

Literatur Review: Aktivitas Fisik Dalam Pembelajaran Pendidikan Jasmani sebagai Stimulus Fungsi Kognitif Siswa

Khumaira Marsyahidah Badu¹, Sugiharto¹, Eko Hariyanto¹

¹Pendidikan Olahraga-Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 27-01-2021

Disetujui: 22-12-2021

Kata kunci:

physical education;
physical activity;
cognitive function;
pendidikan jasmani;
aktivitas fisik;
fungsi kognitif

ABSTRAK

Abstract: The purpose of this review *article* in general is to assess the efficiency of physical activity on cognitive function, to describe the success of physical activity in stimulating students' cognitive function, while specifically aiming to provide a detailed description of the neuroscience perspective on how physical activity can contribute to cognitive function. The methods used, such as health insurance, to collect research articles using the google scholar, pubmed, and sciencedirect databases with a span of the last 10 years indexed by scopus quartile 1, quartile 2, quartile 3. Data extraction strategy and data identification using the PRISMA flow chart. To find the appropriate article, the researcher used the PICO procedure. The results of a review of 21 articles and 20 articles significantly improved cognitive function, 1 study showed that it did not significantly improve cognitive function.

Abstrak: Tujuan *review article* dalam penelitian ini secara umum bertujuan untuk menilai efisiensi aktivitas fisik pada fungsi kognitif, menjabarkan keberhasilan aktivitas fisik menstimulasi fungsi kognitif siswa sedangkan secara khusus bertujuan memberikan gambaran terperinci perspektif *neuroscience* bagaimana aktivitas fisik dapat memberikan kontribusi terhadap fungsi kognitif. Metode yang digunakan seperti, askes untuk mengumpulkan *article* peneliti menggunakan database google scholar, pubmed, dan sciencedirect dengan rentangan waktu 10 tahun terakhir yang terindeks scopus quartile 1, quartile 2, quartile 3. Strategi ekstraksi data dan identifikasi data menggunakan diagram alir PRISMA. Untuk menemukan *article* yang sesuai peneliti menggunakan prosedur PICO. Hasil *review* dari 21 *article* 20 *article* signifikan meningkatkan fungsi kognitif, 1 studi menunjukkan tidak signifikan meningkatkan fungsi kognitif.

Alamat Korespondensi:

Khumaira Marsyahidah Badu
Pendidikan Olahraga
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: umybadu@gmail.com

Masa kanak-kanak merupakan periode pertumbuhan dan perkembangan yang cepat dipengaruhi salah satunya pada perkembangan kognitif yang sangat sensitif pada masa ini, oleh karena itu keterlibatan seperti melakukan aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani dapat membantu memberikan pertahanan yang kuat mencegah penurunan fungsi kognitif akibat penambahan usia dimasa yang akan datang (Bidzan & Lipowska, 2018). Segala upaya dilakukan orang tua untuk memfasilitasi agar anaknya bisa mendapatkan peningkatan kemampuan kognitif, dengan berbagai cara mulai dari memberikan metode belajar sampai mengkonsumsi suplemen (Noorafshan et al., 2013) Tanpa disadari, aktivitas fisik dalam pendidikan jasmani merupakan metode yang hemat biaya dan paling efektif memiliki manfaat fisiologis serta psikologis untuk peningkatan fungsi kognitif (Redawati & Asnaldi, 2017) Telah dibuktikan dengan mekanisme seluler dan molekuler memberikan gambaran yang terperinci bagaimana aktivitas fisik membantu peningkatan fungsi kognitif (Hillman et al., 2019) Memori, penalaran, perencanaan, dan konsentrasi merupakan komponen dari fungsi kognitif (Frith & Loprinzi, 2018).

Aktivitas fisik akan berdampak pada peningkatan aliran darah ke otak (Pontifex et al., 2018), meningkatkan norepinefrin, epinefrin, serotonin, dan asetilkolin yang merupakan neurotransmitter terkait dengan memori, pemrosesan informasi, sampai dengan mempengaruhi stuktur otak untuk menunjang fungsi kognitif (Redawati & Asnaldi, 2017) Tidak hanya itu, aktivitas fisik dapat meningkatkan plastisitas dan meningkatkan pembentukan neuron/neurogenesis di hipokampus, rasa senang yang dirasakan berkaitan dengan hipotalamus, rangsangan dari hipotalamus mempengaruhi hipokampus dengan ekspresi molekuler yang penting untuk plastisitas sinaptik (Ying et al., 2012). Stimulasi hipotalamus meningkatkan faktor pertumbuhan seperti *brain derived neurotrophic factor* (BDNF) *insulin like growth factor 1* (IGF-1) serta hormon

pertumbuhan lainya (Gomez-Pinilla & Hillman, 2013) Proses ini akan terjadi jika aktivitas fisik yang dilakukan berkualitas, menyenangkan, dapat diterima dan dilakukan dengan baik. Dalam konteks pendidikan, pembelajaran pendidikan jasmani yang diberikan pada siswa tidak hanya fokus pada tuntutan kurikulum melainkan juga harus memperhatikan aspek penting dalam hal pertumbuhan dan perkembangan siswa. Pertumbuhan dan perkembangan tidak hanya pada aspek fisik dan motorik saja, tetapi juga pada perkembangan aspek kognitif (Neufer et al., 2015).

