UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Vývojové normy určené k hodnocení hrubé motoriky v časném dětském věku (2-6 let): systematická rešerše

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Vedoucí disertační práce: **Vypracoval:**

Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc. **Mgr. Klára Hojková**

Praha, červen 2014

ABSTRAKT

Název práce: Vývojové normy určené k hodnocení hrubé motoriky v časném dětském věku (2-6 let): systematická rešerše

Vymezení problému: Hodnocení motoriky v časném věku je nezbytné pro detekci odchylek ve způsobu řízení pohybu. Znalost funkčních vývojových mezníků v období časného dětského věku by mohlo přispět k usnadnění vyšetření v této věkové kategorii.

Cíl práce: Vytvoření přehledu motorických norem využívaných k hodnocení hrubé motoriky v období časného dětství (2-6 let) na základě rozboru normativních testů využívaných k hodnocení hrubé motoriky.

Metody: Systematická rešeršní studie byla realizována mezi rokem 2007-2013. Do studie byly zařazeny testy hodnotící vývoj hrubé motoriky ve věkové skupině 2-6 let vzhledem k vývojové normě. Testy byly zařazeny do studie na základě kritérií vhodnosti. Analýza testových položek a jejich norem byla provedena jedním badatelem u testů, které splnili kritéria vhodnosti. Bylo čerpáno z elektronických databází i tištěných zdrojů.

Výsledky: Do studie bylo zařazeno osm testů využívaných k hodnocení motoriky v časném dětském věku. Jednalo se o test Prof. Arnolda Gesella, Laurence Vaivre-Douret, Denver II, Brigance Screens, CDI (Child Developmental Inventory), MMT (Maastrichtský motorický test), Movement ABC, a ASQ (Ages and Stages Questionnaires) Na základě analýzy těchto testů bylo vyhodnoceno 87 testových položek hodnocených mezi 2. A 6. rokem života
Závěr: V období časného dětství dochází k významným změnám v kvalitě řízení pohybu. Motorické normy ukazují dynamiku vývoje motorických funkcí v období od 2-6 let věku.

Klíčová slova: Motorický vývoj, hrubá motorika, vývojové motorické normy

SUMMARY

Title: Developmental gross motor norms in early childhood (2-6 years): systematic review

Objectives: Motor evaluation in early childhood is necessary to detect deviations in motor control. Knowledge of developmental functional milestones could make the examination in this age group easier.

Goals: Creation of motor norms survey used for gross motor evaluation in early childhood. Study is based on analysis of multiple norm reference tests.

Methods: Systematic review was realised in 2007-2013. Only norm referenced test was added to the study. Tests were integrated into study on the grounds of eligibility criteria. Analysis of test items was applied by one researcher. Source of study included electronic databases and printed monographs.

Results: There was eight gross motor tests integrated into study. We used to analyse Gesell Test, Laurence Vaivre-Douret Test, Denver II, Brigance Screens, CDI (Child Developmental Inventory), MMT (Maastrichtse Motoriek Test), Movement ABC a ASQ (Ages and Stages Questionnaires) Based on tests analysis we detected 87 test items evaluted in the age period 2-6 years.

Conclusions: Early childhood period is distinctive of important changes in motor control quality. Motor norms describes development of motor functions dynamic in the period 2-6 years.

Key words: Motor Development, Gross Motor, Developmental Motor Norms

ÚVOD

Hodnocení motoriky v dětském věku a včasná detekce individuálních hranic a limitů při řízení pohybu je velmi důležitá právě v období, kdy je plasticita centrálního nervového systému široce otevřena a dává nám prostor k ovlivnění motoriky. Zatímco v průběhu prvního roku života, je vyšetření motoriky velmi dobře popsáno, v období batolecím a předškolním tomu tak není. Obecné povědomí o fyziologických motorických dovednostech a projevech v časném dětském věku je velmi nízké. V průběhu prvního roku života máme k dispozici praxí ověřený a velmi často využívaný screeningový a diagnostický systém, který kombinuje vyšetření spontánní motoriky, primitivní reflexologie a polohových reakcí. Tento systém nám v průběhu prvního roku života napovídá o kvalitě řízení pohybu a o současném stavu vývoje nervového systému. Motorický screening v novorozeneckém a kojeneckém věku přinesl velmi pozitivní změnu ve smyslu včasného záchytu rizikových dětí. O zavedení screeningového vyšetření se významně zasloužil Prof. Václav Vojta, který přišel s terapeutickým řešením – reflexní lokomocí, jejíž efekt je v úzkém vztahu s plasticitou centrálního nervového systému a je tedy velmi závislý na včasné detekci dětí, které nevykazují fyziologický neurologický obraz. Tyto děti pak v běžné praxi obvykle podstupují terapii s využitím techniky reflexní lokomoce a jsou sledovány jako rizikové pro rozvoj dětské mozkové obrny. Druhou skupinou dětí, které jsou často posílány k terapeutickému řešení, jsou děti, které nevykazují známky většího neurologického poškození, přesto však je jejich spontánní motorika abnormální. Takovéto odchylky od normy jsou často pojmenovány diagnózou centrální koordinační porucha. Její obraz může být velmi pestrý a je odrazem způsobu fungování jednotlivých úrovní centrálního nervového systému, podílejících se na řízení motoriky. V případě, že nedojde k rozvoji klinického obrazu závažnější léze centrálního nervového systému, a tyto děti nevykazují výraznější změny v dynamice vývoje hrubé a jemné motoriky, jsou obvykle sledovány do období vertikalizace a samostatné chůze. Motorický vývoj však zdaleka ukončen není a významný rozvoj pohybu nastává zejména po kvalitativní stránce. Proto se některé poruchy řízení motoriky projevují až ve vyšším věku, kdy jsou nároky na řízení motoriky mnohem vyšší, a je nezbytné, aby do řízení motoriky byly zapojeny i fylogeneticky „novější“ části centrálního nervového systému, spojené se schopnostmi plánování a načasování pohybu, či s motorickým učením. Hodnocení hrubé motoriky by mělo být součástí kineziologického a neurologického vyšetření v časném

dětském věku. Jaké jsou však standardizované normy pro hodnocení hrubé motoriky v období batolecím a předškolním, či co za dovednosti je v motorických testech hodnotících hrubou motoriku testováno a proč? Středem zájmu studie jsou zejména neurofyziologické podklady pro výskyt jednotlivých motorických dovedností, protože pouze tak budeme schopni objektivně zhodnotit motorický projev dítěte. K hodnocení hrubé motoriky v časném dětském věku byla vyvinuta řada zahraničních testů, jejichž dostupnost je velmi komplikována finanční nákladností a to je možná jeden z důvodů, proč je povědomí o normách vývoje hrubé motoriky v období časného dětského věku omezené. Systematický přehled norem vývoje hrubé motoriky v této věkové kategorii by mohl přispět k usnadnění klinického hodnocení motoriky a k objasnění vývojových neurofyziologických procesů, jejichž znalost je velmi významná pro diagnostiku a stanovení vhodného terapeutického plánu.

CÍL PRÁCE

Vytvoření přehledu motorických norem využívaných k hodnocení hrubé motoriky v období časného dětství (2-6 let) na základě systematické rešerše publikovaných motorických testů.

Dílčí úkoly

1) Vyhledání motorických testů určených k hodnocení hrubé motoriky ve věkové skupině 2-6 let
2) Obsahová analýza jednotlivých norem pro vývoj hrubé motoriky ve věkové skupině 2-6 let
3) Sestavení přehledu motorických dovedností „normálních“ pro fyziologický vývoj dítěte ve 2 až 6 let věku.

METODIKA PRÁCE

Studie byla vypracována s ohledem k doporučeným směrnicím pro kvalitativně odpovídající prezentaci dat systematických rešerší a metaanalýz (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Moher et all., 2009).

Charakteristika studie a kritéria vhodnosti dokumentů

Předmětem systematického přehledu jsou vývojové normy využívané k hodnocení hrubé motoriky v časném dětském věku. Konkrétně je studie věnována období od dvou do šesti let věku dítěte. Motorické normy pro hodnocení hrubé motoriky byly extrahovány ze standardizovaných testových systémů. V první fázi práce byly vyhledány publikované testy umožňující hodnocení hrubé motoriky v časném dětském věku vzhledem k normě. Po vyhledání názvů existujících testů byla provedena obsahová analýza jednotlivých testů a dohledání normativních dat testu. Rešerše byla realizována v časovém období od roku 2007 do roku 2013. Byla vedena jedním badatelem. Informace byly vyhledávány v anglickém, francouzském a německém jazyce. Do studie mohly být zahrnuty testy splňující následující kritéria:

- Do studie byly zahrnuty testy pokrývající jakoukoliv část v období 2-6 let věku, protože existuje velmi malý počet testových systémů, které popisují celé zkoumané období vývoje dítěte.

- Do studie byly zahrnuty pouze testy umožňující hodnocení vzhledem k motorické normě.
- Do studie byly zahrnuty jak samostatné motorické testy, tak testové části, které byly součástí testové baterie. U takovýchto dokumentů, bylo podstatné, že testový systém umožňoval samostatné hodnocení položek pro hrubou motoriku.
- Nebylo rozhodující určení oborové využitelnosti testu. Do studie byly zařazeny testy určené pro pediatry, pedagogy, psychology, fyzioterapeuty, neurology a rodiče.
- Publikační status vyhledávaných dokumentů zahrnoval jak monografie, tak odborné články publikované v recenzovaných časopisech a periodikách s impact faktorem. Odborné články splňovaly podmínku plnotextového zobrazení a byly publikovány autory testu.
- Další z podmínek rešerše bylo získání kompletních informací o testovém systému v podobě manuálu určeného pro uživatele, či minimálně informací o motorické normě z odborných článků publikovaných autory testu.
- Stáří vyhledávaných dokumentů nebylo nijak limitováno z důvodu předpokladu malého množství dokumentů zabývajících se danou problematikou, ale zejména z důvodu nezávislosti kvality či aktuálnosti informací na stáří dokumentu. Jedná se o popis obecného fyziologického jevu, takže nepředpokládáme významné změny v průběhu času.
- Všechny testy, které byly do studie zahrnuty, jsou standardizovány.
- Standardizace testu mohla být v jednom ze čtyř výše uvedených jazyků.
- Testové normy musely být standardizovány pro skupinu fyziologicky se vyvíjejících dětí.

Informační zdroje

K získání materiálů bylo využito jak elektronických, tak tištěných zdrojů. V roce 2007 proběhlo studium veřejně dostupných materiálů k dané problematice v Univerzitní knihovně Université Montpellier (Francie), Dále bylo v období 2007-2010 využíváno nabídky knihovny AVČR a knihovny FTVS UK. Některé z dokumentů byly zapůjčeny ze soukromé sbírky knih. Z elektronických plnotextových databází byly využity tyto: Science Direct, JSTOR, SpringerLink, Wiley Online Library a Google Scholar. Přičemž poslední vyhledání proběhlo v listopadu 2013.

Strategie hledání

Elektronická strategie vyhledávání v první fázi práce byla vedena kombinací přesných termínů a jejich synonym ve čtyřech jazycích (anglickém, francouzském, německém a českém) Jednalo se o následující klíčové slovo: test hrubá motorika předškolní věk, gross motor test preschool age, grobmotorik test das vorschulkind, test motricité globale enfant d´age préscolaire. Klíčové slovo mohlo být identifikováno vyhledavačem jak v názvu, tak v abstraktu dokumentu.

Ve druhé fázi práce byla vyhledávána normativní data pro testy, které splňovaly námi určená kritéria a bylo vyhledáváno klíčové slovo definující název testu ve zkratce a plném názvu. Např. BOT-2 Bruininks – Oseretsky Test of Motor Proficiency + normative data. V případě nedostupnosti monografií či normativních dat v elektronické podobě bylo využito dohledání testů v tištěné podobě v databázi knihoven či ze soukromých zdrojů. Vzhledem ke komerčnímu využití testových systémů a autorské ochraně, byla většina testů dohledávána v tištěné podobě na základě vyhledání manuálu testu.

