

**Antolić, Ivana–Šerbetar, Ivan**

**UTJECAJ NEPOSREDNOG AEROBNOG VJEŽBANJA NA  
REZULTATE U IGRAMA PAMĆENJA KOD DJECE U ŠESTOJ GODINI**

**Uvod**

Utjecaj aerobnog vježbanja

Aerobna vježba predstavlja kontinuirano kretanje u kojem se koriste velike mišićne skupine tijela u uvjetima konstantne i dostatne dopreme kisika. Osnovni ciljevi aerobnog treninga su povećanje sposobnosti sustava za prijenos kisika, povećanje sposobnosti mišića da iskorištava kisik u dužem periodu treninga i povećanje sposobnosti brzog oporavka nakon motoričke aktivnosti visokog intenziteta.<sup>1</sup> Povećana razina tjelesne aktivnosti i aerobnog kapaciteta povezane su sa niskim rizikom od kardiovaskularnih bolesti i smrtnosti. Aerobno vježbanje je povezano i sa smanjenim obolijevanjem od nekih oblika karcinoma te je do neke razine, učinkovito u liječenju kliničke depresije i anksioznosti.<sup>2</sup>

Utvrđena je jaka veza između aerobne kondicije i reakcije na ponavljanje vježbe visokog intenziteta, što sugerira da je aerobna kondicija važna u određivanju veličine oksidativnog odgovora.

Aerobna vježba visokog intenziteta je vježba u kojoj je maksimalna izlazna snaga na razini  $\geq 80\%$  od maksimalne,<sup>3</sup> dok ju McMoriss izjednačava sa  $\geq 80\%$  maksimalnog primitka kisika ( $VO_2$ ) što je ekvivalentno  $\geq 80\%$  maksimalne frekvencije srca.<sup>4</sup> Osim već navedenih dobiti tjelesnog vježbanja, u istraživanjima je ustanovljeno i poboljšanje funkcije mozga i kognicije kao rezultat tjelesne aktivnosti. Povećana tjelesna aktivnost tijekom školskog dana može izazvati uzbuđenje i smanjiti dosadu što može dovesti do povećanog raspona pažnje i koncentracije.<sup>5</sup> Nadalje, kod predškolske djece su uočeni i pozitivni učinci povećane tjelesne aktivnosti na akademski uspjeh, točnije na poboljšanje kognitivnih funkcija kao što su pažnja, koncentracija i radno pamćenje.<sup>6</sup> Djeca koja redovito vježbaju pokazuju bolje rezultate na verbalnim, perceptualnim i aritmetičkim testovima nego djeca iste dobi koja ne vježbaju.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> FOX, Kenneth R.: The influence of physical activity on mental well-being. *Public health nutrition*, 1999, 2.3a: 411–418.

<sup>2</sup> Isto, str. 411–418.

<sup>3</sup> BROWNE, Sarah E., et al. Effects of acute high-intensity exercise on cognitive performance in trained individuals: A systematic review. *Progress in brain research*, 2017, 234: 161–187.

<sup>4</sup> MCMORRIS, Terry: *History of research into the acute exercise–cognition interaction: A cognitive psychology approach*. 2016.

<sup>5</sup> SHEPHARD, Roy J. Habitual physical activity and academic performance. *Nutrition reviews*, 1996, 54.4: S32.

<sup>6</sup> RESALAND, Geir K., et al: Effects of physical activity on schoolchildren's academic performance: The Active Smarter Kids (ASK) cluster-randomized controlled trial. *Preventive medicine*, 2016, 91: 322–328.

<sup>7</sup> PLOUGHMAN, Michelle. Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Developmental neurorehabilitation*, 2008, 11.3: 236–240.

## Mehanizmi zaslužni za promjene uzrokovane aerobnim treningom

Istraživanja pokazuju kako tjeļovježba potiče određene molekularne i stanične procese koji utječu na promjene u strukturi mozga. Tako promjene izazvane tjeļovježbom mogu uključivati promjene u protoku krvi, oslobađanju hormona i faktora rasta, angiogenezi, neurogenezi i sinaptogenezi.<sup>8</sup> Niederer, Kriemler i Gut<sup>9</sup> navode tri hipoteze koje objašnjavaju kako vježbanje može utjecati na kognitivne sposobnosti:<sup>10</sup> povećanje zasićenosti kisikom koje je rezultat povećanog protoka krvi i angiogeneze,<sup>11</sup> povećanje razine neurotransmitera poput serotonina i norepinefrina koji pospješuju obradu informacija<sup>12</sup> i regulacija neurotrofina.<sup>13</sup> Neurogeneza, potaknuta vježbanjem, uključuje razvoj novih neurona i događa se u hipokampusu gdje neki od novih neurona zamjenjuju odumrle neurone. Angiogeneza, proces u kojem nastaju nove krvne žile, se također može pojaviti kao reakcija na aerobno vježbanje.<sup>14</sup>

Važna je uloga tjeļovježbe u pojačanoj regulaciji neurotrofina kao što su BDNF (*brain derived neurotrophic factor*), *inzulinu sličan faktor rasta* IGF-1 (*insulin like growth factor 1*) i *osnovnog faktora rasta fibroblasta* bFGF koji omogućuju neuronsko preživljavanje i diferencijaciju u mozgu u razvoju, grananje dendrita i sinaptičke mehanizme u mozgu odraslih.<sup>15</sup>

Neurotrofini, tj. *živčani faktori rasta*, su proteini koji posreduju u preživljavanju i diferencijaciji neurona tijekom razvoja, a svaki regulira specifične populacije neurona.<sup>16</sup>

Vjerojatno najistraživaniji živčani faktor rasta je BDNF kojeg se povezuje sa središnjim i perifernim molekularnim procesima energetskeg metabolizma i homeostaze zbog čega ima ključnu ulogu u tim mehanizmima.<sup>17</sup> Funkcija BDNF-a u sinaptičkom prijenosu u hipokampusu očituje se u pojačavanju neuronske i sinaptičke aktivnosti odnosno sposobnosti modulaciji sinaptičke funkcije u

---

<sup>8</sup> TREVES, Alessandro; ROLLS, Edmund T. Computational analysis of the role of the hippocampus in memory. *Hippocampus*, 1994, 4.3: 374–391.

