

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - تابستان ۱۴۰۰
دوره ۱۳، شماره ۲، ص: ۲۰۱ - ۱۸۵
تاریخ دریافت: ۹۹ / ۱۲ / ۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ / ۰۴ / ۳۰

تأثیر زمان بندی تمرین هوازی حاد بر تحکیم حافظه کلامی

پروین قدرت نالوس^۱ - احسان زارعیان^۲ - محمدرضا قاسمیان مقدم^{۳*}

۱. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
۳. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

با توجه به تأثیری که تمرینات هوازی می‌تواند بر عملکرد شناختی و حافظه داشته باشد، چالشی که همچنان در تحقیقات وجود دارد این است که زمان بندی اجرای تمرینات هوازی نسبت به جلسه آموزشی تکلیفی که می‌بایست به خاطر سپرده شود، چگونه باشد. پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به این پرسش است که تمرینات هوازی در زمان‌های قبل، حین و بعد از اکتساب، چه تأثیری بر فرایند تحکیم حافظه کلامی دارد. در این تحقیق نیمه تجربی ۴۸ دختر غیرورزشکار ۲۰ تا ۳۰ سال در چهار گروه کنترل، تمرین قبل، بعد و حین اکتساب با زمان بندی متفاوت، ترکیبی از تکلیف یادگیری کلامی شنوایی ری و ۱۵ دقیقه فعالیت هوازی با شدت متوسط را انجام دادند. سپس تمامی گروه‌ها یک و ۲۴ ساعت بعد در آزمون یادداری تکلیف حافظه شرکت کردند. یافته‌ها نشان داد که بین گروه‌ها در روند تغییرات در مرحله اکتساب تفاوت معناداری وجود نداشت. علاوه بر این گروه‌ها در آزمون‌های یادداری عملکرد یکسانی داشتند. تنها تفاوت مشاهده شده در میزان افت عملکرد در آزمون یادداری اول نسبت به جلسه انتهای اکتساب بود که براساس آن به غیر از گروه بعد و حین تمرین سایر گروه‌ها افت عملکرد معناداری داشتند. بر این اساس به نظر می‌رسد تمرینات هوازی در حین اکتساب و همچنین بعد از آن می‌تواند دارای تأثیرات مثبت کوتاه مدتی بر حافظه کلامی باشد، هرچند این اثر در زمان بندی قبل از اکتساب مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی

اکتساب، تحکیم حافظه، تمرین هوازی، زمان بندی تمرین، یادگیری کلامی شنوایی.

مقدمه

توانایی حفظ و نگهداری تجربیات آموخته شده برای اجرای مجدد مهارت و نیز سازگار کردن آن با نیازهای تکلیف از موضوعات مهم در یادگیری است. این توانایی که موسوم به حافظه است، در حقیقت قابلیت برای نگهداری یادگیری کسب شده است (۱). شکل گیری و فراخوانی حافظه، توانایی اساسی برای موجود زنده است که وی را قادر می سازد رفتارش را با نیازهای محیط در حال تغییر سازگار کند. عملکردهای حافظه شامل سه زیرفرایند مهم است: کدگذاری، تحکیم و بازیابی. کدگذاری حین اکتساب شامل شناخت و پردازش های حل مسئله است که به شکل گیری حافظه منجر می شود. در طول فاصله یادداری، فرایندهای تحکیم به منظور تثبیت حافظه کسب شده، وارد عمل می شوند (۲). تحکیم حافظه هم فرایندی پس اکتسابی است که با گذشت زمان پایدارتر می شود (۳). متغیرهای متعددی شناسایی شده اند که فرایند تحکیم را تسهیل می کنند. گذشته از عوامل مؤثری چون مقدار تمرین، توجه و انگیزش، برخی عوامل مرتبط با برنامه ریزی زمانی و ارائه تمرین، می تواند نقش مهمی در تحکیم مؤثر مهارت های آموخته شده داشته باشد (۴). فرایندهای آفلاین تحکیم، بازنمایی حافظه را تقویت می کنند که تأثیرات رفتاری آنها را می توان در فواصل بی تمرینی مشاهده کرد. تحکیم حافظه معمولاً با توانایی یادآوری مهارت آموخته شده در یک یا چند نقطه زمانی پس از یک دوره بی تمرینی (آزمون یادداری) ارزیابی می شود که از طریق آن می توان به کیفیت رمزگردانی و تحکیم اطلاعات پی برد (۵).

تحقیقات نشان داده اند یکی از عواملی که ممکن است بر تحکیم حافظه تأثیر بگذارد، تمرینات جسمانی است و توافق بیشتر تحقیقات حاکی از اثربخشی تمریناتی از نوع هوازی است (۵-۹). بر این اساس تمرینات جسمانی به واسطه تأثیر مثبتی که بر شناخت و عملکرد مغزی دارد، می تواند تحکیم حافظه را تحت تأثیر قرار دهد. تحقیقات نشان داده اند که متعاقب تمرینات جسمانی کارایی پردازش شناختی جهت رمزگردانی محرک و تخصیص بهینه منابع توجهی ارتقا می یابد (۱۰). شرکت در تمرینات هوازی (مثل دویدن) می تواند سبب تغییراتی ساختاری در مغز نظیر افزایش حجم مغز در مناطقی مانند هیپوکامپ (۱۱) و قشرهای پیشانی و آهیانه (۱۲) و همچنین سبب تغییرات کارکردی نظیر افزایش جریان خون مغزی (۱۳) شود. همچنین افزایش غلظت پروتئین های تنظیم کننده پلاستیسیته (۱۴) می تواند با ایجاد تغییراتی در مسیرهای قشری نخاعی به نوروپلاستیسیته کمک کند و با ایجاد تغییراتی در شبکه های کارکردی مغز سبب یادگیری بیشتر شود (۱۵).

با توجه به تأثیر تمرینات جسمانی بر تحکیم حافظه، سؤال این است که زمان‌بندی تمرینات هوازی نسبت به تکلیفی که قرار است به‌خاطر سپرده شود، چگونه می‌بایست باشد تا بیشترین اثربخشی بر تحکیم حافظه اتفاق افتد. بر این اساس به‌نظر می‌رسد توجه به زمان‌بندی یا به‌عبارت دیگر برنامه‌ریزی زمانی تمرین و تعامل آن با یادگیری حافظه، اهمیت دارد (۱۶). در این زمینه تحقیقات اندکی انجام گرفته است که بر دو زمان اصلی قبل و بعد از جلسهٔ اکتساب تأکید داشته‌اند. ناهمسویی نتایج در این دو دسته از تحقیقات به چشم می‌خورد. برخی تحقیقات از طرح تمرین هوازی قبل از جلسهٔ اکتساب تکلیفی که باید یاد گرفته شود، استفاده کرده‌اند که براساس آن اگر بلافاصله قبل از شروع اکتساب و یادگیری یک تکلیف فرد فعالیت ورزشی را انجام دهد، میزان تحکیم حافظه بیشتر می‌شود (۱۷-۱۹)؛ در صورتی که دستهٔ دیگر تحقیقات به بررسی اثر فعالیت بدنی بلافاصله بعد از اکتساب یک تکلیف حافظه‌ای پرداخته‌اند (۲۰).

