

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА

Владимир Ј. Милошевић

**Повезаност моторичких способности и  
егзекутивних функција ученика млађег  
школског узраста**

докторска дисертација

Београд, 2020.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF SPORT AND PHYSICAL EDUCATION

Vladimir J. Milošević

**The relationship between physical fitness and  
executive functions among primary school  
students**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020.

**МЕНТОР:**

Др Снежана Радисављевић Јанић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања

---

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**

Др Ивана Милановић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања

---

Др Ана Орлић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања

---

Др Данка Пурић, доцент  
Универзитет у Београду – Филозофски факултет, одељење за психологију

---

Датум одбране: \_\_\_\_\_

# ПОВЕЗАНОСТ МОТОРИЧКИХ СПОСОБНОСТИ И ЕГЗЕКУТИВНИХ ФУНКЦИЈА УЧЕНИКА МЛАЂЕГ ШКОЛСКОГ УЗРАСТА

## Сажетак

Веза моторичких способности, као кретних капацитета човека, и егзекутивних функција (ЕФ), као важних когнитивних ресурса, до сада није детаљно испитивана. У Студији 1 овог истраживања је испитивана корелација моторичких способности (издржљивост у снази, експлозивна снага, репетитивна снага, агилност, брзина, координација, издржљивост и гипкост) и ЕФ (ажурирање, инхибиција и премештање) ученика узраста 9-10 година. Резултати Студије 1 су показали повезаност издржљивости са премештањем (мера уштеде времена на Глобал-локал задатку), као и истовремено високог нивоа издржљивости и координације са премештањем (мера тачности на Смајли задатку). Ове две моторичке способности су, уз репетитивну и експлозивну снагу, биле позитивно повезане и са инхибицијом (мера уштеде времена на Модификованом Струповом задатку), али се најбољим предиктором ове мере инхибиције показала издржљивост у снази. Имајући у виду налазе Студије 1, као и непримереност вежби издржљивости у снази за ученике наведеног узраста, у Студији 2 је испитивана могућност унапређења премештања и инхибиције реализацијом дванаестонедељног експерименталног програма заснованог на вежбама аеробне издржљивости и координације, као и истог експерименталног програма уз додатне когнитивне захтеве усмерене на унапређење премештања и инхибиције. Налази Студије 2 су показали да се експериментални програми у својој ефикасности унапређења инхибиције и премештања нису разликовали ни међусобно, нити су били ефикаснији од редовног Програма физичког васпитања у коме су биле заступљене вежбе брзине, експлозивне снаге, агилности, као и интерактивна кретања (хваталице). У будућим истраживањима односа моторичких способности и ЕФ би требало контролисати пол, узраст, мотивацију за вежбање и остале потенцијално значајне факторе који би могли да утичу на ову везу.

**Кључне речи:** моторичке способности, издржљивост, координација, егзекутивне функције, инхибиција, премештање, ажурирање, преадолесценти, експериментални програм, физичко васпитање.

**Научна област:** Физичко васпитање и спорт

**Ужа научна област:** Науке физичког васпитања, спорта и рекреације

**УДК број:** 796.012.1:159.95-057.874

# THE RELATIONSHIP OF PHYSICAL FITNESS AND EXECUTIVE FUNCTIONS IN PRIMARY SCHOOL STUDENTS

## Abstract

The relationship between different physical fitness components, as essential parts of one's movement capacities, and executive functions (EF), as important cognitive resources, has not yet been explored in detail. In Study 1 of our research, we investigated the correlations between physical fitness components (muscular endurance, explosive power, repetitive power, agility, speed, coordination, aerobic endurance, and flexibility) and EF (updating, inhibition, and shifting) in students aged 9 to 10. The results of Study 1 indicated a positive relationship between aerobic endurance and shifting (a measure of time efficacy in the Global-local task), as well as a positive correlation of simultaneously high aerobic fitness and coordination with shifting (a measure of accuracy in the Smiley task). These two fitness components, along with repetitive and explosive power, were also positively connected with inhibition (a measure of time efficacy in the Modified Stroop task), but the best predictor of this inhibition measure was muscular endurance. Bearing in mind the findings of Study 1, and also the fact that muscular endurance exercises are inappropriate for students in this age group, in Study 2 we investigated the possibility of shifting and inhibition enhancement by conducting a twelve-week experimental program based on exercises for aerobic endurance and coordination enhancement, and by conducting the same program with additional cognitive tasks designed to improve shifting and inhibition. The findings of Study 2 showed that the efficacy in improving inhibition and shifting did not differ between the experimental programs, nor between the experimental programs and the regular physical education program, which comprises activities improving speed, explosive power, and agility, as well as interactive activities (catching games). In future research of the relationship between physical fitness and EF, factors such as gender, age, and exercise motivation should be controlled, as well as some other potentially significant factors which could impact this relationship.

**Key words:** physical fitness, aerobic fitness, coordination, executive functions, inhibition, shifting, updating, preadolescents, control trial, physical education.

**Scientific field:** Physical education and sport

**Scientific subfield:** Science of physical education, sports, and recreation

**UDC number:** 796.012.1:159.95-057.874

# САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
2. Теоријски оквир рада.....	2
2.1. Појам и природа моторичких способности .....	2
2.2. Појам и природа егзекутивних функција.....	4
2.3. Динамика развоја моторичких способности и егзекутивних функција.....	6
2.4. Досадашња истраживања повезаности моторичких способности са егзекутивним функцијама и утицаја физичке активности на егзекутивне функције .....	10
2.5. Природа повезаности физичке активности, моторичких способности и егзекутивних функција .....	17
2.6. Остале активности намењене унапређењу егзекутивних функција.....	21
2.6.1. Компјутерски програми .....	21
2.6.2. Предшколски и школски програми .....	23
2.6.3. Програми усмерени на контролу мисли и осећања.....	24
2.7. Завршна разматрања о ефикасности различитих програма за унапређење егзекутивних функција .....	24
2.8. Разматрања проблема истраживања .....	25
3. Студија 1 .....	26
3.1. Предмет и циљ истраживања .....	26
3.2. Хипотезе.....	26
3.3. Испитаници .....	26
3.4. Варијабле и њихово мерење.....	27
3.4.1. Тестирање моторичких способности .....	27
3.4.2. Тестирање егзекутивних функција .....	28
3.4.3. Тестирање осталих варијабли.....	33
3.5. Процедуре .....	34
3.6. Статистичка анализа .....	34
3.7. Резултати Студије 1 .....	35
3.7.1. Припрема података за статистичку обраду .....	35
3.7.2. Дескриптивна статистичка анализа .....	37
3.7.3. Интеркорелације моторичких способности .....	38

3.7.4. Интеркорелације егзекутивних функција .....	39
3.7.5. Корелације моторичких способности и егзекутивних функција .....	40
4. Студија 2 .....	45
4.1. Предмет и циљеви истраживања .....	45
4.2. Хипотезе .....	45
4.3. Испитаници .....	45
4.4. Варијабле и њихово мерење .....	46
4.5. Експериментални програми .....	46
4.6. Програм контролне групе .....	51
4.7. Процедуре .....	53
4.8. Статистичка анализа .....	54
4.9. Резултати Студије 2 .....	54
4.9.1. Припрема података за статистичку обраду .....	54
4.9.2. Дескриптивна статистичка анализа .....	55
4.9.3. Ефекти експерименталног програма .....	56
5. Дискусија .....	62
5.1. Повезаност моторичких способности и егзекутивних функција .....	62
5.2. Ефекти програма вежбања експерименталних група и контролне групе .....	69
6. Закључци .....	75
Литература .....	77
Прилози .....	90
Биографија аутора .....	96

## 1. Увод

Људски организам је сложен систем и има бројне функције. Главни управљач тих функција је централни нервни систем, који надгледа извршавање свих команди у организму. У складу са тим, нервни систем је одговоран и за извођење различитих кретних активности (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015). Током кретања се често ангажују бројни когнитивни ресурси: визуелна перцепција (Flanagan & Johansson, 2003), пажња (Schuch, Bayliss, Klein, & Tipper, 2010), радна меморија (Moreau, 2013). То наводи на закључак да различите врсте физичке активности захтевају активирање различитих когнитивних процеса.

Иако се циљ физичке активности углавном односи на ангажовање физичких капацитета организма и последично њихово побољшање, током физичке активности би могли бити ангажовани и унапређени и когнитивни капацитети човека. Имајући то на уму, научници у овој области истражују везу физичких и когнитивних капацитета, како би могли доносити закључке о механизмима њихове повезаности. Имајући у виду важност физичке активности за различите аспекте здравља човека, као и важност когнитивних способности за успех у различитим сферама живота, могућност да се програмираним физичким вежбањем истовремено побољшају и физичке и когнитивне способности привлачи све више истраживача да се баве овом облашћу. Ово се посебно односи на рад са децом, која су обухваћена образовним системом који се често показује неефикасним, како у смислу побољшања физичких способности, тако и у смислу развијања когнитивних потенцијала. Пријемчивост деце физичком вежбању може да буде добар предуслов за стварање различитих програма вежбања који би истовремено побољшавали и физичке и когнитивне капацитете деце.

Бројни истраживачи су, нарочито током друге деценије 21. века, испитивали когнитивне ефекте физичких активности, као и когнитивне корелате моторичких способности (Chaddock, Erickson, Prakash, Kim, et al., 2010; Hillman et al., 2014; Hwang, Castelli, & Gonzalez-Lima, 2017; Kubesch et al., 2009; Ludyga, Koutsandréou, Reuter, Voelcker-Rehage, & Budde, 2019; Niederer et al., 2011). Важно место у научним истраживањима ове области заузима испитивање везе моторичких способности и егзекутивних функција – ЕФ (Aadland et al., 2017; Chang, Tsai, Chen, & Hung, 2013; Oberer, Gashaj, & Roebbers, 2018; Pontifex et al., 2011; Rigoli, Piek, Kane, & Oosterlaan, 2012; Roebbers et al., 2014; Voss et al., 2011). ЕФ су когнитивне функције вишег реда и имају важну улогу у радњама које захтевају координацију мисли и акција у складу са одређеним циљем (Miyake et al., 2000), док су моторичке способности латентне карактеристике које омогућавају извођење моторичких радњи у којима се такође, у одређеној мери, захтева координација мисли и акција у складу са циљем датог кретања. На основу ових одређења појмова ЕФ и моторичких способности, могло би се рећи да испољавање моторичких способности може подразумевати и испољавање ЕФ. Управо ова веза може бити основа за креирање програма физичких активности, који ће осим моторичких способности унапређивати и ЕФ. То би могла бити почетна тачка имплементирања таквих програма вежбања у образовне системе, али и у област рекреације и спорта.



## 2. Теоријски оквир рада

### 2.1. Појам и природа моторичких способности

Моторичке способности су латентне структуре човековог организма које омогућавају извођење моторичке активности чије се карактеристике могу мерити, као нпр. брзина покрета или кретања, сила неког мишића, његова гipкост и слично (Kukolj, 2006). У систематизацијама различитих аутора (Harre, 1971; Platonov, 1984; Zaciorski & Todorović, 1969; Željaskov, 2004) најчешће се издвајају следеће моторичке способности: јачина, брзина (и њиховом комбинацијом изведена снага, која има различите манифестације), гipкост, издржљивост, координација (Kukolj, 2006). Јачина се дефинише као способност мишића да делује великим силама у статичким условима или против великог отпора при малим брзинама скраћења мишића. Брзина је способност кретања максимално могућом брзином под условом да спољашње оптерећење није велико, да кретање не траје дуго и да није сложено. Снага је способност мишића да делује релативно великим силама при малом спољашњем отпору и при великим брзинама скраћења мишића. За потребе овог рада нарочито је значајно тумачење експлозивне снаге, репетитивне снаге и издржљивости у снази. Експлозивна снага представља способност организма за краткотрајно, максимално почетно убрзање, које се одражава или у померању тела (и делова тела) у простору или у деловању на предмете у околини. Репетитивна снага је способност испољавања снаге током извођења истог покрета што више пута за задато време, а издржљивост у снази је способност извођења покрета или задржавања задатог положаја тела или спољашњег оптерећења током што дужег временског периода. Гipкост је способност вршења покрета великих амплитуда, а издржљивост је способност извођења неке физичке активности задатим интензитетом дуже времена, без смањења ефикасности. Координација је сложена моторичка способност јер подразумева више квалитета. То је способност човека да организује кретање правилно, рационално, брзо и сналажљиво у променљивим условима спољашње средине. Осим ових моторичких способности, често се засебно тестира и агилност (Adam, Klissouras, & Ravazzolo, 1988; Ruiz et al., 2011). Агилност је способност ефикасне промене правца/смера кретања и обухвата јачину, приликом заустављања и успостављања кретања, снагу приликом убрзавања, и брзину, у зависности од тога колико је времена било на располагању да би се развила.

Да би се открило шта је у основи испољавања моторичких способности, већ у првој половини 20. века спроведена су почетна истраживања структуре моторичких способности. Факторском анализом је потврђено постојање појединих, претходно теоријски описаних, моторичких способности, за које се показала довољна међусобна разлика како би могле бити сматране засебним способностима (Fleishman, 1964). Међутим, исти аутор наводи да су поједине моторичке способности (нпр. координација) комплексне и да не припадају само једном фактору. Такође, факторском анализом примењеном на резултатима 37 моторичких тестова који су репрезентовали претходно описане и још неке моторичке способности ученика и ученица узраста 11, 13, 15 и 17 година у Социјалистичкој Федеративној Републици Југославији (Kurelić et al., 1975), откривено је да се у основи испољавања тих моторичких способности налазе два система: први је систем за енергетску регулацију, који подразумева фактор регулације интензитета ексцитације и фактор регулације трајања ексцитације, а други је систем за регулацију кретања (Kurelić et al., 1975). То значи да сваки покрет или кретање карактеришу одређени енергетски и просторно-временски захтеви (сложеност). Систем за енергетску

регулацију се односи на физиолошке механизме ексцитације у примарним моторним центрима коре великог мозга, али у овом систему треба имати на уму и тачно утврђен механизам активирања различитих енергетских извора, у зависности од интензитета и обима мишићне активности за коју је неопходно обезбедити енергију (Kenney et al., 2015). За регулацију кретања, у складу са просторно-временским захтевима кретања, задужени су централни нервни систем који издаје команду и сензорни нервни систем који обезбеђује повратне информације са периферије (из мишића, тетива, лигамената, ока, уха). На сличне налазе указује и истраживање структуре моторичких способности одраслих (Hogan, 1991), у коме се наводи да три димензије описују простор моторичких способности, а то су: јачина, кардиоваскуларна издржљивост и квалитет покрета. Димензија јачине према овом аутору има три манифестације, које се поклапају са описом јачине, експлозивне снаге и издржљивости у снази. Димензија кардиоваскуларне издржљивости се подудара са раније датим описом издржљивости, а димензија квалитет покрета је описана трима компонентама: гипкошћу, равнотежом и координацијом.

Међутим, осим претходно описаних општих фактора, који се налазе у основи моторичких способности, постоји низ специфичних ограничења и могућности у извођењу моторичких активности током моторичког теста, којих можемо постати свесни тумачећи природу моторичких тестова за процену одређене моторичке способности. За тестирање издржљивости, максималне брзине и агилности се најчешће користе тестови са трчањем, као природним обликом кретања. За процену издржљивости се користи трчање са прогресивним повећањем интензитета (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988), а успех у овом тесту зависи од енергетских капацитета организма (Kenney et al., 2015), али и психолошке спремности испитаника да пружи свој максимум упркос замору. За процену брзине се често користи тест спринтерског трчања из места (Cadenas-Sánchez, Artero, Concha, Leyton, & Kain, 2015) или из „летећег старта“ (Falk et al., 2001), а успех у овим тестовима зависи пре свега од структуре мишића (удела брзих влакана у мишићима) опружача ногу, који дају највећи механички допринос при овом кретању. Процена агилности се врши коришћењем поновљених трчања на различитим, кратким дистанцама, са променом смера (Adam et al., 1988; Ruiz et al., 2011), а успех у овим тестовима не зависи само од претходно описане структуре мишића опружача ногу и њиховог физиолошког пресека, већ и од контроле кретања, тј. правовременог успоравања/зауостављања, како би се што мање времена „изгубило“ на промену смера трчања. Јачина, осим од анатомских карактеристика мишића на које не можемо много утицати (архитектура мишића, положај његових припоја на кост, дужина полуге на којој мишић делује и сл.), зависи пре свега од физиолошког пресека мишића, односно од збира површина попречних пресека свих мишићних влакана у датом мишићу. Тест који се најчешће користи за мерење јачине у популацији деце и који добро одсликава ову моторичку способност јесте Максимални стисак шаком (Ruiz et al., 2011). Репетитивна снага се најчешће процењује тестом Лежање–сед за 30 секунди (Adam et al., 1988), где је потребно у назначеном периоду извести што већи број наизменичних устајања из лежећег положаја на леђима и враћања у исти положај. Природа овог теста указује на важност испољавања што веће снаге прегибача трупа (што веће силе у јединици времена), али и на способност правовременог престанка деловања ових мишића и активирања њихових антагониста и других мишића који ће најбрже могуће тело вратити у почетни положај, ради понављања овог циклуса до краја теста. Експлозивна снага се углавном процењује тестом Скок удаљ из места (Adam et al., 1988; Ruiz et al., 2011), који осим испољавања снаге захтева научену технику, односно добру координацију покрета више делова тела приликом извођења.

Издржљивост у снази (односно у сили) најчешће се процењује издржајем у положају згиба потхвatom (Adam et al., 1988), а за успешност у овом тесту је, осим одговарајуће силе, важно истрајавање упркос замору, па и болу. За процену гipкости се најчешће користи претклон трупом у седу (Adam et al., 1988), како би се одредила флексибилност мишића задње ложе бута и лумбалног дела тела. Осим што зависи од анатомских карактеристика зглобова, на које имамо врло мало утицаја, гipкост зависи и од тонуса мишића, психичког стања и учесталости покрета великих амплитуда, на шта можемо утицати у мањој или већој мери (Kukulj, 2006). Тестови координације су често проблематични у смислу стандардизације. Координација представља правилно, рационално, брзо и сналажљиво кретање у променљивим условима спољашње средине, што имплицира да је такве услове тешко стандардизовати у моторичком тесту. Нарочито је проблематично понављено тестирање координације, јер испитаницима олакшава извођење већ познатог теста, који би требало да мери моторичку сналажљивост у новим/променљивим условима. Из тог разлога се често прибегава коришћењу читаве батерије тестова, ради процене различитих аспеката координације и вештина (Schulz, Henderson, Sugden, & Barnett, 2011).

Из претходно описаних фактора који су важни за ефикасно испољавање различитих моторичких способности, може се уочити да је у неким моторичким задацима (па тако и у моторичким тестовима) потребна већа контрола покрета и усклађивање више информација током извођења моторичке радње (нпр. тестови координације), док је у неким моторичким задацима кретање аутоматизовано (нпр. трчање током тестова издржљивости) и не захтева се значајнија контрола покрета (моторна контрола). У складу са тим, приликом вршења различитих моторичких радњи се различити делови нервног система активирају. Ако је радња која се извршава добро увежбана, њоме управљају нижи моторни центри у мозгу и кичменој мождини. Међутим, ако је моторичка радња комплексна и/или непозната, она у већој мери захтева моторичку способност координације, ангажују се виши моторни центри коре великог мозга и већи број различитих зона у мозгу које покушавају да ускладе деловање како би се издала команда за што бољу изведбу захтеване моторичке радње (Keele, Ivry, Mayr, Hazeltine, & Heuer, 2003). Ово указује на чињеницу да неке моторичке радње захтевају знатно когнитивно ангажовање.

Важност добро развијених моторичких способности и редовног упражњавања физичке активности за различите аспекте здравља је научно утемељена (Janssen & LeBlanc, 2010). По том критеријуму су неке од претходно описаних моторичких способности важније од других и чине тзв. „Health related fitness“ (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985). То су: издржљивост, различити аспекти снаге и флексибилност. У савременом добу се посебно инсистира на унапређењу ових моторичких способности и спречавању негативних последица неактивности, које попримају пандемијске размере (González, Fuentes, & Márquez, 2017).

## **2.2. Појам и природа егзекутивних функција**

ЕФ подразумевају скуп когнитивних функција вишег реда које омогућавају појединцу да прилагођава своје мисли и акције у складу са постављеним циљем (Miyake et al., 2000). Оне обухватају више когнитивних потенцијала, као што су планирање, радна меморија, когнитивна

флексибилност, формирање појмова, обрађивање повратних информација, контрола пажње (Jurado & Rosselli, 2007).

Неки од раних теоријских оквира ЕФ (Baddeley, 1986; Norman & Shallice, 1986) истичу да се у њиховој основи налази један општи когнитивни механизам или способност. Таква интерпретација ЕФ је превазиђена. У новијим истраживањима ЕФ се најчешће користи модел Мијакија и сарадника (Miyake et al., 2000). Према том моделу, постоје три релативно независне ЕФ: 1. инхибиција (енгл. inhibition), 2. ажурирање (енгл. updating) и 3. премештање (енгл. shifting). ЕФ **инхибиције** представља способност инхибирања доминантне реакције на стимулус који је ирелевантан за задатак, а реаговање на „слабији“ стимулус који је релевантан за задатак. У оквиру инхибиције се издвајају два домена: бихејвиорална инхибиција и контрола ометајућих фактора (енгл. interference control) (Friedman & Miyake, 2004). Бихејвиорална инхибиција се односи на инхибирање сопствене реакције на снажан стимулус, који је ирелевантан у датој ситуацији, док контрола ометајућих фактора обухвата селективну пажњу и когнитивну инхибицију. Селективна пажња подразумева усмеравање пажње на информацију од интереса и необраћање пажње на ометајуће факторе, а когнитивна инхибиција представља супресију сопствених мисли и сећања, у смислу опирања проактивном мешању информација, усвојених пре оних које су важне за тренутни задатак, и опирања ретроактивном мешању информација усвојених после информација које су важне за задатак. **Ажурирање** подразумева задржавање и кодирање информација значајних за задатак тако што се старе, ирелевантне информације замењују новим, које су релевантне за решавање неког задатка. Функција ажурирања има важну улогу у комплекснијим ЕФ као што су планирање и формирање појмова, а припада ширем појму радне меморије, као ЕФ (Baddeley & Hitch, 1994). **Премештање** представља способност флексибилног пребацивања пажње са једног на други задатак, циљ или ментални сет. То подразумева занемаривање тренутно ирелевантне информације и фокусирање на релевантну информацију. Ова функција омогућава да размишљамо дивергентно и креативно и да одговоримо брзо и ефикасно на непредвидиве промене средине. Ове три когнитивне функције су у основи виших когнитивних функција: увиђања (енгл. reasoning), планирања, решавања проблема (Collins & Koechlin, 2012; Lunt et al., 2012)

Важност ЕФ се може увидети кроз њихову позитивну корелацију са индикаторима здравља (Lui & Tannock, 2007; Riggs, Spruijt-Metz, Sakuma, Chou, & Pentz, 2010) академским постигнућем (Best, Miller, & Naglieri, 2011; Borella, Carretti, & Pelegrina, 2010; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004; Oberer et al., 2018), успехом у каријери (Bailey, 2007), стицањем и одржавањем пријатељстава (Hughes & Dunn, 1998), одржавањем брачне заједнице (Eakin et al., 2004). Ови налази добијају смисао ако имамо у виду да се инхибиција сматра ЕФ која је у основи придржавања свих правила која човека воде кроз живот. Одолевање искушењима и деловање у складу са својим животним плановима и циљевима јесте умногоме омогућено инхибицијом. Даље, ажурирање представља само један вид испољавања радне меморије, која подразумева задржавање информације/информација у краткотрајној меморији и ментално манипулисање тим или другим информацијама (Baddeley, 1992; Baddeley & Hitch, 1994). Радна меморија уопште, па и ажурирање, важне су когнитивне функције, потребне да би мисли и акције човека биле интегрисане у целину. Оне су неопходне како би човек планирао и деловао у складу са својим плановима, како би користио информације које су му тренутно потребне, повезивао их са другим информацијама од значаја, а тренутно неважне информације занемаривао. Такође, ако способност премештања посматрамо мало шире од саме дефиниције ове ЕФ, може се рећи да је она битна за свако понашање које треба да одступи од рутине, од

очекиваног и уобичајеног. Премештање представља важан когнитивни ресурс, потребан да би се ефикасно одговорило на ситуације које захтевају промену перспективе и начина размишљања о неком проблему.

ЕФ се испитују различитим врстама експерименталних задатака. За процену премештања су најчешће коришћени задаци плус – минус (енгл. Plus-minus task, Miyake et al., 2000), број – слово (енгл. Number-letter task, Rogers & Monsell, 1995), глобал – локал (енгл. Global-local task, Miyake et al., 2000), боја – облик (енгл. Color-shape task, Miyake, Emerson, Padilla, & Ahn, 2004). За процену ажурирања (радне меморије) се најчешће користе: „буди у току“ задаци (енгл. Keep track, Miyake et al., 2000), задаци памћења слова (енгл. Letter memory task, Morris & Jones, 1990) и бројне варијанте н-уназад задатака (енгл. N-back task, Friedman et al., 2006). Функција инхибиције је најчешће процењивана коришћењем Фланкер задатка (енгл. Flanker task, Eriksen & Eriksen, 1974), различитих варијанти Струповог задатка (енгл. Stroop task, MacLeod, 1991; Stroop, 1935), стоп сигнал задатка (енгл. Stop signal task, Logan, Schachar, & Tannock, 1997) и различитих варијанти крени – стани задатака (енгл. Go/no-go task, Cragg & Nation, 2008; Gomez, Ratcliff, & Perea, 2007). Најчешће мере у овим задацима су време реакције и пропорција грешака/тачних одговора.

Као неурофизиолошка основа за испољавање ЕФ најчешће се помиње префронтални кортекс (Miller & Cohen, 2001). Осим префронталног кортекса, приликом решавања задатака који захтевају ЕФ активирају се паријеталне регије кортекса, моторне зоне, као и предњи цингуларни кортекс. У зависности од специфичности задатака могу се активирати темпорални и окципитални делови великог мозга, церебелум и субкортикалне структуре (делови базалних ганглија и таламус) (за прегледни чланак погледати Karbach & Unger, 2014).

### **2.3. Динамика развоја моторичких способности и егзекутивних функција**

Када је у питању развој моторичких потенцијала и унапређење покрета и кретања човека, различите теорије указују да на развој система задуженог за управљање кретањем утичу како генетски фактори, тако и искуство појединца (Edelman, 1987; Smith & Thelen, 2003). Током раста и развоја, нервно-мишићне структуре сазревају и могућности за извођење различитих покрета су све веће. До навршених годину и по дана дете овладава основним моторним радњама, као што су: хватање предмета, контрола држања тела и, на крају, ходање (Piek, 2006). У почетку развоја детета, повећање репертоара моторичких радњи и бирање оне која је најадекватнија датој ситуацији није свесно, већ представља имплицитно моторно учење. Важан период развоја представља прелазак са тзв. општих покрета тела на покрете усмерене на одређени циљ (нпр. покрети дохватања предмета у близини), између другог и четвртог месеца (Piek, 2006). Овај квалитативни скок у моторном понашању (кретању) се временски подудара са појачаном активношћу неких можданих структура које имају важну улогу у активностима вођеним циљем, као што су паријетални делови мождане коре (Rubinstein et al., 1989). Побољшање постуре тела омогућава бољи положај главе и визуелну контролу, па се и тако повећава ефикасност покрета који су усмерени на одређени циљ. Дете подешава те покрете како би постигло циљ (нпр. посезање руком за неким предметом), па кроз покушаје и грешке стиче моторичко искуство и бира оне моторичке обрасце који су најефикаснији у датој ситуацији. На то могу указати налази да подешавање постуре код деце старости три месеца корелира са спонтаним моторним

понашањем (додиривањем доњих делова ногу) (Hedberg, Carlberg, Forssberg, & Hadders-Algra, 2005). Након навршене прве године дете поседује моторну вештину финог хвата ситних предмета, што указује на значајну зрелост нервно-мишићног система и добру контролу покрета (Piek, 2006). Иако је период до навршене прве године (укључујући и период интраутериног развоја) најбурнији у развоју нервног система, процес мијелинизације, синаптичке реорганизације и осталих структуралних и функционалних промена важних за моторну контролу, нелинеарно се наставља током читавог детињства и адолесценције (de Graaf-Peters & Hadders-Algra, 2006; за прегледни чланак погледати Hadders-Algra, 2010).

Када су у питању ЕФ, одређени корени инхибиције се могу видети већ у раном детињству, када дете може да одложи потребу узимања хране (Garon, Bryson, & Smith, 2008). Ово се пре свега односи на већ објашњену бихејвиоралну инхибицију, која је једноставнија и „чистија“ форма инхибиције, јер не захтева значајно укључивање других когнитивних функција. Неке комплексније задатке инхибиције деца могу да раде значајно боље већ између треће и четврте године (Carlson, 2005; Zelazo et al., 2003). Тако у задатку сортирања карата (енгл. Dimensional Change Card Sort) деца прилично успешно, након увођења новог задатка у коме карте треба сортирати по облику, инхибирају своју акцију која би била у складу са правилом претходног задатка да карте сортирају по боји. Постоје контрадикторни налази о томе како се способност инхибиције надаље развија, јер неки аутори наводе да од шесте до дванаесте године нема значајних побољшања успешности деце на појединим задацима инхибиције, док други налазе значајно напредовање након осме године (за прегледни чланак погледати Best & Miller, 2010), што је случај са успешношћу на задацима крени – стани (Cragg & Nation, 2008; Jonkman, 2006). У овим задацима се од испитаника тражи да инхибирају реакцију (најчешће доминантну) на један стимулус, а реагују на други. Даље, за Струпов задатак инхибирања изговарања речи чије је значење неконгруентно боји којом је реч написана (на пример реч „зелена“ је написана плавом бојом), напредак испитаника у тачности и брзини реакције на стимулус се повећава све до двадесет прве године (Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006). Вероватно успешност испитаника зависи и од врсте задатка који процењује ову ЕФ и начина мерења, а не само од зрелости одговорних можданих структура.

Налази мерења електричне активности мозга електроенцефалограмом указују на диференцијацију улога различитих делова коре великог мозга у испољавању различитих ЕФ током развоја. У првој години се током задатака који представљају рудименте инхибиције примећује активност целокупне мождане коре, док је у осмој години електрична активност током реализације задатака инхибиције (и премештања) локализована у десној фронталној регији (Bell, Wolfe, & Adkins, 2007). Резултати лонгитудиналног истраживања на деци, од девете до једанаесте године, коришћењем магнетне резонанце током крени – стани задатка, такође показују специфичне промене током развоја, у смислу повећања активности оних можданих регија које су значајне за успешност инхибиције на овом задатку (вентрални префронтални кортекс) и смањења активности тзв. помоћних регија (дорзолатерални префронтални кортекс) (Durstun et al., 2006).

Ажурирање је ЕФ која се често описује у оквиру радне меморије, као ширег егзекутивног конструкта (Baddeley & Hitch, 1974). Наиме, поједини аутори истичу да радна меморија, као ЕФ, осим вербалног складиштења информација (фонолошка петља, енгл. phonological loop) или визуелно-спацијалног складиштења информација (визуоспацијална матрица, енгл. visuospatial sketchpad), мора захтевати егзекутивну контролу због додатне манипулације информацијом

(Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004). Тако се експериментални задаци који захтевају егзекутивну радну меморију разликују по сложености: од једноставних – који захтевају пре свега складиштење (вербалних или визуелно-спацијалних информација), а мање егзекутивну контролу, до комплексних – који осим складиштења захтевају манипулацију неком информацијом. Задаци ажурирања припадају комплекснијим задацима, јер осим складиштења појединачних информација подразумевају занемаривање тренутно ирелевантних и задржавање релевантних информација. Већ у шестој години деца су довољно зрела да користе поткомпоненте радне меморије и да решавају комплексније задатке (Gathercole, Pickering, Ambridge, et al., 2004). Успешност на неким једноставним задацима се не повећава после девете године, док се успешност на појединим комплекснијим задацима повећава све до шеснаесте године (за прегледни чланак погледати Best & Miller, 2010).

Налази магнетне резонанце указују да преадолесценти активирају вентромедијалне делове мозга, адолесценти префронтални делове уз активацију предњег цингуларног кортекса и инсуле, а одрасли активирају пре свега леви дорзолатерални префронтални кортекс, затим вентролатерални префронтални кортекс и супрамаргинални гирус, као специфичне регије мозга чија је активност у вези са овом ЕФ. Ови налази указују на постепену специјализацију делова мозга приликом испољавања ове ЕФ (Best & Miller, 2010).

За ЕФ премештања је важна инхибиција (приликом инхибирања реакције на правило задатка који није више актуелан, а ради премештања на правило актуелног задатка), као и радна меморија (да би се имало на уму/ажурирало и имплементирало правило актуелног задатка). Из тога разлога поједини аутори истичу да предуслови за испољавање ове две ЕФ морају да се испуне да би се могло говорити о способности премештања деце предшколског узраста (Garon et al., 2008). У складу са тим, деца постижу значајан напредак на задацима премештања тек око пете године (Peng, Kirkham, & Mareschal, 2018), а инхибиција и радна меморија тада позитивно корелирају са успешношћу премештања (Chevalier et al., 2012). Након тог узраста способност премештања наставља да напредује све до петнаесте године (Huizinga et al., 2006), што се отприлике подудара са претходно описаним побољшањима радне меморије (Huizinga & van der Molen, 2007).

Налази неуроелектричне активности мозга млађих одраслих током реализације задатака премештања показују активност медијалног префронталног кортекса (пре свега пресуплементарне моторне области) током самог премештања повезаног са инхибицијом претходно актуелног правила, док је током одржавања/ажурирања и имплементирања правила различитих задатака повећана активност латералног префронталног кортекса (Crone, Wendelken, Donohue, & Bunge, 2006). Док значајан број деце узраста три године не може да активира део префронталног кортекса задужен за премештање током верзије већ описаног задатка сортирања карата (енгл. Dimensional Change Card Sort) који захтева премештање између два различита правила, деца са пет година показују обострану активност тог дела мозга (Moriguchi & Hiraki, 2009). Даље, налази на деци узраста 8-12 година показују да је активност појединих структура које су важне за премештање на актуелно правило или ментални сет (пресуплементарна и суплементарна моторна област) слична као код одраслих, док се активност структура одговорних за одржавање/ажурирање правила различитих менталних сетова (вентролатерални префронтални кортекс) повећава и током адолесценције – на узрасту 13-17 година (Crone, Donohue, Honomichl, Wendelken, & Bunge, 2006).