<sup>9</sup> Isto, str. 374–391.

<sup>10</sup> BADDELEY, Alan. Working memory. *Science*, 1992, 255.5044: 556–559.

<sup>11</sup> BADDELEY, Alan; JARROLD, Christopher; VARGHA-KHADEM, Faraneh. Working memory and the hippocampus. *Journal of cognitive neuroscience*, 2011, 23.12: 3855–3861.

<sup>12</sup> BROWNE, Sarah E., et al. Effects of acute high-intensity exercise on cognitive performance in trained individuals: A systematic review. *Progress in brain research*, 2017, 234: 161–187.

<sup>13</sup> NIEDERER, Iris, et al. Relationship of aerobic fitness and motor skills with memory and attention in preschoolers (Ballabeina): a cross-sectional and longitudinal study. *BMC pediatrics*, 2011, 11.1: 1–9.

<sup>14</sup> TREVES, Alessandro; ROLLS, Edmund T. Computational analysis of the role of the hippocampus in memory. *Hippocampus*, 1994, 4.3: 374–391

<sup>15</sup> PLOUGHMAN, Michelle. Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Developmental neurorehabilitation*, 2008, 11.3: 236–240.

<sup>16</sup> Isto, str. 236–240.

<sup>17</sup> KNAEPEN, Kristel, et al. Neuroplasticity—exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Sports medicine*, 2010, 40.9: 765–801.

hipokampusu,<sup>18</sup> a blokiranje vezanja BDNF-a na njegov receptor ukida neurogenezu.<sup>19</sup>

Istraživanja živčanih faktora rasta su pokazala da nakon razdoblja aerobnog treninga dolazi do povećanja koncentracije bazalnog BDNF-a u plazmi,<sup>20</sup> te povećanja proizvodnje i otpuštanja IGF1 kod mladih glodavaca što dovodi do stvaranja novih krvnih žila.<sup>21</sup>

#### Izvršne funkcije i radno pamćenje

Izvršne funkcije su višedimenzionalni konstrukt koji omogućuje svjesnu kontrolu radnji usmjerenih prema cilju, a uključuje vještine kao što su kontrola pažnje, inhibicija ponašanja i radno pamćenje, koje su.<sup>22</sup> Radno pamćenje može se definirati kao sustav koji je namijenjen privremenom održavanju i manipulaciji informacijama, nužan za složene kognitivnih aktivnosti kao što su učenje, rasuđivanje i razumijevanje.<sup>23</sup> Radno pamćenje nije jedinstveni konstrukt već se radi o kombinaciji aktivnog pamćenja, brzog učenja i obrade koja nastaje i djeluje preko distribuiranih moždanih sustava.<sup>24</sup> Kapacitet radnog pamćenja se još može opisati kao sposobnost zadržavanja i manipuliranja informacijama tijekom kratkog vremenskog razdoblja.<sup>25</sup>

Svaki od aspekata funkcije pamćenja pokazuje značajne kvalitativne promjene i poboljšanje od ranog djetinjstva, preko predškolskog razdoblja, do ranih školskih godina<sup>26</sup> što dokazuje poboljšavanja vizualnog radnog pamćenja kroz cijelo djetinjstvo, točnije mijenjanje kapaciteta vizualnog radnog pamćenja tijekom razdoblja od pete do desete godine života, a kao mogućnost se navodi da mlađa djeca nemaju dovoljno razvijenu koncentraciju.<sup>27</sup>

#### Hipokampus i radno pamćenje

Poboljšanje pamćenja nakon jednogodišnjeg aerobnog treninga povezuje se sa povećanjem volumena hipokampusa za koji se smatra da je važna struktura koja

<sup>18</sup> GOTTSCHALK, Wolfram A., et al. Signaling mechanisms mediating BDNF modulation of synaptic plasticity in the hippocampus. *Learning & Memory*, 1999, 6.3: 243–256.

<sup>19</sup> HILLMAN, Charles H.; ERICKSON, Kirk I.; KRAMER, Arthur F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 2008, 9.1: 58–65.

<sup>20</sup> GOTTSCHALK, Wolfram A., et al. Signaling mechanisms mediating BDNF modulation of synaptic plasticity in the hippocampus. *Learning & Memory*, 1999, 6.3: 243–256.

<sup>21</sup> HILLMAN, Charles H.; ERICKSON, Kirk I.; KRAMER, Arthur F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 2008, 9.1: 58–65.

<sup>22</sup> GOOCH, Debbie, et al. The development of executive function and language skills in the early school years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2016, 57.2: 180–187.

<sup>23</sup> BADDELEY, Alan. Working memory. *Science*, 1992, 255.5044: 556–559.

<sup>24</sup> O'REILLY, Randall C., et al. A biologically based computational model of working memory. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 1999, 375–411.

<sup>25</sup> KLINGBERG, Torkel; FORSSBERG, Hans; WESTERBERG, Helena. Training of working memory in children with ADHD. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 2002, 24.6: 781–791.

<sup>26</sup> GATHERCOLE, Susan E. The development of memory. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 1998, 39.1: 3–27.

<sup>27</sup> RIGGS, Kevin J., et al. Changes in the capacity of visual working memory in 5- to 10-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 2006, 95.1: 18–26.

je u osnovi pravilnog funkcioniranja kognitivnih procesa (npr. pamćenja).<sup>28</sup> S obzirom na važnost veza između hipokampusa i struktura uključenih u percepciju, pažnju i pamćenje za pretpostaviti je da on igra značajnu ulogu u povezivanju značajki u radnoj memoriji.<sup>29</sup>

Zadaci radnog pamćenja uključuju zadržavanje informacija u mozgu kratko vrijeme i brzo ažuriranje informacija kako bi se ispravno odgovorilo, izvedba podrazumijeva ažuriranje radnog pamćenja, što ovisi i o lateralnom prefrontalnom korteksu (PFC).<sup>30</sup>