Pendidikan jasmani dalam proses pembelajaran terkait dengan aktivitas fisik yang dilaksanakan sangat menarik untuk dikaji dan dianalisis, untuk membuktikan betapa strategisnya pembelajaran pendidikan jasmani dalam menyiapkan masa depan anak-anak di era digital dan virtual. Namun hal ini tampaknya belum menjadi perhatian yang serius karena kehadiran pembelajaran pendidikan jasmani di sekolah dianggap sebagai pelengkap kurikulum dan dirasa tidak begitu penting (Redawati & Asnaldi, 2017). Sehingga masalah ini sangat menarik, penting dan mendesak untuk dikaji, mengingat pentingnya perkembangan kognitif pada anak dan menurunnya peluang aktivitas di sekolah secara kurikuler maupun non kurikuler. Pembelajaran pendidikan jasmani salah satunya bertujuan untuk mempromosikan *lifesytle* aktif melalui aktivitas fisik. Dengan demikian, jika dibandingkan dengan pembelajaran yang lain, pembelajaran pendidikan jasmani yang sering dikurangi jam keperluan akademik lainnya, hal tersebut secara tidak langsung menurunkan persentase gerak yang berpotensi membuat kebiasaan perilaku menetap/pasif, perilaku seperti ini akan berdampak pada kesehatan fisik tetapi juga pada kesehatan otak (Mitchell & Byun, 2014). Pembelajaran pendidikan jasmani harus dapat memfasilitasi kebutuhan gerak siswa, mengarahkan gerak dan menjaga gerak yang lebih baik, sebagai faktor kunci yang akan memberikan kontribusi pada fungsi kognitif. Penelitian meta-analisis yang menunjukkan hubungan kuat antara gerakan dan fungsi kognitif pada anak-anak. Dampak neurologis dari gerakan pada otak dapat dipahami dalam tiga tingkatan: peningkatan oksigen dan glukosa ke otak, meningkatkan aktivitas otak yang ditandai dengan pelepasan neurotransmitter dan Brain derived neurotrophic factor (BDNF) yang mendukung neurogenesis, memori, perhatian dan motivasi dan pengembangan saraf terkait gerakan yang kompleks dan interkoneksinya dengan fungsi otak (De et al., 2018). Mekanisme yang mungkin menjelaskan apa yang mungkin terjadi di otak selama latihan fisik dan bagaimana hal itu dapat mempengaruhi fungsi kognitif, sel-sel saraf seperti prefrontal cortex, hipokampus dan hipotalamus mengambil peran dalam peningkatan fungsi kognitif siswa.

Penelitian terkait aktivitas fisik mempengaruhi fungsi kognitif oleh Chaddock et al, (2010) menunjukkan bukti bahwa aktivitas fisik yang dilakukan individu dapat meningkatkan volume gray matter hippocampal, ini menunjukkan bahwa aktivitas fisik mendukung kinerja fungsi kognitif ditinjau dari struktural sel saraf yang akan menghasilkan kinerja kognitif dan konektivitas otak yang lebih baik. Aktivitas fisik juga akan meningkatkan pelepasan Brain derived neurotrophic factor (BDNF) and insulin like growth factor 1 (IGF-1) Jeon & Ha, (2017) hasil penelitian menunjukan aktivitas aerobik peningkatan kadar BDNF yang signifikan pada kalangan anak-anak sedangkan penelitian oleh Huang et al, (2017) hasil penelitian menunjukan aktivitas fisik dengan intensitas tinggi menginduksi serum BDNF yang lebih rendah dibanding aktivitas fisik intensitas sedang pada kalangan anak-anak, yang dimana Brain derived neurotrophic factor ini memiliki dampak positif pada struktur otak. Dari hasil penelitian sebelumnya gerakan sangat penting bagi otak sehingga aktivitas fisik yang teratur sangat penting agar otak berfungsi dengan baik. Penelitian telah menunjukkan bahwa latihan aerobik meningkatkan proliferasi neuron, sintesis faktor neurotropik, glikogenesis, sinaptogenesis, mengatur sistem neurotransmisi dan mengurangi inflamasi sistemik (Basso & Suzuki, 2017:128). Aktivitas fisik yang disajikan perlu diperhatikan karena akan memengaruhi untuk menentukan perbedaan respon fisiologis seperti detak jantung, faktor neurotropik yang diturunkan dari otak (BDNF) dan neurotransmitter, norepinefrin, endorfin, serotonin dan dopamin, pengambilan oksigen dan kebugaran fisik yang mempengaruhi fungsi kognitif siswa.

Fungsi kognitif merupakan kemampuan individu untuk menerima, mengolah, menyimpan dan menggunakan kembali semua masukan sensorik secara (Fungsi kognitif merupakan suatu proses saat semua masukan sensoris (taktil, visual, auditorik) akan diubah, diolah, disimpan dan selanjutnya digunakan untuk hubungan interneuron secara sempurna sehingga individu mampu melakukan penalaran terhadap masukan sensoris tersebut, fungsi kognitif mencakup area, yaitu *attention* (pemusatan perhatian), *language* (bahasa/ abstraksi), *memory* (daya ingat), dan *executive function* (fungsi eksekutif; perencanaan, pengorganisasian dan pelaksanaan) (Ozdemir et al., 2013). Sejalan dengan pernyataan tersebut “Fungsi kognitif adalah aktivitas otak yang melibatkan pengetahuan dan berpikir” (Wreksoatmodjo, 2015). Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa fungsi kognitif merupakan Istilah yang luas mengacu pada proses pengetahuan meliputi memori, pembelajaran, perhatian, dan kemampuan eksekutif individu.

Fungsi kognitif tentunya tidak berjalan sendiri-sendiri dalam menjalankan fungsinya melainkan merupakan suatu kesatuan yang disebut sistem limbik, sistem limbik sendiri terlibat dalam pengendalian emosi, perilaku, dorongan serta memori. Secara anatomi terdiri dari hipokampus, berperan dalam pembentukan memori jangka panjang dan proses pembelajaran (pemeliharaan kognitif), hipotalamus berperan mengatur perubahan memori baru menjadi memori jangka panjang (Syarifuddin, 2011). Sebagai pelengkap Prefrontal cortex juga menjadi bagian dari fungsi kognitif merupakan salah satu bagian otak yang memiliki yang dianggap sebagai pusat kepribadian karena memiliki fungsi eksekutif (Goyal et al., 2008). Ketiga sel saraf setiap saat mengalami perkembangan baik dari struktural maupun fungsional dipengaruhi berbagai faktor salah satunya adalah aktivitas fisik.

Aktivitas diartikan sebagai suatu keadaan untuk bergerak memenuhi kebutuhan hidup (Tarwoto & Wartonah, 2010). Adapun aktivitas fisik adalah perilaku yang melibatkan gerakan tubuh yang menghasilkan pengeluaran energi, saat menilai aktivitas fisik tujuannya yaitu untuk mengidentifikasi frekuensi, durasi, intensitas, dan jenis perilaku yang dilakukan selama periode waktu tertentu (Ainsworth et al., 2015). Sejalan dengan pernyataan (Donnelly et al., 2017) “Aktivitas fisik diartikan sebagai setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang membutuhkan pengeluaran energi”. Aktivitas fisik salah satunya terdapat pada pembelajaran pendidikan jasmani yang ada di sekolah yang meliputi berbagai aktivitas jasmani dan olahraga sebagai alat atau sarana untuk mencapai tujuan pendidikan pada umumnya (Utama, 2011). Memiliki manfaat tidak hanya pada aspek kesehatan fisik dan motorik tetapi juga pada aspek fungsi kognitif.

