

Слађана Станковић

Универзитет у Крагујевцу

Факултет педагошких наука у Јагодини

Александра Алексић Вељковић

Универзитет у Нишу

Факултет спорта и физичког васпитања

DOI: [10.46793/MANM4.2405](https://doi.org/10.46793/MANM4.2405)

УДК: 159.943:51

МОТОРИЧКЕ ВЕШТИНЕ, ПОКРЕТ И МАТЕМАТИКА

Апстракт: Учење елементарних математичких појмова уз ангажовање читавог тела кроз физички покрет може побољшати математичке перформансе код деце. Стицање и развој математичких вештина може се посматрати као централни когнитивни атрибут у савременом друштву. Уопштено, не размишљамо о развоју моторичких вештина и манипулативних вештина као што је координација рука–око код беба, као основног елемента когнитивног развоја. Фине моторичке вештине снажан су предиктор каснијег постигнућа у области математике. Аутори упућују на то да постоје велике разлике у нивоу математичких способности између деце са најснажнијим и најсиромашнијим моторичким вештинама и да су узети заједно, fine моторичке вештине, покрет и игра, много јачи општи предиктори за остваривање добрих резултата у математици.

Кључне речи: моторичке вештине, покрет, игра, математика.

Увод

Учење елементарних математичких појмова уз ангажовање читавог тела кроз физички покрет може побољшати математичке перформансе код деце (Beck et al., 2016). У садашњем времену активно се истражују могућности за ажурирање и унапређење квалитета образовања у предшколском узрасту. У овом узрасту, формирање елементарних математичких појмова треба организовати на тај начин да деца увиде да математика не постоји сама по себи, да математички појмови одражавају везе и односе својствене предметима који их окружују. У пракси, услови за примену математичких знања код предшколаца присутни су у визуелним и моторичким активностима, као и приликом постављања различитих задатака (нпр. да се израчуна број објеката или да се предмети поређају по облику и величини и слично). Опште је познато да савремена деца воде седентарни

начин живота а да без покрета дете не може израсти у здраву особу. Резултати великог броја истраживања (Hillman et al., 2005; Pesce, 2012; Vazou, Skrade, 2016; Donnelly et al., 2016) указују на то да, што су разноврснији покрети и кретања, више информација долази до мозга, тиме је и интензивнији интелектуални развој детета. Познати педагози од давнина до данашњих дана указују на то је кретање најважније средство за упознавање света око нас. Током моторичких активности деца активно перципирају нове предмете и њихове особине. Због тога не треба ограничавати активности у предшколским условима на само један вид активности. Што су различитији захтеви по питању активности и дидактичких материјала, то ће бити и ефектније. Што више информација дете добије од својих чула, то ће бити успешнији и разноврснији његов развој. Ово је фаза емпиријског знања о утицају моторичких активности на тело. Дете их прима као резултат свакодневних активности. Акумулација емпиријског знања доводи до тога да дете схвати ефекат моторичких активности и на тај начин упозна своју околину. Свака активност из математике може укључивати моторичке вежбе и игре тако да деца имају прилику да се активно крећу у току активности.

Ми уопштено не размишљамо о развоју спретности (као што је координација рука–око код беба) као основног елемента когнитивног развоја. Заправо, само научна терминологија – „моторичке вештине” за кретање и „когнитивне вештине” за менталну обраду – ствара јасно и дефинитивно раздвајање између ове две врсте функција. Како се испоставило, такво размишљање нас може одвести од иновација у образовању које би заиста могло да утиче на велики број деце. Недавна истраживања показала су јасну везу између развоја финих моторичких вештина у раном животу и каснијег успеха у математици, читању и науци (Lopes et al., 2013; Senturk et al., 2015; Станковић, 2017). Упркос релативно комплетном теоријском развоју проблема истовременог развоја менталних и моторичких способности деце у процесу физичког васпитања, ове идеје нису добијале адекватно признање и широку примену у предшколским образовним институцијама. Новија истраживања усредсређена су на истраживање односа између физичке активности, когнитивних функција и академских достигнућа код деце (Hillman et al., 2005; Donnelly et al., 2016; Vazou et al., 2016; Tomporovski et al., 2015). Одређени број студија имао је за циљ истраживање диференцијалних ефеката физичке активности на когнитивно функционисање и академско достигнуће у вези са основним перформансама деце (Mahar et al., 2006; Pontifek et al., 2013; Drollette et al., 2014). Наведене чињенице указују на постојање контрадикције између бројних теоријских података који потврђују постојање блиског односа између моторичког и менталног развоја деце и недостатка метода за њихов придружени развој. Из контрадикције следи проблем проналаска средстава и метода за