PFC i hipokampus imaju poseban utjecaj zbog svoje sposobnosti obrade i lokacije unutar hijerarhije obrade; PFC i hipokampus dobro su povezani sa velikim područjima mozga što im omogućuju utjecaj na globalnoj razini.<sup>31</sup> Aktivno održavanje vizualnih informacija podržano je aktivacijom prikaza objekata u inferiornom temporalnom korteksu, ali ciljno usmjereno asocijativno dohvaćanje pamćenja dodatno ovisi o signalima odozgo prema dolje iz PFC i medijalnih temporalnih režnjeva.<sup>32</sup>

Snalaženje u okolini i pamćenje su ključni u kognitivnim sposobnostima koje su povezane sa hipokampusom i medijalnim temporalnim režnjem.<sup>33</sup> Hipokampalne mreže su posrednici u povezivanju sekvenci događaja koji čine elemente epizodnog pamćenja što potkrepljuje istraživanje na štakorima kod kojih je dokazano da lezije hipokampusa uzrokuju selektivno oštećenje sposobnosti da pamte redoslijed niza mirisa, unatoč netaknutoj sposobnosti prepoznavanja mirisa. Ovakvi nalazi naglašavaju potencijalnu ulogu ove moždane strukture u kodiranju i dohvaćanju nizova događaja koji čine epizodno pamćenje.<sup>34</sup>

Hipokampus sudjeluje u formiranju novog pamćenja gdje ima ulogu međuspremnik za informacije o epizodama. Poboljšanje izvođenja zadataka izvršne kontrole tijekom djetinjstva povezano je s razvojem frontalnog režnja, temeljem čega izvršni procesi postaju efikasniji, što se nadalje ogleda u boljoj kontroli smetnji i zadržavanju dviju ili više informacija u radnom pamćenju dok se inhibira tendencija odgovora.<sup>35</sup> Hipokampus igra važnu ulogu u procesu

---

<sup>28</sup> ERICKSON, Kirk I., et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the national academy of sciences*, 2011, 108.7: 3017–3022.

<sup>29</sup> BADDELEY, Alan; JARROLD, Christopher; VARGHA-KHADEM, Faraneh. Working memory and the hippocampus. *Journal of cognitive neuroscience*, 2011, 23.12: 3855–3861.

<sup>30</sup> GUINEY, Hayley; MACHADO, Liana. Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic bulletin & review*, 2013, 20.1: 73–86.

<sup>31</sup> O'REILLY, Randall C., et al. A biologically based computational model of working memory. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 1999, 375–411.

<sup>32</sup> RANGANATH, Charan, et al. Inferior temporal, prefrontal, and hippocampal contributions to visual working memory maintenance and associative memory retrieval. *Journal of Neuroscience*, 2004, 24.16: 3917–3925.

<sup>33</sup> BURGESS, Neil; MAGUIRE, Eleanor A.; O'KEEFE, John. The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 2002, 35.4: 625–641.

<sup>34</sup> FORTIN, Norbert J.; AGSTER, Kara L.; EICHENBAUM, Howard B. Critical role of the hippocampus in memory for sequences of events. *Nature neuroscience*, 2002, 5.5: 458–462.

<sup>35</sup> TREVES, Alessandro; ROLLS, Edmund T. Computational analysis of the role of the hippocampus in memory. *Hippocampus*, 1994, 4.3: 374–391.

povezivanja događaja s kontekstom u kojem se dogodio, što čini osnovu epizodnog dugoročnog pamćenja.<sup>36</sup>

### Neuroplastičnost mozga

Neuroplastičnost mozga može se definirati kao „sposobnost živčanog sustava da promijeni svoju aktivnost kao odgovor na unutarne ili vanjske podražaje reorganizacijom svoje strukture, funkcija ili veza“.<sup>37</sup> Pojam „neuroplastičnost“ povezuje se sa sposobnošću mozga koja omogućuje funkcionalne i/ili morfološke prilagodbe ili promjene ovisno o novonastalim okolnostima.<sup>38</sup> Neuroplastičnost je fiziološki proces tijekom sazrijevanja mozga u najranijem djetinjstvu, međutim, prisutna je i u kasnijim, odnosno, odraslim razdobljima života sisavaca i čovjeka, a mehanizmi koji upravljaju tim fenomenom pokazuju i inter-individualne razlike.<sup>39</sup>

Istraživanja na životinjama pokazuju da obogaćeno okruženje koje uključuje pristup opremi za vježbanje ima pozitivan učinak na rast neurona i živčanih sustava koji su uključeni u učenje i pamćenje što ukazuje na to da tjelesna aktivnost utječe na kognitivne funkcije i s njima povezane moždane strukture. Isto tako, napredak u *neuroimagingu* pokazuje da vježbanje dovodi do evidentnih promjena u strukturi i funkciji mozga. Ovi nalazi omogućuju bolje razumijevanje implikacija specifičnih čimbenika načina života na kognitivno zdravlje.<sup>40</sup>

Temeljno svojstvo neurona je njegova sposobnost modificiranja snage i učinkovitosti sinaptičkog prijenosa kroz niz različitih mehanizama ovisnih o aktivnosti koji se obično nazivaju *sinaptička plastičnost*.<sup>41</sup> Neuroplastičnost omogućuje formiranje i zadržavanje pamćenja i učenje u svim dimenzijama: prostorno, kognitivno i motoričko.<sup>42</sup> Neurotrofini podupiru neuroplastičnost ovisno o aktivnosti; sposobni su signalizirati neuronima da prežive, da se diferenciraju ili da rastu.<sup>43</sup>

U potrazi za mehanizmima koji su u osnovi plastičnosti i zdravlja mozga, pokazalo se da tjelovježba izaziva cijeli niz molekularnih i staničnih procesa koji pospješuju neuroplastičnost.

<sup>36</sup> BADDELEY, Alan; JARROLD, Christopher; VARGHA-KHADEM, Faraneh. Working memory and the hippocampus. *Journal of cognitive neuroscience*, 2011, 23.12: 3855–3861.

<sup>37</sup> MATEOS-APARICIO, Pedro; RODRÍGUEZ-MORENO, Antonio. The impact of studying brain plasticity. *Frontiers in cellular neuroscience*, 2019, 13: 66.

