

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Fakulta tělesné kultury**

**ADAPTACE TESTU MOTORIKY PRO DĚTI MABC-2 PRO STARŠÍ  
ADOLESCENTY**

Disertační práce

Autor: Mgr. Ludvík Valtr

Pracoviště: Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci

Školitel: prof. PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.

Olomouc 2020

**Jméno a příjmení autora:** Mgr. Ludvík Valtr

**Název disertační práce:** Adaptace testu motoriky pro děti MABC-2 pro starší adolescenty

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Školitel:** prof. PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.

**Rok obhajoby disertační práce:** 2021

**Abstrakt:** Ve srovnání s dětmi s vývojovou poruchou koordinace (DCD) se věnuje adolescentům, u kterých DCD přetrvává, výrazně nižší pozornost a omezená dostupnost validních testových nástrojů pro toto věkové období může být jedním z důvodů. Testovým nástrojům, které jsou určeny pro věkové období starší adolescence, je vytýkán stropový efekt testových úloh, nedostatečné klinické ověření validity testových úloh u starších adolescentů a nedostatek věkově specifických a ekologicky validních úloh. Test motoriky pro děti MABC-2 se jako jeden z nejrozšířenějších nástrojů pro hodnocení vývojové poruchy koordinace u dětí jeví jako potenciální hodnotící nástroj i u starších jedinců.

Cílem práce bylo posoudit platnost Testu MABC-2 u populace adolescentů ve věku 17 – 19 roků a na základě výsledku tohoto ověřování navrhnout soubor testových úloh vhodných pro období starší adolescence a posoudit jejich konstruktovou a strukturální validitu u skupiny adolescentů ve věku 17 – 19 roků.

Posouzení strukturální validity Testu MABC-2 bylo provedeno na reprezentativním vzorku 120 adolescentů (60 dívek a 60 chlapců) pomocí konfirmativní faktorové analýzy. Test MABC-2 neprokázal dostatečnou validitu pro hodnocení motorické způsobilosti u jedinců ve věku 17-19 roků a proto byl navržen nový soubor testových úloh a ten byl posouzen na konstruktovou a strukturální validitu. Posouzení konstruktové validity nového souboru úloh bylo provedeno pomocí dvouvýběrového t-testu na skupině 22 adolescentů (14 dívek a 8 chlapců) ve věku 17 – 19 roků s pravděpodobnou DCD (p-DCD) a na kontrolní skupině 22 adolescentů (14 dívek a 8 chlapců), která věkově odpovídala skupině s p-DCD. Posouzení strukturální validity pak bylo provedeno na skupině 105 adolescentů (56 dívek a 49 chlapců) opět pomocí konfirmativní faktorové analýzy.

Z nově navrženého souboru osmi testových úloh bylo identifikováno šest testových úloh potenciálně vhodných pro hodnocení motorické koordinace u adolescentů ve věku 17-19 roků. Jedná se o úlohy otáčení kolíčků, trojúhelník s maticemi a šroubky, úlohu grafomotorické rychlosti, chytání jednou rukou, rovnováha na dvou deskách a přeskoky se stabilizací. Výsledky této práce pak mohou být aplikovány do diagnostické praxe, k tvorbě validního nástroje pro hodnocení motorické způsobilosti u jedinců starších 16 let pro potřeby pedagogicko-psychologického poradenství, klinické a vývojové psychologie, fyzioterapie, pediatrie či neurologie.

**Klíčová slova:** vývojová porucha koordinace, validita, motorika, test, adolescence

Souhlasím s půjčováním disertační práce v rámci knihovních služeb.

**Author's full name:** Mgr. Ludvík Valtr

**Title of the doctoral thesis:** Adaptation of the Movement Assessment Battery for Children-2nd edition test for older adolescents

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology

**Supervisor:** prof. PaedDr. Rudolf Psotta. Ph.D.

**Year of presentation:** 2021

**Abstract:** Compared to children with developmental coordination disorder (DCD), adolescents with a persisting motor impairment are paid considerably less attention. One of the reasons this topic remains under-researched is limited availability of valid assessment instruments. Problems with diagnostic tools designed for older adolescents and adults, such as possible ceiling effect, the insufficient validity verification and lack of relevant ecologically valid and age specific tasks, are often mentioned in literature. The Movement Assessment Battery for Children test, 2nd edition (MABC-2 test), which is currently one of the most commonly used tools to evaluate motor impairments in children, shows potential to be also used in older subjects.

The aim of the theses was to examine the MABC-2 test validity with 17-19-year-old adolescents. Based on obtained results a new set of tasks, which would be suitable for older adolescents. Construct and structural validity of the new set with 17-19-year-old adolescents was thereafter examined.

Examination of the MABC-2 test structural validity was conducted on a representative group of 120 adolescents (60 females and 60 males) using factor analysis. The MABC-2 test indicated unsatisfactory validity for the assessment of motor competency with 17-19-year-old individuals. Construct validity examination of the new set of tasks was conducted on a group of 22 (14 females and 8 males) adolescents with probable DCD with 17-19-year-old adolescents and a control group of 22 (14 females and 8 males) age-matched controls. T-test was used for group comparisons. Structural validity examination was conducted on a group of 105 adolescents (56 females and 49 males) using factor analysis.

Six out of eight newly proposed tasks were then identified as potentially suitable for assessment of motor coordination in 17-19-year-old adolescents. Specifically, turning pegs, triangle with nuts and bolts, test of graphomotoric speed, catching with one hand, two-board balance and hops with stabilization. The results of this work could be applied to diagnostic practice, to create a valid tool for assessing motor fitness in individuals older than 16 years for the needs of pedagogical-psychological counseling, clinical and developmental psychology, physiotherapy, pediatrics or neurology.

**Key words:** developmental coordination disorder, validity, motor functions, test, adolescence

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

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně pod vedením školitele prof. PaedDr. Rudolfa Psotty, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržel zásady vědecké práce.

V Olomouci dne 3. 12. 2020

.....

Děkuji prof. PaedDr. Rudolfu Psottovi. Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování disertační práce. Dále děkuji Mgr. Kamile Banátové, Bc. Nikole Coufalíkové, Bc. Martinu Lasovskému, Bc. Michalu Pavlovi a Bc. Vojtěchu Joskovi za pomoc při organizaci a sběru dat. Také děkuji M.Sc. Rezu Abdollahipourovi za jeho cenné rady při statistickém zpracování dat.

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1 Úvod .....   | 9  |
| 2 Přehled poznatků.....  | 10 |
| 2.1 Motorický vývoj v adolescenci .....                                    | 10 |
| 2.1.1 Jemná motorika a manuální dovednosti.....                            | 12 |
| 2.1.2 Hrubá motorika.....  | 13 |
| 2.1.3 Rovnováha a posturální kontrola.....                                 | 14 |
| 2.2 Deficity motoriky – Vývojová porucha koordinace .....                  | 16 |
| 2.2.1 Kritéria pro stanovení diagnózy DCD .....                            | 17 |
| 2.2.2 Projevy DCD .....  | 17 |
| 2.2.3 Etiologie DCD.....   | 21 |
| 2.2.4 Neurální podstata DCD .....  | 22 |
| 2.2.5 Prevalence DCD .....   | 24 |
| 2.2.6 Negativní vliv DCD na nemotorické oblasti .....                      | 25 |
| 2.2.7 DCD v adolescenci.....   | 25 |
| 2.3 Hodnocení motorické koordinace .....                                   | 27 |
| 2.3.1 Metodologické přístupy k hodnocení úrovně motorické koordinace ..... | 28 |
| 2.3.2 Stanovení diagnózy vývojové poruchy koordinace.....                  | 30 |
| 2.3.3 Hodnocení motorické způsobilosti u adolescentů .....                 | 32 |
| 2.3.4 Test motoriky pro děti MABC-2 .....                                  | 35 |
| 3 Cíle práce .....   | 38 |
| 4 Základní design výzkumu .....  | 40 |
| 5 První fáze: Posouzení validity Testu MABC-2 – verze AB3.....             | 41 |
| 5.1 Metodika 1. fáze .....   | 42 |
| 5.2 Výsledky 1. fáze .....   | 45 |



|  |     |
|--|-----|
| 6 Druhá fáze: Sestavení inovovaného souboru testových úloh vhodných pro starší adolescenty ..... | 49  |
| 6.1 Návrh úloh manuální dovednosti .....   | 50  |
| 6.2 Návrh úloh míření a chytání .....  | 52  |
| 6.3 Návrh úloh rovnováhy .....   | 53  |
| 7 Třetí fáze: Posouzení konstruktové validity inovovaného souboru testových úloh                 | 55  |
| 7.1 Metodika 3. fáze .....   | 55  |
| 7.2 Výsledky 3. fáze výzkumu .....   | 60  |
| 8 Čtvrtá fáze: Posouzení strukturální validity testových úloh .....                              | 64  |
| 8.1 Metodika 4. fáze .....   | 64  |
| 8.2 Výsledky 4. fáze výzkumu .....   | 65  |
| 9 Diskuze .....  | 68  |
| 9.1 Diskuze k 1. fázi výzkumu .....  | 68  |
| 9.2 Diskuze ke 2. a 3. fázi výzkumu .....  | 71  |
| 9.3 Diskuze ke 4. fázi výzkumu .....   | 78  |
| 9.4 Limity disertační práce .....  | 80  |
| 10 Závěry .....  | 81  |
| 11 Souhrn .....  | 83  |
| 12 Summary .....   | 84  |
| 13 Referenční seznam .....   | 85  |
| 14 Přílohy .....   | 111 |

## 1 Úvod

Ukazuje se, že vývojové motorické obtíže, které byly spojovány především s mladšími vývojovými obdobími, mohou přetrvat až do adolescence a dospělosti. Stejně jako u dětí pak mají negativní dopad na jejich další rozvoj a negativní přesah do dalších nemotorických oblastí osobnosti jedince. Diagnostikování a sledování těchto problémů i v pozdějších fázích života může být podkladem pro odbornou pomoc a intervenční programy. Tyto programy pak mají pozitivní vliv na rozvoj postižených motorických funkcí a redukci negativních důsledků s nimi spojených. Znalosti projevů vývojové poruchy koordinace ve starších vývojových obdobích jsou stále omezené. Proto jsou nezbytné další práce, které by se věnovaly specifickým projevům vývojové poruchy koordinace v těchto věkových obdobích.

S výjimkou specializovaných neurologických a fyzioterapeutických vyšetření, je v současné době v ČR k dispozici pro užívání pouze jedna validovaná diagnostická metoda pro hodnocení motorické koordinace a jejího deficitu u dětí - Test motoriky pro děti MABC-2 (Test MABC-2), resp. její česká verze (Psotta, 2014). Tento test je v celosvětovém měřítku jedním z nejpoužívanějších nástrojů pro hodnocení pohybové koordinace u dětí v psychologické a fyzioterapeutické praxi. Test je však konstruován pouze pro jedince od 3 do 16 roků. Ve výzkumné oblasti je ale z důvodů nedostatku věkově validních nástrojů používán také u jedinců starších 16 roků. Předkládaná práce se zaměřila na řešení problému, zda je Test MABC-2 použitelný pro hodnocení motorické koordinace a identifikaci koordinačních obtíží u starších adolescentů ve věku 17 až 19 roků. Záměr práce také zahrnoval případnou úpravu testových úloh a jejich opakované ověření tak, aby modifikovaná verze tohoto testu byla validní pro populaci starších adolescentů.

## 2 Přehled poznatků

Věkové vymezení adolescence není v současné literatuře jednotné. V americké literatuře je pod pojmem adolescence zahrnováno i období pubescence (11 – 15 roků), které je však v české a evropské psychologii vymezováno zvlášť (Neuls & Frömel, 2016). Začátek adolescence je tak uváděn v rozmezí 10. až 15. roku života a jeho konec pak mezi 18. až 20. rokem (Macek, 2003; McDevitt & Ormrod, 2010; Papalia & Olds, 1992; Thorová, 2005). Pro potřeby této práce byl použit pojem starší adolescence, jejíž věkové vymezení odpovídá období od 17 do 19 let (Haibach, Collier, & Reid, 2011). Horní hranice tohoto vymezení je stanovena věkem, ve kterém běžně dochází k ukončení sekundárního vzdělávání v ČR a dolní hranice je určena věkem, kdy je ukončen růstový spurt typický pro pubescentní období. Tato hranice je také určena věkovými normami Testu motoriky pro děti MABC-2 (viz níže), ze kterého tato práce vychází.

### 2.1 Motorický vývoj v adolescenci

V motorickém vývoji se toto období nazývá obdobím integrace a završování motorického vývoje (Měkota, Kovář, & Štěpnička, 1990). Důležitou roli zastávají kondiční a koordinační schopnosti. Kondiční schopnosti, které jsou biologicky podmíněné rapidním nárůstem svalové hmoty v pubescentním a adolescentním období, vývojem kardiovaskulárního a respiračního systému společně s rozvojem energeticko-metabolických procesů, umožňují provádět fyzicky více náročné aktivity s větší intenzitou a po delší dobu.

Koordinační schopnosti jsou biologicky podmíněny dozráváním centrální nervové soustavy (CNS) a v adolescenci eskalující myelinizací (Spear, 2013), která umožňuje zrychlení přenosu nervových vzruchů napříč různými oblastmi nervového systému a zvětšuje tak jejich účinek (Markhman & Greenough, 2004). To společně s funkčními změnami v CNS umožňuje vykonávat pohyb rychleji, přesněji, plynuleji a ekonomičtěji. Ukazuje se, že k vrcholu ve vývoji hrubé a jemné vizuomotoriky dochází zhruba v 15. roce věku (Keppeke, Cintra, & Schoen, 2013). Quatman-Yates, Quatman, Meszaros, Paterno a Hewett (2012) však zmiňují, že jimi vymezené

studie o vývoji senzomotorických funkcí u adolescentů ukazují na progresivní zlepšování koordinačních schopností i v průběhu adolescence. Nicméně Largo et al. (2001) poznamenává, že jsou mezi jedinci stejného věku vývojová zlepšení často velmi rozdílná a zároveň bývají ovlivněna úrovní složitosti dané úlohy. I přesto se tyto rozdíly s vyšším věkem snižují. Dále uvádějí, že u jednoduchých koordinačních úloh vyžadujících zapojení drobných svalů, např. tapping prstu, dochází k zastavení zlepšování mezi 12. až 15. rokem, zatímco u koordinačně složitějších úloh, vyžadujících zapojení více svalových skupin, např. pronace a supinace předloktí nebo houpavý pohyb chodidla vsedě s dotykem paty a špičky, a sekvenčních pohybových vzorců jako např. dotýkání se palce na ruce dalšími prsty v pořadí od ukazováčku po malíček, dochází ke zlepšování až do 18 let.

V rozvoji koordinačních schopností v adolescentním období se uplatňují pohlavní rozdíly (Davies & Rose, 2000), které jsou podmíněny rozdílným zráním nervových drah a systémů u dívek a chlapců (De Bellis et al., 2001; Gidley Larson et al., 2007). Muži také ve srovnání se ženami používají poněkud odlišné nervové dráhy, které spojují různé oblasti mozku a mohou tak mít efektivnější systém řízení koordinačních akcí, které jsou podmíněny nervovými přenosy percepčních vjemů mezi mozečkem a mozkovou kůrou v zadní části mozku, což je např. vizuální vnímání (Ingalhalikar et al., 2014). Ženy naopak vykazují vyšší bilaterální aktivaci korových oblastí mozku a vyšší konektivitu mozkových hemisfér, což se může odrážet v efektivnějším provádění úloh bimanuální koordinace.

Také individuální rozdíly v somatickém vývoji jsou jedním z faktorů, které ovlivňují motorický vývoj adolescentů (Nováková, 1996; Puciato, Mynarski, Rozpara, Borysiuk, & Szygula, 2011). Různý začátek, trvání, rychlost a rozsah somatických a fyziologických změn v adolescentním období zvětšují rozdíly v motorickém vývoji. Například nadváha nebo obezita pak může mít negativní vliv na koordinační schopnosti (D'Hondt, Deforche, De Bourdeaudhuij, & Lenoir, 2009; Logan, Scrabis-Fletcher, Modlesky, & Getchell, 2011). Změny proporcionality těla (výška, váha a somatotyp) pak dále mohou ovlivňovat rovnovážnou schopnost, především její dynamickou komponentu. S ustálením somatických změn dochází k ustálení výkonů vyžadujících rovnovážnou dynamickou schopnost (Poliszczuk, Broda, & Poliszczuk, 2012).

Plně rozvinuté pohybové schopnosti v adolescenci tak formují nový harmonický celek, který se projevuje druhým vrcholem motorického rozvoje. Pro

mnohé jedince motorický vývoj v tomto období kulminuje a je vrcholem celoživotního motorického vývoje.

### **2.1.1 Jemná motorika a manuální dovednosti**

Vývoj jemné motoriky a manuálních dovedností je podložen ve starší adolescenci pokračujícím vývojem řízení a plánování dosahovacích pohybů (Golenia, Schoemaker, Otten, Mouton, & Bongers, 2018; Wilson & Hyde, 2013) a uchopovacích pohybů (Jover, Ayoun, Berton, & Carlier, 2014; Wong & Whishaw, 2004). Dosahovací pohyb rukou se skládá ze dvou koordinovaných komponent (Rand, Shimansky, Hossain, & Stelmach, 2008). Dosahovací neboli transportní komponenta vyžaduje přemístění ruky z výchozí polohy do polohy umožňující uchopení předmětu v rychlosti, která je pro uchopení předmětu vhodná. Mimo uchopování na dosahovací komponentu pohybu může navazovat jiný pohybový proces jako např. ukazování. Uchopovací část pak zahrnuje orientaci, přizpůsobení a sevření ruky. Dosahovací pohyby tak na základě dvoukomponentního modelu probíhají pod dopřednou kontrolou s využitím zpětnovazebních informací pro odhad aktuální pozice ruky vzhledem k cíli pro úpravu rychlosti a přesnosti ve finální části dosažení (Jeannerod, 1984; Rand, et al., 2008). Důsledek nedozrálosti ve využívání dopředného řízení a naopak větší závislost na zpětnovazebním řízení se může projevit v delší době potřebné pro dosažení předmětu (Elliot, Hansen, & Grierson, 2010) a zhoršené schopnosti předpovídat následky svých pohybů (Pereira, Landgren, Gillberg, & Forssberg, 2001). Předpokládá se, že za dopřednou kontrolu je odpovědný funkční okruh mezi mozečkem a temenní mozkovou kůrou (Shadmehr & Krakauer, 2008). Tento okruh řízení se rychle vyvíjí mezi 8. až 12. rokem, poté následuje další dozrávání až do mladší dospělosti (Wilson & Hyde, 2013). Zrání těchto funkcí se projevuje zlepšujícím se výkonem v unimanuálních a bimanuálních úlohách jemné motoriky (Valtr & Psotta, 2019). Bimanuální koordinace je pak podmíněna funkčním propojením obou mozkových hemisfér přes vazník (corpus callosum), který umožňuje koordinaci mezi dvěma stranami těla, ale také zprostředkovává inhibici nežádoucích souhlasných pohybů druhé končetiny v případě úloh, které spočívají v nesouladné bimanuální koordinaci (Takeuchi, Oouchida, & Izumi, 2012). Předpokládá se, že zadní část vazníku je zodpovědná za prostorovou synchronizaci končetin (Eliassen, Baynes, & Gazzaniga, 2000) a přední

část vazníku pak za časovou synchronizaci končetin (Eliassen, Baynes, & Gazzaniga, 1999). Vývoj vazníku má pozitivní efekt na výkon v bimanuálních úlohách (Gooijers & Swinnen, 2014), avšak je známo, že vazník se nevyvíjí rovnoměrně, ale různé části vazníku mají odlišné vývojové křivky (Thompson et al., 2000) a že zrání vazníku pokračuje i v období starší adolescence až do 20. roku života (Giedd et al., 2009; Muetzel, Collins, Mueller, Schissel, Lim, & Luciana, 2008).

### **2.1.2 Hrubá motorika**

V průběhu adolescence dochází také ke zlepšování bimanuální koordinace z hlediska hrubé motoriky. Bylo zaznamenáno postupné zlepšování časové synchronizace mezi horními končetinami ve věku od 6 až do 26 let (de Boer, Peper, & Beek, 2012) zejména pak v případě, kdy končetiny měly být synchronizovány na základě kinestetického zdroje rytmu. Zároveň bylo zjištěno i postupné zlepšování prostorové synchronizace končetin v průběhu adolescence (de Boer et al., 2012). Od 15 do 26 let pak dochází k výrazně efektivnější prostorové koordinaci končetin v případě, kdy není vykonáván souhlasný pohyb. To umožňuje starším jedincům vykonávat efektivněji dvěma končetinami dva odlišné pohyby souběžně (de Boer et al., 2012). V průběhu starší adolescence také dochází k efektivnější koordinaci mezi horními a dolními končetinami, zejména při vykonávání anti-fázických pohybů (Cortis et al., 2009; Cortis, Pesce, & Capranica, 2018).

Souhlasná časová a prostorová bimanuální synchronizace končetin jsou podmiňující faktory pro úspěšné provedení zachytávacích (interceptivních) úloh jako je chytání nebo odbití letícího předmětu (odpálení letícího míče v baseballu, odkop přihrávaného míče ve fotbale, aj.). Pro úspěšné zachycení pohybujícího se předmětu horními končetinami je nutné, aby končetiny provedly souhlasný pohyb ve stejný čas a v příslušné pozici. V průběhu adolescence je tak možné pozorovat zlepšení výkonů v interceptivních úlohách (Cantell, Smyth, & Ahonen, 1994; Missiuna et al., 2008). Úspěšné provedení interceptivních úloh je zároveň podmíněno vizuálním vnímáním pohybujícího se předmětu. Studie vizuálního vnímání naznačují, že ve 14 až 16 letech mají jedinci již dobře vyvinuté vizuální vnímání statických objektů a periferní vidění, avšak vizuální vnímání pohybujících se objektů stále dozrává během 17. až 20. roku věku (Bucher et al., 2006; Ego, Yüksel, Orban de Xivry, & Lefèvre, 2015; Wolf et al., 2018). Předpokládá se, že zlepšení je ovlivněno vývojem prediktivního

řízení pohybu a s ním spjatých interních modelů, které zlepšují synergii mezi sakadickými pohyby očí a sledováním objektu (Ego et al., 2015). Pozdější dozrávání vizuálního vnímání může být také způsobeno tím, že neuroanatomické zrání zahrnuje přebudovávání mozkových funkcí jak pro časové, tak pro prostorové vnímání a že nervové dráhy odlišných vizuálních funkcí, tzn. dorzální a ventrální vizuální proud, mají různé vývojové trajektorie (Braddick, Atkinson, & Wattam-Bell, 2003). Zpracování informací se tvorbou nových nervových sítí stává rychlejším a efektivnějším. Pomalejší přenos skrz nekompletně myelizovaný systém je pravděpodobně hlavním důvodem horšího vnímání pohybujících se objektů u adolescentů v porovnání s dospělými jedinci (Braddick et al., 2003). Proces myelinizace trvá až do dospělosti a je ukončen až kolem 30. roku života (Douet, Chang, Cloak, & Ernst, 2014). Pokračující vývoj vnímání pohybujících se objektů a vizuomotorické a kinesteticko-motorické koordinace horních končetin (Kagerer & Clark, 2015) se pak projevuje v pohybových činnostech, pro které jsou tyto mechanismy nezbytné. V průběhu adolescence tak lze pozorovat zlepšování výkonů například ve sledovacích úlohách (Van Roon, Caeyenberghs, Swinnen, & Smits-Engelsman, 2008) a v interceptivních úlohách (Cantell et al., 1994; Missiuna, Moll, King, Stewart, & Macdonald, 2008).

### **2.1.3 Rovnováha a posturální kontrola**

V adolescentním období se také mění vliv vizuálních informací na udržování posturální kontroly (Viel, Vaugoyeau, & Assaiante, 2009). Jedinci v tomto období se ještě stále zdají být více závislí na vizuálních podnětech a také jsou jimi snadněji ovlivnitelní než informacemi z ostatních systémů podílejících se na posturální stabilitě (Rinaldi, Polastri, & Barela, 2009; Viel et al., 2009). U adolescentů tak při omezení zrakových informací dochází k výraznějšímu zhoršení posturální kontroly v porovnání s dospělými jedinci. Hypotéza uvedená Vielem et al. (2009) naznačuje, že fyziologické, morfologické a psychické změny, které u adolescentů proběhly v pubertálním období, spojené s přebudováním funkcí nervosvalového systému, mohou vést k přechodnému opomíjení dostupných proprioreceptivních informací a spoléhání se více na jiné sensorické systémy, především na vizuální.

Toto přechodné opomíjení proprioreceptivních informací se může projevit při nervosvalové a posturální kontrole. Je známo, že adolescenti mají při jednoduchých balančních úlohách, jako jsou snožné stoje, podobnou kontrolu držení těla s dospělými jedinci z hlediska průměrné rychlosti pohybu centra tlaku a výchylek centra tlaku v předozadní (sagitální) a pravolevé (frontální) rovině, avšak při obtížnějších balančních úlohách např. při zmenšení opěrné báze nebo při omezeném vidění, je úroveň řízení rovnováhy podobná té u mladších dětí ve věku 4 – 10 roků (Lemos, David, & Mota, 2016; Streepey & Angulo-Kinzler, 2002). Možným vysvětlením může být vývoj a interakce mezi dopředným a zpětnovazebním systémem řízení pohybu a jeho vývoj. Je známo, že při narušení rovnováhy se u dětí a dospělých projevují stejné zpětnovazební procesy, avšak dopředné mechanismy jsou u dětí méně vyvinuté než u dospělých (Barela, Jeka, & Clark, 2003; Sparto et al., 2006). Zpětnovazební kontrola je založena na modifikaci pohybu v reakci na informace, získané ze smyslových systémů v průběhu pohybu. Naproti tomu dopředná kontrola pohybu vyžaduje využití stávajícího interního modelu pohybu pro jeho přesné provedení (Seidler, Noll, & Thiers, 2004). Na zralejších motorických představách pohybu, které jsou pak odpovědné za modelování potřebných časoprostorových parametrů, uplatňujících se při účinnějším dopředném řízení pohybu, se podílí pracovní paměť (Fuelscher, Williams, & Hyde, 2015). V adolescenci pak nejspíše díky změnám ve struktuře mozku, jako je reorganizace množství bílé a šedé hmoty mozkové, společně se synaptickým větvením (Paus, 2005) dochází ke zlepšení pracovní paměti (Best & Miller, 2010; Luciana, Conklin, Hooper, & Yarger, 2005; Malagoli & Usai, 2018).

Dopředná a anticipační kontrola postury také závisí na schopnosti kontrolovat setrvačné síly, které na tělo působí (Grasso, Assaiante, Prevost, & Berthoz, 1998; Haywood & Getchell, 2019). Proto v adolescenci stále rostoucí kostra a zvyšující se tělesná váha, mohou přispět k omezení dopředné kontroly při řízení rovnováhy (Corso, 2018).

Na posturální kontrole se také podílejí vestibulární mechanismy. Vestibulární systém se však vyvíjí nejpomaleji ze všech tří sensorických systémů, které se na posturální kontrole podílejí. Vestibulární funkce tak u jedinců ve věku 14 až 15 let ještě nedosahují úrovně dospělých (Hirabayashi & Iwasaki, 1994). Vestibulární funkci se při udržování posturální kontroly přisuzuje rozhodující vliv v momentě, kdy vstupní informace ze zbylých dvou systémů jsou nesouhlasné, a k dozrání těchto funkcí



dochází právě v průběhu starší adolescence (Ionescu, Morlet, Froehlich, & Ferber-Viart, 2006). Bylo zjištěno, že jedinci ve věku 14 – 16 roků nejsou schopni rozeznat a zpracovat zkreslené vizuální informace za využití informací z vestibulárního systému stejně efektivně jako dospělí (Ferber-Viart, Ionescu, Morlet, Froehlich, & Dubreuil, 2007). Integrace informací získaných ze třech odlišných sensorických nervových drah společně s jejich propojením a definováním podílu na udržování rovnováhy je zásadní pro udržení posturální kontroly (Horak, 2006) a v období adolescence stále dochází k vývoji mechanismů integrace a organizace multisenzorických informací pro kontrolu rovnováhy (Ferber-Viart et al., 2007).

S rostoucím věkem se také snižuje doba latence svalové aktivace na odchylky během rovnovážného stoje. Od 10. do 19. roku dochází k rozvoji strategie pro posturální přizpůsobování v kotníku, které se projevují lepší předozadní stabilitou u starších jedinců (Cherng, Lee, & Su, 2003). V důsledku výše zmíněných změn je proto možné pozorovat zlepšující se výkony u starších adolescentů v úlohách statické a dynamické rovnováhy (Lemos et al., 2016; Mani et al., 2019).

## **2.2 Deficity motoriky – Vývojová porucha koordinace**

V současné době jsou jedinci s deficitem v motorickém vývoji označováni jako jedinci s vývojovou poruchou koordinace neboli DCD (Developmental coordination disorder). Tato diagnóza je pod kódem 315.4 (F82) uvedena v Diagnostickém a statistickém manuálu duševních poruch, DSM 5. vydání (Raboch, Hrdlička, Mohr, Pavlovský, & Ptáček, 2015), který je překladem dokumentu Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders DSM-5 (APA, 2013). V Mezinárodní klasifikaci nemocí, MKN-10 (World Health Organization, WHO, 1992) je tato porucha označena jako Specifická vývojová porucha motorických funkcí s kódem F82. Ve starší literatuře se pak můžeme setkat i s označením jedince s koordinačním deficitem jako nemotorný, nešikovný, neohrabaný (clumsy), a jeho nedostatečná způsobilost jako neohrabanost, nešikovnost (clumsiness), vývojová nešikovnost (developmental clumsiness), fyzická neohrabanost (physical awkwardness), dyspraxie atd. (Gallahue & Ozmun, 1997; Kirby, Sugden, Beveridge, Edwards, & Edwards, 2008).

### 2.2.1 Kritéria pro stanovení diagnózy DCD

Podle Americké psychiatrické asociace [APA] (2013) je DCD označována jako porucha ve vývoji motorické koordinace, kterou nelze přičítat jiným zdravotním poruchám nebo mentální retardaci. Podle diagnostických kritérií pro DCD jsou motorické výkony jedince v denních činnostech výrazně pod úrovní odpovídající chronickému věku, příležitostí k učení a vykonávání dovedností a tato odchylka má negativní dopad na vzdělání a na aktivity denního života. Pro diagnózu DCD podle APA (2013, 77-78) musí jedinec splňovat následující čtyři kritéria:

A. Osvojování a provádění koordinovaných motorických dovedností je pod očekávanou normou ve srovnání s jedinci stejného věku, kteří mají stejné podmínky k učení a k uplatnění těchto dovedností. Obtíže se projevují nemotorností (např. padání, narážení do věcí), stejně jako pomalostí a nepřesností při provádění motorických dovedností (např. mají problémy chytit předmět, používat nůžky nebo přívbor, jezdit na kole nebo se zapojit do sportovních aktivit).

B. Poruchy motorických dovedností, jak jsou popsány v kritériu A, významně a trvale ovlivňují každodenní aktivity přiměřené věku (např. péči o sebe) a narušují školní výkon, přípravu na povolání a vlastní pracovní činnost, činnosti ve volném čase a herní aktivity.

C. Začátek koordinačních obtíží spadá do období raného vývoje.

D. Poruchu motorických dovedností nelze lépe vysvětlit poruchou intelektu (vývojovou poruchou intelektu) nebo zrakovým postižením a nelze ji přisoudit neurologické poruše ovlivňující pohyb, např. mozkové obrně, svalové dystrofii nebo jiné degenerativní poruše.

### 2.2.2 Projevy DCD

DCD se projevuje obtížemi při vykonávání aktivit denního života jako je například čištění zubů, zapínání knoflíků, zavazování tkaniček, při volnočasových aktivitách jako jsou skákání, běhání, chytání a házení míče a při školních aktivitách jako jsou psaní, kreslení anebo střihání. Výskyt příznaků se může lišit v závislosti na věku a na požadavcích kladených na jedince. Hlavní důvod interindividuální variability příznaků je heterogenní charakter DCD, různá hloubka závažnosti a různá pohybová zkušenost jedinců. S postupem času a dospíváním jedince se mohou

objevit nové dovednosti, které představují novou výzvu. V průběhu adolescence tak například můžou zvýšené vzdělávací, sportovní nebo profesní nároky vést k tomu, že se u jedinců začnou projevovat motorické obtíže. Anebo naopak může jedinec získat zkušenost, která vede k aktivaci kompenzačních mechanismů. Dle metaanalýzy dosavadních poznatků o DCD (Wilson, Ruddock, Smits-Engelsman, Polatajko, & Blank, 2013) se deficity DCD nejčastěji vyskytují v sedmi kategoriích: dopředné plánování pohybu (forward modeling), rytmická koordinace, exekutivní funkce (EF), řízení chůze a posturální stability, řízení uchopovacích pohybů, chytání a manuální interceptivní úlohy a aspekty sensoricko-percepčních funkcí.

