



Research Article

Executive Functions in Athletes, Non-Athletes and Obese Individuals

Mostafa Biglari¹, Alireza Bahrami^{2*}, Tooraj Sepahvand³

¹ MSc Student in Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran

² Associate Professor, Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran

³ Associate Professor, Department of Psychology, Faculty of Humanities, Arak University, Arak, Iran

* **Corresponding author:** Alireza Bahrami, Associate Professor, Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran. Email: A-bahramy@araku.ac.ir

DOI: [10.61882/jams.28.5.324](https://doi.org/10.61882/jams.28.5.324)

How to Cite this Article:

Biglari M, Bahrami A, Sepahvand T. Executive Functions in Athletes, Non-Athletes and Obese Individuals. *J Arak Uni Med Sci.* 2025;**28**(5): 324-30. DOI: [10.61882/jams.28.5.324](https://doi.org/10.61882/jams.28.5.324)

Received: 29.08.2024

Accepted: 02.06.2025

Keywords:

Executive functions;
Cognitive processes;
Endurance and resistance
athlete;
Obese people

© 2024 Arak University of Medical
Sciences

Abstract

Introduction: The choice between an active and an inactive lifestyle can have significant physical and cognitive consequences, highlighting a need for further research focusing on the cognitive aspects. The present study aimed to compare executive functions among endurance athletes, resistance athletes, non-athletes, and obese individuals.

Methods: The present study was a descriptive study with a causal-comparative design. The statistical population of the research consisted of men between the ages of 20 and 35 years from Famenin city (Hamadan province). A total of 80 participants were selected and divided into four groups (20 subjects each): endurance athletes, resistance athletes, non-athletes, and obese individuals. Executive functions were assessed using the computerized Tower of London and N-back tests, which measure the components of planning, problem-solving, and working memory, respectively. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-hoc tests, with the significance level set at $P < 0.05$.

Results: The results indicated significant differences in executive functions among the groups. In the components of planning, problem-solving, and working memory, the performance of the non-athletes, resistance, and endurance groups was significantly better than the obesity group. Furthermore, the resistance and endurance athletes performed better than the non-athletes group. In addition, the endurance group was better than the resistance group only in the planning and problem-solving component, and no difference was observed between them in working memory.

Conclusions: Weight control and performing endurance and resistance exercises can be useful for people from a cognitive aspect, and perhaps in some cognitive areas, endurance exercise is more beneficial than resistance exercise.

کارکردهای اجرایی در ورزشکاران، غیر ورزشکاران و افراد چاق

مصطفی بیگلری^۱ ID، علیرضا بهرامی^۲ ID*، تورج سپهوند^۳ ID

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد روانشناسی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
^۲ دانشیار، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
^۳ دانشیار، گروه روانشناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

* نویسنده مسئول: علیرضا بهرامی، دانشیار، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

ایمیل: A-bahramy@araku.ac.ir

DOI: 10.61882/jams.28.5.324

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲ واژگان کلیدی: کارکردهای اجرایی؛ فرایندهای شناختی؛ ورزشکار استقامتی؛ مقاومتی؛ افراد چاق	چکیده مقدمه: انتخاب سبک زندگی فعال یا غیرفعال، می‌تواند پیامدهای جسمانی و شناختی مهمی داشته باشد که لزوم توجه بیشتر به جنبه شناختی در تحقیقات وجود دارد. پژوهش حاضر با هدف مقایسه کارکردهای اجرایی در ورزشکاران استقامتی، ورزشکاران مقاومتی، غیرورزشکاران و افراد چاق انجام شد. روش کار: پژوهش حاضر، یک مطالعه توصیفی و دارای طرح علی-مقایسه‌ای بود. جامعه آماری پژوهش شامل مردان سنین ۲۰ الی ۳۵ سال شهر فامنین (استان همدان) بودند که از بین آنان ۸۰ نفر در ۴ گروه ورزشکاران استقامتی، ورزشکاران مقاومتی، غیرورزشکاران و افراد چاق (هر گروه ۲۰ آزمودنی) انتخاب شدند. برای اندازه‌گیری کارکردهای اجرایی، از آزمون‌های رایانه‌ای برج لندن و N-back استفاده شد که آزمون‌های مذکور به ترتیب برای اندازه‌گیری مؤلفه‌های برنامه‌ریزی، حل مسئله و حافظه کاری مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌سویه و تعقیبی توکی در سطح $p < 0.05$ انجام شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد در کارکردهای اجرایی بین گروه‌های مختلف، تفاوت معنی‌دار وجود دارد. در مؤلفه برنامه‌ریزی و حل مسئله، و نیز حافظه کاری آزمودنی‌های گروه‌های غیرورزشکار، مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه چاق بودند و گروه ورزشکاران مقاومتی و استقامتی از گروه غیرورزشکار عملکرد بهتری داشتند. بعلاوه، گروه استقامتی فقط در مؤلفه برنامه‌ریزی و حل مسئله بهتر از گروه مقاومتی بود و در حافظه کاری تفاوتی بین آنها وجود نداشت. نتیجه‌گیری: کنترل وزن و اجرای ورزش‌های استقامتی و مقاومتی می‌تواند از بعد شناختی برای افراد مفید و شاید در برخی حیطه‌های شناختی، ورزش استقامتی مفیدتر از ورزش مقاومتی باشد.
تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.	ارجاع: بیگلری مصطفی، بهرامی علیرضا، سپهوند تورج. کارکردهای اجرایی در ورزشکاران، غیر ورزشکاران و افراد چاق. مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک ۱۴۰۴؛ ۲۸ (۵): ۳۲۴-۳۳۰.

