

POHYBOVÁ KOORDINACE A ZPRACOVÁNÍ VIZUÁLNÍCH INFORMACÍ U STUDENTŮ STŘEDNÍCH ŠKOL S RIZIKEM VÝVOJOVÉ PORUCHY POHYBOVÉ KOORDINACE: DVOULETÁ STUDIE

Rudolf Psotta¹, Jan Kraus²

¹*Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého, Olomouc, Česká republika*

²*Lékařská fakulta, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika*

Předloženo v listopadu 2014

VÝCHODISKA: Vývojovou poruchu pohybové koordinace u dětí (DCD) charakterizuje podstatně nižší úroveň pohybových dovedností, než by se očekávala vzhledem k věku. Tento deficit může přinášet negativní dopady na psychosociální vývoj dítěte a úspěšnost ve školním vzdělávání. Jen několik studií poskytuje důkazy o přetrvávání obtíží v motorické koordinaci až do střední a pozdní adolescence. Ačkoli se DCD považuje za heterogenní syndrom, zdá se, že tento deficit je nejčastěji spojen s problémy ve zpracování vizuálních informací.

CÍL: Prvním cílem studie bylo prozkoumat, jak může být podprůměrná úroveň motorické koordinace u adolescentů spojena s funkcí pro zpracování vizuálních informací. Druhým cílem bylo zjistit možné vývojové změny zhoršené pohybové koordinace a prozkoumat, zda její perzistence nebo naopak její zmírnění během adolescentního období může být spojeno s úrovní zpracování vizuálních informací jedinců.

METODIKA: V první fázi studie byl u studentů středních škol a učilišť s podprůměrnou úrovní motorické koordinace ($n = 52$) identifikovanou testem MABC-2 (Henderson, Sugden, & Barnett, 2007) analyzován vztah této koordinace se schopností zpracovat vizuální informace. Tato schopnost byla hodnocena testy jednoduché a výběrové reakce na vizuální podněty (zařízení FitRO Reaction Check). Současně byl použit test pozornosti d2. V druhé fázi studie byli studenti s mírnými až významnými motorickými obtížemi ($n = 34$) opakovaně testováni dva roky po vstupním testování pro hodnocení změn motorické

koordinace a možnou souvislost těchto změn s úrovní schopnosti zpracovat vizuální informace.

VÝSLEDKY: Podprůměrná úroveň pohybové koordinace korelovala s některými ukazateli výběrové reakce s determinací R^2 9–15 %, zatímco úroveň selektivní pozornosti a tělesný růst adolescentů se neprokázaly jako významné faktory motorických dovedností. U 18 jedinců ze 34 byla za dva roky zjištěna redukce motorických obtíží, u zbývajících jedinců jejich perzistence. U adolescentních mužů a žen s redukcí motorických obtíží byly zjištěny klinicky významné (velikost efektu) a/nebo statisticky významné rozdíly a časové změny některých ukazatelů kapacity pro zpracování vizuálních informací ve srovnání s jedinci s perzistencí motorických obtíží.

ZÁVĚR: Tato studie je první, která se pokusila popsat možný vývoj motorické koordinace u adolescentů s rizikem DCD v kratším vývojovém období. V průběhu adolescence může docházet ke zmírnění deficitu v motorické koordinaci. Zdá se, že přetrvání tohoto deficitu u adolescentů se může spojit s méně účinným výběrem motorické odpovědi spíše než s deficitem v senzoricke registraci podnětu.

Klíčová slova: motorika, vývoj, pedagogická psychologie, škola, pohybová dovednost.

ÚVOD

Vývojovou poruchu pohybové koordinace u dětí (Developmental Coordination Disorder – DCD) charakterizuje podstatně nižší úroveň provedení a osvojování pohybových dovedností, než by se očekávala vzhledem k věku a příležitostem pro jejich provádění a učení (American Psychiatric Association, 2013). Tento deficit přitom není způsoben nižším intelektem, jinými neurologickými poruchami, tělesným postižením či jinými onemocněními (APA, 2013). Tato porucha narušuje vykonávání denních a školních pohybových činností a pohybových aktivit ve volném čase.

Většina studií o DCD se zaměřila na školní děti. Důvodem je pozorované snižování výskytu DCD s věkem, ale také dřívější názor, že zhoršená pohybová koordinace u dětí obvykle dozraje k normální úrovni během dětství či do počátku adolescence (např. Cantell, Smyth, & Ahonen, 2003; Hall, 1988). Nicméně následné studie (viz přehled Cantell & Kooistra, 2002), a jiné práce (Cantell et al., 2003; Kirby, Sugden, Beveridge, & Edwards, 2008) poskytly důkazy

o přetrvávání obtíží v motorické koordinaci až do střední a pozdní adolescence se 32–87% pravděpodobností. Je zřejmé, že vývoj DCD je značně variabilní a může přetrvávat do adolescence a dospělosti (Cousins & Smyth, 2003; Kirby et al., 2008; Missiuna, Moll, King, Stewart, & Macdonald, 2008).

Navzdory možným kompenzacím zhoršených pohybových dovedností byl u adolescentů a mladých dospělých pozorován horší výkon v úlohách, které vyžadují jemnou a hrubou vizuomotorickou koordinaci jako je řízení auta, psaní, chytání předmětů a konstrukční úlohy (Cousins & Smyth, 2003; Kirby et al., 2008; Missiuna et al., 2008). U jedinců těchto věkových období byly rovněž zjištěny problémy s udržením zaměstnání, ačkoli měli akademické vzdělání, problémy v sociální interakci a obtíže v exekutivních funkcích (Cousins & Smyth, 2003; Kirby, Edwards, & Sugden, 2011; Kirby et al., 2008). Přesto se dosud neví, jak se zhoršená motorická koordinace vyvíjí během adolescence, která je obdobím konečného neurokognitivního dozrávání, nebo přesněji, jaké senzomotorické funkce podmiňují redukci či naopak přetrvávání motorických obtíží.

Současné studie potvrzují pohled na DCD jako heterogenní syndrom, který může být podložen různými problémy jako jsou deficity v percepčním nebo kognitivním zpracování informací (Sigmundsson, Hansen, & Talcott, 2003; Van Waelvelde, De Weerd, De Cock, & Smits-Engelsman, 2004), percepčně motorické integraci (Van Waelvelde et al., 2004; Williams, 2002), plánování pohybu (Gheysen, Van Waelvelde, & Fias, 2011; van Mier, Hulstijn, & Meulenbroek, 1994) nebo vykonávání, resp. řízení pohybové akce (Van Waelvelde et al., 2004).

Přesto metaanalýza Wilsona a McKenzieho (1998), která zahrнула 50 studií s 5–16letými dětmi s DCD odhalila, že deficity ve zpracování vizuálních informací jsou nejobvyklejšími problémy, které doprovázejí zhoršenou motorickou koordinaci. To podporují nálezy generalizované vizuální dysfunkce (Macnab, Miller, & Polatajko, 2001; Sigmundsson et al., 2003), zhoršeného vizuálního nemotorického vnímání (Tsai, Wilson, & Wu, 2008), zhoršené vizuální citlivosti (Sigmundsson et al., 2003), a problémy se zrakovou kontrolou pohybů (Cheng, Ju, Chang, Chen, Pei, Tseng, & Cheng, 2014; Tsai & Wu, 2008; Van Waelvelde et al., 2004) u dětí s DCD. U dětí s DCD byly určité odchylky v senzorickém a vizuomotorickém zpracování doprovázeny i odlišnostmi na centrální neurální úrovni, konkrétně nálezy odlišné aktivace oblastí mozku spojených s těmito procesy (Zwicker, Missiuna, Harris, & Boyd, 2010). Ve vztahu k problému DCD u adolescentů je zajímavá domněnka, že právě dysfunkce ve vizuomotorické integraci má tendenci přetrvávat s věkem (Cantell, Ahonen, & Smyth, 1994; Cantell et al., 2003).

