

## EFEKTIVITAS OLAHRAGA PADA PENINGKATAN *EXECUTIVE FUNCTION* PADA LANSIA: *SYSTEMATIC REVIEW*

### *EFFECTIVENESS OF EXERCISE IN IMPROVING EXECUTIVE FUNCTION IN OLDER ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW*

Sabrina Puti Afifah, Niswatul Faizah, Debora Debby Hanggoro, Rizki Indriana Wulan Savitri, Supra Wimbarti, Sri Kusrohmaniah

Fakultas Psikologi Universitas Gadjah Mada

sabrinaputiafifah@mail.ugm.ac.id\*, niswatulfaizah@mail.ugm.ac.id,  
deboradebbyhanggoro@mail.ugm.ac.id, rizkiindrianawulansavitri@mail.ugm.ac.id,  
supra@ugm.ac.id, koes\_psi@ugm.ac.id

#### ABSTRAK

Jumlah populasi lansia secara global tumbuh lebih cepat dibandingkan populasi usia muda, menghadirkan tantangan kesehatan seperti penurunan fungsi eksekutif yang penting untuk kemampuan kognitif seperti perencanaan dan pengambilan keputusan. Olahraga potensial sebagai intervensi untuk meningkatkan fungsi eksekutif pada lansia. Penelitian ini adalah *systematic literature review* yang menganalisis efektivitas olahraga terhadap fungsi eksekutif pada lansia. Analisis ini melibatkan 12 artikel penelitian eksperimen yang menyajikan hubungan objektif latihan olahraga terhadap setidaknya satu fungsi eksekutif, melibatkan partisipan berusia di atas 55 tahun, menggambarkan jenis latihan yang dilakukan, menjelaskan apakah latihan tersebut dikombinasikan dengan latihan lain, menggambarkan partisipan sebagai populasi sehat atau klinis, serta menyediakan pengukuran kuantitatif yang didukung metodologi statistik. Penelitian yang dikecualikan adalah yang tidak menggunakan kontrol, menggunakan laporan kualitatif atau spekulatif, latihan yang dilakukan tidak termasuk jenis olahraga, serta penelitian *review* dan meta-analisis. Hasil analisis menunjukkan bahwa olahraga meningkatkan fungsi eksekutif pada lansia. Jenis olahraga seperti *Baduanjin*, *mild exercise*, *square dance*, HIIT, aerobik kontinu, latihan kekuatan, *Otago*, *exergame*, bersepeda, kardio, *stretching toning*, *Tai Chi*, latihan fisik dan kognitif, *mind-body exercise*, serta olahraga beregu dan sendiri memberikan hasil signifikan. Program olahraga yang terstruktur dan teratur direkomendasikan untuk menjaga serta meningkatkan kemampuan perencanaan, pengambilan keputusan, dan kontrol diri pada lansia.

**Kata Kunci:** olahraga, fungsi eksekutif, lansia, kesehatan kognitif, tinjauan sistematis.

#### ABSTRACT

*The global population of older adults is growing faster than the younger population, presenting health challenges such as declines in executive function, which is crucial for cognitive abilities like planning and decision-making. Exercise is a potential intervention for improving executive function in older adults. This study is a systematic literature*

*review analyzing the effectiveness of exercise on executive function in older adults. The review includes 12 experimental research articles that objectively present the relationship between various forms of exercise and at least one executive function, involving participants over the age of 55, clearly describing the types of exercise performed, indicating whether exercises were combined with other activities, characterizing participants as either healthy or clinical populations, and providing quantitative measurements supported by statistical methodologies. Excluded studies were those lacking control, using qualitative or speculative reports, including activities not categorized as exercise, and review or meta-analysis studies. The analysis indicates that exercise improves executive function in older adults. Types of exercise such as Baduanjin, mild exercise, square dance, HIIT, continuous aerobics, strength training, Otago, exergame, cycling, cardio, stretching toning, Tai Chi, physical and cognitive exercises, mind-body exercise, and both individual and group activities show significant results. Structured and regular exercise programs are recommended to maintain and enhance planning, decision-making, and self-control abilities in older adults.*

**Keywords:** *exercise, executive function, elderly, cognitive health, systematic review.*

## PENDAHULUAN

Kemajuan dalam ilmu kesehatan dan peningkatan kualitas hidup telah menyebabkan peningkatan angka harapan hidup di seluruh dunia sehingga populasi lansia terus bertambah (World Health Organization, 2020). Lanjut usia yang kemudian sering disingkat dengan lansia memiliki kategori rentang usia dari 55-60 tahun atau lebih tua (Chen, Etnier, et al., 2020; Newmyer et al., 2022). Peningkatan populasi lansia ini menimbulkan dilema dalam memandang fenomena ini sebagai sesuatu yang positif sekaligus negatif. Melihat dari sisi positif, fenomena ini menunjukkan bahwa manusia bisa hidup lebih lama, namun di sisi lain lansia sering digambarkan sebagai tahapan perkembangan yang penuh tantangan (Sciubba, 2020).

Salah satu tantangan pada lansia adalah penurunan kognitif yang dapat mengganggu aktivitas sehari-hari (Boyle et al., 2021; Papalia & Martorell, 2021). Fungsi kognitif yang berperan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari disebut dengan *executive function*. Fungsi ini melibatkan kemampuan untuk merencanakan, memusatkan perhatian, mengingat instruksi, dan *multitasking* (Kalat, 2019). Pada lansia, penurunan *executive function* dapat mengakibatkan kesulitan dalam melakukan

tugas-tugas rutin, meningkatkan risiko jatuh, serta mempengaruhi kualitas hidup secara keseluruhan (Hunter et al., 2020; Jung et al., 2023; Toh et al., 2020).

Terdapat berbagai intervensi yang dikembangkan untuk mengatasi penurunan *executive function* pada lansia, salah satu yang paling banyak diteliti adalah olahraga (Zeng et al., 2023). Meskipun banyak studi menunjukkan bahwa latihan olahraga dapat berdampak positif pada *executive function*, hasil penelitian tidak selalu konsisten (Zheng et al., 2022). Variabilitas ini mungkin disebabkan oleh perbedaan dalam jenis latihan yang digunakan, durasi dan intensitas latihan, serta metode evaluasi *executive function* (Zimmer et al., 2021). Maka dari itu, tujuan dari artikel ini untuk melakukan *review* bukti terbaru terkait pengaruh olahraga terhadap *executive function* pada lansia.

*Executive function (EF)* merupakan kendali sadar terhadap pikiran, emosi, dan tindakan untuk mencapai tujuan atau memecahkan masalah (Papalia & Martorell, 2021). EF membuat seseorang mampu untuk memusatkan perhatian dan menjaga fokus, berpikir dan memecahkan masalah, membuat pilihan, disiplin, dan kontrol diri untuk mencegah perilaku impulsif atau bereaksi tanpa berpikir (Diamond, 2020). Terdapat tiga aspek utama dari EF yaitu *inhibition*, *working memory*, dan *cognitive flexibility* (Miyake et al., 2000). *Inhibitory* biasanya dikategorikan sebagai *self-control* dan *interference control*, *Working memory*, melibatkan penyimpanan informasi dalam pikiran dan bekerja secara mental dengan informasi tersebut, sedangkan *Cognitive flexibility* (disebut juga *mental flexibility*, *set shifting*, atau *task switching*), yaitu kemampuan mengubah cara pandang, mampu melihat sesuatu dari sudut pandang yang berbeda (Diamond, 2020). Ketiga aspek ini kemudian dibagi ke dalam fungsi-fungsi spesifik dari EF. Dalam literatur terbaru, EF dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan domain fungsinya yaitu yang berkaitan dengan emosi (*Hot EF*) atau murni berkaitan dengan aspek kognitif (*Cold EF*) (Salehinejad et al., 2021; Ward, 2019).

