

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

# **HODNOCENÍ INHIBIČNÍ FUNKCE A ONLINE ŘÍZENÍ POHYBU DĚTÍ MLADŠÍHO ŠKOLNÍHO VĚKU**

Diplomová práce

Autor: Bc. Filip Šincl

Studijní program: Učitelství tělesné výchovy pro 2. stupeň ZŠ a SŠ  
maior, Učitelství dějepisu pro střední školy a 2. stupeň základních škol  
minor

Vedoucí práce: Mgr. Ludvík Valtr, Ph.D.

Olomouc 2023

**Bibliografická identifikace****Jméno autora:** Bc. Filip Šincl**Název práce:** Hodnocení inhibiční funkce a online řízení pohybu dětí mladšího školního věku**Vedoucí práce:** Mgr. Ludvík Valtr, Ph.D.**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii**Rok obhajoby:** 2023**Abstrakt:**

Hodnocení úrovně inhibiční funkce a online řízení pohybu u malých dětí a jejich následné porovnání je poněkud opomíjené téma. Většina studií, které se zabývají genderovými rozdíly úrovně inhibice a online řízení pohybu, se však zaměřuje na dospělou populaci. Záměrem této diplomové práce bylo porovnat úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let. Do výzkumu bylo zapojeno 200 dětí, z toho 104 chlapců a 96 dívek. Pro hodnocení inhibiční funkce a online řízení pohybu byla použita motorická úloha Double-Jump Reaching Task. Tato práce nenalezla žádné statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami tohoto věku v reakčních schopnostech, době pohybu a chybách, které souvisely s inhibicí a online řízením pohybu. Výsledky této práce dokazují, že u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let je úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu shodná.

**Klíčová slova:**

Mladší školní věk, inhibice pohybu, online řízení pohybu, reakční doba, genderové rozdíly

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification****Author:** Bc. Filip Šinčl**Title:** Assessment of Inhibitory Function and Online Control of Younger School-Age Children**Supervisor:** Mgr. Ludvík Valtr, Ph.D.**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology**Year:** 2023**Abstract:**

Assessing the level of inhibitory function and online control of children's movement and its comparison is unheeded topic. However, most studies that address gender differences in the levels of inhibition and online control focus on adult population. Therefore, the goal of this thesis is to compare the level of inhibitory function and online control of boys and girls aged six to seven years. Two hundred children were involved in the research. The sample consists of 104 boys and 96 girls. A Double-Jump Reaching Task was used for assessment of inhibiting function and online control of movement. This thesis finds no statistically significant differences between boys and girls of this age in reaction time, movement time and errors, which were related to inhibition and online control of movement. The results of this work is that boys and girls aged six to eleven yers have similar levels of inhibitory function and online control of movement.

**Keywords:**

Younger school-age, movement inhibition, online control, reaction time, gender differences

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

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Ludvíka Valtra, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 29. dubna 2023

.....

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Mgr. Ludvíku Valtrovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat svojí manželce Martince za veškerou podporu a trpělivost.

## **OBSAH**

1	Úvod .....	8
2	Přehled poznatků .....	9
2.1	Motorika.....	9
2.1.1	Hrubá motorika .....	10
2.1.2	Jemná motorika .....	10
2.2	Řízení motoriky .....	11
2.2.1	Inhibiční funkce a online řízení.....	15
2.2.2	Rychlost reakce .....	17
2.3	Mladší školní věk.....	19
2.3.1	Fyzický a psychický vývoj v mladším školním věku .....	19
2.3.2	Sociální vývoj v mladším školním věku .....	20
2.3.3	Mladší školní věk a pohyb .....	21
2.3.4	Motorický vývoj v mladším školním věku .....	23
2.3.5	Faktory ovlivňující motorický vývoj .....	27
2.3.6	Genderové rozdíly v mladším školním věku .....	29
3	Cíle .....	32
3.1	Dílčí cíle.....	32
3.2	Hypotézy .....	32
4	Metodika.....	33
4.1	Výzkumný soubor.....	33
4.2	Testové nástroje a testová procedura .....	33
4.3	Statistické vyhodnocení dat .....	37
5	Výsledky.....	38
5.1	Výsledky reakční doby .....	38
5.2	Výsledky doby pohybu .....	39

5.3	Výsledky chybovosti a úspěšných pokusů.....	41
6	Diskuze .....	44
7	Závěry.....	47
8	Souhrn.....	48
9	Summary.....	49
10	Referenční seznam .....	50

## 1 ÚVOD

Pohybový projev je neodmyslitelnou součástí každého jedince už od narození. Je důležité dbát na správný motorický vývoj u dětí. Právě období mladšího školního věku je možné označit za zlatý věk motoriky. Dítě v této etapě má dobré předpoklady k učení se novým motorickým dovednostem. Pro správný motorický vývoj je důležité klást důraz i na kognitivní vývoj, který s motorickým vývojem úzce souvisí. Také zrání centrální nervové soustavy kladně ovlivňuje vývoj zručnosti, koordinaci a rozvoj motoriky.

Každý i nepatrný pohyb je řízen CNS člověka. Pro provedení zamýšleného pohybu je důležitá inhibiční funkce a online řízení pohybu. Inhibiční funkce zajišťuje potlačení neadekvátní motorické odpovědi. Zároveň slouží k výběru a aplikaci vhodnější reakce na konkrétní podnět. Online řízení pohybu umožňuje se flexibilně a efektivně pohybovat v reakci na různé změny prostředí. Online řízení pohybu spolupracuje s dopředným modelem, který je vytvořen pro každý zamýšlený pohyb. Dopředný model lze označit za vzor pohybu. Pokud tedy dojde k pohybu, je prováděný pohyb porovnáván a upravován podle dopředného modelu, čímž je zajištěna plynulost a efektivita prováděného pohybu.

V této práci se zaměříme na úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u dětí mladšího školního věku. Budeme tedy porovnávat, zda pohlaví může být důležitým faktorem, který ovlivňuje úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u dětí v tomto období. Této problematice se zatím věnovalo jen málo studií a jejich výsledky se často neshodovaly.



## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Motorika

Motorika je souhrn veškerých tělesných pohybů člověka, které jsou zapříčiněny funkcí příčně pruhované svaloviny. Všeobecně je pohyb chápán jako základní existenční projev. Motorika člověka je tedy výslednicí a vyvrcholením pohybu veškerých živých organismů. Do lidské motoriky patří nejen pohyby těla, ale i uchopování předmětů a následná manipulace s nimi. Další důležitou součástí motoriky je opěrná motorika, která zajišťuje vzpřímený postoj, držení těla, tělesnou rovnováhu a polohu těla v prostoru. Pokud dojde ke změně polohy těla, právě opěrná motorika zabezpečuje vyrovnání zevních sil působících na tělo (zejména tíhové síly). Neustálé vyrovnávání zevních sil je důležité, aby nedošlo ke ztrátě rovnováhy a následnému pádu (Dovalil, 1982; Heuer & Keele, 1996; Hudák & Kachlík, 2015).

Lidská motorika se dostala na vysokou úroveň, díky schopnosti adaptovat se na různé vnější podmínky. Významně lidskou motoriku ovlivnila i dědičnost, ve které jsou zakódovány základy veškerých pohybů (Čelikovský, 1979; Dovalil, 1982).

Lidský pohyb není možné chápat pouze mechanicky. S motorikou úzce souvisí psychomotorika, která propojuje pohyb těla s myslí. Psychické procesy a stavy jsou pro pohyb klíčové. Díky emocím je při jakékoliv pohybové aktivitě vytvářen vztah mezi jedincem a pohybovou činností (Véle, 2012).

Aby měl pohyb jasný smysl a cíl, musí být důsledně řízen, což zajišťuje motorický systém. Motorický systém tvoří nervové struktury, které zajišťují opěrnou, reflexní a cílenou motoriku. Zároveň tento systém není izolován, ale spolupracuje s ostatními nervovými systémy, jako je senzitivní nebo kognitivní systémem. Motorika je řízena na úrovni spinální, subkortikální a kortikální (Trojan et al., 2005).

Motoriku lze dělit podle zapojení velkých, nebo malých svalových skupin na hrubou motoriku a jemnou motoriku (Piek, 2006). Payne a Isaacs (2008) uvádějí, že ačkoli jsou pohyby často rozdělené na jemnou, nebo hrubou motoriku, jen ve výjimečných případech pracují jen velké, nebo malé svalové skupiny samostatně. Jako příklad lze uvést psaní, které je řazeno do jemné motoriky. Na tomto pohybu pracují velké svalové skupiny ramena, které jsou důležité pro správné držení pozice paže, a až poté mohou být zaktivovány malé svalové skupiny, které provádějí finální pohyb.

### **2.1.1 Hrubá motorika**

Hrubou motoriku lze popsat jako schopnost, kdy jedinec dokáže koordinovaně využívat své vlastní tělo jako celek. Pro hrubé motorické dovednosti je typické zapojení velkých svalů nebo velkých svalových skupin, díky kterým je jedinec schopný provádět koordinované činnosti, mezi které patří chůze, různé skoky a seskoky, lezení, házení a sezení ve vzpřímené poloze. Hrubá motorika taktéž zajišťuje udržování rovnováhy a koordinaci pohybu (Baranek, 2002; Matějček, 2005; Payne & Isaacs, 2008).

Hrubá motorika zastává dvě hlavní funkce pohybového aparátu, a to posturální a lokomoční. Posturální funkce zajišťuje stabilitu klidové polohy pohybového aparátu. Udržování klidové polohy je dynamický proces, při kterém dochází k neustálému vyvažování labilní rovnováhy. Aktivní udržování rovnováhy je klíčové pro rychlý přechod z klidu do pohybu a naopak. Lokomoční funkce umožňuje změnu polohy celého těla nebo jednotlivých segmentů v prostoru (Véle, 1997).

Úroveň hrubé motoriky je závislá na motorickém vývoji jedince. K markantnímu zvýšení úrovně hrubé motoriky dochází během předškolního a mladšího školního věku. V tomto období dochází ke zkvalitňování prováděných pohybů, a to ve smyslu zvýšení koordinace a kontroly pohybu (Stožický & Sýkora, 2016).

Nižší úroveň hrubé motoriky může být ukazatelem různých vývojových a motorických poruch. Poruchy hrubé motoriky se mohou projevit při chůzi, házení a mnoha dalších pohybech, které zajišťují velké svalové skupiny. Jedná se o stav, kdy jedinec není schopný koordinovat pohyby horních a dolních končetin. Což se může projevit narážením do předmětů při pohybu, nebo při chůzi po schodech jedinec nestřídá nohy. Poruchy hrubé motoriky se však neprojevují jen v pohybu. Typickým znakem klidného stoje je, že jedinec není schopný setrvat delší časový úsek v jedné poloze (Zelinková, 2017).

### **2.1.2 Jemná motorika**

Pod jemnou motoriku spadají veškeré pohyby, které provádějí drobné svalové skupiny. Jedná se převážně o okohybné svaly, mimické svaly, svaly rukou, případně nohou a úst. Pro tyto pohyby je typická přesnost, která je vyžadovaná při provádění motorických úkolů (Vyskotová & Macháčková, 2013). Jedná se tedy o schopnost

obratně a kontrolovaně manipulovat, uchopovat a pouštět malé předměty (Berger et al., 2009).

Důležitým aspektem jemné motoriky je manipulace s nástroji, a proto lidská ruka nejčastěji vstupuje do kontaktu s okolím. Právě ruka zajišťuje další pohyby jemné motoriky. Mezi ně patří např. malování, šití, psaní a hra na hudební nástroj. Ruka zabezpečuje i manipulační funkci, která je stranově diferenciována. Řízení ruky obstarává mozková kůra, a to převážně primární motorické centrum (Mayer & Hlušík, 2004; Payne & Isaacs, 2008).

Na jemnou motoriku má vliv i věk jedince. V období mezi 3. a 15. rokem se úroveň jemné motoriky zvyšuje. Zejména mezi 3. a 6. rokem nastává citlivé období jemné motoriky, a proto je důležité dbát na její rozvoj. Úroveň jemné motoriky během dospělosti zůstává stejná až zhruba do 50 let. Poté dochází ke snižování její úrovně. Snižování motorického výkonu v důchodovém věku je dáno poruchami svalové koordinace, poruchami citlivosti a obratnosti prstů. Na zhoršení úrovně jemné motoriky může mít vliv i degradace centrální nervové soustavy (Hayase et al., 2004; Stuart-Hamilton, 1999).

Úroveň jemné motoriky může být narušena různými poruchami a onemocněními. Častá je cévní mozková příhoda, kdy jedinec ztrácí hybnost ruky, koordinaci prstů, a dochází k poruchám zručnosti a citlivosti ruky. Mezi další onemocnění, které negativně ovlivňují jemnou motoriku patří roztroušená skleróza, syndrom karpálního tunelu, Alzheimerova choroba a revmatická onemocnění (Bačová & Bačová, 2016). Úroveň jemné motoriky může negativně ovlivnit i nefyziologické onemocnění, jako je vývojová porucha koordinace (DCD), pro kterou jsou charakteristické vážné obtíže, pomalost nebo nepřesnost při provádění každodenního motorického pohybu (Blank et al., 2019).

## **2.2 Řízení motoriky**

Nervový systém se dělí na dvě základní složky. Somatický segment nervového systému získává informace z pohybového aparátu a kůže prostřednictvím senzitivních vláken hlavových a míšních nervů. Pomocí motorických vláken hlavových a míšních nervů je ovládána příčně pruhovaná svalovina. Zatímco autonomní složka nervové soustavy řídí činnost orgánů (Švestková et al., 2017).

Každý jedinec je stále vystaven vlivům z okolního prostředí. Organismus tyto změny vnímá a detekuje je pomocí receptorů pohybového aparátu, kožních, zrakových, vestibulárních a dalších sensorických systémů. Na periferních receptorech vznikají tedy všechny senzitivní podněty. Podněty získané v těchto receptorech jsou vedeny aferentními drahami do centrální nervové soustavy. Právě sensorickou aferenci je možné označit za klíčový kontrolní činitel pro řízení motoriky. Taktilní a propioceptivní podněty se vzájemně doplňují, čímž je jejich účinek důraznější, a následně je vytvořen speciální soubor aferentních signálů, které specificky působí na centrální nervovou soustavu. V CNS prochází získané podněty podrobnou analýzou, díky které se zjišťuje, zda je nutné na daný podnět reagovat. Pokud je určeno, že má dojít k reakci, tak je pomocí eferentních drah vyslán impuls až do periferních výkonných orgánů, kterými jsou nejčastěji svaly, kde pak dochází k provedení zamýšleného pohybu (Švestková et al., 2017; Vyskotová & Macháčková, 2013).

Řízení motoriky je důležitý a složitý proces. Poté, co jsou vedeny informace z CNS ke svalům, které zabezpečují pohyb pomocí periferních nervů, může dojít během tohoto procesu ke zkreslení informace, a proto je nevyhnutelná průběžná kontrola procesu řízení, aby bylo dosaženo požadovaného cíle. Ke kontrole, zda nedošlo ke zkreslení, slouží čidla v sensorických orgánech, která podávají zpětnou vazbu o probíhajícím pohybu. Lze tedy obecně říci, že dochází k obousměrnému přenosu informací mezi mozkem a svaly (Véle, 1997).