Vzhledem k výše uvedeným nálezům je otevřená otázka, jak obtíže v motorické koordinaci a jejich přetrvávání či naopak jejich zmírnění v průběhu

adolescence mohou být spojeny s úrovní zpracování vizuálních informací. V souladu s kognitivním modelem řízení pohybu (např. Schmidt & Lee, 2011) lze kvalitu zpracování informací posuzovat podle doby jednoduché a výběrové reakce (SRT, CRT), kterou jedinec dosáhne v úloze pohybových odpovědí na podněty dané modalitě. Zatímco SRT zahrnuje dobu potřebnou pro registraci podnětu a naprogramování odpovědi, CRT navíc odráží proces identifikace podnětu a výběru motorické odpovědi (Schmidt & Lee, 2011; Karrer, 1986). Kromě reakční doby se jako užitečný ukazatel schopnosti zpracovat informaci jeví intraindividuální variabilita doby reakce, zvláště u jedinců s poruchami neurálního vývoje (Dykiert, Der, Starr, & Deary, 2012; Russell, Oades, Tannock, Killeen, Auerbach, Johansen, & Sagvolden, 2006). Některé studie uvedly pomalejší motorickou reakci na zrakové podněty u prepubertálních dětí s DCD (Henderson, Rose, & Henderson, 1992; O'Brien, Williams, Bundy, Lyons, & Mittal, 2008; Raynor, 1998; Smyth, 1991) a dospělých s DCD (Cousins & Smyth, 2003) ve srovnání s jejich vrstevníky s normálním vývojem motoriky. Nicméně nejsou dosud žádné poznatky o spojení mezi zhoršenou motorickou koordinací a úrovní zpracování zrakových informací u adolescentů. Proto prvním cílem studie byl prozkoumat, jak podprůměrná úroveň motorické koordinace může být spojena s kapacitou pro zpracování vizuálních informací. Druhým cílem bylo odhalit vývoj zhoršené pohybové koordinace a zjistit, zda její setrvání (perzistence) či zmírnění během dvouletého adolescentního období může být spojeno s úrovní zpracování vizuálních informací.

METODIKA

Účastníci

V první fázi byli požádáni třídní učitelé a učitelé tělesné výchovy dvou odborných učilišť a tří gymnázií ve spolupráci se školními psychology, aby určili studenty/ky, kteří/které podle jejich odborného posouzení vykazují nízkou úroveň pohybové koordinace. Vylučovacími kritérii pro zařazení do studie byly studenti/ky s tělesným nebo mentálním oslabením a postižením, jiným neurologickým onemocněním nebo motorickými obtížemi způsobenými jinými zdravotními problémy.

Ze studentů/tek vybraných na základě screeningu (viz výše) včetně studentů/tek s již dříve diagnostikovaným opožděným motorickým vývojem (jedinci s normálním IQ) byla na základě dosaženého celkového testového skóru $TTS \leq 9$ bodů (tj. ≤ 37 . procentil) v testu motoriky pro děti MABC-2 (test MABC-2) (Henderson, Sugden, & Barnett, 2007) vytvořena skupina adolescen-

tů s podprůměrnou úrovní motorické koordinace (TTS¹⁻⁹ group; $n = 52$, 37 studentů, $16,9 \pm 0,8$ roků, a 15 studentek, $16,6 \pm 0,6$ roků).

Studie byla provedena v rámci výzkumu, který byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Studie byla provedena v souladu s Helsinskou deklarací. Testování studentů bylo provedeno na základě získání informovaného souhlasu vedení škol, těchto studentů a jejich zákonných zástupců.

METODY

Hodnocení pohybové koordinace – test MABC-2

Pro vytvoření skupiny TTS¹⁻⁹ byli studenti/ky vybráni na základě prvního screeningu testování testem MABC-2, věkovou verzí AB3 (Henderson, Sugden, & Barnett, 2014). Byly dodrženy podmínky a způsob administrace testu podle příručky pro uživatele (Henderson et al., 2014). Z výsledků testování byl vypočten celkový testový skóre (TTS), a dále komponenty manuální dovednosti (jemná motorická koordinace), míření a chytání (hrubá motorická koordinace) a rovnováha. Převod položkových hrubých skóre na věkově normované standardní skóre, a převod komponentních skóre a TTS na standardní skóre na 19ti bodové škále s $M \pm SD$ 10 ± 3 bodů byly provedeny podle norem pro českou populaci (Psotta, in Henderson et al., 2014).

Hodnocení zpracování vizuálních informací

Schopnost zpracovat vizuální informace byla u studentů hodnocena reakční dobou dosaženou v testu jednoduché reakce (SRT test) a testech dvou, tří a čtyřvýběrové reakce (2-CRT, 3-CRT a 4-CRT test). Tyto testy byly provedeny na počítačově řízeném reaktometru FiTRO Reaction Check (Fitronic, s. r. o., Bratislava, Slovakia), s tlačítka (75×75 mm) spojenými k počítači přes interface (Zemková & Hamar, 2009).

Každý student vykonal čtyři typy reakčních testů v náhodném pořadí s intervalem odpočinku 5 min. mezi jednotlivými testy. Každý test obsahoval dvě série 20 reakčních pokusů s intervalem odpočinku 1 min. mezi těmito sériemi. Úkolem každého studenta bylo reagovat co nejrychleji správnou odpovědí na každý vizuální podnět, který se objeví na obrazovce velikosti 380×210 mm, a to stisknutím příslušného tlačítka. Podněty byly geometrické tvary červené barvy na bílém pozadí – kruh pro SRT test, kruh a křížek pro 2-CRT test, kruh, křížek a čtverec pro 3-CRT test, a kruh, křížek, čtverec a trojúhelník pro 4-CRT test.

Podněty generoval software v náhodném pořadí se stejnou pravděpodobností, v náhodných intervalech v rozmezí 100–3000 ms po stisknutí tlačítka na předcházející podnět. Nesprávné odpovědi nebyly akceptovány, tj. doba reakce byla měřena do doby okamžiku stisknutí tlačítka určeného pro daný typ podnětu.

Pro SRT test ovládali studenti tlačítko ukazovákem preferované ruky (ruky, kterou uváděli jako píšící). Pro CRT testy byla tlačítka umístěna na stole v řadě ve vzdálenosti 20 cm od vnitřních stran dvou sousedících tlačítek. Ve 2-CRT a 4-CRT testech bylo jedno, resp. dvě tlačítka ovládána pravým a levým ukazovákem, v případě 4-CRT testu další dvě tlačítka pravým, resp. levým prostředníkem. V 3-CRT testu byla dvě tlačítka ovládána ukazovákem a prostředníkem preferované ruky a třetí tlačítko ukazovákem nepreferované ruky. Před každým testem obdržel každý student slovní instrukci a provedl deset procvičovacích pokusů.

V souladu se studiemi, které ověřovaly zařízení FiTRO Reaction Check (Zemková & Hamar, 2009), byla výsledná reakční doba (ms) vypočtena jako průměr a medián ze 16 nejkratších dob reakce dosažených v lepší sérii. Navíc byly vypočteny poměry doby výběrových reakcí k době jednoduché reakce – 2-CRT/SRT, 3-CRT/SRT and 4-CRT/SRT jako ukazatelé rychlosti identifikace podnětu a výběru pohybové odpovědi. Intraindividuální variabilita (IIV) reakční doby byla určena jako variační koeficient CV (%) vypočtený ze všech 20 dob reakce dosažených v sérii s kratší průměrnou dobou.

Hodnocení selektivní pozornosti

Pro kontrolu možného vlivu selektivní pozornosti na výsledky reakčních testů byli studenti testováni testem pozornosti d2 (Brickenkamp & Zillmer, 2000, česká verze podle Balcara). Tento test je validní a vnitřně konzistentní neuropsychologickou zkouškou selektivní pozornosti a jejího udržení, rychlosti zrakového mapování a přesnosti (Bates & Lemay jr., 2004; Brickenkamp & Zillmer, 2000). Byly hodnoceny následující ukazatelé: 1) celkový počet zpracovaných znaků (CP) jako indikátor pozornostního úsilí; 2) celkový výkon (CV) jako ukazatel pozornostního úsilí vztaheného k vizuální přesnosti; 3) výkon soustředění (VS) jako ukazatel koncentrace pozornosti a vizuálního odlišení. Hrubé skóry každého ukazatele byly převedeny na věkově a pohlavně normované standardní skóry na škále 70–130 bodů s $M \pm SD$ 100 ± 10 bodů. Brickenkamp a Zillmer (2000) uvádějí spolehlivost použitých ukazatelů $r > ,90$.

Antropometrická měření

Pro kontrolu možného vlivu tělesného vývoje na pohybovou koordinaci byla u studentů měřena tělesná hmotnost (přístroj Tanita BF-350 analyzer, Tanita Corp., Japan) a tělesná výška (antropometr Leicester High Measure MK II, Leicester, Great Britain). Z obou parametrů byl vypočten body mass index (BMI) (kg/m^2).

Procedury

U skupiny studentů/tek TTS¹⁻⁹ byl proveden test MABC-2, čtyři testy reakce (viz výše), test pozornosti d2 a antropometrická měření. Testování probíhalo vždy v prostředí školy během jednoho testovacího dopoledne, v klidných místnostech uzpůsobených pro administraci jednotlivých testů. Test pozornosti d2 byl vždy proveden jako první, následovaný ostatními v náhodném pořadí.