Када се претходно описани домен моторног развоја (усавршавања покрета и кретања) и домен развоја ЕФ ставе у шири контекст, Пијажеова Теорија интелектуалног развоја може да пружи основе за изучавање блиске везе између покрета и когниције (Piaget, 1953). Према Пијажеу, прва фаза когнитивног развоја кроз коју пролази свако дете јесте сензомоторна фаза, у којој дете преко опажања и покрета усваја информације о свету око себе. У складу са тим, у савременим истраживањима постоје индиције да развој ЕФ и моторних функција (покрета) тече паралелно и да је међусобно условљен (Diamond, 2000). Већ у првој години пажња и моторна експресија детета показују међусобно условљено деловање, тако што смиривање моторне активности дозвољава усмеравање пажње детета (Robertson, Johnson, Masnick, & Weiss, 2007), која представља важан чинилац инхибиције (Rose, Feldman, & Jankowski, 2016). Када дете прохода, оно може да истражује своју околину, а за то време учи да прилагођава своје кретање променама у околини, односно да мења моторно понашање у складу са циљем (Adolph, 2005). Управо ово прилагођавање кретања у променљивим условима средине може да допринесе ефикасности ЕФ премештања. Интересантно, поједини аутори указују да је способност деце да самостално стоје (да изаберу ефикасну моторну стратегију – да покажу ефикасност моторног учења) у позитивној вези са ЕФ у одраслом добу (Murray et al., 2006), што би могло да стави акценат на везу моторног развоја и префронталне мреже, карактеристичне за све свесне активности вођене циљем, па и за испољавање ЕФ. Даље усавршавање моторичког развоја омогућава све већу активност детета и све сложеније форме кретања које захтевају и веће когнитивно ангажовање (на пример у дечијим моторичким играма) (Best, 2010).

Ако анализирамо промену ЕФ током раста и развоја, код деце предшколског узраста ЕФ имају једнофакторску структуру (Wiebe, Espy, & Charak, 2008; Wiebe et al., 2011), док се код школске деце и адолесцената развијају поткомпоненте ЕФ (Huizinga et al., 2006; Zelazo et al., 2013). Таква структура ЕФ и динамика њеног развоја блиска је динамици развоја структуре моторичких способности, у којој од треће до шесте године старости постоји општи моторички фактор, а у основношколском периоду се све више диференцирају појединачне моторичке способности (Schulz et al., 2011). Аутори заиста наводе да општи моторички фактор, односно његово испољавање, у великој мери зависи од зрелости нервног система.

Сумирајући претходно изнете чињенице, може се рећи да се узраст од осме до десете године карактерише уједначеним и умереним развојем когнитивних функција (Krstić, Aleksić, Vidović, & Gojković, 2002), а такав темпо развоја је карактеристичан и за моторичке способности у узрасту од шесте до тринаесте, четрнаесте године (Malina & Katzmarzyk, 2006; Milanović, 2011), што је од значаја за одабир испитаника за нашу студију. Осим матурације нервног система, на успешност когнитивног функционисања утиче и околина, као и властито искуство (Best, 2010; O'Hare & Sowell, 2008). Та чињеница је посебно важна, јер обезбеђује теоријску основу за полемисање о могућностима циљаног позитивног деловања моторичким и когнитивним активностима на још незреле мождане структуре детета и, последично, унапређења појединих ЕФ (за прегледне чланке погледати Buttellmann & Karbach, 2017; Diamond & Ling, 2019b).



## **2.4. Досадашња истраживања повезаности моторичких способности са егзекутивним функцијама и утицаја физичке активности на егзекутивне функције**

Сагледавање везе моторичких способности и ЕФ је веома важно, али треба напоменути да се и налази истраживања у којима се испитује веза физичких активности и ЕФ не смеју занемарити, јер су у основи тих физичких активности управо моторичке способности које се током њих испољавају (Fedewa & Ahn, 2011). Истраживања са овом проблематиком су углавном новијег датума и представљају научну област која се интензивно развија. У методологији истраживања се још увек траже најбољи начини закључивања о односу физичке активности, моторичких способности и ЕФ. Због тога су налази често неконзистентни. Истраживачи користе различите експерименталне задатке којима мере ЕФ и различите тестове којима процењују моторичке способности, па су налази тешко упоредиви. Из свих наведених разлога, простор за нова сазнања у овој области истраживања је велики.

Истраживања у овој области можемо поделити према неколико критеријума:

1. Врста дизајна истраживања (трансверзална или лонгитудинална студија; корелационо или експериментално истраживање). Ова проблематика је често испитивана у корелационим студијама или у трансверзалним студијама у којима се утврђује разлика у ЕФ између испитаника који су моторички способнији и оних моторички мање способних. Међутим, у овој области постоје и експериментални дизајни истраживања који доприносе поузданијим закључцима о узрочно-последичним везама физичке активности (и унапређења моторичких способности) и ЕФ.
2. Природа мере (неурофизиолошка или бихејвиорална процена ЕФ; директно или индиректно одређивање моторичких способности). Подаци о ЕФ могу бити добијени мерењем електричне мождане активности, коришћењем електромагнетне резонанце приликом решавања експерименталних задатака за процену ЕФ, или само решавањем задатака који процењују ЕФ – бихејвиорални налази. Коришћењем електромагнетне резонанце и сличних процедура детектују се електрични потенцијали у одређеним регијама мозга приликом решавања задатака за процену ЕФ, док се бихејвиорални налази односе на брзину и тачност одговора приликом решавања поменутих задатака. Моторичке способности могу бити процењиване/мерене током теренских тестирања или у лабораторијским условима.
3. Узраст испитаника (одрасли или деца). Прва истраживања везе моторичких способности и ЕФ су се односила на одрасле испитанике и старе особе (Kramer et al., 1999). Циљ им је био да докажу да физичка активност и моторичке способности могу да успоре когнитивно старење. Касније почињу истраживања на узорку деце, а посебно се интензивирају у другој деценији 21. века.
4. Врста ефеката физичке активности на ЕФ (акутни и хронични ефекти). У појединим истраживањима је испитиван акутни, непосредни ефекат физичке активности на ЕФ, док је у другим истраживањима испитиван хронични, дуготрајни ефекат физичке активности, односно побољшања појединих моторичких способности, на унапређење ЕФ.
5. Врста моторичке способности/ЕФ од интереса за истраживање. Највећи број истраживања се односи на везу издржљивости и појединих ЕФ, а последњих година је све више истраживања која испитују однос различитих аспеката координације и ЕФ. У већини истраживања ЕФ од

интереса су биле инхибиција, премештање и ажурирање (или радна меморија, као шири појам). Према доступним информацијама, не постоје истраживања у којима је испитиван однос ЕФ и целокупног моторичког простора, према претходно наведеној систематизацији моторичких способности. Корелације моторичких способности и ЕФ, добијене у различитим истраживањима, позитивне су и ниске до умерене, а варијанса ЕФ која је објашњена моторичким способностима је реда величине до 10%.

У даљем тексту биће детаљније приказана досадашња истраживања везе моторичких способности и ЕФ, као и истраживања дуготрајних (неакутних) ефеката физичке активности на ЕФ. У највећем броју досадашњих истраживања на узорку предшколске деце (Oberer et al., 2018), преадолесцената (Buck, Hillman, & Castelli, 2008; Hillman, Buck, Themanson, Pontifex, & Castelli, 2009; Mora-Gonzalez et al., 2020; Pontifex et al., 2011; Voss et al., 2011) и адолесцената (Huang et al., 2015) утврђена је позитивна веза између *издржљивости* и инхибиције. Издржљивост је мерена теренским тестовима (Buck et al., 2008; Hillman, Buck, et al., 2009; Huang et al., 2015; Oberer et al., 2018; Ortega et al., 2015) или лабораторијским тестовима (Pontifex et al., 2011; Voss et al., 2011), а инхибиција је мерена експерименталним Фланкер задатком (енгл. Flanker task Hillman, Buck, et al., 2009; Huang et al., 2015; Mora-Gonzalez et al., 2020; Oberer et al., 2018; Pontifex et al., 2011; Voss et al., 2011) и једном верзијом Струповог задатка (енгл. Stroop color-word task) (Buck et al., 2008). У експерименталном Фланкер задатку (Eriksen & Eriksen, 1974) на екрану се приказује 5 рибица у једном реду, а испитник треба да притисне леви или десни тастер у зависности од тога да ли је рибица у средини окренута на леву или десну страну. Инхибиција се захтева када је оријентација осталих рибица супротна (неконгруентна) оријентацији рибице у средини. Слично томе, у поменутом Струповом задатку (Adleman et al., 2002) инхибиција се захтева када се на екрану приказује назив боје који је неконгруентан боји којом је реч написана (на пример реч „зелено“ написана плавом бојом). Од испитаника се тражи да реагује на боју речи, а инхибира доминантну реакцију на значење те речи. У свим овим трансверзалним истраживањима, осим у једном класично корелационом (Oberer et al., 2018), утврђивана је разлика у инхибицији између деце са високом издржљивошћу и деце са ниском издржљивошћу. Резултати су показали већу тачност одговора деце са високом издржљивошћу приликом решавања задатака, али не и већу брзину одговарања. Осим боље инхибиције, резултати истраживања су код деце која су имала високу издржљивост показали и неурофизиолошке адаптације, као што је повећање волумена једног дела базалних ганглија, за које је утврђено да се активирају приликом одговарања на задатке који ангажују ЕФ (Chaddock, Erickson, Prakash, VanPatter, et al., 2010).

У појединим корелационим истраживањима откривена је веза између издржљивости и премештања (Aadland et al., 2017; de Bruijn, Hartman, Kostons, Visscher, & Bosker, 2018; Oberer et al., 2018). У истраживању Адланда и сарадника (2017) на узорку ученика узраста 10 година, за процену издржљивости је коришћен Андерсонов интермитентни тест трчања (Andersen, Andersen, Andersen, & Anderssen, 2008) који се састоји из поновљеног трчања на дистанци од 20 метара током 15 секунди, са исто толико одмора, у укупном трајању од 10 минута. За мерење премештања коришћен је тест трасирања пута (енгл. Trail Making Test B) у коме се захтева да испитаник оловком на одштампаном папиру што брже повлачи линију којом наизменично спаја кругове у којима су бројеви и кругове у којима су слова, али тако да су и бројеви и слова повезани по реду (бројеви по величини, а слова по алфabetу: број 1 са словом А, слово А са бројем 2, број 2 са следећим словом алфабета итд). У овом истраживању је само за подзорак дечака откривена повезаност издржљивости и премештања.

У истраживању Оберера и сарадника (2018) на узорку деце узраста око 6 година откривена је повезаност између издржљивости мерене Шестоминутним тестом трчања и премештања мереног уз помоћ два додатна блока већ описаног Фланкер задатка (Eriksen & Eriksen, 1974). У првом додатном блоку рибице нису више биле црвене боје, већ жуте, а од испитаника се захтевало да реагује на оријентацију спољне рибице, а да притом инхибира реакцију на оријентацију рибице у средини. У последњем блоку од испитаника се тражила ЕФ премештања, јер су се на екрану наизменично рендомизованим редоследом приказивале црвене и жуте рибице, па се критеријум за начин реаговања мењао.

Налази истраживања на узорку деце узраста 8 година (de Bruijn et al., 2018) указују на повезаност између издржљивости мерене тестом Шатл ран 20 - метара и премештања мереног модификованим Висконсин тестом сортирања карата (енгл. Wisconsin Card Sorting Test Cianchetti, Corona, Foscoliano, Contu, & Sannio-Fancello, 2007). У овом тесту од испитаника се тражи да сортира 48 карата, од којих свака има једну од четири могуће боје, једног је од четири могућа облика и има једну од укупно четири могуће фигуре на себи. Задатак испитаника је да у складу са повратном информацијом коју добија одреди по ком од три критеријума треба да сортира карте. Критеријум се мења после шест узастопних тачних сортирања, а резултат теста се мери бројем грешака у сортирању након промене критеријума, односно након негативне повратне информације, или бројем поена за успешно сортирање карте након сваке промене критеријума.

За разлику од истраживања која су у центар интересовања стављала инхибицију и премештање, у досадашњим истраживањима најмање су заступљена она у којима се испитује веза између издржљивости (али и осталих моторичких способности) и ажурирања. Налази ових истраживања су неконзистентни, а један од разлога може бити и различито тумачење ЕФ ажурирања, која се често поистовећује са радном меморијом.

У већ описаном истраживању на деци узраста 8 година (de Bruijn et al., 2018) аутори су утврдили везу издржљивости (Шатл ран - 20 метара) и визуелно-спацијалне радне меморије. У тесту визуелно-спацијалне радне меморије, који се у овом истраживању користио (Wechsler, 1987) од испитаника се захтевало да репродукују низ слика квадрата који им је приказан, али обрнутим редоследом. Задатак је почињао низом од два квадрата, а ако је испитаник два пута тачно репродуковао различита два низа од два квадрата, приказивао би му се низ од три квадрата итд. Задатак се завршавао када испитаник не успе да репродукује низ одређене величине два пута или ако достигне успешно репродуковање низа од седам квадрата два пута. У овом истраживању није откривена веза између издржљивости и вербалне радне меморије, што је у складу са налазима истраживања Оберера и сарадника (2018) у коме је вербална радна меморија мерена тестом током којег се испитнику на екрану приказује низ кругова различите боје, а он треба да их вербално репродукује у обрнутом редоследу (Schmid, Zoelch, & Roebbers, 2008).

Позитивни ефекти аеробне активности на ЕФ су предложени у оквиру такозване кардиоваскуларне хипотезе, према којој се позитивни ефекти аеробних активности на когнитивне функције приписују одређеним неурофизиолошким процесима током ових активности. У прилог ове хипотезе иду налази на узорку испитаника старости 60 до 75 година, након шестомесечног програма ходања (Kramer et al., 1999). Испитаници су унапредили одређене аспекте инхибиције и премештања. Међутим, на млађој популацији испитаника, ови

налази углавном нису потврђивани (за прегледни чланак погледати Diamond & Ling, 2019a). Када се анализирају лонгитудинална истраживања у којима су аутори пријављивали позитиван утицај аеробне активности на поједине ЕФ, примећује се да већина налаза истиче ефекте аеробне активности на унапређење инхибиције, док нешто мање налаза истиче ефекте аеробне активности на унапређење премештања и радне меморије – ажурирања.

У лонгитудиналном истраживању са експерименталним дизајном, у коме је експериментални програм трајао око 150 дана, аутори су закључили да физичка активност умереног до високог интензитета, односно побољшана издржљивост, доводе до побољшања инхибиције и премештања преадолесцената узраста око 9 година (Hillman et al., 2014). У наведеном истраживању није контролисано колико су аеробне активности биле координационо захтевне, односно у којој мери се овим аеробним експерименталним програмом, осим издржљивости, унапређивала и координација. Тај недостатак је отклоњен у лонгитудиналном истраживању (Koutsandreu, Wegner, Niemann, & Budde, 2016), на узорку деце старости око 9 година, чији резултати указују на позитиван ефекат аеробних активности и још већи ефекат координационо захтевних активности на радну меморију мерену задатком опсега памћења слова и бројева (енгл. Letter digit span, Gold, Carpenter, Randolph, Goldberg, & Weinberger, 1997). Аеробне активности су се базирале на трчању и играма са трчањем, а координационо захтевне активности на усавршавању крупне и ситне моторике, окуломоторне координације, координације рука-нога, оријентације у простору. Задатак за процену радне меморије се састојао од звучно презентованих низова састављених од слова и бројева (од два до седам елемената низа), а испитаник је требало након презентованог низа прво да запише бројеве у растућем низу, а затим слова према алфabetу, редом.

Осим претходно описаних истраживања односа издржљивости и ЕФ, последњих година је све већи број истраживања у којима се испитује повезаност *координације* и ЕФ. У различитим истраживањима на узорку деце опсега старости од 6 до 15 година, налази указују да су поједини аспекти координације повезани са инхибицијом (Aadland et al., 2017; de Bruijn et al., 2018; Marchetti et al., 2015; Oberer et al., 2018; Roebbers et al., 2014), премештањем (Aadland et al., 2017; de Bruijn et al., 2018; Oberer et al., 2018; Roebbers et al., 2014), као и са ажурирањем/радном меморијом (de Bruijn et al., 2018; Oberer et al., 2018; Roebbers et al., 2014). У овим истраживањима су испитивани различити показатељи координације и моторичких вештина, добијени коришћењем различитих тестова: Шатл ран 10 × 5 метара и Тапинг руком (de Bruijn et al., 2018) из Еурофит батерије тестова (Adam et al., 1988), Хватање једном руком, Гађање у вертикалну мету из „Movement ABC-2“ батерије тестова (Henderson, Sugden, & Barnett, 2007) и Шатл ран 10 × 5 метара, као три мере композитног скорa у истраживању Адланда и сарадника (2017), тестови визуелно-моторне координације из батерије тестова „М ABC-2“ – Прецизно повлачење линије између две дате линије, Ређање пластичних новчића левом и десном руком у адекватна лежишта и Убадање перли у рупице (Oberer et al., 2018), уз додатне тестове ове батерије који су се односили на равнотежу, хватање и прицизност бацања (Roebbers et al., 2014).

Налази лонгитудиналних експерименталних истраживања такође иду у прилог постојању позитивног ефекта различитих координационо захтевних активности на ЕФ. У истраживању на узорку 181 ученика узраста 10 до 12 година (Schmidt, Jäger, Egger, Roebbers, & Conzelmann, 2015), два пута недељно је током шест недеља са сваком од три групе ученика спровођен један од три различита програма физичког васпитања: програм интензивних и когнитивно захтевних физичких активности (тимске игре), програм интензивних, али когнитивно незахтевних

активности (аеробне вежбе) и програм физичких активности ниског интензитета и ниских когнитивних захтева. Пре почетка експерименталног третмана и на његовом крају, ученици су тестирани задацима за процену ЕФ. Инхибиција је тестирана коришћењем Фланкер задатка (Eriksen & Eriksen, 1974), а премештање уз помоћ два додатна блока истог теста, тако да се у последњем блоку захтева премештање између критеријума из првог и другог блока. Ажурирање је процењено неспацијалним н-уназад задатком (енгл. Nonspatial n-back task), адаптираном верзијом постојеће варијанте теста (енгл. Spatial n-back task Drollette, Shishido, Pontifex, & Hillman, 2012), а од испитаника се захтевало да, док се на екрану смеђују слике воћа, притисне одговарајући тастер ако је воће које тренутно види слично оном које је било на екрану два места пре тренутно приказаног воћа. Главни налаз овог истраживања је унапређење способности премештања само у групи која је упражњавала аеробно и когнитивно захтевне физичке активности, док остала два програма нису побољшала ни једну ЕФ.

До сличних налаза се дошло на узорку деце узраста 9 година (van der Niet et al., 2016), где су когнитивно захтевне аеробне активности које су се спроводиле два пута недељно, побољшале инхибицију након 22 недеље трајања програма. Програм је обухватио хваталице, модификовани фудбал, штафетне игре са групним ређањем слова и смишљањем речи и сличне активности, током којих је просечан пулс био око 150 откуцаја у минути. Инхибиција је мерена једном варијантом већ описаног Струповог задатка (енгл. Stroop color-word task).

У истраживању на узорку од 250 ученика узраста 5 до 10 година (Pesce et al., 2013), током шест месеци (једном недељно) су са три групе ученика реализована три различита програма физичких активности. У групи ученика у којој су реализоване комплексне моторичке активности са додатним когнитивним захтевима усмереним на ангажовање ЕФ (нпр. игре са периодичним променама правила) и групи у којој су реализоване комплексне моторичке активности без додатних когнитивних захтева, наставу је реализовао стручњак у области физичког васпитања, а у групи ученика у којој су реализовани класични часови, у складу са програмом физичког васпитања за одређени узраст, наставу је реализовао учитељ. Тестирање моторичких способности је реализовано коришћењем батерије тестова „Movement ABC“ (Sudgen & Henderson, 1992) у којој постоје три групе задатака. Прва група задатака се односи на мануелну спретност (на пример Ређање новчића у адекватна лежишта), друга група на вештине манипулације лоптом (на пример Одбијање тениске лопте од тло и хватање истом руком) и трећа група на статичку и динамичку равнотежу (на пример Стајање на једној нози). За тестирање ЕФ коришћен је део батерије тестова (Naglieri & Das, 1997) који се тиче процене планирања и пажње. Откривено је да су се поједини аспекти пажње типично развијене деце побољшали у групи која је радила комплексне моторичке активности са додатним когнитивним захтевима, док су се код деце са развојним поремећајем координације, као и код деце са граничним нивоом координације, поједини аспекти пажње побољшали у групи која је радила комплексне моторичке активности без додатних когнитивних захтева.

Предмет истраживања на узорку од 70 деце узраста 9-10 година, различитог телесног статуса био је позитиван утицај експерименталног програма на инхибицију и радну меморију – ажурирање (Crova et al., 2014). Са контролном групом ученика је током 21 недеље, једном недељно час физичког васпитања реализовао учитељ. Садржај рада на часу је прописан Програмом физичког васпитања за дати узраст и подразумевао је физичке активности усмерене на развој моторичких умења и моторичких способности. Са експерименталном групом је током 21 недеље, једном недељно, описани садржај рада спроводио професор физичког васпитања. Он

је током додатна два сата недељно са ученицима реализовао физичке активности усмерене на развој моторичких способности, као и координационо захтевне ситуационе игре и часове тениса, који су захтевали визуелно-моторну координацију и ангажовање когнитивних капацитета ученика током учења нових моторичких вештина. Налази овог истраживања показују да је највећи напредак у показатељима инхибиције на задатку насумичног генерисања бројева (енгл. Random Generation Number Task Towse & McLachlan, 1999) постигла група ученика са прекомерном масом тела, са којима је реализован експериментални програм. Важан налаз овог истраживања је да напредак у инхибицији није посредован побољшањем издржљивости ових ученика, иако је у многим претходно описаним истраживањима откривена веза издржљивости и инхибиције.

У истраживању на узорку 44 ученика узраста око 9 година (Marianna Alesi, Bianco, Luppina, Palma, & Peri, 2016), утврђен је позитиван утицај експерименталног програма на инхибицију, визуелно-спацијалну радну меморију – ажурирање, пажњу и планирање, процењиване батеријом тестова „BVN 5-11“ (Tressoldi, Vio, Gugliotta, Bisiacchi, & Cendron, 2005). Експериментални програм је трајао 6 месеци, два пута недељно по 75 минута и реализовао га је стручњак из области фудбала. Програм се састојао од вежби фудбалске технике, вежби координације и фудбалске игре три на три, и пет на пет. У овом истраживању је, осим унапређења ЕФ, утврђен напредак ученика експерименталне групе у једном аспекту координационих способности – агилности, коришћењем теста у коме су испитаници имали задатак да трче најбрже што могу по путањи крста, тако да на сваком краку „крста“ прво прескоче препону висине 50 цм (скок са једне на другу ногу), а затим да се провуку испод ње у повратку ка центру „крста“. То кретање се понављало још три пута, за преостала три крака „крста“. Иако назван тестом агилности (Marianha Alesi et al., 2014), овај тест је врло сличан тесту координације – Прескакање и провлачење (Milosevic & Petrovic, 2015).

У истраживању Чанга и сарадника на узорку 28 деце узраста 7 година (Chang et al., 2013), које је трајало два пута седмично током осам недеља, откривен је позитиван утицај координације на инхибицију, мерену већ описаним експерименталним Фланкер задатком (Eriksen & Eriksen, 1974). Једна експериментална група је учила фудбалску технику при просечном пулсу 104 откуцаја у минути, док је друга група радила исти тај координационо захтевни садржај при просечном пулсу 140 откуцаја у минути. Налази су показали да се у обе групе побољшала способност инхибиције. Ово је једно од ретких лонгитудиналних истраживања у коме је доказано да постоји утицај координације на побољшање ЕФ – инхибиције, уз истовремену контролу могућег утицаја издржљивости на ЕФ.

Традиционални теквондо се такође показао као активност која може да унапреди когнитивни (усмерена пажња) и афективни (истрајност и контрола емоција) аспект саморегулације – инхибиције (Lakes & Hoyt, 2004), на узорку 193 деце од предшколског до преадолесцентног узраста. Аутори сматрају да је разлог томе, осим моторичке комплексности, и тај што се у традиционалном приступу теквондоу инсистира на истрајности, поштењу, хуманости, одговорности и самоконтроли, који значајно могу да унапреде поједине когнитивне способности деце. Обећавајући ефекти на унапређење ЕФ старијих одраслих су добијени и у програмима таи чиа (T'ai chi) (Nguyen & Kruse, 2012; Taylor-Piliae et al., 2010), који као традиционална борилачка вештина вероватно унапређује ЕФ по сличним принципима као традиционални теквондо.

Осим претходно наведених истраживања у којима је потврђена веза издржљивости и координације са појединим ЕФ, као и утицај аеробних активности, али и координационо захтевних активности, на побољшање неких ЕФ, постоје и истраживања која су испитивала везу осталих моторичких способности и ЕФ.

Истраживање на узорку деце просечног узраста 5.2 године открива позитивну корелацију између агилности и спацијалне радне меморије (Niederer et al., 2011). Агилност је испитивана полигоном са препрекама који се може класификовати и као тест координације, јер захтева брзе промене начина кретања и контролу покрета. На почетку полигона дете се кретало трчећи и после једног метра је требало да прескочи клупицу, а након тога да пузи уназад, провуче се испод ње и трчећи се врати до стартне позиције. Након три понављања исте радње, време се зауставља, а резултат се изражава у секундама. У процени спацијалне радне меморије (Grob, Meyer, & Nagmann-von Arch, 2009) детету је приказиван геометријски облик одређене боје, који је требало меморисати, а затим га препознати међу осталим геометријским облицима, када је приказан у другој боји. Број геометријских облика које је требало препознати се повећавао све док дете не би направило три узастопне грешке у препознавању захтеваних геометријских облика.

На узорку деце са прекомерном масом тела и гојазношћу, узраста 8-11 година, откривена је позитивна повезаност између агилности мерене тестом  $4 \times 10$  метара и инхибиције мерене већ описаним Фланкер задатком (Mora-Gonzalez et al., 2020). Моторички тест  $4 \times 10$  метара је део батерије тестова „ALPHA“ (Ruiz et al., 2011) и реализује се тако што испитаник што брже трчећи прелази  $4 \times 10$  метара, где је посебно важно да ефикасно мења смер кретања. Аутори су овај тест дефинисали као тест процене брзине и агилности.

У истраживању на узорку адолесцената узраста 12-15 година се тражио моторички модел предикције инхибиције и радне меморије – ажурирања (Marchetti et al., 2015), које су процењиване коришћењем већ описаног задатка насумичног генерисања бројева (енгл. Random Generation Number Task Towse & Neil, 1998). Откривено је да је предиктор ажурирања био стандардизовани заједнички скор издржљивости мерене тестом Шатл ран - 20 метара и експлозивне снаге, мерене тестом Бацање кошаркашке лопте са груди, док је предиктор инхибиције била и једна компонента координације. Она се процењивала тестом у коме испитаници стоје иза стартног оријентира, а на три метра од њих, и један и по метар један од другог, постављено је пет маркера у облику лука, нумерисаних бројевима од један до пет. Када мерилац изговори један број, испитаник трчи од стартног оријентира до маркера са тим бројем, додирне га и враћа се да додирне стартни оријентир, а након тога мерилац поново изговара број и читав циклус се наставља још два пута. Резултат теста се изражава у секундама (Hirtz, 1985).

Претходно описане налазе различитих истраживања допуњавамо налазима прегледних радова и метаанализа, који, када се хронолошки прикажу, показују да су резултати истраживања везе физичке активности и ЕФ били у распону од тврдњи да постоји недвосмислен позитиван утицај аеробних активности на ЕФ (Fedewa & Ahn, 2011), преко тврдњи да и аеробне активности и координационо сложене активности могу унапредити ЕФ (Tomporowski, McCullick, Pendleton, & Pesce, 2015), до тврдњи да је најмањи и најређи допринос унапређењу ЕФ постигнут аеробним активностима, док су координационо захтевне активности (уз истовремено аеробно ангажовање или без њега) мало ефикаснији начин побољшања ЕФ (Diamond & Ling, 2019a; Ludyga, Gerber, Pühse, Looser, & Kamijo, 2020). Ипак, поједини аутори оспоравају налазе о

незнатном утицају аеробне активности на ЕФ (Hillman, McAuley, Erickson, Liu-Ambrose, & Kramer, 2019) и стављају акценат на истраживања на узорку старијих одраслих која недвосмислено иду у прилог позитивном ефекту аеробних активности на ЕФ (Kramer et al., 1999). Са друге стране, за ефикасност програма снаге на унапређење ЕФ постоји консензус већине истраживача који су спровели експерименталне студије да ови програми не остварују позитиван ефекат на ЕФ деце (Fedewa & Ahn, 2011), нити одраслих и старих (Gates, Singh, Sachdev, & Valenzuela, 2013; Snowden et al., 2011). Генерално узевши, налази истраживања иду у прилог малом и позитивном ефекту физичког вежбања на унапређење ЕФ (Xue, Yang, & Huang, 2019).

Може се рећи да су за успех у унапређењу ЕФ важне карактеристике програма, односно да он буде довољно моторички комплексан и стимулативан, што је, према теорији Виготског, у складу са зонама наредног развоја којима треба тежити (Vygotsky, 1980). У складу са тим, налази истраживања показују да већи простор за напредак у ЕФ током интервенција базираних на различитим физичким активностима имају деца са слабијим ЕФ, и уопште когнитивним способностима (Diamond & Ling, 2019b). Међутим, комплексност програма не би требало да буде превелика, како не би обесхрабрила дете за учешће у таквој активности и истрајавање у њој. Постоје налази који показују да у програмима физичке активности треба наћи оптималну меру моторичке и когнитивне комплексности, како би се постигли максимални ефекти на когнитивне способности – ЕФ, како за децу уобичајеног моторичког развоја, тако и за децу слабијег моторичког статуса (Pesce et al., 2013). То указује на важност карактеристика самог појединца (физичких и когнитивних способности, емоционалне зрелости, мотивације) и важних фактора у његовом окружењу (породица и шира социјална средина), када се тумачи ефикасност неког програма физичких активности у унапређењу ЕФ. Такође, уопштено посматрано, трајање програма физичких активности се показало као важан фактор за ефикасност утицаја на ЕФ (Diamond & Ling, 2019b), у смислу да дуже трајање програма доноси веће когнитивне користи. Аеробне активности су изузетак у томе, као и у трајању појединачних тренинга, јер се у наведеном прегледном раду показало да аеробни тренинзи који трају више од 30-35 минута нису ефикаснији у унапређењу различитих ЕФ од краћих аеробних тренинга. Наравно, постоје појединачни налази истраживања који показују супротно. Тако је на узорку гојазних преадолесцената после 15 недеља (5 дана у недељи) програма аеробне активности у трајању од 40 минута, постигнут већи напредак у вишој ЕФ планирања него аеробном активношћу у трајању од 20 минута (Davis et al., 2007; Davis et al., 2011). Имајући на уму све претходно приказане налазе, треба бити свестан потребе да се програми физичких активности намењени унапређењу ЕФ диференцирају у односу на наведене факторе који могу бити важне одреднице ефикасности програма.

## **2.5. Природа повезаности физичке активности, моторичких способности и егzekутивних функција**

Имајући у виду да већина налаза досадашњих истраживања указује на везу издржљивости и координације са ЕФ, намеће се питање природе повезаности ових моторичких способности и ЕФ. У досадашњим истраживањима нису детаљно разрађиване теоријске основе повезаности физичке активности, моторичких способности и ЕФ. Одсуство свеобухватног теоријског



приступа није изненађујуће с обзиром да је област истраживања врло млада, па су потребна нова истраживања у осветљавању теоријске позадине и контекста досадашњих налаза.

Упркос одсуству општеприхваћених теоријских полазишта, поједини аутори су теоретисали о природи повезаности карактеристика моторичке (физичке) активности и ЕФ (Best, 2010; Diamond, 2015; Sibley & Etnier, 2003). Истраживачи у овој области сматрају да постоје бар два општа механизма преко којих физичка активност може имати утицај на, уопштено посматрано, когнитивне способности. Један механизам је квантитативно-физиолошки и подразумева промене као што су повећање протока крви у мозгу, повишен ниво неуротрансмитера, неуротрофичких фактора и сличне, а други је механизам квалитативних промена који се заснива на учењу, које представља стицање знања усвајањем нових вештина, увиђањем односа елемената у простору и времену (Sibley & Etnier, 2003). Иако не искључују један други, подела на квантитативни и квалитативни механизам могућег утицаја на когнитивне способности ће нам послужити да систематизујемо досадашња знања о природи повезаности физичке активности, моторичких способности и ЕФ.

Важно је напоменути да физичка активност двојачко утиче на организам, па тако и на нервни систем: у току активности и непосредно после активности постоје акутни ефекти (углавном последица квантитативно-физиолошких промена), а након смиривања функција организма могу остати мање или више дуготрајни, хронични ефекти (углавном последица квалитативних промена), који могу бити увећани периодичним понављањем тих (или других) физичких активности током одређеног временског периода. Када се анализирају истраживања акутних ефеката физичке активности на когнитивно функционисање, постоје контрадикторни резултати. У појединим истраживањима се дошло до налаза да координационо захтевне активности, за разлику од аеробних активности имају непосредан позитиван ефекат на неке ЕФ преадолесцената (Pesce, Crova, Cereatti, Casella, & Bellucci, 2009) и адолесцената (Budde, Voelcker-Rehage, Pietrafyk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008), док резултати појединих истраживања говоре у прилог непосредним позитивним ефектима аеробне активности на ЕФ (Ellemborg & St-Louis-Deschênes, 2010; Hillman, Pontifex, et al., 2009). У метаанализи студија из ове области истраживања (Lambourne & Tomporowski, 2010) истиче се налаз који упућује на позитивну везу резултата решавања когнитивног задатка и активности на бицикл-ергометру и тредмилу, што заиста може указивати на самостални акутни утицај аеробне активности на когнитивне способности, имајући у виду да у једноставним моторичким активностима као што је трчање, не постоје већи координациони захтеви. Међутим, налази о вези интензитета физичке активности (чији је висок ниво важан за побољшање издржљивости) и акутних ефеката на когнитивне способности (ЕФ) нису конзистентни (Chang, Labban, Gapin, & Etnier, 2012; Etnier et al., 1997; Lambourne & Tomporowski, 2010). Аутори се нису усагласили ни у мишљењу од чега зависи та веза. Истраживања о акутним ефектима неће бити детаљно разматрана, јер се наше истраживање односи на могућност дуготрајнијих ефеката физичке активности на ЕФ. Ипак, ради стицања комплетне слике о начинима деловања физичке активности на ЕФ, биће речи како о механизмима дуготрајних ефеката, тако и о механизмима тренутних ефеката физичке активности на ЕФ.

