

**Univerzita Karlova**

**Fakulta tělesné výchovy a sportu**

Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 - Veleslavín

Autoreferát disertační práce

**Míra vlivu úrovně motorické vyspělosti na výkon v neverbální  
inteligenci u dětí mladšího školního věku (6 - 11 let):**

**Longitudinální sledování.**

Autor: Mgr. Jan Jirovec

Vědní obor: Kinantropologie

Školící pracoviště: Katedra základů kinantropologie a humanitních věd

Školitel: doc. PhDr. Martin Musálek, Ph.D.

## ÚVOD

Ústředním tématem této práce je zjistit míru vlivu motorické vyspělosti a její stabilitu v čase na výkon v neverbální složce inteligence u dětí mladšího školního věku se zohledněním věku (kategorie 6 – 7 let, 8 – 9 let a 10 – 11 let) a pohlaví. Práce je tedy zaměřena zejména na vývoj dětí z pohledu motoriky, psychomotoriky a inteligence.

Pohybová aktivita je velmi důležitým faktorem, který nejenže podporuje rozvoj motorických dovedností, ale zároveň i stimuluje nervovou činnost a centra v mozku, a podporuje tak růst „rozumových“ schopností. Tímto není myšlen růst ve smyslu zvyšování obecné inteligence, ale ve smyslu schopnosti učit se. O významném pozitivním vztahu motoriky a kognitivních funkcí se mluví zejména v kontextu předškolního období s tím, že míra tohoto vztahu s věkem dle některých autorů klesá (Schneider, & Bullock, 2008). V současné literatuře se referuje o přínosu pohybových činností zejména v oblasti percepčních dovedností a studijních výsledků (Pietsch et al., 2017; Voyer & Jansen, 2017). I přes to, že předchozí výzkumy poukázaly na vztah mezi motorikou dítěte a úrovní obecné inteligence (Bruggink et al. 2010; Hartman et al., 2010; Pangelinan et al., 2011; Smits-Engelsman & Hill, 2012; Papadopoulos et al., 2014), není v současné době vliv motorické vyspělosti na úroveň obecné inteligence přesně vymezen. Oba tyto konstrukty jsou přitom úzce spjaty se školní úspěšností (academic achievement). Proto si tato práce klade za cíl poukázat, jak významný vliv, může mít úroveň motorické vyspělosti pro rozvoj mentální složky dětí mladšího školního věku.

Jsme si vědomi, že všechny oblasti vývoje (somatický, motorický, psychický a sociální) jsou úzce svázané a nejde je od sebe nijak výrazně oddělit, jelikož jedna oblast vždy nějakým způsobem ovlivňuje další. Například psychomotorický vývoj dítěte, který je hlavním předmětem zájmu této práce, je ovlivňován mnoha faktory: genetickými, emocionálními, sociálním prostředím, stravou, myšlením, pohybovou aktivitou a mnoha dalšími. Předchozí výzkumné práce opakovaně předkládají zjištění o zhoršující se motorice i negativním trendu v postojích dětí k tělesné výchově a pohybové aktivitě obecně. Přitom různé aspekty motorických projevů, jako je motorická výkonnost nebo úroveň základních motorických/pohybových dovedností, jsou považovány za základní zdravotní parametry, které ovlivňují člověka v životě již od raného dětství. I proto vnímáme oblast motoriky dětí a jejího zkoumání v souvislostech s dalšími aspekty vývoje člověka, jako je mentální složka, za zásadní při tvorbě edukačních nebo intervenčních programů s cílem posílit „rozumový“ rozvoj.

## SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI

Vývoj jedince je označován jako výsledek vzájemně působících vlivů prostředí a vrozených charakteristik (Allen & Marotz, 2002). Jedná se proces změn směřujících od jednoduššího ke složitějšímu a podrobnějšímu, díky němuž může dítě dále rozvíjet své vědomosti, chování a dovednosti (Bogin, 2012).

Průběh procesu vývoje je v podstatě shodný u všech dětí, nicméně jeho tempo se může u jednotlivých dětí lišit (Hermanussen, 2013). Tempo a stupeň vývoje úzce souvisí s fyziologickou vyzrálostí, zvláště nervového systému, svalů a kostí. Dále je vývoj ovlivňován individuálními dědičnými faktory a specifickým prostředím. Působením všech těchto činitelů pak dochází k výrazným odchylkám ve vývoji jednotlivých dětí (Allen & Marotz, 2002; Sugden et al., 2013). Vývojové sekvence či vzorce se skládají z předvídatelných kroků na vývojové cestě, kterými shodně prochází většina dětí. Všechny děti napřed lezou, než se dokážou posadit, a teprve pak se učí stát. Podstatné je při tom pořadí, v jakém si děti tyto schopnosti osvojují, nikoliv věk. Náležitě sekvence ve všech oblastech vývoje jsou důležitým znamením, že vývoj dítěte postupuje správně a kontinuálně (Vygotsky, 1978; Ratterman & Gentner, 1998; Piaget, 2000; Allen & Marotz, 2002; Gallahue et al., 2012). Vývoj se zaměřuje na šest hlavních vývojových oblastí: tělesnou, motorickou, percepční, kognitivní, jazykovou a osobnostně sociální (Bogin, 2012).

### **Motorický vývoj**

Většina současných teorií se shoduje v tom, že motorický vývoj člověka je nepřetržitý, zdánlivě kontinuální proces změn v motorickém chování jedince odpovídající věku jedince, při kterém si vytváří pohybové vzorce a dovednosti (Clark, 1994; Bertoti, 2004; Gallahue et al., 2012; Haywood & Getchell, 2005). Odlišný názor mají Malina et al. (2004), podle nichž se sice může motorický vývoj jevit jako kontinuální proces, nicméně tato kontinuita je narušována střídáním řady období skokového stupňovitého zlepšení v pohybových dovednostech, ale také i řadou období stagnace, kdy nedochází ke zjevnému zlepšení v pohybovém projevu. Všechny tyto teorie se shodují na tom, že vlivem zvyšujícího se věku dochází jak ke změnám v kvalitě pohybového projevu jedince, tak i ke zlepšení samotného výkonu. Obě tyto složky jsou formovány změnami somatickými (hmotnost, svalstvo, výška, proporcionalita) a změnami funkčními (zráním CNS soustavy a jejích částí). Proto rozvoj a osvojování pohybových dovedností má přímou vazbu nejen k vývoji motorickému, ale také k vývoji tělesnému (Haywood & Getchell, 2005; Gallahue et al., 2012).

Vývoj motoriky dítěte je tedy značně závislý na funkci nervové soustavy, na růstu kostí, osifikaci a na růstu svalstva. Každý věk dítěte je charakteristický specifickým motorickým vývojovým vzorem. Tyto vzory jsou odhalovány pomocí svalových souher a jejich vzájemnými souvislostmi. Dle těchto vzorů je možné odhalit, na jakém kvalitativním vývojovém stupni se dítě nachází (Vojta, 1997; Haywood & Getchell, 2005). V tomto ohledu je tedy v současné době přisuzován významný vztah mezi motorickým vývojem a dozráváním CNS (Abbott et al., 2000; Campbell et al., 2012).

Samotný vývoj mozku a změny, které se v něm odehrávají, jsou spojovány nejen s rozvojem motorických, ale také kognitivních i percepčních funkcí (Casey et al., 2005; Piek et al., 2012). Tyto změny, ke kterým dochází na buněčné úrovni, jsou obecně nejčastěji popisovány jako proces myelinizace nebo proces synaptické přestavby (Tau & Peterson, 2010) a jsou velmi těsně spojené s metabolismem mozku. Myelinizace probíhá nerovnoměrně: nejprve dozrávají senzorická centra, poté motorická centra a nakonec asociační oblasti. Myelin tvoří ochranný obal nervových vláken a je zcela zásadním pro rychlost vedení nervového vzruchu.

### **Psychomotorický vývoj**

Velké množství autorů chápe motoriku a psychiku jako celek, který od sebe nelze oddělit, a spojují je do termínu psychomotorika (Kerr, 1982; Půstová, 1997; Zimmer 2006; Sobotková & Dittrichová, 2009). Koncept psychomotoriky byl odvozen z teoretického studia lidského vývoje autory 20. století, jímž se zabývali Piaget et al. (1969) nebo Vygotskij (1978). Psychomotorika dle nich poukazuje na těsnou souvislost psychického a motorického prožívání.

Proces psychomotorického vývoje zahrnuje rozvoj základních *1 - motorických schopností umožňujících pohyb a koordinaci*; *2 - psychologických dovedností, jako je emoční sebekontrola*. Termín a jeho význam lze rozdělit na dvě části: předponu *psycho* (význam myslí) a *motorika* (význam pohybu) tak, že psychomotorika odkazuje na vztah mezi myslí a pohybem. Psychomotorický vývoj je celistvým procesem, který obsahuje rozvoj všech složek osobnosti: psychické, sociální a somatické. Všechny tyto složky jsou propojeny a také se všechny vzájemně ovlivňují (Vágnerová, 2005).

V oblasti vymezení i hodnocení psychomotorického vývoje se setkáváme s několika obecně ukotvenými konstrukty. Patří mezi ně: jemná motorika; hrubá motorika; senzomotorika; neuromotorika; sociomotorika. Všechny tyto oblasti se v psychomotorickém vývoji jedince prolínají a doplňují (Szabová, 1999). Piek et al. (2008) poznamenali, že společné kognitivní a

motorické úkony využívají společné struktury mozku se současnou aktivací mozečku a mozkové kůry během kognitivní činnosti. Systémové teorie tedy naznačují, že různé motorické vzorce vývoje ovlivňují kognitivní, sociální a emocionální vzorce, což zase ovlivňuje budoucí vývojové vzorce.

Smyslem diagnostiky psychomotorického vývoje je pochopení spojení pohybu těla a psychických procesů (Blahutková et al., 2005; Cools et al., 2008). Hlavním důvodem, proč se hodnocení motoriky provádí, je diagnostika stavu psychomotorických funkcí daného jedince, plánování nápravných či tréninkových intervencí a individualizace vyučování, hodnocení vývojových změn, poskytování zpětné vazby a předvídání dalšího vývoje jedince (Spiegel, 1990; Burton & Miller 1998). Hodnocení psychomotorického vývoje je obzvláště důležité u dětí v předškolním a školním věku, jelikož sleduje vývojové změny a identifikuje možná vývojová zpoždění (Gallahue & Ozmun, 2006). K posouzení psychomotorického vývoje je v současnosti k dispozici řada nástrojů (Zittel, 1994). Mezi tři nejčastěji používané nástroje pro hodnocení psychomotorického vývoje patří: Bruininks-Oseretzky Test of Motor Proficiency – Second Edition (BOT-2); Test of Gross Motor Development – Second Edition (TGMD-2); Movement Assessment Battery for Children – Second Edition (MABC-2).

V naší práci budeme zjišťovat úroveň psychomotorického vývoje dítěte pomocí diagnostického nástroje Bruininks-Oseretsky Test – Second Edition (BOT-2), zaměřeného zejména na oblast neuromotoriky, která je často nazývána výkonnou složkou motoriky. Neuromotorika je nejčastěji charakterizována projevy jemné a hrubé motoriky, rovnováhy a orientace v prostoru (Szábová 1999; Hadders, 2005; Blythe, 2012). Tyto aspekty jsou také označovány jako oblasti základních motorických dovedností (FMS). FMS jsou jasně definované typy pohybových činností, proto v literatuře také můžeme najít pojem „základní pohybové dovednosti“ – fundamental motor skills (Logan et al., 2018). FMS jsou považovány za stavební kameny při osvojování si specifitějších pohybových vzorců (např. sportovních). Nejčastěji jsou rozděleny do tří částí a) lokomoce – zahrnující běh, skok, skluz, cval; b) dovednosti v oblasti kontroly objektů – manipulace – zahrnující chytání, házení, kopání a rovnováhu (změny poloh a pohybů během postavení a při pohybu, stoj na jedné noze, chůze po špičkách atd.) (Stodden et al., 2008; Haywood & Getchell, 2011; Gallahue, et al., 2012).

### **Zákonitosti vývoje a diagnostika inteligence u dětí**

Každé dítě má jedinečnou konstelaci vlastností a jednou z těchto vlastností je inteligence, kterou lze zjišťovat a její úroveň vyjádřit skórem označeným jako inteligenční

kvocient (IQ). Intelektuální úroveň jednotlivce odráží jak jeho vlastní genetický potenciál, tak i jeho zážitkové vstupy. Intelektuální vývojové změny u dětí přímo souvisejí s procesem zrání „*nature*“ a učení „*nurture*“. Poměr vlivu mezi zráním a učením je stále součástí mnoha diskuzí a názorů mezi badateli. Mezi dvě nejčastěji zmiňované teorie v této oblasti patří Piagetova teorie kognitivního vývoje a Vygotského Zóna nejbližšího vývoje. Piaget byl propagátorem teorie, že změny v dětském poznávání souvisejí zejména s procesem zrání, spíše než v souvislosti s prostředím, které může v rozvoji jedince pomáhat nebo brzdít. Na druhou stranu u Vygotského se setkáváme s odlišným přístupem, který považuje prostředí za významný faktor v intelektuálním vývoji dítěte (Šmelová, 2013).