#### *Dopředné plánování pohybu (forward modeling)*

Předpokládá se, že jedinci s motorickými obtížemi nemají stejně efektivní systém dopředného řízení akcí jako jedinci bez motorických potíží. Tito jedinci mají problém s generováním a využitím prediktivních odhadů pozice těla jako nástroje pro korigování akcí v reálném čase (Wilson et al., 2013). Jsou tak více závislí na zpětnovazební kontrole pohybu, která umožňuje pomalejší řízení pohybu než dopředné řízení. Důsledek deficitů v této oblasti se může projevit i v bezpečnosti pohybu protože mají zhoršenou schopnost předpovídat následky svých pohybů (Pereira et al., 2001). Tato zhoršená schopnost předpovídat následky svých pohybů se pak může projevit u jedinců s DCD jako často uváděná nešikovnost (shazování předmětů, upouštění předmětů atd). Deficit v dopředném řízení pohybu byl prokázán u řady úloh jako např. dosahovací pohyby s náhlou, rychlou a nečekanou změnou vizuálních informací (Hyde & Wilson, 2011), chytání při omezené vizuální kontrole (Lefebvre & Reid, 1998), sledovací úlohy (de Oliveira & Wann, 2010; Langaas, Mon-Williams, Wann, Pascal, & Thompson, 1998) nebo při posturální kontrole (Jover, Schmitz, Centelles, Chabrol, & Assaiante, 2010). Tento deficit se ještě zvětšuje při biomechanických omezeních v průběhu dospívání během růstového spruntu (Wilson et al., 2013).

#### *Rytmická koordinace*

U jedinců s DCD byla prokázána větší variabilita ve snaze udržet stabilní koordinační vzorec prováděný konstantní rychlostí (Volman & Geuze, 1998a; Volman & Geuze, 1998b). Meta-analýza dále prokázala, že jedinci s DCD mají deficity v časové souhře (timing) jak v případech, kdy je tempo určováno externě (spojení

percepce-akce) tak interně. Tyto problémy naznačují narušení oscilačních mechanismů a schopnosti vytvářet a monitorovat interní modely pohybu pravděpodobně na mozečkové úrovni (Wilson et al., 2013). Předpokládá se, že spojení mezi mozkovou kůrou a mozečkem je zodpovědné za tyto funkce (Carson & Kelso, 2004) a fMRI data u dětí s DCD ukazují na hypoaktivaci parietocerebellární a prefrontálně-cerebellární nervových struktur (Zwicker, Missiuna, Harris, & Boyd, 2011) což naznačuje možnou příčinu těchto problémů.

### *Exekutivní funkce*

U jedinců s DCD byly prokázány deficity v některých exekutivních funkcích, jako pracovní paměti, inhibiční kontrole a exekutivní pozornosti (Wilson et al., 2013).

Neurální zobrazovací metody naznačují společné mozečkové mechanismy mezi exekutivními funkcemi a motorickou koordinací (Diamond, 2000). To může částečně vysvětlit, proč velké množství dětí a adolescentů s DCD má také deficity exekutivních funkcí (Diamond, 2000; Michel, Roethlisberger, Neuenschwander, & Roebbers, 2011; Rigoli et al., 2012a; Saban, Ornoy, & Parush, 2014). Existují dvě vzájemně propojené možné příčiny, vysvětlující mechanismy deficitu exekutivních funkcí u DCD jedinců: první je ta, že neurokognitivní a neuromotorické systémy nefungují tak, jak by měly kvůli vnitřním maturačním faktorům. Druhou příčinou může být fakt, že kvůli opožděnému vývoji mozku jedinec nemá zkušenost s učením, konkrétně se stimulacemi, které by umožnily účinné vazby mezi stále více specializovanými subsystemy (Wilson et al., 2013).

### *Řízení chůze a posturální stability*

Jedinci s DCD mohou vykazovat deficit v posturální kontrole, což může mít negativní vliv na chůzi (Wilson et al., 2013). To se pak projevuje větší variabilitou krokového cyklu (Rosengren et al., 2009). Uvádí se, že v období adolescence jsou jedinci více závislí na vizuálních informacích na úkor ostatních sensorických vstupů při udržování posturální kontroly (Rinaldi et al., 2009; Viel et al., 2009). Při úlohách s omezeným viděním se tak zvyrazňují posturální deficity a je negativně ovlivněn krokový cyklus u jedinců s DCD v porovnání s jedinci bez DCD (Nieto, Valtr, Abdollahipour, & Psotta, 2018). Nicméně metaanalýza Wilsona et al. (2013) prokázala výskyt těchto deficitů i bez omezeného vidění. Jako možná příčina těchto deficitů společně s větší intraindividuální variabilitou např. při chůzi, se uvádí vyšší

míra neurálního šumu v motorickém systému. Deficity v oblasti lokomoce a mobility u jedinců s těžkou formou DCD jsou někdy tak výrazné, že je možné je zaznamenat i pouhým pozorováním (Cermak & Larkin, 2002). Výzkum chůze u dospělých jedinců s DCD prokázal zhoršenou posturální kontrolu v předozadním směru (Du, Wilmut, & Barnett, 2015). Předozadní kontrola posturální stability je řízena především reflexní činnostmi nižších nervových center uložených v míše (Bauby & Kuo, 2000; O'Connor & Kuo, 2009). Je tak možné usuzovat, že jedinci s DCD by mohli mít atypicky fungující nižší úrovně motorického řídicího systému (Du et al., 2015).

### *Řízení uchopovacích pohybů*

Všeobecně jsou u jedinců s DCD uváděny problémy v oblasti jemné motoriky (Bieber, Smits-Engelsman, Sgandurra, Cioni, Feys, Guzzetta, & Klingels, 2016; Missiuna et al., 2008). Je známo, že DCD děti jsou pomalejší v úlohách jemné motoriky vyžadující uchopení předmětu (Biancotto, Skabar, Bulgheroni, Carrozzi, & Zoia, 2011). Problémy DCD jedinců s uchopováním předmětů společně s deficitem v taktilním vnímání, které je důležité při jemné manipulaci s objektem (Johansson & Flanagan, 2009), jsou uvedeny v metaanalýze Wilsona et al. (2013).

### *Chytání a manuální interceptivní úlohy*

Problémy v interceptivních úlohách jsou velmi často uváděny jak u dětí s DCD (Astill & Utley 2008), tak u dospělých a adolescentních jedinců (Cantell, Smyth, & Ahonen, 1994; Cousins & Smyth, 2003; Missiuna et al., 2008). Je dokázáno, že podmiňující strategie (anticipace směru a rychlosti objektu, online řízení pohybu) potřebné pro správné provedení interceptivních úloh jsou plně rozvinuté okolo 11. roku a v pozdějších letech již nedochází k jejich zlepšení (Kim, Nauhaus, Glazek, Young, & Lin, 2013; Rothenberg-Cunningham & Newell, 2013). Metaanalýza Wilsona et al. (2013) zjistila častý výskyt deficitu v těchto funkcích u dětí s DCD. Interceptivní úlohy a sledování objektu mají společné neurokognitivní mechanismy, které jsou nutné pro provádění těchto činností. Deficit v rychlých vizuálních drahách mezi bilaterálními částmi mozečku a posterioparietálními částmi mozkové kůry může být příčinou těchto problémů (Miall & Jenkinson, 2005). Navíc u jedinců s DCD jsou hlášeny deficity dalších funkcí, podmiňující správné provedení interceptivních úloh, jako je vizuální detekce či detekce pohybu (Wilson et al., 2013).

### *Aspekty sensoricko-percepčních funkcí (vizuální detekce, detekce pohybu, taktilní percepce )*

Jedinci s DCD mohou mít zhoršenou schopnost rozlišit tvary, plochy, sklony, linie, délky a velikosti (O'Brien, Spencer, Atkinson, Braddick, & Wattam-Bell, 2002). Horší zpracování vizuálně-prostorových informací bylo potvrzeno i v úlohách, ve kterých nebyla zapojena pohybová složka (Schoemaker, van der Wees, Flapper, Verheij-Jansen, Scholten-Jaegers, & Geuze, 2001). DCD se také může projevit horší integrací sensorických informací (Mon-Williams, Wann, & Pascal, 1999) a vytvářením motorických vzorců. Je hlášena větší variabilita u motorických vzorců, které by měly být stejné a větší variabilita při určování polohy těla a vnějších předmětů (Schoemaker et al., 2001). Zároveň jedinci s motorickými potížemi potřebují výraznější sensorický podnět pro opravení pohybového vzorce, resp. pro adaptaci vykonávaného pohybu na vnější podněty (Hyde & Wilson, 2011).

### **2.2.3 Etiologie DCD**

Etiologie a prognóza DCD jsou komplikovány doposud ne zcela zodpovězenou otázkou o podstatě této poruchy. Navíc, přestože je DCD uváděna jako trvalá porucha, nemusí nutně mít jen jednu etiologii v porovnání s jinými trvalými poruchami. Uvádí se, že DCD může souviset s různými deficity u senzomotorických funkcí, zapříčiněných dysfunkcí specifických částí centrálního nervového systému, atypickým vývojem mozku a také byly identifikovány environmentální faktory, které se mohou podílet na vzniku DCD. Jako hlavní environmentální faktory jsou uváděny socio-ekonomický faktor, mezikulturní faktor, natální a perinatální faktory a genetické faktory (Gomez & Sirigu, 2015).

Byl prokázán vztah mezi socioekonomickým statusem rodiny a zvýšeným rizikem výskytu nízké úrovně motoriky (Birnie et al., 2011; Hardy, Reinten-Reynolds, Espinel, Zask, & Okely, 2012). Tento vztah však doposud není plně vysvětlen. Uvádí se, že socioekonomický status může ovlivňovat určité environmentální faktory jako, např. přístup ke sportovním aktivitám, dostupnost předmětů, které podmiňují činnost hraní, anebo velikost a kvalita prostoru, kde si dítě může hrát, které pak přímo ovlivňují vývoj motorických dovedností (Gomez & Sirigu, 2015). Prenatální a natální rizikové faktory, jako je předčasný porod nebo nízká porodní váha, mohou pak vést

k drobným neurálním defektům ve vývoji CNS a zvýšenému riziku motorických deficitů (Edwards et al., 2011; Zwicker et al., 2013).

#### **2.2.4 Neurální podstata DCD**

Se zvyšující se dostupností moderních zobrazovacích metod, jako je funkční magnetická rezonance (fMRI) nebo zobrazení tenzorů difuze (DTI), se v poslední dekádě zvyšuje i počet studií, které se snaží objasnit podstatu DCD z neuroanatomického pohledu. I přes tento nárůst však v současné době není neurální podstata zcela objasněna. Limity do současné doby publikovaných studií, využívajících fMRI nebo DTI, jako jsou např. malé a nehomogenní skupiny testovaných, použití rozdílných designů výzkumu, použití benevolentních inkluzivních kritérií nebo opomíjení různých komorbidit, jsou příčinou, proč v současné době nelze s jistotou určit, neurální rysy, charakterizují DCD (Biotteau et al., 2016; Wilson et al., 2017). Je však aspoň částečně možné usuzovat na některé oblasti mozku, které by mohly být spojeny s fyziopatologií vývojové poruchy koordinace.

Mozeček byl navržen jako potenciální dysfunkční oblast související s DCD vzhledem k jeho vlivu na motorickou koordinaci, řízení rovnováhy a pohybu. Abnormální aktivace této oblasti byla zaznamenána u jedinců s DCD při vykonávání různých typů vizuomotorických úloh (Debrabant, Gheysen, Caeyenberghs, Van Waelvelde, & Vingerhoets, 2013; Debrabant et al., 2016; Zwicker et al., 2011). Konkrétně jednoduchý lalůček (lobule IV) byl stanoven jako možný prediktor neuropatologie vývojové poruchy koordinace (Debrabant et al., 2016). Je však nutno podotknout, že mozeček je společným zdrojem neuropatologie u jedinců s různými typy neurovývojových poruch, a proto je obtížné stanovit mozeček jako právě jediný specificky neurální rys pro DCD (Biotteau et al., 2016).

Dalšími mozkovými strukturami, které jsou označovány jako možný neuropatologický zdroj u DCD a jiných neurovývojových poruch (především ADHD) jsou bazální ganglia (Debrabant et al., 2016; McLeod, Langevin, Goodyear, & Dewey, 2014; Querne et al., 2008) a temenní lalok (Debrabant et al., 2013; Kashiwagi, Iwaki, Narumi, Tamai, & Suzuki, 2009; Zwicker, Missiuna, Harris, & Boyd, 2010). Bazální ganglia mají primární roli při plánování, zahájení a kontrole pohybu, společně pak s jeho učením a automatizací (Calabresi, Picconi, Tozzi, Ghiglieri, & Di Filippo, 2014; Schultz, Tremblay, & Hollerman, 2003). U skupiny jedinců s DCD

a ADHD byla prokázána odlišná funkční spojení mezi primárním motorickým kortexem a ocasatým lalokem (caudatus), přilehlým jádrem (nucleus accumbens), bledencem (pallidum) a skořápkou (putamen) (McLeod et al., 2014). Konkrétně žíhanec (striatum) byl několika autory označen jako možný neurofyziologický substrát u DCD a ADHD (Biotteau et al., 2016). U temenního laloku, u kterého se předpokládá, že se podílí na vizuálně-prostorovém zpracování informací (Buetti & Walsh, 2009) a predikci pohybových akcí (Blakemore & Sirigu, 2003; Fontana et al., 2012), byly potvrzeny dysfunkce jeho specifických částí, jako jsou dolní a horní temenní lalůček (lobulus parietalis inferior, lobulus parietalis superior), zaústřední závit (gyrus postcentralis) aj. (pro přehled viz Biotteau et al., 2016). Zároveň byla zjištěna nižší funkční spojení mezi mozkovou kůrou temenního laloku a žíhancem (McLeod et al., 2014; Querne et al., 2008).

Jako nejslibnější neurální podstata, která by byla specifická pouze DCD, se jeví specifické oblasti čelního laloku (lobus frontalis) a límcový lalok (lobus limbicus). Frontální hypotéza o neurální podstatě DCD pracuje s předpokladem, že dopředný model pohybu je generován právě v motorických oblastech čelního laloku (Wolpe et al., 2014) a výsledky fMRI studií poukazují na dysfunkčnost odlišných oblastí čelního laloku u jedinců s DCD (pro přehled viz Gomez & Sirigu, 2015). Navíc u jedinců s DCD byla objevena tenčí korová oblast na pravé straně přístřední ocnicočelní části temenního laloku (Caeyenberghs et al., 2016; Langevin, MacMaster, & Dewey, 2015). Přístřední ocnicočelní část temenního laloku je funkčně spojená s límcovým lalokem (lobus limbicus) a zadoboční předčelní korovou oblastí a obě tyto oblasti jsou také označovány jako možná fyziopatologická podstata DCD (Biotteau et al., 2016; Debrabant et al., 2016) vzhledem k jejich roli v exekutivních funkcích a kognitivních procesech člověka.

Existuje také alternativní hypotéza o příčinách DCD vycházející z přístupu odloučených hemisfér skrze vazník (corpus callosum), který se podílí na přenosu motorických informací mezi hemisférami (Sigmundsson, 2003; van der Knaap, 2011). U jedinců s DCD se předpokládá abnormální hemisférická specializace v průběhu jejich vývoje (Querne et al., 2008) a byla také zjištěna snížená konektivita mezi temenní částí vazníku a temenními částmi mozku a nižší koeficient konektivity v levém horním podélném svazku (Langevin et al., 2015).



### 2.2.5 Prevalence DCD

Prevalence DCD v populaci je odhadována v rozmezí od 2 do 20 % (Blank, Smits-Engelsman, Polatajko, & Wilson, 2012; Lingam, Hunt, Golding, Jongmans, & Emond, 2009), kdy rozmezí 5 – 6 % bývá nejčastěji citováno v literatuře (APA, 2013; Omer, Jijon, & Leonard, 2019). Rozdílnost epidemiologických informací o výskytu DCD v různých populacích se může lišit z důvodu rozdílné striktnosti v dodržování hodnoticích kritérií. Je tak nutné kriticky přistupovat k vyšším procentům míry výskytu, jako např. 20 %, které se jeví jako nereálné. Například v Anglii byl zaznamenán 1,8% výskyt DCD v populaci (Lingam et al., 2009), 3,5% na Taiwanu (Tseng, Fu, Wilson, & Hu, 2010), 6% v Jihoafrické republice (De Milander, Coetzee, & Venter, 2016), 9,9% ve Španělsku (Amador-Ruiz et al., 2018) a 19% v Řecku (Tsiotra et al., 2006). V České republice je uváděn výskyt DCD 2,5 % u dětí předškolního věku (Kokštejn, Musálek, Šťastný, & Golas, 2017) a přibližně 1 až 4 % DCD jedinců u dětí ve věku 7 – 15 let (Kokštejn, Psotta, & Musálek, 2015; Psotta & Hendl, 2012; Psotta, Hendl, Frömel, & Lehnert, 2012; Psotta, Hendl, Kokštejn, Jahodová, & Elfmark, 2014). Je také dokázáno, že DCD se vyskytuje častěji u mužů než u žen v poměru 1,7 – 2,8 : 1 (Harris, Mickelson, & Zwicker, 2015). DCD se dále může vyskytovat v kombinaci s dalšími poruchami.

Nejčastějšími komorbiditami u jedinců s vývojovou poruchou motoriky je porucha pozornosti, spojená s hyperaktivitou (ADHD) či bez hyperaktivity (ADD), kdy se uvádí, že spoluvýskyt DCD a ADHD je v 35 až 50 % případů (Gomez & Sirigu, 2015). Dalšími komorbiditami jsou specifické poruchy učení, kde je hlášen spoluvýskyt v 17,8 – 27,5 % (Margari et al., 2013). Některé zdroje uvádějí, že u specifické poruchy řeči se spoluvýskyt může objevovat až u 32 – 70 % případů (Blank et al., 2012; Gomez & Sirigu, 2015). Jedinci s motorickými obtížemi prokazují výrazné problémy také s mluvením, čtením, pravopisem a počty (Alloway, 2007; Archibald & Alloway, 2008; Dewey, Kaplan, Crawford, & Wilson, 2002). U poruchy autistického spektra je pozorován spolu výskyt u 4,1 – 8,2 % dětí s DCD (Blank et al., 2012; Gillberg & Billstedt, 2000). Jsou také známé další komorbidity jako jsou migrény (Esposito et al., 2012), oční abnormality (Creavin, Lingam, Northstone, & Williams, 2014) a další neurovývojové a socio-behaviorální poruchy s DCD (Cairney, Veldhuizen, & Szatmari, 2010). Studie rovněž odhalily vztah mezi motorickou koordinací a exekutivními funkcemi (Rigoli, Piek, Kane, & Oosterlaan, 2012a)

společně s pracovní pamětí (Rigoli, Piek, Kane, & Oosterlaan, 2012b), který je vysvětlován společnými podmiňujícími nervovými mechanizmy.

### **2.2.6 Negativní vliv DCD na nemotorické oblasti**

Poruchy motorického vývoje mohou mít za následek mnoho komplikací v dalších oblastech, jako jsou obtíže v sociálně-psychologickém a emočním vývoji jedince (Cairney et al., 2010; van den Heuvel, Jansen, Reijneveld, Flapper, & Smits-Engelsman 2016), v jeho socializaci (Zwicker, Harris, & Klassen, 2013), ve vývoji jeho sebepojetí (Poulsen, Ziviani, & Cuskelly, 2008) a mohou mít negativní vliv na mentální zdraví (Harrowell, Hollén, Lingam, & Emond, 2017) a kvalitu života (Kirby, Edwards, & Sugden, 2011). U dětí s DCD je tak uváděn zvýšený výskyt depresí a úzkostí (Missiuna et al., 2014). Byl také prokázán negativní dopad vývojově podmíněných motorických obtíží na pohybovou aktivitu dítěte ve smyslu jejího snížení u jedinců s DCD (Cairney, Hay, Faught, Mandigo, & Flouris, 2005; Kokštejn, Psotta, Frömel, Frýbort, Jahodová, & Cuberek, 2011), na jeho tělesnou zdatnost (Cairney, Hay, Faught, Flouris, & Klentrou, 2007), zdraví (Cairney, Veldhuizen, King-Dowling, Faught, & Hay, 2017) a složení těla (Psotta, Kokštejn, Jahodová, & Frýbort, 2010; Psotta, Kokštejn, & Vodička, 2009). Všechny výše uvedené negativní dopady mohou mít za následek zvýšené riziko nadváhy a obezity u jedinců s DCD v porovnání s běžnou populací (Cairney, Hay, Faught, & Hawes, 2005).

### **2.2.7 DCD v adolescenci**

Zatímco většina studií se v minulosti zaměřovala hlavně na děti, studie zaměřené na dospělé a adolescenty ukazují na možné přetrvávání motorických obtíží do dospělosti. U 30 až 70 % dětí motorické obtíže přetrvávají do pozdějších fází života (Cantell et al., 1994; Cousins & Smyth, 2003; Kirby, Sugden, Beveridge, & Edwards, 2008). Variabilita míry nálezů přetrvání motorických problémů je způsobena užitím různých přístupů, různou mírou ověřování diagnostických kritérií a rozdílností zkoumaných skupin, ovlivněnou způsobem výběru dané skupiny, způsobem zjišťování zdravotní historie a vývoje jedince, věkem, atd. Problémy

spojené se zpožděným motorickým vývojem v adolescenci mohou přetrvat až do dospělosti a tím negativně ovlivnit další životní rozvoj postižených jedinců.

Jelikož DCD je heterogenní syndrom, symptomy se s velkou mírou budou lišit u adolescentů a dospělých stejně tak, jako se liší u dětí (Visser, 2003). Kirby et al. (2011) uvádí, že tato variabilita je dána třemi hlavními důvody. Zaprvé, jedinci se mohou lišit v pohybových vzorcích při problémech v oblasti jemné motoriky, hrubé motoriky a rovnováhy. Zadruhé, u jedinců, kterým byla poskytnuta intervence, se mohou symptomy zlepšit. Zatřetí, symptomy mohou být redukovány, protože si jedinci mohou vyvinout kompenzační mechanismy anebo si osvojit některé dovednosti neustálým tréninkem. V neposlední řadě si jedinci se zvyšujícím se věkem mohou vybírat prostředí, které jim vyhovuje a které neklade zvýšené nároky na motorický výkon či učení se novým dovednostem. Například mohou využívat klávesnici místo ručního zapisování informací nebo se vyhýbat sportovním hrám a místo toho chodit individuálně cvičit nebo plavat (Purcell, Scott-Roberts, & Kirby, 2015; Saban & Kirby, 2018). Nicméně nové výzvy, typické pro adolescentní období, jako je řízení auta, psaní pod časovým tlakem nebo učení se novým motorickým dovednostem, důležitým pro vykonávání budoucího povolání, mohou poukázat na přetrvávání motorických problémů. Jedinci s DCD tak často mají problém s nalezením vhodného zaměstnání a udržení si pracovní pozice (Kirby, Williams, Thomas, & Hill, 2013; Thomas, Williams, & Kirby, 2013). Bylo také zjištěno, že jedinci v adolescentním a dospělém období s deficitem motoriky mají potíže s psáním, zvláště jedná-li se o psaní úhledné nebo pod časovým tlakem (Barnett, Henderson, Scheib, & Schulz, 2011; Kirby, Edwards, Sugden, & Rosenblum, 2010; Kirby, Sugden, Beveridge, & Edwards, 2008), s úlohami jemné motoriky (Saban, Zarka, Grotto, & Parush, 2012), s dynamickou rovnováhou, posturální kontrolou či chůzí (Cousins & Smyth, 2003; Du et al., 2015), s řízením auta (de Oliveira & Wann, 2011, 2012), prostorovou orientací (Saban et al., 2012), s motorickou představivostí (Hyde et al., 2014) nebo exekutivními funkcemi (Saban et al., 2014), a to především s inhibiční kontrolou pohybu, kognitivní flexibilitou a pracovní pamětí (Leonard, Bernardi, Hill, & Henry, 2015; Rigoli et al., 2012; Saban et al., 2014). V současné době však stále platí, že i přes nárůst vědeckého zájmu o problematiku DCD v adolescenci a mladší dospělosti, jsou vědomosti z této oblasti stále omezené (Blank et al., 2019; Hands, Licari, & Piek, 2015). K dalšímu vývoji jsou zapotřebí rozsáhlejší informace od dospívajících a adolescentních jedinců s motorickými

obtížemi, které by pomohly přesněji určit projevy DCD ve starších věkových obdobích, a tím by přispěly k určení etiologie DCD v pozdějších vývojových fázích života.

Stejně jako u mladších jedinců pak deficity z motorické oblasti mají negativní dopad na jiné nemotorické oblasti. Adolescenti a dospělí s DCD vykazují vyšší index tělesné hmotnosti a sníženou úroveň fyzické zdatnosti v porovnání s běžnou populací (Cantell & Crawford, 2008). Dále pak jsou známy i negativní dopady do psychické a sociální sféry jedinců s DCD. Tito jedinci mají nižší úroveň sebehodnocení a cítí se méně kompetentní v porovnání s ostatními jedinci (Kirby et al., 2013; Miyahara & Piek, 2006; Saban et al., 2012). Sebehodnocení a sebedůvěra jsou důležité psychosociální aspekty v období adolescence, které jsou klíčové pro další vývoj jedince a jeho přechod do dalšího vývojového období. V důsledku nižší úrovně výše zmíněných aspektů pak adolescenti s DCD mají problém se socializací a participací v sociální sféře (Gagnon-Roy, Jasmin, & Camden, 2016; Saban et al., 2014). Navíc bylo prokázáno, že negativní zkušenost s motorickými obtížemi se může projevit ve zvýšeném riziku výskytu depresí, úzkostí a poruch nálady (Hill, Brown, & Sorgardt, 2011; Skinner & Piek, 2001).

### **2.3 Hodnocení motorické koordinace**

Hodnocení motorické koordinace se provádí ve sportu, v pedagogicko-psychologickém poradenství, klinické a vývojové psychologii, fyzioterapii, pediatrii či neurologii. Hodnocení motorických funkcí se provádí za účelem hodnocení motorického vývoje jedince, k odhalování motorických obtíží, ke stanovování vhodných intervencí pro zlepšení dané motorické funkce či skupiny pohybových dovedností nebo ke stanovení individuálních vzdělávacích potřeb. Hodnocení motoriky v období adolescence je tak důležité k odhalování deficitů, poskytování odborné pomoci a posuzování její účinnosti. Zároveň je také důležité z důvodů výběru profese nebo prevence negativních dopadů deficitů motoriky na psychický a sociální stav jedince.

Následující kapitola je věnována teoretickým východiskům pro hodnocení motorické koordinace, následována kapitolou věnující se metodologickým

problémům hodnocení motorické koordinace a identifikace motorických obtíží u adolescentů.

### **2.3.1 Metodologické přístupy k hodnocení úrovně motorické koordinace**

V současné době existuje několik přístupů k hodnocení motorické koordinace a jejích deficitů. Wilson (2005) uvádí pět přístupů lišících se především v teoretických předpokladech a koncepčním původu.

Přístup založený na hodnocení obecných motorických schopností ("General Abilities Approach") je spojený zejména s terapeutickou a klinickou oblastí a je založen na předpokladu, že smyslově integrativní a senzomotorické funkce poskytují podklad pro pozdější motorický a intelektuální vývoj. Na poruchy senzomotorické integrace je nahlíženo jako na poruchy nervového základu, a tudíž jejich účinky nemají vliv jen na motorický vývoj dítěte, ale také na jeho obecnou inteligenci. Bohužel testy založené na tomto přístupu nebyly podpořeny empiricky a nejsou ani v souladu se současnými modely řízení pohybu.

Diagnostika vycházející z teorie nervového vývoje ("Neurodevelopmental Theory") je využívána v medicínské profesi. Zde medicínský přístup a normy zrání centrální nervové soustavy tvoří základ pro pochopení znaků a odhalování abnormalit v motorickém vývoji. Jádrem diagnostiky je neurologické vyšetření spolu s fyzikálním vyšetřením a testy duševních funkcí. V dnešní době se stále častěji využívá neurálních zobrazovacích metod k objasnění znaků nervových dysfunkcí. Tradiční metody k hodnocení nervového vývoje však stále trpí nedostatkem normativních dat pro klíčová měření, komplexními interpretačními kritérii a slabou reliabilitou (Biotteau et al., 2016; Wilson, 2005; Wilson et al., 2017). Další nevýhodou je finanční náročnost při provádění moderních neurologických zobrazovacích vyšetření.

Dynamicko-systémový přístup ("Dynamic System Theory") vychází z myšlenky přímého propojení percepčního a motorického systému a představy, že dynamická koordinace je vyvíjející se vlastností systému, který se snaží vyrovnat s množstvím tělesných a biomechanických limitů pohybu. Tyto limity lze rozdělit do tří kategorií: limity organismu, limity úlohy a limity prostředí (Kugler, Kelso, & Turvey, 1982; Smith & Thelen, 2003). Proto tento přístup zdůrazňuje nutnost hodnocení kontextuálních faktorů, které přispívají nebo omezují získávání různých dovedností a následnou

aplikaci těchto dovedností na vykonávání úkonů v běžném světě. Tento přístup využívá kinematické a biomechanické analýzy k popsání změn v koordinační dynamice, které nastávají společně s věkem a naznačuje domnělé biomechanické a neuromotorické základy pro tyto změny. Tyto znalosti pak tvoří (normativní) základ pro interpretaci deviantních vzorců koordinace. Tyto analýzy však z velké části zůstávají jen výzkumným nástrojem, protože aplikace do klinické praxe je komplikovaná.

Kognitivní přístup ("Cognitive Neuroscientific Approach") vychází z interdisciplinárního rámce a snaží se porozumět vývoji pohybových dovedností z hlediska interakcí a reagování mozku. Hodnocení v tomto přístupu je velmi procesně orientované na zpracování informací, se zaměřením na klíčové funkce, které řídí rozvoj motorického systému vzhledem k vyšším stavům učení a zralosti (Wilson, 2005). Tento přístup využívá nových rozvíjejících se technologií z oblasti zobrazování mozku a nervového systému a další experimentální neurovědecké metody k obohacení našeho chápání v oblasti motorického vývoje. Finanční náročnost a přímé využití v klinické praxi jsou nevýhody tohoto přístupu.

Pro potřeby této práce však budeme vycházet z hodnocení fundamentálních dovedností ("Normative Functional Skill Approach"), ve kterém se dosažené výsledky vztahují k normám. Tento přístup má kořeny v tradiční vývojové teorii a běžné kognitivní teorii a klade důraz na dosahování senzomotorických a kognitivních milníků v lidském vývoji a na fáze změn v průběhu lidského dospívání společně s časovým průběhem normálního vývoje jedince (Wilson, 2005). Hodnocení je v tomto přístupu deskriptivní, zaměřující se na informace o úrovni základních motorických a funkčních dovedností, vztahujících se k věkovým normám. Testy jsou zaměřeny jak na výsledek pohybové úlohy, ve smyslu, jestli cíle úlohy bylo dosaženo v žádoucím čase nebo s žádoucí přesností (kvantitativní hodnocení), tak na jejich průběh (kvalitativní hodnocení). Tyto úlohy by měly pokrývat hlavní oblasti pohybu: lokomoci, kontrolu předmětů a posturu/rovnováhu.

Tento přístup ve velké míře ovlivnil strukturu dnes nejvíce používaných prostředků sloužících ke screeningu a hodnocení motoriky (Wilson, 2005). V současné době je tento přístup základním kamenem hodnocení motoriky u dětí. Nicméně stále existuje potřeba vyvíjet nové nástroje pro hodnocení, které by lépe odrážely současný stav poznatků ve vývoji motoriky a jejím řízení. Konkrétně se jedná o adaptaci testových úloh na celé období lidského vývoje, vytvoření více

odpovídající taxonomie úloh, které by lépe poukázaly na variabilitu pohybových dovedností mezi jedinci.

### **2.3.2 Stanovení diagnózy vývojové poruchy koordinace**

Pro stanovení diagnózy DCD musí podle APA (2013) jedinec splňovat čtyři kritéria, uvedená v části 2.2.1.

Kritérium A je zaměřeno na výkon v činnostech, které vyžadují motorickou koordinaci. Pokud jsou tyto pozorované aspekty na podstatně nižší úrovni, než se očekává u jedince daného věku, který měl nebo má příležitost provádět a učit se pohybovým činnostem, tak lze hovořit o splnění podmínky pro kritérium A. Pro hodnocení kritéria A se nejčastěji využívají standardizované testy či testové baterie (Blank et al., 2019), jako jsou Movement Assessment Battery for Children 2<sup>nd</sup> edition / MABC-2 (Henderson, Sugden & Barnett, 2007), Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency / BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005) nebo Test of Gross Motor Development 3 / TGMD3 (Ulrich, 2013) a u dospělých pak například Zurich Neuromotor Assessment / ZNA (Largo, Fischer, & Cafilisch, 2002) nebo McCarron Assessment of Neuromuscular Development / MAND (McCarron, 1997).

Při posuzování kritéria A standardizovanými motorickými testy se nejčastěji využívají hraniční hodnoty tzv. cut-off skór, které interpretují dosažený výsledek a řadí ho do různých kategorií. V psychologické diagnostice bývají nejčastěji uváděny dvě hraniční hodnoty, a to 5. a 15. percentil (Smits-Engelsman, Schoemaker, Delabastita, Hoskens, & Geuze, 2015). Jedinci na a pod úrovni 5. percentilu jsou označováni jako jedinci s motorickými obtížemi (nebo také těžkými či významnými motorickými obtížemi) a jedinci mezi 5. až 15. percentilem jsou pak označováni jako jedinci s rizikem motorických obtíží, pravděpodobnými motorickými obtížemi nebo mírnými motorickými obtížemi (Smits-Engelsman et al., 2015). Jedinci nad 15. percentilem pak bývají klasifikováni jako jedinci, u kterých nebyl výskyt motorických obtíží zjištěn. Kromě kvantitativního hodnocení motorického výkonu se pro kritérium A může použít také kvalitativní hodnocení, obsažené např. v MABC-2 nebo TGMD3. Kvalitativní hodnocení posuzuje motorické projevy jedince, které se považují za příznaky problémů. Toto hodnocení pak rozšiřuje diagnostický proces a napomáhá k ucelnější představě o motorických obtížích (Psotta, 2014).

