KHARAZMI UNIVERSITY

Research in Sport Management and Motor Behavior

Print ISSN: 2252-0716 - Online ISSN: 2716-9855

The Effect of Voluntary & Forced Exercises and Different Off-line Periods on Implicit Motor Memory Consolidation

Najmeh Parhiz Meymandi[1], Majid Chahardah Cherik[2] *, Robabeh Rostami[3]

1. Najmeh Parhiz Meymandi, (M.A) Shiraz University, Shiraz, Iran.
2. *Majid Chahardah Cherik, (Ph. D) Shiraz University, Shiraz, Iran. Cheric14@gmail.com
3. Robabeh Rostami, (Ph. D) Shiraz University, Shiraz, Iran.

ARTICLE INFO

Article type
Research Article

Article history
Received August 2016
Revised January 2017
Accepted January 2017

KEYWORDS:
Voluntary Exercise, Forced Exercise, Off-line Periods, Implicit Motor Memory Consolidation.

CITE:
Parhiz Meymandi, Chahardah Cherik, Rostami. **The Effect of Voluntary & Forced Exercises and Different Off-line Periods on Implicit Motor Memory Consolidation,** Research in Sport Management & Motor Behavior, 2021: 11(22): 55-69

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of voluntary and forced exercise and off-line periods on consolidation of implicit motor memory. This study was a quasi-experimental method and the statistical population consisted of girl students of Shiraz University. So 30 non-athlete girl students with mental health, and without neural disease background or sleep disorders were voluntarily participated in the study. After determining the memory function, they were divided into 3 experimental groups with 6, 24 and 48 hours off-line periods. The research consisted of 2 stages and each stage included of acquisition, physical exercises (first stage voluntary and the second one forced) and retention (memory test) sessions. The intermittent chain reaction time assignment was used to measure motor memory changes. The Analysis of Variance (ANOVA) with repeated measure, with the significant level of $p \leq 0.05$, was used to answer the questions of research. The results showed that each of the 3 off-line periods had positive effects on consolidation of implicit motor memory, but there were no significant difference among them. The effect of voluntary and forced exercise on implicit motor memory consolidation, showed a significant difference in favor of voluntary exercise.

Published by *Kharazmi University, Tehran, Iran*. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

10.52547/JRSM.11.22.55

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

پژوهش در مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی

دانشگاه خوارزمی

اثر تمرین بدنی اختیاری / اجباری و فواصل تمرین‌آسایی متفاوت بر تحکیم حافظه حرکتی پنهان

نجمه پرهیزمیمندی[۱]، مجید چهارده‌چریک[۲*]، ربابه رستمی[۳]

۱ .کارشناس ارشد رفتارحرکتی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۲ .استادیار دانشگاه شیراز، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۳. دانشیار دانشگاه شیراز، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: **مقاله پژوهشی**

***نویسنده مسئول:**

Cheric14@gmail.com

دریافت مقاله مرداد ۱۳۹۵

ویرایش مقاله دی ۱۳۹۵

پذیرش مقاله بهمن ۱۳۹۵

واژه های کلیدی:

تمرین بدنی اختیاری و اجباری، فواصل تمرین‌آسایی، تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان

ارجاع:

پرهیز میمندی، چهارده چریک و رستمی. **اثر تمرین بدنی اختیاری / اجباری و فواصل تمرین‌آسایی متفاوت بر تحکیم حافظه حرکتی پنهان.** پژوهش در مدیریت ورزشی و رفتار حرکتی، ۱۴۰۰: ۱۱(۲۲): ۶۹-۵۵

چکیده

هدف پژوهش حاضر، تعیین اثر تمرین بدنی اختیاری / اجباری و فواصل تمرین‌آسایی متفاوت بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان بود. بدین منظور ۳۰ نفر از دانشجویان دختر غیرورزشکار دانشگاه شیراز، در سه گروه آزمایشی با فاصله‌ی تمرین‌آسایی ٦، ٢٤ و ٤٨ ساعته مورد آزمون قرار گرفتند. پژوهش شامل دو مرحله و هر مرحله شامل جلسه‌های اکتساب، تمرین بدنی (مرحله‌ی اول اختیاری و مرحله‌ی دوم اجباری) و خاطرآوری (آزمون حافظه) بود. تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب نیز برای سنجش تغییرات حافظه حرکتی استفاده گردید. نتایج نشان داد که هر سه فاصله‌ی تمرین‌آسایی بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان اثر مثبت داشتند اما بین آن‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت. در تأثیر تمرین بدنی اختیاری و تمرین بدنی اجباری بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان، تفاوت معناداری به نفع تمرین بدنی اختیاری مشاهده شد. شاید بتوان گفت همراه شدن تمرین‌آسایی با تمرین بدنی اختیاری، نقش موثر و مثبتی در تحکیم حافظه حرکتی پنهان دارد.