Někteří vědci se domnívají, že inteligence je primárně zděděná od rodičů (Bouchard et al., 1990, Zimbardo et al., 2003; Plomin et al., 2013), jiní psychologové (Bartels et al., 2002; Trzaskowski et al., 2014) se naopak domnívají, že inteligence je utvářena převážně prostředím, ve kterém dítě vyrůstá. Dle Bartelse et al. (2002) vlivy prostředí zajišťují stabilitu i změny inteligenční úrovně. Genetická složka podle nich zajišťuje určitou základní úroveň inteligence, která je následně rozvíjena, nebo naopak stagnuje pod vlivy prostředí.

O měření inteligence můžeme u dětí hovořit přibližně od 3. roku života. Struktura inteligence u dětí je výrazně odlišná od inteligence dospělých (Reynolds & Kamphaus, 1990). Pro bezproblémový průběh diagnostiky inteligence u dětí je třeba respektovat vývojovou úroveň dítěte. Mezi hlavní faktory, které je důležité při testování respektovat, patří úroveň pozornosti dítěte, přístup k úkolovým situacím, aktuální emoční ladění dítěte a jeho eventuelní kolísání či výkyvy motivace ke spolupráci a zájem o úkoly (Vágnerová & Klégrová, 2008).

Intelligenční kvocient (IQ) je standardizovaná míra intelektuálních schopností, která využívá širokou škálu kognitivních dovedností. Dle některých autorů je IQ obecně považováno v průběhu celého života za stabilní skór, který může sloužit k předpovědi výsledků vzdělávání a vyhlídek na zaměstnání v pozdějších letech (Mackintosh, 2000; Mayes & Calhoun, 2003). IQ se u dětí počítá pomocí skóru upraveného podle věku. Znamená to, že normy IQ pro děti jsou určovány samostatně pro každou věkovou skupinu tak, aby IQ 100 odpovídalo průměrné inteligenci dítěte ve vztahu k jeho vlastní věkové skupině.

V současné době se způsob měření inteligence odvíjí od moderních poznatků teorie inteligence a řídí se zásadami obecně platnými pro odborný výzkum. Existuje celá řada psychologických testů majících za úkol stanovit úroveň inteligence. My se v této práci zaměřujeme na neverbální inteligenci, která popisuje myšlenkové dovednosti a schopnosti řešit

problémy, které zásadně nevyžadují verbální produkci a porozumění jazyku či kulturní znalosti. Testy neverbální inteligence mohou poskytnout cenné informace týkající se intelektu dětí, které mají poruchy řeči, sluchové postižení, emoční problémy, či je jejich stupeň akulturace a znalosti jazyka snížený (Pons et al., 2003; Vágnerová 2004).

Mezi často využívané testy mající za úkol stanovit úroveň neverbální inteligence u dětí patří dílčí část Stanford-Binetova testu (*Stanford-Binet Intelligence Scales*), dílčí část Wechslerových inteligenčních testy pro děti WISC (*Wechsler Intelligence Scale for Children – WISC*) nebo Ravenovy progresivní matice (*Raven's Standard Progressive Matrices*), které jsme při našem výzkumu využili my. Ravenovy progresivní matice patří mezi nejznámější a nejrozšířenější testy mentálních schopností, které redukuje kulturní vlivy. Progresivní matice se tedy řadí mezi tzv. „culture-fair“ testy, kdy kultura, jazyk či vzdělání probandů nehraje přílišnou roli oproti vrozeným dispozicím (Brown & Day, 2006). Velkou výhodou tohoto testu je písemná podoba a možnost zadat tento test hromadně většímu množství probandů. Zároveň nejsou Ravenovy matice časově náročné ve srovnání s jinými testy, což je významně upřednostňováno zejména v případech opakovaného měření většího počtu probandů (Mackintosh, 2000).

### **Asociace motoriky a inteligence**

Problematikou asociace motoriky a inteligence se zabývají studie již více než 40 let. Známé jsou například studie, které analyzovaly vzájemné souvislosti mezi různými motorickými proměnnými (dovednostní i zdatností složkou motoriky) a inteligencí (Momirovič et al., 1987; Carretta & Ree, 1997; Tirre & Raouf, 1998; Planinsec, 2002; Pangelinan et al., 2011; Smits-Engelsman & Hill, 2012; Fels et al., 2016). Tyto studie prokázaly, že spojení motoriky a inteligence je významně ovlivňováno existencí dvou faktorů: 1) rychlostí přenosu informací v CNS 2) intelektuální aktivitou.

Výsledky předchozích výzkumů proto například poukázaly na existenci významného vztahu, nebo překryvu mezi percepčními motorickými schopnostmi (optické a akustické vnímání, prostorová orientace, intermodalita a serialita) a inteligencí (Zimmer, 1981; Horga, 1993; Graf & Hinton, 1997; Nijenhuis & Flier, 2002; Planinsec, 2002; Fels et al., 2016). Již Zimmer (1981) zdůrazňoval, že tento vztah je ovlivňován rychlostí vnímání, načasováním a vizuální pamětí. Horga (1993) uvedl, že s rostoucí koordinační náročností a složitostí motorického úkolu se intelektuální aktivita zvyšuje. Graf a Hinton (1997) se naopak zaměřily na důležitost jednotlivých facet konstruktů senzomotorické koordinace a zjistily, že nejbližší

vztah s inteligencí má vizuální koordinace „ruka-oko“. Za velmi důležitou je také považována rychlost zpracování informace (Tirre & Raouf 1998). Rychlost zpracování hraje důležitou roli při rychlém plnění koordinačně náročných úkolů a je také důležitá pro účinnost intelektuálních procesů (Planinsec, 2002). Planinsec (2002) ještě dodává, že nejužší významná souvislost mezi motorikou a fluidní inteligencí byla nalezena u motorických úkolů zahrnujících rytmickou koordinaci, zatímco u úkolů zaměřených na rychlost pohybu nebyl tento vztah významný.

Zkoumáním vývojových změn vztahů mezi motorikou a inteligencí se již zabývalo několik studií (Zimmer, 1981; Cole & Harris, 1992; Bruggink et al., 2010; Hartman et al., 2010; Pangelinan et al., 2011; Smits-Engelsman & Hill, 2012; Yu et al., 2016). Zimmer (1981) poukázal na pozitivní korelaci mezi motorikou a inteligencí. Na samém počátku vývoje dítěte jsou vzájemná propojení mezi kognitivní, motorickou a neurologickou úrovní velmi silná. Prostřednictvím struktur mozku jsou motorické dovednosti spojené s kognitivní procesy jako je pozornost, výkonná funkce, vizuomotorické dovednosti, učení atd. (Hartman et al. 2010; Pangelinan, et al. 2011). Papadopoulos et al. (2014) diagnostikovali silně pozitivní vztah mezi vývojem kognitivních a motorických funkcí v průběhu předškolního období. Tento vztah v průběhu mladšího školního věku slábne (Schneider & Bullock, 2008).

## **VÝZKUMNÝ PROBLÉM**

V současné době není k dispozici žádná studie či modelová situace, ve které by byla opakovaně zjišťována míra vlivu úrovně motorické vyspělosti na výkon v neverbální inteligenci u dětí mladšího školního věku (6 - 11 let). Spousta studií řeší strukturu těchto konceptů odděleně, ale jen málo studií se zabývá problematikou motorického vývoje ve spojení s vývojem kognitivních nebo exekutivních funkcí. Výsledky těchto studií jsou však značně rozmanité a nepřinášejí jednoznačné závěry. Z tohoto důvodu není proto stále příliš jasné, do jaké míry může úroveň motorické vyspělosti dětí ovlivňovat úroveň neverbální inteligence. Vystává tedy otázka, zdali mezi zkoumanými konstrukty nalezneme nějaký významný vztah, a zdali se bude tento vztah měnit postupem věku či zůstane stabilní.



## **CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, VĚDECKÉ OTÁZKY, HYPOTÉZY**

### **Cíl práce**

Cílem disertační práce je zjistit míru závislosti a její stabilitu v čase mezi úrovní motorické vyspělosti hodnocenou baterií BOT-2 a výkonem v neverbální složce inteligence u dětí mladšího školního věku (6 - 11 let) se zohledněním věku a pohlaví.

Z výše vyčteného cíle vylýnuly následující úkoly:

- Shromáždění a sepsání teoretických východisek k danému tématu,
- formulování cílů práce, metod a prostředků,
- definování a výběr probandů,
- verifikace užitych metod formou pilotní studie - provedení na selektovaném vzorku probandů → vylýnutí podnětů → finální podoba designu projektu,
- realizace opakovaného měření vybraných proměnných u výzkumného souboru,
- ověření diagnostické kvality BOT-2 a RPM z obou měření,
- analýza a interpretace výsledků dle pracovních hypotéz - asociace neverbální složky inteligence a motorické vyspělosti jedinců v jednotlivých skupinách.

### **Výzkumné otázky**

Bude zjištěn významný a v opakovaném měření stabilní vztah mezi úrovní motorické vyspělosti a úrovní neverbální inteligence u jednotlivých věkových skupin (6 - 7 let, 8 - 9 let, 10 - 11 let)?

Bude míra vztahu mezi úrovní motorické vyspělosti a úrovní neverbální inteligence významně odlišná v závislosti na pohlaví?

Který z konstruktů motorické vyspělosti hodnocený dle BOT-2 bude nejvíce korelovat s úrovní neverbální inteligence s ohledem na pohlaví a stabilitu v čase?

### **Hypotézy práce:**

Jelikož je motorická vyspělost významně vztažena k objemu a profilu volnočasových aktivit, byly všechny výzkumné hypotézy formulovány se zohledněním na skutečnost, zda se probandé systematicky účastní volnočasových organizovaných pohybových aktivit.

**H1** - Úroveň motorické vyspělosti bude významným prediktorem pro výkon v neverbální inteligenci  $p < 0.05$  a  $R^2 > 0,1$  a to v obou měřeních.

*Hypotéza vychází ze studií zkoumajících závislost motorického vývoje a inteligence (Momirović et al. 1987; Carretta & Ree, 1997; Dugeret et al., 1999; Tirre & Raouf 1998; Planinsec, 2002; Bonifacci et al. 2004; Hurych 2006; Smits-Engelsman et al. 2012).*

**H2 -** Vliv úrovně motorické vyspělosti na výkon v RPM bude významnější  $p < 0.05$  u děvčat. *Hypotéza vychází ze studií zkoumajících odlišnosti mezi chlapci a dívkami ve zrání jednotlivých oblastí CNS zapojených do motorické činnosti (De Bellis et al., 2001; Gidley Larson et al., 2007; Christakou et al., 2009; Tiemeier et al., 2010; Sussman et al., 2016).*

**H3 -** Pro výkon v RPM bude z konstruktů motorické vyspělosti nejvýznamnější úroveň jemné motoriky.

*Hypotéza vychází ze zjištění předchozích výzkumů, které uvedly, že nejbližší vztah s inteligencí má právě jemná motorika (Momirovic et al., 1987; Graff & Hinton, 1997; Gidley Larson et al., 2007; Ramsden et al., 2011; Klupp et al., 2021).*

**H4 -** Míra vztahu mezi motorickou vyspělostí a nonverbální inteligencí bude v závislosti na věku (6 - 7 let, 8- 9 let, 10-11 let) odlišná. S věkem bude závislost mezi motorickou vyspělostí a nonverbální inteligencí slábnout.

*Tato hypotéza vychází z předpokladu, že na počátku vývoje dítěte jsou vzájemná propojení mezi kognitivní, motorickou a neurologickou úrovní nejsilnější a postupně začínají slábnout (Cole & Harris, 1992; Schneider & Bullock, 2008; Barnett et al., 2009; Hartman et al., 2010; Pangelinan et al., 2011; Smits-Engelsman & Hill, 2012; Papadopoulos et al., 2014; Mavilidi et al., 2015; Karachle et al., 2017).*

## **METODIKA PRÁCE**

Tato studie představuje empiricko-teoretickou práci. Jedná se o průřezovou longitudinální studii (Kerlinger & Lee, 2000; Hendl, 2004).

### **Charakteristika výzkumného souboru**

Výzkumný soubor byl tvořen dětmi prvního stupně základních škol ve věku 6 – 11 let navštěvující 1. – 5. třídu. Odhad velikosti výzkumného souboru byl proveden na základě předpokládaných použitých analytických přístupů – Power analýza, Monte Carlo simulace pro definovaný strukturální model síla testů  $>80\%$   $p < 0,05$  každého z indikátorů (Muthen & Muthen, 2010), prostřednictvím samplingových pravidel uvedených v Bonett & Wright (2000)

a Hulley (2007). Celkově muselo být dle těchto pravidel do studie rekrutováno minimálně 275 probandů. V prvním kroku jsme definovali kritéria výběru potencionálních základních škol. Jednalo se o základní školy bez rozšířené specializace umělecké, sportovní, jazykové, nebo technické. Školy musely mít zastoupení žáků v ročníku v rozmezí  $n = 44 - 78$ , což vychází z předpokladu dvou až tří tříd na ročník. Oporou výběru nám byl seznam základních škol vedených v oficiálním registru MŠMT ČR (dostupných z [www.msmt.cz](http://www.msmt.cz)). Z důvodu technické a časové náročnosti (zejména dodržení časového harmonogramu pro re-testování) jsme se rozhodli pro výběr „pouze“ dvou základních škol, za to ze dvou různých krajů ČR (Karlovarský, Praha). Ze seznamu škol, splňující definovaná kritéria byla náhodným výběrem pomocí randomizačního softwaru [www.randomizer.org](http://www.randomizer.org) z každého kraje (Praha, Karlovarský kraj) vybrána jedna škola. První vybranou školou byla II. ZŠ Školní v Chodově u Karlových Varů s  $n=232$  dětmi navštěvujícími 1. – 5. třídu. Druhou vybranou školou byla ZŠ a MŠ Lyčkovo náměstí v Praze s  $n=367$  dětmi navštěvujícími 1. – 5. třídu. Výzkum byl odsouhlasen etickou komisí FTVS UK. Před samotným měřením bylo vedení školy a zákonní zástupci seznámeni s testovacím protokolem a průběhem testování. Ředitel školy a zákonní zástupci dětí následně podepsali informovaný souhlas. Ze ZŠ Školní v Chodově bylo vráceno  $n=203$  podepsaných informovaných souhlasů. Ze ZŠ a MŠ Lyčkovo náměstí bylo vráceno  $n=284$  podepsaných informovaných souhlasů. Celkem bylo do studie zahrnuto 487 dětí z obou základních škol. Jelikož se však jednalo o longitudinální výzkum, byl konečný výzkumný soubor definován až po druhém (re-testovém) měření. Neúplné měření z důvodů nepřítomností, nemoci, nebo dobrovolného odstoupení z výzkumu bylo zjištěno u  $n=90$  dětí ( $n=34$  ZŠ Školní Chodov u Karlových Varů,  $n=56$  ZŠ a MŠ Lyčkovo náměstí), které byly z výzkumné studie vyřazeny. Konečný výzkumný soubor tak tvořilo  $n=397$  dětí ve věku 6-11 let (chlapci  $n = 214$ , dívky  $n = 182$ ). Měření se účastnily děti, které svým aktuálním věkem spadaly do kategorie 6-11 let ( $n = 8,9 \pm 1,3$ ). U obou pohlaví byl zjištěn stejný průměrný věk i se stejnou směrodatnou odchylkou (chlapci  $8,9 \pm 1,3$ ; dívky  $8,9 \pm 1,3$ ).

