

# Utjecaj tjelesne aktivnosti na efikasnost rješavanja matematičkih zadataka

---

**Novak, Vanesa**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Teacher Education / Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:147:318594>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-06**

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Teacher Education - Digital repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
UČITELJSKI FAKULTET  
ODSJEK ZA UČITELJSKE STUDIJE**

**VANESA NOVAK  
DIPLOMSKI RAD**

**UTJECAJ TJELESNE AKTIVNOSTI NA  
EFIKASNOST RJEŠAVANJA  
MATEMATIČKIH ZADATAKA**

**Čakovec, lipanj 2020.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
UČITELJSKI FAKULTET  
ODSJEK ZA UČITELJSKE STUDIJE  
(Čakovec)**

**DIPLOMSKI RAD**

**Ime i prezime pristupnika: Vanesa Novak**

**TEMA DIPLOMSKOG RADA: Utjecaj tjelesne aktivnosti na  
efikasnost rješavanja matematičkih zadataka**

**MENTOR: doc. dr. sc. Ivan Šerbetar**

**Čakovec, lipanj 2020.**

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| SADRŽAJ.....   | 1  |
| PREDGOVOR.....   | 2  |
| Sažetak.....   | 3  |
| Summary.....   | 4  |
| 1. UVOD.....   | 5  |
| 2. CILJ RADA.....  | 10 |
| 3. METODE.....   | 11 |
| 4. REZULTATI.....  | 12 |
| 5. RASPRAVA.....   | 30 |
| 5.1. Utjecaj tjelesne aktivnosti na akademska postignuća.....                        | 30 |
| 5.2. Utjecaj tjelesne aktivnosti na uspješnost rješavanja matematičkih zadataka..... | 32 |
| 6. ZAKLJUČAK.....  | 35 |
| LITERATURA.....  | 36 |
| Kratka biografska bilješka.....  | 40 |
| Izjava o samostalnoj izradi rada.....  | 41 |
| Zahvala.....   | 42 |

## PREDGOVOR

Temeljna ideja ovog diplomskog rada bila je istražiti utjecaj tjelesne aktivnosti na efikasnost rješavanja matematičkih zadataka i to u pristupu eksperimentalnog istraživanja koje je obuhvaćalo 58 ispitanika, učenika prvih razreda. Prema nacrtu istraživanja ispitanici su bili podijeljeni u eksperimentalnu i kontrolnu skupinu čiji je temeljni zadatak bio rješavanje matematičkih zadataka neposredno nakon sata Tjelesne i zdravstvene kulture (eksperimentalna skupina), odnosno neovisno o nastavi tjelesne i zdravstvene kulture (kontrolna skupina). Matematički zadaci obuhvaćali su brojeve, algebru i funkcije, oblik i prostor, mjerenje te podatke, statistiku i vjerojatnost. Bodovanje matematičkih zadataka unaprijed je određeno kriterijima i tablicama bodovanja, a uspješnost rješavanja koristila bi se kako bi pokazali postoji li statistički značajna razlika između tjelesne aktivnosti i efikasnosti rješavanja matematičkih zadataka. Roditelji su potpisali informirani pristanak na istraživanje no neposredno prije samog istraživanja nastava u Hrvatskoj je obustavljena zbog pandemije COVID-19. S obzirom na nemogućnost provedbe eksperimenta tekst diplomskog rada je napisan u teorijskom obliku.

*Kratka crtica o COVID-19 (bolest izazvana koronavirusom)* Epidemija je dovela do obustave nastave u školama, zatvaranja vrtića, javnih ustanova i svakodnevnih mjesta okupljanja. Izlazak iz kuće bio je ograničen propusnicama, a rukavice i zaštitne maske bile su neizbježne. Pretpostavlja se da je epidemija započela u gradu Wuhan u Kini, 31. prosinca 2019., te se brzo proširila izvan Kine i zahvatila gotovo sve zemlje svijeta. Svjetska zdravstvena organizacija proglasila je globalnu pandemiju 11. ožujka 2020. godine. Odluka o proglašenju epidemije bolesti COVID-19 na području čitave Republike Hrvatske donesena je 13. ožujka što je predstavljalo obustavu nastave u cijeloj državi. Od 16. ožujka nastava se nije održavala u školama već online i prenosila se na HRT3 pod nazivom "Škola na trećem". Online sistem održavao se u svim obrazovnim ustanovama sve do 25. svibnja, smanjenjem broja oboljelih. Sa redovnom nastavom u školi započeli su učenici nižih razreda koji će u školi i završiti nastavnu godinu, dok učenici na ostalim obrazovnim razinama ostaju na online sistemu do kraja nastavne godine. U Hrvatskoj, sredinom mjeseca lipnja, statistički podaci pokazuju opadajući broj oboljelih (Središnji državni portal, 2020).

## **Sažetak**

NASLOV RADA: Utjecaj tjelesne aktivnosti na efikasnost rješavanja matematičkih zadataka

Ovaj rad predstavlja istraživanja koja se bave temom o utjecaju tjelesne aktivnosti na efikasnost rješavanja matematičkih zadataka. U radu se obrazlaže zašto tjelesna aktivnost blagotvorno djeluje na kognitivne procese, te se opisuje utjecaj tjelesne aktivnosti na mozak i njegovu funkciju. Današnji život prepun tehnologije ograničava tjelesnu aktivnost ljudi, a ponajviše djece. Zato je važno da se ukaže na ulogu tjelesne aktivnosti na cjelokupno zdravlje čovjeka. Brojna istraživanja navedena u radu ukazuju na utjecaj tjelesne aktivnosti na akademski uspjeh učenika. Uspješno rješavanje matematičkih zadataka može biti potaknuto tjelesnom aktivnošću. U istraživanjima koja su opisana u radu bile su uključene brojne varijable i različiti pristupi, no utjecaj tjelesne aktivnosti na kogniciju nije posve razjašnjen. Jedan od razloga su individualne razlike pojedinaca te složeni procesi koji su odgovorni za cjelokupno funkcioniranje čovjeka.

**KLJUČNE RIJEČI:** tjelesna aktivnost, kognicija, mozak, matematika

## **Summary**

**TITLE:** Influence of physical activities on efficiency in solving mathematical problems

This paper presents research that addresses the impact of physical activity on the effectiveness in mathematical problems solving. It explains why physical activity has a beneficial effect on cognitive processes, and in particular discusses the impact of physical activity on the brain and its function. Life today is full of technology that limits the physical activity of people, especially children. That is why it is important to emphasize the role of physical activity on a person's overall health. Many of quoted studies demonstrate the impact of physical activity on students academic achievement. The effectiveness in mathematical problems solving is also influenced by physical activity. In quoted research many different variables and research approaches were used, but influence of the physical activity on cognition are not yet fully understood. One of the reasons are individual differences among the individuals and complex processes responsible for overall human functioning.

**KEY WORDS:** physical activity, cognition, brain, mathematics

## 1. UVOD

“Tjelesna aktivnost bila je i ostaje osnovni biološki poticaj koji je potreban za održavanje struktura i funkcija organa i organskih sustava kako bi služili svojoj svrsi“ (Vuori, 2004, str. 123). Fizička aktivnost poboljšava zdravlje odraslih i djece bez obzira bila ona umjerenog ili jakog intenziteta, navodi se u dokumentu WHO-a (World Health Organization, Physical activity, 2018). Utjecaj tjelesne aktivnosti na zdravlje glavna je tema brojnih istraživanja. Zdravlje se istražuje sa brojnih aspekata kako bi se dobili što sigurniji i precizniji odgovori o utjecaju fizičke aktivnosti na zdravlje. Tako je poznato da vježbanje ima koristan utjecaj na srčano-žilni i koštano-mišićni sustav, a izgleda da vježbanje utječe na kognitivno funkcioniranje (Ploughman, 2008). Naročito je zanimljiv utjecaj tjelesne aktivnosti na mozak i njegovo funkcioniranje. Istraživanja aerobne izdržljivosti i fizičke aktivnosti pokazala su blagotvorni učinak na kognitivne procese koji kontroliraju pažnju i obradu podražaja (Hillman, Erickson i Kramer, 2008). Provedena istraživanja na odraslima dokazala su da tjelesna aktivnost donosi značajna poboljšanja u izvršnim funkcijama povezanim sa određenim regijama mozga (Kramer, Hahn, Cohen, Banich, McAuley, Harrison, Chason, Vakil, Bardell, Boileau, Colcombe, 1999). Ferris, Williams i Shen, (2007) otkrili su da se razina neurotrofina u mozgu povećava kao odgovor na vježbanje, tako na primjer intenzitet BDNF-a (*Brain-Derived Neurotrophic Factor*) služi za održavanje ili poboljšanje neurološkog zdravlja. Ploughman (2008) je u svoja istraživanja uključila djecu te zaključuje kako je tjelesna aktivnost važna jer doprinosi plastičnosti mozga. I drugi znanstvenici postavili su u fokus svojih istraživanja djecu i utjecaj tjelesne aktivnosti, proučavajući kako ona utječe na intelektualnu funkciju, kognitivne sposobnosti i akademska postignuća kao pokazatelje dječje mentalne funkcije. Tako na primjer Hillman i suradnici, (2008) navode da provedena istraživanja upućuju na to da tjelesna aktivnost može imati pozitivan učinak na više aspekata moždane funkcije, a i kognicije. Intervencije u tjelesnoj aktivnosti provođene su i kod djece sa prekomjernom tjelesnom težinom i neuromentalnim poremećajima. Uz to što je važna za održavanje tjelesne težine i smanjenje zdravstvenih rizika kod pretilosti u djetinjstvu, tjelesna aktivnost pokazala se kao važna metoda za unapređenje nekih aspekata dječjeg mentalnog funkcioniranja koji su značajni za kognitivni razvoj



(Davis, Tomporowski, McDowell, Austin, Miller, Yanasak, Allison, Naglieri, 2011). Ipak rezultati djece s neuromentalnim poremećajima nisu pokazali značajnu povezanost između svih testiranih sastavnica. Naime pokazalo se da su sa kognitivnim sposobnostima i akademskim postignućima bile povezane samo ravnoteža i manualna spretnost (Higashionna, Iwanaga, Tokunaga, Nakai, Tanaka, Nakane, Tanaka, 2017).

