

The Effect of Aerobic Exercise on Cognitive Function and Brain Electrical Activity in Elderly People with Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-analysis

Fereshteh Kazemi Pakdel¹, Ahmad Kazemi Pakdel², Safoora Sabaghian Rad^{3*}, Mostafa Pourkiani⁴

1- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

2- MSc of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. Email:

3- Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities University of Qom, Qom, Iran.

4- Assistant Professor of Department of Physical Education and Sport Sciences, Shahab Danesh University, Qom, Iran.

Corresponding author: Safoora Sabaghian Rad, Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities University of Qom, Qom, Iran.

Email: safoora_rad@yahoo.com

Received: 2025/07/18

Accepted: 2025/08/4

Abstract

Introduction: Cognitive impairment often serves as a transitional phase between normal aging and the development of dementia. Recent studies indicate that around 15% of individuals over 60 experience cognitive impairment. This systematic review aims to investigate the impact of aerobic exercise on cognitive function and electrical brain activity in older adults experiencing cognitive impairment.

Methods: Primary sources were gathered from three databases: PubMed, SCOPUS, and Web of Science. The search encompassed all years up to June 10, 2025. Standardized mean differences (SMD), weighted mean differences, and 95% confidence intervals (CIs) were computed for the results using either random or fixed-effect models.

Results: Following the screening process, a total of 11 studies involving 619 participants were included in this systematic review. The meta-analysis results indicated that aerobic exercise significantly enhanced cognitive function ($p=0.001$, [95% CI: 0.80-1.37], mean difference = 0.96) and electrical brain activity ($p=0.001$, [95% CI: 0.89-1.67], mean difference = 1.28) in older adults with cognitive impairment.

Conclusion: The meta-analysis revealed that aerobic exercise positively impacts cognitive function and brain electrical activity in older adults with cognitive impairment. These findings suggest that regular physical activity can enhance cognitive status and brain function in this demographic. It is advisable for trainers and rehabilitation professionals to create personalized exercise programs for older adults and to boost motivation for participation in aerobic exercise through the promotion of social activities. Additionally, conducting regular assessments of individuals' progress can aid in optimizing outcomes.

Keywords: Physical activity, Aerobic exercise, Cognitive impairment, Brain activity, Cognitive function.

تأثیر تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی: یک مرور نظام‌مند و متا آنالیز

فرشته کاظمی پاکدل^۱، احمد کاظمی پاکدل^۲، صفورا صباغیان راد^{۳*}، مصطفی پورکیانی^۴

۱. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۲. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران.
۴. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهاب دانش، قم، ایران.

نویسنده مسئول: صفورا صباغیان راد، استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران.
ایمیل: safoora_rad@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۲۷

چکیده

مقدمه: اختلال شناختی یک مرحله انتقالی معمولی بین فرآیند طبیعی پیری و شروع زوال عقل است. بر اساس مطالعات اخیر که شامل افراد بالای ۶۰ سال است، شیوع اختلال شناختی حدود ۱۵ درصد است. بنابراین، این مرور سیستماتیک تأثیر تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی را بررسی می‌کند. **روش کار:** منابع اولیه از ۳ پایگاه داده شامل PubMed، SCOPUS و Web of Science به دست آمدند. دوره جستجو شامل تمامی سال‌ها تا ۱۰ ژوئن ۲۰۲۵ بود. تفاوت‌های میانگین استاندارد شده (SMD)، تفاوت‌های میانگین وزنی و بازه‌های اطمینان ۹۵ درصد (CIs) با استفاده از مدل‌های تصادفی یا اثر ثابت برای نتایج محاسبه شدند. **یافته‌ها:** پس از فرآیند غربالگری، در مجموع ۱۱ مطالعه شامل ۶۱۹ شرکت‌کننده در این مرور سیستماتیک گنجانده شدند. نتایج فراتحلیل نشان داد که تمرینات هوازی منجر به بهبود عملکرد شناختی ($p=0/001$ ، $95\% \text{ CI}: 0/80-1/37$) و فعالیت الکتریکی مغز ($p=0/001$ ، $95\% \text{ CI}: 0/89-1/67$) در سالمندان دارای اختلال شناختی شده است. **نتیجه‌گیری:** مطالعه مروری فراتحلیل نشان داد که تمرینات هوازی تأثیرات مثبتی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی دارند. این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت‌های بدنی منظم می‌توانند بهبود وضعیت شناختی و عملکرد مغز را در این گروه سنی تسهیل کنند. به مربیان و متخصصان توان‌بخشی توصیه می‌شود برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی‌شده‌ای برای سالمندان طراحی کنند و با ترویج فعالیت‌های اجتماعی، انگیزه شرکت در تمرینات هوازی را افزایش دهند. همچنین، ارزیابی منظم پیشرفت افراد می‌تواند به بهینه‌سازی نتایج کمک کند. **کلیدواژه‌ها:** فعالیت بدنی، تمرینات هوازی، اختلال شناختی، فعالیت مغز، عملکرد شناختی.

مقدمه

اخیر که شامل افراد بالای ۶۰ سال است، شیوع اختلال شناختی حدود ۱۵ درصد است (۲)، در حالی که یک مطالعه هم‌گروهی دیگر در پکن، چین نشان داد که شیوع اختلال شناختی در بزرگسالان مسن‌تر ۱۶/۶ درصد است (۳). علاوه بر این، مطالعات داخلی نرخ‌های تبدیل از اختلال شناختی

اختلال شناختی یک مرحله انتقالی معمولی بین فرآیند طبیعی پیری و شروع زوال عقل است. اختلال شناختی شامل گروهی از شرایط اختلال شناختی است که در مراحل اولیه زوال عقل بروز می‌کند (۱). بر اساس مطالعات

چگونگی تغییر آن‌ها را بسته به نوع تمرینی که انجام می‌شود، بهتر درک کنند. این تحقیقات به شناسایی روش‌های مؤثر برای بهبود عملکرد شناختی و کیفیت زندگی سالمندان کمک می‌کند (۲۲-۲۴). تنوع در انواع تمرینات هوازی، از جمله پیاده‌روی، رقص و دوچرخه‌سواری، امکان مداخلات سفارشی را فراهم می‌کند که می‌توانند با توجه به قابلیت‌ها و ترجیحات فردی تنظیم شوند. با وجود نتایج مثبت، این مطالعه بر لزوم احتیاط در تفسیر نتایج به دلیل تنوع در شدت، مدت زمان و ابزارهای اندازه‌گیری در مطالعات مختلف تأکید می‌کند (۲۵). انجام آزمایش‌های کنترل‌شده تصادفی بزرگ‌مقیاس و دقیق‌تر برای روشن کردن مکانیسم‌های خاصی که تمرین هوازی بر نتایج شناختی تأثیر می‌گذارد و همچنین برای ایجاد پروتکل‌های مداخله استاندارد برای سالمندان در معرض خطر کاهش شناختی ضروری است.