Studenti/ky z TTS¹⁻⁹ skupiny, kteří/které dosáhli v testu MABC-2 TTS ≤ 7 bodů, tj. ≤ 15 . procentil, byli identifikováni jako v riziku DCD (rDCD) (Coleman, Piek, & Livesey, 2001; Johnson & Wade, 2009). Tato skupina zahrnovala dvě podskupiny v souladu s diagnostickou kategorizací úrovně motoriky podle Henderson et al. (2007): studenti/ky s mírnými motorickými obtížemi indikovanými TTS = 6–7 bodů, tj. 6.–15. procentil, a studenti/ky s významnými motorickými obtížemi s TTS ≤ 5 bodů, tj. ≤ 5 . procentil, ukazující na vysokou pravděpodobnost DCD. Skupina rDCD ($n = 34$) s 20 studenty ($17,4 \pm 0,7$ roků) a 14 studentkami ($17,4 \pm 0,7$ roků) byla za 24 měsíců znovu testována (čas 2). Časové uspořádání, podmínky a administrace testů v čase 2 byly shodné s prvním testováním. Testy provedli tři kvalifikovaní testující bez znalosti výsledků testu motorické koordinace.

Statistická analýza

Na základě Shapiro-Wilkova testu normality ($\alpha < ,05$) bylo zjištěno nenormální rozložení hodnot ve 44 % a 28 % hodnocených ukazatelů u studentů, resp. studentek. Proto byly použity neparametrické statistické testy – Spearmanův test pořadové korelace a Mann-Whitney U test pro hodnocení vztahů mezi TTS a vybranými ukazateli, resp. meziskupinových rozdílů ($\alpha < ,05$). Pro hodnocení intraskupinových rozdílů v čase se zjišťovala jejich klinická významnost pomocí velikosti účinku (koeficient d podle Cohena) s interpretací $d < 0,50$ jako malý účinek, $d = 0,50$ – $0,80$ jako střední účinek, a $d > 0,80$ jako velký účinek (Cohen, 1988), a statistická významnost Wilcoxonovým párovým testem ($\alpha < ,05$). Pro analýzu dat byl použit statistický program SPSS 21 (SPSS, Inc., Chicago, IL).

VÝSLEDKY

Vztah mezi motorickou koordinací a schopností zpracovat vizuální informace u skupiny TTS¹⁻⁹

Výsledky všech testů u skupiny TTS¹⁻⁹ uvádí Tabulka 1 a 2. TTS v testu MABC-2 test nevykázal významné korelace s antropometrickými ukazateli a ukazateli selektivní pozornosti u obou pohlaví. Z ukazatelů zpracování vizuálních informací významně koreloval s TTS 3-CRT, 3-CRT/SRT and 4-CRT/SRT a to u studentů (Tabulka 1).

Tabulka 1

Výsledky testu MABC-2, testů reakce, testu pozornosti d2 a antropometrických měření u studentů

Test	Ukazatel	M ± SD	Mdn	IQR	R _s	p
MABC-2	TTS (body)	6.1 ± 1.8	6	2		
Testy reakce	SRT (ms)	318 ± 34	320	37	0,076	,654
	IIV SRT (CV %)	19,0 ± 11,4	16.6	11,9	-0,135	,425
	2-CRT (ms)	480 ± 55	486	72	-0,096	,574
	2-CRT/SRT	1,51 ± 0,18	1.47	0,19	-0,106	,531
	IIV 2-CRT (CV %)	18,3 ± 7,7	9.14	11,0	-0,225	,180
	3-CRT (ms)	583 ± 94	576	89	-0,325*	,049*
	3-CRT/SRT	1,84 ± 0,28	1.81	0,30	-0,385*	,018*
	IIV 3-CRT (CV %)	18,3 ± 7,3	3.14	8,6	0,025	,888
	4-CRT (ms)	648 ± 89	663	151	-0,297	,074
	4-CRT/SRT	2,05 ± 0,33	2.3	0,44	-0,347*	,036*
	IIV 4-CRT (CV %)	19,9 ± 9,2	18.5	11,1	-0,111	,514
Test d2	CP (body)	106 ± 15	107	21	0,105	,536
	CV (body)	102 ± 15	102	21	0,168	,321
	VS (body)	99 ± 17	99	17	0,311	,061
Antropometrická měření	TH (kg)	82,5 ± 21,3	75	33,5	-0,015	,930
	TV (cm)	179,1 ± 8,4	180	11,1	0,111	,512
	BMI (kg · m ⁻²)	25,5 ± 6,0	24.6	10,3	-0,098	,564

Výsledky:

TTS = celkový testový skóre, SRT = doba jednoduché reakce, 2-CRT, 3-CRT a 4-CRT = doba reakce ve dvou, tří a čtyřvýběrovém reakčním testu, IIV = intraindividuální variabilita dané doby reakce, 2-CRT/SRT, 3-CRT/SRT a 4-CRT/SRT = doby výběrové reakce vztažené k době jednoduché reakce, CV (%) = variační koeficient, CP = celkový počet, CV = celkový výkon, VS = výkon v soustředění, TH = tělesná hmotnost, TV = tělesná výška, BMI = body mass index, $M \pm SD$ = průměr a směrodatná odchylka, Mdn = medián, IQR = interkvartilové rozpětí, R_s = Spearmanův korelační koeficient, p = hladina významnosti.

Tabulka 2

Výsledky testu MABC-2, testů reakce, testu pozornosti d2 a antropometrických měření u studentek

Test	Ukazatel	$M \pm SD$	Mdn	IQR	R_s	p
MABC-2	TTS (body)	$6,7 \pm 1,8$	7	3		
Testy reakce	SRT (ms)	371 ± 64	346	64	-0,145	,606
	IIV SRT (CV%)	$19,1 \pm 9,6$	16.5	7.2	0,183	,531
	2-CRT (ms)	523 ± 67	553	111	-0,022	,939
	2-CRT/SRT	$1,43 \pm 0,21$	1.40	0,31	-0,074	,792
	IIV 2-CRT (CV%)	$20,1 \pm 9,6$	20.1	19,6	-0,092	,755
	3-CRT (ms)	625 ± 89	621	134	-0,272	,327
	3-CRT/SRT	$1,70 \pm 0,23$	1.63	0,27	-0,185	,509
	IIV 3-CRT (CV%)	$21,0 \pm 8,5$	18.0	11,6	-0,329	,251
	4-CRT (ms)	681 ± 83	655	118	-0,392	,149
	4-CRT/SRT	$1,87 \pm 0,27$	1.89	0,32	-0,228	,413
	IIV 4-CRT (CV%)	$22,6 \pm 9,1$	21.5	9,6	0,165	,572
Test d2	CP (body)	107 ± 10	109	14	0,115	,684
	CV (body)	108 ± 10	110	15	0,142	,614
	VS (body)	112 ± 10	113	15	0,073	,797
Antropometrická měření	TH (kg)	$62,4 \pm 9,9$	61.2	5,1	-0,094	,738
	TV (cm)	$164,6 \pm 4,6$	164	7,0	0,256	,357
	BMI ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	$23,0 \pm 3,7$	23.0	3,0	-0,228	,413

Vysvětlivky:

TTS = celkový testový skóre, SRT = doba jednoduché reakce, 2-CRT, 3-CRT a 4-CRT = doba reakce ve dvou, tří a čtyřvýběrovém reakčním testu, IIV = intraindividuální variabilita dané doby reakce, 2-CRT/SRT, 3-CRT/SRT a 4-CRT/SRT = doby výběrové reakce vztažené k době jednoduché reakce, CV (%) = variační koeficient, CP = celkový počet, CV = celkový výkon, VS = výkon v soustředění, TH = tělesná hmotnost, TV = tělesná výška, BMI = body mass index, $M \pm SD$ = průměr a směrodatná odchylka, Mdn = medián, IQR = interkvartilové rozpětí, R_s = Spearmanův korelační koeficient, p = hladina významnosti.

Změny motorické koordinace u studentů

Z 20 studentů, kteří byli identifikováni v čase 1 jako jedinci v riziku DCD ($TTS \leq 7$ bodů), 13 studentů dosáhlo po dvou letech $TTS > 7$ bodů (skupina TTS^+). Toto zvýšení TTS bylo statisticky významné (Obrázek 1), stejně jako zvýšení komponenty manuální dovednosti (ze $6,9 \pm 2,4$ na $10,5 \pm 2,8$ bodů, $d = 1,38$, $p = ,003$) a míření a chytání ($z 8,2 \pm 1,9$ na $10,4 \pm 1,5$ bodů, $d = 1,29$, $p = ,008$). Rovnováha se však změnila jen s malým efektem ($z 7,9 \pm 2,1$ na $8,4 \pm 1,6$ bodů, $d = 0,27$).