<sup>38</sup> POLJAKOVIĆ, Zdravka. Utjecaj tjelesne aktivnosti na neuroplastičnost mozga i neurorehabilitaciju nakon moždanog udara. *Medicus*, 2019, 28.2 Tjelesna aktivnost: 205–211.

<sup>39</sup> POLJAKOVIĆ, Zdravka. Utjecaj tjelesne aktivnosti na neuroplastičnost mozga i neurorehabilitaciju nakon moždanog udara. *Medicus*, 2019, 28.2 Tjelesna aktivnost: 205–211.

<sup>40</sup> HILLMAN, Charles H.; ERICKSON, Kirk I.; KRAMER, Arthur F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 2008, 9.1: 58–65.

<sup>41</sup> MATEOS-APARICIO, Pedro; RODRÍGUEZ-MORENO, Antonio. The impact of studying brain plasticity. *Frontiers in cellular neuroscience*, 2019, 13: 66.

<sup>42</sup> PLOUGHMAN, Michelle. Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Developmental neurorehabilitation*, 2008, 11.3: 236–240.

<sup>43</sup> KNAEPEN, Kristel, et al. Neuroplasticity—exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Sports medicine*, 2010, 40.9: 765–801.

Istraživanja, naime, pokazuju da planirana tjelovježba umjerenog do visokog intenziteta povećava *moždani neurotrofni faktor (BDNF)*, *inzulinu sličan faktor rasta I (IGF-I)*, *živčani faktor rasta (NGF)* i sinaptogenezu u više regija mozga. Nadalje se pokazalo kako je *dendritičko grananje* – još jedan od mehanizama neuroplastičnosti, bilo osjetljivije na umjereni, nego na intenzivno vježbanje.<sup>44</sup>

Dosadašnja istraživanja utjecaja aerobnog vježbanja na pamćenje

Provedena su mnoga istraživanja vezana uz utjecaj aerobnog vježbanja na pamćenje, a dobiveni rezultati se u pojedinim segmentima razlikuju. Ispitivanja provedena sa djecom predškolske dobi iznimno su rijetka te postoji nedostatak podataka o tom razvojnem periodu.

Prvo sustavno ispitivanje o utjecaju specifičnih čimbenika načina života na kognitivno zdravlje započelo je 1970-ih, s nalazima koji ukazuju na to da starije odrasle osobe koje su redovito sudjelovale u tjelesnoj aktivnosti imaju brže psihomotorne reakcije.<sup>45</sup> Meta analiza utvrdila je pozitivan odnos između tjelesne aktivnosti i kognitivnih reakcija kod djece u dobi od 4 do 18 godina, u osam izmjerenih kategorija (perceptivne vještine, kvocijent inteligencije, postignuća, verbalni testovi, testovi iz matematike, pamćenje, razvojna razina/akademski spremnost i drugo). Povoljan odnos utvrđen je za sve kategorije, s iznimkom pamćenja, koje nije bila povezano s tjelesnom aktivnosti.

Rezultati istraživanja *Trois Rivières* ukazuju na to da učenici koji su uz standardni sat sudjelovali i na dodatnom satu tjelesnog odgoja pokazuju bolje rezultate u usporedbi sa učenicima iz kontrolne grupe koji su imali samo standardni sat tjelesnog.<sup>46</sup>

Također i neke druge reference sugeriraju da je aerobna kondicija u djetinjstvu povezana s višim razinama kognicije i razlikama u regionalnoj strukturi i funkciji mozga,<sup>47</sup> predadolescentna djeca koja imaju višu kondiciju pokazuju veću razinu pažnje i veću brzinu obrade informacija. Hillman, Castelli i Buck<sup>48</sup> su uspoređivali mentalno funkcioniranje djece s niskom i visokom tjelesnom spremom (prosječna dob = 9,6 godina) i mladih odraslih osoba s niskom i visokom tjelesnom spremom (prosječna dob = 19,3 godine). Djeca su zadatak vizualne diskriminacije obavljala sporije od mladih odraslih, ali vrijeme reakcije djece s visokom kondicijom bilo je značajno brže od vremena reakcije djece s lošijom kondicijom.<sup>49</sup>

<sup>44</sup> PLOUGHMAN, Michelle, et al. The effects of poststroke aerobic exercise on neuroplasticity: a systematic review of animal and clinical studies. *Translational stroke research*, 2015, 6.1: 13–28.

<sup>45</sup> HILLMAN, Charles H.; ERICKSON, Kirk I.; KRAMER, Arthur F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 2008, 9.1: 58–65.

<sup>46</sup> SHEPHARD, Roy J. Habitual physical activity and academic performance. *Nutrition reviews*, 1996, 54.4: S32.

<sup>47</sup> HILLMAN, Charles H.; ERICKSON, Kirk I.; KRAMER, Arthur F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 2008, 9.1: 58–65.

<sup>48</sup> HILLMAN, Charles H., et al. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 2005, 37.11: 1967.

<sup>49</sup> Isto, str. 11: 1967.

Niederer, Kriemler i Gut<sup>50</sup> su proveli istraživanje na djeci predškolske dobi u kojem su mjerili prostorno radno pamćenje, i to tako da su ispitanici morali pamtiti geometrijske oblike, te ih prepoznati u novom skupu oblika uključujući boju kao distraktor. Pokazalo se da je aerobna kondicija povezana je s boljim rezultatima pažnje.<sup>51</sup>

U istraživanju Mierau, Hülsdünker, Mierau, Hense, Hense i Strüder<sup>52</sup> ispitivan je odnos između kortikalnih oscilacija, uzbuđenja i kognitivnih performansi nakon tjelesnog vježbanja u 5/6-godišnjih predškolaca. Sudionici su završili dva jednaka treninga u trajanju od 45 minuta te je mjerena elektroencefalografija (EEG) u mirovanju sa zatvorenim i otvorenim očima, kao i tijekom izvođenja kognitivnog zadatka koji zahtijeva pažnju i brzinu reakcije. Iako su promjene u stanju mirovanja na EEG-u bile značajne, vježbanje nije utjecalo na kognitivnu izvedbu i EEG vezan uz zadatke. Autori smatraju da se rezultati mogu pripisati kortikalnoj inhibiciji i slabljenju uzbuđenja kod male djece kao odgovora na vizualnu stimulaciju nakon vježbanja.<sup>53</sup>

#### Cilj rada

Glavni cilj rada bio je ispitati potencijalni utjecaj neposrednog aerobnog vježbanja na rezultate u igrama pamćenja kod šestogodišnjaka. Nulta hipoteza pretpostavlja da ne postoje razlike u rezultatima u igrama pamćenja između djece koja su neposredno prije rješavanja testova sudjelovala u aerobnom treningu i djece koja nisu.