Analisis ini memberikan gambaran bagaimana efek dari pembelajaran pendidikan jasmani terhadap fungsi kognitif, merupakan hal yang menarik untuk dikaji, sebab respon dan adaptasi aktivitas fisik terhadap fungsi tubuh, sangat kompleks yang melibatkan dari tingkat sel, organ jaringan, sampai pada molekuler, sedangkan peningkatan fungsi kognitif juga sangat kompleks, yang melibatkan hipokampus, hipotalamus, prefrontal korteks, karena itu pada review ini akan mengkaji perubahan sistem saraf yang bertanggung jawab terhadap fungsi kognitif. Maka dari itu peneliti melakukan penelitian dengan review article analisis sasaran judul “Aktivitas Fisik dalam Pembelajaran Pendidikan Jasmani Sebagai Stimulus Fungsi Kognitif Siswa” Fungsi kognitif pada penelitian ini menggunakan parameter fungsi sel saraf yang bertanggung jawab terhadap fungsi kognitif, oleh sebab itu pada penelitian ini menggunakan kosep fisioneorologi.

METODE

Literature review ini menggunakan sumber informasi yang diperoleh dari data sekunder yang didapatkan dari beberapa artikel hasil penelitian yang sudah diterbitkan. Untuk mencari kebaruan, penulis melakukan batasan dalam aspek waktu terbitan artikel dimulai tahun 2010 sampai tahun 2020 dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Data sekunder yang digunakan merupakan hasil review dari beberapa artikel, baik artikel internasional maupun artikel nasional. Pengumpulan data *literature review* ini menggunakan tiga database, yaitu google scholar, sciencedirect, dan PubMed. Jumlah artikel yang digunakan sebagai data sekunder yaitu sebanyak 30 artikel internasional. Kata kunci yang digunakan untuk mengidentifikasi artikel yang relevan adalah *physical education, physical activity, cognitive function, hippocampus, hypothalamus, frontal cortex*, hal ini juga berlaku untuk pencarian artikel. Adapun kriteria inklusi dari artikel yang dianalisis dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kreteria Inklusi

Tipe	Inklusi
Jenis Article	Research article
Tahun terbit	2010-2020
Asal Article	Article Internasional
Standar Article	Article terindeks quartile 1, quartile 2, quartile 3
Sampel	Siswa berusia 6-12 Tahun
Metode Penelitian	Eksperimen

Tahap melakukan ekstraksi data, peneliti mencari artikel dengan kata kunci pada akses yang sudah disebutkan sebelumnya. Sebanyak 116 artikel dari google scholar, sciencedirect 5 artikel dan 15 artikel dari pubmed, sehingga total terdapat 136 artikel dari 3 databes. 126 artikel yang diperoleh terdapat 16 artikel yang dikeluarkan karena diidentifikasi duplikasi, sehingga tersisa 120 artikel ketahap identifikasi. Sebanyak 67 artikel dikeluarkan karena tidak memenuhi standar terindeks quartile 1 (Q1), quartile 2 (Q2), dan quartile 3 (Q3), sehingga dari 136 artikel yang lanjut ke tahap kelayakan yaitu 53 artikel. Pada tahap kelayakan 20 artikel dikeluarkan karena terdapat beberapa kriteria eksklusi yang terkandung di dalam artikel maka tersisa 33 artikel yang akan dipaparkan pada hasil analisis. Dari 33 artikel itu di telaah lebih dalam lagi dilihat dari kesesuaian abstrak, metode penelitian, intervensi, pengukuran kognitif maka dikeluarkan sebanyak 12 artikel sehingga yang masuk dalam tahap analisis artikel akhir berjumlah 21 artikel internasional, dianalisis dengan metode kualitatif. Adapun strategi ekstraksi data dan identifikasi menggunakan diagram alir PRISMA.

HASIL

Masa kanak-kanak merupakan masa kritis untuk memperoleh pengalaman dan mempromosikan aktivitas fisik, dalam meningkan kesehatan, yang dapat mendorong perkembangan motorik, afektif dan kognitif. Pendidikan jasmani yang diberikan dengan baik akan memberikan pengalaman pada siswa dalam aktivitas fisik yang memberikan kontribusi terhadap ketajaman mental, ketrampilan dan kemampuan kognitif. Pendidikan jasmani dan kontribusinya terhadap keberhasilan akademis anak-anak sangat bervariasi namun aktivitas fisik dalam pendidikan jasmani memiliki pengaruh positif terhadap kognisi serta struktur dan fungsi otak. Kemajuan dalam ilmu saraf telah menghasilkan kemajuan substansial dalam menghubungkan aktivitas fisik dengan struktur otak dan perkembangan kognitif. Aktivitas fisik memiliki efek positif pada fungsi kognitif, yang sebagian

disebabkan oleh perubahan fisiologis dalam tubuh. Aktifitas fisik menyebabkan peningkatan kadar neurotropik yang diturunkan dari otak Faktor (BDNF) dapat memfasilitasi pembelajaran dan memelihara kognitif berfungsi dengan meningkatkan plastisitas sinaptik dan berfungsi sebagai agen pelindung saraf, yang mengarah pada peningkatan aktivitas neuroelektrik dan peningkatan sirkulasi otak. Berikut ini merupakan tabel hasil analisis (Tabel 2).