истовремено повећање нивоа менталног и моторичког развоја деце предшколског узраста. Помагање деци да развију своје фине моторичке вештине и повећање разумевања о основним математичким концептима важни су циљеви у раном периоду образовања. Укључивање активности у оквиру којих ће се учење математике реализовати кроз манипулативне вештине у предшколским установама даће деци прилику да побољшају своју координацију, науче о бројању и сортирању предмета и прошире своје вештине решавања проблема. Овакве могућности за учење помоћи ће деци у њиховом свакодневном животу и припремити их да науче напредније математичке концепте у свом будућем образовању.

Термин *физичке активности* је свеобухватан концепт који покрива различите активности. Ове активности обухватају кардиоваскуларне вежбе које се фокусирају на квантитативним карактеристикама физичких активности (нпр. интензитет и трајање) са циљем побољшања кардиоваскуларне способности, као и активности које се тичу квалитативних карактеристика физичке активности (нпр. координативни захтеви и когнитивно ангажовање), а све у циљу побољшања моторичких вештина (Pesce, 2012; Diamond, 2015). Недавне унакрсне студије позитивно су повезивале моторичке вештине са когнитивним мерама (Kantoma et al., 2013; Lopes et al., 2013; Naarala et al., 2016; Geertsen et al., 2016) и недавне критике су нагласиле значај квалитативних карактеристика извршене физичке активности у односу на квантитативне карактеристике физичке активности (Pesce, 2012; Diamond, 2015; Beck et al., 2016). Уопштено гледано, међутим, мање пажње је посвећено квалитативним карактеристикама физичке активности и њиховом односу на когнитивне функције и академска достигнућа.

Повезивање моторике и когниције

За време прве когнитивне фазе најважнији циљ детета јесте да схвати основне компоненте моторичког обрасца покрета. Ова фаза се назива когнитивном због тога што је деци потребно много менталне активности како би могла да разумеју образац покрета и према томе координирају руке и ноге. Током ове фазе дете има два главна циља: да схвати координацију покрета неопходну за извођење задатка и да утврди регулаторне и нерегулаторне услове покрета. За време почетне фазе моторичког учења, покрети су невешти и увелико зависе од повратне информације око-рука и захтевају велику концентрацију детета приликом извођења покрета. Кроз вежбу деца постају вештија, тачнија и бржа у извођењу акција и покрета, а све то заједно захтева мању концентрацију након великог броја понављања радње. На крају покрети постају аутоматски и вешти (Schmidt, Lee, 2014). Неопходно је време да би се нешто научило. За васпитаче је веома важно да схвате и прихвате ову чињеницу.

Способности комуникације, решавање проблема, грубу и фину моторику истаживали су Пик, Досон, Смит и Гасон (Piek, Dawson, Smith, Gasson, 2008) са циљем да утврде да ли су моторичке перформансе од рођења до четврте године предиктори моторичких способности и когнитивног развоја код деце. Резултати су показали да три од четири когнитивна подручја имају утицаја на фину моторику. Даље анализе показале су значајну предиктивну везу између грубе моторике и радне меморије и брзине когнитивне обраде код деце. У већем броју истраживања (Grissmer et al., 2010; Naapala et al., 2014; Senturk et al., 2015; Tomporowski et al., 2015; Naapala et al., 2016) уочено је да су могућности вештине визуелно-моторне координације повезане са спремношћу за полазак у школу и са вештинама учења. Поједине академске вештине (читање, писање, математика) уско су повезане са моторним вештинама. Способности копирања геометријских, односно апстрактних узорака, повезане су са учењем писања, математике и читања у првим годинама образовања (Станковић, 2017). Све ово говори о важности визуелно-моторне координације руку као темеља при развоју академских вештина.