Sedm studentů zůstalo v riziku DCD, když jejich TTS byl v čase 2 nadále nižší než 8 bodů (skupina TTS^-). Přesto se TTS pozitivně změnil s velkým účinkem, nicméně bez statistické významnosti (Obrázek 1). Tato změna TTS byl doprovázena významným zvýšením úrovně manuální dovednosti ($z 5,3 \pm 2,1$ na $7,0 \pm 2,7$ bodů, $d = 0,71$, $p = ,043$), ale malým účinkem na úroveň míření a chytání, a rovnováhy ($z 8,6 \pm 3,3$ na $8,4 \pm 2,7$ bodů; $d = 0,07$; a $z 5,1 \pm 1,7$ na $6,1 \pm 2,4$ bodů, $d = 0,49$).

Změny motorické koordinace u studentek

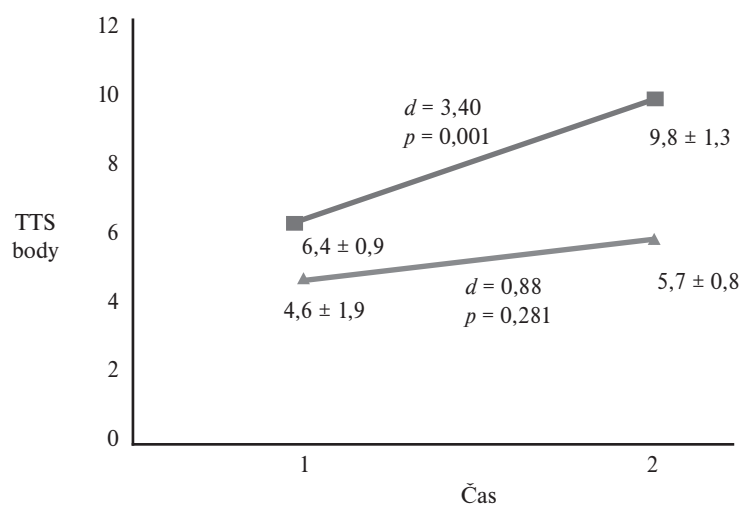
Ze 14 studentek, které byly v čase 1 identifikovány jako v riziku DCD, pouze pět posunulo v čase 2 své TTS nad 7 bodů, které tak indikoval zlepšení motorické koordinace (skupina TTS^+) (Obrázek 2). Současně byl v čase 2 nalezen velký pozitivní efekt času na všechny motorické komponenty, i když se statistickou významností pouze u rovnováhy – manuální dovednost ($z 7,2 \pm 3,5$ na $11,6 \pm 2,1$ bodů ($d = 1,57$, $p = ,068$), míření a chytání ($z 8,0 \pm 1,9$ na $9,6 \pm 2,0$ bodů ($d = 0,82$, $p = ,361$), a rovnováha ($z 6,4 \pm 1,2$ na $9,0 \pm 1,3$ bodů ($d = 2,08$, $p = ,041$).

Devět studentek zůstalo po dvou letech v riziku DCD ($TTS \leq 7$ bodů) (skupina TTS^-), i když se jejich TTS zvýšilo se středním efektem (Obrázek 2) stejně jako manuální dovednost ($z 7,3 \pm 2,5$ na $8,9 \pm 2,1$ bodů ($d = 0,70$, $p = ,173$). Nicméně komponenta míření a chytání, a rovnováha se změnily s malým efektem

z $5,7 \pm 2,4$ na $5,9 \pm 2,9$ bodů, $d = 0,08$, resp. z $6,0 \pm 1,7$ na $6,7 \pm 2,2$ bodů; $d = 0,36$).

Obrázek 1.

Celkový testový skóre TTS jako ukazatel motorické koordinace v prvním testování a v opakovaném testování po dvou letech u studentů s redukcí motorických obtíží (skupiny TTS⁺) a studentů s perzistencí rizika DCD (skupiny TTS⁻)

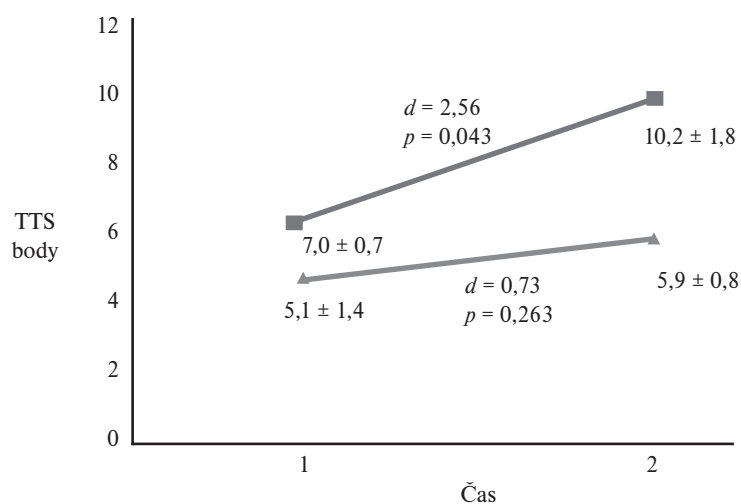


Výsvětlivky:

TTS = celkový testový skóre, d = Cohenův koeficient účinku, p = hladina významnosti Wilcoxonova párového testu ($\alpha = 0.05$), čtverec = studenti s redukcí motorických obtíží (skupina TTS⁺), kosočtverec = studenti s perzistencí rizika DCD (skupina TTS⁻).

Obrázek 2.

Celkový testový skóre TTS jako ukazatel motorické koordinace v prvním měření a v opakovaném měření po dvou letech u studentek s redukcí motorických obtíží (skupiny TTS⁺) a studentek s perzistencí rizika DCD (skupiny TTS⁻)



Vysvětlivky:

TTS = celkový testový skóre, d = Cohenův koeficient účinku, p = hladina významnosti Wilcoxonova párového testu ($\alpha = 0.05$), čtverec = studentky s redukcí motorických obtíží (skupina TTS⁺), kosočtverec = studentky s perzistencí rizika DCD (skupina TTS⁻).

Změny ve schopnosti zpracovat vizuální informace u studentů

Ve srovnání se skupinou studentů TTS⁻, skupina studentů TTS⁺ měla v čase 1 kratší 3-CRT, a nižší poměr 3-CRT/SRT a IIV 4-CRT (% CV) a to se středním efektem ($d = 0,50$, $p = ,102$; $d = 0,63$, $p = ,154$; resp. $d = 0,70$, $p = ,741$), a IIV SRT s velkým efektem skupiny ($d = 0,83$, $p = ,698$).

U skupiny studentů TTS⁺ byl zjištěn v čase 2 střední pozitivní účinek času na 2-CRT a 2-CRT/SRT, i když bez statistické významnosti (Tabulka 3), nicméně se projevil v nižším poměru 2-RT/SRT ve srovnání se skupinou studentů TTS⁻ v čase 2 ($d = 0,99$, $p = ,132$). Zbývající ukazatelé zpracování informací se u studentů TTS⁺ za dva roky významně nezměnily (Tabulka 3).

Studenti TTS⁻ ukázali významné zkrácení SRT ($p < ,05$), ale jejich 3-CRT, 4-CRT se prodloužily a poměry 2-CRT/SRT a 4-CRT/SRT zvýšily se středním efektem (Tabulka 4). V důsledku toho se meziskupinový rozdíl v 3-CRT prohloubil ze středního na velký efekt v čase 2 ($d = 1,09$, $p = ,057$).

