Effects of Physical and Mental trainings on Short-Term Memory and Information Processing Speed in Elderly Men with Mild Cognitive Impairment

Arsalan Damirchi [1], Reza Rezaeeshirazi [2*], Saeed Ghorbani [2]

[1] professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Physical Education, Aliabad Katoul Branch, Islamic Azad University, Aliabad Katoul, Iran

Received: 28 December 2021; Accepted: 19 Feburary 2022

Abstract

Introduction: The purpose of the research was to study of the effectiveness of physical and mental trainings on short-term memory and processing speed in elderly men with MCI.

Methodology: 34 participants randomly allocated into three groups were included physical training (PT; n=11), mental training (MT; n=11) and control group (CG; n=12). The trainings were performed for eight weeks and three sessions per week. The PT group began running on treadmill from 20 minutes in the 1st to 4rd weeks and was afterward increased to 30 minutes in the 5rd to 8rd weeks. The intensity of the trainings was adjusted based on the Borg rating of perceived exertion scale in the range of 13 to 15.

The MT also practiced Smart thinker on the Android operating system on tablets/cellphones and included easy, medium and hard levels. Research variables were measured before and after training, and also 3 months. Statistical analysis was performed using the repeated measure ANOVA followed by bonferroni post-hoc with significance set at $P \leq .05$.

Results: Finding of bonferroni post-hoc test revealed significantly increase between PT compared with CG (p=.010) and MT compared with CG (p=.001) in post-test of short-term memory variable. Also. it revealed significantly increase between MT compared with PT (p=.030) and CG (p=.001) in post-test of processing speed.

Conclusion: Results of the study recommended that eight weeks of mental and physical trainings have effects on short-term memory and processing speed in elderly men with MCI. But, mental training is a more appropriate approach.

Key Words: Short-Term Memory, Information Processing Speed, Mental Exercise, Physical Exercise, Mild Cognitive Impairment, Elderly.

* **Corresponding author**: faculty of Physical Education and Sport Sciences of Islamic Azad University of aliabad katoul Branch. **Email:** dr.rezaee@aliabadiau.ac.ir

تأثیر تمرینات بدنی و ذهنی بر حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش اطلاعات در مردان سالمند مبتلا به اختلال خفیف شناختی

ارسلان دمیرچی[۱]، رضا رضایی شیرازی[۲*]، سعید قربانی[۲]

[۱] استاد فیزیولوژی ورزش دانشگاه گیلان، ایران؛

[۲] استادیار، گروه تربیت‌بدنی، واحد علی‌آبادکتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی‌آبادکتول، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰

چکیده

مقدمه: هدف از این پژوهش، بررسی اثربخشی تمرینات بدنی و ذهنی بر حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش اطلاعات در مردان سالمند مبتلا به MCI بود.

روش‌ها: ۳۴ مرد سالمند به طور تصادفی به سه گروه تمرین بدنی (۱۱ نفر)، ذهنی (۱۱ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. تمرینات به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه انجام شد. تمرین بدنی شامل دویدن روی نوار گردان به مدت۲۰ دقیقه برای هفته اول تا چهارم و۳۰ دقیقه برای هفته پنجم تا هشتم بود. شدت تمرین به‌وسیله RPE بین ۱۳ تا ۱۵ تنظیم گردید. برنامه تمرین ذهنی اجرای بازی متفکر باهوش بود که به‌وسیله تبلت یا گوشی هوشمند در سه سطح آسان، متوسط و سخت انجام شد. متغیرهای پژوهش، قبل و بعد از تمرینات و همچنین، سه ماه پس از بی‌تمرینی اندازه‌گیری شدند. برای آنالیز داده‌ها از آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر و تست تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: مقایسه نتایج پس‌آزمون حافظه کوتاه‌مدت به‌وسیله آزمون تعقیبی نشان داد که گروه‌های تمرین بدنی نسبت به کنترل (P=۰/۰۱۰) و تمرین ذهنی نسبت به کنترل (P=۰/۰۰۱) افزایش معنی‌داری داشتند. هم‌چنین نتایج اندازه‌گیری سرعت پردازش اطلاعات آشکار کرد که این متغیر در پس‌آزمون در گروه تمرین ذهنی در مقایسه با تمرین بدنی (P=۰/۰۳۰) و کنترل (P=۰/۰۰۱) افزایش معنی‌داری داشته است.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌کند که هشت هفته تمرینات ذهنی و بدنی از اثربخشی لازم برای بهبود حافظه کوتاه-مدت و سرعت پردازش اطلاعات در مردان سالمند مبتلا به MCI برخوردار هستند؛ اما در این میان، تمرین ذهنی راه‌کار مؤثرتری است.

کلید واژه: حافظه کوتاه مدت، سرعت پردازش اطلاعات، تمرین بدنی، تمرین ذهنی، اختلال خفیف شناختی، سالمند.

* نویسنده مسئول: استادیار گروه تربیت‌بدنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آبادکتول. **Email:** Dr.Rezaee@aliabadiau.ac.

مقدمه

امروزه با پیشرفت در زمینه‌های پزشکی، اقتصادی و اجتماعی، میزان مرگ‌ومیر، کاهش و امید به زندگی افزایش یافته است. هم‌چنین، با توجه به آمار منتشرشده جمعیت‌شناسی بیشتر کشورهای جهان از جمله ایران، جمعیت جهان به سوی سالمندی پیش می‌رود. بر همین اساس سازمان بهداشت جهانی، قرن حاضر را "قرن سالمندی[1]" نامیده و آن را گذر از مرز ۶۵ سالگی تعریف کرده است (۱). یکی از مشکلاتی که جامعه سالمند با آن دست به گریبان است، افت عملکردهای شناختی است. اختلال خفیف شناختی (MCI)[2] یک مرحله گذرا از عملکرد شناختی بین تغییرات مشاهده شده در سالمندی طبیعی و فراموشی است که فرصتی برای تشخیص و پیشگیری زود هنگام بیماری آلزایمر فراهم می‌کند. از جمله عملکردهایی که در این شرایط، دچار نقصان می‌گردند، حافظه کوتاه‌مدت[3] و سرعت پردازش اطلاعات[4] می‌باشند (۲).

حافظه کوتاه‌مدت به عنوان یک سیستم موقت ذخیره اطلاعات در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند مقدار کمی از اطلاعات را نگهداری و حفظ نماید. این حافظه به رویدادهایی اشاره دارد که ظرف چند ثانیه گذشته اتفاق افتاده است و جهت انجام مطلوب امور مربوط به زندگی روزمره، ضروری است. سرعت پردازش اطلاعات نیز توانایی مغز فرد در به دست آوردن، حفظ و دستکاری اطلاعات رسیده به سیستم عصبی در کوتاه‌ترین زمان ممکن و بالاترین سرعت را دربرمی‌گیرد. کاهش سرعت یا عدم کارایی مناسب این سیستم می‌تواند میزان توانایی فرد جهت انجام وظایف و مقابله با کارهای سخت را تحت‌الشعاع قرار دهد (۳).