Manusia pada usia lanjut secara alami akan mengalami penurunan EF yang signifikan yang diakibatkan oleh penuaan (Lacreuse et al., 2020). Penurunan EF yang umum terjadi paling awal adalah *inhibition control*, *working memory*, dan *planning* (Ferguson et al., 2021). Penurunan EF akibat penuaan juga berkaitan dengan

berkurangnya *medial prefrontal cortex* pada otak (Ferguson et al., 2021). Penuaan juga dapat meningkatkan hipersensitivitas *white matter* pada otak yang berhubungan dengan memburuknya EF (Garnier-Crussard et al., 2020).

EF pada lansia dapat meningkat karena berbagai faktor seperti pola hidup sehat, faktor biologis, kualitas hubungan romantis, dan tingkat pendidikan yang tinggi (Raimundo et al., 2023). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa faktor biologis seperti bertambahnya usia tidak hanya berhubungan dengan menurunnya EF namun juga berkaitan dengan peningkatan EF (Veríssimo et al., 2021). Faktor lain yang mendukung peningkatan EF adalah melalui intervensi baik menggunakan obat-obatan, nutrisi, interaksi sosial maupun olahraga (Diamond, 2019).

Olahraga telah terbukti memengaruhi struktur otak lansia baik secara global maupun selektif. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa olahraga dapat meningkatkan volume otak dan integritas *white matter*, serta mengubah struktur regional seperti hipokampus (Chen, Hopman, et al., 2020). Olahraga juga memperbaiki penurunan kognitif pada lansia dengan gangguan kognitif sedang, termasuk fungsi kognitif global, EF, keterlambatan mengingat, kefasihan verbal, dan memori kerja (Biazus-Sehn et al., 2020).

Olahraga juga mampu memperbaiki penurunan kognitif pada orang lanjut usia yang mengalami gangguan kognitif sedang, perbaikan tersebut terjadi pada fungsi kognitif global, fungsi eksekutif, keterlambatan mengingat, kefasihan verbal, dan memori kerja (Biazus-Sehn et al., 2020). Pada lansia yang sehat ditemukan bahwa bentuk olahraga *Tai Chi*, aerobik, dan olahraga duduk meningkatkan kognisi lansia, termasuk perhatian eksekutif dan kelancaran verbal (Di Lorito et al., 2021). *Tai Chi*, khususnya, berkontribusi pada kebugaran motorik, ketangkasan, dan keseimbangan yang berdampak positif pada struktur otak, meskipun dampaknya tidak selalu langsung terhadap kemampuan kognitif (Chen, Hopman, et al., 2020; Gavelin et al., 2021). Aerobik juga berhubungan dengan peningkatan fungsi eksekutif dan memori pada lansia dengan dampak yang terlihat pada struktur kortikal dan subkortikal serta volume otak (Bliss et al., 2021; Chen, Hopman, et al., 2020).

Berdasarkan bukti ini, rutinitas olahraga harus dipertimbangkan sebagai strategi untuk mempertahankan dan meningkatkan EF pada lansia. Olahraga yang melibatkan aspek kognitif, seperti *Tai Chi*, dapat memberikan efek yang lebih kuat dibandingkan dengan olahraga fisik saja pada lansia dengan gangguan kognitif sedang (Biazus-Sehn et al., 2020). Untuk lansia yang sehat secara kognitif, olahraga teratur dapat memperbaiki *working memory*, fleksibilitas kognitif, dan *inhibitory control* (Xiong et al., 2021). Mengingat terdapat variasi efek berdasarkan intensitas, volume, dan jenis olahraga, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami peran moderator ini dalam struktur otak dan kemampuan kognitif lansia. Hipotesis penelitian ini adalah olahraga dapat meningkatkan EF pada lansia, yang mencakup kefasihan verbal, perhatian, *inhibitory control*, dan memori kerja dengan memperhatikan jenis olahraga, volume, dan intensitas.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review*, yaitu pencarian sumber informasi dan data penelitian yang relevan menggunakan aplikasi dan *website*, seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *Scopus*, dan *Crossref* sebagai sumber informasi utama karena cakupan yang dianggap lebih luas jika dibandingkan indeks lainnya. Basis data ini dengan cangkupan literatur ilmiah yang komprehensif dan strategi pencarian menggunakan kata kunci yang terkait dengan topik penelitian, yaitu "*exercise*"; "*physical training*"; "*older adults*" yang dikombinasikan dengan "*attention*", "*memory*", "*executive functions*", "*cognition*" dan istilah terkait lainnya. Kemudian, peneliti menganalisis artikel-artikel terkait *executive function* yang dikumpulkan menggunakan aplikasi *Publish or Perish (PoP)*. Hal ini untuk memastikan diperolehnya kembali informasi dan data yang secara khusus membahas eksperimen mengenai *executive functions* pada lansia. Pencarian dibatasi pada literatur yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir dari Januari 2019 hingga Mei 2024. Hal ini untuk memastikan relevansi dan ketepatan waktu sumber-sumber tersebut, sehingga memungkinkan untuk memasukkan kontribusi ilmiah terkini dengan tetap mencakup literatur yang cukup luas.

Penelitian yang dimasukkan harus memenuhi kriteria: 1) merupakan penelitian eksperimen, 2) menyajikan hubungan objektif dari latihan olahraga dalam bentuk apapun terhadap setidaknya satu *executive function*, 3) melibatkan partisipan dengan usia di atas 55 tahun, 4) secara jelas menggambarkan jenis latihan olahraga yang dilakukan sehingga jelas membedakan antara satu artikel dengan artikel lain, 5) menggambarkan dengan jelas apakah jenis latihan olahraga dikombinasikan dengan latihan lain, 6) menggambarkan partisipan merupakan populasi sehat atau populasi klinis, 7) menyediakan pengukuran kuantitatif yang didukung dengan metodologi statistik. Kriteria artikel penelitian yang tidak dimasukkan adalah: 1) percobaan tidak menggunakan kontrol, 2) menggunakan laporan kualitatif, 3) menggunakan laporan spekulatif, 4) latihan yang dilakukan tidak termasuk jenis olahraga, 5) penelitian *review* dan *meta-analysis*.

Hasil utama yang diharapkan adalah evaluasi efek dari berbagai jenis program latihan olahraga terhadap *executive function*. Jika informasi tersebut dijelaskan dalam artikel yang ditinjau, peneliti juga mengeksplorasi apakah latihan olahraga tertentu terkait peningkatan dalam bagian spesifik dari EF.