Tabulka 3

Výsledky testů v prvním testování (v čase 1) a v opakovaném testování po dvou letech (v čase 2) a významnost jejich změn u studentů s redukcí motorických obtíží (skupiny TTS⁺)

Test	Ukazatel	Čas 1		Čas 2		d	W-test (p)
		M ± SD	Mdn	M ± SD	Mdn		
Testy reakce	Věk (roky)	17,4 ± 0,6	17,4				
	SRT (ms)	329 ± 24	333	330 ± 53	309	0,03	,552
	IIV SRT (CV%)	12,4 ± 5,3		17,0 ± 6,7		0,78*	,064
	2-CRT (ms)	488 ± 68	471	447 ± 70	451	0,59*	,075
	2-CRT/SRT	1,48 ± 0,20	1,47	1,37 ± 0,22	1,46	0,52*	,074
	IIV 2-CRT (CV%)	13,9 ± 6,8		15,6 ± 5,3		0,28	,279
	3-CRT (ms)	534 ± 95	552	536 ± 88	502	0,02	,263
	3-CRT/SRT	1,65 ± 0,34	1,63	1,72 ± 0,28	1,70	0,23	,861
	IIV 3-CRT (CV%)	14,2 ± 4,1		16,5 ± 6,0		0,46	,382
	4-CRT (ms)	633 ± 108	593	610 ± 104	579	0,22	,124
	4-CRT/SRT	1,93 ± 0,33	1,83	1,88 ± 0,40	1,77	0,14	,807
	IIV 4-CRT (CV%)	14,1 ± 5,4		18,0 ± 5,1		0,75*	,259
Test d2	CP (body)	105 ± 19	107	105 ± 17	103	0	,530
	CV (body)	100 ± 20	102	104 ± 18	106	0,22	,142
	VS (body)	105 ± 21	112	111 ± 19	118	0,36	,071
Antropo- metrická měření	TH (kg)	76,0 ± 23,7	67	75,8 ± 21,9	68	0,22	,477
	TV (cm)	179,8 ± 6,8	180	180,8 ± 6,8	180	0,15	,075
	BMI (kg · m ⁻²)	23,3 ± 6,5	20,7	22,9 ± 5,5	21,1	0,08	,657

Vysvětlivky:

TTS = celkový testový skór, SRT = doba jednoduché reakce, 2-CRT, 3-CRT a 4-CRT = doba reakce ve dvou, tří a čtyřvýběrovém reakčním testu, IIV = intraindividuální variabilita dané doby reakce, 2-CRT/SRT, 3-CRT/SRT a 4-CRT/SRT = doby výběrové reakce vztažené k době jednoduché reakce, CV (%) = variační koeficient, CP = celkový počet, CV = celkový výkon, VS = výkon v soustředění, TH = tělesná hmotnost, TV = tělesná výška, BMI = body mass index, M ± SD = průměr a směrodatná odchylka, Mdn = medián, d = Cohenův koeficient účinku: a – střední účinek, b – velký účinek, W-test (p) = hladina významnosti Wilcoxonova párového testu.

Tabulka 4

Výsledky testů v prvním testování (v čase 1) a v opakovaném testování po dvou letech (v čase 2) a významnost jejich změn u studentů s perzistencí motorických obtíží (skupiny TTS⁻)

Test	Ukazatel	Čas 1		Čas 2		d	W-test (p)
		M ± SD	Mdn	M ± SD	Mdn		
Testy reakce	Věk (roky)	17,2 ± 1,0	16,8				
	SRT (ms)	334 ± 50	326	296 ± 33	300	0,93*	,018*
	IIV SRT (CV%)	18,7 ± 11,9		17,7 ± 6,2		0,11	,866
	2-CRT (ms)	477 ± 59	490	470 ± 72	466	0,11	,735
	2-CRT/SRT	1,47 ± 0,14	1,44	1,60 ± 0,29	1,55	0,59*	,398
	IIV 2-CRT (CV%)	16,0 ± 4,1		18,6 ± 5,0		0,57*	,073
	3-CRT (ms)	586 ± 82	537	626 ± 72	607	0,52*	,176
	3-CRT/SRT	1,83 ± 0,17	1,85	1,90 ± 0,34	1,73	0,30	,866
	IIV 3-CRT (CV%)	13,5 ± 5,6		17,8 ± 9,4		0,57*	,098
	4-CRT (ms)	607 ± 84	570	656 ± 96	677	0,54*	,195
	4-CRT/SRT	1,89 ± 0,46	1,88	2,19 ± 0,48	2,21	0,64*	,091
	IIV 4-CRT (CV%)	18,4 ± 7,7		16,8 ± 7,4		0,21	,421
Test d2	CP (body)	108 ± 14	112	103 ± 13	97	0,38	,398
	CV (body)	102 ± 13	105	104 ± 13	101	0,15	,612
	VS (body)	94 ± 16	100	106 ± 15	105	0,77*	,043*
Antropo- metrická měření	TH (kg)	83,4 ± 20,7	85	84,9 ± 18,7	87	0,08	,499
	TV (cm)	179,1 ± 8,3	182,5	182,6 ± 5,8	184	0,50*	,106
	BMI (kg · m ⁻²)	26,0 ± 6,5	25,2	25,4 ± 5,5	21,1	0,03	,310

Výsvětlivky:

TTS = celkový testový skóre, SRT = doba jednoduché reakce, 2-CRT, 3-CRT a 4-CRT = doba reakce ve dvou, tří a čtyřvýběrovém reakčním testu, IIV = intraindividuální variabilita dané doby reakce, 2-CRT/SRT, 3-CRT/SRT a 4-CRT/SRT = doby výběrové reakce vztažené k době jednoduché reakce, CV (%) = variační koeficient, CP = celkový počet, CV = celkový výkon, VS = výkon v soustředění, TH = tělesná hmotnost, TV = tělesná výška, BMI = body mass index, M ± SD = průměr a směrodatná odchylka, Mdn = medián, d = Cohenův koeficient účinku: a – střední účinek, b – velký účinek, W-test (p) = hladina významnosti Wilcoxonova párového testu, * p < ,05.

Změny ve schopnosti zpracovat vizuální informace u studentek

Při srovnání se skupinou studentek TTS⁻ ukázala skupina studentek TTS⁺ v čase 1 kratší 2-CRT a 4-CRT, a nižší poměr 4-CRT/SRT a to s velkým účinkem skupiny ($d = 1,02$, $p = ,230$; $d = 1,10$, $p = ,062$; resp, $d = 1,04$, $p = ,142$). Navíc u studentek TTS⁺ bylo za dva roky zjištěno významné zkrácení SRT, 2-CRT a 4-CRT ($p < ,05$) (Tabulka 5), a snížení poměru 2-CRT/SRT a 4-CRT4/SRT se středním, resp. velkým časovým účinkem (Tabulka 5).

U skupiny studentek TTS⁻ nebyly zjištěny za dva roky žádné významné změny ukazatelů zpracování vizuálních informací, s výjimkou prodloužení 3-CRT a zvýšení 4-CRT/SRT a naopak snížení 2-CRT/SRT se středním efektem (Tabulka 6). U obou skupin studentek nebyl pozorován ani střední účinek času na intraindividuální variabilitu (IIV) dob reakce, s výjimkou poklesu IIV SRT u studentek TTS⁺ ($d = 0,92$), nicméně bez statistické významnosti (Tabulka 6).

Tabulka 5

Výsledky testů v prvním testování (v čase 1) a v opakovaném testování po dvou letech (v čase 2) a významnost jejich změn u studentek s redukcí motorických obtíží (skupiny TTS⁺)

Test	Ukazatel	Čas 1		Čas 2		d	W-test (p)
		M ± SD	Mdn	M ± SD	Mdn		
Testy reakce	Věk (roky)	17,0 ± 0,6	16,8				
	SRT (ms)	366 ± 30	338	330 ± 53	320	0,97*	,043*
	IIV SRT (CV%)	25,1 ± 12,7		21,4 ± 7,5		0,37	,345
	2-CRT (ms)	476 ± 40	491	436 ± 30	453	1,14*	,047*
	2-CRT/SRT	1,38 ± 0,12	1,40	1,33 ± 0,11	1,39	0,50*	,079
	IIV 2-CRT (CV%)	17,7 ± 6,4		19,9 ± 8,6		0,29	,686
	3-CRT (ms)	613 ± 54	598	529 ± 50	508	1,62*	,084
	3-CRT/SRT	1,61 ± 0,13	1,57	1,63 ± 0,21	1,56	0,13	,500
	IIV 3-CRT (CV%)	22,5 ± 5,9		21,5 ± 5,5		0,18	,547
	4-CRT (ms)	637 ± 54	654	578 ± 50	599	1,13*	,048*
	4-CRT/SRT	1,97 ± 0,27	1,94	1,77 ± 0,24	1,87	0,87*	,138
	IIV 4-CRT (CV%)	22,4 ± 3,0		24,3 ± 5,7		0,44	,611
Test d2	CP (body)	109 ± 11	113	111 ± 13	115	0,17	,465
	CV (body)	110 ± 12	114	112 ± 12	114	0,17	,572
	VS (body)	111 ± 11	113	117 ± 10	120	0,57	,080
Antropo- metrická měření	TH (kg)	58,2 ± 7,6	60	55,7 ± 7,1	60	0,34	,068
	TV (cm)	164,7 ± 6,6	165	164,6 ± 6,9	165	0,01	,593
	BMI (kg · m ⁻²)	21,4 ± 2,0	21,5	20,8 ± 2,5	19,9	0,27	,345

Vysvětlivky:

TTS = celkový testový skóre, SRT = doba jednoduché reakce, 2-CRT, 3-CRT a 4-CRT = doba reakce ve dvou, tří a čtyřvýběrovém reakčním testu, IIV = intraindividuální variabilita dané doby reakce, 2-CRT/SRT, 3-CRT/SRT a 4-CRT/SRT = doby výběrové reakce vztažené k době jednoduché reakce, CV (%) = variační koeficient, CP = celkový počet, CV = celkový výkon, VS = výkon v soustředění, TH = tělesná hmotnost, TV = tělesná výška, BMI = body mass index, M ± SD = průměr a směrodatná odchylka, Mdn = medián, d = Cohenův koeficient účinku: a - střední účinek, b - velký účinek, W-test (p) = hladina významnosti Wilcoxonova párového testu, * p < ,05.