Алберт Ајнштајн је интуитивно схватио везу између физичког покрета и математике. На питање како је дошао до Опште теорије релативности (која је вероватно најпознатија математичка једначина свих времена), Ајнштајн се нашалио: „Мислио сам о томе док сам возио мој бицикл”. Велики број истраживања последњих година повезује интелектуалне перформансе, тренутке „Еурека” и физичку активност. Резултати тих истраживања показују да се стицање и развој математичких вештина може посматрати као централни когнитивни атрибут у савременом друштву. Успешно стицање основних математичких вештина у раном животу обезбеђује оквир на коме се заснивају каснија академска достигнућа (Duncan et al., 2007) и представља предиктор будућих академских и професионалних успеха (Butterworth, 2005; Parsons, Bynner, 2005). Адел Дајмонд (Diamond, 2000) у свом истраживању открива „значајне доказе” да се когнитивне способности могу активирати током решавања одређених моторичких задатака. Истраживачи Адолф и Бергер (Adolph, Berger, 2006) сугеришу да постоји сложена веза између когнитивних и моторичких вештина код деце. С обзиром на то да деца уче о свему што их окружује у исто време када уче и фине моторичке вештине, у стању су константне адаптације. Њихова тела се мењају истовремено док добијају нове информације из света око њих. Самим тим, њихово физичко постојање у свету и њихов покрет захтевају стално решавање когнитивних проблема. Већи број радова (Piageta, Gesell и Montessori) указује на то да су деца побољшала своје когнитивне способности када су била укључена у перцептивни моторни програм за који сматрају да олакшава читање, правопис и математику. Према тиму истраживача (Grissmer et al., 2010), „[п]остоји неколико истраживања која

директно доказују да ће јачање ране пажње, финих моторичких вештина или знање о свету побољшати касније резултате у математици и резултате читања”. Неке чињенице изнесене у овом истраживању су сасвим јасне:

- постоји јасна веза у делу мозга између области које контролишу fine моторичке вештине и дела који контролише когницију,
- ове области се развијају истовремено, изузетном брзином током раног развоја мозга и
- моторичке вештине су доказани индикатор будућег успеха у математици и успеха у читању.

Са неуролошког гледишта, резултати вишеструких истраживања (код испитаника свих узраста) показују да је умерена до снажна физичка активност повезана са побољшаним когнитивним функционисањем (Narala et al., 2016).

Са једне стране, унакрсна истраживања позитивно су повезала моторичке вештине са когнитивним и академским способностима (Егерић, 2006; Castelli et al., 2007; Мрђа, 2007; Kantomaa et al., 2013; Lopes et al., 2013; Narala et al., 2013; Chaddock-Heuman et al., 2014; Geertsen et al., 2016), а са друге стране, поједина истраживања су нагласила значај квалитативних карактеристика извршене физичке активности у односу на квантитативне карактеристике физичке активности (Pesce, 2012; Цвејић, Буишић 2012; Diamond, 2015). Уопштено гледано, међутим, мање пажње је посвећено квалитативним карактеристикама физичке активности и њиховом односу на когнитивне функције и академска достигнућа.

Моторичке вештине као предиктор

Првенствени циљеви учења јесу развој личности, емоционални развој, развој језика, математички развој, знање и разумевање света око нас, физички и кретивни развој. Циљ физичког развоја јесте да сва деца развијају и примењују fine и грубе моторичке вештине, уз разумевање како функционише њихово тело. Физички развој односи се на побољшање дететове координације, манипулативних вештина, доприноси повећању самопоуздања и сл. У првим годинама живота дете мора савладати три категорије покрета: стабилност, локомоцију и манипулацију (Коцић и сар., 2009). Код манипулативних вештина користе се мање групе мишића и оне се сврставају у fine моторику. Манипулативне вештине омогућавају човеку да истражује свет око себе, привлачи предмете и осети њихову величину и текстуру како би их препознао. Неке физичке активности су посебно усмерене ка руковању предметима, као што су стреличарство или стрељаштво. Код ових задатака и најмање померање може знатно да угрози резултат.