Selekce studií

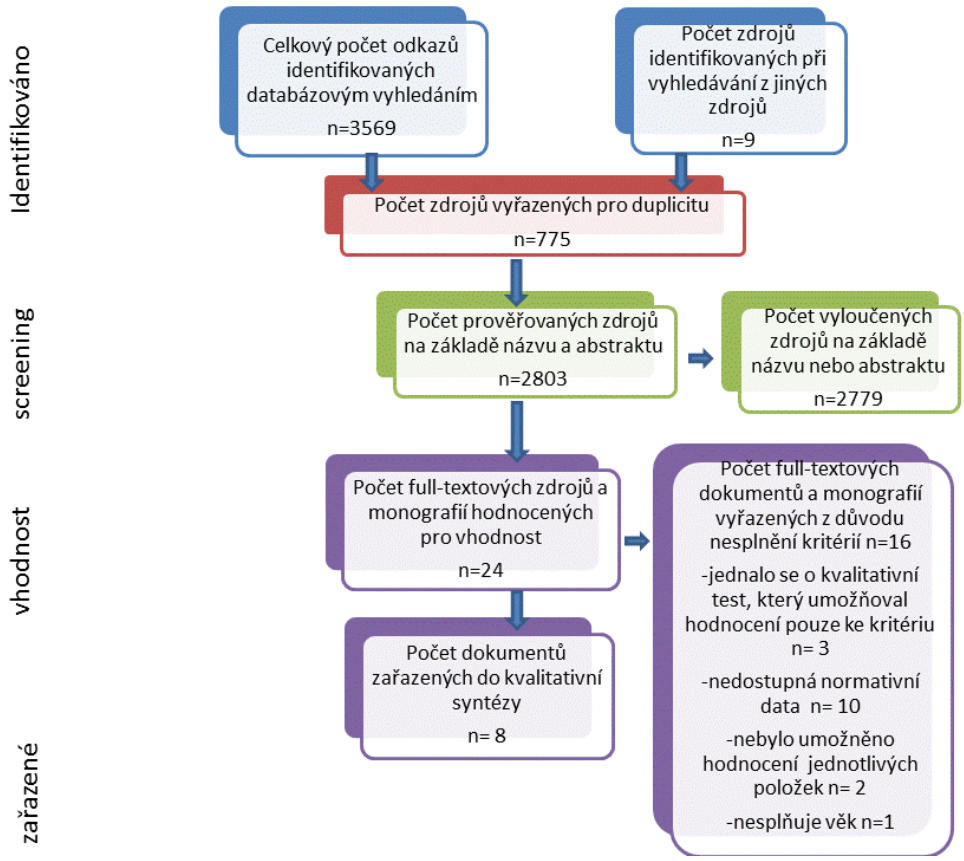
Selekce vyhledaných informačních zdrojů probíhala na základě kritérií vhodnosti. Do studie tedy byly zařazeny pouze testy splňující kritéria uvedená v části charakteristika studie a kritéria vhodnosti. Selekce probíhala nezávisle jedním badatelem. Nejprve byl vytvořen seznam vhodných testů, které odpovídaly kritériím vhodnosti. U těchto testů byla následně vyhledávána normativní data, tedy motorické normy. Ze studie byly vyloučeny testy, u kterých nebyla normativní data dostupná, či nesplňovaly ostatní z kritérií.

Proces extrakce dat a záznamu

Data z jednotlivých testových systémů byla zaznamenávána do předem vytvořeného formuláře, který je dostupný na vyžádání. Zaznamenávána byla motorická dovednost a časové vymezení normy pro danou položku. Jednotlivé položky byly řazeny chronologicky pro každý zkoumaný test. Celkový přehled norem ze všech testů byl rovněž následně uspořádán chronologicky. V případě, že se testové položky napříč testy shodovaly, bylo uvedeno rozmezí normy dané nejčasnějším a nejpozdnějším výskytem. Statistické vyjádření normy nebylo upraveno a bylo ponecháno v původní podobě dané autory testu.

VÝSLEDKY

Na počátku studie jsme vycházeli z původních 3578 dokumentů identifikovaných fulltextovými databázemi. Pro duplicitu bylo označeno 775 publikací. Na základě screeningu názvů článků, monografií a abstraktů byly vyloučeno ze studie 2779 dokumentů. Ke kvalitativnímu hodnocení bylo vybráno 24 článků a monografií viz. obr.



Obr.: Diagram toku informací v průběhu rešeršní studie

Jako potencionálně relevantní testy byly na základě rešerše vyhledány tyto následující testy, které byly podrobeny hodnocení pro vymezená kritéria s následujícím výsledkem. Na základě kritérií vhodnosti bylo vyloučeno ze studie 16 testových systémů. Všechna kritéria vhodnosti

splnily následující testové systémy viz. tab. č.1 Největším limitem při rešerši se ukázalo kritérium vymezující dostupnost normativních dat na základě prostudování manuálu testu či autorského článku.

Tab. č. 1 : Testy vyhovující kritériím

The Ages and Stages Questionnaire ASQ
Child Development Inventories CDI
Brigance Screens
Denver Developmental Screening Test II (DDST-II)
Test Gessell a Armatruda
Funkční vývojový test Laurence Vaivre-Douret
Movement Assessment Battery for Children (Movement ABC) – 2
Maastrichtse Motoriek Test (MMT)

5. 2. VÝSLEDKY- SOUHRN MOTORICKÝCH NOREM VYUŽÍVANÝCH K HODNOCENÍ HRUBÉ MOTORIKY U DĚTÍ OD 2-6 LET VĚKU

Normy pro vývoj chůze

věk	**dovednost**	
24M	Chodí bez pádu	2 – 3 roky
30M	Chůze po špičkách 6 kroků po demonstraci	
31M	Přejde po čáře 4 kroky	
42M	Chůze po špičkách po čáře 7 kroků	
47M	Chůze po špičkách po čáře 11 kroků	3 – 4 roky
48M	Provazochodecká chůze 5 kroků	
54M	Chůze po špičkách po čáře 14 kroků	
54M	Chodí po špičkách 15 stop	4 – 5 let
60M	Ujde pata/špička 4 kroky	
69M	Chůze po čáře	
60-72M	Chůze po patách min. 4,5 m	
60-72M	Chůze po špičkách min. 4,5 m	5 – 6 let
60-72M	Provazochodecká chůze pata/špička 10 kroků	

71M	Chůze po špičkách po čáře 14 kroků	

Normy pro vývoj chůze po schodech

věk	**dovednost**	
21M-24M	Sejde a vyjde schody samostatně	2-3 roky
24M	Sejde ze schodů za jednu ruku	
24M-30M	Vyjde a sejde samo po schodech, nestřídá končetiny	
27M-36M	Vyjde a sejde samo po schodech, střídá končetiny	
42M	Sejde samo po schodech, střídá končetiny	3-4 roky

Normy pro vývoj běhu

věk	**dovednost**	
24M	Přirozený běh	2-3 roky
24M	Běhá jistě, náhle zastaví	
36M	Když běží, přeskakuje předměty, které leží v cestě	

Normy pro vývoj skoků

věk	**dovednost**	
26-27M	Přeskočí předmět vysoký 20 cm	2-3 roky
27-30M	Skočí snožmo	
30M	Přeskočí předmět vysoký 20 cm, koordinace HK a DK	
30-36M	Skočí snožmo do dálky do obruče vzdálené 35 cm	
36-42M	6 skoků v sérii za sebou	3-4 roky
33-45M	2x poskočí na jedné noze	
39-48M	Skáče do dálky	
42M	Skočí 4 skoky v sérii	
48M	Poskočí 2x na jedné noze a 2x na druhé noze	
51M	Poskakuje na jedné DK	4-5 let
54M	Skáče snožmo 4 skoky v sérii	
60M	Skočí vpřed po jedné DK, aniž by druhou dalo dolů	
60M	Poskakuje střídavě nohama	
60-72M	10x poskočí na jedné DK ve vymezeném čtverci 50x50cm PDK 4-9/10 LDK 4-8/10	

60-72M	Poskoky vpřed na PDK 4-9/10	5-6 let
60-72M	Poskoky vpřed na LDK 2-6/10	
60-72M	Výskoky snožmo ve vymezeném čtverci 10x	
60-72M	Skok do dálky 60-300 cm	
71M	Skočí snožmo 4 skoky v sérii	

Normy pro vývoj balance

věk	**dovednost**	
24M	Samostatný stoj na kladině	2-3 roky
30-40M	Stoj na jedné noze 1s	
30-49M	Stoj na jedné noze 2s	3-4 roky
42M	Stabilně stojí na jedné noze	
47-60M	Stoj na jedné noze 5s	
54M	Stoj na preferované noze 8s	4-5 let
54M	Stoj na druhé noze 5s	
59M	Stoj na preferované noze 17s	
59M	Stoj na druhé noze 12s	
61M	Stoj na jedné noze 4s	5-6 let
60-72M	Udrží chvíli stoj na jedné noze - zavřené oči	
72M	Stoj na jedné noze 6s	
60-72M	Stoj spatný zavřené oči 20s	
60-72M	Stoj spatný zavřené oči, předpažení, pronace předloktí 20s	
60-72M	Stoj na jedné noze, druhá dolní končetina v extenzi v kyč. kloubu a flexe 90° v kolenním kloubu. PDK 7-10s LDK 8-10s	
60-72M	Stoj na jedné noze „čáp“ PDK 5-10s LDK 5-10s	
71M	Stoj na preferované noze 20s	
71M	Stoj na druhé noze 13s	

Normy pro vývoj kopání do míče

věk	**dovednost**	
18-24M	Kopne do míče	2-3 roky

24M	Napodobí kopnutí do míče	
22-36M	Aniž by se drželo, kope do míče	
60-72M	Kopnutí míče na 3m vzdálené osobě PDK 3/5 LDK 2/5	5-6 let

Normy pro vývoj hodů a chytání

věk	**dovednost**	
36M	Hodí míč nadhmatem	2-3 roky
33-42M	Hodí míček ze stoje horním nášvihem	
42-60M	Chytne míč v letu oběma rukama	
42M	Chytí pytlík s fazolemi hozený z 1,8m vzdálenosti 4/10	
42M	Hodí pytlík s fazolemi hozený z 1,8m vzdálenosti 4/10	3-4 roky
47M	Chytí pytlík s fazolemi hozený z 1,8m vzdálenosti 6/10	
48-60M	Hodí míček na vzdálenost 6 kroků jiné osobě	
54M	Hraje s míčem vybíjenou	
54M	Chytí pytlík s fazolemi hozený z 1,8m vzdálenosti 7/10	
54M	Hodí pytlík s fazolemi hozený z 1,8m vzdálenosti 4/10	4-5 let
59M	Chytí pytlík s fazolemi hozený z 1,8m vzdálenosti 8/10	
59M	Hodí pytlík s fazolemi hozený z 1,8m vzdálenosti 5/10	
60-72M	Chytí míč hozený ze 3 m 4/5	
60-72M	Dribling oběma rukama 5x 5/5	5-6 let

Normy pro vývoj diadochokinézy

věk	**dovednost**	
60-72M	Střídá pronaci a supinaci dominantní HK 10x (v sedu). Čas provedení < 10 s.	
60-72M	Střídá pronaci a supinaci nedominantní HK 10x (v sedu). Čas provedení < 11 s.	
60-72M	Střídá pronaci a supinaci obě HK (v sedu) 10x. Čas provedení < 12 s.	5-6 let
60-72M	Tapping dominantní a nedominantní HK 10x pro každou HK. Čas provedení < 4 s.	
60-72M	Tapping DK, pata v kontaktu s podložkou, pouze přednoží 10x. Čas	

	provedení PDK< 5 s. LDK < 6 s.	