Pro správné řízení procesu musí mít řídicí objekt, tedy CNS, možnost porovnat právě probíhající pohyb s požadovaným pohybovým záměrem. Pokud se vyskytne odchylka mezi požadovaným pohybem a probíhajícím pohybem, je zjištěn rozsah odchýlení a zajištěna potřebná oprava, díky které dojde ke shodě prováděného pohybu s původním záměrem. Aby nedošlo ke zkreslení obsahu samotné zpětné vazby, je její přenos zajištěn více cestami. Samotný počet senzitivních drah je vyšší než počet motorických drah (Véle, 1997).

Během pohybu je prováděna průběžná korekce, kterou řídí CNS tak, aby došlo k zamyšlenému pohybu. Tato korekce se uskutečňuje v mnoha cyklech. Čím přesnější pohyb je požadován, tím vyšší počet korektivních cyklů je nutný a o to je i prováděný pohyb pomalejší. Rychlý pohyb je těžko korigovatelný, zatímco řízený pomalý pohyb je

opakovaně korigován a upravován díky vyššímu počtu korektivních cyklů, a proto je velice přesný (Véle, 1997).

Samotný centrální mechanismus řízení pohybu kosterního svalstva je komplikovaný, ale hierarchicky uspořádaný. Je uložen v míše, mozkovém kmeni a obou hemisférách. Důležitým komponentem řízení pohybu z míchy a mozkového kmene jsou míšní a kmenové reflexy, zatímco volní mechanismy jsou uplatňovány v řízení pohybů z hemisféry. Volní a reflexní motoriku nelze od sebe oddělit, protože se obě tyto složky vzájemně doplňují při realizaci pohybu (Švestková et al., 2017).

Konkrétní podobu motorické informace pro určitý pohyb, který je výsledkem součinnosti celého pohybového aparátu, je možné rozdělit na několik po sobě následujících kroků (Trojan & Druga, 1986):

1. Plánování pohybu – myšlenka pohybu se zrodí v asociačních oblastech. Zároveň senzorní a senzitivní oblasti předávají informace o současné poloze těla. Motivaci k pohybu dodá limbický systém a mozeček předá informace, jaké jsou možnosti pohybu s ohledem na současnou polohu a pohyb těla. Následně je v motorických oblastech vytvořen návrh pohybu, který pokračuje do bazálních ganglií.
2. Programování pohybu – probíhá v bazálních gangliích. Právě bazální ganglia získávají veškeré informace a vyberou vhodný pohybový vzorec. Zároveň jsou z mozečku získávány informace o podnětech, které do mozečku vstupují. Mozeček je zároveň zapojen i do výběru vhodného pohybové vzorce (motorická paměť). Bazální ganglia a mozeček společně vytvoří ideální pohybový vzorec, který putuje do primární motorické oblasti.
3. Příkaz pohybu – primární motorická oblast předá skrze pyramidové dráhy příkaz k pohybu. Při tomto procesu je důležité načasování, aby byl pohyb proveden ve správném okamžiku.
4. Provedení pohybu – motorická jádra hlavových nervů a míšní motoneurony získají informace a předají je dál do příčně pruhovaných svalů. Šlachová tělíska a svalová vřeténka posílají zpětnovazební informace o změnách ve šlachách a svalectech do CNS. Pomocí proprioreceptorů, rovnovážného ustojí a odbočkami ze zrakové dráhy je mozeček informován o změnách pohybu a polohy těla v prostoru. Mozeček posílá informace dále do primární

motorické oblasti, která neustále koriguje a upravuje nejen směr pohybu, ale i jeho kvalitu. Zároveň mozeček informuje také podkorové struktury, které zajišťují úpravu napětí svalů a polohy těla.

5. Kontrola pohybu – během celého pohybu mozeček neustále kontroluje směr, přesnost, rychlost a ukončení lokomoce (Hudák & Kachlík, 2015).

Motorická paměť se významně podílí na vytvoření stálých motorických okruhů. Při jejím vytváření spolupracuje mozeček, premotorická kůra, asociační oblasti obou hemisfér, bazální ganglia, cholinergní jádra a hipokampus. Jedinec si při častém opakování určitého pohybu a cvičením osvojuje, učí a zdokonaluje konkrétní pohyb. Během tohoto procesu si zároveň vytváří i nové pohybové vzorce nebo pouze upravuje vzorce staré (Hudák & Kachlík, 2015).

Motorický funkční systém je analyticky a integračně efektivní. Tento systém získává nepřeborné množství vstupních informací z receptorů, následně je porovnává s přechozími zkušenostmi. Poté dochází k převedení na jednoduchý, ale ideální vzorec výstupní informace, která je zprostředkována pomocí motorických neuronů hlavových nervů a míšních motoneuronů k svalům, které se následně stáhnou a vykonají požadovaný pohyb. Motorický systém je tedy základním stavebním kamenem pro veškeré úmyslné pohyby (cílená motorika, pohybový motorický systém), které jsou řízeny mozkovou kůrou, bazálními ganglii a mozečkem (Hudák & Kachlík, 2015; Švestková et al., 2017).

Pro pohyb a obecně hybnost je podmínkou svalový tonus. Svalový tonus reflexně udržuje napětí ve svalech, aby byly připravené na možný pohyb. Na svalovém tonu je vystavěn systém vzpřimovacích a postojových reflexů (opěrná motorika, motorický systém polohy), který pomáhá udržet vzpřímené postavení těla při působení gravitace. Velikost svalového tonu je řízena mozečkem, retikulární formací a bazálními ganglii. Velikost svalového napětí může být ovlivněna i impulsy ze svalových vřetének. (Švestková et al., 2017).

Veškeré úmyslné, cílené a volní pohyby jsou doprovázeny novým nastavením pozice těla v prostoru pomocí opěrné motoriky. Proto existují mechanismy, které zajišťují koordinaci veškerých pohybů. CNS při řízení pohybu nezahrnuje pouze plánování svalové akce, ale musí předvídat i její důsledky pro ostatní části těla a

důsledky pro celkovou rovnováhu. Lze tedy tvrdit, že každá pohybová činnost se skládá ze dvou složek, a to přemístění určitého segmentu těla k cíli a aktivitu další části těla, která podporuje požadovaný pohyb (např. při pohybu v horní části trupu dochází i k pohybu v kyčlích a kolen směrem dozadu). Mezi kontrolou polohy a kontrolou pohybu existují dva různé způsoby koordinace. Buď je signál, který řídí pohyb, současně využíván pro kontrolu pohybu i kontrolu polohy těla, nebo je koordinace zajištěna pomocí dvou paralelních kontrol pohybu a polohy, které jsou současně spuštěny impulzem zajišťujícím zahájení pohybu. Druhá varianta zmíněné koordinace efektivněji minimalizuje šanci na vznik nerovnováhy, která je způsobena prováděným pohybem. Z toho důvodu dochází k polohové úpravě ještě před zahájením požadovaného pohybu (Švestková et al., 2017).

### **2.2.1 Inhibiční funkce a online řízení**

Inhibiční funkce je charakterizována jako schopnost zadržet motorickou reakci před jejím zahájením nebo přeměřovat motorickou odpověď. Je často vázána na silný podnět (Ruddock et al., 2016).

Inhibice pohybu je zajištěna inhibiční motorickou kontrolou, kterou je možné popsat jako schopnost, jež zamezí nevhodnou motorickou reakci a zajišťuje vhodnější reakci na podnět. Proto je považována za důležitou schopnost v každodenním životě. Schopnost potlačit neadekvátní motorické reakce je důležitým aspektem lidského fungování, protože umožňuje jednotlivcům vyhodnotit důsledky těchto nepřiměřených reakcí. Zároveň dojde k výběru a aplikaci vhodnější reakce na konkrétní podnět. (Chowdhury et al., 2017).

Inhibiční kontrola je kognitivní funkce, která je zastoupena ve frontálním kortexu. Do procesu inhibice jsou zapojeny i bazální ganglia. Frontální kortex a bazální ganglia jsou propojeny přímou dráhou, čímž je zajištěn mechanismus pro rychlé zastavení motorické odpovědi. Většinou dojde k zastavení pouze motorické odpovědi na daný úkol. Pokud však dojde k situaci, kdy musí být motorická odpověď přerušena rychle, jsou inhibiční účinky natolik velké, že dojde i k zastavení dalších pohybů, jež nijak nesouvisely s daným úkolem (Duque et al., 2017).

V patopsychologii je deficit inhibiční kontroly považován za možnou příčinu různých poruch, jako je porucha pozornosti s hyperaktivitou (ADHD) nebo Parkinsonova choroba. Při nedostatečné inhibiční kontrole dochází ke špatně

regulovanému a impulzivnímu chování, které je pro tyto poruchy charakteristické (Nigg et al., 2005).

S inhibicí úzce souvisí i online řízení motoriky, které je nezbytné pro plynulý a efektivní pohyb. Online řízení umožňuje se flexibilně a efektivně pohybovat v reakci na dynamické změny v prostředí. Zároveň je založeno na schopnosti generovat dopředný model zamýšleného pohybu. Schopnost generovat dopředný model je rozhodující pro stabilní a efektivní pohyb za neustále se měnících podmínek. Pomocí chyb v senzorické predikci se zvyšuje přesnost vytvořených dopředných modelů (Ruddock et al., 2016; Shadmehr et al., 2010).

Poté, co je vytvořen dopředný model a zamýšlený pohyb započat, do hry vstupují rychlé, senzorické, zpětnovazebné smyčky, které hned po zahájení pohybu vysílají informace o faktické poloze segmentů provádějící pohyb do CNS. Tyto informace jsou porovnány s dopředným modelem zamýšleného pohybu. Pokud budou zjištěny nějaké nesrovnalosti, dojde k rychlému vyslání signálu, jenž zajistí rychlou úpravu pohybu tak, aby byl shodný s dopředným modelem. Tyto opravy jsou provedeny během 100 ms, a tak s minimálním zpožděním udržují stabilitu motorického systému (Izawa & Shadmehr, 2011; Ruddock et al., 2016).

Při online řízení motoriky hraje důležitou roli parietální kortex, a to především zadní parietální kůra, kde dochází k dynamickému mapování vztahu mezi končetinou a cílem. Zároveň zde probíhá integrace dopředného modelu se senzorickou zpětnou vazbou v reálném čase. Ke zvýšené aktivitě zadní parietální kůry dochází i v situaci, kdy je cíl neočekávaně posunut (Reichenbach et al., 2011; Wolpert et al., 2001).

Rychlost a efektivita online řízení motoriky je závislá na věku. Schopnost online řízení rychle dozrává v raném období mladšího školního věku. Děti kolem 7. roku jsou schopny generovat rychlou motorickou odpověď, ale zároveň pomaleji zpracovávají online zpětnou vazbu než děti staršího věku a dospělé osoby. Pomalejší zpracování online zpětné vazby vede k neefektivitě složitějších pohybů. Děti mezi 8. a 9. rokem zvládají již lépe využít senzorickou zpětnou vazbu (Chicoine et al., 1992). Ve věku mezi 9. a 12. rokem je nervový systém schopný poměrně hladce sladit dopředný a smyslový systém, což má za následek, že děti v tomto věku dokáží jako dospělí jednoduše opravit jednoduché pohyby online. Zároveň jejich pohybové dovednosti



nejdou na takové úrovni jako u dospělých, a proto je důležité je stále rozvíjet (Wilson & Hyde, 2013).

Pro zjištění úrovně inhibiční funkce a online řízení se využívají testy, při kterých po zahájení pohybu dochází ke zrušení motorické odpovědi, nebo k vytvoření adekvátní reakce na daný podnět. Mezi tyto testy patří Go/ No-Go Task, Stop Signal Task a A Double-Jump Reaching Task (Logan & Cowan, 1984; Ruddock et al., 2016; Trommer et al., 1988).

### **2.2.2 Rychlost reakce**

Protože rychlost reakce zajišťují nervové procesy, které předcházejí samotnému pohybu, je rychlost reakce vázaná především na funkci nervového systému (Hronek, 2013). Reakční schopnost lze vyjádřit jako dobu reakce, která je charakterizována jako časový interval mezi objevením podnětu a zahájením pohybu. Doba reakce je závislá na mnoha činitelích, mezi které patří stav CNS, druh a intenzita podnětu, stav vnímajících čidel, délka nervové dráhy, trénovanost, únava a věk (Hronek, 2013; Lehnert, Botek, et al., 2014). U dětí je důležitým faktorem, který ovlivňuje dobu reakce, také pozornost. Krupski a Boyle (1978) ve své studii zmiňují, že každé dítě odhlíželo od úkolu, čímž byla narušována jeho pozornost. Bylo však zjištěno, že v případě rychleji reagujícího dítěte docházelo k rozptýlení pozornosti ojedinele. Zatímco pomaleji reagující dítě se častěji ohlíželo na jiné fyzické objekty v místnosti, čímž byla rozptýlena jeho pozornost a soustředěnost.

Reakční dobu ovlivňuje i druh podnětu. Podnět může být akustický (povel, startovní výstřel), optický (světla na semaforu, let míče), kinestetický (skoky na lyžích) a taktilní (judo). Zároveň i pohybová odpověď může být různorodá. Můžeme hovořit o pohybu celého těla, nebo o lokomoci určitého segmentu (hlava, končetina, čelist) (Hronek, 2013; Lehnert, Kudláček, et al., 2014).

Celkový čas reakční doby se nejvíce odvíjí od trvání korových procesů. Vzruch, který je vedený nervovými drahami, ovlivňuje čas reakční doby zanedbatelně, protože je extrémně rychlý (až 100 m/s). Reakční doba je tedy závislá na rychlosti senzomotorické smyčky, která zahrnuje počáteční detekci podnětu, aferentní nervové dráhy, generování odezvy v CNS, eferentní nervové dráhy a na výkonu konečného

efektoru. Kratší reakční doba značí schopnost CNS vytvářet efektivněji motorické odpovědi. Při měření reakční doby musíme vzít v potaz i schopnost anticipace. Anticipace umožňuje předvídat budoucí události na základě minulých zkušeností (Darlot et al., 1996; Hronek, 2013; Lehnert, Kudláček, et al., 2014).