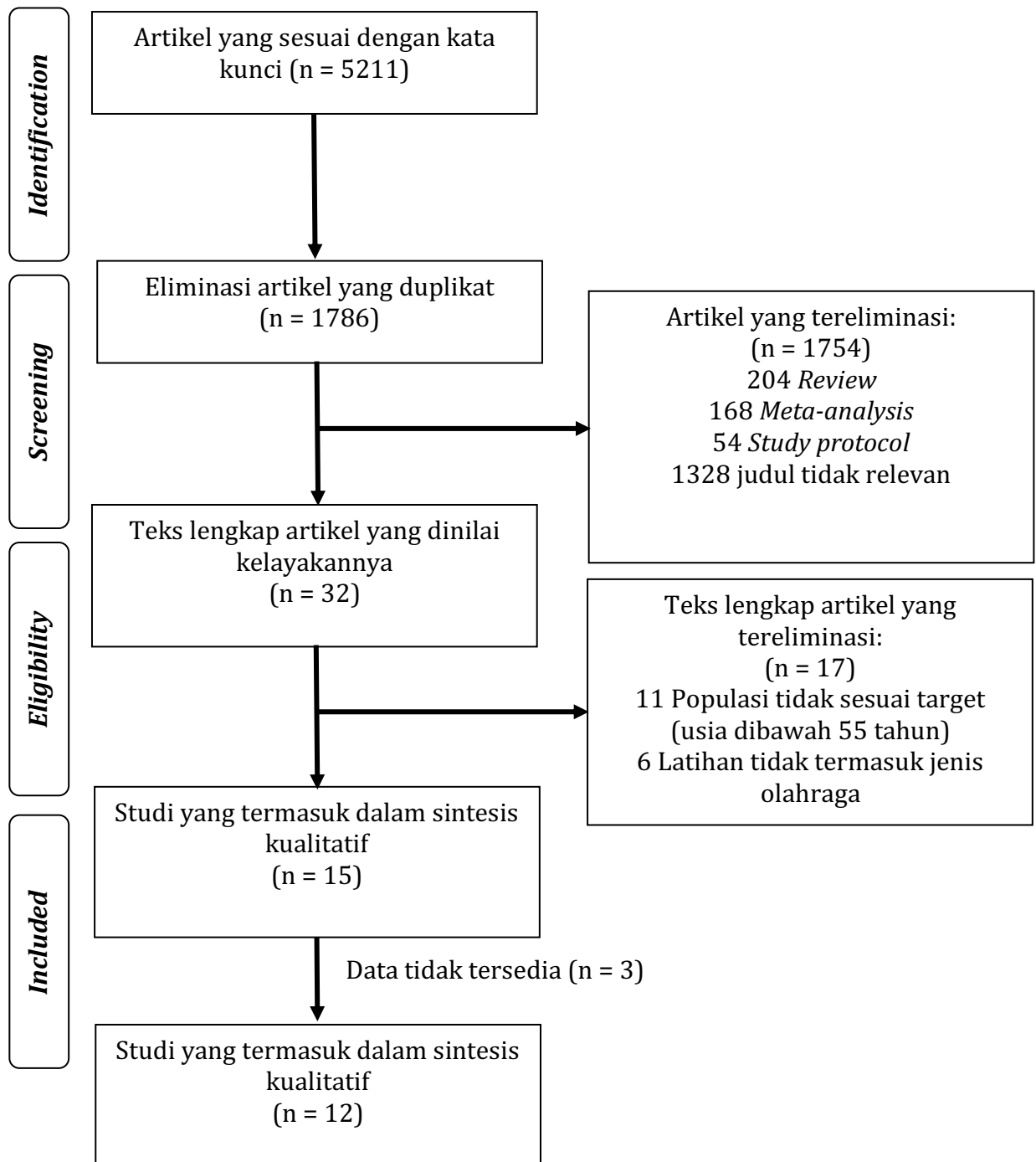
Semua data diekstraksi secara independen oleh para penulis dari laporan asli. *Reviewer* utama terdiri dari 4 penulis yaitu SPA, NF, DH, dan REWS. Hasil review kemudian dikonsultasikan kepada *reviewer* SW dan SK selaku pembimbing dalam penelitian ini. Hasil utama dikelompokkan menjadi 8 bagian, yaitu penulis dan tahun terbit artikel, metode yang digunakan, kriteria usia subjek, jumlah subjek, jenis olahraga, instrumen pengukuran, hasil, dan domain.

## HASIL PENELITIAN

Hasil pencarian asli didapatkan 5211 artikel yang sesuai dengan kata kunci yang dimasukkan. Dari keseluruhan hasil pencarian 5179 artikel dieliminasi karena tidak sesuai dengan pembahasan mengenai efek olahraga atau aktivitas fisik terhadap *executive function* pada orang dewasa dengan usia lebih tua sehingga menyisakan 32 artikel yang sesuai dengan kebutuhan. Artikel-artikel tersebut kemudian diseleksi kembali dengan membaca abstrak dan menyesuaikan dengan kriteria penelitian

sehingga terpilih 12 artikel yang kemudian dilakukan revidi sistematis dengan hasil yang ditunjukkan pada tabel 1. Gambar 1 menunjukkan alur proses seleksi artikel berdasarkan metode PRISMA (Page et al., 2021).

Artikel penelitian yang dilibatkan merupakan penelitian eksperimen dengan 7 diantaranya menggunakan desain *Randomized Control Trial* (RCT) dan 5 lainnya menggunakan desain *Controlled Trial* (CT). Usia partisipan pada artikel penelitian yang direview adalah 55-99 tahun, 11 artikel melibatkan partisipan yang sehat dan 1 artikel melibatkan partisipan dengan kondisi demensia ringan. 12 Olahraga yang diberikan kepada partisipan beragam terdiri dari *Baduanjin exercise*, *Mild exercise (ME)*, *Square dance exercise*, *High-intensity interval training (HIIT)*, *Continuous aerobic*, *Progressive aerobic*, *Lower and upper body strength training exercises*, *Otago exercise program*, *Exergame* (latihan permainan) dan Sepeda, *Cardio* dan latihan beban, Aerobik dan *stretching toning exercise*, *Tai Chi exercise training*, Olahraga fisik dan Kognitif, *mind-body exercise*, serta Olahraga beregu dan sendiri. Instrumen pengukuran yang dilakukan bervariasi, dibagi menjadi instrumen yang mengukur EF, fungsi kognitif, kondisi kesehatan fisik dan psikologis, serta mengukur aktivitas fisik. Penjelasan mengenai instrumen pengukuran yang digunakan digambarkan pada tabel 2.



Gambar 1. Diagram PRISMA

**Table 1.** Hasil Ekstraksi Data dalam Matrix

Penulis, tahun terbit	Metode	Kriteria Subjek	Jumlah subjek	Jenis Olahraga	Alat ukur yang digunakan	Hasil	Kelompok
(X. Wang et al., 2024)	Eksperimen RCT	> 60 tahun Sehat	n=120 60 <i>Baduanjin exercise</i> 60 Kontrol	<i>Baduanjin exercise</i>	- <i>Clock Drawing Test</i> - <i>Verbal Fluency Test</i> - <i>Trail Making Test-A/B</i> - <i>Stroop Test</i> - <i>Montreal Cognitive Assessment</i> - <i>Edmonton Frailty Scale</i>	Intervensi meningkatkan fungsi kognitif global, serta efektif dan aman meningkatkan kelemahan kognitif dan fungsi eksekutif orang dewasa yang lebih tua.	<i>Baduanjin</i> EF & kognitif
(Byun et al., 2023)	Eksperimen RCT	55-80 tahun Sehat	n=81 41 <i>Mild exercise</i> 40 Kontrol	<i>Mild-exercise (ME)</i>	- <i>Color-Word Matching Tasks</i> - <i>Stroop Interference (SI)</i>	Intervensi meningkatkan efisiensi saraf terkait korteks sark prefrontal terutama pada lansia, seperti olahraga ringan secara teratur (berjalan kaki)	<i>Mild-exercise (ME)</i> EF & efisiensi
(H. Wang et al., 2024)	Eksperimen RCT	60-69 tahun Sehat	n=60 30 Eksperimen 30 Kontrol	<i>lansia Square dance exercise</i>	- <i>Overall cognitive function test: Montreal Cognitive Assessment scale</i> - <i>Measurements of physical fitness: China's National Physical Fitness Standard (Seniors)</i>	1. Latihan <i>square dance</i> meningkatkan <i>executive function</i> usia lanjut dengan <i>mild cognitive impairment (MoCA)</i> 2. Latihan <i>square dance</i> dapat meningkatkan <i>balance ability</i> pada usia lanjut, yang terkait erat dengan fungsi kognitif. 3. <i>Executive function</i> memediasi hubungan antara latihan <i>square dance</i> dan fungsi kognitif. 4. Latihan <i>square dance</i> meningkatkan <i>executive function</i> secara keseluruhan pada usia	EF & balance ability (MCI)