Акутне физиолошке промене које се дешавају током аеробне физичке активности и непосредно после ње, прво су истраживане на животињама, а касније и на популацији људи, где су добијени слични налази. Наиме, дошло се до закључка да уколико интензивна физичка активност претходи координационо захтевном физичком вежбању – памћење се побољшава,

што је модулирано неуротрофичким фактором (“BDNF”), као и допамином, епинефрином и норепинефрином (Winter et al., 2007), а ако се истовремено изводе аеробне активности и задаци ЕФ, што је концентрација норепинефрина већа – то је и побољшање ЕФ веће (McMorris, Collard, Corbett, Dicks, & Swain, 2008). Дакле, може се рећи да би акутни ефекат аеробних активности на ЕФ могао бити посредован променом хормоналног статуса.

Када се разматрају хронични ефекти, односно стабилније промене нервног система као последица аеробне физичке активности, постоје налази о повећању волумена можданог крвотока, што условљава ангиогенезу (повећану васкуларизацију можданог ткива) која је у директној корелацији са неурогенезом (стварањем нових неурона) (Adkins, Boychuk, Remple, & Kleim, 2006; Pereira et al., 2007). То је у складу са тзв. кардиоваскуларном хипотезом и налазима који показују ефекат аеробне активности на повећање волумена беле и сиве масе у фронталним регијама мозга, повезаним са ЕФ (Colcombe et al., 2006). Иако су ови налази добијени на узорку старијих одраслих, резултати студије на преадолесцентима потврђују утицај аеробног вежбања на повећање активности фронталне регије на рачун паријеталне регије мозга (Davis et al., 2011), што заиста може да буде повезано са морфолошким променама описаним у претходном истраживању (Colcombe et al., 2006). Ове квантитативно-физиолошке промене доводе такође и до квалитативних промена у функционисању нервног система, али се те квалитативне промене не могу свести на њих. Тако се, на пример, ефекти учења не могу свести на неурогенезу (повећање броја неурона), јер је то само предуслов квалитативног унапређења когнитивног функционисања, па тако и ЕФ. Дакле, квалитативне промене нису прости збир квантитативних промена.

Бест (2010) сумира претходно наведене неурофизиолошке налазе о утицају физичке активности на акутне и хроничне промене у нервног систему и преводи их у карактеристике аеробне активности које могу стајати у основи везе издржљивости и ЕФ: 1. постојање когнитивних захтева током циљем усмерене аеробне физичке активности (нпр. колективне игре са сложеним правилима, когнитивно захтевним тактичким плановима и слично); 2. когнитивно ангажовање током извођења комплексних моторних радњи; 3. физиолошке промене (акутне и хроничне) као последица аеробне активности (нпр. повећање волумена хипокампуса, па последично побољшање меморије и способности учења). Све набројано заиста одређује физичку активност, али појам издржљивост (аеробна) је ужи и подразумева само функционалну способност кардиореспираторног система, односно способност организма да што дуже истрајава у активности, без значајног замора (Kukulj, 2006). Под овим појмом се не подразумева сложеност физичке активности, па се ово тумачење Беста (2010) односи на везу издржљивости и ЕФ само под условом да је аеробна активност која је довела до одређене издржљивости имала и елементе координационе сложености (Davis et al., 2007; Davis et al., 2011). Аеробне физичке активности које деца најчешће упражњавају кроз слободну игру побољшавају издржљивост, али засигурно садрже и друге квалитете, односно развијају и друге моторичке способности које могу бити у вези са ЕФ. Да закључимо, може се рећи да сва три набројана фактора представљају предуслове за унапређење ЕФ кроз квалитативне промене у когнитивном функционисању, као што су промене настале учењем.

Заиста, осим когнитивних изазова придодатих физичкој активности, у смислу различитих правила која сама по себи носе одређене когнитивне захтеве (нпр. у ситуационим спортским играма), атрибут комплексности и когнитивне захтевности просторно-временске структуре саме моторичке радње (која може додатно да се усложњава варијабилним условима – нпр. у односу

на карактеристике моторичких радњи нашег противника у спорту) оно је што може да буде узрок унапређења ЕФ (Diamond, 2015; Moreau, Morrison, & Conway, 2015). Прво, у функционалној организацији централног нервног система, структуре које су задужене за испољавање ЕФ су у блиској вези са структурама задуженим за извођење и контролу покрета (Miller & Cohen, 2001). Префронтални кортекс се сматра неурофизиолошком основом ЕФ, а са системом за управљање кретањем је повезан на више нивоа: са медијалним фронталним режњем (суплементарна моторна зона, пресуплементарна моторна зона и предњи цингуларни кортекс) (Bates & Goldman-Rakic, 1993), са премоторним кортексом у латерофронталном режњу (Lu, Preston, & Strick, 1994) и са малим мозгом – церебелумом (Diamond, 2000; Schmahmann & Pandya, 1997). Друго, у прилог тези о позитивном утицају координационо захтевних физичких активности на ЕФ иду и налази да је могућна активација током извођења нове, непознате, комплексне моторичке радње сложенија у односу на извођење добро научене, а комплексне моторичке радње (Keele et al., 2003). Сложена непозната моторичка радња која захтева тачну просторно-временску шему активира друге делове нервног система у односу на познату моторичку радњу, а то су: пресуплементарна моторна зона, рострални део дорзалног премоторног кортекса и дорзолатерални префронтални кортекс (Meister et al., 2005; Sakai, Ramnani, & Passingham, 2002). Постоји могућност да ЕФ имају важну улогу у активностима које су моторички сложене и непознате, у којима је потребно координирати већи број когнитивних функција да би се радња успешно извела. Са овим резултатима су сагласни и налази прегледног рада о утицају комплексних моторичких радњи на побољшање спацијалне когниције (Moreau, 2015). Такође, усвајање моторичких вештина (моторно учење) повезано је са стварањем нових синапси и њиховом активношћу (Adkins et al., 2006), што може бити индикатор когнитивног напретка. Сложене моторичке радње које унапређују ЕФ могу бити део слободног физичког вежбања, школског физичког васпитања, рекреације, спорта, уметности (Tomporowski & Pesce, 2019), што представља велики простор за истраживање могућности утицаја физичке активности на ЕФ.

Имајући у виду да ЕФ имају веома значајну улогу у условима када је потребно испољити комплексно понашање, у променљивим условима или у складу са новим правилима, закључујемо да се баш такво понашање захтева не само током одговарања на експерименталне задатке намењене процени ЕФ, него и током извођења комплексне моторичке активности. Моторичка способност која најбоље одговара на захтеве комплексне и когнитивно изазовне моторичке активности јесте координација. Према дефиницији, општа координација тела је способност брзог, ефикасног, сврсисходног кретања у **променљивим** условима средине (Kukulj, 2006). Променљиви услови средине често подразумевају нове и когнитивно захтевне услове за вршење покрета и кретања (кретање уназад, истовремене радње различитим деловима тела, брзе промене правца и смера кретања и други). То значи да координација може имати део заједничке физиолошко-неуралне основе са ЕФ. У прилог томе иду и налази досадашњих истраживања о когнитивним упориштима моторичке способности координације. У истраживању на узорку одраслих испитаника, коришћењем два структурална модела, утврђено је да је координација покрета рукама и ногама резултат неколико когнитивних способности: динамичког визуелног процесуирања, визуелно-спацијалног процесуирања и опште когнитивне способности (Tirre & Raouf, 1998). Ови налази дају основу за покушаје унапређивања когнитивних способности (па тако и ЕФ) упражњавањем моторичких активности различитих карактеристика.

Када се све чињенице и налази досадашњих истраживања узму у обзир, може се рећи да постоји сагласност већине аутора о постојању везе између комплексних, нових, когнитивно

захтевних моторичких радњи и ЕФ. Ипак, мора се истаћи да су у појединим истраживањима и аеробне активности допринеле побољшању когниције (ЕФ, меморије, интелигенције) (Tomporowski et al., 2015), иако је објашњење узрочно-последичне везе у тим истраживањима често изостајало због недостатка контроле конфундирајућих фактора који су могли да доведу до когнитивног напретка. Осим координацијом и издржљивошћу, моторичке радње су омогућене и другим моторичким способностима које имају различит утицај на квалитет њихове изведбе: агилношћу, различитим видовима снаге, брзином и гипкошћу. Током различитих моторичких радњи, оне дају свој допринос квалитету њиховог извођења. Зато је важно истраживати не само повезаност појединачних моторичких способности и појединачних ЕФ, већ узети у обзир целокупан моторички простор и све три ЕФ. На тај начин би било могуће одредити међусобне интеракције моторичких способности и њихову везу са ЕФ, као и одредити квалитете које треба да поседује физичка активност да би евентуално могла да унапреди ЕФ.

## **2.6. Остале активности намењене унапређењу егзекутивних функција**

ЕФ су важне за свакодневно функционисање, јер ангажују менталне капацитете ради решавања конкретних проблема. То значи да би њихово побољшање омогућило лакше свакодневно функционисање и ефикасније деловање. Многа истраживања су испитивала различите могућности тренирања ЕФ. Осим физичким активностима различитих карактеристика, које су већ описане, издваја се још три начина унапређивања ЕФ:

- 1) употребом компјутерских програма (или видео-игара),
- 2) кроз предшколске и школске курикулуме и
- 3) кроз програме усмерене на контролу мисли и осећања.

### **2.6.1. Компјутерски програми**

Интервенције усмерене на побољшање ЕФ најчешће подразумевају коришћење различитих рачунарских програма и специјализованих видео-игара. Компјутерски програм који се најчешће користио и чији су ефекти најчешће испитивани јесте програм „CogMed“, који служи унапређењу (тренирању) ЕФ ажурирања (радне меморије). Овај програм се састоји од задатака који су слични тестовима на којима се испитује радна меморија, као што су већ описани задаци присећања и репродуковања одређеног броја последње приказаних бројева, слова, облика, истим или обрнутим редоследом. У прегледном раду који је укључио студије које су испитивале ефекте интервенције овим програмом на поједине мере радне меморије (Diamond & Ling, 2019b), у 71% студија су добијени докази о унапређењу макар 50% праћених мера радне меморије након тренинга овим програмом ЕФ. Међутим, само 31% свих студија једнозначно указује на позитивне ефекте овог програма. Иако најефикаснији од свих компјутерских тренинга за развој појединих ЕФ, неки истраживачи ипак сумњају у трансфер способности ажурирања унапређене овим путем на друге услове и задатке (Shipstead, Hicks, & Engle, 2012).

Следећи програм чији су ефекти на унапређење радне меморије често истраживани јесу „n-back“ програми. Ови програми се заснивају на вежбању радне меморије решавањем задатака на рачунару. Задаци се базирају на захтеву да испитаник у краткорочној меморији задржава „n“ презентованих стимулуса (визуелних, аудитивних, или и једних и других, у зависности од типа задатка) у сваком тренутку, што захтева способност ажурирања, а осим тога треба да реагује ако се након „n“ презентованих стимулуса појави исти стимулус. Ефекти оваквих програма се односе на сличне задатке радне меморије и не показују трансфер на интелигенцију или друге когнитивне способности (Melby-Lervåg, Redick, & Hulme, 2016), или их веома ретко показују (Stephenson & Halpern, 2013).

Осим наведених програма за унапређење радне меморије, постоје и програми за унапређење ЕФ премештања. Налази појединих истраживања показују да овакви програми могу да унапреде не само премештање преадолесцената (8 до 12 година), већ и инхибицију на Струповом задатку код типично развијене деце (Karbach & Kray, 2009) и деце са поремећајем пажње (Kray, Karbach, Naenig, & Freitag, 2012), док се трансфер позитивног ефекта ређе односио на вербалну и спацијалну меморију и друге удаљеније мере, као што је флуидна интелигенција мерена Равеновим матрицама (Karbach & Kray, 2009). Остале студије у којима се испитивао ефекат ових програма нису указале на позитиван утицај на унапређење инхибиције, нити елемената радне меморије преадолесцената (Dörrenbächer, Müller, Tröger, & Kray, 2014; Zinke, Einert, Pfennig, & Kliegel, 2012).

На овом месту се неће посебно описивати програми слични претходно описаним програмима за унапређење различитих ЕФ, који се од њих разликују по томе што се не раде на рачунару (Carretti, Borella, Zavagnin, & de Beni, 2013), а показују сличне, специфично уске ефекте на успешност решавања сличних задатака (Cardoso et al., 2018). За млађу децу (нпр. предшколског узраста) постоје програми унапређења ЕФ који исте захтеве за испољавањем различитих ЕФ представљају у форми игара (имитирај пара, али без понављања забрањеног покрета, изведи супротан покрет током имитације, од више понуђених делова додај недостајући део слици, распореди делове правилно како би добио/добила слику, понови претходну реч и број и додај своју реч и број, и слични (Kroesbergen, van't Noordende, & Kolkman, 2014; Kytälä, Kanerva, & Kroesbergen, 2015; Röthlisberger, Neuenschwander, Cimeli, Michel, & Roebbers, 2012). Такође, једна од могућности унапређивања ЕФ су неурофидбек методе. Оне се темеље на снимању електричне неуро-активности, која је презентована испитаницима (нпр. аудиовизуелно преко монитора) како би пратили остварење задатог циља у вези са постигнутом неуроелектричном активношћу. Иако испитаници не знају тачно како да остваре такву активност, неурофидбек им обично помаже у томе. Упркос томе што поједини налази на популацији старих указују на позитивне ефекте ове методе на ЕФ (Wang & Hsieh, 2013), студије на популацији деце са поремећајем пажње наводе да приликом коришћења ове методе ефекат на инхибицију и пажњу углавном изостаје (Cortese et al., 2016).

Компјутерски програм који се користи за унапређење више различитих ЕФ кроз задатке планирања, апстрактног мишљења, резоновања и избора, као и инхибирања одређених акција, јесте видео-игра „Space fortress“ (Boot et al., 2010). У овој игри, користећи дојстик, испитаник треба да избегава да буде погођен, али и да гађа и уништи свемирску тврђаву у средини екрана. Током игре се уводе додатни захтеви обраћања пажње на поједине детаље који су важни за наставак ефикасног играња и постизање доброг резултата. Сличан програм унапређења ЕФ јесте коришћењем видео-игре „Braingame Brian“ (Prins et al., 2013). Овај програм траје 5 недеља,

свакодневно по 40 до 50 минута, а дете у улози главног хероја ове игрице током сваког тренинга решава задатке визуелно-спацијалне радне меморије, инхибиције и премештања, који су интегрисани у виртуелно окружење игрице. Такође, постоји систем прилагођавања степена тежине задатака, у односу на успешност деце у њиховом решавању, као и систем награђивања за успешно решене задатке. Предност ових и сличних програма јесте што су деци најчешће интересантни, па мотивација за овакав тренинг може бити на високом нивоу. Са друге стране, деца су приликом оваког тренинга физички неактивна и одржавају један, принудни положај током дужег времена. То не погодује добром постуралном статусу и уопште здравственом стању детета. Овај проблем је донекле отклоњен у програмима који постају све популарнији, а представљају комбинацију компјутерских програма и физичке активности, кроз виртуелне игре – „ехерgames”. Они већ показују одређене позитивне ефекте на развој когнитивних и моторичких способности (Costa et al., 2019), па би у наредном периоду могли бити унапређивани, а њихови ефекти на когнитивне способности детаљније испитивани.

Имајући у виду претходно описана истраживања, може се закључити да програми предвиђени за унапређење појединих ЕФ (радна меморија) не показују трансфер на различите когнитивне способности, а њихов ефекат се може темељити на увежбавању решавања специфичних задатака који захтевају ангажовање ЕФ (Moreau & Conway, 2014). Такође, важно је да програми не буду деконтекстуализовани, већ да учесници у њима проналазе смисао (Cordova & Lepper, 1996) и могућност примене у конкретним ситуацијама (Gathercole, Dunning, & Holmes, 2012), да учесници у том смислу буду активни приликом похађања датог програма (Ericsson, Nandagopal, & Roring, 2009; Freeman et al., 2014). Многи аутори се слажу да би најефикаснији програми за унапређење когнитивних способности могли бити комплексни програми, који истовремено унапређују више когнитивних способности (Cortese et al., 2015), а такви су и програми који обухватају комплексне моторичке активности (Lakes & Hoyt, 2004; Moreau et al., 2015).

## **2.6.2. Предшколски и школски програми**

Један од програма који представља додатак редовном школском програму јесте „PATHS” (Promoting Alternative Thinking Strategies) (Kusché & Greenberg, 1994), а усмерен је на развој емоционалних и социјалних компетенција деце, самоконтроле и стратегија решавања социјалних конфликта. Налази једног истраживања указују да овај програм може да унапреди инхибицију и вербалну флуентност преадолесцената (Riggs, Greenberg, Kusché, & Pentz, 2006). Сличан програм (Chicago School Readiness Project), усмерен пре свега на саморегулацију и социјално пожељна понашања, показао је позитивне ефекте на пажњу и неке аспекте инхибиције деце предшколског узраста (Raver et al., 2011).

За разлику од претходна два програма, „Tools of the Mind” (Bodrova & Leong, 2007) представља целовити васпитно-образовни програм за децу узраста до 6 година, а не додатак програму. Овај програм се заснива на поставкама Виготског и усмерен је пре свега на побољшање самоконтроле, али и осталих социјалних и емоционалних компетенција. Налази појединих истраживања су указали на побољшање инхибиције деце узраста 5 година која су похађала овај програм (Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007), као и деце узраста 3-4 године са проблемима пажње (Solomon et al., 2018). Сличан програм (Dias & Seabra, 2015) показао је

позитивне ефекте на инхибицију и вербалну радну меморију деце са поремећајем пажње и на узрасту 7-13 година (Menezes, Dias, Trevisan, Carreiro, & Seabra, 2015). Монтесори-програми базирани на саморегулацији показују позитивне ефекте на премештање, како код деце узраста 6 година, тако и код дванаестогодишњака (Lillard & Else-Quest, 2006).

Осим ових програма постоје бројни обећавајући приступи васпитању и образовању, који могу унапредити ЕФ: позоришне активности, плес, оркестар, бављење фотографијом и многи други (за прегледни чланак погледати Diamond & Ling, 2019b).

### **2.6.3. Програми усмерени на контролу мисли и осећања**

У одељку о истраживањима утицаја програма физичких активности на ЕФ је било речи и о програмима у којима се комбинује физичка активност и активност усмерене на контролу унутрашњег стања појединца (традиционални теквондо, таи чи, као и јога). У овом делу указаћемо на сличне програме, који не обухватају физичку активност значајнијег обима. Такви су традиционални кинески програми усмерени на контролу ума и тела, који имају за циљ да редукују стрес, опусте тело и ум. Ови програми такође имају потенцијал за унапређење ЕФ (Chan, Sze, Siu, Lau, & Cheung, 2013; Y Tang, 2005; YY Tang, 2009), пре свега за побољшање селективне пажње и когнитивне инхибиције (за прегледни чланак погледати Diamond & Ling, 2019b).

### **2.7. Завршна разматрања о ефикасности различитих програма за унапређење егзекутивних функција**

Од свих наведених програма, показало се да највећу ефикасност у побољшању ЕФ (пре свега инхибиције, пажње) имају програми у којима се комбинују активности усмерене на контролу мисли/осећања и физичка активност, као што су традиционални теквондо, таи чи и неки други (Diamond & Ling, 2019b). Други по ефикасности су школски програми, вероватно због ширег контекста унапређења ЕФ у институционално уређеним, структурираним активностима, током дужег времена. Следећи по ефикасности су некомпјутерски и компјутерски програми за унапређење ЕФ, чији су ефекти често врло уски, јер се углавном базирају на увежбавању вештина и стратегија за специфичне задатке. Најмање ефикасним су се показали програми базирани на аеробној активности и тренингу снаге, док су нешто бољи ефекат постигли аеробне активности обогаћене појединим елементима које фаворизују моторне вештине и координацију. Велика разлика између ефикасности оваквих програма и на пример традиционалног теквондоа се можда може превазићи комплексним моторичким активностима, које садрже знатно когнитивно ангажовање и показују ефикасност у унапређењу већег броја когнитивних способности (Moreau et al., 2015). На програме физичких активности у које су интегрисани когнитивно захтевни елементи може да се стави примедба да унапређују ЕФ класичним когнитивним тренингом (Pesce et al., 2013). Заиста, понекад је тешко одвојити физичку активност и њене карактеристике од карактеристика когнитивног ангажовања које подразумева и активирање ЕФ.

Према нашим сазнањима, не постоји свеобухватни програм физичких активности за унапређење ЕФ и остваривање осталих циљева наставе физичког васпитања у основној школи. Такође, важно је да материјално-технички захтеви за реализацију таквог програма не буду високи, како би програм био остварив у школским условима, на добробит деце која су обухваћена најмасовнијим системом физичког вежбања – школским физичким васпитањем. Боља еколошка валидност експерименталних програма би допринела њиховом већем практичном значају и могућностима њихове примене у пракси.

## **2.8. Разматрања проблема истраживања**

Узимајући у обзир теоријска разматрања и резултате досадашњих истраживања, поставља се питање: да ли су издржљивост и координација независни предиктори појединачних ЕФ или је вероватније да је координација најчешће посредник повезаности издржљивости и ЕФ? Да ли је у тим налазима пренебрегнута чињеница да физичка активност нема само енергетску компоненту, већ има и садржај, комплексност, структуру кретања, и да се до добре издржљивости у детињству најчешће долази преко многобројних разноврсних активности које развијају и координацију? Могло би се рећи да са аспекта сложености кретања, различите физичке активности деце у одређеној мери унапређују координацију, као и да са енергетског аспекта те физичке активности у одређеној мери унапређују издржљивост. Такође, важно је имати у виду да издржљивост и координација нису једине моторичке способности које омогућавају разноврсна кретања која се стално упражњавају и унапређују у слободној дечијој игри (трчање, скакање, кретања са променом правца и смера и друга). Та кретања су омогућена и осталим моторичким способностима као што су: агилност, брзина, експлозивна снага.

Имајући у виду међусобну повезаност моторичких способности, потребно је испитати не само везу појединачних моторичких способности са појединачним ЕФ, већ и везу интеракција различитих моторичких способности и ЕФ. Само уважавањем целовитости феномена физичке активности, моторичких способности и ЕФ, можемо стећи бољи увид у њихову везу.

Даље, према налазима претходних истраживања, постоји могућност да се упражњавањем физичке активности одговарајућих карактеристика могу унапредити и одређене ЕФ. То може значити да би физичка активност која унапређује одређене моторичке способности могла унапредити и одређене ЕФ. У том смислу, важно је испитати да ли физичко вежбање усмерено на побољшање оних моторичких способности које су у позитивној вези са појединим ЕФ, може унапредити и те ЕФ.



### 3. Студија 1

У претходним истраживањима је углавном испитивана повезаност појединачних моторичких способности и појединачних ЕФ. Проблем овог истраживања је испитивање повезаности свих моторичких способности и све три ЕФ, што би омогућило бољи увид у сложени однос ова два домена.

#### 3.1. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања је однос моторичких способности и ЕФ ученика млађег школског узраста.

Циљ истраживања је да се испита повезаност појединачних моторичких способности (издржљивост у снази, експлозивна снага, репетитивна снага, агилност, брзина, координација, издржљивост и гипкост) и њихових интеракција, са ЕФ (ажурирањем, инхибицијом и премештањем) ученика трећег разреда основне школе.

#### 3.2. Хипотезе

На основу налаза претходних истраживања се могу извести следеће хипотезе, од генералне до посебних:

$X_T$  – Постоји позитивна повезаност између моторичких способности и ЕФ.

$X_1$  – Постоји позитивна повезаност издржљивости и појединих ЕФ.

$X_2$  – Постоји позитивна повезаност координације и појединих ЕФ.

$X_3$  – Повезаност издржљивости и ЕФ је посредована координацијом.

$X_4$  – Постоји позитивна повезаност агилности и појединих ЕФ.

Имајући у виду да не постоји довољно научних доказа у овој области истраживања, не можемо хипотетисати о могућим везама осталих моторичких способности и ЕФ.

#### 3.3. Испитаници

У већини истраживања сличних овом (Chaddock-Heуman et al., 2014; Chaddock, Erickson, Prakash, Kim, et al., 2010; Hillman, Buck, et al., 2009; Pontifex et al., 2011; Voss et al., 2011), узраст испитаника је био од 9 до 10 година, јер је утврђено да је развој ЕФ буран до осме године, иако се наставља до касне адолесценције и раног одраслог доба (за прегледни чланак погледати Best & Miller, 2010). Динамика развоја моторичких способности је слична, а без обзира што према појединим ауторима моторичке способности можда нису потпуно диференциране у том узрасту

(Utesch, Dreiskämper, Strauss, & Naul, 2017), оне могу бити поуздано процењене, чак и у млађем узрасту (Ortega et al., 2015).

У овом истраживању узорак је чинило 158 ученика трећег разреда једне основне школе у Београду, просечног узраста  $9.6 \pm 0.28$  година. Ученици и њихови родитељи су упознати са циљем истраживања. Поред тога, родитељи су својим потписом дали пристанак за учешће ученика у истраживању и потврдили да су они здрави, без физичких и неуролошких сметњи.

### 3.4. Варијабле и њихово мерење

#### 3.4.1. Тестирање моторичких способности

Моторичко тестирање је обухватило тестове већег дела ЕУРОФИТ батерије. *Агилност* је процењена тестом  $4 \times 5$  метара (Milosevic & Petrovic, 2015), односно модификованом верзијом теста  $10 \times 5$  метара из Еурофит батерије тестова. Тест се изводи на исти начин као и тест  $10 \times 5$  метара, али краће траје имајући у виду све лошији моторички статус деце и могућност да већи број промена смера кретања доведе до замора и ангажује моторичке способности из домена издржљивости (нпр. брзинска издржљивост). Тест се изводи на следећи начин: испитаник стоји иза стартне линије и започиње трчање на команду мериоца. Након пет метара од стартне линије се налази линија коју испитаник треба да пређе макар једном ногом, а затим да се најбрже могуће окрене и трчи до стартне линије коју прелази такође макар једном ногом. Након још једног понављања описаног кретања (укупно 20 метара), испитаник најбрже могуће протрчава преко стартне линије, а уређај са прецизним, софтверским мерењем времена на бази фото-ћелија зауставља време. Резултат се изражава са прецизношћу од 0.1 секунде.

*Издржљивост* је процењена тестом Шатл ран - 20 метара, а задавање темпа трчања је реализовано коришћењем звучних сигнала са носача звука (20 m Shuttle Run test CD, Australian Sports Commission). У овом тесту испитаник трчи између две линије које су удаљене 20 метара и ту дистанцу треба да пређе пре оглашавања звучног сигнала. Почетна брзина је 8.5 км/ч, а затим се на сваки минут брзина повећава за 0.5 км/ч све док испитаник не одустане или два пута узастопно не успе да пређе дистанцу до звучног сигнала. Резултат на овом тесту представља време истрајавања испитаника у трчању задатим темпом и изражава се у секундама.

*Брзина* је процењена тестом Спринт 20 метара. Испитаник на команду мериоца започиње спринт и најбрже могуће протрчава преко линије која означава дистанцу од 20 метара. Резултат се мери уређајем на бази фото-ћелија и изражава се временом потребним да се пређе задата дистанца, са прецизношћу од 0.1 секунде.

Пошто у Еурофит батерији тестова не постоји тест за мерење *координације*, у овом истраживању је коришћен тест Прескакање и провлачење (Milosevic & Petrovic, 2015). Дужина пута који прелази испитаник током теста Прескакање и провлачење је  $2 \times 10$  метара. Испитаник започиње трчање у високом старту и максимално брзо прелази четири препреке које су постављене на свака два метра. Препреке се нижу наизменично, ниска па висока, приликом преласка првих десет метара, а затим испитаник прави окрет око постављеног оријентира (чуња), након чега, прелазећи других десет метара, препреке савладава обрнутим редоследом,

висока па ниска. Ниске препреке се прелазе прескакањем/претрчавањем, а високе провлачењем испод. Висина „високе препреке” је 90 цм, а „ниске препреке” 15 цм. Резултат се изражава временом потребним да се заврши кретање, са прецизношћу од 0.1 секунде.

*Експлозивна снага* је процењена тестом Скок удаљ из места. Испитаник стоји иза линије означене на паркету сале и скаче на струњачу постављену 60 цм испред линије. Одскок и доскок морају бити суножни. Местом доскока се сматра она тачка додира струњаче петом која је најближа линији иза које је изведен одскок. Испитаник скаче два пута, а дужи скок се користи у анализи резултата.

*Изддржљивост у снази* је процењена тестом Издржај у згибу. Испитаник треба што дуже да издржи у згибу на вратилу, потхватом. Брада све време мора бити изнад притке. Резултат се изражава временом истрајавања у положају згиба, са прецизношћу од 0.1 секунде.

*Репетитивна снага* је процењена коришћењем теста Лежање–сед за 30 секунди. Испитаник лежи на леђима на струњачи, са савијеним коленима под углом од 90 степени, стопалима ослоњеним на струњачу и шакама на потиљку. Један помоћник му држи ноге како би се осигурао правилан положај тела приликом извођења теста. На знак мериоца, испитаник треба што брже наизменично да подиже труп док не додирне лактовима колена и да се враћа у почетни положај на леђима. Број правилних подизања трупа за 30 секунди се узима као резултат испитаника на овом тесту.

*Гипкост* је процењена коришћењем теста Претклон у седу. За извођење теста је потребна тзв. клупица – дрвена кутија облика квадрата (стандард Еурофит батерије тестова), дужине 45 цм, ширине 35 цм и висине 32 цм. Горња плоча је дужине 55 цм и 15 цм прелази преко плоче о коју испитаник опире стопала у седећем положају. Дуж средине горње плоче се налази скала распона од 0 до 50 цм (петнаести подеок скале је у нивоу плоче на коју испитаник поставља стопала), са клизним лењиром који испитаник сливено, без трзања гура рукама у положају претклона трупом и тако остварује резултат на тесту. Руке су опружене, шаке једна преко друге, а ноге се не смеју грчити у коленима, што обезбеђује мерилац фиксирањем колена. Резултат испитаника је најдаља позиција клизног лењира на скали и изражен је у центиметрима.

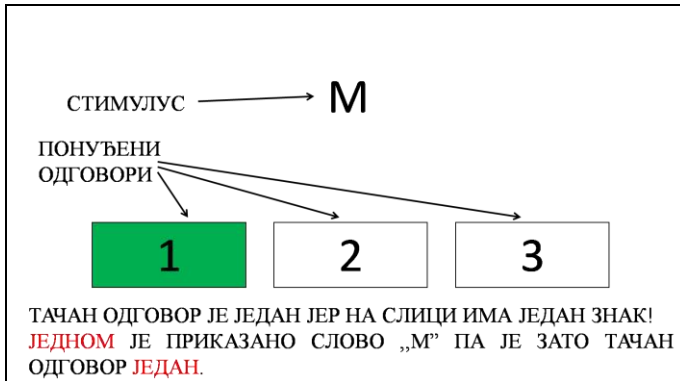
### **3.4.2. Тестирање егзекутивних функција**

У истраживању су коришћене мере ЕФ: инхибиције, ажурирања и премештања (Miyake et al., 2000). Свака ЕФ је операционализована коришћењем задатака прилагођених групном компјутерском задавању. Упутства и садржаји сваког задатка су прилагођени деци узраста 9-10 година.

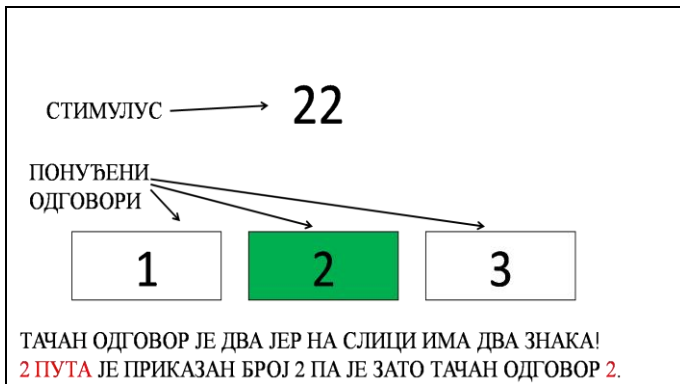
#### **Задаци**

1. *Модификовани Струпов задатак* (ЕФ инхибиције) је адаптиран према Мијакијевој верзији за компјутерско задавање (Miyake et al., 2000). Задатак испитаника је да притиском дирке на тастатури означе колико стимулуса има на екрану (један, два или три). Сви стимулуси (Слике 1,

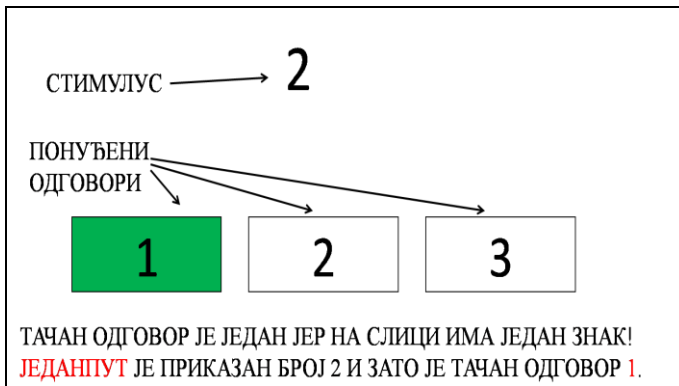
2 и 3) припадају једној од три категорије: неутрални стимулуси – слова, конгруентни стимулуси – број/бројеви конгруентни свом укупном броју (на пример број 2 написан 2 пута) и неконгруентни стимулуси – број/бројеви неконгруентни укупном броју тих бројева (на пример број 1 написан 3 пута). Мера инхибиције се рачуна одузимањем просечних времена реакције за инконгруентне стимулусе од просечних времена реакције за конгруентне стимулусе, као и одузимањем пропорције грешака приликом реакције на инконгруентне стимулусе од пропорције грешака приликом реакције на конгруентне стимулусе. Добијени скорови су у оба случаја негативни бројеви, а већи скор одговара бољој инхибицији.