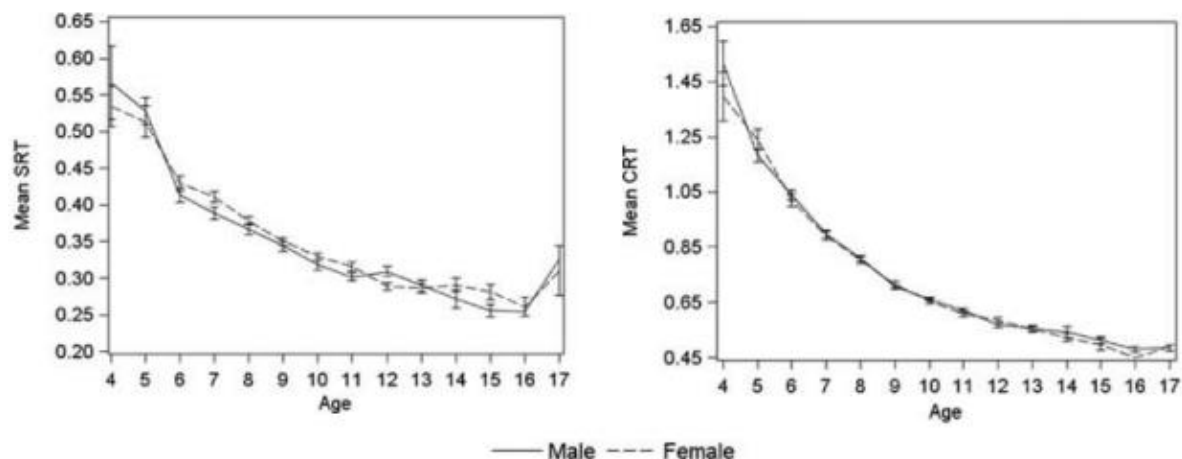
Reakční dobu ovlivňuje také druh reakce. Reakce je možné dále dělit na jednoduché, rozpoznávací a výběrové reakce. Jednoduchá reakce je popsána jako odpověď jedince na přesně určený, neměnný podnět, kdy je přesně stanovená neměnicí se pohybová odpověď (start běhu na výstřel). Doba jednoduché reakce je stanovena od podnětu do počátku pohybu, kdy důležitým faktorem je i samotný druh podnětu. Zároveň je výrazně ovlivněná genetickými předpoklady. Reakční doba měřená při jednoduché reakci odráží časový interval potřebný k detekci stimulu, výběru a naprogramování pohybové odezvy a provedení nervových příkazů z CNS do svalů. Trvání reakční doby jednoduché reakce je v rozptylu mezi 0,1 s a 0,2 s (Lehnert, Botek, et al., 2014; Schmidt & Lee, 2011).

Rozpoznávací reakce je druh reakce, kdy na daný podnět jedinec provede určitou motorickou odpověď a na zbylé stimuly nesmí jedinec reagovat. Rozpoznávací reakce je charakteristická působením dvou nebo více podnětů, kdy jedinec reaguje pouze na jediný stimul stanoveným způsobem (Kida et al., 2005; Miller & Low, 2001).

Výběrová reakce je odpověď na různé očekávané a neočekávané podněty, na které jedinec reaguje některým pohybovým projevem. Ve srovnání s jednoduchou reakcí, výběrová reakce v sobě zahrnuje i složitější kognitivní zpracování informací včetně odlišení exponovaného podnětu od jiných podnětů a následného výběru vhodné reakce na daný podnět. S rostoucím počtem možností v úloze se zvyšuje množství informací, které je nutné zpracovat a následně vybrat správnou motorickou odpověď. Prodlužuje se tím i samotná doba reakce (Lehnert, Kudláček, et al., 2014; Schmidt & Lee, 2011).

Reakční schopnost je odlišná mezi oběma pohlavími, a to jak při výběrové reakci, tak i jednoduché. Bylo zjištěno, že reakční doba je u mužů kratší a zároveň méně variabilní než u žen (Der & Deary, 2006). Rozdílnost mezi pohlavími je více zřetelná v období starší dospělosti než mladší dospělosti. Možnou příčinou této odlišnosti mohou být pohlavní hormony, jejichž hladina v těle roste v období puberty a které mají různé účinky na mužský i ženský mozek, což vede k diferenciaci kognitivní výkonnosti pohlaví od rané dospělosti. Dále (Deary & Der, 2005; Der & Deary, 2006; Noble et al.,

1964). Dykiert et al. (2012) uvádějí, že u osob mladších 18 let nebyla zaznamenána významná rozdílnost reakční doby mezi chlapci a děvčaty, jak už při jednoduché, nebo výběrové reakci (Obrázek 1).



Obrázek 1. Průměrné hodnoty reakční doby a standardní chyby u mužů a žen do 18 let (ve věkových pásmech po 1 roku): Mean SRT – průměrné hodnoty jednoduché reakční doby, Mean CRT – průměrné hodnoty výběrové reakční doby, Age – věk, Male – muži, Female – ženy (Dykiert et al., 2012).

Reakční doba se mění během celého života. Od dětství až do rané dospělosti se reakční doba zkracuje. V dospělosti dochází ke stagnaci a poté následuje trvalé prodloužení reakční doby. (Dykiert et al., 2012).

### 2.3 Mladší školní věk

Stožický a Sýkora (2016) školní věk dělí na mladší školní věk (6 – 12 let) a starší školní věk (13 -15 let). Payne a Isaacs (2008) uvádějí jako mladší školní věk období mezi 7 – 11 lety.

#### 2.3.1 Fyzický a psychický vývoj v mladším školním věku

Pro období mladšího školního věku je typický relativně konstantní růst až do období adolescence, kdy dochází k růstovému spurtu. Průměrný přírůstek hmotnosti jedinců během úvodních školních let bývá 2,5 – 3,0 kg za rok. Dochází také ke zvyšování tělesné výšky ročně o 6 cm. Během mladšího školního věku růst mozku je pomalu ukončen, což značí, že obvod hlavy se za celé toto období zvětší jen o 2 – 3 cm (Stožický & Sýkora, 2016). Dochází k růstu dolních končetin, horních končetin, ruky a zápěstí. Kostra dítěte ještě není zcela vyvinutá, stále probíhá proces osifikace. Tělo jedince je pružné a pohyblivé, dítě je tedy schopné zaujímat různé polohy v prostoru.

Páteř se během tohoto období stále více napřimuje (Jansa, 2018). Těžiště dítěte je výše položené než u dospělého jedince, protože dítě nese větší proporcii své hmotnosti v horní části těla, což výrazně ovlivňuje jeho stabilitu (Payne & Isaacs, 2017).

Pro toto období je typická výměna mléčných zubů za chrup stálý. První stolička se objevuje na začátku mladšího školního věku, zatímco druhá stolička až na konci této etapy. U dívek prořezávání druhé stoličky koreluje se začátkem menarche (Stožický & Sýkora, 2016).

Během mladšího školního věku se stále vyvíjí a rostou vnitřní orgány, zároveň se zvyšuje efektivita jejich činnosti. Pro adekvátní vývoj plic a hrudního koše je důležité dbát na správné držení těla jedince. Dochází také ke změnám v kardiovaskulárním systému. V klidu je dětský tep výrazně vyšší než u dospělého jedince. S přibývajícím věkem tepová frekvence konstantě klesá. Dítěti se v tomto období zvyšuje i objem srdce (Kouba, 1995; Payne & Isaacs, 2017).

Myšlení jedince v mladším školním věku je vázáno na realitu. Je schopný uvažovat o něčem konkrétním, zaměřuje se na poznání skutečného světa a učí se chápat pravidla, podle nichž svět funguje. Jedinec je také schopný udržet záměrně pozornost, což je klíčové pro jeho rozvoj. Zároveň se mu zlepšuje i paměť a je schopný používat různé strategie pro zapamatování. Dále dítě v mladším školním věku začíná vědomě plánovat, koordinovat své akce, hodnotit svůj pokrok, upravovat své plány a strategie na základě reflexe a hodnocení (Blatný, 2016; Eccles, 1999; Vágnerová, 2012).

Dále na vývoj dítěte má vliv i sebevědomí. Sebevědomí dětí mezi 6. – 10. rokem je ovlivněno třemi klíčovými faktory. Prvním z nich jsou kognitivní změny, které zvyšují schopnost reflektovat své vlastní úspěchy a případné neúspěchy. Dalším důležitým faktorem je rozšíření světa dítěte o nové vrstevníky, dospělé a aktivity mimo rodinu. Poslední a nezbytný činitel, který ovlivňuje sebevědomí jedince, je vystavení dítěte sociálnímu srovnávání a konkurenci ve vrstevnické skupině a školní třídě. Pokud má dítě možnost rozvíjet své kompetence a zájmy, získává správné zkušenosti a následně vědomí, že dokáže ovládat a ovládnout svůj svět (Eccles, 1999).

### **2.3.2 Sociální vývoj v mladším školním věku**

Během mladšího školního věku má dítě v oblíbené hru. Hra je aktivita, která je obvykle příjemná a účastník ji miluje. Navíc motivace ke hře je vnitřní, takže je ve své

podstatě dobrovolná. Hra také rozvíjí intelekt, motorické, kognitivní a komunikační schopnosti. Dále přispívá k psychologickému a sociálnímu růstu dětí. Díky hře se dítě učí respektovat pravidla a rozvíjí se jeho představitelství. Rodiče, sourozenci a vrstevníci jsou běžnými herními partnery dětí, kteří posouvají dětskou hru na vyšší úroveň. Výběr typu hry, hraček a hracích partnerů je silně individuální a často určeno podle příslušnosti k pohlaví, nebo kulturnímu zázemí (Sumaroka & Bornstein, 2008).

Hra je často založená na pohybu. Během hry je rozvíjena fyzická zdatnost a také je důležitým komponentem při rozvoji motorických schopností. Při pohybech, jako je běhání, skákání, tleskání nebo smích, je příjemný aspekt hry vidět velice zřetelně (Payne & Isaacs, 2017).

Dítě vstupuje do školy s praktickou znalostí mateřského jazyka. Ve škole se dítě učí číst a psát. V rámci těchto činností je klíčová souhra sluchových, zrakových a kinestetických analyzátorů. Pro mladší školní věk je typické učení dítěte správnému gramatickému vyjadřování. Také dochází k rozvoji slovní zásoby. Dítě se postupem času pouští do složitějších souvětí, zkvalitňuje se mu větná stavba a zlepšuje se mu i artikulace (Mikulajová, 2018; Stožický & Sýkora, 2016; Vágnerová, 2012).

Důležitými faktory v socializačním procesu dítěte jsou rodiče a školní docházka. Rodič dítě vychovává, chrání a vyjadřuje náklonnost. Rodiče mohou ovlivňovat i prostředí tak, aby bylo zajištěno, že dítě je chráněno před nežádoucími vlivy. Pobyt ve školním prostředí je pro dítě zásadní, protože právě tam si dítě vytváří správné pracovní návyky, učí sebeovládání a respektu k autoritám. Ve škole se také učí spolupráci a dodržování pravidel. Zároveň zde dítě získává nové přátele, které si většinou volí z řad stejného pohlaví. Dítě ve školním prostředí získává nové sociální role a navazuje vztahy i s dospělými (učitel). Dospělí by měli dítě podporovat v jeho zájmech a učit jej hygienickým návykům (Eccles, 1999; Grusec & Hastings, 2015; Jansa, 2018; Vágnerová, 2012).

### **2.3.3 Mladší školní věk a pohyb**

Pro zdravý vývoj jedince je nezbytná pohybová aktivita, která má pozitivní vliv nejen na kosterní svalstvo. Dále stimuluje organismus člověka, což má blahodárný účinek na zdraví jedince. Pohybová aktivita hraje také významnou roli při maximalizaci kostní hmoty i minerálů a v pozdějším vývoji zamezuje případnému úbytku kostní hmoty. Pokud se dítě zaměřuje na nepřiměřenou, jednostrannou aktivitu, taková

pohybová činnost může vyvolat i nežádoucí změny v organismu dítěte (Dostálová, 2011; Payne & Isaacs, 2017). Pohyb rozvíjí i psychickou stránku dítěte, zlepšuje jeho pozornost a soustředění, které jsou ve školním prostředí podstatné (Dvořáková & Engelthalerová, 2017).

Pro dítě v tomto věku je typická spontánní pohybová aktivita. Během této činnosti dochází ke střídavému zatěžování různých svalových skupin a dítě prokládá takovou činnost krátkými pauzami bez toho, aby si je uvědomovalo. Jedinec plynule přechází z jedné pohybové aktivity do druhé, čímž působí takřka neunavitelně. Potřeba samovolného pohybu je pro dítě nutností a nedostatek takového pohybu může narušit jeho zdravý růst a vývoj. S rostoucím věkem klesá potřeba spontánní pohybové aktivity, které nahrazuje cílově zaměřená pohybová činnost (Kouba, 1995; Linc & Havlíčková, 1986).

Nástup do školy souvisí i s omezením spontánní pohybové aktivity, která je pro tuto etapu velmi typická. Školní tělesná výchova a řízená pohybová činnost nepokryje pohyb, který dítě potřebuje. Ideální potřeba pohybu v období mladšího školního věku je asi 5,5 hodiny denně. Dětem by tedy měla být umožněna pravidelná pohybová aktivita, která je primární prevencí před dětskou obezitou. Může se jednat spontánní pohybovou aktivitu, nebo řízenou, kdy dítě dochází do zájmových kroužků, které rozvíjí pohybovou gramotnost dítěte. Důležité je, aby rodič vedl dítě k pohybu, nejlépe svojí účastí (Linc & Havlíčková, 1986; Sigmundová & Sigmund, 2012).

Pokud se dítě nebude denně hýbat nebo mu jeho rodiče nebudou dávat dobrý příklad zdravého životního stylu, je vysoká pravděpodobnost, že dítě nezíská pozitivní vztah k pohybovým aktivitám. Pokud je tedy jedinec neaktivní v dětství, tím spíše povede sedavý způsob života v dospělosti. Dítě, které se pravidelně hýbe a cvičí, zvyšuje pevnost svých kostí, pozitivně působí na držení těla a zároveň prospěšně ovlivňuje své celkové zdraví (Kopecký, 2010).

S nedostatkem pohybových aktivit úzce souvisí problémy z oblasti podpůrně pohybového aparátu, které se stále častěji objevují i u dětí mladšího školního věku. Zvyšuje se počet jedinců s vadným držením těla, které v pozdějším věku přechází do vertebrogenních onemocnění (Dostálová, 2011). Zároveň lze držení těla označit za ukazatel stavu organismu. Držení těla může být náповědou pro zjištění aktuální a

dlouhodobé fyzické či psychické kondice. Vzpřímené držení těla často signalizuje zdravého jedince (Hronzová, 2011).

S problematikou vadného držení těla souvisí i vznikající svalové dysbalance, které jsou u dětí stále čtenější. Mezi často zkrácené svaly patří flexory kolenního kloubu a m. rectus femoris. U jedinců v mladším školním věku dochází také ke zkrácení svalů zad, a to především v bederní oblasti, s čímž souvisí i ochabnutí břišních svalů a velkého svalu hýžděového. Pokud jsou svaly zkrácené, tak ztrácejí svoji elasticitu, což může vést k jejich nesprávnému zapojování, změně v jejich postavení a následnému úbytku svalové síly. Svalové dysbalance mohou vést k závažným poruchám, zahrnující nerovnoměrné a nefyziologické zatěžování kloubů, kloubních pouzder, šlach a vazů. Odtud je to už jen krůček k trvalým degenerativním atrofiím v podpůrně pohybovém aparátu (Dostálová, 2002).

Proto jsou takřka nepostradatelná kompenzační cvičení, která je nutné zařazovat do výuky tělesné výchovy. Protahování zkrácených svalů a posilování ochablých je primární prevencí před vznikem svalových dysbalancí (Dostálová, 2002).