مقدمه

داشتن آمادگی جسمانی مناسب، می‌تواند در پیشگیری از بیماری‌های مزمن مؤثر بوده و احتمال ابتلا به اختلالات عصبی-شناختی را کاهش دهد (۱). شواهد روزافزون گویای ارتباط متوسط تا قوی بین آمادگی جسمانی و کارکردهای شناختی (Cognitive functions) و مغزی انسان است؛ به‌طوری‌که، افراد با فعالیت بدنی مناسب، در بسیاری از تکالیف شناختی عملکرد بهتری دارند (۲). از سوی دیگر، اضافه وزن و چاقی علاوه بر اثرات مضر بر سیستم قلبی-عروقی و ارگان‌های مختلف بدن، ممکن است بر سیستم عصبی نیز اثرگذار بوده و به فرایندهای شناختی افراد آسیب برساند (۳).

برخی از مطالعات گویای آن است که چاقی باعث ضعف افراد در عملکرد شناختی می‌شود و فعالیت بدنی با جلوگیری از چاقی و اضافه وزن، باعث

بهبود رشد شناختی می‌شود (۴). ظاهراً اضافه وزن و چاقی باعث تغییرات ساختاری و عملکردی در مغز می‌شود که این تغییرات شامل آتروفی مغز، از بین رفتن میلین یا ماده سفید مغز، کاهش ارتباطات عصبی و کاهش جریان خون در نواحی قدامی مغز می‌باشد. ممکن است کاهش آمادگی قلبی-عروقی، به‌علت سطوح پایین فعالیت بدنی در افراد چاق (۵) نیز عامل مهمی باشد که در کنار موارد ذکر شده بر عملکرد شناختی و مغزی تأثیرات مخربی دارند. از سوی دیگر، احتمال دارد برای چاقی و ضعف شناختی، ژن‌های مشترکی وجود داشته باشد که توسط عامل محیط راه‌اندازی می‌شود (۳). بر همین اساس، تحقیقات مختلف هم ارتباط چاقی و ضعف شناختی را نشان داده‌اند. در پژوهشی (۶) نشان دادند که چاقی با عملکرد ضعیف در آزمون‌های شناختی ارتباط دارد. دیگر محققان (۷) نیز بیان کردند که بالاتر بودن شاخص توده بدنی (BMI (Body Mass Index باعث ضعف در اجرای

افراد اثرات مثبت داشته باشند که البته این اثرات ممکن است برای هر کدام از این فعالیت‌ها متفاوت باشد، چرا که این دو نوع فعالیت، از نظر فیزیولوژیکی، می‌توانند خواسته‌های متفاوتی داشته باشند (۱۰).

کارکردهای اجرایی نیز دارای زیرمجموعه‌های مختلفی است که هر کدام از این زیرمجموعه‌ها می‌تواند ارتباط متفاوتی با ورزش و فعالیت بدنی و نیز چاقی و اضافه وزن داشته باشد.

از آنجایی که تحقیقات انجام شده در این زمینه محدود بوده و پژوهشی که حافظه کاری و برنامه‌ریزی و حل مسئله را در ارتباط با ورزشکار و غیرورزشکار بودن و نیز ترکیب بدنی بررسی کرده باشند انجام نشده و بیشتر به فواید و مضرات فیزیولوژیکی فعالیت بدنی و ترکیب بدن پرداخته شده است، بررسی آثار شناختی آنها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی تفاوت کارکردهای اجرایی ورزشکاران استقامتی و مقاومتی می‌تواند مهم باشد، چرا که می‌تواند اطلاعاتی در مورد آثار متفاوت این دو نوع فعالیت بدنی بر فرایندهای شناختی ارائه دهد و باعث هدایت افرادی شود که می‌خواهند با هدف استفاده از فواید شناختی خاص اقدام به فعالیت بدنی نمایند. لذا، این مطالعه به دنبال مقایسه حافظه کاری و برنامه‌ریزی و حل مسئله در ورزشکاران استقامتی، ورزشکاران مقاومتی، غیر ورزشکاران و افراد چاق بود.

روش کار

پژوهش حاضر از نوع توصیفی با طرح علی-مقایسه‌ای و از نظر هدف، کاربردی می‌باشد. جامعه آماری پژوهش شامل مردان سنین ۲۰ الی ۳۵ سال شهرستان فامنین (استان همدان) بودند که با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس و به‌گونه‌ای هدفمند، ۴ گروه ۲۰ نفره ورزشکاران استقامتی، ورزشکاران مقاومتی، غیر ورزشکاران و افراد چاق انتخاب شدند. ملاک‌های ورود به تحقیق شامل عدم وجود بیماری روانی مطابق مصاحبه و تشخیص متخصص سلامت روان و راست برتر بودن در همه آزمودنی‌ها بود. گروه غیرورزشکار فعالیت بدنی و ورزشی برنامه‌ریزی شده نداشته و BMI ۲۴/۱۸-۹/۵ داشتند. گروه چاق نیز فعالیت بدنی و ورزشی برنامه‌ریزی شده نداشته و BMI ۳۰-۲۴/۹-۱۸/۵ آنان بود. گروه ورزشکاران استقامتی حداقل سه سال فعالیت ورزشی برنامه‌ریزی شده (فوتبال) برای هر هفته سه جلسه داشته و BMI ۲۴/۹-۱۸/۵ آنان بود. گروه ورزشکاران مقاومتی نیز حداقل سه سال فعالیت ورزشی برنامه‌ریزی شده (پروورش اندام) برای هر هفته سه جلسه داشته و BMI ۲۴/۱۸-۹/۵ داشتند.