Pro splnění kritéria B diagnózy DCD pak musí deficit jedince zjištěný dle kritéria A významně a trvale zasahovat do činností každodenního života a sebeobslužných činností. Tento deficit tak negativně ovlivňuje školní a volnočasové aktivity nebo odborné a profesní činnosti. Pro hodnocení kritéria B je důležité, aby měli hodnotitelé informace z odlišných prostředí, ve kterých dítě žije. Je tak nezbytné mít informace z prostředí domova, školy, hřiště aj., získané z odlišných zdrojů, jakými jsou učitelé, rodiče, vychovatelé, a ujistit se, že motorický deficit se projevuje v různých kontextech. V současné době jsou také pro hodnocení kritéria B nejčastěji používány standardizované dotazníky, jako jsou Inventář MABC-2 (Henderson et al., 2007) Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCD-Q) (Wilson, Crawford, Green, Roberts, Aylott, & Kaplan, 2009), Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T) (Schoemaker, Flapper, Reinders-Messelink, & De Kloet, 2008) nebo DCDdaily (van Der Linde et al., 2013). Všechny výše zmíněné dotazníky jsou určeny pro rodiče, učitele či vychovatele dítěte. U adolescentů a dospělých jsou pak využívány dotazníky, které vyplňuje sám jedinec, u něhož jsou příznaky posuzovány. U těchto jedinců je tak potřebná určitá míra sebereflexe a sebehodnocení. Jsou to např. dotazníky The Adult Developmental Coordination Disorder/Dyspraxia Checklist (ADC) for Further and Higher Education (Kirby & Rosenblum, 2008) nebo Adolescents and Adults Coordination Questionnaire (AACQ) (Saban, Ornoy, Grotto, & Parush, 2012). Trvalé příznaky zhoršených motorických dovedností mohou být také zaznamenány z historie jedince, např. pomocí lékařských zpráv nebo monitorovaného rozhovoru (Blank et al., 2019). V dotaznících lze také najít otázky, jak dlouho dítě motorickými obtížemi trpí, kdy rodiče poprvé začali pozorovat motorické obtíže, jak se motorické obtíže dospělých projevovaly v jejich dětství nebo zda jedinec trpí dalším postižením nebo omezením. Tyto otázky tak částečně napomáhají k hodnocení kritérií C a D.

Pro splnění kritéria C je nutný výskyt symptomů již v raném vývojovém období. Toto kritérium může být hodnoceno na základě získaných anamnéz či lékařských zpráv jedince, monitorovaného rozhovoru s kvalifikovanou osobou nebo specifickou částí dotazníku jako např. ADC. Avšak o diagnostice DCD můžeme hovořit až od 3. – 5. roku života (Blank et al., 2012). V DSM 5 (2013) je pak uvedeno: "...začátek příznaků vývojové poruchy koordinace musí spadat do raného období vývoje. Vývojová porucha koordinace je nicméně často diagnostikována až po 5. roce života, protože do té doby je široká variabilita v získávání motorických dovedností



a měřitelnost není stálá (např. některé děti vývojový mezník doženu) nebo z důvodu, že se porucha motoriky dosud plně neprojevila“ (American Psychiatric Association, 2013, 78).

Kritérium D je pak výhradně hodnoceno na základě informací z lékařských zpráv či vyšetření, pedagogicko-psychologických anamnéz či od odborníků působících v lékařských nebo psychologických oborech.

Rozdílnost ve striktnosti posuzování jednotlivých kritérií a odlišnosti metod jejich hodnocení pak vedla autory přehledové studie (Smits-Engelsman et al., 2015) k návrhu rozlišení diagnózy DCD na základně splněných kritérií, a to na:

- Mírnou DCD (m-DCD): Všechna kritéria DSM 5 jsou popsána a splněna. Skór ve validním motorickém testu odpovídá 1 – 1,64 standardní odchylky pod průměrem, což odpovídá 6. až 15. percentilu.

- Závažnou DCD (s-DCD, z anglického severe-DCD): Všechna kritéria DSM V jsou popsána a splněna. Výsledek jedince ve validním motorickém testu je nejméně 1,64 standardní odchylky pod průměrem, tj. pod 6. percentilem.

- Pravděpodobnou DCD (p-DCD): Kritéria DSM 5 jsou popsána, ale jedno nebo více kritérií nemusí být vyhodnoceno. Například neexistuje žádná zpráva od rodičů o aktivitách denního života nebo nejsou k dispozici žádné informace o kritériu C nebo D. Testový skór ve validním motorickém testu je jedna standardní odchylka pod průměrem (na nebo pod 16. percentilem). Navíc, jako p-DCD bude také klasifikován jedinec, u kterého podle dostupné historie nedošlo k dostatečné příležitosti osvojení si a učení se pohybovým dovednostem. Pro příležitost k získání specifické dovednosti v krátkém časovém období je nutno prokázat dostatečný pokrok, jinak v závislosti na testovém výsledku by byl tento stav zařazen jako s-DCD nebo m-DCD.

- Riziko DCD: Všechna kritéria DSM 5 jsou popsána a splněna a děti jsou mladší 5 let. Pokud později opakovaný test potvrdí, že jsou splněna všechna kritéria, bude stanovena diagnóza DCD.

### **2.3.3 Hodnocení motorické způsobilosti u adolescentů**

V současné době je celosvětově hodnocení motorické způsobilosti adolescentů ve věku 16 – 19 roků poměrně opomíjeno a ve srovnání s dětmi s DCD

se věnuje adolescentům, u kterých tato porucha přetrvává, výrazně nižší pozornost (Hands et al., 2015). Jedním z důvodů, proč u starších adolescentů zůstává vývojová porucha koordinace nedostatečně prozkoumána, může být omezená dostupnost validních nástrojů pro hodnocení motoriky u této věkové skupiny (Smits-Engelsman, Jover, Green, Ferguson a Wilson, 2017). Přestože pro dané věkové období existuje několik testových nástrojů, jako jsou Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency – 2nd edition / BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005), Tufts Assessment of Motor Performance / TAMP (Haley, Ludlow, Gans, Faas, & Inacio, 1991), McCarron Assessment of Neuromuscular Development / MAND (McCarron, 1997) nebo Zurich Neuromotor Assessment / ZNA (Largo, Fischer, & Caflisch, 2002). Nicméně žádný z těchto nástrojů nebyl shledán zcela výhodným pro hodnocení motoriky a jejích případných deficitů v období starší adolescence a mladší dospělosti (Hands et al., 2015). Je poukazováno na možné problémy těchto diagnostických nástrojů, jako např. chybějící nebo nedostatečné ověření validity těchto testů právě pro období adolescence. Konkrétně, ověření platnosti BOT-2 bylo omezeno pouze na klinický vzorek jedinců s DCD do 15 let (Bruininks & Bruininks, 2005) a validita MAND byla ověřena pouze na malém vzorku mladých dospělých s mentální retardací (McCarron, 1997). U ZNA dokonce nejsou dostupné žádné informace o platnosti a spolehlivosti testu u starších věkových skupin a také TAMP nebyl ověřen u jedinců s motorickými obtížemi (Hands et al., 2015).

Druhým problémem těchto motorických testů může být stropový efekt testových úloh. Ty byly původně navrženy pro mladší jedince a obsahují relativně jednoduché úkoly, aby odpovídaly dovednostem mladších dětí. Tyto testové úlohy jsou tak příliš jednoduché a nekladou dostatečné nároky na starší jedince a zároveň mívají ukončenou stupnici hodnocení, což může vést k neschopnosti těchto testů rozlišovat odlišné úrovně motorické kompetence. Stropový efekt byl například zaznamenán u starších jedinců v testu MAND v úlohách hrubé motorické koordinace - jako je dotyk nosu prstem, a rovnováhy - jako jsou stoj na jedné noze nebo chůze po patách (Hands et al., 2015). Stropový efekt je také možné pozorovat v úlohách jemné motorické přesnosti, integrace jemné motoriky a bilaterální koordinace testu BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005). Zároveň je BOT-2 vyčítána slabá diferenciační schopnost (diskriminační validita) pro vyšší pásma výkonu (Wilson, 2005). Dále normativní vzorek BOT-2 byl měřen pouze v USA, MAND nebyl od roku 1997 zrevidován a normativní data testu, která jsou z roku 1982, nejsou specifikována

podle věku a nemusí být platná pro současnou populaci. Také TAMP nebyl od svého vytvoření v roce 1988 zrevidován.

Při nedostatečné dostupnosti a platnosti vhodných testových nástrojů pro hodnocení motoriky u starších adolescentů a dospělých je v literatuře řešen problém, zda používat testy normované pro děti také u starších jedinců nebo využívat nedostatečně validované testové úlohy, které by byly svým pohybovým obsahem více vhodné pro testování adolescentů (Cousins & Smyth, 2003; Wilson, 2005). Sudgen a Chambers (2005) zmiňují, že když starší jedinci vykonají testy určené pro mladší děti s nižším skórem, je možné konstatovat, že daný jedinec má motorické problémy. Se stejnou jistotou však nelze říci, že když adolescenti tyto testy zvládnou, motorické problémy nemají. Lze tak usoudit, že použitím testových baterií pro mladší děti u starších jedinců je možné odhalit jen nejtěžší motorické problémy. Mírné motorické problémy však odhaleny být nemusí, což souvisí s citlivostí daných testových nástrojů. Cousins a Smyth (2003) uvádí, že dospělí mohou být schopni vyvinout kompenzační mechanismy, které se vyrovnávají s koordinačními problémy při vykonávání jednoduchých motorických úloh. Jelikož testové baterie pro děti se skládají z jednoduchých motorických úloh denního života, je možné, že právě tyto kompenzační mechanismy u starších jedinců ovlivní výsledek odrážející stav motorického vývoje.

Dalším problémem je fakt, že testové baterie pro mladší děti se zaměřují na motorické funkce rozvíjející se v daném věkovém období, avšak vývoj těchto funkcí může být v následujících obdobích již završen. Proto je nutné, aby testové úlohy postihovaly motorické funkce, které se stále vyvíjí v adolescentním období. V současné době je tak kladen důraz na potřebu vytvořit nové testové úlohy, které by byly validní pro adolescentní a dospělé jedince, protože ty používané u dětí mohou nedostatečnou rozlišovací schopností určit jedince s motorickými obtížemi a bez motorických obtíží (Blank et al., 2019; Hands et al., 2015).

Obecně se spojuje problém hodnocení stupně motorického vývoje jedince s nejistou predikcí vývoje funkčního deficitu motoriky. Některé motorické dysfunkce mohou mít permanentní charakter a u jiných může dojít ke zlepšení či vymizení v průběhu adolescence (Cermak & Larkin, 2002).

### 2.3.4 Test motoriky pro děti MABC-2

V současné době patří k nejuznávanějším a nejrozšířenějším metodám hodnocení motorické způsobilosti a k odhalení vývojové poruchy koordinace Test motoriky pro děti MABC-2 (Movement Assessment Battery for Children-2nd edition, MABC-2) (Henderson, Sugden & Barnett, 2007). Tento test vychází ze starší verze MABC (Henderson & Sugden, 1992) a byl také identifikován jako nejčastěji využívaný motorický test (v 73 % a 77 %) ve všech výzkumných pracích, které se zabývaly DCD (Smits-Engelsman et al., 2015; Wilson et al., 2017). Test MABC-2 vychází z behaviorálního pojetí hodnocení motorických funkcí člověka, které předpokládá, že úroveň fungování základních motorických funkcí jedince se odráží ve výstupním výkonu a pozorovatelném způsobu provedení senzomotorických úloh (Psotta, 2014).

Test byl konstruován pro pedagogicko-psychologické poradenství, speciální pedagogiku, klinickou a školní psychologii, ale je také využitelný v klinických oborech jako je fyzioterapie, pediatrie a dětská neurologie (Psotta, 2014). Test MABC-2 slouží k posouzení kritéria A uvedeného výše (str. 15). Schoemaker et al. (2008) zdůrazňuje, že dle tzv. Leedského konsenzu se za splnění kritéria A pro stanovení diagnózy DCD (APA, 2013) považuje výsledek individuálně administrovaného, normovaného testu obecné motorické kompetence, který je adekvátní v dané kultuře (Sugden, 2006). V České republice proto proběhlo výzkumné ověřování testu MABC-2 na proveditelnost a transkulturní validitu u reprezentativních souborů 3 – 16letých dětí, na základě kterého byly vytvořeny normy pro českou populaci dětí (Psotta, 2014; Psotta & Hendl, 2012; Psotta et al., 2014). Česká verze Testu MABC-2 byla zařazena mezi psychodiagnostické metody kategorie A, tj. uživatelé mohou být absolventi bakalářského a magisterského stupně akreditovaného studijního oboru psychologie, ale také absolventi akreditovaných studijních oborů pedagogika, andragogika, personalistika a dalších příbuzných oborů po zaškolení pro jejich administraci. Součástí testu MABC-2 je také kvalitativní pozorování. Kvalitativní pozorování se zaměřuje na motorické projevy jedince, které se považují za příznaky problémů v oblastech držení a ovládání těla, a řízení pohybů. Toto hodnocení rozšiřuje diagnostický obraz o motorice jedince a může sloužit jako podklad pro plánování intervence (Psotta, 2014). Více validní je takové hodnocení, které sdružuje výsledky kvantitativního a kvalitativního hodnocení. Stanovení míry

a charakteru motorických obtíží pak vyžaduje diagnostickou syntézu výsledků obou těchto způsobů hodnocení.

Další předností Testu MABC-2 je, že akceptuje vývoj motorických funkcí tím, že zahrnuje tři věkové verze s modifikovanými nebo odlišnými pohybovými úlohami pro tři věkové skupiny: 3 – 6 roků (AB1), 7 – 10 roků (AB2) a 11 – 16 roků (AB3). Každá věková verze testu zahrnuje osm testových úloh hodnotících jemnou a hrubou motoriku a statickou a dynamickou rovnováhu. Pro hodnocení jemné motoriky jsou určeny tři testové úlohy, pro hodnocení hrubé motoriky dvě a pro hodnocení rovnováhy tři (pro AB3 viz Tabulka 1).

Pro nejstarší věkovou verzi AB3 testu MABC-2 byla konfirmativní faktorovou analýzou u české populace potvrzena strukturální validita testu s třemi latentními faktory, jako je manuální dovednost, míření a chytání, a rovnováha (Psotta & Abdollahipour, 2017). Dále tento test vykazuje vynikající spolehlivost mezi hodnotiteli (0,92 – 1,00) a přijatelnou až vynikající spolehlivost opakovaného testování (0,62 – 0,92) (Henderson et al., 2007).

Tabulka 1. Seznam úloh ve věkové verzi AB3 testu MABC-2

| Název testové úlohy                  | Hodnocená komponenta |
|--------------------------------------|----------------------|
| Otáčení kolíčků – preferovaná ruka   | Manuální dovednost   |
| Otáčení kolíčků – nepreferovaná ruka | Manuální dovednost   |
| Trojúhelník s maticemi a šroubky     | Manuální dovednost   |
| Kreslení cesty 3                     | Manuální dovednost   |
| Chytání jednou rukou – lepší ruka    | Míření & chytání     |
| Chytání jednou rukou – druhá ruka    | Míření & chytání     |
| Házení na terč                       | Míření & chytání     |
| Rovnováha na dvou deskách            | Rovnováha            |
| Chůze vzad s dotykem pata-špička     | Rovnováha            |
| Poskoky po podložkách – lepší noha   | Rovnováha            |
| Poskoky po podložkách – druhá noha   | Rovnováha            |

Přestože věková verze AB3 testu MABC-2 je určena pro jedince jen do 16 let, na základě výše uvedených diagnostických vlastností testu MABC-2 a předpokladu, že postihuje senzomotorické funkce podmiňující vykonávání pohybových úloh jemné motoriky, hrubé motoriky a rovnováhy, které se ve starší adolescenci stále vyvíjí (viz výše teoretický rozbor), lze uvažovat o této věkové verzi jako o potenciálně vhodné pro hodnocení motorické koordinace také u adolescentů starších 16 let. Ve starší adolescenci pokračující vývoj kinesteticko-motorické koordinace horních končetin (Kagerer & Clark, 2015), řízení a plánování dosahovacích (Golenia et al., 2018; Wilson & Hyde, 2013) a uchopovacích pohybů (Jover et al., 2014; Wong & Whishaw, 2004) a také pokračující dozrávání vazníku (Gooijers & Swinnen, 2014) se může odrážet ve výsledcích úloh manuální obratnosti. Zrání funkcí vizuomotorické percepce pro vnímání pohybujících se objektů (Bucher et al., 2006; Ego et al., 2015; Wolf et al., 2018) společně s postupným zlepšováním časové a prostorové synchronizace mezi horními končetinami (de Boer et al., 2012) se pak může projevit ve výsledcích úloh míření a chytání. V neposlední řadě se v průběhu starší adolescence mění vliv vizuálních informací na udržování posturální kontroly (Viel et al., 2009), mění smyslová organizace pro kontrolu rovnováhy (Ferber-Viart et al., 2007) a stále dochází k dozrávání funkcí vestibulárního aparátu (Ionescu et al., 2006; Hirabayashi & Iwasaki, 1994), což se může odrážet ve výsledcích úloh rovnováhy testu MABC-2.

Předchozí studie naznačily, že věková verze AB3 testu MABC-2 je schopna identifikovat motorické obtíže také u osob starších 16 let (Du et al., 2015; Holund et al., 2018; Husby, Skranes, Olsen, Brubakk, & Evensen, 2013; Wilmot & Byrne, 2014). Tato verze byla také doporučena jako vhodný nástroj pro hodnocení motoriky u starších adolescentů s Aspergerovým syndromem (Borremans, Rintala & McCubbin, 2009). Přes tyto náznaky však platnost testu MABC-2 u populace starších jedinců dosud nebyla empiricky ověřena.

### **3 Cíle práce**

#### **Hlavní cíl práce**

Cílem práce bylo posoudit platnost Testu MABC-2 pro hodnocení motorické způsobilosti u adolescentů ve věku 17 – 19 roků a na základě získaných výsledků upravit testové úlohy, a následně posoudit konstruktovou a strukturální validitu upravené verze testu u adolescentů ve věku 17 – 19 roků.

## **Hlavní hypotéza práce**

Na základě výše uvedeného rozboru současných poznatků o dozrání motorických funkcí v adolescentním věku a na základě výsledků použití Testu MABC-2 ve výzkumu a praxi, jsme při jeho posuzování předpokládali, že věková verze AB3 Testu MABC-2 je validní pro hodnocení motorické koordinace u 17 až 19letých adolescentů. Proto byla formulována hlavní hypotéza práce

**H:** *Test MABC-2 – AB3 je validní pro hodnocení motorických funkcí u adolescentů ve věku 17 – 19 roků.*

Výzkum v rámci disertační práce pak probíhal v jednotlivých, na sebe navazujících fázích, pro které byly stanoveny specifické dílčí cíle a hypotézy uvedené v příslušných kapitolách.



## 4 Základní design výzkumu

V první fázi byla posuzována platnost úloh AB3 Testu MABC-2 u skupiny starších adolescentů ve věku 17 – 19 roků. Toto ověřování vycházelo ze dvou předpokladů. Zaprvé, pokud věková verze AB3 testu MABC-2 postihuje ty senzomotorické funkce, které ještě dozrávají po 16. roce věku a spojují se s manuálními dovednostmi, mířením, chytáním a rovnováhou, měl by se výkon v motorických úlohách, které zahrnují tyto fundamentální dovednosti, v průběhu starší adolescence zvyšovat. Ověření tohoto předpokladu bylo založeno na hodnocení významnosti faktoru věku v období 16 – 19 roků pro výkon v jednotlivých testových úlohách. Zadruhé, pokud Test MABC-2 – AB3 je validní také pro starší adolescenty, měl by rovněž pro tuto věkovou skupinu populace vykázat třífaktorovou strukturu, a to v souladu jak s teoretickým odůvodněním konstrukce testu (Henderson et al., 2007), tak s empirickými důkazy o třífaktorové latentní struktuře u populace 11 – 16letých (Psotta & Abdollahipour, 2017; Schulz, Henderson, Sugden, & Barnett, 2011).

Protože výsledky první fáze této práce ukázaly nedostatky ve validitě testu MABC-2 – AB3, byl v druhé fázi na základě výsledků první fáze a rešerše odborné literatury vytvořen nový soubor testových úloh. Ve třetí a čtvrté fázi byl tento inovovaný soubor testových úloh ověřován na strukturální a konstruktovou validitu. Ověření konstruktové validity vycházelo z předpokladu, že pokud testové úlohy jsou vhodné pro odhalování motorických deficitů u starších adolescentů, měly by být schopny odlišit jedince s pravděpodobnou DCD (p-DCD) od jedinců bez DCD. Tímto způsobem byla hodnocena diskriminační schopnost jednotlivých úloh. Ověření strukturální validity bylo následně provedeno u úloh, které dostatečně odlišovaly jedince s p-DCD a jedince bez DCD. Pro ověřování strukturální validity jsme vycházeli z předpokladu, že pokud mají být testové úlohy používány v rámci Testu motoriky pro děti MABC-2, měly by vykázat třífaktorovou strukturu v souladu s původní faktorovou konstrukcí testu MABC-2.

## 5 První fáze: Posouzení validity Testu MABC-2 – verze AB3

Pro ověření hlavní hypotézy práce byly stanoveny dva dílčí cíle:

- 1) Posoudit, zda výsledky úloh testu MABC-2 – AB3 by mohly odrážet dozrávání senzomotorických funkcí u 17 – 19 letých adolescentů (viz níže hypotéza H1)
- 2) Posoudit strukturální validitu původní verze Testu MABC-2 u populace starších adolescentů ve věku 17 – 19 roků (viz níže hypotéza H2).

V rámci prvního dílčího cíle jsme stanovili hypotézu

**H1:** *Výkony v motorických úlohách MABC-2 – AB3 se zlepšují s věkem jedinců v období 16 až 19 roků.*

Hypotéza vycházela z předpokladu, že jestliže úlohy testu jsou validní pro hodnocení motorické koordinace v období adolescence, motorický výkon by se měl s věkem měnit ve smyslu zlepšení. Zde jsme vycházeli ze současných poznatků (viz teoretický rozbor výše), že motorické funkce, s kterými je spojeno provedení úloh testu MABC-2 – AB3, dozrávají a dosahují vývojové optimalizace ve starší adolescenci (např. Ionescu et al., 2006; Quatman-Yates, et al., 2012; Viel et al., 2009; Wolf et al., 2018; aj.).

V rámci druhého dílčího cíle jsme stanovili hypotézu

**H2:** *Test MABC-2 – AB3 u adolescentů ve věku 17 – 19 roků má třífaktorovou strukturu tří vzájemně provázaných latentních faktorů – Manuální dovednosti, Míření a chytání a Rovnováhy.*

Tato hypotéza byla stanovena na základě teoretických východisek konstrukce testu MABC-2 (Henderson et al., 2007) a jejich empirických ověření (Schulz et al., 2011; Psotta & Abdollahipour, 2017), kdy test MABC-2 je tvořen třemi komponentami - Manuální dovednost, Míření a chytání a Rovnováha, které reprezentují tři vzájemně provázané latentní faktory.

## 5.1 Metodika 1. fáze

### Účastníci

První fáze výzkumu se účastnilo 120 jedinců ze šesti středních škol ve věku 17, 18 a 19 roků,  $n = 40$  (20 chlapců, 20 dívek) v každé věkové skupině. Účastníci byli vybráni stratifikovaným výběrem podle typu sekundárního vzdělání a pohlaví tak, aby vzorek odpovídal reprezentativnímu vzorku dané věkové populace (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, 2014). Do studie bylo zahrnuto 30 studentů gymnázií, 59 studentů středních škol s maturitou a 31 studentů středních škol s výučním listem (Tabulka 2). Od všech účastníků byla získána pedagogicko-psychologická anamnéza vytvořená školním poradcem nebo psychologem, která obsahovala dostupné informace o možných psychických či fyzických deficitech studentů, na jejímž základě byli do výzkumu zahrnuti jen fyzicky a psychicky zdraví jedinci. Do výzkumu tak nebyli zahrnuti jedinci s mentálním, tělesným nebo smyslovým postižením.

Tabulka 2. Soubor účastníků podle věku, pohlaví a typu vzdělání

| Typ vzdělání        | Pohlaví | Věk     |         |         | Celkem |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
|                     |         | 17 roků | 18 roků | 19 roků |        |
| Gymnázium           | chlapci | 4       | 4       | 6       | 14     |
|                     | dívky   | 3       | 5       | 8       | 14     |
| SŠ s maturitou      | chlapci | 8       | 11      | 6       | 25     |
|                     | dívky   | 10      | 12      | 12      | 34     |
| SŠ s výučním listem | chlapci | 8       | 5       | 6       | 19     |
|                     | dívky   | 7       | 3       | 2       | 12     |

Vysvětlivky: SS – Střední škola

### Procedura

Účastníci byli testováni Testem MABC-2 - verzí AB3 (Tabulka 1), podle pokynů příručky české verze testu MABC-2 (Psotta, 2014). Všichni účastníci byli testováni individuálně ve školách, které navštěvují, týmem pěti absolventů FTK UP, kteří byli proškoleni a zacvičeni pro vykonávání testových úloh. Hrubé skóry pak byly

použity pro statistickou analýzu. Tento výzkum byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury, Univerzity Palackého v Olomouci, kód č. 44/2014.

### **Statistická analýza**

Pro analýzu efektu věku na výkon v testových úlohách a posouzení byly kromě výsledků testování 17 až 19letých použity výsledky testu 16letých jedinců ( $n = 52$ ), které byly zjištěny v první fázi ověřování testu MABC-2 v České republice a zahrnuty do normativního souboru (Psotta, 2014).

Shapiro-Wilkův test prokázal nenormální distribuci dosažených výsledků v každé testové úloze, s výjimkou testové úlohy Trojúhelníku s maticemi a šroubky u 16letých a Házení na terč u 18letých. Proto pro ověření hypotézy H1 byl efekt věku (ve čtyřech hladinách: 16, 17, 18 a 19 let) na výkon v každé testové úloze analyzován Kruskal-Wallisovým testem a post-hoc Kruskal-Wallisovým párovým srovnáním pro dva nezávislé vzorky. Úroveň  $\alpha = 0,05$  byla stanovena pro všechny testy. Koeficient velikosti účinku ( $\eta^2$ ) byl vypočítán podle Cohenova vzorce a interpretován jako  $0,02 \approx$  malý,  $0,13 \approx$  střední a  $0,26 \approx$  velký efekt (Cohen, 2008). Analýzy byly provedeny v programu IBM SPSS (verze 24; IBM, Armonk, NY, USA).

Pro ověření hypotézy H2, že test MABC-2 má třífaktorovou strukturu u 17 – 19letých jedinců, byla použita konfirmativní faktorová analýza. Tato analýza byla provedena v programu IBM SPSS AMOS 22.0 (Arbuckle, 2013). Podle předpokládaného třífaktorového strukturálního modelu by jedenáct testových úloh mělo být projevem tří do jisté míry korelujících latentních faktorů – Manuální dovednosti (MD), Míření a chytání (AC) a Rovnováhy (BAL). V konfirmativní faktorové analýze byly výkony v testových úlohách považovány za závislé pozorovatelné proměnné, zatímco latentní motorické faktory představovaly nezávislé proměnné. Odhady nestandardizovaných a standardizovaných parciálních regresních vah bez asymptotického rozdělení byly prováděny pomocí kovarianční matice. Vhodnost modelu byla posuzována podle literatury doporučených kritérií: Chí-kvadrát test  $\chi^2$  ( $p > 0,05$ ), relativní  $\chi^2$  (CMIN / df) ( $< 3,0$ ), standardní chyba odhadu RMSEA ( $< 0,07$ ), index dobré shody GFI ( $> 0,95$ ), upravený index dobré shody AGFI ( $> 0,9$ ), Tucker-Lewisův index TLI ( $> 0,9$ ) (Hooper, Coughlan, & Mullena, 2008; Schermelleh-Engel, Moosbrugger, & Müller, 2003). Pokud by se model výrazně lišil od původních dat, byl by modifikován (Hooper et al., 2008). Hlavní nesrovnalosti mezi skutečnou a vyhovující kovarianční strukturou byly posuzovány

pomocí modifikace indexů (MI), kde  $MI > 4,0$  byla brána jako významná odchylka. Statistická významnost všech parametrů byla ověřena podle Waldova testu ( $p = 0,05$ ). Zatížení faktorů bylo klasifikováno podle kritérií pro praktickou (klinickou) významnost standardizovaného faktorového zatížení (Tabachnick & Fidell, 2007) takto:  $< 0,32$  jako velmi slabé;  $0,32 - 0,44$  slabé;  $0,45 - 0,54$  dostatečné;  $0,55 - 0,62$  dobré;  $0,63 - 0,70$  velmi dobré a  $> 0,70$  vynikající.

## 5.2 Výsledky 1. fáze

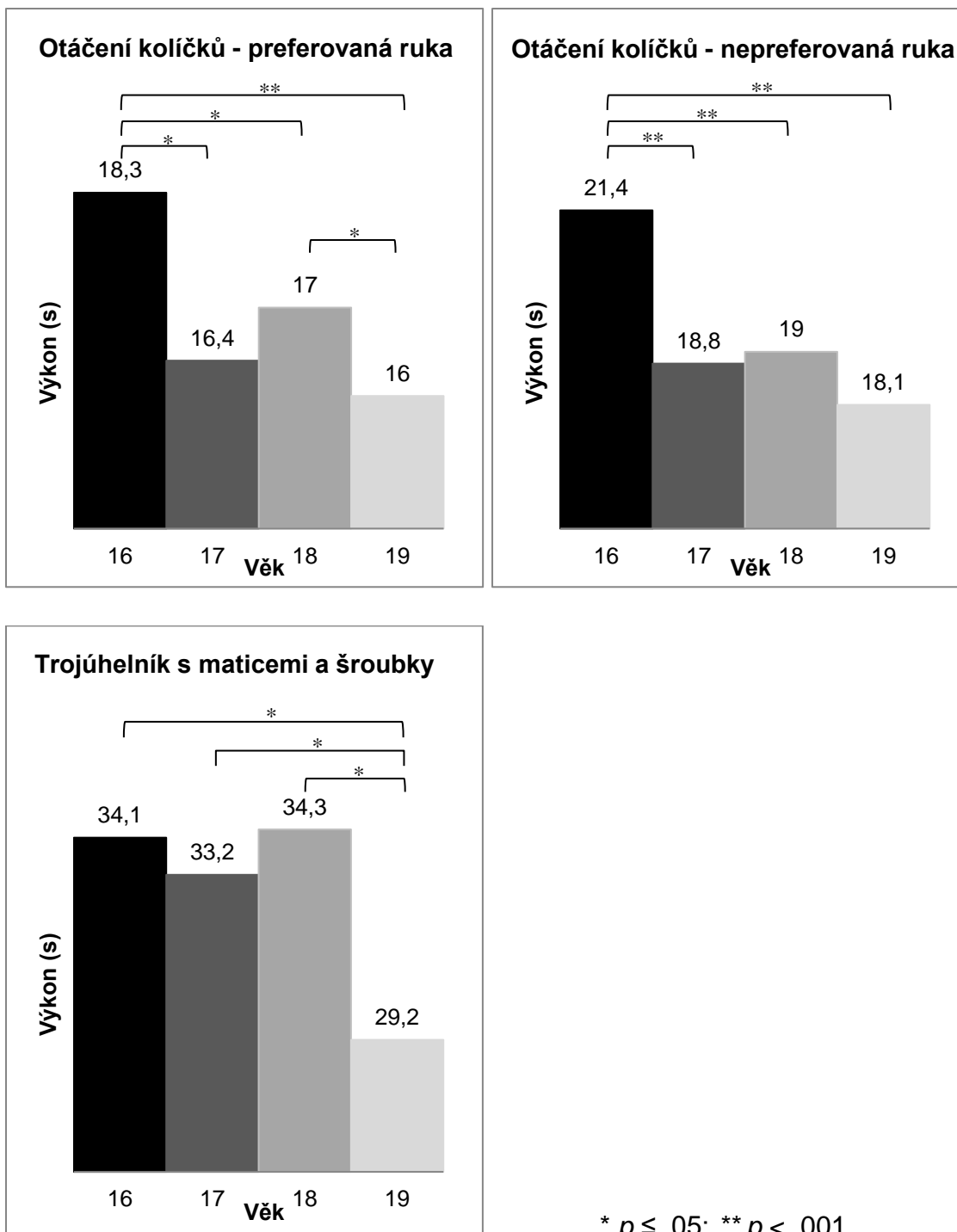
Výsledky Testu MABC-2 u starších adolescentů jsou uvedeny v Tabulce 4. Vliv věku na výkon byl nalezen pouze u úloh manuálních dovedností, a to u Otáčení kolíčků prováděné jak preferovanou tak nepreferovanou rukou ( $\chi^2(3) = 18,787$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,136$ ;  $\chi^2(3) = 25,199$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,191$ ) a u Trojúhelníku s maticemi a šroubky ( $\chi^2(3) = 10,302$ ,  $p = 0,016$ ,  $\eta^2 = 0,063$ ). Post-hoc analýza ukázala, že jedinci ve věku 17, 18 a 19 let potřebovali výrazně kratší dobu k dokončení úlohy Otáčení kolíčků preferovanou i nepreferovanou rukou ve srovnání s 16letými jedinci a také to, že při provádění této úlohy preferovanou rukou 19letí potřebovali výrazně kratší dobu, než 18letí (Obrázek 1). Devatenáctiletí jedinci zároveň zvládli úlohu Trojúhelníku s maticemi a šroubky ve výrazně kratším čase než 16, 17 a 18letí adolescenti (Obrázek 1).