### **Metodika získávání dat**

Sběr dat v rámci tohoto výzkumu se uskutečnil ve dvou testovacích dnech, mezi kterými byla šestiměsíční pauza ve školním roce 2014/2015. Všechny zapojené děti byly otestovány pomocí diagnostického nástroje k určení úrovně psychomotorického vývoje testové baterie Bruininks Oseretsky Test of Motor Proficiency: Complete form BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005) a Ravenových progresivních maticích (RPM) (Raven & Raven, 2008), které odhalují nonverbální inteligenci, následně pak s již zmíněným odstupem byla měření provedena

znovu. Sledovanými parametry byla motorická vyspělost dětí a její následný pokrok v daném období vzhledem k dosažené inteligenci. Zároveň bylo u dětí při obou testování provedeno antropometrické měření, aby se zajistily možné odchylky z důvodu biologické akcelerace či retardace.

### **Diagnostika psychomotorického vývoje**

Pro hodnocení úrovně psychomotorického vývoje u dětí byla použita dlouhá forma (CF) testové baterie BOT-2 (Bruininks & Bruininks, 2005). CF obsahuje celkem 8 subtestů, které proband postupně absolvoval na 8 stanovištích. Každý jednotlivý subtest obsahuje 5 - 9 testových úkolů - celkem 53 úkolů. Testování má přesně daný postup. CF zkoumá oblasti 1. jemné manuální kontroly – přesnost a integrace, 2. manuální koordinace - manuální zručnost a koordinace horních končetin, 3. tělesné koordinace - bilaterální koordinace a rovnováha, 4. Síly a agility - rychlost a síla.

Čas potřebný pro testování CF BOT-2 u jednoho probanda byl v rozmezí 60- 80 minut. Reliabilita celé testové baterie se při aplikaci CF varianty, dle předchozích výzkumů, pohybuje v rozpětí 0,9 - 0,97 (Wuang et al., 2008). V českém prostředí zatím tato testová baterie nebyla plně validizována. Nicméně v disertační práci Holický (2015) bylo zjištěno, že strukturální model BOT-2 vykazuje v českém prostředí u dětí a dospívajících akceptovatelný fit pro věkovou kategorii mladšího školního věku. Proto můžeme uvažovat, že BOT-2 představuje vhodný diagnostický nástroj pro hodnocení motorické vyspělosti i pro českou populaci dětí. Dle retrospektivně aproximované generické reliability McDonaldova  $\omega$  ze studie Holický (2015) bylo zjištěno, že BOT-2 má akceptovatelnou úroveň chybovosti konstruktů motorické vyspělosti McDonald  $\omega = 0,84$ .

Sběr dat se řídil předepsanými pravidly testování, popsány v manuálu BOT-2. Realizace testování proběhla s pomocí výzkumného týmu, který tvořilo šest examinátorů, kteří měli přesně stanovené úkoly. Všichni examinátoři absolvovali školení pro diagnostický nástroj BOT-2, který obsahuje videa s přesnou instrukcemi, čímž se minimalizuje chyba měření. Konformita mezi jednotlivými examinátory byla zjišťována v pilotním měření u n=30 probandů mladšího a staršího školního věku z hokejového prostředí. Inter-reliabilita u examinátorů aproximovaná dle Intraclass korelačního koeficientu ICC=0,93. Všechna data byla zaznamenávána do daných formulářů pro dlouhou formu testu.

Výsledky byly zaznamenávány v průběhu testování do připraveného formuláře a následně byly přepsány do programu ASSIST, který umožňuje rychlé a přesné vyhodnocení.

Data byla po prvním přepsání se 14 denní pauzou tou samou osobou (autorem této práce) kontrolována ještě jednou. V 5 % byly odhaleny chybně přepsané hodnoty, které byly následně opraveny.

Základním principem získu relevantního skóre je převod hrubého skóre (tzv. total point score), kterého proband v testu dosáhl, programem ASSIST na skóre odpovídající věku a pohlaví dítěte (tzv. standard score). Tato standard score byla použita pro samotnou analýzu dat.

### **Diagnostika neverbální inteligence - Ravenovy standardní progresivní matice (RPM)**

K ověřování neverbální inteligence jsme si zvolili Ravenovy standardní progresivní matice (RPM). Výhodou RPM je to, že při jejich řešení není potřeba nijak pracovat se slovy, ať už jejich formou či obsahem. Zároveň je to tzv. culture-fair test, který není závislý na kulturně-sociálním prostředí či vzdělání dítěte (Nicholson & Alcorn, 2008). Nástroj RPM je standardizován v českém prostředí (Ferjenčík & Hromý, 1989) a je poměrně nenáročný na administraci i samotné vyhodnocování. Testování nevyžaduje žádný hlubší vztah mezi examínátorem a probandem. Test je určen k testování probandů ve věkovém rozpětí 6 – 65 let.

Tento psychometrický test obsahuje šedesát úkolů, seřazených do pěti setů - A, B, C, D, E, z nichž každý obsahuje dvanáct úloh. Obtížnost všech položek se postupně zvyšuje v jednotlivých setech. Úkolem probanda bylo dosazení z 6 nebo 8 předtištěných diagramů toho, který jako jediný logicky zapadá do vynechaného místa na ploše se základním vzorem. Sety se od sebe kromě obtížnosti liší i svým zaměřením (Svoboda et al., 2015):

- Set A – zaměřen na pozornost, statickou představivost a schopnost vizuální diskriminace. Při řešení je potřeba analýza a syntéza obrazce a hledání souvislostí.
- Set B – zaměřen na pochopení analogie obrazců, lineární rozlišování a usuzování.
- Set C – zaměřen na představivost a pochopení změn ve vertikálním a horizontálním směru.
- Set D – zaměřen na schopnost postřehu a pochopení principu kvantitativní a kvalitativní změny. Jednotlivé tvary se mění současně ve vertikálním i v horizontálním směru.
- Set E – zaměřen na abstrakci a určitou analogii k aritmetickým operacím.

V průběhu řešení úloh jsou angažovány tři druhy psychických procesů: vnímání (percepce), pozornost a myšlení (Svoboda et al., 2015).

Test byl probandům administrován dle pokynů k administraci, které jsou součástí této metody. Testování probíhalo hromadně v papírové podobě. Test byl tedy rozdán celé třídě. V

rámci vysvětlení úkolu byl uveden i společný příklad vyřešení úlohy a zápisu odpovědi do záznamového archu. Následně examinátor ověřoval, zda opravdu probandi porozuměli instrukcím a postupně všechny obcházel v průběhu řešení prvních pěti snadných úkolů setu A. Následně již nechal examinátor probandy v klidu a samostatně pracovat. Při odevzdání archu byl zaznamenán celkový čas práce s testem, ačkoli časová hranice nebyla stanovena. Většině probandů stačila k vyřešení testu necelá jedna hodina.

U hodnocení testu jsme sledovali počet správně vyplněných odpovědí tzv. hrubý skór a také, jako doplňkový faktor, čas, který proband k vyplnění testu potřeboval. Probandi mohli dosáhnout maximální počet 60 správných odpovědí, tzn. maximálně 60 bodů hrubého skóru. Probandem dosažený výsledek byl porovnán s procentuální frekvencí u vzorku normální populace dle jeho věkové skupiny. Výsledek lze také na základě tabulek převést na deviační inteligenční kvocient, nicméně tuto možnost jsme nevyužili, jelikož tento údaj pro nás není ničím zásadní.

### **Volnočasová pohybová aktivita**

Jelikož je pohybová aktivita, a s ní související pohybová zkušenost, faktorem, který se zásadně podílí na psychomotorickém vývoji, rozhodli jsme se u dětí zjistit účast v organizované pohybové anebo sportovní činnosti/aktivitě.

### **Antropometrické měření**

Doprovodnými proměnnými v současné studii byl sběr základních antropometrických parametrů tělesné výšky a tělesné hmotnosti.

### **Celková realizace testování**

Testování všech probandů mladšího školního věku jedné školy proběhlo v průběhu dvou týdnů vždy po jednotlivých třídách. Testování dětí ze ZŠ Školní v Chodově proběhlo v termínu od 13. 10. 2014 do 24. 10. 2014 v dopoledních hodinách v rámci výuky pod dohledem examinátorů. Opakované testování dětí ze ZŠ Školní v Chodově proběhlo v termínu od 13. 4. 2015 do 24. 4. 2015 stejným způsobem. Testování dětí ze ZŠ a MŠ Lyčkovo náměstí proběhlo v termínu od 3. 11. 2014 do 14. 11. 2014 v dopoledních hodinách v rámci výuky pod dohledem examinátorů. Opakované testování dětí ze ZŠ a MŠ Lyčkovo náměstí proběhlo v termínu od 4. 5. 2015 do 15. 5. 2015 stejným způsobem.

Nejdříve děti absolvovaly test RPM, po jeho vyplnění se přesunuly v doprovodu vyučujícího do tělocvičny, kde u dětí byla změřena tělesná výška, poté tělesná hmotnost.

Následovalo testování pomocí BOT-2 dle stanoveného postupu. Každá třída byla rozdělena do menších skupinek, které postupně obcházely jednotlivá stanoviště, kde plnily výše popsané úkoly subtestů. K testování byly využity prostory tělocvičny ZŠ Školní v Chodově a tělocvičny ZŠ a MŠ Lyčkovo náměstí, vyjma konstruktů jemné motoriky, při které bylo potřeba plné koncentrace probandů. Oblast jemné motoriky byla testována v oddělené třídě. Každý výkon byl ihned zaznamenán do předem připravených formulářů. Konečnou administrativní část vyhodnocování výsledků prováděla pouze jedna k tomu určená a proškolená osoba (autor práce). Již při prvním měření byl se školami domluven termín druhého měření. Školy a jejich žáci absolvovali druhé měření ve stejném pořadí jako v měření prvním. Druhé měření bylo realizováno 6 měsíců po provedení prvního testování. Před druhým měřením se děti nedozvěděly správné odpovědi z prvního testování RPM, aby nedošlo k výraznému zkreslení na základě předchozí zkušenosti s testem.

