



## Aerobic Exercise Improves Cognitive Function in Sedentary Young Adults Without Cognitive Impairment

Sari Triyulianti\*, Yose Rizal, Afifah Dwi Tifani

Program Studi Sarjana Fisioterapi, Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan, Universitas Abdurrah

\* Correspondence: [sari.tri.y@univrab.ac.id](mailto:sari.tri.y@univrab.ac.id)

**Abstract.** Physical exercise can improve cognitive function of older adults, but the influence of young adults is less clear. The purpose of this study was to assess the effect of aerobic exercise on cognitive function of sedentary young adults without cognitive impairment. This study used an experimental method with pre and post test designs on 20 young adults according to the inclusion and exclusion criteria. Samples were randomly divided into two groups, the control group and the aerobic exercise group. The control group did not do the exercise. The aerobic group exercised by running for 30 minutes (64-76% of maximal heart rate), three time per week for four weeks. Cognitive function was measured using stroop task test. The results showed that there was a significant increase in cognitive function in the aerobic exercise group ( $p < 0.05$ ). There was a significant difference in cognitive function between the aerobic exercise group and the control group ( $p < 0.05$ ). In conclusion, aerobic exercise over four weeks can increase cognitive function in sedentary young adults without cognitive impairment.

**Keywords:** Aerobic exercise, Cognitive Function, Young adult

### 1. Latar Belakang

Inaktivitas fisik merupakan masalah kesehatan global yang serius dan berhubungan dengan resiko penyakit tidak menular, termasuk penyakit kardiovaskular, obesitas, diabetes melitus tipe 2, kanker, dan kematian dini (Hoffmann et al., 2021). Lebih dari 80% populasi usia dewasa muda gagal melakukan latihan fisik ringan hingga berat seperti yang direkomendasikan oleh World Health Organization (WHO) (Olanrewaju et al., 2020). Pedoman WHO (2010) untuk latihan fisik di kalangan dewasa berusia antara 18 hingga 64 tahun adalah minimal 150 menit per minggu aerobik intensitas sedang, atau 75 menit per minggu aerobik intensitas kuat atau kombinasi yang setara antara aerobik intensitas sedang dan kuat (Nassif, 2020).

Penelitian telah membuktikan berbagai keuntungan dari melakukan latihan fisik, seperti menurunkan berat badan, dapat membantu menjaga kadar lipid darah dan tekanan darah normal. Meskipun latihan fisik secara teratur telah terbukti dapat memberikan manfaat kesehatan fisik, namun banyak populasi dewasa muda tidak memiliki waktu untuk melakukan aktivitas fisik (Costigan et al., 2016). Menurut WHO (2010), latihan fisik secara teratur berhubungan dengan penurunan risiko penyakit jantung koroner, stroke, diabetes tipe-2, kanker, obesitas, masalah kesehatan mental, dan kondisi muskuloskeletal. Kurangnya aktivitas fisik telah berkembang menjadi salah satu masalah kesehatan utama di kalangan dewasa muda di seluruh dunia (Singh-Manoux & Kivimäki, 2010). Selain itu, peneliti sebelumnya telah menemukan bahwa tingkat aktifitas fisik yang rendah pada masa muda berhubungan dengan perkembangan penyakit kronis di usia tua

(Quigley et al., 2020). Aktifitas fisik juga berhubungan dengan fungsi kognitif (Tuttur et al., 2018) dan kinerja akademik (Mekari et al., 2020). Meskipun kognitif diperkirakan mencapai puncaknya pada usia 20 tahun, kurangnya aktifitas fisik pada usia dewasa disertai dengan peningkatan faktor risiko kardiovaskular, kardiorespirasi, dan serebrovaskular dapat menyebabkan penurunan fungsi kognitif dan kesulitan dalam bersosialisasi, sekolah, dan bekerja (Kawabata et al., 2021).

Kognitif didefinisikan sebagai fungsi otak yang lebih tinggi seperti pengambilan keputusan, perhitungan, pemecahan masalah, produksi dan penggunaan bahasa, dan memori. Fungsi kognitif merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas hidup. Orang dengan penurunan kognitif memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam melakukan aktivitas kehidupan sehari-hari dan penurunan kualitas hidup. Berbagai penelitian telah menyelidiki efek latihan fisik pada struktur otak dengan partisipan manusia. Hipokampus terletak di lobus temporal medial otak dan terlibat dalam asosiasi selama perkembangan. Neurotropin bertindak dalam sinaptogenesis, mielinisasi dan angiogenesis, yang penting dalam perkembangan otak (Haverkamp et al., 2020).