Слика 1. Пример неутралног стимулуса у Модификованом Струповом задатку

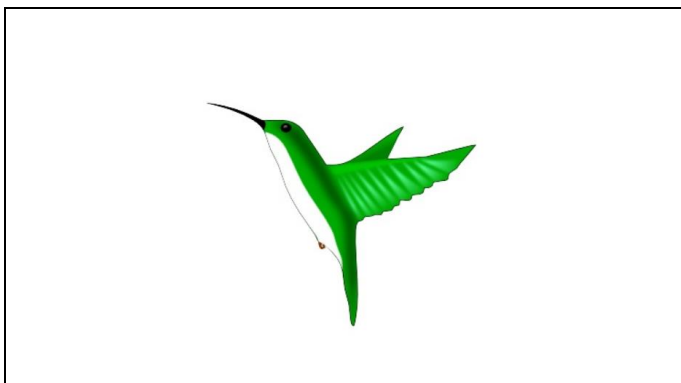


Слика 2. Пример конгруентног стимулуса у Модификованом Струповом задатку



Слика 3. Пример неконгруентног стимулуса у Модификованом Струповом задатку

2. *Задатак Лево-десно* (ЕФ инхибиције) представља једну варијанту задатка крени-стани („go/no-go task“). Задатак се састоји од два блока. Сваки блок има по 100 стимулуса. Током првог блока који служи за аутоматизацију одговора испитаници треба да одговоре на коју је страну окренут зелени колибри (Слика 4), притиском дирке „Х“ за лево, а дирке „М“ за десно, на кверти тастатури. У другом блоку је исти задатак, уз разлику што колибри на слици може бити и црвене боје (Слика 5), што представља критични стимулус (25 критичних стимулуса од 100 стимулуса укупно). То значи да, ако је колибри црвене боје, испитаници треба да се уздрже од реакције. Мера инхибиције се рачуна као пропорција тачног уздржавања од реакције и погрешног неуздржавања/реаговања на критичне стимулусе, а већа пропорција уздржавања указује на боље развијену инхибицију. Другу меру инхибиције на овом задатку представља диференцијално време реакције које се рачуна одузимањем времена реакције на некритичне стимулусе (зелени колибри) у другом блоку од времена реакције на исте стимулусе у првом блоку.



Слика 4. Пример некритичног стимулуса у задатку Лево-десно

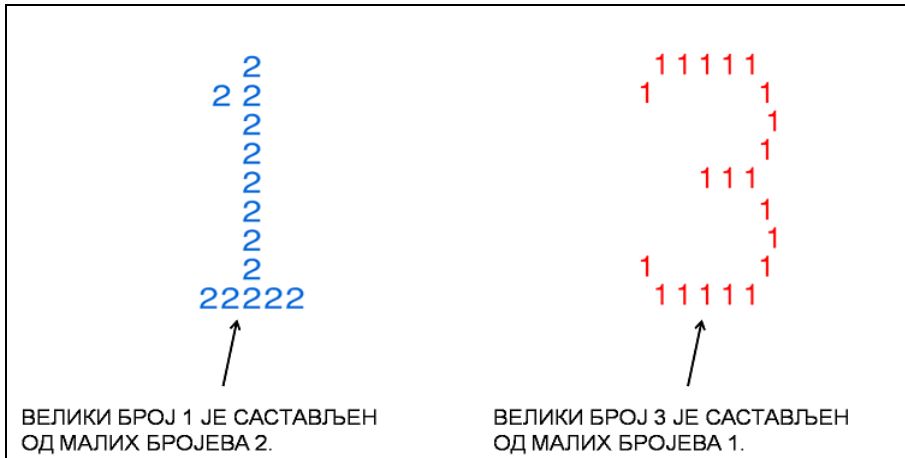


Слика 5. Пример критичног стимулуса у задатку Лево-десно

3. *Задатак Памћење слова* (ЕФ ажурирања) је преузет од Мијакија и сарадника (Miyake et al., 2000). Испитаницима се секвенцијално приказују низови слова (укупно 20 низова), а њихов задатак је да се по завршетку сваког низа сете последња два слова (у првих пет низова), последња три слова (у наредних десет низова) и последња четири слова (у последњих пет низова) тога низа. Да би се осигурало вршење ажурирања од стране испитаника, даје им се инструкција да у сваком тренутку у себи понављају потребан број последњих слова у низу (последња два, три или четири). Дужина низа варира од пет до петнаест слова, а у циљу одржавања пажње испитаника низови различите дужине се смењују случајним редоследом током задатака. Након инструкције задатак почиње притиском на одговарајућу дирку, током 4000 мс на екрану је инструкција колико последњих слова треба памтити. Након тога се појављује маркер за фокусирање пажње, а затим стимулус и тако наизменично до краја низа, када ће испитаник бити упућен да на тастатури откуца последња слова низа. Трајање излагања стимулуса и маркера у милисекундама за пет низова током којих треба памтити последња два слова је: 1000 и 1500, 1000 и 1000, 750 и 1000, 750 и 750, 750 и 750; за наредних десет низова током којих треба памтити последња три слова је: 2000 и 3000, 2000 и 2000, 1500 и 2000, 1500 и 1500, 1000 и 1500, 1000 и 1000, 750 и 1000, 750 и 750, 500 и 750, 500 и 500; за последњих пет низова током којих треба памтити последња четири слова је: 2000 и 3000, 2000 и 2000, 1500 и 2000, 1500 и 1500, 1000 и 1500. Мера ажурирања се добија као укупан број тачно репродукованих низова захтеване дужине.

4. *Задатак Глобал-локал* (ЕФ премештања) је преузет од Мијакија и сарадника (Miyake et al., 2000), уз мање адаптације. Састоји се од три блока. У првом и другом блоку има по 30 стимулуса, а у трећем 60 стимулуса. У сваком блоку стимулуси су велике, тзв. глобалне фигуре, састављене од малих, тзв. локалних фигура (Navon, 1977). У овом истраживању фигуре су бројеви 1, 2 и 3. Велики, глобални број се састоји од више малих, локалних бројева, међусобно истих, а различитих од великог, глобалног броја (слика 6). Сви бројеви у првом блоку су црвене боје. Задатак испитаника у првом блоку је да притиском дирке 1, 2 или 3 на тастатури означи велики, глобални број. Сви бројеви у другом блоку су плаве боје. Задатак испитаника у овом блоку је да притиском дирке 1, 2 или 3 на тастатури означи мали, локални број. Задатак испитаника у трећем блоку је да притиском дирке 1, 2 или 3 на тастатури означи велики, глобални број, ако је црвене боје, или мали, локални број, ако је плаве боје. Успореве реакције испитаника на стимулусе у трећем блоку представља меру трошка премештања и рачуна се

одузимањем просечних времена трећег блока од просечних времена прва два блока заједно. Друга мера трошка премештања је диференцијални скор тачности који се рачуна одузимањем пропорције грешака у трећем блоку од пропорције грешака у прва два блока заједно. То значи да су трошкови премештања изражени негативним бројевима, а већи скор одговара бољем премештању.



Слика 6. Пример стимулуса и упутство у задатку Глобал-локал

5. *Задатак Смајли* (ЕФ премештања) се темељи на „Task-switching“ парадигми (Monsell, 2003) и састоји се од три блока. У првом и другом блоку има по 40 стимулуса, а у трећем 80 стимулуса. Стимулус је слика великог квадрата подељеног на четири мања квадрата, у једном од којих је слика смајлија. У првом блоку се испод слике налази стрелица која је усмерена горе и доле. Задатак испитаника је да притиском дирке на тастатури (стрелице) означи да ли се смајли налази горе (у неком од горња два квадрата) или доле (у неком од доња два квадрата). У другом блоку се испод слике налази стрелица која је усмерена лево и десно. Задатак испитаника је да притиском дирке на тастатури означи да ли се смајли налази лево (у неком од два квадрата са леве стране) или десно (у неком од два квадрата са десне стране). У трећем блоку, псеудорендомизовано се смењују захтеви првог и другог блока (слика 7). Као и у претходно описаном експерименталном задатку за мерење премештања, меру трошка премештања представљају диференцијални скорови времена реакције и тачности одговора. Диференцијални скор временасе рачуна одузимањем просечних времена реакције на стимулусе из трећег блока од просечних времена реакције на стимулусе из прва два блока заједно. Диференцијални скор тачности се рачуна одузимањем пропорције грешака у трећем блоку од пропорције грешака у прва два блока заједно. Трошкови премештања су изражени негативним бројевима, а већи скор одговара бољем премештању.



Слика 7. Пример стимулуса и упутство у Смајли задатку

### 3.4.3. Тестирање осталих варијабли

#### 3.4.3.1. Општа интелигенција

У овом истраживању је интелигенција третирана као контролна варијабла, имајући у виду да поједини налази указују на позитивну везу између интелигенције и појединих ЕФ (Friedman et al., 2006; Purić, 2014). За тестирање опште интелигенције је коришћена комбинација стандардне и напредне верзије Равенових прогресивних матрица (Pallier et al., 2002). Овај тест се састоји од 18 ајтема у којима се испитаницима приказује  $3 \times 3$  матрица у којој се налазе одређени симболи, при чему је доњи десни квадрат празан. Задатак испитаника је да између пет понуђених одговора који су дати испод матрице изабере онај који логички треба да стоји у доњем десном квадрату. Задаци су поређани по тежини, а време рада је ограничено на 6 минута.

#### 3.4.3.2. Антропометријски показатељи

Ради додатног описа узорка испитаника у овом истраживању, испитаницима је измерена висина (коришћен је антропометар по Мартину, са прецизношћу мерења од 0.1 цм) и маса тела (коришћена је преносива вага „Beurer MS 01“, са прецизношћу мерења од 0.1 кг), а из ове две мере је израчунат индекс масе тела.

#### 3.4.3.3. Спортски стаж

Трајање спортског стажа испитаника би могла бити важна варијабла, имајући у виду повезаност моторичких способности и ЕФ. У складу са тим, желели смо да проверимо везу трајања спортског стажа испитаника и њихових ЕФ. Родитељи/старатељи су попунили упитник о бављењу свог детета организованим физичким активностима – спортом. Прво питање се односило на навођење спорта/спортова којима се дете бавило до тог тренутка и укупног трајања



бављења спортом. Друго питање се односило на информацију да ли дете тренутно тренира неки од наведених спортова, најмање три месеца у континуитету, без паузе дуже од једног месеца.

### 3.5. Процедуре

Моторичко тестирање сваког испитаника је извршено у току два узастопна дана, у исто време. Током првог дана, након мерења висине и масе тела, моторички тестови су реализовани следећим редоследом: Издржај у згибу, Скок удаљ из места, Лежање–сед за 30 секунди и Претклон у седу, а током другог дана: Прескакање и провлачење, Спринт 20 метара, Трчање са променом брзине/смера 4 × 5 метара и Шатл ран - 20 метара. Два искусна мериоца су обављала моторичко тестирање.

ЕФ су мерене у групама од по 8 испитаника, са којима је био један обучени инструктор. Свака група испитаника је у две одвојене сесије, односно два одвојена дана током исте радне седмице, радила задатке прилагођене компјутерском задавању. У првој сесији испитаници су радили задатке Лево-десно, Глобал-локал и задатак Памћење слова, а у другој сесији задатак Смајли и Модификовани Струпов задатак. Прва сесија је трајала око 50 минута, а друга око 35 минута. Сви испитаници су седели на столици, лицем удаљеним 70 центиметара од монитора, ослањајући подлактице на сто, а шаке на тастатуру. Пре сваког задатка, испитаници су читали инструкције на монитору, а затим су имали неколико пробних покушаја, у зависности од задатка. Након сваког завршеног блока задатака, током припреме за наредни блок или задатак, испитаници су имали могућност да поставе питања инструктору ако им нека инструкција није била јасна. За све задатке (осим за задатак Памћење слова, који није имао временско ограничење) инструкција испитаницима је гласила да раде што тачније и што брже. Када се инструктор уверио да је свим испитаницима задатак јасан, они су у исто време започињали наредни блок/задатак.

Тестирање опште интелигенције испитаника је извршено у учионицама, посебно у сваком од 5 одељења. Један обучени инструктор је објаснио начин решавања теста, а након тога испитаници су имали могућност да поставе питања, уколико им нешто није било јасно.

### 3.6. Статистичка анализа

Статистичка обрада података је обухватила дескриптивну статистичку анализу за варијабле антропометријског, моторичког и психолошког простора (аритметичка средина, стандардна девијација, скјунис, куртозис). Након тога је урађена међусобна корелација свих варијабли у истраживању, како би се откриле везе између појединачних моторичких способности и ЕФ, уз контролу варијабли антропометријског простора, спортског стажа и интелигенције. У наставку анализе, интеракције моторичких способности за које је утврђена позитивна веза са неком ЕФ, и свих осталих моторичких способности, по паровима, корелиране су са датом/датим ЕФ. На тај начин, коришћењем регресије, утврдило се да ли су везе појединачних моторичких способности и појединачних ЕФ независне, или зависе од нивоа других моторичких способности.

## 3.7. Резултати Студије 1

### 3.7.1. Припрема података за статистичку обраду

У циљу припреме података за примену планираних статистичких процедура извршен је преглед свих података и њихових дистрибуција. На задацима ЕФ на којима се добијају мере времена реакције (Модификовани Струпов задатак, Лево-десно, Смајли задатак и Глобал-локал), времена реакције испитаника на стимулусе на које су тачно одговорили су брисана уколико су мања од 200 милисекунди, што се сматра вредношћу простог времена реакције. У наставку, извршено је тримовање времена реакције за сваки од наведених задатака (као и за сваки блок унутар задатка). Прво је утврђена средња вредност медијана времена реакције свих испитаника, као и средња вредност стандардне девијације (СД) њихових времена реакције. Затим су израчунате критичне вредности времена реакције од приближно 3 СД изнад и испод добијене средње вредности медијана времена реакције, а сва појединачна времена реакције која су излазила из овог оквира су била замењена критичном вредношћу. За Модификовани Струпов задатак критичне вредности су биле у распону између 200 и 1700 милисекунди, за задатак Лево-десно 200 и 1300 милисекунди, за Смајли задатак 200 и 2000 милисекунди и за Глобал-локал задатак 200 и 3200 милисекунди. Такође, у наведеним задацима је извршено додатно тримовање времена реакције тако што су за сваког испитаника израчунате критичне вредности од 3 СД изнад и испод медијане за његова времена реакције у том задатку (за сваки блок посебно), а затим су све вредности времена реакције тог испитаника које су биле изван оквира  $\pm 3$  СД замењене критичном вредношћу.

Мера уштеде времена и мера пропорције грешака на Смајли задатку, Глобал-локал задатку, Модификованом Струповом задатку, као и мера уштеде времена на задатку Лево-десно, изражене су негативним вредностима и кодиране тако да већи резултат означава бољу развијеност дате ЕФ. Такође, резултати моторичких тестова који су изражени временом (секунд), а у којима је циљ за што краће време извршити моторички задатак (тестови Спринт 20 метара, Прескакање и провлачење и  $4 \times 5$  метара), добили су негативни предзнак, тако да већи резултат означава бољу моторичку способност.

Од 158 испитаника у узорку, за 135 испитаника су постојали подаци са свих тестова (задатака). За два испитаника су недостајали подаци са свих моторичких тестова, док су за једног испитаника недостајали подаци са свих задатака ЕФ, па су ова три испитаника искључена из даље анализе. Такође, из даље анализе су искључена и два испитаника којима су недостајале мере са три, односно два задатка ЕФ, имајући у виду да за дате испитанике није била на располагању нити једна мера за неку од ЕФ, како би се путем анализе недостајућих вредности, регресијом предвиделе вредности мере која је недостајала. Из истог разлога је искључен један испитаник коме је недостајао податак са теста интелигенције. У наставку статистичке анализе су обрађени подаци за 152 испитаника.

За једанаест испитаника је недостајала само информација о броју месеци спортског стажа, за два испитаника само резултат теста Шатл ран - 20 метара, за два испитаника резултати са једног задатка ЕФ (Глобал-локал у једном случају, а у другом Смајли задатак), а за једног испитаника резултати тестова Скок удаљ,  $4 \times 5$  метара, Спринт 20 метара, Прескакање и провлачење и Шатл ран - 20 метара. Утврђено је да су недостајуће вредности потпуно случајне за дати узорак („MCAR“ тест није показао статистичку значајност,  $\chi^2(129) = 136.387, p = .311$ ), а

имајући у виду да је број недостајућих података релативно мали, као метод за импутацију података изабрана је појединачна импутација, на основу регресионе анализе. За импутацију на местима недостајућих вредности мера моторичких способности и спортског стажа, као предиктори су коришћене управо те варијабле, имајући у виду претпостављену међусобну повезаност мера моторичког простора. На исти начин су третиране и недостајуће вредности мера ЕФ, са тим што су предиктори у регресионој анализи недостајућих вредности биле мере са свих задатака ЕФ.

### 3.7.2. Дескриптивна статистичка анализа

У Табели 1 су приказани дескриптивни статистички показатељи моторичких способности, ЕФ, антропометријских варијабли, спорског стажа и интелигенције.

Табела 1. Дескриптивни показатељи свих варијабли из Студије 1 ( $N=152$ )

Назив варијабле (мерна јед.)	<i>Мин</i>	<i>Макс</i>	<i>М (СД)</i>	<i>Скјун (СЕ)</i>	<i>Курт (СЕ)</i>
Узраст (године) <sup>а</sup>	8.9	10.2	9.59 (0.28)	-.11 (.20)	-.58 (.40)
Висина (цм)	124	163	142.91 (7.19)	.22 (.20)	.06 (.39)
Маса (кг)	20	61	38.86 (8.44)	.70 (.20)	-.02 (.39)
Индекс масе тела (кг/м <sup>2</sup> )	12.20	29.00	18.90 (3.15)	.88 (.20)	.48 (.39)
Издржај у згибу (с)	0	97	19.07 (18.68)	1.50 (.20)	2.40 (.39)
Лежање–сед за 30 секунди (број понављања)	0	36	23.47 (4.72)	-.82 (.20)	4.23 (.39)
Скок удаљ из места (цм)	75	190	128.04 (18.31)	.45 (.20)	.90 (.39)
4 × 5 метара (с)	-10.3	-6.7	-7.92 (.63)	-.74 (.20)	1.41 (.39)
Спринт 20 метара (с)	-5.3	-3.6	-4.17 (.32)	-.65 (.20)	.51 (.39)
Претклон у седу (цм)	-5	35	19.01 (7.75)	-.48 (.20)	.68 (.39)
Прескакање и провлачење (с)	-9.9	-5.3	-7.10 (.86)	-.68 (.20)	.62 (.39)
Шатл ран - 20 метара (с)	120	810	402.02 (161.80)	.25 (.20)	-.89 (.39)
Памћење слова (број тачних одговора)	2	20	10.46 (3.61)	.04 (.20)	-.38 (.39)
Модификовани Струпов задатак (ДИФПГ)	-.48	.04	-.10 (.08)	-1.62 (.20)	4.40 (.39)
Модификовани Струпов задатак (ДИФВР)	-313.72	17.47	-138.64 (68.57)	-.07 (.20)	-.13 (.39)
Смајли задатак (ДИФПГ)	-.46	.09	-.09 (.07)	-1.32 (.20)	4.84 (.39)
Смајли задатак (ДИФВР)	-901.21	-135.34	-361.31 (125.76)	-1.25 (.20)	2.77 (.39)
Глобал-локал (ДИФПГ)	-.45	.02	-.16 (.09)	-.51 (.20)	.27 (.39)
Глобал-локал (ДИФВР)	-1721.77	37.73	-576.18 (266.78)	-1.10 (.20)	2.58 (.39)
Лево-десно (ДИФВР)	-155.12	211.61	-8.07 (62.94)	.97 (.20)	2.25 (.39)
Спортски стаж (број месеци)	0	66	29.88 (19.05)	-.06 (.20)	-1.05 (.39)
Интелигенција (број тачних одговора)	2	17	10.18 (2.43)	-.39 (.20)	.95 (.39)

*N* – укупан број испитаника; *Мин* – минимум; *Макс* – максимум; *М* – средња вредност;

*СД* – стандардна девијација; *Скјун* – скјунис; *Курт* – куртозис; *СЕ* – стандардна грешка;

ДИФПГ – диференцијални скор пропорције грешака; ДИФВР – диференцијални скор времена реакције

<sup>а</sup>Податак о тачном броју година није био доступан за четири испитаника

Из Табеле 1 се може видети да су дистрибуције мера за скоро све варијабле нормалне. Мере индекса масе тела су задовољавајуће, ако имамо у виду да је у овом узрасту вредност овог морфолошког показатеља од 19.5 навише – индикатор прекомерне масе тела (Cole, Bellizzi, Flegal, & Dietz, 2000). Дистрибуција резултата на тесту Издржај у згибу је померена удесно, што је у складу са природом теста и чињеницом да одређени проценат ученика може врло кратко да задржи положај тела који се захтева у тесту, или не може уопште. Ови ниски резултати приближавају аритметичку средину резултата ка нижим вредностима, па доста бољи резултати код већег броја испитаника у односу на аритметичку средину узрокују позитивну вредност скјуниса.

Крива дистрибуције резултата на тесту Лежање–сед за 30 секунди је лептокуртична, што се може објаснити природом репетитивне снаге на овом узрасту. Наиме, са децом овог узраста се углавном не упражњавају систематски вежбе репетитивне снаге прегибача трупа, па се може рећи да резултат на овом тесту умногоме зависи од природних својстава неуромоторног система и димензија тела. Прегледом хистограма је потврђено да је велики број испитаника постигао исти резултат, што је довело до издужења расподеле резултата око средње вредности.

Дистрибуције мера пропорције грешака на задацима инхибиције (Модификовани Струпов задатак) и премештања (Смајли задатак) померене су улево и могу говорити у прилог већим индивидуалним разликама у узорку испитаника. Наиме, прегледом хистограма се може видети да једна група ученика има знатно боље резултате од просека, а како је та група поприлично бројна, крива дистрибуције је и лептокуртична. Такође, може се рећи да су и дистрибуције мера уштеде времена на задацима премештања (Глобал-локал задатак и Смајли задатак) померене улево, али релативно нормалне у односу на дистрибуције пре трансформације сирових скорова, односно тримовања времена реакције испитаника на овим задацима.

### **3.7.3. Интеркорелације моторичких способности**

У Табели 2 резултати интеркорелације моторичких способности показују позитивну повезаност између скоро свих мера моторичког простора.

Табела 2. Интеркорелациона матрица резултата моторичких тестова

Назив варијабле	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Издржај у згибу	–							
2. Лежање–сед за 30 с	.504**	–						
3. Скок удаљ из места	.563**	.568**	–					
4. 4 × 5 метара	.437**	.534**	.526**	–				
5. Спринт 20 метара	.471**	.510**	.592**	.596**	–			
6. Претклон у седу	.127	.281**	.171*	.113	.103	–		
7. Прескакање и провлачење	.567**	.630**	.616**	.631**	.596**	.265**	–	
8. Шатл ран - 20 метара	.652**	.520**	.607**	.571**	.558**	.070	.581**	–

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

У Табели 2 се може приметити да су моторичке способности углавном међусобно повезане умереним до високим интензитетом. Једино мера гipкости на тесту Претклон у седу корелира са мањим бројем осталих моторичких способности – са репетитивном снагом на тесту Лежање–сед за 30 секунди, координацијом на тесту Прескакање и провлачење, и експлозивном снагом на тесту Скок удаљ из места (уз статистичку значајност нижег нивоа).

### 3.7.4. Интеркорелације егзекутивних функција

Имајући у виду претпостављену повезаност различитих ЕФ (Miyake et al., 2000), у нашем истраживању је проверен смер и интензитет повезаности између различитих мера ЕФ. У Табели 3 је приказана интеркорелациона матрица свих мера ЕФ коришћених у истраживању.

Табела 3. Интеркорелациона матрица мера егзекутивних функција

Назив варијабле	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Глобал-локал (ДИФПГ)	–							
2. Глобал-локал (ДИФВР)	.079	–						
3. Смајли задатак (ДИФПГ)	.232**	.073	–					
4. Смајли задатак (ДИФВР)	-.013	.494**	-.018	–				
5. Памћење слова	.108	.085	.239**	.165*	–			
6. Модификовани Струпов задатак (ДИФПГ)	.107	-.121	.047	-.135	-.032	–		
7. Модификовани Струпов задатак (ДИФВР)	.021	.217**	-.069	.090	-.097	.145	–	
8. Лево-десно (ДИФВР)	.108	-.081	-.075	-.026	.043	.071	.049	–

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ 

ДИФПГ – диференцијални скор пропорције грешака; ДИФВР – диференцијални скор времена реакције

Из Табеле 3 може се видети да су мере исте врсте (које се тичу времена, односно тачности) на задацима премештања у позитивној корелацији умереног интензитета, али да мере на задацима инхибиције нису у корелацији. Могуће објашњење за изостанак очекиване позитивне повезаности између мера уштеде у времену реакције приликом захтева за инхибицијом у задатку Лево-десно и Модификованом Струповом задатку може да буде у прелаким захтевима за инхибицијом у задатку Лево-десно. Наиме, у Табели 1 се може видети да је за задатак Лево-десно разлика у времену реакције испитаника између блока у коме не постоје захтеви за инхибицијом и блока у коме се захтева инхибиција – веома мала. Када је у питању мера ажурирања, не може да се коментарише однос добијене мере ажурирања са другим мерама исте ЕФ на овом узорку, имајући у виду да је у овом истраживању постојао само један задатак за процену ажурирања, а то је Памћење слова.

Када се анализирају односи мера различитих ЕФ, обе мере премештања на Смајли задатку су у позитивној корелацији умереног интензитета са мером ажурирања на задатку Памћење слова, а мера уштеде времена приликом премештања на задатку Глобал-локал је умерено позитивно повезана са мером уштеде времена приликом инхибиције на Модификованом Струповом задатку.

### 3.7.5. Корелације моторичких способности и егзекутивних функција

Као централно место Студије 1 овог истраживања, корелације моторичких способности и ЕФ су приказане у Табели 4, уз придодате корелације мера спортског стажа и интелигенције.

Табела 4. Интеркорелациона матрица моторичких способности, егзекутивних функција, спортског стажа и интелигенције

Назив варијабле	Глобал-локал (ДИФПГ)	Глобал-локал (ДИФВР)	Смајли задатак (ДИФПГ)	Смајли задатак (ДИФВР)	Памћење слова	Модиф. Струпов задатак (ДИФПГ)	Модиф. Струпов задатак (ДИФВР)	Лево-десно (ДИФВР)
Издржај у згибу	-.032	.154	.106	.087	-.068	.148	.302**	.088
Лежање–сед за 30 с	-.042	.142	.131	.101	-.035	.051	.215**	-.016
Скок удаљ из места	-.079	.110	.071	.078	.024	.089	.184*	.060
4 × 5 метара	-.003	.073	.035	.107	.040	.052	.072	-.042
Спринт 20 метара	-.059	.123	.148	.004	.018	.060	.105	-.066
Претклон у седу	.077	-.139	.062	-.073	.004	.071	.045	.001
Прескакање и провлачење	-.032	.097	.074	.134	-.008	.071	.226**	.005
Шатл ран - 20 метара	-.031	.215**	.170*	.147	-.048	.097	.231**	-.007
Спортски стаж	.005	.170*	.056	.152	.005	-.061	.162*	-.027
Интелигенција	.130	.147	.118	.053	.214**	-.077	-.082	-.113

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

ДИФПГ – диференцијални скор пропорције грешака; ДИФВР – диференцијални скор времена реакције

У Табели 4 се види да је укупно пет моторичких способности у позитивној корелацији ниског до умереног интензитета са мером инхибиције на Модификованом Струповом задатку, док је издржљивост, осим са поменутом мером инхибиције, у позитивној вези сличног интензитета и са по једном мером премештања на задацима Глобал-локал и Смајли. Ниједна моторичка способност није у вези са мером ажурирања. Са друге стране, интелигенција је, као контролна варијабла у овом истраживању, у позитивној корелацији ниског интензитета само са ажурирањем, па није било потребе за поновним извођењем корелационе анализе мера моторичких способности и ЕФ уз парцијализацију варијансе интелигенције. Број месеци спортског стажа је у позитивној вези са мером премештања на задатку Глобал-локал и мером инхибиције на Модификованом Струповом задатку.

Имајући у виду да је међусобна корелација свих моторичких способности осим гипкости умерена до висока, једно од могућих објашњења позитивне повезаности пет моторичких способности са мером уштеде времена на Модификованом Струповом задатку јесте корелација заједничке варијансе тих моторичких способности са варијансом поменуте мере на Модификованом Струповом задатку. То би у екстремном случају значило да ниједна моторичка способност не даје јединствен допринос објашњењу варијансе мере инхибиције на Модификованом Струповом задатку, тј. да је варијанса објашњена сваком појединачном моторичком способношћу једнака варијанси објашњеној свим моторичким способностима заједно. Друго могуће тумачење позитивне повезаности ових моторичких способности и дате



мере инхибиције би могло да буде постојање медијације. Наиме, позитивна повезаност појединих моторичких способности са мером инхибиције можда није директна, већ је посредована другом моторичком способношћу (медијатором) која је у позитивној вези и са датом моторичком способношћу и са поменутом мером инхибиције.

Да бисмо проверили да ли појединачне моторичке способности самостално објашњавају део варијансе мере уштеде времена на Модификованом Струповом задатку и у ком обиму, урадили смо регресиону анализу (ентер метод), у којој су мере датих моторичких способности биле предиктори, а мера уштеде времена на Модификованом Струповом задатку – критеријумска варијабла. Резултати (График 1) показују да након укључивања свих предиктора у регресиону једначину, значајан предиктор дате мере инхибиције остаје само мера издржљивости у снази (тест Издржај у згибу), што указује да би ова моторичка способност могла да буде медијатор позитивне повезаности осталих моторичких способности и ове мере инхибиције.

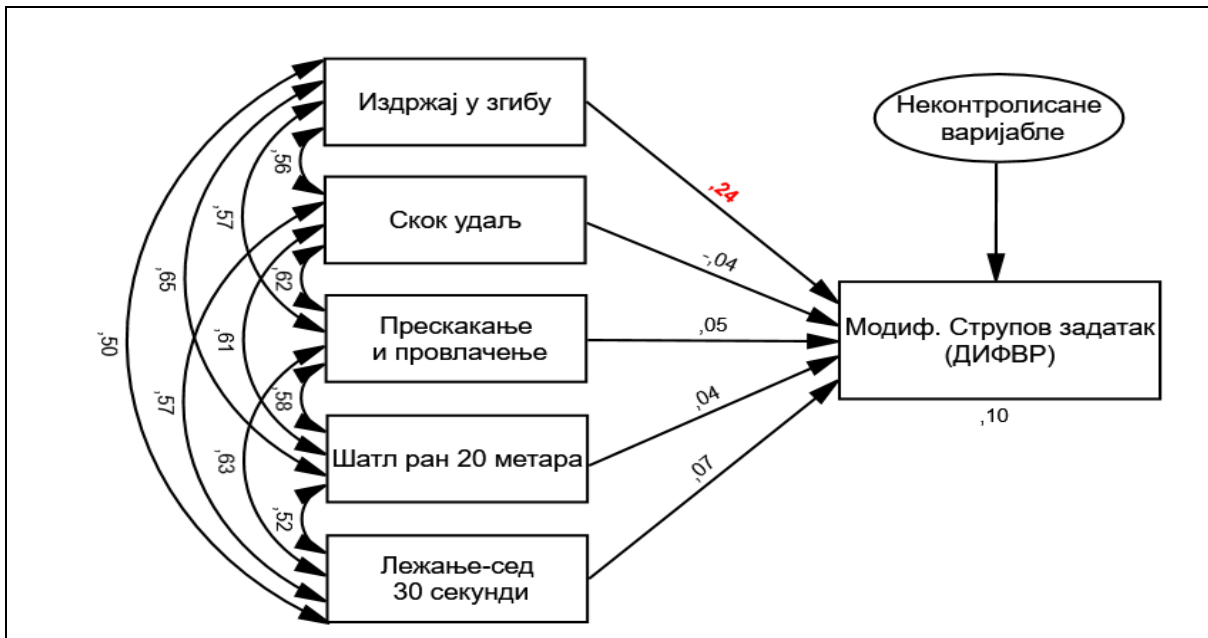


График 1. Регресиона анализа (ентер метод) са моторичким способностима као предикторима и мером уштеде времена на Модификованом Струповом задатку (ДИФВР) као критеријумском варијаблом  
 - Црвеном бојом је означен стандардизовани регресиони коефицијент ( $\beta$ ) на нивоу значајности  $p < .05$

У складу са добијеним резултатима корелационе и регресионе анализе, издвојила се веза између издржљивости у снази и мере инхибиције на Модификованом Струповом задатку (ДИФВР), као и издржљивости и по једне мере премештања на задатку Глобал-локал (ДИФВР) и Смајли задатку (ДИФПГ). У даљој анализи је проверено да ли су везе ових моторичких способности са датим ЕФ модериране нивоом неке друге моторичке способности, имајући у виду умерену до високу повезаност мера моторичког простора. Наиме, на везу моторичке способности и ЕФ може утицати друга моторичка способност, тако што нивоом своје развијености ту везу појачава или слаби. Ова накнадна статистичка анализа је спроведена низом регресионих анализа, у којима је критеријумска варијабла била једна од мера ЕФ за коју је у претходним корелационим анализама утврђена недвосмислена позитивна повезаност са

одговарајућом мером моторичког простора – мера инхибиције на Модификованом Струповом задатку (ДИФВР), мера премештања на Глобал-локал задатку (ДИФВР), или мера премештања на Смајли задатку (ДИФПГ). У први блок сваке регресионе анализе се уносила моторичка варијабли за коју је утврђено да је у позитивној вези са одговарајућом ЕФ (издржљивост у снази, односно издржљивост) и моторичка варијабли чија се модераторска улога тестирала (мере свих осталих моторичких способности, једна по једна), а у други блок се уносила интеракција центрираних вредности поменуте две варијабли. На тај начин се одређивало да ли интеракција моторичких способности може додатно да објасни варијансу критеријумске варијабли, тј. да је објасни боље него што то чини мера само једне моторичке способности (издржљивости у снази, односно издржљивости). Анализом потенцијалног модерирајућег ефекта је откривено да модерација постоји само у два случаја: веза између издржљивости у снази и мере инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку је модерирана издржљивошћу (График 2), а веза између издржљивости и мере премештања (ДИФПГ) на Смајли задатку модерирана је координацијом (График 3).