### **Statistické zpracování výsledků práce**

V prvním kroku byla data analyzována dle metodiky Exploratory Data Analysis (Hendl, 2012), kdy bylo provedeno zhodnocení variability výsledků, filtrování potencionálních outliers a jejich případná četnost. Následně jsme provedli analýzu normality dat. Ověření normality bylo nutné provést ve dvou krocích. Jelikož hlavním předmětem analýzy bylo určování míru vlivu motorické vyspělosti, určené na základě výsledků BOT-2, a následně i vliv jednotlivých konstruktů motorické vyspělosti v BOT-2 na výkon v RPM, bylo nezbytné nejprve analyzovat psychometrické vlastnosti a strukturu BOT-2 i RPM. I přes to, že autoři obou baterií ve svém manuálu uvádějí vysoké parametry diagnostické kvality BOT-2, chtěli jsme v naší práci zjistit, jak se tyto nástroje chovají v prostředí, ve kterém byla sesbírána data. K tomu bylo zapotřebí provést ověření tzv. Multivariate normality. To bylo zjištěno prostřednictvím Mardias testu, jehož kritická hodnota pro zamítnutí multivariate normality byla dle standardů stanovena na hladině 1.96 (Ferron & Hess, 2007; Muthén & Muthén, 2010). Jelikož byla multivariate normalita zamítnuta, použili jsme pro samotnou analýzu ověření fitu modelu každého ze základních konstruktů BOT-2 i Ravenových progresivních matic k aproximaci generické reliability každého z konstruktů robustní odhad parametru Maximum likelihood (MLR)(Muthén, 2010). Pro akceptování modelu se budeme řídit doporučeními splnění kritériálních hodnot indexů fitu comparative fit index (CFI) >0,95, Tukey-Lewis index (TLI) >0,90, root mean square error of approximation (RMSEA) <0,08 a velikostí chí-kvadrátu s příslušnými stupni volnosti a koeficientem významnosti modelu  $p < 0.05$  (McDonald, 1999; Maydeu-Olivares & McArdle, 2005; Kline, 2011). Akceptovatelná hodnota generické

reliability McDonald  $\omega \leq 0.75$  (Portney & Watkins, 1993; Kline, 2011). Na základě našich zjištění, jsme se následně rozhodli následně použít Multigroup modeling přístup, kdy je struktura každého nástroje analyzována pro chlapce a dívky zvlášť. Výsledky těchto analýz ukázaly významné odlišnosti diskriminativních schopností indikátorů BOT-2 i RPM ve vztahu k pohlaví, a proto jsme místo běžně používaných standardních skóre z každého konstruktů sečtených do celkového tzv. kompozitního skóre pracovali s váženými skóre zohledňujícími pohlavní rozdíly. Tyto vážené skóre jsme poté použili ve strukturálním modelování i regresních analýzách. V analytické části jsou prezentovány výsledky pro obě pohlaví dohromady i pro chlapce a dívky zvlášť. V regresních analýzách, které se zaměřily na zjišťování důležitosti motorické vyspělosti pro výkon v RPM se zohledněním věku probandů (jedná se o tři věkové skupiny), ale s váženými skóre jsme nejprve ověřili normalitu dat dle parametrů Skewness, kurtosis, a následně provedeme i Shapiro-Wilkův a Di Agostiniho test normality (Kerlinger & Lee, 2000). Na základě výsledků, zejména nezamítnutí univariate normality výsledku BOT-2, jsme se rozhodli použít lineární vícenásobnou regresní analýzu s hodnotou klinické významnosti  $R^2 < 0,1$  (Cohen, 2013) významností modelu  $p < 0,05$  a Pearsonův korelační koeficient. Pro analýzu odlišností ve výkonech v BOT-2 a RPM, s ohledem na pohlaví nebo typ školy, byly použity dvě formy (párový, dvou-výběrový) T-testů  $p < 0,05$  a Effect size Cohen d nebo Hedgesovo  $g > 0,5$  (Grissom & Kim, 2012). Data byla zpracována v softwarech NCSS2007 (Hintze, 2007) a M-plus 6<sup>th</sup> edition (Muthén & Muthén, 2010).

## VÝSLEDKY

### **Strukturální model BOT-2 a RPM – první měření**

Pro zjištění, zda úroveň motorické vyspělosti hodnocené pomocí BOT-2 významně souvisí s výsledkem aspektů neverbální inteligence hodnocené dle RPM jsme vytvořili strukturální model, který vznikl propojením výše popsaných struktur BOT-2 a RPM.

### ***Strukturální model BOT-2 a RPM obě pohlaví - první měření***

I přesto, že se ukázalo, že struktura motorické vyspělosti – její kvalita se mezi dívkami a chlapci významně liší, rozhodli jsme se v prvním kroku vytvořit strukturální model, který toto zjištění nezohledňuje. Jinými slovy výsledky uvedené v následující tabulce (Tab. 1) a path diagramu (Obr. 1) pracují s populací chlapců i dívek dohromady.

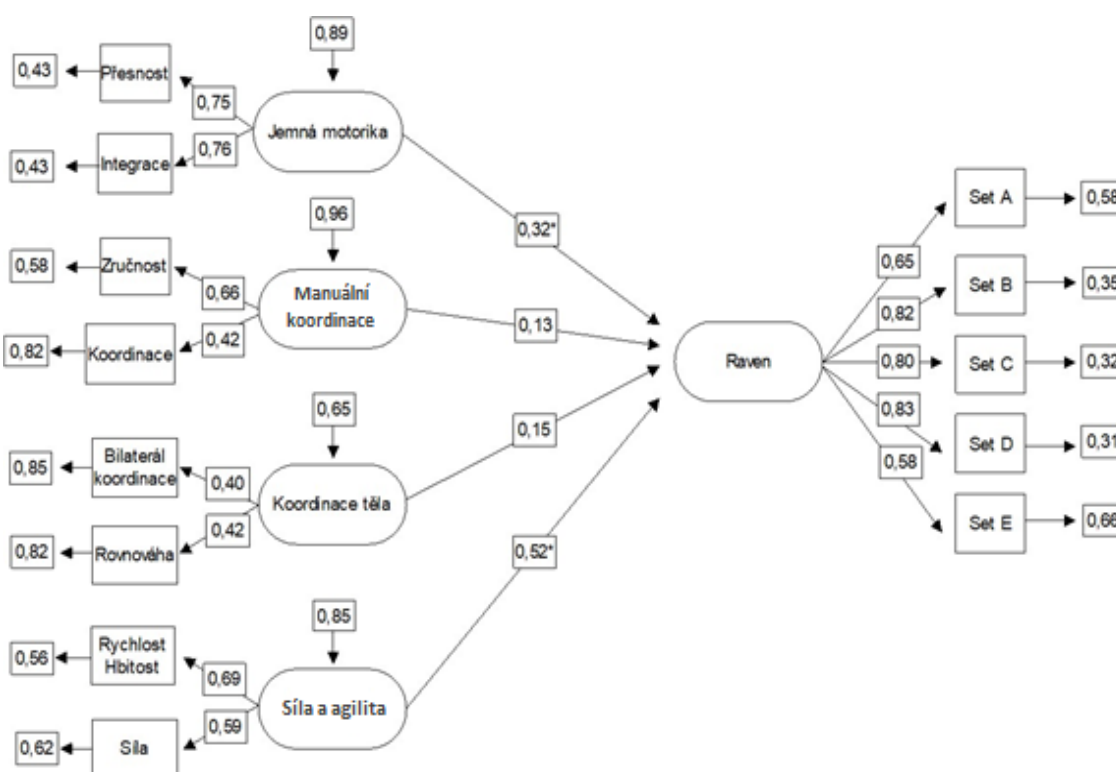


**Tabulka 1** Fit struktury multigroup modeling BOT-2 a RPM - první měření obě pohlaví

Měření	N	S-B $\chi^2$	p	DF	RMSEA	RMSEA 90% C.I.	SRMR	CFI	TLI
První	396	116,8	<0,001	55	0,053	0,040 - 0,067	0,048	0,96	0,95

**Legenda:** S-B $\chi^2$  – hodnota chí-kvadrát testu; p – hladina významnosti modelu, p - významnost model; DF – stupně volnosti; RMSEA – root mean square of approximation; SRMR – standard root mean square of residual, vhodný; CFI – comparative fit index (komparativní index shody); TLI – Tucker–Lewis index.

**Obrázek 1** Strukturální model BOT-2 a RPM – první měření



Dle výsledku fitu modelu (Tab. 1) je možné model dle jeho kvality přijmout jako akceptovatelný. Z path diagramu (Obr. 1) je zřejmé, že významný vliv na výkon v RPM měla úroveň jemné motoriky a také úroveň síly a agility. Při následném srovnání se ukázalo, že konstrukt síly a agility je významně nejsilnějším ukazatelem pro výkon v RPM. Je nutné na tomto místě prezentovat, že subtest rychlosti, hbitosti a subtest síly obsahuje množství manifestních proměnných, které svou povahou patří především do oblastí dynamické rovnováhy a agility (člunkový běh, překračování kladiny s došlapem obou nohou na každé straně po dobu 15 sekund, skoky po jedné noze na značce na místě po dobu 15 sekund, přeskoky značky snožmo a přeskoky značky po jedné noze po dobu 15 sekund, skok snožmo z místa, sedy-lehy, kliky, výdrž ve dřepu s opřením o stěnu, velryba). Do tohoto modelu jsme následně

přidali informaci o účasti probandů ve sportu a tato účast se ukázala v prvním měření jako nevýznamně ovlivňující výkon v RPM  $\beta=0,12$ ,  $p = 0,007$ .

### ***Strukturální model BOT-2 a RPM se zohledněním pohlaví - první měření***

V následujícím kroku jsme vytvořili strukturální model zjišťující vliv jednotlivých subtestů motorické vyspělosti na výkon v RPM se zohledněním pohlaví.

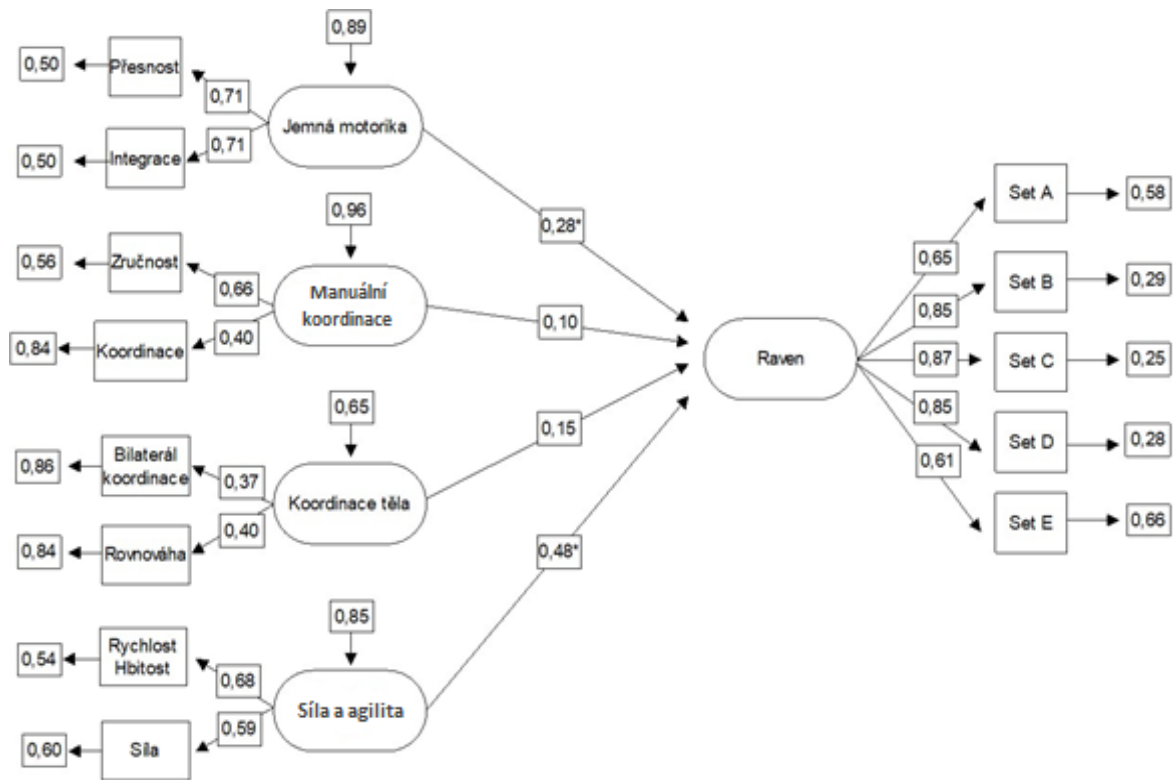
**Tabulka 2** Fit struktury multigroup modeling BOT-2 a RPM se zohledněním pohlaví - první měření

Pohlaví	N	S-B $\chi^2$	<i>p</i>	DF	RMSEA	RMSEA 90% C.I.	SRMR	CFI	TLI
Dívky	182	98,18	0,003	131	0,058	0,044 - 0,071	0,073	0,95	0,94
Chlapci	214	120,44	0,003	131	0,058	0,044 - 0,071	0,073	0,95	0,94

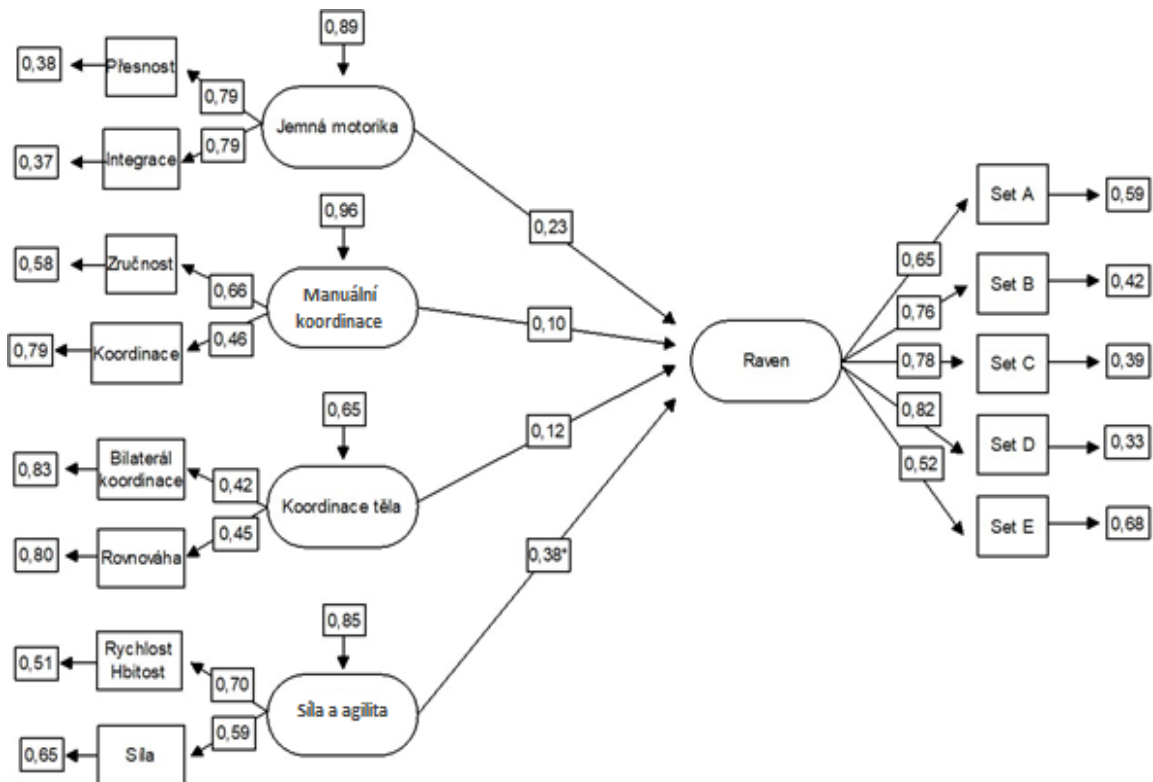
**Legenda:** S-B $\chi^2$  – hodnota chí-kvadrát testu; *p* – hladina významnosti modelu, *p* - významnost model; DF – stupně volnosti; RMSEA – root mean square of approximation; SRMR – standard root mean square of residual, vhodný; CFI – comparative fit index (komparativní index shody); TLI – Tucker–Lewis index.

