. & M. J. TAYLOR. Control of stance and Developmental Coordination Disorder: The role of visual information. *Adapted physical activity quarterly*. 2004, vol. 21, issue 1, s. 19-33. DOI: 10.1123/apaq.21.1.19.
- RASMUSSEN, P. & C. GILLBERG. Natural outcome of ADHD with developmental coordination disorder at age 22 years: a controlled, longitudinal, community-based study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2000, vol. 39, s. 1424-1431. DOI:10.1097/00004583-200011000-00017.

- ROSENBLUM, S. Handwriting measures as reflectors of executive functions among adults with developmental coordination disorders (DCD). *Frontiers in Psychology*. 2013, vol 4, art. 357. DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00357.
- SCHULER, J. R., C. J. BOCKISCH, D. STRAUMANN & A. A. TARNUTZER. Precision and accuracy of the subjective haptic vertical in the roll plane. *BMC Neuroscience*. 2010, vol. 11, issue 1, s. 83-. DOI: 10.1186/1471-2202-11-83.
- SIMONEAU, M., V. LAMOTHE, É. HUTIN, P. MERCIER, N. TEASDALE & J. BLOUIN. Evidence for cognitive vestibular integration impairment in idiopathic scoliosis patients. *BMC Neuroscience*. 2009; vol. 10, issue. DOI: 10.1186/1471-2202-10-102.
- STEINMAN, K. J., S. H. MOSTOFSKY & M. B. DENCKLA. Toward a narrower, more pragmatic view of developmental dyspraxia. *Journal of child neurology*. 2010, vol 25, issue 1, s. 71-81. DOI: 10.1177/0883073809362591.
- STRUPP, M., V. ARBUSOW, K. P. MAAG, C. GALL & T. BRANDT. Vestibular exercises improve central vestibulospinal compensation after vestibular neuritis. *Neurology*. 1998, vol. 51, issue 3, s. 838-844. DOI: 10.1212/WNL.51.3.838.
- TARNUTZER, A. A., C. J. BOCKISCH, D. STRAUMANN & I. OLASAGASTI. Gravity dependence of subjective visual vertical variability. *Journal of Neurophysiology*. 2009, vol. 102, issue 3, s. 1657-1671. DOI 10.1152/jn.00007.2008.
- TARNUTZER, A. A., J. R. SCHULER, C. J. BOCKISCH & D. STRAUMANN. Hysteresis of haptic vertical and straight ahead in healthy human subjects. *BMC Neuroscience*. 2012, vol. 13, issue 1, s. 114-. DOI: 10.1186/1471-2202-13-114.
- UTZ, K. S. *Hemispatial Neglect and Deficits of Verticality Perception After Stroke – Neuropsychological Results and Modulation via Galvanic Vestibular Stimulation*. Saarbrücken, 2011. Dissertation. Universität des Saarlandes.
- VAITL, D., H. MITTELSTAEDT, R. SABOROWSKI, R. STARK & F. BAISCH. Shifts in blood volume alter the perception of posture: further evidence for somatic graviception. *International Journal of Psychophysiology*. 2002, vol. 44, issue 1, s. 1-11. DOI: 10.1016/S0167-8760(01)00184-2.
- VAIVRE-DOURET, L. Developmental coordination disorders: State of art. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2013, vol. 44, issue 1, s. 13-23. DOI: 10.1016/j.neucli.2013.10.133.
- VAŘEKA, I. Posturální stabilita (1.část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002a, č. 4, s. 115-121. ISSN 1211-2658.
- VAŘEKA, I. Posturální stabilita (2.část): Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002b č. 4, s. 122-129. ISSN 1211-2658.

- VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.
- VIKTORINOVÁ, L. *Vliv prenatálních faktorů a otolitových funkcí na rozvoj idiopatické skoliózy*. Praha, 2010. 73 s. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Mgr. Ondřej Čákr.
- VRABEC, P., LISCHKEOVÁ, B., SVĚTLÍK, M. & SKŘIVAN, J. *Rovnovážný systém I: obecná část: klinická anatomie a fyziologie, vyšetřovací metody*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2002, 99 s. ISBN 80-725-4307-.
- WILLIAMS, H. G. Motor control in children with developmental coordination disorder. In: S. A. CERMAK, D. LARKIN. *Developmental coordination disorder*. Albany, New York: Delmar Thomson Learning. 2002.
- WILLIAMS, H. G., J. M. FISHER & K. A. TRITSCHLER. Descriptive analysis of static postural control in 4, 6, and 8 year old normal and motorically awkward children. *American Journal of Physical Medicine*. 1983, vol. 62, s. 12-26.
- WIENER-VACHER, S. & MAZDA, K. Asymmetric otolith vestibulo-ocular responses In children with idiopathic scoliosis. *The Journal of Pediatrics*. 1998, vol. 132, issue 6, s. 1028- 1032.
- WOOLLACOTT, M. DEPT. *Of Human Physiology*. University of Oregon. Assessing Cognitive Components of Balance Control [Prezentace]. 2011.
- ZWERGAL A., M. STRUPP, T. BRANDT & J. A. BÜTTNER-ENNEVER. Parallel ascending vestibular pathways. *Analns of the New York Academy of Sciences*. 2009, vol 1164, s. 51-59. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04461.x.
- ZWERGAL, A., N. RETTINGER, C. FRENZEL, M. DIETERICH, T. BRANDT & M. STRUPP. A bucket of static vestibular function. *Neurology*. 2009, vol. 72, issue 19, s. 1689-1692. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181a55ecf.
- ZWICKER, J. G., C. MISSIUNA, S. R. HARRIS & L. A. BOYD. Developmental coordination disorder: a review and update. *European Journal of Paediatric Neurology*. 2012, vol. 16, issue 6, s. 573-581. DOI: 10.1016/j.ejpn.2012.05.005.