Normy pro vývoj ostatních dovedností uvedených v testech

věk	**dovednost**	
57M	Houpe se samo na houpačce	4-5 let
60M	Jezdí na kole s nebo bez přídavných koleček	
72M	Udělá hvězdu	5-6 let

DISKUZE

Studie vychází z osmi testových systémů. Většinou se jedná o tzv. screeningové testy, které jsou určeny k hodnocení psychomotorického vývoje dítěte. Hodnocení hrubé motoriky je v případě takovéhoto typu testů pouze jednou z částí testu. V případě Maastrichtského motorického testu (MMT) a Movement ABC se jednalo o čistě motorický test. Po obsahové stránce se právě tyto dva typy testů významně lišily. Oba testy, jak movement ABC, tak MMT umožňovali kromě hodnocení založeném na motorických normách, i hodnocení vzhledem ke kritériu. Zatímco screeningové testy hodnotí převážně přirozeně se objevující dovednosti, movement ABC a MMT hodnotí dovednosti zaměřené na konkrétní neurofyziologické funkce. Jednotlivé testované dovednosti obsažené v našem testovém souboru a jejich souvislost s vývojem řízení pohybu jsou diskutovány v následující části.

DISKUZE NAD NORMAMI PRO HODNOCENÍ CHŮZE

hodnocení chůze je obsaženo ve všech osmi zkoumaných testových systémech. Normy pro hodnocení chůze pokrývají celé testované období, tedy od 24. měsíce do 72. měsíce. Chůze je testována v řadě možných modifikací se stoupající náročností s věkem. Kvalitativní vývoj chůze probíhá v dlouhém časovém úseku a do jisté míry má být ukazatelem zrání motorických schopností dítěte (Adolph et al., 2003; Keen, 1993; Bril a Ledebt, 1998). Období, kdy je řízení chůze podobné dospělému jedinci, je popisováno různě. Některé studie uvádí, že kvalitativně dosahuje chůze srovnatelných parametrů s dospělým jedincem v období mezi 6.-7. rokem života (Breniére a Bril, 1988; Nardini et al., 2012; Hilmann, 2009). Jiné

studie hovoří o období časnějším, a to kolem 5. roku života (Keen, 1993) či např. Sutherland (1980) popisuje dospělý typ chůze již kolem 3. roku života a dokonce uvádí, že v období od 3. Do 7. roku se chůze po kvalitativní stránce příliš nemění. Naopak jiné studie uvádí, že „zralý“ typ chůze se objevuje až kolem 10. roku (Rose-Jacobs,1983; Berger,1987). Otázkou však je, z jakého pohledu se na chůzi nahlíží. Velké množství studií se zabývalo kinematikou chůze v průběhu vývoje. Předmětem hodnocení tedy byly parametry jako rychlost chůze, frekvence kroků, doba trvání fáze jednoduché a dvojí opory, délka kroku, šířka stojné báze atd. (Sutherland, 1980; Keen,1993; Muller, 2013; Hilmann, 2009; Adolph, 2003). Kvalita chůze a její kinematické parametry mohou být obecně ovlivněny mnoha faktory, a to způsobem neuromotorického řízení, růstem a zráním tělesných segmentů, délkou končetin, délkou a tvarem chodidla a změnami ve schopnostech posturálního zajištění pohybu (Keen, 1993) (Breniére a Bril, 1992). Rychlost chůze v průběhu vývoje stoupá. Je to však parametr, který je významně závislý na tělesném růstu. Muller (2013) ve své studii uvádí, že rychlost chůze má stoupající tendenci do 8 let, kdy se ustaluje, ale rovněž uvádí, že až po 15. roce nabývá chůze rychlostní konzistence při opakovaných měření, což ukazuje na významnost zrání centrálního nervového systému, konkrétně na dozrávání asociačních oblastí, které by právě „konstantnost“ provedení mohly ovlivnit (Muller, 2013). Velikou variabilitu kinematických parametrů chůze v dětském věku potvrzuje i Johnston (2014). Na základě tohoto typu studií je posuzováno, kdy dosahuje chůze parametrů shodných s dospělým jedincem a je zřejmé, že se názory vědců velmi liší. Obecně lze říci, že podle novějších studií je chůze vnímána jako velmi variabilní v kvalitě provedení, a to až do druhé dekády života (Johnston, 2014; Muller, 2013; Bleynheuft et al. 2012). Norma pro výskyt samostatné chůze v průběhu vývoje je poměrně široká. Bayley (1969) uvádí rozmezí mezi 10. – 18. Měsícem. Toto období je charakteristické vysokou frekvencí kroků, nepřítomností recipročního pohybu horních končetin, zevně -rotačním postavením v kyčelních kloubech, nepřítomností kontaktu paty s podložkou při došlapu, širší stojnou bází a omezením fáze jednoduché opory na minimum (Keen, 1993; Adolph et all., 2003; Breniére a Bril, 1992). Kolem 2. roku života by měl být přítomen reciproční souhyb horních končetin při chůzi u 80% dětí, při došlapu dochází ke kontaktu paty s podložkou, snižuje se abdukce a zevní rotace v kyčelním kloubu a fáze jednoduché opory se prodlužuje, takže tvoří zhruba 34% kroku, zatímco u dospělého činí fáze jednoduché opory 39%, jak to uvádí Keen (1993). Ve 3 letech se prodlužuje trvání fáze jednoduché opory na 35%, u 90% dětí je přítomen souhyb horních končetin, ale rotace kyčelních kloubů a abdukce je stále významnější, než je tomu u dospělého. Kolem 4. roku života by mělo docházek k významnější změně, a to zejména v konečné fázi jednoduché

opory, kdy se dítě nenachází v situaci dynamického pádu, ale je již schopno „destabilizaci“ kontrolovat a anticipovat (Bril, 2000; Bril a Ledebt, 1998; Breniére a Bril, 1992). Ve věku 7 let se fáze jednoduché opory prodlužuje a představuje již 38% kroku, což ukazuje na lepší posturální zajištění pohybu a stabilitu ve stoji na jedné noze, obdobné dospělému jedinci (Keen, 1993; Breniére a Bril, 1992; Bril a Ledebt, 1998; Bril, 2000). Výsledky uvedených studií ukazují na významnou návaznost vývoje chůze na schopnost a možnosti řízení posturálního zajištění a balance (Nardini, 2012). Modifikace chůze, které jsou využívány k testování, jsou zaměřeny zejména na schopnost balance či vizuomotorické koordinace. Z naší studie vyplývá, že ve 2 letech je dítě schopno přirozené chůze bez jakýchkoliv modifikací. Ve 3 letech je již schopno chůze po špičkách a chůze po čáře. Podstatné však je, že námi zkoumané testy uvádějí tuto dovednost platnou po předešlé demonstraci, což ukazuje, že právě napodobování a zrakové vjemy hrají v tomto věku stěžejní roli pro plánování a učení se pohybu u takto malých dětí a mohou být rozhodující ve výsledném testování (Vaivre-Douret, 1997; Gesell, 1947). Zejména schopnost napodobování je velmi významná z důvodu motorického učení.(Keysers,Ch., et al.,2006; Halsband et al.,2006; Rizzolatti et al.,2009). Georgopulos a Grillner (1998) poukazují na vazbu chůze, konkrétně modifikací chůze, kdy je kladen důraz na přesné umístění končetin a úchopu. Podle jejich studie je právě kvalita provedení pohybu závislá na funkčním spojení motorického kortexu, parietálního kortexu a mozečku, stejně jako je tomu u vizuomotorické koordinace úchopu. Posteriorní parietální kortex se ukazuje jako stěžejní pro integraci zrakových informací a plánování pohybu. Je tedy významný pro vizuálně „náročnou“ lokomoci (Nardini, 2012). U 4 letých dětí byly v námi studovaných testech hodnoceny opět modifikace chůze, a to chůze po špičkách po čáře a dále provazochodecká chůze. Na těchto dovednostech je patrná vyšší náročnost na balanci a vizuomotorickou koordinaci. Velký podíl zde ale získávají i proprioceptivní informace a informace vestibulární, a to zejména v případě provazochodecké chůze, kdy je kladen důraz na kontakt chodidel. Mezi 4.-6. rokem dochází k lepší integraci a vyhodnocení proprioceptivních informací, takže zrakové vjemy přestávají být dominantní, jak to popisuje Godoi a Barela (2008). Plná integrace všech senzorických vjemů nastává až po 6. roce života (Wann et al., 1998). Postupně je patrný nárůst ve výkonnosti zejména v počtu kroků, který stoupá s věkem a svědčí zejména o silových a balančních schopnostech dítěte. Podle Konczaka (2003) je čtyřleté dítě schopné efektivně kompenzovat nové externí síly, avšak interní modely dopředných reakcí nejsou ve 4 letech ještě plně funkční. Malým dětem trvá adaptace déle a obvykle potřebují 2-3 pokusy, zatímco u dospělých jedinců je potřeba pro přizpůsobení se novým podmínkám pohybu pouze jeden pokus. Dopředná vazba je tedy

naprosto nezbytná. Bylo prokázáno, že adaptace na externí síly je velmi omezena až do 7 let věku (Konczak et al.,2003). U 5 letých dětí jsou testovány stejné modifikace, ale opět se mění výkonnost a to zejména v počtu kroků. Je tedy testována chůze po čáře po špičkách a provazochodecká chůze. Ve věku šesti let by dítě mělo být rovněž schopno provést modifikovanou chůzi po špičkách po čáře, po patách a provazochodeckou chůzi. Oproti pětiletým dětem se opět zlepšuje výkon v počtu kroků. V šesti letech by měla být plně vyvinutá integrace senzorických systémů při řízení pohybu (Godoi a Barela, 2008). Dalším faktorem ovlivňujícím řízení pohybu je schopnost anticipovat pohyb. Van Der Wel se zabýval rozdíly v předvídání a plánování pohybu u dospělých jedinců a dětí. Ukázalo se, že dospělý jedinec je schopen anticipovat polohu celého těla adekvátně k motorickému požadavku, zatímco v časném dětském věku je anticipována pouze poloha končetin, nikoliv celá postura. Tento fakt, se odráží na schopnosti stabilizace a řízení postury. Van Der Wel a jeho kolegové poukazují na to, že až kolem 7. roku začíná být řízení polohy komplexní a adekvátní k požadavku (Van Der Wel, 2007). To může být důvod, proč u šestiletých dětí bylo dosaženo u modifikací chůze vždy maximální možné vzdálenosti. Kvalita provedení a řízení již odpovídá motorickému plánování a není potřeba delší adaptace v podobě např. více pokusů. Chůze je tak efektivně řízena (Bril, 2000).

DISKUZE NAD NORMAMI PRO VÝVOJ CHŮZE PO SCHODECH

Chůze po schodech je dovednost, která je hodnocena v námi studovaných testech pouze v období od 2 do 4 let věku. Oproti chůzi po rovném povrchu je předmětem testování pouze ve čtyřech z osmi testových systémů. Ve 2 letech by mělo být dítě schopno sejít a vyjít po schodech s oporou. U chůze po schodech je předmětem hodnocení zejména schopnost střídání končetin při chůzi po schodech. Tento parametr je ovšem velmi závislý na délce končetin a výšce schodu, proto se z našeho pohledu zdá být testování této dovednosti velmi závislé na vnějších faktorech. Kolem 2,5 roku je dle zkoumaných testů dítě schopno sejít a vyjít po schodech bez opory, avšak střídání končetin při došlapu není dosud patrno. Po 3. roce se objevuje schopnost vyjít a sejít schody bez opory, přičemž při došlapu dochází ke střídání končetin, jako je tomu u chůze po rovině. Vaivre- Douret testuje jako samostatnou položku dovednost chůze ze schodů. Právě tato dovednost se vyvíjí nejpozději a objevuje se až kolem 42. měsíce věku (Vaivre-Douret, 2001). Zvládnutí chůze ze schodů v pozdějším věku, než se objeví dovednost chůze do schodů, potvrzuje i Berger (2007) a poukazuje na veliký vliv

prostředí, tedy zda jsou schody umístěny v domácnosti, či nikoliv. Chůze ze schodů je spojována se schopností předvídat a vyhodnotit prostor. Zatímco u tříletého dítěte, je velmi významná závislost na zrakové zpětné vazbě, u starších dětí je využíváno synchronně více senzorických vstupů při plánování pohybu (Nardini, 2012). Berard a Vallis (2006) popisují, že tato schopnost se objevuje až kolem 4. roku života, což by odpovídalo právě výskytu dovednosti chůze ze schodů. Nelze však nahlížet na senzorické vjemy a jejich souvislost s pohybem pouze jednostranně. Existují studie, které zkoumaly vliv pohybu na vývoj senzorického vnímání, a ukazuje se, že například se zkušenostmi s chůzí dochází ke zlepšování periferního vidění, tudíž k lepšímu vyhodnocení prostoru. Obě složky jsou tedy na sobě závislé (Higgins et all., 1996; Nardini, 2012). Podle Gossarda (2011) je pro vyhodnocení a plánování pobybu zásadní posteriorní parietální cortex, který integruje informace o prostoru a předmětech získané zrakem a podílí se na anticipaci postury .