مطالعات اپیدمیولوژیک گزارش کرده‌اند که میزان ابتلاء به اختلال حافظه کوتاه‌مدت، در جمعیت ۸۰ سال و بالاتر به ۴۰ درصد می‌رسد. علاوه بر این تخمین زده می‌شود که تعداد افرادی که تحت تأثیر قرار خواهد گرفت هر ۲۰ سال، دو برابر شده و تا سال ۲۰۵۰، تقریباً سه برابر خواهد شد (۴). هم‌چنین مشخص شده است که در این دوره سنی، بافت عصبی هیپوکامپ تغییر می‌یابد که در نهایت به کاهش سرعت پردازش اطلاعات می‌انجامد. ابید و کریتر (۲۰۱۹)، در پژوهش خود به کاهش سرعت پردازش اطلاعات در ارتباط با سن اشاره کرده‌اند (۵). پژوهش‌های مختلف نیز بیان کردند که سالمندی اثرات منفی بر سرعت پردازش و حافظه دارد که اگر درمان نگردد می‌تواند به اختلالات جدی‌تری مانند آلزایمر تبدیل شود (۴).

یکی از راه‌های کنترل و درمان، استفاده از داروهای فارماکولوژیک است. مهارکننده‌های کولین‌استراز[5] مانند ریواستیگمین[6] و دانپزیل[7] اساس درمان دارویی بیماری‌های حافظه‌ای را تشکیل می‌دهند؛ در حالی‌که مشخص شده است این مهارکننده‌ها تأثیر متوسطی در بهبود علائم تعداد قلیلی از بیماران دارند. (۶). از سوی دیگر، همانطور که قبلاً نیز بیان شد، آمار افراد مبتلا به سرعت در حال افزایش است (۱).

تمامی این عوامل دست‌به‌دست هم داده‌اند تا این عقیده قوت یابد که احتمالاً استفاده از مداخلات غیردارویی در کنار درمان‌های پیشنهادی برای کنترل این اختلالات، راه‌کاری مؤثر، مقرون به صرفه و ایمن خواهد بود. یکی از این مداخلات، پرداختن به تمرینات بدنی است. چانگ و همکاران (۲۰۱۵) پس از بررسی اثر تمرین بر شناخت، دریافتند که بین آمادگی قلبی‌عروقی و شناخت در افراد سالم، رابطه مثبت معنی‌دار وجود دارد. چنین رابطه‌ای در مراحل اولیه ابتلا به اختلالات شناختی نیز وجود داشت. نتایج نشان داد

1. Century Ageing
2. Mild Cognitive Impairment
3. Short-Term Memort
4. Proccecing Speed of Information
5. Cholinesterase Inhibitor
6. Rivastigmine
7. Danpzyl

که در مقایسه با افراد سالم، افراد مبتلا، از میزان آمادگی قلبی‌عروقی پایین‌تری برخوردارند. هم‌چنین، سطح آمادگی بدنی بالاتر در مراحل اولیه آلزایمر با حجم بیشتر مغز (آتروفی کمتر) همراه بوده است. این نتیجه حتی زمانی که عوامل سن، جنس، شدت بیماری و ضعف بدنی نیز کنترل شد، مشاهده گردید (۷). برر و همکاران (۲۰۱۳) پس از بررسی آثار درمانی ورزش در یک مقاله مروری، نتیجه‌گیری کردند که تمرین اجباری، آسیب اکسیداتیو و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در هیپوکامپ تنظیم کرده و عملکردهای مغزی را بهبود می‌بخشد. هم‌چنین، در مقایسه با آزمودنی‌های ناآماده، آزمودنی‌های آماده، سطوح بالاتری را در عملکردهای شناختی به ویژه در وظایف بخش قشر فرونتال به نمایش گذارده‌اند (۸). وی و جی (۲۰۱۴) نیز پس از یک دوره تمرین هندبال در افراد مبتلا به اختلال خفیف شناختی، شاهد بهبود معنی‌دار در عملکردهای شمارش و حساب، حافظه و جهت‌یابی بودند (۹). از سوی دیگر، نتایج برخی گزارشات حاکی از بی‌اثر بودن تمرینات بدنی بر بهبود عملکردهای شناختی در سالمندان بوده است (۱۰).

جنبه دیگری از مداخلات غیردارویی، تمرینات ذهنی است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات ذهنی کامپیوتری می‌توانند سبب بهبود عملکردهای شناختی چون توجه، حافظه و کنترل اجرایی در سالمندانی که در معرض خطر افت عملکرد شناختی هستند، شوند؛ زیرا، طی تمرین به سبب افزایش فعالیت بخش‌هایی از مغز که مسئول حل مسأله، تصمیم‌گیری و پردازش اطلاعات هستند، عملکردهای ذهنی افزایش یافته و ظرفیت یادگیری تقویت می‌شود (۱۱, ۱۲). حتی برخی مطالعات آثار انتقالی تمرینات شناختی مبتنی بر حافظه کاری را به عملکردهای توجه دیداری و شنیداری گزارش نموده‌اند (۱۳). این در حالی است که برخی محققین نیز بیان داشته‌اند که این نوع تمرینات در افرادی که مبتلا به اختلال شناختی شده‌اند، تأثیرات مثبت چندانی نخواهد داشت (۱۴). بنابراین، به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اطلاعات ارائه‌شده درباره آثار تمرینات کامپیوتری در سالمندان، متناقض است (۱۱, ۱۲, ۱۴).

به‌طور کلی، اهمیت موضوع سالمندان، مشکلات و بیماری‌های سنی آنان به ویژه اختلالات حافظه‌ای و سنگینی هزینه‌های درمانی ناشی از آن، لزوم پیش‌بینی تمهیدات و برنامه‌های سودمند جهت پیشگیری و کنترل عارضه، کمبود تحقیقات در این زمینه و گزارش نتایج بعضاً متناقض، ضمن دشواری نتیجه‌گیری، انجام تحقیقات کاربردی بیشتری را تبیین می‌نماید. با ملاحظه این موارد، این سوال پیش می‌آید که آیا تمرین بدنی یا ذهنی می‌تواند در کنترل این عارضه مؤثر باشد؟ آیا می‌توان امیدوار بود که با تشویق سالمندان مبتلا به افت حافظه و سرعت پردازش به انجام تمرینات بدنی و ذهنی، از تشدید این اختلالات جلوگیری کرد؟ بنابراین پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین بدنی و ذهنی بر حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش اطلاعات در مردان سالمند مبتلا به اختلال خفیف شناختی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

روش کار و آزمودنی‌ها

این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و آزمون پیگیری بود. جامعه آماری شامل مردان سالمند شهرستان علی‌آبادکتول در سال ۱۳۹۸ بود که فاقد سابقه فعالیت‌بدنی منظم، طی سه سال گذشته بوده و منعی برای برنامه ورزشی نداشتند. پس از توزیع اطلاعیه در سطح شهر، در آغاز تحقیق تعداد ۱۰۷ مرد سالمند داوطلب (۶۵ تا ۸۷ ساله) از لحاظ سلامت عمومی (سوابق بیماری و ناراحتی‌های جسمانی، مشکلات روان‌شناختی و فشار خون) و سطح سواد مورد بررسی قرار گرفتند. معیارهای

ورود به پژوهش عبارت بودند از: کسب نمره ۲۰ تا ۲۵ در ارزیابی شناختی مونترال MoCA[1]، دیدن و شنیدن طبیعی یا تقریباً طبیعی، عدم ابتلاء به بیماری‌های حرکتی، اسکلتی و فیزیولوژیکی محدودکننده، عدم استفاده از داروهای ضدافسردگی و ضدآلزایمر، داشتن سواد خواندن و نوشتن.