در این زمینه دستهٔ اول تحقیقات حاکی از اثربخشی تمرینات قبل از اکتساب و یادگیری یک تکلیف هستند. برای مثال مانگ^۱ و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که تمرین هوازی با شدت بالا قبل از تمرین می‌تواند عملکرد در مرحلهٔ اکتساب (دقت زمانی) را بهبود بخشد (۱۷). استاتون^۲ و همکاران (۲۰۱۵) اثر یک جلسه تمرین هوازی با شدت متوسط (۳۰ دقیقه دویدن در ۸۰-۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب) را روی اکتساب و یادداری تکلیف فشردن ایزومتریک توالی دیداری (SVIPT) ارزیابی کردند و دریافتند وقتی از تمرین با شدت متوسط قبل از آموزش استفاده می‌شد، اکتساب بهبود داشت (۱۹). بر این اساس اسنو و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که تمرین هوازی بلافاصله قبل از یادگیری مهارت حرکتی تعقیبی روند اکتساب مهارت را ارتقا می‌دهد (۱۸). استاتون^۳ و همکاران (۲۰۱۵) اعتقاد داشتند که فعالیت متوسط هوازی قبل از اکتساب مهارت سیستم عصبی مرکزی را راه‌اندازی می‌کند که سبب کدگذاری بهتر و در نتیجه تحکیم حافظه قوی‌تر می‌شود (۱۹). علاوه بر تحقیقاتی که به تأثیرات تمرین قبل از اکتساب پرداخته‌اند، برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهند که همزمانی تمرین بدنی با تمرینات شناختی، سبب بهبود عملکرد شناختی می‌شود. بر این اساس به‌نظر می‌رسد فعالیت بدنی به‌عنوان یک راه‌انداز^۴ سبب بهبود تحکیم حافظه می‌شود و تأثیرات تمرین شناختی را ارتقا می‌دهد (۲۱). بر این اساس به‌نظر می‌رسد تمرین

-
1. Mang
 2. Statton
 3. Segquential Visualsometric Pinch Task
 4. Statton
 5. Prime

هوازی ممکن است سطح انگیزتگی را بالا ببرد و تحکیم حافظه را ارتقا دهد (۲۲). لاو و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که تمرینات ورزشی در ترکیب با تمرینات شناختی، مغز را برای فرایندهای تنظیمی در جلسات تمرینی شناختی آماده می‌کند (۲۳). دسته دوم از تأثیرات تمرینات بعد از اکتساب حمایت می‌کنند. روئیگ^۱ و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که ۲۰ دقیقه دوچرخه‌سواری اینتروال با شدت بالا، یادداری ۲۴ ساعته و ۷ روزه را در یک تکلیف ردیابی تسهیل می‌کند. علاوه بر این، مشخص شد که انجام تمرین پس از مهارت حرکتی فواید بیشتری برای یادداری بلندمدت نسبت به تمرین پیش از مهارت دارد (۸). نیپو^۲ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که فعالیت بدنی بلافاصله بعد از فرایند اکتساب یادداری حافظه حرکتی در بیماران سکته مغزی را ارتقا می‌دهد (۲۴). ون‌دانگن^۳ و همکاران (۲۰۱۶) اعتقاد داشتند در نتیجه تمرینات بدنی بعد از فرایند اکتساب مهارت به دلیل بالا رفتن سطح میانجی‌های عصبی مؤثر بر فرایند تحکیم حافظه، یادگیری افزایش پیدا می‌کند (۲۰). اگرچه تحقیقات مذکور بیشتر بر مهارت‌های حرکتی تأکید داشتند، یکی از انواع یادگیری‌های مهم در زندگی روزمره انسان یادگیری‌های کلامی است که بیشتر بر حافظه اپیزودیک وابسته است (۲۵). نتایج پژوهش لوپریزنی، لئونکی و استورم (۲۰۲۱) نشان داد که بین انواع متفاوتی از تمرین هوازی و مقاومتی در زمان بعد یادگیری تکلیف حافظه‌ای تفاوتی وجود ندارد (۲۶). هرچند شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد زمان‌بندی تمرینات هوازی نسبت به تکلیف حافظه‌ای که قرار است به خاطر سپرده شود، می‌تواند عاملی تعیین‌کننده باشد (۲۶، ۲۷). در این خصوص برخی تحقیقات نیز حاکی از برتری تمرینات هوازی قبل از یادگیری تکلیف حافظه‌ای بوده‌اند (۲۸)، شواهدی نیز بر اثرگذاری مثبت تمرین هوازی بعد یادگیری تکلیف حافظه‌ای وجود دارد (۲۵)، از سوی دیگر، اگرچه برخی تحقیقات حاکی از اثربخش نبودن تمرینات هوازی حین اکتساب بر یادگیری تکلیف کلامی‌اند (۲۸)، شواهدی درباره اثر منفی این نوع تمرین بر حافظه اپیزودیک نیز وجود دارد (۲۵).

همان‌طور که ذکر شد، نتایج مطالعاتی که تأثیرات فوری تمرین بر شناخت را تحلیل می‌کنند، مبهم و چندپهلو هستند؛ در برخی مطالعات تأثیرات متوسطی گزارش شده، اما در برخی تحقیقات اثر متناقض و معکوس ارائه شده است (۲۹، ۳۰). تحقیقات در این زمینه معمولاً یا به اثر تمرین قبل یا به بررسی تمرین بعد از اکتساب پرداخته‌اند و تحقیقات محدودی به‌طور جامع در مورد زمان‌بندی انجام تمرین هوازی بر