ابزار پژوهش

آزمون N-back: این آزمون برای ارزیابی حافظه کاری استفاده شده و همچنین، می‌تواند به‌عنوان یک روش تمرینی برای بهبود حافظه کاری استفاده شود (۲۲). این آزمون در سال ۱۹۵۸ ایجاد شده است (۲۳). در این آزمون، ۱۲۰ عدد که شامل اعداد یک تا نه می‌باشد به‌صورت تصادفی و با فاصله زمانی دو ثانیه در مرکز صفحه نمایشگر ظاهر می‌شود. در اجرای این تکلیف، دنباله‌ای از محرک‌های دیداری که شامل اعداد یک تا نه می‌باشد، به‌صورت گام به گام به آزمودنی ارائه می‌شود و آزمودنی باید بررسی کند که آیا محرک ارائه شده فعلی با محرک n گام قبل از آن همخوانی دارد یا خیر. در واقع، در هر کوشش، عددی بر روی صفحه

آزمون‌های شناختی مرتب‌سازی فهرست (List Sorting)، استدلال ماتریکس (Matrix Reasoning) و آزمون مرتب کردن کارت‌های ویسکانسین (Wisconsin Card Sorting Tasks) می‌شود. پژوهش دیگری (۸)، نیز نشان دادند که کاهش BMI با افزایش سطح کارکردهای اجرایی (Executive functions) همراه است.

در مقابل آنچه گفته شد، انجام تمرینات هوازی باعث بهبود توجه انتخابی، عملکرد حافظه، ظرفیت شناختی و تسریع پردازش اطلاعات می‌شود (۹). انجام تمرینات بی‌هوازی نیز اثرات مفیدی بر فرایندهای شناختی دارد و ورزشکاران استقامتی و مقاومتی با مشارکت در فعالیت ورزشی، علاوه بر فواید جسمانی، از فواید شناختی این مشارکت هم سود خواهند برد (۱۰). به عنوان مثال، در پژوهشی (۱۱) با تحقیق روی جوانان نشان دادند که انجام تمرینات هوازی و بی‌هوازی باعث بهبود عملکرد در تکلیف شناختی می‌شود. برعکس، زمان بی‌حرکی مربوط به تماشای فیلم و بازی‌های کامپیوتری با انعطاف‌پذیری شناختی همبستگی منفی دارد (۱۲). البته آن نوع از فعالیت‌های بدنی که نیازمند یادگیری شناختی و حرکتی متنوع هستند، در مقایسه با فعالیت‌های تکراری و چرخه‌ای می‌توانند برای عملکرد شناختی مفیدتر باشند که این امر در مطالعاتی که از فعالیت‌های بدنی استقامتی و مقاومتی استفاده کرده‌اند، مشاهده شده است (۱۳).

ظاهراً فعالیت بدنی منظم باعث شکل‌گیری بافت عصبی (۱۴) و افزایش میزان عامل نروتروفیک مغزی (Brain Derived Neurotrophic Factor: BDNF) که عاملی برای بقای عصبی است، می‌شود (۱۵). این تغییرات، پایه‌ای را برای یادگیری و نگه‌داری بهتر، کارآمدی بیشتر و انطباق‌پذیری بهتر مغز ایجاد می‌کند (۱۶).

ظاهراً در انسان‌ها قشر پیش‌پیشانی و دوپامین در تقابل فعالیت بدنی و شناخت نقش اساسی دارد (۱۷). یکی از ابعاد مهم عملکردهای شناختی، کارکردهای اجرایی است که اغلب با قشر پیش‌پیشانی مغز ارتباط دارند. کارکردهای اجرایی شامل مجموعه‌ای از مهارت‌های شناختی سطح بالاتر است که انسان برای پاسخ به موقعیت‌های جدید و سازگاری با آن، از این کارکردها استفاده می‌کند. این کارکردها شامل توانایی و ظرفیت‌هایی است که انسان را قادر می‌سازد تا رفتاری هدفمند، مستقل و کنترل شده داشته باشد (۱۸). از جمله کارکردهای اجرایی می‌توان به حافظه کاری (Working memory) و برنامه‌ریزی و حل مسئله (Planning and problem solving) اشاره کرد. حافظه کاری به عنوان مقدار اطلاعاتی که یک فرد می‌تواند در یک زمان معین پردازش کند، مفهوم‌سازی می‌شود، که ظرفیت و مدت آن محدود بوده (۱۹) و به طور دقیقی با کارکردهای اجرایی و حافظه مرتبط است (۲۰). برنامه‌ریزی و سازماندهی هم به‌عنوان توانایی شناسایی و سازماندهی مراحل و عناصر مورد نیاز برای انجام یک قصد یا رسیدن به یک هدف تعریف می‌شود (۲۱).

افراد با مشارکت در فعالیت‌های مختلف هوازی و بی‌هوازی، می‌توانند از فواید شناختی این فعالیت‌ها سود ببرند، ولی ممکن است به علت راهبردهای مختلفی که این دو نوع فعالیت دارند، باعث شود که در ورزشکاران استقامتی و مقاومتی از جنبه شناختی، تفاوت‌هایی وجود داشته باشد. در واقع، فعالیت هوازی و بی‌هوازی می‌توانند بر عملکرد شناختی

حداقل با دو، سه، چهار و پنج حرکت حل می‌شود؛ به این معنا که حداقل حرکاتی که آزمودنی می‌تواند با انجام آنها مسأله را حل کند، این تعداد است (۲۶). در این پژوهش، از عامل نتیجه کل که حاصل برآیند تمام اندازه‌گیری‌هاست استفاده شده است. این آزمون دارای روایی سازه خوب در سنجش برنامه‌ریزی و سازماندهی است. بین نتایج این آزمون و آزمون مازهای پرتئوس همبستگی ۰/۴۱ گزارش شده است (۲۶). اعتبار این آزمون هم مورد قبول و ۰/۷۹ گزارش شده است (۲۱).

روش اجرا

ابتدا افرادی که مایل به شرکت در پژوهش بودند، در یک جلسه توجیهی شرکت کردند. در این جلسه، ضمن بیان هدف کلی پژوهش، وضعیت سلامت روان، برتری جانبی، میزان فعالیت بدنی و رشته ورزشی (جهت تفکیک ورزشکار و غیرورزشکار) افراد بررسی و BMI آنها اندازه‌گیری شد. سپس مطابق اطلاعات حاصل، آزمودنی‌هایی که ملاک‌های لازم را داشتند مشخص و گروه‌های نمونه تشکیل شدند تا آزمون‌های شناختی مورد نظر در محیطی مناسب انجام دهند. جهت تحلیل‌های پژوهش از شیوه‌های آمار توصیفی از قبیل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی و نیز روش‌های آمار استنباطی نظیر آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه و آزمون تعقیبی Tukey برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی استفاده شد. این تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ (version 19, SPSS Inc., Chicago, IL) انجام شد.