Analisis Artikel Akhir
Tabel 2. Hasil Analisis 21 artikel internasional

No	Peneliti, Judul, Tahun	Desain Penelitian	Metode Pengumpulan Data	Responden	Hasil Penelitian
1	Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Chappell, M. A., Johnson, C. L., Kienzler, C., Knecht, A. & Kramer, A. F. (2016)	Eksperimen	Tes <i>Balke</i> menggunakan <i>Treadmill</i> dengan kecepatan konstan Pengukuran kognitif : <i>Arterial spin labeling</i> (ASL)	73 siswa berusia 7-9 tahun (41 perempuan, 32 laki-laki)	Aktivitas fisik signifikan menunjukkan aliran darah yang tinggi di <i>hipokampus</i> menunjang kinerja kognitif siswa.
2	Pontifex, M. B., Gwizdala, K. L., Weng, T. B., Zhu, D. C., & Voss, M. W. (2018)	Eksperimen	<i>Treadmill</i> dengan intensitas sedang selama 20 menit, Pengukuran kognitif : <i>Arterial spin labeling</i> (ASL) & <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI)	41 siswa berusia 10-11 tahun (18 perempuan, 23 laki-laki)	Aktivitas fisik dapat menyebabkan peningkatan aliran darah <i>hipokampus</i> yang dikaitkan dengan fungsi kognitif
3	Chen, A. G., Zhu, L. N., Yan, J., & Yin, H. C. (2016)	Eksperimen	Aktivitas fisik aerobik intensitas Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI) dengan Tugas <i>N-back</i>	9 siswa berusia 10 tahun (5 laki-laki, 4 perempuan)	Aktivitas fisik aerobik dapat meningkatkan memori kerja anak-anak, di mana basis saraf terkait dengan perubahan pola aktivasi otak depan/ <i>prefrontal korteks</i> yang mendukung memori kerja yang ditimbulkan oleh latihan tersebut.
4	Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2013)	Eksperimen	Program <i>after school</i> 9 bulan yang dirancang untuk meningkatkan aktivitas fisik dan kebugaran aerobik. Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI)	23 siswa berusia 8 sampai 9 tahun (10 laki-laki, 13 perempuan)	Aktivitas fisik selama masa kanak-kanak dapat meningkatkan struktur dari <i>prefrontal korteks</i> yang terlibat dalam fungsi kognitif. Siswa.
5	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)	Eksperimen	Aktivitas fisik aerobik intensitas rendah selama 20 vs intensitas tinggi selama 40 menit/ hari Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI)	171 Siswa berusia 7–11 tahun	Aktivitas fisik aerobik intensitas sedang dan tinggi meningkatkan sama-sama menunjukkan aktivitas <i>prefrontal korteks</i> yang lebih baik dalam menunjang kerja kognitif siswa
6	Krafft, CE, Pierce, JE, Schwarz, NF, Chi, L., Weinberger, AL, Schaeffer, DJ, ... & mcdowell, JE (2014)	Eksperimen	Aktivitas fisik aerobik Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI) Tugas flanker dan Antisaccade	43 Siswa SD berusia 7–11 tahun	Aktivitas fisik mengakibatkan peningkatan aktivasi di beberapa daerah <i>prefrontal korteks</i> yang mendukung kinerja memori.
7	Etnier, J., Labban, J. D., Piepmeyer, A., Davis, M. E., & Henning, D. A. (2014).	Eksperimen	Perintis Pacer (<i>Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Test</i>) Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI) <i>The Rey auditory verbal learning test</i> (RAVLT)	43 sampel siswa SMP berusia 11-12 tahun (15 laki-laki, 28 perempuan)	Pola aktivitas fisik di sekolah memberikan manfaat untuk pembelajaran verbal dan memori jangka panjang yang meningkatkan fungsional dari <i>hipokampus</i>
8	Jeon, Y. K., & Ha, C. H. (2017).	Eksperimen	Lari di <i>Treadmill</i> dengan 3 (A)kelompok intensitas rendah, (B) sedang dan (C) tinggi Pengukuran kognitif : Pengambilan darah (ELISA)	40 siswa laki-laki SD berusia 7-12 tahun	Peningkatan BDNF signifikan pada aktivitas fisik intensitas sedang dan tinggi, peningkatan IGF-1 pada intensitas tinggi, peningkatan kortisol pada

					intensitas tinggi dan kinerja memori pada intensitas tinggi ini berhubungan dengan kinerja <i>hipokampus</i> serta <i>hipotalamus</i> dalam mempengaruhi fungsi kognitif siswa.
9	Martikainen, S., Pesonen, A. K., Lahti, J., Heinonen, K., Feldt, K., Pyhälä, R., Tammelin, T., Kajantie, E., Eriksson, J. G., Strandberg, T. E., & Räikkönen, K. (2013).	Eksperimen	(A) Aktivitas fisik intensitas tinggi. (B) Aktivitas fisik intensitas rendah. Pengukuran kognitif : Pengambilan darah (ELISA)	258 siswa SD laki-laki berumur 8 tahun	Hasil menunjukan anak-anak dengan tingkat aktivitas fisik di siang hari lebih rendah memiliki <i>hipotalamus hipofisis adrenokortikal</i> (HPPA) yang lebih tinggi.
10	Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., Vanpatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2010)	Eksperimen	<i>Balke Treadmill test.</i> Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI) <i>Relational Memory Task</i>	49 Siswa SD dan SMP berusia 9-10 tahun berjenis kelamin laki-laki	Aktivitas fisik yang dilakukan siswa menyebabkan penambahan volume pada <i>hipokampus</i> sehingga mendukung kinerja memori dengan baik.
11	Käll, L., Malmgren, H., Olsson, E., & Linden, T. (2015)	Eksperimen	Aktivitas bermain dan gerak yang dirancang menjadi menarik, menyenangkan dan mempromosikan kesehatan tidak ada kompetitif selama 30-45 menit. Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI)	428 siswa berusia 10-12 tahun (perempuan 209, 219 laki-laki)	Kegiatan aktivitas fisik berbasis kurikulum di sekolah signifikan dalam meningkatkan prestasi akademik, signifikan dalam struktur <i>hipokampus</i> .
12	Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R., & Ortega, F. B. (2014)	Eksperimen	(A) 2 x 55 menit/ minggu pembelajaran penjas diberikan guru (B) 4 x 55 menit/ minggu pembelajaran penjas diberikan guru (C) 4 x 55 menit/ minggu pembelajaran penjas diberikan guru + intensitas Pengukuran kognitif : <i>Spanish Overall and Factorial Intelligence Test</i> (IGF-1)	67 siswa laki-laki berusia 13-15 tahun	Kelompok A, B dan C signifikan dalam meningkatkan kinerja kognitif tetapi kelompok yang menerima pendidikan jasmani 4 sesi/ minggu dengan intensitas tinggi meningkatkan kinerja kognitif dan prestasi akademik pada remaja dibandingkan dengan kelompok lainnya.
13	Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Powers, J. P., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Drollette, E. S., Moore, R. D., Raine, L. B., Scudder, M. R., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2013)	Eksperimen	Fisik terjadi selama 2 jam setelah pulang sekolah / program <i>Fitness Improves Thinking in Kids</i> (FIT Kids). Pengukuran kognitif : <i>Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional</i> (fMRI)	23 siswa berusia 8-9 tahun (13 perempuan, 10 laki-laki)	Aktivitas fisik lebih dari 60 menit selama masa kanak-kanak dapat meningkatkan fungsi kognitif ditinjau dari <i>prefrontal korteks</i> .
14	Fisher, A., Boyle, J. M. E., Paton, J. Y., Tomporowski, P., Watson, C., mcoll, J. H., & Reilly, J. J. (2011)	Eksperimen	Pembelajaran pendidikan jasmani aerobik, pendidikan jasmani tanpa standar -Pengukuran kognitif : <i>Cognitive Assessment Scale</i> (CAS), <i>Attention Network Test</i> (ANT), <i>Cambridge Neuropsychological Test Battery</i> (CABTAB), <i>Conner's Behavior Rating Scale</i> (CBRS)	64 siswa laki-laki berusia 6 tahun	Aktivitas fisik berpengaruh dalam kognisi pada usia anak-anak.