Моторичко учење представља специфичан вид учења који укључује когнитивне и вербалне процесе, а самим тим особа која учи моторички задатак у различитој фази се фокусира на различите аспекте учења, што доводи до различитог моторичког извођења, различите појаве грешака, различите усмерености пажње на поједине аспекте покрета и различитих стратегија учења (Schmidt, Lee, 2014).

Резултати истраживања које су спровели Сентурк и сарадници (Senturk et al., 2015) и Алтинкок (Altinkok, 2015) указују на то да у развоју моторичких вештина и компатибилности развојних вредности већи значај имају различите стратегије учења које се одвијају на планиран и дугорочан начин. Међутим, Станковић (2017) долази до закључка да у предшколским установама постоји потреба за васпитачима који су искусни и едуковани за рад у области покрета и кретања и да је активности из физичког васпитања потребно реализовати са лицима која су стручна за ту област. Сентурк и сарадници (Senturk et al., 2015) су у свом истраживању закључили да васпитачи у Бугарској и Турској раде на томе да слободно време искористе за развој грубих и финих моторичких вештина у психомоторном пољу, да васпитачи у Турској веома мало времена издвајају за развој равнотеже и координације код деце у поређењу са васпитачима у Бугарској, који слободно време користе за трчање и скакање, као и за развој финих моторичких вештина.

Погрешно је мишљење да само сазревање покреће моторички развој код беба и деце. Иако се чини да се код детета преко ноћи развија нека моторичка вештина (трчање, скакање, хватање и сл.), ове вештине се не појављују саме од себе већ морају да се уче и вежбају. Моторичке вештине се изоштравају адаптацијом на измењене услове и током процеса учења. Формирање физичких и психичких квалитета који су неопходни детету у наредном периоду живота, њихова количина и својства, чине га човеком. Посебна карактеристика овог периода, која га разликује од других, јесте то што утиче на свеукупни развој, служи као основ за стицање посебних знања и вештина и савладавање различитих активности. Формирају се не само квалитет и својства когнитивних и моторичких способности које одређују опште понашање детета и његов однос према свему што га окружује, већ и оне способности које представљају „резерву“ за будућност. Поједина истраживања о факторима који предвиђају будуће достигнуће у читању, математици и науци најчешће укључују дискусије о раним математичким вештинама, вештинама раног читања, друштвеним вештинама и вештинама везаним за пажњу као што су радозналост, интересовање и жеља за учењем. Ниједна од горе поменутих способности нема компоненту физичке активности деце. Међутим, истраживачи попут Грисмера и сарадника (Grissmer et al., 2010) довели су у питање напредак развоја моторичких вештина код деце. Анализирали су податке из шест сетова

података и утврдили да су, у ствари, фине моторичке вештине снажан предиктор каснијих постигнућа. Аутори закључују да су узети заједно па-жња, фине моторичке вештине и опште знање много јачи општи предиктори за успех у математици, читању и научним резултатима. Неопходно је комбиновати различите способности (читање, писање, математику и сл.) и укључивати децу у покретне активности које интегришу перцепцију и кретање. Нова норвешка истраживања обухватала су моторичке вештине 450 испитаника узраста од две до три године. Истраживачи (Beck et al., 2016) су посматрали децу како склапају одећу, слажу слагалицу, користе маказе, шетају по соби, односе се према одређеним предметима и слично. Затим су децу поделили у групе према моторним вештинама (добро, просечно и лоше). Свака група добила је „математичке задатке”. С обзиром на узраст, од њих је затражено да користе прсте да открију своје године, користе кутију у којој ће категорисати предмете према облику, величини, боји, да користе бројеве у реченици и слично. Аутори су открили да су деца која су имала добре моторичке вештине боља у математици, деца са просечним моторичким вештинама су била рангирана негде у средини, а деца која су имала лоше моторичке вештине рангирала су се при крају табеле.