ارزیابی شناختی MoCA توسط نصرالدین و همکاران (۲۰۰۵) برای تعیین MCI و اصلاح نقایص آزمون MMSE[2] طراحی شد. نتایج تحقیقات نشان داده است که MoCA حساسیت بالایی برای تشخیص اختلال MCI (۹۰ درصد) و بیماری آلزایمر (۱۰۰ درصد) دارد. پایایی این آزمون با توجه به مقدار آلفای کرونباخ، ۹۲ درصد و میزان IC آن ۸۳ درصد بود. این ارزیابی، یک پرسشنامه ۳۰ امتیازی است که کسب نمره ۲۵ و پایین‌تر در آن نشان‌دهنده وجود اختلال شناختی خفیف در سالمندان می‌باشد (۱۵).

به دلیل ملاحظات خاص در پژوهش حاضر از جمله نامشخص بودن تعداد جامعه به علت عدم وجود سوابق پزشکی در خصوص اختلالات حافظه‌ای سالمندان شهر و لزوم غربالگری‌های مورد نظر، پس از مطالعه سه پژوهش صورت گرفته در این زمینه (۱۰, ۱۶, ۱۷)، حجم نمونه برای هر گروه بر اساس معادله زیر محاسبه گردید (۱۸):

$$\text{Cohen's } d = M_1 - M_2 / \sigma_{pooled}$$

که در آن d تفاوت بین میانگین‌ها، M میانگین‌های به دست آمده و σ_{pooled} انحراف استاندارد تلفیقی است (۱۸).

اندازه اثر برای این مطالعات، بین ۰/۸۷ تا ۰/۹۱، d= ۰/۴۵ تا Power=۰/۸۷ در α= ۰/۰۵ تخمین زده شد. پس از محاسبات موردنظر، حجم نمونه برای هر گروه ۱۱/۳۲ برآورد گردید که به دلیل در دسترس بودن آزمودنی، برای هر گروه حداقل ۱۲ نفر در نظر گرفته شد.

پس از انجام مرحله غربالگری، در نهایت ۳۷ آزمودنی انتخاب و سپس به روش تصادفی به سه گروه تمرین بدنی (۱۳ نفر)، تمرین ذهنی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش در زمان انتخاب آزمودنی‌ها و بعد از پایان برنامه تمرینی، توسط آزمون‌های معتبر اندازه‌گیری گردید. هم‌چنین جهت کنترل میزان ماندگاری اثر تمرین بر متغیرها، پس از سه ماه بی‌تمرینی نیز مجدداً مورد بررسی قرار گرفتند.

دریافت رضایت‌نامه کتبی و جلسه آشنایی با تمرینات، یک هفته قبل از آغاز اجرای پژوهش، برگزار شد. طی جلسات آموزشی، به دلیل هر چه خالص‌تر کردن اثر تمرین، از آزمودنی‌ها خواسته شد که برنامه زندگی خود از قبیل چرخه خواب و بیداری، میزان فعالیت روزانه و رژیم غذایی خود را تغییر ندهند.

ابزارهای اندازه‌گیری تحقیق:

آزمون دیجیت اسپن رو به جلو[3]: این تست ظرفیت نگهداری و به یادآوری اعداد در حافظه فعال را اندازه‌گیری می‌کند. تکرار ارقام به طور هم‌زمان، به انجام برخی عملیات ذهنی مانند توجه، تخصیص چندگانه منابع ذهنی و کنترل فعال و آگاهانه نیاز دارد. در این تست، یک سری ارقام روی مانیتور کامپیوتر به آزمودنی‌هاارائه می‌شود (به عنوان مثال، ۸ ، ۲، ۴) و تکلیف آنان تکرار منظم اعداد

1. Montreal Cognitive Assessment
2. Mini-Mental State Exam
3. Forward Digit Span Test

پس از پایان نمایش است. هر کدام از ارقام به مدت ۱ ثانیه و به فاصله ۰/۵ ثانیه با عدد بعدی نمایش داده می‌شود. در این مطالعه ما برای نمایش اعداد، از نرم‌افزار پاورپوینت نسخه ۲۰۰۷ استفاده کردیم (۱۰).

آزمون استروپ[1]: این تست به وسیله لغات رنگی ارایه شده، سرعت پردازش اطلاعات را اندازه‌گیری می‌کند. مثلاً لغت قرمز که با رنگ سبز نوشته شده و در یک صفحه مشکی نمایش داده می‌شود و آزمودنی باید با حداکثر سرعت، به رنگ دیده شده اشاره کند؛ نه لغت مشاهده شده. در این مطالعه ما از نرم‌افزار تست استروپ محصول مرکز شناختی رفتاری سینا استفاده کردیم (۱۰).

اعتبار و روایی آزمون‌های دیجیت‌اسپن و استروپ در جامعه سالمندان، در حد قابل قبول و به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۹ ارزیابی گردیده است (۱۹, ۲۰).

شاخص‌های آنتروپومتری: قبل و بعد از آزمون، وزن آزمودنی‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی مدل جی‌ای‌اس صفر هفت[2] با دقت ۰/۱± کیلوگرم در وضعیت بدون کفش و با حداقل پوشاک و قد آنها با استفاده از قدسنج دیواری مدل ۴۴۴۴۰ ساخت شرکت کاوه کشور ایران با دقت ۰/۱± سانتی‌متر در وضعیت ایستاده، کنار دیوار و بدون کفش اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدن[3] از تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (مترمربع) محاسبه گردید. نسبت دور کمر به لگن[4] به وسیله متر نواری غیرقابل ارتجاع و بدون تحمل هر گونه فشار بر بدن و با دقت یک سانتی‌متر با اندازه‌گیری محیط کمر در باریک‌ترین ناحیه بین‌دنده‌ای تا تاج خاصره و تقسیم آن به اندازه محیط لگن در بزرگ‌ترین قسمت برآمدگی سرینی حاصل شد (۲۱).