اختلال شناختی به‌عنوان یک مرحله انتقالی بین پیری طبیعی و زوال عقل، شیوع قابل‌توجهی در سالمندان دارد و نیاز به مداخلات مؤثر برای بهبود عملکرد شناختی را ضروری می‌سازد. با توجه به عدم اثربخشی مداخلات دارویی، فعالیت‌های بدنی، به‌ویژه تمرینات هوازی، به‌عنوان گزینه‌های غیر دارویی مؤثر شناخته می‌شوند. این تمرینات می‌توانند با بهبود سلامت عروق و کاهش التهاب، تأثیر مثبتی بر عملکرد شناختی داشته باشند. با این حال، نتایج متناقضی از مطالعات مختلف وجود دارد که نیاز به تحلیل دقیق‌تری را نشان می‌دهد. تعدادی از مطالعات اخیر به بررسی تأثیرات مثبت تمرینات هوازی در بزرگسالان مسن مبتلا به اختلال شناختی پرداخته‌اند، اما هنوز هم شواهد قاطعی در این زمینه وجود ندارد. بنابراین، انجام یک مطالعه مروری و فراتحلیل برای تجزیه و تحلیل تأثیر تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در این گروه سنی، به‌منظور شناسایی روش‌های مؤثر و ایجاد پروتکل‌های استاندارد مداخله، ضروری است. این تحقیق می‌تواند به درک بهتر از مکانیسم‌های خاص تأثیر تمرینات هوازی بر نتایج شناختی کمک کند و به بهبود کیفیت زندگی سالمندان مبتلا به اختلال شناختی منجر شود. هدف این مطالعه، بررسی تأثیر تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا

به زوال عقل و بیماری آلزایمر را به ترتیب ۳۴ و ۲۸ درصد گزارش کرده‌اند (۴-۶). هیچ مدرک مثبتی برای حمایت از استفاده از مداخلات دارویی به‌منظور کاهش اختلال شناختی در بیماران مبتلا به اختلال شناختی وجود ندارد (۷، ۸). در عوض، عوامل کاهش ریسک و مشارکت در فعالیت‌های بدنی به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان مداخلات غیر دارویی مؤثر در نظر گرفته می‌شوند (۹، ۱۰). اگرچه مطالعاتی به بررسی تأثیرات مداخلات غیر دارویی از جمله رژیم غذایی (۱۱)، روابط اجتماعی (۱۲) و آموزش شناختی (۱۳) پرداخته‌اند، اما مزایای ورزش و فعالیت بدنی ناشناخته مانده است.

تعدادی از مطالعات نشان می‌دهند که فعالیت بدنی/ورزش ممکن است عملکرد شناختی را بهبود بخشد (۹، ۱۰). با این حال، یک فراتحلیل از ۱۴ آزمایش کنترل‌شده تصادفی (RCTs) گزارش داد که شواهد معناداری مبنی بر اینکه فعالیت بدنی/ورزش عملکرد شناختی را در بیماران مبتلا به اختلال شناختی بهبود می‌بخشد، وجود ندارد (۱۴). اما، در یک مداخله که شامل افراد مبتلا به اختلال شناختی بود، مرور مطالعه آینده‌نگر رابطه معکوسی بین فعالیت بدنی/ورزش و ریسک کاهش شناختی در بزرگسالان سالم مسن‌تر را نشان داد (۱۵). این شواهد همچنین توسط نتایج مطالعات مقطعی، مطالعات مشاهده‌ای طولی و آزمایش‌های مداخله‌ای آینده‌نگر حمایت می‌شود (۱۶-۱۸).

یکی از محبوب‌ترین اشکال تمرین برای بهبود عملکرد شناختی، تمرین هوازی است، به‌ویژه تمرین با شدت متوسط. برنامه‌های تمرین هوازی که به این منظور طراحی شده‌اند معمولاً شامل دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی روی تردمیل می‌شوند (۱۹). مزیت هر دو نوع تمرین این است که شدت آن‌ها به‌راحتی قابل کنترل و تغییر است، اما پیاده‌روی روی تردمیل و دوچرخه‌سواری نیاز به تجهیزات خاصی دارد که ممکن است دسترسی برای سالمندان را محدود کند (۲۰). تمرینات هوازی مانند پیاده‌روی، دویدن، شنا، آکواروبیک، دوچرخه‌سواری، قایقرانی و غیره، سلامت عروق را بهبود می‌بخشند، فشارخون، سفتی شریان‌ها، استرس اکسیداتیو، التهاب سیستمیک را کاهش می‌دهند و عملکرد اندوتلیال را تقویت می‌کنند (۲۱). چندین مطالعه به بررسی تأثیرات مثبت تمرین هوازی در بزرگسالان مسن مبتلا به اختلال شناختی پرداخته‌اند تا تأثیرات تمرین و

به اختلال شناختی از طریق مرور نظام‌مند و متاآنالیز مطالعات موجود است.

روش کار

این مرور سیستماتیک طبق راهنمایی‌های اقلام گزارش‌دهی ترجیحی برای مرورهای سیستماتیک و فراتحلیل‌ها (PRISMA) انجام شده است.

استراتژی جستجو

منابع اولیه از سه پایگاه داده شامل PubMed، SCOPUS و Web of Science جمع‌آوری شدند. دوره جستجو شامل تمامی سال‌ها تا ۱۰ جولای ۲۰۲۵ بود. در ابتدا، اصطلاحات MeSH به‌عنوان مبنایی برای انتخاب کلمات کلیدی مورد استفاده قرار گرفتند و سپس برای شامل کردن تمامی مطالعات مرتبط تنظیم شدند. همچنین، برای گسترش دامنه جستجو، از Google Scholar بهره‌برداری شد که مقالاتی از منابع مختلف را در بر می‌گرفت. پس از مرحله انتخاب، مراجع مطالعات شامل شده مورد بررسی قرار گرفتند تا هرگونه ارجاع احتمالی که ممکن بود از دست رفته باشد، شناسایی شود. این پایگاه‌های داده الکترونیکی با استفاده از ترکیب‌های زیر از گروه‌های کلمات کلیدی جستجو شدند: (۱) elder OR old OR "older adult" OR senescent OR senile OR aged OR gray OR geriatric OR age OR aging OR older adults OR "oldest-old" OR "very old" Aerobic Exercise" (۲) OR "advancing age"; AND OR "Aerobic Training" OR "Dancing" OR "Physical Cognitive Impairment" OR "Mild" (۳) Activity"; AND Cognitive Impairment" OR "Memory impairment" OR "Memory Loss".

همچنین در پایگاه‌های فارسی شامل MAGIRAN، Google IRANDOC، IranMedex، MedLib، SID Scholar با استفاده از کلیدواژه‌های معادل جستجو انجام شد.