Předpokládaný třífaktorový model testu MABC-2 - AB3 nebylo možné ověřit. Hlavní příčinou bylo, že výsledky testové úlohy Poskoky po podložkách byly téměř konstantní, kdy většina testovaných jedinců dosáhla maximálního možného skóru (pět skoků). Tato úloha byla proto vyloučena, aby mohlo být dosaženo modifikovaného vyhovujícího modelu. Modifikovaný model splňoval kritéria dobré shody,  $\chi^2$  ( $df = 25$ ) = 28,224,  $p = 0,298$ ,  $CMIN/df < 1,129$ ,  $RMSEA = 0,033$ ,  $GFI = 0,966$ ,  $AGFI = 0,920$  a  $TLI = 0,977$  pouze tehdy, když byla přidána faktorová zátěž úlohy Kreslení cesty latentním faktorem rovnováhy. Tento vztah by však bylo obtížné věcně zdůvodnit. Kromě toho tento vztah byl jen marginálně významný ( $p = 0,506$ ). Proto, aby se našel lépe vyhovující model, musely být společně s úlohou Kreslení cesty vyloučeny všechny úlohy rovnováhy. Výsledný dobře vyhovující model s kritérii  $\chi^2$  ( $df = 9$ ) = 14,035,  $p = 0,121$ ,  $CMIN/df < 1,5559$ ,  $RMSEA = 0,069$ ,  $GFI = 0,966$ ,  $AGFI = 0,954$  a  $TLI = 0,954$  je uveden na Obrázku 2. Tento model zahrnuje dva latentní faktory, MD a AC. Všechna zatížení faktoru testových úloh vzhledem k latentnímu MD nebo AC faktoru byla statisticky významná ( $p < 0,05$ ) (Obrázek 2).

Tabulka 4. Výkony v úlohách Testu MABC-2 AB3 u 16, 17, 18, a 19letých adolescentů

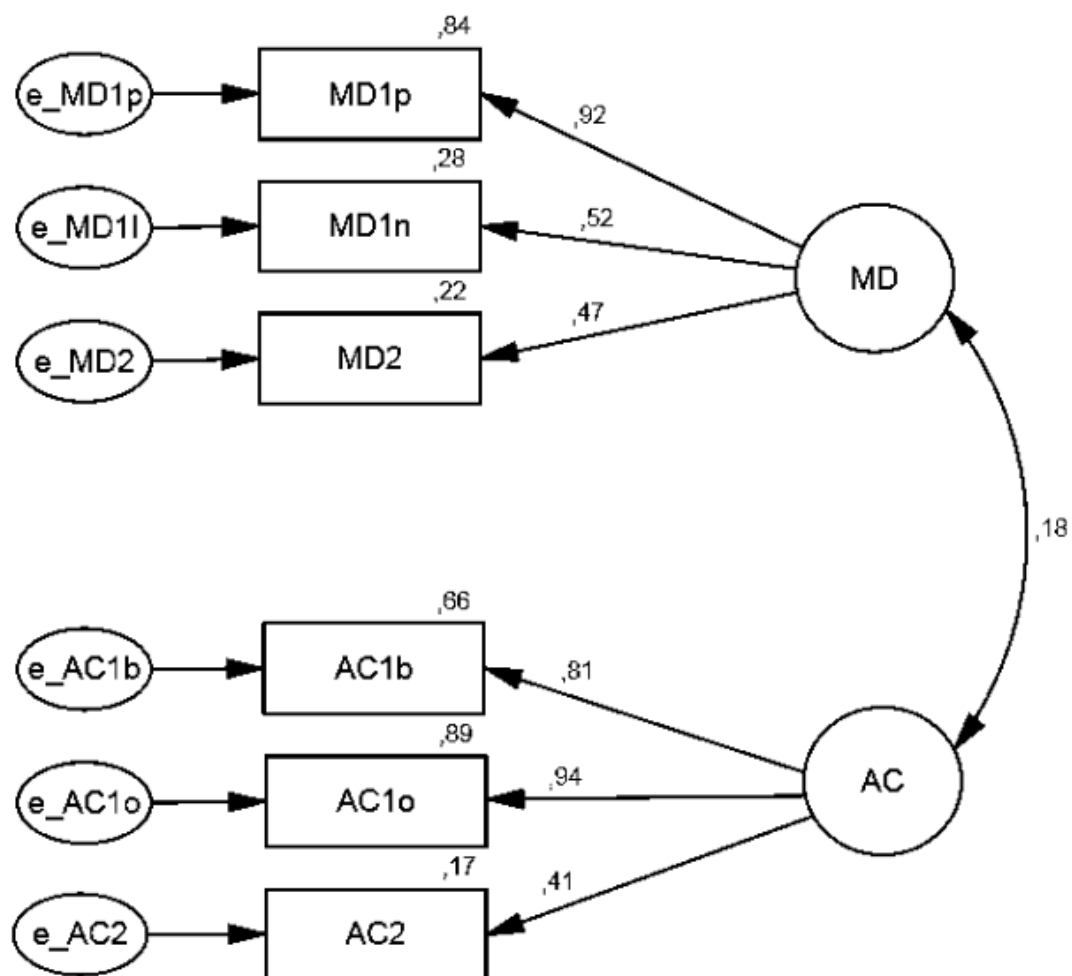
| Testová úloha   | Věk | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>IQR</i> | <i>Mdn</i> | <i>K-W</i> |
|---|-----|----------|-----------|------------|------------|------------|
| Otáčení kolíčků –<br>preferovaná ruka<br>(s)          | 16  | 18,3     | 3,4       | 4          | 18         | 0,000*     |
|   | 17  | 16,4     | 2,2       | 3          | 16         |            |
|   | 18  | 17,0     | 2,4       | 3          | 16         |            |
|   | 19  | 16,0     | 2,7       | 3,8        | 16         |            |
| Otáčení kolíčků –<br>nepreferovaná<br>ruka (s)        | 16  | 21,4     | 3,8       | 5,8        | 22         | 0,000*     |
|   | 17  | 18,8     | 3,8       | 4          | 19         |            |
|   | 18  | 19,0     | 3,7       | 5          | 19         |            |
|   | 19  | 18,1     | 3,2       | 5          | 18         |            |
| Trojúhelník s<br>maticemi a<br>šroubky (s)            | 16  | 34,1     | 10,5      | 14,5       | 30         | 0,016*     |
|   | 17  | 33,2     | 9,8       | 7          | 32         |            |
|   | 18  | 34,3     | 10,4      | 14,8       | 32,5       |            |
|   | 19  | 29,2     | 8,7       | 9          | 26,5       |            |
| Kreslení cesty 3<br>(chyby)                           | 16  | 0,2      | 0,4       | 0          | 0          | 0,175      |
|   | 17  | 0,1      | 0,2       | 0          | 0          |            |
|   | 18  | 0        | 0         | 0          | 0          |            |
|   | 19  | 0,2      | 0,8       | 0          | 0          |            |
| Chytání jednou<br>rukou – lepší ruka<br>(zachycení)   | 16  | 8,9      | 2,0       | 1,8        | 10         | 0,694      |
|   | 17  | 8,8      | 2,2       | 1          | 10         |            |
|   | 18  | 9,3      | 1,1       | 1          | 10         |            |
|   | 19  | 8,9      | 1,9       | 1          | 10         |            |
| Chytání jednou<br>rukou – druhá<br>ruka (zachycení)   | 16  | 7,9      | 2,2       | 3          | 9          | 0,941      |
|   | 17  | 7,6      | 2,6       | 4          | 8,5        |            |
|   | 18  | 7,8      | 2,6       | 4          | 9          |            |
|   | 19  | 7,8      | 2,5       | 3,8        | 9          |            |
| Házení na terč<br>(zásahy)                            | 16  | 6,6      | 1,9       | 2,8        | 6,5        | 0,092      |
|   | 17  | 6,9      | 1,8       | 2          | 7          |            |
|   | 18  | 7,1      | 2,1       | 3          | 7,5        |            |
|   | 19  | 7,3      | 2         | 3          | 8          |            |
| Rovnováha na<br>dvou deskách (s)                      | 16  | 23,3     | 9,2       | 17         | 30         | 0,165      |
|   | 17  | 22,2     | 9,5       | 15         | 29,5       |            |
|   | 18  | 22       | 10,4      | 19,8       | 30         |            |
|   | 19  | 26       | 7,5       | 5,8        | 30         |            |
| Chůze vzad s<br>dotykem pata-<br>špička (kroky)       | 16  | 14,0     | 3,0       | 0          | 15         | 0,073      |
|   | 17  | 14,9     | 0,7       | 0          | 15         |            |
|   | 18  | 14,1     | 2,1       | 0          | 15         |            |
|   | 19  | 13,7     | 4,2       | 1,8        | 15         |            |
| Poskoky po<br>podložkách –<br>lepší noha<br>(poskoky) | 16  | 5,0      | 0,2       | 0          | 5          | 0,511      |
|   | 17  | 5,0      | 0         | 0          | 5          |            |
|   | 18  | 5,0      | 0         | 0          | 5          |            |
|   | 19  | 5,0      | 0         | 0          | 5          |            |
| Poskoky po<br>podložkách –<br>druhá noh<br>(poskoky)  | 16  | 4,9      | 0,3       | 0          | 5          | 0,318      |
|   | 17  | 4,9      | 0,3       | 0          | 5          |            |
|   | 18  | 5,0      | 0         | 0          | 5          |            |
|   | 19  | 5,0      | 0,2       | 0          | 5          |            |

Vysvětlivky: *M* = průměr; *SD* = standardní odchylka; *IQR* = Interkvartilové rozpětí; *Mdn* = Medián; *K-W* = Kruskal-Wallisov test. \**p* <,05.



Obrázek 1. Výsledky post-hoc analýzy úloh manuálních dovedností.





*MD1p – Otáčení kolíčků - preferovaná ruka, MD1n – Otáčení kolíčků - nepreferovaná ruka, MD2 – Trojúhelník s maticemi a šroubky, AC1b – Chytání jednou rukou - lepší ruka, AC1o – Chytání jednou rukou - druhá ruka, AC2 – Házení na terč, MD – Manuální dovednost, AC – Míření a chytání, e\_MD1p – e\_AC2 - error variables*

Obrázek 2. Výsledný model Testu MABC-2 – AB3 pro 17 – 19leté jedince.

## 6 Druhá fáze: Sestavení inovovaného souboru testových úloh vhodných pro starší adolescenty

Protože na základě výsledků první fáze výzkumu byla zamítnuta hlavní hypotéza práce o validitě testu (viz výsledky níže), byl v druhé fázi výzkumu stanoven následující výzkumný cíl:

- 1) Sestavit soubor testových úloh vhodných pro hodnocení motorické koordinace u adolescentů ve věku 17 – 19 roků.

Pro sestavení souboru testových úloh pro starší adolescenty jsme vycházeli z rešerše v současnosti používaných diagnostických nástrojů pro hodnocení motorického vývoje a motorické způsobilosti u adolescentů a dospělých. Při návržení nových úloh byl sledován záměr, aby se zachovala faktorová struktura původního Testu MABC-2 (Tabulka 3) a inovovaná verze hodnotila motorickou koordinaci skrze hodnocení tří motorických složek – manuální dovednosti, míření a chytání, a rovnováhy

Tabulka 3. Úlohy v nově navrženém testu pro adolescenty

| Kód úlohy | Název testové úlohy                       | Hodnocená komponenta | Úprava     |
|-----------|---|----------------------|------------|
| MD 1p     | Otáčení kolíčků - preferovaná ruka        | Manuální dovednost   | Modifikace |
| MD 1n     | Otáčení kolíčků - nepreferovaná ruka      | Manuální dovednost   | Modifikace |
| MD 2      | Trojúhelník s maticemi a šroubky          | Manuální dovednost   | Bez změny  |
| MD 3      | Úloha grafomotorické rychlosti            | Manuální dovednost   | Nová úloha |
| AC 1p     | Chytání jednou rukou - preferovaná ruka   | Míření & chytání     | Modifikace |
| AC 1n     | Chytání jednou rukou - nepreferovaná ruka | Míření & chytání     | Modifikace |
| AC 2      | Házení na terče                           | Míření & chytání     | Modifikace |
| Bal 1     | Rovnováha na dvou deskách                 | Rovnováha            | Bez změny  |
| Bal 2     | Rovnováha bez zrakové kontroly            | Rovnováha            | Nová úloha |
| Bal 3     | Přeskoky se stabilizací                   | Rovnováha            | Nová úloha |

## 6.1 Návrh úloh manuální dovednosti

Na základě výsledků 1. fáze bylo zjištěno, že v úlohách Otáčení kolíčků a Trojúhelníku s maticemi a šroubky dochází k zlepšování výsledků v návaznosti na vyšší věk (16 – 19), což může naznačovat pokračující vývoj jemné motoriky a s ní spojených senzomotorických funkcí. Obě tyto úlohy jsou založené na rychlosti a přesnosti pohybu. Sestavování trojúhelníku je úloha bimanuální vizuomotorické koordinace a Otáčení kolíčků je úlohou unimanuální vizuomotorické koordinace označované jako “oko-ruka“. Modifikovaná verze úlohy Otáčení kolíčků jako The Purdue Pegboard Test (Lafayette Instrument Co., Lafayette, Indiana) či úloha, která je součástí Motor Performance Series, Vienna Test Systém (Schuhfried, Moedling, Rakousko) se používá i u dospělých a starších jedinců. Verze této testové úlohy určené pro dospělé však vyžadují obrátit 25 kolíčků. Modifikace úlohy Otáčení kolíčků proto spočívala v navýšení počtu obrácených kolíčků z 12 na 24. V praxi to znamená, že testovaný jedinec musel obrátit všechny kolíčky jednou barvou vzhůru a následně je obrátit zpátky. Toto navýšení je v souladu s konceptem MABC-2, kdy vyšší věkové kategorie při úlohách provádí vyšší počet opakování. Hlavním odůvodněním může být to, že u jedinců s motorickými obtížemi dochází k větší variabilitě pohybu u motorických vzorců (Schoemaker et al., 2001; Volman & Geuze, 1998a; Volman & Geuze, 1998b). Větší variabilita se pak může projevit delším časovým provedením pohybu. U úlohy Otáčení kolíčků, kdy otočení jednoho kolíčku trvá okolo 1 s, by se tento fakt projevil v řádu milisekund. Avšak čas této úlohy je měřen v celých sekundách a proto zvýšením počtu opakování lze odhalit delší provedení úlohy i v rámci sekund. Navýšení počtu opakování také zvyšuje spolehlivost průměrného výkonu.

Navíc u adolescentních jedinců s DCD jsou evidovány problémy v oblasti jemné motoriky (Bieber et al., 2016; Missiuna et al., 2008) a vývoj jemné motoriky pokračuje i v období adolescence (Pergami, Seemaladinne, & Billings, 2012; Valtr & Psotta, 2019) společně s vývojem dosahovacích (Golenia et al., 2018) a uchopovacích pohybů (Jover et al., 2010). Úloha Otáčení kolíčků je založena na sekvenčních pohybových vzorcích, u kterých je hlášena větší variabilita u DCD jedinců (Gomez & Sirigu, 2015), což se pak může odrazit ve výsledném čase, který jedinec potřebuje pro otočení a zasunutí všech kolíčků. Dále je známo, že DCD děti jsou pomalejší v úlohách jemné motoriky vyžadující uchopení předmětu v porovnání

se svými vrstevníky (Biancotto et al., 2011) a u jedinců s DCD jsou také hlášeny problémy s uchopováním předmětů společně s deficitem v taktilní percepci, která je důležitá pro správné a efektivní provedení úlohy (Wilson et al., 2017). Navíc u této úlohy byla potvrzena její validita u starších adolescentů a byl také zjištěn pokračující vývoj motorických funkcí, které podmiňují unimanuální koordinaci (Valtr & Psotta, 2019). V úloze sestavování trojúhelníku, která byla ponechána v originální verzi, jsou kladeny vyšší nároky na exekutivní funkce, především na plánování pohybu, se kterým mají jedinci s DCD větší problémy než jejich vrstevníci (Adams, Ferguson, Lust, Steenbergen, & Smits-Engelsman, 2016; Saban et al., 2014). U dospělých jedinců s motorickými obtížemi pak bylo prokázáno, že mají problém s konstrukčními úlohami (Cousins & Smyth, 2003). Také u této úlohy byla ověřena její validita u starších adolescentů a byl zjištěn pokračující vývoj motorických funkcí podmiňujících bimanuální koordinaci (Valtr & Psotta, 2019).

Původní úloha Kreslení cesty z Testu MABC-2 se zdá být zatížena stropovým efektem a není tak dostatečně obtížná pro starší jedince (Psotta & Abdollahipour, 2017; Psotta et al., 2014; Valtr & Psotta, 2019) a na základě výsledků první fáze byla shledána jako nevhodná pro použití u starších adolescentů. Proto byla nahrazena úlohou grafomotorické rychlosti, která vychází z testové baterie The Detailed Assessment of Speed of Handwriting 17+ (DASH17+) (Barnett, Henderson, Scheib, & Schulz, 2010). Tato úloha je určena pro hodnocení grafomotoriky u jedinců od 17 do 25 let. U starších adolescentů a dospělých s DCD jsou hlášeny problémy v grafomotorické činnosti (Kirby et al., 2008). V této úloze jsou kladeny nároky nejen na přesnost, ale i na rychlost provedení, která v původní úloze kreslení dráhy chybí. Tato grafomotorická úloha tak klade vyšší nároky na dopředný systém řízení pohybu. Předpokládá se, že jedinci s motorickými obtížemi nemají tento systém stejně efektivní jako jedinci bez motorických potíží a mají problém s generováním a využitím prediktivních odhadů pozice těla. Z tohoto důvodu jsou tak více závislí na pomalejší zpětnovazební kontrole pohybu (Wilson et al., 2013), což se projeví v pomalejším provedení testové úlohy.

Přesný popis testových úloh jemné motoriky a jejich provedení je uveden v příloze 1.

## 6.2 Návrh úloh míření a chytání

I přesto, že v 1. fázi výzkumu nebylo u testových úloh házení a chytání objeveno zlepšení výkonů s vyšším věkem (Tabulka 4), jeví se tyto úlohy jako vhodné pro hodnocení motorických funkcí spojených s mířícími a interceptivními úlohami u starších adolescentů. Tyto úlohy jsou v literatuře kladně hodnoceny při odhalování deficitů v dané komponentě u starších jedinců (Cantell et al., 1994) a nezdají se být zatíženy stropovým efektem. Obě původní úlohy byly modifikovány ve smyslu zvýšení variability pohybové úlohy. Tyto modifikace byly provedeny za účelem zvýšených nároků na senzomotorické funkce, např. vizuální vnímání pohybujících se předmětů a řízení pohybu, které se v adolescenci stále vyvíjí (viz kapitola 1). Úloha chytání byla modifikována tak, aby se zvýšila variabilita odrazu míčku od stěny, a tím kladla větší nároky na vizuální sledování objektu a prostorovou orientaci. Pro úspěšné provedení této úlohy je důležité vizuální vnímání pohybujícího se objektu, u kterého se uvádí, že jeho vývoj pokračuje i po 16. roku života, na rozdíl od vizuálního vnímání statických objektů (Bucher et al., 2006). U jedinců s DCD jsou pak hlášeny deficity ve vizuální detekci či detekci pohybu, které jsou klíčové pro úspěšné provedení interceptivních úloh (Wilson et al., 2013). Je tak známo, že jedinci s DCD v adolescentním období mají problémy s interceptivními úlohami (Cantell, Smyth, & Ahonen, 1994; Missiuna et al., 2008; Wilson et al., 2013). Tyto úlohy kladou nároky na dopředné řízení pohybu (hod), anticipaci (určení směru a rychlosti odraženého míčku), a zpětnovazebního řízení pohybu (upravení polohy rukou v reakci na dráhu a rychlost míčku), a zdá se, že jedinci s DCD jsou horší než jejich vrstevníci ve všech výše zmíněných oblastech (Wilson et al., 2013).

U úlohy házení na terč byly přidány další tři terče, které má testovaný jedinec zasáhnout a byla přidána druhá vzdálenost, ze které měl testovaný terče zasahovat. Tato modifikace opět klade větší nároky na prostorovou orientaci a nutí testovaného jedince měnit dopředný plán pohybu po každém opakování. Úspěšné provedení této úlohy je tak podmíněno efektivním dopředným řízením pohybu, jehož deficit u jedinců s DCD byl několikrát zmíněn v předchozích částech práce. Zároveň je úspěšné provedení této úlohy podmíněno prostorově orientační schopností, avšak adolescenti s DCD nedosahují stejné úrovně této schopnosti jako jejich vrstevníci (Saban et al., 2012). Jedinci s DCD jsou také horší než jejich vrstevníci v rozlišování prostorových

charakteristik, jako je vzdálenost nebo velikost objektu (O'Brien et al., 2002), což se může projevit v horším provedení této úlohy.

Přesný popis testových úloh hrubé motoriky a jejich provedení je uveden v příloze 2.

### **6.3 Návrh úloh rovnováhy**

Původní soubor testových úloh MABC-2, které hodnotí rovnovážnou složku, nebyl shledán jako vhodný pro využití u starších adolescentů. Zejména úlohy dynamické rovnováhy se zdají být zatížené stropovým efektem a nejsou tak dostatečně obtížné, a to ani pro jedince s motorickými obtížemi (Valtr & Psotta, 2019). Z tohoto důvodu byly obě tyto úlohy nahrazeny. Při tvorbě vhodného testu dynamické rovnováhy jsme vycházeli z modifikovaného Bassova testu dynamické rovnováhy (Barry & Jack, 1986) a z jeho upravené verze "Single leg hop stabilization test" (Riemann, Caggiano, & Lephart, 1999), který se využívá u zdravých mladších dospělých. Podobný princip hodnocení dynamické rovnováhy, tedy stabilizace těla po přeskoku, je využíván i v dalších testech, sloužících pro hodnocení dynamické rovnováhy u starších jedinců, jako je např. "The dynamic leap and balance test (DLBT)" (Jaffri, Newman, Smith, & Miller, 2017). Jedinci s DCD mají deficit při provádění úloh dynamické rovnováhy (Jelsma, Ferguson, Smits-Engelsman, & Geuze, 2015; Jelsma, Smits-Engelsman, Krijnen, & Geuze, 2016). Při tomto testu v porovnání s původní úlohou poskoky po deskách z MABC-2 dochází ke zmenšení oporové báze, což zvyšuje nároky na rovnovážnou schopnost a zároveň se zde objevuje i stabilizační složka pohybu, která klade větší nároky na zpětnovazební řízení, které není tak efektivní u jedinců s DCD, jako u jejich vrstevníků (Ameratunga, Johnston, & Burns, 2004). Tento deficit ve zpětnovazebním řízení pohybu byl prokázán konkrétně i u rovnovážných úloh (Grove & Lazarus, 2007).

Druhá úloha dynamické rovnováhy pak byla nahrazena rovnováhovou úlohou bez zrakové kontroly. Integrace a důležitost vizuálních informací při rovnovážných úlohách se mění během adolescence (Rinaldi, et al., 2009; Viel et al., 2009) a uvádí se, že omezené vidění ještě zvětšuje deficit v posturální kontrole u jedinců s DCD (Wilson et al., 2017). Jedinci s DCD jsou více závislí na vizuálních informacích na úkor ostatních sensorických vstupů při udržování posturální kontroly než jejich

vrstevníci (Deconinck et al., 2006; Nieto et al., 2018). Zároveň mají jedinci s DCD problémy s multisenzorickou integrací informací ve chvíli, kdy je vizuální vnímání omezeno (Bair, Kiemel, Jeka, & Clark, 2012; Chung & Stoffregen, 2011).

Úloha statické rovnováhy stoj na dvou deskách byla pak ponechána v původní verzi. K tomuto závěru jsme dospěli na základě podrobnější analýzy rozložení dat u vzorku starších adolescentů, získaných pro studii Valtra a Psotty (2019), kdy se ukázalo, že tato úloha je dostatečně náročná i pro jedince bez deficitů. U výsledků z této úlohy byla nalezena normální distribuce dat, což poukazuje na to, že tato úloha se nezdá být zatížena stropovým efektem. V této testové úloze zmenšení oporové báze klade vyšší nároky na rovnovážné mechanismy, resp. posturální kontrolu jedince. Z literatury je zřejmé, že jedinci s DCD mají deficit v oblasti posturální kontroly. Všeobecně se tyto jedinci vyznačují zvětšenými posturálními výchyly, reaktivnějšími posturálními úpravami a častějším využíváním neoptimálních balančních strategií (pro přehled viz Wilson et al., 2013, 2017).

Přesný popis testových úloh rovnováhy a jejich provedení je uveden v příloze 3.

## 7 Třetí fáze: Posouzení konstruktové validity inovovaného souboru testových úloh

Posouzení konstruktové validity vycházelo z předpokladu, že pokud testové úlohy mají být vhodné pro identifikaci motorických deficitů u starších adolescentů, měly by být schopné odlišit výkony jedinců s pravděpodobnou DCD a jedinců bez DCD. Součástí této fáze také bylo analyzovat rozdílnosti provádění jednotlivých úloh mezi kontrolní skupinou a skupinou starších adolescentů s pravděpodobnou DCD z hlediska prováděného pokusu a použité končetiny. V současné době totiž stále chybí informace o specifických motorických projevech starších adolescentů s DCD (Hands et al., 2015). Jelikož je DCD heterogenní syndrom, symptomy a projevy se s velkou mírou jistoty budou lišit u starších adolescentů stejně tak, jako se liší u dětí (Visser, 2003). Pro třetí fázi výzkumu tak byly stanoveny dva dílčí cíle:

- 1) Posoudit konstruktovou validitu nově navrženého souboru testových úloh u starších adolescentů ve věku 17 – 19 roků.
- 2) Analyzovat rozdílnosti provádění jednotlivých úloh mezi kontrolní skupinou a skupinou starších adolescentů s pravděpodobnou DCD.

### 7.1 Metodika 3. fáze

#### *Účastníci*

Minimální potřebná velikost souboru pro parametrický t-test byla podle výpočtu síly testu stanovena na 42 participantů při předpokládaných hodnotách  $p = 0,05$ ;  $1 - \beta = 0,8$ ;  $d = 0,8$ . Ověření konstruktové validity pak bylo provedeno na dvou skupinách o celkovém počtu 44 adolescentů ve věku 17 – 19 let ( $M = 18,4 \pm 0,7$ ), z toho bylo 16 chlapců a 28 dívek ze tří středních škol a jednoho gymnázia. Nejdříve byla vytvořena skupina adolescentů s pravděpodobnou DCD a k ní následně sestavena kontrolní skupina podle níže popsanych kritérií. Participantů byli otestováni krátkou verzí testu BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005) pro posouzení diagnostického kritéria A pro DCD a vyplnili dotazník Adult Dyspraxia/Developmental Coordination Checklist (ACD) (Kirby & Rosenblum, 2008) pro posouzení kritéria B a C. Zároveň byla od školního psychologa získána



pedagogicko-psychologická anamnéza jednotlivých adolescentů, na jejímž základě bylo hodnoceno kritérium D. Informovaný souhlas byl získán od všech zúčastněných jedinců, kteří byli starší 18 let. Pokud byl jedinec mladší než 18 let, informovaný souhlas byl získán od jeho zákonného zástupce

Skupina s pravděpodobnou vývojovou poruchou koordinace (p-DCD) byla tvořena 22 adolescenty (8 chlapců a 14 dívek), kteří splnili kritéria DSM-5 (APA, 2013) pro určení vývojové poruchy koordinace, která byla stanovena v souladu s nejnovějšími pokyny pro identifikaci DCD u dospělých (Barnett, Hill, Kirby, & Sugden, 2015; Blank et al., 2019). Úroveň motorických dovedností této skupiny byla pod očekávanou normou ve srovnání s jedinci stejného věku (kritérium A). Tento fakt byl hodnocen testem BOT-2 a výsledný skór jedince v této skupině musel být  $\leq 40$ , tedy pod úrovní 16. percentilu. To, že tyto motorické obtíže ovlivňují každodenní aktivity (kritérium B) a že začátek těchto obtíží spadá do období raného vývoje (kritérium C) bylo hodnoceno pomocí dotazníku ADC a výsledný skór musel být  $\geq 26$ . Splnění kritéria D, tedy fakt jestli poruchu motorických dovedností nelze lépe vysvětlit poruchou intelektu, zrakovým postižením nebo neurologickou poruchou, bylo určeno z pedagogicko-psychologických anamnéz jedinců.

Kontrolní skupina (skupina bez DCD) byla tvořena 22 adolescenty, kteří byli pseudonáhodně vybráni ke skupině s motorickými obtížemi tak, aby obě skupiny byly věkově a pohlavně shodné, protože pohlaví (Valtr, Psotta, & Abdollahipour, 2016) a věk (Valtr & Psotta, 2019) by mohly mít vliv na výkon v testových úlohách testu MABC-2. Pro zařazení do kontrolní skupiny nesměli jedinci splňovat ani jedno z kritérií pro zařazení do skupiny s motorickými obtížemi (viz výše).

### **Procedura**

Všichni účastníci vyplnili dotazník ADC, byli testováni krátkou verzí BOT-2 a následně provedli úlohy z nového souboru. Vyplnění dotazníku trvalo přibližně 15 minut. Testování jednoho jedince BOT-2 trvalo 30 minut a přibližně stejnou dobu trvalo testování jednoho jedince novým souborem úloh. Mezi vyplněním dotazníku, testováním BOT-2 a novým souborem úloh byly vždy pětiminutové časové odstupy. Všichni účastníci byli testováni individuálně ve školách, které navštěvují, týmem šesti

absolventů FTK UP, kteří byli patřičně proškoleni a zacvičeni pro vykonávání testových úloh. Tento výzkum byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury, Univerzity Palackého v Olomouci, kód č. 58/2018.

### **Testové metody**

*Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency – 2nd edition / BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005)*

Krátká verze tohoto testu byla použita k posouzení úrovně motorických dovedností u starších adolescentů pro posouzení diagnostického kritéria A. Test ve své zkrácené formě obsahuje čtrnáct motorických úloh. Úlohy jsou rozdělené do 8 podskupin hodnotících jemnou motorickou přesnost, integraci jemné motoriky, manuální dovednost, bilaterální koordinaci, rovnováhu, obratnost, koordinaci horních končetin a svalovou sílu. K provedení testu je potřeba materiální vybavení obsažené v testové sadě. Jedná se např. o podložky, nůžky, šablony, terč, korálky atd. Časová náročnost testu je stanovena na 20 minut pro zkrácenou verzi.

I přes kritiku testu BOT-2 uvedenou v teoretické části práce, se tento test jeví z důvodů omezených testových nástrojů pro období starší adolescence jako nejvhodnější pro posouzení diagnostického kritéria A pro DCD (Hands et al., 2015). Test BOT-2 byl ověřen na strukturální validitu u české populace (Holický, 2015), která potvrdila čtyřfaktorovou strukturu shodnou s originální předlohou testu BOT-2. Zároveň byla potvrzena i jeho vhodnost pro využití v české školní praxi (Šeflová, Kalfířt, & Indráčková, 2018). Test-retest reliabilita pro věkovou kategorii 13 – 21 u jednotlivých komponent krátké formy testu je pro jednotlivé komponenty následující: jemná motorika  $r = 0,39 - 0,48$ ; manuální koordinace  $r = 0,45 - 0,64$ ; koordinace těla  $r = 0,32 - 0,61$ ; celkového kompozitní skóre  $r = 0,79$  a celkové skóre krátké verze  $r = 0,80 - 0,87$  (Bruininks & Bruininks, 2005). Krátká forma testu BOT-2 se také vyznačuje velmi dobrou objektivitou  $r = 0,98$  (Bruininks & Bruininks, 2005). V rámci obsahové validity byly testové položky revidovány a posouzeny odborníky. Následně byla potvrzena konstruktová validita testu Rasch analýzou a faktorovou analýzou (viz Bruininks & Bruininks, 2005). Interní konzistence testu je v rozmezí  $\alpha = 0,95 - 0,96$  (Bruininks & Bruininks, 2005). Test BOT-2 byl také hodnocen na kriteriální (souběžnou) validitu s následujícími výsledky: validita k původní verzi Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency  $r = 0,76$ ; Peabody Developmental

Motor Scales  $r = 0,77$ ; Test of Visual Motor Skills  $r = 0,62$  (Bruininks & Bruininks, 2005). Zároveň byla prokázána i validita krátké BOT-2 pro identifikaci jedinců s DCD, kdy tito jedinci dosahovali v průměru o 15,5 bodů (1,5 standardní odchylky) méně v celkovém testovém skóru (Bruininks & Bruininks, 2005). Specifičnost testu BOT-2 byla stanovena na 89 % (McIntyre et al., 2017).

#### *Adult Dyspraxia/Developmental Coordination Checklist (Kirby & Rosenblum, 2008)*

ADC je nástroj, který napomáhá identifikovat vývojovou koordinační poruchu u starších adolescentů a v dospělosti. ADC byl použit pro posouzení kritérií B a C. Dotazník tvoří 40 otázek, které jsou rozděleny do dvou částí: 1) problémy, které se u jedinců vyskytovaly v dětství a 2) problémy, které se u jedinců vyskytují v současné době.