برنامه تمرینی

تمرین بدنی: این گروه به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته بر روی نوار گردان به تمرین هوازی پرداختند. مدت زمان تمرین از هفته اول تا چهارم، ۲۰ دقیقه و از هفته پنجم تا هشتم، ۳۰ دقیقه به طور مداوم بود. در سراسر طول تمرین، ضربان قلب توسط دستگاه ضربان‌سنج پلار اندازه‌گیری شده و هر ۵ دقیقه، ثبت می‌گردید. شدت تمرین نیز به وسیله شاخص درک فشار بورگ (RPE)[5] بین ۱۳ تا ۱۵ تنظیم گردید (۲۲) (جدول ۱). درک فشار بورگ، به عنوان احساس ذهنی از تلاش، فشار، ناراحتی یا خستگی تعریف می‌شود که فرد در جریان فعالیت ورزشی تجربه می‌کند و از دامنه ۶ تا ۲۰ را در بر می‌گیرد. در این شاخص، عدد ۱۳ تا ۱۵ نشان‌دهنده شدت کمی سخت تا سخت است. از ویژگی این شاخص این است که به راحتی می‌توان شدت تمرین را تنظیم نمود؛ بدین جهت، مناسب سالمندان بوده و احتمال بروز خطر حین فعالیت را کاهش می‌دهد (۲۳). هر جلسه تمرین با ۵ دقیقه گرم کردن در ابتدای جلسه شروع و ۵ دقیقه سرد کردن در انتهای آن، پایان می‌یافت.

جدول ۱. مدت و شدت برنامه تمرین بدنی طی ۸ هفته

هفته	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
مدت (دقیقه)	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
شدت (RPE)	۱۳	۱۳	۱۳	۱۴	۱۴	۱۴	۱۵	۱۵

1. Stroop test
2. GES-07
3. Body Mass Index
4. Waist to Hip Ratio
5. Rate of Perceived Exertion

تمرین ذهنی: این گروه نیز به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته به تمرینات متفکر باهوش[1] پرداختند. این بازی ذهنی که برای سالمندان طراحی گردیده به وسیله سیستم عامل اندروئید بر روی تبلت و گوشی راه‌اندازی شده و شامل چهار بازی با درجات آسان، متوسط و سخت است که طی فرآیند بازی، چالش‌ها و درجه دشواری آن توسط نرم‌افزار، بیشتر می‌شود. این چهار بازی عبارتند از:

-*بیشتر- کمتر:* این بازی، یک پازل ریاضی است که در آن کاربران پس از نمایش کوتاه‌مدت یک عدد، باید فوراً پاسخ دهند که آیا عدد نمایش‌داده شده از عدد قبلی کوچک‌تر بوده است یا بزرگ‌تر. این بازی نیاز به توجه دائمی در به یادآوری اعداد قبلی دارد.

-*بازی رنگ‌ها:* در این بازی صفحه مشبکی از رنگ‌ها در یک پس‌زمینه رنگی نشان داده می‌شود. رنگ صفحه مشبک و رنگ پس-زمینه مرتباً در حال تغییر است. تکلیف کاربر این است که با سرعت بالا رنگ‌های مشابه با رنگ پس‌زمینه را شناسایی نماید.

-*سنگ کاغذ قیچی:* این همان بازی پرطرفدار سنگ کاغذ قیچی است که به صورت دیجیتال و با همان قوانین بازی واقعی انجام می‌شود.

-*مرا پیدا کن:* این یک بازی چالشی است که طی انجام آن، کاربر باید دائماً جملات نمایش داده شده و مکان اشیاء مربوط به آنها را به یاد داشته و مشخص نماید (۲۴).

درجه سختی تمرینات، توسط تنظیمات بازی‌های کامپیوتری درنظر گرفته شده و به طور تدریجی طی هشت هفته، اعمال می‌شد.

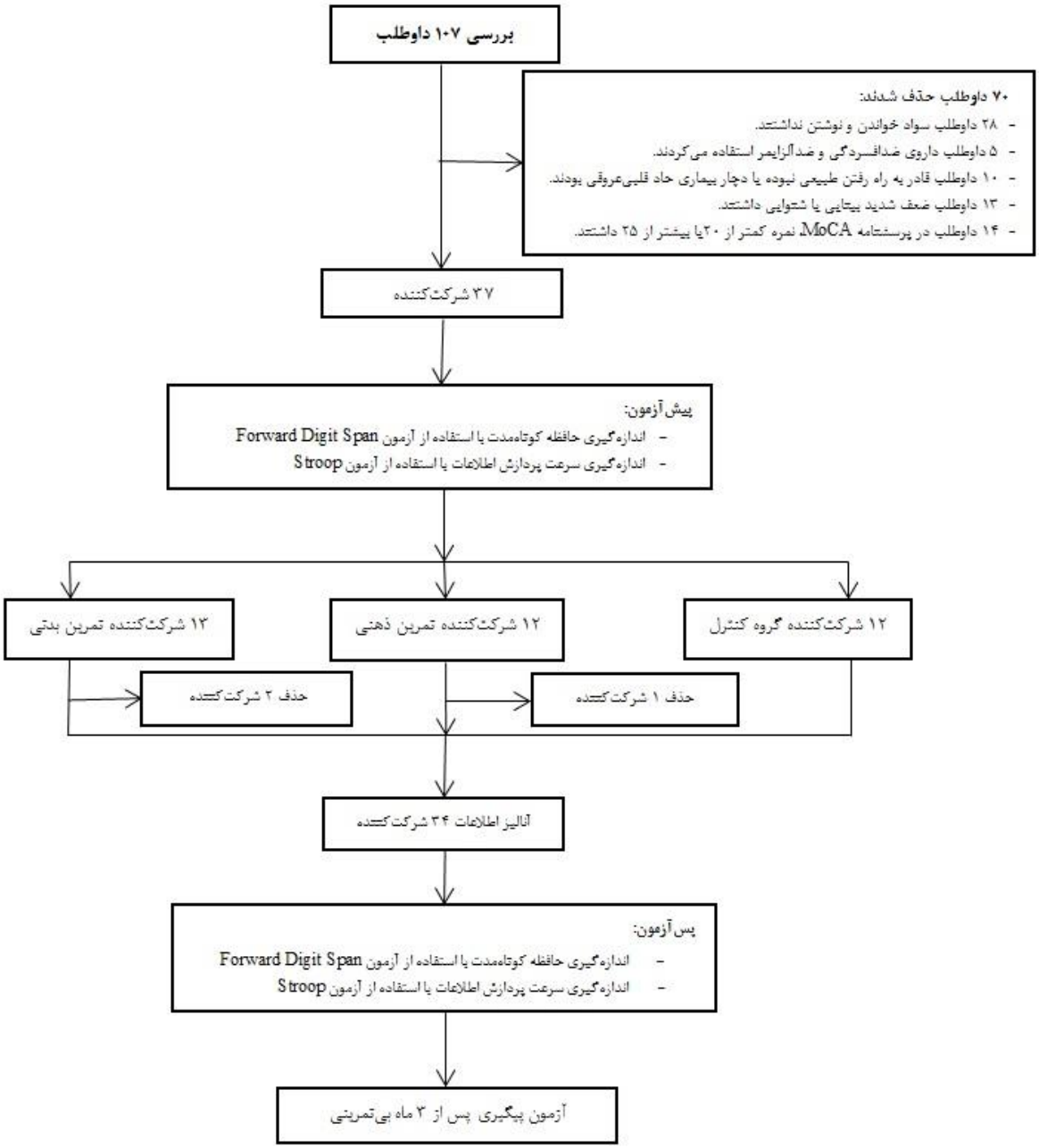
گروه کنترل، طی دوره اجرای تحقیق، هیچ برنامه تمرینی منظمی نداشته و به زندگی عادی خود پرداختند.