15	Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Holtrop, J. L., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2014)	Eksperimen	<i>Balke Treadmill test.</i> Pengukuran kognitif : <i>Item And Relational Memory Task</i>	24 siswa berusia 9-10 tahun (15 laki- laki, 9 perempuan)	Anak-anak yang lebih bugar akan menunjukkan struktur mikro materi putih yang lebih banyak pada <i>hipokampus</i> sehingga menunjang kinerja kognitif lebih baik
16	Palmer, K. K., Miller, M. W., & Robinson, L. E. (2013)	Eksperimen	Aktivitas fisik selama 30 menit Pengukuran kognitif : <i>Picture Deletion Task For Preschoolers (PDTP)</i>	13 siswa laki- laki berumur 6 tahun	Tidak terdapat pengaruh aktivitas fisik terhadap fungsi kognitif
17	Kamijō, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011)	Eksperimen	Program aktivitas fisik selama 2 jam Pengukuran kognitif : <i>Cognitive Task Elektroensefalografi (EEG)</i>	43 siswa laki- laki berumur 7- 9 tahun	Hasil ini peningkatan kebugaran kardiorespirasi berhubungan dengan perbaikan kognitif memori kerja.
18	Scudder, M. R., Lambourne, K., Drollette, E. S., Herrmann, S. D., Washburn, R. A., Donnelly, J. E., & Hillman, C. H. (2014).	Eksperimen	Tes PACER Pengukuran kognitif : tugas <i>flanker Eriksen, N-back</i>	3971 siswa berusia 6- 9 tahun tahun	Kebugaran aerobik yang lebih besar signifikan dalam kontrol kognitif anak.
19	Alesi, M., Bianco, A., Padulo, J., Vella, F. P., Petrucci, M., Paoli, A., Palma, A., & Pepi, A. (2014).	Eksperimen	<i>Sprint 20 m, tes agility dan tes papan berdiri</i> Pengukuran kognitif : <i>Batteria di Valutazione Neuropsicologica (BVN)</i>	39 siswa laki- laki berusia 9 tahun	Anak-anak yang terlibat dalam olahraga karate menunjukkan skor yang lebih baik pada memori kerja, perhatian selektif dan fungsi eksekutif
20	Chen, A. G., Yan, J., Yin, H. C., Pan, C. Y., & Chang, Y. K. (2014)	Eksperimen	- Jogging 30 menit -Pengukuran kognitif : <i>Flanker Task, N-back task</i>	53 sampel siswa laki-laki 9-12 tahun	Olahraga akut memfasilitasi tiga fungsi eksekutif hambatan, kerja memori dan tugas fungsi eksekutif
21	Cho, S. Y., So, W. Y., & Roh, H. T. (2017)	Eksperimen	Program Pelatihan TKD 60 menit -Pengukuran kognitif : ELISA	30 siswa 7-10 tahun (18 laki- laki, 12 perempuan)	Pengaruh program latihan TKD signifikan pada faktor pertumbuhan terkait <i>neuroplastisitas</i> pada <i>hipokampus</i>

Data berasal dari *article* studi yang menunjukkan efek dari aktivitas fisik pada fungsi kognitif seperti: fungsi eksekutif yaitu perhatian, kecepatan pemrosesan, memori kerja dan memori. Hasil dari berbagai studi ini menunjukkan pengaruh yang signifikan dan ada juga yang tidak signifikan, ada berbagai variabel jenis aktivitas fisik yang diberikan seperti intensitas diukur dalam detak jantung maksimum (MHR) persentase intensitas rendah (40-50% dari MHR) Intensitas sedang (50-70 % MHR) dan intensitas tinggi (70-90 % MHR) inilah yang membedakan perbedaan dalam respon fisiologis seperti Faktor neurotropik, neurotransmitter, serta oksigen yang nantinya akan mempengaruhi struktural dan fungsional otak untuk menunjang fungsi kognitif siswa. Dari 21 *article* yang disajikan terdapat 20 studi berkontribusi pada fungsi kognitif sementara itu 1 studi yang melaporkan tidak ada pengaruh dari aktivitas fisik terhadap fungsi kognitif. Hasil studi dari aktivitas fisik dalam pengaruhnya terhadap fungsi kognitif menunjukkan hasil positif dan negatif, ada berbagai variabel dan jenis dari intervensi aktivitas fisik yang ada di laporan. Salah satu alasan penyebabnya yaitu beragam program aktivitas fisik yang digunakan yang dilihat dari intensitas, jenis dan durasi, meskipun begitu jika dianalogikan ke aktivitas yang ada dalam pembelajaran pendidikan jasmani ini bisa memberikan gambaran dan referensi untuk bagaimana guru pendidikan merancang suatu program pendidikan jasmani yang harapannya meningkatkan fungsi kognitif siswa, hal ini akan lebih lanjut dibahas pada bab berikut.