Ačkoli ADC ukazuje vysokou úroveň vnitřní konzistence (0,95), psychometrická data jsou omezena na počáteční validační studii (Kirby et al., 2010). Hlavně platnost navržených hraničních hodnot nebyla řádně ověřena a jejich platnost, respektive citlivost pro identifikaci DCD, je ostatními autory zpochybňována (Barnett, 2014; Blank et al., 2019; Kashuk, Williams, Thorpe, Wilson, & Egan, 2017). I samotní autoři dotazníku uznávají nedostatky jimi navržených hraničních hodnot pro posouzení DCD (Kirby et al., 2010). Z důvodu omezených možností pro hodnocení kritérií B a C u starších jedinců a absenci alternativních screeningových metod však ADC zůstává nejkompexnějším nástrojem pro tento účel (Barnett, 2014). ADC je jedním z mála nástrojů, který obsahuje položky hodnotící motorické deficity každodenního života u starších jedinců (kritérium B) a obsahuje také položky, s jejichž pomocí lze zjistit nástup motorických obtíží v dětství (kritérium C). Při absenci platných a všeobecně uznávaných hraničních hodnot pro určení zda motorický deficit významně a trvale ovlivňuje každodenní aktivity jedince, byl využit alternativní způsob určení těchto hraničních hodnot, využívaný pro výzkumné účely (Hyde et al., 2014; Hyde et al., 2018; Kashuk et al., 2017), založený na 95% intervalu spolehlivosti (CI95%) a podrobně popsany Hydem et al. (2014). Na základě skóru ADC, získaného od kontrolní skupiny 50 českých adolescentů, kteří věkově odpovídali testované skupině ( $M = 18,4 \pm 0,7$ ), byla stanovena horní hranice  $CI95\% = 25,46$  pro celkové skóre a  $CI95\% = 5,91$  pro skóre v dětské sekci. Ti jedinci,

kteří dosáhli skóre nad horní hranicí, tj. 26 nebo více, resp. 6 nebo více, byli považováni za jedince, kteří splnili kritérium B, resp. C.

### ***Statistická analýza***

Shapiro-Wilkův test ukázal normální distribuci dosažených výsledků v každé testové úloze, s výjimkou úloh MD3 a AC2. K posouzení rozdílu mezi skupinami byl proto použit parametrický dvouvýběrový t-test se stanovenou hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ . Dále byl vypočítán koeficient velikosti účinku ( $d$ ) a ten byl interpretován jako  $0,2 \approx$  malý,  $0,5 \approx$  střední a  $0,8 \approx$  velký efekt (Cohen, 2008). U úloh, které byly prováděny oběma končetinami (MD1 a AC1), byl analyzován rozdíl ve výkonech mezi skupinami a testovanou končetinou pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu 2 (skupina: p-DCD vs. kontrolní)  $\times$  2 (končetina: preferovaná vs. nepreferovaná) se smíšenými efekty a opakovaným měřením na posledním faktoru ( $\alpha = 0,05$ ). Metoda párového porovnání a Bonferroniho test ( $\alpha = 0,05$ ) byla použita jako post-hoc test. Epsilon hodnoty podle Greenhouse-Geissera byly použity k úpravě stupně volnosti v ANOVA s opakovanými měřeními pro kompenzování rozptylů jako podmínka sféricity. Dvoufaktorová analýza rozptylu 2 (skupina: p-DCD vs. kontrolní)  $\times$  2 (pokus: první vs. druhý) se smíšenými efekty a opakovaným měřením na posledním faktoru ( $\alpha = 0,05$ ) byla také použita u úloh jemné motoriky k analyzování výkonu mezi skupinami v prvním a druhém pokusu testových úloh. Chí-kvadrát test byl použit pro analyzování vztahu skupiny a úspěšností provedení maximálního možného skóre v 1. testovém pokusu u rovnovážných úloh. Data byla analyzována pomocí programu IBM SPSS (verze 24; IBM, Armonk, NY, USA).

## 7.2 Výsledky 3. fáze výzkumu

Z nového souboru deseti testových úloh nedokázaly odlišit výkon mezi kontrolní a p-DCD skupinou pouze dvě testové úlohy, konkrétně úloha házení na terč a úloha rovnováhy bez zrakové kontroly (Tabulka 5). U zbylých osmi testových úloh byl nalezen statisticky významný rozdíl ve výkonech mezi p-DCD a kontrolní skupinou (Tabulka 5). Tento statisticky významný rozdíl byl navíc podpořen střední až velkou velikostí účinku ( $d = 0,65 - 1,47$ ) indikující praktickou významnost nálezu. U 3 testových úloh (trojúhelník s maticemi a šroubky, chytání preferovanou rukou a rovnováha na dvou deskách) byla potvrzena střední velikost účinku v rozmezí od 0,65 do 0,74 a u dalších 5 úloh (otáčení kolíčků preferovanou i nepreferovanou rukou, úloha grafomotorické rychlosti, chytání nepreferovanou rukou a přeskoky se stabilizací) velká velikost účinku v rozmezí od 0,81 do 1,47.

Tabulka 5. Srovnání výkonů dosažených p-DCD skupinou a kontrolní skupinou v jednotlivých testových úlohách

| Testové úlohy         | p-DCD skupina<br>( $n = 22$ ) |      | Kontrolní skupina<br>( $n = 22$ ) |      | $T$   | $p$     | $d$  |
|-----------------------|-------------------------------|------|-----------------------------------|------|-------|---------|------|
|                       | M                             | SD   | M                                 | SD   |       |         |      |
| MD 1p (s)             | 38,7                          | 7,8  | 33,1                              | 5,8  | 2,70  | 0,010*  | 0,81 |
| MD 1n (s)             | 43,7                          | 8,5  | 34,1                              | 8,6  | 3,73  | <0,001* | 1,12 |
| MD 2 (s)              | 37,1                          | 11,6 | 30,7                              | 7,6  | 2,16  | 0,036*  | 0,65 |
| MD 3 (výsledný skór)  | 44,9                          | 12,3 | 58,0                              | 10,5 | -3,83 | <0,001* | 1,16 |
| AC 1p (zachycení)     | 6,3                           | 3,9  | 8,8                               | 3,0  | -2,36 | 0,022*  | 0,72 |
| AC 1n (zachycení)     | 5,4                           | 3,3  | 8,9                               | 2,9  | -3,79 | <0,001* | 1,14 |
| AC 2 (počet zásahů)   | 7,1                           | 2,9  | 8,3                               | 2,3  | -1,56 | 0,125   | 0,47 |
| Bal 1 (s)             | 13,0                          | 10,7 | 20,5                              | 9,6  | -2,46 | 0,018*  | 0,74 |
| Bal 2 (s)             | 26,0                          | 7,9  | 29,4                              | 2,8  | -1,91 | 0,067   | 0,57 |
| Bal 3 (výsledný skór) | 13,2                          | 11,0 | 29,6                              | 11,4 | -4,87 | <0,001* | 1,47 |

Vysvětlivky: MD 1 - Bal 3 = testové úlohy viz Tabulka 3; M = průměr; SD = standardní odchylka;  $t$  = hodnota  $t$  dvou výběrového  $t$ -testu;  $d$  = Cohenovo  $d$ ; \* $p < 0,05$ .

Tabulka 6. Výsledky analýzy rozptylu v úlohách otáčení kolíčků a chytání jednou rukou prováděné preferovanou a nepreferovanou horní končetinou

| Testová úloha    | Končetina | p-DCD skupina | Kontrolní skupina | Skupina   | Končetina  | skupina × končetina                                    |
|------------------|-----------|---------------|-------------------|---|--|--|
| MD 1 (s)         | pref      | 38,7 ± 7,8    | 33,1 ± 5,8        | $F(1,42) = 14,491$<br>$p < 0,001$<br>$\eta_p^2 = 0,257$ | $F(1,42) = 6,092$<br>$p = 0,018$<br>$\eta_p^2 = 0,127$ | $F(1,42) = 2,708$<br>$p = 0,107$<br>$\eta_p^2 = 0,061$ |
|                  | nepref    | 43,7 ± 8,5    | 34,1 ± 8,6        |   |  |  |
| AC 1 (zachycení) | pref      | 6,3 ± 3,9     | 8,8 ± 3,0         | $F(1,42) = 10,532$<br>$p = 0,002$<br>$\eta_p^2 = 0,200$ | $F(1,42) = 1,419$<br>$p = 0,240$<br>$\eta_p^2 = 0,033$ | $F(1,42) = 2,708$<br>$p = 0,157$<br>$\eta_p^2 = 0,047$ |
|                  | nepref    | 5,4 ± 3,3     | 8,9 ± 2,9         |   |  |  |

Vysvětlivky: MD 1, AC 1 = testové úlohy viz Tabulka 3; pref = preferovaná končetina; nepref = nepreferovaná končetina.

Výsledky analýzy rozptylu prokázaly, že výkony v obou dvou úlohách (MD 1 a AC 1) se významně lišily ( $F(1,42) = 14,491$ ,  $p = 0,001$   $\eta_p^2 = 0,257$ ;  $F(1,42) = 10,532$ ,  $p = 0,002$   $\eta_p^2 = 0,2$ ) mezi skupinami bez ohledu na končetinu, kterou byly úlohy prováděny. To znamená, že úroveň motorické koordinace ve skupinách adolescentů měla významný vliv na výkony v úlohách obracení kolíčků a chytání jednou rukou. Jedinci s p-DCD dosáhli horších výsledků v obou úlohách, a to jak při provedení preferovanou, tak nepreferovanou končetinou (Tabulka 6). U úlohy otáčení kolíčků se pak výkony významně lišily při provádění úlohy preferovanou a nepreferovanou končetinou bez ohledu na skupinu ( $F(1,42) = 6,092$ ,  $p = 0,018$   $\eta_p^2 = 0,127$ ). Testovaní jedinci v této úloze dosáhli lepších výsledků, pokud ji prováděli preferovanou končetinou. Tento vztah však nebyl potvrzen v úloze chytání jednou rukou. Zároveň nebyla prokázána statisticky významná interakce mezi preferovanou končetinou a skupinou ani u jedné z analyzovaných úloh (Tabulka 6).

Tabulka 7. Výsledky analýzy rozptylu prvního a druhého pokusu v úlohách jemné motoriky u p-DCD skupiny a kontrolní skupiny

| Testová úloha | Pokus | p-DCD skupina | Kontrolní skupina | Skupina                           | Pokus                             | Skupina × Pokus                  |
|---------------|-------|---------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| MD 1p (s)     | 1.    | 42,8 ± 11,7   | 35,6 ± 5,7        | $F(1,40) = 8,509$<br>$p = 0,006$  | $F(1,40) = 15,226$<br>$p < 0,001$ | $F(1,40) = 0,161$<br>$p = 0,690$ |
|               | 2.    | 39,2 ± 8,1    | 32,7 ± 4,6        | $\eta_p^2 = 0,175$                | $\eta_p^2 = 0,276$                | $\eta_p^2 = 0,004$               |
| MD 1n (s)     | 1.    | 46,5 ± 9,2    | 36,3 ± 9,4        | $F(1,40) = 14,993$<br>$p < 0,001$ | $F(1,40) = 2,344$<br>$p = 0,134$  | $F(1,40) = 1,672$<br>$p = 0,203$ |
|               | 2.    | 43,8 ± 7,8    | 36,1 ± 5,1        | $\eta_p^2 = 0,273$                | $\eta_p^2 = 0,055$                | $\eta_p^2 = 0,040$               |
| MD 2 (s)      | 1.    | 44,3 ± 15,5   | 35,7 ± 10,4       | $F(1,37) = 4,586$<br>$p = 0,039$  | $F(1,37) = 6,596$<br>$p = 0,014$  | $F(1,37) = 0,038$<br>$p = 0,847$ |
|               | 2.    | 38,6 ± 15,0   | 30,2 ± 11,5       | $\eta_p^2 = 0,110$                | $\eta_p^2 = 0,151$                | $\eta_p^2 = 0,001$               |
| MD 3 (skóre)  | 1.    | 41,6 ± 11,4   | 51,6 ± 8,7        | $F(1,42) = 16,451$<br>$p < 0,001$ | $F(1,42) = 4,555$<br>$p = 0,039$  | $F(1,42) = 4,555$<br>$p = 0,039$ |
|               | 2.    | 41,6 ± 13,8   | 57,1 ± 10,5       | $\eta_p^2 = 0,281$                | $\eta_p^2 = 0,098$                | $\eta_p^2 = 0,098$               |

Vysvětlivky: MD 1p – MD3 = testové úlohy viz Tabulka 3.

Úroveň motorické koordinace měla také významný vliv na výsledky úloh jemné motoriky. Jedinci s p-DCD dosáhli ve všech těchto úlohách horších výsledků než jedinci z kontrolní skupiny bez ohledu na pořadí pokusu (Tabulka 7). V úlohách otáčení kolíčků preferovanou rukou, trojúhelníku s maticemi a šroubky a grafomotorické rychlosti se pak výsledky významně lišily mezi jednotlivými pokusy, bez ohledu na skupinu ( $F(1,42) = 15,226$ ,  $p = 0,001$   $\eta_p^2 = 0,276$ ;  $F(1,42) = 6,596$ ,  $p = 0,014$   $\eta_p^2 = 0,151$ ;  $F(1,42) = 4,555$ ,  $p = 0,039$   $\eta_p^2 = 0,098$ ). V těchto úlohách testovaní jedinci dosahovali lepších výsledků u druhých pokusů (Tabulka 7), což může vypovídat o zlepšení se v průběhu času v důsledku učení a adaptace na danou úlohu. Avšak pouze u úlohy grafomotorické rychlosti MD 3 byla prokázána statisticky významná interakce mezi skupinou a pokusem ( $F(1,42) = 4,555$ ,  $p = 0,039$   $\eta_p^2 = 0,098$ ). Lze tak usoudit, že u jedinců z kontrolní skupiny se projevilo zlepšení

mezi prvním a druhým pokusem nejspíše v důsledku adaptace na tuto testovou úlohu avšak u jedinců s p-DCD k tomuto zlepšení nedošlo. Jelikož výsledné skóre v této úloze je odvozeno z celkového počtu zaškrtnutých kruhů a počtem chyb, tedy počtem zaškrtnutí, které nebyla provedena v souladu se zadáním úlohy, bylo provedeno porovnání těchto dvou dílčích skóre, za účelem odhalení možných příčin rozdílných výsledků mezi jedinci s p-DCD a jejich vrstevníky. Toto porovnání bylo provedeno pomocí parametrického dvouvýběrového t-testu. Výsledky pak odhalily, že jedinci s DCD ( $5,1 \pm 5,1$  chyb v prvním pokusu a  $9 \pm 9,8$  chyb v druhém pokusu) se nelišili počtem provedených chyb od jedinců z kontrolní skupiny ( $5,3 \pm 9,2$  chyb v prvním pokusu a  $7,1 \pm 7,7$  chyb v druhém pokusu) v prvním a ani druhém pokusu ( $t(42) = -0,081, p = 0,936, d = 0,02; t(42) = 0,721, p = 0,475, d = 0,23$  (prezentováno v uvedeném pořadí). Statisticky významná rozdílnost však byla prokázána u celkového počtu zaškrtnutých kruhů mezi p-DCD skupinou ( $46,7 \pm 12,5$  v prvním pokusu a  $52 \pm 13,1$  v druhém pokusu) a kontrolní skupinou ( $56,9 \pm 10,2$  v prvním pokusu a  $64,3 \pm 13,1$  v druhém pokusu) jak v prvním, tak v druhém pokusu ( $t(42) = -2,951, p = 0,005, d = 0,89; t(42) = -3,092, p = 0,004, d = 0,93$  (prezentováno v uvedeném pořadí). Můžeme tak konstatovat, že odlišnost ve výkonech úlohy grafomotorické rychlosti nebyla způsobena rozdílnou chybovostí mezi testovanými skupinami, ale rozdílnou rychlostí provádění této úlohy, o čemž svědčí rozdílnost v celkovém počtu zaškrtnutých kruhů.

Dále výsledky chí-kvadrát testu ukázaly, že poměr jedinců, kteří zvládli jednotlivé rovnovážné testové úlohy na první pokus s maximálním možným dosaženým výsledkem, se nelišil mezi p-DCD skupinou a kontrolní skupinou. A to ani přesto, že hodnoty statistické významnosti byly u úlohy rovnováhy bez zrakové kontroly hraniční  $\chi^2(1, N = 44) = 3,77, p = 0,052$ . Konkrétní hodnoty u zbylých dvou úloh byly pro úlohu rovnováhy na dvou deskách  $\chi^2(1, N = 44) = 1,01, p = 0,296$  a pro úlohu přeskoků se stabilizací  $\chi^2(1, N = 44) = 2,03, p = 0,345$ .



## 8 Čtvrtá fáze: Posouzení strukturální validity testových úloh

Ověření strukturální validity bylo provedeno pouze u úloh, které dokázaly odlišit výkony mezi skupinou s p-DCD a kontrolní skupinou. Jednalo se tak o 8 úloh, z nichž minimálně dvě vždy spadaly do jedné komponenty. Ověření vycházelo z předpokladu, že pokud mají být testové úlohy používány v rámci Testu motoriky pro děti MABC-2, měly by vykazat třífaktorovou strukturu v souladu s teoretickým odůvodněním konstrukce testu (viz Henderson et al., 2007) a jejími empirickými důkazy (Psotta & Abdollahipour, 2017; Schulz et al., 2011). Proto pro čtvrtou fázi byl stanoven cíl:

- 1) Posoudit strukturální validitu nově navrženého souboru testových úloh u starších adolescentů ve věku 17 – 19 roků.

### 8.1 Metodika 4. fáze

#### *Účastníci*

Ověření strukturální validity proběhlo u souboru 105 adolescentů ve věku 17 – 19 let ( $M = 18,4 \pm 0,7$ ), z toho bylo 49 chlapců a 56 dívek. Všichni účastníci byli testováni v průběhu screeningového procesu ve 3. fázi výzkumu, který byl proveden za účelem sestavení skupiny s p-DCD (viz strana 54 - 55). Testování pocházeli z 5 různých středních škol a gymnázií. Informovaný souhlas byl získán od všech zúčastněných studentů, kteří byli starší 18 let. Pokud byl jedinec mladší než 18 let, informovaný souhlas byl získán od jeho zákonného zástupce.

#### *Testová procedura*

Všichni účastníci byli otestováni setem navržených testových úloh vhodných pro starší adolescenty (viz přílohy). Každý účastník byl testován v jednom dni, individuálně ve škole, kterou navštěvuje, týmem šesti absolventů, kteří byli patřičně proškoleni a zacvičeni pro vykonávání testových úloh. Tento výzkum byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury, Univerzity Palackého v Olomouci (č. 58/2018).

## **Statistická analýza**

Ověření strukturální validity bylo provedeno pomocí konfirmativní faktorové analýzy metodou maximální věrohodnosti. Tato analýza byla provedena v programu IBM SPSS AMOS 22.0 version (Arbuckle, 2013). Podle hypotetického modelu Testu MABC-2 by testované úlohy měly být projevem tří vzájemně korelovaných latentních faktorů - MD, AC a BAL, čímž by se test stal strukturou tří specifických faktorů. Při provedení konfirmativní faktorové analýzy byly testové úlohy závislé pozorovatelné proměnné, zatímco latentní motorické faktory představovaly nezávislé proměnné. Odhady nestandardizovaných a standardizovaných parciálních regresních vah bez asymptotického rozdělení byly prováděny pomocí kovarianční matice. Vhodnost modelu byla posuzována podle následujících kritérií: Chí-kvadrát test  $\chi^2$  ( $p > 0,05$ ), relativní  $\chi^2$  (CMIN / df) ( $< 3,0$ ), standardní chyba odhadu RMSEA ( $< 0,07$ ), index dobré shody GFI ( $> 0,95$ ), upravený index dobré shody AGFI ( $> 0,9$ ) a Tucker-Lewisův index TLI ( $> 0,9$ ) (Hooper et al., 2008; Schermelleh-Engel, Moosbrugger, & Müller, 2003). Zatížení faktorů bylo klasifikováno podle kritérií pro praktickou (klinickou) významnost standardizovaného faktorového zatížení (Tabachnick & Fidell, 2007) takto:  $< 0,32$  jako velmi slabé;  $0,32 - 0,44$  slabé;  $0,45 - 0,54$  dostatečné;  $0,55 - 0,62$  dobré;  $0,63 - 0,70$  velmi dobré a  $> 0,70$  vynikající.

## **8.2 Výsledky 4. fáze výzkumu**

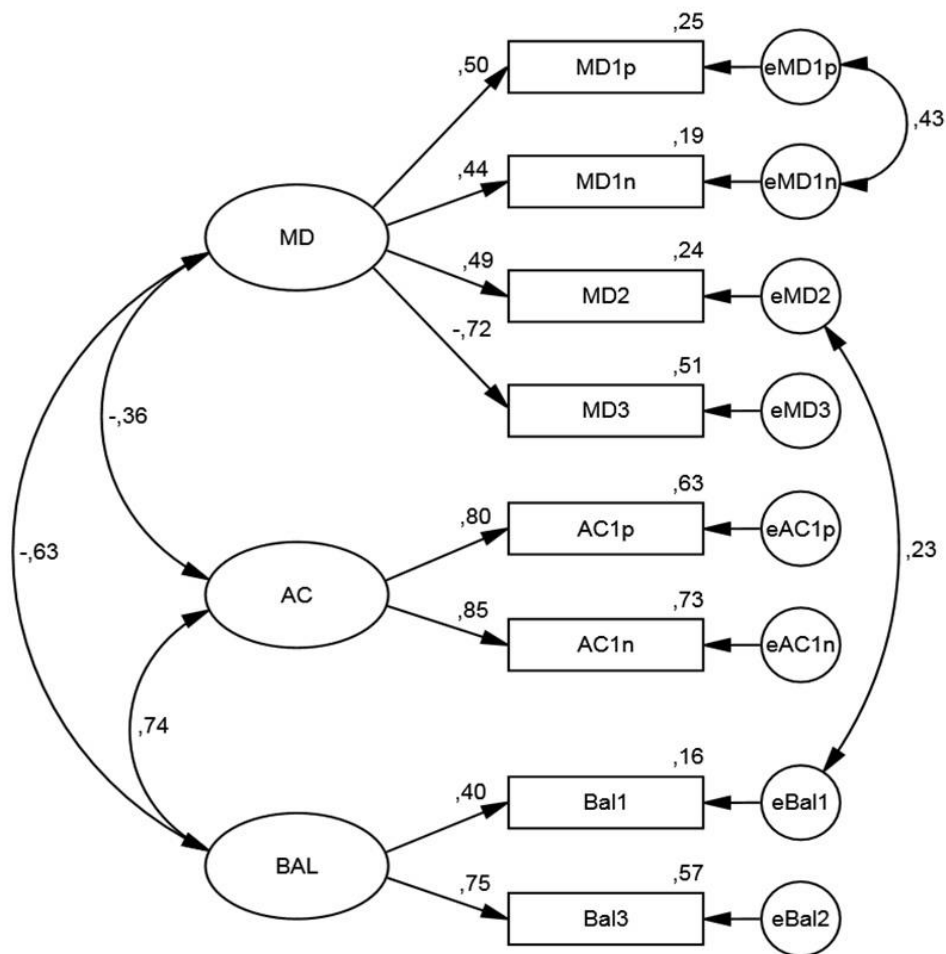
Deskriptivní statistika souboru adolescentů vybraných pro 4. fázi výzkumu je uvedena v Tabulce 8. Pro ověření vhodnosti nového setu testových úloh pomocí strukturálního modelování byl použit teoretický koncept třífaktorového modelu podle předlohy Testu MABC-2 (Henderson et al., 2007). Tento předpokládaný třífaktorový model byl na základě získaných dat potvrzen. Výsledný nejlépe vyhovující model  $\chi^2$  (df = 16) = 23,556,  $p = 0,099$ , CMIN/df = 1,472, RMSEA = 0,067, GFI = 0,974, AGFI = 0,943 a TLI = 0,840 lze vidět na Obrázku 3. Výsledný model byl přijat i přesto, že hodnota TLI byla menší než původně stanovená mez 0,9 s odůvodněním, že při malém výzkumném souboru tato hodnota nemusí dosahovat požadované horní hranice a jako mezní hodnota pro přijetí výsledného modelu může být považována hranice 0,8 (Hooper et al., 2008). Tento model zahrnuje tři latentní faktory, MD, AC

a BAL. Všechna zatížení faktoru testových úloh vzhledem k latentnímu MD, AC a BAL faktoru byla statisticky významná ( $p < 0,05$ ).

Tabulka 8. Charakteristiva výkonu souboru adolescentů zařazených do 4. fáze výzkumu

| <b>Testové úlohy</b>  | <b>M</b> | <b>SD</b> | <b>Min</b> | <b>Max</b> | <b>Mdn</b> | <b>IQR</b> |
|-----------------------|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| MD 1p (s)             | 34,6     | 5,9       | 24         | 56         | 34         | 6          |
| MD 1n (s)             | 39,2     | 7,2       | 27         | 60         | 39         | 9          |
| MD 2 (s)              | 32,5     | 9,4       | 19         | 68         | 30         | 8,75       |
| MD 3 (výsledný skór)  | 53,7     | 12,7      | 14         | 85         | 55         | 16,75      |
| AC 1p (zachycení)     | 8,5      | 3,3       | 0          | 12         | 9          | 4          |
| AC 1n (zachycení)     | 7,5      | 3,7       | 0          | 12         | 8          | 6          |
| Bal 1 (s)             | 20,2     | 10,3      | 3          | 30         | 23,5       | 21         |
| Bal 3 (výsledný skór) | 23,9     | 12,6      | 3          | 40         | 23         | 23,75      |

*Vysvětlivky:* MD 1 - Bal 3 = testové úlohy viz Tabulka 3; M = průměr; SD = standardní odchylka; Min = minimum; Max = maximum; Mdn = medián; IQR = interkvartilové rozpětí.



MD1p – Otáčení kolíčků - preferovaná ruka, MD1n – Otáčení kolíčků - nepreferovaná ruka, MD2 – Trojúhelník s maticemi a šroubky, MD3 – Úloha grafomotorické rychlosti, AC1p – Chytání jednou rukou – preferovaná ruka, AC1n – Chytání jednou rukou - nepreferovaná ruka, Bal1 – Rovnováha na dvou deskách, Bal3 – Přeskoky se stabilizací, MD – Manuální dovednost, AC – Míření a chytání, BAL – Rovnováha, e\_MD1p – e\_Bal3o - error variables

Obrázek 3. Výsledný model nového souboru testových úloh pro 17 – 19leté jedince.

## 9 Diskuze

### 9.1 Diskuze k 1. fázi výzkumu

Prvním dílčím cílem práce bylo posoudit, zda Test MABC-2 postihuje senzomotorické funkce, které ještě dozrávají po 16. roce věku a spojují se s manuálními dovednostmi, mířením, chytáním, a rovnováhou. Srovnání výsledků původních úloh testu MABC-2 mezi jednotlivými věkovými skupinami odhalilo věkové rozdíly pouze ve výkonech v úlohách Otáčení kolíčků a Trojúhelníku s maticemi a šroubky. Na základě zjištěných výsledků proto byla zamítnuta hypotéza H1 s dodatkem, že starší jedinci dosahují lepších výkonů než mladší jedinci pouze v úlohách unimanuální a bimanuální koordinace. Úloha Otáčení kolíčků spočívá v opakovaném provedení úchopu kolíčku jednou rukou, jeho otočením a umístěním do otvoru na destičce. Při vykonávání této úlohy je uplatňována vizuomotorická koordinace „oko-ruka“. Kratší čas potřebný k dokončení této úlohy u 17, 18 a 19letých jedinců v porovnání s 16letými může být částečně vysvětlen pokračujícím vývojem dosahovacích (Golenia et al., 2018) a uchopovacích pohybů (Jover et al., 2014). Na základě dvoukomponentního modelu jsou dosahovací pohyby řízeny dopřednou kontrolou pohybu s následným využitím zpětnovazební kontroly pro určení přesné polohy ruky vzhledem k objektu a následné úpravě rychlosti pohybu končetiny pro finální přesné uchopení předmětu (Hoff & Arbib, 1993; Rand et al., 2008). Ve výsledcích úlohy Otáčení kolíčků se tak nejspíše projevuje v období starší adolescence zlepšující se dopředná kontrola dosahovacích a uchopovacích pohybů, společně s jemnými manipulačními pohyby ruky. Zlepšení výkonu s věkem bylo zaznamenáno i u úlohy Trojúhelníku s maticemi a šroubky. Toto zlepšení však neprobíhalo postupně (Obrázek 1). Kromě dosahovacích a uchopovacích pohybů je tato konstrukční úloha podmíněna asymetrickou bimanuální koordinací, která závisí na schopnosti jedince inhibovat nežádoucí souhlasné (zrcadlové) pohyby obou končetin (Koerte et al., 2010). Je možné proto usoudit, že k vývoji této inhibiční funkce nejspíše dochází i v průběhu starší adolescence. Žádné rozdíly nebyly nalezeny v úloze Kreslení cesty, a to i přesto, že se také jedná o úlohu jemné unimanuální koordinace. Výsledkem této úlohy je počet chyb a úloha není časově omezena. Úloha tedy zahrnuje pouze požadavek přesnosti bez požadavku rychlosti provedení. Ze všech testovaných jedinců jich 95,8 % splnilo úlohu bez jakékoliv

chyby, tedy s nejlepším možným výsledkem. Nízká schopnost této úlohy lépe rozlišit úroveň vizuomotorické koordinace ruky již byla také zaznamenána u studií s dětmi a mladšími adolescenty (Psotta & Abdollahipour, 2017; Psotta, et al., 2014). Tato zjištění tak naznačují problém efektu stropu této úlohy, který je spojený s nedostatečnou náročností úlohy. Efekt stropu, nebo také stropový efekt, nastává ve chvíli, kdy měřená vlastnost již nemá vliv na úroveň výsledku. Dochází tak k tomu, že od určité hranice jsou všechny výkony hodnoceny jako maximální a hodnoticí nástroj nad touto hranicí již nerozlišuje rozdílné výkony (Austin & Brunner, 2003). Při nedostatečné náročnosti úlohy se tak může stát, že jedinci s rozdílnou úrovní hodnocené schopnosti jsou hodnoceni stejným skórem.

Výkon v úlohách míření a chytání nebyl ovlivněn věkem adolescentů. A to přesto, že u senzomotorických funkcí, podmiňujících úspěšné provedení zachytávacích úloh, jako je vnímání pohybujícího se předmětu, dochází k postupnému zlepšování až do 20 let (Bucher et al., 2006; Ego et al., 2015; Wolf et al., 2018). Je tak možné usoudit, že úspěšné provedení této úlohy Testu MABC-2, je více závislé na časoprostorové anticipaci trajektorie letícího objektu (Craig, Bastin, & Montagne, 2011), která je již plně rozvinutá kolem 11 let a k jejímuž dalšímu vývinu v pozdějších letech nedochází (Kim et al., 2013). Úspěšné provedení úlohy chytání je také závislé na proprioreceptivní zpětné vazbě. Vývoj proprioceptivní schopnosti dosahuje vrcholu mezi 20. až 25. rokem (Yang, Waddington, Adams, & Han, 2019). Tento vývoj je však odlišný u různých tělních segmentů a kloubních spojení (Han, Adams, Waddington, & Anson, 2013) a uvádí se, že vývoj propriocepce resp. přesnosti určení polohy horních končetin dosahuje vrcholu již v 16 letech (Goble, Lewis, Hurvitz, & Brown, 2005; Van der Looven, Deschrijver, Hermans, De Muynck, & Vingerhoets, 2021).

Zlepšení výkonu s vyšším věkem nebylo pozorováno ani u úlohy házení na terč, což je částečně v rozporu s výsledky studie Lorsona, Stoddena, Langendorfera a Goodwayové (2013). Ta uvádí, že u mužů dochází ke zlepšování v dovednosti házení až do rané dospělosti a nejlepších výsledků dosahují muži ve věku 18 – 25 let. U žen takové zlepšení pozorováno nebylo. Tato studie však hodnotila dovednost házení z kvalitativního hlediska provedení hodů a z hlediska rychlosti odhozeného objektu, která není hlavní podstatou úlohy házení z Testu MABC-2. Přesnost hodu v této úloze je podmíněna především správnou synchronizací extenze loketního kloubu a flexe zápěstí, společně s vizuální fixací terče (Wunderlich, Heuer, Furley, &

Memmert, 2020). Jak bylo uvedeno výše, propriorecepce pro přesné určení polohy horní končetiny je plně rozvinuta již v 16 letech (Goble et al. 2005) a vývoj vizuálního vnímání statických objektů je dokončen před 15. rokem (Bucher et al., 2006), což může být příčinou shodných výkonů u jedinců ve věku 16 – 19 roků v této studii.

Žádné rozdíly ve výkonech mezi věkovými skupinami nebyly nalezeny ani v úlohách rovnováhy. Je tedy možné, že úlohy rovnováhy neodráží ty sensorické funkce a mechanismy, jejichž vývoj by měl v období 16 – 19 roků stále pokračovat. Například k vývoji vestibulárních mechanismů pro posturální kontrolu by mělo docházet i po 16 roce (Hirabayashi & Iwasaki, 1994). Avšak některé studie poukazují na to, že vliv těchto funkcí na úlohy bipedální statické rovnováhy u zdravých jedinců je minimální (Borel & Ribot-Ciscar, 2016). Fakt, že nebyly nalezeny rozdíly mezi věkovými skupinami, může být také částečně způsoben stropovým efektem spojeným s nedostatečnou obtížností balančních úloh Chůze vzad s dotykem paty a Poskoky po podložkách. Tyto úlohy se zdají být příliš jednoduché pro toto věkové období, kdy 83,3 %, 100 % a 96,7 % jedinců dosáhlo maximálního možného skóre v úlohách dynamické rovnováhy. Stropový efekt těchto úloh byl již podpořen předchozími studiemi (Borremans et al., 2009; Psotta & Abdollahipour, 2017; Psotta et al., 2014; Valtr et al., 2016). Navíc, i 93,8 % jedinců, kteří by podle norem pro 16leté byli identifikováni jako jedinci s mírnými nebo závažnými motorickými obtížemi, splnili úlohu Poskoků po podložkách s maximálním možným skóre. Tyto výsledky tak naznačují slabou senzitivitu úloh dynamické rovnováhy u starších adolescentů.