Plastičnost mozga ili neuroplastičnost predstavlja glavnu temu istraživanja u brojnim radovima. Plastičnost omogućava formiranje ali i zadržavanje naučenog, bilo to prostorno, kognitivno ili motoričko učenje (Ploughman, 2008). Sposobnost mozga za funkcionalnu ili morfološku promjenu ovisno o novim okolnostima pod utjecajem je raznovrsnih varijabli. U različitim dobnim fazama, različiti čimbenici utječu na razvoj mozga, no mozak je najosjetljiviji na promjene u razdoblju ranog djetinjstva. Zbog višestrukih individualnih razlika plastičnost mozga razvija se drugačije od pojedinca do pojedinca. Osim vanjskih, ključni čimbenici koji utječu na mozak su sustavi unutar njega, a oni najviše pridonose individualnim razlikama kod plastičnosti mozga. Unutar neuromodulatorskog sustava razlikuju se norepinefrinski i kolinergički prijenosnici koji su odgovorni za modulacije viših kortikalnih funkcija kao što su učenje, pozornost i pamćenje (Voss, Thomas, Cisneros-Franco, de Villers-Sidani, 2017). Mali mozak je osim svoje uloge u ravnoteži, koordinaciji i drugim motoričkim sposobnostima, sve više prepoznat u doprinosu cijelom nizu kognitivnih i emocionalnih funkcija. Uloga malog mozga u kognitivnom funkcioniranju povećava se tijekom ranog djetinjstva i adolescencije, što ukazuje da je mali mozak tijekom tog razdoblja u značajnom razvoju. Razvoj funkcija nekih drugih dijelova mozga u usporedbi s malim mozgom postiže svoj vrhunac ranije pa se zbog toga smatra da mali mozak ima produljeni razvojni tijek (Tiemeier, Lenroot, Greenstein, Tran, Pierson, Giedd, 2010). Intervencije usmjerene na plastičnost trebaju slijediti individualizirani pristup korištenjem individualiziranih razlika, jer na taj način najbolje će se iskoristiti mogućnost promjene sposobnosti mozga (Voss i sur., 2017). Ističe se da razumijevanje razlika, bilo onih vezanih za spol, krivulje razvoja ili razlike u regijama mozga, omogućuje bolje razumijevanje neurorazvojnih poremećaja, a većina ih počinje u različitoj životnoj dobi, sa različitim simptomima i sa različitom učestalosti (Tiemeier i sur., 2010). Izgleda da, kretanje utječe na fiziologiju mozga, sudeći prema navodima *Centra za kontrolu i prevenciju bolesti*

(2010), o povezanosti školske fizičke aktivnosti i akademskog učinka, promjene se događaju zbog povećanja rasta cerebralnih kapilara, protoka krvi, oksigenacije, proizvodnje neutropina, rasta živčanih stanica u hipokampusu, razine neurotransmitera, razvoja živčanih veza, gustoće neuronske mreže i volumena moždanog tkiva.

U istraživanjima veza fizičke aktivnosti i kognicije, kako navode Trudeau i Shephard (2008), neizostavno se ispituje i uloga *hipokampusa*, regija mozga koja „spada u limbički sustav i ima važnu ulogu u učenju i pamćenju te prostornoj orijentaciji“ (Stemberger, 2014, str. 1). Stemberger (2014) navodi kako je jedan od glavnih mehanizama za funkcioniranje hipokampusa, a ujedno i za učenje i pamćenje dugoročna sinaptička potencijacija (LTP – *long-term potentiation*). LTP dovodi do povećanja sinaptičke učinkovitosti nakon povezane aktivnosti presinaptičkog i postsinaptičkog elementa (Stemberger, 2014). Trudeau i suradnici, (2008) iznose da se povoljan utjecaj fizičke aktivnosti na hipokampus može promatrati kroz tri mehanizma. Kao prvo, izgleda da se nakon fizičke aktivnosti povećava broj novih neurona odnosno dolazi do neurogeneze (van Praag, 1999 i 2002; prema Trudeau i sur., 2008). Nadalje, dolazi do pojačavanja već spomenute, dugoročne potencijacije odnosno pojačanog prijenosa signala neurona u hipokampusu (Anderson, Rapp, Baek, McCloskey, Coburn-Litvak, Robinson, 2000; prema Trudeau i sur., 2008). Treći mehanizam navode Cotman i Berchtold (2002; prema Trudeau i sur., 2008), naime izgleda da se stvara povoljno okruženje za LTP koje pridonosi povećanju koncentracije neuroprotektivnih čimbenika, kao što je BDNF. Hillman, Castelli i Buck (2005) iznijeli su rezultate istraživanja koji pokazuju da veće P3 amplitude (endogena komponenta koja predstavlja pozitivni val latencije) i brže vrijeme odaziva se pronalazi kod ispitanika sa višom razinom fizičke aktivnosti. Važnu ulogu u zdravlju živčanih stanica u mozgu ima neurotrofni faktor (BDNF) koji potječe iz mozga i utječe na njegovu plastičnost (Ploughman, 2008). Postoje brojni dokazi da tjelesna aktivnost i vježbanje izravno utječu na raspoloženje, kognitivne funkcije i da smanjuju simptome brojnih poremećaja. Prije spomenuti BDNF bitan je pri neuroplastičnosti mozga, a pod utjecajem je tjelesne aktivnosti. Naime, nakon vježbanja zabilježen je porast koncentracije BDNF-a, no potrebno je još dokazati je li BDNF jedini bitni čimbenik neuroplastičnost ili pak djeluje u kombinaciji s drugim mehanizmima koji su također pod utjecajem tjelesne aktivnosti (Dinoff, Herrmann,

Swardfager, Liu, Sherman, Chan, Lanctot, 2016). Utjecaj vježbanja na poboljšanje moždanog parenhima, ima važnu ulogu u sprječavanju poremećaja kognitivnih funkcija koje su u odnosu sa sjedilačkim načinom života (Ferris i sur., 2007). Ferris i suradnici (2007) su koristeći GXT (*Graded Exercise Test* - test kardiorespiratornog fitnesa i rad srca) i SCWT (*The Stroop Color and Word Test* – neuropsihološki test procjene sposobnosti inhibicije kognitivnih smetnji) dobili značajne rezultate o utjecaju tjelesne aktivnosti na BDNF. Izmjereni podaci pokazali su značajnu povezanost između promatranih varijabla. Naime, koncentracija BDNF koja je porasla nakon vježbanja pozitivno je utjecala na rezultate testova čiji cilj je procijeniti sposobnost sprečavanja kognitivnih smetnji. Gottschalk, Jiang, Tartagila, Feng, Figurov i Lu, (1999) sustavno su mjerili učinke BDNF-a na aktivnosti ključnih enzima kako bi odredili put aktivacije BDNF-a u hipokampusu u razvoju.

Herold, Törpel, Schega i Müller (2019) u sustavnom pregledu navode sve više dokaza da je mišićna snaga također povezana sa zdravljem i funkcioniranjem mozga odnosno sa uspješnosti u kognitivnim i u izvršnim funkcijama. Nadalje, vježbama snage i treninzima otpornosti dobivaju se pozitivni kognitivni rezultate. Naime kao reakcija na takvo vježbanje događaju se najprije molekularne i stanične promjene, točnije oslobađanje BDNF-a, koji kasnije izaziva funkcionalne i strukturalne promjene mozga važne za izvršavanje kognitivnih funkcija. Herold i suradnici (2019), prema dosadašnjim istraživanjima, zaključuju da je redovito sudjelovanje u vježbanju tijekom cijelog života neophodno za osiguravanje zdravlja, ne samo tjelesnog već i zdravlja mozga. Maggio, Aggoun, Martin, Marchand, Beghetti, Farpour-Lambert, (2011; prema Valent Morić i Trutin, 2017) navode da redovita tjelesna aktivnost predstavlja važan čimbenik u prevenciji kardiovaskularnih bolesti, tako što utječe na regulaciju arterijskog tlaka. Rezultati sustavnog pregleda istraživanja pokazuju da tjelesna aktivnost ima povoljne učinke na arterijski tlak, bila ona aerobna i visokog intenziteta ili pak niskog intenziteta. No, kako izgleda, veći intenzitet ipak ima povoljnije utjecaje, ne samo na arterijski tlak već i za kardiovaskularno zdravlje. Rezultati istraživanja koje su proveli Herholz, Buskies, Rist, Pawlik, Hollmann i Heiss, (1987) pokazuju statistički značajni povećani cerebralni protok krvi za vrijeme tjelesne aktivnosti nego u mirovanju. Također, kombinirano djelovanje povišenog krvnog tlaka i opće aktivacije neurona povećava metabolizam u mozgu što dovodi do umjerenog povećanja globalnog cerebralnog

protoka krvi. Dugoročno gledano, redovita tjelesna aktivnost može povećavati cerebralni protok krvi smanjujući viskoznost krvi (Santos, Galduroz, Brbieri, Castiglioni, Ytaya i Bueno, 2003; prema Trudeau i Shephard, 2010). Kisik u kontrakciji skeletnih mišića i sistemske cirkulacije ograničenih je rezerva, za razliku od onog u mozgu. Naime, ljudski mozak zadržava veliku rezervu kisika pri visokom intenzitetu tjelesne aktivnosti, odnosno pri iscrpljivanju i upravo ta rezerva štiti mozak od smanjenja isporuke kisika u taj vitalni organ (Gonzales-Alonso, Dalsgaard, Osada, Volianitis, Dawson, Yosihiga, Secher, 2004). Matematika i čitanje česti su primjeri koji se promatraju pod utjecajem tjelesne aktivnosti. Istraživanja navedenih sastavnica koriste se mnogobrojnim i raznovrsnim metodama ne samo za testiranje akademskih postignuća već i za intervenciju u tjelesnu aktivnost.