#### Metode rada

##### *Ispitanici i test*

Istraživanje je bilo provedeno na uzorku kojeg su činila djeca (N=40) u šestoj godini života s područja sjeverne Hrvatske. Među ispitanicima je bilo 11 djevojčica (27,5%) i 29 dječaka (72,5%). Ispitanici su bili podijeljeni u dvije grupe: eksperimentalna grupa (E) i kontrolna grupa (C).

Za ispitivanje brzine pamćenja kod djece korištena je baterija *Kids memory game* (ACKAD Developer, verzija 2.7). Igra podudaranja predmeta, tj. pronalaženja parova je dječja *mozgalica* namijenjena aktiviranju radne memorije i razvoju logičkog mišljenja te se koristi kao poticaj za razvoj predmatematičkih vještina.

*Kids memory game*, koja je preuzela ulogu testa radnog pamćenja, sadrži fotografije životinja, te voća i povrća. Ukupno je ponuđeno 20 fotografija za svaku

---

<sup>50</sup> NIEDERER, Iris, et al. Relationship of aerobic fitness and motor skills with memory and attention in preschoolers (Ballabeina): a cross-sectional and longitudinal study. *BMC pediatrics*, 2011, 11.1: 1–9.

<sup>51</sup> Isto.

<sup>52</sup> MIERAU, Andreas, et al. Acute exercise induces cortical inhibition and reduces arousal in response to visual stimulation in young children. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 2014, 34: 1-8.

<sup>53</sup> Isto.

kategoriju. Prilikom rješavanja testa pamćenja izmjereno je *vrijeme trajanja* rješavanja testa te *ostvoreni bodovi*. Djeca su bila podijeljena u *kontrolnu i eksperimentalnu* skupinu. Eksperimentalna skupina je, neposredno prije testiranja, sudjelovala u aerobnom treningu. Djeca su prvo rješavala test sa fotografijama životinja, a nakon toga test sa fotografijama voća i povrća. Vrijeme je bilo ograničeno na 30 sec, a na kraju su zabilježeni bodovi (broj pronađenih parova) u zadanom vremenu. Tijekom trećeg testiranja izmjereno je vrijeme koje je trebalo da svaki pojedini ispitanik riješi test do kraja. Test je u prosjeku trajao 30 minuta. Eksperiment je trajao mjesec dana, u kojem periodu su provedena četiri testiranja.

Aerobno vježbanje uključivalo je vježbe visokog intenziteta, a cilj treninga bio je utjecati na povećanje sposobnosti rada srca, krvožilnog i dišnog sustava.

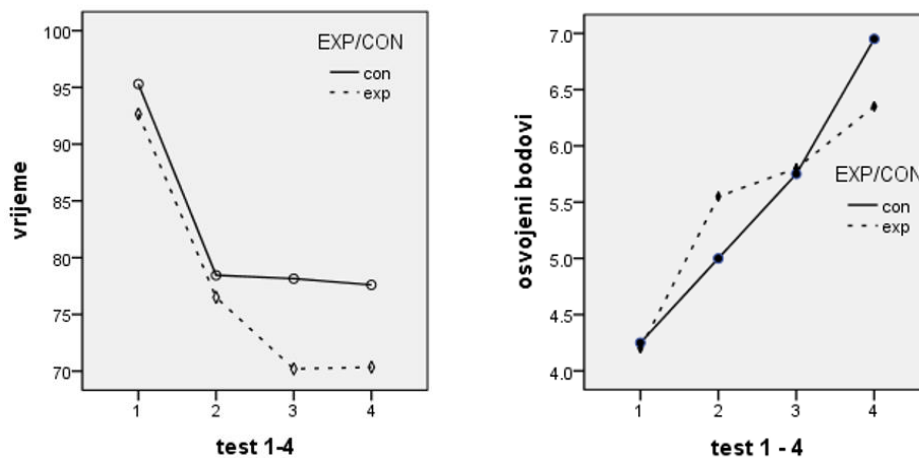
Ravnateljica, odgojiteljice i roditelji bili su unaprijed obaviješteni o vremenu, načinu i metodama provođenja mjerenja, a u skladu s *Etičkim kodeksom istraživanja s djecom* zatražen je pisani pristanak roditelja.

### Rezultati

ANOVA za *ponovljena mjerenja* upotrijebljena je kako bi se ustanovile razlike između skupina u *vremenu* rješavanja testa pamćenja te u *ostvarenom broju bodova* (slika 1). Tako se u prvoj analizi, prema zavisnoj varijabli *vrijeme rješavanja* testa, pokazalo kako interakcija nije statistički značajna, no dobiven je statistički značajan glavni efekt *vremena* ( $F_{(1.97, 74.85)}=17.89$ ,  $p=.000$ ,  $\eta_p^2=.32$ ). Naime, kao što se vidi i na slici 1 (lijevi panel) prisutan je konstantni trend skraćivanja vremena rješavanja testa koji se pojavljuje kod obje skupine, iako je smanjivanje veće u eksperimentalnoj skupini. ANOVA provedena prema zavisnoj varijabli *broja bodova* također nije pokazala statistički značajnu interakciju, no dobiven je statistički značajan glavni efekt *bodova* ( $F_{(2.58, 98.09)}=20.12$ ,  $p=.000$ ,  $\eta_p^2=.35$ ). Na slici 1 (desni panel) može se zapaziti linearni porast broja ostvarenih bodova od prvog do četvrtog testiranja.

Univarijatne analize (tablice 1 i 2) su pokazale da se skupine nisu statistički značajno razlikovale ni u *vremenu* rješavanja testa, niti u *broju ostvarenih bodova*.