-
1. Rig
 2. Nepveu
 3. Dongen

عملکرد حافظه انجام گرفته است (۳۱، ۲۰). با توجه به تناقض در نتایج تحقیقات ذکر شده و اندک بودن تحقیقات در زمینه اثر زمانی تمرینات هوازی بر یادگیری و حافظه، این پژوهش به صورت مستقیم به مقایسه تأثیر تمرینات قبل و بعد از اکتساب بر فرایند تحکیم حافظه خواهد پرداخت و با توجه به شواهد موجود در مورد ترکیب تمرین هوازی با فرایند اکتساب به این موضوع نیز پرداخته خواهد شد. علاوه بر این با توجه به اینکه بیشتر تحقیقات قبلی از تکالیفی که به حافظه رویه‌ای نیاز دارند، استفاده کرده‌اند، تحقیق حاضر به بررسی این فرایند در تکلیفی با نیاز به حافظه اپیزودیک خواهد پرداخت.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش انجام آن از نوع نیمه تجربی است. جامعه آماری تحقیق را تمامی دانشجویان دختر دانشگاه علامه در رده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال که شرایط ورود به تحقیق را داشتند، تشکیل دادند. نمونه آماری تحقیق شامل ۴۸ نفر با میانگین سنی حدود ۲۵ سال بود که این تعداد به صورت در دسترس انتخاب شده و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند و پس از تأیید داشتن معیارهای ورود به تحقیق، به طور تصادفی به چهار گروه ۱۲ نفری تقسیم شدند که شامل سه گروه آزمایشی (قبل اکتساب، حین اکتساب و بعد از اکتساب) و یک گروه کنترل بود. ملاک‌های ورود به تحقیق شامل عدم مصرف الکل و دخانیات، نداشتن سابقه بیماری‌های مزمن خاص، استفاده نکردن از داروهای مؤثر بر دستگاه عصبی مرکزی، نداشتن منع فعالیت ورزشی و خودداری از نوشیدن کافئین در طی فرایند تحقیق، سپری شدن چرخه قاعدگی قبل از ورود به فرایند تحقیق و داشتن خواب کافی در طول زمان تحقیق بود. به دلیل اهمیت زمان‌بندی اجرای تحقیق در صورتی که هریک از آزمودنی‌ها در ساعت‌های ذکر شده در جلسه اکتساب و آزمون‌های یادداری شرکت نمی‌کرد یا بنا به هر دلیلی علاقه‌ای به ادامه فعالیت نداشت، از تحقیق کنار می‌رفت.

تکلیف RAVLT

در این تحقیق از آزمون یادگیری شنوایی کلامی ری (RAVLT) استفاده شد. برای ساخت این آزمون حافظه مبتنی بر واژه، کلمات مورد استفاده از بین خزانه‌ای از کلمات رایج با فراوانی وقوع بالا در زبان فارسی انتخاب شدند. واژه‌های مورد استفاده در آزمون حاضر از بین کلمات ساده، بامعنا، واقعی (مانند گل، دست و غیره) و با کمترین بار هیجانی عاطفی انتخاب شدند. همچنین اسامی متعلق به گروه‌های مختلف (حیوانات، اجزای بدن، لوازم منزل و اشیا) به گونه‌ای در یک فهرست جای گرفتند که بالقوه هیچ‌گونه ارتباط

معنایی، آوایی، یا شباهتی بین آنها وجود نداشته باشد. برای ساخت فهرست بازشناسی آزمون، بیست واژه جدید علاوه بر برخورداری از مشخصات واژه‌های دو فهرست الف و ب به گونه‌ای انتخاب شدند که از نظر معنایی یا آوایی یا واژه‌های این دو فهرست مشابهت داشته باشند. آزمون از سه بخش اصلی ۱. فهرست الف (۱۵ کلمه از واژه‌های فارسی)، ۲. فهرست ب (۱۵ کلمه بسیار مشابه با فهرست الف اما متفاوت) و ۳. فهرست بازشناسی (فهرست الف + فهرست ب + ۲۰ کلمه جدید) تشکیل شده بود. اجرای تکلیف شامل ۷ مرحله بود. در مرحله ۱ تا ۵ واژه‌های فهرست «الف» با ارائه یک واژه در ثانیه با صدای زنده برای فرد خوانده شده و از افراد خواسته می‌شد پس از اتمام کلمات، هر آنچه را که به یاد می‌آورد، بیان کند. سپس مجدد همان فهرست تکرار و پاسخ‌ها ثبت می‌شود و این فرایند ۵ بار تکرار می‌شود. در مرحله ششم به افراد فهرست «ب» که شامل ۱۵ کلمه بسیار مشابه ولی متفاوت با فهرست «الف» بود، ارائه می‌شد تا با کلمات به خاطر سپرده شده از فهرست «الف» تداخل ایجاد کند و در مرحله آخر (هفتم) فهرست کلمات فهرست الف و ب و ۲۰ کلمه جدید به افراد ارائه می‌شد و افراد می‌بایست کلمات فهرست «الف» را بازشناسی می‌کردند (۳۲). مرحله آخر یعنی ارائه ترکیبی از فهرست‌ها و بازشناسی فهرست «الف» در آزمون‌های یادداری مجدد تکرار می‌شد و تعداد کلمات بازشناسی شده به‌عنوان نمره آزمون در نظر گرفته شد. تحقیق جعفری و همکاران (۱۳۸۹ الف) نشان می‌دهد که نسخه فارسی آزمون یادگیری شنوایی کلامی ری از اعتبار و روایی خوبی برخوردار است (۳۳).

روش اجرا

ابتدا اطلاعات لازم برای آشنایی با مراحل آزمون، مزایا و خطرهای احتمالی روش اجرای پژوهش ارائه و از داوطلبان رضایت‌نامه کتبی شرکت در آزمون اخذ شد. در مرحله اول آزمون میزان حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) که از طریق فرمول تاناکا به دست آمد تا از آن حیث تعیین شدت تمرین استفاده شود. سپس شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی به چهار گروه، قبل اکتساب (۱۲ نفر)، حین اکتساب (۱۲ نفر)، بعد اکتساب (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. در گروه قبل از اکتساب افراد ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه روی تردمیل به دویدن می‌پرداختند و پس از ۵ دقیقه استراحت تکلیف RAVLT را تمرین می‌کردند و پس از یک ساعت در آزمون یادداری اول و سپس در آزمون یادداری ۲۴ ساعت بعد شرکت می‌کردند. درحالی‌که گروه بعد از اکتساب، بعد از انجام تکلیف RAVLT تمرین هوازی را به مدت ۱۵ دقیقه انجام می‌دادند و پس از یک ساعت فاصله از تکلیف RAVLT یا به‌عبارتی ۴۵ دقیقه بعد از اتمام تمرین هوازی در آزمون یادداری اول و سپس در آزمون ۲۴ ساعت بعد شرکت می‌کردند. گروه حین