در پایان برنامه تمرینی، پس از افت ۳ آزمودنی (۲ نفر از گروه تمرین بدنی و یک نفر از گروه تمرین ذهنی) اطلاعات ۳۴ آزمودنی مورد تجزیه و تحلیل‌های آماری قرار گرفت (شکل ۱).

روش‌های آماری

برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. تمامی مقادیر کمی در این پژوهش، به صورت میانگین و انحراف معیار نشان داده شده است. همگنی مقادیر اولیه متغیرها به وسیله ANOVA یک راهه مورد سنجش قرار گرفت. به منظور تعیین معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین متغیرها در پیش و پس آزمون و سه ماه بعد (آزمون پیگیری)، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و تست تعقیبی بونفرونی استفاده شد. پیش از انجام تحلیل داده‌ها به روش اندازه‌گیری مکرر، پیش‌فرض‌های تحلیل با این روش ارزیابی شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری به وسیله نرم‌افزارSPSS 23 با سطح معنی-داری ۰/۰۵ انجام گرفت.

[1]. Smart Thincker



یافته‌ها

میانگین توزیع سن، سطح تحصیلات، حیطه عملکرد اجتماعی و میزان سیگار کشیدن سه گروه مشابه بود؛ در حالی‌که میانگین شاخص زندگی با همسر در گروه تمرین ذهنی نسبت به دو گروه دیگر، پایین‌تر بود. هم‌چنین، میانگین درآمد خانوادگی، کمتر از متوسط بود. شاخص‌های توصیفی آزمودنی‌ها شامل سن، شاخص توده بدنی، نسبت دور کمر به لگن، سطح تحصیلات و امتیازات پرسشنامه MoCA، به تفکیک گروه‌ها در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف نشان داد که توزیع

متغیرها طبیعی بوده است (P≤۰/۰۵). نتایج آزمون ANOVA یک راهه نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری در مقادیر اولیه متغیرها در سه گروه وجود ندارد (P≤۰/۰۵).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در متغیر حافظه کوتاه‌مدت نشان داد که اثر آزمون (P=۰/۰۳۲)، گروه (P=۰/۰۱۲) و تعامل اثر آزمون و گروه (P=۰/۰۲۱) معنی‌دار است. به منظور دستیابی به نتیجه دقیق‌تر از آزمون ANOVA در سه مرحله (پیش، پس و آزمون پیگیری) استفاده شد. نتایج نشان داد در پیش آزمون اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P=۰/۱۲۰) ولی در پس‌آزمون (P=۰/۰۱۸) و آزمون پیگیری (P=۰/۰۳۰) تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. نتایج تست تعقیبی بونفرونی نشان داد که در پس‌آزمون بین گروه تمرین بدنی با کنترل (P=۰/۰۱۰) و گروه تمرین ذهنی با کنترل (P=۰/۰۰۱) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ این در حالی است که بین دو گروه تمرین بدنی و ذهنی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (P=۰/۰۹۰)، در آزمون پیگیری نیز بین گروه تمرین بدنی با کنترل (P=۰/۰۱۸) و گروه تمرین ذهنی با کنترل (P=۰/۰۰۱) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ این در حالی است که بین دو گروه تمرین بدنی و ذهنی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (P=۰/۰۷۲).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در متغیر سرعت پردازش نشان داد اثر آزمون (P=۰/۰۲۴)، گروه (P=۰/۰۰۱) و تعامل اثر آزمون و گروه (P=۰/۰۲۰) معنی‌دار بود. به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر از آزمون ANOVA در سه مرحله (پیش-آزمون، پس‌آزمون و آزمون پیگیری) استفاده شد. نتایج نشان داد در پیش‌آزمون (P=۰/۱۰۲) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، ولی در پس‌آزمون (P=۰/۰۳۰) و آزمون پیگیری (P=۰/۰۴۸) تفاوت معنی‌دار مشاهده شد.

نتایج تست تعقیبی بونفرونی نشان داد در پس‌آزمون بین گروه تمرین ذهنی با گروه‌های تمرین بدنی (P=۰/۰۳۰) و کنترل (P=۰/۰۰۱) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ این در حالی بود که بین گروه تمرین بدنی با گروه کنترل (P=۰/۰۹۰) تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. در آزمون پیگیری بین گروه تمرین ذهنی با گروه‌های تمرین بدنی (P=۰/۰۰۱) و کنترل (P=۰/۰۱۰) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ اما بین گروه تمرین بدنی با گروه کنترل (P=۰/۱۰۰) تفاوت معنی‌دار وجود ندارد.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها

گروه / متغیر	PT (n=11)	MT(n=11)	CG(n=12)
سن (سال)	۷۰/۲۵±۴/۴۵	۶۹/۹۰±۳/۷۵	۷۰/۱۱±۴/۹۳
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۷/۷۳±۵/۷۵	۲۸/۴۰±۶/۳۵	۲۷/۶۸±۴/۵۰
نسبت دور کمر به لگن (درصد)	۸۱/۲۳±۵/۴۳	۸۰/۵۴±۹/۰۷	۷۹/۰۰±۴/۶۰
نمره MoCA	۲۲/۵۸/±۲/۳۳	۲۱/۷۱±۳/۲۴	۲۲/۴۴±۳/۰۶

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار متغیرهای آزمون طی سه مرحله اندازه‌گیری

آزمون	گروه‌ها	PT (n=11)	MT (n=11)	CG (n=12)
حافظه کوتاه‌مدت (تعداد صحیح)	پیش‌آزمون	۷/۸۸±۲/۵۵	۷/۸۲±۲/۳۷	۶/۹۸±۲/۱۳
	پس‌آزمون	۸/۹۴±۲/۰۸*	۹/۰۲±۱/۸۴*	۷/۱۲±۱/۷۸
	آزمون پیگیری	۸/۸۱±۱/۶۲*	۸/۹۱±۲/۰۸*	۶/۵۵±۲/۰۵
سرعت پردازش (تعداد صحیح در ۹۰ ثانیه)	پیش‌آزمون	۱۶/۵۴±۴/۴۳	۱۷/۱۲±۴/۶۷	۱۶/۰۲±۵/۶۶
	پس‌آزمون	۱۶/۴۷±۳/۵۲	۱۹/۸۱±۵/۲۰*#	۱۵/۱۴±۴/۵۷
	آزمون پیگیری	۱۵/۷۹±۵/۴۲	۱۹/۵۷±۳/۰۶*#	۱۶/۰۴±۵/۲۱