یافته‌ها

ابتدا اطلاعات توصیفی مربوط به متغیرهای سن، قد، وزن و BMI گروه‌های نمونه در جدول ۱ گزارش شده است. در جدول ۲ نیز میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد بررسی پژوهش در گروه‌های نمونه ارائه شده است. با رعایت پیش‌فرض طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس ($P > 0.05$)، از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه برای بررسی تفاوت بین گروه‌های مورد مطالعه در متغیرهای مختلف استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. خلاصه نتایج این تحلیل‌ها نشان داد که در هر سه متغیر مورد مطالعه، بین گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

نمایش ظاهر می‌شود و آزمودنی باید با زدن دکمه‌های صفحه کلید بگوید که آیا عدد مشاهده شده، مشابه عدد قبلی است یا خیر و اگر عدد مربوطه مشابه عدد قبلی است، دکمه «؟» و اگر مشابه نیست دکمه «Z» را فشار بدهد. آزمون دارای سه سطح است و آزمونگر می‌تواند از هر یک از سطوح استفاده کند. در سطح یک، آزمودنی باید پاسخ دهد که آیا عدد مشاهده شده، مشابه عدد قبلی است یا خیر و در سطح دو، ملاک عمل فرد، عددی است که در دو کوشش قبلی آن را دیده است و در سطح سه ملاک عمل فرد برای کوشش حاضر، عددی است که در سه کوشش قبل مشاهده کرده است. در این تکلیف، هم نگهداری و هم دستکاری اطلاعات مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. آزمودنی باید برای اجرای این تکلیف، به‌طور مداوم اطلاعات را در حافظه کاری بروزرسانی کند. اعتبار این آزمون با آلفای کرونباخ بین ۰/۵۴ تا ۰/۸۴ برآورد شده است (۲۴). در مطالعه حاضر از سطح یک (-1 back) این آزمون و متغیرهای تعداد صحیح و میانگین زمان پاسخ استفاده شده است.

آزمون برج لندن: این آزمون برنامه‌ریزی راهبردی و حل مسأله را ارزیابی می‌کند (۲۵). آزمون برج لندن اولین بار در سال ۱۹۸۲ معرفی شد (۲۶). این آزمون برای اندازه‌گیری حل مسأله و برنامه‌ریزی راهبردی تهیه شده است. این آزمون با استفاده از یک مقاله پژوهشی (۲۷) که در آن به تفصیل روش اجرایی این آزمون را بر مبنای شیوه روش‌شناختی مقاله اصلی شالیس توصیف کرده است، به‌صورت رایانه‌ای ساخته شده است. در این آزمون از آزمودنی‌ها خواسته می‌شود تا مجموعه‌ای از مهره‌های سوار شده بر روی میله عمودی را برای جور کردن مطابق با یک الگوی مشخص و نمونه ارائه شده، جابجا کنند. آزمودنی باید با حرکت دادن صفحه‌های رنگی (سبز، آبی، قرمز) و قرار دادن آنها در جای مناسب، با حداقل حرکات لازم، شکل الگو را درست کنند. برای اجرای آزمون، سه بار به فرد اجازه داده می‌شود تا مسأله را حل کند و فرد باید مطابق دستورالعمل، با حداقل حرکات لازم مثال را حل کند. در این آزمون ۱۲ مسأله و الگو ارائه می‌شود و فرد باید با حداقل حرکات لازم شکل نمونه را درست کند. همچنین فرد برای حل هر مسأله تا سه بار امکان کوشش دارد. در هر مرحله پس از موفقیت (و در صورتی که پس از سه کوشش، باز هم مسأله حل نشد) مسأله بعدی در اختیار او قرار داده می‌شود. همچنین، تکالیف آزمون

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی گروه‌های نمونه

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی
میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد
چاق	۲۷/۸۷ $\pm$ ۳/۳۰	۱۷۵/۹۰ $\pm$ ۴/۸۵	۱۰۱/۷۴ $\pm$ ۱۰/۴۰	۳۲/۷۶ $\pm$ ۱/۸۷
غیرورزشکار	۲۷/۶۹ $\pm$ ۳/۸۰	۱۷۷/۵۰ $\pm$ ۵/۰۵	۷۳/۳۳ $\pm$ ۴/۶۴	۲۳/۲۱ $\pm$ ۰/۴۲
ورزشکاران مقاومتی	۲۷/۳۱ $\pm$ ۳/۲۷	۱۷۷/۶۰ $\pm$ ۴/۶۲	۷۶/۹۹ $\pm$ ۴/۶۵	۲۴/۴۰ $\pm$ ۰/۲۸
ورزشکاران استقامتی	۲۶/۵۲ $\pm$ ۲/۹۹	۱۷۵/۷۵ $\pm$ ۴/۱۸	۷۱/۳۲ $\pm$ ۳/۴۹	۲۳/۰۸ $\pm$ ۰/۴۵

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای مورد بررسی پژوهش در گروه‌های نمونه