## **2. CILJ RADA**

Cilj ovog rada je predstavljanje rezultata istraživanja u kojima se istraživao utjecaj tjelesne aktivnosti na akademska postignuća točnije utjecaj tjelesne aktivnosti na efikasnost rješavanja matematičkih zadataka.

### 3. METODE

Kako bi se pronašli radovi koji odgovaraju cilju ovog rada, za pretraživanje su se koristile ključne riječi “*physical activity and cognition*“ i “*physical activity and academic performance in mathematics*“. Nakon pretrage pregledani su radovi na temelju čega je isključeno njih 7 jer nisu zadovoljili uvjete istraživačkog pitanja. U analizu je uključeno 16 pregledanih radova, od čega se njih 8 bazira na utjecaju tjelesne aktivnosti na akademska postignuća, a drugih 8 radova detaljnije se bavi utjecajem tjelesne aktivnosti na rješavanje matematičkih zadataka.

#### **4. REZULTATI**

Odabirom 16 radova koji su zadovoljavali uvjete i kriterije, formiran je skup radova koji su prikazani pomoću tablica. U tablicama su navedeni osnovni podaci svakog istraživanja, poput: referenci, dizajna istraživanja, podaci o ispitanicima, eksperimentalnoj i kontrolnoj skupini, izmjerene varijable i rezultati. Tablica 1 prikazuje radove o utjecaju tjelesne aktivnosti na akademska postignuća, a tablica 2 radove o utjecaju tjelesne aktivnosti na rješavanje matematičkih zadataka.

**Tablica 1 - Pregled i prikaz rezultata istraživanja o utjecaju tjelesne aktivnosti na akademska postignuća**

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Kari, J. T., Pehkonen, J., Hutri-Kähönen, N., Raitakari, O. T., Tammelin, T. H. (2017). Longitudinal Association between Physical Activity and Educational Outcomes. <i>Medicine &amp; Science in Sports &amp; Exercise</i> , 49(11), 2158-2166.   |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Longitudinalno istraživanje  |
| <b>Ispitanici</b>                            | 1723 ispitanika u dobi od 12 godina, od toga 49% dječaci<br>2445 ispitanika u dobi od 15 godina, od toga 48% dječaci.<br>Ispitanici su praćeni do 2010. godine kad im je prosjek godina bio 40.  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Tjelesna aktivnost</b> – osobna procjena ispitanika temeljem upitnika (ukupna slobodna tjelesna aktivnost izvan nastave, sudjelovanje u treninzima sportskih klubova i sudjelovanje na sportskim natjecanjima)<br><b>Obrazovni ishodi</b> – prosjek ocjena, podaci o završenom stupnju obrazovanja  |
| <b>Rezultati</b>                             | U dobi od 12 do 15 godina podaci za tjelesnu aktivnost, sudjelovanje na treninzima i natjecanjima pokazali su više vrijednosti za dječake. Rezultati obrazovnih ishoda i stupnju obrazovanja išli su u korist djevojčicama, koje su imale dulje obrazovanje (u prosjeku za 0,7 godina). Najviše fizički aktivni djevojčice i dječaci prosječno su imali za 1,5 godina dulje obrazovanje u usporedbi sa najmanje fizički aktivnom djecom. |



|  |   |
|--|---|
| <b>Reference</b>                             | Syväoja, H., Kankaanpää, A., Joensuu, L., Kallio, J., Hakonen, H., Hillman, C. H., Tammeln, T. H. (2019). The Longitudinal Associations of Fitness and Motor Skills with Academic Achievement. <i>Medicine &amp; Science in Sports &amp; Exercise</i> , 51(10), 2050-2057.  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Longitudinalno istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 954 učenika četvrtog i sedmog razreda, prosječna dob 12.5<br>Ispitanici su praćeni od 2013 – 2015. godine   |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine  |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Akademsko postignuće</b> – preuzet prosjek ocjena iz imenika<br>Aerobni fitnes (trčanje s postupnim povećavanjem brzine), motorički fitnes (podizanje trupa i sklekovi) i motorička postignuća (skokovi, bacanje i hvatanje), mjereno nacionalnim finskim sustavom za praćenje funkcionalnog kapaciteta pod nazivom <i>Move!</i>   |
| <b>Rezultati</b>                             | Promjene u aerobnom i motoričkom fitnesu bile su pozitivno povezane s promjenama akademskih postignuća. Povezanost između promjene motoričkih sposobnosti i promjene akademskog postignuća bila je granično značajna. Motoričke sposobnosti predviđale su bolje akademsko postignuće, no aerobni i motorički fitnes nisu. Akademsko postignuće predviđalo je bolje motoričke sposobnosti, aerobni i motorički fitnes. |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Fernandes, V R., Scipião Ribeiro, M. L., Melo, T., de Tarso Maciel-Pinheiro, P., Guimarães T. T., Araújo, N. B., Ribeiro, S., Deslandes, A. C. (2016). Motor Coordination Correlates with Academic Achievement and Cognitive Function in Children. <i>Frontiers in Psychology</i> , 7(318).  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Transverzalno istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 45 ispitanika u dobi od 8 do 14 godina   |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <p><b>Kognitivne funkcije</b> – WISC –IV podtestovi (Postavljanje kocki, sličnost riječi, ponavljanje nizova unaprijed i unatrag, redosljed brojeva i slova, izbacivanje iz skupa)</p> <p><b>Selektivna pažnja i koncentracija (<i>Stroop test</i>)</b>– čitanje riječi</p> <p><b>Akademsko postignuće</b> čitanje, pisanje i aritmetika</p> <p><b>Antropometrija</b> – indeks tjelesne mase</p> <p><b>Motorička sposobnost</b> – taping</p> <p><b>Agilnost</b> – trčanje naprijed-nazad</p> |
| <b>Rezultati</b>                             | Motorička koordinacija izravno je povezana s akademskim postignućima, a najbolje je to pokazao taping. Rezultati agilnosti nisu bili značajni u odnosu na akademsko postignuće ili kognitivne vještine. WISC – IV podtestovi bili povezani s boljim rezultatima tapinga , jer je u njima korištena vizualna motorička koordinacija i vizualno selektivna pažnja pa oni utječu na akademska postignuća i kognitivne funkcije.   |