Druhým dílčím cílem bylo posoudit strukturální validitu Testu MABC-2 u populace starších adolescentů. Výsledky Testu MABC-2 u 17, 18 a 19letých jedinců nepotvrdily předpokládaný strukturální model testu se třemi latentními proměnnými - MD, AC a BAL a proto byla zamítnuta hypotéza H2. Výsledný model zahrnuje pouze dvě latentní proměnné, a to MD a AC (Obrázek 2). Vysvětlením, proč tento model nezahrnuje komponentu BAL a úlohu Kreslení cesty, může být výše zmíněný stropový efekt těchto úloh, kdy výsledný testový skór se v dané úloze stal téměř konstantou a jako důsledek byly úlohy z výsledného modelu vyloučeny. Při vyloučení výše uvedených úloh bylo dosaženo vyhovujícího modelu. Tento fakt tak podporuje platnost úloh jemné unimanuální a bimanuální koordinace a úloh míření a chytání pro hodnocení motorické způsobilosti u starších adolescentů. Velmi nízká korelace mezi latentními faktory MD a AC dále naznačuje vysokou míru faktorové

specifičnosti hodnocených komponent. Vysokou specifičnost jednotlivých komponent AB3 Testu MABC-2 podpořily také předchozí studie (Schulz et al., 2011; Psotta & Abdollahipour, 2017). Takový nálezn lze vysvětlit pokračující vnitřní diferenciací a specifikací motorických schopností a senzomotorických funkcí v průběhu adolescence (Gallahue, Ozmun, & Goodway, 2012).

Výsledky první fáze přinesly několik zjištění. Zdá se, že úlohy dynamické rovnováhy společně s grafomotorickou úlohou z Testu MABC-2 nejsou platné pro hodnocení motorické koordinace u starších adolescentů, pravděpodobně kvůli jejich nízké citlivosti, a proto byla zamítnuta hlavní hypotéza práce (H). Bylo tak potřeba vzít v úvahu vytvoření nových specifických a ekologicky validních úloh s dostatečnou úrovní obtížnosti pro jedince starší 16 let. Úlohy, které hodnotí jemnou unimanuální a bimanuální koordinaci a úlohy míření a chytání, se jeví jako vhodné i pro starší adolescenty. Zdá se však, že úlohy míření a chytání nepokrývají senzomotorické funkce, které stále dozrávají během starší adolescence. Modifikace těchto úloh ve smyslu postihnutí právě těch senzomotorických funkcí, které stále ještě dozrávají v období adolescence, by proto také měla být brána v úvahu.

## **9.2 Diskuze ke 2. a 3. fázi výzkumu**

Na základě výsledků první fáze pak dalším cílem disertační práce bylo sestavit nový soubor testových úloh, které by byly vhodné pro hodnocení úrovně motorické koordinace a k odhalování deficitů motoriky u populace starších adolescentů. Na základě rešerše odborné literatury a výsledků předchozích studií byly tři testové úlohy nahrazeny, tři testové úlohy modifikovány a dvě testové úlohy byly ponechány v původní, nezměněné podobě tak, aby byla dodržena struktura původního Testu MABC-2, tedy osmi úloh, pokrývajících tři oblasti motorické způsobilosti. Z těchto osmi úloh byly dvě úlohy (otáčení kolíčků a chytání jednou rukou) prováděny preferovanou a nepreferovanou končetinou. Vzniklo tak celkem deset úloh, u kterých následně byla posouzena jejich konstruktová validita. Z těchto deseti úloh dokázalo osm rozlišit výkony mezi skupinou s p-DCD a kontrolní skupinou (Tabulka 5). Jediné úlohy, které nedokázaly odlišit výše zmíněné skupiny, byly házení na terč a rovnováha bez zrakové kontroly.



Všechny čtyři testové úlohy, určené pro hodnocení jemné motoriky dokázaly odlišit výkony mezi skupinou s p-DCD a kontrolní skupinou. U testové úlohy otáčení kolíčků preferovanou a nepreferovanou rukou byla statistická významnost podpořena i velkým účinkem ( $d = 0,81$  a  $1,12$ ). Zdá se tak, že tato úloha je potenciálně vhodná pro odhalování deficitů v oblasti jemné unimanuální koordinace u starších adolescentů. Navýšení počtu opakování hodnoceného pohybu společně s větší variabilitou pohybu (Schoemaker et al., 2001; Volman & Geuze, 1998) se tak podle předpokladů projevilo v delším výsledném čase u jedinců s p-DCD. Výsledky této práce jsou také v souladu se závěry studií, které poukázaly na deficit adolescentních jedinců s DCD v oblasti jemné motoriky (Bieber et al., 2016; Missiuna et al., 2008). Jak skupina s p-DCD, tak kontrolní skupina dokázala testovou úlohu otáčení kolíčků zvládnout rychleji preferovanou rukou v porovnání s nepreferovanou rukou. Přestože výkony v této úloze byly odlišné při meziskupinovém srovnání, nebyla odhalena žádná interakce mezi výkonem testovaných skupin a testované končetiny (Tabulka 6). Tyto výsledky tak ukazují na shodnou systematickou změnu u obou skupin při provádění úlohy unimanuální koordinace preferovanou a nepreferovanou končetinou. Výsledky disertační práce jsou shodné s výsledky studie Hodgsonové a Hudsona (2017), která porovnávala výsledky úlohy zasouvání kolíčků prováděné preferovanou a nepreferovanou rukou u dospělých jedinců s DCD a bez DCD. Jak jedinci s DCD, tak jedinci z kontrolní skupiny dosáhli horších výsledků při provádění úlohy nepreferovanou rukou. Zároveň u jedinců s DCD byl objeven delší časový rozdíl při porovnání pokusu mezi preferovanou a nepreferovanou končetinou než u jedinců bez DCD. I tento nálezný je shodný s výsledky této studie (Tabulka 6).

Shodná systematická změna se projevila i při analýze 1. a 2. pokusu v této testové úloze, jen s tím rozdílem, že u výkonu nepreferované ruky nedošlo při 2. pokusu ke zlepšení u žádné ze skupin (Tabulka 7). Je proto možné, že jedinci s p-DCD se neliší od svých vrstevníků v mechanismech adaptování se na úlohu jemné unimanuální koordinace, prováděné odlišnou končetinou, nebo při opakovaném pokusu, a odlišnost ve výkonu je nejspíše způsobena odlišnou úrovní senzomotorických funkcí, potřebných pro vykonání této úlohy. Shodné zlepšení výkonů adolescentů s p-DCD a jejich vrstevníků při provádění 1. a 2. pokusu může být také vysvětleno shodnou mírou procesního učení u těchto dvou skupin, která byla prokázána některými předchozími studiemi (Biotteau, Chaix, & Albaret, 2015; Lejeune, Catale, Willems, & Meulemans, 2013). Proč se zlepšení neprojevilo

u pokusů prováděných nepreferovanou rukou, může být vysvětleno zvýšenou kognitivní kontrolou pohybu při provádění úloh jemné motoriky nepreferovanou rukou (Hodgson & Hudson, 2017), která se pak může negativně projevit na automatické integraci kontroly pohybu (Laufer, Ashkenazi, & Josman, 2008; Tsai, Pan, Cherng, & Wu, 2009). Výkon v této úloze je podmíněn řízením a plánováním dosahovacích a uchopovacích pohybů. Předpokládá se, že při dosahování se uplatňuje dopředná kontrola, která zahrnuje odhady pozice těla jako nástroje pro korigování a opravování akcí v reálném čase (Desmurget & Grafton, 2000; Hoff & Arbib, 1993). Delší čas potřebný pro uchopení předmětu a jeho zasunutí do otvoru může být známkou nezralé kontroly dopředných pohybů, a tím také větší závislosti na pomalejší zpětnovazební kontrole (Elliot, et al., 2010). Deficit ve vnitřním modelování pohybů, včetně dopředné kontroly u subjektů s DCD, se v současné době považuje za jednu z hlavních neuromotorických podstat DCD (Biotteau et al., 2016; Gomez & Sirigu, 2015; Wilson et al., 2013). Bylo také dokázáno, že účinnější dopředné řízení pohybu vychází ze zralejší mentální představy pohybu (Fuelscher et al., 2015) a s ní spojenou pracovní pamětí. Efektivita těchto exekutivních funkcí, které jsou mimo jiné odpovědné za modelování časově-prostorových parametrů potenciálního pohybu, však není u jedinců s DCD na stejné úrovni jako u jejich vrstevníků (Hyde et al., 2014; Leonard et al., 2015).

Další testovou úlohou jemné unimanuální motoriky, jejíž efektivní provedení je závislé na dopředném řízení pohybu, je úloha grafomotorické rychlosti. I u této úlohy byl prokázán statisticky významný rozdíl ve výkonech p-DCD a kontrolní skupiny (Tabulka 5), který byl také podpořen velkou velikostí účinku ( $d = 1,16$ ). Z předchozích studií je zřejmé, že jedinci s DCD mají problém se psaním a grafomotorikou a to jak v dětství (Rosenblum & Livneh-Zirinski, 2008; Rosenblum & Regev, 2013), tak v dospělosti (Kirby et al., 2010; Rosenblum, 2013). Lze proto předpokládat, že se problémy v těchto oblastech projeví u adolescentů, což bylo potvrzeno i výsledky této práce. Navíc u grafomotorické úlohy byla, jako u jediné z navržených úloh, odhalena interakce mezi skupinou a prováděným pokusem (Tabulka 7), společně s rozdílností výkonů mezi skupinami, bez ohledu na pokus, a rozdílností výkonů v pokusech, bez ohledu na skupinu. Zatímco výkony jedinců z kontrolní skupiny se zlepšily mezi prvním ( $51,6 \pm 8,7$  bodů) a druhým ( $57,1 \pm 10,5$  bodů) pokusem, u jedinců s p-DCD tento trend pozorován nebyl ( $41,6 \pm 11,4$  bodů v prvním a  $41,6 \pm 13,8$  bodů v druhém pokusu). Je proto možné, že jedinci s p-DCD mají odlišné nebo nefunkční

mechanizmy adaptování se na grafomotorickou činnost. To může být odůvodněno pravděpodobnými kompenzačními mechanizmy, které si jedinci s DCD v průběhu dospívání vytváří (Cousins & Smyth, 2003; Kirby et al., 2011). Díky technologickému pokroku lze zaznamenávat informace i jinou cestou než klasickým ručním psaním. Průzkumy ukazují na zvyšující se nárůst technologií, jako jsou počítače nebo tablety, pro zaznamenávání informací (Coursesmart, 2012; Pearson Foundation, 2012), a až 83 % studentů používá tyto přístroje při psaní školních prací (Coursesmart, 2012). Je proto možné, že adolescentní jedinci s DCD kompenzují svůj deficit v grafomotorických dovednostech právě využitím těchto moderních technologií (MacArthur, 2009). Když jsou ale pak nuceni grafomotorické dovednosti využít, je jejich deficit ještě větší kvůli nedostatečnému tréninku, v porovnání s jejich vrstevníky. Zároveň bylo zjištěno, že rozdílnost ve výsledném skóre úlohy mezi skupinami nebyla způsobena rozdílným počtem chyb, ale menším počtem celkově zaškrtnutých kruhů, tedy pomalejším provedením úlohy. Tento fakt může opět poukazovat na neefektivní systém řízení dopředného pohybu a větší závislost na pomalejší zpětnovazební kontrole pohybu u adolescentů s p-DCD. Předpokládá se, že motorické plány u jedinců s DCD nejsou během online fáze pohybu přesně dodržovány a kvůli tomu se snižuje účinnost a přesnost výsledného pohybu (Alloway & Archibald, 2008; Hodgson & Hudson, 2017). To je také v souladu s výsledky unimanuální úlohy MD 1, která je z hlediska řízení pohybu v mnoha znacích funkčně velmi podobná grafomotorické úloze MD 3. U dětí s DCD bylo zároveň zjištěno, že jsou při psaní pomalejší, než jejich vrstevníci a jejich písemný projev je méně konzistentní, jak z časového, tak z prostorového hlediska (Rosenblum & Livneh-Zirinski, 2008; Rosenblum & Regev, 2013). Výsledky této práce poukazují na přetrvání těchto problémů až do adolescence. V neposlední řadě je efektivní provádění drobných sekvenčních pohybů při psaní také podmíněno plně vyvinutým systémem motorického řízení v distálních částech ruky a zápěstí. Je však možné, že adolescenti s DCD tento systém ještě nemají plně vyvinutý (Rosenblum, 2013).

Poslední úlohou jemné motoriky, ve které byl nalezen rozdíl ve výkonech mezi p-DCD a kontrolní skupinou, byla úloha trojúhelníku s maticemi a šroubky. Jako u jediné z testových úloh jemné motoriky byla tato rozdílnost podpořena pouze středním účinkem ( $d = 0,65$ ). Tato úloha byla jako jediná z testových úloh jemné motoriky ponechána v nepozměněné podobě. Výsledky této práce jsou v souladu se zjištěním, že dospělí jedinci s motorickými obtížemi mají problém s konstrukčními

úlohami (Cousins & Smyth, 2003). Problém s konstrukčními úlohami může být způsoben odlišnou úrovní exekutivních funkcí, které se v těchto úlohách uplatňují, jako např. strategické plánování pohybu nebo motorická představa pohybu (Adams et al., 2016; Wilson et al., 2017). U jedinců s DCD byl zároveň odhalen deficit v plánování konečné fáze pohybu (Adams, Lust, Wilson, & Steenbergen, 2017; Wilmot & Byrne, 2014), který se pak může projevit v delším výsledném čase úlohy, což je také v souladu s výsledky této práce (Tabulka 5). Dále je provedení této bimanuální úlohy podmíněno funkčním propojením mozkových hemisfér přes vazník (corpus callosum). Vazník umožňuje koordinaci mezi dvěma stranami těla a zároveň zprostředkovává inhibici nežádoucích souhlasných pohybů druhé končetiny (Takeuchi et al., 2012). Bylo dokázáno, že vývoj a zrání vazníku má pozitivní efekt na výkon v bimanuálních úlohách (Gooijers & Swinnen, 2014). Je však možné, že snížená konektivita v této části mozku u jedinců s DCD (Langevin et al., 2015) vede ke zhoršeným výkonům v bimanuálních úlohách.

Při analýze výkonů v úlohách hrubé motoriky, resp. v úlohách házení a chytání, bylo odhaleno, že pouze úloha chytání jednou rukou dokázala odlišit jedince s p-DCD od kontrolní skupiny, a to při provedení jak preferovanou, tak nepreferovanou končetinou. Významnost těchto rozdílů byla podpořena střední velikostí účinku ( $d = 0,72$ ) při provedení preferovanou končetinou a velkou velikostí účinku ( $d = 1,14$ ) při provedení nepreferovanou končetinou. Při detailnějším rozboru výkonů v této úloze lze vidět, že počet správných zachycení míčku u adolescentů z kontrolní skupiny se téměř nelišil při provedení preferovanou ( $8,8 \pm 3,0$ ) a nepreferovanou rukou ( $8,9 \pm 2,9$ ). Naopak u adolescentů s p-DCD došlo ke snížení počtu správných zachycení v případě, kdy úloha byla prováděna neperforovanou končetinou ( $6,3 \pm 3,9$  preferovanou rukou a  $5,4 \pm 3,3$  nepreferovanou rukou). Tento trend je tak podobný u výsledků úlohy unimanuální dovednosti. Rozdílnost ve výkonech mezi preferovanou a nepreferovanou končetinou, bez ohledu na skupinu, však nebyla podpořena statistickou významností. Stejně jako u úlohy otáčení kolíčků nebyla odhalena žádná interakce mezi výkonem testovaných skupin a testované končetiny (Tabulka 6). Je proto možné, že stejně jako u unimanuální úlohy se obě testované skupiny vyznačují shodnou systematickou změnou při provádění této testové úlohy preferovanou a nepreferovanou končetinou. Úlohy chytání se tak zdají být vhodné pro odhalování deficitů v dané komponentě u starších jedinců (Cantell et al., 1994), a je také známo, že dospělí jedinci s DCD mají problém s úlohami,

vyžadujícími zachycení předmětu (Cousins & Smyth, 2003; Missiuna et al., 2008). Všeobecně jedinci s DCD mají navíc problémy v jednotlivých mechanizmech pohybu důležitých pro úspěšné provedení interceptivních úloh, jako jsou online kontrola transportní fáze končetin, včasné zahájení této fáze, mezikončetinová koordinace, špatné načasování sevření ruky, snížená rychlost při rozevírání a svírání ruky aj. (pro přehled viz Wilson et al., 2013). Navíc pro úspěšné provedení interceptivních úloh je důležité vizuální vnímání a detekce pohybujícího se objektu. Tyto senzomotorické mechanismy jsou u dětí s DCD na nižší úrovni než jejich vrstevníků (Bonifacci, 2004; Crawford & Dewey, 2008), což může být způsobeno neurálním deficitem v oblasti temenního laloku resp. dysfunkcemi jeho specifických částí u jedinců s DCD (Biotteau et al., 2016). Předpokládá se totiž, že temenní lalok se mimo jiné podílí na vizuálně-prostorovém zpracování informací (Bueti & Walsh, 2009). Modifikací úlohy chytání se zvýšila variabilita dráhy letu odraženého míčku, čímž byly zvýšeny nároky právě na vizuální vnímání a detekci pohybujícího se objektu.

Testová úloha házení na terč, jako jedna ze dvou úloh z navrženého souboru, nedokázala odlišit rozdíl ve výkonech mezi testovanými skupinami (Tabulka 5), a to přesto, že úspěšné vykonání této úlohy je podmíněno prostorově orientační schopností, jejíž úroveň je u jedinců s DCD nižší než u jejich vrstevníků (Saban et al., 2012), a rozpoznáním prostorových charakteristik terče, které je jedinců s DCD taktéž horší než u jejich vrstevníků (O'Brien et al., 2002). Tyto funkce nejspíše nebyly v modifikované úloze dostatečně zastoupeny. Všechny terče, které měl testovaný jedinec zasáhnout, měly totiž shodnou velikost a byly umístěny ve stejné vzdálenosti od čáry hodu. Budoucí výzkum by mohl ověřit, jestli by se prokázaly rozdíly v házení na terče o různých velikostech a v odlišných vzdálenostech.

Úspěšné provedení této úlohy je také podmíněno dopřednou kontrolou pohybu, která se zdá být deficitní u jedinců s DCD (Wilson et al., 2013). V této úloze ale scházel faktor časového tlaku na výkon. Zdá se, že časový tlak na výkon dokáže přispět k odhalení deficitů v dopředném řízení pohybu u adolescentů s DCD. Na tento fakt by poukázaly i nalezené rozdíly u úloh jemné motoriky MD 1 a MD 3, které jsou také závislé na dopředném řízení pohybu. Avšak obě tyto úlohy jsou prováděny pod časovým tlakem, jak z hlediska měření času nutného pro provedení úlohy (MD 1), tak časového limitu, v němž má testovaný jedinec provést co nejvíce správných opakování (MD 3).

Druhou úlohou z navrženého souboru, u které nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ve výkonech mezi testovanými skupinami, byla rovnovážná úloha stoje spatného bez zrakové kontroly. I přesto, že omezení vizuálních informací by mělo zvýraznit rozdíl mezi jedinci s p-DCD a kontrolní skupinou, tak tento trend nebyl v této úloze pozorován. Přehledová studie zaměřená na rovnovážnou kontrolu u jedinců s DCD odhalila, že jedinci s DCD se neliší od svých vrstevníků z hlediska funkčních limitů stability při bipedálním stoji (Verbecque et al., 2021). Avšak při omezeném vidění se u dětí s DCD projevují větší posturální výchylky a častější využívání kyčelní strategie pro udržení rovnováhy (Przysucha & Taylor, 2004; Tsai, Wu, & Huang, 2008). Předpokládá se, že tento deficit je způsoben špatnou multisenzorickou integrací ostatních senzoryckých informací ve chvíli, kdy je vizuální vnímání omezeno (Bair et al., 2012; Chung & Stoffregen, 2011). Posturální výchylky v uvedené literatuře však vždy byly hodnoceny pomocí silových plošin. Tedy přesnější a sofistikovanější metodou v porovnání s pouhým měřením času, jako tomu bylo v případě této práce. Je proto možné, že pouhé měření času u této rovnovážné úlohy není schopno tyto rozdíly odhalit. Zároveň se nelišil ani počet adolescentů s p-DCD od jejich vrstevníků, kteří zvládli tuto úlohu na maximální možný výkon hned při prvním pokusu. Je proto také možné, že při provádění stoje měrného bez zrakové kontroly se rozdíly projevily pouze v kvalitativním, a ne v kvantitativním provedení této úlohy, např. z hlediska výše zmíněného využívání kyčelní strategie. Kvalitativní provedení však u této úlohy nebylo hodnoceno. Přestože výsledky statistických analýz neprokázaly rozdílnost mezi skupinami, byly hodnoty statistické významnosti u obou provedených analýz hraniční ( $p = 0,067$  pro t-test a  $p = 0,052$  pro chí-kvadrát test).

Zbylé dvě testové úlohy rovnováhy dokázaly odlišit výkony mezi testovanými skupinami. U úlohy statické rovnováhy stoje na balančních deskách byla statistická významnost podpořena středním účinkem ( $d = 0,74$ ) a úloha dynamické rovnováhy dokonce velkým účinkem ( $d = 1,47$ ). Obě tyto úlohy se tak jeví jako potencionálně vhodné pro odhalování motorických deficitů u starších adolescentů. O jedincích s DCD je známo, že mají problémy při úlohách statické rovnováhy a zhoršenou posturální stabilitu (Wilson et al., 2013, 2017). Tyto problémy jsou v současné době vysvětlovány vyšší mírou neurálního šumu v motorickém systému (Wilson et al., 2013) a deficitem v neuromuskulární aktivitě, jako je svalová síla, výkon a načasování svalových kontrakcí (Raynor, 2001). Dále existují evidence, že jedinci s DCD

využívají méně optimální posturální strategie. Konkrétně využívají více strategií kyčelní než kotníkovou (Wilson et al., 2017). Tento fakt se pak mohl negativně projevit na výsledcích úlohy stoje na balančních deskách, kde využití kotníkové strategie v čelní rovině je jednou z jejích hlavních podstat.

Původní úlohy dynamické rovnováhy z Testu motoriky pro děti MABC-2 byly zatížené stropovým efektem a s tím související slabou senzitivitou, a to jak u jedinců starších 16 roků (Valtr & Psotta, 2019), tak u jedinců mladších (Psotta et al., 2014; Valtr et al., 2016). Bylo také zjištěno, že vysoké procento (93,8 %) jedinců, kteří byli testem MABC-2 identifikováni jako jedinci s motorickými obtížemi, zvládlo testové úlohy na maximální možný dílčí skór. Nově navržená úloha dynamické rovnováhy se však jeví být potencionálně vhodná pro odhalování motorických deficitů u starších jedinců. Je známo, že jedinci s DCD mají deficit při provádění úloh dynamické rovnováhy (Jelsma et al., 2015, 2016). Dynamická rovnováha je zároveň jedním z mechanismů funkční mobility, a existují studie, které potvrzují, že funkční mobilita u dospělých s DCD může být snížena (Scott-Roberts & Purcell, 2018).

Předpoklad, že nově navržený soubor úloh dokáže odhalit rozdíl ve výkonech mezi jedinci s p-DCD a jejich vrstevníky, byl splněn u 80 % testových úloh. Pokud testová úloha dokázala odlišit výkony jedinců s p-DCD a kontrolní skupinou, byla posouzena jako konstruktově validní pro odhalování motorických deficitů u starších adolescentů. Dalším krokem při hodnocení vhodnosti testových úloh bylo ověření, jestli soubor úloh, který dokázal odhalit rozdíl mezi testovanými skupinami, prokáže třífaktorovou strukturu v souladu s teoretickým odůvodněním konstrukce testu (viz Henderson et al., 2007) a jejími empirickými důkazy u populace 11 – 16letých (Schulz et al., 2011; Psotta & Abdollahipour, 2017).

### **9.3 Diskuze ke 4. fázi výzkumu**

Výsledný model těchto osmi testových úloh prokázal, na rozdíl od původního Testu MABC-2, předpokládanou strukturu se třemi latentními proměnnými MD, AC a BAL (Obrázek 3), a tím byla posouzena konstruktová validita těchto osmi úloh. Nově přidané úlohy grafomotorické rychlosti MD3 (-0,72) a dynamické rovnováhy Bal3 (0,75) prokázaly vynikající klinickou významnost pro hodnocení daných domén, což lze vnímat jako zdařilé zařazení vybraných úloh. Zvláště vezmeme-li v úvahu, že

původní úlohy Testu MABC-2 byly z finálního modelu z důvodů nedostatečné obtížnosti a stropového efektu úlohy vyloučeny. Také modifikovaná úloha Chytání jednou rukou prováděná oběma rukama AC1p (0,80) a AC1n (0,85) prokázala vynikající klinickou významnost při hodnocení domény míření a chytání. Tyto výsledky jsou v souladu s modelem původních úloh Testu MABC-2 (Obrázek 2) a s výsledky studie, která ověřovala strukturální validitu Testu MABC-2 u AB3 (Psotta & Abdollahipour, 2017), kdy u úlohy Chytání jednou rukou byla vždy prokázána vynikající klinická významnost. I přesto, že do výsledné analýzy 4. fáze výzkumu nebyla zahrnuta úloha míření, jeví se úloha chytání dostatečně validní pro hodnocení celé této komponenty. To může být vysvětleno skutečností, že pro úspěšné zachycení míčku odraženého od zdi, je potřeba nejdříve správným způsobem míček na zeď hodit. Nejslabší, avšak stále dobrou a přijatelnou klinickou významnost pro hodnocení příslušné domény, měly úlohy Otáčení kolíčků MD1p (0,50), MD1n (0,44) a Trojúhelník s maticemi a šroubky MD2 (0,49), které nebyly modifikovány vůbec nebo jen počtem opakování dané úlohy. Podobné hodnoty klinické významnosti testových úloh MD1n a MD2 byly potvrzeny také jinými studiemi (Psotta & Abdollahipour, 2017; Valtr & Psotta, 2019). Tyto úlohy lze tak považovat za validní pro hodnocení dané komponenty.

V kontrastu s výslednými modely předchozích studií, které zkoumaly strukturu testu MABC-2 verze AB3 u mladších adolescentů (Schulz et al., 2011; Psotta & Abdollahipour, 2017), byla mezi latentními faktory MD a BAL nalezena podstatná (-0,63) a mezi latentními faktory AC a BAL velmi silná korelace (0,74). Předchozí studie nízkou korelaci mezi latentními faktory vysvětlovaly pokračující vnitřní diferenciací a specifikací motorických schopností a senzomotorických funkcí v průběhu adolescence (Gallahue et al., 2012). Naznačuje se, že s rostoucím věkem klesá vliv nezávislého obecného faktoru motorických schopností ("general ability factor" nebo "g-factor") a zvyšuje se významnost různých specifických motorických faktorů a jejich vliv na vykonávání pohybového úkolu. Tyto faktory jsou ovlivněny individuálním množstvím tréninku nebo prováděním dané pohybové úlohy, což pak doladuje specifické neurální subsystémy, spojené s daným pohybovým úkolem (Lorås & Sigmundsson, 2012). Některé výzkumy však ukazují i na opačný trend, který spočívá v tom, že od rané dospělosti se naopak zvyšuje vliv obecného faktoru motorických schopností na pohybový výkon a snižuje se významnost ostatních specifických faktorů. Tento jev je vysvětlován tím, že s rostoucím věkem je k



dispozici méně nervových skupin pro řešení pohybového úkolu, což vede k aktivaci stejných nervových skupin, ačkoliv provádějí různé druhy úloh (Leveresen, Haga, & Sigmundsson, 2012). Výsledky této studie tak naznačují, že ke zvyšujícímu se vlivu obecného faktoru může docházet již v průběhu starší adolescence, která se svým věkovým vymezením překrývá s ranou dospělostí.

#### **9.4 Limity disertační práce**

Je známo, že v současné době neexistuje testový nástroj pro hodnocení motoriky a jejích deficitů u starších jedinců, který by mohl být označen jako vhodný (Hands et al., 2015). Diagnostické nástroje, které jsou v současné době dostupné, se potýkají s problémy, jako je nižší specifická testových úloh vzhledem k pozměněnému pohybovému repertoáru adolescentů, stropový efekt některých testových úloh, a také chybějící nebo nedostatečné ověření validity těchto testů pro období starší adolescence. I přesto, že jsou známy nedostatky těchto diagnostických nástrojů, musely být některé z nich využity pro určení a identifikaci jedinců s pravděpodobnou vývojovou poruchou koordinace. Při absenci platných a všeobecně uznávaných hraničních hodnot pro určení, zda motorický deficit významně a trvale ovlivňuje každodenní aktivity jedince, byl využit alternativní způsob určení těchto hraničních hodnot, založený na 95% intervalu spolehlivosti. To pak mohlo ovlivnit výběr jedinců do skupiny s p-DCD. Tímto faktem a rozdílnou striktností, která je ve studiích pro stanovení diagnózy DCD dodržována, může být ovlivněna zobecnitelnost výsledků této práce na jedince s vývojovou poruchou motoriky.

Další limitou práce byla nevyváženost pohlaví v této skupině. I přesto, že je známo, že prevalence DCD není u obou pohlaví rovnoměrná, v námi identifikované skupině jedinců s p-DCD bylo větší zastoupení dívek na úkor chlapců. Je známo, že pohlaví může mít vliv na výkon v motorických testových úlohách. Ve snaze co nejvíce eliminovat tento fakt byl následně při sestavování kontrolní skupiny vybrán stejný počet dívek a chlapců jako byl v p-DCD skupině. Poslední limitou disertační práce může být fakt, že ověření strukturální validity nově navrženého souboru testových úloh nebylo provedeno na reprezentativním souboru českých adolescentů, jako tomu bylo při ověřování původních úloh testu MABC-2, čímž opět může být ovlivněna zobecnitelnost výsledků této práce.

## 10 Závěry

Nebylo prokázáno, že by původní verze AB3 Testu MABC-2 byla dostatečně validní pro hodnocení motoriky adolescentů ve věku 17 – 19 let. Zejména úlohy dynamické rovnováhy a grafomotoriky se jeví jako nevhodné pro hodnocení příslušných motorických funkcí v období starší adolescence. Úlohy unimanuální a bimanuální koordinace se naopak projeví jako potenciálně vhodné pro posuzování manuálních dovedností u 17 – 19letých subjektů, když bylo zjištěno, že při provádění úloh manuální dovednosti stále dochází ke zlepšování výkonu i v období 17 – 19 roků. Výsledky Testu MABC-2 – verze AB3 od 17 – 19letých jedinců navíc neprokázaly předpokládaný strukturální model se třemi latentními proměnným, který vychází z teoretického odůvodnění konstrukce testu. Proto byl navržen nový soubor úloh, který by byl potenciálně vhodný pro hodnocení motoriky u starších jedinců. Z deseti navržených úloh byl u osmi z nich splněn předpoklad pro ověření jejich konstrukční validity, tedy že testové úlohy dokázaly rozlišit výkony mezi skupinou s pravděpodobnou vývojovou poruchou koordinace a kontrolní skupinou. Zároveň u těchto úloh byla potvrzena třífaktorová struktura s latentními proměnnými manuální dovednosti, míření a chytání a rovnováhy, která odpovídá konstrukci testu. Úlohy otáčení kolíčků preferovanou a nepreferovanou rukou, trojúhelníku s maticemi a šroubky, úloha grafomotorické rychlosti, chytání preferovanou a nepreferovanou rukou, rovnováha na dvou deskách a přeskoky se stabilizací, se tak jeví být potenciálně validní pro hodnocení motoriky u starších adolescentů. Proto, aby byla zachována původní konstrukce testu, je však potřeba tyto úlohy doplnit ještě o dvě další úlohy, zaměřené na hrubou motoriku a rovnováhu. Námi navržené úlohy házení na terče a rovnováha bez zrakové kontroly se neprokázaly být vhodné pro věkové období starší adolescence. Budoucí práce by se měly zaměřit na doplnění souboru 6 testových úloh o další dvě testové úlohy tak, aby byla zachována struktura původního Testu MABC-2 a na posouzení ostatních motometrických vlastností úloh, které se jeví jako potenciálně vhodné pro hodnocení motorických funkcí u starších adolescentů, jako jsou reliabilita nebo citlivost a specifičnost. Výsledky této práce pak mohou být aplikovány do diagnostické praxe, k tvorbě validního nástroje pro hodnocení motorické způsobilosti u jedinců starších 16

let pro potřeby pedagogicko-psychologického poradenství, klinické a vývojové psychologie, fyzioterapie, pediatrie či neurologie.

## 11 Souhrn

Cílem disertační práce bylo posoudit vhodnost Testu motoriky pro děti MABC-2 u populace starších adolescentů ve věku 17 – 19 roků, které přesahuje věkovou mez, pro kterou byl tento test původně určen a na základě zjištěných výsledků pak navrhnout soubor testových úloh vhodných pro hodnocení motoriky v období starší adolescence a posoudit jejich konstruktovou a strukturální validitu. V rámci této práce pak bylo stanoveno pět dílčích cílů, které korespondovaly s jednotlivými fázemi disertačního projektu. Všechny tyto cíle se podařilo splnit. Bylo zjištěno, že se Test MABC-2 jako celek nezdá být vhodným nástrojem pro hodnocení motoriky a jejích obtíží u starších adolescentů. Avšak některé úlohy ukázaly potenciál být využívány u starších jedinců. Na základě těchto zjištění byl sestaven nový soubor úloh, a ten ověřen u populace starších adolescentů s pravděpodobnou vývojovou poruchou motoriky, a následně byla posouzena strukturální validita u úloh, které dokázaly odhalit motorické deficity v jednotlivých komponentách. Jako výsledek této práce tak bylo identifikováno šest úloh, které se jeví jako potencionálně vhodné pro hodnocení motoriky ve starších vývojových obdobích. Tento disertační projekt byl pojat jako adaptace Testu MABC-2 pro starší věkové období, a lze proto spekulovat, že by bylo vhodné rozšířit původní test o další věkovou kategorii, ve které by byly obsaženy výše zmíněné úlohy. Jednou z hlavních předností Testu MABC-2 je právě fakt, že akceptuje motorický vývoj skrze zahrnutí odlišných testových úloh pro jednotlivá věková období a jeho rozšíření o další věkovou kategorii by pak mohlo být využíváno v pedagogicko-psychologickém poradenství, klinické a vývojové psychologii, fyzioterapii, pediatrii či neurologii.