#### **2.3.4 Motorický vývoj v mladším školním věku**

Motorický vývoj se vztahuje ke všem strukturálním a funkčním změnám, ke kterým dochází v průběhu celého života v naší schopnosti pohybovat se a obecně v našem pohybu (Payne & Isaacs, 2008).

Motorický vývoj je typicky doprovázen mnohými změnami na úrovni buněčné, jevové a orgánové. Motorický vývoj také souvisí s kognitivním a sociálním vývojem. Proto stupeň motorického vývoje jedince je významně podmíněn správným růstem a vývojem organismu. (Gadzic & Vučković, 2012; Kouba, 1995; Payne & Isaacs, 2008).

Mladší školní věk lze charakterizovat jako optimální období pro rozvoj a osvojení motorických dovedností a lze jej označit jako zlatý věk motoriky. Dítě v této etapě má dobré předpoklady k učení se novým pohybovým aktivitám a dovednostem. Pro dětskou motoriku je typický neklid a neekonomické pohyby. Dítě provádí často nadbytečné pohyby například při chůzi nebo manipulaci s různými předměty. Pohybové projevy dětí mladšího školního věku jsou často nepřesné, zdokonalováním pohybové činnosti se začínají veškeré chyby postupně vytrácej. (Kaplan, 2020; Perič & Dovalil, 2010).

Vývoj motoriky u všech jedinců tohoto věku není stejný z důvodu různorodého fyzického vývoje. Zároveň rozdílnost pohybových projevů mezi děvčaty a chlapci není nijak výrazná. Rozdíly v projevech pohybů se zvětšují až v pozdějším vývoji. Rozdíly se mohou projevit, pokud chlapci dávají přednost jiným pohybům (házení, kopání) než děvčata a naopak (Kopecký, 2011).

Pro správný motorický vývoj je důležité se vyhnout jednostranně silově zaměřeným cvičením. Pro tuto etapu je však klíčové klást důraz na rozvoj rychlosti a obratnosti, ale je důležité nezapomenout rozvíjet i ostatní pohybové schopnosti (Jansa, 2018).

Správný vývoj motoriky je závislý na osifikaci, růstu kostí a svalstva, ale i na funkci nervové soustavy. Je tedy důležité se v tomto období zaměřit na posilování posturálních svalů, které eliminuje svalové dysbalance a vadné držení těla a celkově přispívá k správnému rozvoji celého organismu. Zároveň se vývoj dítěte jeví jako nerovnoměrný a je ovlivňován řadou činitelů, mezi které patří výživa, genetické faktory, životní podmínky, vnější podmínky, úrazovost, vrozené poruchy a vady (Kaplan, 2020).

Rozvoj motoriky nesouvisí pouze s biologickým vývojem, ale i s psychickým rozvojem a poznávacími funkcemi. Právě přiměřený rozvoj poznávacích funkcí umožňuje získávání nových informací a podnětů. Motorický vývoj se také odvíjí dle tempa růstu, prostředí, získávaných zkušeností a individuálních rozdílů (Gallahue, 1976).

Vývoj centrální nervové soustavy je nedílnou součástí vývoje v mladším školním věku. Právě zrání centrální nervové soustavy kladně ovlivňuje vývoj zručnosti, koordinace, rozvoj motoriky a senzomotoriky. Pro vývoj mozku a nervové soustavy je typická proměnlivost (plasticita), díky které je jedinec otevřený vlivům okolního prostředí, které na něj mohou mít pozitivní i negativní dopad. Právě proměnlivost je důležitým aspektem pro učení motorických dovedností. Pro zdravý vývoj mozku je klíčový dostatek různorodých podnětů. Pokud se u dítěte objeví jakákoliv neobratnost, tak jej znevýhodňuje při socializaci nebo při podávání výkonu. Dítě v tomto období ještě není schopné utlumit podněty z okolního prostředí, které pak odvádějí jeho pozornost, což ho vyrušuje při osvojování různých motorických dovedností (Kaplan, 2020; Shonkoff & Phillips, 2000; Vágnerová, 2012).

V období mladšího školního věku je důležité sledovat a ovlivňovat senzomotorickou koordinaci. Převážně se zaměřujeme na pohyby oka a ruky, které jsou během



vyučovacího procesu často zapojeny. Právě při psaní a kreslení je důležitá souhra koordinovaného vidění s pohybovou aktivitou. Pro přesnost různých aktivit a rozvoj veškerých dovedností je nepostradatelná zpětná vazba, která je podávána vnímáním. V rané fázi mladšího školního věku děti zaměřují svoji pozornost na vnímání zpětnovazebné informace. Právě nadměrné upření pozornosti může být zapříčiněno nedostatečnou automatizací či fixací daného pohybu. Kolem 9. roku již děti pracují efektivněji se zpětnovazebnou informací, neboť už daný pohyb zvládly a zautomatizovaly si jej, a proto se na něj již nemusí tolik soustředit (Vasta et al., 1995).

U dětí v této etapě není levá a pravá strana těla motoricky rovnocenná. Ke stranové asymetrii dochází při častějším používání jednoho z párových orgánů (ruce, nohy). Preference pravé nebo levé ruky případně nohy je důsledkem optimalizace párových systémů a specializace mozkových hemisfér. Výběr preferované ruky je ovlivněn vrozenými předpoklady a vlohami, vlivy vnějšího prostředí a činností samotného jedince během ontogenetického vývoje (Kouba, 1995).

Na konci tohoto období se zkvalitňuje motorická koordinace. Děti jsou schopné si rychleji osvojit obtížné a specifické pohyby. Roste zájem i o veškeré pohybové aktivity, mezi které lze řadit běhy, hody, skoky, hry, překonávání překážek a lezení. Dítě je vázané na pohybový úkol a chce jej zvládnout čili dosáhnout cíle. Tento zájem pramení z dětské spontaneity, pro kterou není potřebná velká motivace (Jansa, 2018).

Je nezbytné, aby různá tělesná cvičení a pohybová činnost děti nepoškodily, jak po fyzické, tak ani po psychické stránce. Dále je žádoucí, aby si dítě vytvořilo pozitivní vztah ke sportu, čehož docílíme, že bude vykonávat pohybovou aktivitu celoživotně (Bahenský & Bunc, 2018).

Motorický vývoj je zásadně propojený s vývojem kognitivním. Mozeček tedy neplní pouze motorické funkce, ale hraje důležitou roli i v kognici. Zároveň je i prefrontální kortex prostřednictvím svých spojení s kortikálním a subkortikálním centrem důležitým komponentem pro kontrolu pohybu. Pokud dojde k narušení kognitivního vývoje neurovývojovými poruchami, je i motorický vývoj často nepříznivě ovlivněn. Kognitivní funkce umožňují uchovávat informace v paměti, a tak si díky nim dokážeme pamatovat, co máme dělat při různých pohybových činnostech. Dále umožňují pracovat s informacemi, které máme v mysli, organizovat je a reorganizovat, zároveň zajišťují soustředění a odolávání rozptýlení, abychom zůstali u daného úkolu. S motorikou taktéž

souvisí exekutivní funkce, které se také vyvíjejí v mladším školním věku. Všechny tyto skutečnosti potvrzují, že kognitivní funkce jsou jednoznačně důležité pro motoriku a úzce s ní souvisí (Diamond, 2000).

S kognitivními funkcemi a s motorikou souvisí i exekutivní funkce, k jejichž rozvoji dochází také v mladším školním věku. Exekutivní funkce umožňují jedinci plánovat či předvídat. Zároveň zajišťují udržení pozornosti a soustředění při plnění úkolu. Exekutivní funkce jsou důležité z toho důvodu, aby nedocházelo k impulzivním projevům a unáhlenosti bez přemýšlení. Umožňují vidět věci z různých úhlů nebo mentálně zvažovat různé alternativy. Také zajišťují flexibilní přizpůsobování na změny prostředí (Diamond, 2020).

Během motorického vývoje jedince se může objevit vývojová porucha koordinace. Ta se projevuje nižší úrovní motorické koordinace, kterou nelze vysvětlit mentální retardací nebo získaným neurologickým onemocněním. DCD je možné charakterizovat jako neurologickou poruchu, se zjištěnými obtížemi při provádění úkolů, které zahrnují motorickou koordinační schopnost. Jedinci mají problémy s obratností, což se projevuje při provádění složitějších pohybových činností. Zároveň zde dochází k různým deficitům ve všech činnostech, počínaje základní péčí o sebe, přes držení těla zrakové vnímání, až po pohyby jemné i hrubé motoriky konče. DCD může i negativně ovlivnit studijní výsledky dětí (Blank et al., 2019; Ganapathy Sankar et al., 2020; Kopecká & Klobucká, 2019).

Motorický vývoj jedince může být také negativně ovlivněn postižením. U dětí s těžkou, oboustrannou ztrátou sluchu se objevuje opožděný vývoj hrubé motoriky (Singh et al., 2021).

Správný motorický vývoj může výrazně ovlivňovat i školní prospěch. Bylo zjištěno, že děti, které měly každodenní tělesnou výchovu, v níž docházelo k rozvoji motorických dovedností, dosahovaly lepších školních výsledků než jedinci s deficitem motorických dovedností. Proto se jeví jako důležité identifikovat děti s narušenou motorikou již na začátku školní docházky a snažit se povýšit jejich motorické dovednosti na vyšší úroveň, čímž by bylo možné kladně ovlivnit jejich školní prospěch (Ericsson & Karlsson, 2014). I výsledky Geertsena et al. (2016) prokázaly korelaci mezi úrovní jemné a hrubé motoriky dětí, kognitivní oblastí a školním prospěchem. Ze studie taktéž vyplývá, že výkon v testech motorických dovedností a cvičební kapacity u

konkrétních aspektů kognitivních funkcí, významně koreluje s výsledky testů z oboru matematiky a se čtením s porozuměním. Skutečnost, že motorické dovednosti vzájemně souvisí s výkony ve všech oblastech kognitivních i školních testů, naznačuje důležitost nezanedbávat obecný rozvoj motorických dovedností u školáků.

### **2.3.5 Faktory ovlivňující motorický vývoj**

Mezi hlavní faktory, které ovlivňují vývoj motoriky v mladším školním věku, Juřinová a Stejskal (1987) řadí:

- změnu proporcí těla, kdy se příznivě mění poměr mezi končetinami a trupem. Snížení poměru trupu a úbytek tukové tkáně vytváří příznivé podmínky pro rozvoj motoriky dítěte, které jsou ještě umocněny zvýšením síly jedince.
- Vstup do školy, který omezí spontánní pohybovou aktivitu dítěte. Kvůli sezení v relativním klidu dítě nevybije pohybový půd. Zároveň je ohroženo správné držení těla a dochází k nucenému utlumení motoriky.
- Diferenciaci mozkové kůry, jednotlivých vrstev a buněk, která je funkčním předpokladem pro činnost druhé signální soustavy. Při rozvoji dynamických nervových procesů v tomto období převažuje podráždění nad útlumem, což má za následek zvýšenou mobilitu, kdy je každá prováděná činnost doprovázena dalšími pohyby.

Mezi faktory, které velice důrazně ovlivňují vývoj motoriky, jsou řazeny i genetické predispozice, vliv prostředí a průběh prenatálního období. Těhotenství, porod a porodní vývoj mohou mít značný dopad na motorický vývoj jedince (Véle, 1997).

Genetické faktory lze považovat za biogenetický základ a souhrn předpokladů pro vývoj jedince. Tyto predispozice označujeme jako vrozené předpoklady, mezi které patří struktura a kvalita svalových vláken a centrální nervové soustavy, proces vývoje jednotlivých orgánů a částí lidského těla nebo činnost hormonů. Mezi genetické faktory taktéž náleží morfologické znaky, jako je výška, somatotyp a stavba těla. Dále bývají genetické predispozice spojeny i s motorickými schopnostmi, mezi které patří rychlostní a silově rychlostní schopnosti (Kouba, 1995). V průběhu života se postupně aktivují jednotlivé genetické složky. Během zrání konkrétních částí mozku dochází ke stimulaci činnosti genů. Postupná činnost genů znamená, že předpoklady pro rozvoj

pohybových schopností a dovedností se objevují až při dozrání dané funkce (Vágnerová, 2012).

Geneticky podmíněné mohou být i některé tělesné a duševní poruchy a onemocnění typu lehké mozkové dysfunkce, DCD, nebo porucha pozornosti s hyperaktivitou. Jedinec může taktéž zdědit i vlastnosti z oblasti psychiky, nebo temperamentu (Jansa, 2018; Langmeier & Krejčířová, 2006; Stožický & Sýkora, 2016).

Pod pojmem vlivy vnějšího prostředí myslíme soubor všech vnějších činitelů motorického vývoje. Do tohoto různorodého komplexu patří výchova, strava, rodinné a školní prostředí, vzdělávací systém i osobní vztahy (Kouba, 1995).

Právě rodina je nejvýznamnějším činitelem, který ovlivňuje nejen motorický vývoj dítěte. Rodina pomáhá vytvářet pohybový režim dítěte, pozitivní vztah k pohybovým aktivitám a může být i významným motivátorem dítěte. Je však nutné si uvědomit, že rodina pomáhá vytvářet nejen pozitivní vztah ke sportu a pohybovým aktivitám, ale může i nevhodně ovlivnit vztah dítěte k pohybovým aktivitám nadměrnými zásahy do tělovýchovného procesu dítěte. Nepřiměřenými nároky na sportovní výkon dítěte, který je často mimo jeho fyzické a motorické předpoklady, může rodina zapříčinit opačného efektu, což se následně projeví tím, že dítě odmítá sportovní aktivity, vypěstuje si vůči sportu averzi a zanechá sportovní činnosti. Pokud rodina podporuje jedince ve sportovních činnostech, provozuje sportovní aktivitu, je tedy nápomocná při začlenění jedince do sportovního prostředí (Kaplan, 2020; Kouba, 1995). Významný vliv na úroveň pohybových aktivit mají i socioekonomické podmínky rodiny. Jako další důležitý determinant lze označit i fakta, mezi které patří úplnost či neúplnost rodiny dítěte, zaměstnání rodičů i jejich vzdělání (Miklánková, 2007; Sallis & Owen, 2002).

Důležitým faktorem je i školní tělesná výchova nebo pohybová volnočasová aktivita, jež pomocí příhodných tělesných cvičení usilují o harmonický a správný motorický vývoj jedince. Právě kvalita i kvantita tělesné aktivity je považována za klíčovou pro optimální vývoj dětské motoriky. Otázkou zůstává však motivace jedince k pohybovým aktivitám. K volnočasové pohybové aktivitě je dítě většinou podníceno svým vlastním zájmem o danou pohybovou činnost. Avšak v tělesné výchově mohou být děti motivovány známkou, jež patří pod vnější motivaci, která však není žádoucí pro vytvoření pozitivního vztahu k pohybové aktivitě. Správnou motivací by měla být pochvala učitele. Učitel by měl chválit nejen talentované žáky, ale i děti, které jsou

méně pohybově nadané. Je tedy důležité dítě chválit za každé zlepšení, které zaznamená. Příčinnou je, že daná pohybová činnost dítě více baví a zvyšuje se jeho zájem o pohybové aktivity. Tím je pak utvářen pozitivní vztah k pohybovým činnostem, čímž se zvedá šance častějšího sportování dítěte a zároveň dochází ke zvyšování jeho motorické úrovně (Kouba, 1995; Mužík & Vlček, 2010; Sekot, 2019).