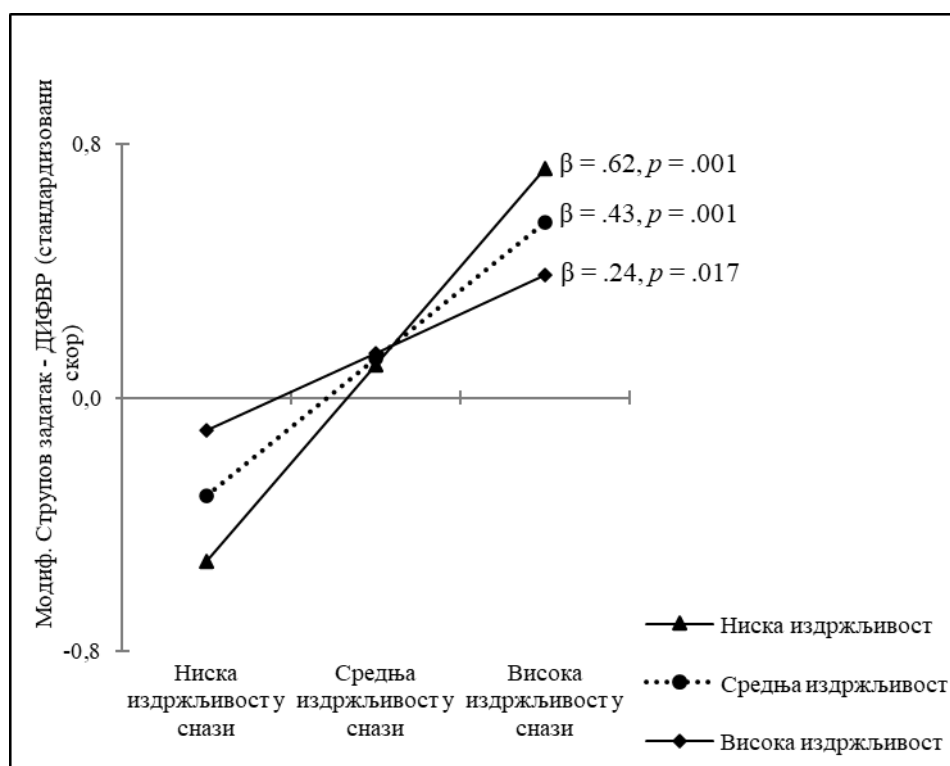


График 2. Инхибиција на Модификованом Струповом задатку (ДИФВР) као функција издржљивости у снази ученика са ниском, средњом и високом издржљивошћу

Анализа нагиба добијених модерационом регресијом, приказана на графику 2, показује да позитивна повезаност између издржљивости у снази и инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку постоји на сва три нивоа издржљивости. Ова веза је најизраженија при ниској издржљивости у снази ( $\beta = .62, p < .01$ ), мање је изражена при средњој издржљивости у снази ( $\beta = .43, p < .01$ ), а најмање при високој издржљивости у снази ( $\beta = .24, p < .05$ ).

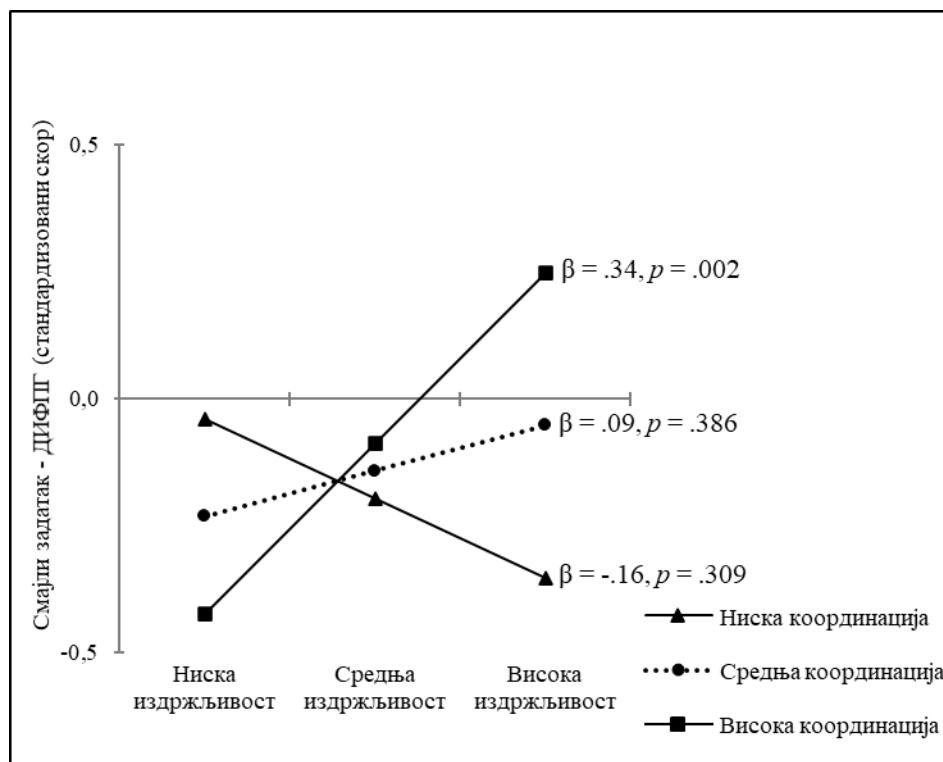


График 3. Премештање на Смајли задатку (ДИФПГ) као функција издржљивости ученика са ниском, средњом и високом координацијом

На графику 3 се види да позитивна повезаност између издржљивости и премештања (ДИФПГ) постоји само када је координација на високом нивоу ( $\beta = .34, p < .01$ ), док у случају средњег ( $\beta = .09, p > .05$ ) и ниског нивоа координације ( $\beta = -.16, p > .05$ ), веза између издржљивости и премештања није статистички значајна.

Када се у обзир узму сви налази Студије 1, издваја се повезаност издржљивости са премештањем (ДИФВР) на Глобал-локал задатку и повезаност високог нивоа издржљивости и координације са ефикасношћу премештања (ДИФПГ) на Смајли задатку. Даље, са мером инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку су такође повезане ове две моторичке способности, као и репетитивна снага прегибача тупа и експлозивна снага опружача ногу, али се ипак најбољим предиктором ове мере инхибиције показала издржљивост у снази. Ови налази оправдавају испитивање могућности да физичко вежбање усмерено на унапређење одређених моторичких способности унапреди и поједине ЕФ.

## 4. Студија 2

### 4.1. Предмет и циљеви истраживања

Имајући у виду да су се издржљивост у снази, координација и издржљивост показале као најзначајнији предиктори премештања и инхибиције у корелационим анализама Студије 1 (интеркорелација, регресиона анализа, модерациона анализа), а да је издржљивост у снази (јачина и статичка издржљивост) моторичка способност коју не би требало развијати у овом узрасту (Kukulj, 2006), предмет истраживања у Студији 2 су ефекти програма физичких активности које унапређују издржљивост и координацију, на премештање и инхибицију.

Први циљ Студије 2 је да се утврди да ли експериментални програм физичких активности усмерених на побољшање издржљивости и координације, без додатних когнитивних захтева, може унапредити ЕФ премештања и инхибиције. Ефикасност оваквог програма је посебно битно испитати због већ поменутих примедби појединих аутора да експериментални програми физичког вежбања усмерени на унапређење ЕФ у себи садрже когнитивне захтеве сличне онима у експерименталним задацима за процену ЕФ, и да управо ти захтеви могу бити разлог ефикасности таквих програма. Надовезујући се на први циљ, други циљ истраживања је да се утврди да ли ће исти експериментални програм, али уз додатне когнитивне задатке који захтевају испољавање премештања и инхибиције, више унапредити ове ЕФ, у односу на први експериментални програм који не поседује додатне когнитивне захтеве.

### 4.2. Хипотезе

На основу резултата Студије 1, као и налаза претходних истраживања, могу се извести следеће хипотезе:

$H_1$  – Програм експерименталних физичких активности без додатних когнитивних захтева ће побољшати издржљивост, координацију, премештање и инхибицију.

$H_2$  – Варијанта програма експерименталних физичких активности са придодатим задацима премештања и инхибиције ће, осим побољшања издржљивости и координације, додатно унапредити поменуте две ЕФ, у односу на варијанту програма без интегрисаних задатака ЕФ.

### 4.3. Испитаници

Узорак испитаника у Студији 2, која је започета три месеца након Студије 1, чинио је део узорка испитаника из Студије 1, односно 94 ученика. У првој експерименталној групи је било 32 испитаника ( $10.1 \pm 0.29$  година), у другој експерименталној групи 31 ( $10.2 \pm 0.28$  година), као и у контролној групи ( $10.1 \pm 0.23$  година).

#### 4.4. Варијабле и њихово мерење

Резултати мерења моторичких способности (издржљивости и координације) и ЕФ (премештања на оба задатка и инхибиције на Модификованом Струповом задатку) из Студије 1 су коришћени као подаци иницијалног мерења, а исти тестови/задачи су поновљени на финалном мерењу.

#### 4.5. Експериментални програми

Са првом експерименталном групом (Е1) је у једном делу часа реализован програм вежбања за унапређење издржљивости и координације, уз команде за започињање кретања које нису захтевале испољавање премештања и инхибиције, а са другом експерименталном групом (Е2) је реализован исти програм, али уз команде за започињање кретања које су захтевале испољавање премештања и инхибиције (Табела 5). Часови физичког васпитања за обе експерименталне групе су имали исту структуру. Састојали су се од петоминутног аеробног загревања, уз динамичке вежбе гипкости за различите делове тела у току ходања и трчања. Након тога су се током 25 минута изводиле вежбе издржљивости и координације (са поступним усложњавањем), на *аудитивне, визуелне и тактилне* команде (за Е1 без захтева за испољавањем премештања и инхибиције, а за Е2 уз захтеве за испољавањем тих ЕФ). Ове три врсте команди су коришћене да би се укључили различити механизми процесирања информација. Након што је 70-80% ученика овладало актуелним кретањем, оно се замењивало новим/сложенијим кретањем. Последњих 10 минута су са обе експерименталне групе реализовани координационо захтевни садржаји једне од четири области које су се смењивале на недељном нивоу и постепено усложњавале: ритмички и плесни садржаји, вежбе са скоковима и ротацијама, вежбе окуломоторне координације и хваталице са необичним кретањима. Током првих 30 минута сваког часа активности су биле у опсегу од умереног до високог аеробног интензитета, док је интензитет у последњих 10 минута зависио од врсте активности које су реализоване (Табела 5). Тако на пример, када су реализоване вежбе окуломоторне координације (рушење пампура кажипрстом у ходању), интензитет аеробне активности је био низак, а када су реализоване хваталице, интензитет аеробне активности је био висок.

За први моторички задатак са *аудитивним* командама, на носачу звука је снимљен мушки глас који даје команду за моторичку радњу која треба да се изведе: „назад“ за суножне скокове уназад, или „напред“ за суножне скокове унапред. Ова кретања су поступно усложњавана променом начина скокова (широко-уско), укључивањем покрета рукама (у једној равни, па у различитим равнима). Ученици (под овим термином се подразумевају и дечаци и девојчице) који су били распоређени у две врсте на краћим страницама сале, након звучне команде, истовремено су изводили кретање до средине сале и враћали се на почетну позицију, а на следећу звучну команду ученици распоређени у две врсте на средини сале (окренути су леђа о леђа једни другима) изводили су исто кретање до једне, односно друге краће странице сале и назад, до средине сале. Распоред ученика обе експерименталне групе током задатака са *аудитивним* и *визуелним* командама је приказан на Слици 1. Десет стимулуса за сваког ученика је чинило први блок овог задатка. За Е2 други блок од укупно десет стимулуса је садржао четири до пет стимулуса који захтевају испољавање инхибиције. Наиме, ако снимљени глас *гласно изговори*: „назад“ или „напред“, то је знак да је потребно да се ученик уздржи од моторичке радње. У случају изговарања команде уобичајеном јачином, ученик треба да изведе

моторичку радњу као у првом блоку. Уздржавање од реакције током „гласних стимулуса“ из другог блока је био показатељ добре инхибиције ученика у Е2. Други блок за Е1 је по захтевима био исти као претходни, односно није захтевао од ученика инхибицију, али га је чинило пет стимулуса, односно ученици су пет пута изводили описано кретање на звучну команду. Ово смањење обима кретања која ученици треба да изведу је одговарало смањеном обиму кретања ученика у Е2 групи, у којој је четири до пет стимулуса од њих захтевало да се не крећу (стимулуси који су захтевали инхибицију).



Слика 8. Распоред испитаника експерименталне групе током вежбања са коришћењем визуелних стимулуса

За други моторички задатак са аудитивним командама, ученици су били исто распоређени (у два пара наспрамних врста), а на носачу звука су одвојено снимљени мушки и женски глас како изговарају команде „лево“, односно „десно“. Ученицима се објаснило да ако их стимулус „упути“ на девојчицу – треба да се крећу четвороношке уназад, а ако их „упути“ на дечака – треба да се крећу у упору пред рукама уназад (уз поступно усложњавање покрета ногама: широко-уско, на сваки други, трећи корак једном или другом ногом и слично). Да би то било могуће, сваки ученик је са леве и десне стране имао особе различитог пола, па су ученици били распоређени по шеми два дечака, две девојчице. Уколико је ученик последњи у својој врсти, важило је правило да када га команда упути на страну где нема ученика, треба да реагује супротно од своје реакције на другој страни. У првом блоку мушки глас је изговарао „лево“ или „десно“. На овај стимулус све девојчице су морале да се окрећу у супротну страну од реченог (јер нису мушког пола) и да изводе раније објашњено кретање које је у складу са полом ученика који им се налази са стране на коју су се окренуле. Насупрот девојчицама, дечаци су се окретали у страну која је изречена командом мушким гласом (јер су мушког пола) и изводили кретање у складу са полом ученика који им се налазио са те стране. У другом блоку овог задатка женски глас је изговарао „лево“ или „десно“. Сви дечаци су се окретали у супротну страну од реченог и изводили кретање у складу са полом ученика који им се налазио са те стране. Девојчице су се,

пак, окретале на страну која је изречена женским гласом и такође се кретале у складу са полом ученика који се налазио са те стране. Први и други блок су имали по десет стимулуса за сваког члана пара и били су исти за ученике E1 и E2. За E2 трећи блок је представљао комбинацију прва два блока. У овом блоку су се мушки и женски глас смењивали насумичним редоследом (укупно десет стимулуса), а сваки ученик је реаговао у складу са правилима из прва два блока. Брза и тачна реакција ученика је била мера добре способности премештања. За E1 трећи блок се састојао од по пет стимулуса изговорених мушким, а затим женским гласом, што је ученицима унапред најављено (није постојао захтев за испољавањем ЕФ премештања).

За моторичке задатке са визуелним командама коришћене су стрелице (које су усмерене лево, односно десно) на пластифицираним папирима димензија 210 × 297 mm. Ученици су били распоређени у четири врсте, по две врсте једна наспрам друге, као у вежбама са аудитивним стимулусима. Парови у наспрамним врстама су у два одвојена блока, на команду наставника, показивали стрелице свом пару. У првом блоку првог моторичког задатка са визуелним командама, у обе експерименталне групе ученици су показивали зелену стрелицу лево или десно, што значи да њихов пар у наспрамној врсти треба да се ротира за 360 степени у ту страну. Након серије од десет стимулуса, парови су мењали улоге. Други блок за E1 је исти као претходно описани, али га је чинило пет визуелних стимулуса за сваког ученика у пару. У другом блоку за E2 ученик је показивао свом пару и зелене и црвене стрелице. У току серије од десет стимулуса, четири до пет стимулуса су морале бити стрелице црвене боје, током чијег показивања ученик из наспрамне врсте треба да се уздржи од реакције и покаже добру инхибицију. Ученици који су показивали стрелице, у обе експерименталне групе, у сваком блоку су добијали команду да буду што непредвидивији у томе (лево–десно, зелена–црвена), чиме се тежило рандомизацији редоследа стимулуса.

За други моторички задатак са визуелним командама ученици су такође били распоређени у врсти (два дечака, две девојчице), али је додатни захтев у овом задатку био да се наспрамне врсте поставе тако да чланови сваког пара у наспрамним врстама буду различитог пола. Такође, уколико је ученик био последњи у својој врсти, важило је правило да када га команда упуту на страну где нема ученика, треба да реагује супротно од своје реакције на другој страни. То се наглашавало и његовом пару из наспрамне врсте. У првом блоку ученици су показивали само зелену стрелицу лево или десно, а њихов пар је требало да погледа лево, односно десно од себе и да се креће у складу са полом ученика који се налазио са те стране (уназад у упору пред рукама ако је то дечак, а четвороножно уназад ако је девојчица, али се шема покрета поступно усложњавала на већ описани начин). Након серије од десет стимулуса, парови су мењали улоге. У другом блоку ученици су показивали само црвену стрелицу лево или десно, а њихов пар је требало да погледа лево, односно десно од партнера прекопута себе и да се креће у складу са полом ученика који се налазио са те стране партнера. Након серије од десет стимулуса, парови су мењали улоге. Трећи блок за E2 је представљао комбинацију прва два блока. У овом блоку укупно десет зелених и црвених стрелица су се смењивали насумичним редоследом, а сваки ученик је реаговао у складу са правилима из прва два блока. Брза и тачна реакција ученика је била мера добре способности премештања, које је осигурано поменутих распоредом ученика, јер се захтевано кретање разликовало за црвене и зелене стрелице истог смера. За E1 трећи блок се састојао од пет зелених, а затим црвених стрелица које су захтевале реакцију научену у прва два блока. Редослед стимулуса је ученицима унапред најављен, па у задатку није постојао захтев за испољавањем ЕФ премештања. Ученици који су показивали стрелице, у обе експерименталне групе, у сваком блоку су добијали команду да буду што

непредвидивији у томе (лево–десно, зелена–црвена), чиме се тежило рандомизацији редоследа стимулуса.

За први моторички задатак на *тактилну* команду коришћен је додир партнера. Ученици су у паровима стајали једно иза другог. У првом блоку је било потребно да ученик партнера испред себе додирне кратко целом шаком по лопатици. Ако му додирне леву лопатицу – партнер се окретао за 360 степени улево, а ако му додирне десну лопатицу – окретао се за 360 степени удесно, а затим, у оба случаја, галопом странце ишао до средине сале и назад. Ово кретање се поступно усложњавало укључивањем покрета рукама у различитим равнима, укључивањем високог скипа странце, са различитим покретима рукама и слично. Након десет стимулуса партнери су мењали улоге. Други блок за Е1 је био исти као претходни, али га је чинило пет тактилних стимулуса за сваког ученика у пару. У другом блоку за Е2 ученик је свог партнера требало да додирне по лопатици, али ако задржи руку на њој – давао је команду да треба инхибирати реакцију на тај стимулус. Од десет стимулуса у другом блоку, четири до пет стимулуса су захтевали инхибицију. Ученици из обе експерименталне групе, који су имали задатак да додирну партнера, у сваком блоку су добијали команду да буду што непредвидивији у томе (лево–десно, кратак додир–задржавање шаке), чиме се тежило рандомизацији редоследа стимулуса.

Други задатак на тактилну команду је био сличан као први. Први блок је био исти као у претходном задатку (кратак додир леве лопатице – окретање улево и кретање галопом странце, а додир десне лопатице – окретање удесно и кретање галопом странце, уз периодично усложњавање шеме покрета). У другом блоку је стимулус био кратак додир рамена. Уколико партнер додирне лево раме – ученик се окретао удесно и кретао се на претходно описани начин, а уколико додирне десно раме – ученик се окретао улево и кретао се на захтевани начин. Трећи блок за Е2 је представљао комбинацију прва два блока. У овом блоку се смењивало укупно десет додира лопатице и рамена, а сваки ученик је реаговао у складу са правилима из прва два блока. Брза и тачна реакција ученика је била мера добре способности премештања. За Е1 трећи блок се састојао од по пет додира лопатице, а затим рамена, који су захтевали реакцију научену у прва два блока. Редослед стимулуса је ученицима унапред најављен, па у задатку није постојао захтев за испољавањем ЕФ премештања. Као и у претходном задатку са тактилним стимулусима, ученици из обе експерименталне групе, који су имали задатак да додирну партнера, у сваком блоку су добијали команду да буду што непредвидивији у томе (лево–десно, лопатица–раме), чиме се тежило рандомизацији редоследа стимулуса.



Табела 5. Дванаестонедељни оперативни план вежбања за експерименталне групе (Е2 и Е1<sup>а</sup>)

РЕДНИ БРОЈ НЕДЕЉЕ И ВРСТА ВЕЖБАЊА	РЕДНИ БРОЈ И САДРЖАЈ ОСНОВНЕ ФАЗЕ ЧАСА
1. Обучавање ученика командама и начинима кретања	1. Упознавање ученика са експерименталним третманом
	2. Упознавање ученика са експерименталним третманом
	3. Упознавање ученика са експерименталним третманом
2. Задаци ЕФ на аудитивне, визуелне и тактилне стимулусе (уз остале садржаје, реализује се сваке наредне недеље)	4. Инхибиција и премештање (по пет аудитивних, визуелних и тактилних стимулуса у сваком задатку/блоку)
	5. Инхибиција и премештање (по пет аудитивних, визуелних и тактилних стимулуса у сваком задатку/блоку)
	6. Инхибиција и премештање (по пет аудитивних, визуелних и тактилних стимулуса у сваком задатку/блоку)
3. Ритмички и плесни садржаји 1	7. Инхибиција (аудитивни, визуелни), премештање (тактилни), плесне/ритмичке вежбе по принципу огледала
	8. Инхибиција (тактилни), премештање (аудитивни, визуелни), плесне/ритмичке вежбе по принципу огледала
	9. Инхибиција (аудитивни, тактилни), премештање (визуелни, тактилни), плесне/ритмичке вежбе по принципу огледала
4. Вежбе са скоковима и ротацијама 1	10. Инхибиција (визуелни), премештање (аудитивни), скокови увис и удаљ са ротацијама
	11. Инхибиција (аудитивни), премештање (визуелни), скокови увис и удаљ са ротацијама
	12. Инхибиција (тактилни), премештање (тактилни), скокови увис и удаљ са ротацијама
5. Вежбе окулomotorне координације 1	13. Инхибиција (визуелни), премештање (тактилни), фини хватови карата са и без палца руке (између ногу уназад, у чучњу)
	14. Инхибиција (тактилни), премештање (визуелни), фини хват/рушење пампура са статичне шаке партнера, у ходању напред
	15. Инхибиција (аудитивни), премештање (аудитивни), фини хватови са и без палца у разним положајима и хват/рушење
6. Хваталице са необичним кретањима 1	16. Инхибиција (аудитивни), премештање (тактилни), хваталице у трчању назад (са променљивом шемом корака)
	17. Инхибиција (тактилни), премештање (аудитивни), хваталице у трчању назад (са променљивом шемом корака)
	18. Инхибиција (визуелни), премештање (визуелни), хваталице у трчању назад (са променљивом шемом корака)
7. Ритмички и плесни садржаји 2 (од ове недеље кретања су била координационо захтевнија)	19. Инхибиција (аудитивни), премештање (визуелни), координационо захтевна плесна кореографија
	20. Инхибиција (визуелни), премештање (аудитивни), координационо захтевна плесна кореографија
	21. Инхибиција (тактилни), премештање (тактилни), координационо захтевна плесна кореографија

8. Вежбе са ротацијама 2	22. Инхибиција (тактилни), премештање (визуелни), котрљање око уздужне осе, праћено ходањем уназад по линији
	23. Инхибиција (визуелни), премештање (тактилни), котрљање око уздужне осе, праћено ходањем уназад по линији
	24. Инхибиција (аудитивни), премештање (аудитивни), котрљање око уздужне осе, праћено ходањем уназад по линији
9. Вежбе окулomotorне координације 2	25. Инхибиција (тактилни), премештање (аудитивни), слагање карата – куле
	26. Инхибиција (аудитивни), премештање (тактилни), слагање карата – куле
	27. Инхибиција (визуелни), премештање (визуелни), слагање карата – куле
10. Хваталице са необичним кретањима 2	28. Инхибиција (визуелни), премештање (аудитивни), хваталице
	29. Инхибиција (аудитивни), премештање (визуелни), хваталице
	30. Инхибиција (тактилни), премештање (тактилни), хваталице
11. Ритмички и плесни садржаји 3	31. Инхибиција (визуелни), премештање (тактилни), ученици задају кретање у ритму музике
	32. Инхибиција (тактилни), премештање (визуелни), ученици задају кретање у ритму музике
	33. Инхибиција (аудитивни), премештање (аудитивни), ученици задају кретање у ритму музике
12. Хваталице са необичним кретањима 3	34. Инхибиција (аудитивни), премештање (тактилни), ученици смишљају хваталице
	35. Инхибиција (тактилни), премештање (аудитивни), ученици смишљају хваталице
	36. Инхибиција (визуелни), премештање (визуелни), ученици смишљају хваталице

<sup>a</sup>За E1 план рада је био исти као за E2, али без захтева за премештањем и инхибицијом

#### 4.6. Програм контролне групе

Програм контролне групе је обухватио садржаје предвиђене Програмом физичког васпитања за четврти разред основне школе, реализоване током дванаест недеља. Већина ових садржаја се односила на програмску област атлетика. Почетак часа контролне групе је био сличан почетку часа експерименталних група и обухватао је петоминутно аеробно загревање, али кроз когнитивно сложенију активност – хваталице у којима је задатак да једно или двоје ученика јуре остале који морају да беже, али и да у ситуационо-променљивим условима воде рачуна о кретању осталих учесника у игри, избегавају сударање, предвиђају најбољу путању трчања и слично. Након тога ученици су десет минута радили вежбе обликовања, за одржавање и развој снаге и гipкости. У основној фази часа су током 25 минута изводили пре свега вежбе брзине, експлозивне снаге и координације кроз садржаје атлетике (Табела 6). Активности током првих 5

минута и последњих 25 минута су биле у опсегу од умереног до високог аеробног интензитета, у складу са периодичним мерењем пулса насумично изабраних ученика, док је интензитет током 10 минута реализације вежби обликовања зависио од карактеристика вежби које су се примењивале, а у складу са задацима конкретне наставне јединице.

Табела 6. Дванаестонедељни оперативни план физичког вежбања за контролну групу (К)

РЕДНИ БРОЈ НЕДЕЉЕ И ВРСТА ВЕЖБАЊА	РЕДНИ БРОЈ И САДРЖАЈ ОСНОВНЕ ФАЗЕ ЧАСА
1. Штафетне игре из трећег разреда	1. Штафетне игре са трчањем и прескакањем
	2. Штафетне игре са трчањем и прескакањем
	3. Штафетне игре са трчањем и прескакањем
2. Основе спортских игара (фудбал) и игре хваталице	4. Фудбал (углавном дечаџи), хваталице (углавном девојџице)
	5. Фудбал (углавном дечаџи), хваталице (углавном девојџице)
	6. Фудбал (углавном дечаџи), хваталице (углавном девојџице)
3. Атлетика (спринтерско трчање, варијанте штафетног трчања)	7. Игре са трчањем (такмичење парова) на различите команде (на бројеве, боје)
	8. Игре са трчањем (такмичење парова) на различите команде (на бројеве, боје)
	9. Игре са трчањем (такмичење парова) на различите команде (на бројеве, боје)
4. Атлетика (трчање и варијанте скокова)	10. Штафетне игре са трчањем и суножним скоковима
	11. Штафетне игре са трчањем и суножним скоковима
	12. Штафетне игре са трчањем и суножним скоковима
5. Природни облици кретања, атлетика (варијанте трчања, прескакања, провлачења)	13. Полигони са трчањем цик-цак, провлачењем кроз обруч, трчањем преко препона
	14. Полигони са трчањем цик-цак, провлачењем кроз обруч, трчањем преко препона
	15. Полигони са трчањем цик-цак, провлачењем кроз обруч, трчањем преко препона
6. Атлетика (спринтерско трчање)	16. Спринтерско трчање (такмичење)
	17. Спринтерско трчање (такмичење)
	18. Спринтерско трчање (такмичење)

7. Вежбе са пузањем и прескакањем	19. Полигон са прескакањем препона и провлачењем кроз оквире шведског сандука
	20. Полигон са прескакањем препона и провлачењем кроз оквире шведског сандука
	21. Полигон са прескакањем препона и провлачењем кроз оквире шведског сандука
8. Вежбе брзине и равнотеже	22. Штафетне игре са трчањем и ходањем по смањеној површини ослонца
	23. Штафетне игре са трчањем и ходањем по смањеној површини ослонца
	24. Штафетне игре са трчањем и ходањем по смањеној површини ослонца
9. Основе спортских игара (фудбал, одбојка)	25. Фудбал (углавном дечаџи), одбојка (углавном девојџице)
	26. Фудбал (углавном дечаџи), одбојка (углавном девојџице)
	27. Фудбал (углавном дечаџи), одбојка (углавном девојџице)
10. Штафетне игре са задацима спретности	28. Трчање унапред и уназад, провлачење кроз обручеве
	29. Трчање унапред и уназад, провлачење кроз обручеве
	30. Трчање унапред и уназад, провлачење кроз обручеве
11. Штафетне игре са задацима спретности	31. Штафетне игре са трчањем, бочним прескоцима преко шведске клупе уз ослањање рукама на клупу, ротацијама око своје осе
	32. Штафетне игре са трчањем, бочним прескоцима преко шведске клупе уз ослањање рукама на клупу, ротацијама око своје осе
	33. Штафетне игре са трчањем, бочним прескоцима преко шведске клупе уз ослањање рукама на клупу, ротацијама око своје осе
12. Атлетика (спринтерско трчање)	34. Игре са трчањем (такмичење парова) из различитих почетних положаја
	35. Игре са трчањем (такмичење парова) из различитих почетних положаја
	36. Игре са трчањем (такмичење парова) из различитих почетних положаја

#### 4.7. Процедуре

Ученици су били распоређени у две експерименталне групе и једну контролну. Ученици из експерименталних група су се током прве недеље упознавали са начином извођења вежби и командама за различите вежбе. Са све три групе је током дванаест недеља реализован одговарајући програм на часу физичког васпитања, три пута недељно по 45 минута. Све групе су вежбале у слично доба дана и то једне седмице пре подне, а друге после подне. По завршетку

реализације сва три програма вежбања поново је спроведено тестирање, у исто доба дана (после подне) када је спроведено и иницијално мерење.

#### **4.8. Статистичка анализа**

Обрада података се односила на дескриптивну статистичку анализу за варијабле антропометријског, моторичког и психолошког простора (аритметичка средина, стандардна девијација, скјунис, куртозис) након реализације дванаестонедељног програма вежбања. Анализом варијансе са поновљеним мерењима је упоређена промена у моторичким способностима (издржљивост и координација) и ЕФ (премештање на задатку Глобал-локал и Смајли задатку, као и инхибиција на Модификованом Струповом задатку) испитаника три групе након дванаест недеља реализације програма, у односу на стање пре реализације програма.

#### **4.9. Резултати Студије 2**

##### **4.9.1. Припрема података за статистичку обраду**

Подаци са финалног мерења су припремљени за обраду на исти начин као подаци са иницијалног мерења. Као припрема за примену планираних статистичких процедура извршен је преглед свих података добијених у завршном тестирању, као и њихових дистрибуција. На сва три задатка ЕФ (Глобал-локал, Смајли задатак и Модификовани Струпов задатак), времена реакције испитаника на стимулусе на које су тачно одговорили су брисана уколико су била мања од 200 милисекунди, односно мања од простог времена реакције. У наставку је извршено тримовање времена реакције за сва три задатка (и посебно за сваки блок у Смајли задатку и Глобал-локал задатку). Прво је утврђена средња вредност медијана времена реакције свих испитаника, као и средња вредност стандардне девијације (СД) поменутих времена реакције. Затим су израчунате критичне вредности времена реакције од приближно 3 СД изнад и испод добијене средње вредности медијана времена реакције, а сва појединачна времена реакције која су излазила из овог оквира су била замењена критичном вредношћу. За Модификовани Струпов задатак критичне вредности су биле у распону између 200 и 1500 милисекунди (за различите категорије стимулуса), за Смајли задатак између 200 и 1700 милисекунди, у зависности од блока, а за Глобал-локал задатак између 200 и 2400 милисекунди, у зависности од блока. Такође, у наведеним задацима је извршено додатно тримовање времена реакције тако што су за сваког испитаника израчунате критичне вредности од 3 СД изнад и испод медијане за његова времена реакције у том задатку (за сваки блок посебно), а затим су све вредности времена реакције тог испитаника које су биле изван оквира  $\pm 3$  СД, замењене критичном вредношћу.

Мера пропорције грешака и мера уштеде времена на Смајли задатку, Глобал-локал задатку и Модификованом Струповом задатку су изражене негативним вредностима, а кодиране тако да већи резултат означава бољу развијеност дате ЕФ. Имајући у виду да на тесту координације краће време извођења представља бољи резултат, временима испитаника је из тог разлога додат негативан предзнак.

Од 94 испитаника у све три групе, за 86 испитаника су постојали подаци са оба моторичка теста и сва три задатка ЕФ, док је за двоје испитаника недостајао само резултат теста Шатл ран - 20 метара, па су резултати за 88 испитаника надаље анализирани. У Е1 двоје испитаника није имало нити једну меру на тестовима моторичких способности и задацима ЕФ, у Е2 је то био случај за једног испитаника, а у контролној групи за троје. То значи да су у Е1 и Е2 на крају анализирани подаци за по 30 испитаника, а у К за 28 испитаника.

#### **4.9.2. Дескриптивна статистичка анализа**

У Табели 7 су приказани дескриптивни статистички показатељи издржљивости и координације, као и мере на задацима Смајли, Глобал-локал и Модификованом Струповом задатку на иницијалном и финалном мерењу.