|  |   |
|--|---|
| <b>Reference</b>                             | Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., Malina, R. M. (2006). Effect of Physical Education an Activity Levels on Academic Achivement in Children. <i>Medicine &amp; Science in Sports &amp; Exercise</i> , 38(8), 1515-1519.   |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Longitudinalno istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 214 ispitanika (učenika) šestih razreda<br>Testiranje se provodilo u šk./god. 2002./2003.   |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Podijeljeni u dvije grupe, prva grupa bila je upisana na tjelesni odgoj u prvom semestru, dok je druga grupa bila upisana u drugom semestru   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Antropometrija</b> – indeks tjelesne mase<br><b>Akademsko postignuće</b> ocjene (matematika, prirodoslovlje, engleski jezik i svjetski studiji) i standardizirani <i>TerraNova</i> test (travanj)<br><b>3DPAR</b> – ispitivanje o obavljenim aktivnostima u 3 uzastopna dana<br><b>SOFTI</b> – sustav za promatranje količine i vrste tjelesne aktivnosti  |
| <b>Rezultati</b>                             | Standardizirani rezultati testova nisu bili značajno povezani sa upisom u sat tjelesnog odgoja ili s razinom tjelesne aktivnosti. Učenici koji su imali intenzivnu tjelesnu aktivnost postigli su više akademske ocjene u usporedbi s ostalim učenicima. Rezultati nisu pokazali smanjenje akademskog postignuća u semestru u kojem nisu upisali tjelesni odgoj.<br>Navedeno je kako rezultate treba promatrati s oprezom jer varijabla koja uvelike utječe na akademski uspjeh, a to je socioekonomski status, nije izmjerena. |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Kolody B., Lewis, M., Marshall, S., Rosengard, P. (1999). Effects of Health-Related Physical Education on Academic Achivement: Project SPARK. <i>Research Quarterly for Exercise and Sport</i> , 70(2), 127-134. |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Randomizirano kontrolno istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | Dvije skupine učenika četvrtih razreda<br>1. n = 330<br>2. n = 424<br>(svaka skupina imala je svoju eksperimentalna i kontrolnu skupinu)<br>Testiranje se provodilo 2 godine.  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | <b>EKSPERIMENTALNA SKUPINA</b><br>SPARK – program za promicanje tjelesne aktivnosti (provodili su ga specijalisti i obučeni učitelji)<br><b>KONTROLNA SKUPINA</b><br>Redovni program tjelesnog odgoja  |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Akademsko postignuće</b> – Standardizirani <i>Metropolitan Achievement Test</i> (MAT) – čitanje, matematika, jezik  |
| <b>Rezultati</b>                             | Trošenje više vremena na tjelesni odgoj ne šteti akademskoj uspješnosti već koristi kod tjelesnog i mentalnog zdravlja.<br>Rezultati nisu pokazali značajnu povezanost specijalističkih intervencija i akademskog uspjeha                        |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Ahamed, Y., MacDonald, H., Reed, K., Naylor, PJ., Liu-Ambrose, T., McKay, H. (2006). School-Based Physical Activity Does Not Compare Children's Academic Performance. <i>Medicine &amp; Science in Sports &amp; Exercise</i> , 39(2), 371-376.   |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Randomizirano klaster istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 288 učenika četvrtih i petih razreda u dobi od 9 do 11 godina iz osam škola<br>143 dječaka i 145 djevojčica.<br>Istraživanje je trajalo 16 mjeseci.  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | <b>EKSPERIMENTALNA SKUPINA</b><br>Šest škola – <b>214 učenika</b><br><b>AS!BC model</b> – inkluzija tjelesne aktivnosti i zdrave prehrane u školskom danu – 15 minutne aktivnosti u učionici (preskakanje, ples, vježbe snage s hvataljkama i trakama) uz redovni program tjelesnog odgoja<br><b>KONTROLNA SKUPINA</b><br>Dvije škole – <b>74 učenika</b> , redovni program tjelesnog odgoja |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Akademsko postignuće</b> CAT – 3 (kanadski test postignuća) – matematika, čitanje i jezik<br><b>Antropometrija</b> – indeks tjelesne mase<br><b>PAQ-C</b> – sedmodnevni upitnik za procjenu dnevne aktivnosti   |
| <b>Rezultati</b>                             | Rezultati nisu pokazali značajne razlike između kontrolne i eksperimentalne skupine u akademskoj uspješnosti. Također nije pronađena značajna razlika kod akademskog uspjeha između djevojčica i dječaka   |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Resaland, G. K., Aadland, E., Fusche Moe, V., Aadland, K. N., Skrede, T., Stavnsbo, M., Suominen, L., Steene-Johannessen, J., Glosvik, Ø., Andersen, J. R., Kvalheim, O. M., Engelsrud, G., Andersen, L. B., Holme, I. M., Ommundsen, Y., Kriemler, S., van Mechelen, W., McKay, H. A., Ekelund, U., Anderssen, S. A. (2016). Effects of physical activity on schoolchildren's academic performance: The Active Smarter Kids (ASK) cluster-randomized controlled trail. <i>Preventive medicine</i> , 91, 322-328.  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Randomizirano klaster istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 1129 učenika iz 57 škola u dobi od 10 godina.<br>Istraživanje je trajalo 7 mjeseci.  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | <p><b>EKSPERIMENTALNA SKUPINA</b></p> <p>Redoviti program tjelesnog odgoja (135 min / tjedno) uz intervenciju koja se sastojala od tri komponente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 90 min/tjedno tjelesnih aktivnosti na školskom igralištu</li> <li>2. 5 min/dnevno tjelesne aktivnosti u učionici tijekom nastave</li> <li>3. 10 min/dnevno tjelesne aktivnosti u obliku domaće zadaće</li> </ol> <p>Ukupno 300 min/tjedno tjelesne aktivnosti u školi</p> <p><b>KONTROLNA SKUPINA</b></p> <p>Redoviti program tjelesnog odgoja (135 min/tjedno)</p> |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <p><b>Fizička aktivnosti</b> – mjerenje pomoću akcelerometra, 7 dana.</p> <p><b>Upitnik o intenzitetu tjelesne aktivnosti</b> – ispunjavaju nastavnici mjesečno</p> <p><b>Antropometrija</b> – indeks tjelesne mase</p> <p><b>Socioekonomski status</b> – stupanj obrazovanja roditelja</p> <p><b>Akademsko postignuće</b>– računanje, čitanje, engleski jezik – nacionalni norveški testovi</p>   |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Rezultati</b> | <p>Rezultati nisu pokazali značajnu povezanost intervencije sa akademskim uspjehom.</p> <p>Jedina varijabla koje je pokazala pozitivne rezultate nakon intervencije je računanje, naime učenici koji su imali slabe rezultate prije intervencije postigli su nakon intervencije bolje rezultate.</p> |
|------------------|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | 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. <i>Plos One</i> , 12(8).  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Longitudinalno istraživanje  |
| <b>Ispitanici</b>                            | 236 učenika u dobi od 10 do 12 godina (prosječna dob 11,3 godine)  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <p><b>Motoričke sposobnosti</b> –aerobni fitnes (trčanje na 20 m - VO<sub>2</sub>), motorička koordinacija (skakanje u stranu), eksplozivna snaga (skok u dalj s mjesta).</p> <p><b>Izvršne funkcije</b> – „ažuriranje“ (odabir tipke ovisno i prikazanom voću), „inhibicija“ (sposobnost suzbijanja odgovora koji su neprikladni u određenom kontekstu) i „pomicanje“ (test inhibicije uz dodatak boja)</p> <p><b>Akademsko postignuće</b>- matematika (aritmetika, geometrija, zadaci riječima), čitanje i pravopis</p> <p><b>PAQ-C</b> – sedmodnevni upitnik za procjenu dnevne aktivnosti</p> <p><b>Status puberteta</b> (<i>Pubertal Development Scale</i>)</p> <p><b>Socioekonomski status</b> (<i>The Family Affluence Scale II</i>)</p> <p><b>Indeks tjelesne mase</b></p> |
| <b>Rezultati</b>                             | Iako su sve tri motoričke sposobnosti pozitivno povezane sa akademskim postignućem, samo varijabla motoričke koordinacije pokazala je značajne rezultate između izvršnih funkcija i akademskih postignuća.   |



**Tablica 2 - Pregled i prikaz rezultata istraživanja o utjecaju tjelesne aktivnosti na uspješnost rješavanja matematičkih zadataka**

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Mcdonald, K., Milne, N., Orr, R., Pope, R. (2020). Associations between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in year 1 school children: a cross-sectional study. <i>BMC Pediatrics</i> , 20(1), 69-79.  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Transverzalno istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 55 učenika prosječne dobi 6,77, od čega je 25 dječaka i 30 djevojčica  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Motorička sposobnost – BOT-2</b> – mjerenje fine i grube motorike<br><b>Akademski postignuća – WIAT-II</b> – matematika, čitanje, pisanje, usmeno izražavanje. Matematički zadaci uključivali donošenje zaključaka i numeričke operacije<br><b>Dob, spol, nacionalnost, razred</b><br><b>Indeks društveno – obrazovne zajednice (ICSEA)</b> – obrazovanje i zanimanje roditelja |
| <b>Rezultati</b>                             | Istraživanje pokazalo značajne pozitivne odnose između motoričkih sposobnosti i akademskih postignuća, posebno u matematici. Obje motoričke sposobnosti bile su značajno povezane sa matematičkim vještinama, fina motorika pokazala je značajniju povezanost.   |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Beck, M. M., Lind, R. R., Geertsen, S. S., Ritz, C., Lundbye-Jensen, J., Wienecke, J. (2016). Motor-Enriched Learning Activities Can Improve Mathematical Performance in Preadolescent Children. <i>Frontiers in Human Neuroscience</i> , 10(645).   |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Randomizirano klaster istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 165 učenika prosječne dobi 7,5.  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | <p><b>EKSPERIMENTALNE SKUPINE</b></p> <p><b>Fina motorika</b> – set <i>Lego Education More To Math</i> koristi se u rješavanju matematičkih zadataka</p> <p><b>Gruba motorika</b> – brzi motorički pokreti koji uključuju veliki raspon pokreta izvođeni tijekom rješavanja matematičkih zadataka (preskakanje, puzanje, skakanje, bacanje, održavanje ravnoteže na jednoj nozi)</p> <p><b>KONTROLNA SKUPINA</b></p> <p>Redovna nastava matematike bez motoričkih aktivnosti tijekom nastave</p>   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <p><b>Standardizirani danski test</b> – 50 matematičkih zadataka</p> <p><b>Kognitivne sposobnosti</b> – izvršne funkcije (<i>Eriksen Flanker Task</i>) - suzbijanje neprikladnih odgovora u određenom kontekstu.</p> <p>Vizualno prostorna memorija (CANTAB) ponavljanje slijeda.</p> <p>Fonološka kratkoročna memorija – ponavljanje slijeda riječi</p> <p><b>Gruba motorika</b> – koordinacijski „zid“</p> <p><b>Fina motorika</b> – <i>Purdue Pegboard</i> – spretnost ruku</p> <p><b>Aerobni fitness</b> – trčanje (<i>Andersen test</i>)</p> <p><b>Opterećenje tijekom nastave matematike</b> – mjerenje otkucaja srca i korištenje akcelerometra</p> |
| <b>Rezultati</b>                             | Gruba motorika jedina je prikazala značajnu promjenu matematičke uspješnosti. Djelomično zaslužne za matematičke učinke su i promjene vizualno-prostorne kratkoročne memorije.   |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Pitchford, N. J., Papini, C., Outhwaite, L. A., Gulliford, A. (2016). Fine Motor Skills Predict Maths Ability Better than They Predict Reading Ability in the Early Primary School Years. <i>Frontiers in Psychology</i> , 7(783).   |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Transverzalno istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 60 učenika od čega je 28 dječaka i 32 djevojčica u dobi od 5 do 7 godina   |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Motorička sposobnost , BOT-2</b> – mjerenje fine motorike – preciznost (crtanje, presavijanje, rezanje) i integracija (reprodukcija crteža)<br><b>Akademski postignuća - WIAT - IIUK</b> – čitanje i sposobnost rješavanja matematičkih problema s brojevima i vjerojatnostima te interpretacija grafova.<br><b>Socioekonomski status – IDACI</b> |
| <b>Rezultati</b>                             | Statistička značajnost pronađena je kod svih mjerenih varijabli povezanih sa matematičkim sposobnostima.<br>Rezultati pokazuju da su motoričke sposobnosti bolje povezane sa matematikom nego sa sposobnošću čitanja.  |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Lubans, D. R., Beauchamp, M. R., Diallo, T. M. O., Peralta, L. R., Bennie, A., White, R. L., Owen, K., Lonsdale, C. (2018). School physical Activity Intervention Effect on Adolescents' Performance in Mathematics. <i>Medicine &amp; Science in Sports &amp; Exercise</i> , 50(12), 2442-2450.   |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Randomizirano klaster istraživanje   |
| <b>Ispitanici</b>                            | 1173 učenika prosječne dobi 12,94.   |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | <b>EKSPERIMENTALNA SKUPINA</b><br><b>AMPED</b> – povećanje aktivnosti (maksimalno kretanje i razvoj vještina, skraćivanje prijelaznog vremena između aktivnosti) i motivacije (izgradnja kompetencija i podrška učenicima) na satu tjelesnog odgoja  |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Zemlja rođenja, jezik koji se koristi kod kuće, nacionalnost</b> – prijavljivano samostalno<br><b>Socioekonomski status</b><br><b>Antropometrija</b> – indeks tjelesne mase<br><b>Akademsko postignuće</b> – uspjeh iz matematike mjeren nacionalnim programom (NAPLAN) – algebra, mjerenje, geometrija, statistika i vjerojatnost.<br><b>Tjelesna aktivnost</b> – mjerenje razine kod tjelesnog odgoja i mjerenje fizičke aktivnosti u slobodno vrijeme 7 radnih dana korištenjem akcelerometra<br><b>Upitnik o angažiranosti na nastavi matematike</b> – ponašanje, emocionalno stanje (uživanje u sadržajima matematike) i kognitivno stanje (rješavanje zadataka) |
| <b>Rezultati</b>                             | Bolje matematičke rezultate imali su ispitanici iz eksperimentalne skupine, intervencija je pokazala pozitivan učinak na matematičko rješavanje zadataka.  |