**Slika 1.** Skraćivanje vremena rješavanja testa (lijevo) i linearni porast broja ostvarenih bodova (desno)

Redni broj testiranja	Grupa E/C	M	SD	SE	t	p
1	E	4.20	2.14	.48	.09	.93
	C	4.25	1.45	.32		
2	E	5.55	1.79	.40	-.95	.35
	C	5.00	1.86	.42		
3	E	5.80	2.17	.48	-.08	.94
	C	5.75	2.05	.46		
4	E	6.35	1.98	.44	1.01	.32
	C	6.95	1.79	.40		

Legenda.  $n$  = broj ispitanika,  $M$  = aritmetička sredina,  $SD$  = standardna devijacija,  $SE$  = standardna pogreška

**Tablica 1.** Osnovni statistički parametri rezultata izraženih u bodovima

Redni broj testiranja	Grupa E/C	M	SD	SE	t	p
1	E	92.65	25.52	5.71	.31	.76
	C	95.30	28.98	6.48		
2	E	76.50	17.77	3.97	.37	.72
	C	78.45	15.78	3.53		
3	E	70.20	18.57	4.15	1.37	.18
	C	78.15	18.27	4.08		
4	E	70.35	19.05	4.26	1.22	.23
	C	77.60	18.66	4.17		

Legenda.  $n$  = broj ispitanika,  $M$  = aritmetička sredina,  $SD$  = standardna devijacija,  $SE$  = standardna pogreška

**Tablica 2.** Osnovni statistički parametri rezultata izraženih u vremenu

### Rasprava

Glavni cilj rada bio je ispitati potencijalni utjecaj neposrednog aerobnog vježbanja na rezultate u igrama pamćenja kod šestogodišnjaka.

Sudeći prema rezultatima, neposredno aerobno vježbanje u ovom istraživanju nije imalo utjecaja na rezultate u igri pamćenja, te se zbog toga prihvaća nulta hipoteza. No, iako se statistički značajne razlike između skupina nisu pojavile, eksperimentalna skupina je skratila vrijeme rješavanja testa od prvog do zadnjeg mjerenja što je moguće posljedica dugoročnih promjena potaknutih aerobnim vježbanjem. Naime, kao što je već navedeno, veliki intenzitet vježbanja dovodi do veće oksigenacije, potiče procese neurogeneze i angiogeneze te povećanje aktivnosti BDNF-a koji potiče spomenute procese.

Dobiveni rezultati su u skladu s istraživanjem Hillman-a i sur.,<sup>54</sup> gdje se navodi pozitivan odnos između tjelesne aktivnosti i kognitivnog učinka kod djece u dobi 4 do 18 godina u osam kategorija (perceptivne vještine, kvocijent inteligencije, postignuća, verbalni testovi, matematički testovi, razvojna razina/akademska spremnost) no ne i za pamćenje.

Poboljšanje u zadacima izvršne kontrole tijekom djetinjstva povezano je s razvojem frontalnog režnja. Tijekom ranih faza preadolescencije, djeca imaju slabu inhibicijsku kontrolu zbog poteškoća u procjenjivanju i odabiru nevažnih informacija.<sup>55</sup>

Luciana i Nelson testirali su djecu od 4 do 8 godina, i otkrili da izvedba opada s povećanjem težine zadataka. Nadalje, autori navode da je navedeni odnos bio selektivno veći za zadatke izvršne kontrole koji su zahtijevali uključivanje prefrontalnog korteksa, što sugerira da provedba strategije ne uspijeva zbog nedostatka integracije informacija između prefrontalnog korteksa i drugih moždanih struktura (npr. hipokampus). Ipak, kako izgleda u kasnijem razvoju dolazi do povećane učinkovitost izvršnih procesa, što rezultira sposobnošću kontroliranja smetnji i zadržavanja dvije ili više informacija u radnom pamćenju dok se inhibira tendencija odgovora.<sup>56</sup> Mlađa djeca nemaju dovoljno razvijenu koncentraciju te se kapacitet vizualnog radnog pamćenja mijenja kroz cijelo djetinjstvo, a značajne promjene događaju se upravo između pete i desete godine.<sup>57</sup>

Općenito govoreći sve je više dokaza koji upućuju na pozitivan utjecaj neposrednog vježbanja umjerenog intenziteta na kognitivne funkcije. Lambourne i Tomporowski<sup>58</sup> su postavili teoriju prema kojoj se relacije vježbanja i kognitivnog funkcioniranja mogu promatrati kao "obrnuti U", autori naime

<sup>54</sup> HILLMAN, Charles H.; ERICKSON, Kirk I.; KRAMER, Arthur F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 2008, 9.1: 58–65.

<sup>55</sup> BUCK, Sarah M.; HILLMAN, Charles H.; CASTELLI, Darla M. The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 2008, 40.1: 166–172.

<sup>56</sup> Isto, str. 166–172.

<sup>57</sup> RIGGS, Kevin J., et al. Changes in the capacity of visual working memory in 5-to 10-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 2006, 95.1: 18–26.

<sup>58</sup> LAMBOURNE, Kate; TOMPOROWSKI, Phillip. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain research*, 2010, 1341: 12–24.

smatraju da neposredno vježbanje postepeno podiže opću razinu pobude (*arousal*) do optimalne razine i tako poboljšava kognitivno funkcioniranje.<sup>59</sup>

Aerobno vježbanje visokog intenziteta dovodi do metaboličkih, cirkulacijskih i neurohormonalnih promjena na razini mozga.<sup>60</sup> Nasuprot vježbanju u umjerenom inenzitetu, visoki intenzitet vježbe moguće dovodi do lošijeg kognitivnog funkcioniranja. Navedena teorija *obrnutog U* predviđa da visoki intenzitet vježbe povećava razinu pobude iznad optimalne i dovodi do privremenog smanjenja kognitivne efikasnosti.<sup>61</sup> S obzirom da prefrontalni korteks orkestrira više moždane funkcije, uključujući i kognitivne,<sup>62</sup> a vježbanje aktivira različite aree mozga uključujući motorne i senzorne, te inzularni korteks i cerebelum,<sup>63</sup> teorija koju su predložili Dietrich i Audiffren<sup>64</sup> nalaže da ekstenzivna aktivacija motornih i senzornih sustava oslabljuje funkcioniranje PFC s obzirom na ograničene metaboličke resurse mozga.