اکتساب همزمان با دویدن روی تردمیل تکلیف RAVLT را در ۵ دقیقه میانی تمرین هوازی (از ۱۵ دقیقه دویدن) انجام می‌دادند و سپس با فواصل ذکر شده در آزمون‌های یادداری مانند سایر گروه‌ها شرکت می‌کردند، به عبارتی یک ساعت بعد از اتمام تکلیف RAVLT یا حدود ۵۵ دقیقه بعد از اتمام تمرین هوازی در آزمون یادداری اول شرکت می‌کردند. گروه کنترل به مدت مشابه دیگر گروه‌ها در آزمایشگاه حضور داشتند و تنها تمرین تکلیف RAVLT را انجام می‌دادند و به منظور هم‌تاسازی زمان به مدت ۱۵ دقیقه به تماشای فیلم مستند می‌پرداختند تا مدت فعالیت و تمرین آنها مشابه سایر گروه‌ها باشد و بعد از آن در آزمون یادداری اول (یک ساعت بعد از RAVLT) و سپس آزمون یادداری دوم با فاصله ۲۴ ساعت شرکت می‌کردند. نمرات افراد (تعداد کلمات بازشناسی شده) در اولین مرحله تمرین به‌عنوان نمره ابتدای تمرین در نظر گرفته شد و نمره افراد در آخرین مرحله تکلیف RAVLT به‌عنوان نمره انتهای اکتساب محسوب شد. در تمامی گروه‌ها فاصله بین آخرین اجرای تکلیف RAVLT و آزمون‌های یادداری یکسان بود، به طوری که با فاصله یک ساعت آزمون یادداری اول و با فاصله ۲۴ ساعت آزمون یادداری دوم برگزار می‌شد. در مراحل یادداری مرحله هفتم تکلیف RAVLT یا همان بازشناسی فهرست کلمات «الف» در میان سایر فهرست‌ها اجرا می‌شد که تعداد کلمات بازشناسی شده به‌عنوان نمره هر مرحله محاسبه شد. در گروه‌های آزمایشی، تمرین هوازی با شدت متوسط بین ۴۰ تا ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه انجام گرفت. ضربان قلب از طریق دستگاه ارزیابی ضربان قلب (Polar) ارزیابی می‌شد که از طریق نواری که به قفسه سینه بسته می‌شد، ارزیابی می‌شد و شدت تمرین از طریق سیستم بازخوردی که مانند ساعت به مچ ورزشکار بسته می‌شد، کنترل می‌شد. به منظور بررسی نرمالیتی توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و به منظور بررسی فرضیه‌های تحقیق از آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌راهه، تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری و تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری‌های تکراری در سطح معناداری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس نسخه ۱۹ استفاده شد.

نتایج

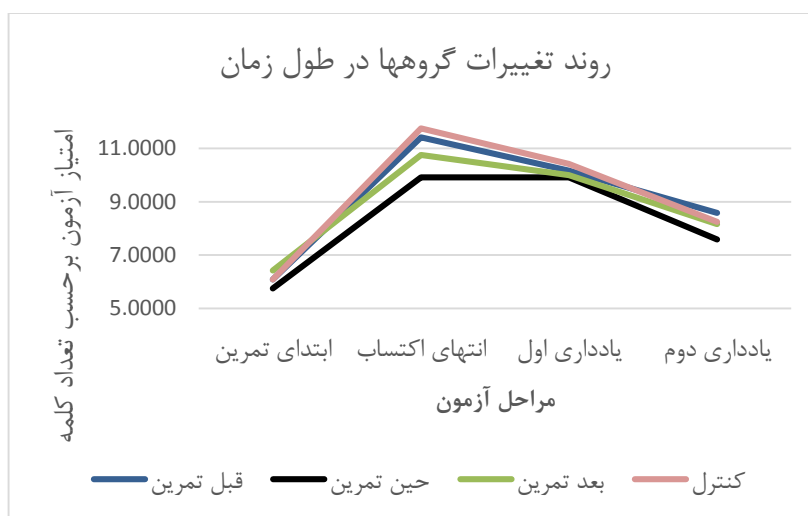
ویژگی‌های دموگرافیکی افراد شرکت‌کننده در گروه‌های مختلف آزمایشی و گروه کنترل در جدول ۱ نشان داده شده است که بر این اساس تقریباً مقادیر مشابهی در گروه‌ها وجود دارد. به منظور بررسی عملکرد

افراد در طول مراحل تحقیق ابتدا آزمون شاپیروویلیک اجرا شد که براساس آن توزیع داده‌ها در سطح آلفای ۰/۰۵ طبیعی بود، در نتیجه از آزمون‌های پارامتریک تحلیل واریانس عاملی، تحلیل واریانس یکراهه و با اندازه‌های تکراری استفاده شد.

جدول ۱. ویژگی‌های شرکت‌کنندگان و نمرات حافظه

ویژگی‌ها	گروه قبل تمرین (تعداد=۱۲)	گروه حین تمرین (تعداد=۱۲)	گروه بعد تمرین (تعداد=۱۲)	گروه کنترل (تعداد=۱۲)
سن (سال)	۲۴/۷ ± ۳/۶۴	۲۵/۶ ± ۳/۵۶	۲۵/۹ ± ۴/۱۷	۲۴/۶ ± ۳/۵۰
قد (سانتی‌متر)	۱۶۳/۵ ± ۵/۵۷	۱۶۵/۲ ± ۱۱/۲۲	۱۵۹/۷ ± ۱۰/۵۴	۱۶۰/۷ ± ۹/۲۲
وزن (کیلوگرم)	۶۳/۷ ± ۷/۴۷	۶۵/۲ ± ۱۰/۸۶	۶۶/۲ ± ۱۰/۱۳	۶۶/۴ ± ۹/۵۸
شاخص توده بدنی (وزن/قد ^۲)	۲۳/۸ ± ۲/۵۹	۲۳/۸ ± ۲/۸۳	۲۵/۹ ± ۲/۳۱	۲۵/۷ ± ۲/۵۰
نمرات حافظه مرحله ابتدای آزمون	۶/۰۸ ± ۱/۴۴	۵/۷۵ ± ۱/۲۸	۶/۴۱ ± ۱/۷۲	۶/۰۸ ± ۱/۸۳
نمرات حافظه انتهای اکتساب	۱۱/۴۱ ± ۱/۹	۹/۹ ± ۱/۶	۱۰/۷۵ ± ۱/۸۶	۱۱/۷۵ ± ۲/۰۵
نمرات حافظه یادداری اول	۱۰/۱۶ ± ۲/۰۸	۹/۹۱ ± ۱/۵	۱۰ ± ۱/۳۴	۱۰/۴۱ ± ۲/۳۱
نمرات حافظه یادداری دوم	۸/۵۸ ± ۱/۵	۷/۵۸ ± ۲/۷۴	۸/۱۶ ± ۲/۶	۸/۲ ± ۲/۸۳

بررسی روند تغییرات گروه‌ها در مراحل مختلف آزمون با استفاده از تحلیل واریانس عاملی ۴ گروه در ۴ مرحله آزمون نشان داد اگرچه اثر اصلی مرحله آزمون با اصلاح گرین‌هاوس گیزر معنادار بود ($\eta^2=0/7$)، اما اثر اصلی گروه معنادار نبود ($F_{2/63,115/7}=106/8, P=0/0001, \eta^2=0/04$)، همچنین تعامل معناداری بین گروه در مرحله آزمون وجود نداشت ($F_{7/89,115/7}=0/7, P=0/68, \eta^2=0/04$)، بر این اساس گروه‌ها روند یکسانی در مراحل مختلف آزمون داشته‌اند. نمودار ۱ روند تغییرات گروه‌ها در مراحل مختلف آزمون را نشان می‌دهد.



نمودار ۱. روند تغییرات عملکرد گروهها در مراحل مختلف آزمون

نتایج تحلیل واریانس یکراهه در مراحل آزمون یادداری اول ($F_{3,44}=0/17$ ، $P=0/92$ ، $\eta^2=0/01$) و همچنین آزمون یادداری با فاصله ۲۴ بعد ($F_{3,44}=0/33$ ، $P=0/8$ ، $\eta^2=0/02$) نیز نشان داد که تفاوتی بین گروهها در آزمونهای یادداری وجود ندارد.