## 12 Summary

The aim of the dissertation was to assess the suitability of the MABC-2 test in the population of older adolescents aged 17-19 years, who exceed the age limit, for which the test was originally design. Then, based on the obtained results, a new set of test tasks for motor assessment of older adolescents was designed and examined its constructive and structural validity. Within a frame of this work, five partial goals were set, which correspond to the individual phases of the dissertation project. All these goals were fulfilled. The MABC-2 test as a whole did not appear to be a suitable tool for assessing motor competency and motor impairments of older adolescents. However, some tasks demonstrated a potential to be used in older individuals. Based on these findings, a new set of tasks was compiled and verified in the population of older adolescents with probable developmental coordination disorder. Subsequently the structural validity of tasks, which were able to detect motor impairments in individual, was assessed. As an outcome of this work, six tasks were identified as potentially suitable for the evaluation of motor competency in older developmental periods. This dissertation project was conceived as an adaptation of the MABC-2 test for an older age period, and therefore it seems to be appropriate to extend the original test to another age category, which would include the above-mentioned tasks. One of the main advantages of the MABC-2 test is the fact that it accepts motor development through the inclusion of different test tasks for individuals of age. Therefore, its extension to another age category could be then used in pedagogical-psychological counseling, clinical and developmental psychology, physiotherapy, pediatrics or neurology.

## 13 Referenční seznam

- Adams, I. L., Ferguson, G. D., Lust, J. M., Steenbergen, B., & Smits-Engelsman, B. C. (2016). Action planning and position sense in children with Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science, 46*, 196-208.
- Adams, I. L., Lust, J. M., Wilson, P. H., & Steenbergen, B. (2017). Testing predictive control of movement in children with developmental coordination disorder using converging operations. *British Journal of Psychology, 108*(1), 73-90.
- Amador-Ruiz, S., Gutierrez, D., Martínez-Vizcaíno, V., Gulías-González, R., Pardo-Guijarro, M. J., & Sánchez-López, M. (2018). Motor competence levels and prevalence of developmental coordination disorder in Spanish children: The MOVI-KIDS study. *Journal of School Health, 88*(7), 538-546.
- Ameratunga, D., Johnston, L., & Burns, Y. (2004). Goal-directed upper limb movements by children with and without DCD: a window into perceptuo-motor dysfunction?. *Physiotherapy Research International, 9*(1), 1-12.
- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Fifth edition (DSM-5). Washington DC, Londýn: American Psychiatric Publishing.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders DSM-IV-TR*. Washington DC: American Psychiatric Association.
- Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading, and mathematical skills in children with Developmental Coordination Disorder. *Journal of Experimental Child Psychology, 96*(1), 20–36.
- Alloway, T. P., & Archibald, L. (2008). Working memory and learning in children with developmental coordination disorder and specific language impairment. *Journal of Learning Disabilities, 41*(3), 251-262.
- Archibald, L. M. D., & Alloway, T. P. (2008). Comparing language profiles: Children with specific language impairment and Developmental Coordination Disorder. *International Journal of Language and Communication Disorders, 43*(2), 165–180.

- Astill, S., & Utley, A. (2008). Coupling of the reach and grasp phase during catching in children with developmental coordination disorder. *Journal of Motor Behavior, 40*(4), 315-324.
- Austin, P. C., & Brunner, L. J. (2003). Type I error inflation in the presence of a ceiling effect. *The American Statistician, 57*(2), 97-104.
- Bair, W. N., Kiemel, T., Jeka, J. J., & Clark, J. E. (2012). Development of multisensory reweighting is impaired for quiet stance control in children with developmental coordination disorder (DCD). *PLoS One, 7*(7), e40932.
- Barela, J. A., Jeka, J. J., & Clark, J. E. (2003). Postural control in children. *Experimental Brain Research, 150*(4), 434-442.
- Barnett, A. L. (2014). Is There a “Movement Thermometer” for Developmental Coordination Disorder?. *Current Developmental Disorders Reports, 1*(2), 132-139.
- Barnett, A., Henderson, S., Scheib, B., & Schulz, J. (2011). Handwriting difficulties and their assessment in young adults with DCD: Extension of the DASH for 17-to 25-year-olds. *Journal of Adult Development, 18*(3), 114-121.
- Barnett, A. L., Henderson, S. E., Scheib, B., & Schulz, J. (2010). *Detailed assessment of speed of handwriting 17+ (DASH 17+)*. London: Pearson Assessment.
- Barnett, A. L., Hill, E. L., Kirby, A., & Sugden, D. A. (2015). Adaptation and extension of the european recommendations (EACD) on developmental coordination disorder (DCD) for the UK context. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 35*(2), 103–115.
- Barry, L. J., & Jack, K. N. (1986). *Practical measurements for evaluation in physical education*. Mineasota: Burgess soundres college publishing.
- Bauby, C. E., & Kuo, A. D. (2000). Active control of lateral balance in human walking. *Journal of Biomechanics, 33*(11), 1433-1440.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660.
- Biancotto, M., Skabar, A., Bulgheroni, M., Carrozzi, M., & Zoia, S. (2011). Neuromotor deficits in developmental coordination disorder: Evidence from a reach-to-grasp task. *Research in Developmental Disabilities, 32*(4), 1293-1300.

- Bieber, E., Smits-Engelsman, B. C., Sgandurra, G., Cioni, G., Feys, H., Guzzetta, A., & Klingels, K. (2016). Manual function outcome measures in children with developmental coordination disorder (DCD): Systematic review. *Research in Developmental Disabilities, 55*, 114-131.
- Biotteau, M., Chaix, Y., & Albaret, J. M. (2015). Procedural learning and automatization process in children with developmental coordination disorder and/or developmental dyslexia. *Human Movement Science, 43*, 78-89.
- Biotteau, M., Chaix, Y., Blais, M., Tallet, J., Péran, P., & Albaret, J. M. (2016). Neural signature of DCD: A critical review of MRI neuroimaging studies. *Frontiers in Neurology, 7*, 227.
- Birnie, K., Cooper, R., Martin, R. M., Kuh, D., Sayer, A. A., Alvarado, B. E., & Hardy, R., (2011). Childhood socioeconomic position and objectively measured physical capability levels in adulthood: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One, 6* (1), e15564.
- Blakemore, S. J., & Sirigu, A. (2003). Action prediction in the cerebellum and in the parietal lobe. *Experimental Brain Research, 153*(2), 239-245.
- Blank, R., Barnett, A. L., Cairney, J., Green, D., Kirby, A., Polatajko, H., Rosenblum, S., Smits-Engelsman, B., Sugden, D., Wilson, P., & Vinçon, S. (2019). International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology, 61*(3), 242-285.
- Blank, R., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Wilson, P. (2012). European Academy for Childhood Disability (EACD): Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Developmental Medicine & Child Neurology, 54*(1), 54-93.
- Bonifacci, P. (2004). Children with low motor ability have lower visual-motor integration ability but unaffected perceptual skills. *Human Movement Science, 23*(2), 157-168.
- Borel, L., & Ribot-Ciscar, E. (2016). Improving postural control by applying mechanical noise to ankle muscle tendons. *Experimental Brain Research, 234*(8), 2305–2314.



- Borremans, E., Rintala, P., & McCubbin, J. A. (2009). Motor skills of young adults with Asperger syndrome: A comparative study. *European Journal of Adapted Physical Activity*, 2(1), 21-33.
- Braddick, O., Atkinson, J., & Wattam-Bell, J. (2003). Normal and anomalous development of visual motion processing: Motion coherence and 'dorsal-stream vulnerability'. *Neuropsychologia*, 41(13), 1769-1784.
- Bruininks, R. H., & Bruininks, D., B. (2005) *Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency (2nd ed.)*. Minneapolis: Pearson Assessment.
- Bueti, D., & Walsh, V. (2009). The parietal cortex and the representation of time, space, number and other magnitudes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1525), 1831-1840.
- Bucher, K., Dietrich, T., Marcar, V. L., Brem, S., Halder, P., Boujraf, S., Summers, P., Brandeis, D., Martin, E., & Loenneker, T. (2006). Maturation of luminance- and motion-defined form perception beyond adolescence: A combined ERP and fMRI study. *NeuroImage*, 31(4), 1625-1636.
- Caeyenberghs, K., Taymans, T., Wilson, P. H., Vanderstraeten, G., Hosseini, H., & Van Waelvelde, H. (2016). Neural signature of developmental coordination disorder in the structural connectome independent of comorbid autism. *Developmental Science*, 19(4), 599-612.
- Cairney, J., Hay, J. A., Faught, B. E., Flouris, A., & Klentrou, P. (2007). Developmental coordination disorder and cardiorespiratory fitness in children. *Pediatric Exercise Science*, 19(1), 20-28.
- Cairney, J., Hay, J. A., Faught, B. E., & Hawes, R. (2005). Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children aged 9–14 y. *International Journal of Obesity*, 29(4), 369.
- Cairney, J., Veldhuizen, S., King-Dowling, S., Faught, B. E., & Hay, J. (2017). Tracking cardiorespiratory fitness and physical activity in children with and without motor coordination problems. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 380-385.
- Cairney, J., Veldhuizen, S., & Szatmari, P. (2010). Motor coordination and emotional–behavioral problems in children. *Current Opinion in Psychiatry*, 23(4), 324-329.

- Calabresi, P., Picconi, B., Tozzi, A., Ghiglieri, V., & Di Filippo, M. (2014). Direct and indirect pathways of basal ganglia: A critical reappraisal. *Nature Neuroscience*, 17(8), 1022.
- Cantell, M. H., & Crawford, S. G. (2008). Physical fitness and health indices in children, adolescents and adults with high or low motor competence. *Human Movement Science*, 27(2), 344-362.
- Cantell, M. H., Smyth M. M., & Ahonen, T. P. (1994). Clumsiness in adolescence: Educational, motor, and social outcomes of motor delay detected at 5 years. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 11(2), 115-129.
- Carson, R. G., & Kelso, J. S. (2004). Governing coordination: behavioural principles and neural correlates. *Experimental Brain Research*, 154(3), 267-274.
- Cermak, S. A., & Larkin, D. (2002). *Developmental Coordination Disorder*. Albany: Delmar.
- Cohen, B. (2008). *Explaining psychological statistics (3<sup>rd</sup> ed.)*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Corso, M. (2018). Developmental changes in the youth athlete: implications for movement, skills acquisition, performance and injuries. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 62(3), 150.
- Cortis, C., Pesce, C., & Capranica, L. (2018). Inter-limb coordination dynamics: effects of visual constraints and age. *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*, 50(Supplement 1), 133-139.
- Cortis, C., Tessitore, A., Perroni, F., Lupo, C., Pesce, C., Ammendolia, A., & Capranica, L. (2009). Interlimb coordination, strength, and power in soccer players across the lifespan. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2458-2466.
- Coursesmart. (2012). *Students are using—but not buying—digital textbooks, Coursesmart Survey shows*. Retrieved 22. 12. 2019 from <https://the-digital-reader.com/2012/05/23/students-using-buying-digital-textbooks-coursesmart-survey-shows/>
- Cousins, M., & Smyth, M. M. (2003). Developmental coordination impairments in adulthood. *Human Movement Science*, 22(4), 433-459.
- Craig, C. M., Bastin, J., & Montagne, G. (2011). How information guides movement: Intercepting curved free kicks in soccer. *Human Movement Science*, 30, 931–941.

- Crawford, S. G., & Dewey, D. (2008). Co-occurring disorders: a possible key to visual perceptual deficits in children with developmental coordination disorder?. *Human Movement Science, 27*(1), 154-169.
- Creavin, A. L., Lingam, R., Northstone, K., & Williams, C. (2014). Ophthalmic abnormalities in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology, 56*(2), 164-170.
- Davies, P. L., & Rose, J. D. (2000). Motor skills of typically developing adolescents: Awkwardness or improvement? *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 20*(1), 19-42.
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development, 71*(1), 44-56.
- De Bellis, M. D., Keshavan, M. S., Beers, S. R., Hall, J., Frustaci, K., Masalehdan, A., Noll, J., & Boring, A. M. (2001). Sex differences in brain maturation during childhood and adolescence. *Cerebral Cortex, 11*, 552–557
- de Boer, B. J., Peper, C. L. E., & Beek, P. J. (2012). Development of temporal and spatial bimanual coordination during childhood. *Motor control, 16*(4), 537-559.
- Debrabant, J., Gheysen, F., Caeyenberghs, K., Van Waelvelde, H., & Vingerhoets, G. (2013). Neural underpinnings of impaired predictive motor timing in children with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities, 34*(5), 1478-1487.
- Debrabant, J., Vingerhoets, G., Van Waelvelde, H., Leemans, A., Taymans, T., & Caeyenberghs, K. (2016). Brain connectomics of visual-motor deficits in children with developmental coordination disorder. *The Journal of Pediatrics, 169*, 21-27.
- Deconinck, F. J. A., DeClerq, D., Savelsbergh, G. H. P., VanCoster, R., Oostra, A., Dewitte, G., & Lenoir, M. (2006). Visual contribution to walking in children with Developmental Coordination Disorder. *Child: Care, Health & Development, 32*, 711–722.
- Deconinck, F. J. A., DeClercq, D., Van Coster, R., Oostra, A., Dewitte, G., Savelsbergh, G. J., Cambier, D., & Lenoir, M. (2008). Sensory contributions to balance in boys with developmental coordination disorder. *Adapted Physical Activity Quarterly, 25*(1), 17-35.

- De Milander, M., Coetzee, F. F., & Venter, A. (2016). Prevalence and effect of developmental coordination disorder on learning-related skills of South African grade one children. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 38(2), 49-62.
- de Oliveira, R. F., & Wann, J. P. (2010). Integration of dynamic information for visuomotor control in young adults with developmental coordination disorder. *Experimental Brain Research*, 205(3), 387-394.
- de Oliveira, R. F., & Wann, J. P. (2011). Driving skills of young adults with developmental coordination disorder: Regulating speed and coping with distraction. *Research in Developmental Disabilities*, 32(4), 1301-1308.
- de Oliveira, R. F., & Wann, J. P. (2012). Driving skills of young adults with developmental coordination disorder: Maintaining control and avoiding hazards. *Human Movement Science*, 31(3), 721-729.
- Desmurget, M., & Grafton, S. (2000). Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 423-431.
- Dewey, D., Kaplan, B. J., Crawford, S. G., & Wilson, B. N. (2002). Developmental Coordination Disorder: Associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Human Movement Science*, 21(5/6), 905–918.
- D'Hondt, E., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., & Lenoir, M. (2009). Relationship between motor skill and body mass index in 5- to 10-year-old children. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 26(1), 21-37.
- Douet, V., Chang, L., Cloak, C., & Ernst, T. (2014). Genetic influences on brain developmental trajectories on neuroimaging studies: from infancy to young adulthood. *Brain Imaging and Behavior*, 8(2), 234-250.
- Du, W., Wilmut, K., & Barnett, A. L. (2015). Level walking in adults with and without Developmental Coordination Disorder: an analysis of movement variability. *Human Movement Science*, 43, 9-14.
- Edwards, J., Berube, M., Erlandson, K., Haug, S., Johnstone, H., Meagher, M., Sarkodee-Adoo, S., & Zwicker, J. G. (2011). Developmental coordination disorder in school-aged children born very preterm and/or at very low birth weight: A systematic review. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 32(9), 678-687.

- Ego, C., Yüksel, D., Orban de Xivry, J. J., & Lefèvre, P. (2015). Development of internal models and predictive abilities for visual tracking during childhood. *Journal of Neurophysiology*, *115*, 301–309.
- Eliassen, J. C., Baynes, K., & Gazzaniga, M. S. (1999). Direction information coordinated via the posterior third of the corpus callosum during bimanual movements. *Experimental brain research*, *128*(4), 573-577.
- Eliassen, J. C., Baynes, K., & Gazzaniga, M. S. (2000). Anterior and posterior callosal contributions to simultaneous bimanual movements of the hands and fingers. *Brain*, *123*(12), 2501–2511
- Elliott, D., Hansen, S., Grierson, L. E., Lyons, J., Bennett, S. J., & Hayes, S. J. (2010). Goal-directed aiming: Two components but multiple processes. *Psychological Bulletin*, *136*(6), 1023.
- Esposito, M., Verrotti, A., Gimigliano, F., Ruberto, M., Agostinelli, S., Scuccimarra, G., Pascotto, A., & Carotenuto, M. (2012). Motor coordination impairment and migraine in children: A new comorbidity?. *European Journal of Pediatrics*, *171*(11), 1599-1604.
- Ferber-Viart, C., Ionescu, E., Morlet, T., Froehlich, P., & Dubreuil, C. (2007). Balance in healthy individuals assessed with Equitest: Maturation and normative data for children and young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *71*, 1041–1046.
- Fontana, A. P., Kilner, J. M., Rodrigues, E. C., Joffily, M., Nighoghossian, N., Vargas, C. D., & Sirigu, A. (2012). Role of the parietal cortex in predicting incoming actions. *Neuroimage*, *59*(1), 556-564.
- Fuelscher, I., Williams, J., & Hyde, C. (2015). Developmental improvements in reaching correction efficiency are associated with an increased ability to represent action mentally. *Journal of Experimental Child Psychology*, *140*, 74-91.
- Gagnon-Roy, M., Jasmin, E., & Camden, C. (2016). Social participation of teenagers and young adults with developmental co-ordination disorder and strategies that could help them: Results from a scoping review. *Child: Care, Health and Gevelopment*, *42*(6), 840-851.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (1997). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*, Boston: WCB/McGraw-Hill.

- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C., & Goodway, J. D. (2012). *Understanding motor development. Infants, children, adolescents, adults* (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Gidley Larson, J. C., Mostofsky, S. H., Goldberg, M. C., Cutting, L. E., Denckla, M. B., & Mahone, E. M. (2007). Effects of gender and age on motor exam in typically developing children. *Developmental Neuropsychology*, 32, 543–562.
- Giedd, J. N., Lalonde, F. M., Celano, M. J., White, S. L., Wallace, G. L., Lee, N. R., & Lenroot, R. K. (2009). Anatomical brain magnetic resonance imaging of typically developing children and adolescents. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 48(5), 465-470.
- Gillberg, C., & Billstedt, E. (2000). Autism and Asperger syndrome: coexistence with other clinical disorders. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 102(5), 321-330.
- Goble, D. J., Lewis, C. A., Hurvitz, E. A., & Brown, S. H. (2005). Development of upper limb proprioceptive accuracy in children and adolescents. *Human Movement Science*, 24(2), 155-170.
- Golenia, L., Schoemaker, M. M., Otten, E., Mouton, L. J., & Bongers, R. M. (2018). Development of reaching during mid-childhood from a Developmental Systems perspective. *PLOS ONE*, 13, e0193463.
- Gomez, A., & Sirigu, A. (2015). Developmental coordination disorder: Core sensori-motor deficits, neurobiology and etiology. *Neuropsychologia*, 79, 272-287.
- Gooijers, J., & Swinnen, S. P. (2014). Interactions between brain structure and behavior: The corpus callosum and bimanual coordination. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 43, 1-19.
- Grasso, R., Assaiante, C., Prevost, P., & Berthoz, A. (1998). Development of anticipatory orienting strategies during locomotor tasks in children. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4), 533-539.
- Grove, C. R., & Lazarus, J. A. C. (2007). Impaired re-weighting of sensory feedback for maintenance of postural control in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 26(3), 457-476.
- Haibach, P. S., Collier, D. H., & Reid, G. (2011). *Motor learning and development*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Haley, S. M., Ludlow, L. H., Gans, B. M., Faas, R. M., & Inacio, C. A. (1991). Tufts assessment of motor performance: An empirical approach to identifying motor performance categories. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72(6), 359–366.
- Han, J., Anson, J., Waddington, G., & Adams, R. (2013). Proprioceptive performance of bilateral upper and lower limb joints: side-general and site-specific effects. *Experimental Brain Research*, 226(3), 313-323.
- Hands, B., Licari, M., & Piek, J. (2015). A review of five tests to identify motor coordination difficulties in young adults. *Research in Developmental Disabilities*, 41, 40-51.
- Hardy, L. L., Reinten-Reynolds, T., Espinel, P., Zask, A., & Okely, A. D. (2012). Prevalence and correlates of low fundamental movement skill competency in children. *Pediatrics*, 130(2), e390-e398.
- Harris, S. R., Mickelson, E. C., & Zwicker, J. G. (2015). Diagnosis and management of developmental coordination disorder. *Cmaj*, 187(9), 659-665.
- Harrowell, I., Hollén, L., Lingam, R., & Emond, A. (2017). Mental health outcomes of developmental coordination disorder in late adolescence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(9), 973-979.
- Haywood, K. M., & Getchell, N. (2019). *Life span motor development*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Henderson, S. E., & Sugden, D. A. (1992). *Movement Assessment Battery for Children*. London: Psychological Corporation.
- Henderson, S. E., Sugden, D. L., & Barnett, A. L. (2007). *The Movement Assessment Battery for Children-2nd editon*. London: Harcourt Assessment.
- Hill, E. L., Brown, D., & Sorgardt, K. S. (2011). A preliminary investigation of quality of life satisfaction reports in emerging adults with and without developmental coordination disorder. *Journal of Adult Development*, 18(3), 130-134.
- Hirabayashi, S., & Iwasaki, Y. (1994). Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain and Development*, 17(2), 111-113.
- Hodgson, J. C., & Hudson, J. M. (2017). Atypical speech lateralization in adults with developmental coordination disorder demonstrated using functional transcranial Doppler ultrasound. *Journal of Neuropsychology*, 11(1), 1-13.
- Hoff, B., & Arbib, M. A. (1993). Models of trajectory formation and temporal interaction of reach and grasp. *Journal of Motor Behavior*, 25, 175–192.

- Holický, J. (2015). *Psychomotorický vývoj dětí v pražských školách a dětských domovech*. Disertační práce, Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha.
- Hollund, I. M. H., Olsen, A., Skranes, J., Brubakk, A. M., Håberg, A. K., Eikenes, L., & Evensen, K. A. I. (2018). White matter alterations and their associations with motor function in young adults born preterm with very low birth weight. *NeuroImage: Clinical*, 17, 241-250.
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. R. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Journal of Business Research Methods*, 6, 53-60.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and ageing*, 35(suppl 2), 7-11.
- Husby, I. M., Skranes, J., Olsen, A., Brubakk, A., & Evensen, K. A. I. (2013). Motor skills at 23years of age in young adults born preterm with very low birth weight. *Early Human Development*, 89(9), 747-754.
- Hyde, C., Fuelscher, I., Buckthought, K., Enticott, P. G., Gitay, M. A., & Williams, J. (2014). Motor imagery is less efficient in adults with probable developmental coordination disorder: Evidence from the hand rotation task. *Research in Developmental Disabilities*, 35(11), 3062-3070.
- Hyde, C., Fuelscher, I., Williams, J., Lum, J. A., He, J., Barhoun, P., & Enticott, P. G. (2018). Corticospinal excitability during motor imagery is reduced in young adults with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 72, 214-224.
- Hyde, C., & Wilson, P. H. (2011). Dissecting online control in Developmental Coordination Disorder: A kinematic analysis of double-step reaching. *Brain and Cognition*, 75(3), 232-241.
- Cherng, R. J., Lee, H. Y., & Su, F. C. (2003). Frequency spectral characteristics of standing balance in children and young adults. *Medical Engineering & Physics*, 25(6), 509-515.



- Chow, S. M. K., Henderson, S. E., & Barnett, A. L. (2001). The Movement Assessment Battery for Children: a comparison of 4-year-old to 6-year-old children from Hong Kong and the United States. *American Journal of Occupational Therapy, 55*(1), 55-61.
- Chow, S. M. K., Yung-Wen, H., Henderson, S. E., Barnett, A. L., & Sing, K. L. (2006). The Movement ABC: A cross-cultural comparison of preschool children from Hong Kong, Taiwan, and the USA. *Adapted Physical Activity Quarterly, 23*(1), 31-48.
- Chung, H. C., & Stoffregen, T. A. (2011). Postural responses to a moving room in children with and without developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities, 32*(6), 2571-2576.
- Ingalhalikar, M., Smith, A., Parker, D., Satterthwaite, T. D., Elliott, M. A., Ruparel, K., Hakonarson, H., Gur, R. E., Gur, R. C., & Verma, R. (2014). Sex differences in the structural connectome of the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*, 823–828.
- Ionescu, E., Morlet, T., Froehlich, P., & Ferber-Viart, C. (2006). Vestibular assessment with Balance Quest: Normative data for children and young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 70*, 1457–1465.
- Jaffri, A. H., Newman, T. M., Smith, B. I., & Miller, S. J. (2017). The Dynamic Leap and Balance Test (DLBT): A test-retest reliability study. *International Journal of Sports Physical Therapy, 12*(4), 512-519.
- Jeannerod, M. (1984). The timing of natural prehension movements. *Journal of Motor Behavior, 16*(3), 235-254.
- Jelsma, D., Ferguson, G. D., Smits-Engelsman, B. C., & Geuze, R. H. (2015). Short-term motor learning of dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities, 38*, 213-222.
- Jelsma, L. D., Smits-Engelsman, B. C. M., Krijnen, W. P., & Geuze, R. H. (2016). Changes in dynamic balance control over time in children with and without Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science, 49*, 148-159.
- Johansson, R. S., & Flanagan, J. R. (2009). Coding and use of tactile signals from the fingertips in object manipulation tasks. *Nature Reviews Neuroscience, 10*(5), 345-359.

- Jover, M., Ayoun, C., Berton, C., & Carlier, M. (2014). Development of motor planning for dexterity tasks in trisomy 21. *Research in Developmental Disabilities, 35*(7), 1562-1570.
- Jover, M., Schmitz, C., Centelles, L., Chabrol, B., & Assaiante, C. (2010). Anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology, 52*(9), 850-855.
- Kagerer, F. A., & Clark, J. E. (2015). Development of kinesthetic-motor and auditory-motor representations in school-aged children. *Experimental Brain Research, 233*(7), 2181-2194.
- Kashiwagi, M., Iwaki, S., Narumi, Y., Tamai, H., & Suzuki, S. (2009). Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: A functional MRI study. *Neuroreport, 20*(15), 1319-1324.
- Kashuk, S. R., Williams, J., Thorpe, G., Wilson, P. H., & Egan, G. F. (2017). Diminished motor imagery capability in adults with motor impairment: an fMRI mental rotation study. *Behavioural Brain Research, 334*, 86-96.
- Keppeke, L. D. F., Cintra, I. D. P., & Schoen, T. H. (2013). Bender visual-motor gestalt test in adolescents: Relationship between visual-motor development and the Tanner stages. *Perceptual & Motor Skills, 117*(1), 257-275.
- Kim, R., Nauhaus, G., Glazek, K., Young, D., & Lin, S. (2013). Development of coincidence- anticipation timing in a catching task. *Perceptual and Motor Skills, 117*(1), 319-338.
- Kirby, A., Edwards, L., Sugden, D. (2011). Emerging adulthood and Developmental Co-ordination Disorder. *Journal of Adult Development, 18*(3), 107-113.
- Kirby, A., Edwards, L., Sugden, D., & Rosenblum, S. (2010). The development and standardization of the Adult Developmental Co-ordination Disorders/Dyspraxia Checklist (ADC). *Research in Developmental Disabilities, 31*(1), 131-139.
- Kirby, A., & Rosenblum, S. (2008). *The Adult Developmental Coordination Disorder/Dyspraxia Checklist (ADC) for further and higher education*. Retrieved 4. 12. 2019 from Wold Wide Web: [http://psychology.research.southwales.ac.uk/media/files/documents/2014-04-04/ACD\\_checklist.pdf](http://psychology.research.southwales.ac.uk/media/files/documents/2014-04-04/ACD_checklist.pdf)

- Kirby, A., Sugden, D., Beveridge, S., & Edwards, L. (2008). Developmental co-ordination disorder (DCD) in adolescents and adults in further and higher education. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 8(3), 120-131.
- Kirby, A., Sugden, D., Beveridge, S., Edwards, L., & Edwards, R. (2008). Dyslexia and developmental co-ordination disorder in further and higher education—similarities and differences. Does the ‘label’ influence the support given?. *Dyslexia*, 14(3), 197-213.
- Kirby, A., Williams, N., Thomas, M., & Hill, E. L. (2013). Self-reported mood, general health, wellbeing and employment status in adults with suspected DCD. *Research in Developmental Disabilities*, 34(4), 1357-1364.
- Koerte, I., Eftimov, L., Laubender, R. P., Esslinger, O., Schroeder, A. S., Ertl-Wagner, B., & Danek, A. (2010). Mirror movements in healthy humans across the lifespan: Effects of development and ageing. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52, 1106–1112.
- Kokštejn, J., Musálek, M., Šťastný, P., & Golas, A. (2017). Fundamental motor skills of Czech children at the end of the preschool period. *Acta Gymnica*, 47(4), 193-200.
- Kokštejn, J., Psotta, R., Frömel, K., Frýbort, P., Jahodová, G., & Cuberek, R. (2011). Pohybová aktivita dětí s vývojovým deficitem motoriky. *Česká kinantropologie*, 15(3), 76-88.
- Kokštejn, J., Psotta, R., & Musálek, M. (2015). Motor competence in Czech children aged 11-15: What is the incidence of a risk of developmental coordination disorder?. *Acta Gymnica*, 45(2), 61-68.
- Kugler, P. N., Kelso, J. S., & Turvey, M. T. (1982). On the control and coordination of naturally developing systems. *The development of movement control and coordination*, 5, 1-78.
- Langaas, T., Mon-Williams, M., Wann, J. P., Pascal, E., & Thompson, C. (1998). Eye movements, prematurity and developmental co-ordination disorder. *Vision Research*, 38(12), 1817-1826.
- Langevin, L. M., MacMaster, F. P., & Dewey, D. (2015). Distinct patterns of cortical thinning in concurrent motor and attention disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(3), 257-264.

- Largo, R. H., Caflisch, J. A., Hug, F., Muggli, K., Molnar, A. A., Molinari, L., Sheehy, A., Gasser, T. (2001). Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 1: Timed performance. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43(7), 436-443.
- Largo, R. H., Fischer, J. E., & Caflisch, J. A. (2002). *Zurich Neuromotor Assessment*. Zurich, Switzerland: AWE Verlag.
- Laufer, Y., Ashkenazi, T., & Josman, N. (2008). The effects of a concurrent cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait & Posture*, 27(2), 347-351.
- Lefebvre, C., & Reid, G. (1998). Prediction in ball catching by children with and without a developmental coordination disorder. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 15(4), 299-315.
- Lejeune, C., Catale, C., Willems, S., & Meulemans, T. (2013). Intact procedural motor sequence learning in developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 34(6), 1974-1981.
- Lemos, L. F. C., David, A. C. D., & Mota, C. B. (2016). Development of postural balance in Brazilian children aged 4-10 years compared to young adults. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 18(4), 419-428.
- Leonard, H. C., Bernardi, M., Hill, E. L., & Henry, L. A. (2015). Executive functioning, motor difficulties, and developmental coordination disorder. *Developmental Neuropsychology*, 40(4), 201-215.
- Leveresen, J. S. R., Haga, M., & Sigmundsson, H. (2012). From children to adults: Motor performance across the life-span. *PLoS One*, 7(6), 1-7.
- Lingam, R., Hunt, L., Golding, J., Jongmans, M., & Emond, A. (2009). Prevalence of developmental coordination disorder using the DSM-IV at 7 years of age: A UK population-based study. *Pediatrics*, 123(4), 693-700.
- Logan, S. W., Scrabis-Fletcher, K., Modlesky, C., & Getchell, N. (2011). The Relationship Between Motor Skill Proficiency and Body Mass Index in Preschool Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(3), 442-448.
- Lorås, H., & Sigmundsson, H. (2012). Interrelations between three fine motor skills in young adults. *Perceptual and Motor Skills*, 115(1), 171-178.

- Lorson, K. M., Stodden, D. F., Langendorfer, S. J., & Goodway, J. D. (2013). Age and gender differences in adolescent and adult overarm throwing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84(2), 239-244.
- Luciana, M., Conklin, H. M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76(3), 697-712
- MacArthur, C. A. (2009). Reflections on research on writing and technology for struggling writers. *Learning Disabilities Research & Practice*, 24(2), 93-103.
- Macek, P. (2003). *Adolescence*. Praha: Portál.
- Mani, H., Miyagishima, S., Kozuka, N., Kodama, Y., Takeda, K., & Asaka, T. (2019). Development of postural control during single-leg standing in children aged 3–10 years. *Gait & posture*, 68, 174-180.
- Malagoli, C., & Usai, M. C. (2018). The effects of gender and age on inhibition and working memory organization in 14-to 19-year-old adolescents and young adults. *Cognitive Development*, 45, 10-23.
- Margari, L., Buttiglione, M., Craig, F., Cristella, A., de Giambattista, C., Matera, E., Operto, F., & Simone, M. (2013). Neuropsychopathological comorbidities in learning disorders. *BMC Neurology*, 13(1), 198-204.
- Markhman, J. A., & Greenough, W. T. (2004). Experience-driven brain plasticity: Beyond the synapse. *Neuron Glia Biology*, 1(4), 351–363.
- McCarron, L. T. (1997). *McCarron Assessment of Neuromuscular Development (3rd ed.)*. Dallas, TX: McCarron-Dial Systems Inc.
- McDevitt, T. M., & Ormrod, J. E. (2010). *Child development and education*. Pearson Education.
- McIntyre, F., Parker, H., Thornton, A., Licari, M., Piek, J., Rigoli, D., & Hands, B. (2017). Assessing motor proficiency in young adults: the Bruininks Oseretsky Test-2 short form and the McCarron assessment of neuromuscular development. *Human movement science*, 53, 55-62.
- McLeod, K. R., Langevin, L. M., Goodyear, B. G., & Dewey, D. (2014). Functional connectivity of neural motor networks is disrupted in children with developmental coordination disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *NeuroImage: Clinical*, 4, 566-575.