|  |   |
|--|---|
| <b>Reference</b>                             | Geertsen, S. S., Thomas, R., Laresn, M. N., Dahn, I. M., Needham Andersen, J., Krause-Jensen, M., Korup, V., Nielsen, C. M., Wienecke, J., Ritz, C., Krstrup, P., Lundbye-Jensen, J. (2016). Motor Skills and Exercise Capacity Are Associated with Objective Measures of Cognitive Functions and Academic Performance in Preadolescent Children. <i>Plos One</i> , 11(8).  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Transverzalno istraživanje  |
| <b>Ispitanici</b>                            | 423 učenika od čega je 209 djevojčica, prosječne dobi 9,29  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine  |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <p><b>Motoričke sposobnosti</b> – fina (VAT) i grupa motorika (koordinacijski „zid“)</p> <p><b>Aerobni fitnes</b> – YYIRIC test trčanja, staza od 20 metra označena linijama A, B, C: A do B: 4m, B do C: 16m, trče od B do C i natrag do B te hodaju od B do A i natrag do B.</p> <p><b>Antropometrija i fizički pregled</b></p> <p><b>Standardizirani kognitivni testovi- (CANTAB)</b> vrijeme reagiranja, održavanje pažnje, prostorna memorija, vizualna memorija koja uključuje sposobnost novog učenja, slobodno prisjećanje pojmova</p> <p><b>Akademski postignuća</b> –standardizirani danski testovi čitanja i matematike</p> <p><b>Intervju</b> – životni stil, tjelesne aktivnosti u slobodno vrijeme</p> <p><b>Matematika</b> – standardizirani testovi - 50 zadataka</p> <p><b>Čitanje</b> – standardizirani danski test</p> |
| <b>Rezultati</b>                             | <p>Učinak fine i grube motorike bio je značajno povezan sa boljim rezultatima kognitivnih testova.</p> <p>Također i sve ostale mjerene varijable bile su značajno povezane sa uspješnošću u matematici i čitanju.</p>   |

|  |   |
|--|---|
| <b>Reference</b>                             | Kao, S., Westfall., D. R., Parks, A. C., Pontifex, M. B., Hillman, C. H. (2016). Muscular and Aerobic Fitness, Working Memory, and Academic Achivement in Children. <i>Medicine &amp; Science in Sports &amp; Exercise</i> , 49(3), 500-508.  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Transverzalno istraživanje  |
| <b>Ispitanici</b>                            | 79 ispitanika u dobi od 9 do 11 godina  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine  |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <p><b>Aerobni fitness</b>– mjerena maksimalna potrošnja kisika računalnim sustavom indirektno kalorimetrije i otkucaji srca</p> <p><b>Motorički fitness</b>– izračunata nakon vježba za gornji i donji dio tijela sa težinom</p> <p><b>Kognitivni zadaci</b> – mjerena brzina i točnost reakcije i K-BIT (<i>Kaufman Brief Intelligence Test, Second Edition</i> )</p> <p><b>Akademski postignuća</b> – adaptirana pitanja standardiziranih testova (<i>California Standards Test</i>), test matematike u tri kategorije (brojevi, algebra i funkcije i mjerenje i geometrija), test čitanja u dvije kategorije (čitanje sa razumijevanjem, pravopis)</p> |
| <b>Rezultati</b>                             | Aerobni fitness bio je pozitivno povezan sa uspješnosti rješavanja matematičkih zadataka u kategoriji algebra i funkcije. Nasuprot tome motorički fitness nije pokazao povezanost sa ni jednim područjem akademskog uspjeha.  |

|  |  |
|--|--|
| <b>Reference</b>                             | Bull, R., Andrews Espy, K., Wiebe, S. A. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. <i>Developmental Neuropsychology</i> , 33(3), 205-228.  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>                   | Longitudinalno istraživanje  |
| <b>Ispitanici</b>                            | 104 ispitanika<br>Prosječna dob 4,5 godine, te su testirani još tri puta u razdoblju do trećeg razreda osnovne škole.  |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> | Nema eksperimentalne i kontrolne skupine   |
| <b>Mjerene varijable</b>                     | <b>Matematika</b> – PIPS procjena (indikatori izvođenja u osnovnoj školi), zadaci su uključivali osnove iz mjerenja, jednostavnu aritmetiku, prepoznavanje broja i oblika i složeniji aritmetički zadaci.<br><b>Središnji izvršni zadatci</b> – <i>The Shape School</i> – knjiga namijenjena ispitivanju inhibicije i prebacivanja procesa.<br><i>Tower of London</i> test – test za procjenu izvršnog funkcioniranja, posebno za otkrivanje deficita u planiranju.<br><b>Kratkoročno pamćenje i radna memorija</b> – <i>Corsi Blocks</i> – ponavljanje niza kojim je istraživač dodirivao blokove, <i>Digit Span Memory Test</i> – ponavljanje niza znamenaka |
| <b>Rezultati</b>                             | Rezultati pokazuju da dobra kratkoročna memorija, radna memorija, a posebno vještina izvršnog funkcioniranja pružaju neposrednu prednost u početnom učenju matematike i čitanja.   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Reference</b>  | Clark, C. A. C., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., Andrews Espy K. (2013). Longitudinal Association between Executive Control and Developing Mathematical Competence in Preschool Boys and Girls. <i>Child Development</i> , 84(2), 662-677  |
| <b>Dizajn istraživanja</b>  | Longitudinalno istraživanje  |
| <b>Ispitanici</b>   | 228 ispitanika od toga 115 djevojčica<br>Prosječna dob 3 godine, testirani još u prosječnoj dobi od 5 godina   |
| <b>Skupine (eksperimentalna i kontrolna)</b> Nema eksperimentalne i kontrolne skupine |  |
| <b>Mjerene varijable</b>  | <p><b>Intervju</b> – zdravlje djeteta i socioekonomski status</p> <p><b>Izvršna kontrola u dobi od 3 godine</b> – <i>Delayed Alternation</i> - procjena radne memorije, <i>Nine Box model</i> – procjena planiranja, <i>Nebraska Barnyard</i> – reagirati na zvuk i pritisnuti odgovarajuću sliku</p> <p><b>Procjena inhibicijske kontrole</b> - <i>The Shape School</i> –ispitivanje inhibicije i prebacivanja procesa, <i>Big-Little Stroop</i> – određivanje većeg/manjeg oblika, <i>Go-no-Go</i> – pritisnuti tipku prema određenim uvjetima, <i>Modified Snack Delay</i> – mjerenje strpljenja i odlučnosti</p> <p><b>Matematika</b> – TEMA – 3 (<i>The Test of Early Mathematics Ability – 3</i>) – brojanje, uspoređivanje, <i>The Woodcock-Johnson III Applied Problems</i> – procjena sposobnosti primjene matematičkog znanja u svakodnevnim problemima</p> <p><b>Jezična sposobnost</b> - <i>The Woodcock-Johnson III</i> – test za jezično razumijevanje (sinonimi, antonimi, slikovni vokabular i verbalne analogije)</p> <p><b>Brzina obrade</b> – <i>The Woodcock-Johnson III</i> – test vizualnog povezivanja (povezivanje što više brojeva u određenom vremenskom roku)</p> |
| <b>Rezultati</b>  | Odnosi između izvršne kontrole i matematičkih postignuća pokazali su veću statističku značajnost kod djevojčica. Rezultati pokazuju važnu ulogu procjene izvršne kontrole za predviđanje poteškoća kod prelaska na formalno učenje matematike.   |