متغیر	گروه	چاق	غیرورزشکار	ورزشکاران مقاومتی	ورزشکاران استقامتی
میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد
N-back	تعداد صحیح	۹۳/۵۵ $\pm$ ۸/۹۱	۱۰۰/۳۵ $\pm$ ۷/۱۵	۱۰۶/۷۰ $\pm$ ۵/۹۰	۱۰۸/۰۵ $\pm$ ۶/۲۵
	میانگین زمان پاسخ	۵۶۱/۹۰ $\pm$ ۷۵/۷۴	۵۱۰/۹۰ $\pm$ ۵۰/۴۶	۴۵۴/۳۰ $\pm$ ۵۲/۵۳	۴۳۳/۷۰ $\pm$ ۶۱/۴۳
برج لندن	نتیجه کل	۲۶/۷۰ $\pm$ ۲/۳۱	۲۸/۴۰ $\pm$ ۱/۷۸	۳۰/۱۰ $\pm$ ۱/۶۵	۳۱/۹۰ $\pm$ ۲/۲۲

جدول ۳. خلاصه نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه

متغیر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	P *	ضریب اتا
تعداد صحیح پاسخ (N-back)	۱۷۹۹۰/۸۰	۳	۵۹۹۶۹/۶۰	۱۷/۳۹۲	۰/۰۰۱	۰/۴۰۶
میانگین زمان پاسخ (N-back)	۲۹۹/۳۵	۳	۹۹/۷۸	۱۶/۱۸۷	۰/۰۰۱	۰/۳۹۰
نتیجه کل (برج لندن)	۲۶۵۴/۲۳	۳	۸۸۴/۷۴	۲۴/۵۷۴	۰/۰۰۱	۰/۴۹۲

*: در سطح $P < ۰/۰۵$ معنی دار است.

غیرورزشکار با ورزشکاران استقامتی ($P < ۰/۰۰۱$) و ورزشکاران مقاومتی با استقامتی ($P = ۰/۰۳۰$) تفاوت معنی دار وجود داشت. پس می توان گفت که آزمودنی های گروه های غیرورزشکار، مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه چاق، گروه ورزشکاران مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه غیرورزشکار و گروه استقامتی بهتر از گروه مقاومتی بود.

بحث

هدف از مطالعه حاضر، مقایسه کارکردهای اجرایی (حافظه کاری و برنامه ریزی و حل مسأله) در ورزشکاران استقامتی، ورزشکاران مقاومتی، غیر ورزشکاران و افراد چاق بود. یافته ها نشان داد، در هر دو فرایند شناختی حافظه کاری و برنامه ریزی و حل مسأله بین گروه های مختلف تفاوت معنی دار وجود دارد. در حافظه کاری، آزمودنی های گروه های غیرورزشکار، مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه چاق و گروه ورزشکاران مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه غیرورزشکار بودند؛ ولی تفاوتی بین دو گروه استقامتی و مقاومتی وجود نداشت. در برنامه ریزی و حل مسأله، آزمودنی های گروه های غیرورزشکار، مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه چاق، گروه ورزشکاران مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه غیرورزشکار و گروه استقامتی بهتر از گروه مقاومتی بود.

تحقیقات گویای آن است که بین داشتن سبک زندگی فعال و آمادگی جسمانی با عملکردهای شناختی و مغزی ارتباط مناسبی می تواند وجود داشته باشد و افراد فعال و با آمادگی بدنی مناسب می توانند در بسیاری از تکالیف شناختی، عملکرد بهتری داشته باشند (۸)، از طرفی، چاقی همراه با اثرات مخرب بر سیستم قلبی- تنفسی و سیستم های مختلف بدن، می تواند بر سیستم عصبی نیز اثر گذار بوده و بر فرایندهای شناختی افراد آسیب برساند (۲).

یافته های مطالعه حاضر نیز بیانگر ضعف عملکرد شناختی افراد چاق بود. اولین موردی که در هر دو مؤلفه حافظه کاری و برنامه ریزی و حل مسأله مشاهده می شود این است که آزمودنی های گروه چاق، در مقایسه با سه گروه دیگر، ضعیف ترین عملکرد را داشتند. در این مورد می توان بیان کرد که اضافه وزن و چاقی می تواند منجر به تغییرات ساختاری و عملکردی در مغز شود. تغییرات مذکور می تواند شامل کاهش و زوال ارتباطات عصبی، کاهش جریان خون مغز، آتروفی مغز و از بین رفتن میلین یا ماده سفید مغز باشد. از آنجایی که افراد چاق عموماً سطح فعالیت بدنی پایینی دارند، می تواند باعث کاهش آمادگی قلبی- عروقی در این افراد شده و اثرات مضر (۵) بر سیستم مغزی و شناختی هم داشته باشد. از سوی دیگر، ممکن است در مورد اضافه وزن و شناخت ژن های مشترکی وجود داشته باشد که توسط عامل محیط راه اندازی می شود (۳) که چاقی و مشکلات شناختی را با هم ایجاد می کند. بر همین اساس، نتایج تحقیقات دیگر نیز همسو با مطالعه حاضر بود (۶-۸).

با توجه به معنی داری نتایج آزمون تحلیل واریانس یکراهه، برای پی بردن به تفاوت های زوجی بین گروه ها در هر یک از متغیرهای مورد بررسی از آزمون تعقیبی Tukey استفاده شد. بر اساس نتایج این آزمون ها و مطابق جدول ۴، در متغیر تعداد صحیح پاسخ در آزمون N-back، بین گروه های چاق با غیرورزشکار ($P = ۰/۰۱۸$)، چاق با ورزشکاران استقامتی ($P < ۰/۰۰۱$)، غیرورزشکار با ورزشکاران مقاومتی ($P = ۰/۰۳۲$) و غیرورزشکار با ورزشکاران استقامتی ($P = ۰/۰۰۶$) تفاوت معنی دار وجود داشت و بین ورزشکاران مقاومتی با استقامتی ($P = ۰/۹۳۳$) تفاوت معنی دار وجود نداشت. همچنین، در متغیر میانگین زمان پاسخ در آزمون N-back، بین گروه های چاق با غیرورزشکار ($P = ۰/۰۴۷$)، چاق با ورزشکاران مقاومتی ($P < ۰/۰۰۱$)، چاق با ورزشکاران استقامتی ($P < ۰/۰۰۱$)، غیرورزشکار با ورزشکاران مقاومتی ($P = ۰/۰۲۲$) و غیرورزشکار با ورزشکاران استقامتی ($P = ۰/۰۰۴$) تفاوت معنی دار وجود داشت. ولی بین ورزشکاران مقاومتی با استقامتی تفاوت معنی دار وجود نداشت ($P = ۰/۹۴۶$). می توان گفت که در هر دو متغیر، آزمودنی های گروه های غیرورزشکار، مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه چاق، گروه ورزشکاران مقاومتی و استقامتی بهتر از گروه غیرورزشکار بوده و تفاوت معنی داری بین گروه استقامتی با گروه مقاومتی وجود نداشت.