معیارهای واجد شرایط بودن

معیارهای ورود به مطالعه به شرح زیر بود: (۱) جمعیت: سالمندان بالای ۶۰ سال دارای اختلال شناختی؛ (۲) مداخله: تمرینات هوازی؛ (۳) مقایسه‌کننده: تمرینات هوازی در مقابل کنترل غیر تمرینی یا تمرینات هوازی در مقابل سایر تمرینات؛ (۴) نتایج: گزارش فعالیت الکتریکی مغز و عملکرد شناختی؛ (۵) طرح‌های مطالعه: کارآزمایی‌های تصادفی؛ (۶) زبان مقالات: مقالات بررسی شده باید به زبان‌های انگلیسی و فارسی منتشر شده باشند. دو محقق مستقل (ا. ک. و ف. ک) جستجو را انجام داده و به‌طور جداگانه عنوان و چکیده‌ها را با استفاده از معیارهای فوق غربالگری کردند و هرگونه اختلاف نظر نیز مورد مذاکره قرار گرفت. همچنین اختلاف نظر بین دو محقق توسط محقق سوم (ص. ص) صورت گرفت.

استخراج داده‌ها

داده‌های مطالعات به‌طور مستقل توسط محققان (ا. ک و ف. ک و م. پ) با استفاده از معیارهای مختلفی استخراج شد. این معیارها شامل نام نویسنده اول، طراحی مطالعه، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان (مانند حجم نمونه، محدوده سنی یا مقادیر میانگین و انحراف معیار (SD) برای سن و جنس)، روش و واحد اندازه‌گیری، برنامه‌های آموزشی و ویژگی‌های آموزشی بودند (جدول ۱).

کیفیت شواهد

نمرات ارزیابی کیفیت برای مطالعات واجد شرایط با استفاده از پایگاه داده شواهد فیزیوتراپی (PEDro) محاسبه شد. نمره کل PEDro که بین ۰ تا ۱۱ متغیر است، عواملی مانند ارائه تحلیل‌های آماری و معیارهای ارزیابی اعتبار داخلی را در نظر می‌گیرد. مطالعاتی که نمرات بین ۷ تا ۱۱ را کسب کردند، از نظر روش‌شناختی به‌عنوان «بالا» طبقه‌بندی شدند، در حالی که مطالعات با نمرات ۵ تا ۶ به‌عنوان «متوسط» و مطالعات با امتیاز ≥ 4 به‌عنوان «ضعیف» شناخته شدند (۲۶). برای جزئیات بیشتر به جدول ۱ مراجعه کنید.

فرشته کاظمی پاکدل و همکاران

جدول ۱. اطلاعات اولیه مطالعات وارد شده به مطالعه مروری حاضر

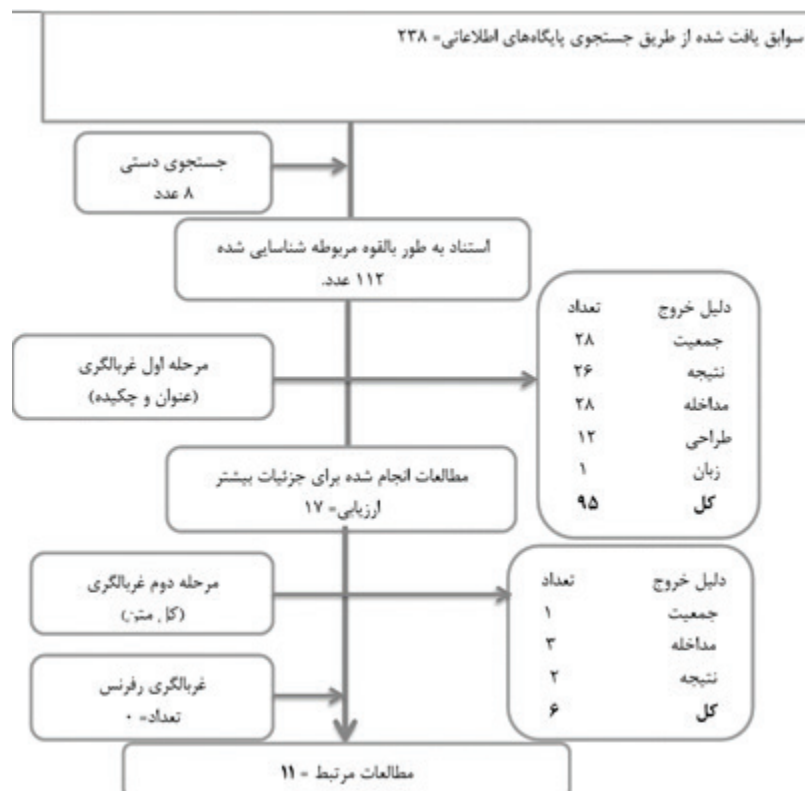
آزمودنی‌ها				جزئیات پروتکل تمرینی گروه تجربی			
منبع، سال	اندازه نمونه	(مرد/زن)	(سن±انحراف استاندارد)	برنامه تمرینی	طول دوره تمرینی، (هفته/ جلسه در هفته)	برنامه تمرینی گروه کنترل	متغیرهای اندازه‌گیری
ختک و همکاران (۲۰۲۲) (۳۷)	۵۹	۳۴/۳۵	کل آزمودنی‌ها = $62/49 \pm 1/82$	تمرینات هوازی با شدت متوسط	۵/۶	تمرینات دامنه حرکتی و حرکات کششی فعال	- عملکرد شناختی - آزمون کوتاه وضعیت بدنی ^۲
امجد و همکاران (۲۰۱۹) (۲۸)	۴۰	۱۹/۲۱	گروه تجربی = $58/00 \pm 2/00$ گروه کنترل = $60/00 \pm 3/00$	تمرینات هوازی	۳/۶	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - فعالیت الکتریکی مغز - آزمون کوتاه وضعیت بدنی - الکتروانسفالوگرام ^۴
ژوو و همکاران (۲۰۱۸) (۳۹)	۵۴	۳۶/۱۸	گروه تجربی = $58/3 \pm 2/00$ گروه کنترل = $60/0 \pm 3/00$	تمرینات هوازی	۳/۱۲	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - فعالیت الکتریکی مغز - آزمون روش‌های نمادگذاری ارقام ^۶ - الکتروانسفالوگرام
مارسلینا و همکاران (۲۰۲۵) (۳۰)	۹۲	۵۸/۳۴	گروه تجربی = $71/43 \pm 2/97$ گروه کنترل = $72/24 \pm 2/92$	تمرینات هوازی	۳/۱۲	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - آزمون کوتاه وضعیت بدنی
خان و همکاران (۲۰۲۳) (۳۱)	۳۰	گزارش نشده است	گروه تجربی = $61/45 \pm 1/43$ گروه کنترل = $61/90 \pm 2/16$	تمرینات هوازی	۳/۸	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - فعالیت الکتریکی مغز - آزمون کوتاه وضعیت بدنی - الکتروانسفالوگرام
کو و همکاران (۲۰۱۲) (۳۲)	۱۶	۶/۱۰	گروه تجربی = $71/38 \pm 5/78$ گروه کنترل = $72/63 \pm 3/58$	تمرینات هوازی	۳/۹	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - آزمون کوتاه وضعیت بدنی
کی و همکاران (۲۰۱۹) (۳۳)	۳۲	۲۳/۹	گروه تجربی = $70/6 \pm 6/2$ گروه کنترل = $69/1 \pm 8/1$	تمرینات هوازی	۳/۱۲	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - آزمون کوتاه وضعیت بدنی
کروتارک و همکاران (۲۰۲۴) (۳۴)	۶۰	۴۸/۱۲	گروه تجربی = $68/60 \pm 4/86$ گروه کنترل = $69/70 \pm 5/55$	تمرینات هوازی	۳/۱۲	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی عمومی - آزمون مونترال ارزیابی شناختی ^{۱۲}
ژوو و همکاران (۲۰۲۲) (۳۵)	۶۸	۴۱/۲۷	گروه تجربی = $71/51 \pm 6/62$ گروه کنترل = $69/82 \pm 7/74$	تمرینات هوازی رقص	۳/۱۲	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - آزمون کوتاه وضعیت بدنی
وارلا و همکاران (۲۰۱۲) (۳۶)	۴۸	گزارش نشده است	گروه تجربی = $79/24 \pm 10/7$ گروه کنترل = $79/40 \pm 6/72$	- تمرینات هوازی با شدت ۴۰ درصد - تمرینات هوازی با شدت ۶۰ درصد	۳/۱۲	فعالیت‌های عملکردی روزانه	- عملکرد شناختی - آزمون کوتاه وضعیت بدنی
سانگ و همکاران (۲۰۱۹) (۳۷)	۱۲۰	۹۰/۳۰	گروه تجربی = $76/22 \pm 5/76$ گروه کنترل = $75/33 \pm 6/78$	تمرینات هوازی با شدت متوسط	۳/۱۶	برنامه آموزش سلامت	- عملکرد شناختی - آزمون مونترال ارزیابی شناختی