lanjut usia dengan MCI, yang dicapai melalui efek mediasi berantai yang melibatkan *physical fitness* dan *executive function*.

(Balbim et al., 2024)	Eksperimen RCT	55-65 tahun Sehat	n= 12 Eksperimen 11 Kontrol	23 - <i>High-intensity interval training</i> (HIIT) - <i>Continuous aerobic</i> - <i>Progressive aerobic</i> - <i>Lower and upper body strength training exercises</i>	- <i>Flanker Inhibitory Control (congruent rest and incongruent) function</i> - <i>Dimensional Change Card Sort Test (DCCS)</i>	Pemberihan latihan selama <i>bed</i> akan menjaga kemampuan pemrosesan kognitif. namun tidak mempercepat kemampuan kognitif.	EF & kognitif
(Jehu et al., 2023)	Eksperimen RCT	> 55 tahun Demensia	n= 21 Eksperimen 21 Kontrol	42 <i>Otago exercise program</i>	- <i>Color-Word Stroop Test</i> - <i>The Montreal Cognitive Assessment (MoCA)</i>	OEP yang disesuaikan dengan perawatan biasa mungkin merupakan strategi intervensi yang layak untuk meningkatkan fungsi eksekutif dibandingkan dengan hanya perawatan biasa saja di antara orang-orang yang tinggal dengan demensia yang tinggal di fasilitas perawatan residensial, namun investigasi lebih lanjut masih diperlukan.	EF
(Hou et al., 2023)	Eksperimen RCT	60-80 tahun Sehat	n=128 41 <i>Exergae Intervensi</i> 44 <i>Bycicle</i>	<i>Exergame</i> (latihan permainan) dan Sepeda	- <i>N-Back task</i> - <i>Trail Making Test (TMT)</i> - <i>Stroop task</i>	Intervensi <i>exergame</i> & intervensi latihan sepeda meningkatkan kinerja memori kerja pada orang dewasa yang lebih tua dengan	Memori & Kognitif

			Intervensi 43 Kontrol		hipertensi, tetapi tidak meningkatkan kemampuan inhibisi atau fleksibilitas kognitif.
(Ho et al., 2023)	Eksperimen CT	85-99 tahun Sehat	60 Eksperimen 66 Eksperimen 58 Kontrol	<i>Cardio</i> dan latihan beban CHAMPS TICS-M MoCA NIH-TB <i>Letter/semantic fluency</i> <i>Stroop</i> <i>Color-Word inhibition test</i> <i>WAIS-IV Coding and Symbol Search tests.</i>	Signifikan terhadap peningkatan Kognitif & kinerja dalam aspek kognitif EF seperti kecepatan pemrosesan dan fungsi eksekutif
(Tarumi et al., 2022)	Eksperimen CT Perbandingan	60-80 tahun Sehat	25 Eksperimen 25 Eksperimen 23 Kontrol	<i>Aerobic dan stretching toning exercise</i> <i>Neuropsychological and CRFassessments</i>	Signifikan meningkatkan kinerja Kognitif & kognitif tetapi tidak mencegah Volume hilangnya volume otak pada orang lanjut usia yang sehat dan tidak banyak bergerak. Peningkatan kebugaran kardiorespirasi berkorelasi positif dengan kinerja kognitif dan ketebalan kortikal regional
(Lv et al., 2022)	Eksperimen CT	55-79 tahun Sehat	Uji coba 1 104 Eksperimen 139 Kontrol  Uji coba 2 45 Eksperimen 37 Kontrol	<i>Tai exercise training</i> <i>Chi Word-color task</i> <i>Digit Stroop task</i> <i>Visual-spatial updating task</i> <i>Backward digit-span test</i> <i>Dots-triangles task</i> <i>Digit switch task</i>	Signifikan terhadap kemampuan <i>Flexibility updating</i> dan menguatkan fungsi <i>inhibition</i>

(Pellegrini-Laplagne et al., 2023)	Eksperimen CT	> 55 tahun Sehat	7 Eksperimen 11 Eksperimen 17 Eksperimen	Olahraga fisik Kognitif Keduanya	MoCA BDI Stroop TMT Rey words Digit Substitution Test N-back BRS test	Signifikam latihan fisik dan EF pelatihan kognitif yang dilakukan secara simultan lebih efektif dalam meningkatkan kinerja eksekutif dibandingkan dengan masing-masing modalitas pelatihan saja.
(Ullmann et al., 2021)	et Eksperimen RCT	65-85 tahun Sehat	36 Eksperimen 36 Eksperimen 36 Kontrol	Latihan fisik dan mind-body exercise	NIH Toolbox	Signifikan terhadap peningkatan EF fungsi eksekutif
(Chen et al., 2019)	et al., Eksperimen CT	Lansia rata-rata 58.40 tahun	10 Eksperimen 10 Eksperimen 10 Kontrol	Olaharaga beregu dan sendiri	Physical Assessment & fMRI	Signifikan terhadap kondisi fisik, Fisik, daya ingat dan aktivitas saraf yang <i>memory</i> & lebih tinggi di daerah prefrontal saraf dan <i>hipocampus</i>

**Tabel 2.** Instrumen Pengukuran Neuropsikologis yang disebutkan dalam Manuskrip

Domain	Instrumen	Pengukuran
Executive Functions	Stroop Task	Mengukur kemampuan kendali <i>inhibitory</i> , yaitu penghambatan respons otomatis.
	- Color-word Stroop Test	
	- Stroop Interference (SI)	
	- Digit Stroop Task	
	Flanker Inhibitory Control (congruent and incongruent)	Mengukur kemampuan untuk mengendalikan perhatian dan menghambat gangguan, dengan membedakan respons terhadap stimulus yang sesuai ( <i>congruent</i> ) dan tidak sesuai ( <i>incongruent</i> ).
	Dimensional Change Card Sort Test (DCCS)	Mengukur kemampuan untuk mengalihkan perhatian dan fleksibilitas kognitif dengan meminta peserta untuk mengurutkan kartu berdasarkan dimensi yang berubah.
	N-Back Task	Mengukur memori kerja dengan meminta peserta untuk memantau serangkaian rangsangan dan merespons ketika rangsangan saat ini cocok dengan yang disajikan n langkah sebelumnya.
	Letter/Semantic Fluency	Mengukur kemampuan untuk menghasilkan kata-kata berdasarkan huruf awal ( <i>letter fluency</i> ) atau kategori semantik ( <i>semantic fluency</i> ).
	Verbal Fluency Test	Mengukur kemampuan menghasilkan kata-kata dalam kategori tertentu dalam waktu terbatas.
	Visual-spatial Updating Task	Mengukur kemampuan untuk memperbarui dan memanipulasi informasi visual-spasial.
	Backward Digit-span Test	Mengukur memori kerja dengan meminta peserta mengulang urutan angka dalam urutan terbalik.
	Dots-triangles Task	Mengukur memori kerja visual-spasial dan kemampuan untuk memperbarui informasi.
	Digit Switch Task	Mengukur kemampuan untuk beralih antara tugas numerik yang berbeda.
Clock Drawing Test	Mengukur fungsi eksekutif, kemampuan visual spasial, dan memori dengan meminta peserta untuk menggambar jam yang menunjukkan waktu tertentu.	
Trail Making Test (TMT)	Mengukur fleksibilitas mental, pemrosesan visual, dan kecepatan psikomotor dengan menghubungkan titik-titik dalam urutan tertentu.	
Fungsi kognitif	WAIS-IV (Wechsler Adult Intelligence Scale)	Mengukur kecepatan pemrosesan dan kemampuan visual-motorik dengan