Табела 7. Дескриптивни показатељи на иницијалном (И) и финалном (Ф) мерењу ( $N=88$ )

Назив варијабле (мерна јед.)	<i>Мин</i>		<i>Макс</i>		<i>М</i> ( <i>СД</i> )		<i>Скјун</i> ( <i>СЕ</i> )		<i>Курт</i> ( <i>СЕ</i> )	
	И	Ф	И	Ф	И	Ф	И	Ф	И	Ф
Висина (цм)	128	133	163	169	143.77 (7.54)	149.39 (7.96)	.26 (.26)	.21 (.26)	-.29 (.51)	-.33 (.51)
Маса (кг)	25	28	59	69	39.43 (8.68)	43.96 (10.02)	.70 (.26)	.83 (.26)	-.48 (.51)	-.11 (.51)
Индекс масе тела (кг/м <sup>2</sup> )	14.20	14.22	26.50	27.24	18.93 (3.04)	19.53 (3.20)	.72 (.26)	.73 (.26)	-.43 (.51)	-.33 (.51)
Прескакање и провлачење (с)	-9.9	-10.40	-5.30	-5.60	-7.03 (.87)	-7.02 (.92)	-.69 (.26)	-1.01 (.26)	1.04 (.51)	1.69 (.51)
Шатл ран - 20 метара (с) <sup>а</sup>	120	120	810	746	404.17 (169.01)	407.05 (149.98)	.23 (.26)	.20 (.26)	-.87 (.51)	-.74 (.51)
Мод. Струпов задатак (ДИФПГ)	-.28	-.41	.04	.09	-.09 (.07)	-.09 (.08)	-.52 (.26)	-1.15 (.26)	-.06 (.51)	3.07 (.51)
Мод. Струпов задатак (ДИФВР)	-313.72	-235.91	.63	-4.72	-134.04 (65.43)	-111.26 (52.08)	-.18 (.26)	-.28 (.26)	.11 (.51)	-.42 (.51)
Смајли задатак (ДИФПГ)	-.46	-.34	.09	.01	-.09 (.07)	-.07 (.06)	-1.61 (.26)	-1.77 (.26)	7.10 (.51)	5.04 (.51)
Смајли задатак (ДИФВР)	-901.21	-559.55	-140.54	-136.90	-360.34 (132.08)	-267.09 (80.75)	-1.65 (.26)	-.93 (.26)	4.01 (.51)	1.22 (.51)
Глобал-локал (ДИФПГ)	-.37	-.58	.02	.07	-.14 (.08)	-.15 (.10)	-.29 (.26)	-1.17 (.26)	-.40 (.51)	2.66 (.51)
Глобал-локал (ДИФВР)	-1586.78	-914.07	37.73	-172.43	-572.86 (265.98)	-454.90 (149.11)	-.93 (.26)	-.80 (.26)	1.70 (.51)	.61 (.51)

*N* – укупан број испитаника; *Мин* – минимум; *Макс* – максимум; *М* – средња вредност; *СД* – стандардна девијација; *Скјун* – скјунис; *Курт* – куртозис; *СЕ* – стандардна грешка; ДИФПГ – диференцијални скор пропорције грешака; ДИФВР – диференцијални скор времена реакције

<sup>а</sup> Резултат на тесту Шатл ран - 20 метара није био доступан за два испитаника

#### 4.9.3. Ефекти експерименталног програма

Да би се утврдило да ли су и колико, током дванаест недеља, различити програми вежбања унапредили издржљивост и координацију, као и ЕФ премештања и инхибиције, урађена је анализа варијансе са поновљеним мерењем (Табела 8).

Табела 8. Резултати анализе варијансе са поновљеним мерењем

Назив варијабле (мерна јединица)		Време	Време × Група	Група
Прескакање и провлачење (с)	F	.05	4.66*	2.89
	P $\eta^2$	.001	.10	.06
	df (E)	1 (85)	2 (85)	2 (85)
Шатл ран - 20 метара (с)	F	.16	11.36**	13.16**
	P $\eta^2$	.002	.21	.24
	df (E)	1 (83)	2 (83)	2 (83)
Модификовани Струпов задатак (ДИФПГ)	F	.31	1.33	1.11
	P $\eta^2$	.004	.03	.03
	df (E)	1 (85)	2 (85)	2 (85)
Модификовани Струпов задатак (ДИФВР)	F	9.20**	.96	.47
	P $\eta^2$	.10	.02	.01
	df (E)	1 (85)	2 (85)	2 (85)
Смајли задатак (ДИФПГ)	F	4.26*	2.39	.27
	P $\eta^2$	.05	.05	.01
	df (E)	1 (85)	2 (85)	2 (85)
Смајли задатак (ДИФВР)	F	57.43**	.90	.55
	P $\eta^2$	.40	.02	.01
	df (E)	1 (85)	2 (85)	2 (85)
Глобал-локал (ДИФПГ)	F	.05	.14	.81
	P $\eta^2$	.001	.003	.02
	df (E)	1 (85)	2 (85)	2 (85)
Глобал-локал (ДИФВР)	F	25.96**	.75	.12
	P $\eta^2$	.23	.02	.003
	df (E)	1 (85)	2 (85)	2 (85)

F – Ф количник, P  $\eta^2$  – парцијални ета квадрат, df (E) – степени слободe (грешка)

\*\*p < .01

\*p < .05

Имајући у виду циљеве Студије 2, резултати анализе варијансе са поновљеним мерењем (Табела 8) указују да статистичка значајност интеракције између фактора време и фактора група постоји за варијаблу Прескакање и провлачење,  $F(2, 85) = 4.66$ ,  $p = .012$ , као и за варијаблу Шатл ран - 20 метара,  $F(2, 83) = 11.36$ ,  $p = .000$ , статистичка значајност фактора време постоји за меру инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку, као и за мере премештања на Смајли задатку (ДИФПГ и ДИФВР) и Глобал-локал задатку (ДИФВР), док је самостални ефекат фактора група био статистички значајан само за варијаблу Шатл ран - 20 метара.

У анализи интеракције време × група за варијаблу Прескакање и провлачење, испитани су прости ефекти фактора група за сваки ниво фактора време, као и прости ефекти фактора време за сваки ниво фактора група. Прво је координација сваке групе испитаника (Е1, Е2 и К) упоређена у свакој временској тачки (иницијално и финално мерење), а резултати су показали да не постоји статистички значајна разлика међу групама ни на иницијалном, ни на финалном мерењу (Табела 9). Након тога је упоређен напредак у координацији сваке групе испитаника



(E1, E2 и K), од иницијалног до финалног мерења. Резултати ове анализе су показали значајан напредак координације током трајања експеримента само за контролну групу, док се координација обе експерименталне групе није статистички значајно променила (Табела 10).

Табела 9. Анализа простих ефеката фактора „група“ за сваки ниво фактора „време“ за резултате теста Прескакање и провлачење<sup>а</sup>

Време	Група	Разлика средњих вредности група	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости		
					Доња граница	Горња граница	
И	E1	E2	.47	.22	.11	-.07	1.01
		K	.32	.23	.49	-.23	.86
	E2	E1	-.47	.22	.11	-1.01	.07
		K	-.16	.23	1.00	-.70	.39
	K	E1	-.32	.23	.49	-.86	.23
		E2	.16	.23	1.00	-.39	.70
Ф	E1	E2	.55	.23	.06	-.01	1.12
		K	.02	.24	1.00	-.56	.59
	E2	E1	-.55	.23	.06	-1.12	.01
		K	-.54	.24	.08	-1.11	.04
	K	E1	-.02	.24	1.00	-.59	.56
		E2	.54	.24	.08	-.04	1.11

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

<sup>а</sup> Приликом вишеструких поређења је коришћена Бонферони корекција

Табела 10. Анализа простих ефеката фактора „време“ за сваки ниво фактора „група“ за резултате теста Прескакање и провлачење

Група	Разлика средњих вредности (Ф – И)	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости	
				Доња граница	Горња граница
E1	-.06	.09	.51	-.24	.12
E2	-.14	.09	.12	-.33	.04
K	.24	.09	<b>.013</b>	.05	.43

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

**Подебљано** је приказан ниво значајности  $p < .05$

<sup>а</sup> Приликом вишеструких поређења је коришћена Бонферони корекција

За добијену значајну интеракцију време × група за варијаблу Шатл ран - 20 метара је такође урађена анализа простих ефеката фактора. Прво је издржљивост сваке групе испитаника (E1, E2 и K) упоређена у свакој временској тачки (иницијално и финално мерење). Резултати указују да су E1 и K показале бољу издржљивост од E2 на иницијалном мерењу ( $p < .01$ ) и финалном мерењу (разлика између E1 и E2 је на нивоу  $p < .01$ , а између K и E2 је на нивоу  $p < .05$ ) (Табела 11). Након тога је упоређен напредак сваке групе испитаника (E1, E2 и K) у

издржљивости, од иницијалног до финалног мерења. Резултати ове анализе су показали значајно повећање издржљивости за Е2, значајно смањење издржљивости за Е1, док је ова моторичка способност у контролној групи остала непромењена (Табела 12).

Табела 11. Анализа простих ефеката фактора „група“ за сваки ниво фактора „време“ за резултате теста Шатл ран - 20 метара

Време	Група	Разлика средњих вредности група	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости		
					Доња граница	Горња граница	
И	Е1	Е2	214.72	36.83	<b>.000</b>	124.74	304.70
		К	26.91	37.82	1.00	-65.50	119.32
	Е2	Е1	-214.72	36.83	<b>.000</b>	-304.70	-124.74
		К	-187.81	37.51	<b>.000</b>	-279.48	-96.15
	К	Е1	-26.91	37.82	1.00	-119.32	65.50
		Е2	187.81	37.51	<b>.000</b>	96.15	279.48
Ф	Е1	Е2	112.42	36.98	<b>.009</b>	22.06	202.77
		К	4.11	37.97	1.00	-88.68	96.90
	Е2	Е1	-112.42	36.98	<b>.009</b>	-202.77	-22.06
		К	-108.31	37.67	<b>.015</b>	-200.35	-16.27
	К	Е1	-4.11	37.97	1.00	-96.90	88.68
		Е2	108.31	37.67	<b>.015</b>	16.27	200.35

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

**Подебљано** је приказан ниво значајности  $p < .05$

<sup>a</sup> Приликом вишеструких поређења је коришћена Бонферони корекција

Табела 12. Анализа простих ефеката фактора „време“ за сваки ниво фактора „група“ за резултате теста Шатл ран - 20 метара

Група	Разлика средњих вредности (Ф – И)	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости	
				Доња граница	Горња граница
Е1	-37.94	16.07	<b>.02</b>	-69.90	-5.97
Е2	64.37	15.80	<b>.00</b>	32.94	95.80
К	-15.14	16.66	.37	-48.27	17.99

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

**Подебљаним** цифрама је приказан ниво значајности  $p < .05$

<sup>a</sup> Приликом вишеструких поређења је коришћена Бонферони корекција

Анализа статистички значајног фактора „време“ за меру инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку и мере премештања на задатку Смајли (ДИФВР и ДИФПГ) и Глобал-локал (ДИФВР) показује напредак испитаника у датим мерама након дванаест недеља, без обзира на припадност групи (Табеле 13-16).

Табела 13. Анализа значајног ефекта фактора „време“ за меру инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку

Разлика средњих вредности свих група заједно (Ф – И)	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости	
			Доња граница	Горња граница
23.09	7.61	<b>.003</b>	7.96	38.23

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

Табела 14. Анализа значајног ефекта фактора „време“ за меру премештања (ДИФПГ) на Смајли задатку

Разлика средњих вредности свих група заједно (Ф – И)	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости	
			Доња граница	Горња граница
.014	.007	<b>.042</b>	.001	.028

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

Табела 15. Анализа значајног ефекта фактора „време“ за меру премештања (ДИФВР) на Смајли задатку

Разлика средњих вредности свих група заједно (Ф – И)	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости	
			Доња граница	Горња граница
92.92	12.26	<b>.000</b>	68.54	117.30

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

Табела 16. Анализа значајног ефекта фактора „време“ за меру премештања (ДИФВР) на Глобал-локал задатку

Разлика средњих вредности свих група заједно (Ф – И)	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости	
			Доња граница	Горња граница
117.17	23.00	<b>.000</b>	71.45	162.89

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

Према овим подацима, експериментални програм физичког вежбања није унапредио ниједну меру инхибиције и премештања више него програм контролне групе. Нарочито изненађујућ је налаз да вежбање инхибиције и премештања кроз посебне задатке интегрисане у програм физичког вежбања испитаника у Е2 није додатно унапредило ове ЕФ, у поређењу са програмом физичког вежбања испитаника у Е1 и програмом вежбања испитаника у К. То је посебно неочекивано за меру премештања (ДИФВР) на Глобал-локал задатку, јер су задаци

премештања у програму вежбања Е2 били веома слични овом задатку премештања коришћеном за тестирање испитаника, па се очекивало да напредак у овој мери буде већи у Е2 него у Е1 и К. Управо да би се видело како се ова мера премештања побољшала током времена у Е2, а како у остале две групе, урађена је анализа простих ефеката фактора „време“ за сваки ниво фактора „група“, иако интеракција ових фактора није постојала (Прилог 1). Резултати ове анализе су показали да је Е2 ипак остварила највећи напредак, Е1 нешто мањи, а К најмањи (са нижим нивоом статистичке значајности).

## 5. Дискусија

Циљ овог истраживања је био да се испита однос моторичких способности и ЕФ деце млађег школског узраста. У сврху испитивања овог односа, спроведене су две студије. Циљ прве студије је био да пружи увид у међусобну повезаност мера моторичког простора, мера ЕФ, као и увид у сложен однос моторичких способности, њихових интеракција и ЕФ. Циљ друге студије је био да се креира експериментални програм физичког вежбања усмерен на развој оних моторичких способности које показују позитивну везу са појединим ЕФ, а затим да се провери ефикасност таквог програма у унапређивању датих ЕФ. Осим овог програма, испитана је и ефикасност истих програмских садржаја, али уз додатне когнитивне задатке који су захтевали активирање ЕФ. Кроз дискусију резултата обе студије, осврнућемо се на могуће разлоге таквих налаза и покушати дати препоруке за даља истраживања ове проблематике.

### 5.1. Повезаност моторичких способности и егzekутивних функција

Налази нашег истраживања показују да су све моторичке способности (осим, донекле, гипкости) у међусобној корелацији позитивног смера и умереног до високог интензитета. Иако налази референтног истраживања указују на постојање независних фактора за различите моторичке способности на узорку деце узраста 9 година (Marsh, 1993), постоје и истраживања чији налази иду у прилог тези о генералном моторичком фактору (без укључивања тестова гипкости у анализу) и после предшколског периода (Utesch et al., 2017). Налази нашег истраживања би могли да буду у складу управо са таквом интерпретацијом факторске структуре тестираних моторичких способности. Прегледом интеркорелационе матрице се може приметити да координација позитивно корелира са свим моторичким способностима (и са гипкошћу, за разлику од већине других моторичких способности), а корелације су углавном нешто вишег интензитета него у случају међусобних корелација осталих моторичких способности. Такви резултати су сагласни са природом координације, јер је она комбинација различитих моторичких способности, односно огледа се у правременом, сврсисходном коришћењу различитих моторичких (кретних) потенцијала у новим околностима.

Када се анализирају међусобне корелације мера ЕФ, види се да мере премештања на Глобал-локал задатку и Смајли задатку међусобно позитивно корелирају ниским до умереним интензитетом. Такође, са мером ажурирања, односно једном мером инхибиције на Струповом задатку, резултати теста Смајли, односно Глобал-локал, показују ниску позитивну везу. Ови налази могу да укажу да су добијене корелације мера премештања углавном у складу са налазима досадашњих факторских анализа ЕФ на узорку одраслих (Miyake et al., 2000) и деце (Lehto, Juujärvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003), који су показали позитивну корелацију не само између мера исте ЕФ, већ донекле и између мера различитих ЕФ. Такви резултати су очекивани, имајући у виду да су ЕФ само делимично самостални конструкти и да између различитих ЕФ ипак постоји позитивна повезаност одређеног интензитета. Међутим, за разлику од мера премештања, мере инхибиције на два различита задатка нису у позитивној корелацији ни међусобно (вероватно због већ објашњене мале дискриминативности задатка Лево-десно на овом узорку деце), ни са мером ажурирања. Треба имати у виду да је ажурирање процењено само једним задатком, па и поред добрих дескриптивних показатеља и дистрибиције резултата на овом задатку, није могуће коментарисати сагласности резултата на овом задатку и

евентуално неким другим задацима ажурирања. У наредним истраживањима би требало проверити факторску структуру ЕФ укључивањем више мера (задатака) за сваку ЕФ, а искључивањем оних које су се показале недискриминативним за узорак испитаника преадолесцентног узраста.

Корелациона анализа мера моторичког простора и ЕФ је показала да је чак пет моторичких способности (издржљивост у снази на тесту Издржај у згибу, репетитивна снага на тесту Лежање–сед за 30 секунди, експлозивна снага на тесту Скок удаљ, координација на тесту Прескакање и провлачење и издржљивост на тесту Шатл ран - 20 метара) у позитивној вези са мером инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку, док је само издржљивост била у позитивној вези и са мером премештања (ДИФВР) на Глобал-локал задатку и мером премештања (ДИФПГ) на Смајли задатку. У складу са тим, позитивна веза варијабле спортски стаж са две мере ЕФ (мера инхибиције – ДИФВР на Модификованом Струповом задатку и мера премештања – ДИФВР на Глобал-локал задатку) од укупно три са којима је бар једна моторичка способност показала позитивну повезаност, може да укаже на важност бављења организованим спортским активностима, не само за развој моторичких способности, већ и за ефикасност ЕФ инхибиције и премештања. Наравно, треба имати на уму да варијабла спортски стаж није диференцирана према врсти спортске активности којом су се деца бавила, што онемогућава дискусију о потенцијалној природи повезаности физичке активности својствене одређеној спортској грани и конкретне ЕФ, али може да укаже на добробити бављења спортом, уопште.

Треба истаћи да варијабле моторичког домена (појединачне моторичке способности и спортски стаж) нису показале конзистентност повезаности са различитим мерама (ДИФВР и ДИФПГ) истих задатака инхибиције, одосно премештања, као ни са истим мерама различитих задатака дате ЕФ. Овакве налазе су добијали и други аутори, некада уз позитивну корелацију мера моторичког простора са уштедом у времену (Schmidt et al., 2017; van der Fels et al., 2019), а некада са тачношћу (Hillman, Buck, et al., 2009; Pontifex et al., 2011) инхибиције и премештања.

Пре детаљније анализе значајних веза моторичких способности и ЕФ, треба се осврнути на налазе о повезаности ЕФ и интелигенције, као контролне варијабле у овом истраживању. Имајући у виду да интелигенција није била у позитивној вези са оним ЕФ са којима су моторичке способности позитивно корелирале, корелације мера моторичког простора и мера ЕФ се могу тумачити без потребе за парцијализацијом варијансе интелигенције. Иако опис веза интелигенције са праћеним варијаблама у нашем истраживању није од централног интереса, резултати показују да интелигенција није била у статистички значајној вези ни са једном од две мере инхибиције и премештања. У складу са налазима претходних истраживања на узорку млађих одраслих (Friedman et al., 2006; Purić, 2014), у нашем истраживању се показало да је интелигенција у позитивној вези ниског интензитета само са мером ажурирања ( $r = .214$ ,  $p < .01$ ).

У анализи добијених значајних корелација, прво ће бити дискутована позитивна повезаност чак пет моторичких способности са мером инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку. Осим у овом истраживању, инхибиција је са различитим мерама моторичког простора позитивно корелирала чешће него што је то био случај са остале две ЕФ. Највећи број претходних истраживања чији налази поткрепљују такву тврдњу односе се на везу инхибиције и издржљивости (Buck et al., 2008; Hillman, Buck, et al., 2009; Mora-Gonzalez et al., 2020; Pontifex et al., 2011; Voss et al., 2011), као и инхибиције и координације (Aadland et al., 2017; de Bruijn et al.,

2018; Roebbers et al., 2014). Треба напоменути да је у једном делу ових истраживања задатак инхибиције био Фланкер задатак, а у осталим истраживањима варијанте Струповог задатка, што може да отежа поређење налаза, нарочито ако имамо у виду чињеницу да моторичке способности у нашем истраживању нису конзистентно показивале позитивну повезаност са мерама на различитим задацима исте ЕФ. Са друге стране, ова два задатка су врло слична и углавном усмерена на процену бихејвиоралне инхибиције (али и селективне пажње), што иде у прилог могућности поређања поменутих налаза.

Могући узроци позитивне везе између издржљивости и инхибиције су детаљније објашњени у уводном делу овог рада, а односе се пре свега на адаптације структуре и функције централног нервног система, на физиолошке промене као што су повећање волумена можданог крвотока и подстицање неурогенезе (Pereira et al., 2007), повећање волумена беле и сиве масе у фронталним регијама мозга, добијени на узорку старијих испитаника (Colcombe et al., 2006), али и повећање активности фронталне регије мозга код преадолесцената (Davis et al., 2011). Са друге стране, повезаност координације и инхибиције би се пре свега могла образложити богатим моторичким (координационим) искуством испитаника тестираних у овом истраживању. Наиме, разноврсно искуство стицано учењем различитих кретања активира више регија централног нервног система, међу којима је и префронтални кортекс (Keele et al., 2003). Све комплексне моторичке активности које захтевају учење и усаглашавање покрета, умногоме зависе од префронталног кортекса као главног координатора (Miller & Cohen, 2001).

Што се тиче повезаности мера осталих моторичких способности (издржљивости у снази мерене тестом Издржај у згибу, репетитивне снаге мерене тестом Лежање–сед за 30 секунди и експлозивне снаге мерене тестом Скок удаљ из места) и инхибиције, ретка су истраживања која су укључила неку од ових моторичких способности (процењене овим моторичким тестовима) ради испитивања њихове везе са инхибицијом. У истраживању у коме је испитивана повезаност између експлозивне снаге мерене тестом Скок удаљ и модела све три ЕФ (Schmidt et al., 2017), није добијена статистички значајна веза, уз посебну напомену да мера инхибиције није имала статистички значајно засићење на латентном обједињеном фактору ЕФ. Што се тиче значајности везе издржљивости у снази и инхибиције, добијене у нашем истраживању, најприближнија моторичка способност чија је веза са инхибицијом испитивана у претходним истраживањима јесте сила мерена тестом Максимални стисак шаком (Mora-Gonzalez et al., 2020), али је утврђено да ова моторичка способност не корелира са инхибицијом мереном Фланкер задатком. На крају, веза репетитивне снаге мерене тестом Лежање–сед за 30 секунди и инхибиције није проверавана у досадашњим истраживањима, па добијене налазе не можемо поредити.

Природу повезаности инхибиције и ове три моторичке способности, које се пре свега базирају на испољавању силе и снаге, није лако објаснити, имајући у виду малобројна претходна истраживања ових веза. Када се узму у обзир и резултати лонгитудиналних експерименталних студија, активности које захтевају снагу су се показале као неефикасне у унапређењу ЕФ (за прегледни чланак погледати Diamond & Ling, 2019a), па је налаз о позитивној повезаности ових моторичких способности и инхибиције у нашем истраживању на први поглед нелогичан. Међутим, оно што би могло да буде узрок позитивне повезаности инхибиције са резултатима на тестовима Скок удаљ из места и Лежање–сед за 30 секунди јесте координациони аспект тих моторичких задатака. Наиме, у тесту Скок удаљ је важно знати правилну технику извођења ради постизања што бољег резултата, па ефикасна техника може бити индикатор већег моторичког

искуства и боље координације испитаника. У том случају би се позитивна веза између резултата овог теста и инхибиције могла објаснити механизмом који је већ описан приликом објашњења везе резултата теста координације и инхибиције. Такође, веза резултата теста Лежање–сед за 30 секунди и инхибиције може бити последица изражене потребе да се приликом извођења теста координише рад мишића агониста и антагониста. То се дешава тако што активност агониста треба да буде инхибирана при крају подизања трупа, да би се активношћу антагониста труп што брже вратио у почетни положај, а да би се затим, сада уз њихово инхибирање, што ефикасније укључили агонисти и цео циклус био поновљен до истека временског рока од 30 секунди, одређеног овим тестом. Координациона захтевност ове вежбе би могла да активира егзекутивне механизме, нарочито ако испитаници нису имали искуства са њеним извођењем (Cordo & Gurfinkel, 2004). На крају, природа позитивне везе резултата теста Издржај у згибу и инхибиције би могла да се објасни ефикасним одолевањем замору, односно инхибицијом сопственог осећаја замора, а ради постизања што бољег резултата на тесту.

Имајући у виду да се међусобне корелације ових пет моторичких способности крећу у распону између  $r = .50$  и  $r = .65$ , требало је проверити објективну могућност да се варијансе појединачних моторичких способности које објашњавају варијансу инхибиције међусобно преклапају и да ниједна моторичка способност нема јединствен допринос објашњењу варијансе мере инхибиције. Резултати регресионе анализе, са поменутих пет моторичких способности као предикторима и мером инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку као критеријумском варијаблом, показали су да је једини значајан предиктор инхибиције мера издржљивости у снази на тесту Издржај у згибу. Овај налаз појачава вредност претходно изнете тезе о могућој вези ефикасног инхибирања реакције на замор од стране испитаника, ради остварења што бољег резултата на овом тесту. Природна (доминантна) реакција испитаника на замор приликом одржавања положаја виса у згибу би била одустајање од наставка извођења теста. Међутим, као и код задатака инхибиције, испитаник треба да ихибира ту реакцију и да настави да делује у складу са постављеним задатком/циљем, односно, у овом случају, треба да настави са одржавањем задатог положаја. Овако дефинисан, Издржај у згибу заиста има карактеристике блиске задацима за мерење инхибиције. Истрајавање испитаника у овом тесту, нарочито када се субјективна граница издржљивости приближава објективној, углавном подразумева и јак бол у мишићима, па је продужавањем времена истрајавања у одржавању захтеваног положаја ефикасност инхибиције све више потребна. У прилог томе иду налази истраживања који су потврдили позитивну везу између толеранције на бол и инхибиције (Вјекіћ, Živanović, Purić, Oosterman, & Filipović, 2018), као и, уопштено, истрајности/издржљивости и ЕФ (Hyland-Monks, Cronin, McNaughton, & Marchant, 2018). Дакле, веза издржљивости у снази и инхибиције може бити последица начина мерења ове моторичке способности, па се резултати испитаника на овом тесту могу разликовати више по ефикасности њихове инхибиције, него по карактеристикама њиховог мишићног ткива. Ова теза отвара питање да ли су и друге моторичке способности показале позитивну везу са инхибицијом (у случају издржљивости и са премештањем, за чију ефикасност је важна инхибиција, и чије су поједине мере позитивно корелирале), као последица методске варијансе, односно начина на који се тестирају. На пример, резултат испитаника на тесту издржљивости, Шатл ран - 20 метара, могао би да указује и на ефикасност инхибиције испитаника, а не само на ефикасност аеробних процеса. Исти је случај и са тестом Лежање–сед за 30 секунди, који захтева истрајавање у моторичком задатку упркос замору и/или болу у мишићима. Наравно, моторички тестови чије извођење не захтева овакву врсту истрајавања (Провлачење и прескакање, Скок удаљ) би могли да имају другачију



основу повезаности са инхибицијом, која се више тиче координационог аспекта, како је раније већ објашњено. Налаз нашег истраживања о повезаности чак пет моторичких способности – различитих по критеријумима истрајности, односно координационе захтевности – и инхибиције, може да укаже на важност општег моторичког фактора (моторичког искуства) за ефикасност инхибиције, чему у прилог говори и повезаност спортског стажа и инхибиције, без обзира на претпостављену различитост спортских грана којима се испитаници баве. Међутим, налаз о највећем интензитету позитивне повезаности издржљивости у снази и инхибиције би могао да укаже да је оно што разликује моторички способне ученике, једне од других, у њиховом домету на тесту издржљивости у снази – јесте управо ефикасност инхибиције. То значи да би овај тест могао бити најбољи предиктор инхибиције, не само због тога што солидно репрезентује генерални моторички фактор (на шта могу да укажу умерене до високе позитивне корелације резултата овог теста са резултатима других моторичких тестова), већ и зато што у себи садржи захтев за инхибицијом. Иако је важност инхибиције вероватно важна за добре резултате и на другим тестовима (Шатл ран - 20 метара, Лежање–сед за 30 секунди), претпостављамо да је још потребнија за одолевање замору и болу током извођења теста Издржај у згибу.

У наставку анализе значајних корелација, биће дискутована позитивна повезаност издржљивости са мерама премештања на Глобал-локал задатку (ДИФВР) и Смајли задатку (ДИФПГ). Пре свега, ови налази су у складу са налазима претходних корелационих истраживања на узорку преадолесцената (Aadland et al., 2017; de Bruijn et al., 2018) и могу указивати на важност ефикасности аеробних процеса за ефикасност премештања, у складу са већ објашњеним механизмима могућег утицаја физиолошких промена које прате аеробне процесе. Међутим, недостатак научне потврде о позитивном утицају аеробних активности на премештање у експерименталним студијама, осим у случају старијих одраслих (Kramer et al., 1999) и налаза истраживања која нису контролисала координациону захтевност аеробне активности (Hillman et al., 2014), наводи нас да размотримо могуће узроке оваквих налаза. Имајући на уму корелацију мера уштеде времена на Модификованом Струповом задатку и Глобал-локал задатку, утврђену у нашем истраживању, као и важност инхибиције за ефикасно премештање, нарочито у млађим узрастима (Chevalier et al., 2012; Garon et al., 2008), постоји могућност да би ефикасно премештање на задатку Глобал-локал могло бити у вези са: 1) генералним моторичким фактором (моторичким искуством) и 2) истрајавањем (инхибицијом) током појединих моторичких тестова. Богато моторичко искуство у различитим активностима, са бројним правилима и сталном променом ситуационих услова може захтевати често премештање. У складу са могућом важношћу моторичког, па и координационог искуства, варијабла спортски стаж позитивно корелира са овом мером премештања. Међутим, од појединачних моторичких способности је само издржљивост статистички значајно повезана са мером премештања на Глобал-локал задатку, док су остале моторичке способности (осим мере гипкости) у позитивној корелацији која није достигла ниво статистичке значајности од  $p < .05$ . Најближи статистички значајној вези са поменутом мером премештања су били резултати тестова Издржај у згибу и Лежање–сед за 30 секунди, што би заиста могло да укаже на одређени значај инхибиције, уз значај генералног моторичког фактора, за премештање. Сматрамо да је способност издржљивости мерене тестом Шатл ран - 20 метара ипак најбољи репрезент оптималне мере оба ова фактора за које претпостављамо да су важни за ефикасност премештања. Наиме, у току теста издржљивости се захтева одређена истрајност (инхибиција сопствених осећаја да се не би одустало), али овај тест вероватно врло добро репрезентује и генерални моторички фактор, јер се у дечијем узрасту издржљивост стиче више кроз

разноврсне, динамичне дуготрајне активности које обогаћују моторичко искуство (координацију), него кроз једноличне, координационо незахтевне, дуготрајне физичке активности.

Тумачење везе издржљивости и мере тачности премештања на Смајли задатку може да буде слично као претходно описано тумачење везе издржљивости и мере уштеде времена на другом задатку премештања (Глобал-локал), уз поновно наглашавање могућег доминантног утицаја механизма које активирају аеробни процеси на ефикасност премештања, као најочигледнијег (али у претходним експерименталним истраживањима непотврђеног) тумачења добијене везе. Везе осталих моторичких способности и ове мере премештања нису статистички значајне, али су све позитивног смера, као и веза са спортским стажом. Интересантно је прокоментарисати корелације моторичких способности које су биле мало ниже од корелације издржљивости и ове мере премештања, па нису достигле ниво статистичке значајности. То се односи на резултате теста Лежање–сед за 30 секунди и Спринт 20 метара. За извођење теста Лежање–сед за 30 секунди је већ поменуто да би могло захтевати инхибицију на замор/бол, као и наизменично максимално ангажовање и инхибирање мишића агониста и антагониста. Такође, извођење теста Спринт 20 метара захтева наизменично ангажовање агониста и антагониста, чија сила током овог кретања чак не стигне ни да се развије до потенцијално максималних вредности, јер је контакт стопала са подлогом веома кратак. Може се рећи да оба описана кретања (теста) захтевају инхибицију активности једног мишића (мишићне групе) и брзо премештање на активност другог мишића (мишићне групе), супротног, антагонистичког деловања. Иако се неуромишићна контрола не тако сложених кретања као што су ова не може поистовећивати са егзекутивном контролом каква је потребна током учења комплексних моторних радњи и усаглашавања покрета (погледати Cordo & Gurfinkel, 2004), дата теза може служити као полазна основа за даља истраживања.

Када се сумирају резултати интеркорелације моторичких способности и мера ЕФ, као и регресионе анализе ради одређивања најбољег предиктора мере инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку, издвајају се позитивне везе издржљивости у снази са мером инхибиције, као и издржљивости са две мере премештања. Имајући у виду да мере ових моторичких способности умерено до високо корелирају са осталим мерама моторичког простора, урађена је и модерациона анализа. Циљ ове анализе је био да се открије да ли нека од моторичких способности утиче на добијену везу издржљивости у снази са инхибицијом, односно везу издржљивости са поменутих мерама премештања. Прво, модерациона анализа је показала да везу између издржљивости у снази и мере инхибиције (ДИФВР) на Модификованом Струповом задатку модерира издржљивост, и то тако што је при високој издржљивости испитаника позитивна веза између издржљивости у снази и инхибиције мање изражена (али статистички значајна), а како се издржљивост смањује – веза издржљивости у снази и мере инхибиције је све израженија. Друго, модерационом анализом је утврђено и да координација модерира везу између издржљивости и мере премештања (ДИФПГ) на Смајли задатку, на тај начин што је при високој координацији веза између издржљивости и премештања позитивна и статистички значајна, док при средњој и ниској координацији није статистички значајна.

Први налаз модерационе анализе о најизраженој позитивној вези издржљивости у снази и мере инхибиције када је издржљивост ниска, може да поткрепи претходна тумачења важности: 1) општег моторичког фактора (моторичког искуства) и 2) истрајавања током извођења теста Издржај у згибу – на ефикасност инхибиције. Наиме, у случају ниске издржљивости се може

претпоставити да је моторичко искуство таквих испитаника мање, па они могу својом способношћу истрајавања у тесту Издржај у згибу да надоместе свој претпостављени недостатак моторичког искуства и редовности вежбања, у коме неки удео има и снага мишића. У супротном случају, када је издржљивост на вишем нивоу, претпостављамо да је и моторичко искуство испитаника веће, па ће у том случају, осим истрајавања у тесту Издржај у згибу, одређену важност имати и дотадашње моторичко искуство ученика у различитим активностима, па и у оним које ангажују и унапређују снагу. Као закључак се намеће претпоставка да ће веза између резултата теста Издржај у згибу и задатка инхибиције бити израженија када није замаскирана моторичким искуством испитаника, већ зависи највише од истрајности испитаника, односно ефикасног инхибирања замора и бола током извођења теста.

Други налаз модерационе анализе о позитивној вези издржљивости и премештања, која постоји само у случају високе координације, може да буде у складу са тезом о важности општег моторичког фактора (моторичког искуства), као и инхибиције током теста издржљивости, за ефикасност премештања. У складу са тим, уколико испитаници остварују добар резултат на тесту Шатл ран - 20 метара пре свега истрајавањем (инхибицијом) упркос замору, а не као одраз већег моторичког искуства (бављења физичким вежбањем), то неће бити довољно да испоље ефикасно премештање. Такође, ако испитаници поседују добро моторичко искуство, а инхибиција, која је важна за ефикасност премештања, им није ефикасна – неће испољавати ни ефикасно премештање. Дакле, истовремено је потребан и висок ниво издржљивости и висок ниво координације, да би испитаници испољили ефикасно премештање.