جدول ۴. مقایسه زوجی با آزمون Tukey برای متغیرهای تعداد صحیح و میانگین زمان پاسخ در آزمون N-back و متغیر نتیجه کل در آزمون برج لندن

گروه مینا	گروه مقایسه	اختلاف میانگین	P
چاق	غیرورزشکار	-۶/۸۰	*۰/۰۱۸
چاق	مقاومتی	-۱۳/۱۵۰	*۰/۰۰۱
چاق	استقامتی	-۱۴/۵۰	*۰/۰۰۱
غیرورزشکار	مقاومتی	-۶/۳۵	*۰/۰۳۲
غیرورزشکار	استقامتی	-۷/۷۰	*۰/۰۰۶
مقاومتی	استقامتی	-۱/۳۵	۰/۹۳۳
چاق	غیرورزشکار	۵۱/۰۰	*۰/۰۴۷
چاق	مقاومتی	۱۰۷/۶۰	*۰/۰۰۱
چاق	استقامتی	۱۱۸/۲۰	*۰/۰۰۱
غیرورزشکار	مقاومتی	۵۶/۶۰	*۰/۰۲۲
غیرورزشکار	استقامتی	۶۷/۲۰	*۰/۰۰۴
مقاومتی	استقامتی	۱۰/۶۰	۰/۹۴۶
چاق	غیرورزشکار	-۱/۷۰	*۰/۰۴۵
چاق	مقاومتی	-۳/۴۰	*۰/۰۰۱
چاق	استقامتی	-۵/۲۰	*۰/۰۰۱
غیرورزشکار	مقاومتی	-۱/۷۰	*۰/۰۴۵
غیرورزشکار	استقامتی	-۳/۵۰	*۰/۰۰۱
مقاومتی	استقامتی	-۱/۸۰	*۰/۰۳۰

*: در سطح $P < ۰/۰۵$ معنی دار است.

در متغیر زمان کل در آزمون برج لندن، بین گروه های چاق با غیرورزشکار ($P = ۰/۰۴۵$)، چاق با ورزشکاران مقاومتی ($P < ۰/۰۰۱$)، چاق با ورزشکاران استقامتی ($P < ۰/۰۰۱$)، غیرورزشکار با ورزشکاران مقاومتی ($P = ۰/۰۴۵$)،

پیچیده‌تر از آزمون N-back است، مشاهده گردید. از سوی دیگر، ممکن است تعامل فعالیت بدنی با تکالیف کارکردهای اجرایی انتخابی باشد و این گونه نباشد که اثرات فعالیت بدنی، همه زیرمجموعه‌های کارکردهای اجرایی را دربرگیرد (۳۰)، از این‌رو، ممکن است در ورزشکاران پژوهش حاضر، فرایندهای شناختی درگیر در تکلیف N-back حساسیت کمتری به فعالیت بدنی و نوع آن داشته و تحت تأثیر قرار نگرفته باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که در مؤلفه حافظه‌کاری و برنامه‌ریزی و حل مسئله، افراد چاق بدترین عملکرد را داشتند و هر دو گروه ورزشکاران، بهتر از غیرورزشکار بودند و در مؤلفه حافظه‌کاری، تفاوتی بین دو گروه از ورزشکاران وجود نداشت. ولی در مؤلفه برنامه‌ریزی و حل مسئله، ورزشکاران استقامتی عملکرد بهتری از ورزشکاران مقاومتی داشتند. از نظر فیزیولوژیکی، می‌توان گفت که فعالیت بدنی می‌تواند باعث افزایش جریان خون در بدن و تسریع سرعت گردش خون محیطی در هیپوکامپ و بخش‌های مختلف مغز شود. فعالیت بدنی باعث افزایش سطوح عامل نروتروفیک مغزی می‌شود که از این راه، مواد ضروری برای رشد سلول‌های مغز نیز افزایش می‌یابد و همچنین، اضافه‌وزن و چاقی با ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در مغز و مراکز عصبی، می‌تواند باعث تضعیف توانایی‌های شناختی در فرد شود. بر این اساس، فعالیت بدنی استقامتی و مقاومتی می‌تواند از بعد شناختی برای افراد مفید واقع شوند که شاید در برخی حیطه‌ها، فعالیت استقامتی بتواند مفیدتر از فعالیت مقاومتی باشد. لذا پیشنهاد می‌شود که انجام تمرینات ورزشی با هدف بهبود فرایندهای شناختی مدنظر قرار گیرد. از جمله محدودیت‌های این پژوهش، می‌توان به عدم بررسی فاکتورهای عصب‌شناختی و استفاده از تصویربرداری‌های عصبی برای بررسی تفاوت‌های فیزیولوژیک بین گروه‌های مورد مطالعه می‌باشد. همچنین، پژوهش حاضر به جامعه جوانان محدود بوده است که ممکن است نتایج آن در سایر سنین متفاوت باشد. بنابراین، محققان آتی می‌توانند با در نظر گرفتن این موارد به تحقیقات گسترده‌تری بپردازند.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته روانشناسی ورزشی دانشگاه اراک با کد ۶۵۴۱۳۰۹۶ می‌باشد. بدین‌وسیله از تمامی شرکت‌کنندگان و کسانی که در اجرای این پژوهش همکاری نمودند سپاسگزاری می‌گردد.

سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان در تمامی قسمت‌های مقاله نقش داشتند.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی در این پژوهش وجود نداشت.

بخش دیگری از نتایج مطالعه حاضر، نشان داد که هر دو گروه ورزشکاران مقاومتی و استقامتی در متغیرهای حافظه‌کاری و برنامه‌ریزی و حل مسئله، بهتر از گروه غیرورزشکار بودند. احتمالاً فعال بودن فرد از لحاظ جسمانی و ورزشی می‌تواند بر مغز و عملکردهای شناختی اثرگذار بوده و با افزایش ضربان قلب، خون بیشتری را به سوی نورون‌های عصبی مغز بفرستد. همچنین، همراه با انجام فعالیت بدنی و زندگی فعال، ترشح برخی از هورمون‌هایی که در رشد و نگهداری سلول‌های مغزی مؤثر هستند، افزایش می‌یابد.

همچنین، فعالیت بدنی و ورزشی با اثرگذاری بر روابط نورون‌ها، می‌تواند باعث ایجاد ارتباطات جدید سیناپسی در مغز شده و انعطاف‌پذیری و قابلیت مغز را افزایش دهد. علاوه بر این، فعالیت بدنی، از طریق آزادسازی نوراپی‌نفرین، اثرات مفیدی بر حافظه خواهد داشت (۲۸). به‌طور کلی، انجام فعالیت بدنی و مشارکت‌های ورزشی باعث شکل‌پذیری عصبی، کاهش افسردگی و اضطراب، ارتقای یادگیری و حفاظت از مغز در برابر بیماری‌های تخریب‌کننده سیستم عصبی می‌شود که این موارد به علت اثرات فعالیت بدنی بر افزایش جریان خون مغز، تغییرات در انتقال دهنده‌های عصبی و تغییرات ساختاری در بخش‌های مختلف سیستم عصبی می‌باشد (۲۹). یافته‌های دیگر (۱۲)، نیز نتایج همسویی با یافته‌های مطالعه حاضر نشان داده‌اند.

در مطالعه حاضر، ورزشکاران گروه استقامتی که شامل افراد فوتبالیست بودند، در مقایسه با ورزشکاران گروه مقاومتی که شامل افراد رشته پرورش اندام بودند، عملکرد بهتری در مؤلفه برنامه‌ریزی و حل مسئله داشتند. می‌توان چنین گفت که، آن نوع از فعالیت‌های بدنی که نیازمند یادگیری شناختی و حرکتی متنوع هستند، در مقایسه با فعالیت‌های تکراری و چرخه‌ای، افراد را در یک فرایند مداوم شروع، کنترل و انعطاف‌پذیری برای اصلاح حرکت و تکلیف قرار می‌دهد، که می‌تواند فرایندهای مربوط به کارکردهای اجرایی را تقویت کند (۱۳). شاید این عامل باعث عملکرد بهتر ورزشکاران گروه استقامتی در مقایسه با ورزشکاران گروه مقاومتی شده باشد، چرا که ورزشکاران گروه استقامتی، شامل فوتبالیست‌هایی بودند که در شرایط محیطی باز حین تمرین و مسابقه، با محرک‌های متفاوت شناختی روبرو می‌شوند؛ ولی ورزشکاران گروه مقاومتی، با توجه به این‌که اکثراً در محیط باشگاه بدنسازی و در محیط بسته تمرین می‌کنند، کمتر در معرض محرک‌ها و شرایط جدیدی که عملکرد شناختی را به چالش بکشد، قرار می‌گیرند.

در نهایت، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ورزشکاران گروه استقامتی در مقایسه با ورزشکاران گروه مقاومتی در حافظه‌کاری تفاوتی نداشتند. این یافته همسو با یافته‌های دیگری بود که نشان دادند انجام تمرینات هوازی و بی‌هوازی باعث بهبود عملکرد شناختی شد، ولی تفاوتی بین دو نوع فعالیت هوازی و بی‌هوازی وجود نداشت (۱۱). شاید تفاوت در حساسیت آزمون‌های مورد اجرا، در بررسی تفاوت گروه ورزشکاران مقاومتی با استقامتی نمود داشته است، چراکه آزمون N-back نسبت به برخی آزمون‌ها از جمله آزمون برج لندن، ساده‌تر بوده و دارای پیچیدگی کمتری است و شاید این امر دلیلی برای عدم مشاهده تفاوت بین دو گروه بوده باشد، زیرا، تفاوت این دو گروه در آزمون برج لندن که اجرایش کمی