Samotná škola a její atmosféra, popřípadě její přístup ke sportu, ovlivňuje zájem dítěte o sport a pohybovou aktivitu. Pokud tedy škola zajišťuje adekvátní materiální vybavení i prostor pro pohybové aktivity a zároveň disponuje kvalifikovanými učiteli, tak vytváří příhodné podmínky pro rozvoj motorické úrovně jejich žáků (Kaplan, 2020).

### **2.3.6 Genderové rozdíly v mladším školním věku**

Enviromentální a biologické faktory je možné považovat za příčinu genderových rozdílů v motorické výkonnosti i v mladším školním věku (Malina & Bouchard, 1986). V rané fázi tohoto období chlapci vykazují vyšší motorickou výkonnost než dívky, a to hlavně v pohybových úlohách zaměřených na hrubou motoriku (Dorfberger et al., 2009), orientaci v prostoru a kinesteticko-diferenciační schopnosti (Willwéber & Čillík, 2017). Chlapci také dosahují vyšší úrovně v motorických dovednostech, ve kterých jsou zapojeny silové schopnosti (kopání a házení) (Toole & Kretzschmar, 1993). Chlapci předčí dívky také v rychlosti běhu. Okolo 9. roku se však motorická výkonnost srovnává (Gokmen H., 2001).

Dívky však projevují vyšší úroveň v koordinačních a rovnovážných dovednostech (Raudsepp & Pääsuke, 1995). V úlohách, které zjišťovaly úroveň kinesteticko-diferenciační schopnosti dolních končetin, rytmické schopnosti a rovnováhy, děvčata dosahovala lepších výsledků než chlapci (Willwéber & Čillík, 2017). Vyšší úroveň dívky zaznamenaly také v úkolech zaměřených na grafomotoriku (Dorfberger et al., 2009), skákání, koordinaci rukou a očí, v obratnějším ovládnutí končetin a celého těla (Toole & Kretzschmar, 1993).

Z dostupných poznatků není možné rozhodně určit, zda existuje rozdílnost mezi chlapci a dívkami mladšího školního věku v rychlosti reakce. Je možné zjistit, že výsledky chlapců v rané fázi mladšího školního věku v úloze zaměřené na reakční rychlost dolních končetin převyšovaly výsledky děvčat (Willwéber & Čillík, 2017). U dětí ve věku 10–11 let byla zjištěna rozdílnost mladšího školního věku, kdy chlapci dosáhli mírně lepších výsledků v rychlosti reakce než dívky tohoto věku (Akşit &

Nalçakan, 2017). Avšak ve studii Dykierta et al. (2012), která měřila rychlost reakce u dětí, však žádná rozdílnost mezi chlapci a dívkami nebyla nalezena. Stejně tak nebyla zjištěna žádná odlišnost reakční rychlosti u chlapců a dívek ve věku 10–11 let (Brychta et al., 2013).

V rychlosti reakce taktéž nebyly nalezeny rozdílnosti v motorické úloze, která měřila rychlost reakce horních končetin mezi chlapci a děvčaty ve věku 9 let. Stejná úloha však měřila i rychlost pohybu. Z výsledku pak vyplynulo, že vyšší rychlosti pohybu ruky dosahovali chlapci (Lynn & Ja-Song, 1993). Výsledky studií se však různí. Venetsanou a Kambas (2016) zaznamenali vyšší rychlost horní končetiny u dívek, než u chlapců ve věku 4,5 -6 let.

V přesnosti pohybu ruky se ve studii Me Barrala a Debûa (2002) objevily statisticky významné rozdíly mezi pohlavími u 5letých dětí. V této studii byla využita motorická úloha, která zaznamenávala přesnost pohybu ruky a doteku terče ukazováčkem. Bylo zjištěno, že dívky dosahovaly vyšší přesnosti pohybu než chlapci (Me Barral & Debû, 2002). Zároveň však v práci Dorfbergera et al. (2009), která se zaměřila na přesnost a rychlost prováděného pohybu, nebyly nalezeny žádné rozdíly mezi pohlavími. Tato úloha zjišťovala přesnost pohybu opoziční sekvence od prstu k palci. Během testu byla dosažena vysoká přesnost pohybu, s čím souvisel i malý počet chyb v této motorické úloze (Dorfberger et al., 2009).

Celkově je možné konstatovat, že pohlaví může být důležitým faktorem motorického výkonu a výrazným činitelem, který ovlivňuje motorické učení. V období mladšího školního věku byly nalezeny odlišnosti v motorické výkonnosti mezi chlapci a dívkami. Markantní rozdíly mezi pohlavími se objevují ale až v období puberty. Zdá se, že biologie poskytuje málo informací pro vysvětlení rozdílnosti v motorické výkonnosti. Tyto rozdíly mohou být také ovlivněny životní úrovní a prostředím, ve kterém dítě žije (Akşit & Naçakan, 2017).

Pro každodenní pohyb je důležitá inhibiční funkce a online řízení pohybu, kterou dítě využívá při učení nových pohybů a osvojování motorických dovedností. Inhibice a online řízení úzce souvisí rozvojem CNS, s kognitivním a motorickým vývojem, který je možné hodnotit pomocí různých motorických úloh jako je Go/ No-Go Task nebo A Double-Jump Reaching Task. Úroveň motorického vývoje je ovlivněna i příslušností

k pohlaví. V této práci chceme porovnat úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu mezi chlapci a dívkami mladšího školního věku.

### **3 CÍLE**

Hlavním cílem práce bylo porovnat úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let.

#### **3.1 Dílčí cíle**

- 1) Porovnání reakčních schopností u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let.
- 2) Porovnání doby pohybu horní končetiny u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let.
- 3) Porovnání chybovosti u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let.

#### **3.2 Hypotézy**

Na základě vytyčených cílů byly stanoveny následující hypotézy

H1: Reakční schopnost u chlapců ve věku 6 – 11 let bude na vyšší úrovni než u dívek ve stejném věku.

Hypotéza vycházela z poznatků, že chlapci dosahovali kratší reakční doby než dívky ve věku 10 - 11 let (Akşit & Nalçakan, 2017).

H2: Doba pohybu horní končetiny u chlapců ve věku 6 - 11 let bude mít kratší trvání než doba pohybu horní končetiny u dívek ve stejném věku.

Hypotéza byla stanovena na základě studie, která prokázala, že devítiletí chlapci dosahují kratšího časového intervalu doby pohybu než devítileté dívky (Lynn & Ja-Song, 1993).

H3: U chlapců ve věku 6 - 11 let bude zaznamenán vyšší počet chyb než dívek ve stejném věku.

Tato hypotéza byla stanovena základě poznatků o přesnosti pohybu ruky a prostorové přesnosti v předškolním věku. Bylo dokázáno, že pětileté dívky dosahovaly daleko vyšší přesnosti při pohybu rukou než pětiletí chlapci (Me Barral & Debû, 2002).



## 4 METODIKA

### 4.1 Výzkumný soubor

Do výzkumu bylo zapojeno celkem 200 dětí ve věku 6 - 11 let, a to v počtu 104 chlapců a 96 dívek. Průměrný věk chlapců byl  $9,46 \pm 1,36$  roku a průměrný věk dívek činil  $8,66 \pm 1,58$  roku. Průměrná výška chlapců byla  $141,06 \pm 9,70$  cm a dívek  $135,65 \pm 9,80$  cm. Průměrná hmotnost chlapců činila  $35,11 \pm 10,55$  kg a dívek  $30,76 \pm 9,08$  kg. Ve výzkumném souboru bylo 24 levorukých dětí, z nich bylo 14 chlapců a 10 dívek. Zbývající děti byly pravoruké, a to v počtu 90 chlapců a 86 dívek.

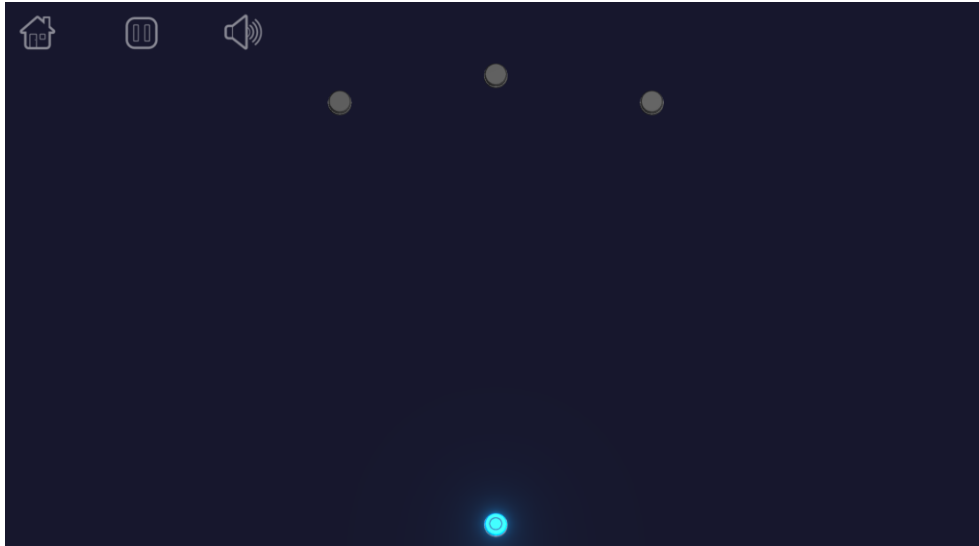
Děti zapojené do výzkumu byly žáky základních škol z Kroměříže, Olomouce, Přerova a Vsetína. Všechny děti byly před výzkumem podrobeny standardizovanému testu motoriky pro děti MABC-2 z anglického Movement Assessment Battery for Children 2nd Edition (MABC-2) (Henderson et al., 2014), který slouží k hodnocení úrovně motoriky a k diagnostice vývojových poruch motoriky. Do výzkumu byly zařazeny jen děti s výsledkem v testu MABC-2 nad úrovní 16. percentilu vylučující riziko nebo výskyt vývojových poruch motoriky.

Výzkum byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod jednacím číslem 46/2020. Výzkum byl řešen v rámci projektu GAČR (Grantová agentura České republiky) Expro 21-15728X s názvem Objasnění rozvoje provádění duálních úloh u typicky se vyvíjejících dětí a dětí s vývojovou poruchou koordinace. Zároveň každý rodič nebo zákonný zástupce podepsal informovaný souhlas, jenž schválilo vedení příslušné školy, a následně byl doručen výzkumníkům.

### 4.2 Testové nástroje a testová procedura

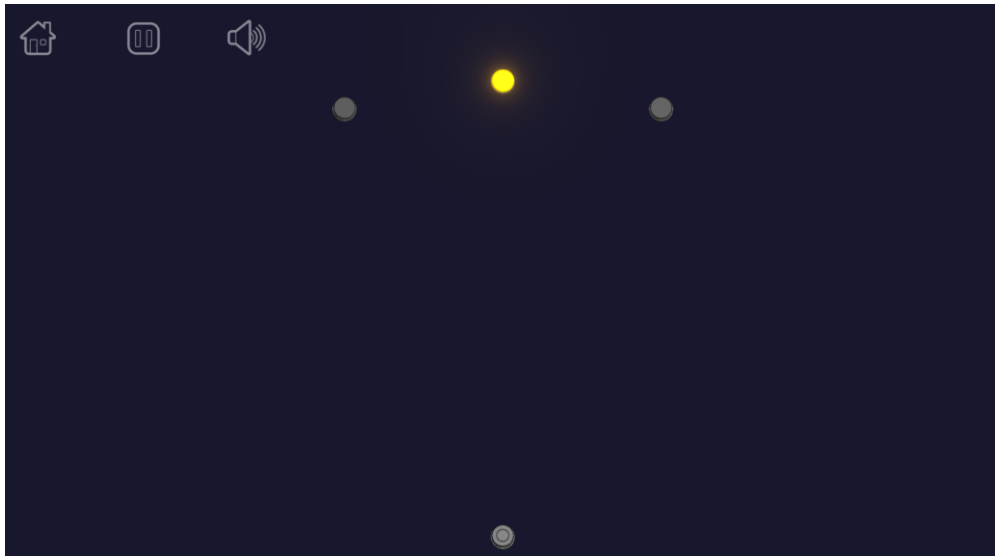
Pro hodnocení inhibiční funkce a online řízení pohybu u dětí byla použita motorická úloha změny pohybu v co nejkratším čase z anglického A Double-Jump Reaching Task (DJRT). Motorická úloha byla spuštěna na notebooku PC a zobrazena na černém 43palcovém dotykovém monitoru Iiyama (Liyama, Tokio, Japonsko). Monitor byl umístěn na horní části výškově polohovacího stolu, který byl vždy nastaven tak, aby jeho výška byla v úrovni pasu dítěte. Monitor byl orientován na šířku. Aby se snížil dopad kontrastního rušení při provádění úlohy, byly všechny podněty zobrazovány na černé obrazovce, která odpovídala odstínu černého rámu monitoru. Probandi prováděli

motorickou úlohu DJRT dobrovolně a individuálně v klidné místnosti bez dalších rušivých elementů. Před zahájením výzkumu byli předem poučeni o průběhu úlohy. Zároveň každý proband měl možnost 20 cvičných pokusů. Probandi mohli výzkum kdykoliv ukončit bez udání důvodu.

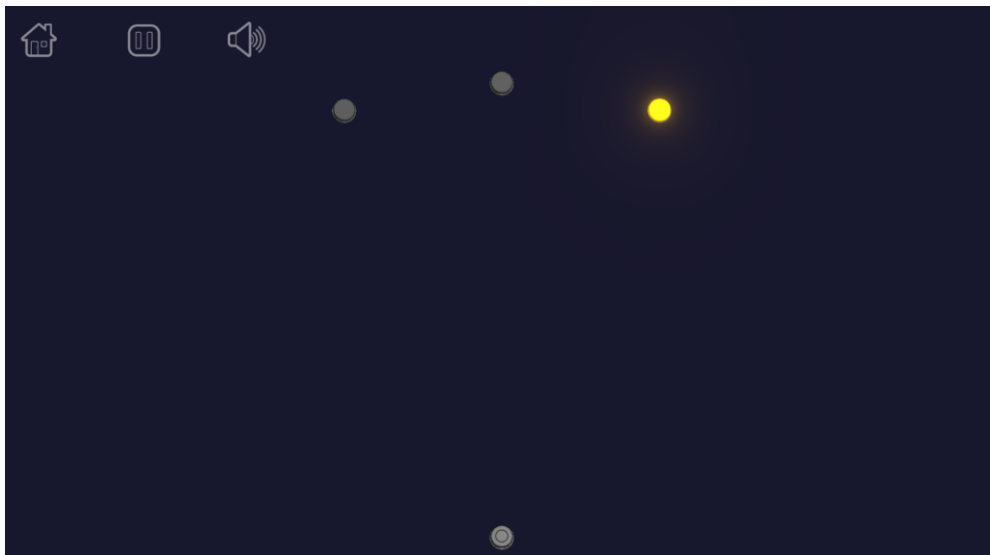


Obrázek 2. Domovský kruh v motorické úloze DJRT.