Tabulka 6

Výsledky testů v prvním testování (v čase 1) a v opakovaném testování po dvou letech (v čase 2) a významnost jejich změn u studentek s perzistencí motorických obtíží (skupiny TTS⁻)

		Čas 1		Čas 2		d	W-test (p)
Test	Ukazatel	M ± SD	Mdn	M ± SD	Mdn		
Testy reakce	Věk (roky)	17,5 ± 0,6	17,7				
	SRT (ms)	353 ± 56	349	364 ± 70	320	0,22	,953
	IIV SRT (CV%)	16,1 ± 4,0		17,0 ± 5,5		0,19	,953
	2-CRT (ms)	525 ± 91	516	497 ± 49	507	0,17	,236
	2-CRT/SRT	1,49 ± 0,25	1,48	1,39 ± 0,16	1,38	0,51*	,441
	IIV 2-CRT (CV%)	19,6 ± 8,5		22,4 ± 10,1		0,30	,594
	3-CRT (ms)	601 ± 59	610	658 ± 85	665	0,79*	,095
	3-CRT/SRT	1,69 ± 0,21	1,64	1,72 ± 0,21	1,73	0,14	,906
	IIV 3-CRT (CV%)	22,2 ± 5,9		22,2 ± 8,4		0	,767
	4-CRT (ms)	698 ± 56	606	691 ± 71	699	0,11	,659
	4-CRT/SRT	1,71 ± 0,20	1,73	1,83 ± 0,23	1,87	0,56*	,358
	IIV 4-CRT (CV%)	21,1 ± 9,5		23,6 ± 6,0		0,32	,110
Test d2	CP (body)	104 ± 10	101	109 ± 11	110	0,48	,058
	CV (body)	105 ± 11	104	112 ± 12	113	0,61*	,124
	VS (body)	111 ± 11	111	116 ± 12	114	0,43	,327
Antropometrická měření	TH (kg)	62,7 ± 11,5	61	64,1 ± 12,7	60	0,12	,353
	TV (cm)	162,8 ± 3,4	162	162,8 ± 3,9	161,5	0	,864
	BMI (kg · m ⁻²)	23,7 ± 4,4	23,3	24,2 ± 4,9	23,1	0,11	,486

Vysvětlivky:

TTS = celkový testový skóre, SRT = doba jednoduché reakce, 2-CRT, 3-CRT a 4-CRT = doba reakce ve dvou, tří a čtyřvýběrovém reakčním testu, IIV = intraindividuální variabilita dané doby reakce, 2-CRT/SRT, 3-CRT/SRT a 4-CRT/SRT = doby výběrové reakce vztažené k době jednoduché reakce, CV (%) = variační koeficient, CP = celkový počet, CV = celkový výkon, VS = výkon v soustředění, TH = tělesná hmotnost, TV = tělesná výška, BMI = body mass index, M ± SD = průměr a směrodatná odchylka, Mdn = medián, d = Cohenův koeficient účinku: a – střední účinek, b – velký účinek, W-test (p) = hladina významnosti Wilcoxonova párového testu, * p < ,05.

Změny selektivní pozornosti a antropometrických ukazatelů u studentů a studentek

U skupin TTS⁺ a TTS⁻ obou pohlaví byly v čase 1 průměry a/nebo mediány všech tří ukazatelů selektivní pozornosti na průměrné nebo nadprůměrné populační úrovni (> 50. percentil) (Tabulka 3–6). U obou skupin studentů došlo ke staticky významnému zvýšení výkonu v soustředění (VS) (Tabulka 3–6). U antropometrických ukazatelů studentů i studentek nebyl zjištěn žádný statisticky významný meziskupinový rozdíl, ani významné změny v čase (Tabulka 3–6).

DISKUSE

Souvislost mezi podprůměrnou motorickou koordinací a schopností zpracovat vizuální informace

Významné korelace TTS s dobou reakce v testech tří a čtyřvýběrové reakce naznačily, že podprůměrná motorická koordinace může být v určité míře spojena se schopností zpracovat vizuální informace v kognitivně složitějších reakčních úlohách. Determinace R^2 poukázala, že 9–15 % rozptylu podprůměrné úrovně pohybové koordinace by mohlo být vysvětleno dobou nutnou pro komplexnější percepčně kognitivní operace, které vedou k pohybové odpovědi.

Užití tří a čtyřvýběrové reakční úlohy představovalo vyšší požadavky na identifikaci podnětu a výběru motorické odpovědi při srovnání s dvouvýběrovou reakční úlohou, a zvláště při srovnání s úlohou jednoduché reakce, v které nedochází k procesu výběru odpovědi (Schmidt & Lee, 2011), protože v ní jsou typ podnětu a motorická odpověď známy (Karrer, 1986). Výsledky studie u studentů tak naznačují, že slabší pohybová koordinace může do určité míry souviset s pomalejším zpracováním vizuálních informací, zvláště pak s pomalejším procesem identifikace podnětu a výběrem motorické odpovědi.

Je obtížné vysvětlit, proč výše uvedená zjištění u studentů nebyla prokázána u studentek. Jednou z příčin mohl být jejich menší počet. Nicméně platnost uvedených výsledků podporují validní měření dob reakce (RT) v užitých reakčních úlohách, jak ukazují zmenšující se přírůstky RT se zvyšováním počtu dvojic podnět–odpověď (S–R) v reakčních úlohách v souladu s Hick-Hymanovým zákonem (Seow, 2005). Procento zvýšení mediánu RT ve dvou, tří a čtyřvýběrové reakční úloze představovalo 152 %, 120 %, resp. 115 % u studentů, a 160 %, 122 %, resp. 105 % u studentek. Zadruhé, ve srovnání se studentkami, jejich mužští vrstevníci měli významně kratší SRT a 2-CRT ($d = 1,12$, $p = ,003$, resp. $d = 0,83$, $p = ,045$), a dále, menší intraindividuální variabilitu dob reakce ve tří

a čtyřvýběrové reakční úloze (viz Tabulka 3 a 4). Tyto nálezy jsou v souladu s důkazy rychlejší a méně proměnlivé jednoduché i výběrové reakce u mužů ve srovnání se ženami téměř v každé věkové skupině s výjimkou dětí (Der & Deary, 2006; Dykiert et al., 2012).

Průměrné a mediánové hodnoty ukazatelů selektivní vizuální pozornosti u studentů obou pohlaví odpovídaly průměrné až nadprůměrné úrovni populace stejného věku podle Brickenkampa a Zillmera (2000). Většina jedinců vykazala normální úroveň selektivní pozornosti, s výjimkou osmi studentů se sníženou koncentrací pozornosti ($VS \leq 15$. percentil). Výsledky ukázaly, že nižší úroveň motorické koordinace u studentů/tek nebyly zapříčiněny slabší selektivní pozorností. Nicméně z osmi studentů se zhoršenou koncentrací pozornosti ($VS \leq 15$. percentil) byly u pěti studentů současně zjištěny významné motorické obtíže ($TTS \leq 5$. percentil). Tento nálezy odpovídá uváděné komorbiditě ADHD s DCD u 30–50 % jedinců (Gillberg, 2003).

Změny zhoršené motorické koordinace a schopnosti zpracovat vizuální informace

Ze 14 jedinců s významnými motorickými obtížemi ($TTS \leq 5$. percentil) u tří (21 %) jedinců po dvou letech přetrvávaly tyto obtíže, u osmi (58 %) jedinců došlo ke zmírnění významných obtíží ($TTS 6.-15$. percentil), a pouze u tří (21 %) jedinců bylo pozorováno zlepšení koordinace k normální úrovni ($TTS > 15$. percentil). Výrazně vyšší, 75% pravděpodobnost redukce motorických problémů k normální úrovni koordinace byla zjištěna u studentů/tek s mírnými obtížemi identifikovanými v prvním měření. Zbývající dva jedinci setrvali v mírných motorických obtížích a tři dokonce „spadli“ do pásma významných motorických obtíží dva roky po prvním měření.