## 5. RASPRAVA

### 5.1. Utjecaj tjelesne aktivnosti na akademska postignuća

Pregledom istraživanja koja su provedena kako bi se prikazao utjecaj tjelesne aktivnosti na akademska postignuća, pronađena su četiri rada koji pokazuju pozitivne rezultate (Kari i sur., 2017; Syväoja i sur., 2019; Fernandes i sur., 2016 i Schmidt i sur., 2017), dok rezultati ostalih četiri istraživanja ne prikazuju značajnu povezanosti između tjelesne aktivnosti i akademskog postignuća (Coe i sur., 2006; Sallis i sur., 1999; Ahamed i sur., 2006 i Resaland i sur., 2016). Od radova uključenih u pregled, po dva istraživanja provedena su u Finskoj (Kari i sur., 2017 i Syväoja i sur., 2019) i Sjedinjenim Američkim Državama (Coe i sur., 2006 i Sallis i sur., 1999), a preostalih četiri provedeno je u Brazilu (Fernandes i sur., 2016), Kanadi (Ahamed i sur., 2006) i Švicarskoj (Schmidt i sur., 2017). Svih osam istraživanja ukupno je obuhvaćalo 7 788 ispitanika, najmanju grupu čini 45 ispitanika (Fernandes i sur., 2016), a najveću čak 4 168 ispitanika (Kari i sur., 2017). U svim istraživanjima uzorak ispitanika su činili učenici osnovnih škola čija je dob u rasponu od 8 do 15 godina, a najvažniji kriterij za sudjelovanje u istraživanju bio je potpisani informirani pristanak roditelja ili skrbnika. Razred sa najmanje 7 učenika, zdravlje (Resaland i sur., 2016), sposobnost za sudjelovanje i izvođenje tjelesnih aktivnosti (Fernandes i sur., 2016; Sallis i sur., 1999 i Resaland i sur., 2016) neki su od selektivnih kriterija koji su morali biti ispunjeni. Pojedina istraživanja uključivala su i druge kriterije koji su morali biti ispunjeni i to: zadovoljstvo tjelesne aktivnosti u školi ocjenjeno sa 3 (prema Ministarstvu obrazovanja, Kanada, 2002) (Ahamed i sur., 2006), ispunjene ankete, testovi aerobnog i motoričkog fitnesa, ankete za roditelje i praćenje tjelesne aktivnosti (Sallis i sur., 1999). Također, u istraživanja nisu uključivani učenici s individualnim programom (Syväoja i sur., 2019), deficitom pažnje, intelektualnim nedostacima, oštećenjem vida i sluha bez korekcija, učenici koji su funkcionalno nepismeni i oni koji nisu u mogućnosti sudjelovati u testiranjima fizičkog karaktera (Fernandes i sur., 2016). Prema vrsti istraživanja, najzastupljenija su longitudinalna (Kari i sur., 2017; Syväoja i sur., 2019 i Coe i sur., 2006), nakon njih slijede dva randomizirana klaster istraživanja (Ahamed i sur., 2006 i Resaland i sur., 2016). U pregled su uključena i transverzalna istraživanja (Fernandes i sur., 2016) i randomizirano kontrolno istraživanje (Sallis i sur., 1999). Među njima našla su se četiri intervencijska tipa istraživanja i jedno od njih ima dvije eksperimentalne

skupine i dvije kontrolne skupine zbog različitog vremena zadovoljavanja kriterija (Sallis i sur., 1999). Dvije eksperimentalne skupine ima i istraživanje koje je interveniralo po semestrima, prvo polugodište u intervenciji je sudjelovala jedna grupa, koju je u drugom semestru zamijenila druga grupa (Coe i sur., 2006). Intervencije su se odnosile na sudjelovanje u tjelesnom odgoju (Sallis i sur., 1999) i provođenje raznih programa povezanih sa tjelesnom aktivnošću (Sallis i sur., 1999; Ahamed i sur., 2006 i Resaland i sur., 2016). Tako na primjer, program za promicanje tjelesne aktivnosti pod nazivom SPARK provodili su specijalisti i obučeni učitelji. Provodi se 3 dana u tjednu po 30 minuta kroz cijelu školsku godinu, a obuhvaća 13 aktivnosti i 9 sportova (Sallis i sur., 1999). Aktivnosti preskakanja, plesa, vježbe otpora s hvataljkama i trakama u trajanju od 15 minuta dio su AS! BC modela za inkluziju tjelesne aktivnosti i zdrave prehrane (Ahamed i sur., 2006). Povećanje tjelesne aktivnosti u školi provedeno je kroz aktivnosti na školskom igralištu, u učionici tijekom nastave i u obliku domaće zadaće, na taj način učenici su imali 300 min/tjedno tjelesne aktivnosti što je povećanje za 165 min/tjedno (Resaland i sur., 2016). Kontrolne skupine sudjelovale su u redovnim programima tjelesnog odgoja (Sallis i sur., 1999; Ahamed i sur., 2006 i Resaland i sur., 2016). Mjerene varijable kod intervencijskih istraživanja obuhvaćale su akademsko postignuće mjereno pomoću standardiziranih testova: *TerraNova* (Coe i sur., 2006), *Metropolitan Achievement Test* (Sallis i sur., 1999), CAT-3 (Ahamed i sur., 2006) i nacionalnih norveških testova (Resaland i sur., 2016). Mjerena je antropometrija za izračunavanje indeksa tjelesne mase (Fernandes i sur., 2016; Coe i sur., 2006; Ahamed i sur., 2006; Resaland i sur., 2016 i Schmidt i sur., 2017), tjelesna aktivnost pomoću 3DPAR ispitivanja, SOFTI promatranja (Coe i sur., 2006), PAQ-C upitnik (Ahamed i sur., 2006). Koristio se akcelerometar i upitnik o intenzitetu tjelesne aktivnosti (Resaland i sur., 2016). Također u obzir je uzet i socioekonomski status kao varijabla (Resaland i sur., 2016). Istraživanja bez intervencije i sa samo jednom skupinom mjerile su varijable za koje se pretpostavilo da će pokazati značajnu povezanost (Kari i sur., 2017; Syväoja i sur., 2019; Fernandes i sur., 2016; Schmidt i sur., 2017). Kao i kod intervencijskih istraživanja važna varijabla bilo je akademsko postignuće mjereno podacima o završenom stupnju obrazovanja (Kari i sur., 2017), prosjekom (Kari i sur., 2017 i Syväoja i sur., 2019), uspješnosti iz matematike, čitanja i pisanja (Fernandes i sur., 2016 i Schmidt i sur., 2017). Tjelesna aktivnost prijavljivana je samostalno anketnim upitnikom (Kari i sur., 2017) i PAQ-C

upitnikom (Schmidt i sur., 2017). Aerobni, motorički fitnes i motorička sposobnost mjerena sustavom *Move!* (Syväoja i sur., 2019) i aktivnostima trčanja i skakanja (Schmidt i sur., 2017). Tapingom je mjerena motorička sposobnost, a okretnost trčanjem naprijed natrag. Korišteni su WISC-IV podtestovi kako bi se procijenile kognitivne funkcije, dok je Stroop testom mjerena selektivna pažnja i koncentracija (Fernandes i sur., 2016). U jednom istraživanju kao varijable mjerene su izvršne funkcije, status puberteta i socioekonomski status (Schmidt i sur., 2017). Rezultati istraživanja nisu pokazali smanjenje akademskih postignuća, već njihovo održavanje (Coe i sur., 2006; Sallis i sur., 1999 i Ahamed i sur., 2006) i povećanje (Kari i sur., 2017; Syväoja i sur., 2019; Fernandes i sur., 2016 i Resaland i sur., 2016). Mogući razlozi dobivenih rezultata prikazani su kao prednosti i nedostaci istraživanja. Veliki uzorak (Syväoja i sur., 2019 i Resaland i sur., 2016), randomizirano istraživanje (Sallis i sur., 1999; Ahamed i sur., 2006 i Resaland i sur., 2016), objektivno mjerenje količine tjelesne aktivnosti (Resaland i sur., 2016), korištenje standardiziranih testova za mjerenje akademskih postignuća (Sallis i sur., 1999) i veliki raspon mjerenih komponenata tjelesne aktivnosti (Syväoja i sur., 2019) predstavljeni su kao prednosti istraživanja. Nedostaci i njihova promjena koja bi donijela uspješnije rezultate istraživanja mogu se svesti na nedostatak objektivnosti kod podataka tjelesne aktivnosti (Kari i sur., 2017) i akademskog postignuća (Syväoja i sur., 2019). Također, podaci o socioekonomskom statusu (Coe i sur., 2006) i njihovo bolje prikupljanje (Ahamed i sur., 2006) bili bi značajna varijabla kod dobivanja rezultata. Sva istraživanja navode da postoji pozitivna veza između tjelesne aktivnosti i akademskih postignuća, no da bi se pronašli čvršći rezultati potrebno je uzeti u obzir dosadašnja istraživanja.