به منظور بررسی روند تغییرات هر یک از گروهها در مراحل مختلف آزمون از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد. بر این اساس نتایج نشان داد که آزمون اندازه‌های تکراری در هر چهار گروه کنترل ($F_{3,33}=37/67$ ، $P=0/0001$ ، $\eta^2=0/77$)، قبل از تمرین ($F_{3,33}=21/91$ ، $P=0/0001$ ، $\eta^2=0/65$)، بعد از تمرین ($F_{3,33}=30/41$ ، $P=0/0001$ ، $\eta^2=0/66$) و حین تمرین ($F_{3,33}=21/91$ ، $P=0/0001$ ، $\eta^2=0/65$) معنادار است. بر این اساس آزمونهای جفتی تعقیبی ال‌اس‌دی نشان داد در تمامی چهار گروه کنترل ($P=0/0001$)، قبل از تمرین ($P=0/0001$)، بعد از تمرین ($P=0/0001$) و حین تمرین ($P=0/0001$) پیشرفت معناداری در انتهای مرحله اکتساب نسبت به ابتدای آن مشاهده شد. علاوه بر این نتایج نشان داد در مقایسه مرحله انتهای اکتساب نسبت به آزمون یادداری اول، گروه قبل از تمرین ($P=0/006$) و گروه کنترل ($P=0/035$) افت معناداری داشته‌اند، در حالی که روند تغییرات در گروه بعد از تمرین ($P=0/13$) و حین تمرین ($P=0/1$) معنادار نبود. هر چند در مقایسه مرحله انتهای اکتساب نسبت به آزمون یادداری ۲۴ ساعت بعد نتایج نشان داد که افت عملکرد معناداری در هر چهار

گروه کنترل ($P=0/0001$)، قبل از تمرین ($P=0/0001$)، بعد از تمرین ($P=0/005$) و حین تمرین ($P=0/001$) مشاهده شد.

بحث و نتیجه گیری

همان‌طور که ذکر شد، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر زمان‌بندی تمرین هوازی حاد بر یادگیری تکلیف حافظه کلامی شناختی بود. براساس یافته‌های تحقیق در مرحله اکتساب تمامی گروه‌ها پیشرفت معناداری داشتند و روند تغییرات بین گروه‌ها تقریباً مشابه بود. بر این اساس تمامی گروه‌ها پیشرفت معناداری در مراحل مختلف آزمون داشتند. از سوی دیگر، نتایج آزمون‌های یادداری فوری و ۲۴ ساعت بعد نیز نشان داد که بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت. هرچند در بررسی روند تغییرات گروه‌ها نشان داده شد اگرچه تمامی گروه‌ها از مرحله نخست نسبت به پایان جلسه اکتساب در به خاطر سپاری کلمات پیشرفت معناداری کرده بودند، پس از ایجاد یک وقفه بی‌تمرینی و همچنین ایجاد تداخل، افت عملکرد حافظه در تمامی گروه‌ها مشاهده شد و این افت از مرحله آخر اکتساب نسبت به مرحله یادداری اول در دو گروه کنترل و "قبل از تمرین" معنادار بود؛ به این معنا که بین عملکرد این دو گروه در مرحله آخر اکتساب و یادداری اول تفاوت معناداری مشاهده نشد. در این زمینه نشان داده شد تمامی گروه‌ها در آزمون یادداری دوم یا ۲۴ ساعت بعد نسبت به انتهای جلسه اکتساب افت عملکرد معناداری داشتند. بر این اساس به نظر می‌رسد تمرینات حین تمرین و بعد از تمرین سبب حفظ عملکرد حافظه‌ای در کوتاه‌مدت می‌شوند، هرچند در بازه‌های بلندمدت تمامی گروه‌ها تأثیرات حافظه‌ای یکسانی داشتند.

در تفسیر نتایج حاضر ابتدا باید به مرحله اکتساب اشاره کرد. با توجه به طرح تحقیق تنها دو گروه «تمرین قبل اکتساب» و «تمرین حین اکتساب» در طول مرحله آموزشی یا به خاطر سپاری مداخله دریافت کرده بودند و دو گروه دیگر هیچ مداخله‌ای را دریافت نکرده بودند. بر این اساس انتظار می‌رفت این دو گروه نسبت به دو گروه دیگر دارای اکتساب متفاوتی باشند. هرچند تفاوت معناداری در بین گروه‌ها در انتهای اکتساب مشاهده نشد. همچنین نتایج آماری نشان داد که تمامی گروه‌ها از ابتدای آموزش تا مرحله انتهای اکتساب پیشرفت معناداری در عملکرد حافظه‌ای داشتند. این نتایج در تضاد با نتایجی مانند مانگ و همکاران (۲۰۱۴)، استاتون و همکاران (۲۰۱۵) و اسنو و همکاران (۲۰۱۶) است که نشان می‌دهند تمرینات قبل از مهارت سبب عملکرد حافظه‌ای و اکتساب بیشتر است. بر این اساس به نظر می‌رسد تمرین قبل از اکتساب به دلیل تأثیرات فیزیولوژیکی و روان‌شناختی بتواند تسهیلگر روند اکتساب از طریق

بالا بردن کارایی فرایند کدگذاری باشد (۱۷-۱۹). هاینز و همکاران (۲۰۱۹) اعتقاد داشتند که تمرینات هوازی قبل از اکتساب تکلیف حافظه‌ای می‌تواند فرایند کدگذاری را تسهیل کند (۲۸)، هرچند از آنجا که در فرایند تحکیم حافظه بیشتر تأکید بر حفظ اطلاعات در طول زمان است، به نظر می‌رسد با توجه به عدم بررسی طولانی‌مدت، فرضیه کدگذاری در مطالعه آنها به‌طور مستقیم بررسی نشده باشد. از سوی دیگر، لوپریزی و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای مروری بیان کردند که تمرینات هوازی حین اکتساب تکلیف حافظه‌ای می‌تواند اثر منفی بر شکل‌گیری حافظه داشته باشد (۲۵). بر این اساس عدم تخریب عملکرد حافظه‌ای در نتایج حاضر در تناقض با تبیین آنهاست. در خصوص این تناقض توجه به دو نکته حائز اهمیت است؛ نخست اینکه تعداد این تحقیقات بسیار اندک است و هنوز این موضوع به‌طور قطعی ثابت نشده است و سپس اینکه تحقیقات اشاره‌شده بیشتر بر شدت تمرینی بالا اشاره دارد، درحالی‌که در تحقیق حاضر از تمرین هوازی با شدت متوسط استفاده شد. بر این اساس، نتایج حاضر را می‌توان همراستا با نتایجی در نظر گرفت که اعتقاد داشتند با ترکیب تمرین جسمانی و شناختی می‌توان تأثیرات مفید شناختی را ارتقا داد (۲۳).