Latihan fisik telah terbukti memiliki efek positif pada fungsi kognitif pada lansia (Ballester-Ferrer et al., 2022). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aktivitas fisik berhubungan dengan aktivitas otak, fungsi kognitif, dan kinerja akademik pada dewasa muda (Gerten et al., 2022). Aktivitas fisik di usia dewasa muda berkorelasi dengan fungsi kognitif yang lebih baik di kemudian hari. Penelitian juga menunjukkan bahwa latihan fisik pada usia dini dapat meningkatkan cadangan kognitif, dan kemudian mengurangi penurunan kognitif seiring penuaan (Williams et al., 2022).

Penelitian telah membuktikan bahwa latihan fisik dapat memiliki efek positif pada berbagai kemampuan kognitif, termasuk meningkatkan pembelajaran dan memori, menunda timbulnya dan besarnya penurunan kognitif yang terkait dengan berbagai penyakit neurodegeneratif, dan hasil yang lebih baik terkait dengan cedera otak (Wendell et al., 2014). Mekanisme fisiologis terhadap latihan berdampak pada fungsi kognitif, berhubungan dengan penyesuaian detak jantung (Stenman et al., 2017), kadar brain derived neuron factor (BDNF) (Pastor et al., 2022), dan perubahan katekolamin plasma. Menurut Marmeleira, melakukan keterampilan motorik mendorong peningkatan neuroplastisitas dan fungsi kognitif (Zhao et al., 2022).

Latihan fisik aerobik terdiri dari beberapa mode latihan yang terutama menekankan sistem energi aerobik sehingga menghasilkan sejumlah adaptasi kardiovaskular & respirasi, yang pada akhirnya meningkatkan daya tahan. Latihan fisik khususnya latihan aerobik diduga memiliki dampak positif pada fungsi kognitif & otak, yang melibatkan perolehan, pemrosesan, penyimpanan & fungsi eksekutif (Riganello et al., 2023). Berbagai penelitian menunjukkan peningkatan fungsi kognitif juga disertai dengan perubahan pada otak. Kebugaran kardiovaskular yang lebih baik juga berhubungan dengan penurunan degenerasi saraf pada korteks prefrontal, parietal, dan temporal serta peningkatan volume hipokampus (Hwang et al., 2017). Perubahan saraf ini disertai dengan kinerja superior pada tugas-tugas yang mengukur memori (Shi et al., 2022), fungsi

eksekutif, atensi (Stermer, 2019), dan kecerdasan global (Nanda et al., 2013).

Disamping berbagai penelitian yang menunjukkan adanya peningkatan kognitif setelah melakukan latihan fisik, terdapat penelitian lain yang tidak menemukan hubungan antara aktivitas fisik dan prestasi akademik pada dewasa muda (Ludyga et al., 2018). Snowden et al., dalam tinjauan sistematis terhadap 30 penelitian yang relevan, menunjukkan tidak ada peningkatan signifikan pada fungsi kognitif setelah diberikan latihan fisik pada usia dewasa muda (Stern et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh latihan fisik dalam meningkatkan fungsi kognitif tidak konsisten. Namun, protokol latihan yang digunakan dan fungsi kognitif yang diuji oleh berbagai peneliti tidak seragam. Oleh karena itu, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki efek latihan aerobik terhadap fungsi kognitif pada usia dewasa muda dengan pola hidup sedenter tanpa gangguan kognitif.

## 2. Metode

### 2.1 Desain Penelitian

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental dengan desain penelitian berupa pretest – posttest group design. Penelitian ini membandingkan fungsi kognitif usia dewasa muda yang mendapatkan intervensi latihan aerobik dan kontrol selama empat minggu. Pengukuran antropometri, fungsi kognitif, dan intervensi latihan dilakukan di laboratorium Fisioterapi Universitas Abdurrab. Pengukuran parameter tersebut dilakukan sebelum dan sesudah intervensi.