- Měkota, K., Kovář, R., & Štěpnička, J. (1990). *Antropomotorika*. Díl 2. Praha: SPN.
- Miall, R. C., & Jenkinson, E. W. (2005). Functional imaging of changes in cerebellar activity related to learning during a novel eye–hand tracking task. *Experimental Brain Research*, *166*(2), 170-183.
- Michel, E., Roethlisberger, M., Neuenschwander, R., & Roebbers, C. M. (2011). Development of cognitive skills in children with motor coordination impairments at 12-month follow-up. *Child Neuropsychology*, *17*(2), 151-172.
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky. (2014). *Výroční zpráva o stavu a rozvoji vzdělávání v České republice v roce 2013*. Praha: Úřad vlády České republiky.
- Missiuna, C., Cairney, J., Pollock, N., Campbell, W., Russell, D. J., Macdonald, K., Schmidt, L., Heath, N., Veldhuizen, S., & Cousins, M. (2014). Psychological distress in children with developmental coordination disorder and attention-deficit hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, *35*(5), 1198-1207.
- Missiuna, C., Moll, S., King, G., Stewart, D., & Macdonald, K. (2008). Life experiences of young adults who have coordination difficulties. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, *75*(3), 157-166.
- Miyahara, M., & Piek, J. (2006). Self-esteem of children and adolescents with physical disabilities: Quantitative evidence from meta-analysis. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, *18*(3), 219-234.
- Mon-Williams, M. A., Wann, J. P., & Pascal, E. (1999). Visual–proprioceptive mapping in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *41*(4), 247-254.
- Muetzel, R. L., Collins, P. F., Mueller, B. A., Schissel, A. M., Lim, K. O., & Luciana, M. (2008). The development of corpus callosum microstructure and associations with bimanual task performance in healthy adolescents. *Neuroimage*, *39*(4), 1918-1925.
- Nieto, M. P., Valtr, L., Abdollahipour, R., & Psotta, R. (2018). The role of vision in walking patterns in children with different levels of motor coordination. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, *13*(2), 289-296.
- Neuls, F., & Frömel, K. (2016). *Pohybová aktivita a sportovní preference adolescentek*. Univerzita Palackého v Olomouci.

- Nováková, H. (1996). Motor development variability in adolescence. *Acta Universitatis Carolinae*, 32(1), 9-18.
- O'Brien, J., Spencer, J., Atkinson, J., Braddick, O., & Wattam-Bell, J. (2002). Form and motion coherence processing in dyspraxia: evidence of a global spatial processing deficit. *Neuroreport*, 13(11), 1399-1402.
- O'Connor, S. M., & Kuo, A. D. (2009). Direction-dependent control of balance during walking and standing. *Journal of Neurophysiology*, 102(3), 1411-1419.
- Omer, S., Jijon, A. M., & Leonard, H. C. (2019). Research Review: Internalising symptoms in developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(6), 606-621.
- Papalia, D., & Olds, S. (1992). *Human development (5th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Paus, T. (2005). Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 60-68.
- Pearson Foundation. (2012). *Survey on Students and Tablets 2012*. Retrieved 22. 12. 2019 from [https://online.annamaria.edu/sites/amc/files/PF\\_Tablet\\_Survey\\_Summary\\_2012.pdf](https://online.annamaria.edu/sites/amc/files/PF_Tablet_Survey_Summary_2012.pdf)
- Pereira, H. S., Landgren, M., Gillberg, C., & Forssberg, H. (2001). Parametric control of fingertip forces during precision grip lifts in children with DCD (developmental coordination disorder) and DAMP (deficits in attention motor control and perception). *Neuropsychologia*, 39(5), 478-488.
- Pergami, P., Seemaladinne, N., & Billings, A. (2012). Validation of a computer application as a test of motor function in healthy children and adults. *NeuroRehabilitation*, 31(4), 453-461.
- Poliszczuk, T., Broda, D., & Poliszczuk, D. (2012). Changes in somatic parameters and dynamic balance in female rhythmic gymnasts over a space of two years. *Polish Journal of Sport & Tourism*, 19(4), 240-245.
- Poulsen, A. A., Ziviani, J. M., Johnson, H., & Cuskelly, M. (2008). Loneliness and life satisfaction of boys with developmental coordination disorder: the impact of leisure participation and perceived freedom in leisure. *Human Movement Science*, 27(2), 325-343.
- Przysucha, E. P., & Taylor, M. J. (2004). Control of stance and developmental coordination disorder: The role of visual information. *Adapted Physical Cctivity Quarterly*, 21(1), 19-33.

- Psotta, R. (2014). *MABC-2: Test motoriky pro děti*. Praha: Hogrefe- Testcentrum.
- Psotta, R., & Abdollahipour, R. (2017). Factorial validity of the Movement Assessment Battery for Children—2nd Edition (MABC-2) in 7-16-year-olds. *Perceptual and Motor Skills*, 124(6), 1051-1068.
- Psotta, R., & Hendl, J. (2012). The Movement Assessment Battery for Children – Second edition: Cross-cultural comparison between 11-15 year old children from the Czech Republic and the United Kingdom. *Acta Gymnica*, 42(3), 7-16.
- Psotta, R., Hendl, J., Frömel, K., & Lehnert, M. (2012). The second version of The Movement Assessment Battery for Children: A comparative study in 7-10 year old children from the Czech Republic and the United Kingdom. *Acta Gymnica*, 42(4), 19-27.
- Psotta, R., Hendl, J., Kokštejn, J., Jahodová, G., & Elfmark, M. (2014). Development of the motor functions in 7-15-year-old children: The Czech national study. *Acta Universitatis Carolinae: Kinanthropologica*, 50, 87–97.
- Psotta, R., Kokštejn, J., Jahodová, G., & Frýbort, P. (2010). Je nízká motorická kompetence rizikovým faktorem nadváhy a obezity u dětí mladšího školního věku?. *Česká kinantropologie*, 14(2), 96-106.
- Psotta, R., Kokštejn, J., & Vodička, P. (2009). Nadváha a obezita u českých 11-14letých dětí s motorickými obtížemi a bez motorických obtíží. *Česká kinantropologie*, 13(2), 75-83.
- Puciato, D., Mynarski, W., Rozpara, M., Borysiuk, Z., & Szyguła, R. (2011). Motor development of children and adolescents aged 8-16 years in view of their somatic build and objective quality of life of their families. *Journal of Human Kinetics*, 28, 45-53.
- Purcell, C., Scott-Roberts, S., & Kirby, A. (2015). Implications of DSM-5 for recognising adults with developmental coordination disorder (DCD). *British Journal of Occupational Therapy*, 78(5), 295-302.
- Querne, L., Berquin, P., Vernier-Hauvette, M. P., Fall, S., Deltour, L., Meyer, M. E., & de Marco, G. (2008). Dysfunction of the attentional brain network in children with developmental coordination disorder: A fMRI study. *Brain Research*, 1244, 89-102.



- Quatman-Yates, C. C., Quatman, C. E., Meszaros, A. J., Paterno, M. V., & Hewett, T. (2012). A systematic review of sensorimotor function during adolescence: A developmental stage of increased motor awkwardness?. *British Journal of Sports Medicine*, *46*(9), 649-655.
- Raboch, J., Hrdlička, M., Mohr, P., Pavlovský, P., & Ptáček, R. (2015). *DSM-5: diagnostický a statistický manuál duševních poruch*. Praha: Hogrefe-Testcentrum.
- Rand, M. K., Shimansky, Y. P., Hossain, A. B., & Stelmach, G. E. (2008). Quantitative model of transport-aperture coordination during reach-to-grasp movements. *Experimental Brain Research*, *188*, 263–274.
- Raynor, A. J. (2001). Strength, power, and coactivation in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *43*(10), 676-684.
- Riemann, B. L., Caggiano, N. A., & Lephart, S. M. (1999). Examination of a clinical method of assessing postural control during a functional performance task. *Journal of Sport Rehabilitation*, *8*(3), 171-183.
- Rigoli, D., Piek, P. J., Kane, R., & Oosterlaan, J. (2012a). An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *54*(11), 1025-1031.
- Rigoli, D., Piek, P. J., Kane, R., & Oosterlaan, J. (2012b). Motor coordination, working memory, and academic achievement in a normative adolescent sample: Testing a mediation model. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *27*(7), 766-780.
- Rinaldi, N. M., Polastri, P. F., & Barela, J. A. (2009). Age-related changes in postural control sensory reweighting. *Neuroscience Letters*, *467*(3), 225-229.
- Rothenberg-Cunningham, A., & Newell, K. M. (2013). Children's age-related speed–accuracy strategies in intercepting moving targets in two dimensions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *84*(1), 79-87.
- Rosenblum, S. (2013). Handwriting measures as reflectors of executive functions among adults with Developmental Coordination Disorders (DCD). *Frontiers in Psychology*, *4*, 357.
- Rosenblum, S., & Livneh-Zirinski, M. (2008). Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, *27*(2), 200-214.

- Rosenblum, S., & Regev, N. (2013). Timing abilities among children with developmental coordination disorders (DCD) in comparison to children with typical development. *Research in Developmental Disabilities, 34*(1), 218-227.
- Rosengren, K. S., Deconinck, F. J., DiBerardino III, L. A., Polk, J. D., Spencer-Smith, J., De Clercq, D., & Lenoir, M. (2009). Differences in gait complexity and variability between children with and without developmental coordination disorder. *Gait & Posture, 29*(2), 225-229.
- Saban, M. T., & Kirby, A. (2018). Adulthood in Developmental Coordination Disorder (DCD): a Review of Current Literature based on ICF Perspective. *Current Developmental Disorders Reports, 5*(1), 9-17.
- Saban, M. T., Ornoy, A., Grotto, I., & Parush, S. (2012). Adolescents and Adults Coordination Questionnaire: Development and psychometric properties. *American Journal of Occupational Therapy, 66*(4), 406-413.
- Saban, M. T., Ornoy, A., & Parush, S. (2014). Executive function and attention in young adults with and without Developmental Coordination Disorder—A comparative study. *Research in Developmental Disabilities, 35*(11), 2644-2650.
- Saban, M. T., Zarka, S., Grotto, I., Ornoy, A., & Parush, S. (2012). The functional profile of young adults with suspected developmental coordination disorder (DCD). *Research in Developmental Disabilities, 33*(6), 2193-2202.
- Scott-Roberts, S., & Purcell, C. (2018). Understanding the Functional Mobility of Adults with Developmental Coordination Disorder (DCD) Through the International Classification of Functioning (ICF). *Current Developmental Disorders Reports, 5*(1), 26-33.
- Seidler, R. D., Noll, D. C., & Thiers, G. (2004). Feedforward and feedback processes in motor control. *Neuroimage, 22*(4), 1775-1783.
- Shadmehr, R., & Krakauer, J. W. (2008). A computational neuroanatomy for motor control. *Experimental Brain Research, 185*(3), 359-381.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online, 8*(2), 23-74.

- Schoemaker, M. M., Flapper, B. C., Reinders-Messelink, H. A., & de Kloet, A. (2008). Validity of the motor observation questionnaire for teachers as a screening instrument for children at risk for developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 27*(2), 190-199.
- Schoemaker, M. M., van der Wees, M., Flapper, B., Verheij-Jansen, N., Scholten-Jaegers, S., & Geuze, R. H. (2001). Perceptual skills of children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science, 20*(1-2), 111-133.
- Schulz, J., Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2011). Structural validity of the Movement ABC-2 test: Factor structure comparisons across three age groups. *Research in Developmental Disabilities, 32*(4), 1361-1369.
- Schultz, W., Tremblay, L., & Hollerman, J. R. (2003). Changes in behavior-related neuronal activity in the striatum during learning. *Trends in Neurosciences, 26*(6), 321-328.
- Sigmundsson, H. (2003). Perceptual deficits in clumsy children: inter-and intra-modal matching approach—a window into clumsy behavior. *Neural Plasticity, 10*(1-2), 27-38.
- Skinner, R. A., & Piek, J. P. (2001). Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Human Movement Science, 20*(1-2), 73-94.
- Smith, L. B., & Thelen, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in cognitive sciences, 7*(8), 343-348.
- Smits-Engelsman, B. C., Jover, M., Green, D., Ferguson, G., & Wilson, P. (2017). DCD and comorbidity in neurodevelopmental disorder: How to deal with complexity?. *Human Movement Science, 53*, 1-4.
- Smits-Engelsman, B., Schoemaker, M., Delabastita, T., Hoskens, J., & Geuze, R. (2015). Diagnostic criteria for DCD: Past and future. *Human Movement Science, 42*, 293-306.
- Sparto, P. J., Redfern, M. S., Jasko, J. G., Casselbrant, M. L., Mandel, E. M., & Furman, J. M. (2006). The influence of dynamic visual cues for postural control in children aged 7–12 years. *Experimental Brain Research, 168*(4), 505-516.
- Spear, L. P. (2013). Adolescent neurodevelopment. *Journal of Adolescent Health, 52*(2), 7-13.

- Streepey, J. W., & Angulo-Kinzler, R. M. (2002). The role of task difficulty in the control of dynamic balance in children and adults. *Human Movement Science*, 21(4), 423-438.
- Sugden, D. A. (2006) *Developmental coordination disorder as specific learning difficulty*. Leeds: Leeds consensus statement.
- Sugden, D., & Chambers, M. (2005). *Children with Developmental Coordination Disorder*. London: Whurr Publisher.
- Šeflová, I., Kalfiřt, L., & Indráčková, K. (2018). Use of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, in school practice. *Trends in Sport Sciences*, 25(4), 195-199.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed.). New York: Pearson Education.
- Takeuchi, N., Oouchida, Y., & Izumi, S. I. (2012). Motor control and neural plasticity through interhemispheric interactions. *Neural Plasticity*, 2012.
- Thomas, M., Williams, N., & Kirby, A. (2013). Working with DCD: supporting adults with developmental coordination disorder (DCD) in the workplace. *Occupational Health at Work*, 10(1), 33-35.
- Thompson, P. M., Giedd, J. N., Woods, R. P., MacDonald, D., Evans, A. C., & Toga, A. W. (2000). Growth patterns in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor maps. *Nature*, 404(6774), 190-193.
- Thorová, K. (2015). *Vývojová psychologie. Proměny lidské psychiky od početí po smrt*. Praha: Portál.
- Tsai, C. L., Pan, C. Y., Cherng, R. J., & Wu, S. K. (2009). Dual-task study of cognitive and postural interference: A preliminary investigation of the automatization deficit hypothesis of developmental co-ordination disorder. *Child: Care, Health and Development*, 35(4), 551-560.
- Tsai, C. L., Wu, S. K., & Huang, C. H. (2008). Static balance in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 27(1), 142-153.
- Tseng, M. H., Fu, C. P., Wilson, B. N., & Hu, F. C. (2010). Psychometric properties of a Chinese version of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire in community-based children. *Research in Developmental Disabilities*, 31(1), 33-45.

- Tsiotra, G. D., Flouris, A. D., Koutedakis, Y., Faught, B. E., Nevill, A. M., Lane, A. M., & Skenteris, N. (2006). A comparison of developmental coordination disorder prevalence rates in Canadian and Greek children. *Journal of Adolescent Health, 39*(1), 125-127.
- Ulrich, D. A. (2013). *The test of gross motor development-3 (TGMD-3): Administration, scoring, and international norms*. Austin, TX: Pro-Ed.
- Valtr, L., & Psotta, R. (2019). Validity of the Movement Assessment Battery for Children test in older adolescents. *Acta Gymnica, 49*(2), 58-66.
- Valtr, L., Psotta, R., & Abdollahipour, R. (2016). Gender differences in performance of the Movement Assessment Battery for Children - 2nd edition test in adolescents. *Acta Gymnica, 46*(4), 155-161.
- Van den Heuvel, M., Jansen, D. E., Reijneveld, S. A., Flapper, B. C., & Smits-Engelsman, B. C. (2016). Identification of emotional and behavioral problems by teachers in children with developmental coordination disorder in the school community. *Research in Developmental Disabilities, 51*, 40-48.
- van der Knaap, L. J., & van der Ham, I. J. (2011). How does the corpus callosum mediate interhemispheric transfer? A review. *Behavioural Brain Research, 223*(1), 211-221.
- van Der Linde, B. W., van Netten, J. J., Otten, B., Postema, K., Geuze, R. H., & Schoemaker, M. M. (2013). Development and psychometric properties of the DCDDaily: a new test for clinical assessment of capacity in activities of daily living in children with developmental coordination disorder. *Clinical Rehabilitation, 27*(9), 834-844.
- Van der Looven, R., Deschrijver, M., Hermans, L., De Muynck, M., & Vingerhoets, G. (2021) Hand size representation in healthy children and young adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, ahead of print. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.105016>
- Van Roon, D., Caeyenberghs, K., Swinnen, S. P., & Smits-Engelsman, B. C. (2008). Development of feedforward control in a dynamic manual tracking task. *Child Development, 79*(4), 852-865.
- Verbecque, E., Johnson, C., Rameckers, E., Thijs, A., van der Veer, I., Meyns, P., Smits-Engelsman, B., & Klingels, K. (2021). Balance control in individuals with developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture, ahead of print*. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.10.009>

- Viel, S., Vaugoyeau, M., & Assaiante, C. (2009). Adolescence: A transient period of proprioceptive neglect in sensory integration of postural control. *Motor Control*, 13(1), 25-42.
- Visser, J. (2003). Developmental coordination disorder: A review of research on subtypes and comorbidities. *Human Movement Science*, 22(4/5), 479–493.
- Volman, M. C. J., & Geuze, R. H. (1998a). Relative phase stability of bimanual and visuomanual rhythmic coordination patterns in children with a developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 17(4), 541-572.
- Volman, M. J. M., & Geuze, R. H. (1998b). Stability of rhythmic finger movements in children with a developmental coordination disorder. *Motor Control*, 2(1), 34-60.
- Wilmot, K., & Byrne, M. (2014). Grip selection for sequential movements in children and adults with and without Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, 36, 272-284
- Wilson, P. H. (2005). Practitioner review: Approaches to assessment and treatment of children with DCD: An evaluative review. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(8), 806-823.
- Wilson, B. N., Crawford, S. G., Green, D., Roberts, G., Aylott, A., & Kaplan, B. J. (2009). Psychometric properties of the revised Developmental Coordination Disorder Questionnaire. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 29(2), 182–202.
- Wilson, P. H., & Hyde, C. (2013). The development of rapid online control in children aged 6–12years: Reaching performance. *Human Movement Science*, 32(5), 1138-1150.
- Wilson, P., Ruddock, S., Smits-Engelsman, B., Polatajko, H., & Blank, R. (2013). Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: A meta-analysis of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology* 55(3), 217-228.
- Wilson, P. H., Smits-Engelsman, B., Caeyenberghs, K., Steenbergen, B., Sugden, D., Clark, J., Mumford, N., & Blank, R. (2017). Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: New insights from a systematic review of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59, 1117–1129.

- Wolf, K., Weber, E. G., van den Bosch, J. J., Volz, S., Nöth, U., Deichmann, R., Naumer, M. J., Pfeiffer, T., & Fiebach, C. J. (2018). Neurocognitive development of the resolution of selective visuo-spatial attention: Functional MRI evidence from object tracking. *Frontiers in Psychology, 9*, 1106.
- Wolpe, N., Moore, J. W., Rae, C. L., Rittman, T., Altena, E., Haggard, P., & Rowe, J. B. (2014). The medial frontal-prefrontal network for altered awareness and control of action in corticobasal syndrome. *Brain, 137*(1), 208-220.
- Wong, Y. J., & Whishaw, I. Q. (2004). Precision grasps of children and young and old adults: individual differences in digit contact strategy, purchase pattern, and digit posture. *Behavioural Brain Research, 154*(1), 113-123.
- World Health Organization. (1992). *Mezinárodní klasifikace nemocí. Mezinárodní klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů ve znění desáté decennální revize MKN-10*. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky.
- Wunderlich, F., Heuer, H., Furley, P., & Memmert, D. (2020). A serial-position curve in high-performance darts: The effect of visuomotor calibration on throwing accuracy. *Psychological Research: An International Journal of Perception, Attention, Memory, and Action, 84*(7), 2057-2064.
- Yang, N., Waddington, G., Adams, R., & Han, J. (2019). Age-related changes in proprioception of the ankle complex across the lifespan. *Journal of Sport and Health Science, 8*(6), 548-554.
- Zwicker, J. G., Harris, S. R., & Klassen, A. F. (2013). Quality of life domains affected in children with developmental coordination disorder: A systematic review. *Child: Care, Health and Development, 39*(4), 562-580.
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2010). Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. *Pediatrics, 126*(3), 678-686.
- Zwicker, J. G., Missiuna, C., Harris, S. R., & Boyd, L. A. (2011). Brain activation associated with motor skill practice in children with developmental coordination disorder: An fMRI study. *International Journal of Developmental Neuroscience, 29*(2), 145-152.
- Zwicker, J. G., Yoon, S. W., MacKay, M., Petrie-Thomas, J., Rogers, M., & Synnes, A. R. (2013). Perinatal and neonatal predictors of developmental coordination disorder in very low birthweight children. *Archives of Disease in Childhood, 98*(2), 118-122.

## 14 Přílohy

Příloha 1. Popis testových úloh manuální dovednosti

### Úloha otáčení kolíčků (MD 1)

*Pomůcky (MABC-2):*

- Modrá deska na kolíčky
- 12 žlutých/červených kolíčků
- Podložka na stůl
- Stopky

*Výchozí podmínky*

- Umístit podložku delší stranou před testovaného, přibližně 2,5 cm od okraje stolu
- Umístit desku na kolíčky na podložku kratší stranou k testovanému
- Umístit 12 kolíčku na desku tak, že je vidět pouze jedna barva

*Popis úlohy*

Testovaný drží desku s kolíčky neustále jednou rukou a druhá ruka je položena na podložce podél desky na kolíčky. Na signál testovaný sbírá po jednom kolíčku a dává je zpět do otvorů na desce, opačným koncem vzhůru, co nejrychleji. Testovaný obrátí všech 12 kolíčků na stejnou barvu a pak všech 12 kolíčků na původní barvu. Měření času začíná, když volná ruka opustí podložku. Měření času končí, když je poslední kolíček vložen do otvoru. Testujeme nejprve dominantní ruku. Testují se obě ruce. Testovaný provádí dva pokusy na každou ruku. Jako výsledný testový skóre se bere lepší z těchto dvou pokusů. Ukázka a procvičení jsou stejné jako v MABC-2.



## Úloha trojúhelník s maticemi a šroubky (MD 2)

### *Pomůcky (MABC-2):*

- 3 žluté pruhy
- 3 volné matice a šroubky
- Model dokončeného trojúhelníku
- Podložka na stůl
- Stopky

### *Výchozí podmínky*

- Umístit podložku delší stranou před testovaného, přibližně 2,5 cm od okraje stolu
- Umístit model nad podložku
- Umístit 3 žluté pruhy v horizontální poloze na podložku, rovnoběžně s její dlouhou stranou
- Umístit 3 volné šroubky v horizontální poloze nad žluté pruhy, s volnou maticí nad šroubkem

### *Popis úlohy*

Testovaný umístí obě ruce na podložku. Na signál testovaný začíná sestavovat trojúhelník. Součástky mohou být sebrány a spojeny jakkoliv. Měření času začíná, když první ruka opustí podložku. Během práce může dítě zaujímat různé polohy rukou/paží, např. lokty/paže se mohou opírat o stůl, mohou držet součástky před obličejem. Avšak žádná z již zvednutých součástí by neměla být vrácena zpět na podložku. Měření času končí, když je poslední matice přišroubována na poslední šroubek (tak, že vrchol šroubku je v úrovni povrchu matice). Testovaný provádí dva pokusy. Jako výsledný testový skóre se bere lepší z těchto dvou pokusů. Ukázka a procvičení jsou stejné jako v MABC-2.

### **Úloha grafomotorické rychlosti (MD 3):**

#### *Pomůcky:*

- Stopky
- Propiska
- Záznamový arch (na každém řádku je deset kruhů a uvnitř každého kruhu je další menší kruh. Průměr vnějšího kruhu je 1cm a průměr vnitřního kruhu je 0,5cm)

#### *Výchozí podmínky*

- Záznamový arch je umístěn před testovaného
- Testovaný drží propisku a čeká na signál

#### *Popis úlohy*

Testovaný na signál začíná co nejrychleji zaškrťovat vnitřní kruh křížkem ve tvaru písmene "X". Tento symbol musí protínat vnitřní kruh na čtyřech místech a zároveň žádná z jeho částí nesmí přesahovat vnější kruh. Tuto úlohu provádí testovaný po dobu 1 min. Výsledkem je počet správně zaškrtnutých kruhů. Testovaný provádí dva pokusy. Jako výsledný testový skóre se bere lepší z těchto dvou pokusů. Na ukázkou a procvičení testující předvede správné zaškrtnutí na 5 kruzích a dalších 5 kruhů testovaný zaškrtně sám. Při ukázce se zdůrazní správné provedení zaškrtnutí.

Záznamový arch pro úlohy grafomotorické rychlosti (zmenšená velikost)



## Příloha 2. Popis testových úloh házení a chytání

### **Úloha chytání jednou rukou (AC 1)**

#### *Pomůcky:*

- Tenisový míček
- Svislá páska nalepená na zdi
- Barevná páska

#### *Výchozí podmínky*

- Testuje se ve volném prostoru bez překážek
- Páska 2,5 m od stěny
- Páska na zdi. Páska je umístěna svisle dolů. Testovaný stojí středem těla k pásce

#### *Popis úlohy*

Testovaný hází míček na zeď a pokouší se po odrazu od zdi chytat míček bez dopadu na zem jednou rukou. Míček by měl být házen střídavě na pravou a levou část stěny, které jsou oddělené páskou na zdi. Testovaný provádí 12 pokusů. Za úspěšný pokus se považuje, pokud míček dopadne na zeď do vymezeného prostoru a testovaný míček posléze zachytí jednou rukou. Výsledný testový skór je počet úspěšně provedených pokusů. Testují se obě ruce. Jako ukázkou a procvičení testovaný provede 5 pokusů. Při procvičení se zdůrazní pořadí sektorů, kam má testovaný házet míček.

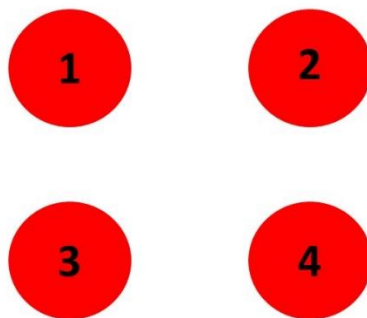
## Úloha házení na terč (AC 2)

### *Pomůcky:*

- Tenisový míček
- 4 červené terče na zdi
- Barevná páska

### *Výchozí podmínky*

- Testuje se ve volném prostoru bez překážek
- Páska 2,5 m a 3 m od stěny
- Čtyři terče bezpečně uchycené na zdi tak, že středy terčů tvoří vrcholy čtverce. Vzdálenost středů terčů je 50 cm. Střed tohoto čtverce je ve výšce hlavy testovaného



### *Popis úlohy*

Testovaný hází míček na zeď a pokouší se zasáhnout terče v daném pořadí. Pořadí trefovaných terčů je 1,2,3,4,1,4,3,2,4,2,1,3,1,3,2,4 (viz výše), ze dvou odlišných vzdáleností (po 4 pokusech se mění vzdálenost). Doporučuje se házení vrchem, házení obouruč se však nepenalizuje. Míček se nemusí po odrazu od zdi chytat. Testovaný provádí 16 pokusů, na každý terč tak míří 4x. Za úspěšný pokus se považuje, pokud míček zasáhne patřičný terč. Výsledný testový skór je počet úspěšně provedených pokusů. Při ukázce se zdůrazní, aby testovaný stál za páskou, házel pouze jednou rukou avšak jakýmkoliv způsobem resp. horem nebo spodem. Na procvičení má testovaný 5 pokusů. Při procvičení se zdůrazní pořadí terčů, které má testovaný zasáhnout.

### Příloha 3. Popis testových úloh rovnováhy

#### **Úloha stoje na dvou deskách (Bal 1)**

##### *Pomůcky:*

- Stopky
- 2 modré balanční desky
- Dítě musí mít sportovní obuv nebo boty do tělocvičny

##### *Výchozí podmínky*

- Testuje se ve volném prostoru bez překážek, na neklouzavém povrchu, na kterém jsou umístěny balanční desky (mohou se použít podlahové podložky)
- Spojit balanční desky tak, aby se kolíčky na koncích spojily do správné polohy
- Úzké pruhy na desce směřují vzhůru

##### *Popis úlohy*

Testovaný balancuje na hraně desky 30 sekund tak, že špičku jedné nohy má těsně za patou druhé nohy. Čas měření začíná, jakmile dítě zaujme rovnovážnou polohu. Měření končí ihned, jakmile dojde k chybě. Za chybu se považuje, když se jedna noha zvedne z desky, strana chodidla se dotkne základu desky nebo se testovaný dotkne jinou částí těla země či jiné opory. Testovaný provádí dva pokusy. Pokud v prvním pokusu dosáhne maximálního možného testového skóre, tak druhý pokus neprovádí. Jako výsledný skór se bere lepší ze dvou pokusů. Při ukázce a procvičení vysvětlíme, jak si co nejlépe stoupnout na desku a zaujmout rovnovážnou pozici. Toho docílíme tak, že nejprve na zadní desku umístíme nohu s větší vahou těla a poté umístíme na přední desku druhou nohu. Testovaný může k balancování používat ruce, pokud je to nezbytné. Testovaný má jeden cvičný pokus trvající 15 sekund.

## Úloha stoje spojného bez zrakové kontroly (Bal 2)

### *Pomůcky:*

- Stopky
- Páska
- Testovaný musí mít sportovní obuv nebo boty do tělocvičny

### *Výchozí podmínky*

- Testuje se ve volném prostoru bez překážek, na neklouzavém povrchu, na zemi je nalepená páska (1 m)

### *Popis úlohy*

Testovaný se snaží udržet 30 sekund rovnováhu se zavřenýma očima v pozici, že špičku jedné nohy má těsně za patou druhé nohy a oběma nohama stojí na čáře. Ruce jsou v bok. Čas měření začíná, jakmile testovaný zaujme rovnovážnou polohu. Měření končí ihned, jakmile dojde k chybě. Za chybu se považuje, když se jedna noha zvedne z čáry, obě chodidla se přestanou dotýkat čáry, testovaný otevře oči nebo se testovaný dotkne jinou částí těla země či jiné opory. Testovaný provádí dva pokusy. Pokud v prvním pokusu dosáhne maximálního možného skóre, tak druhý pokus neprovádí. Jako výsledný testový skór se bere lepší ze dvou pokusů. Na procvičení má jeden cvičný pokus trvajících 15 sekund.

## Úloha přeskoky se stabilizací (Bal 3)

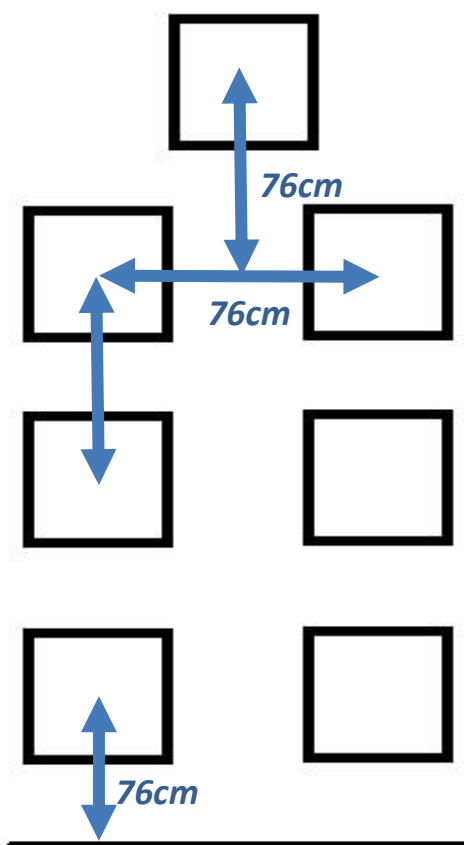
### Pomůcky:

- 7 podložek na podlahu: 3 žluté, 3 modré a 1 s terčem

### Výchozí podmínky

- 7 podložek se umístí na podlahu podle uvedeného schématu, viz níže. Středů desek jsou od sebe vzdáleny 76 cm. Startovní čára je vzdálena od středu prvních desek také 76 cm

- Krátké strany podložek by měly směřovat k testovanému



### Popis úlohy

Testovaný startuje ze stoje na jedné noze ze startovní čáry. Testovaný provádí přeskoky z pravé nohy na levou po podložkách. Přeskoky jsou prováděny pouze na špičce nohy. Po každém doskočení musí testovaný nabýt rovnovážné kontrolované postavení a vydržet 5 s. Pokud testovaný ztrácí rovnováhu, může přeskočit na další podložku dříve. Pokus se ukončuje, pokud se testovaný dotkne



patnou země, skočí mimo podložku nebo se dotkne země nestojnou nohou či jinou částí těla. Testovaný by neměl na podložce záměrně poskakovat, ale poskočení při stabilizaci se nepenalizuje. Výsledné testové skóre je počet bodů rovných času, plus 5 bodů za dokončení celé dráhy. Testovaný provádí dva pokusy. Pokud v prvním pokusu dosáhne maximálního možného skóre, tak druhý pokus neprovádí. Jako výsledný testový skór se bere lepší ze dvou pokusů. V rámci procvičení si testovaný vyzkouší přeskok na 4 desky.