نتایج آزمون یادداری نشان داد که بین گروه‌ها در آزمون یادداری فوری و با فاصله ۲۴ ساعت بعد تفاوت معناداری وجود ندارد. همچنین بررسی روند تغییرات مشخص کرد که تمامی گروه‌ها روندی نزولی در آزمون‌های یادداری نسبت به انتهای جلسه اکتساب داشته‌اند، هرچند روند نزولی عملکرد در آزمون یادداری فوری در تمامی گروه‌ها به‌غیر از گروه بعد از اکتساب و گروه حین اکتساب معنادار بود. بر این اساس اگرچه گروه قبل از تمرین و کنترل افت عملکرد معناداری داشته‌اند، اما گروه بعد از تمرین و حین تمرین نسبت به این افت شدید مقاوم‌تر بوده‌اند. این یافته را می‌توان در تضاد با تحقیقاتی که نشان می‌دهند تمرین قبل از اکتساب سبب تحکیم بهتر حافظه می‌شود، در نظر گرفت. برای مثال لبان^۱ و ایتنیر^۲ (۲۰۱۱) تأثیرات زمان ورزش بر تسهیل حافظه ناشی از ورزش را بررسی کردند و دریافتند که یادداری حافظه تنها زمانی بهبود یافته بود که ورزش قبل از رمزگذاری حافظه انجام گرفت (۲۲). علاوه بر این برخی تحقیقات نیز نشان داده بودند تمرین قبل از اکتساب یادداری کوتاه‌مدت، میان‌مدت و تحکیم حافظه حرکتی را بهبود می‌دهد (۳۴، ۱۷، ۵). این تضاد در یافته‌های اکتساب و یادداری را می‌توان از دیدگاه نوع تکلیف نیز مدنظر قرار داد. بیشتر پیشینه تحقیقی در این زمینه در خصوص حافظه رو به‌ای و

1. Labban
2. Etnier

مهارت‌های حرکتی است، در حالی که تکلیف حاضر از نوع حافظهٔ اپیزودیک بود. برای مثال رویگ و همکاران (۲۰۱۲) اعتقاد داشتند که ورزش قبل از اکتساب سبب بهینه‌سازی در کدگذاری اطلاعات در حافظهٔ رویه‌ای تکلیف حرکتی می‌شود (۸). بر این اساس ویژگی و پیچیدگی تکلیف عواملی اند که می‌تواند تا حد زیادی بر پاسخ‌ها و فرایندهای یادگیری مربوط به اکتساب مهارت‌های حرکتی و شکل‌گیری حافظه تأثیر بگذارد (۳۵). از سوی دیگر، تحقیقاتی نیز وجود داشته‌اند که این الگوی نتایج را نشان نداده‌اند. براساس یافته‌های استاتون و همکاران (۲۰۱۵) اگرچه تمرین قبل از آموزش، توانسته بود مزایایی را برای اکتساب ایجاد کند، اما بر تحکیم حافظهٔ بلندمدت تأثیری نداشت (۱۹). اسنو و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند ورزش با شدت متوسط بر شاخص‌های یادگیری مهارت‌های حرکتی و همچنین بر تحکیم حافظهٔ حرکتی آفلاین تأثیرگذار نیست (۱۸). همچنین فر-یوریس و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند، هنگامی که ورزش قبل از اکتساب انجام می‌گرفت، نتوانست مزایای مشاهده‌شده را در یادداری‌های ۲۴ ساعت بعد حفظ کند (۵). این تناقض در تحقیقاتی که از تکالیفی با حافظهٔ اپیزودیک استفاده کرده‌اند نیز مشاهده می‌شود که در آنها هنوز توافقی بر این موضوع وجود ندارد که کدام‌یک از بازه‌های زمانی استفاده از تمرین هوازی می‌تواند اثربخشی بیشتری در تحکیم حافظه داشته باشد (۲۶، ۲۵، ۶)، از این‌رو این سیر تحقیق می‌تواند ادامه پیدا کند. از این‌رو تحقیقات آتی می‌توانند در قالب طرحی واحد اثربخشی انواع بازه‌های زمانی تمرینی را به‌طور مستقیم در انواع متفاوتی از تکالیف با نیاز به حافظهٔ رویه‌ای و اپیزودیک مقایسه کنند.

همان‌طور که ذکر شد، در آزمون یادداری فوری گروه بعد از تمرین و حین تمرین افت عملکرد کمتری نسبت به دو گروه دیگر داشتند که این موضوع را می‌توان به مقاومت در برابر تداخل حافظه‌ای در نظر گرفت. در این زمینه رویگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که تمرین حاد تک‌جلسه‌ای پس از اکتساب یک تکلیف جدید، سبب بهبود حافظه می‌شود (۸). لاندبای^۱ جنسن^۲ و همکاران (۲۰۱۷) نیز دریافتند که تمرین حادی که بلافاصله پس از اکتساب اجرا شود، حافظه را در کودکان پیش‌دبستانی تسهیل می‌کند، که احتمالاً به‌وسیلهٔ تقویت تحکیم حافظه تسهیل می‌شود (۷). جو و همکاران (۲۰۱۸) نیز تسهیل فرایند حافظه را در نتیجهٔ تمرین بعد از اکتساب نشان داده بودند. بر این اساس به‌نظر می‌رسد یک جلسه ورزش بلافاصله پس از تمرین تکلیف نیز می‌تواند تأثیراتی مشابه با خواب در تحکیم حافظه داشته باشد (۶). این نتیجه از این لحاظ جالب به‌نظر می‌رسد که ممکن بود تمرین بدنی بعد از اکتساب با تغییرات