### Zaključak

Tjelesno vježbanje važan je prediktor u razvoju mozga i poboljšanju kognitivnih funkcija od najranijeg djetinjstva. Istraživanja naglašavaju pozitivan utjecaj aerobnog vježbanja na razvoj pamćenja, koncentraciju i akademski uspjeh. Isto tako, istraživanja sugeriraju posebnu važnost tjelesne aktivnosti u predškolskom uzrastu kao važan preduvjet uspješnog razvoja kognitivnih sposobnosti.

U ovom istraživanju vježbanje izgleda nije utjecalo na rezultate u igri pamćenja, tj. samo vježbanje nije favoriziralo eksperimentalnu skupinu koja nije ostvarila prednost u igri pamćenja. Takvi rezultati bi se mogli analizirati iz nekoliko perspektiva. Prvo, temeljem spomenute teorije *invertiranog U*, moguće je da relativno visoki intenzitet vježbe nepovoljno djeluje na *arousal* ispitanika i tako umanjuje kognitivnu efikasnost. Drugo, eventualni preveliki intenzitet moguće nije doveo do optimalnih promjena, tj. poboljšanja metaboličkih resursa mozga, pa je zbog toga izostao povoljni utjecaj na kapacitet radnog pamćenja.

Nedostatak ovog istraživanja predstavlja relativno mali broj ispitanika, dok prednost istraživanja predstavlja činjenica da se radi o jednom od rijetkih eksperimenata ove vrste u populaciji predškolske djece, u kojem uzrastu su relacije vježbanja i radnog pamćenja prilično slabo istražene.

---

<sup>59</sup> Isto, str. 12–24.

<sup>60</sup> IDE, Kojiro; SECHER, Niels H. Cerebral blood flow and metabolism during exercise. *Progress in neurobiology*, 2000, 61.4: 397–414.

<sup>61</sup> SEIFERT, Thomas; SECHER, Niels H. Sympathetic influence on cerebral blood flow and metabolism during exercise in humans. *Progress in neurobiology*, 2011, 95.3: 406–426.

<sup>62</sup> MILLER, Earl K., et al. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 2001, 24.1: 167–202.

<sup>63</sup> HIURA, Mikio, et al. Changes in cerebral blood flow during steady-state cycling exercise: a study using oxygen-15-labeled water with PET. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 2014, 34.3: 389–396.

<sup>64</sup> DIETRICH, Arne; AUDIFFREN, Michel. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2011, 35.6: 1305–1325.

### Literatura

- BADDELEY, Alan: Working memory. *Science*, 1992, 255.5044: 556–559.
- BADDELEY, Alan–JARROLD, Christopher–VARGHA-KHADEM, Faraneh: Working memory and the hippocampus. *Journal of cognitive neuroscience*, 2011, 23.12: 3855–3861. DOI: [10.1162/jocn\\_a\\_00066](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00066)
- BROWNE, Sarah E., et al.: Effects of acute high-intensity exercise on cognitive performance in trained individuals: A systematic review. *Progress in brain research*, 2017, 234: 161–187. DOI: [10.1016/bs.pbr.2017.06.003](https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2017.06.003)
- BUCK, Sarah M.–HILLMAN, Charles H.–CASTELLI, Darla M.: The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 2008, 40.1: 166–172. DOI: [10.1249/mss.obo13e318159b035](https://doi.org/10.1249/mss.obo13e318159b035)
- BURGESS, Neil–MAGUIRE, Eleanor A.–O'KEEFE, John: The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 2002, 35.4: 625–641. DOI: [10.1016/s0896-6273\(02\)00830-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00830-9)
- DIETRICH, Arne–AUDIFFREN, Michel: The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2011, 35.6: 1305–1325. DOI: [10.1016/j.neubiorev.2011.02.001](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.02.001)
- ERICKSON, Kirk I., et al.: Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the national academy of sciences*, 2011, 108.7: 3017–3022. DOI: [10.1073/pnas.1015950108](https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108)
- FORTIN, Norbert J.–AGSTER, Kara L.–EICHENBAUM, Howard B: Critical role of the hippocampus in memory for sequences of events. *Nature neuroscience*, 2002, 5.5: 458–462. DOI: [10.1038/nn834](https://doi.org/10.1038/nn834)
- FOX, Kenneth R: The influence of physical activity on mental well-being. *Public health nutrition*, 1999, 2.3a: 411–418.
- GATHERCOLE, Susan E.: The development of memory. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 1998, 39.1: 3–27.
- GOOCH, Debbie, et al.: The development of executive function and language skills in the early school years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2016, 57.2: 180–187. DOI: [10.1111/jcpp.12458](https://doi.org/10.1111/jcpp.12458)
- GOTTSCHALK, Wolfram A., et al.: Signaling mechanisms mediating BDNF modulation of synaptic plasticity in the hippocampus. *Learning & Memory*, 1999, 6.3: 243–256. PMID: [PMC311299](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/311299/)
- GUINEY, Hayley–MACHADO, Liana: Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic bulletin & review*, 2013, 20.1: 73–86. DOI: [10.3758/s13423-012-0345-4](https://doi.org/10.3758/s13423-012-0345-4)
- HILLMAN, Charles H., et al.: Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 2005, 37.11: 1967. DOI: [10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce)
- HILLMAN, Charles H.–ERICKSON, Kirk I.–KRAMER, Arthur F.: Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 2008, 9.1: 58–65. DOI: [10.1038/nrn2298](https://doi.org/10.1038/nrn2298)
- HIURA, Mikio, et al.: Changes in cerebral blood flow during steady-state cycling exercise: a study using oxygen-15-labeled water with PET. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 2014, 34.3: 389–396. DOI: [10.1038/jcbfm.2013.220](https://doi.org/10.1038/jcbfm.2013.220)