Motorická úloha DJRT se skládala z modrého domovského kruhu a tří žlutých cílových kruhů, každý kruh měl průměr 2,5 cm. Domovské tlačítko bylo umístěno uprostřed spodní části obrazovky, to je 5 cm od spodního okraje displeje, a tři žluté cílové kruhy byly umístěny  $-20^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $20^\circ$  nad kruhem domovského tlačítka uprostřed obrazovky. Dítě mělo za úkol držet ukazováček dominantní ruky na domovském tlačítku (Obrázek 2) do té doby, než se jeden z cílových kruhů nerozsvítí (Obrázek 3). Po rozsvícení jednoho z cílových kruhů mělo dítě za úkol co nejrychleji zareagovat a zmáčknout stejným prstem (ukazováčkem dominantní ruky) rozsvícený žlutý cílový kruh. V některých případech došlo k tzv. skoku, kdy se rozsvítí prostřední cílový kruh, ale během pohybu ruky zhasl a rozsvítí se jeden z krajních cílových kruhů. V takovém případě dítě muselo změnit zamýšlený pohyb a zmáčknout ten cílový kruh, který svítil jako poslední (Obrázek 4). Poté, co bylo dítě připraveno na další pokus, opět zmáčklo domovské tlačítko, čímž byl započat další pokus.



Obrázek 3. Rozsvícení prostředního cílového kruhů v motorické úloze DJRT.



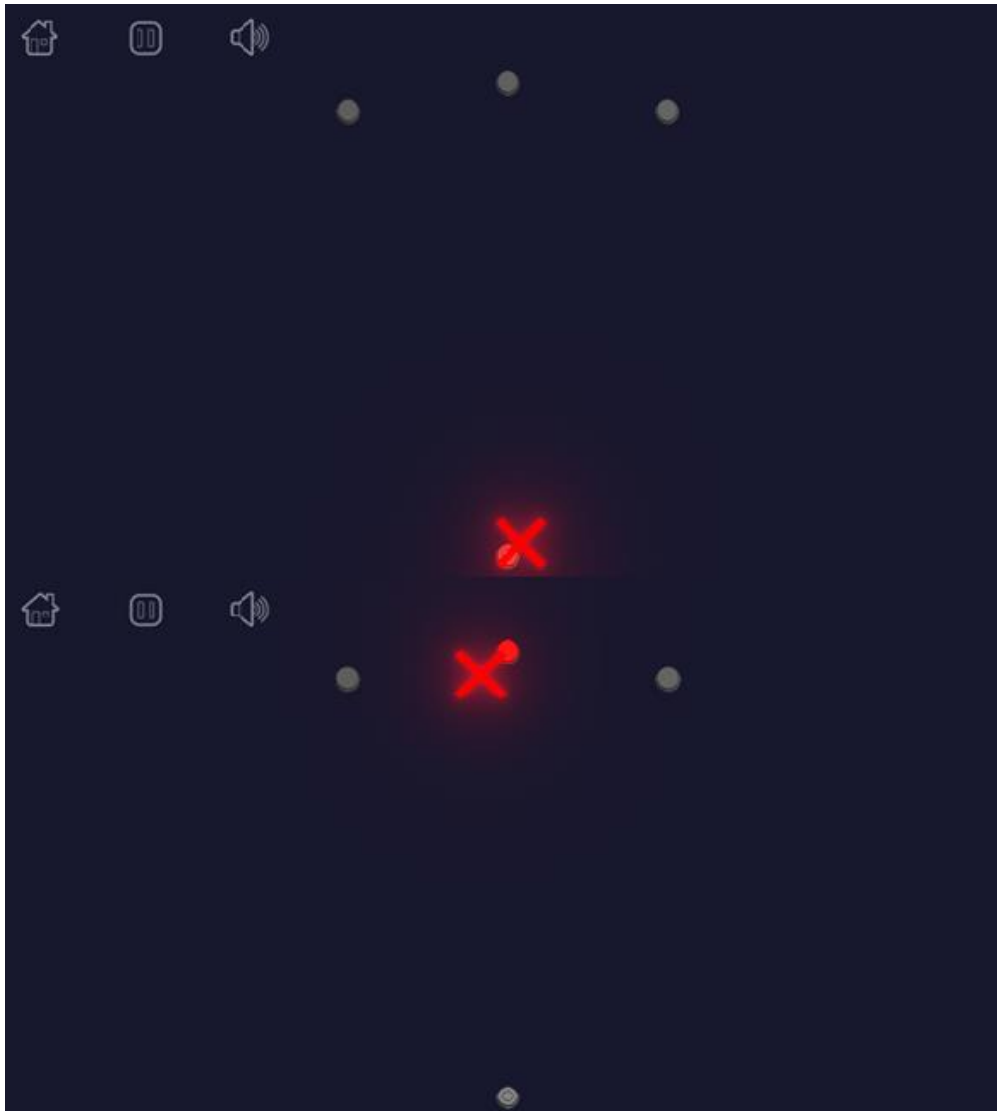
Obrázek 4. Rozsvícení jednoho z krajních cílových bodů po „skoku“ v motorické úloze DJRT.

Každé dítě mělo 20 cvičných pokusů a následně 40 měřených pokusů. V 32 (80 %) případech došlo k rozsvícení prostředního žlutého cílového kruhu, který svítil do té doby, než se ho dotkl ukazováček dominantní ruky. Tento pokus byl následně identifikován jako pokus bez skoku. Zatímco u 8 (20 %) pokusů došlo k rozsvícení prostředního žlutého cílového kruhu, který se zhasnul v průběhu pohybu ruky a došlo tak ke skoku světla na levý, nebo pravý periferní žlutý cílový kruh. Ten následně svítil do té doby, než se ho dotkl ukazováček dominantní ruky. Takový pokus byl následně označen za pokus se skokem. Pokusy se skokem a beze skoku byly generovány

náhodně. Aby se zabránilo vlivu anticipace, bylo pro rozsvícení cílových kruhů nastaveno náhodné zpoždění 500-1500 ms.

Proměnné z motorické úlohy DJRT, které byly následně zpracovávány, byly následující. Pro měření reakční doby byl zaznamenáván časový interval od okamžiku, kdy se rozsvítil žlutý cílový kruh, až do chvíle, kdy ukazováček dominantní ruky opustil modrý domovský kruh. Dále byla měřena doba pohybu horní končetiny bez skoku, i se skokem. Taktéž byly zaznamenány i úspěšné pokusy, kdy došlo ke skoku.

Během celého experimentu byly zaznamenávány veškeré chyby, které respondenti provedli. Pokud došlo k chybě, na monitoru se objevil červený křížek, jenž označil místo, kde došlo k chybě (Obrázek 5). Zaznamenané chyby byly následně rozděleny podle jejich charakteru. Sledovali jsme následující chyby: brzké opuštění domovského kruhu na základě anticipace z anglického Anticipate Errors (AE), nepřesnost u prostředního cílového kruhu z anglického Centre Target Errors (CTE), stlačení nesprávného cílové kruhu z anglického Wrong Target Errors (WTE) a nepřesnost u domovského kruhu z anglického Touch Down Errors (TDE).



Obrázek 5. Označení chyby při nepřesnosti u domovského tlačítka a u prostředního tlačítka v motorické úloze DJRT.

### 4.3 Statistické vyhodnocení dat

Pomocí Shapiro-Wilk testu bylo prokázáno nenormální (ne Gaussovské) rozložení hodnot u všech testových proměnných. Proto k posouzení rozdílu mezi chlapci a dívkami byl použit neparametrický Mann-Whitneyho U test. Hladina statistické významnosti byla stanovena na úrovni  $\alpha = 0,05$ . Všechny analýzy a deskriptivní statistika byly provedeny v programu IBM SPSS (verze 24; IBM, Armonk, NY, USA).

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Výsledky reakční doby

Průměrná reakční doba všech dětí začleněných do výzkumu činila  $547,31 \pm 179,95$  ms (Tabulka 1). Po porovnání výsledků chlapců a dívek nebyla nalezena žádná statistická významnost v reakční době.

Nejdelší zaznamenaná doba reakce činila 1782,00 ms a byla změřena u dívek. Zatímco u chlapců nejdelší zaznamenaná doba reakce dosáhla 1022,00 ms, což značí markantní rozdíl.

Za zmínku však stojí mezikvartilového rozpětí, které poukazuje na variabilitu reakční doby. Ze získaných dat vyplývá, že dívky zaznamenaly mírně vyšší proměnlivost reakční doby v motorické úloze DJRT, kdy mezikvartilové rozpětí činilo 189,25. Zatímco u chlapců se mezikvartilového rozpětí drželo na hodnotě 159,50.

Tabulka 1.

*Porovnání reakční doby mezi chlapci a dívkami ve věku 6 – 11 let v motorické úloze The Double-Jump Reaching Task.*

Reakční doba	Pohlaví	Průměr	SD	Medián	IQR	Min	Max	<i>p</i>
RT (ms)	Dívka	547,24	213,28	509,00	189,25	257,00	1782,00	0,317
	Chlapec	547,38	143,55	509,50	159,50	319,00	1022,00	
RT (ms)	Celý testovaný soubor	547,31	179,95	509,50	173,75	257,00	1782,00	

*Poznámka.* *SD* = směrodatná odchylka, *IQR* = mezikvartilové rozpětí, *Min* = minimální naměřená hodnota, *Max* = maximální naměřená hodnota, *p* = hodnota Mann-Whitneyho U test.

## 5.2 Výsledky doby pohybu

Trvání doby pohybu se odvíjelo podle druhu pohybu. Během motorické úlohy DJRT byla měřena doba pohybu, kdy došlo ke skoku, čímž byla měřena inhibiční funkce. Zároveň byla zaznamenána i doba pohybu, kdy ke skoku nedošlo. Mezi chlapci a dívkami nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl v trvání doby pohybu, ať už se jednalo o pohyb se skokem či bez skoku (Tabulka 3).

U všech dětí zapojených do výzkumu byla naměřena delší doba pohybu, pokud došlo k přeskočení (Tabulka 2). Tento fakt je odůvodněn tím, že muselo dojít k inhibici pohybu a následným dalším změnám zamýšleného pohybu, čímž byla prodloužena doba pohybu. Obě pohlaví dosahovala takřka stejných hodnot průměrné doby pohyb, jak už při pohybu, kdy došlo ke skoku, tak i při pohybu bez skoku.

Je zajímavé zmínit, že u pohybu bez skoku docházelo k vyšší variabilitě doby pohybu u dívek než u chlapců. Dosvědčují to naměřené hodnoty mezikvartilového rozpětí, které činily 231,75 u dívek a 182,25 u chlapců. U doby pohybu se skokem obě pohlaví dosáhla takřka stejných hodnot mezikvartilového rozpětí.

Tabulka 2.

*Doba pohybu beze skoku a se skokem všech respondentů v motorické úloze The Double-Jump Reaching Task.*

---

Doba pohybu	Průměr	SD	Medián	IQR	Min	Max
MT (ms)	629,97	167,84	606,00	196,25	268,00	1389,00
MJT (ms)	851,03	182,44	823,00	198,50	557,00	1507,00

---

*Poznámka.* SD = směrodatná odchylka, IQR = mezikvartilové rozpětí, Min = minimální naměřená hodnota, Max = maximální naměřená hodnota, MT = doba pohybu bez skoku, MJT = doba pohybu se skokem

Tabulka 3.

*Porovnání doby pohybu beze skoku a se skokem mezi chlapci a dívkami mladšího školního věku v motorické úloze The Double-Jump Reaching Task.*

Doba pohybu	Pohlaví	Průměr	SD	Medián	IQR	Min	Max	<i>p</i>
MT (ms)	Dívka	653,50	193,55	620,50	231,75	268,00	1389,00	0,175
	Chlapec	608,25	137,42	594,00	182,25	337,00	999,00	
MJT (ms)	Dívka	867,48	201,65	826,00	199,50	557,00	1507,00	0,387
	Chlapec	835,84	162,22	816,00	206,75	559,00	1296,00	

*Poznámka.* *SD* = směrodatná odchylka, *IQR* = mezikvartilové rozpětí, *Min* = minimální naměřená hodnota, *Max* = maximální naměřená hodnota, *MT* = doba pohybu bez skoku, *MJT* = doba pohybu se skokem, *p* = hodnota Mann-Whitneyho U test.



### 5.3 Výsledky chybovosti a úspěšných pokusů

Statisticky významný rozdíl byl nalezen u chyb, kdy chlapci častěji opouštěli domovský kruh moc brzy na základě anticipace (AE) ( $p < 0,45$ ). Zároveň statisticky významný rozdíl mezi pohlavími byl zjištěn u chyb, kdy docházelo k nepřesnosti u domovského tlačítka (TDE) ( $p < 0,07$ ). V takovém případě chybovali více chlapci. U ostatních chyb (CTE, WTE) nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami (Tabulka 5).

Průměrný počet AE byl u dívek výrazně nižší než u chlapců. Dívky se dopouštěly průměrně jen  $1,65 \pm 2,23$  AE, zatímco u chlapců průměrný počet AE činil  $2,61 \pm 3,49$  chyb. Nejvyšší počet AE byl zaznamenán u chlapců. Zároveň však ze získaných dat vyplývá, že byli i takoví jedinci, kteří se během výzkumu nedopustili ani jedné AE.

Průměrně vyššího počtu TDE se dopouštěli chlapci. Průměrný počet TDE u chlapců byl  $4,35 \pm 3,59$  chyb, zatímco dívky se průměrně dopouštěly  $3,35 \pm 3,39$  TDE. Nejvyšší počet TDE byl zaznamenán také u chlapců. Mezi oběma pohlavími byli tací, u kterých nebyla zaznamenána žádná TDE. Za zmínku stojí, že i když se chlapci dopouštěli častěji TDE, mezikvartilové rozpětí TDE u dívek dosáhlo vyšší hodnoty, což značí vyšší variabilitu v samotných dívčích výkonech.

Chlapci i dívky se takřka nedopouštěli CTE a WTE. Zároveň i mezikvartilové rozpětí u CTE a WTE se rovnalo hodnotě 0,00 u obou pohlaví. Tato skutečnost podtrhuje tvrzení, že CTE nebo WTE se dopustil jen malý počet chlapců a dívek.

S počtem chyb souvisel i počet úspěšných pokusů, pokud došlo ke skoku. Během takového pohybu byla do procesu řízení pohybu zapojena inhibiční funkce. Průměrný počet úspěšných pokusů u všech respondentů činil  $6,80 \pm 1,45$  (Tabulka 4), což nasvědčuje tomu, že obě pohlaví byla schopná reagovat na změnu cílového kruhu bez výrazných problémů. Po porovnání úspěšných pokusů chlapců a dívek, nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl mezi pohlavími.

Tabulka 4.