Када налазе претходних истраживања тумачимо у контексту тезе да је ниво аеробне издржљивости преадолесцената најчешће праћен моторичким искуством (и координацијом), као и тезе о постојању захтева за инхибицијом током извођења овог теста, често потврђивани налази о позитивној вези издржљивости са инхибицијом (Buck et al., 2008; Hillman, Buck, et al., 2009; Mora-Gonzalez et al., 2020; Pontifex et al., 2011; Voss et al., 2011) и премештањем (Aadland et al., 2017; de Bruijn et al., 2018), а ретко добијани налази о утицају аеробних активности на инхибицију и премештање (Diamond & Ling, 2019a) – потенцијално могу добити смисао. Прво, координација коју испитаник поседује, а која углавном високо корелира са издржљивошћу преадолесцената, није била често предмет истраживања у корелационим студијама. То је разлог да истраживачи често у корелационим истраживањима закључе о важности аеробних процеса и издржљивости за ефикасност ЕФ, не контролишући могући значај координације испитаника приликом тумачења те везе. Друго, инхибиција која се захтева у току извођења тестова издржљивости „до отказа“ (како лабораторијских, тако и теренских), не захтева се у тој мери током упражњавања аеробних активности умереног до високог интензитета, којима се најчешће покушавају унапредити ЕФ, па је нереално очекивати побољшање инхибиције таквим активностима. Уколико су ове аеробне активности једноставне, неће постојати потреба за ангажовањем ЕФ, па се оне неће унапредити ни на основу координационе захтевности. Такво тумачење је у складу са налазима лонгитудиналних истраживања о превасходном утицају координационих захтева физичке активности, у поређењу са утицајем њеног аеробног интензитета, на ефикасност инхибиције (Chang et al., 2013; Crova et al., 2014). Иако неки истраживачи тврде да чак и једноставне аеробне активности могу унапредити ЕФ, то су појединачни налази који се пре могу сматрати случајним ефектом (Diamond & Ling, 2019b). Аеробне активности и вежбе снаге су оствариле позитивне ефекте на ЕФ пре свега на специфичном узорку старих особа (Kramer et al., 1999; за прегледни чланак погледати Northey, Cherbuin, Pumpa, Smees, & Rattray, 2018). Могуће је да су и овако једноставне активности овој

популацији испитаника довољно когнитивно захтевне (нпр. континуирана потреба за контролом покрета током аеробног вежбања или вежби снаге је когнитивни изазов у односу на седентарне активности које чине највећи део њихове дневне рутине), али је могуће да су и физиолошки механизми уско повезани са аеробном активношћу у основи овог ефекта једноставних кретања на ЕФ (Colcombe et al., 2006).

Ипак, морамо навести и резултате лонгитудиналних експерименталних истраживања који указују на ефикасност интервенција које су истовремено и аеробно и координационо захтевне, на унапређење премештања (Schmidt et al., 2015; van der Niet et al., 2016). Налази модерационе анализе нашег истраживања су сагласни са могућношћу оваквог исхода у експерименталним покушајима унапређења премештања коришћењем физичке активности, али би се у том случају тумачење природе везе издржљивости и премештања могло разликовати од тумачења да истрајавање (инхибиција реакције на замор) током аеробних активности умереног до високог (не максималног!) интензитета, може да буде важан фактор унапређења премештања, јер је то мало вероватно. Вероватније је да је током интензивних аеробних активности које ученици млађих разреда основне школе често упражњавају, као што су игре „хваталице“ (које у односу на правила игре и ситуациону сложеност кретања могу бити координационо веома захтевне), важно да ученик брзо реагује на промене околности, мењајући своје кретање у складу са њима (Zhou, Xi, & Qin, 2020). То значи да би интензитет кретања (брзина кретања) ученика могао да стави додатни захтев пред његову способност премештања (и инхибиције која је важна за премештање). Наравно, постоји могућност да је важност истовремених аеробних и координационих захтева за унапређење премештања, у вези са неком врстом интеракције адаптационих реакција организма на координационе захтеве (нпр. стварање нових синапси (Adkins et al., 2006)) и интензивну аеробну активност (нпр. повећање активности фронталне регије на рачун паријеталне регије мозга (Davis et al., 2011)). Ова могућност је на нивоу спекулације, имајући у виду бихејвиоралну природу мера праћених у нашем истраживању.

Када сумирамо све резултате Студије 1, **може се рећи да је хипотеза  $X_7$  о позитивној повезаности моторичких способности и појединих ЕФ потврђена. У складу са тим, потврђена је хипотеза  $X_1$  о постојању позитивне везе између издржљивости и појединих ЕФ (инхибиције и премештања), као и хипотеза  $X_2$  о позитивној вези координације и ЕФ (инхибиције). Са друге стране, хипотеза  $X_3$  о постојању медијаторске улоге координације у вези издржљивости и мера ЕФ није потврђена, имајући на уму да наши налази указују само на модераторску улогу координације у објашњењу везе издржљивости и премештања на Смајли задатку. Хипотеза  $X_4$  о позитивној вези агилности и појединих ЕФ такође није потврђена.**

## **5.2. Ефекти програма вежбања експерименталних група и контролне групе**

У складу са налазима Студије 1 овог истраживања и са тумачењем налаза досадашњих истраживања, у Студији 2 је испитан ефекат програма вежбања на унапређење издржљивости, координације, премештања и инхибиције. Са првом експерименталном групом (E1) је у највећем делу часа реализовано вежбање за унапређење издржљивости и координације, уз команде за започињање кретања које нису захтевале испољавање премештања и инхибиције, а са другом експерименталном групом (E2) је реализован исти програм, али уз команде за започињање кретања које су захтевале испољавање премештања и инхибиције. Програм контролне групе је

обухватио вежбе брзине, експлозивне снаге, агилности и, у мањој мери, координације, реализоване пре свега кроз садржаје атлетике.

Резултати анализе варијансе са поновљеним мерењем и накнадна поређења резултата по групама су показали да се координација контролне групе значајно унапредила током дванаест недеља трајања експеримента, док је координација експерименталних група остала непромењена (Табела 10). Ови налази су неочекивани, имајући на уму циљ Студије 2 да се експерименталним програмом унапреде координација и издржљивост у обе експерименталне групе, а у складу са тим и инхибиција и премештање испитаника у тим групама. Могуће објашњење изостанка напретка у координацији испитаника из Е1 и Е2, уз истовремено унапређење координације испитаника из К, могло би да буде то што су испитаници контролне групе током овог периода реализовали у мањој мери активности усмерене на развој координације, а у већој мери на развој брзине, експлозивне снаге и агилности, које су могле бити веома важне за постизање доброг резултата на тесту координације Прескакање и провлачење, који је коришћен у овом истраживању. Са друге стране, активности у експерименталним групама су биле усмерене пре свега на координацију, у смислу учења нових кретања у контролисаним условима који су искључивали развој брзине, снаге, агилности. Такође, претпостављамо да је координациона сложеност теста Прескакање и провлачење за испитанике на финалном мерењу била мања него на иницијалном, имајући у виду да им је тест био познат. У том случају је могуће да је координација, дефинисана као способност ефикасног сналажења у променљивим условима средине, мање дискриминисала резултате испитаника на финалном мерењу, док су већи значај за постизање доброг резултата имале способности као што су снага (током започињања кретања у једном и другом смеру), брзина (након започетог кретања) и агилност (ради ефикасне промене смера кретања). На крају, треба имати у виду да је валидност тестова координације веома проблематична, јер је једним тестом тешко проценити тако сложену способност, која у себи садржи више квалитета кретања.

Када се анализира промена издржљивости током времена (Табела 12), уочава се да је ова моторичка способност унапређена у Е2, у К се није променила, а у Е1 се смањила. Налази о побољшању издржљивости испитаника у Е2, и истовременом погоршању ове моторичке способности у Е1 (Табела 12) на први поглед су нелогични, ако се има на уму да су садржаји програма обе експерименталне групе били једнаког обима и интензитета. Са друге стране, налаз о непромењеној издржљивости у контролној групи је прилично логичан, имајући у виду да су са овим ученицима часови физичког васпитања реализовани на сличан начин као и у претходном периоду. Узимајући у обзир чињеницу да је ово истраживање реализовано као педагошки експеримент и да није било могуће уједначити узорак по варијаблама које су биле праћене, наизглед нелогични резултати у експерименталним групама се могу објаснити поређењима група на иницијалном и финалном мерењу. Ова поређења показују да је издржљивост испитаника у Е2 на иницијалном мерењу значајно мања у односу на испитанике остале две групе (Табела 11), што може да се тумачи и као већи потенцијал за побољшање издржљивости испитаника из Е2.

Када се анализирају промене у инхибицији и премештању током времена, може се закључити да не постоји интеракција фактора време и група, односно да се групе не разликују статистички значајно ни за једну меру ових ЕФ. Занимљив налаз јесте да су се током дванаест недеља, у све три групе, побољшале оне мере инхибиције и премештања за које је у Студији 1 утврђено да су биле у позитивној вези са неком од моторичких способности, уз изузетак мере

премештања (ДИФВР) на Смајли задатку, за коју је откривен напредак, а није позитивно корелирала ни са једном моторичком способношћу у Студији 1. Важно је нагласити да напредак у овој мери (тачности) премештања није остварен на рачун смањене брзине одговора испитаника, јер су обе мере премештања на Смајли задатку унапређене током периода од дванаест недеља.

Иако у овом истраживању није контролисана матурација па се не може тврдити да су налази о побољшању премештања и инхибиције последица програма вежбања у све три групе, налази претходних истраживања би могли да укажу да су заиста сви програми били једнако ефикасни у унапређењу ових ЕФ. Наиме, у закључцима једне метааналитичке студије (Vazou, Pesce, Lakes, & Smiley-Oyen, 2019) наводи се да је позитиван утицај различитих експерименталних програма физичког вежбања на, уопштено, когнитивне способности деце и адолесцената, мали до умерен, али да они нису ефикаснији од редовних програма физичког васпитања. Сва три програма у садашњем истраживању су садржала, у одређеној мери, координационо захтевне активности. Испитаници експерименталних група су реализовали координационо сложене активности у смислу учења нових кретања, или нових комбинација познатих кретања (ниски скип током кретања странце уместо унапред, уз атипичне, понављајуће покрете рукама у страну), док су за испитанике контролне групе координациони захтеви постојали пре свега за време играња хваталица, због потребе сналажења у променљивим условима средине, за шта би велику важност могле имати функције инхибиције и премештања. Треба напоменути и да су испитаници експерименталних група координационо захтевне активности реализовали просечно око 20 минута по часу (имајући у виду да је начин организације вежбања током 25 минута био такав да су ученици радили у две врсте раде, док су се ученици у друге две врсте одмарали). Насупрот томе, контролна група је координационо захтевне активности (хваталице) реализовала око 5 минута по часу. У складу са претходно изнетом могућношћу позитивног утицаја различитих видова координационе захтевности на ефикасност инхибиције и премештања, и количином времена посвећеног тим координационо захтевним активностима, могуће је да су хваталице у контролној групи ипак постигле пропорционално већи позитиван ефекат на ове ЕФ. Разлози могу бити динамичност игре и позитивна мотивација ученика током истих, у односу на стриктност активности експерименталног програма, које су извођене у контролисаним условима, најчешће на команду.

Налази претходних експерименталних истраживања иду у прилог утицају координационо захтевних активности на инхибицију (Chang et al., 2013; Crova et al., 2014). У првом наведеном истраживању (Crova et al., 2014), експериментални програм се односио на координационо захтевне ситуационе игре и часове тениса (учење нових моторичких умења), што се у начелу подудара са врстама координационо захтевних кретања у појединим активностима експерименталних група, а у смислу координационо захтевних ситуационих игара – још више са активностима контролне групе. У другом поменутом истраживању (Chang et al., 2013) нешто млађи испитаници (просечног узраста 7.1 годину) су учили фудбалску технику, али кроз различите игре у којима се захтевало извођење одређених техничких елемената. Са једне стране налази овог истраживања могу указати на важност координационо захтевних елемената на унапређење инхибиције, али са друге стране могу указати на важност игре као деци пријатног контекста развоја координације. Слично описаној интервенцији у поменутом истраживању, у експерименталним групама нашег истраживања је инсистирано на учењу координационо захтевних кретања, док је у контролној групи већи акценат био на, деци занимљивим, играма

које су у одређеној мери обухватале и моторичко сналажење у променљивим условима (координацију), али нису захтевале учење нових кретања.

Иако је у претходном делу текста наведено да су координационо захтевне активности могле бити узрок побољшања ЕФ, треба имати у виду позитивну везу издржљивости и премештања/инхибиције добијену у Студији 1, као и налазе досадашњих истраживања који иду у прилог утицају аеробне активности на побољшање ЕФ. Полазећи од чињенице да су у све три групе овог истраживања упражњаване програмске активности, углавном, умереним до високим аеробним интензитетом, побољшања мера инхибиције и премештања би могла бити последица неке врсте интеракције координационих захтева и аеробно интензивних активности. На овакву могућност указују и налази претходних истраживања (Schmidt et al., 2015; van der Niet et al., 2016). Интересантно је да се у оба ова истраживања експериментални третман састојао од координационо и аеробно захтевних, ситуационих игара, а не од учења нових кретања њиховим систематским понављањем. Овакви налази би могли да укажу на предност ситуационих игара у унапређењу премештања, у складу са честим променама услова у игри, које захтевају премештање, па би се највећи напредак могао очекивати у контролној групи садашњег истраживања. Међутим, могуће је да мали обим тих игара на сваком часу контролне групе (5 минута) није дозволио веће ефекте на побољшање премештања, у поређењу са експерименталним групама, у којима је сличан ефекат на унапређење премештања могао бити постигнут механизмима који се тичу моторног учења (Diamond, 2015; Sakai et al., 2002).

Осим могућности да су координационо захтевни садржаји самостално довели до побољшања појединих мера инхибиције и премештања, и могућности синергистичког ефекта координационих и аеробних захтева различитих програма вежбања у овом истраживању, постоји и могућност да су аеробне активности самостално узроковале побољшање поменутих ЕФ. Такав закључак је ипак мање вероватан ако имамо на уму налазе претходних експерименталних истраживања који не указују на самостални потенцијал аеробног вежбања за унапређење инхибиције и премештања (за прегледни чланак погледати Diamond & Ling, 2019b).

Сва наведена тумачења могућег позитивног утицаја експерименталних програма вежбања на мере ЕФ не могу бити потврђена нацртом садашњег истраживања. Потврда таквог утицаја би била могућа укључивањем још једне контролне групе са којом не би био реализован нити један програм систематског физичког вежбања. Међутим, с обзиром да је ово истраживање реализовано као педагошки експеримент, таква поставка истраживања није била могућа.

Имајући у виду поменути мањкавост истраживања и немогућност коначне потврде ефикасности експерименталних програма вежбања у унапређењу премештања и инхибиције, мора се поменути и могућност да наведени програми нису били ефикасни. Један од разлога неефикасности би могла да буде недовољна динамичност и стимулативност експерименталних програма, који су се заснивали на физичком вежбању које је понављајућег карактера и може бити монотono и немотивишуће за ученике. Заиста, поједини аутори су у претходним истраживањима већ истакли да програми вежбања усмерени на унапређење ЕФ морају да буду за саме кориснике вежбања (децу) релевантни, важни, односно деца морају бити мотивисана за упражњавање таквих програма (Diamond & Ling, 2019b). То значи да би осим о контроли обима и интензитета физичке активности испитаника, приликом креирања програма физичког вежбања који би били ефикасни у унапређењу ЕФ, требало водити рачуна и о мотивацији ученика.

Друго објашњење могућег изостанка ефекта програма експерименталних група јесте период трајања програма. Можда је временски интервал од дванаест недеља био прекратак да би се постигли очекивани ефекти, нарочито ако се имају у виду прегледна истраживања која указују на мали ефекат физичких активности на побољшање когнитивних способности уопште (Vazou et al., 2019), као и на побољшање неких ЕФ (Хуе et al., 2019).

Без обзира на могућа тумачења добијених налаза, први важан и недвосмислени резултат ове студије јесте да експериментални програми нису побољшали координацију, за разлику од програма контролне групе који јесте, док се издржљивост повећала само у Е2. Даље, експерименталне групе нису постигле већи напредак у односу на контролну групу ни у једној мери инхибиције и премештања. Овакви налази указују да **Х<sub>1</sub> у Студији 2 о већем позитивном утицају експерименталног програма Е<sub>1</sub> у поређењу са утицајем програма контролне групе (редовни Програм физичког васпитања), на издржљивост, координацију, инхибицију и премештање ученика – није потврђена.** У претходним истраживањима није упоређивана ефикасност програма вежбања који су имали карактеристике сличне програмима у овом истраживању, па резултате не можемо поредити на потпуно једнакој основи.

Други важан налаз нашег истраживања јесте да вежбање инхибиције и премештања кроз посебне задатке интегрисане у програм физичког вежбања испитаника у Е2 није додатно унапредило ове ЕФ, у поређењу са програмима физичког вежбања у Е1 и К. Овај налаз је неочекиван, поготово за непостојање додатних позитивних ефеката програма Е2 на меру премештања (ДИФВР) на Глобал-локал задатку, имајући у виду да су задаци премештања у програму вежбања Е2 били веома слични овом задатку премештања. Као што је предуслов ефикасног премештања у задатку Глобал-локал био да се имају на уму оба правила (шта представљају црвени бројеви, а шта плави), тако је у програму Е2 током задатака премештања било потребно имати на уму: шта представља глас особе истог пола, а шта глас особе супротног пола; шта представља црвена, а шта зелена стрелица; шта додир лопатице, а шта додир рамена, у задацима са различитим стимулусима. За разлику од задатка Глобал-локал, у Смајли задатку су правила доста очигледнија, јер оријентација стрелица прилично јасно указује на начин посматрања великог квадрата – или подељеног на леву и десну страну, или подељеног на горњу и доњу страну, што смањује захтеве за одржавање оба правила у радној меморији. С друге стране, у том случају би се можда могло очекивати да су мере премештања на Глобал-локал задатку у већој мери позитивно корелирале са ажурирањем (за које је потребна ефикасна радна меморија) него мере премештања на Смајли задатку. То ипак није био случај, јер су само обе мере премештања на Смајли задатку биле у позитивној корелацији са мером ажурирања. У намери да проверимо да ли постоји макар тенденција различитог напретка група у мери премештања на Глобал-локал задатку, иако резултати анализе варијансе са поновљеним мерењем не оправдавају даље испитивање, накнадна анализа је указала на тенденцију да највеће побољшање показују испитаници Е2, затим Е1, и на крају К. Такав налаз би могао бити последица позитивног трансфера премештања интегрисаног у физичко вежбање испитаника у Е2 на брзину премештања у задатку Глобал-локал. Међутим, треба имати на уму да побољшање премештања у Е2 може бити делом последица највећег напретка ове групе у издржљивости, у складу са налазима о утицају координативно захтевних активности на инхибицију и премештање само када те активности имају високе аеробне захтеве (Schmidt et al., 2015; van der Niet et al., 2016), као и када се узме у обзир да је издржљивост једина моторичка способност која је позитивно корелирала са мером премештања (ДИФВР) на Глобал-локал задатку. Могуће је да би уз овакве тенденције промене ове мере премештања током времена, разлика између група



била детектована на већем узорку и/или после дужег експерименталног третмана. Генерално посматрано, за све мере инхибиције и премештања постоји вероватноћа да, уколико је њихово унапређење и постојало, трансфер на компјутерски администриране задатке није постигнут. То је у складу са налазима претходних истраживања који указују на веома уске трансфере унапређених ЕФ само на сличне задатке (за прегледни чланак погледати Diamond & Ling, 2019b). Након свега изнетог, а у складу са тренутним налазима, **констатујемо да хипотеза Х<sub>2</sub> у Студији 2 о већем утицају експерименталног програма Е<sub>2</sub> групе, са интегрисаним додатним задацима премештања и инхибиције, на унапређење ове две ЕФ, у односу на варијанту програма без ових додатних задатака (програм Е<sub>1</sub> групе) – није потврђена.**

Прво ограничење овог истраживања се може тицати контроле варијабли које би могле бити од значаја за проучавање везе између моторичких способности и ЕФ, као што су социоекономски статус деце, остале активности које упражњавају у слободно време (осим спортских), заинтересованост (мотивисаност) за програме вежбања које су упражњавали током дванаестонедељног програма. Такође, већи узорак испитаника омогућио би тумачење резултата истраживања и према полу.

Друго ограничење овог истраживања је већ поменута немогућност контролисања самосталног ефекта сазревања на напредак свих испитаника у мерама моторичких способности и ЕФ. Наиме, и експерименталне групе и контролна група су упражњавале одређену врсту физичког вежбања, а није постојала додатна контролна група која би била физички неактивна. Да је постојала, ефекти одређеног програма физичке активности (или интеракције физичке активности и сазревања) на унапређење ЕФ би се могли одвојити од ефекта сазревања. Међутим, издвајање групе деце којој би било ускраћено систематско физичко вежбање на часовима школског физичког васпитања – није педагошки ни етички оправдано.

Треће могуће ограничење је што програми нису били стриктније поларизовани. То значи да би већа разлика између садржаја програма сваке од група, са једне стране, а мања разлика у садржајима унутар програма сваке групе, са друге стране – могле јасније да укажу на евентуалне разлике у ефектима тих програма. Иако би овакви програми физичког (и когнитивног) вежбања са методолошког аспекта били пожељни, час физичког васпитања се не може свести на једнообразне садржаје, било да је у питању учење кретања у коме се координациони захтеви стално усложњавају, играње игара хваталица или континуирано ходање/трчање без других моторичких задатака. Час физичког васпитања мора да тежи разноврсности садржаја који су усмерени на усвајање и усавршавање умења ученика (техника кретања) и побољшање различитих моторичких способности, уз придодато теоријско образовање.

## 6. Закључци

Физичка активност има велики значај за здравље човека у савременим условима живота, али недавно откривање могућности њених позитивних когнитивних ефеката представља изузетан потенцијал за будућа истраживања. У овом раду је испитивана веза између моторичких способности и важних когнитивних функција – ЕФ, као и могућност да се моторичким активностима ови значајни когнитивни ресурси побољшају.

У претходним истраживањима је веза моторичких способности и ЕФ испитивана углавном парцијално, што може представљати проблем уколико се има у виду блискост и међуусловљеност мера моторичког простора, нарочито код деце. Значај Студије 1 овог истраживања је у сагледавању везе свих моторичких способности и ЕФ, из којих произилазе тумачења природе такве везе. Налази овог истраживања о позитивној повезаности ниског интензитета више моторичких способности и инхибиције на Модификованом Струповом задатку, могу бити последица заједничке варијансе тих моторичких способности и инхибиције. Међутим, налаз да је Издржај у згибу најбољи предиктор ове мере инхибиције могао би бити тумачен не само у смеру потенцијалне важности општег моторичког фактора или моторичког искуства за ефикасност инхибиције, већ и важности инхибиције за испољавање неких моторичких способности. Инхибиција важна за истрајавање у моторичком тесту у коме се захтева одупирање замору/болу до границе сопствених могућности може бити један од важних фактора разлике у постигнућу испитаника на датом тесту.

Осим везе моторичких способности са инхибицијом, у овом истраживању је утврђена веза између издржљивости и премештања на Смајли задатку, али и на задатку Глобал-локал, у случају када је способност координације висока. Ови налази би могли да укажу на важност издржљивости и механизма позитивних утицаја аеробних процеса на когнитивно функционисање који су назначени у претходним истраживањима. Ипак, сматрамо да резултати теста издржљивости (као и теста координације) могу да се тумаче у смислу праве мере моторичког искуства и истрајавања упркос замору. У том случају, веза издржљивости и премештања одсликава са једне стране значај моторичког искуства за премештање, које се током стицања тог искуства вероватно врло често захтевало, а са друге стране значај истрајавања односно инхибиције, која може бити важна за ефикасно премештање.

Налази Студије 2 су показали да програм физичких активности усмерен на усвајање нових моторичких искустава, односно побољшање координације покрета, није ефикаснији у унапређењу инхибиције и премештања од редовног Програма физичког васпитања у коме су биле заступљене вежбе брзине, експлозивне снаге, агилности, као и интерактивна кретања (хваталице). Оно што се не може утврдити на основу ових налаза јесте да ли је узрок унапређења појединих мера премештања и инхибиције било сазревање деце или комбинација сазревања и приближно једнаке ефикасности трију различитих програма вежбања. Уколико су експериментални програми вежбања заиста били ефикасни у унапређењу ове две ЕФ, узрок тог унапређења би могло да буде учење нових кретања које је активирало и ЕФ. Са друге стране, уколико је програм контролне групе био ефикасан, може се претпоставити да се то десило на рачун општег моторичког искуства, а нарочито као последица интерактивних, ситуационих игара (хваталица) које због велике непредвидивости најефикасније путање кретања приликом бежања или јурења, могу да ставе додатне захтеве пред ЕФ деце.

Укупно посматрано, налази овог рада су указали на преклапање простора моторичких способности и ЕФ. У складу са налазима овог и претходних истраживања, физичко вежбање вероватно може бити погодан оквир за унапређење ЕФ прадолесцената, што може бити само додатна корист, на све постојеће добро познате користи. Са друге стране, добро развијене ЕФ могу учинити вежбање ефикаснијим (на пример у физичким активностима у којима је важан исход вежбања – у спорту), али и олакшати истрајавање у вежбању. Физичко вежбање треба да подстиче издржљивост, координацију, али је важно и да буде занимљиво и когнитивно изазовно, како би се осигурало истрајавање деце у вежбању током година раста и развоја. Зато је важно да стручњаци који се баве физичким васпитањем и уопште вежбањем деце имају на уму карактеристике физичке активности које су важне за унапређење како моторичких тако и когнитивних потенцијала. Креирањем таквих активности треба уводити иновације у системе физичког вежбања деце – физичко васпитање, рекреацију и спорт.

Како је област истраживања везе моторичког домена и домена ЕФ прилично млада, простор за нова сазнања је велики. У наредним истраживањима би требало укључити већи број моторичких тестова, као и већи број задатака ЕФ, а онда дубље испитати везу ова два домена на нивоу латентних варијабли. Нарочито је битно што прецизније дефинисати компоненте координације које би могле да буду у тесној вези са ЕФ, како би се проверила ефикасност програма који унапређују баш те, специфичне аспекте координације (нпр. окуломоторна координација, бимануелна спретност и слично) на унапређење ЕФ. У тумачењу везе физичке активности, моторичких способности и ЕФ је важно контролисати факторе који би могли да утичу на ову везу – пол, узраст, мотивацију за вежбање и остале потенцијално значајне факторе. Само свеобухватним испитивањем сложеног односа међуусловљених фактора значајних за ову област истраживања може да се стекне увид у природу повезаности моторичких способности и ЕФ деце.

## Литература

- Aadland, K. N., Moe, V. F., Aadland, E., Anderssen, S. A., Resaland, G. K., & Ommundsen, Y. (2017). Relationships between physical activity, sedentary time, aerobic fitness, motor skills and executive function and academic performance in children. *Mental Health and Physical Activity, 12*, 10-18.
- Adam, C., Klissouras, V., & Ravazzolo, M. (1988). EUROFIT: European test of physical fitness. Rome: Council of Europe. *Committee for the development of sport*, 10–70.
- Adkins, D. L., Boychuk, J., Remple, M. S., & Kleim, J. A. (2006). Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *Journal of applied physiology, 101*(6), 1776-1782.
- Adleman, N. E., Menon, V., Blasey, C. M., White, C. D., Warsofsky, I. S., Glover, G. H., & Reiss, A. L. (2002). A developmental fMRI study of the Stroop color-word task. *Neuroimage, 16*(1), 61-75.
- Adolph, K. E. (2005). *Learning to learn in the development of action*. Paper presented at the Action as an organizer of learning and development: The 32nd Minnesota Symposium on Child Development.
- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A., & Pepi, A. (2016). Improving children's coordinative skills and executive functions: the effects of a football exercise program. *Perceptual and motor skills, 122*(1), 27-46.
- Alesi, M., Bianco, A., Padulo, J., Vella, F. P., Petrucci, M., Paoli, A., . . . Pepi, A. (2014). Motor and cognitive development: the role of karate. *Muscles, ligaments and tendons journal, 4*(2), 114.
- Andersen, L. B., Andersen, T. E., Andersen, E., & Anderssen, S. A. (2008). An intermittent running test to estimate maximal oxygen uptake: the Andersen test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 48*(4), 434.
- Baddeley, A. (1986). Oxford psychology series, No. 11. Working memory: New York: Clarendon Press/Oxford University Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, 255*(5044), 556-559.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89): Elsevier.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology, 8*(4), 485.
- Bailey, C. E. (2007). Cognitive accuracy and intelligent executive function in the brain and in business. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1118*(1), 122-141.
- Bates, J. F., & Goldman-Rakic, P. S. (1993). Prefrontal connections of medial motor areas in the rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology, 336*(2), 211-228.
- Bell, M. A., Wolfe, C. D., & Adkins, D. R. (2007). Frontal lobe development during infancy and childhood. *Human behavior, learning, and the developing brain: Typical development, 247-276*.
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review, 30*(4), 331-351.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development, 81*(6), 1641-1660.

- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and individual differences, 21*(4), 327-336.
- Bjekić, J., Živanović, M., Purić, D., Oosterman, J. M., & Filipović, S. R. (2018). Pain and executive functions: a unique relationship between Stroop task and experimentally induced pain. *Psychological research, 82*(3), 580-589.
- Bodrova, E., & Leong, D. (2007). *Tools of the Mind: The Vygotskian Approach to Early Childhood Education* (Merrill/Prentice Hall, New York, ed 2).
- Boot, W., Basak, C., Erickson, K., Neider, M., Simons, D., & Fabiani, M. (2010). Strategy, individual differences, and transfer of training in the acquisition of skilled space fortress performance. *Acta psychologica, 135*, 349-357.
- Borella, E., Carretti, B., & Pelegrina, S. (2010). The specific role of inhibition in reading comprehension in good and poor comprehenders. *Journal of Learning disabilities, 43*(6), 541-552.
- Buck, S. M., Hillman, C. H., & Castelli, D. M. (2008). The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise, 40*(1), 166-172.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietraßyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience letters, 441*(2), 219-223.
- Buttelmann, F., & Karbach, J. (2017). Development and plasticity of cognitive flexibility in early and middle childhood. *Frontiers in psychology, 8*, 1040.
- Cadenas-Sánchez, C., Artero, E. G., Concha, F., Leyton, B., & Kain, J. (2015). Anthropometric characteristics and physical fitness level in relation to body weight status in Chilean preschool children. *Nutricion hospitalaria, 32*(1), 346-353.
- Cardoso, C. d. O., Dias, N., Senger, J., Colling, A. P. C., Seabra, A. G., & Fonseca, R. P. (2018). Neuropsychological stimulation of executive functions in children with typical development: a systematic review. *Applied Neuropsychology: Child, 7*(1), 61-81.
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental neuropsychology, 28*(2), 595-616.
- Carretti, B., Borella, E., Zavagnin, M., & de Beni, R. (2013). Gains in language comprehension relating to working memory training in healthy older adults. *International journal of geriatric psychiatry, 28*(5), 539-546.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports, 100*(2), 126-131.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Holtrop, J. L., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., . . . Kramer, A. F. (2014). Aerobic fitness is associated with greater white matter integrity in children. *Frontiers in human neuroscience, 8*(584), 1-7.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., VanPatter, M., . . . Hillman, C. H. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain research, 1358*, 172-183.
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., . . . Kramer, A. F. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Developmental neuroscience, 32*(3), 249-256.

- Chan, A. S., Sze, S. L., Siu, N. Y., Lau, E. M., & Cheung, M.-c. (2013). A Chinese mind-body exercise improves self-control of children with autism: a randomized controlled trial. *PloS one*, 8(7).
- Chang, Y.-K., Labban, J., Gapin, J., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain research*, 1453, 87-101.
- Chang, Y.-K., Tsai, Y.-J., Chen, T.-T., & Hung, T.-M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: an ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187-196.
- Chevalier, N., Sheffield, T. D., Nelson, J. M., Clark, C. A., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2012). Underpinnings of the costs of flexibility in preschool children: the roles of inhibition and working memory. *Developmental neuropsychology*, 37(2), 99-118.
- Cianchetti, C., Corona, S., Foscoliano, M., Contu, D., & Sannio-Fancello, G. (2007). Modified Wisconsin Card Sorting Test (MCST, MWCST): Normative data in children 4–13 years old, according to classical and new types of scoring. *The Clinical Neuropsychologist*, 21(3), 456-478.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., . . . Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(11), 1166-1170.
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., & Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Bmj*, 320(7244), 1240.
- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS Biol*, 10(3), e1001293.
- Cordo, P. J., & Gurfinkel, V. S. (2004). Motor coordination can be fully understood only by studying complex movements. *Progress in brain research*, 143, 29-38.
- Cordova, D. I., & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of educational psychology*, 88(4), 715.
- Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Buitelaar, J., Daley, D., Dittmann, R. W., . . . Stringaris, A. (2015). Cognitive training for attention-deficit/hyperactivity disorder: meta-analysis of clinical and neuropsychological outcomes from randomized controlled trials. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 54(3), 164-174.
- Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Holtmann, M., Aggensteiner, P., Daley, D., . . . Stringaris, A. (2016). Neurofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder: meta-analysis of clinical and neuropsychological outcomes from randomized controlled trials. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 55(6), 444-455.
- Costa, M. T. S., Vieira, L. P., de Oliveira Barbosa, E., Oliveira, L. M., Maillot, P., Vagheti, C. A. O., . . . Monteiro-Junior, R. S. (2019). Virtual reality-based exercise with exergames as medicine in different contexts: a short review. *Clinical practice and epidemiology in mental health: CP & EMH*, 15, 15.
- Cragg, L., & Nation, K. (2008). Go or no-go? Developmental improvements in the efficiency of response inhibition in mid-childhood. *Developmental science*, 11(6), 819-827.
- Crone, E. A., Donohue, S. E., Honomichl, R., Wendelken, C., & Bunge, S. A. (2006). Brain regions mediating flexible rule use during development. *Journal of Neuroscience*, 26(43), 11239-11247.
- Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S. E., & Bunge, S. A. (2006). Neural evidence for dissociable components of task-switching. *Cerebral cortex*, 16(4), 475-486.