DISKUZE NAD NORMAMI PRO VÝVOJ BĚHU

Dovednost běhu je hodnocena pouze ve dvou z osmi zkoumaných testových systémů. Hodnocení běhu je využíváno u věkové kategorie dvouletých a tříletých dětí. V období 2. roku života se objevuje přirozený běh. Kolem 3. roku života je dovednost běhu hodnocena v souvislosti se schopností „zbrzdit“ pohyb, reagovat na předměty, které leží v cestě, např. změnou směru apod. Zrakové informace jsou pro tento charakter pohybové dovednosti zásadní, proto je jí dosahováno relativně v časném věku, kdy právě zrakové vjemy mají významné postavení při kontrole pohybu (Godoi a Barela, 2008; Nardini, 2012; Bril, 2000). Některé studie však uvádějí, že schopnost předvídat a reagovat na překážky v průběhu pohybu se vyvíjí až období středního dětství, kdy dosahuje dospělého typu řízení (Schmitz et al., 2002)

Schopnost běhu se zdá být z pohledu řízení méně náročná, než například modifikace chůze a to zejména po stránce koordinační. Je však důležité si uvědomit, že způsob testování běhu, tak jak ho představují námi studované testy je zaměřen pouze na přirozený běh, tedy zjednodušeně řečeno na přítomnost letové fáze a na schopnost vyhodnotit zrakové informace. Pro kvalitativní hodnocení se naskytuje řada modifikací běhu a řada parametrů, které by mohly být podrobeny testování. Jednalo by se o rytmus běhu, koordinaci horních končetin, kvalitu odrazu, která se výrazně odlišuje od „dospělého“ typu běhu (Wang et al., 2012). Odraz vycházející z kotníku, spojený s dynamickou extenzí v kolenním kloubu byl popsán u dětí

kolem 5. roku života (Wang et al., 2012). Řada studií se zabývala rozdílů v kvalitě běhu u zdravých dětí a dětí s DCD. Jeden z významných rozdílů byl právě v odrazu a ve schopnosti plantární flexe, kdy u dětí s DCD, vycházel odraz z celého chodidla, což může být spojováno s obtížemi diferencovat pohyb (Diamond et all, 2014; Hadders-Algra, 2010). Dále byla u dětí s DCD pozorována kratší letová fáze (Chia et all., 2013).

DISKUZE NAD NORMAMI PRO VÝVOJ SKOKŮ

Hodnocení skoků je obsaženo ve všech zkoumaných testových systémech. Skoky jsou testovány ve všech věkových kategoriích. Na základě našich výsledků se jako první objevuje schopnost výskoku poprvé po 2. roce života. Nejdříve je dítě schopno provést výskok ve vertikále a až ve 3 letech se objevuje schopnost skočit snožmo do dálky. Výkon je však velmi omezen a délka skoku se pohybuje kolem 30 cm. U 4 letých dětí spatřujeme první možnosti provést několik skoků v sérii, což by mohlo vypovídat o silových, koordinačních a balančních schopnostech. Testování pohybových sekvencí a zejména v případě skoků může být ukazatelem spojení bazálních ganglií a sekundárních motorických oblastí cortexu (Diamond, 2000)(Knierim, 2013). Kolem 4. roku se rovněž objevuje možnost vyskočit na jedné noze na místě. Tato dovednost je významně spojena s balančními schopnostmi a ukazuje na schopnost předvídat nestabilitu při dopadu. Pro tuto dovednost je zásadní funkce mozečku (Diamond, 2000). V případě 5 letých dětí jsou hodnoceny opět sériové skoky snožmo a poskoky na jedné dolní končetině. Zejména u skoků na jedné dolní končetině dochází ke kvalitativní změně v provedení a to konkrétně ve schopnosti posturálně zajistit pohyb tak, aby nedošlo k destabilizaci. Poskoky vpřed na jedné dolní končetině jsou vedeny tak, že druhá dolní končetina je ve flexi v kolenním kloubu. Další testovanou dovedností u skupiny pětiletých dětí jsou rytmické poskoky střídající obě dolní končetiny. U tohoto pohybu je součástí pozorování i reciproční souhyb horních končetin. Pro skupinu 6 letých dětí je využíváno zkoušek, které jsou náročné na kontrolu pohybu ve smyslu balance a orientace v prostoru při sériových dynamických výskocích na jedné dolní končetině. Je hodnoceno skákání ve vymezeném čtverci. Počet opakování skoků v sérii je max. 10, ale norma zahrnuje na každou dolní končetinu min. 4 skoky, což může vypovídat o silovém zajištění pohybu. Poskoky ve vymezeném prostoru mohou souviset s asociací zrakových a motorických požadavků. Na této funkci se podílí oblast prefrontálního cortexu, jak uvání Diamond (2000) a Fuster (1988). Právě oblast prefrontálního cortexu dosahuje maximálního růstu v období mezi 5.-11. rokem

života, jak uvádí Piek (2012) a lze předpokládat i kvalitativní zlepšování těchto funkcí. Pro skupinu šestiletých dětí je dále využíváno testování sériových poskoků na jedné dolní končetině vpřed. Na normativních datech se ukazuje, že v tomto věku dochází ke zvýraznění lateralizace, což je vidět na výkonu, který začíná být odlišný pro pravou a levou dolní končetinu. Pravá dolní končetina vykazuje schopnost více opakovaných skoků v sérii, než levá dolní končetina. Rozdíl je tedy patrný v silové a odrazové schopnosti. Kromě skoků na jedné dolní končetině jsou hodnoceny výskoky snožmo ve vymezeném čtverci, které vypovídají o zvládnutí dynamické složky pohybu a o orientaci v prostoru. Dále je hodnocen skok do dálky, který vykazuje již výkonnostní parametry, a stále jsou předmětem hodnocení sériové skoky snožmo vpřed. Pro dynamický pohyb je velmi důležité období mezi 7.-11. rokem života, kdy dochází ke zlepšení integrace reaktivních a prediktivních informací (Steindl et all., 2006). Dospělý způsob stabilizace je charakteristický dynamickou stabilizací hlavy v prostoru, přičemž pohyb hlavy a trupu je zachován a není řízen en block strategií (Asseiante, 2000; Steindl et all, 2006).

DISKUZE NAD NORMAMI PRO VÝVOJ BALANCE

Schopnost posturálního zajištění pohybu a balance je velmi nezbytná pro ostatní motorické dovednosti a to je nejspíše důvod, proč je předmětem hodnocení ve všech námi zkoumaných testových systémech. Balance, je hodnocena napříč všemi věkovými kategoriemi. Normativní data ukazují, že pro dítě ve věku 3. let jsou schopnosti balance velmi omezené. Jako první se objevuje stoj na vyvýšené kladině, ale s oporou o obě končetiny. Tato dovednost je patrna kolem 2. roku života. První náznaky schopnosti stoje na jedné dolní končetině jsou popisovány kolem 3. roku, přičemž doba, po kterou je dítě schopné stoj na jedné dolní končetině udržet je velmi omezená. Je udáván stoj po dobu 1s, což je i velmi těžko měřitelné. Schopnost stoje na jedné dolní končetině by mohla být dávána do souvislosti se schopností vyhodnocovat proprioceptivní informace, spolu se zrakovými. Právě v období mezi 3. a 4. rokem života by měla integrace těchto dvou vjemů nabývat na funkčnosti (Steindl et al., 2006) (Cusinier, 2011). Jiné studie uvádějí pozdější výskyt této schopnosti, a to mezi 4-5. rokem života (Von Hofsten a Rosblat, 1988). Kromě senzorických systémů se však na posturálním zajištění pohybu podílí i schopnosti motorického plánování a správného vyhodnocení zevních a vnitřních sil a možnosti reprezentace tělesného schématu, jak uvádí Cusinier (2011). Tělesné schéma je v úzké souvislosti s kinestézií a jeho vývoj probíhá

pomalu a jeho vývoj zasahuje až do druhé dekády života, jak uvádí De Vignemont (De Vignemont, 2009). Ve 4 letech se schopnost stoje na jedné dolní končetině zlepšuje a dítě udrží stabilní stoj na jedné dolní končetině po dobu 5 s. Pro skupinu dětí kolem 5. roku života je opět využíváno hodnocení stoje na jedné dolní končetině, ale jsou testovány obě končetiny. Na základě normativních dat pro tuto věkovou skupinu je patrné, že dochází ke zvyšování rozdílů mezi pravou a levou končetinou, tedy dochází k výraznější lateralizaci. Preferovaná dolní končetina vykazuje schopnost stabilního stoje na jedné dolní končetině po dobu 17 s, zatímco druhá končetina, pouze 12 s. I tak lze shrnout, že během 5. roku života dochází k významným změnám ve schopnostech balance při stoji na jedné dolní končetině. Právě v období mezi 5.- 6. rokem života je do posturálního zajištění kromě proprioceptivních a zrakových informací lépe využíváno vestibulárních vjemů. Tuto skutečnost popisuje Barutchu (2009 a 2010). Ve věku kolem 6. roku života dochází ke zlomovým změnám při řízení balance. Dovednosti, které jsou testovány, jsou významně ztíženy vyřazením zrakové kontroly. Schopnost udržet polohu bez zrakové kontroly nám odráží kompenzaci zrakových informací právě nabývající kvalitou vestibulárních a somatosenzorických vjemů (Barutchu et al., 2009; Barutchu et al. 2010). Barutchu popsal schopnost komplexního, „dospělého“ multysenzorického vyhodnocení až po 7. roce života (Barutchu et al., 2009; Barutchu et al. 2010). Vyřazení zrakové kontroly je využíváno při testování stoje spatného a stoje s předpažením horních končetin. 6 leté dítě by mělo udržet tuto polohu po dobu 20s. destabilizaci při vyřazení zrakové kontroly potvrzuje u věkové skupiny 4-6 let i Godoi a Barela (2008). Pro stejnou věkovou skupinu je využíváno rovněž hodnocení stoje na jedné dolní končetině, zde je však stále testováno za plné zrakové kontroly. Schopnost stoj na jedné dolní končetině dosahuje min. 20s, přičemž dochází k ještě výraznějšímu rozvoji lateralizace, jak nám ukazují normativní data. Na druhé dolní končetině je stoj na jedné dolní končetině hodnocen jako normální v případě, že je dítě schopno udržet se po dobu 13s. Largo popisuje nárůst lateralizace kolem 4. roku života, postupně se zvyšuje. Pozdní lateralizace je popisována jako dysfunkce (Largo, 2003)Kromě stoje na jedné dolní končetině je u skupiny šestiletých dětí testován stoj v přesně definovaném držení „čáp“, z čehož je patrné, že je oproti běžné mu stoji na jedné dolní končetině stále nižší výkonnost, a to zhruba o 60%. Asseiante uvádí, že do 6 let věku je využíváno odlišné strategie posturálního zajištění, kdy je významně minimalizován počet stupňů volnosti blokováním segmentů (Asseiante et al., 2005; Asseiante, 1998). Výkonnost statické balance stoupá až do 18 let, jak uvádí Largo. (Largo et al., 2001) Jiné studie uvádí „dospělý“ typ řízení balance nejdříve mezi 12.-15. rokem (Peterka a Black, 1990).