	- <i>Coding</i> - <i>Symbol Search</i>	mencocokkan simbol dengan angka dalam waktu tertentu. Mengukur kecepatan pemrosesan dan kemampuan pemindaian visual dengan menentukan apakah simbol target ada dalam sekelompok simbol dalam waktu tertentu.
	fMRI ( <i>Functional Magnetic Resonance Imaging</i> )	Meneliti fungsi otak, memahami gangguan neurologis dan psikiatris, dan memetakan area otak yang terlibat dalam tugas-tugas tertentu.
	<i>Rey Words Test</i>	Menilai fungsi memori verbal untuk mendiagnosis gangguan kognitif dan memori, serta mengevaluasi efek dari intervensi kognitif.
Aktivitas Fisik	CHAMPS ( <i>Community Healthy Activities Model Program for Seniors</i> )	Mengukur tingkat aktivitas fisik untuk membantu mengidentifikasi kebutuhan intervensi dan mempromosikan gaya hidup sehat di kalangan lansia.
	<i>China's National Physical Fitness Standard Manual (Seniors)</i>	Penilai berbagai komponen kebugaran fisik seperti kekuatan, fleksibilitas, keseimbangan, dan daya tahan untuk mengidentifikasi status kebugaran dan kebutuhan latihan pada lansia.
	<i>Physical Fitness Assessment</i>	Mengevaluasi kondisi fisik individu untuk tujuan kesehatan, kebugaran, dan perencanaan program latihan.
Kesehatan Umum	<i>Edmonton Frailty Scale</i>	Mengidentifikasi tingkat kerapuhan untuk intervensi dan perawatan yang tepat pada lansia.
Penilaian Psikologis	BDI ( <i>Beck Depression Inventory</i> )	Mengidentifikasi dan mengukur intensitas depresi pada individu, serta memantau perubahan selama perawatan.
	BRS ( <i>Brief Resilience Scale</i> )	Menilai tingkat ketahanan individu dalam menghadapi stres dan kesulitan hidup.

## DISKUSI

### Peningkatan *Executive Functions*

*Executive Function* telah diselidiki dalam berbagai studi eksperimental yang menunjukkan manfaat latihan fisik dan intervensi pikiran-tubuh pada lansia. Sebagai contoh penelitian terkini, menemukan bahwa latihan rutin Baduanjin selama 24 minggu secara signifikan menurunkan skala kelemahan fisik, meningkatkan kemampuan kognitif dan *executive function* pada lansia, terutama *cognitive flexibility* dan *working memory* (X. Wang et al., 2024). Selain itu, intervensi *mild-exercise* (ME) selama 3 bulan dapat meningkatkan *executive function* pada orang dewasa paruh baya dan lanjut usia (Byun et



al., 2023). Lebih lanjut, terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa latihan *square dance* efektif terhadap meningkatkan *executive function* pada lansia dengan *Mild Cognitive Impairment* (MCI) yang dimediasi oleh *balance ability* (Wang et al. 2024)

Sementara itu, latihan rutin selama *bed rest* dapat menjaga *executive function* meskipun tidak mempercepat kemampuan pemrosesan kognitif (Balbim et al., 2024) Penelitian Jehu et al. (2023) menunjukkan bahwa *Otago Exercise Program* (OEP) berkolaborasi dengan perawatan biasa akan menjadi strategi intervensi yang tepat untuk meningkatkan *executive function* dibandingkan hanya perawatan biasa pada lansia demensia yang tinggal di fasilitas perawatan residensial. Selain itu, intervensi *exergame* dan latihan sepeda juga dapat meningkatkan *executive function* pada lansia dengan hipertensi (Hou et al., 2023). Sedangkan, Ho et al. (2023) melaporkan bahwa kombinasi olahraga atau latihan aerobik dan ketahanan akan meningkatkan pemrosesan dan *executive function*. Penelitian tersebut sejalan dengan hasil temuan Tarumi et al. (2022), bahwa latihan aerobik dan intervensi peregangan dapat meningkatkan *executive function*.

Demikian pula, penyelidikan secara *cross-sectional* dan intervensi pelatihan *longitudinal* oleh Lv et al. (2022) menunjukkan bahwa latihan *Tai Chi* berkontribusi meningkatkan *executive function*, terutama aspek *inhibition* pada lansia sehat. Pellegrini-Laplagne et al. (2022) juga menunjukkan bahwa kombinasi latihan fisik dan latihan kognitif yang dilakukan secara simultan akan lebih efektif meningkatkan *executive function* dibandingkan latihan terpisah. Temuan tersebut mendukung bahwa berolahraga secara teratur telah menunjukkan efek menguntungkan pada kesehatan kognitif, terutama pada *executive function* (Ullmann et al., 2021), serta individu dengan pengalaman olahraga menunjukkan peningkatan *executive function* terutama pada *working memory* dan kebugaran fisik pada orang dewasa paruh baya akhir dibandingkan dengan mereka yang melakukan latihan tidak teratur (Chen et al., 2019). Akhirnya, temuan-temuan ini mendukung gagasan bahwa olahraga rutin memiliki efek menguntungkan pada kesehatan kognitif, terutama pada *executive function*.



## **Peningkatan Aspek Executive Functions**

### ***Working Memory***

*Working Memory* mengacu pada proses pemeliharaan dan transformasi informasi yang merupakan salah satu komponen inti fungsi kognitif. Hal ini terkait dengan banyak kemampuan kognitif tingkat tinggi dan memainkan peran yang sangat penting dalam pembelajaran dan kehidupan sehari-hari (Yang et al., 2020). Intervensi *exergame* dan intervensi bersepeda mampu meningkatkan kinerja *working memory* kerja pada lansia dengan hipertensi tetapi tidak meningkatkan penghambatan atau fleksibilitas kognitif (Hou et al., 2023). Mekanismenya adalah adanya aktivasi kognitif yang disebabkan oleh aktivitas yang membutuhkan keterampilan dan interaksi mendorong individu memproses persepsi, memori, dan pengambilan keputusan (Jawis et al., 2021).