PEMBAHASAN

Pengaruh aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani terhadap perkembangan sel *Hipocampus*

Hipokampus merupakan bagian otak yang penting dalam fungsi kognitif, hipokampus bertanggung jawab pada memori dan pembelajaran. Karena peran dari aktivitas fisik dalam meningkatkan neurogenesis dan plastisitas otak, aktivitas fisik dapat berfungsi sebagai media menstimulus fungsi kognitif dengan baik, tidak hanya itu bahkan bisa menjadi media untuk menunda, mencegah dan mengobati penurunan dari fungsi kognitif (Cox et al. 2016:618). Penelitian yang dilakukan Fisher et al, (2011) mencoba memberikan intervensi program aktivitas fisik pendidikan jasmani 10 minggu yang melibatkan 2 jam per minggu dengan intensitas sedang secara aerobik dibandingkan kelompok program aktivitas fisik pendidikan jasmani biasa terhadap plastisitas saraf hasilnya sama-sama signifikan meningkatkan plastisitas saraf, hal ini menunjukkan bahwa aktivitas merupakan media yang paling rekomendasi dalam meningkatkan fungsi kognitif. Secara kolektif, aktivitas fisik signifikan dalam meningkatkan fungsi kognitif siswa dengan memperhatikan jenis, intensitas dan durasi aktivitas fisik ini diperlukan untuk

mendapatkan hasil yang baik dalam perubahan kemampuan sel hipokampus. Kemampuan sel hipokampus dimediasi faktor neurotropik seperti Brain derived neurotrophic factor (BDNF) and insulin like growth factor 1 (IGF-1) yang akan memfasilitasi untuk memfasilitasi fungsi kognitif. Dampak neurologis dari gerakan aktivitas fisik pada otak dapat dipahami dalam tiga tingkatan: peningkatan vaskularisasi, oksigen dan glukosa ke otak meningkatkan aktivitas otak untuk pelepasan neurotransmitter dan Brain derived neurotrophic faktor yang mendukung neurogenesis, memori, perhatian dan motivasi.

Pengaruh aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani terhadap Sel Hipotalamus

Aktivitas fisik signifikan mempengaruhi sel hipotalamus dalam kontribusi pada fungsi kognitif siswa akibat stimulus dari aktivitas fisik yang dilakukan siswa. Aktivitas fisik juga merangsang peningkatan sekresi neurohormonal (zat yang diproduksi oleh neuron hipotalamus dan diangkut oleh darah) berdampak signifikan pada rangsangan neuron yang membentuk sinapsis untuk membantu kinerja dari fungsi kognitif siswa. Adapun adanya peningkatan aktivitas hipotalamus pituitary adrenal axis (hpa-axis) yang diakibatkan aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani bisa memicu produksi kortisol memiliki respons umpan balik untuk penghambatan pada hipotalamus dan hormon kortisol diatas ambang tertentu, yang akan merusak fungsi kognitif, maka dari itu aktivitas fisik yang baik, menyenangkan dan memerlukan system penataan yang baik. Penelitian Niemann et al, (2013), Martikainen et al, (2013) & Jeon & Ha, (2017) menunjukkan Kelompok intensitas tinggi menunjukkan signifikan pada peningkatan kadar hormon kortisol. Hormone kortisol ini bisa mengganggu kinerja dari hipotalamus untuk menstimulus fungsi kognitif. Aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani, selain menjadi stimulator juga dapat menjadikan stressor (Sugiharto, 2012). Ketika aktivitas yang diberikan dirasa tidak begitu disukai akan memicu stres yang merangsang hipotalamus untuk mengaktifkan jalur HPA axis mengeluarkan hormon kortikotropin (CRH), CRH merangsang hipofisis anterior untuk mengeluarkan hormon adrenokortikotropik yang kemudian merangsang korteks adrenal untuk pelepasan hormon kortisol (Basso & Suzuki 2017), ini dibuktikan pada penelitian. Dalam respons stress yang diinduksi oleh aktivitas fisik, kortisol memiliki respons umpan balik untuk penghambatan pada hipotalamus dan hormon kortisol diatas ambang tertentu, yang akan merusak fungsi kognitif (Tollenaar et al, 2008). Jalur HPA axis akan aktif dan jika tidak mampu dikendalikan tubuh berdampak pada rusaknya sel yang merugikan pada kesehatan (Clark & Mach, 2016).

Pengaruh aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani terhadap perkembangan sel Prefrontal korteks

Aktivitas fisik signifikan dalam mempengaruhi sel prefrontal korteks untuk menstimulasi fungsi kognitif yang dimana *prefrontal cortex* mengambil peran yang penting dalam bertanggung jawab pada perhatian, memori kerja, pemecahan masalah, pengambilan keputusan dari individu. Volume materi abu-abu yang lebih besar di prefrontal korteks menunjukkan kinerja fungsi kognitif yang lebih baik pada siswa. korteks frontal merupakan sel saraf yang bertanggung jawab terhadap kerja eksekutif seperti, kecepatan pemrosesan informasi dan perhatian (Xue & Huang 2019). Penelitian dilakukan pada lima artikel ini semua menggunakan metode Pencitraan Resonansi Magnetik Fungsional (fMRI) yaitu teknik tindakan medis tanpa memasukkan alat ke dalam tubuh, memanfaatkan respon hemodinamik otak untuk mengetahui keterlibatan aktivitas fisik pada kognitif. Penelitian dilakukan pada siswa usia 7—11 tahun dengan diberikan intervensi aktivitas fisik mulai dari intensitas rendah, intensitas sedang dan beberapa model aktivitas fisik yang ada dalam pembelajaran pendidikan jasmani semua menunjukkan hal positif terhadap peningkatan fungsi kognitif.

Pengaruh aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani terhadap peningkatan Fungsi Kognitif

Fungsi kognitif itu dipengaruhi oleh saraf secara holistik, tidak berdiri sendiri. Perubahan fungsional dan struktural sudah dijelaskan pada pembahasan Misalnya terjadinya proses plastistas *sinaps, matter gray, brain derived neurotrophic factor* yang terjadi pada sel saraf hipokampus, hipotalamus dan juga Prefrontal korteks yang mengalami sebelumnya yang akan membantu proses peningkatan dari fungsi kognitif siswa. Beberapa model aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani semua menunjukkan hal positif terhadap peningkatan fungsi kognitif dibandingkan kelompok kontrol yang tidak mendapatkan intervensi aktivitas fisik. Memori, pembelajaran, perhatian proses berpikir dan konsentrasi merupakan bagian-bagian yang dari fungsi kognitif aktivitas fisik memiliki dampak terhadap peningkatan kognisi, begitu banyak variabel yang mempengaruhi fungsi kognitif siswa ditinjau dari proses fisioneurologi seperti meningkatkan oksigen ke otak, meningkatkan *neurotransmitter (norepinefrin, epinefrin, serotonin)* yang terkait dengan memori, pemrosesan informasi dan neuropsikologis lainnya. Bukti menunjukkan bahwa aktivitas fisik meningkatkan volume *gray matter*, dengan ketebalan *gray matter* yang lebih rendah di *prefrontal korteks* dan hipocampus, yang akan menghasilkan kinerja kognitif yang lebih baik pada siswa. ini terjadi pada menyenangkan dan penataan yang baik.