*Počet úspěšných pokusů a počet chyb dle jejich charakteru u všech respondentů v motorické úloze The Double-Jump Reaching Task.*

Úspěšné pokusy a druh chyby	Průměr	SD	Medián	IQR	Min	Max
JSC	6,80	1,45	7,00	2,00	0,00	8,00
AE	2,15	2,98	1,00	3,00	0,00	21,00
CTE	0,26	0,70	0,00	0,00	0,00	5,00
WTE	0,23	0,61	0,00	0,00	0,00	4,00
TDE	3,87	3,52	3,00	4,00	0,00	19,00

*Poznámka.* *SD* = směrodatná odchylka, *IQR* = mezikvartilové rozpětí, *Min* = minimální naměřená hodnota, *Max* = maximální naměřená hodnota, *JSC* = úspěšný pokusů, kdy došlo ke skoku, *AE* = chyba, kdy došlo k brzkému opuštění domovského kruhu na základě anticipace, *CTE* = chyba, kdy došlo k nepřesnosti u prostředního cílového kruhu, *WTE* = chyba, kdy došlo ke stlačení nesprávného cílové kruhu, *TDE* = chyba, kdy došlo k nepřesnosti u domovského kruhu.

Tabulka 5.

*Porovnání úspěšných pokusů a počtu chyb dle jejich charakteru mezi chlapci a dívkami mladšího školního věku v motorické úloze The Double-Jump Reaching Task.*

Úspěšné pokusy a druh chyby	Pohlaví	Průměr	SD	Medián	IQR	Min	Max	<i>p</i>
JSC	Dívka	6,94	1,30	7,00	2,00	0,00	8,00	0,301
	Chlapec	6,66	1,57	7,00	2,00	0,00	8,00	
AE	Dívka	1,65	2,23	1,00	2,00	0,00	13,00	0,045*
	Chlapec	2,61	3,49	1,00	3,75	0,00	21,00	
CTE	Dívka	0,23	0,64	0,00	0,00	0,00	4,00	0,499
	Chlapec	0,29	0,75	0,00	0,00	0,00	5,00	
WTE	Dívka	0,15	0,46	0,00	0,00	0,00	3,00	0,079
	Chlapec	0,31	0,71	0,00	0,00	0,00	4,00	
TDE	Dívka	3,35	3,39	3,00	4,00	0,00	16,00	0,007*
	Chlapec	4,35	3,59	3,50	3,00	0,00	19,00	

*Poznámka.* *SD* = směrodatná odchylka, *IQR* = mezikvartilové rozpětí, *Min* = minimální naměřená hodnota, *Max* = maximální naměřená hodnota, *JSC* = úspěšný pokusů, kdy došlo ke skoku, *AE* = chyba, kdy došlo k brzkému opuštění domovského kruhu na základě anticipace, *CTE* = chyba, kdy došlo k nepřesnosti u prostředního cílového kruhu, *WTE* = chyba, kdy došlo ke stlačení nesprávného cílové kruhu, *TDE* = chyba, kdy došlo k nepřesnosti u domovského kruhu, *p* = hodnota Mann-Whitneyho U test.

\**p* < 0,05.

## 6 DISKUZE

Cílem této práce bylo porovnat úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let.

V této práci nebyla prokázána rozdílnost reakční doby u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let, čímž byla hypotéza H1 vyvrácena. Tato skutečnost je v souladu s prací Dykierta et al., (2012), kdy z jeho výsledků vyplývá, že neexistuje žádná rozdílnost v reakční době mezi chlapci a děvčaty mladších 18 let. Tvrzení o neexistující rozdílnosti v reakční době mezi chlapci a dívkami prokázal i Brychta et al. (2013), jenž se zaměřil na genderovou rozdílnost u dětí ve věku 10 – 11 let. Naopak je tato skutečnost v rozporu s prací Akşita a Nalçakana (2017), kteří naměřili vyšší úroveň reakčních schopností u chlapců než u dívek ve věku 10 – 11 let. Vyšší úroveň reakčních schopností, kterou našli Akşit a Nalçakan (2017) u chlapců ve věku 10 – 11 let než u dívek v tomto věku, může být vysvětlena faktem, že se ve své studii zaměřili pouze na hráče a hráčky tenisu ve věku 10 – 11 let, kdy při tréninkovém procesu byly s herními dovednostmi zároveň rozvíjeny i reakční schopnosti. Zatímco práce Brychty et al. (2013) a Dykierta et al. (2012) testovaly děti běžné populace.

V další studii, kde byla měřena reakční doba, byla nalezena odlišnost pouze mezi věkovými skupinami. Děti v rané fázi mladšího školního věku (6-7 let) dosahovaly horších výsledků v reakční době než děti ve věku 8–9 let a 10–12 let (Wilson & Hyde, 2013). Genderové rozdíly v reakční době byly nalezeny u studentů ve věku 18–25 let, kde bylo prokázáno, že muži dosahují kratší reakční doby než ženy (Reed et al., 2004). Tyto rozdíly mezi muži a ženami v reakční době byly potvrzeny i ve středním a starším věku (Christensen et al., 2001). Možnou příčinou této rozdílnosti mezi pohlavími mohou být pohlavní hormony, které vstupují do hry v pubertě a zároveň různě ovlivňují mužský a ženský mozek (Deary & Der, 2005). Období puberty začíná kolem 11. a 12. roku, u dívek je to však dříve. Protože jsme však chlapce ve věku 6 – 11 let a dívky v tomto věku zkoumali jako celek, tak tyto rozdíly související s pohlavními hormony v tomto výzkumu nebyly podstatné.

Tato práce neprokázala statisticky významnou rozdílnost doby pohybu mezi chlapci a dívkami ve věku 6 – 11 let, čímž byla hypotéza H2 zamítnuta. Naše výsledky se shodují s prací Chuie et al. (2007), který taktéž nenašel rozdíly mezi chlapci a dívkami v trvání doby pohybu horní končetiny. Chui et al. (2007) se zaměřil na děti ve věku 6 -

10 let. V rámci 4 subtestů jemné motoriky byla zkoumaná doba pohybu horní končetiny, kdy nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi chlapci a dívkami tohoto věku.

V rozporu s naší prací je však studie Lynna a Ja-Songa (1993), kteří měřili dobu pohybu horní končetiny u 9letých dětí. Z jejich výsledků vyplývá, že chlapci dosahují kratší doby pohybu než dívky ve věku 9 let. Pokud přihlídneme k faktu, že studie byla provedena před 30 lety, je možné, že nyní máme lepší prostředky pro přesnější měření doby pohybu nebo došlo k srovnání doby pohybu u dnešních chlapců a dívek. Možná proto došlo k rozdílnosti výsledků naší práce a výsledků Lynna a Ja-Song (1993). Venetsanou a Kambas (2016) ve své práci zjistili, že dívky ve věku 4,5 - 6 let dosahují kratší doby pohybu horní končetiny než chlapci tohoto věku. Možnou příčinou odlišností mezi výsledky naší práce a Venetsanou a Kambase (2016) může být jiná věková kategorie probandů v obou výzkumech.

V dospělosti se mohou objevit rozdílnosti doby pohybu horní končetiny mezi pohlavími. Rohr (2006) prokázal, že ženy provádí pohyb horní končetiny delší dobu než muži. Tato rozdílnost u dospělých může být způsobena různými strategiemi pohybu. Muži provádí pohyb, aby byl co nejrychlejší, zatímco ženy při pohybu kladou důraz hlavně na jeho přesnost, což může způsobovat delší dobu pohybu žen. U dětí ve věku 6 – 11 let se však pohybové strategie příliš neprojevují, což může být příčinou žádných statisticky významných rozdílností doby pohybu mezi chlapci a dívkami v tomto výzkumu.

Výsledky této práce prokázaly statisticky významný rozdíl v počtu chyb, který byl vyšší u chlapců ve věku 6 - 11 let než u dívek tohoto věku, čímž byla potvrzena hypotéza H3. Vyšší počet chyb chlapců byl zaznamenán u chyb typu TDE a AE než u dívek.

Studie Me Barrala a Debûa (2002) zjistila vyšší přesnost pohybu ruky a prostorové přesnosti u 5letých dívek než u 5letých chlapců. Přesnost pohybu ruky a prostorová přesnost úzce souvisí s TDE, které právě pramení z nepřesnosti pohybu. Tato studie tedy potvrzuje naše výsledky, že chlapci provádějí častěji TDE, což může být zapříčiněno nižší přesností jejich pohybu. Dorfberger et al. (2009) ve své práci nenašel žádné statisticky významné rozdíly v přesnosti pohybu ruky u chlapců a dívek ve věku 9 let. To, že Dorfberger et al. (2009) nenašel žádné rozdíly u chlapců a dívek v přesnosti

pohybu, zatímco my ano, může být způsobeno růzností motorických úloh. Dorfberger et al. (2009) se zaměřil na přesnost sekvence prstů a palce, kdy byl kladen důraz na přesnost, zatímco naše motorická úloha DJRT byla zaměřena na dotyk rozsvíceného cílového kruhu v co nejkratším čase, což vyžadovalo pohyb celé paže.

Tato práce také objevila statisticky významné rozdíly mezi chlapci a dívkami ve věku 6 – 11 let u AE, kdy se těchto chyb častěji dopouštěli chlapci. AE mohou souviset s impulzivitou a nabuzením organismu. Weinstein a Dannon (2015) ve své studii porovnávali úroveň impulsivity mezi chlapci a dívkami, kdy zjistili, že vyšší impulsivita byla zaznamenána u chlapců. Tento fakt potvrdil i Ruf et al. (2008), který zjistil vyšší úroveň impulsivity u chlapců ve věku 8 – 9 let než u dívek tohoto věku. Tato skutečnost může být tedy důvodem, proč byla v této práci nalezena vyšší četnost AE u chlapců než u dívek ve věku 6 – 11 let.

U získaných výsledků doby pohybu při pokusech, kdy došlo ke změně cílového kruhu (pokus se skokem), nebyla nalezena žádná statisticky významná rozdílnost, Tento fakt tedy dokazuje, že úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let je stejná. Další ukazatel, který potvrzuje shodnou úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u chlapců a dívek tohoto věku, je počet úspěšných pokusů se skokem. Ani v tomto případě nebyl nalezen žádný statistický významný rozdíl. Totožnou úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let potvrzuje i WTE, kde taktéž nebyla nalezena statisticky významná rozdílnost.

Naopak statisticky významné rozdíly byly nalezeny u TDE a AE. Tyto chyby však nesouvisí s úrovní inhibiční funkce a online řízením pohybu, ale mají vyšší spojitost s přesností pohybu ruky a impulzivitou.

## **7 ZÁVĚRY**

Výsledky tohoto výzkumu poukazují na shodnou úroveň inhibiční funkce, online řízení pohybu a reakčních schopností u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let. To může být způsobeno stejnými pohybovými strategiemi obou pohlaví a podobným vývojem CNS, která řídí veškerý pohyb. Tato práce odhalila rozdíly mezi pohlavími u chyb, kdy došlo k brzkému opuštění domovského kruhu na základě anticipace, a kdy došlo k nepřesnosti u domovského kruhu. Tyto chyby mohly být zapříčiněny vyšší impulsivitou chlapců a nižší přesností jejich pohybů ruky.

## 8 SOUHRN

Cílem této práce bylo porovnat úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu u dětí ve věku 6 – 11 let. Ve výzkumu byl změřen soubor 200 dětí, z toho 104 chlapců a 96 dívek. Při výzkumu děti prováděly motorickou úlohu A Double-Jump Reaching Task. Výsledky našeho výzkumu nezjistily statisticky významný rozdíl v rychlosti reakce u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let. Zároveň nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi pohlavími v době pohybu a počtu úspěšných pokusů se skokem, což dokazuje, že úroveň inhibiční funkce a online řízení pohybu je u chlapců a dívek ve věku 6 – 11 let je shodná.

Byly zjištěny i statisticky významné rozdíly u chlapců a dívek tohoto věku u chyb, jež pramenili z brzkého opuštění domovského kruhu na základě anticipace (Anticipate Errors) a které byly provedeny na základě nepřesnosti u domovského kruhu (Touch Down Errors). Tyto chyby však nesouvisely s úrovní inhibiční funkce a online řízení pohybu, ale spíše s přesností pohybu horní končetiny a impulsivitou dětí ve věku 6 – 11 let.



## **9 SUMMARY**

The aim of this study was to compare the level of inhibitory function and online control of children aged six to eleven years. A sample of 200 children, 104 boys and 96 girls were measured in this research. A Double-Jump Reaching Task was used for research matter. The results of our research did not find statistically significant differences in reaction time between boys and girls of focused age. At the same time, there were no statistically significant differences between genders in movement time and number of successful jump attempts. It proves that level of inhibitory function and online control between boys and girls is the same.

The study also found statistically significant differences between boys and girls of this age, but it was based on errors which were caused by leaving of home target early based on anticipation (Anticipade Errors) and that were made based on inaccuracy at the home target (Touch Down Errors). Nevertheless, these errors were not connected with level of inhibitory function and online control of children's movement, but rather with movement accuracy of upper extremity and impulsivity of children aged six to eleven years.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Akşit, T., & Nalçakan, G. R. (2017). Percentile norms and age and sex differences in the motor performance tests of 9–10 years old junior tennis players. *Nigde University Journal of Physical Education & Sport Sciences*, *11*(1), 41–48.
- Báčová, E., & Báčová, L. (2016). Fine motor skills disorders in general practice. *Praktický Lékař*, *96*(3), 125–127.
- Bahenský, P., & Bunc, V. (2018). *Trénink mládeže v bězích na střední a dlouhé tratě*. Karolinum Press.
- Baranek, G. T. (2002). Efficacy of Sensory and Motor Interventions for Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *32*(5), 397–422. <https://doi.org/10.1023/A:1020541906063>
- Berger, M. A. M., Krul, A. J., & Daanen, H. A. M. (2009). Task specificity of finger dexterity tests. *Applied Ergonomics*, *40*(1), 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.01.014>
- Blank, R., Barnett, A. L., John Cairney, |, Dido Green, |, Kirby, A., Polatajko, H., Rosenblum, S., Bouwien Smits-Engelsman, |, David Sugden, |, Wilson, | Peter, Sabine, |, & Bon, V. (2019). International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *61*(3), 24–285. <https://doi.org/10.1111/dmnc.14132#support-information-section>
- Blatný, M. (2016). *Psychologie celoživotního vývoje*. Karolinum.
- Brychta, P., Hojka, V., Heller<sup>1</sup>, J., Konarski, J. M., Coufalova, K., & Ruda, T. (2013). A comparison of reaction times of boys and girls aged 10-11 and 14-15 years. *Trends in Sport Sciences*, *3*(20), 147–152.
- Čelikovský, S. (1979). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Darlot, C., Zupan, L., Etard, O., Denise, P., & Maruani, A. (1996). Computation of inverse dynamics for the control of movements. *Biological Cybernetics*, *75*(2), 173–186.