Z výše uvedených údajů vyplývá perzistence významných motorických obtíží u šesti jedinců, tj. 43 % všech zahrnutých do studie. Soorani-Lunsing, Hadders-Algra, Olinga, a Huisjes (1993) a Soorani-Lunsing, Hadders-Algra, Huisjes, a Touwen (1994) ve svých studiích uvedli snížení perzistence koordinačních problémů u dětí (původně identifikovaných v 6 letech věku) ze 17 % ve 12 letech na 5 % přetrvání ve 14 letech věku. To představuje 29 % perzistenci obtíží ve dvouletém intervalu. Ačkoli srovnání těchto nálezů s naší studií omezuje rozdílná definice motorických problémů a rozdílné diagnostické metody, jsou to jediné studie, které poskytují údaje o změnách pohybové koordinace v kratším vývojovém intervalu, na rozdíl od ostatních následných studií, které použily opakované testování po 4 až 10ti letech od počátečního screeningu (např. Cantell et al., 1994; Geuze & Bögger, 1993; Losse, Henderson, Elliman, Hall, Knight, & Jongsman, 1991). Zdá se, že během dvou roků adolescentního

období může docházet k redukci významných motorických obtíží s pravděpodobností, která se uváděla v následných studiích výhradně pro období mezi dětstvím a pubertou nebo mladší adolescencí. Výsledky studie také ukázaly rozdílné šance ve zdokonalení motorické koordinace u adolescentů s významnými a mírnými motorickými obtížemi. To vcelku koresponduje s předpokladem, že u dětí vážnější koordinační problémy přetrvávají (Cantell et al., 2003; Rasmussen & Gillberg, 2000).

Bylo zajímavé, že u čtyř ze šesti jedinců byl s perzistencí významných motorických obtíží také zjištěn současný výskyt zhoršené rovnováhy (≤ 5 . procentil). Cousins a Smyth (2003) registrovali problémy s rovnováhou u adolescentů s motorickými obtížemi. Ačkoli k rovnováze přispívá více mechanismů, zdá se, že deficit v řízení rovnováhy je spojen se slabším spojováním senzorických vstupů a motorických výstupů, pravděpodobně podloženým specifickými strukturálními deficity v mozečku (Geuze, 2005). Z tohoto důvodu mohou problémy s rovnováhou více přetrvávat.

Studie zkoumala, zda případné zmírnění motorických obtíží u adolescentů může souviset s úrovní a/nebo zráním schopnosti zpracovat vizuální informace pro motorickou odpověď. Tato otázka vyvstala z předpokladu, že v adolescentním období ještě pokračuje vývojové zdokonalování některých senzomotorických mechanismů včetně zpracování informací pro programování pohybové odpovědi (Quatman-Yates, Quatman, Meszaros, Paterno, & Hewett, 2012). Tento předpoklad podporují evidence zkracování doby jednoduché a výběrové vizuální reakce od dětství až do třetího decénia (Dykiert et al., 2012; Luchies, Schiffman, Richards, Thompson, Bazuin, & DeYoung, 2002).

Studenti s redukcí motorických obtíží měli s klinickou významností rychlejší zpracování vizuálních informací ve dvou ze tří úloh výběrové reakce po celou dobu dvouleté studie ve srovnání s vrstevníky stejného pohlaví, u kterých riziko DCD přetrvávalo. K tomu přispělo zkrácení 2-CRT a snížení poměru 2-CRT/SRT se středním efektem. Ve srovnání se studentkami s přetrvávajícím rizikem DCD měly studentky s motorickou koordinací zlepšenou k normální úrovni rychlejší reakce ve dvou až třech reakčních úlohách a to s velkým efektem za dva roky. Tyto příznaky rychlejšího zpracování informace byly doprovázeny statisticky významným zkrácením jak jednoduché, tak výběrové doby reakce s výjimkou doby reakce v trívýběrové reakční úloze.

Ačkoli ne všechny ukazatele rychlosti zpracování informace ukázaly shodné trendy ve skupinových rozdílech a změnách po dobu studie, výsledky naznačily, že přetrvání zhoršené motorické koordinace, resp. rizika DCD v období starší adolescence může být spojeno s nižší rychlostí zpracování vizuálních informa-

cí. Toto spojení přitom neovlivnil tělesný růst, ani úroveň selektivní pozornosti studentů/tek.

Skupiny obou pohlaví s perzistencí rizika DCD se nelišily v jednoduché době reakce ve srovnání s vrstevníky se zlepšující se motorickou koordinací, na rozdíl od doby reakce ve výběrových reakčních úlohách. Proto se zdá, že překážkou pro zrání pohybové koordinace u adolescentů může být problém v neuronálních mechanismech výběru motorické odpovědi nebo méně účinné spojování percepčních vstupů a motorických výstupů spíše než zhoršená senzorická registrace podnětu a jeho percepční identifikace. Již dříve se uvažovalo, že s věkem se značně vyvíjí právě rychlost výběru pohybové odpovědi spíše než kategorizace podnětů (Anderson, Nettelback, & Barlow, 1997).

Limitem studie by mohl být menší počet jedinců zahrnutých do výzkumu a užití testu MABC-2, protože studenti/ky dosáhli věku 17–19 let v době druhého testování. Tak by se mohlo uvažovat o možném nadhodnocení úrovně motorické koordinace u těchto jedinců. Na druhou stranu test MABC-2 je uznávanou a celosvětově používanou metodou ve výzkumu a pedagogicko-psychologické a klinické praxi, a má velmi dobrou validitu a reliabilitu (Henderson et al., 2007; Schulz, Henderson, Sugden, & Barnett, 2011). Pro studii bylo také podstatné, že jsou dostupné české normy (Henderson et al., 2014). Jejich užitím se vyloučila významná diagnostická zkreslení v důsledku sociálně kulturních rozdílů, které prokázaly naše nedávné studie (Psotta & Hendl, 2012; Psotta, Hendl, Frömel, & Lehnert, 2012).

ZÁVĚRY

Tato studie je první, která se pokusila popsat možný vývoj motorické koordinace u adolescentů s rizikem DCD v kratším vývojovém období. Zhoršená motorická koordinace se může pozitivně vyvíjet ještě v průběhu adolescentního období, nicméně závisí na tom, jak jsou senzomotorické problémy u daného jedince závažné a komplexní. Ukazuje se, že přetrvání deficitu v motorické koordinaci se může spojovat s méně účinným zpracováním vizuálních informací, specificky s pomalejším výběrem motorické odpovědi. Doby reakce zjištěné v úlohách vícevýběrových reakcí mohou být lepším prediktorem nízké úrovně motorické koordinace a rizika DCD než doba jednoduché reakce.

DEDIKACE

Studie byla realizována v rámci projektu P 407/11/0946 Grantové agentury České republiky.

REFERENČNÍ SEZNAM

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5™)* (5th ed.). Washington DC, London: American Psychiatric Publishing.
- Anderson, M., Nettelback, T., & Barlow, J. (1997). Reaction time measures of speed of processing: Speed of response selection increases with age but speed of stimulus categorization does not. *British Journal of Developmental Psychology*, 15(2), 145–157.
- Bates, M. E., & Lemay jr., E. P. (2004). The d2 test of attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(3), 392–400.
- Brickenkamp, R., & Zillmer, E. (2000). *d2 test of attention*. Praha: Testcentrum.
- Cantell, M. H., Ahonen, T. P., & Smyth, M. M. (1994). Clumsiness in adolescence: Educational, motor, and social outcomes of motor delay detected at 5 years. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 1, 115–129.
- Cantell, M., & Coistra, L. (2002). Long-term outcomes of developmental coordination disorder. In S. A. Cermak & D. Larkin (Eds.), *Developmental coordination disorder* (pp. 23–38). Albany: Delmar, Thomson Learning, Inc.
- Cantell, M. H., Smyth, M. M., & Ahonen, T. P. (2003). Two distinct pathways for developmental coordination disorder: persistence and resolution. *Human Movement Science*, 22(4–5), 413–431.
- Cheng, C., Ju, Y. Y., Chang, H. W., Chen, C. L., Pei, Y. C., Tseng, K. C., & Cheng, H. Y. (2014). Motor impairments screened by the Movement Assessment Battery for Children-2 are related to the visual-perceptual deficits in children with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 35(9), 2172–2179.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associated.
- Coleman, R., Piek, J. P., & Livesey, D. J. (2001). A longitudinal study of motor ability kinaesthetic acuity in young children at risk of developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 20(1–2), 95–110.
- Cousins, M., & Smyth, M. M. (2003). Developmental coordination impairments in adulthood. *Human Movement Science*, 22, 433–459.
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom health and lifestyle survey. *Psychology and Aging*, 21(1), 62–73.