## **5.2. Utjecaj tjelesne aktivnosti na uspješnost rješavanja matematičkih zadataka**

Pregledom osam istraživanja o utjecaju tjelesne aktivnosti na rješavanje matematičkih zadataka ustanovljeno je da su sva istraživanja dobila pozitivne rezultate. U pregledu radova analizirana su četiri transverzalna istraživanja (Mcdonald i sur., 2020; Pitchford i sur., 2016; Geertsen i sur., 2016 i Kao i sur., 2016), dva randomizirana klaster istraživanja (Beck i sur., 2016 i Lubans i sur., 2018) i dva longitudinalna istraživanja (Bull i sur., 2008 i Clark i sur., 2013). Istraživanja su provedena u Australiji (Mcdonald i sur., 2020 i Lubans i sur., 2018), Danskoj (Beck i sur., 2016 i Geertsen i sur., 2016), Velikoj Britaniji (Pitchford i sur.,

2016), Sjedinjenim Američkim Državama (Kao i sur., 2016 i Bull i sur., 2008) i u Kanadi (Clark i sur., 2013). Odabrana istraživanja objavljena su unatrag dvanaest godina; 2008., 2013., 2016., 2018., i 2020. godine. Sva istraživanja ukupno brojila su 2289 ispitanika u dobi od 3 do 13 godina, najmanji broj ispitanika bio je 55 (McDonald i sur., 2020), dok je istraživanje sa najvećim brojem ispitanika imao njih 1173 (Lubans i sur., 2018). Svih 2289 ispitanika za zadovoljenje kriterija o ulasku u istraživanje trebali su donijeti informirani pristanak potpisan od strane roditelji ili skrbnika, neka istraživanja birala su ispitanike s nižom razinom socioekonomskog statusa (Pitchford i sur., 2016 i Lubans i sur., 2018) te prema ocjenama (Beck i sur., 2016). Uvjeti zbog kojih ispitanici nisu ušli u istraživanje bili su razvojni i jezični poremećaji, poremećaji u ponašanju te engleski kao drugi jezik (Clark i sur., 2013). Nadalje kriteriji za nemogućnost pristupu istraživanju bili su i neurološke bolesti, nemogućnost izvođenja tjelesne aktivnosti i sudjelovanje u prilagođenim programima (Clark i sur., 2013). Intervencijski tipovi istraživanja (Beck i sur., 2016 i Lubans i sur., 2018) imali su po jednu kontrolnu skupinu koje su sudjelovale u redovitom programu nastave iz matematike (Beck i sur., 2016) i u redovitom programu tjelesnog odgoja (Lubans i sur., 2018), ali su se razlikovale po broju eksperimentalnih skupina i intervencija. Intervencije danskog istraživanja (Beck i sur., 2016) temeljile su se na finoj motorici u jednoj skupini te na gruboj motorici u drugoj skupini. Intervencija fine motorike obuhvaćala je rješavanje matematičkih zadataka uz set Lego kocaka pod nazivom „*Lego Education More To Math*“, dok su se za grubu motoriku koristili pokreti velikog raspona tijekom rješavanja matematičkih zadataka. Australско istraživanje (Lubans i sur., 2018) koristilo je samo jednu eksperimentalnu skupinu te je provelo intervenciju povećanja tjelesne aktivnosti i motivacije kod tjelesnog odgoja. Mjerene varijable korištene u istraživanju smještene su u nekoliko kategorija. Najprije, rezultati motoričke sposobnosti prikazani pomoću fine i grube motorike mjereni BOT-2 testom (Beck i sur., 2016 i Pitchford i sur., 2016), VAT testom (Geertsens i sur., 2016), koordinacijskim zidom (Beck i sur., 2016 i Geertsens i sur., 2016) i standardiziranim testom *Purdue Pegboard* (Beck i sur., 2016). Akademska postignuća mjerena su WIAT-II testom (McDonald i sur., 2020 i Pitchford i sur., 2016), TEMA-3 testom (Clark i sur., 2013), PIPS procjenom (Bull i sur., 2008), standardiziranim testovima (Beck i sur., 2016; Geertsens i sur., 2016 i Kao i sur., 2016) i nacionalnim programom NAPLAN (Lubans i sur., 2018). Nadalje, rezultati kognitivnih sposobnosti dobiveni

su pomoću Eriksen Flanker zadatka (Beck i sur., 2016), K-BIT testa (Kao i sur., 2016) i CANTAB testa (Beck i sur., 2016 i Geertsens i sur., 2016). Upitnikom o angažiranosti na nastavi matematike ispitano je ponašanje, emocionalno i kognitivno stanje (Lubans i sur., 2018). Aerobni fitnes je mjereno testovima trčanja: *Andersen* testom (Beck i sur., 2016) i YYIRC testom (Geertsens i sur., 2016), dok je motorički fitnes mjereno putem vježba za gornji i donji dio tijela (Kao i sur., 2016). Tjelesna aktivnost (Lubans i sur., 2018) i opterećenje tijekom nastave matematike (Beck i sur., 2016) korištenjem akcelerometra. Ostale mjerene varijable su antropometrija, socioekonomski status (Pitchford i sur., 2016 i Lubans i sur., 2018), indeks društveno – obrazovne zajednice (McDonald i sur., 2020), nacionalnost (McDonald i sur., 2020 i Lubans i sur., 2018), jezik korišten kod kuće, država rođenja (Lubans i sur., 2018), životni stil i tjelesna aktivnost u slobodno vrijeme (Geertsens i sur., 2016). Kao varijable mjerili su se izvršni zadaci pomoću testova *The Shape School* i *Tower of London test*, kratkoročno pamćenje i radna memorija testovima pod nazivom *Corsi Blocks Digit* i *Span Memory Test* (Bull i sur., 2008). Mjerila se izvršna kontrola *Delayed Alternation* i *Nebraska Barnyard* testovima, procjenjivala se inhibicijska kontrola *The Shape School*, *Big-Little Stroop*, *Go-no-Go* i *Modified Snack Delay* testovima, a uz pomoć *The Woodcock-Johnson III* testa jezična sposobnost i brzina obrade (Clark i sur., 2013). Rezultati svih istraživanja pokazali su se pozitivni u odnosu na ispitane varijable. Značajne pozitivne odnose između motoričkih sposobnosti i uspješnosti matematike pokazuju četiri istraživanja (McDonald i sur., 2020; Beck i sur., 2016; Pitchford i sur., 2016 i Geertsens i sur., 2016). Aerobni fitnes pokazao je statističku značajnost u odnosu na rješavanje matematičkih zadataka, dok motorički fitnes nije pokazao povezanost sa ni jednom sastavnicom akademskog uspjeha (Kao i sur., 2016). Intervencija AMPED također je pokazala pozitivan učinak na rješavanje matematičkih zadataka (Lubans i sur., 2018). Kao prednosti istraživanja navedena je randomizacija, mjerenje dugoročnih učinaka (8tj nakon intervencije) (Beck i sur., 2016), objektivno mjerenje i korištenje standardiziranih testova (Lubans i sur., 2018). Nedostaci koje je potrebno uzeti u obzir za daljnja istraživanja je mali uzorak ispitanika (McDonald i sur., 2020 i Beck i sur., 2016) kao i nedostatak objektivnosti i mjerenja kognitivnih sposobnosti (Lubans i sur., 2018).

## 6. ZAKLJUČAK

Glavni cilj ovog rada bio je prikazati rezultate učinka tjelesne aktivnosti na efikasnost rješavanja matematičkih zadataka. Prema prikazanim rezultatima zaključuje se da tjelesna aktivnost pozitivno djeluje na kognitivne sposobnosti, a značajnu povezanost sa akademskim uspjehom u matematici donijela je gruba motorika, koordinacija gornjih udova te agilnost i brzina. U posljednjih nekoliko godina fizička aktivnost postavljena je na prvu liniju intervencije kako bi prikazala važnost povoljnog utjecaja na cjelokupno zdravlje pojedinca. Prema tome, predlažem da se uvedu aktivnosti u više segmenata nastave, a ne da se fizičke aktivnosti izvode samo kao sadržaj Tjelesne i zdravstvene kulture.

Ovo istraživanje ima potencijalnu korist u obliku uvida u dosadašnje stanje na području tjelesne aktivnosti i njenog utjecaja na akademska postignuća. Omogućava daljnjim istraživačima prikladan odabir metoda za istraživanje, kao i broj ispitanika te odabir varijabla.

Potencijalna limitacija ovog istraživanja je broj prikazanih rezultata, jer nedovoljan broj istraživanja onemogućuje donošenje konačnih zaključaka. Također jedno od ograničenja je različita dob ispitanika. Buduća istraživanja trebala bi sagledati sva ograničenja dosadašnjih istraživanja te primijeniti odgovarajuće metode za mjerenje svih varijabla koje utječu na kogniciju.

Smatram da bi planirano istraživanje također imalo vrlo slične prednosti i nedostatke. Kao prednost istaknula bi vrstu istraživanja te kontrolirane intervencije unutar eksperimentalne skupine. Dok bi dob ispitanika predstavljala ograničenje za istraživanje jer time se smanjuje generalizacija na druge dobne skupine.

Kako bi se pronašli konačni odgovori o utjecaju tjelesne aktivnosti na kognitivne sposobnosti potrebno je prikupiti više informacija putem odgovarajućih istraživanja, prikladnim odabirom metoda, ispitanika i varijabla. Kod fizičke aktivnosti potrebno je odabrati odgovarajuću vrstu aktivnosti i intenzitet. Naravno, poštujući individualne razlike i promjene sposobnosti mozga koje proizlaze iz tih različitosti.