1. Lundbye
2. Jensen

وضعیتی مانند خستگی جسمانی (۱۶) یا به‌عنوان یک تکلیف سبب تداخل حافظه‌ای می‌شد (۳۶)، در نتیجه ممکن بود در آزمون یادداری اول در گروه بعد از تمرین مشکل ایجاد کند که در این تحقیق به‌نظر می‌رسد فرایندهای تسهیل‌کننده این نوع تمرین بر فرایندهای تضعیف‌کننده آن غلبه داشته است. البته در این زمینه تحقیقاتی در مورد تأثیرات حین تمرین به چشم نمی‌خورد، اما در تبیین عدم افت معنادار عملکرد در دو گروه تمرین بعد از اکتساب و حین اکتساب می‌توان به نکات زیر اشاره کرد. یکی از مواردی که در تبیین این نتایج می‌بایست در نظر گرفته شود، بازه زمانی یا فاصله زمانی بین تمرین بدنی و آزمون یادداری است. براساس نتایج پژوهش‌های نوروفیزیولوژیک هنگامی که مهارتی آموخته شده و سعی می‌شود تا به خاطر سپرده شود، مواد میانجی که تسهیل‌کننده فرایند کدگذاری و تحکیم حافظه هستند، آزاد می‌شوند (۳۷). سطح این مواد بعد از اتمام تمرین به مرور زمان کاهش پیدا می‌کند، هرچند حضور این مواد در دوره بی‌تمرینی می‌تواند سبب فرایند آفلاین تحکیم حافظه شود (۲۰). بر این اساس به‌نظر می‌رسد وهله‌های تمرین هوازی سبب افزایش سطح این مواد مانند دوپامین، نورآدرنالین و عامل نوتروفیک مشتق از مغز می‌شود (۹) و از این طریق به تحکیم حافظه آفلاین کمک می‌کند. در نتیجه در تحقیق حاضر به‌نظر می‌رسد در دو گروه بعد از تمرین و گروه حین تمرین به‌دلیل فاصله زمانی کمتر بین تمرینات هوازی و آزمون یادداری، سطح این مواد میانجی همچنان بالا باقی می‌ماند و این فرایند ممکن است از دلایل احتمالی افت حافظه‌ای کمتر این دو گروه در نظر گرفته شود. بر این اساس به‌نظر می‌رسد این دو نوع تمرین دارای تأثیرات مفید حافظه‌ای در بازه کوتاه‌مدت باشند. هرچند این برتری در طول زمان حفظ نشد و در آزمون ۲۴ ساعت بعد تمامی گروه‌ها افت معناداری نسبت به انتهای مرحله اکتساب داشتند. در مورد عدم حفظ این برتری در طول زمان نیز براساس شواهد تحقیقی موجود می‌توان فرضیاتی را مطرح کرد که تحقیقات آتی می‌توانند آنها را بررسی کنند. برای مثال این نتایج را می‌توان از دیدگاه شدت تمرین در نظر گرفت. برخی تحقیقات در این زمینه نشان داده‌اند که شدت تمرین می‌تواند تأثیرات تحکیم حافظه‌ای تمرینات قبل و بعد تمرین را تحت تأثیر قرار دهد (۳۵، ۱۹، ۱۸). در تحقیق حاضر به‌دلیل استفاده از گروه حین تمرینات از شدت تمرینات متوسط استفاده شد، زیرا استفاده از تمرینات شدید حین تمرین امکان‌پذیر نبود. البته این نکته را می‌توان مجدد یادآوری کرد که تمریناتی بوده‌اند که از تأثیرات مفید این شدت تمرین حمایت کرده‌اند (۳۵). اما به‌نظر می‌رسد در صورت استفاده از تمریناتی با شدت بالاتر تأثیرات مفید در طول زمان بیشتر حفظ شود (۱۹، ۱۸)؛ هرچند این موضوع می‌بایست در تحقیقات آتی به‌صورت مستقیم آزمایش شود. علاوه بر این فرضیه دیگری که در مورد علت عدم حفظ تأثیرات

حافظه‌ای تمرین بعد از اکتساب در نظر گرفت، موضوع بازه زمانی تمرینات بعد از اکتساب باشد. در تحقیق حاضر به دلیل رعایت فاصله زمانی در مقایسه گروه قبل و بعد از اکتساب از تمرینات بلافاصله استفاده شد. بر این اساس به نظر می‌رسد در بازه زمانی بلافاصله بعد از اکتساب اگرچه سطح میانجی‌های عصبی مؤثر بر تحکیم حافظه کاهش می‌یابد، هنوز به پایین‌ترین حد خود نرسیده باشد (۲۰). این موضوع را می‌توان از الگوی نتایج مشابه دو گروه حین و بعد از تمرین نیز استنباط کرد. در نتیجه به نظر می‌رسد اگر تمرینات بدنی در فاصله زمانی با تأخیری بیشتری بعد از اکتساب انجام گیرد که در آن بازه زمانی سطح میانجی‌های عصبی پایین‌تر آمده باشند، بتوان تأثیرات مثبت حافظه‌ای را در زمان بیشتری حفظ کرد (۲۰). بر این اساس اگرچه هنوز بهترین زمان برای ارائه محرک تمرینات بدنی بعد از اکتساب مشخص نشده است، اما تحقیقات بعدی می‌توانند این فرضیه را به آزمایش بگذارند. در نهایت آخرین علتی که می‌تواند سبب عدم ماندگاری تأثیرات حافظه‌ای مشاهده شده در ۲۴ ساعت باشد، ممکن است خود آزمون یادداری فوری باشد. بر این اساس آزمون یادداری فوری ممکن است در تمامی گروه‌ها دارای اثری نظیر یک جلسه تمرینی یا اکتساب داشته باشد که سبب شده است تا اثر حافظه‌ای ایجاد شده در آزمون ۲۴ ساعت بعد خنثی شود. به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که زمان‌بندی تمرینات هوازی با شدت متوسط تأثیر متفاوتی بر یادگیری شنوایی کلامی ری در مرحله اکتساب نداشت و تمام روش‌های تمرینی اثر یکسانی در مرحله اکتساب داشتند، اما در نتایج یادداری فوری و بعد از ایجاد تداخل، افرادی که تمرینات هوازی را در بازه زمانی بعد از اکتساب و حین اکتساب انجام داده بودند، در مقابل فراموشی و افت عملکرد مقاومت بیشتری داشتند، هرچند این نتیجه در آزمون یادداری تأخیری مشاهده نشد. از این رو به نظر می‌رسد تمرینات هوازی بعد و حین اکتساب تأثیرات مفید حافظه‌ای کوتاه‌مدت داشته باشند، در نتیجه این نوع تمرینات می‌توانند در یادگیری تکالیفی با نیاز به حافظهٔ اپیزودیک استفاده شوند. هرچند بررسی پایداری این اثر در طول زمان و در تکالیفی با نیازهای حافظه‌ای متفاوت می‌بایست بررسی شود.

منابع و مأخذ

1. Walker MP. A refined model of sleep and the time course of memory formation. Behavioral and brain sciences. 2005;28(1):51-64
2. Robertson EM. From creation to consolidation: a novel framework for memory processing. PLoS biology. 2009;7(1).
3. Krakauer JW, Shadmehr R. Consolidation of motor memory. Trends in neurosciences. 2006;29(1):58-64