- IDE, Kojiro–SECHER, Niels H.: Cerebral blood flow and metabolism during exercise. *Progress in neurobiology*, 2000, 61.4: 397–414.  
DOI: [10.1016/s0301-0082\(99\)00057-x](https://doi.org/10.1016/s0301-0082(99)00057-x)
- KLINGBERG, Torkel–FORSSBERG, Hans–WESTERBERG, Helena: Training of working memory in children with ADHD. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 2002, 24.6: 781–791.  
DOI: [10.1076/jcen.24.6.781.8395](https://doi.org/10.1076/jcen.24.6.781.8395)
- KNAEPEN, Kristel, et al.: Neuroplasticity – exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Sports medicine*, 2010, 40.9: 765–801.  
DOI: [10.2165/11534530-000000000-00000](https://doi.org/10.2165/11534530-000000000-00000)
- LAMBOURNE, Kate–TOMPOROWSKI, Phillip: The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain research*, 2010, 1341: 12–24. DOI: [10.1016/j.brainres.2010.03.091](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.03.091)
- MATEOS-APARICIO, Pedro–RODRÍGUEZ-MORENO, Antonio: The impact of studying brain plasticity. *Frontiers in cellular neuroscience*, 2019, 13: 66.  
DOI: [10.3389/fncel.2019.00066](https://doi.org/10.3389/fncel.2019.00066)
- MCMORRIS, Terry: *History of research into the acute exercise–cognition interaction: A cognitive psychology approach*. 2016.
- MCMORRIS, Terry: The acute exercise-cognition interaction: From the catecholamines hypothesis to an interoception model. *International journal of psychophysiology*, 2021, 170: 75–88. DOI: [10.1016/j.ijpsycho.2021.10.005](https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.10.005)
- MIERAU, Andreas, et al.: Acute exercise induces cortical inhibition and reduces arousal in response to visual stimulation in young children. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 2014, 34: 1–8.  
DOI: [10.1016/j.ijdevneu.2013.12.009](https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2013.12.009)
- MILLER, Earl K., et al.: An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 2001, 24.1: 167–202. DOI: [10.1146/annurev.neuro.24.1.167](https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167)
- NIEDERER, Iris, et al.: Relationship of aerobic fitness and motor skills with memory and attention in preschoolers (Ballabeina): a cross-sectional and longitudinal study. *BMC pediatrics*, 2011, 11.1: 1–9.  
DOI: [10.1186/1471-2431-11-34](https://doi.org/10.1186/1471-2431-11-34)
- O'REILLY, Randall C., et al.: A biologically based computational model of working memory. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 1999, 375–411.
- PLOUGHMAN, Michelle, et al.: The effects of poststroke aerobic exercise on neuroplasticity: a systematic review of animal and clinical studies. *Translational stroke research*, 2015, 6.1: 13–28.  
DOI: [10.1007/s12975-014-0357-7](https://doi.org/10.1007/s12975-014-0357-7)
- PLOUGHMAN, Michelle: Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Developmental neurorehabilitation*, 2008, 11.3: 236–240.  
DOI: [10.1080/17518420801997007](https://doi.org/10.1080/17518420801997007)
- POLJAKOVIĆ, Zdravka: Utjecaj tjelesne aktivnosti na neuroplastičnost mozga i neurorehabilitaciju nakon moždanog udara. *Medicus*, 2019, 28.2 Tjelesna aktivnost: 205–211.

- RANGANATH, Charan, et al.: Inferior temporal, prefrontal, and hippocampal contributions to visual working memory maintenance and associative memory retrieval. *Journal of Neuroscience*, 2004, 24.16: 3917–3925.  
DOI: [10.1523/JNEUROSCI.5053-03.2004](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5053-03.2004)
- RESALAND, Geir K., et al.: Effects of physical activity on schoolchildren's academic performance: The Active Smarter Kids (ASK) cluster-randomized controlled trial. *Preventive medicine*, 2016, 91: 322–328.  
DOI: [10.1016/j.ypmed.2016.09.005](https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.09.005)
- RIGGS, Kevin J., et al.: Changes in the capacity of visual working memory in 5- to 10-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 2006, 95.1: 18–26.  
DOI: [10.1016/j.jecp.2006.03.009](https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.03.009)
- SEIFERT, Thomas–SECHER, Niels H. Sympathetic influence on cerebral blood flow and metabolism during exercise in humans. *Progress in neurobiology*, 2011, 95. 3. 406–426. DOI: [10.1016/j.pneurobio.2011.09.008](https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2011.09.008)
- SHEPHARD, Roy J. Habitual physical activity and academic performance. *Nutrition reviews*, 1996, 54.4. S32. DOI: [10.1111/j.1753-4887.1996.tb03896.x](https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1996.tb03896.x)
- SWAIN, Rodney A., et al.: On aerobic exercise and behavioral and neural plasticity. *Brain sciences*, 2012, 2.4. 709–744. DOI: [10.3390/brainsci2040709](https://doi.org/10.3390/brainsci2040709)
- TREVES, Alessandro; ROLLS, Edmund T. Computational analysis of the role of the hippocampus in memory. *Hippocampus*, 1994, 4.3: 374–391.  
DOI: [10.1002/hipo.450040319](https://doi.org/10.1002/hipo.450040319)

### Abstract

Physical activity (PA) is important for improvement of the cardiovascular, muscular and skeletal health, however the influence of PA on cognitive functions is also established. PA is particularly important in early childhood because of pronounced neuroplasticity in that developmental stage.

Considering that numerous research conducted on adults, has shown positive impact on working memory, i. e. ability to maintain and manipulate the information, the goal of the current research was to establish the influence of acute bouts of aerobic exercise on memory games in preschool children. Forty children 6-year-old, divided into experimental and control groups, were included.

Experimental group was involved in moderate-to-high aerobic exercise immediately before the memory game, while control group does not exercise before the game.

In one-month experiment four measurements were conducted. Outcome variables were defined by game scores acquired and time needed to complete the game.

The results showed no statistically significant differences between the groups in points acquired, but statistically significant main effect of time was obtained ( $F_{(1.97, 74.85)}=17.89$ ,  $p=.000$ , partial eta squared = .32).

*Key words: preschool children, aerobic exercise, memory, neuroplasticity, memory game*