Kriteria inklusi dari penelitian ini yaitu usia 18-24 tahun. Kriteria eksklusi adalah mahasiswa yang melakukan olahraga berat dua kali per minggu selama  $\geq 30$  menit serta mahasiswa yang melaporkan adanya penyakit jantung, hati, ginjal, inflamasi, gangguan imun, asma, mengalami trauma, dan cedera.

Subjek secara acak masuk dalam dua kelompok yaitu kontrol dan latihan aerobik. Kelompok kontrol tidak melakukan sesi latihan. Latihan aerobik dilakukan dengan berlari selama 30 menit secara kontinu tanpa jeda (64-76% HRmax). Latihan aerobik dilakukan tiga hari per minggu selama empat minggu.

### 2.2 Prosedur Test

Denyut jantung diukur dengan menggunakan heart rate monitor. IMT menggunakan pengukuran antropometri yaitu perbandingan antara berat badan (BB) dan kuadrat dari tinggi badan (TB). Alat ukur yang digunakan untuk melakukan tes kognitif yaitu formulir Stroop Task Test.

### 2.3 Protokol Latihan Aerobik

Setiap subjek memulai latihan dengan lima menit pemanasan terlebih dahulu dengan cara berlari pada 50-55% HRmax yaitu denyut jantung maksimal yang diprediksi menurut usia sebagaimana ditentukan oleh persamaan berikut,  $HR_{max} = 220 - U(\text{usia})$ . Setelah pemanasan, kelompok latihan aerobik melakukan latihan selama 30 menit (64-76% HRmax). Latihan aerobik berakhir dengan lima menit pendinginan pada 50-55% HRmax. Sebelum dan sesudah latihan, subjek diharuskan melakukan peregangan sesuai dengan instruksi peneliti untuk menghindari cedera.

### 2.4 Analisis Data

Analisis statistik menggunakan IBM SPSS Statistic Program version 24, IBM, US. Shapiro–Wilk test digunakan untuk verifikasi normalitas data. Untuk menganalisis skor fungsi kognitif dilakukan uji paired sample t-test dan independent t-test. Nilai  $P < 0.05$  digunakan sebagai kriteria untuk signifikansi statistik.

### 3. Hasil

Karakteristik responden dapat dilihat berdasarkan kelompok distribusi data sampel yaitu kelompok kontrol dan kelompok yang diberikan latihan aerobik berdasarkan usia, tinggi badan, jenis kelamin, dan berat badan. Hasil deskriptif karakteristik sampel disajikan pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1 Karakteristik Responden**

	Kontrol		Latihan aerobik	
	PRE	POST	PRE	POST
Usia	19,6±1,17		19,2±0,79	
Tinggi Badan (m)	1,58±0,06		1,59±0,06	
Jenis Kelamin	7 F, 3 M		7 F, 3 M	
Berat Badan (kg)	55,8±6,76	56,1±7,14 <sup>a</sup>	56,7±10,39	56,7±10,45 <sup>a</sup>

*a Statistically different from PRE,  $p < 0,05$*

Tabel 1 menunjukkan hasil deskriptif karakteristik sampel yang meliputi usia, tinggi badan, jenis kelamin, dan berat badan. Jumlah subjek kelompok penelitian adalah 10 orang pada kelompok kontrol, dan 10 orang pada kelompok yang diberikan latihan aerobik. Kelompok kontrol terdiri dari 7 orang laki-laki dan 3 orang perempuan dengan rentang usia  $19,6 \pm 1,17$  orang. Rerata tinggi badan adalah  $1,58 \pm 0,06$  m dan rerata berat badan  $55,8 \pm 6,76$  (pre) dan  $56,1 \pm 7,14$  (post). Sedangkan Kelompok latihan aerobik terdiri dari 7 orang laki-laki dan 3 orang perempuan dengan rentang usia  $19,2 \pm 0,79$ . Rerata tinggi badan adalah  $1,59 \pm 0,06$  m dan rerata berat badan  $56,7 \pm 10,39$  (pre) dan  $56,7 \pm 10,45$  (post).