DISKUZE NAD NORMAMI PRO VÝVOJ KOPŮ

Hodnocení dovednosti kopání do míče je součástí 5 testových systémů. Tato dovednost je hodnocena u věkové skupiny 2-3 roky a dále pak u věkové skupiny 5-6 let. V nejčasnějším období je testována dovednost napodobit kopnutí do míče a to konkrétně ve věku 2 let. Význam této zkoušky je spojen více se schopností napodobit pohyb, což je nezbytné pro rozvoj dalších motorických dovedností. Funkčně by právě napodobování pohybu mohlo být dáváno do souvislosti s tzv. zrcadlovými neurony, tedy s premotorickým cortexem (Knierim, 2013; Diamond, 2000). U 3 letých dětí se objevuje dovednost kopnout samostatně do míče bez opory, což souvisí se schopností stoje na jedné dolní končetině (Asseiante et al., 2005). U 6 letých dětí je předmětem hodnocení schopnost kopnutí do míče na vzdálený cíl (jiné osobě) tato dovednost již souvisí se zkušenostmi a schopností předvídat pohyb míče, silově uzpůsobit míru kopu a přizpůsobit polohu dolní končetiny. Podle Von Hofstena a Rosblata (1988) se chybovost v cílených pohybech míče snižuje mezi 7-11 rokem život (Hay, 1978). Zacílení předmětu a kinestetické funkce jsou dávány do souvislosti s oblastí parietálního cortexu, který vykazuje dlouhou dobu funkčního vyzrávání, proto lze předpokládat, že dospělý typ řízení se objevuje až ve druhé dekádě života (Gogtay, 2004).

DISKUZE NAD NORMAMI PRO VÝVOJ HODŮ A CHYTÁNÍ PŘEDMĚTŮ

Hody a chytání předmětů jsou zahrnuty do hodnocení hrubé motoriky pouze v případě 3 z 8 zkoumaných testových systémů. Hody jsou hodnoceny ve všech věkových skupinách. Odhození míčku horním nášvihem lze pozorovat kolem 3. roku života. Ve 4 letech je dítě schopno chytit míč vletu oběma rukama nebo hodit na cíl umístěný na podlaze. Úspěšnost jak odhodu na cíl, tak chytání míče se pohybuje kolem 4 úspěšných pokusů z 10. U 5 letých dětí je testován opět odhod na cíl a chytání předmětu či míče, přičemž dochází ke zvýšení úspěšnosti při chytání a to tak, že lze chytit 7 z 10 pokusů. Výkonnost při hodech na cíl se nezvyšuje tak razantně, dítě kolem 5. roku života je schopno správně zacílit 5 z 10 hodů. Hody a jejich přesnost mohou souviset s kinestetickým vnímáním polohy ruky, které stále kolem 10. roku života není srovnatelné s dospělým jedincem, jak uvádí Contéras-Vidal (2006). To potvrzuje i funkční zrání parietálního cortexu, které zasahuje až do druhé dekády

života (Gogtay, 2004). U šestiletých dětí je testována dovednost chytání míče a dribling oběma rukama. U chytání míče, je úspěšnost 4/5 hodů. Chytání předmětu lze funkčně spojovat s dozrávání neocerebelárních funkcí a schopností předvídat pohyb a anticipovat adekvátně posturální nastavení. Tyto funkce se objevují v „dospělé“ podobě kolem 10. roku života (Diamond, 2000). U driblingu je úspěšnost 100% z pěti pokusů.
Další z důvodů zlepšování výkonnosti v průběhu vývoje u hodů na cíl a chytání předmětů mohou být změny v kvalitě prostorového vidění. Prostorové vnímání je závislé na neurogenních faktorech, ale také na vývoji retiny. Právě vývoj retiny probíhá až do 5 let věku. Díky tomu dochází ke zlepšování prostorového vidění mezi 5.-6. rokem, avšak hodnot dospělého jedince je dosahováno až kolem 7. roku života (Ellemberg et al., 1999). Tyto dovednosti jsou velmi závislé na zkušenostech a motorickém učení a jsou velmi závislé na dopředné vazbě. Byly prováděny studie hodnotící cílené pohyby ruky u dětí s DCD a dětí zdravých, přičemž u dětí s DCD nebyly přítomny známky anticipace, což je spojeno s horším posturálním zajištěním pohybu. Reakční čas byl rovněž delší (Johnston et all., 2002).

DISKUZE NAD NORMAMI PRO VÝVOJ DIADOCHOKINÉZY

Diadochokinéza je hodnocena pouze u jednoho ze studovaných testů. Vzhledem k tomu, že se jedná o test pokrývající věkovou kategorii 5-6 let, nejsme schopni sledovat vývoj těchto dovedností v čase napříč celým vymezeným obdobím, tedy 2-6 let věku dítěte. Ze studií, které diadochokinézu v průběhu vývoje zkoumaly, lze pouze pozorovat vývoj rychlostních parametrů pobybu. Gasser (2009), zkoumal vývoj rychlosti pohybu a zjistil, že k nejvýznamnějším změnám dochází mezi 5.-10. Rokem života, ale vývoj probíhá až do druhé dekády života. Z výsledků naší studie můžeme pouze popsat normy pro věkovou kategorii 5-6 let. Předmětem testování jsou opakované pohyby pronace a supinace, kdy je prováděno 10 pohybů. Je testována jak dominantní, tak nedominantní horní končetina samostatně, ale jednu z položek představuje i současný pohyb obou horních končetin. Normy jsou postaveny na čase provedení 10 opakování, který by měl být pro dominantní horní končetinu max. 10s, pro nedominantní max. 11s a současný pohyb předloktí by měl být proveden pod 12s. Kromě těchto opakovaných pohybů, je testován tapping, a to jak horní, tak dolní končetinou. Počet opakování je 10 a norma je opět vztažena k času provedení, který u horní končetiny by měl být menší než 4s a u dolní končetiny menší než 5-6 s. Diadochokinéza by měla být hodnocena spíše v rámci motoriky jemné, ale z našeho pohledu vypovídá o velmi

významné funkci a to o schopnosti provádět správně časované sekvence pohybů, které funkčně vypovídají o spojení mezi bazálními ganglii, thalamem, mozečkem a kortikálními oblastmi. (Luna, 2008) Jedná se o funkci, která po kvalitativní stránce zdaleka nedosahuje maxima v tomto věku, ale zásadní je z našeho pohledu právě její přítomnost (Knierim, 2013; Diamond, 2000).

DISKUZE NAD NORMAMI PRO OSTATNÍ HODNOCENÉ DOVEDNOSTI

Samostatnou hodnocenou dovedností je houpání na houpačce, které je obsaženo pouze v jednom z testů. Stejně tak tomu je u jízdy na kole. Jedná se o test, který je určen zejména pro rodiče a pro ošetřovatele, tudíž se jedná o dovednost, která je významným způsobem závislá na zkušenostech s tímto vybavením. Kineziologický obsah této dovednosti je spojen se schopností pracovat s těžištěm těla a využívat jej k dynamickému pohybu. Podle normativních dat je dítě schopno houpat se na houpačce mezi 4-5. rokem. Významnou funkci pro dovednost jízdy na kole zastávají informace vestibulární a mozečkové (Steindl et al., 2006; Jouen, 1990). Anticipace posturálního zajištění, které je právě spojováno s mozečkovými funkcemi, není přítomno dříve než mezi 4.-5. rokem života, jak to uvádí Asseiante (2000). Pro jízdu na kole bude velmi významná dovednost provést cyklický pohyb, tedy sekvenci několika stejných pohybů, což jak se ukazuje, je dítě schopné provést efektivně až v období mezi 4.-5.rokem života. Schopnost sekvenčních pohybů se objevuje i při testování skoků ve stejném věkovém období. Jízda na kole je dovednost, která je opět velmi závislá na zkušenostech a možnostech motorického učení. Dítě by mělo dle výsledků být schopno této dovednosti dosáhnout mezi 4-5. rokem.

Poslední dovedností je provedení hvězdy, které je testováno u dětí starších 6 let. Z našeho pohledu se jedná o dovednost vyžadující speciální nácvik, což je pro běžné hodnocení motorického vývoje nevyhovující.

Obecně lze říci, že pro klinické využití ve fyzioterapii je významnější hodnocení funkce, než výkonu. Přesto, že jsme pracovali z velké většiny se screeningovými testy, lze v průběhu vývoje vymezit významné funkční mezníky na základě rozboru normativních dat námi studovaných testů a poznatků z vývojové neurofyziologie a kineziologie.

DISKUZE NAD OBSAHEM ZKOUMANÝCH TESTŮ

Pro srovnání obsahu jednotlivých testových systémů je velmi zajímavá konfrontace testů, které jsme mohli zařadit do studie a testů, které nebyly do studie zařazeny. Z takovýchto, bychom uvedli např. BOT-2 (Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency) ZNA (Zurich neuromotor assessment) a nebo MOT 4-6 (Motoriktest für vier bis sechsjährige Kinder). Konkrétní popis dvou z testů a testové položky jsou uvedeny v příloze č. 8 a č. 9. Ve všech třech případech se jedná o aktuálně přepracované či nové testové systémy, které jsou velmi často využívány k detekci centrální kordinační poruchy. Všechny tři testové systémy hodnotí pouze část z námi zkoumaného věkového období, a to zejména období od 4. roku až do období dospělosti, což je období charakteristické významnými změnami ve způsobu řízení a koordinaci. Všechny tři testy se zaměřují pouze na hodnocení motorických funkcí. Předmětem hodnocení je u všech testů hrubá i jemná motorika. Naším zájmem však bude porovnat obsahovou stránku testů zařazených do studie a těchto tří specifických systémů.
Bruininks Oseretsky test zahrnuje do hodnocení hrubé motoriky rychlost běhu a agilitu, statickou a dynamickou balanci, bilaterální koordinaci, koordinaci horních končetin a sílu. Z oblasti jemné motoriky hodnotí rychlost reakce, vizuo-motorickou koordinaci, rychlost horních končetin a dexteritu. Balance je hodnocena pomocí zkoušek, které se objevují i mezi zkouškami popsanými u našich osmi testů. Jedná se o stoj na jedné dolní končetině na rovné podložce a na kladině, dále stoj na jedné dolní končetině se zavřenýma očima, chůzi po čáře, chůzi po čáře s kontaktem pata/špička po rovné podložce a po kladině. Rozdíl v balančních zkouškách je zejména ve využití kladiny, která zvyšuje náročnost, ale vzhledem k tomu, že jsme nepracovali s normativními daty u tohoto testu, nejsme schopni posoudit, do jaké míry jsou právě balanční zkoušky na kladině aplikovatelné u naší věkové skupiny 4-6 let. Oblast bilaterální koordinace je hodnocena pomocí tappingu, poskoků na místě, poskoky s tlesknutím nad hlavou, poskoky a kontakt ruky a paty. Síla je hodnocena pomocí výskoků snožmo, sedů/lehů, a přitahování dolních končetin („sklapovačky“) (Rigal, 2005). Koordinace horních končetin je hodnocena pomocí hodů na cíl a chytání míče, driblingu a zkoušek taxe. Kromě hodnocení taxe a silových zkoušek v podobě sedů/lehů a „sklapovaček“, lze říci, že všechny testované oblasti jsou obsaženy i u našich osmi sledovaných testů. Podstatný rozdíl je ale v tom, že v případě BOT II jsou všechny tyto funkce souhrnně hodnoceny v jednou testovém systému.
ZNA (Zurich neuromotor assessment) je po obsahové stránce zaměřen více na jemnou motoriku. ZNA hodnotí opakované pohyby prstů, opakované pohyby rukou a nohou

(diadochokinéza), sekvenční pohyby prstů, statickou balanci a dynamickou balanci. Pro hodnocení statické balance je využíváno hodnocení stoje na jedné dolní končetině. Tato zkouška je obsaže rovněž v našem testovém souboru. Dynamická balance je hodnocena pomocí skoků a modifikací chůze (po špičkách, po patách, atd.) (Largo, 2001). Na rozdíl od našeho souboru testů, je tento ZNA více vyhraněn svou využitelností a může být využíván k diagnostice CKP. Jinak lze říci, že se v tomto testu neobjevují žádné dovednosti, které by nebyly hodnoceny i u jiných testů. Hodnocení diadochokinézy je v rámci ZNA velmi četně pokryto.