Z hodnot S-B $\chi^2$  vyplývá, že empirické výsledky získané u dívek významně lépe podporují definovaný strukturální model (Tab. 2) Z následujících path diagramů (Obr. 2 a Obr. 3) je zřejmé, že pouze u dívek byl nalezen významný vliv konstruktů jemné motoriky a konstruktů síla a agilita na úroveň výkonu v RPM. U chlapců byl detekován jako významný pouze konstrukt síla a agilita. Navíc při detailní analýze faktorových zátěží mezi sety RPM a konstruktem RPM bylo odhaleno, že u chlapců jsou zátěže zejména u setů B (pochopení analogie obrazců, lineární rozlišování a usuzování) a setu C (představivost a pochopení změn ve vertikálním a horizontálním směru) nižší v porovnání s dívkami.

**Obrázek 2** Strukturální model BOT-2 a RPM u dívek – první měření



**Obrázek 3** Strukturální model BOT-2 a RPM u chlapců – první měření



## Strukturální model BOT-2 a RPM – druhé měření

Pro zjištění, zda úroveň motorické vyspělosti, hodnocená pomocí BOT-2, významně souvisí s výkonem aspektů neverbální inteligence, hodnocené dle RPM, jsme vytvořili strukturální model, který vznikl propojením výše popsaných struktur BOT-2 a RPM.

### Strukturální model BOT-2 a RPM – obě pohlaví – druhé měření

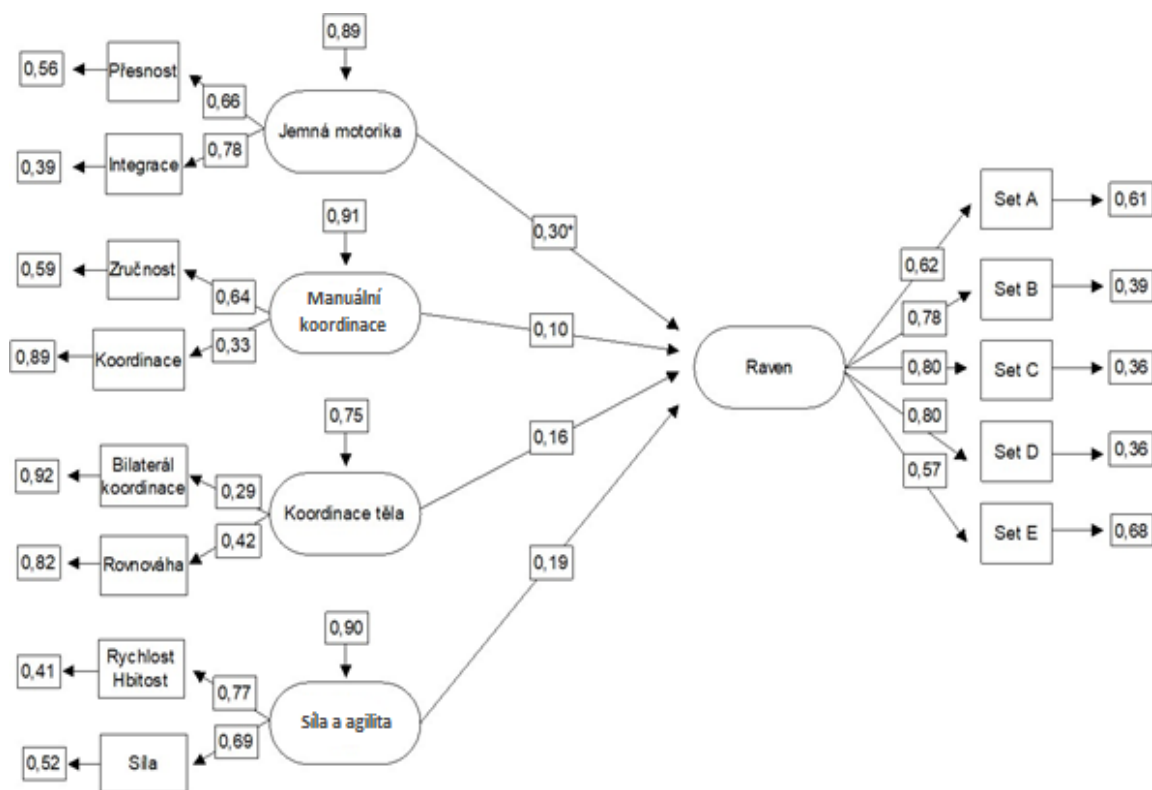
Stejně jako v případě analýzy výsledků z prvního měření, jsme se i pro analýzu výsledků druhého měření rozhodli v prvním kroku vytvořit strukturální model, který jsme ověřovali u celého souboru, tj. chlapců i dívek dohromady.

**Tabulka 3** Fit struktury multigroup modeling BOT-2 a RPM - druhé měření

Měření	N	S-B $\chi^2$	<i>p</i>	DF	RMSEA	RMSEA 90% C.I.	SRMR	CFI	TLI
Druhé	396	161,9	<0,001	55	0,070	0,058 – 0,083	0,052	0,91	0,88

Legenda: S-B $\chi^2$  – hodnota chí-kvadrát testu; *p* – hladina významnosti modelu, *p* - významnost model; DF – stupně volnosti; RMSEA – root mean square of approximation; SRMR – standard root mean square of residual, vhodný; CFI – comparative fit index (komparativní index shody); TLI – Tucker–Lewis index.

**Obrázek 4** Strukturální model BOT-2 a RPM bez zohlednění pohlaví – druhé měření



Dle výsledku fitu modelu (Tab. 3) není možné model dle jeho kvality přijmout jako akceptovatelný. Při srovnání kvality modelů prvního a druhého měření se ukázalo, že strukturální model, ověřený z výsledků druhého měření, doznal oproti strukturálnímu modelu z prvního měření významného zhoršení. To vyplývá zejména z výrazně vyššího  $S-B\chi^2=161,91$  ve druhém měření ve srovnání s  $S-B\chi^2=116,8$  z prvního měření při stejném počtu stupňů volnosti, kdy za významný rozdíl se považuje změna o 3,48 na jeden stupeň volnosti.

Z path diagramu (Obr. 4) je zřejmé, že významný vliv na výkon v RPM měla pouze úroveň jemné motoriky. Ve srovnání se stejným modelem z prvního měření je tedy zřejmé, že vliv úrovně síly a agility se významně понížil (1. měření  $\beta=0,58$ ; 2. druhé měření  $\beta=0,19$ ;  $p<0,01$ ) jako ukazatel pro výkon v RPM. Tyto výsledky naznačují, že rozložení dat motorické vyspělosti a RPM se v opakovaném měření u dětí významně změnilo. Je pravděpodobné, že změna úrovně motorické vyspělosti a výkonu v RPM nereflektují zjištění z prvního měření, a že tato změna proto byla tzv. nesystematická. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli zjistit profil těchto změn (např. změny ve vztahu k pohlaví, věku nebo vybrané škole). I přes tyto změny jsme do tohoto modelu následně přidali informaci o účasti probandů ve sportu a tato účast se ukázala ve druhém měření jako významně ovlivňující výkon v RPM  $\beta=0,19$ ,  $p = 0,012$ .

#### **Strukturální model BOT-2 a RPM se zohledněním pohlaví - druhé měření**

V následujícím kroku jsme definovali strukturální model zjišťující vliv jednotlivých subtestů motorické vyspělosti na výkon v RPM se zohledněním pohlaví.

**Tabulka 4** Fit struktury multigroup modeling BOT-2 a RPM se zohledněním pohlaví - druhé měření

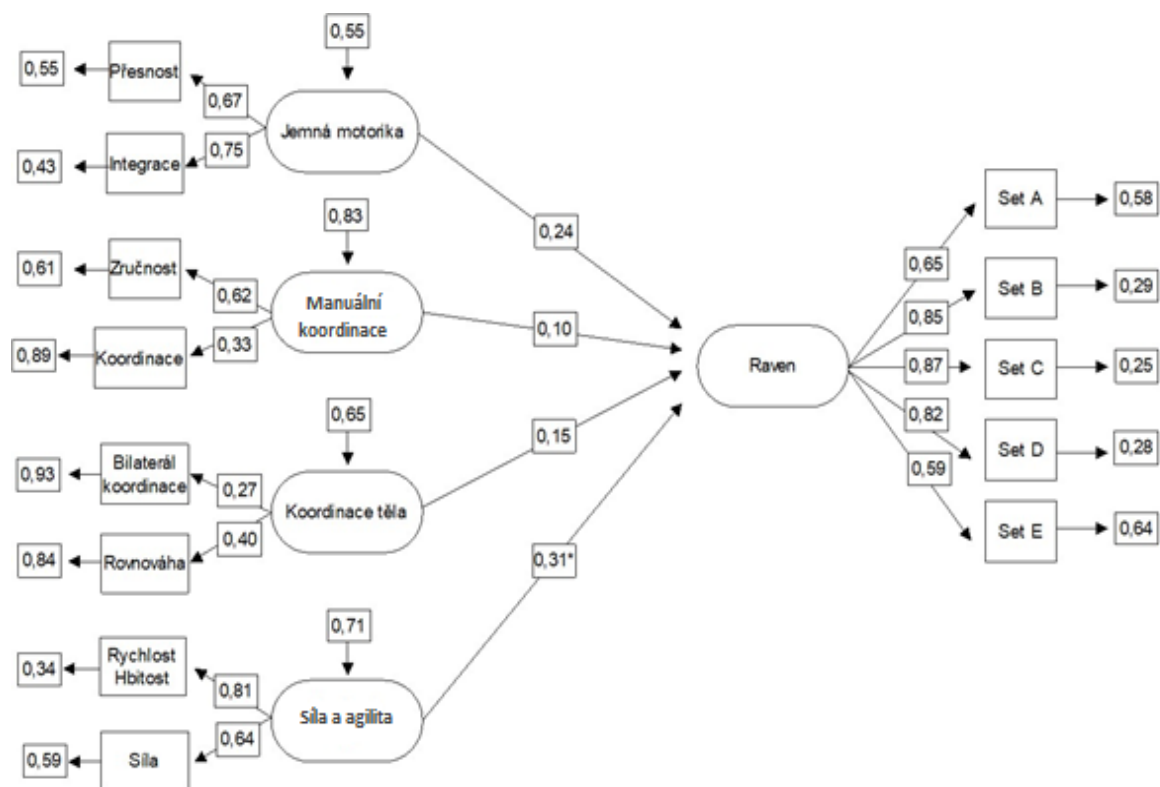
Pohlaví	N	S- $B\chi^2$	<i>p</i>	DF	RMSEA	RMSEA 90% C.I.	SRMR	CFI	TLI
Dívky	182	124,78	$p<0,001$	131	0,078	0,066 - 0,090	0,101	0,88	0,86
Chlapci	214	162,87	$p<0,001$	131	0,078	0,066 - 0,090	0,101	0,88	0,86

**Legenda:**  $S-B\chi^2$  – hodnota chí-kvadrát testu; *p* – hladina významnosti modelu, *p* - významnost model; DF – stupně volnosti; RMSEA – root mean square of approximation; SRMR – standard root mean square of residual, vhodný; CFI – comparative fit index (komparativní index shody); TLI – Tucker–Lewis index.