Dilakukan uji beda nilai kognitif dengan stroop task test sebelum dan sesudah terhadap masing-masing kelompok sampel yaitu kelompok kontrol dan kelompok latihan aerobik. Uji pengaruh disajikan pada tabel 2 berikut:

**Tabel 2 Distribusi Nilai Kognitif pada Kelompok Kontrol dan Latihan Aerobik**

Stroop Task	Kontrol		Latihan Aerobik	
	Pre	Post	Pre	Post
Set A (sec)	12,1±1,52	13,00±1,24	12,4±1,95	9,3±0,95 <sup>ab</sup>
Set B (sec)	11,9±1,6	13,2±1,5	11,7±1,4	9,8±1,13 <sup>ab</sup>
Set C (sec)	22,3±3,65	23,9±3,31	22,3±3,94	19,4±4,27 <sup>ab</sup>
Set D (sec)	31,3±8,11	33,3±7,93	34±8,96	24,3±5,06 <sup>ab</sup>

*Note: Values are express in mean ± SD; sec, seconds. Compared with PRE Aerobic Exercise: <sup>a</sup>  $p < 0.05$ , Compared to Control Group <sup>b</sup>  $p < 0.05$*

Berdasarkan tabel 2, hasil pengukuran fungsi kognitif dengan stroop task test menunjukkan bahwa waktu setelah latihan aerobik lebih singkat

dibandingkan sebelum latihan aerobik. Terdapat perbedaan fungsi kognitif yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok latihan aerobik ( $p < 0,05$ ).

#### **4. Pembahasan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh latihan aerobik terhadap fungsi kognitif pada usia dewasa muda dengan pola hidup sedenter. Temuan ini mendukung anggapan bahwa latihan aerobik dapat meningkatkan fungsi kognitif pada usia dewasa muda. Stroop task test digunakan untuk mengukur kinerja kognitif subjek, dan hanya kelompok latihan aerobik yang menunjukkan peningkatan nilai kognitif.

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat bukti potensial yang mendukung efek positif dari latihan aerobik terhadap fungsi kognitif pada usia dewasa muda. Penelitian menunjukkan bahwa latihan aerobik dapat meningkatkan ukuran otak yang kemudian dapat meningkatkan fungsi kognitif. Latihan aerobik dapat meningkatkan konsentrasi oksihemoglobin di prefrontal cortex (PFC), mengaktifkan saraf dan dengan demikian meningkatkan fungsi kognitif (Stermer, 2019).

Penelitian oleh Hansen Al dkk. & Hascelik Z dkk., melakukan program latihan aerobik selama 8 minggu dan hasilnya menunjukkan peningkatan waktu reaksi dan fungsi eksekutif. Dalam penelitian kami yang melibatkan program latihan aerobik pada treadmill selama 4 minggu dan menunjukkan peningkatan waktu penyelesaian Stroop task. Dalam penelitian Hopkins menyatakan bahwa plastisitas saraf berada pada puncaknya selama masa remaja dan sepanjang masa dewasa muda. Hal ini selanjutnya diikuti dengan latihan fisik, karena merangsang otak dan karenanya meningkatkan pemikiran, memori, dan pembelajaran yang lebih tinggi yang merupakan aspek penting dari kognitif. Hasil penelitian kami menunjukkan peningkatan fungsi kognitif setelah melakukan latihan aerobik konsisten dengan penelitian sebelumnya (Nanda et al., 2013).

Peningkatan fungsi kognitif setelah melakukan latihan aerobik didukung oleh mekanisme neurobiologis dan fisiologis yang melibatkan biomarker sentral dan perifer dari proses seluler dan molekuler, yang berinteraksi satu sama lain secara dua arah. Penelitian yang dilakukan pada hewan tikus wistar menunjukkan bahwa efek positif dari latihan fisik pada perilaku dan fungsi otak berhubungan dengan perubahan neurogenesis, peningkatan neurotransmitter, densitas neuronal spine, plastisitas sinaptik, dan ekspresi gen dan protein neurotropin (seperti brain-derived neurotrophic factor, BDNF) di sistem saraf pusat menggunakan uji neuroanatomi, seluler, dan molekuler. Penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan kognitif dari latihan aerobik berhubungan dengan perubahan aliran darah otak, neuro-inflammation, konektivitas saraf, volume grey matter, dan integritas white matter di sistem saraf pusat dan growth factor (seperti BDNF), arterial compliance, dan inflammatory marker (seperti, C-reactive protein; CRP) pada sistem saraf tepi (Ballester-Ferrer et al., 2022).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan BDNF yang dipicu oleh latihan aerobik di hipokampus dan korteks cerebri memainkan peran