Posledním z testů, které se nabízejí ke konfrontaci je MOT 4-6. Jedná se o test, který obsahuje 18 položek. Řada položek obsažených v MOT 4-6 je odlišných od testových zkoušek objevujících se v námi studovaném souboru. Zmíníme, pouze ty zkoušky, které se neobjevují v jiných testech. MOT 4-6 hodnotí poskoky s rotací o 180°, dále přechod ze sedu do stoje s držením míče, válení sudů, skákání panáka, prolézání obručí bez kontaktu, chůze vzad a zvedání šátku z podlahy pomocí nohy. Kromě těchto specifických zkoušek hodnotí agilitu běhu, skoky do obruče, latero-laterální skoky, reaktibilitu při chytání, hody na cíl atd. Viz příloha č. (Zimmer aVolkamer, 1984; Semper, 2003). Vzhledem k tomu, že se jedná o test, který hodnotí věkovou skupinu mezi 4.-6. rokem, není umožněno sledovat vývoj testovaných dovedností v delším časovém horizontu, což se zdá být značně limitující vzhledem k vývoji koordinace, který probíhá až do časné dospělosti.

Vzhledem, že se naše studie zabývá motorickým testováním ve věkové skupině 2-6 let, je nutné zmínit, že se jedná právě o období, kdy jsou nejčastěji identifikovány poruchy koordinace, které bývají zahrnuty do diagnózy CKP (centrální koordinační porucha). Barnhart (2003) uvádí, že CKP bývá nejčastěji identifikována mezi 6-12. rokem života, přičemž prevalence je mezi 5-8°%. Jedna z teorií vzniku CKP hovoří o tom, že se jedná o kontinuum jemných vrozených neurologických odchylek, které se projeví právě ve vyšším věku, kdy jsou nároky na koordinaci významnější (Largo, 2001; Barnhart et al., 2003) (Hadders- Algra, 2003). Poruchy v rámci CKP mohou být patrny na kterékoliv úrovni centrálního nervového systému. Barnhart (2003) udává, že změny spojené s CKP se nejvíce projevují na změnách propriocepce, programování pohybu, timingu, sekvencích pohybů, balanci, kinestezii (diskriminační čití), pohybocitu, polohocitu, lateralitě, vizuomotorické koordinaci, imitaci pohybu, rychlosti pohybu a na reakčním čase (Barnhart et all., 2003). Podle těchto informací by to měli být právě tyto motorické dovednosti, které by měly být středem zájmu při hodnocení motoriky v časném dětském věku.

ZÁVĚR

Vývoj v časném dětském věku je charakteristický velkou interindividuální variabilitou, přesto však lze pozorovat funkční změny, které jsou patrné na vývojových normách námi zkoumaných testů. Jako značný limit naší studie spatřujeme malé zastoupení čistě motorických testů určených pro odborníky ze strany dětských lékařů, neurologů a fyzioterapeutů, protože po obsahové stránce jsou tyto testy mnohem pestřejší a hodnotí vývoj pohybu po funkční stránce. Vývojové období 2-3 roky je charakteristické rozvojem samostatnosti v poznávání a v motorickém projevu. Je to období, kdy je zásadní, aby při testování bylo využíváno možnosti napodobování pohybu. Všechny testované dovednosti by měly být prakticky předvedeny. Schopnost imitace má svůj význam i prognosticky, a to z důvodu motorického učení, proto by měla být hodnocena i tato dovednost.

Období 3-4 roky je období, kdy se zvyšuje schopnost balance. Do řízení pohybu jsou kromě zrakových informací zapojeny i informace proprioceptivní. Kolem 4. roku dochází k prohlubování lateralizace, která je fyziologickým jevem, typickým pro toto věkové období a měla by být součástí hodnocení v tomto věkovém období.

Jako významný funkční mezník charakteristický pro období 4-5 let spatřujeme schopnost posturálně anticipovat pohyb. Dítě v tomto věku je schopno efektivně odolávat externím silám a tyto síly vyhodnotit na základě zrakových vjemů, což se odráží například při chytání předmětů. Zvyšující se podíl proprioceptivních informací při řízení pohybu, se projevuje lepší balancí. Další významnou motorickou funkcí charakteristickou pro toto období je schopnost provést sérii opakovaných pohybů.

Pro věkovou kategorii 5-6 let je charakteristická plná integrace všech senzorických vjemů při vyhodnocení pohybu. Synchronní zpracování zrakových, proprioceptivních a vestibulárních informací, umožňuje kompenzovat například výpadek zrakových vjemů. Schopnost selektivního posturálního zajištění, se projevuje např. na kvalitě odrazu. Významná změna nastává i ve kvalitě zraku, kdy se zlepšuje prostorové vidění, což může být spojováno se schopností lépe a efektivněji zacílit pohyb. Provedení opakovaných pohybů nabývá na rychlosti. Dochází rovněž k větší funkční lateralizaci končetin.

Pro motorický vývoj dítěte se zdá být zlomové období kolem 7. roku, jak ukazuje řada studií. Hlavní rozdíl je ve schopnosti anticipace pohybu, kdy by mělo být dítě v tomto věku schopno adekvátně přizpůsobit polohu celého těla vzhledem k motorickému požadavku. Významnou

měrou v tomto období narůstá schopnost adaptace na pohyb a na podmínky pohybu, kdy by měla adaptace nastat po jenom zkušebním pokusu. Což poukazuje na posun při plánování pohybu. U dětí mladších 7 let, je adaptace delší a vyžaduje obvykle 2-3 pokusy. Tohoto jevu by mělo být využíváno při hodnocení motoriky v časném dětském věku a schopnost adaptace by měla být hodnocena jako fyziologický jev. Vyhodnocení pohybu se v řadě parametrů začíná přibližovat způsobu řízení pohybu dospělého jedince, přesto však řada motorických funkcí dosahuje kvalitativně dospělých hodnot až v druhé dekádě života.

SEZNAM LITERATURY

1. ADOLPH, K.E.; VEREIJKEN, B.; SHROUT, P.E. What changes in infant walking and why. 2003, *Child Development,* 2003, vol. 72, n. 2, p. 475-497.
2. ANDRACE,S.A.,SANTOR,D.N.,BOSTOS,A.C.,PEDROMONICO,M.R.,FILHO, A.,BARRET,M.L. Family Environnement and childs cognitive development: an Epidemiological approach. *Rev. Saúde Pública*, 2005, vol. 39, n. 4
3. ASSEIANTE, C.; ET ALL. Development of Locomotor Balance Control in Healthy Children. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 1998, vol. 22, n. 4, p. 527–532
4. ASSEIANTE, C.; MALLAU,S.; VIEL, S.; ET AL. Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural. Plast*., 2005, vol. 12, n. 3, p. 109-118.
5. BALLANTYNE, A.O., SPILKIN, A.M., HESSELIN, J.,TRAUNER, D.A. Plasticity in the developing brain: intellectual, langure and academic functions in children with ischemic perinatal stroke. *Brain*, 2008. vol.131, p. (2975-2985).
6. BARNHART, R.C.;DAVENPORT, M.J.;EPPS, S.; NORDQUIST, V.M. Developmental Coordination Disorder. *Phys. Ther*., 2003, vol. 83, p. 722-731.
7. BARUTCHU, A.; CREWTHER, D.P.; AND CREWTHER, S.G. The race that precedes coactivation: development of multisensory facilitation in children. *Developmental Science*, 2009, vol. 12, p. 464-473.
8. BARUTCHU, A.; DANAHER, J.; CREWTHER, S.G.; INNES-BROWN, H.; SHIVDASANI, M.N.; PAOLINI, A.G. Audiovisual integration in noise by children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2010, vol. 105, p. 38-50.
9. BAYLEY, N. *Bayley scales of infant development*. New York, Psychological corporation, 1969.
10. BAYLEY, N. *The California Infant Scale of Motor Development*. Berkeley, CA: University of California Press, 1936.
11. BERARD, J.R.; VALLIS, L.A. Characteristics of single and double obstacle avoidance strategies: a comparison between adults and children. *Experimental Brain Research*, 2006, vol. 175, p. 21-31.

12. BERGER, S.E.; THEURING,C.; ADOLPH, K.E. How and when infants learn to climb stairs. *Infant Behavior & Development*, 2007, vol. 30, p. 36–49
13. BERGER,W.; QUINTERN, J.; DIETZ, V. Afferent and efferent control of stance and gait: developmental changes in children. *Electroencephatology and neurophysiology*, 1987, vol. 66, n. 3, p. 244-252.
14. BERNSTEIN, N. *The coordination and regulation of movements*. London, Pergamon Press, 1967.
15. BLEYENHEUFT,C.; DETREMBLEUR,CH. Kinematic covariation in pediatric, adult and elderly subjects: Is gait control influenced by age? *Clinical biomechanics*, 2012, vol. 27, p. 568-572
16. BOURGEOIS, J.P.; GOLDMAN-RAKIC, P.S. Synaptic Development of the Cerebral Cortex: Implications for Learning, Memory, and Mental Illness, in J. van Pelt et al., eds., *Progress in Brain Research*,1994, vol. 102, p. 22743.
17. BRÉNIÉRE, Y.; BRIL, B. *Pourquoi l´enfant marche-t-il en tombant, alors que l´adulte tombe en marchant?* Comptes rendus de l´academie des Sciences, Paris, 1988.
18. BRICKERS, D.D.; SQUIRES, J. *The ASQ User's Guide*. Brookes Publishing Company, 1999, p.175., ISBN: 10155766367X
19. BRICKERS,A.; SQUIRES, V. *Ages and Stages Questionnaires*. Paul Brooks Publishing, 1999
20. BRIGANCE, A.H. *Inventory of Early Development II*. Curriculum Associates, 2004. ISBN: 0-7609-2806-1
21. BRIL, B. *La genése des premiers pas*. In J. Riviére, Développement psychomoteur du jeune enfant. Solal Editeurs, Marseille, 2000, p. 53-85
22. BRIL, B.; BRENIÉRE, Y. Postural requirements and progression velocity in young walkers., *Journal of Motor Behaviour* , 1992, p. 105-116
23. BRIL, B.; LEDEBT,A. Head coordination as a means to assist sensory integration in learning to walk. *Neuroscience Biobehavioral Review*, 1998, n. 22, p. 555-563.
24. BRUER, J. *Neural Connections: Some You Use, Some You Lose*. [online] Dostupné z: **http://www.jsmf.org/about/j/neural_connections.htm 2010**.
25. BRUER, J.T. Avoiding the pediatrician´s error: how neuroscientists can help educators (and themselves). *Nature Neuroscience Suplement*, 2002, vol.5, p.1031 – 1033