مخففها: PT: تمرین بدنی؛ MT: تمرین ذهنی؛ CG: گروه کنترل

*تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های تمرینات بدنی و ذهنی با گروه کنترل

#تفاوت معنی‌دار بین گروه تمرین ذهنی با گروه تمرین بدنی

سطح معنی‌داری $P\leq ۰/۰۵$

بحث

معمولاً سالمندی همراه با افت عملکردهای شناختی است و این نظریه وجود دارد که احتمالاً استفاده از مداخلات غیردارویی مانند تمرینات منظم می‌تواند از تشدید این عارضه جلوگیری نماید. بنابراین پژوهش حاضر به منظور بررسی اثربخشی سه هفته تمرین بدنی و ذهنی بر حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش اطلاعات در مردان سالمند مبتلا به اختلال خفیف شناختی انجام شد.

یافته‌های پژوهش نشان داد که سه هفته تمرین بدنی سبب بهبود معنی‌دار حافظه کوتاه‌مدت در مردان سالمند بالای ۶۵ سال شده است. همسو با یافته مطالعه پیش‌رو، برخی مطالعات چندین عامل را در زمینه اثربخشی تمرین بدنی بر حافظه دخیل دانسته‌اند. به طور مثال، ادعا شده است که فعالیت‌بدنی موجب تغییر در سطح رونویسی تعدادی از ژن‌های شناخته‌شده مرتبط با فعالیت نرونی، ساختمان سیناپسی و ساخت نروترانسیمترها می‌شود که در فرآیندهای عصبی‌شناختی مهم هستند. به عبارت دیگر، تمرینات ورزشی با افزایش رشد سلول‌های عصبی در هیپوکامپ و استریاتوم[1] و افزایش ارتباطات بین‌سلولی در این مناطق که برای فرآیندهای ادراکی ضرورت دارند، می‌تواند در این گروه، مغز را فعال نگه دارد (۲۵). عنوان شده است که تمرین بدنی ممکن است موجب افزایش سنتز عوامل رشد عصبی، افزایش در اندازه نرون‌های حرکتی و ارتباطات سیناپسی، افزایش ظرفیت پردازش پیام‌های عصبی شده و حتی با تنظیم سطوح انتقال‌دهنده‌های عصبی، باعث تحریک آزادسازی کلسیم شده و ترشح دوپامین و استیل‌کولین را افزایش دهد (۸). از دیگر مکانیسم‌های مؤثر در این رابطه می‌توان به نقش هورمون BDNF[2] اشاره کرد؛ اگر چه در این تحقیق

[1]. Striatum
[2]. Brain-Derived Neurotrophic Factor

مورد سنجش قرار نگرفت. گزارش شده که با افزایش سن، غلظت BDNF و تعداد گیرنده‌های آن در سطوح سلولی و خارج از آن، کاهش می‌یابد که با کاهش نرونی نیز در ارتباط است. این شرایط می‌تواند شکل‌پذیری سیناپسی و نرون‌زایی در هیپوکامپ را کاهش دهد. تصور می‌شود که شکل‌پذیری سیناپسی و نرون‌زایی، فرایندهای نرونی هستند که زمینه یادگیری و حافظه وابسته به هیپوکامپ را شکل می‌دهند (۲۶). بنابراین، با توجه به کاهش سطوح سرمی BDNF و گیرنده‌های آن در افراد سالمند، اثرات مخرب سالمندی بر حافظه و یادگیری را می‌توان تا حدودی به‌وسیله تمرین ورزشی از بین برد.

در تأیید یافته‌های کمرا و همکاران (۲۰۲۱) و دمیرچی و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر بهبود معنی‌دار حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش اطلاعات پس از انجام تمرینات ذهنی، یافته‌های پژوهش حاضر نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش نمود (۲۷). در مقابل بزوکی و همکاران (۲۰۱۳) پس از انجام یک دوره تمرین شناختی، شاهد تغییر معنی‌دار در عملکردهای حافظه کاری و سرعت پردازش نبودند که احتمالاً دلیل ناهمسو بودن نتایج، برنامه تمرین ذهنی مورد استفاده می‌باشد؛ چرا که ماهیت تمرین آنان بر خلاف مطالعه حاضر، مستلزم درگیری ذهنی زیادی جهت حل مسأله نبود. هم‌چنین محققین گزارش نمودند که بر اساس قانون دوز - پاسخ، احتمالاً حجم تمرین انجام‌شده برای کسب دستاوردهای شناختی مورد انتظار در این گروه خاص، کافی نبوده است (۲۸).

تئوری "یا از آن استفاده کن یا آن را از دست بده"[1] به تبیین فواید مداخلات شناختی اشاره داشته و عنوان می‌کند که همراه با افزایش سن و بروز زوال شناختی، تمرینات ذهنی می‌تواند سبب ابقاء و بهبود این مهارت‌ها گردد. به عبارت دیگر، استفاده از تمرینات شناختی ممکن است سبب قوی‌تر شدن اتصالات سیناپسی شود. هم‌چنین، تحریکات شناختی در افراد مبتلا به MCI که هنوز دچار نواقص شناختی پاتولوژیک نشده‌اند نیز دارای نقش حمایتی می‌باشد. در رابطه با آثار مثبت تمرینات ذهنی بر عملکردهای شناختی، چندین مکانیسم دیگر مانند افزایش شکل‌پذیری سیناپسی، افزایش ذخایر شناختی، تغییرات عصبی ساختاری و کاهش ذخایر آمیلوئید نیز اثرگذار است (۲۹).

یکی از مناطق مغزی که طی تمرینات ذهنی دستخوش تغییرات چشمگیری مانند افزایش نروژنز و افزایش غلظت نروتروفین‌ها و فاکتورهای رشد عصبی می‌شود، هیپوکامپ می‌باشد. ثابت شده است که هیپوکامپ نقشی اساسی در فرآیندهای یادگیری و حافظه-ای داشته و مسئول اصلی این مهارت‌های شناختی است (۱۰, ۲۷).