penting dalam memediasi proses kognitif seperti memori dan pembelajaran dan fungsi eksekutif. Karena BDNF adalah neurotropin dengan fungsi penting dalam neuroplastisitas (seperti pembentukan dan fungsi sinapsis) dan neurogenesis, tindakan dominan BDNF menunjukkan peran latihan aerobik pada otak. Neuroplastisitas dipengaruhi oleh inflamasi saraf di mana kerja sitokin pro-inflamasi atau anti-inflamasi dapat mempengaruhi kemampuan sistem saraf untuk membentuk dan mengatur ulang koneksi sinaptik dan mempelajari perilaku baru. Efek dari inflamasi pada neuroplastisitas dan neurogenesis juga memiliki implikasi fungsional terhadap kognitif (Hwang et al.2017).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang muncul sehingga dapat memengaruhi validitas dan reliabilitas temuan. Ukuran sampel yang kecil pada penelitian ini dapat membatasi generalisasi temuan dan tidak dapat mewakili populasi yang lebih luas secara akurat. Selain itu, peneliti juga tidak mengontrol kebiasaan peserta penelitian diluar waktu penelitian, seperti makanan yang dikonsumsi, kebiasaan tidur, dan aktifitas fisik diluar waktu penelitian. Hal ini dapat memengaruhi hasil penelitian yang didapatkan.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan temuan penelitian ini, latihan aerobik memiliki dampak positif pada fungsi kognitif dan dapat disimpulkan bahwa latihan aerobik dapat meningkatkan fungsi kognitif pada usia dewasa muda dengan pola hidup sedenter. Pengaruh ini sangat bergantung pada prinsip FIT, yaitu frekuensi, intensitas, dan time (durasi waktu). Sebagai rekomendasi kedepannya, penelitian lebih lanjut sebaiknya menekankan pada jenis latihan yang berbeda pada intensitas yang berbeda, untuk mengetahui variasi efektivitas latihan fisik yang berbeda.

## 6. Daftar Pustaka

- Ballester-Ferrer, J. A., Bonete-López, B., Roldan, A., Cervelló, E., & Pastor, D. (2022). Effect of acute exercise intensity on cognitive inhibition and well-being: Role of lactate and BDNF polymorphism in the dose-response relationship. *Frontiers in Psychology*, 13(December), 1–13. [[Crossref](#)]
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Hillman, C. H., & Lubans, D. R. (2016). High- Intensity Interval Training for Cognitive and Mental Health in Adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(10), 1985–1993. [[Crossref](#)]
- Gerten, S., Engeroff, T., Fleckenstein, J., Füzéki, E., Matura, S., Pilatus, U., Vogt, L., Pantel, J., & Banzer, W. (2022). Deducing the Impact of Physical Activity, Sedentary Behavior, and Physical Performance on Cognitive Function in Healthy Older Adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13(January). [[Crossref](#)]
- Haverkamp, B. F., Wiersma, R., Vertessen, K., van Ewijk, H., Oosterlaan, J., & Hartman, E. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 38(23), 2637–2660. [[Crossref](#)]
- Hoffmann, C. M., Petrov, M. E., & Lee, R. E. (2021). Aerobic physical activity to improve memory and executive function in sedentary adults without cognitive