- Deary, I. J., & Der, G. (2005). Reaction time, age, and cognitive ability: Longitudinal findings from age 16 to 63 years in representative population samples. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *12*(2), 187–215.
- 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. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.1.62>
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*, *71*(1), 44–56. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00117>
- Diamond, A. (2020). Executive functions. In A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (Ed.), *Handbook of clinical neurology* (Roč. 173, s. 225–240). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00020-4>
- Dorfberger, S., Adi-Japha, E., & Karni, A. (2009). Sex differences in motor performance and motor learning in children and adolescents: An increasing male advantage in motor learning and consolidation phase gains. *Behavioural Brain Research*, *198*(1), 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.10.033>
- Dostálová, I. (2002). Rozbor svalových funkcí u dětí mladšího školního věku. In J. Riegerová (Ed.), *Sborník V. celostátní konference v oboru funkční antropologie a zdravotní tělesné výchovy* (s. 32–33). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Dostálová, I. (2011). Teorie a praxe zdravotní tělesné výchovy. *Tělesná kultura*, *34*(2), 113–125.
- Dovalil, J. (1982). *Malá encyklopedie sportovního tréninku*. Olympia.
- Duque, J., Greenhouse, I., Labruna, L., & Ivry, R. B. (2017). Physiological Markers of Motor Inhibition during Human Behavior. *Trends in Neurosciences*, *40*(4), 219–236. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2017.02.006>
- Dvořáková, H., & Engelthalerová, Z. (2017). *Tělesná výchova na 1. stupni základní školy*. Karolinum.
- Dykiert, D., Der, G., Deary, I. J., & Starr, J. M. (2012). Supplemental Material for Sex Differences in Reaction Time Mean and Intraindividual Variability Across the Life

- Span. *Developmental Psychology*, 48(5), 1262–1276.  
<https://doi.org/10.1037/a0027550.supp>
- Eccles, J. S. (1999). The Development of Children Ages 6 to 14. *The Future of Children*, 9(2), 30–44. <https://about.jstor.org/terms>
- Ericsson, I., & Karlsson, M. K. (2014). Motor skills and school performance in children with daily physical education in school – a 9-year intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(2), 273–278.
- Gadzic, A., & Vučković, I. (2012). Motor abilities of primary school female students from urban and rural area. *Journal of the Anthropological Society of Serbia*, 47, 131–138.
- Gallahue, D. L. (1976). *Motor development and movement experiences for young children (3-7)*. John Wiley and Sons.
- Ganapathy Sankar, U., Monisha, R., & Subash, S. (2020). Evaluation of pervasive memory defect in developmental coordination disorder- pilot study. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(2), 3857–3860.  
<https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.SP2.474>
- Geertsen, S. S., Thomas, R., Larsen, M. N., Dahn, I. M., Andersen, J. N., Krause-Jensen, M., Korup, V., Nielsen, C. M., Wienecke, J., Ritz, C., Krustrup, P., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Motor skills and exercise capacity are associated with objective measures of cognitive functions and academic performance in preadolescent children. *Public Library of Science*, 11(8).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161960>
- Gokmen H. (2001). Age and sex differences in the motor performance of 6 through 11 year old children. *Education Sciences*, 26(120), 14–20.
- Grusec, Joan. E., & Hastings, P. D. (2015). *Handbook of Socialization: Theory and Research* (2. vyd.). The Guilford Press.
- Hayase, D., Mosenteen, D., Thimmaiah, D., Zemke, S., Atler, K., & Fisher, A. G. (2004). Age-related changes in activities of daily living ability. *Australian Occupational Therapy Journal*, 51(4), 192–198.

- Henderson, S. E., Sugden, D. A., Barnett, A. L., & Psotta, R. (2014). *MABC - 2: test motoriky pro děti*. Hogrefe.
- Heuer, H., & Keele, S. W. (1996). *Handbook of Perception and Action* (Roč. 2). Academic Press.
- Hronek, M. (2013). *Praktická cvičení z morfologie a fyziologie pro posluchače Farmaceutické fakulty*. nakladatelství Karolinum.
- Hronzová, M. (2011). *Vyrovňovací a kondiční cvičení*. Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy.
- Hudák, R., & Kachlík, D. (2015). *Memorix anatomie* (3. vyd.). Triton.
- Chicoine, A. J., Lasseonde, M., & Proteau, L. (1992). Developmental aspects of sensorimotor integration. *Developmental Neuropsychology*, 8(4), 381–394.
- Chowdhury, N. S., Livesey, E. J., Blaszczyński, A., & Harris, J. A. (2017). Pathological Gambling and Motor Impulsivity: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of Gambling Studies*, 33(4), 1213–1239. <https://doi.org/10.1007/s10899-017-9683-5>
- Christensen, H., Mackinnon, A. J., Korten, A., & Jorm, A. F. (2001). The „common cause hypothesis" of cognitive aging: Evidence for not only a common factor but also specific associations of age with vision and grip strength in a cross-sectional analysis. *Psychology and Aging*, 16(4), 588–599. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.16.4.588>
- Chui, M. M. Y., Ng, A. M. Y., Fong, A. K. H., Lin, L. S. Y., & Ng, M. W. F. (2007). Differences in the Fine Motor Performance of Children in Hong Kong and the United States on the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy 1 HKJOT*, 17(1), 1–9.
- Izawa, J., & Shadmehr, R. (2011). Learning from Sensory and Reward Prediction Errors during Motor Adaptation. *PLoS Computational Biology*, 7(3), 1–11.
- Jansa, P. (2018). *Pedagogika sportu*. nakladatelství Karolinum.
- Juřinová, I., & Stejskal, F. (1987). *Rozvoj pohybových schopností ve školní tělesné výchově*. Státní pedagogické nakladatelství.

- Kaplan, A. (2020). *Pohybová neúspěšnost u žáků mladšího školního věku*. nakladatelství Karolinum.
- Kida, N., Oda, S., & Matsumura, M. (2005). Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. *Cognitive Brain Research*, 22(2), 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.09.003>
- Kopecká, J., & Klobucká, s. (2019). Vliv kinezioterapie na vybrané aspekty motoriky u dětí se specifickou vývojovou poruchou motorických funkcí. *Rehabilitácia*, 56(3), 246–262.
- Kopecký, M. (2010). *Zdravotní tělesná výchova*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kopecký, M. (2011). *Somatotyp a motorická výkonnost 7-15letých chlapců a dívek*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kouba, V. (1995). *Motorika dítěte* (Roč. 1). Jihočeská univerzita Pedagogická Fakulta.
- Krupski, A., & Boyle, P. R. (1978). An Observational Analysis of Children's Behavior during a Simple-Reaction-Time Task: The Role of Attention. *Child Development*, 49(2), 340–347.
- Langmeier, J., & Krejčířová, D. (2006). *Vývojová psychologie*. Grada.
- Lehnert, M., Botek, M., Sigmund, M., & Smékal, D. (2014). *Kondiční trénink*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Lehnert, M., Kudláček, M., Háp, P., & Bělka, J. (2014). *Sportovní trénink I*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Linc, R., & Havlíčková, L. (1986). *Biologie dítěte a dorostu* (2. vyd.). Státní pedagogické nakladatelství.
- Logan, G. D., & Cowan, W. B. (1984). On the ability to inhibit thought and action: A theory of an act of control. *Psychological Review*, 91(3), 295–327.
- Lynn, R., & Ja-Song, M. (1993). Sex Differences in Reaction Times, Decision Times, and Movement Times in British and Korean Children. *The Journal of Genetic Psychology*, 154(2), 209–213.
- Malina, R. M., & Bouchard, C. (1986). *Sport and human genetics*. Human Kinetics.
- Matějček, Z. (2005). *Výbor z díla* (Roč. 1). Nakladatelství Karolinum.

- Mayer, M., & Hlušík, P. (2004). Ruka u hemiparetického pacienta. Neurofyziologie, patofyziologie, rehabilitace. *Rehabilitácia*, 41(1), 9–13.
- Me Barral, J., & Debû, B. (2002). Hand and gender differences in the organization of aiming in 5-year-old children. *Neuropsychologia*, 40(2), 152–161. [www.elsevier.com/locate/neuropsychologia](http://www.elsevier.com/locate/neuropsychologia)
- Miklánková, L. (2007). *Předplavecká příprava dětí předškolního věku a vybrané determinanty její úspěšnosti*. Univerzita Palackého.
- Mikulajová, M. (2018). *Utváranie ranej gramotnosti v norme a patológii*. Institut vzdelávání Sokrates.
- Miller, J. O., & Low, K. (2001). Motor processes in simple, go/no-go, and choice reaction time tasks: A psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(2), 266–289. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.27.2.266>
- Mužík, V., & Vlček, P. (2010). *Škola a zdraví pro 21. století, 2010: škola, pohyb a zdraví : výzkumné výsledky a projekty*. Masarykova univerzita.
- Nigg, J. T., Silk, K. R., Stavro, G., & Miller, T. (2005). Disinhibition and borderline personality disorder. *Development of psychopathy*, 17(4), 1129–1149.
- Noble, C., Baker, B. L., & Jones, T. A. (1964). Age and sex parameters in psychomotor learning. *Perceptual and motor skills*, 19, 935–945.
- Payne, V. G., & Isaacs, L. D. (2008). *Human motor development : a lifespan approach* (7. vyd.). McGraw-Hill.
- Payne, V. G., & Isaacs, L. D. (2017). *Human motor development : a lifespan approach* (9. vyd.). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Grada Publishing.
- Piek, Jan. P. (2006). *Infant motor development*. Human Kinetics.
- Raudsepp, L., & Pääsuke, M. (1995). Gender Differences in Fundamental Movement Patterns, Motor Performances, and Strength Measurements of Prepubertal Children. *Pediatric Exercise Science*, 7(3), 294–304.

- Reed, T. D., Vernon, P. A., & Johnson, A. M. (2004). Confirmation of correlation between brain nerve conduction velocity and intelligence level in normal adults. *Intelligence*, 32(6), 563–572.
- Reichenbach, A., Bresciani, J.-P., Peer, A., Bühlhoff, H. H., & Thielscher, A. (2011). Contributions of the PPC to Online Control of Visually Guided Reaching Movements Assessed with fMRI-Guided TMS. *Cerebral Cortex*, 21(7), 1602–1612. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq225>
- Rohr, L. E. (2006). Upper and Lower Limb Reciprocal Tapping: Evidence for Gender Biases. *Journal of Motor Behavior*, 38(1), 15–17.
- Ruddock, S., Caeyenberghs, K., Piek, J., Sugden, D., Hyde, C., Morris, S., Rigoli, D., Steenbergen, B., & Wilson, P. (2016). Coupling of online control and inhibitory systems in children with atypical motor development: A growth curve modelling study. *Brain and Cognition*, 109, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.08.001>
- Ruf, H. T., Schmidt, N. L., Lemery-Chalfant, K., & Hill Goldsmith, H. (2008). Components of childhood impulsivity and inattention: Child, family, and genetic correlates. *International Journal of Developmental Sciences*, 2(1–2), 52–76. <https://doi.org/10.3233/DEV-2008-21205>
- Sallis, J. F., & Owen, N. (2002). Ecological models of health behavior. In K. Glanz, B. K. Rimer, & F. M. Lewis (Ed.), *Health behavior and health education* (3. vyd., s. 462–464). Jossey-Bass.
- Sekot, A. (2019). *Rodiče a sport dětí: Rodičovské výchovné styly jako motivační faktor sportování dětí a mládeže*. Masarykova univerzita.
- Shadmehr, R., Smith, M. A., & Krakauer, J. W. (2010). Error Correction, Sensory Prediction, and Adaptation in Motor Control. *Annual Review of Neuroscience*, 33(1), 89–108. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-153135>
- Shonkoff, J. P., & Phillips, D. A. (2000). *From Neurons to Neighborhoods: The Science of Early Childhood Development*. National Academies Press.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: a behavioral emphasis* (5. vyd.). Human Kinetics.



- Sigmundová, D., & Sigmund, E. (2012). Efekt pohybového programu ve školním prostředí na zmírnění výskytu dětské obezity: výsledky 4leté longitudinální studie. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 21(3), 129–141.
- Singh, A., Raynor, E. M., Lee, J. W., Smith, S. L., Heet, H., Garrison, D., Wrigley, J., Kaylie, D. M., & Riska, K. M. (2021). Vestibular Dysfunction and Gross Motor Milestone Acquisition in Children With Hearing Loss: A Systematic Review. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 165(4), 493–506. <https://doi.org/10.1177/0194599820983726>
- Stožický, F., & Sýkora, J. (2016). *Základy dětského lékařství*. Karolinum Press.
- Stuart-Hamilton, I. (1999). *Psychologie stárnutí*. Portál.
- Sumaroka, M., & Bornstein, M. H. (2008). Play. In M. Haith & J. Benson (Ed.), *Encyclopedia of Infant and Early Childhood Development* (2. vyd., s. 553–561). Elsevier.
- Švestková, O., Angerová, Y., Druga, R., Pfeiffer, J., & Votava, J. (2017). *Rehabilitace motoriky člověka : fyziologie a léčebné postupy*. Grada Publishing.
- Toole, T., & Kretzschmar, J. C. (1993). Gender Differences in Motor Performance in Early Childhood and Later Adulthood. *Women in Sport and Physical Activity Journal*, 2(1), 41–71.
- Trojan, S., & Druga, R. (1986). *Centrální mechanismy řízení motoriky*. Avicenum.
- Trojan, S., Votava, J., Druga, R., & Pfeiffer, J. (2005). *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka* (3. vyd.). Grada Publishing.
- Trommer, B. L., Hoepfner, J. B., Lorber, R., & Armstrong, K. J. (1988). The Go—No-Go paradigm in attention deficit disorder. *Annals of Neurology*, 24(5), 610–614.
- Vágnerová, M. (2012). *Vývojová psychologie. Dětství a dospívání*. Karolinum.
- Vasta, R., Haith, M. M., & Miller, S. A. (1995). *Child psychology : the modern science* (2. vyd.). John Wiley and Sons.
- Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi*. Grada.
- Véle, F. (2012). *Vyšetření hybných funkcí z pohledu neurofyziologie*.

- Venetsanou, F., & Kambas, A. (2016). Motor Proficiency in Young Children: A Closer Look at Potential Gender Differences. *SAGE Open*, 6(1). <https://doi.org/10.1177/2158244015626226>
- Vyskotová, J., & Macháčková, K. (2013). *Jemná motorika*. Grada Publishing.
- Weinstein, A., & Dannon, P. (2015). Is Impulsivity a Male Trait Rather than Female Trait? Exploring the Sex Difference in Impulsivity. *Current Behavioral Neuroscience Reports*, 2(1), 9–14. <https://doi.org/10.1007/s40473-015-0031-8>
- Willwéber, T., & Čillík, I. (2017). Dependencies of coordination abilities and body composition of children at younger school age. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(3), 1084–1088. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.03166>
- Wilson, P. H., & Hyde, C. (2013). The development of rapid online control in children aged 6-12years: Reaching performance. *Human Movement Science*, 32(5), 1138–1150. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.02.008>
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Flanagan, J. R. (2001). Perspectives and problems in motor learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(11), 487–494.
- Zelinková, O. (2017). *Dyspraxie* (Roč. 1). Portál.