Резултати истраживања (Beck et al., 2016) наглашавају да многа деца у математици остварују боље резултате када су њихова тела ангажована током активности. „Деца сазнају више ако се померају и користе цело тело за учење”, каже истраживач и професор Jacob Vienecke са Универзитета у Копенхагену. „У поређењу са претходним студијама које су показале да интензивна физичка активност може побољшати резултате учења, успели смо да покажемо да су активности нижег интензитета једнако ефикасне или чак ефикасније све док је покрет интегрисан у ту тему.” Након само шест недеља истраживања, сва деца су побољшала своје резултате у стандардизованом тесту. Деца чије су активности укључивале и активност целог тела показала су боље резултате. Њихов учинак је побољшан за 7,6% и двоструко побољшан у односу на контролну групу која је активности из математике обављала без моторичких активности. Сви подаци приказаних истраживања указују на то да моторичке вештине представљају снажан предиктор за будући развој деце.

Моторичке вештине и математика

Моторичко понашање делује као повезујући и интегрирајући развојни механизам. Холистичка природа развоја указује на велику важност физичког развоја. Покрет представља потпору и потребу свеукупном дечјем развоју. Деца уживају у моторним активностима, покрету и играма било које врсте (Копас-Вукашиновић, 2006; Стојановић, Трајковић, 2009; Li,

2011; Knežević, 2014). Кроз учење покретом омогућавамо деци да усвајају знања кретањем у простору, методама игре развијају различите мисли, осећања и идеје. То се преноси на критичко мишљење, фонд речи, анализирање и спретност у решавању проблема. Развој моторичке интелигенције повећава развој других способности у различитим подручјима: математика, читање, графомоторичке способности и сл. Темпо и брзина покрета, усмереност и координација целог тела чине добро организовани психомоторни систем детета. Самим тим, и циљеви математичког образовања дефинисани су у складу са захтевом да се створе услови за активизацију деце у свакодневним животним ситуацијама, играма и осталим активностима (стваралачко-изражајним, уметничким, говорним, спортско-рекреативним, друштвеним и сл.). Неопходна је добро организована подстицајна средина у којој ће деца испољавати своје укупне потенцијале тако што ће кроз сопствено откриће моћи да експериментишу, манипулишу, посматрају, опажају, разликују и откривају свет који их окружује; облике, величине и боје; физичка својства предмета који их окружују; да користе односе међу предметима и појавама да би изградила логичко-математичка сазнања; постављају другима задатке, уочавају логичке последице, разумеју и користе почетне математичке операције придруживања, процењивања; развијају осећај да су способна да реше постављене проблеме и задатке; примењују дидактичка средства у решавању проблема и слично. Математика је људска активност, друштвени феномен и део људске културе. Свако дете има урођену способност да решава проблеме и осмисли свет кроз математику. Учење математике почиње од рођења, док дете открива свет око себе. Деца предшколског узраста показују спонтани интерес у математичким категоријама: количина, облик, време, простор, а моторичке активности им помажу да се боље оријентишу у стварима и ситуацијама, да их науче и повежу једне с другима. Животна средина је богати ресурс за ангажовање у области математике, нарочито када се пружи могућност да се слуша и примењује математички језик и примењује математички начин решавања у свакодневним искуствима. Уз помоћ осталих, пажња деце и активности које обављају могу бити усмерене на начин који им омогућава да схвате и расту у могућностима да комуницирају помоћу математике. Док деца то раде, развијају и афинитете према математичким алатима и почињу да уживају у интересовањима да „размишљају математички”. Стицање и развој математичких вештина може се посматрати као централни когнитивни атрибут у савременом технолошком друштву. Савладавање основних математичких вештина у раном животу обезбеђује оквир на коме се заснивају каснија академска достигнућа (Duncan et al., 2007) и представља предиктор будућих академских и професионалних успеха (Butterworth, 2005; Parsons, Vynner, 2005). Сходно томе, важно подручје за истраживаче јесте да идентификују стратегије за побољшање

стицања математичких вештина код деце и истражују механизме укључене у стицање академских вештина.