- impairment: A systematic review and meta-analysis. *Preventive Medicine Reports*, 23(October 2020), 101496. [[Crossref](#)]
- Hwang, J., Castelli, D. M., & Gonzalez-Lima, F. (2017). The positive cognitive impact of aerobic fitness is associated with peripheral inflammatory and brain-derived neurotrophic biomarkers in young adults. *Physiology and Behavior*, 179, 75–89. [[Crossref](#)]
- Kawabata, M., Gan, S. R., Goh, G., Omar, S. A. B., Oh, I. T. F., Wee, W. Q., & Okura, T. (2021). Acute effects of Square Stepping Exercise on cognitive and social functions in sedentary young adults: a home-based online trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13(1), 70–77. [[Crossref](#)]
- Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Pühse, U., & Colledge, F. (2018). Effects of Aerobic Exercise on Cognitive Performance Among Young Adults in a Higher Education Setting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(2), 164–172. [[Crossref](#)]
- Mekari, S., Earle, M., Martins, R., Drisdelle, S., Killen, M., Bouffard-Levasseur, V., & Dupuy, O. (2020). Effect of high intensity interval training compared to continuous training on cognitive performance in young healthy adults: A pilot study. *Brain Sciences*, 10(2). [[Crossref](#)]
- Nanda, B., Balde, J., & Manjunatha, S. (2013). The acute effects of a single bout of moderate- intensity aerobic exercise on cognitive functions in healthy adult males. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(9), 1883–1885. [[Crossref](#)]
- Nassif, N. (2020). Exercise on Cognitive Functions Among University Students : A Review *Fédération Internationale D ' É D u c a t i o n P h y s i q u e Physical Education in Universities Researches – Best Practices – Situation Miroslav Bobřík Branislav Antala Robin Pě l u c h a*. May.
- Olanrewaju, O., Stockwell, S., Stubbs, B., & Smith, L. (2020). Sedentary behaviours, cognitive function, and possible mechanisms in older adults: a systematic review. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(6), 969–984. [[Crossref](#)]
- Pastor, D., Ballester-Ferrer, J. A., Carbonell-Hernández, L., Baladzhaeva, S., & Cervello, E. (2022). Physical Exercise and Cognitive Function. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15). [[Crossref](#)]
- Quigley, A., MacKay-Lyons, M., & Eskes, G. (2020). Effects of Exercise on Cognitive Performance in Older Adults: A Narrative Review of the Evidence, Possible Biological Mechanisms, and Recommendations for Exercise Prescription. *Journal of Aging Research*, 2020. [[Crossref](#)]
- Riganello, F., Pearce, A., Lyons, K., Owen, A. M., Soddu, A. M., & Stojanoski, B. (2023). Differential effects of prolonged aerobic and resistance exercise on cognitive functioning in sedentary young adults. *BioRxiv*, 2004–2023.
- Shi, B., Mou, H., Tian, S., Meng, F., & Qiu, F. (2022). Effects of Acute Exercise on Cognitive Flexibility in Young Adults with Different Levels of Aerobic Fitness.

- International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(15).  
[[Crossref](#)]
- Singh-Manoux, A., & Kivimäki, M. (2010). The importance of cognitive ageing for understanding dementia. *Age*, 32(4), 509–512. [[Crossref](#)]
- Stenman, M., Pesola, A. J., Laukkanen, A., & Haapala, E. A. (2017). Effects of Two-Week High-Intensity Interval Training on Cognition in Adolescents - A Randomized Controlled Pilot Study. *Human Movement*, 18(2), 15–20. [[Crossref](#)]
- Stermer, R. A. (2019). The Effects of Acute Aerobic Exercise on Cognition among Young Adults. 4(3), 40–46. [[Crossref](#)]
- Stern, Y., Mackay-Brandt, A., Lee, S., McKinley, P., McIntyre, K., Razlighi, Q., Agarunov, E., Bartels, M., & Sloan, R. P. (2019). Effect of aerobic exercise on cognition in younger adults: A randomized clinical trial. *Neurology*, 92(9), E905–E916. [[Crossref](#)]
- Tuttor, M., von Stengel, S., Hettchen, M., & Kemmler, W. (2018). Stimulus Level during Endurance Training: Effects on Lactate Kinetics in Untrained Men. *Journal of Sports Medicine*, 2018, 1–10. [[Crossref](#)]
- Wendell, C. R., Gunstad, J., Waldstein, S. R., Wright, J. G., Ferrucci, L., & Zonderman, A. B. (2014). Cardiorespiratory fitness and accelerated cognitive decline with aging. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 69(4), 455–462. [[Crossref](#)]
- Williams, R. A., Dring, K. J., Morris, J. G., Sunderland, C., Nevill, M. E., & Cooper, S. B. (2022). Effect of two-weeks of school-based sprint training on physical fitness, risk factors for cardiometabolic diseases and cognitive function in adolescent girls: A randomized controlled pilot trial. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. [[Crossref](#)]
- Zhao, Y., Li, Y., Wang, L., Song, Z., Di, T., Dong, X., Song, X., Han, X., Zhao, Y., Wang, B., Cui, H. X., Chen, H., & Li, S. (2022). Physical Activity and Cognition in Sedentary Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Alzheimer's Disease*, 87(3), 957–968. [[Crossref](#)]