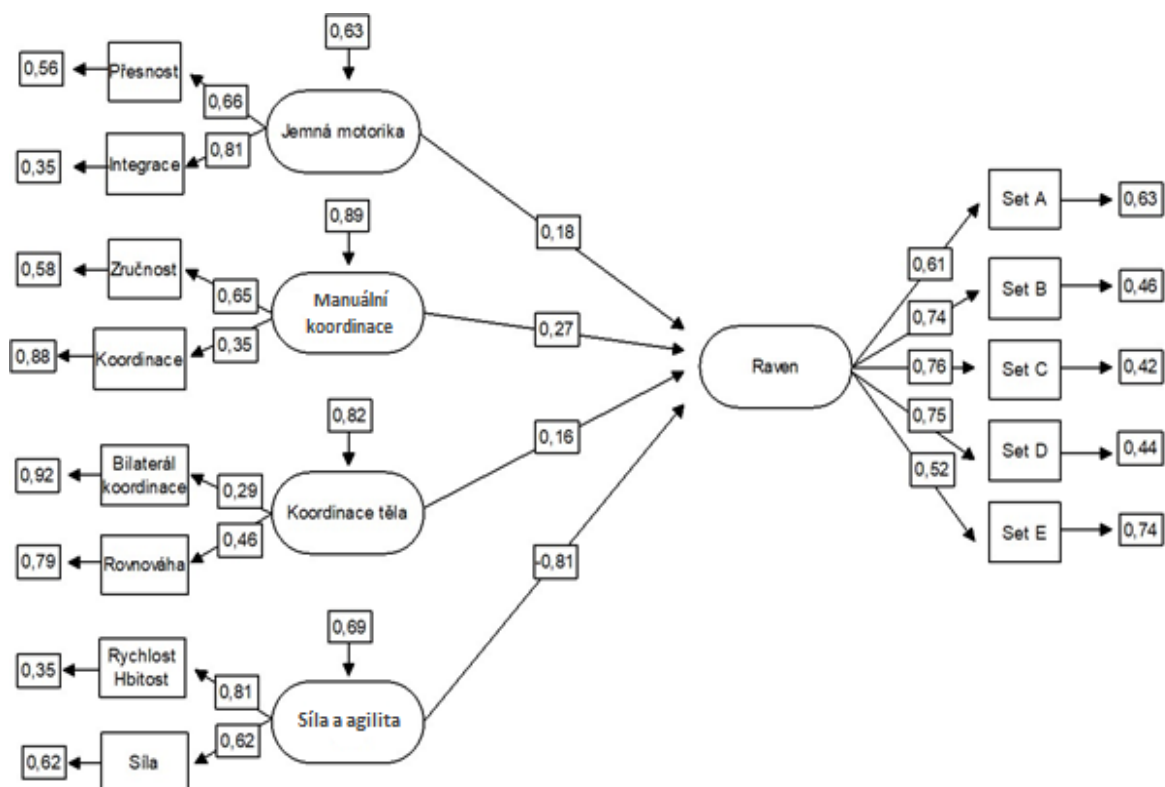
Z hodnot  $S-B\chi^2$  vyplývá, že empirické výsledky získané u dívek významně lépe podporují definovaný strukturální model (viz tab. 4), nicméně celkově oproti prvnímu měření je kvalita tohoto strukturálního modelu významně horší  $p<0,001$ . Z následujících path diagramů (obr. 5 a obr. 6) je zřejmé, že pouze u dívek byl nalezen významný vliv konstruktů síla a agilita na úroveň výkonu v RPM. U chlapců nebyl zjištěn významný vliv žádného konstruktů

motorické vyspělosti na výkon v RPM. Ve strukturálním modelu u chlapců byl zjištěn vysoký regresní koeficient konstruktů síly a agility na výkon v RPM  $\beta = -0,81$ , nicméně hodnota byla negativní. To znamená, že úroveň síly a agility by nepřímo úměrně ovlivňoval výkon v RPM. Jinými slovy, čím nižší byla úroveň síly a agility, tím vyšší byl výkon v RPM. V detailní analýze faktorových zátěží mezi sety RPM a konstruktem RPM bylo odhaleno, že u chlapců (Obr. 6) jsou zátěže zejména u setů B (pochopení analogie obrazců, lineární rozlišování a usuzování) a setu C (představivost a pochopení změn ve vertikálním a horizontálním směru) stejně jako v analýze z prvního měření v porovnání s dívkami (Obr. 5) nižší. To znamená, že tyto indikátory měly u chlapců nižší diskriminační schopnost rozlišovat v úrovni hodnoceného rysu (traitu).

**Obrázek 5** Strukturální model BOT-2 a RPM u dívek – druhé měření



**Obrázek 6** Strukturální model BOT-2 a RPM u chlapců – druhé měření



### **Odlišnosti mezi prvním a druhým měření v BOT-2 a RPM**

Pomocí dvou-výběrového T-testu jsme zjišťovali významnost rozdílů mezi prvním a druhým měřením u výsledků všech subtestů diagnostického nástroje BOT-2 a zároveň i u všech setů RPM bez ohledu na pohlaví dětí. V téměř ve všech měřených subtestech BOT-2 (kromě manuální zručnosti) došlo při druhém měření k významnému zlepšení. V jednotlivých subtestech BOT-2 (Tab. 5) se děti zlepšily nejvíce v jemné motorice o 9 %. U RPM se děti zlepšily nejvíce v setu C o 12% (Tab. 6). V celkovém výsledku motorické vyspělosti měřené BOT-2 se děti ve druhém měření zlepšily o 8,3 % oproti prvnímu měření. V úrovni neverbální inteligence se jednalo o zlepšení 7,8 %.

**Tabulka 5** T-testy u antropometrických parametrů a výsledků v BOT2

	<b>První měření</b>	<b>Druhé měření</b>	<b>Rozdíl %</b>	<b>T/Z hodnota</b>	<b>P hodnota</b>
<b>Výška</b>	135,9±9,3	140,7±9,6	3,5 %	16,9	p<0,001
<b>Hmotnost</b>	32,6±10,1	35,6±11,4	8,4 %	17,02	p<0,001
<b>BMI</b>	17,4±3,6	17,7±3,8	1,7 %	5,9	p<0,001
Jemná motorika přesnost	11,7±3,8	12,8±3,9	8,5 %	5,5	p<0,001
Jemná motorika integrace	13,8±3,9	16,4±4,2	15,8 %	10	p<0,001
<b>Jemná motorika</b>	44,6±8	49±8,6	9 %	9,3	p<0,001
Manuální zručnost	15,3±4,4	15,9±4,1	3,8 %	2,26	p=0,02
Koordinace HK	11,5±5,0	14,0±5,5	17,9 %	7,5	p<0,001
<b>Manuální koordinace</b>	45,9±9,0	49,6±9,4	7,5 %	6,7	p<0,001
Bilaterální koordinace	10,9±4,3	12,1±3,9	9,9 %	5,9	p<0,001
Rovnováha	11,4±3,6	12,9±3,8	11,7 %	8,4	p<0,001
<b>Tělesná koordinace</b>	40,2±6,9	43,1±7,2	6,8 %	8,7	p<0,001
Rychlost, hbitost	12,8±4,0	13,6±3,3	5,9 %	4,2	p<0,001
Síla	17,2±3,7	17,6±3,4	2,3 %	3,3	p<0,001
<b>Síla a agilita</b>	50,1±7,6	51,5±7,0	2,7 %	5,3	p<0,001
<b>BOT-2</b>	43,4±7,3	47,3±7,4	8,3 %	12,3	p<0,001

*Legenda: T/Z = hodnota testového kritéria.*

**Tabulka 6** T-testy první a druhé měření u RPM

	<b>První měření</b>	<b>Druhé měření</b>	<b>Rozdíl %</b>	<b>T/Z hodnota</b>	<b>P hodnota</b>
Set A	10,2±1,3	10,7±1,2	4,7 %	9,8	p<0,001
Set B	8,7±2,6	9,3±2,0	6,5 %	5,4	p<0,001
Set C	6,3±2,6	7,1±2,3	11,3 %	9,1	p<0,001
Set D	6,0±2,9	6,6±2,7	9,1 %	6,0	p<0,001
Set E	1,9±1,8	2,1±2,0	9,6 %	2,0	p=0,02
Čas	25,6±8,0	26,4±8,2		2,0	p=0,02
<b>RPM celkem</b>	33,1±9,2	35,9±8,1	7,8 %	11,9	p<0,001

*Legenda: T/Z = hodnota testového kritéria.*

Pozitivní změny ve výkonech motorických testových baterií i v testových bateriích měřících inteligenci při nedostatečné wash up period jsou celkem známé. Pokud by se zlepšili probandé systematicky, nemělo by toto zlepšení významný dopad na strukturální vztahy či kauzality v modelu. Při hodnocení klinické významnosti odlišností mezi prvním a druhým



měření jsme zjistili, že *Cohen d* pro repeated hodnocení se pohybovalo v rozmezí velmi malého až malého efektu *Cohen d* repeated measures = 0,11 – 0,39. Jelikož však ve druhém měření bylo zjištěno výrazné zhoršení fitu modelu, včetně významných změn některých faktorových zátěží, bylo pravděpodobné, že změny ve výkonech neměly systematickou podobu. Proto jsme se v následujícím kroku rozhodli ověřit míru změny v úrovni motorické vyspělosti i obecné inteligence RPM s ohledem na školu. K tomuto rozhodnutí jsme dospěli na základě výsledku předchozích studií, které opakovaně předkládají, že děti z velkých měst jsou v úrovni motorické vyspělosti i aspektech exekutivních nebo kognitivních v průřezových studiích lepší než děti z menších sídel.

V RPM došlo v celkovém výsledku ve druhém měření ke zlepšení o 7,8 % oproti prvnímu měření (Tab. 6). V BOT- 2 došlo ke zlepšení o 8,3 % (Tab. 5).

## DISKUZE

Cílem disertační práce bylo zjistit míru vlivu motorické vyspělosti hodnocenou diagnostickým nástrojem BOT-2 a její stabilitu v čase (půlroční wash up a opakované měření) na výkon v neverbální složce inteligence hodnocené pomocí RPM u dětí mladšího školního věku (6 - 11 let) se zohledněním věku a pohlaví.

### Vztah motorické vyspělosti a neverbální inteligence

Výsledky strukturálního modelu v obou měřeních ukázaly, že výkony v jednotlivých konstruktech BOT-2 a výkony v setech RPM mají významný vliv na úroveň neverbální složky obecné inteligence  $R^2=0,25$  v prvním měření a  $R^2=0,22$  ve druhém měření. Spolu s výsledky z vícenásobné regrese, provedené pro jednotlivé věkové skupiny, je proto možné přijmout výzkumnou **hypotézu č. 1**, a to, že úroveň motorické vyspělosti má významný vliv na úroveň neverbální složky obecné inteligence. Nicméně je potřeba zde zdůraznit, že úroveň motorické vyspělosti spolu se sety z RPM měla dle výsledků strukturálních modelů významný vliv na neverbální složku obecné inteligence v obou měřeních pouze u dívek, první měření  $R^2=0,32$  a druhé měření  $R^2=0,34$ . Díky tomuto zjištění proto přijímáme **hypotézu č. 2**.

Spojení motoriky a inteligence je v základu vedeno předpokladem významné souvislosti mezi 1. rychlostí přenosu informací v CNS; 2. intelektuální aktivitou. V tomto spojení je možné si představit komplexní pohybový úkol jako činnost, kde je, kromě přesně vymezených

vzorců neuromuskulární aktivity (Schmidt & Lee, 1999) nutné zapojit také složku kognitivní (Planinsec, 2002). Fridland (2019) poukazuje na propojení výkonu v motorické dovednosti, dále nespecifikované, s myslí a inteligencí. Ve své studii hovoří o pojmech „*concatenation*“, který představuje asociativní složku spíše intuitivního implicitního charakteru pro osvojení a provedení dovednosti. Druhým pojmem je „*segmentation*“, který vyjadřuje osvojování, nebo provedení dovednosti za pomoci kognitivních procesů. Provedení komplexního pohybového úkoly, který je dle našeho názoru souhrou obou těchto procesů, je proto v souladu s předchozími výzkumy (Leithwood, 1971; Thomas & Chissom, 1972) částečně intelektový proces. Na konkrétní spojení motorické koordinace a neverbální složky inteligence poukázal i Zimmer (1981). Jakmile je tedy nutné pro řešení motorického úkolu použití kognitivních procesů, objevuje se vztah mezi motorickou koordinací a inteligencí zřetelněji (Momirović et al., 1987; Carretta & Ree, 1997; Tirre & Raouf 1998; Planinsec, 2002; Bonifacci et al. 2004). Na podkladě těchto teorií se proto domníváme, že nalezený vliv motorické vyspělosti na výkon v neverbální složce obecné inteligence má své opodstatnění. Jak již bylo zmíněno, významný vliv motorické vyspělosti na výkon v neverbální složce byl v obou měřeních objeven pouze u dívek. CNS dívek zraje odlišným tempem a s důrazem na odlišné oblasti oproti CNS chlapců (Gidley Larson et al., 2007). U dívek prokazatelně rychleji zraje prefrontální kortex a cerebellum (De Bellis et al., 2001; Tiemeier et al., 2010; Sussman, et al., 2016), které se do motorické činnosti významně zapojují, pokud není motorický úkol pro člověka zautomatizovaný (Diamond, 2000). Christakou et al. (2009) se zaměřili na funkční odlišnosti v řízení kognitivních procesů u obou pohlaví ve věkovém rozpětí 13–38 let. Výsledky fMRI ukázaly, že dívky/ženy zapojují významně více prefrontální a temporální oblasti kortexu, které se u nich ukázaly ve vyšším stadiu maturace. Tyto oblasti mozku jsou zodpovědné za plánování, exekutivu a také přípravnou fázi na exekuci spolu s krátkodobou pamětí. Velmi zajímavé zjištění přinesli Ramsden et al. (2011), kteří u adolescentů našli pozitivní souvislost mezi úrovní neverbální složky IQ a profilem šedé hmoty v oblastech zodpovědných za pohyby prstů. Motorické odlišnosti v závislosti na pohlaví u dětí ve věku 7–14 let také našli Gidley Larson et al. (2007). Dívky byly oproti chlapcům lepší v tzv. *timmed pattern movements*, kde byla cílem přesnost pohybu celého těla nebo jeho částí. Spolu s předchozím zjištěním Christakou et al. (2009) by toto mohlo souviset s lepšími výkony dívek v oblastech jemné motoriky a stejně tak s lepší celkovou pohybovou koordinací (jak test *sed leh*, tak *agility běh*), která je dle Zimmera (1981) se složkou neverbální inteligence významně spojena.