Didukung oleh penelitian lain, kelompok lansia yang mengikuti olahraga akan menunjukkan adanya aktivasi yang lebih besar pada *inferior frontal gyrus* kiri, *anterior cingulate gyrus*, *supplementary motor area* kiri, thalamus kiri, dan hipokampus kanan yang mendukung tugas *working memory* (Chen et al., 2019). Melalui sudut pandang neurologi, olahraga dinilai dapat mengaktifkan *Brain-derived neurotrophic factor* (BDNF) yang bertanggung jawab terhadap proses memori. *Exergames* dapat meningkatkan konsentrasi BDNF yang memicu lansia memiliki kemampuan mengingat tertunda yang meningkat, selain melalui BDNF, peningkatan aliran daerah karena adanya *exergames* mampu meningkatkan kemampuan memori lansia (Yang et al., 2020).

### ***Balance Ability***

Keseimbangan adalah kemampuan tubuh ketika perlu menyesuaikan dan mempertahankan postur tubuh ketika bergerak atau mendapatkan kekuatan eksternal, kemampuan tubuh tersebut berupa koordinasi dan integrasi rangsangan proprioseptif dan visual dari organ vestibular, otot, tendon, dan sendi, maka dari itu, kemampuan keseimbangan pada lansia akan menurun yang dapat menyebabkan defisit kinerja kognitif (H. Wang et al., 2024). Pada penelitian Wang (2019) mengenai efek positif dari *square dancing* pada fungsi kognitif juga ditemukan pada penelitian lain yang menyebutkan bahwa *square dancing* dapat meningkatkan kognisi secara signifikan pada



individu dengan gangguan kognitif sedang karena gerakan *dance* yang berulang dapat membantu lansia mempelajari teknik memori (S. Wang et al., 2020).

Mekanisme pengaruh olahraga, terutama *square dancing* dapat dijelaskan melalui teori kognisi dikonstruksi yang menyatakan bahwa pemikiran manusia, persepsi, dan proses pengolahan pengetahuan dapat dihasilkan karena adanya gerakan tubuh, sensasi, dan pengalaman fisik, melalui pengalaman fisik tersebut akan ada dorongan perubahan konektivitas antara korteks prefrontal dan hipokampus yang memainkan peran penting dalam pengaturan memori kerja, fungsi eksekutif dan fleksibilitas, pembentukan memori jangka panjang dan kognisi spasial (H. Wang et al., 2024).

### **Fleksibilitas Kognitif**

Fleksibilitas kognitif didefinisikan sebagai kemampuan untuk menyesuaikan perilaku secara tepat dan efisien ketika merespon perubahan lingkungan, kemampuan tersebut penting bagi tiap individu termasuk lansia, termasuk pada aspek kesehatan mental dan fisik, perkembangan sosial, dan mempertahankan otonomi fungsional (Contreras-Osorio et al., 2022). Olahraga—seperti *Tai Chi*—mengharuskan individu untuk mengendalikan setiap gerakan tubuh secara sadar sehingga individu akan menekan informasi yang mengganggu dan memusatkan perhatian pada setiap perilakunya dengan memperlambat gerakan. Melalui olahraga tersebut individu dapat mengalami peningkatan kinerja fungsi eksekutif melalui mekanisme perubahan fungsi *lobus prefrontal* yang juga meningkatkan kecerdasan cair (Lv et al., 2022). Perubahan korteks prefrontal berperan terhadap fleksibilitas lansia juga ditemukan pada penelitian sebelumnya (H. Wang et al., 2024). Hal ini juga didukung oleh penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa mobilitas dan aktivitas fisik mendorong individu untuk terlibat dalam situasi yang menuntut aspek sosial dan kognitif sehingga dapat membantu mempertahankan kognisi (Berryman et al., 2013).

### **Inhibitory Control**

*Inhibitory control* digolongkan sebagai fungsi kognitif yang bertugas untuk menekan atau mengendalikan respon dominan atau prepoten terhadap informasi tugas yang tidak



relevan baik secara internal maupun eksternal supaya individu dapat fokus pada tugas yang relevan (Kang et al., 2022; Lv et al., 2022). Olahraga seperti *Tai Chi* ditemukan menjadi faktor protektif pada lansia untuk melawan efek negatif penuaan pada fungsi *inhibitory control* yang berpengaruh terhadap kinerja kognitif. Efek tersebut dapat terjadi karena olahraga *Tai Chi* mengharuskan individu untuk melakukan kendapi terhadap setiap gerakan tubuh, menekan informasi yang mengganggu, dan mengalokasikan perhatian pada setiap tindakan, dan mengatur lambatnya gerakan, keharusan tersebutlah yang mendorong aktivasi *inhibitory control* (Lv et al., 2022). Penelitian lain juga menyatakan bahwa mekanisme olahraga dapat mempengaruhi *inhibitory control* adalah dengan adanya peningkatan aktivasi otak di lobus frontal kiri yang juga memiliki peran penting untuk mengendalikan fungsi eksekutif (Yang et al., 2020). Maka dari itu, *inhibitory control* memiliki peran penting bagi lansia supaya mengalami kesejahteraan, sehat mental, dan menekan penyakit neurologis (Dhir et al., 2021).

### **Implikasi Klinis**

Penelitian Chen et al., (2019) menunjukkan bahwa orang yang rutin berolahraga, terutama dalam olahraga dengan keterampilan terbuka (basket, tenis, tenis meja, dan badminton) dan tertutup (*jogging*, bersepeda, dan renang) mengalami peningkatan kebugaran fisik dan daya ingat kerja (*Working Memory*) dibandingkan dengan kelompok yang berolahraga tidak teratur. Penelitian ini melakukan asesmen menggunakan fMRI menunjukkan kelompok yang berlatih keterampilan terbuka memiliki aktivitas saraf lebih tinggi di daerah *prefrontal* dan ACC, yang menunjukkan mekanisme kompensasi untuk mengatasi penurunan fungsi otak terkait usia. Aktivitas saraf lebih besar di *hippocampus* juga terlihat pada kelompok latihan keterampilan terbuka yang menunjukkan dampak positif yang lebih besar terhadap fungsi hipokampus pada lansia. Hasil ini mendukung bahwa olahraga dapat meningkatkan kesehatan kognitif dan memperbaiki *working memory* pada orang dewasa paruh baya, serta menyarankan bahwa berbagai jenis latihan dapat efektif dalam mengatur fungsi frontal dan hipokampus yang penting dalam merancang program latihan dan intervensi untuk populasi lansia di masa depan.



Olahraga juga menunjukkan perkembangan pada otak, penelitian menunjukkan bahwa intervensi latihan ringan (ME) selama 3 bulan meningkatkan fungsi eksekutif dan efisiensi saraf terkait korteks prefrontal pada lansia, khususnya dalam waktu respons selama pelaksanaan tugas (Byun et al., 2023). Studi ini menunjukkan bahwa olahraga ringan secara teratur, seperti berjalan kaki, layak dan efektif untuk meningkatkan fungsi eksekutif pada orang dewasa yang lebih tua. Latihan aerobik dan intervensi peregangan selama satu tahun juga meningkatkan kinerja kognitif tetapi tidak mencegah hilangnya volume otak pada orang lanjut usia yang sehat dan tidak banyak bergerak. Peningkatan kebugaran kardiorespirasi berkorelasi positif dengan kinerja kognitif dan ketebalan kortikal regional (Tarumi et al., 2022).