Теоријско и научно утемељење о вишеструкој интелигенцији (психолога Хауарда Гарднера) огледа се у логичко-математичким способностима, али и у низу других способности као што су просторно-визуелне, музичке, кретне и друге. Код већине мале деце веома је изражена моторичка интелигенција. У том узрасту учестало је реаговање телом и кретањем на разне стимулансе. Са тог становишта, математика је више него добар избор. Поред ангазоване математичке интелигенције, веома су активне и моторичка и просторно-визуелна. Теоријски став је да се деци, кад год је то могуће, поред класичног начина усвајања математичких садржаја, понуди и могућност да се ти садржаји усвоје и посредством неких других активности, у овом случају моторичких. У процесу игре се, на пример, појављују квантитативни односи (много, мало, више), могућност разликовања геометријских фигура, оријентације у простору и времену. Посебна пажња посвећена је формирању могућности груписања предмета према карактеристикама (особинама), прво по један, а затим два (облик и величина). Игре треба да имају за циљ развијање логичког размишљања, односно способност успостављања најједноставнијих шаблона: поређати предмете по боји, облику и величини.

Један од закључака истраживања (Beck et al., 2016) јесте да деца у математици побољшавају резултате ако у току усмерене активности или наставе ангажују своја тела. Пројекат је био усмерен на истраживање да ли примене различитих стратегија математике мењају начин на који деца решавају математичке проблеме. Сви добијени подаци указују на то да деца сазнају више и показују боље резултате уколико се крећу и користе цело тело за учење. У поређењу са предходним истраживањима чији резултати указују на то да интензивна физичка активност може побољшати исходе учења, резултати овог пројекта указују на то да су и активности нижег интензитета једнако ефикасне, или чак ефикасније, све док је покрет интегрисан у ту тему.

Закључак

У предшколском узрасту формира се темељ за знања која су неопходна деци за даљи живот. Познато је да је математика моћан фактор у интелектуалном развоју детета, формирању његових когнитивних и креативних способности. Најбитније је на време развити интересовање за учење код деце. Најједноставнији начин јесте кроз покрет и игру. У почетку децу привлаче саме кретне активности, а затим се постепено буди интерес за сам предмет учења. Усклађивањем делова тела и ума побољшавају се

моторичке способности, координација, памћење, читање, изражавање, језичке и математичке вештине, постиже се боља емоционална равнотежа и смањује стрес, напетост и хиперактивност код деце. Чињеница је да су моторичке вештине позитивно повезане у свим доменима са когнитивним и академским способностима. Досадашња истраживања потврдила су да деца која имају добре моторичке вештине показују и боље успехе у математици. Неопходно је пратити развој деце и на време идентификовати децу која показују да могу имати потешкоћа у разумевању математике.

Из свега изложеног, очигледно је да нам се пружа низ истраживачких прилика да свеобухватније наставимо да истражујемо и покушамо да разумемо везе између моторичких вештина, покрета и математике. Резултати добијени новим истраживањима могли би нас довести у позицију да створимо нове, ефикасније корелације које стратешки интегришу формирање моторичких и когнитивних вештина и олакшавају деци да се припреме за будуће успехе. Евидентно је да код деце морамо подстицати физичку активност, грубу и фину моторику, комплексне покрете и тиме помажемо развој укупних способности детета, а самим тим и математичких. Помагање деци да развију своје fine моторичке вештине и повећају разумевање основних математичких концепата јесу два веома важна циља у почетном периоду васпитања и образовања. Ове могућности за учење ће помоћи деци у њиховом свакодневном животу и припремити их да лакше савладају напредније математичке концепте у свом будућем образовању.