Následně jsme analyzovali vliv jednotlivých konstruktů motorické vyspělosti na výkon v neverbální složce inteligence. Z předchozích výzkumů (např: Gidley Larson et al., 2007; Ramsden et al., 2011; Klupp et al., 2021) jsme předpokládali, že nejsilnější vliv na úroveň neverbální složky inteligence bude mít v obou měřeních úroveň jemné motoriky. I přes to, že jemná motorika byla v obou měřeních významným prediktorem pro výkon v neverbální složce obecné inteligence, první měření  $\lambda=0,32$ , druhé měření  $\lambda=0,30$ , nebyl její vliv v modelu se zohledněním pohlaví probandů absolutně nejsilnější, a proto **hypotézu č. 3** zamítáme. Nejsilnějším prediktorem byl v tomto případě v prvním měření konstrukt síla a agilita  $\lambda=0,52$ . Na druhou stranu výkon v konstruktu síla a agilita se neukázal jako významný pro výkon v úrovni neverbální složce obecné inteligence ve druhém měření  $\lambda=0,19$ . Z těchto výsledků vyplývá, že úroveň jemné motoriky se zdá být stabilním prediktorem pro výkon v neverbální složce obecné inteligence. Tyto výsledky jsou v souladu s některými předchozími studii. Momirovic et al. (1987) zjistili, že výkony v jemné motorice (koordinace ruky) významně korelují s výsledkem v hodnocení inteligence. K podobnému zjištění došli Graff s Hintonem (1997), dle kterých má nejbližší vztah s inteligencí vizuální koordinace oka a ruky. Domníváme se, že vysvětlení této stability je dáno nároky na CNS při realizaci jemně motorických úkolů, kde se účastní regiony mozku (cerebellum, bazální ganglia, frontální laloky) zodpovědné také za kognitivní operace, zejména zvýšené nároky na pozornost a plastičnost pohybu (Thach, 1998; Diamond, 2000). Vliv oblastí síly a agility na úroveň neverbální složky obecné inteligence má dle našeho názoru také své opodstatnění. Konstrukt síly a agility obsahuje v rámci BOT-2 množství manifestních proměnných (člunkový běh, překračování kladiny s došlapem obou nohou na každé straně po dobu 15 sekund, skoky po jedné noze na značce na místě po dobu 15 sekund, přeskoky značky snožmo a přeskoky značky po jedné noze po dobu 15 sekund), které svou povahou patří především do oblastí dynamické rovnováhy, rytmické schopnosti a agility. Wilson a McKenzie (1998) ve své metaanalýze poukázali na průkazný vztah mezi motorickou koordinací a úrovní inteligence. Planinsec a Pišot (2006) ukázali, že děti a dospívající s podprůměrnými výkony v testu inteligence TN20 dosáhli významně horších výkonů v testech motorické koordinace zahrnující významně složku rytmizace. Motorické činnosti jako agility běh vyžadují kromě úrovně motorické výkonnosti běhu také zapojení rozhodovacích procesů, plánování, inteligenční složky a rytmizace – timingu. Komplex výše zmíněných konstruktů tvoří dle našeho názoru integrální plán pro realizaci koordinačně náročného pohybu, podobně vysvětlený Bernsteinem (2014), který jej nazývá souhrnně dextritou (šikovností, nikoliv pravostranností) člověka. S tímto výkladem je možné spojit také výsledky Horičky et al. (2020), kteří u školních dětí zjistili významný vztah mezi úrovní

inteligence a výkony v reaktivní agilitě. Souvislost mezi výkonem v běžecké agilitě a úrovni inteligence přinesli také Esteban-Cornejo et al. (2019). V této studii bylo zjištěno, že kardiorespirační zdatnost a běžecká agilita významně ovlivňují tloušťku mozkové kůry a že tloušťka mozkové kůry významně souvisí s úrovní inteligence. Nicméně je nutné také uvést, že ve výsledcích předchozích studií neexistuje úplná shoda. Například Smits-Engelsman a Hill (2012) ve své studii s více jak 12000 probandy zjistili, že úroveň inteligence je v jejich případě nezávislá na úrovni motorické koordinace, a to v době dětství i rané dospělosti. V této studii však byly použity testy motorické koordinace, které spíše odpovídají hodnocení hrubé motorické činnosti, a jejich položky, jako je např. chůze po čáře či jednoduché poskoky, se ukazují v populaci jako problematické z důvodu jejich nízké úrovně diskriminace.

Míra vztahu mezi úrovní motorické vyspělosti (celkový standardní skóre v BOT-2) a neverbální složkou obecné inteligence byla s ohledem na věk probandů odlišná. V této práci jsme předpokládali, že míra vztahu bude s věkem slábnout. Tento předpoklad jsme formulovali na základě výsledků předchozích studií (Hartman et al. 2010; Pangelinan, et al., 2011; Papadopoulos et al., 2014) které zjistily, že vztah mezi úrovní rozvoje motoriky a obecné inteligence je v období předškolního věku nejsilnější ( $r = 0,4 - 0,7$ ) a v období mladšího školního věku se síla tohoto vztahu značně snižuje  $r = 0,16 - 0,34$  (Bentler, 1985 in Schneider & Bullock, 2008). Toto slábnutí vztahů mezi inteligencí a motorickou vyspělostí je vysvětlováno maturačním procesem CNS. V předškolním věku je spojení tzv. základní kognitivní schopnosti (IQ) a úrovní motorických dovedností velmi silné díky společné aktivaci zejména subkortikálních mozkových struktur při motorických i kognitivních činnostech. V dalším vývoji se však maturace subkortikálních a zejména kortikálních oblastí diferencuje (vývoj frontálních laloků a plánování; oddělení kognitivní a motorické složky v cerebellu). Tyto maturační procesy spolu s přicházejícími zevními vlivy proto vztah mezi motorickou vyspělostí a inteligencí pravděpodobně oslabují (Pangelinan, et al., 2011; Schneider & Bullock, 2008). Zatímco v prvním měření nebyla zjištěna žádná systematická míra vztahu a věku (kategorie 6 – 7 let,  $r=0,39$ ; kategorie 8 – 9 let,  $r=0,28$ ; kategorie 10 – 11 let ( $r=0,34$ ), ve druhém měření byly vztahy mezi celkovým skóre v BOT-2 a úrovní neverbální složky obecné inteligence s věkem silnější (kategorie 6 – 7 let,  $r=0,15$ ; kategorie 8 – 9 let,  $r=0,29$ ; kategorie 10 – 11 let  $r=0,40$ ). Na základě těchto výsledků musíme zamítnout **hypotézu č. 4**. Cole a Harris (1992) poukázali, že vztahy mezi inteligenčním kvocientem a motorickým kvocientem jsou nestabilní, s věkem se mění a určení jejich trendu je velmi závislé na souboru a kovariačních proměnných. Naše výsledky jsou v jistém souladu se závěry longitudinální studie Schneidera a Bullockové

(2008). Tito autoři odhalili podobnou těsnost vztahu mezi motorikou a inteligencí v mladším školním věku. Dle jejich zjištění dosahuje tento vztah v mladším školním věku korelace  $r=0,34$ , což je výsledek, který se velmi blíží svou hodnotou námi zjištěným korelacím z prvního měření v námi určených kategoriích mladšího školního věku: 6 – 7 let ( $r=0,39$ ), kategorie 8 – 9 let ( $r=0,28$ ), kategorie 10 – 11 let ( $r=0,34$ ). Při analýze jednotlivých konstruktů motorické vyspělosti jsme zjistili, že podobný trend vývoje vztahů je pouze u subtestu rovnováhy a subtestu síly. Vztah mezi úrovní rovnováhy, síly a akademickými dovednostmi (početní operace, jazyková vybavenost, slovní zásoba) byl zjištěn ve studii Abdelkarim et al. (2017). Autoři tyto vztahy vysvětlují možnou souvislostí, mírou aktivizace CNS, která je při rovnovážných cvičení vyšší, a také mírou prokrvení zejména hypokampální části mozku, která úzce souvisí s operativní pamětí. Ovšem v obou případech je klinická průkaznost zjištěných vztahů zanedbatelná. Na druhou stranu jsme si vědomi, že výsledky analýz z druhého měření byly pravděpodobně významně ovlivněny velmi nestandardním zlepšením výkonu v úrovni motorické vyspělosti u dětí ze ZŠ Školní. Tato změna, která byla nejmarkantnější u chlapců ve věku 6 – 7 let, mohla výrazně změnit parametry popisné statistiky, jako je kovariance a směrodatná odchylka, ze kterých jsou korelace počítány. Proto se spíše přikláníme k názoru Colea a Harrise (1992), tj. že vztahy mezi hodnocenými proměnnými se v závislosti na věku mění. Absence vysvětlení, proč došlo při opakovaném měření k tak výraznému zlepšení pouze u jedné části výzkumného souboru, nám neumožňuje při hodnocení změn v závislosti na věku zaujmout jasné stanovisko.

## ZÁVĚR

Zjištěné výsledky ukazují, že používané diagnostické nástroje pro hodnocení úrovně motorické vyspělosti nebo neverbální složky obecné inteligence mohou být z hlediska stability struktury v opakovaných měřeních problematické. I s tímto limitem však výsledky této studie ukázaly významný vliv úrovně motorické vyspělosti na úroveň neverbální složky obecné inteligence u dětí mladšího školního věku. Nejdůležitějšími oblastmi pozitivně ovlivňující výkon v RPM byla jemná motorika a síla a agilita. K tomu je třeba dodat, že tato důležitost se ukázala odlišně silná i stabilní s ohledem na pohlaví, kdy u dívek byl vliv těchto konstruktů na úroveň neverbální složky inteligence silnější. Velmi variabilní se ukázaly vztahy mezi jednotlivými konstrukty motorické vyspělosti a výkonem v RPM s ohledem na věk probandů, z čehož jsme nebyli schopni odvodit trend slábnoucích vztahů navrhovaný některými předchozími autory. Nicméně prokazatelný vliv úrovně motorické vyspělosti na neverbální

složku obecné inteligence u dětí mladšího školního věku vnímáme jako klíčovou informaci pro tvorbu intervenčních i pohybově edukačních programů ve školním prostředí, s cílem stimulovat motorický vývoj dětí s důrazem na oblast jemné motoriky, agility a síly za účelem rozvoje jejich mentální složky.

## REFERENČNÍ SEZNAM

Abbott, A., Bartlett, D., Fanning, J., & Kramer, J. (2000) Infant motor development and aspects of the home environment. *Pediatric Physical Therapy*, 12, 62–67.

Abdelkarim, O., Ammar, A., Chtourou, H., Wagner, M., Knisel, E., Hökelmann, A., & Bös, K. (2017). Relationship between motor and cognitive learning abilities among primary school-aged children. *Alexandria Journal of Medicine*, 53(4), 325-331.

Allen K., Marotz, L. R. (2002). *Přehled vývoje dítěte od prenatálního období do 8 let*. 1. vyd. Praha: Portál.

Barnett, L., van Beurden, E., Morgan, P. J., Lincoln, D., Zask, A., & Beard, J. (2009). Interrater objectivity for field-based fundamental motor skill assessment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 363-368.

Bartels, M., Rietveld, M. J., Van Baal, G. C. M., & Boomsma, D. I. (2002). Heritability of educational achievement in 12-year-olds and the overlap with cognitive ability. *Twin Research and Human Genetics*, 5(6), 544-553.

Bernstein, N. A. (2014). *Dexterity and its development*. Psychology Press.

Bertoti, D. (2004). *Functional neurorehabilitation through the life span*. FA Davis Company.

Blahutková, M., Klenková, J., & Zichová, D. (2005). Psychomotorické hry pro děti s poruchami pozornosti a pro hyperaktivní děti (Vol. 1000). Masarykova univerzita.

Blythe, S. G. (2012). *Assessing neuromotor readiness for learning: The INPP developmental screening test and school intervention programme*. John Wiley & Sons.

Bogin, B. (Ed.). (2012). *Human growth and development*. Academic Press.

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.

Bonett, D. G., & Wright, T. A. (2000). Sample size requirements for estimating Pearson, Kendall and Spearman correlations. *Psychometrika*, 65(1), 23-28.

Bouchard, T. J., Lykken, D. T., McGue, M., Segal, N. L., & Tellegen, A. (1990). Sources of human psychological differences: The Minnesota study of twins reared apart. *Science*, 250(4978), 223-228.