تحلیل‌های آماری

ناهمگنی با استفاده از شاخص I^2 و با توجه به آستانه‌های زیر ارزیابی شد: ۰٪ تا ۳۰٪ به عنوان «بدون ناهمگنی»، ۳۰٪ تا ۵۰٪ به عنوان «ناهمگنی کم»، ۵۰٪ تا ۷۵٪ به عنوان «ناهمگنی متوسط» و ۷۵٪ تا ۱۰۰٪ به عنوان «ناهمگنی زیاد» طبقه‌بندی شدند. بنابراین، در این مطالعه، از هر دو مدل اثرات تصادفی و ثابت برای بررسی ناهمگنی بین مطالعات استفاده شد. یک مدل اثرات تصادفی برای مقادیر I^2 بالای ۵۰٪ به کار گرفته شد (۳۸). تفاوت‌های میانگین استاندارد شده (SMDs)، تفاوت‌های میانگین وزنی و ۹۵٪ CI با استفاده از مدل‌های تصادفی یا اثر ثابت محاسبه شدند. سطح معنی‌داری $p \geq 0.05$ تعیین شد. همچنین، برای تشخیص سوگیری‌های انتشار، تفسیر بصری نمودارهای قیف و آزمون‌های Egger مورد استفاده قرار گرفت (۳۹).

یافته‌ها

فرآیند انتخاب مطالعات در شکل ۱ نشان داده شده است. با جستجو در منابع الکترونیکی، تعداد ۲۳۸ عنوان به‌دست آمد. همچنین، جستجوی دستی و بررسی منابع مقالات، ۸ عنوان دیگر را به ارمغان آورد. پس از حذف عناوین تکراری، تعداد ۱۱۲ چکیده برای مرور مشخص شد. بعد از بررسی عنوان و چکیده مقالات، ۹۵ مقاله حذف شدند و ۱۷ مقاله برای مطالعه متن کامل انتخاب گردیدند. پس از بررسی متن کامل این مقالات، ۱۱ مقاله که به بررسی اثر تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی پرداخته بودند، انتخاب و نتایج آن‌ها گزارش شد (شکل ۱).



شکل ۱. روند انتخاب مقالات تحقیق

مطالعه امتیاز منصفانه (بین ۵ تا ۶) را کسب کردند. کیفیت کلی مقالات تحت تجزیه و تحلیل PEDro از کیفیت مناسبی برخوردار بود که نشان‌دهنده قابلیت اطمینان آن‌ها در انجام فراتحلیل حاضر است (جدول ۲).

کیفیت شواهد

بر اساس مقیاس PEDro، از ۱۱ مطالعه‌ای که تأثیر تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی را مورد بررسی قرار دادند، ۸ مطالعه در محدوده امتیاز بالا (بین ۷ تا ۱۱) و ۳

جدول ۲. بررسی کیفیت مطالعات

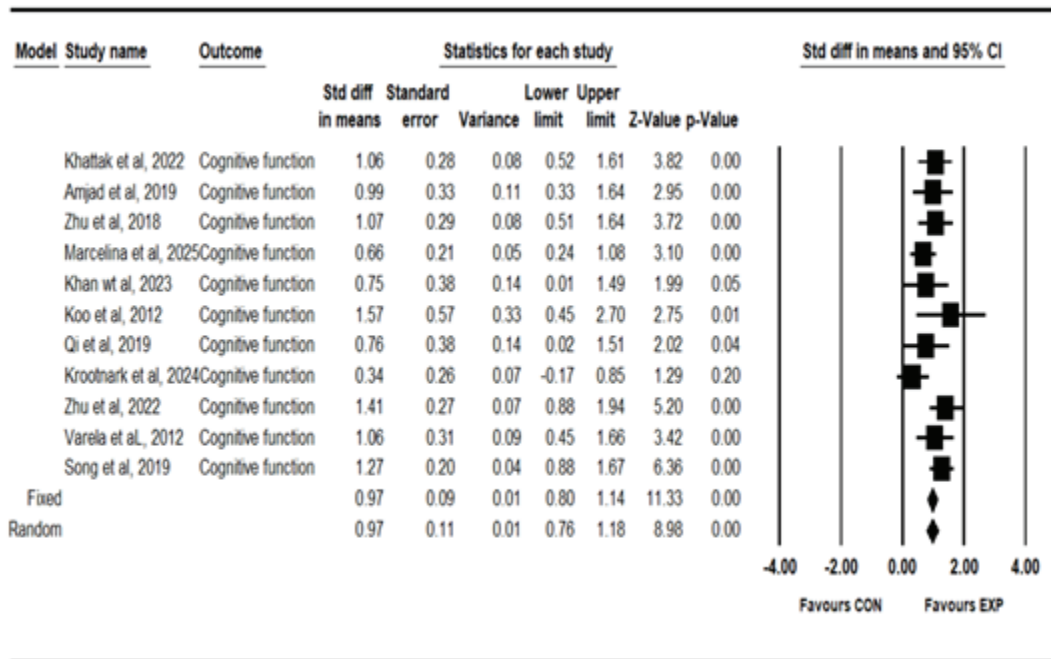
مقاله	معیارهای ورود	تصادف سازی	مخفی سازی	گروه ها مشابه در پیش آزمون	کورسازی آزمودنی	کورسازی آزمونگر	کورسازی تحلیل گر	فالو آپ	تجزیه و تحلیل قصد درمان	مقایسه بین گروهی	اندازه گیری نقطه ای و تغییرپذیری	امتیاز کل
ختک و همکاران (۲۰۲۲) (۲۷)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۸
امجد و همکاران (۲۰۱۹) (۲۸)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۷
ژو و همکاران (۲۰۱۸) (۲۹)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۷
مارسلینا و همکاران (۲۰۲۵) (۳۰)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۸
خانم همکاران (۲۰۲۳) (۳۱)	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱۱/۷
کو و همکاران (۲۰۱۲) (۳۲)	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۵
کی و همکاران (۲۰۱۹) (۳۳)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۶
کروتارک و همکاران (۲۰۲۴) (۳۴)	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱۱/۷
ژو و همکاران (۲۰۲۲) (۳۵)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱۱/۸
وارلا و همکاران (۲۰۱۲) (۳۶)	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۵
سانگ و همکاران (۲۰۱۹) (۳۷)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱۱/۷