SIMPULAN

Dari hasil review ini secara khusus menyoroti perubahan fungsi dan struktur otak dalam peningkatan fungsi kognitif akibat dari aktivitas fisik yang dilakukan siswa Aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani tidak hanya berkontribusi dalam aspek fisik dan motorik, tetapi juga menstimulus perkembangan pada aspek kognitif. Hal ini dibuktikan

dengan mekanisme seluler dan molekul yang membantu memberikan gambaran terperinci dan kompleks bagaimana aktivitas fisik mempengaruhi perubahan neurotransmitter dan faktor pertumbuhan terhadap respons otak. Setiap individu yang melakukan aktivitas fisik yang dengan memperhatikan intensitas dan durasi serta jenis yang tepat secara positif meningkatkan fungsi kognitif, meningkatkan perkembangan kemampuan otak, neurogenesis di daerah hipokampus yang berhubungan dengan penyimpanan memori yang baik. Sebaliknya jika aktivitas fisik dalam pembelajaran pendidikan jasmani tidak terprogram dengan baik maka tidak akan berdampak apa-apa baik pada ranah kesehatan maupun pada ranah fungsi kognitif. Diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat mengembangkan studi *review article* ini membandingkan dengan variabel kognitif lainnya mengingat bahwa fungsi kognitif banyak variabel yang memengaruhinya dengan tingkatan usia responden lebih sederhana serta tetap menggunakan artikel internasional terindeks untuk menjaga kualitas dari data yang didapatkan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ainsworth., Barbara., Lawrence Cahalin., Matthew Buman., and Robert Ross. (2015). The Current State of Physical Activity Assessment Tools. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 57(4), 387–95.
- Ardoy, D. N., J. M. Fernández-Rodríguez, D. Jiménez-Pavón, R., Castillo, J. R. Ruiz., and F. B. Ortega. (2014). A Physical Education Trial Improves Adolescents Cognitive Performance and Academic Achievement: The EDUFIT Study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport*, 24(1), 52–61.
- Basso, Julia C., and Wendy A. Suzuki. (2017). The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. *Brain Plasticity*, 2(2), 127–152.
- Bidzan-Bluma., Ilona., and Małgorzata Lipowska. (2018). Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 1–13.
- Chaddock-Heyman., Laura., Kirk I. Erickson., Michael A. Chappell., Curtis L. Johnson., Caitlin Kienzler., Anya Knecht., Eric S. Drollette., Lauren B. Raine., Mark R. Scudder., Shih Chun Kao., Charles H. Hillman., and Arthur F. Kramer. (2016). Aerobic Fitness Is Associated with Greater Hippocampal Cerebral Blood Flow in Children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 20, 52–58.
- Chaddock-Heyman., Laura., Kirk I. Erickson., Joseph L. Holtrop., Michelle W. Voss., Matthew B. Pontifex., Lauren B. Raine., Charles H. Hillman., and Arthur F. Kramer. (2014). Aerobic Fitness Is Associated with Greater White Matter Integrity in Children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(8), 1–12.
- Chaddock-Heyman., Laura., Kirk I. Erickson., Michelle W. Voss., Anya M. Knecht., Matthew B. Pontifex., Darla M. Castelli., Charles H. Hillman., and Arthur F. Kramer. (2013). The Effects of Physical Activity on Functional MRI Activation Associated with Cognitive Control in Children: A Randomized Controlled Intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(2), 1–13.
- Chaddock., Laura., Kirk I. Erickson., Ruchika Shaurya Prakash., Jennifer S. Kim., Michelle W. Voss., Matt Vanpatter., Matthew B. Pontifex., Lauren B. Raine., Alex Konkel., Charles H. Hillman., Neal J. Cohen., and Arthur F. Kramer. (2010). A Neuroimaging Investigation of the Association between Aerobic Fitness, Hippocampal Volume, and Memory Performance in Preadolescent Children. *Brain Research*, 172-182.
- Chen., Ai Guo., Jun Yan., Heng Chan Yin., Chien Yu Pan., and Yu Kai Chang. (2014). Effects of Acute Aerobic Exercise on Multiple Aspects of Executive Function in Preadolescent Children. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(6), 627–636.
- Chen., Ai Guo., Li Na Zhu., Jun Yan., and Heng Chan Yin. (2016). Neural Basis of Working Memory Enhancement after Acute Aerobic Exercise: fMRI Study of Preadolescent Children. *Frontiers in Psychology*, 7(9), 1–9.
- Cho., Su Youn., Wi Young So., and Hee Tae Roh. (2017). The Effects of Taekwondo Training on Peripheral Neuroplasticity-Related Growth Factors, Cerebral Blood Flow Velocity, and Cognitive Functions in Healthy Children: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(5), 1–10.
- Clark., Allison., and Núria Mach. (2016). Exercise-Induced Stress Behavior, Gut-Microbiota-Brain Axis and Diet: A Systematic Review for Athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 1–21.
- Cox., Eka Peng., Nicholas O’Dwyer., Rebecca Cook., Melanie Vetter., Hoi Lun Cheng., Kieron Rooney., and Helen O’Connor. (2016). Relationship between Physical Activity and Cognitive Function in Apparently Healthy Young to Middle-Aged Adults: A Systematic Review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 616–628.
- Davis., Catherine L., Phillip D. Tomporowski., Jennifer E., McDowell., Benjamin P. Austin., Patricia H. Miller., Nathan E. Yanasak., Jerry D. Allison., and Jack A. Naglieri. (2011). Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized, Controlled Trial. *Health Psychology*, 30(1), 91–98.
- De Greeff., Johannes W., Roel J. Bosker., Jaap Oosterlaan., Chris Visscher., and E. Hartman. (2018). Effects of Physical Activity on Executive Functions, Attention and Academic Performance in Preadolescent Children: A Meta-Analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(5), 501–507.