26. BRUININKS, R.H.; BRUININKS,B.D. *BOT-2 Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency Second Edition*. AGS Publishing, 2005.
27. BRUNET, O.; LÉZINE,I. *Echelle de développement psychologique de la premiére enfance.* Établissement d´applications psychotechniques, 1951.
28. BUONOMANO, D. V., AND M. M. MERZENICH."Cortical plasticity: from synapses to maps." *Ann. Rev. Neurosci*., 1998, vol. 21, p. 149–186.
29. BURTON, A.W.;MILLER, D.E. *Movement sklil assesment*. Human Kinetics, 1998. ISBN: 0-87322-975-4
30. CONTÉRAS-VIDAL, J. L. Development of forward models for hand localization and movement control in 6- to 10-year-old children. *Human Movement Science*, 2006, vol. 25, n. 4–5, p. 634–645.
31. COOLS, V., DE MARTELAER, K.,SAMAEY, CH., ANDRIES, C. Movement skill assessment of typicaly developing preschool children: A rewiew of seven movement skill assessment tools. *Journal of Sport Science and Medicine*, 2009, vol. 8, p. 154-168.
32. CUISINIER, R.; OLIVIER, I.; VAUGOYEAU, M.; NOUGIER, V.;ASSAIANTE, C. Reweighting of Sensory Inputs to Control Quiet Standing in Children from 7 to 11 and in Adults. *PLoS ONE*, 2011, vol. 6 n. 5
33. DE KEGEL, A.; BAETENS, T.; PEERSMAN, W.; ET AL. Ghent Developmental Balance Test: A new Tool to Evaluate Balance Performance in Toddler and Preschool Children. 2012, *Phys. Ther*, 2012, vol. 92, p. 841-852.
34. DE KIEVIET, J.F., PIEK, J.P., AAMOUDSE-MOENS,C.S.,OOSTERLAAN, J. Motor development in very preterm and very Low -Birth weight Children from birth to adolescence a meta analysis. *JAMA*, 2009, vol. 302, no. 20.
35. DE VIGNEMONT, F. Body schema and body image Pros and cons. *Neuropsychologia*, 2009, vol. 48, n.3, p. 669-680
36. DIAMOND, A.:Close interrelation of Motor Development and Cognitive Development and of the Cerebellum and The Prefrontal Cortex. *Child Development*, 2000, vol. 71, n.1, p. 44-56.
37. DIAMOND,N.; DOWNS,J.;, MORRIS,S. The problem with running"-Comparing the propulsion strategy of children with Developmental Coordination Disorder and typically developing children. *Gait and Posture*, 2014, vol. 39, p. 547-552
38. EDELMAN, G.M. *Neural Darwinism. The Theory of Neuronal Group Selection*.Oxford: Oxford University Press, 1989.

39. EDELMAN, G.M. Neural Darwinism: Selection, Reentrant Signaling in Higher Brain Functions. *Neuron*, 1993, vol. 10, p. 115-125.
40. EDELMAN, G.M. Neuronal Group Selection Theory and Developmental Motor Disordres. *Developmental Medicin and Child Neurology*, 2000, vol. 42, p. 707-715
41. ELLEMBERG, D.; LEWIS, T.L.; LIU, H.CH.; MAURER, D. Development of spatial and temporal vision during childhood. *Vision Research*, 1999, Vol. 39, Iss. 14, pp. 2325–2333
42. ERICSSON, P.; PERFILIEVA, E.; BJORK – ERICSSON,T. ; ET ALL. Neurogenesis in the adult human hyppocampus. *Nature Medicine*, 1998, vol. 4, p. 1313 – 1317
43. FELDMAN, D.; BRECHT, M. Map plasticity in somatosensory cortex. *Science*, 2005, vol. 310, p.810 – 815
44. FORSSBERG, H. Ontogeny of human motor locomotor control I. Infant stepping supported locomotion and transition to independent locomotion. *Experimental Brain Research*, 1985, vol. 57, p. 480-493
45. FORSSBERG, H.; HIRSCHFELD,H. Postural adjustements in sitting humans following external perturbations: Muscle aktivity and kinematics. *Experimental Brain Research*, 1994, vol. 97, p. 515-527.
46. FRANKENBURG, W. K.; DOBBS, J.B. The Denver Developmental Screening Test. *The Journal of Pediatrics*, 1967, vol. 71, vol. 2, p. 181–191. [online] Dostupné z:**10.1016/S0022-3476(67)80070-2**. **PMID** **6029467**.
47. FRANKENBURG, W.K., DODDS, J., ARCHER, P. ET AL. *The Denver II Technical Manual*. Denver Developmental Materials, Denver, Co., 1990
48. FUSTER, J.M.: *Encyclopedia of neuroscience*. Boston, Birkhauser, 1988, p 107-109. ISBN: 978-1-4899-6776-3.
49. GASSER, T.; ROUSSON, V.; ET ALL. Development of motor speed and associated movements from 5 to 18 years. ***Developmental Medicine & Child Neurology***, 2009, **vol. 52, n. 3**
50. GEORGOPULOS, A.P.; GRILLNER, S.:Visuomotor coordination in reaching and locomotion. *Science*, 1989, n.15, vol.245, p. 1209-1210.
51. GESELL, A.; AMATRUDA, C. *The embryology of behavior*. Greenwood Press, Westport, 1945.

52. GESELL, A.; AMATRUDA, C.: *Developmental diagnosis: Normal and abnormal child development: Clinical methods and pediatric applications*. New York, Hoeber, 1947.
53. GESELL,A. *Le jeune enfant dans la civilisation moderne*. PUF, Paris, 1967
54. GIBSON, E.; GIBSON, J.J. *The senses as information – seeking systems*. 1991, In E.J. Gibson. An Odyssey in learning and perception (pp. 503-510). Cambridge, MA: MIT press.
55. GIBSON, J.J. *The ecological approach to visual perception*. Boston, Houghton Mifflin, 1979.
56. GODOI, D.; BARELA, J.A. Body sway and sensory motor coupling adaptation in children: effects of distance manipulation. *Developmental Psychobiology*, 2008, vol. 50, p. 77-87.
57. GOGTAY, N., GIEDD, N.,LUSK, J.N. ET AL.: Dynamic mapping of human cortical developpment during childhood through early adulthood. *PNAS*, 2004, vol. 101, n. 21. p.8174-8179
58. GOGTAY, N.; GILD, J.N.; LUSK, L.; HAYASHI, K.M. ET AL. Dynamic mapping of human cortical developpment during childhood through early adulthood. *PNAS*, 2004, vol. 101, p. 8174 – 8179.
59. GOSSARD, J.P. *Breathe, Walk and Chew; The Neural Challenge: Part II.* Elsevier, 2011, ISBN: 978-0-444-53825-3, p.266
60. HADDERS-ALGRA, M. Developmental coordination disorder: is clumsy motor behavior caused by a lesion of the brain at early age? ***Neural Plast.***, 2003, vol. 10, n.1-2, p.39-50.
61. HADDERS-ALGRA, M. Variation and Variability: Key Words in Human Motor Development. *Physical Therapy* , 2010. Vol. 90, p. 1823-1837
62. HADDERS-ALGRA,M. The neuronal group selection theory: promissing principles for understanding and treating developmental motor disorders. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2000, vol. 42, p.707-715
63. HALLEMANS, A.; ORTIBUS, E.; TRUIJEN, S.; MEIRE, F. Development of independent locomotion in children with a severe visual impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 2011, vol. 32, n. 6, p. 2069-2074.
64. HALLETT, M. Plasticity of the human cortex and recovery from stroke. *Brain Research Reviews*, 2001, vol. 36., p. 169-174.

65. HALSBAND, U.; LANGE, R.K. Motor learning in man: A review of functional and clinical studies. *Journal of physiology*, 2006, vol. 99, p. 414-424.
66. HAY, L.: Accuracy of children on an open loop pointing task. *Perceptual and Motor Skills*, 1978, vol. 47, p. 1079-1082
67. HAYWOOD,K.M., GETCHELL,N. *Life span motor development*. 2nd. ed. Champaign IL., Human Kinetics, 2005.
68. HIGGINS, C.; CAMPOS, J.J.; KERMOIAN, R. Effect of self-produced locomotion on infant postural compensation to optic flow. *Developmental psychobiology*, 1996, vol. 32, p. 836-841.
69. HIKOSAKA, O.; NAKAMURA, K.; SAKAI, K.; ET AL. Central mechanisms of motor sklil learning. *Current Opinion in Neurobiology*, 2002, vol.12, p. 217-222
70. HILLMAN, S.J.; STANSFIELD, B.; ET AL. Development of temporal and distance parameters of gait in normal children. *Gait and Posture*, 2009, vol. 29, n.1, p. 81-85.
71. HUTTENLOCHER, P.R. *Neural Plasticity (The effect of Environnement on the Development of Cerebral Cortex)*. Harvard University Press, 2002. ISBN: 0-674-00743-3. p. 271
72. HUTTENLOCHER, P.R. Regional Differences in Synaptogenesis in Human Cerebral Cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 1997, vol. 387, p. 167-78.
73. CHIA, L.C.; LICARI M.K.; GUELFI K.J.; REID S.L. A comparison of running kinematics and kinetics in children with and without developmental coordination disorder. *Gait and Posture*, 2013, vol. 38, n.2, p. 264-269
74. ILLINGWORTH,R.S. *Abrégé du développement psychomoteur de l´enfant*. Masson, Paris, 1978
75. IRETON, H.R. *Child Development Inventory*. Behaviour Science Systems Inc. 1992, [online] Dostupné z: **http://www.childdevrev.com/page11/page59/files/cdi-manual.pdf**
76. ISAAC, J.T.R.; CRAIR, M.C.; NICOL, R.A.; MALENKA, R.C. Silent Synapses during Development of Thalamocortical Inputs . *Neuron*, 1997, vol. 18, p. 269–280
77. JOHNSON, M.H. Functional brain development in humans. *Nature Reviews Neuroscience*, 2001,vol. 2, p. 475-483.
78. JOHNSTON, L.; EASTWOOD,D.; JACOBS, B.Variations in normal gait development. *Pediatrics and Child Health*, 2014, vol. 24, n. 5, p. 204-207

79. JOHNSTON, L.|M.; BURNSA,Y; BRAUERA, S.; RICHARDSON, C. Differences in postural control and movement performance during goal directed reaching in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 2002 ,vol. 21, n. 5–6, p. 583–601.
80. JOUEN, F. *Early visual-vestibular interactions and postural development*. Kluwe Academic Publisher, Dordrecht, 1990.
81. JOVER, M.; BRIL, B. *Le développement psychomoteur du jeune enfant, idées neuves et approches actuelles.* Solal Editeurs, Marseille,2000. ISBN: 2-905580-97-6
82. KEEN, M. Early Development and attainment of Normal Mature Gait. Journal of Prostetrics and Orthotics, 1993. vol. 5, n. 2, p. 35-38
83. KELLY, Y.,SACKER, A.,SCHOON, I.,NAZROO, J. Ethnic Differences in achievement of developmental milestones by 9 month of age: the Millenium Cohort study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2006, vol. 48, p. 825-830.
84. KENDERICK, K.A.;HANTEN,W.P. Differentiation of Learning Disabled Children from Normal Children Using Four Coordination Tasks. *Physical Therapy*, 1980, vol.60, n. 6, p.784-788
85. KEYSERS, CH.; GAZZOLA, V.; ET AL. Empathy and the Somatotopic Auditory Mirror System in Humans. *Current Biology*, 2006, vol. 16, p. 1824–1829
86. KLEIM, J.A.; BARBAY, S.; ET AL.: Motor Learning-Dependent Synaptogenesis is Localised to Functionally Reorganised Motor Cortex. *Neurobiology of Learning and Memory*, 2002, vol.77, p.63–77
87. KNIERIM,J. Overview: *Functions of the cerebellum*. Departement of neuroscience, The Johns Hopkins University. [cit. 27.5.2013][online] Dostupné z: http://neuroscience.uth.tmc.edu/s3/chapter05.html
88. KOLÁŘ, P.; ET AL. *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén, 2009. ISBN: 978-80-7262-657-1
89. KOLB,B.:, GIBB,R.:, ROBINSON,T. Brain Plasticity and Behavior. American Psychological Society. [online] Dostupné z: **http://www.psy.cmu.edu/~rakison/plasticity%20and%20the%20brain.pdf**
90. KONCZAK, J.; JANSEN-OSMANN, P.; KALVERMAN, K.T. Development of force adaptation during childhood. *Journal of motor behaviour* , 2003, vol. 35, n. 1, p. 41-52