- Brown, R. P., & Day, E. A. (2006). The difference isn't black and white: stereotype threat and the race gap on Raven's Advanced Progressive Matrices. *Journal of Applied Psychology, 91*(4), 979.
- Bruggink, J. L., Van Braeckel, K. N., & Bos, A. F. (2010). The early motor repertoire of children born preterm is associated with intelligence at school age. *Pediatrics, 125*(6), e1356-e1363.
- Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2005). *Test of motor proficiency (2nd ed.)*. Circle Pines: AGS Publishing. Manual.
- Burton, A. W., & Miller, D. E. (1998). *Movement skill assessment*. Human Kinetics.
- Carretta, T. R., & Ree, M. J. (1997). Expanding the nexus of cognitive and psychomotor abilities. *International Journal of Selection and Assessment, 5*(3), 149-158.
- Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development?. *Trends in cognitive sciences, 9*(3), 104-110.
- Campbell, I. G., Grimm, K. J., De Bie, E., & Feinberg, I. (2012). Sex, puberty, and the timing of sleep EEG measured adolescent brain maturation. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 109*(15), 5740-5743.
- Christakou, A., Halari, R., Smith, A. B., Ifkovits, E., Brammer, M., & Rubia, K. (2009). Sex-dependent age modulation of frontostriatal and temporo-parietal activation during cognitive control. *Neuroimage, 48*(1), 223-236.
- Clark, J. E. (1994). Motor development. *Encyclopedia of human behavior, 3*(1), 245-255.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press.
- Cole, K. N., & Harris, S. R. (1992). Instability of the intelligence quotient-motor quotient relationship. *Developmental Medicine & Child Neurology, 34*(7), 633-641.
- Cools, W., K. De Marteleer, et al. (2008). Movement skill assessment of typically developing preschool children: A Review of seven movement skill assessment tools. *Journal of Sports Science and Medicine 2009, 154-168*.
- De Bellis, M. D., Keshavan, M. S., Beers, S. R., Hall, J., Frustaci, K., Masalehdan, A., ... & Boring, A. M. (2001). Sex differences in brain maturation during childhood and adolescence. *Cerebral cortex, 11*(6), 552-557.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions.
- Duger, T., Bumin, G., Uyanik, M., Aki, E., & Kayihan, H. (1999). The assessment of Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency in children. *Pediatric rehabilitation, 3*(3), 125-131.

Esteban-Cornejo, I., Rodriguez-Ayllon, M., Verdejo-Roman, J., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Chaddock-Heyman, L., ... & Hillman, C. H. (2019). Physical fitness, white matter volume and academic performance in children: findings from the Active Brains and FIT Kids2 projects. *Frontiers in psychology, 10*, 208.

Fels, I. M., Wierike, S. C., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4–16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport, 18*(6), 697-703.

Ferjenčík, J., Hromý, J. (1989). *Ravenovy progresivní matice*. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy.

Ferron, J. M., & Hess, M. R. (2007). Estimation in SEM: A concrete example. *Journal of Educational and Behavioral Statistics, 32*(1), 110–120.

Fridland, E. (2019). Longer, smaller, faster, stronger: On skills and intelligence. *Philosophical Psychology, 32*(5), 759-783.

Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2006). *Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults*. Boston: McGraw-Hill.

Gallahue, D. L., Ozmun, J. C., and Goodway, J. (2012). *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults*. New York, NY: McGrawHill.

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*(1), 543-562.

Graf, M., & Hinton, R. N. (1997). Correlations for the developmental visual-motor integration test and the Wechsler Intelligence Scale for Children-III. *Perceptual and motor skills, 84*(2), 699-702.

Grissom, R. J., & Kim, J. J. (2012). *Effect sizes for research: Univariate and multivariate applications*. Routledge.

Hadders-Algra, M. (2005). The neuromotor examination of the preschool child and its prognostic significance. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews, 11*(3), 180-188.

Hartman, E., Houwen, S., Scherder, E., & Visscher, C. (2010). On the relationship between motor performance and executive functioning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research, 54*(5), 468-477.

Haywood, K. M., & Getchell, N. (2005). *Life Span Motor Development*. USA: Human Kinetics.

Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Portál, sro.



- Hermanussen, M. (2013). *Auxology: Studying human growth and development*. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Hintze, J. (2007). NCSS 2007. *Statistical analysis and graphics, user's guide*.
- Holický, J. (2015). *Psychomotorický vývoj dětí v pražských školách a dětských domovech*. Disertační práce FTVS: UK.
- Horga, S. (1993). *Psihologija sporta*. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu.
- Horička, P., Šimonek, J., & Paška, L. (2020). Relationship between reactive agility, cognitive abilities, and intelligence in adolescents. *Journal of Physical Education and Sport*, 20, 2263-2268.
- Hulley, S. B. (2007). *Designing clinical research*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Hurych, E. (2006). *Analýza vzájemné závislosti úrovně motorické a intelektuální vyspělosti, úrovně pohybového nadání a struktury osobnosti u vybraného souboru dětí a mládeže*. (disertační práce). Brno: MU, Fakulta sportovních studií.
- Karachle, N., Dania, A., & Venetsanou, F. (2017). Effects of a recreational gymnastics program on the motor proficiency of young children. *Science of Gymnastic Journal*, 9 (1), 17–25.
- Kerr, R. (1982). *Psychomotor learning*. Saunders College Pub.
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2000). *Foundations of behavioral research*. 4th ed., Holt, NY.
- Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications.
- Klupp, S., Möhring, W., Lemola, S., & Grob, A. (2021). Relations between fine motor skills and intelligence in typically developing children and children with attention deficit hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 110, 103855.
- Leithwood, K. A. (1971). Motor, cognitive, and affective relationships among advantaged preschool children. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 42(1), 47-53.
- Logan, S. W., Ross, S. M., Chee, K., Stodden, D. F., & Robinson, L. E. (2018). Fundamental motor skills: A systematic review of terminology. *Journal of sports sciences*, 36(7), 781-796.
- Mackintosh, N. J. (2000). *IQ a inteligence*. Praha: Grada, Psyché.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics.
- Maydeu-Olivares, A., & McArdle, J. J. (Eds.). (2005). *Contemporary psychometrics*. Psychology Press.

- Mayes, S. D., & S. L. Calhoun (2003). Analysis of WISC-III, Stanford-Binet: IV, and academic achievement test scores in children with autism. *Journal of autism and developmental disorders* 33(3): 329-341.
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., Cliff, D. P., & Paas, F. (2015). Effects of integrated physical exercises and gestures on preschool children's foreign language vocabulary learning. *Educational psychology review*, 27(3), 413-426.
- McDonald, R. P., (1999). *Test theory: A unified treatment*. Hillsdale: Erlbaum.
- Momirovič, K., Hošek, A., & Gredelj, M. (1987). *Relationships between intelligence and coordination of movement*. Novi Sad: Savez pedagoga fizičke kulture Jugoslavije.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2010). *Mplus: Statistical analysis with latent variables : User's Guide*. Los Angeles: Muthén & Muthén.
- Nicholson, C. L., & Alcorn, C. L. (2008). *Vzdělávací aplikace WISC-III*. 1. vyd. Testcentrum: Hogrefe Praha.
- Nijenhuis, J., & Flier, H. (2002). The correlation of g with attentional and perceptual-motor ability tests. *Personality and Individual Differences*, 33(2), 287-297.
- Pangelinan, M. M., Zhang, G., VanMeter, J. W., Clark, J. E., Hatfield, B. D., & Haufler, A. J. (2011). Beyond age and gender: relationships between cortical and subcortical brain volume and cognitive-motor abilities in school-age children. *Neuroimage*, 54(4), 3093-3100.
- Papadopoulos, Timothy; Parrila, Rauno K., & Kirby, John R. (2014). *Cognition, Intelligence, and Achievement*. A Tribute to J. P. Das. London, UK: Academic Press.
- Piaget, J., Inhelder, B., Fraise, P., & Piaget, J. (1969). Intellectual operations and their development. *Experimental psychology, its scope and method*, 144-205.
- Piaget, J. (2000). *Psychologie dítěte*. Praha: Portál.
- Piek, J. P., Dawson, L., Smith, L. M., & Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Human movement science*, 27(5), 668-681.
- Piek, J. P., Hands, B., & Licari, M. K. (2012). Assessment of motor functioning in the preschool period. *Neuropsychology review*, 22(4), 402-413.
- Pietsch, S., Böttcher, C., & Jansen, P. (2017). Cognitive motor coordination training improves mental rotation performance in primary school-aged children. *Mind, Brain, and Education*, 11(4), 176-180.
- Planinsec, J. (2002). Developmental changes of relations between motor performance and fluid intelligence. *Studia Psychologica*, 44(2), 85-94.
- Planinsec, J., & Pišot, R. (2006). Motor coordination and intelligence level in adolescents. *Adolescence*, 41(164).

Plomin, R., DeFries, J. C., Knopik, V. S., Neiderhiser, J. M. (2013). *Behavioral genetics* (6th ed.). New York, NY: Worth.

Pons, F., Lawson, J., Harris, P.L. & Rosnay, M. (2003). Individual differences in children's emotion understanding: Effects of age and language. *Scandinavian Journal of Psychology*, 44, 345–351.

Portney, L. G., & Watkins, M. P. (1993). Descriptive research. *Foundations of Clinical Research: Application to Practice*. Toronto, Canada: Prentice Hall Canada, 233-249.

Půstová, Z. (1997). *Psychomotorický vývoj sluchově postižených dětí v předškolním věku*. Septima.

Ramsden, S., Richardson, F. M., Josse, G., Thomas, M. S., Ellis, C., Shakeshaft, C., ... & Price, C. J. (2011). Verbal and non-verbal intelligence changes in the teenage brain. *Nature*, 479(7371), 113-116.

Ratterman, M. J., & Gentner, D. (1998). More evidence for a relational shift in the development of analogy: Children's performance on a causal mapping task. *Cognitive Development*, 13, 453-478.

Raven, J., & Raven, J. (2008). *Uses and Abuses of Intelligence: Studies Advancing Spearman and Raven's Quest for Non-Arbitrary Metrics*. Unionville, New York: Royal Fireworks Press.

Reynolds & R. W. Kamphaus (Eds.), *Handbook of psychological and educational assessment of children: Intelligence, aptitude, and achievement* (p. 217–242). The Guilford Press.

Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (1999). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Schneider, W., & Bullock, M. (2008). *Human Development from Early Childhood to Early Adulthood: Findings from a 20 Year Longitudinal Study*. New York, NY: Psychology Press.

Smits-Engelsman, B., & Hill, E. L. (2012). The relationship between motor coordination and intelligence across the IQ range. *Pediatrics*, 130(4), e950-e956.

Sobotková, D., & Dittrichová, J. (2009). *Narodilo se s problémy a co bude dál?*. Praha: Triton.

Spiegel, N., (1990). *The early motor profile: Correlation with the Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency*. Perceptual and motor skills.

Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Roberton, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C., & Garcia, L. E. (2008). A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship. *Quest*, 60(2), 290-306.

Sugden, D. A., Wade, M. G., & Hart, H. (2013). *Typical and atypical motor development*. Mac Keith Press.

- Sussman, D., Leung, R. C., Chakravarty, M. M., Lerch, J. P., & Taylor, M. J. (2016). The developing human brain: age-related changes in cortical, subcortical, and cerebellar anatomy. *Brain and behavior*, 6(4), e00457.
- Svoboda, M., Krejčířová, D., Vágnerová, M., Krejčířová, D., & Vágnerová, M. (2015). *Psychodiagnostika dětí a dospívajících*. Praha: Portál.
- Szabová, M. (1999). *Cvičení pro rozvoj psychomotoriky: stimulační hry pro děti od 3 do 10 let*. Praha: Portál.
- Šmelová, E. (2013). Zóna nejbližšího vývoje jako ukazatel rozvoje schopností dítěte předškolního věku. *Journal of Technology and Information Education*, 5(2), 20-23.
- Tau, G. Z., & Peterson, B. S. (2010). Normal development of brain circuits. *Neuropsychopharmacology*, 35, 147-168.
- Thach, W. T. (1998). What is the role of the cerebellum in motor learning and cognition?. *Trends in cognitive sciences*, 2(9), 331-337.
- Thomas, J. R., & Chissom, B. S. (1972). Relationships as assessed by canonical correlation between perceptual-motor and intellectual abilities for pre-school and early elementary age children. *Journal of motor behavior*, 4(1), 23-29.
- Tirre, W. C., & Raouf, K. K. (1998). Structural models of cognitive and perceptualmotor abilities. *Personality and Individual Differences*, 24(5), 603-614.
- Trzaskowski, M., Harlaar, N., Arden, R., Krapohl, E., Rimfeld, K., McMillan, A., ... & Plomin, R. (2014). Genetic influence on family socioeconomic status and children's intelligence. *Intelligence*, 42, 83-88.
- Vágnerová, M. (2004). *Základy psychologie*. Praha: Karolinum.
- Vágnerová, M. (2005). *Vývojová psychologie I.: dětství a dospívání*. Praha: Karolinum.
- Vágnerová, M., & Klégrová, J. (2008). *Poradenská psychologická diagnostika dětí a dospívajících*. Praha: Karolinum.
- Vojta, V. (1997). Vyjadřovací schopnost vývojové kineziologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1, 7-10.
- Voyer, D., & Jansen, P. (2017). Motor expertise and performance in spatial tasks: A meta-analysis. *Human Movement Science*, 54, 110-124.
- Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development. *Readings on the development of children*, 23(3), 34-41.
- 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.

Wuang, Y.-P., C. Wang, C, et al. (2008). Profiles and cognitive predictors of motor functions among early school-age children with mild intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research* 52(12): 1048-1060.

Yu, T. Y., Chen, K. L., Chou, W., Yang, S. H., Kung, S. C., Lee, Y. C., & Tung, L. C. (2016). Intelligence quotient discrepancy indicates levels of motor competence in preschool children at risk for developmental delays. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 12, 501.

Zimbardo, P.G. , Weber, A.L. , & Johnson, R.L. (2003). *Psychology: Core concepts*. Boston: Allyn & Bacon.

Zimmer, R. (1981). *Motorik und Persönlichkeitsentwicklung bei Kindern im Vorschulalter: Eine experimentelle Untersuchung über den Zusammenhang motorischer, kognitiver, emotionaler und sozialer Variablen*. Hofmann.

Zimmer, R. (2006). *Handbuch der Psychomotorik*. 8. Ed. Freiburg im Breisgau: Herder.

Zittel, L.L. (1994). Gross motor assessment of preschool children with special needs: Instrument selection considerations. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 11, 245-260.