Olahraga juga dapat meningkatkan EF pada partisipan yang memiliki kondisi penyakit. Misalnya pada lansia dengan hipertensi menunjukkan bahwa kedua kelompok eksperimen yang diberikan intervensi *exergame* menunjukkan peningkatan signifikan pada memori kerja dibandingkan dengan kelompok kontrol (Hou et al., 2023). Namun, tidak ada perbedaan signifikan pada tekanan darah atau fungsi kognitif lainnya antara kelompok intervensi dan kontrol setelah 16 minggu pelatihan. Selain itu, pada lansia dengan demensia yang diberikan intervensi *Otago Exercise* menunjukkan bahwa OEP yang disesuaikan ditambah perawatan biasa merupakan strategi intervensi yang layak untuk meningkatkan fungsi eksekutif dibandingkan dengan hanya perawatan biasa saja di antara orang-orang yang tinggal dengan demensia di fasilitas perawatan residensial, namun investigasi lebih lanjut masih diperlukan (Jehu et al., 2023).

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Olahraga terbukti efektif dalam meningkatkan fungsi eksekutif (EF) pada lansia, dengan berbagai jenis latihan menunjukkan manfaat signifikan pada aspek EF seperti *cognitive flexibility*, *working memory*, dan *inhibitory control*. Mekanisme peningkatan ini melibatkan aktivasi kognitif dan peningkatan *Brain-derived neurotrophic factor* (BDNF). Latihan aerobik dan kombinasi latihan fisik serta kognitif juga efektif dalam meningkatkan kesehatan kognitif secara keseluruhan, menjadikan olahraga rutin strategi yang layak dan efektif untuk menjaga dan meningkatkan EF pada lansia, terutama bagi mereka dengan kondisi kognitif yang menurun.



Meskipun studi ini telah memberikan wawasan mengenai efektivitas berbagai jenis olahraga dalam meningkatkan *executive function* pada lansia, terdapat beberapa batasan yang perlu dipertimbangkan sebelum membuat kesimpulan. Penelitian yang dianalisis dalam artikel ini menggunakan definisi dan metode pengukuran EF yang beragam. Beberapa penelitian yang telah direview berfokus pada aspek spesifik seperti *working memory*, inhibisi, atau fleksibilitas kognitif, sementara yang lain mengukur fungsi eksekutif secara keseluruhan. Selain itu, tidak semua aspek kognitif dari EF terlihat dalam penelitian-penelitian tersebut. Hal ini dapat mempengaruhi keseragaman dan komparabilitas hasil.

Keberagaman intensitas dan jenis olahraga sebagai intervensi juga perlu menjadi pertimbangan. Intensitas olahraga yang dilakukan dalam penelitian-penelitian yang di *review* bervariasi dari ringan, sedang, hingga tinggi yang mungkin berdampak pada hasil yang berbeda dalam peningkatan EF. Penelitian yang dianalisis memiliki durasi intervensi dan periode *follow-up* yang berbeda. Durasi yang bervariasi ini dapat mempengaruhi kesimpulan tentang efektivitas jangka panjang olahraga terhadap EF.

Untuk penelitian selanjutnya mengenai efektivitas olahraga terhadap peningkatan fungsi eksekutif (EF) pada lansia, disarankan untuk menggunakan definisi dan metode pengukuran EF yang konsisten, fokus pada populasi yang lebih spesifik dan seragam dengan desain studi yang kuat, serta selidiki durasi dan intensitas intervensi yang optimal. Peneliti berikutnya juga perlu mengontrol faktor eksternal seperti diet dan aktivitas sosial, memanfaatkan teknologi modern seperti neuroimaging untuk mengevaluasi perubahan otak, mengatasi bias publikasi dengan melaporkan hasil negatif atau tidak signifikan, dan memastikan akses ke database penelitian yang luas. Selain itu, investigasi lebih dalam mengenai mekanisme biologis seperti peran BDNF dan perubahan konektivitas otak sangat diperlukan untuk memahami bagaimana olahraga mempengaruhi EF pada lansia. Penelitian ini tidak dapat sepenuhnya mencegah keterbatasan tersebut karena merupakan penelitian *systematic literature review* yang mengumpulkan dan menganalisis hasil dari studi-studi yang sudah ada, tanpa melakukan eksperimen langsung.



## DAFTAR PUSTAKA

- Balhim, G. M., Falck, R. S., Barha, C. K., Tai, D., Best, J. R., Hajj-Boutros, G., Madden, K., & Liu-Ambrose, T. (2024). Exercise counters the negative impact of bed rest on executive functions in middle-aged and older adults: A proof-of-concept randomized controlled trial. *Maturitas*, *179*, 107869. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2023.107869>
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., Bobeuf, F., Kergoat, M. J., Vu, T. T. M., & Bosquet, L. (2013). Executive functions, physical fitness and mobility in well-functioning older adults. *Experimental Gerontology*, *48*(12), 1402–1409. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.08.017>
- Biazus-Sehn, L. F., Schuch, F. B., Firth, J., & Stigger, F. de S. (2020). Effects of physical exercise on cognitive function of older adults with mild cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *89*, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104048>
- Bliss, E. S., Wong, R. H., Howe, P. R., & Mills, D. E. (2021). Benefits of exercise training on cerebrovascular and cognitive function in ageing. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, *41*(3), 447–470. <https://doi.org/10.1177/0271678X20957807>
- Boyle, P. A., Wang, T., Yu, L., Wilson, R. S., Dawe, R., Arfanakis, K., Schneider, J. A., & Bennett, D. A. (2021). To what degree is late life cognitive decline driven by age-related neuropathologies? *Brain*, *144*(7), 2166–2175. <https://doi.org/10.1093/brain/awab092>
- Byun, K., Hyodo, K., Suwabe, K., Fukuie, T., Ha, M., Damrongthai, C., Kuwamizu, R., Koizumi, H., Yassa, M. A., & Soya, H. (2023). Mild exercise improves executive function with increasing neural efficiency in the prefrontal cortex of older adults. *GeroScience*, *46*(1), 309–325. <https://doi.org/10.1007/s11357-023-00816-3>
- Chen, F.-T., Chen, Y.-P., Schneider, S., Kao, S.-C., Huang, C.-M., & Chang, Y.-K. (2019). Effects of Exercise Modes on Neural Processing of Working Memory in Late Middle-Aged Adults: An fMRI Study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00224>
- Chen, F.-T., Etnier, J. L., Chan, K.-H., Chiu, P.-K., Hung, T.-M., & Chang, Y.-K. (2020). Effects of Exercise Training Interventions on Executive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *50*(8), 1451–1467. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01292-x>
- Chen, F.-T., Hopman, R. J., Huang, C.-J., Chu, C.-H., Hillman, C. H., Hung, T.-M., & Chang, Y.-K. (2020). The Effect of Exercise Training on Brain Structure and Function in Older Adults: A Systematic Review Based on Evidence from Randomized Control Trials. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(4), 914. <https://doi.org/10.3390/jcm9040914>
- Contreras-Osorio, F., Ramirez-Campillo, R., Cerda-Vega, E., Campos-Jara, R., Martínez-Salazar, C., Arellano-Roco, C., & Campos-Jara, C. (2022). Effects of Sport-Based Interventions on Executive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis Protocol. *Brain Sciences*, *12*(9), 1142. <https://doi.org/10.3390/brainsci12091142>
- Dhir, S., Teo, W.-P., Chamberlain, S. R., Tyler, K., Yücel, M., & Segrave, R. A. (2021). The Effects of Combined Physical and Cognitive Training on Inhibitory Control: A



- Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 128, 735–748. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.07.008>
- Di Lorito, C., Long, A., Byrne, A., Harwood, R. H., Gladman, J. R. F., Schneider, S., Logan, P., Bosco, A., & van der Wardt, V. (2021). Exercise interventions for older adults: A systematic review of meta-analyses. *Journal of Sport and Health Science*, 10(1), 29–47. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.003>
- Gavelin, H. M., Dong, C., Minkov, R., Bahar-Fuchs, A., Ellis, K. A., Lautenschlager, N. T., Mellow, M. L., Wade, A. T., Smith, A. E., Finke, C., Krohn, S., & Lampit, A. (2021). Combined physical and cognitive training for older adults with and without cognitive impairment: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Ageing Research Reviews*, 66, 101232. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101232>
- Ho, B. D., Gullett, J. M., Anton, S., Franchetti, M. K., Bharadwaj, P. K., Raichlen, D. A., Alexander, G. E., Rundek, T., Levin, B., Visscher, K., Woods, A. J., & Cohen, R. A. (2023). Associations between physical exercise type, fluid intelligence, executive function, and processing speed in the oldest-old (85+). *GeroScience*, 46(1), 491–503. <https://doi.org/10.1007/s11357-023-00885-4>
- Hou, H.-Y., Chen, J., Hai, L., Wang, P., Zhang, J.-X., & Li, H.-J. (2023). Effects of exergame and bicycle exercise intervention on blood pressure and executive function in older adults with hypertension: A three-group randomized controlled study. *Experimental Gerontology*, 173, 112099. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2023.112099>
- Hunter, S. W., Divine, A., Madou, E., Omana, H., Hill, K. D., Johnson, A. M., Holmes, J. D., & Wittich, W. (2020). Executive function as a mediating factor between visual acuity and postural stability in cognitively healthy adults and adults with Alzheimer's dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 89, 104078. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104078>
- Jawis, M., Mohbin, N., & Kueh, Y. (2021). A single bout of cycling exercise effects on short-term memory. *Malaysian Journal of Movement, Health & Exercise*, 10(2), 65. [https://doi.org/10.4103/mohe.mohe\\_28\\_21](https://doi.org/10.4103/mohe.mohe_28_21)
- Jehu, D. A., Dong, Y., Zhu, H., Huang, Y., Soares, A., Patel, C., Aden, Z., Hergott, C., Ange, B., Waller, J. L., Young, L., Hall, W., Robinson-Johnson, D., Allen, C., Sams, R., & Hamrick, M. (2023). The effects of strEngth aNd BaLance exercise on Executive function in people living with Dementia (ENABLED): Study protocol for a pilot randomized controlled trial. *Contemporary Clinical Trials*, 130, 107220. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2023.107220>
- Jung, M., Lee, S., Kang, M., & Allen, H. K. (2023). Age-varying association between depression symptoms and executive function among older adults: Moderation by physical activity. *Journal of Psychiatric Research*, 165, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2023.07.025>
- Kalat, J. W. (2019). *Biological Psychology* (13th ed.). Cengage Learning.
- Kang, W., Wang, J., & Malvaso, A. (2022). Inhibitory Control in Aging: The Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.771885>
- Lv, X., Ren, X., Guo, C., & Tang, L. (2022). Tai Chi exercise training enhances executive function and fluid intelligence of healthy older adults: Cross-sectional and



- longitudinal evidence. *Psychology of Sport and Exercise*, 58, 102105. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.102105>
- Newmyer, L., Verdery, A. M., Wang, H., & Margolis, R. (2022). Population Aging, Demographic Metabolism, and the Rising Tide of Late Middle Age to Older Adult Loneliness Around the World. *Population and Development Review*, 48(3), 829–862. <https://doi.org/10.1111/padr.12506>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Papalia, D. E., & Martorell, G. (2021). *Experience human development* (14th ed.). McGraw-Hill.
- Pellegrini-Laplagne, M., Dupuy, O., Sosner, P., & Bosquet, L. (2023). Effect of simultaneous exercise and cognitive training on executive functions, baroreflex sensitivity, and pre-frontal cortex oxygenation in healthy older adults: a pilot study. *GeroScience*, 45(1), 119–140. <https://doi.org/10.1007/s11357-022-00595-3>
- Raimundo, M., Cerqueira, A., Cabrita, T., & Gaspar, T. (2023). Executive Functions and Lifestyle in the Elderly: Study in a Portuguese Sample. *International Journal of Psychology and Neuroscience*, 9(3), 53–62. <https://doi.org/10.56769/ijpn09305>
- Sciubba, J. D. (2020). Population Aging as a Global Issue. In *Oxford Research Encyclopedia of International Studies*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190846626.013.559>
- Tarumi, T., Patel, N. R., Tomoto, T., Pasha, E., Khan, A. M., Kostroske, K., Riley, J., Tinajero, C. D., Wang, C., Hynan, L. S., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Park, D. C., & Zhang, R. (2022). Aerobic exercise training and neurocognitive function in cognitively normal older adults: A one-year randomized controlled trial. *Journal of Internal Medicine*, 292(5), 788–803. <https://doi.org/10.1111/joim.13534>
- Toh, W. X., Yang, H., & Hartanto, A. (2020). Executive Function and Subjective Well-being in Middle and Late Adulthood. *The Journals of Gerontology: Series B*, 75(6), e69–e77. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbz006>
- Ullmann, G., Li, Y., Ray, M. A., & Lee, S. T. (2021). Study protocol of a randomized intervention study to explore effects of a pure physical training and a mind–body exercise on cognitive executive function in independent living adults age 65–85. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(5), 1259–1266. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01633-w>
- Wang, H., Pei, Z., & Liu, Y. (2024). Effects of square dance exercise on cognitive function in elderly individuals with mild cognitive impairment: the mediating role of balance ability and executive function. *BMC Geriatrics*, 24(1), 156. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-04714-x>
- Wang, S., Yin, H., Meng, X., Shang, B., Meng, Q., Zheng, L., Wang, L., & Chen, L. (2020). Effects of Chinese square dancing on older adults with mild cognitive impairment. *Geriatric Nursing*, 41(3), 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2019.10.009>



- Wang, X., Wu, J., Zhang, H., & Zheng, G. (2024). Effect of Baduanjin exercise on executive function in older adults with cognitive frailty: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 38(4), 510–519. <https://doi.org/10.1177/02692155231215891>
- World Health Organization. (2020). *UN Decade of Healthy Ageing: Plan of Action 2021–2030*.
- Xiong, J., Ye, M., Wang, L., & Zheng, G. (2021). Effects of physical exercise on executive function in cognitively healthy older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Nursing Studies*, 114, 103810. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103810>
- Yang, Y., Chen, T., Shao, M., Yan, S., Yue, G. H., & Jiang, C. (2020). Effects of Tai Chi Chuan on Inhibitory Control in Elderly Women: An fNIRS Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00476>
- Zeng, Y., Wang, J., Cai, X., Zhang, X., Zhang, J., Peng, M., Xiao, D., Ouyang, H., & Yan, F. (2023). Effects of physical activity interventions on executive function in older adults with dementia: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Geriatric Nursing*, 51, 369–377. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2023.04.012>
- Zheng, J., Su, X., & Xu, C. (2022). Effects of exercise intervention on executive function of middle-aged and elderly people: A systematic review of randomized controlled trials. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.960817>
- Zimmer, P., Javelle, F., & Lampit, A. (2021). Comment on: “Effects of Exercise Training Interventions on Executive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis.” *Sports Medicine*, 51(3), 593–595. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01369-7>