- Crova, C., Struzzolino, I., Marchetti, R., Masci, I., Vannozzi, G., Forte, R., & Pesce, C. (2014). Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. *Journal of sports sciences*, 32(3), 201-211.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Boyle, C. A., Waller, J. L., Miller, P. H., Naglieri, J. A., & Gregoski, M. (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: a randomized controlled trial. *Research quarterly for exercise and sport*, 78(5), 510-519.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., . . . Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health psychology*, 30(1), 91-98.
- de Bruijn, A., Hartman, E., Kostons, D., Visscher, C., & Bosker, R. (2018). Exploring the relations among physical fitness, executive functioning, and low academic achievement. *Journal of experimental child psychology*, 167, 204-221.
- de Graaf-Peters, V. B., & Hadders-Algra, M. (2006). Ontogeny of the human central nervous system: what is happening when? *Early human development*, 82(4), 257-266.
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child development*, 71(1), 44-56.
- Diamond, A. (2015). Effects of physical exercise on executive functions: going beyond simply moving to moving with thought. *Annals of sports medicine and research*, 2(1), 1011-1016.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387-1388.
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2019a). Aerobic-exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far.
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2019b). Review of the Evidence on, and Fundamental Questions About, Efforts to Improve Executive Functions, Including Working Memory. *Cognitive and Working Memory Training: Perspectives from Psychology, Neuroscience, and Human Development*, 143.
- Dias, N. M., & Seabra, A. G. (2015). The promotion of executive functioning in a Brazilian public school: a pilot study. *The Spanish Journal of Psychology*, 18.
- Dörrenbächer, S., Müller, P. M., Tröger, J., & Kray, J. (2014). Dissociable effects of game elements on motivation and cognition in a task-switching training in middle childhood. *Frontiers in psychology*, 5, 1275.
- Drollette, E. S., Shishido, T., Pontifex, M. B., & Hillman, C. H. (2012). Maintenance of cognitive control during and after walking in preadolescent children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(10), 2017-2024.
- Durstun, S., Davidson, M. C., Tottenham, N., Galvan, A., Spicer, J., Fossella, J. A., & Casey, B. (2006). A shift from diffuse to focal cortical activity with development. *Developmental science*, 9(1), 1-8.
- Eakin, L., Minde, K., Hechtman, L., Ochs, E., Krane, E., Bouffard, R., . . . Looper, K. (2004). The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *Journal of Attention Disorders*, 8(1), 1-10.
- Edelman, G. M. (1987). *Neural Darwinism: The theory of neuronal group selection*: Basic books.
- Ellemborg, D., & St-Louis-Deschênes, M. (2010). The effect of acute physical exercise on cognitive function during development. *Psychology of sport and exercise*, 11(2), 122-126.

- Ericsson, K. A., Nandagopal, K., & Roring, R. W. (2009). Toward a science of exceptional achievement. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1172(1), 199.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & psychophysics*, 16(1), 143-149.
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., & Nowell, P. (1997). The Influence of Physical Fitness and Exercise Upon Cognitive Functioning: A Meta-Analysis. *Journal of sport & exercise psychology*, 19(3), 249-277.
- Falk, B., Cohen, Y., Lustig, G., Lander, Y., Yaaron, M., & Ayalon, J. (2001). Tracking of physical fitness components in boys and girls from the second to sixth grades. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 13(1), 65-70.
- Fedewa, A. L., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Research quarterly for exercise and sport*, 82(3), 521-535.
- Flanagan, J. R., & Johansson, R. S. (2003). Action plans used in action observation. *Nature*, 424(6950), 769.
- Fleishman, E. A. (1964). The structure and measurement of physical fitness.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of experimental psychology: General*, 133(1), 101.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological science*, 17(2), 172-179.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 134(1), 31.
- Gates, N., Singh, M. A. F., Sachdev, P. S., & Valenzuela, M. (2013). The effect of exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 21(11), 1086-1097.
- Gathercole, S. E., Dunning, D. L., & Holmes, J. (2012). Cogmed training: Let's be realistic about intervention research.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*, 40(2), 177.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18(1), 1-16.
- Gold, J. M., Carpenter, C., Randolph, C., Goldberg, T. E., & Weinberger, D. R. (1997). Auditory working memory and Wisconsin Card Sorting Test performance in schizophrenia. *Archives of general psychiatry*, 54(2), 159-165.
- Gomez, P., Ratcliff, R., & Perea, M. (2007). A model of the go/no-go task. *Journal of experimental psychology: General*, 136(3), 389-413.
- González, K., Fuentes, J., & Márquez, J. L. (2017). Physical inactivity, sedentary behavior and chronic diseases. *Korean journal of family medicine*, 38(3), 111.
- Grob, A., Meyer, C., & Hagmann-von Arx, P. (2009). *Intelligence and Development Scales*. Bern, Switzerland: Hans Huber.
- Hadders-Algra, M. (2010). Variation and variability: key words in human motor development. *Physical therapy*, 90(12), 1823-1837.



- Harre, D. (1971). Doctrine of training. *Moscow: Fizkultura i sport*, 2, 326.
- Hedberg, Å., Carlberg, E. B., Forssberg, H., & Hadders-Algra, M. (2005). Development of postural adjustments in sitting position during the first half year of life. *Developmental medicine and child neurology*, 47(5), 312-320.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2007). *Movement assessment battery for children-2*: Harcourt Assessment.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental psychology*, 45(1), 114-129.
- Hillman, C. H., McAuley, E., Erickson, K. I., Liu-Ambrose, T., & Kramer, A. F. (2019). On mindful and mindless physical activity and executive function: A response to Diamond and Ling (2016). *Developmental Cognitive Neuroscience*, 37.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., . . . Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics*, 134(4), e1063-e1071.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054.
- Hirtz, P. (1985). Koordinative Fähigkeiten im schulsport. *Berlin: Volk und Wissen*.
- Hogan, J. (1991). Structure of physical performance in occupational tasks. *Journal of Applied Psychology*, 76(4), 495.
- Huang, T., Tarp, J., Domazet, S. L., Thorsen, A. K., Froberg, K., Andersen, L. B., & Bugge, A. (2015). Associations of adiposity and aerobic fitness with executive function and math performance in Danish adolescents. *The journal of pediatrics*, 167(4), 810-815.
- Hughes, C., & Dunn, J. (1998). Understanding mind and emotion: longitudinal associations with mental-state talk between young friends. *Developmental psychology*, 34(5), 1026.
- Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036.
- Huizinga, M., & van der Molen, M. W. (2007). Age-group differences in set-switching and set-maintenance on the Wisconsin Card Sorting Task. *Developmental neuropsychology*, 31(2), 193-215.
- Hwang, J., Castelli, D. M., & Gonzalez-Lima, F. (2017). The positive cognitive impact of aerobic fitness is associated with peripheral inflammatory and brain-derived neurotrophic biomarkers in young adults. *Physiology & Behavior*, 179, 75-89.
- Hyland-Monks, R., Cronin, L., McNaughton, L., & Marchant, D. (2018). The role of executive function in the self-regulation of endurance performance: a critical review *Progress in brain research* (Vol. 240, pp. 353-370): Elsevier.
- Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 7(1), 40.
- Jonkman, L. M. (2006). The development of preparation, conflict monitoring and inhibition from early childhood to young adulthood; a Go/Nogo ERP study. *Brain research*, 1097(1), 181-193.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology review*, 17(3), 213-233.
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental science*, 12(6), 978-990.

- Karbach, J., & Unger, K. (2014). Executive control training from middle childhood to adolescence. *Frontiers in psychology*, 5(390), 1-14.
- Keele, S. W., Ivry, R., Mayr, U., Hazeltine, E., & Heuer, H. (2003). The cognitive and neural architecture of sequence representation. *Psychological review*, 110(2), 316-339.
- Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise 6th Edition: Human kinetics*.
- Koutsandreu, F., Wegner, M., Niemann, C., & Budde, H. (2016). Effects of motor versus cardiovascular exercise training on children's working memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1144-1152.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., . . . Boileau, R. A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400(6743), 418-419.
- Kray, J., Karbach, J., Haenig, S., & Freitag, C. (2012). Can task-switching training enhance executive control functioning in children with attention deficit/hyperactivity disorder? *Frontiers in human neuroscience*, 5, 180.
- Kroesbergen, E. H., van't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2014). Training working memory in kindergarden children: Effects on working memory and early numeracy. *Child Neuropsychology*, 20(1), 23-37.
- Krstić, N., Aleksić, O., Vidović, P., & Gojković, M. (2002). Neurokognitivni razvoj kod dece mlađeg školskog uzrasta (I)-egzekutivne funkcije, konstruktivne sposobnosti i pamćenje. *Psihijatrijski dani*, 34(3-4), 305-331.
- Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., & Hille, K. (2009). A 30-minute physical education program improves students' executive attention. *Mind, Brain, and Education*, 3(4), 235-242.
- Kukulj, M. (2006). *Antropomotorika*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
- Kurelić, N., Momirović, K., Stojanović, M., Šturm, J., Radojević, Đ., & Viskiće-Štaleb, N. (1975). *Struktura i razvoj morfoloških i motoričkih dimenzija omladine*: Institut za naučna istraživanja Fakulteta za fizičko vaspitanje Univerziteta.
- Kusché, C. A., & Greenberg, M. T. (1994). *The PATHS curriculum: Promoting alternative thinking strategies*: Developmental Research & Programs.
- Kyttälä, M., Kanerva, K., & Kroesbergen, E. (2015). Training counting skills and working memory in preschool. *Scandinavian journal of psychology*, 56(4), 363-370.
- Lakes, K. D., & Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(3), 283-302.
- Lambourne, K., & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain research*, 1341, 12-24.
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences*, 6(2), 93-101.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80.
- Lillard, A., & Else-Quest, N. (2006). Evaluating montessori education. *Science*, 313(5795), 1893-1894.
- Logan, G. D., Schachar, R. J., & Tannock, R. (1997). Impulsivity and inhibitory control. *Psychological science*, 8(1), 60-64.
- Lu, M. T., Preston, J. B., & Strick, P. L. (1994). Interconnections between the prefrontal cortex and the premotor areas in the frontal lobe. *Journal of Comparative Neurology*, 341(3), 375-392.

- Ludyga, S., Gerber, M., Pühse, U., Looser, V. N., & Kamijo, K. (2020). Systematic review and meta-analysis investigating moderators of long-term effects of exercise on cognition in healthy individuals. *Nature Human Behaviour*, 1-10.
- Ludyga, S., Koutsandr  ou, F., Reuter, E.-M., Voelcker-Rehage, C., & Budde, H. (2019). A Randomized Controlled Trial on the Effects of Aerobic and Coordinative Training on Neural Correlates of Inhibitory Control in Children. *Journal of clinical medicine*, 8(2), 184.
- Lui, M., & Tannock, R. (2007). Working memory and inattentive behaviour in a community sample of children. *Behavioral and Brain Functions*, 3(1), 12.
- Lunt, L., Bramham, J., Morris, R. G., Bullock, P. R., Selway, R. P., Xenitidis, K., & David, A. S. (2012). Prefrontal cortex dysfunction and ‘jumping to conclusions’: bias or deficit? *Journal of Neuropsychology*, 6(1), 65-78.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin*, 109(2), 163.
- Malina, R. M., & Katzmarzyk, P. T. (2006). Physical activity and fitness in an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4\_suppl5), S295-S313.
- Marchetti, R., Forte, R., Borzacchini, M., Vazou, S., Tomporowski, P. D., & Pesce, C. (2015). Physical and motor fitness, sport skills and executive function in adolescents: a moderated prediction model. *Psychology*, 6(14), 1915-1929.
- Marsh, H. W. (1993). The multidimensional structure of physical fitness: Invariance over gender and age. *Research quarterly for exercise and sport*, 64(3), 256-273.
- McMorris, T., Collard, K., Corbett, J., Dicks, M., & Swain, J. (2008). A test of the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 89(1), 106-115.
- Meister, I., Krings, T., Foltys, H., Boroojerdi, B., M  ller, M., T  pper, R., & Thron, A. (2005). Effects of long-term practice and task complexity in musicians and nonmusicians performing simple and complex motor tasks: Implications for cortical motor organization. *Human brain mapping*, 25(3), 345-352.
- Melby-Lerv  g, M., Redick, T. S., & Hulme, C. (2016). Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of “far transfer” evidence from a meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 512-534.
- Menezes, A., Dias, N. M., Trevisan, B. T., Carreiro, L. R. R., & Seabra, A. G. (2015). Intervention for executive functions in attention deficit and hyperactivity disorder. *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, 73(3), 227-236.
- Milanovi  , I. (2011). Pra  enje fizi  kog razvoja i razvoja motori  kih sposobnosti u  enika u nastavi fizi  kog vaspitanja.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202.
- Milosevic, V., & Petrovic, A. (2015). Reliability of field-based tests for monitoring and assessing physical fitness in preschool children. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 9(1), 20-26.
- Miyake, A., Emerson, M. J., Padilla, F., & Ahn, J.-c. (2004). Inner speech as a retrieval aid for task goals: The effects of cue type and articulatory suppression in the random task cuing paradigm. *Acta psychologica*, 115(2), 123-142.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.

- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in cognitive sciences*, 7(3), 134-140.
- Mora-Gonzalez, J., Esteban-Cornejo, I., Solis-Urra, P., Migueles, J. H., Cadenas-Sanchez, C., Molina-Garcia, P., . . . Pontifex, M. B. (2020). Fitness, physical activity, sedentary time, inhibitory control, and neuroelectric activity in children with overweight or obesity: The ActiveBrains project. *Psychophysiology*, e13579.
- Moreau, D. (2013). Motor expertise modulates movement processing in working memory. *Acta psychologica*, 142(3), 356-361.
- Moreau, D. (2015). Unreflective actions? complex motor skill acquisition to enhance spatial cognition. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 14(2), 349-359.
- Moreau, D., & Conway, A. R. (2014). The case for an ecological approach to cognitive training. *Trends in cognitive sciences*, 18(7), 334-336.
- Moreau, D., Morrison, A. B., & Conway, A. R. (2015). An ecological approach to cognitive enhancement: Complex motor training. *Acta psychologica*, 157, 44-55.
- Moriguchi, Y., & Hiraki, K. (2009). Neural origin of cognitive shifting in young children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(14), 6017-6021.
- Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British journal of psychology*, 81(2), 111-121.
- Murray, G., Veijola, J., Moilanen, K., Miettunen, J., Glahn, D., Cannon, T., . . . Isohanni, M. (2006). Infant motor development is associated with adult cognitive categorisation in a longitudinal birth cohort study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(1), 25-29.
- Naglieri, J. A., & Das, J. P. (1997). Cognitive Assessment System.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive psychology*, 9(3), 353-383.
- Nguyen, M. H., & Kruse, A. (2012). A randomized controlled trial of Tai chi for balance, sleep quality and cognitive performance in elderly Vietnamese. *Clinical interventions in aging*, 7, 185.
- Niederer, I., Kriemler, S., Gut, J., Hartmann, T., Schindler, C., Barral, J., & Puder, J. J. (2011). Relationship of aerobic fitness and motor skills with memory and attention in preschoolers (Ballabeina): a cross-sectional and longitudinal study. *BMC pediatrics*, 11(1), 1-9.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18): Springer.
- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*, 52(3), 154-160.
- O'Hare, E. D., & Sowell, E. R. (2008). Imaging developmental changes in gray and white matter in the human brain. *Handbook of developmental cognitive neuroscience*, 2, 23-38.
- Oberer, N., Gashaj, V., & Roebers, C. M. (2018). Executive functions, visual-motor coordination, physical fitness and academic achievement: Longitudinal relations in typically developing children. *Human movement science*, 58, 69-79.
- Ortega, F. B., Cadenas-Sánchez, C., Sánchez-Delgado, G., Mora-González, J., Martínez-Téllez, B., Artero, E. G., . . . Löf, M. (2015). Systematic review and proposal of a field-based physical fitness-test battery in preschool children: the PREFIT battery. *Sports medicine*, 45(4), 533-555.
- Pallier, G., Wilkinson, R., Danthiir, V., Kleitman, S., Knezevic, G., Stankov, L., & Roberts, R. D. (2002). The role of individual differences in the accuracy of confidence judgments. *The Journal of general psychology*, 129(3), 257-299.
- Peng, A., Kirkham, N. Z., & Mareschal, D. (2018). Task switching costs in preschool children and adults. *Journal of experimental child psychology*, 172, 59-72.

- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., . . . Small, S. A. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(13), 5638-5643.
- Pesce, C., Crova, C., Cereatti, L., Casella, R., & Bellucci, M. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Mental Health and Physical Activity*, *2*(1), 16-22.
- Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and Physical Activity*, *6*(3), 172-180.
- Piaget, J. (1953). *The origin of intelligence in the child*: Routledge and Kegan Paul.
- Piek, J. P. (2006). *Infant motor development* (Vol. 10): Human Kinetics.
- Platonov, V. (1984). Theory and methodology of sport training. *Kiev: Vishal School*.
- Pontifex, M. B., Raine, L. B., Johnson, C. R., Chaddock, L., Voss, M. W., Cohen, N. J., . . . Hillman, C. H. (2011). Cardiorespiratory fitness and the flexible modulation of cognitive control in preadolescent children. *Journal of cognitive neuroscience*, *23*(6), 1332-1345.
- Prins, P. J., Brink, E. T., Dovis, S., Ponsioen, A., Geurts, H. M., De Vries, M., & Van Der Oord, S. (2013). "Braingame Brian": toward an executive function training program with game elements for children with ADHD and cognitive control problems. *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications*, *2*(1), 44-49.
- Purić, D. B. (2014). *Odnos egzekutivnih funkcija i crta ličnosti*. Универзитет у Београду, Филозофски факултет.
- Raver, C. C., Jones, S. M., Li-Grining, C., Zhai, F., Bub, K., & Pressler, E. (2011). CSRP's impact on low-income preschoolers' preacademic skills: self-regulation as a mediating mechanism. *Child development*, *82*(1), 362-378.
- Riggs, N. R., Greenberg, M. T., Kusché, C. A., & Pentz, M. A. (2006). The mediational role of neurocognition in the behavioral outcomes of a social-emotional prevention program in elementary school students: Effects of the PATHS curriculum. *Prevention Science*, *7*(1), 91-102.
- Riggs, N. R., Spruijt-Metz, D., Sakuma, K.-L., Chou, C.-P., & Pentz, M. A. (2010). Executive cognitive function and food intake in children. *Journal of nutrition education and behavior*, *42*(6), 398-403.
- Rigoli, D., Piek, J. P., Kane, R., & Oosterlaan, J. (2012). An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *54*(11), 1025-1031.
- Robertson, S. S., Johnson, S. L., Masnick, A. M., & Weiss, S. L. (2007). Robust coupling of body movement and gaze in young infants. *Developmental Psychobiology*, *49*(2), 208-215.
- Roebbers, C. M., Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Jäger, K. (2014). The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: a latent variable approach. *Human movement science*, *33*, 284-297.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of experimental psychology: General*, *124*(2), 207-231.
- Rose, S. A., Feldman, J. F., & Jankowski, J. J. (2016). Infant cognitive abilities: Potential building blocks of later executive functions.
- Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Roebbers, C. M. (2012). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development*, *21*(4), 411-429.

- Rubinstein, M., Denays, R., Ham, H., Piepsz, A., VanPachterbeke, T., Haumont, D., & Noel, P. (1989). Functional imaging of brain maturation in humans using iodine-123 iodoamphetamine and SPECT. *Journal of nuclear medicine*, *30*(12), 1982-1985.
- Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., España-Romero, V., Artero, E. G., Ortega, F. B., Cuenca, M. M., . . . Mora, J. (2011). Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(6), 518-524.
- Sakai, K., Ramnani, N., & Passingham, R. E. (2002). Learning of sequences of finger movements and timing: frontal lobe and action-oriented representation. *Journal of neurophysiology*, *88*(4), 2035-2046.
- Schmahmann, J. D., & Pandya, D. N. (1997). Anatomic organization of the basilar pontine projections from prefrontal cortices in rhesus monkey. *The Journal of Neuroscience*, *17*(1), 438-458.
- Schmid, C., Zoelch, C., & Roebbers, C. M. (2008). Das Arbeitsgedächtnis von 4-bis 5-jährigen Kindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *40*(1), 2-12.
- Schmidt, M., Egger, F., Benzing, V., Jäger, K., Conzelmann, A., Roebbers, C. M., & Pesce, C. (2017). Disentangling the relationship between children's motor ability, executive function and academic achievement. *PLoS one*, *12*(8), e0182845.
- Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: a group-randomized controlled trial. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *37*(6), 575-591.
- Schuch, S., Bayliss, A. P., Klein, C., & Tipper, S. P. (2010). Attention modulates motor system activation during action observation: evidence for inhibitory rebound. *Experimental Brain Research*, *205*(2), 235-249.
- Schulz, J., Henderson, S. E., Sugden, D. A., & Barnett, A. L. (2011). Structural validity of the Movement ABC-2 test: Factor structure comparisons across three age groups. *Research in developmental disabilities*, *32*(4), 1361-1369. doi: 10.1016/j.ridd.2011.01.032
- Shipstead, Z., Hicks, K. L., & Engle, R. W. (2012). Cogmed working memory training: Does the evidence support the claims? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *1*(3), 185-193.
- Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric exercise science*, *15*(3), 243-256.
- Smith, L. B., & Thelen, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in cognitive sciences*, *7*(8), 343-348.
- Snowden, M., Steinman, L., Mochan, K., Grodstein, F., Prohaska, T. R., Thurman, D. J., . . . Zweiback, D. J. (2011). Effect of exercise on cognitive performance in community-dwelling older adults: Review of intervention trials and recommendations for public health practice and research. *Journal of the American Geriatrics Society*, *59*(4), 704-716.
- Solomon, T., Plamondon, A., O'Hara, A., Finch, H., Goco, G., Chaban, P., . . . Tannock, R. (2018). A cluster randomized-controlled trial of the impact of the Tools of the Mind curriculum on self-regulation in Canadian preschoolers. *Frontiers in psychology*, *8*, 2366.
- Stephenson, C. L., & Halpern, D. F. (2013). Improved matrix reasoning is limited to training on tasks with a visuospatial component. *Intelligence*, *41*(5), 341-357.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, *18*(6), 643-662.

- Sudgen, D., & Henderson, S. (1992). *Movement Assessment Battery for Children (M-ABC)*: Oxford, UK: Pearson Assessment.
- Tang, Y. (2005). Health from brain, wisdom from brain. *Dalian University of Technology Press (including training and practice VCDs)(in Chinese)*.
- Tang, Y. (2009). *Exploring the brain, optimizing the life*: Beijing: Science Press.
- Taylor-Piliae, R. E., Newell, K. A., Cherin, R., Lee, M. J., King, A. C., & Haskell, W. L. (2010). Effects of Tai Chi and Western exercise on physical and cognitive functioning in healthy community-dwelling older adults. *Journal of aging and physical activity, 18*(3), 261-279.
- Tirre, W. C., & Raouf, K. K. (1998). Structural models of cognitive and perceptualmotor abilities. *Personality and Individual Differences, 24*(5), 603-614.
- Tomporowski, P. D., McCullick, B., Pendleton, D. M., & Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: the role of exercise characteristics and a place for metacognition. *Journal of Sport and Health Science, 4*(1), 47-55.
- Tomporowski, P. D., & Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological bulletin, 145*(9), 929.
- Towse, J. N., & McLachlan, A. (1999). An exploration of random generation among children. *British Journal of Developmental Psychology, 17*(3), 363-380.
- Towse, J. N., & Neil, D. (1998). Analyzing human random generation behavior: A review of methods used and a computer program for describing performance. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 30*(4), 583-591.
- Tressoldi, P. E., Vio, C., Gugliotta, M., Bisiacchi, P. S., & Cendron, M. (2005). *BVN 5-11.: Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva. Con CD-ROM*: Edizioni Erickson.
- Utesch, T., Dreiskämper, D., Strauss, B., & Naul, R. (2017). The development of the physical fitness construct across childhood. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 28*(1), 212-219.
- van der Fels, I. M., Smith, J., de Bruijn, A. G., Bosker, R. J., Königs, M., Oosterlaan, J., . . . Hartman, E. (2019). Relations between gross motor skills and executive functions, controlling for the role of information processing and lapses of attention in 8-10 year old children. *PloS one, 14*(10).
- van der Niet, A. G., Smith, J., Oosterlaan, J., Scherder, E. J., Hartman, E., & Visscher, C. (2016). Effects of a cognitively demanding aerobic intervention during recess on children's physical fitness and executive functioning. *Pediatric exercise science, 28*(1), 64-70.
- Vazou, S., Pesce, C., Lakes, K., & Smiley-Oyen, A. (2019). More than one road leads to Rome: a narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. *International Journal of Sport and Exercise Psychology, 17*(2), 153-178.
- Voss, M. W., Chaddock, L., Kim, J. S., VanPatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., . . . Kramer, A. F. (2011). Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children. *Neuroscience, 199*, 166-176.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*: Harvard university press.
- Wang, J.-R., & Hsieh, S. (2013). Neurofeedback training improves attention and working memory performance. *Clinical Neurophysiology, 124*(12), 2406-2420.
- Wechsler, D. (1987). *WMS-R: Wechsler Memory Scale-Revised: Manual*. San Antonio: TX: Psychological Corporation. .
- Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental psychology, 44*(2), 575.

- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 108(3), 436-452.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., . . . Floel, A. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of learning and memory*, 87(4), 597-609.
- Xue, Y., Yang, Y., & Huang, T. (2019). Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(22), 1397-1404.
- Zaciorski, V. M., & Todorović, B. (1969). *Fizičke sposobnosti sportiste*: Jugoslovenski zavod za fizičku kulturu.
- Zelazo, P. D., Anderson, J. E., Richler, J., Wallner-Allen, K., Beaumont, J. L., & Weintraub, S. (2013). II. NIH Toolbox Cognition Battery (CB): Measuring executive function and attention. *Monographs of the society for research in child development*, 78(4), 16-33.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J., . . . Sutherland, A. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the society for research in child development*, i-151.
- Zhou, F., Xi, X., & Qin, C. (2020). Regular open-skill exercise generally enhances attentional resources related to perceptual processing in young males.
- Zinke, K., Einert, M., Pfennig, L., & Kliegel, M. (2012). Plasticity of executive control through task switching training in adolescents. *Frontiers in human neuroscience*, 6, 41.
- Željaskov, C. (2004). *Kondicioni trening vrhunskih sportista: teorija, metodika i praksa*: Sportska akademija.



## Прилог 1

Табела А. Анализа простих ефеката фактора „време“ за сваки ниво фактора „група“ за меру премештања (ДИФВР) на Глобал-локал задатку

Група	Разлика средњих вредности (Ф – И)	Стандардна грешка	<i>p</i>	95% интервал поузданости	
				Доња граница	Горња граница
Е1	117.85	39.36	<b>.004</b>	39.58	196.11
Е2	151.60	39.36	<b>.000</b>	73.33	229.86
К	82.05	40.75	<b>.047</b>	1.04	163.06

И – иницијално мерење, Ф – финално мерење, *p* – ниво значајности

**Подебљаним** цифрама је приказан ниво значајности  $p < .05$

<sup>a</sup> Приликом вишеструких поређења је коришћена Бонферони корекција

Прилог 2.

## Изјава о ауторству

Потписани-а \_\_\_\_\_ Владимир Милошевић \_\_\_\_\_

број уписа \_\_\_\_\_ 8-DS/2013 \_\_\_\_\_

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Повезаност моторичких способности и егзекутивних функција ученика млађег

школског узраста

---

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_ 1.12.2020. \_\_\_\_\_

Прилог 3.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора \_\_\_\_\_ Владимир Милошевић \_\_\_\_\_

Број уписа \_\_\_\_\_ 8-DS/2013 \_\_\_\_\_

Студијски програм \_\_\_\_\_ Експерименталне методе истраживања хумане локомоције \_\_\_\_\_

Наслов рада \_\_\_\_\_ Повезаност моторичких способности и егзекутивних функција  
\_\_\_\_\_ ученика млађег школског узраста \_\_\_\_\_

Ментор \_\_\_\_\_ ред. проф. др Снежана Радисављевић Јанић \_\_\_\_\_

Потписани \_\_\_\_\_ Владимир Милошевић \_\_\_\_\_

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_ 1.12.2020. \_\_\_\_\_

#### Прилог 4.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Повезаност моторичких способности и егзекутивних функција ученика млађег

---

школског узраста

---

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_ 1.12.2020. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Прилог 5. Сагласност Етичке комисије Факултета спорта и физичког васпитања, Универзитета у Београду**

UNIVERZITET U BEOGRADU  
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA  
ETIČKA KOMISIJA

Република Србија  
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА  
Ор. Бр. 104/18-2  
25. 01. 2018. год.  
БЕОГРАД, Благоја Паровића 156

**Predmet** - На захтев зaведен под бројем 02-104/18-1 од 23.01.2018. године, који је поднео Владимир Милошевић, Етичка комисија Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду даје

**S A G L A S N O S T**

За реализацију истраживања планираног у оквиру израде докторске дисертације под називом **Povezanost motoričkih sposobnosti i egzekutivnih funkcija dece mlađeg školskog uzrasta.**

***O b r a z l o Ź e n j e***

На основу увида у нацрт истраживања који се реализује у оквиру израде докторске дисертације под називом **Povezanost motoričkih sposobnosti i egzekutivnih funkcija dece mlađeg školskog uzrasta**, Етичка комисија Факултета износи мишљење да се, како у концепту тако и у планирању реализације истраживања и примене добијених резултата, полазило од принципа који су у складу са етичким стандардима, чиме се обезбеђује заштита испитаника од могућих повреда њихове психосоцијалне и физичке добробити.

У складу са изнетим мишљењем Етичка комисија Факултета даје сагласност за реализацију планираног истраживања.

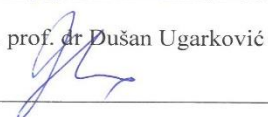
За Етичку комисију

Чланови

1. ред. проф. др Душанка Лазаревић



ред. проф. др Душан Угарковић



3. ред. проф. др Владимир Копривица







## The relationship of aerobic and motor fitness with executive functions in preadolescents

Vladimir J. Milošević<sup>1</sup> · Ana Orlić<sup>1</sup> · Danka Purić<sup>2</sup> · Snežana Radisavljević Janić<sup>1</sup> · Dušanka Lazarević<sup>1</sup> · Ivana Milanović<sup>1</sup>

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019

### Abstract

Recent research findings have indicated that aerobic fitness and motor fitness are related to specific executive functions (EF). However, it is not clear whether the relationships of these fitness factors with executive functions are dependent on each other. The goal of this study was thus to investigate the relationship of aerobic fitness, motor fitness, and their interaction with EF in preadolescents. The sample consisted of 137 students (67 boys) aged 9–10 years. Physical fitness assessment included measures of aerobic fitness (20 m shuttle run test) and motor fitness (Hurdle and crawl test), while EF assessment encompassed measures of inhibition (Modified Stroop task), shifting (Smiley task) and updating (Letter memory task). The results showed that motor fitness was positively related to inhibition,  $r = .22, p < .05$ , while aerobic fitness was positively related to shifting  $r = .22, p < .05$ . Multiple regression and post hoc analyses indicated that aerobic fitness was positively related to shifting only when motor fitness was also high ( $\beta = .44, p < .01$ ). This pattern of results could indicate the potential relevance of high levels of both motor and aerobic fitness for EF.

**Keywords** Children · Shifting · Updating · Inhibition · Cardiorespiratory fitness · Skill-related fitness

Physical activity of appropriate intensity and duration has multiple health benefits (for a review, see Janssen and LeBlanc 2010). More specifically, the cognitive benefits of physical activity and physical fitness have been investigated more frequently in recent years (for a review, see Chaddock et al. 2011; Fedewa and Ahn 2011; Khan and Hillman 2014; Verburgh et al. 2014). A large body of evidence indicates that specific types of physical activity and high physical fitness are related to positive structural and functional changes of the nervous system (Chaddock-Heyman et al. 2014; Chaddock et al. 2010a, b; Erickson et al. 2014; for a review, see Donnelly et al. 2016) as well as improve certain cognitive abilities (Chaddock et al. 2010a; Kubesch et al. 2009; Niederer et al. 2011; for a review, see Hillman et al. 2008; Pesce 2012). This is not surprising if we have in mind that

the functions of the motor control system are positively related to different cognitive domains: visual perception (Flanagan and Johansson 2003), attention (Schuch et al. 2010), working memory (Moreau 2013) and spatial cognition (Moreau 2012). During the last decade, studies examining the relationship between specific components of physical fitness and specific executive functions (EF) have become more popular (Chang et al. 2013; Niederer et al. 2011; Pontifex et al. 2011; Rigoli et al. 2012; Roebers et al. 2014; Voss et al. 2011).

### Executive Functions and their Role in Physical Fitness

EF are higher order cognitive functions that control the engagement of different cognitive processes and have an important role in actions that demand coordination of thought and action with respect to a certain goal (Miller and Cohen 2001; Miyake et al. 2000). There are different theoretical models of EF, among which one of the most influential is the model offered by Miyake et al. (2000). According to this model, three relatively independent EF can be distinguished: *inhibition*, *shifting*, and *updating*. Inhibition is the ability to inhibit a dominant response tendency to an irrelevant stimulus

✉ Vladimir J. Milošević  
vladimir.milosevic@fsfv.bg.ac.rs

<sup>1</sup> Faculty of Sport and Physical Education, University of Belgrade, Blagoja Parovića 156, Belgrade, Serbia

<sup>2</sup> Department of Psychology, Faculty of Philosophy, University of Belgrade, Čika Ljubina 18-20, Belgrade, Serbia

## Биографија аутора

Владимир Милошевић је рођен 23.6.1984. године у Сремској Митровици. Вишу школу за образовање васпитача завршио је 2005. године у Сремској Митровици, а Учитељски факултет 2008. године у Сомбору. Основне академске студије, смер физичко васпитање, на Факултету спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду је уписао 2007. године, а завршио 2011. године са просечном оценом 9.89, чиме је стекао звање дипломирани професор физичког васпитања. Мастер академске студије на Факултету спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду је завршио 2011/2012. године са просечном оценом 9.89, чиме је стекао звање мастер професор физичког васпитања и спорта. Докторске академске студије, смер експерименталне методе истраживања хумане локомоције, уписао је на Факултету спорта и физичког васпитања, Универзитета у Београду школске 2013/2014. године. Све испите предвиђене програмом студија је положио са просечном оценом 9.42.

Вишегодишње радно искуство у образовању је стекао радећи као наставник разредне наставе у Основној школи „Бранко Радичевић“ у Батајници у току школске 2012/2013. године, као и у Основној школи „Светозар Милетић“ у Земуну, у периоду од 2013. до 2017. године. У школи спорта Спортотоманија је радио са децом узраста 4–10 година од 2012. до 2017. године. Од 2017. године је коаутор и кореализатор програма физичких, когнитивних и едукативних активности у продуженом боравку за децу „Облак Жирафа“ у Земуну. Од октобра 2017. године до сада је запослен на Универзитету у Београду – Факултету спорта и физичког васпитања, као асистент на предмету Теорија и методика физичког васпитања. Аутор је и коаутор више научних радова објављених у домаћим и међународним научним часописима и зборницима.