- Fisher., Abigail., James M. E. Boyle., James Y. Paton., Phillip Tomporowski., Christine Watson, John H. McColl, and John J. Reilly. (2011). Effects of a Physical Education Intervention on Cognitive Function in Young Children: Randomized Controlled Pilot Study. *BMC Pediatrics*. 11-97
- Frith., Emily., and Paul Loprinzi. 2018. Physical Activity and Individual Cognitive Function Parameters: Unique Exercise-Induced Mechanisms. *Journal of Cognitive-Behavioral Psychotherapy and Research*, 7(2),92—106
- Furqaani, Annisa Rahmah. (2017). Latihan Fisik Sebagai Brain Booster Untuk Anak. *Golden Age: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 1(1), 11—22.
- Gomez-Pinilla, Fernando, and Charles Hillman. (2013). The Influence of Exercise on Cognitive Abilities. *Comprehensive Physiology* 3(1), 403–28.
- Goyal., Nishant., ShaziaVeqar Siddiqui., Ushri Chatterjee., Devvarta Kumar., and Aleem Siddiqui. (2008). Neuropsychology of Prefrontal Cortex. *Indian Journal of Psychiatry*, 50(3), 202-208.
- Hillman., Charles., Nicole Logan., and Tatsuya Shigeta. (2019). A Review of Acute Physical Activity Effects on Brain and Cognition in Children. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine* 4(17), 132-136.
- Jeon., Yong Kyun., and Chang Ho Ha. (2017). The Effect of Exercise Intensity on Brain Derived Neurotrophic Factor and Memory in Adolescents. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(1), 1–6.
- Käll., Lina., Helge Malmgren., Erik Olsson., and Thomas Linden. 2015. Effects of a Curricular Physical Activity Intervention on Children’s School. *Journal of School Health* 85(10), 704—713.
- Kamijo., Keita., Matthew B. Pontifex., Kevin C. O’Leary., Mark R. Scudder, Chien Ting Wu, Darla M. Castelli, and Charles H. Hillman. (2011). The Effects of an Afterschool Physical Activity Program on Working Memory in Preadolescent Children. *Developmental Science*, 14(5), 1046—1058.
- Krafft., C. E., J. E. Pierce., N. F. Schwarz, L. Chi., A. L. Weinberger, D. J. Schaeffer., A. L. Rodrigue., J. Camchong., J. D. Allison, N. E. Yanasak., T. Liu, C. L. Davis, and J. E. McDowell. (2014). An Eight Month Randomized Controlled Exercise Intervention Alters Resting State Synchrony in Overweight Children. *Neuroscience*, 2 56, 445-554.
- Martikainen., Silja., Anu Katriina Pesonen., Jari Lahti., Kati Heinonen., Kimmo Feldt., Riikka Pyhälä., Tuija Tammelin., Eero Kajantie., Johan G. Eriksson., Timo E. Strandberg., and Katri Räikkönen. (2013). Higher Levels of Physical Activity Are Associated with Lower Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Axis Reactivity to Psychosocial Stress in Children. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 98(4),619–27.
- Niemann., Claudia., Mirko Wegner., Claudia Voelcker-Rehage., Martin Holzweg., Ayman M. Arafat, and Henning Budde. (2013). Influence of Acute and Chronic Physical Activity on Cognitive Performance and Saliva Testosterone in Preadolescent School Children. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 197—204.
- Noorafshan., Ali., Reza Asadi-Golshan., Saied Karbalay-Doust., Mohammad Amin Abdollahifar., and Ali Rashidiani-Rashidabadi. (2013). Curcumin, the Main Part of Turmeric, Prevents Learning and Memory Changes Induced by Sodium Metabisulfite, a Preservative Agent, in Rats. *Experimental Neurobiology*, 21(1), 23—30.
- Özdemir., Pinar Güzel., Yavuz Selvi., Halil Özkol., Adem Aydin., Yasin Tülüce., Murat Boysan., and Lütfullah Beşiroğlu. (2013). The Influence of Shift Work on Cognitive Functions and Oxidative Stress. *Psychiatry Research*, 210(3), 1219—1225.
- Palmer., Kara K., Matthew W. Miller, and Leah E. Robinson. (2013). Acute Exercise Enhances Preschoolers’ Ability to Sustain Attention. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 35(4), 433—437.
- Pontifex., Matthew B., Kathryn L. Gwizdala., Timothy B. Weng., David C. Zhu, and Michelle W. Voss. (2018). Cerebral Blood Flow Is Not Modulated Following Acute Aerobic Exercise in Preadolescent Children. *International Journal of Psychophysiology*, 134(5), 44–51.
- Redawati and Arie Asnaldi. (2017). Persepsi Guru-Guru Non Penjas Terhadap Pembelajaran Pendidikan Jasmani Olahraga Kesehatan Dan Rekreasi Gugus IV Sungai Jambu Kecamatan Pariangan. *Sport Science*, 17(1), 10—18.
- Scudder., Mark R., Kate Lambourne, Eric S. Drollette, Stephen D. Herrmann, Richard A. Washburn, Joseph E. Donnelly, and Charles H. Hillman. (2014). Aerobic Capacity and Cognitive Control in Elementary School-Age Children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(5), 1025—1035.
- Siddiqui, S. V., Chatterjee, U., Kumar, D., Siddiqui, A., & Goyal, N. (2008). Neuropsychology of prefrontal cortex. *Indian Journal of Psychiatry*, 50(3), 1—44
- Tollenaar., Marieke S., Bernet M. Elzinga, Philip Spinhoven, and Walter A. M. Everaerd. (2008). The Effects of Cortisol Increase on Long-Term Memory Retrieval during and after Acute Psychosocial Stress. *Acta Psychologica*, 127(3), 542—552.
- Walsh., Erin I., Lisa Smith., Joe Northey., Ben Rattray., and Nicolas Cherbuin. (2020). Towards an Understanding of the Physical Activity-BDNF-Cognition Triumvirate: A Review of Associations and Dosage. *Ageing Research Reviews* 60(3), 1-12.

- Xue., Yue., Yanxiang Yang., and Tao Huang. (2019). Effects of Chronic Exercise Interventions on Executive Function among Children and Adolescents: A Systematic Review with Meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(22), 1397—1404.
- Ying., Zhe, Alejandro Covalin., Jack Judy., and Fernando Gomez-Pinilla. (2012). Hypothalamic Stimulation Enhances Hippocampal BDNF Plasticity in Proportion to Metabolic Rate. *Brain Stimulation*, 5(4), 642—646.