References

- Kramer AF, Colcombe S. Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study—revisited. *Perspect Psychol Sci*. 2018;13(2):213-7. **pmid:** 29592650 **doi:** 10.1177/1745691617707316
- Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2008;9(1):58-65. **pmid:** 18094706 **doi:** 10.1038/nrn2298
- Smith E, Hay P, Campbell L, Trollor JN. A review of the association between obesity and cognitive function across the lifespan: implications for novel approaches to prevention and treatment. *Obes Rev*. 2011;12(9):740-55. **pmid:** 21991597 **doi:** 10.1111/j.1467-789X.2011.00920.x
- Runswick OR, Roca A, Williams AM, McRobert AP, North JS. Why do bad balls get wickets? The role of congruent and incongruent information in anticipation. *J Sports Sci*. 2019;37(5):537-43. **pmid:** 30132402 **doi:** 10.1080/02640414.2018.1514165
- Willeumier KC, Taylor DV, Amen DG. Elevated BMI is associated with decreased blood flow in the prefrontal cortex using SPECT imaging in healthy adults. *Obesity (Silver Spring)*. 2011;19(5):1095-7. **pmid:** 21311507 **doi:** 10.1038/oby.2011.16
- Davis CL, Cooper S. Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: Do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Prev Med*. 2011;52 Suppl 1(Suppl 1):S65-9. **pmid:** 21281668 **doi:** 10.1016/j.jypmed.2011.01.020
- Laurent JS, Watts R, Adise S, Allgaier N, Chaarani B, Garavan H, et al. Associations among body mass index, cortical thickness, and executive function in children. *JAMA Pediatr*. 2020;174(2):170-7. **pmid:** 31816020 **doi:** 10.1001/jamapediatrics.2019.4708
- Blair C, Kuzawa CW, Willoughby MT. The development of executive function in early childhood is inversely related to change in body mass index: Evidence for an energetic tradeoff? *Dev Sci*. 2020;23(1):e12860. **pmid:** 31102547 **doi:** 10.1111/desc.12860
- UK PK, Razeena KI. Effect of aerobic training on visual attention and Meta-cognition. *Int J Physiol Nutr Phys Educ*. 2022;7(1):237-240. **doi:** 10.22271/journalofsport.2022.v7.i1d.2471
- Ouattas A, Haddad M, Riahi MA, Paunescu M, Goebel R. Aerobic or Resistance Exercise Training to Improve Cognitive Function? 2016. Available from: <https://www.europeanproceedings.com/article/10.15405/epsbs.2016.06.13>. **doi:** 10.15405/epsbs.2016.06.13
- Gonzalez SH, Shipherd AM, Farney T. A comparison of an aerobic exercise program and a resistance training program on cognitive functioning in healthy college students. *Int J Exercise Sci*. 2020;2(12):37-45.
- Cui J, Li L, Dong C. The associations between specific-type sedentary behaviors and cognitive flexibility in adolescents. *Front Hum Neurosci*. 2022;16:910624. **pmid:** 36034120 **doi:** 10.3389/fnhum.2022.910624
- Madinabeitia I, Alarcón-López F, Chirisa-Ríos LJ, Pelayo-Tejo I, Cárdenas-Vélez D. The cognitive benefits of basketball training compared to a combined endurance and resistance training regimen: A four-month intervention study. *Sci Rep*. 2023;13(1):1-11. **doi:** 10.1038/s41598-023-32470-2
- Hvid LG, Harwood DL, Eskildsen SF, Dalgas U. A critical systematic review of current evidence on the effects of physical exercise on whole/regional grey matter brain volume in populations at risk of neurodegeneration. *Sports Med*. 2021;51(8):1651-71. **pmid:** 33861414 **doi:** 10.1007/s40279-021-01453-6
- Berchtold NC, Castello N, Cotman CW. Exercise and time-dependent benefits to learning and memory. *Neuroscience*. 2010;167(3):588-97. **pmid:** 20219647 **doi:** 10.1016/j.neuroscience.2010.02.050
- van Praag H, Shubert T, Zhao C, Gage, FH. Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *J Neurosci*. 2005;25(38):8680-5. **pmid:** 16177036 **doi:** 10.1523/JNEUROSCI.1731-05.2005
- Park JH. Effects of acute moderate-intensity aerobic exercise on executive function and prefrontal cortex activity in community-dwelling older adults: A single-blind, randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int*. 2022;22(3):227-32. **pmid:** 35083837 **doi:** 10.1111/ggi.14352
- Meltzer, L. Executive function in education: From theory to practice. New York, NY: Guilford Press; 2018.
- Etherton JL, Bianchini KJ, Ciota MA, Heinly MT, Greve KW. Pain, malingering and the WAIS-III working memory index. *Spine J*. 2006;6(1):61-71. **pmid:** 16413450 **doi:** 10.1016/j.spinee.2005.05.382
- Unsworth N, Spillers GJ. Working memory capacity: Attention control, secondary memory, or both? A direct test of the dual-component model. *J Mem Lang*. 2010;62(4):392-406. **doi:** 10.1016/j.jml.2010.02.001
- Lezak MD. Neuropsychological assessment. New York, NY: Oxford University Press, USA; 2004.
- Lawlor-Savage L, Goghari VM. Dual N-back working memory training in healthy adults: A randomized comparison to processing speed training. *PloS One*. 2016;11(4):e0151817. **pmid:** 27043141 **doi:** 10.1371/journal.pone.0151817
- Kirchner WK. Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *J Exp Psychol*. 1958;55(4):352-8. **pmid:** 13539317 **doi:** 10.1037/h0043688
- Kane MJ, Conway AR, Miura TK, Colflesh GJ. Working memory, attention control, and the N-back task: a question of construct validity. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2007;33(3):615-22. **pmid:** 17470009 **doi:** 10.1037/0278-7393.33.3.615
- Passarotti AM, Trivedi N, & Patel M. Executive function in adolescent bipolar disorder with and without ADHD comorbidity. *Bipolar Disord*. 2016;1(1):1-8. **doi:** 10.4172/2472-1077.1000101
- Shallice T. Specific impairments of planning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 1982;298(1089):199-209. **pmid:** 6125971 **doi:** 10.1098/rstb.1982.0082
- Krikorian R, Bartok J, Gay N. Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *J Clin Exp Neuropsychol*. 1994;16(6):840-50. **pmid:** 7890819 **doi:** 10.1080/01688639408402697
- Yaffe K, Barnes D, Nevitt M, Lui LY, Covinsky K. A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med*. 2001;161(14):1703-8. **pmid:** 11485502 **doi:** 10.1001/archinte.161.14.1703
- Saadati, H, Babri S, Ahmadiasl N, Mashhadi M. Effects of exercise on memory consolidation and retrieval of passive avoidance learning in young male rats. *Asian J Sports Med*. 2010;1(3):137-42. **pmid:** 22375201 **doi:** 10.5812/asjasm.34858
- Audiffren M. Acute exercise and psychological functions: A cognitive-energetic approach. In: McMorris T, Tomporowski P, Audiffren M (Editors). Exercise and cognitive function. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell; 2009. p. 3-39.