Када се узму у обзир истраживања везана за покрет, физичку активност и здрав развој предшколске деце (у домаћој и међународној литератури), сматра се да се смернице за физичку активност, покрет и игре морају хитно припремити за едуковање првенствено породице, а затим и стручњака и институција и да се деци морају пружити и погодни и једнаки услови у погледу физичке активности и кретања и развоја когнитивних способности у предшколским установама.

Литература

Adolph, K. E., Berger, S. E. (2006). Motor development, In: W. Damon, R. Lerner (Series Eds.), D. Kuhn, R. S. Siegler (Vol. Eds.), *Handbook of child psychology: Vol 2: Cognition, perception, and language*, 6th ed., New York: Wiley, 161–213.

Altinkok, M. (2015). Examining the effects of “activity education with coordination” on the development of balance and arm power in 6-year-old primary school children, *International Online Journal of Educational Sciences*, Vol. 7, No. 4, 140–147.

Beck, M. M., Rune, L. R., Geertsen, S. S., Ritz, C. G., Lundbye-Jensen, J., Wienecke, J. (2016). Motor-Enriched Learning Activities Can Improve Mathematical Performance in Preadolescent Children, *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 1–14.

Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 3–18.

Castelli, D., Hillman, C., Buck, S., Erwin, H. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students, *International Journal of Sport Exercise Psychology*, 29, 239–252.

Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Holtrop, J. L., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., Kramer, A. H. (2014). Aerobic fitness is associated with greater white matter integrity in children, *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 8, No. 584, 1–7.

Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., Szabo-Reed, A. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48, 1197–1222.

Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex, *Child Development*, Vol. 71, 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*, Vol. 2, No. 1, 1011–1015.

Drollette, E. S., Scudder, M. M., Raine, L. B., Moore, D. R., Saliba, B. J., Pontifex, M. B., Hillman, C. H. (2014). Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: an ERP study of individual differences in inhibitory control capacity, *Developmental Cognitive Neuroscience*, 7, 53–64.

Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, H. K., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, E. L., Brooks-Gun, M., Sexton, J., Deckwort, H., Crista, K. J. (2007). School readiness and later achievement, *Developmental Psychology*, Vol. 43, No. 6, 1428–1446.

Егерић, М. (2006). *Методика развоја поцепних математичких појмова*, Јагодина: Учитељски факултет.

Geertsen, S. S., Thomas, R., Larsen, M. N., Dahn, I. M., Andersen, J. N., Krause-Jensen, M., Korup, V., Nielsen, K. M., Wienecke, J., Ritz, C., Krustru, P., Lundbye-Jensen, J. (2016). Motor skills and exercise capacity are associated with objective measures of cognitive functions and academic performance in preadolescent children, *PLoS ONE*, Vol. 11, No. 8, 1–16.

Grissmer, D., Grimm, K., Aiyer, S., Murrah, W. M., Steele, J. (2010). Fine Motor Skills and Early Comprehension of the World: Two New School Readiness Indicators, *Developmental Psychology*, Vol. 46, No. 5, 1008–1017.

Haapala, E. A., Poikkeus, A.-M., Tompuri, T., Kukkonen-Harjula, K., Lepänen, P. H. T., Lindi, V., Lakka, T. A. (2014). Associations of Motor and Cardiovascular Performance with Academic Skills in Children, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 46, No. 5, 1016–1024.

Haapala, E. A., Vaisto, J., Lintu, N., Westgate, K., Ekelun, U., Poikkeus, A.-M., Brage, S., Lakka, T. A. (2016). Physical activity and sedentary time in relation to academic achievement in children, *Journal of Science and Medicine in Sport*, Vol. 20, No. 6, 583–589.

Hillman, C. H., Castelli, D. M., Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 37, No. 11, 1967–1974.

Kantomaa, M. T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kaakinen, M., Rodriguez, A., Taanila, A., Ahonene, T., Jarvelin, M.-R. (2013). Physical activity and obesity mediate the association between childhood motor function and adolescents' academic achievement, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 110, No. 5, 1917–1922.