91. KRÁLÍČEK,P. *Úvod do speciální neurofyziologie*. 2. vyd. Praha, Karolinum, 2002. 230 s. **ISBN 80-246-0350-0**. S. 217-.
92. KROES, M.;VISSERS, Y.J.; ET AL. Reliability and Validity of a Qualitative and Quantitative Motor Test for 5- to 6 Years old Children. *Eu. Journal of Pediatric Neurology*, 2004, vol.8, n.3, p. 135-143.
93. KYNČL, M.; KOLÁŘ, I.; BOMAN,K.; NEUWIRTH, J. Proces myelinizace mozku v MR obraze u dětí – vyšetřovací postupy, normální nálezy a interpretace nálezů v denní praxi. *Ces Radiol.*, 2007, vol. 61, č. 3, s. 270 – 274
94. LARGO, R.H. ET AL. Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 1: timed performance. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2001, vol. 43, p. 436–443
95. LARGO, R.H. ET AL. Neuromotor development from kindergarten age to adolescence: developmental course and variability. *Swiss Med Wkly*, 2003, vol. 133, p. 193–199
96. LARGO, R.H. ET AL.:Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 2: associated movements. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2001, vol.43, p. 444–453
97. LARGO, R.H.; FISCHER,J.E.;ROUSSON,V. Neuromotor development from kindergarten age to adolescence: developmental course of variability. Swiss Med. Wkly, 2003, vol. 133., p. 193 – 199.
98. LATASH,L.M. *Neurophysiological basis of movement.* Humankinetics, 2008. ISBN-10:0-7360-6367-6
99. LUNA, B.; THULBORN, K.R.; ET AL. Maturation of Widely Distributed Brain Function Subserves Cognitive Development. *Neuro Image*, 2001, vol.13, p.786-793
100. MOHER, D.;LIBERATI, A.; ET AL. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis: The PRISMA statement. *PlosMedicine*, 2009, vol.6, n.7
101. MONGOMERY, P.; CONOLLY, B. Norm-Referenced and Criterion-Referenced Tests Use in Pediatrics and Application to Task Analysis of Motor Skill. *Physical Therapy*, 1987, vol. 67, no. 12, p.1873-1876.
102. MORRIS, E.M.;SUMMERS, J.J.; MATYAS, T.A.; IANSEK, R. Current Status of the Motor program. *Physical therapy*, 1994. vol.74, n. 8.

103. MULLER, J.; MULLER, S.; BAUR, H.; MAYER, F. Intra-Individual Speed Variability in Healthy Children aged 1-15 years. *Gait and Posture*, 2013,vol. 38, n. 4, p. 631-636.

104. MUNDKUR, N. Neuroplasticity in children. *Indian Journal of Pediatrics*, 2005. vol. 72, n. 10, p. 855-857

105. NARDINI, M.; COWIE, D. *The development of multisensory balance, locomotion, orientation and navigation. Chapter 6*. Z Bremner A.J.: Multisensory development. Oxford University Press, 2012. [online] Dostupné z: http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucjtmna/nardini_cowie_multisensory_chapter_final_aug2011.pdf

106. NAVARRO SCALIANTE, E. *Aprendizada Motor. Parte 1*.[online] 2013 Dostupné z: **http://cienciasecognicao.org/neuroemdebate/?p=249**

107. NELSON, E.A.S., YU, L.M.,WONG, D.,WONG, H.Y.E.,YIM, L. Rolling over in infants: age, ethnicity, and mental differences. *Developmental medicine and Child Neurology*, 2004, 46 p. 706-709.

108. NEWELL, K.M.; MAYERS-KRESS, G.;YEOU-TEH, L. Time Scales in Motor Learning and Development. *Psychological Review*, 2001, vol.108. n.1, p.57-82.

109. NUDO, R.J.; PLAUTZ E.J.;FROST, S.B. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle and Nerve*, 2001, vol. 24, p.1000 – 1019.

110. PETERKA, R.J.; BLACK, F.O.: Age-related changes in human posture control: sensory organization tests. *J Vestib. Res*, 1990, vol.1, n.1, p.73-85.

111. PIAGET, J.; INHELDER, B. *The psychology of the child*. London, Routledge and Kegan Paul, 1969.

112. PIEK, J.; HANDS, B.; LICARI, M.: Assessment of motor functioning in the preschool period. *Neuropsychology Review*, 2012,vol.10

113. PIEK,J.P. *Infant Motor Development*. Human Kinetics, 2006. ISBN: 0-7360-0226-X

114. PRECHTL, H.F.R.: The optimality concept. *Early Human Development*, 1980, vol. 4, p. 201-205.

115. RAKIC, P. Limits of neurogenesis in primates. *Science*, 1985, vol. 227, p. 1054-1056

116. RIGAL,R. *Développement moteur Test de Bruininks Oseretsky (Traduction de Robert Rigal)***.** 2005, [online] dostupné z:

http://www.er.uqam.ca/nobel/r17424/Docs_KIN2200_PDF/Bruininks_recueil.pdf

117. RINGWALT, S. *Developmental Screening and Assessment Instruments*. [online] 2008. Dostupné z: **http://www.nectac.org/~pdfs/pubs/screening.pdf**
118. RIZZOLATTI,G.;FABBRI-DESTRO, M.; CATTANEO, L.Mirror neurons and their clinical relevance. *Nature Clin Pract Neurol.*, 2009, vol. 5, p. 24-34.
119. ROLAND, P.E.; LARSEN, B.; LASSEN, N.A.; ET AL. Supplementary Motor Area And Other Cortical Areas in Organisation of Voluntary Movements in Man. *Journal of Neurophysiology*, 1980, vol. 43, n. 1, p. 118-135.
120. ROSE-JACOBS, R. Development of Gait at Slow, Free and Fast Speeds in 3 and 5 Year Old Children. *Phys. Ther*., 1983, vol. 63, p. 1251-1252.
121. ROUDINESCO, M.;GUITON, M. *Le développement de l'enfant-Manuel d'instructions pour l'application des tests du Pr. Arnold Gesell*. Presses Universitaires de France, Paris, 1950.
122. SAINBURG, R.L. Handedness: Differential specializations for control of trajectory and position. *Exerc Sport Sci Rev*, 2005, vol. 33, p. 206-213
123. SANES, J.N.; DONOGHUE, J.P. Plasticity and primary motor cortex. *Annual Reviews Neuroscience*, 2000, vol.23, p. 393-415
124. SEMPER, T. *Mot 4-6 (Motoriktest für vier- bis sechsjährige Kinder)*. 2003, [online] dostupné z: **http://www.drstemper.de/seminare/hs_motdiag_ss03_9.pdf**
125. SCHMITZ, CH.;MARTIN, N.; ASSAIANTE,CH. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Experimental Brain Research* , 2002, vol. 142, n. 3, p. 354-364.
126. SLATER, L.M., HILLIER, S.L.,CIVETTA, L.R.,GRAD, D.P. The clinimetric Properties of Performance – Based Gross Motor Tests Used for Children With Developmental Coordination Disordre: A Systematic Review. *Pediatric Physical Therapy*, 2010, vol.22, p. 170-179.
127. SMITH, L.B., THELEN, E. Development as a dynamic system. *Trends in cognitive science.* 2003, Vol. 7, n. 8
128. STEINDL,R.; KUNZ,K.; SCHROTT-FISCHER,A.; SCHOLTZ,A.W. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2006, n. 06, p. 477-482

129. SUGDEN, D.A.;HENDERSON, S.E. *Movement Assessment Battery for Children – Second Edition*, 2007.

130. SULLIVAN, K.J.; KANTAK, S.S.; BURTNER, P.A. Motor Learning in Children: Feedback Effects on Skill Acquisition. *Physical Therapy*,2008, vol. 88, n. 6, p. 720-732

131. SUTHERLAND, D.H.; OLSHEN, M.; ET AL. The Development of Mature Gait. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 1980, vol. 62, n. 3, p. 336-353

132. THELEN, E.: Motor Development: A new synthesis. *American Psychologist*, 1995, vol. 50, n. 2, p.79-95

133. THELEN, E.; ULRICH, B.D.: Hidden procursor to sklil; A dynamical systém analysis to terdmill – elicited stepping during the first year. *Child Development*, 1991, vol.56

134. THOMSON, K.; JAAKKOLA,T.;LIUKKONEN, J. *What is Motor Learning? Promotion of Motor Skills in Sports and Physical Education*. University of Jyvaskyla, Finland Publications, 2006. p. 9-18.

135. TIEMAN, B.L., PALISANO, R.J., SULTIVE, A.C. Assessment of Motor Development and Function in Preschool Children. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 2005, vol. 11, p. 189-196.

136. TOUWEN, B.: Variability and stereotypy in normal and deviant development. Clinical Developmental Medicine, 1978, vol. 67, p. 99-100.

137. ULRICH, B.D.; ULRICH, D.A. *Dynamic systems approach to understanding motor delay in infant with Down syndrom*. Z Savelsburg, G.J.P.: The development of coordination in infancy (pp. 445-459) , Amsterdam, Elsevier, 1993.

138. UNGERLEIDER, L.G.; DOYON, J.; KARNI, A. Imaging Brain Plasticity during Motor Skill Learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 2002, vol.78, p.553-564.

139. VAIVRE-DOURET, L.; BURNOD,Y. Development of a global motor rating scale for young children (0-4 years) including eye-hand grip coordination. *Child Care Health Dev.*,2001, vol.6, s. 515-534

140. VAIVRE-DOURET,L. Précis théorique et pratique du développement moteur du jeune enfant-normes et dispersions. Elsevier, Paris, 1997. ISBN: 2-84299-004-8

141. VAN DER MAAS, H.L.J.; HOPKINS, B. Developmental transitions: So what´s new? *British Journal of developmental psychology*, 1998, vol. 16, p. 1-13.

142. VAN DER WEL, R.P.R.D.; ROSENBAUM, D.A. Coordination of locomotion and prehension. *Ex. Brain Res*., 2007, vol. 176, p. 281-287
143. VÉLE, F. *Kineziologie, přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Triton, 2006. ISBN: 80-7254-837-9. p.375
144. VLES, J.H.S; KROES, M; FERON, F.J.M.: *MMT: Maastricht Motoriek Test*. Leiden: PITS, 2004
145. VOJTA, V. *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku: Včasná diagnóza a terapie*. Grada, Aviceum, Praha, 1993. ISBN: 80-85424-98-3
146. VON HOFSTEN, C.;, RÖSBLAD,B. The integration of sensory information in the development of precise manual pointing. *Neuropsychologia*, 1988, vol. 26, n. 6, p. 805–821
147. WANG, X.; ZHI-GUANG,J. *Kinematics Analysis of Running for Children of 3 to 6 Years Old.* [online] 2012, dostupné na: **http://www.ier-institute.org/2070-1918/lnit11/v11/147.pdf**
148. WANN, J.P.; MON-WILLIAMS, M.; AND RUSHTON, K. Postural control and coordination disorders: The swinging room revisited. 1998, Human Movement Science, 1998, vol. 17, p. 491-513.
149. WOLPERT, D.M.;GHAHRAMANI, Z.;FLANAGAN, J.R. Perspectives and problems in motor learning.*Trends in Cognitive Sciences*, 2001, vol.5, n.11
150. ZIMMER , R.;VOLKAMER, M. *Motoriktest für vier- bis sechsjährige Kinder (MOT 4-6)*. Weinheim, Beltz, 1987
151. ZIMMER R. UND VOLKAMER M. *MOT 4 – 6. Motoriktest für vier- bis sechsjährige Kinder. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage*. 1984, Weinheim: Beltz. [online] Dostupné z: **http://www.lzg.gc.nrw.de/_media/pdf/evaluationstools/motko_1.pdf**