4. Mahmoodi A, Ghadiri F, Rashidi-pour A. Effects of Stress Related Acute Exercise on Reconsolidation of Implicit Motor Memory in Women. *Journal of Arak University of Medical Sciences*. 2018;21(4):66-76
5. Ferrer-Uris B, Busquets A, Angulo-Barroso R. Adaptation and retention of a perceptual-motor task in children: effects of a single bout of intense endurance exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2018;20(1):1-10
6. Jo J, Chen J, Riechman S, Roig M, Wright D. The protective effects of acute cardiovascular exercise on the interference of procedural memory. *Psychological research*. 2019;83(7):1543-55
7. Lundbye-Jensen J, Skriver K, Nielsen JB, Roig M. Acute exercise improves motor memory consolidation in preadolescent children. *Frontiers in human neuroscience*. 2017;11:182
8. Roig M, Skriver K, Lundbye-Jensen J, Kiens B, Nielsen JB. A single bout of exercise improves motor memory. *PloS one*. 2012;7(9).
9. Skriver K, Roig M, Lundbye-Jensen J, Pingel J, Helge JW, Kiens B, et al. Acute exercise improves motor memory: exploring potential biomarkers. *Neurobiology of learning and memory*. 2014;116:46-58
10. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*. 2008;9(1):58-65.
11. Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, Basak C, Szabo A, Chaddock L, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(7):3017-22
12. Colcombe SJ, Erickson KI, Scalf PE, Kim JS, Prakash R, McAuley E, et al. Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2006;61(11):1166-70
13. Pereira AC, Huddleston DE, Brickman AM, Sosunov AA, Hen R, McKhann GM, et al. An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007;104(13):5638-43
14. Christiansen L, Thomas R, Beck MM, Pingel J, Andersen JD, Mang CS, et al. The beneficial effect of acute exercise on motor memory consolidation is modulated by dopaminergic gene profile. *Journal of clinical medicine*. 2019;8(12):2019
15. Best JR. Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*. 2010;30(4):331-51
16. Roig M, Thomas R, Mang CS, Snow NJ, Ostadan F, Boyd LA, et al. Time-dependent effects of cardiovascular exercise on memory. *Exercise and sport sciences reviews*. 2016;44(2):81-8
17. Mang CS, Snow NJ, Campbell KL, Ross CJ, Boyd LA. A single bout of high-intensity aerobic exercise facilitates response to paired associative stimulation and promotes sequence-specific implicit motor learning. *Journal of applied physiology*. 2014;117(11):1325-36

18. Snow NJ, Mang CS, Roig M, McDonnell MN, Campbell KL, Boyd LA. The effect of an acute bout of moderate-intensity aerobic exercise on motor learning of a continuous tracking task. *PloS one*. 2016;11(2).
19. Statton MA, Encarnacion M, Celnik P, Bastian AJ. A single bout of moderate aerobic exercise improves motor skill acquisition. *PloS one*. 2015;10(10)
20. Van Dongen EV, Kersten IH, Wagner IC, Morris RG, Fernández G. Physical exercise performed four hours after learning improves memory retention and increases hippocampal pattern similarity during retrieval. *Current Biology*. 2016;26(13):1722-7
21. Ward N, Paul E, Watson P, Cooke G, Hillman CH, Cohen N, et al. Enhanced learning through multimodal training: evidence from a comprehensive cognitive, physical fitness, and neuroscience intervention. *Scientific reports*. 2017;7(1):1-8
22. Labban JD, Etnier JL. Effects of acute exercise on long-term memory. *Research quarterly for exercise and sport*. 2011;82(4):712-21
23. Law LL, Barnett F, Yau MK, Gray MA. Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review. *Ageing research reviews*. 2014;15:61-75
24. Nepveu J-F, Thiel A, Tang A, Fung J, Lundbye-Jensen J, Boyd LA, et al. A single bout of high-intensity interval training improves motor skill retention in individuals with stroke. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2017;31(8):726-35
25. Loprinzi PD, Blough J, Crawford L, Ryu S, Zou L, Li H. The Temporal Effects of Acute Exercise on Episodic Memory Function: Systematic Review with Meta-Analysis. *Brain sciences*. 2019;9(4)
26. Loprinzi PD, Loenneke JP, Storm BC. Effects of acute aerobic and resistance exercise on episodic memory function. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2021:1747021821994576
27. Loprinzi PD, Crawford L, Moore D, Blough J, Burnett G, Chism M, et al. Motor behavior-induced prefrontal cortex activation and episodic memory function. *International Journal of Neuroscience*. 2020:1-21
28. Haynes IV JT, Frith E, Sng E, Loprinzi PD. Experimental effects of acute exercise on episodic memory function: considerations for the timing of exercise. *Psychological reports*. 2019;122(5):1744-54
29. Etnier JL, Salazar W, Landers DM, Petruzzello SJ, Han M, Nowell P. The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *Journal of sport and Exercise Psychology*. 1997;19(3):249-77
30. Lambourne K, Tomporowski P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain research*. 2010;1341:12-24
31. McNerney MW, Radvansky GA. Mind racing: The influence of exercise on long-term memory consolidation. *Memory*. 2015;23(8):1140-51
32. Britt DM, Adams Jr SG, Godding PR, Grothues CA, Varnado P. Clinical differentiation of the Rey Auditory-Verbal Learning Test. *American Journal of Alzheimer's Disease*. 1995;10(6):7. ^

33. Zahra Jafari, Philp Steffen Moritz, Taher Zandi, Ahmad Ali Akbari Kamrani, Saied Malayeri. Iranian version of the Rey Auditory Verbal Learning Test: a validation study. *Health Monitor Journal of the Iranian Institute for Health Sciences Researc*. 2010; 9(3):307-16.
34. Roig M, Nordbrandt S, Geertsen SS, Nielsen JB. The effects of cardiovascular exercise on human memory: a review with meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2013;37(8):1645-66
35. Thomas R, Flindtgaard M, Skriver K, Geertsen SS, Christiansen L, Korsgaard Johnsen L, et al. Acute exercise and motor memory consolidation: Does exercise type play a role? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2017;27(11):1523-32
36. Coles K, Tomporowski PD. Effects of acute exercise on executive processing, short-term and long-term memory. *Journal of sports sciences*. 2008;26(3):333-44
37. Moncada D, Ballarini F, Martinez MC, Frey JU, Viola H. Identification of transmitter systems and learning tag molecules involved in behavioral tagging during memory formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(31):12931-6

The effect of acute aerobic exercise timing on verbal memory consolidation

Parvin Ghodrat¹ - Ehsan Zareian² - Mohammadreza Ghasemian moghadam^{*3}

1.M.Sc. in Motor Behavior, Faculty of physical education and sport sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. 2. Associate professor, Department of Motor Behavior, Faculty of physical education and sport sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. 3. Assistant professor, Department of Motor Behavior, Faculty of physical education and sport sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

(Received: 2021/02/26; Accepted: 2021/08/30)

Abstract

Considering the effect that aerobic exercise can have on cognitive function and memory, the challenge that remains in research is how to schedule timing of these exercises in relation to the acquisition sessions. This study is looking at the question of how aerobic exercise before, during and after acquisition affects the process of consolidating verbal memory. In a semi-experimental design, 48 non-athlete girls aged 20 to 30 years in four groups with different timing (Pre-training, during-training and post-training and control) performed a combination of Ray auditory verbal learning task and 15 minutes of moderate-intensity physical activity. Then, all groups participated in the retention test of memory task one and 24 hours later. The results showed that there was no significant difference between the groups in the trend of changes in the acquisition stage. In addition, the groups performed the same in retention tests. The only difference was observed in the rate of performance decline in the first retention test relative to the end-of-acquisition session, according to which, the control and pre-training groups had a significant decline in performance. Accordingly, it seems that physical exercise during and after acquisition session can have short-term positive effects on verbal memory, although more research is needed to conclude about the effects of timing.

Keywords

Acquisition, Aerobic Exercise, Auditory verbal learning, Memory Consolidation, Training Timing.

* Corresponding Author: Email: mor.ghasemian@atu.ac.ir; Tel: +982148394132