## LITERATURA

1. Ahamed, Y., MacDonald, H., Reed, K., Naylor, P.J., Liu-Ambrose, T., McKay, H. (2006). School-Based Physical Activity Does Not Compare Children's Academic Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 371-376.
2. Beck, M. M., Lind, R. R., Geertsen, S. S., Ritz, C., Lundbye-Jensen, J., Wienecke, J. (2016). Motor-Enriched Learning Activities Can Improve Mathematical Performance in Preadolescent Children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(645).
3. Bull, R., Andrews Espy, K., Wiebe, S. A. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228.
4. Center for Disease Control and Prevention. (2010). *The association between school based physical activity, including physical education, and academic performance*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
5. Clark, C. A. C., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., Andrews Espy K. (2013). Longitudinal Association between Executive Control and Developing Mathematical Competence in Preschool Boys and Girls. *Child Development*, 84(2), 662-677
6. Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., Malina, R. M. (2006). Effect of Physical Education and Activity Levels on Academic Achievement in Children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(8), 1515-1519.
7. Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., Naglieri, J. A. (2011). Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized Controlled Trial. *Health Psychol*, 30(1), 91-98.
8. Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., Liu, C. S., Sherman, C., Chan, S., Lanctot, K. L. (2016). The Effect of Exercise Training on Resting Concentrations of Peripheral Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF): A Meta-Analysis. *Plos One*, 11(9).

9. Fernandes, V R., Scipião Ribeiro, M. L., Melo, T., de Tarso Maciel-Pinheiro, P., Guimarães T. T., Araújo, N. B., Ribeiro, S., Deslandes, A. C. (2016). Motor Coordination Correlates with Academic Achievement and Cognitive Function in Children. *Frontiers in Psychology*, 7(318).
10. Ferris, L. T., Williams, J. S., Shen, C. (2007). The Effect of Acute Exercise on Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor Levels and Cognitive Function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 728-734.
11. Geertsen, S. S., Thomas, R., Laresn, M. N., Dahn, I. M., Needham Andersen, J., Krause-Jensen, M., Korup, V., Nielsen, C. M., Wienecke, J., Ritz, C., Krustrup, P., Lundbye-Jensen, J. (2016). Motor Skills and Exercise Capacity Are Associated with Objective Measures of Cognitive Functions and Academic Performance in Preadolescent Children. *Plos One*, 11(8).
12. Gonzales-Alonso, J., Dalsgaard, M. K., Osada, T., Volianitis, S., Dawson, E. A., Yoshihiga, C. C., Secher, N. H. (2004). Brain and central Hemodynamics and oxygenation during maximal exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 557(1), 331-342.
13. Gottschalk, W. A., Jiang, H., Tartagila, N., Feng, L., Figurov, A., Lu, B. (1999). Signaling Mechanism Mediating BDNF Modulation of Synaptic Plasticity in the Hippocampus. *Learning & Memory*, 6(3), 243-256.
14. Herholz, K., Buskies, W., Rist, M., Pawlik, G., Hollmann, W., Heiss, W. D. (1987). Regional cerebral blood flow in man at rest and during exercise. *Journal of Neurology*, 234(1), 9-13.
15. Herold, F., Törpel, A., Schega, L., Müller, N. G. (2019). Functional and/or structural brain changes in response to resistance exercises and resistance training lead to cognitive improvements – a systematic review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 16(10).
16. Higashionna, T., Iwanaga, R., Tokunaga, A., Nakai, A., Tanaka, K., Nakane, H., Tanaka, G. (2017). Relationship between motor coordination, cognitive abilities, and academic achievement in Japanese children with neurodevelopmental disorders. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*, 30(1), 49-55.
17. Hillman, C. H., Castelli, D. M., Buck, S. M. (2005). Aerobic Fitness and Neurocognitive Function in Healthy Preadolescent Children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1967-1974.



18. Hillman, C., Erickson, K. I., Kramer, A. F. (2008). Be Smart, Exercise Your Heart: Exercise Effects on Brain and Cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65.
19. Kao, S., Westfall., D. R., Parks, A. C., Pontifex, M. B., Hillman, C. H. (2016). Muscular and Aerobic Fitness, Working Memory, and Academic Achievement in Children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(3), 500-508.
20. Kari, J. T., Pehkonen, J., Hutri-Kähönen, N., Raitakari, O. T., Tammelin, T. H. (2017). Longitudinal Association between Physical Activity and Educational Outcomes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(11), 2158-2166.
21. Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., Chason, J., Vakil, E., Bardell, L., Boileau, R. A., Colcombe, A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400(6743), 418-419.
22. Lubans, D. R., Beauchamp, M. R., Diallo, T. M. O., Peralta, L. R., Bennie, A., White, R. L., Owen, K., Lonsdale, C. (2018). School physical Activity Intervention Effect on Adolescents' Performance in Mathematics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(12), 2442-2450.
23. Mcdonald, K., Milne, N., Orr, R., Pope, R. (2020). Associations between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in year 1 school children: a cross-sectional study. *BMC Pediatrics*, 20(1), 69-79.
24. Pitchford, N. J., Papini, C., Outhwaite, L. A., Gulliford, A. (2016). Fine Motor Skills Predict Maths Ability Better than They Predict Reading Ability in the Early Primary School Years. *Frontiers in Psychology*, 7(783).
25. Ploughman, M. (2008). Exercise is brain food: The effects of physical activity on cognitive function. *Developmental Neurorehabilitation*, 11(3), 236-240.
26. Resaland, G. K., Aadland, E., Fusche Moe, V., Aadland, K. N., Skrede, T., Stavnsbo, M., Suominen, L., Steene-Johannessen, J., Glosvik, Ø., Andersen, J. R., Kvalheim, O. M., Engelsrud, G., Andersen, L. B., Holme, I. M., Ommundsen, Y., Kriemler, S., van Mechelen, W., McKay, H. A., Ekelund, U., Anderssen, S. A. (2016). Effects of physical activity on schoolchildren's academic performance: The Active Smarter Kids (ASK) cluster-randomized controlled trial. *Preventive medicine*, 91, 322-328.
27. Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Kolody B., Lewis, M., Marshall, S., Rosengard, P. (1999). Effects of Health-Related Physical Education on Academic Achievement: Project SPARK. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(2), 127-134.

28. Schmidt, M., Egger, F., Benzing, V., Jäger, K., Conzelmann, A., Roebers, C. M., Pesce, C. (2017) Disentangling the relationship between children's motor ability, executive function and academic achievement. *Plos One*, 12(8).
29. Stemberger, K. (2014). Hipokampus i učenje. *Gyrus*, 1(2), 55-59.
30. Syväoja, H., Kankaanpää, A., Joensuu, L., Kallio, J., Hakonen, H., Hillman, C. H., Tammeln, T. H. (2019) The Longitudinal Associations of Fitness and Motor Skills with Academic Achievement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(10), 2050-2057.
31. Tiemeier, H., Lenroot, R. K., Greenstein, D. K., Tran, L., Pierson, R., Giedd, J. N. (2010). Cerebellum development during childhood and adolescence: a longitudinal morphometric MRI study. *Neuroimage*, 49(1), 63-70.
32. Trudeau, F., Shephard, R. J. (2008). Physical education, school physical activity, school sport and academic performance. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5(10).
33. Trudeau, F., Shephard, R. J. (2010). Relationships of Physical Activity to Brain Health and the Academic Performance of Schoolchildren. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(2), 138-150.
34. Valent Morić, B., Trutin, I. (2017). Utjecaj tjelesne aktivnosti na arterijski tlak u djece i adolescenata. *Physiotherapia Croatica*, 15(1), 31-36.
35. Voss, P., Thomas, M. E., Cisneros-Franco, M., de Villers-Sidani, E. (2017). Dynamic Brains and Changing Rules of Neuroplasticity: Implications for Learning and Recovery. *Frontiers in Psychology*, 8,1657.
36. Vuori, I. (2004). Physical inactivity is a cause and Physical activity is a remedy for major public health problems. *Kinesiology*, 36(2), 123-153.

#### INTERNET IZVORI

1. World Health Organization. (2018). Physical activity.  
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>  
Pristupljeno: 13. svibnja 2020.
2. Vlada Republike Hrvatske. (2020). Situacija u vezi s epidemijom novog koronavirusa COVID-19 (SARS-CoV-2). *Središnji državni portal*.  
[https://vlada.gov.hr/?id=28862&pregled=1&datum=Fri%20Feb%2028%202020%2018:03:29%20GMT+0100%20\(Central%20European%20Standard%20Time](https://vlada.gov.hr/?id=28862&pregled=1&datum=Fri%20Feb%2028%202020%2018:03:29%20GMT+0100%20(Central%20European%20Standard%20Time)  
Pristupljeno: 15. lipnja 2020.

## **Kratka biografska bilješka**

Vanesa Novak rođena je 17. rujna 1996. godine u Čakovcu. Osnovno obrazovanje je stekla u Osnovnoj školi Nedelišće. Ekonomsku i trgovačku školu Čakovec, upisuje 2011. godine gdje 2015. godine završava srednjoškolsko obrazovanje kao upravni referent. Iste godine upisuje Učiteljski studij – modul odgojne znanosti, kao redovni student, na Učiteljskom fakultetu Zagreb – Odsjek Čakovec.

## **Izjava o samostalnoj izradi rada**

Ja, Vanesa Novak, ovim potpisom izjavljujem i potvrđujem da sam diplomski rad na temu „Utjecaj tjelesne aktivnosti na efikasnost rješavanja matematičkih zadataka“ izradila samostalno uz konzultacije, savjete i uporabom navedene literature pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Ivana Šerbetara.

---

Vanesa Novak

## **Zahvala**

Mentoru na stručnom vodstvu, savjetima i svom znanju koje je nudio tokom svih godina studiranja.

Ingrid i Martini što su mi uljepšale ovaj prekrasan period života.

Roditeljima, Saši i Marku na neizmjenoj podršci i osloncu u svim životnim trenucima.