از دیگر یافته‌های پژوهش، بی‌اثر بودن تمرین بدنی بر سرعت پردازش اطلاعات بود. با دقت در مطالعات گذشته، مشخص می‌شود که سرعت پردازش اطلاعات، متغیری است که به میزان زیادی، تحت تأثیر شدت تمرین قرار می‌گیرد (۳۰). این در حالی است که میانگین شدت تمرین در این مطالعه، بر اساس شاخص (RPE) در حد متوسط در نظر گرفته شد که نسبت به شدت تمرین در مطالعاتی که شاهد بهبود معنی‌دار در سرعت پردازش بوده‌اند، پایین‌تر است (۳۰). در مطالعات پیشین به دلیل جوان بودن آزمودنی‌ها، امکان استفاده از برنامه‌های تمرینی شدیدتر وجود داشت؛ اما در پژوهش حاضر، سن بالای آزمودنی‌ها (میانگین سنی ۷۰ سال) علاوه بر ایجاد شرایط خاص نوروبیولوژیکی، سبب کنترل اجباری شدت تمرین می‌گردید. در یک مطالعه فراتحلیلی، بیان شده در حالی‌که تمرین شدید (بالاتر از ۷۵٪ حداکثر ضربان قلب) دارای آثار مثبت قابل‌توجهی بر عملکردهای شناختی می‌باشد، تمرین کم شدت (در حدود ۵۰٪ حداکثر ضربان قلب) می‌تواند بی‌اثر باشد (۳۱). تمرین بدنی در مدت‌های یکسان اما شدت‌های مختلف، نیازهای انرژی و مصرف اکسیژن متفاوتی را می‌طلبد که می‌تواند بر عملکردهای مغزی اثرگذار باشد. احتمالاً تمرین شدیدتر به دلیل نیاز به اکسیژن بیشتر، سبب افزایش متابولیسم مغزی و در پی آن بهبود سرعت پردازش می‌شود (۳۲). بنابراین،

[1]. Use it or Lose it

می‌توان ادعا نمود با این‌که دوره زمانی تمرین، نسبتاً طولانی بود، اما احتمالاً به دلیل کنترل اجباری شدت، تغییرات فیزیولوژیکی و نورولوژیکی مورد انتظار روی نداده است.

نتایج آزمون پیگیری نشان داد که بهبود در حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش اطلاعات، تا سه ماه بعد از بی‌تمرینی نیز ماندگار بوده است که از دلائل آن می‌توان به احتمال بالاتر رفتن سطح هورمون BDNF و ابقاء شکل‌پذیری سیناپسی در مردان سالمند اشاره نمود (۱۰). از دیگر دلائل ابقاء دستاوردهای شناختی به ویژه در گروه تمرین بدنی، احتمالاً ماندگاری آثار عملکرد بهتر سیستم قلبی و در پی آن، خون‌رسانی بهتر به بافت مغز می‌باشد (۳۰)، این در حالی است بابایی و همکاران (۱۳۹۲) پس از شش هفته بی‌تمرینی شاهد افت عملکردهای حافظه‌ای در افراد میانسال بودند. آنان گزارش کردند با توجه به نتایج مطالعات پیشین پیرامون رابطه میزان آمادگی جسمانی با عملکردهای شناختی، به احتمال زیاد، کاهش سطح آمادگی جسمانی در این افت، مؤثر بوده است (۳۳).

نتیجه‌گیری

با تمرکز بر نتایج، آشکار می‌شود که برنامه تمرین ذهنی باعث اثربخشی معنی‌دار بر متغیرهای تحقیق شده، در حالی‌که برنامه تمرین بدنی فقط توانسته عملکرد حافظه کوتاه‌مدت را بهبود بخشد. هم‌چنین، نتیجه امیدوارکننده دیگر، ماندگاری آثار تمرینات، پس از سه ماه بی‌تمرینی بوده است. بنابراین به طور کلی می‌توان بیان کرد که هشت هفته تمرینات ذهنی و بدنی از اثربخشی و ماندگاری لازم برای کنترل یا بهبود عملکردهای شناختی اعم از حافظه کوتاه‌مدت و سرعت پردازش اطلاعات در مردان سالمند مبتلا به MCI برخوردار هستند؛ اما در این میان، تمرین ذهنی راه‌کار مؤثرتری است. لذا با توجه به یافته‌های پژوهش، افزایش روزافزون جمعیت سالمند در ایران، مشکلات شناختی ناشی از سن در آنان و هزینه‌های بهداشتی، اقتصادی و اجتماعی حاصل از آن، پیشنهاد می‌شود که از تمرینات ایمن و کاربردی مانند تمرینات هوازی سبک و تمرینات کامپیوتری متناسب با سن، برای آنان استفاده شود.

علی‌رغم یافته‌های قابل توجه این پژوهش، برخی از محدودیت‌های آن عبارت بودند از: تعداد نمونه نسبتاً کم، عدم اندازه‌گیری هورمون‌های مؤثر بر عملکردهای شناختی و پایبندی کم برخی سالمندان به شرکت منظم در جلسات تمرینی که سعی گردید با نظارت بیشتر و دقیق‌تر محققین، به حداقل برسد.

بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در تحقیقات آتی جهت کسب نتایج دقیق‌تر، ضمن استفاده از نمونه‌های بیشتر در گروه‌های زنان و مردان و مقایسه نتایج، از اندازه‌گیری هورمون‌های مؤثر مانند BDNF و عکسبرداری‌های مغزی نیز استفاده گردد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از تمامی عزیزانی که در انجام هر چه بهتر این پژوهش، ما را همراهی نمودند اعم از سالمندان عزیز، خانواده‌های محترم ایشان و مسئولین سالن‌های ورزشی، قدردانی به عمل می‌آید.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

تعارض منافع

در این مقاله، تعارض منافع برای نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Wang S. Spatial patterns and social-economic influential factors of population aging: a global assessment from 1990 to 2010. *Social Science & Medicine*. 2020 Apr 08;253:112963. [doi: 10.1016/j.socscimed.2020.112963]
2. Jayakody DM, Friedland PL, Martins RN, Sohrabi HR. Impact of aging on the auditory system and related cognitive functions: a narrative review. *Frontiers in Neuroscience*. 2018 Mar 05;12:125. [doi: 10.3389/fnins.2018.00125]
3. Hyde JS. Sex and cognition: gender and cognitive functions. *Curr Opin Neurobiol*. 2016 Jun;38:53-6. [doi: 10.1016/j.conb.2016.02.007]
4. Yang S, Bornot JMS, Wong-Lin K, Prasad G. M/EEG-based bio-markers to predict the MCI and Alzheimer's disease: a review from the ML perspective. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2019;66(10):2924-35. [doi: 10.1109/TBME.2019.2898871]
5. Ebaid D, Crewther SG. Visual information processing in young and older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience.* 2019 May 16;11:116. [doi: 10.3389/fnagi.2019.00116]
6. Kabir M, Uddin M, Mamun AA, Jeandet P, Aleya L, Mansouri RA, et al. Combination drug therapy for the management of Alzheimer’s disease. *International Journal of Molecular Sciences.* 2020 May 05;21(9):3272. [doi: 10.3390/ijms21093272]
7. Chang YK, Chu CH, Wang CC, Song TF, Wei GX. Effect of acute exercise and cardiovascular fitness on cognitive function: An event related cortical desynchronization study. *Psychophysiology.* 2015 Oct 13;52(3):342-51. [doi: 10.1111/psyp.12364]
8. Bherer L, Erickson KI, Liu-Ambrose T. A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *Journal of Aging Research.* 2013 Sep 11;2013. [doi: 10.1109/TBME.2019.2898871] [Article ID 657508]
9. Wei X-h, Ji L-l. Effect of handball training on cognitive ability in elderly with mild cognitive impairment. *Neuroscience Letters.* 2014 Apr 30;566:98-101. [doi: 10.1016/j.neulet.2014.02.035]
10. Damirchi A, Hosseini F, Babaei P. Mental training enhances cognitive function and BDNF more than either physical or combined training in elderly women with MCI: a small-scale study. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias.* 2018;33(1):20-9. [doi: 10.1177/1533317517727068] [PMID: 28946752]
11. Bonnechère B, Klass M, Langley C, Sahakian BJ. Brain training using cognitive apps can improve cognitive performance and processing speed in older adults. *Scientific Reports.* 2021 Jun 10;11(1):1-11. [doi: 10.1038/s41598-021-91867-z]
12. Phirom K, Kamnardsiri T, Sungkarat S. Beneficial effects of interactive physical-cognitive game-based training on fall risk and cognitive performance of older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2020 Aug 21;17(17):6079. [doi: 10.3390/ijerph17176079]