فرا تحلیل

عملکرد شناختی

۱۱ بازوی مداخله برای تجزیه و تحلیل تمرینات هوازی در مقابل گروه کنترل بر روی عملکرد شناختی سالمندان دارای اختلال شناختی در دسترس بود. به طور کلی تمرینات هوازی باعث بهبود در عملکرد شناختی این افراد شد ($p=0/001$).

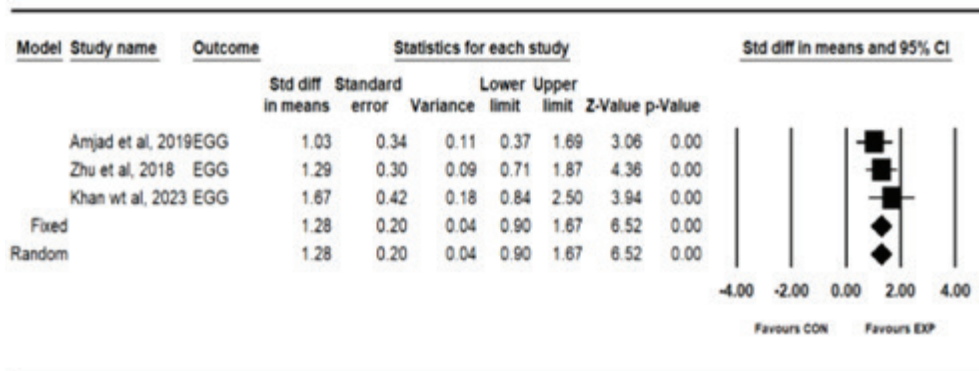
[۳۷/۱-۸۰/۰ CI: ۹۵٪. ۰/۹۶]. همچنین هتروژنتی پایی (۳۳/۱۵) بین مطالعات یافت شد. علاوه بر این، تفسیر بصری نمودارهای قیفی و نتایج آزمون Egger هیچ گونه سوگیری قابل توجهی در انتشار مقالات نشان نداد ($p=0/81$). (شکل ۲).



شکل ۲. نمودار جنگلی تمرینات هوازی در مقابل تجزیه و تحلیل گروه کنترل روی عملکرد شناختی

فعالیت الکتریکی مغز
 $(p = 0.001)$, $[95\% \text{ CI}: 0.89 - 1.67]$. همچنین هتروژنتی
 (0.00) بین مطالعات یافت نشد. علاوه بر این، تفسیر
 بصری نمودارهای کیفی و نتایج آزمون Egger هیچ گونه
 سوگیری قابل توجهی در انتشار مقالات نشان نداد ($p = 0.34$).
 (شکل ۳).

۳ بازوی مداخله برای تجزیه و تحلیل تمرینات هوازی در
 مقابل گروه کنترل بر روی فعالیت الکتریکی مغز سالمندان
 دارای اختلال شناختی در دسترس بود. به طور کلی تمرینات
 هوازی باعث بهبود در فعالیت الکتریکی مغز این افراد شد



شکل ۳. نمودار جنگلی تمرینات هوازی در مقابل تجزیه و تحلیل گروه کنترل روی فعالیت الکتریکی مغز

مطالعه مروری که به بررسی تأثیر تمرینات هوازی بر
 عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز پرداخته باشد وجود
 نداشت. مطالعات مروری دیگر به بررسی تأثیر تمرینات
 تحریک جریان مستقیم ترانس کرانیال (۴۰)، بازی‌ها (۴۱)،
 تای چی (۴۲) و برنامه‌های تمرینی (۴۳) بر سالمندان مبتلا
 به اختلال شناختی پرداخته بودند که نتایج این مطالعات
 هم‌راستا با نتایج مروری حاضر می‌باشد. مطالعات همچنین
 از ابزارهایی با واحدهای استاندارد استفاده کرده‌اند که این

بحث
 مطالعه مروری فراتحلیل حاضر به بررسی اثر تمرینات
 هوازی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در
 سالمندان مبتلا به اختلال شناختی پرداخت. نتایج مطالعه
 نشان داد که تمرینات هوازی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد
 شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به
 اختلال شناختی دارند. به دانش نویسندگان، تابه‌حال

به‌طور مستقیم یا پس از تعدیل پروتئین‌های پایین‌دست در عبور از مانع خون و مغز بر نورون‌ها در مغز تأثیر بگذارد (۳۳). از یک سو، ورود عوامل ورزشی به مغز باعث ترشح فاکتورهای نوروتروفیک (BDNF) می‌شود، پلاستیسیته سیناپسی را افزایش می‌دهد و اثرات حفاظتی بر نورون‌ها دارد. از سوی دیگر، این عوامل محیط التهابی را بهبود بخشیده و میکرو محیط التهابی در مغز را کاهش می‌دهند (۳۴). این عوامل عمدتاً شامل ایرسین، کاتپسین، B (CTSB) و فسفولیپاز D1 خاص گلیسوفیلیک فسفات‌دی‌نوزیتول (GPLD1) هستند. این عوامل تمرینی می‌توانند ساختار طبیعی مغز را محافظت کرده و عملکرد شناختی را از طریق تمام فرآیندهای ذکر شده فوق تقویت کنند (۲۴).

همچنین نتایج ۳ بازوی مداخله نشان داد که تمرینات هوازی بر فعالیت الکتریکی مغز سالمندان دارای اختلال شناختی تأثیر معنی‌داری دارد (۲۸، ۲۹، ۳۱). در مطالعه حاضر، تمرکز بر تعیین تأثیر تمرینات هوازی بر پیچیدگی فعالیت الکتریکی مغز بود. برای اندازه‌گیری پیچیدگی فعالیت الکتریکی مغز، روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها استفاده کرد، از جمله انتروپی نمونه (۴۴)، اطلاعات خود-متقابل (۴۵) و پیچیدگی لمپل-زف (۴۶). پارامترهای الکتروفیزیولوژیکی در قشر مغزی سالمندان دارای اختلال شناختی نسبت به سالمندان سالم منظم‌تر هستند، هرچند که مکانیزم دقیق این منظم بودن مشخص نیست. مرگ نورونی و کاهش فعالیت انتقال‌دهنده‌های عصبی به‌عنوان دلایلی برای منظم‌تر بودن یا کاهش پیچیدگی فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان دارای اختلال شناختی پیشنهاد شده است (۲۸). قبلاً گزارش شده که برنامه‌های تمرینی با افزایش برنامه‌های تکثیر سلول‌های عصبی، افزایش جریان خون مغزی، افزایش نفوذپذیری سد خونی-مغزی به دلیل آنژیوژنز و افزایش تعداد نورون‌ها در مرحله گذرا، پلاستیسیته نورونی را افزایش می‌دهد (۴۷). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات هوازی پیچیدگی فعالیت الکتریکی مغز به‌عنوان یک اثر بلندمدت افزایش می‌دهند. قبلاً گزارش شده که تمرینات حاد (اثرات کوتاه‌مدت) قشر پیشانی را فعال می‌کنند، زیرا رابطه مستقیمی بین کنترل شناختی و اکسیژن‌رسانی به قشر پیشانی در حین تمرین وجود دارد (۲۵). مطالعه دیگری گزارش کرده که دوره‌های کوتاه تمرین نیز تغییرات نوروفیزیولوژیکی را افزایش می‌دهد، که عامل کلیدی در این مورد شدت تمرین است، در حالی