Коцић, Ј., Алексић, Д., Тошић, С. (2009). *Основе кинезиологије и спортова естетско-координационог карактера*, Јагодина: Педагошки факултет.

Копас-Вукашиновић, Е. (2006). Улога игре у развоју деце предшколског и млађег школског узраста, *Зборник Института за педагошка истраживања*, Vol. 38, No. 1, 174–189.

Knežević, A. (2014). *Poticanje vizualno-motoričke integracije djece predškolske dobi*, Zagreb: Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet.

Li, T. D. (2011). *Motorička kontrola u svakodnevnim radnjama*, Kanada: University Mckmaster.

Lopes, L., Santos, R., Pereira, B., Lopes, V. P. (2013). Associations between gross motor coordination and academic achievement in elementary school children, *Human Movement Science*, Vol. 32, No. 1, 9–20.

Mahar, M. M. T., Murphy, S. S. K., Rowe, D. A., Golden, J., Shields, T. A., Raedeke, T. D. (2006). Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task behavior, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 38, No. 12, 2086–2094.

Montesori, M. (2013). *Уријајући ум*, Београд: DN Centar, MIBA books.

Мрђа, М., Петронијевић, А., Петровић, Н. (2007). Модел интегрисане наставе математике и физичког васпитања, *Педагогија*, Vol. 62, No. 4, 620–626.

Pesce, C. (2012). Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research, *Journal of Sport and Exercise Psychology*, Vol. 34, No. 6, 766–786.

Piek, J. P., Dawson, L., Smith, L. M., Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability, *Human Movement Science*, Vol. 27, No. 5, 668–681.

Parsons, S., Bynner, J. (2005). *Does Numeracy Matter More?*, London: National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy.

Pontifex, M. M. B., Saliba, B. B. J., Raine, L. B., Picchiatti, D. L., Hillman, C. C. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive and scholastic performance in children with ADHD, *The Journal of Pediatrics*, Vol. 162, No. 3, 543–551.

Schmidt, R., Lee, T. (2014). *Motor learning and control*, 5th edition, USA: Human kinetics.

Senturk, U., Beyleroglu, M., Guven, F., Yilmaz, A., Akdeniz, H. (2015). Motor skills in pre-school education and effects to 5 year old children's psychomotor development, *Turkish Journal of Sport and Exercise*, Vol. 17, No. 2, 42–47.

Станковић, С. (2017). Могућности корелације физичког васпитања и математике у предшколском узрасту, *Узданица*, XIV, 1, 197–205.

Стојановић, Б., Трајковић, П. (2009). *Математика у децјем вршцићу*, Нови Сад: Драгон.

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*, Vol. 4, No. 1, 47–55.

Цвејић, Д., Буишић, С. (2012). Интегрисање наставе у циљу повећања физичке активности деце, *Насиња и васпитање*, Vol. 61, No. 4, 754–765.

Vazou, S., Skrade, M. A. B. (2016). Intervention integrating physical activity with math: math performance, perceived competence, and need satisfaction, *International Journal of Sport Exercise Psychology*, Vol. 15, No. 17, 508–522.

Sladana Stanković

University of Kragujevac

Faculty of Education in Jagodina

Aleksandra Aleksić Veljković

University of Niš

Faculty of Sport and Physical Education

MOTOR SKILLS, MOVEMENT AND MATHEMATICS

Summary: Learning basic mathematical concepts with the involvement of the whole body through physical movement can improve mathematical performance in children. The acquisition and development of mathematical skills can be seen as a central cognitive attribute in contemporary society. In general, we do not think about the development of motor skills and manipulative skills, such as hand–eye coordination in babies, as a basic element of cognitive development. Fine motor skills are a powerful predictor of later achievements in the field of mathematics. The authors point out that there are great differences in the level of mathematical abilities between children with the most powerful and the ones with the poorest motor skills, and that when taken together, fine motor skills, movement and play, are much stronger general predictors for achieving good results in mathematics.

Keywords: motor skills, movement, game, mathematics.