- Dykiert, D., Der, G., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2012). Sex differences in reaction time mean and intraindividual variability across life the span. *Developmental Psychology*, 48(5), 1262–1276.
- Geuze, R., & B rger, H. (1993). Children who are clumsy: Five years later. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 10, 10–21.
- Geuze, R. (2005). Postural control in children with developmental coordination disorder. *Neural Plasticity*, 12(2–3), 183–196, 263–272.
- Gheysen, F., Van Waelvelde, H., & Fias, W. (2011). Impaired visuo-motor sequence learning in Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 749–756.
- Gillberg, C. (2003). Deficits in attention, motor control, and perception: A brief review. *Archives of Disease in Childhood*, 88(10), 904–910.
- Hall, D. M. B. (1988). The children with DCD. *British Medical Journal*, 296, 375–376.
- Henderson, L., Rose, P., & Henderson, S. (1992). Reaction time and movement time in children with a developmental coordination disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33, 895–905.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2007). *Movement Assessment Battery for Children-2*. London: Harcourt Assessment.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2014). *MABC-2: Test motoriky pro d ti* (Czech adapted version by R. Psotta). Praha: Hogrefe – Testcentrum.
- Johnson, D. C., & Wade, M. G. (2009). Children at risk for developmental coordination disorder: Judgement of changes in action capabilities. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 51(5), 397–403.
- Karrer, R. (1986). Input, central and motor segments of response time in mentally retarded and normal children. In M. G. Wade (Ed.), *Motor skill acquisition of the mentally handicapped* (pp. 167–188). Amsterdam: Elsevier.
- Kirby, A., Sugden, D. A., Beveridge, S. E., & 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., Edwards, L., & Sugden, D. A. (2011). Emerging adulthood in developmental co-ordination disorder: Parent and young adult perspectives. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 1351–1360.
- Losse, A., Henderson, S. E., Elliman, D., Hall, D., Knight, E., & Jongsman, M. (1991). Clumsiness in children – Do they grow out of it ? A 10 year follow-up study. *Dev. Med. Child Neurol.*, 88, 55–68.
- Luchies, C. W., Schiffman, J., Richards, L. G., Thompson, M. R., Bazuin, D., & DeYoung, A. J. (2002). Effects of age, step direction, and reaction condition on the ability to step quickly. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(4), 246–249.

- Macnab, J. J., Miller, L. T., & Polatajko, H. J. (2001). The search for subtypes of DCD: Is cluster analysis the answer? *Human Movement Science*, 20(1), 49–72.
- 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.
- O'Brien, J. C., Williams, H. G., Bundy, A., Lyons, J., & Mittal, A. (2008). Mechanisms that underlie coordination in children with developmental coordination disorder. *Journal of Motor Behavior*, 40(1), 43–61.
- Psotta, R., & Hendl, J. (2012). The Movement Assessment Battery for Children-2: Cross-cultural comparison between 11–15 year old children from the Czech Republic and the United Kingdom. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 42(3), 7–16.
- Psotta, R., Hendl, J., Frömel, K., & Lehnert, J. (2012). Validity of the Movement Assessment Battery for Children – second version in the 7-10 year-old children. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*, 42(4), 19-27.
- Quatman-Yates, C. C., Quatman, C. E., Meszaros, A. J., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2012). A systematic review of sensorimotor function during adolescence: A developmental stage of increased motor awkwardness? *British Journal of Sport Medicine*, 46(9), 649–655.
- Rasmussen, P., & Gillberg, C. (2000). Natural outcome of ADHD with developmental coordination disorder at age 22 years: A controlled, longitudinal, community-based study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 39(11), 1424–1431.
- Raynor, A. J. (1998). Fractionated reflex and reaction times in children with developmental coordination disorder. *Motor Control*, 2, 114–124.
- Russel, V. A., Oades, R. D., Tannock, R., Killeen, P. R., Auerbach, J. G., Johansen, E. B., & Sagvolden, T. (2006). Response variability in attention – deficit/hyperactivity disorder: A neuronal and glial energetics hypothesis. *Behavioral and Brain Functions*, 23(2), 1–30. doi:10.1186/1744-9081-2-30.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schulz, J., Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. (2011). Structural validity of the Movement ABC-2 test: Factor structure comparisons across three age groups. *Research in Developmental Disabilities*, 32, 1361–1369.
- Seow, S. C. (2005). Information theoretic models of HCI: A comparison of the Hick-Hyman law and Fitt's law. *Human – Computer Interaction*, 20, 315–352.
- Sigmundsson, H., Hansen, P. C., & Talcott, J. B (2003). Do “clumsy” children have visual deficits. *Behavioural Brain Research*, 139, 123–129.
- Smyth, T. R. (1991). Abnormal clumsiness in children: A defect of motor programming? *Child: care, health and development*, 17(5), 283–294.

- Soorani-Lunsing, R. J., Hadders-Algra, M., Olinga, A. A., & Huisjes, H. J. (1993). Is minor neurological dysfunction at 12 years related to behavior and cognition. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 35, 321–330.
- Soorani-Lunsing, R. J., Hadders-Algra, M., Huisjes, H. J., & Touwen, B. C. L. (1994). Neurobehavioral relationships after the onset of puberty. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 36, 334–343.
- Tsai, Ch., Wilson, P. H., & Wu, S. K. (2008). Role of visual-perceptual skills (non-motor) in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 27(4), 649–664.
- Tsai, Ch., & Wu, S. K. (2008). Relationship of visual perceptual deficit and motor impairment in children with motor coordination disorder. *Perceptual and Motor Skills*, 107(2), 457–472.
- van Mier, H., Hulstijn, W., & Meulenbroek, R. G. J. (1994). Movement planning in children with motor disorders: Diagnostic implications of pattern complexity and previewing in copying. *Developmental Neuropsychology*, 10(3), 231–254.
- Van Waelvelde, H., De Weerd, W., De Cock, P., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2004). Association between visual perception deficits and motor deficits in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46, 661–666.
- Williams, H. G. (2002). Motor control in children with developmental coordination disorder. In S. A. Cermak & D. Larkin (Eds.), *Developmental Coordination Disorder* (pp. 117–137). Albany, NY: Thomson Learning.
- Wilson, P. H., & McKenzie, B. E. (1998). Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: A meta-analysis of research findings. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39(6), 829–840.
- Zemková, E., & Hamár, D. (2009). *Toward an understanding of agility performance*. Boškovice: Albert.
- 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, 678. doi:10.1542/peds.2010-0059.

prof. PaedDr. Rudolf Psotta, Ph.D.
 Fakulta tělesné kultury
 Univerzita Palackého v Olomouci
 tř. Míru 115
 771 11 Olomouc
 e-mail: rudolf.psotta@upol.cz

MOTOR COORDINATION AND VISUAL INFORMATION PROCESSING IN HIGH SCHOOL STUDENTS AT RISK OF DEVELOPMENTAL COORDINATION DISORDER: TWO YEAR FOLLOW-UP STUDY

BACKGROUND: Developmental coordination disorder (DCD) in children is characterised by the execution being substantially below that expected given the individual's chronological age. This deficit can negatively affect the psychological and social development of the children and their academic achievements. A few studies provided the evidences on the persistence of impaired motor coordination up to the middle and older adolescence. Although DCD is the heterogeneous syndrome, it seems to be associated with problems in visual information processing.

AIMS: The first aim of the study was to examine how a below-average motor coordination in the adolescents can be associated with visual information processing ability. Second aim was to reveal the short-term pathway of impaired motor coordination during adolescence and whether their persistence and reduction, respectively, could be associated with a level of visual information processing.

METHODS: In the first phase of the study the below average motor coordination identified by the MABC-2 test (Henderson, Sugden, & Barnett, 2007) in the students of the high and vocational schools ($n = 52$) was analysed on its relation to the ability of visual information processing. This ability was assessed by the simple and choice reaction tests (FiTRO Reaction Check device). In the 2nd phase of the study the students with moderate and significant motor difficulties ($n = 34$) were reassessed two years after the initial testing to examine the changes in motor coordination and its potential association with a level of visual information processing.

RESULTS: The below-average motor coordination correlated with the several measures of choice reaction with a determination of R^2 9-15%, while a level of selective attention and physical growth of the adolescents were not the significant factors of motor skills. Of 34 adolescents 18 students demonstrated the reduction of motor difficulties in two years, and the persistence of the risk of DCD was revealed in 16 adolescents. In the adolescent men and women with the reduction of motor difficulties over time the clinically significant (effect size) and/or statistically significant differences and the changes in some measures of visual information processing were found in comparison to the adolescents with the persistence of motor difficulties.

CONCLUSIONS: This study is the first one which tried to reveal possible motor coordination development in the adolescents at risk of DCD in a short term developmental interval. The impaired motor coordination can progress to a normal level till during the adolescence stage. It seems that persistence of motor coordination deficit can be linked to less efficient motor response selection rather than the deficit in the sensory registration of stimuli.

Key words: *motor coordination, development, educational psychology, school, movement skill.*