امر امکان انجام فراتحلیل‌های مستقل برای هر متغیر را فراهم می‌کند. علاوه بر این، کیفیت روش‌شناختی تحقیقات در این مطالعه بسیار بالا بوده و این موضوع نشان‌دهنده اعتبار و قابلیت اطمینان قوی نتایج فراتحلیل کنونی است.

نتایج ۱۱ بازوی مداخله نشان داد که تمرینات هوازی بر عملکرد شناختی سالمندان دارای اختلال شناختی تأثیر معنی‌داری دارد (۲۷-۳۷). گزارش شده است که تمرین باعث افزایش انتقال‌دهنده‌های عصبی، مانند استیل‌کولین در مغز می‌شود (۲۵). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که سالمندان مبتلا به اختلال شناختی کاهش در شدت باندهای بتا را نشان می‌دهند. قدرت باندهای تتا و بتا از اولین تغییرات شناسایی شده در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی است (۱۴، ۲۵). علاوه بر این، گزارش شده است که پس از تمرینات هوازی، سطح BDNF تا ۶۰ دقیقه به‌طور مداوم افزایش می‌یابد که به بهبود عملکرد شناختی از طریق افزایش پلاستیسیته عصبی کمک می‌کند و نشان‌دهنده اثرات فوری تمرین هوازی در سطح مولکولی است (۲۰). سایر مطالعات به‌طور مداوم نشان داده‌اند که یک جلسه تمرینات بدنی بهبود پلاستیسیته عصبی را افزایش می‌دهد. دوچرخه‌سواری ایستاده هوازی به مدت ۳۰ دقیقه باعث افزایش پردازش توجه و پلاستیسیته در نواحی مغزی میانی پیشانی، مرکزی و پاریتال می‌شود (۲۵). علاوه بر این، تمرین هوازی می‌تواند پرفیوژن بخش‌های مختلف مغز را بهبود بخشد. این مطالعات به‌وضوح نشان‌دهنده اثرات فوری تمرین بر مغز هستند. بنابراین، تمرین هوازی انجام شده در مطالعه ما احتمالاً تأثیرات فوری در قالب افزایش سطح استیل‌کولین، BDNF و جریان خون مغزی دارد که ممکن است باعث بهبود قابل توجهی در باندهای دلتا، تتا و بتا پس از یک جلسه و ۶ هفته درمان تمرین هوازی شده باشد (۲۴).

تمرین هوازی عمدتاً از طریق انقباض عضلات اسکلتی انجام می‌شود، پس عضلات اسکلتی چگونه با مغز ارتباط برقرار می‌کنند؟ در حال حاضر، عضلات اسکلتی به‌عنوان ارگان ترشحی بدن شناخته می‌شوند که عوامل مختلفی را به سیستم گردش خون آزاد می‌کنند تا با سایر ارگان‌های بدن ارتباط برقرار کنند (۳۰). تمرین هوازی موجب ترشح عوامل ورزشی و مولکول‌های هورمونی از بافت‌ها و ارگان‌های محیطی (از جمله عضلات اسکلتی) می‌شود تا

نتایج ناهمگونی قابل توجهی وجود دارد که باید در تفسیر و تعمیم یافته‌ها به انواع مختلف آموزش احتیاط کرد. علاوه بر این، در چندین تحلیل، سوگیری قابل توجهی در انتشار نتایج مشاهده شد. برای کاهش این مشکل، نویسندگان از روش اصلاحی trim-and-fill استفاده کردند و عنوان کردند که نتایج متا-تحلیل به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر سوگیری انتشار مشاهده‌شده قرار نگرفته است. با این حال، محدودیت‌های مدل اثرات تصادفی در زمینه ناهمگونی، منجر به تأکید بیشتر بر مطالعات کوچک‌تر شد و عدم تقارن در نمودار کیفی نتایج را به سمت این مطالعات کوچک‌تر منحرف کرد. در نهایت، دامنه زبانی جستجو در این مرور سیستماتیک به زبان‌های انگلیسی و فارسی محدود بود که نشان‌دهنده نیاز به مطالعات آینده برای گنجاندن دامنه وسیع‌تری از زبان‌ها به‌منظور افزایش جامعیت یافته‌ها است.

نتیجه‌گیری

مطالعه مروری فراتحلیل حاضر نشان داد که تمرینات هوازی تأثیرات مثبتی بر عملکرد شناختی و فعالیت الکتریکی مغز در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی دارند. این نتایج تأکید می‌کند که فعالیت‌های بدنی منظم می‌توانند به‌عنوان یک روش مؤثر در بهبود وضعیت شناختی و عملکرد مغز در این گروه سنی محسوب شوند. به‌مریان و متخصصان توان بخشی پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی‌شده‌ای را برای سالمندان طراحی کنند و با ترویج فعالیت‌های اجتماعی، انگیزه شرکت در تمرینات هوازی را افزایش دهند. همچنین، ارزیابی منظم پیشرفت افراد می‌تواند به بهینه‌سازی نتایج کمک کند.

که مدت زمان تمرین تفاوت معناداری نشان نداد (۴۸). بنابراین، افزایش پیچیدگی فعالیت الکتریکی مغز که در این مطالعه مروری پس از تمرینات هوازی مشاهده شد، به نظر می‌رسد تأثیر مثبتی از تمرین داشته باشد و ممکن است در آینده به‌عنوان یک نشانگر پیش‌بینی‌کننده استفاده شود. گزارش شده است که تمرین با افزایش برنامه‌های تکثیر سلول‌های عصبی، افزایش جریان خون مغزی، افزایش نفوذپذیری مانع خون و مغز به دلیل ایجاد عروق خونی و افزایش تعداد نورون‌ها در مرحله موقتی، موجب افزایش پلاستیسیته عصبی می‌شود (۲۲). لی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که مداخله تمرینی می‌تواند ارتباط عملکردی در حالت استراحت بین قشر پیشانی میانی و لوب گیجگاهی میانی را بهبود بخشد (۴۹). چین‌خوردگی‌های پیشانی فوقانی و میانی دوطرفه با اختلال در توجه انتخابی مرتبط هستند. چین‌خوردگی سینگولیت بخش مهمی از سیستم لیمبیک است که هسته حلقه عاطفی محسوب می‌شود. قشر سینگولیت قدامی و نواحی قشر پیشانی عمدتاً مسئول توجه و عملکرد اجرایی هستند (۵۰). در مطالعه حاضر، افزایش فعالیت الکتریکی مغز می‌تواند به‌طور مؤثر عملکردهای شناختی، از جمله حافظه و عملکرد اجرایی، و احتمالاً عملکرد بویایی را در سالمندان مبتلا به اختلال شناختی را بهبود بخشد.