13. Karbach J, Könen T, Spengler M. Who benefits the most? Individual differences in the transfer of executive control training across the lifespan. *Journal of Cognitive Enhancement.* 2017 Nov 20;1(4):394-405. [doi: 10.1007/s41465-017-0054-z]
14. Faucounau V, Wu Y-H, Boulay M, De Rotrou J, Rigaud A-S. Cognitive intervention programmes on patients affected by mild cognitive impairment: a promising intervention tool for MCI? *The Journal of Nutrition, Health & Aging.* 2010 Feb 09;14(1):31-5. [doi: 10.1007/s12603-010-0006-0]
15. Rosca EC, Albarqouni L, Simu M. Montreal Cognitive Assessment (MoCA) for HIV-associated neurocognitive disorders. *Neuropsychology Review.* 2019 Aug 22;29(3):313-27. [doi: 10.1007/s11065-019-09412-9]
16. Strenziok M, Parasuraman R, Clarke E, Cisler DS, Thompson JC, Greenwood PM. Neurocognitive enhancement in older adults: comparison of three cognitive training tasks to test a hypothesis of training transfer in brain connectivity. *Neuroimage.* 2014 Jan 15;85:1027-39. [doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.07.069]
17. Lucas SJ, Ainslie PN, Murrell CJ, Thomas KN, Franz EA, Cotter JD. Effect of age on exercise-induced alterations in cognitive executive function: relationship to cerebral perfusion. *Experimental Gerontology.* 2012 Aug;47(8):541-51. [doi: 10.1016/j.exger.2011.12.002]
18. Tamura N, Tanaka H. Effects of sleep management with self-help treatment for the Japanese elderly with chronic insomnia: a quasi-experimental study. *Journal of Behavioral Medicine*. 2017 Feb 20;40(4):659-68. [doi.10.1007/s10865-017-9836-0]
19. Pachana NA, Thompson LW, Marcopulos BA, Yoash-Gantz R. California older adult Stroop test (COAST) development of a Stroop test adapted for geriatric populations. *Clinical Gerontologist*. 2004;27(3):3-22. [doi: 10.1300/J018v27n03_02]
20. Zenisek R, Millis SR, Banks SJ, Miller JB. Prevalence of below-criterion Reliable Digit Span scores in a clinical sample of older adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2016 Apr 05;31(5):426-33. [doi: 10.1093/arclin/acw025]
21. Jorge MLMP, de Oliveira VN, Resende NM, Paraiso LF, Calixto A, Diniz ALD, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism.* 2011 Jan 17;60(9):1244-52. [doi:10.1016/j.metabol.2011.01.006]
22. Lima LG, Bonardi JM, Campos GO, Bertani RF, Scher LM, Louzada-Junior P, et al. Effect of aerobic training and aerobic and resistance training on the inflammatory status of hypertensive older adults. *Aging Clinical and Experimental Research.* 2015 Jan 08;27(4):483-9. [doi: 10.1007/s40520-014-0307-y]
23. Milot M-H, Léonard G, Corriveau H, Desrosiers J. Using the Borg rating of perceived exertion scale to grade the intensity of a functional training program of the affected upper limb after a stroke: a feasibility study. *Clinical interventions in aging.* 2019 Dec 19;14:9. [doi: 10.2147/CIA.S179691] [PMCID: PMC6304074] [PMID: 30587949]

24. Chi H, Agama E, Prodanoff ZG, editors. Developing serious games to promote cognitive abilities for the elderly. *2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*; 2017 Jun 08: IEEE. [doi: 10.1109/SeGAH.2017.7939279]
25. Quigley A, MacKay-Lyons M, Eskes G. 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 May 14;2020. [doi: 10.1155/2020/1407896] [Article ID 1407896]
26. Wu S-Y, Pan B-S, Tsai S-F, Chiang Y-T, Huang B-M, Mo F-E, et al. BDNF reverses aging-related microglial activation. *Journal of Neuroinflammation.* 2020 Jul 14;17(1):1-18. [doi: 10.1186/s12974-020-01887-1]
27. Câmara J, Ferreira R, Teixeira L, Nóbrega J, Romeira C, Faria AL. Efficacy of adaptive cognitive training through desktop virtual reality and paper-and-pencil in the treatment of mental and behavioral disorders. *Virtual Reality*. 2021 Aug 6:1-16. [doi: 10.1007/s10055-021-00559-6]
28. Bozoki A, Radovanovic M, Winn B, Heeter C, Anthony JC. Effects of a computer-based cognitive exercise program on age-related cognitive decline. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2013 Mar 29;57(1):1-7. [doi: 10.1016/j.archger.2013.02.009]
29. Tsang APL, Au A, Lo HHM. Prospective Memory Training for Healthy Older Adults: A Systematic Review. *Clinical Gerontologist.* 2021 Mar 29:1-17. [doi: 10.1080/07317115.2021.1950253]
30. LI HX. Physical Activity and Cognitive Training in Older Adults with Mild Cognitive Impairment or Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *ScholarBank@NUS Repository*. 2021 May 31. Available from: https://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/195789]
31. Chang Y-K, Labban JD, Gapin JI, Etnier JL. The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain Research.* 2012 May 09;1453:87-101. [doi: 10.1016/j.brainres.2012.02.068]
32. Lambourne K, Tomporowski P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Research*. 2010 Jun 23;1341:12-24. [doi: 10.1016/j.brainres.2010.03.091]
33. Babaii P, Damirchi A, Azali Alamdari K. Effects of Endurance Training and Detraining on Serum BDNF and Memory Performance in Middle Aged Males with Metabolic Syndrome. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism.* 2013;15(2):132-42. Available from: http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-1433-fa.html [In Persian]