محدودیت‌ها و دامنه تحقیقات آینده

این مطالعه چندین محدودیت روش شناختی را مطرح می‌کند که نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. اولاً، هیچ‌یک از مطالعات مورد بررسی، تخصیص پنهان را انجام نداده‌اند که این امر خطر قابل توجهی از سوگیری انتخاب را به همراه دارد. ثانیاً، اگرچه شواهد به دست آمده قوی است، اما در برخی

References

1. Venegas-Sanabria LC, Cavero-Redondo I, Martínez-Vizcaino V, Cano-Gutierrez CA, Álvarez-Bueno C. Effect of multicomponent exercise in cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. BMC geriatrics. 2022;22(1):617. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03302-1>
2. Hu C, Yu D, Sun X, Zhang M, Wang L, Qin H. The prevalence and progression of mild cognitive impairment among clinic and community populations: a systematic

- review and meta-analysis. International psychogeriatrics. 2017;29(10):1595-608. <https://doi.org/10.1017/S1041610217000473>
3. Hao L, Wang X, Zhang L, Xing Y, Guo Q, Hu X, et al. Prevalence, risk factors, and complaints screening tool exploration of subjective cognitive decline in a large cohort of the Chinese population. Journal of Alzheimer's Disease. 2017;60(2):371-88. <https://doi.org/10.3233/JAD-170347>
4. borji s, rahaei z, Aminisani N. Demographic Determinants of the Cognitive Status among

- Older Adults: Neyshabur Longitudinal Study on Aging. *Tolooebehdasht*. 2024;23(1):67-83. <https://doi.org/10.18502/tbj.v23i1.15524>
5. Kazemi H, Ghasemi S, Sharifi F, Fakhrzadeh H, Ghaderpanahi M, Mirarefin M, et al. The Relationship Between Mental State and Functional Status in Elderly Residents of Kahrizak. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*. 2010;4(2):0.
6. Kushkeštani M, Parvani M, Hosseini Mr, Rezaei S. Investigating the cognitive function of the elderly and related factors in nursing homes in Tehran in 2019. *Journal of Gerontology*. 2020;5(1):40-7.
7. Cooper C, Li R, Lyketsos C, Livingston G. Treatment for mild cognitive impairment: systematic review. *The British Journal of Psychiatry*. 2013;203(4):255-64. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.113.127811>
8. Fitzpatrick-Lewis D, Warren R, Ali MU, Sherifali D, Raina P. Treatment for mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Canadian Medical Association Open Access Journal*. 2015;3(4):E419-E27. <https://doi.org/10.9778/cmajo.20150057>
9. Iso-Markku P, Aaltonen S, Kujala UM, Halme H-L, Phipps D, Knittle K, et al. Physical activity and cognitive decline among older adults: a systematic review and meta-analysis. *JAMA network open*. 2024;7(2):e2354285-e. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.54285>
10. Domingos C, Pêgo J, Santos N. Effects of physical activity on brain function and structure in older adults: A systematic review. *Behavioural Brain Research*. 2021;402:113061. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.113061>
11. Roberts RO, Geda YE, Cerhan JR, Knopman DS, Cha RH, Christianson TJ, et al. Vegetables, unsaturated fats, moderate alcohol intake, and mild cognitive impairment. *Dementia and geriatric cognitive disorders*. 2010;29(5):413-23. <https://doi.org/10.1159/000305099>
12. HorrT, Messinger-RapportB, PillaiJA. Systematic review of strengths and limitations of randomized controlled trials for non-pharmacological interventions in mild cognitive impairment: focus on Alzheimer's disease. *The journal of nutrition, health and aging*. 2015;19(2):141-53. <https://doi.org/10.1007/s12603-014-0565-6>
13. Jeong Hong Y, Hye Jang E, Hwang J, Hoon Roh J, Lee J-H. The efficacy of cognitive intervention programs for mild cognitive impairment: a systematic review. *Current Alzheimer Research*. 2015;12(6):527-42. <https://doi.org/10.2174/1567205012666150530201636>
14. Zheng G, Xia R, Zhou W, Tao J, Chen L. Aerobic exercise ameliorates cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British journal of sports medicine*. 2016;50(23):1443-50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095699>
15. Gates NJ, Sachdev PS, Fiatarone Singh MA, Valenzuela M. Cognitive and memory training in adults at risk of dementia: a systematic review. *BMC geriatrics*. 2011;11(1):55. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-11-55>
16. Ströhle A, Schmidt DK, Schultz F, Fricke N, Staden T, Hellweg R, et al. Drug and exercise treatment of Alzheimer disease and mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of effects on cognition in randomized controlled trials. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*. 2015;23(12):1234-49. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2015.07.007>
17. Vega JN, Newhouse PA. Mild cognitive impairment: diagnosis, longitudinal course, and emerging treatments. *Current psychiatry reports*. 2014;16(10):490. <https://doi.org/10.1007/s11920-014-0490-8>
18. Cui MY, Lin Y, Sheng JY, Zhang X, Cui RJ. Exercise intervention associated with cognitive improvement in Alzheimer's disease. *Neural plasticity*. 2018;2018(1):9234105. <https://doi.org/10.1155/2018/9234105>
19. Yu F, Vock DM, Zhang L, Salisbury D, Nelson NW, Chow LS, et al. Cognitive effects of aerobic exercise in Alzheimer's disease: a pilot randomized controlled trial. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2021;80(1):233-44. <https://doi.org/10.3233/JAD-201100>
20. Zhang S, Zhen K, Su Q, Chen Y, Lv Y, Yu L. The effect of aerobic exercise on cognitive function in people with Alzheimer's disease: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(23):15700. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315700>
21. Zotcheva E, Håberg AK, Wisløff U, Salvesen Ø,

- Selbæk G, Stensvold D, Erntsen L. Effects of 5 years aerobic exercise on cognition in older adults: the generation 100 study: a randomized controlled trial. *Sports Medicine*. 2022;52(7):1689-99. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01608-5>
22. Farhani F, Shahrbanian S, Auais M, Hekmatikar AHA, Suzuki K. Effects of aerobic training on brain plasticity in patients with mild cognitive impairment: a systematic review of randomized controlled trials. *Brain Sciences*. 2022;12(6):732. <https://doi.org/10.3390/brainsci12060732>
23. Huang B, Chen K, Li Y. Aerobic exercise, an effective prevention and treatment for mild cognitive impairment. *Frontiers in aging neuroscience*. 2023;15:1194559. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1194559>
24. Yao L, Fang H, Leng W, Li J, Chang J. Effect of aerobic exercise on mental health in older adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in psychiatry*. 2021;12:748257. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.748257>
25. Yong L, Liu L, Ding T, Yang G, Su H, Wang J, et al. Evidence of effect of aerobic exercise on cognitive intervention in older adults with mild cognitive impairment. *Frontiers in Psychiatry*. 2021;12:713671. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.713671>
26. Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: physiotherapy evidence database (PEDro) scale. *Journal of physiotherapy*. 2020;66(1):59. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005>
27. Khattak HG, Ahmad Z, Arshad H, Anwar K. Effect of aerobic exercise on cognition in elderly persons with mild cognitive impairment. *Rawal Med J*. 2022;47(3):696. <https://doi.org/10.5455/rmj.20210713072242>
28. Amjad I, Toor H, Niazi IK, Afzal H, Jochumsen M, Shafique M, et al. Therapeutic effects of aerobic exercise on EEG parameters and higher cognitive functions in mild cognitive impairment patients. *International Journal of Neuroscience*. 2019;129(6):551-62. <https://doi.org/10.1080/00207454.2018.1551894>
29. Zhu Y, Wu H, Qi M, Wang S, Zhang Q, Zhou L, et al. Effects of a specially designed aerobic dance routine on mild cognitive impairment. *Clinical interventions in aging*. 2018:1691-700. <https://doi.org/10.2147/CIA.S163067>
30. Sánchez-Alcalá M, Aibar-Almazán A, Carcelén-Fraile MdC, Castellote-Caballero Y, Cano-Sánchez J, Achalandabaso-Ochoa A, et al. Effects of dance-based aerobic training on frailty and cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: A randomized controlled trial. *Diagnostics*. 2025;15(3):351. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15030351>
31. Khan Z, Saif A, Chaudhry N, Parveen A. Effect of aerobic exercise training on EEG: event-related potential and neuropsychological functions in depressed elderly with mild cognitive impairment. *Dementia & Neuropsychologia*. 2023;17:e20220082. <https://doi.org/10.1590/1980-5764-dn-2022-0082>
32. Koo JP, Moon OK. Effect of aerobic exercise on cognitive function in the elderly persons. *Journal of international academy of physical therapy research*. 2012;3(2):453-7. <https://doi.org/10.5854/JIAPTR.2012.10.30.453>
33. Qi M, Zhu Y, Zhang L, Wu T, Wang J. The effect of aerobic dance intervention on brain spontaneous activity in older adults with mild cognitive impairment: a resting-state functional MRI study. *Experimental and therapeutic medicine*. 2019;17(1):715-22. <https://doi.org/10.3892/etm.2018.7006>
34. Krootnark K, Chaikere N, Saengsirisuwan V, Boonsinsukh R. Effects of low-intensity home-based exercise on cognition in older persons with mild cognitive impairment: a direct comparison of aerobic versus resistance exercises using a randomized controlled trial design. *Frontiers in Medicine*. 2024;11:1392429. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1392429>
35. Zhu Y, Gao Y, Guo C, Qi M, Xiao M, Wu H, et al. Effect of 3-month aerobic dance on hippocampal volume and cognition in elderly people with amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Frontiers in aging neuroscience*. 2022;14:771413. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.771413>
36. Varela S, Ayán C, Cancela JM, Martín V. Effects of two different intensities of aerobic exercise on elderly people with mild cognitive impairment: a randomized pilot study. *Clinical rehabilitation*. 2012;26(5):442-50. <https://doi.org/10.1177/0269215511425835>
37. Song D, Doris S. Effects of a moderate-intensity aerobic exercise programme on the cognitive function and quality of life of community-dwelling

- elderly people with mild cognitive impairment: a randomised controlled trial. *International journal of nursing studies*. 2019;93:97-105. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.02.019>
38. Migliavaca CB, Stein C, Colpani V, Barker TH, Ziegelmann PK, Munn Z, et al. Meta-analysis of prevalence: I 2 statistic and how to deal with heterogeneity. *Research synthesis methods*. 2022;13(3):363-7. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1547>
 39. Langan D. Assessing heterogeneity in random-effects meta-analysis. *Meta-research: methods and protocols*: Springer; 2021. p. 67-89. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1566-9_4
 40. Prathum T, Chantanachai T, Vimolratana O, Laksanaphuk C, Apiworajirawit I, Aneksan B, et al. A systematic review and meta-analysis of the impact of transcranial direct current stimulation on cognitive function in older adults with cognitive impairments: the influence of dosage parameters. *Alzheimer's Research & Therapy*. 2025;17(1):37. <https://doi.org/10.1186/s13195-025-01677-y>
 41. Abd-Alrazaq A, Alajlani M, Alhuwail D, Toro CT, Giannicchi A, Ahmed A, et al. The effectiveness and safety of serious games for improving cognitive abilities among elderly people with cognitive impairment: systematic review and meta-analysis. *JMIR serious games*. 2022;10(1):e34592. <https://doi.org/10.2196/34592>
 42. Cai Z, Jiang W, Yin J, Chen Z, Wang J, Wang X. Effects of Tai Chi Chuan on Cognitive Function in Older Adults with Cognitive Impairment: A Systematic and Meta-Analytic Review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2020;2020(1):6683302. <https://doi.org/10.1155/2020/6683302>
 43. Gates N, Singh MAF, Sachdev PS, Valenzuela M. The effect of exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*. 2013;21(11):1086-97. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2013.02.018>
 44. Lake DE, Richman JS, Griffin MP, Moorman JR. Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2002; 283 (3):R789-R97. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00069.2002>
 45. Jeong J, Gore JC, Peterson BS. Mutual information analysis of the EEG in patients with Alzheimer's disease. *Clinical neurophysiology*. 2001; 112(5):827-35. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(01\)00513-2](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00513-2)
 46. Lempel A, Ziv J. On the complexity of finite sequences. *IEEE Transactions on information theory*. 2003;22(1):75-81. <https://doi.org/10.1109/TIT.1976.1055501>
 47. McDonnell MN, Smith AE, Mackintosh SF. Aerobic exercise to improve cognitive function in adults with neurological disorders: a systematic review. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2011;92(7):1044-52. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.01.021>
 48. Han C, Sun W, Zhang D, Xi X, Zhang R, Gong W. Effects of different aerobic exercises on the global cognitive function of the elderly with mild cognitive impairment: a meta-analysis. *BMJ open*. 2023;13(6):e067293. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-067293>
 49. Li R, Zhu X, Yin S, Niu Y, Zheng Z, Huang X, et al. Multimodal intervention in older adults improves resting-state functional connectivity between the medial prefrontal cortex and medial temporal lobe. *Frontiers in aging neuroscience*. 2014;6:39. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00039>
 50. Hong S-G, Kim J-H, Jun T-W. Effects of 12-week resistance exercise on electroencephalogram patterns and cognitive function in the elderly with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2018;28(6):500-8. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000476>