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]

[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

مقدمه

پژوهش در مورد یادگیری و حافظه، یکی از فعال‌ترین و جالب‌ترین زمینه‌های پژوهشی است. فرآیند یادگیری و حافظه را می‌توان از مهم‌ترین و اساسی‌ترین ساز و کارهای بقای زندگی و حفظ شرایط همئوستاتیک بدن در انسان و جانوران دانست. یادگیری فرآیندی است که کسب اطلاعات و تغییر رفتار را امکان‌پذیر می‌کند و حافظه فرآیندی است که طی آن اطلاعات حفظ و ذخیره می‌شوند. این دو پدیده وابستگی نزدیکی به‌هم دارند و توأمان بررسی می‌شوند (۱). برت ساکمن، زیست‌شناس معروف آلمانی معتقد است روند یادگیری و نحوه بایگانی اطلاعات در مغز انسان شباهت بسیاری به مغز موش دارد، با این تفاوت که آموخته‌های بایگانی شده در مغز انسان به راحتی پاک نمی‌شود. شباهت ژنتیکی موش‌ها با مجموعه ژنوم انسان باعث شده است بسیاری از پژوهش‌ها و آزمایش‌ها روی موش‌ها صورت بگیرد. برای مثال در تکامل مغز که مستلزم تکوین، مهاجرت و بلوغ اجزای سلولی آن می‌باشد، ژن کد کننده Reelin (یکی از مهم‌ترین عوامل شناخته شده در بلوغ نورون‌ها و سیناپس‌زایی) روی کروموزم ۷ انسانی و کروموزوم ۵ موش قرار دارد (۲).

در تعریف حافظه‌ی حرکتی پنهان چنین بیان شده است که این نوع حافظه، مرجع دست‌یابی به تمام رفتارهای ماهرانه‌ای است که دامنه وسیعی از مهارت‌ها را در بر می‌گیرد و تحکیم برای آن امری حیاتی است (۳). تحکیم حافظه‌ای شامل مجموعه فرآیندهایی است که از طریق تمرین کسب شده و در دوره بی‌تمرینی و استراحت (فواصل تمرین آسایی[1]؛ یعنی فاصله زمانی استراحت و بی‌تمرینی بین جلسه یادگیری مهارت و جلسه آزمون حافظه) به شکلی قوی و پایدار تبدیل می‌گردد (۵،٤).

پژوهشگران بیان کرده‌اند که زمان، یک پارامتر فوق‌العاده مهم در تحکیم حافظه است؛ زیرا تحکیم حافظه با گذر زمان و در دوره بی‌تمرینی مهارت ایجاد می‌شود و حافظه با گذر زمان تغییر می‌کند. احتمالاً افزایش تأخیر زمانی تا حد بهینه‌ای، زمینه‌ای را برای ارتقاء و پیشرفت بیشتر فرآیند تحکیم حافظه فراهم می‌آورد که این رخداد نشان دهنده تغییرات پلاستیستی نورون‌ها و تغییرات شکل‌پذیر در بازنمایی‌های مهارت در قشر حرکتی می‌باشد (٦).

هم‌چنین فعالیت بدنی به‌طور وسیعی به‌عنوان یک راهبرد رفتاری به‌منظور افزایش سلامتی عمومی از جمله عملکرد ذهنی پذیرفته شده است (۷). به عبارت دیگر فعالیت بدنی یک تمرین رفتاری ساده و در عین حال گسترده می‌باشد که می‌تواند سیگنال‌های متوالی مرتبط با فرآیندهای سلولی و مولکولی در سیستم عصبی مرکزی را فعال کند (۸). با افزایش فعالیت بدنی عملکرد شناختی افراد بهبود می‌یابد به طوری که در سطوح مولکولی، سلولی، سیستمی و رفتاری، فعالیت بدنی

[1]. Offline Period

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

موجب بهبود یادگیری و حافظه می‌شود (۱۰،۹). یکی از تقسیم‌بندی‌های تمرین بدنی، تقسیم آن به تمرین بدنی اختیاری و اجباری می‌باشد. که این تقسیم‌بندی به‌ویژه در پژوهش‌های مرتبط با اثر تمرین بدنی بر حافظه دیده می‌شود (۱۲،۱۱). شواهد زیادی وجود دارد که ورزش ارادی با اثر بر روی سیستم‌های پاداشی، اثرات خودانگیزشی[۲] دارد. از این‌رو، ورزش ارادی می‌تواند به عنوان یک تقویت کننده در پدیده یادگیری ابزاری به‌کار رود (۱۳). برخی مطالعات نشان داده‌اند که ورزش ارادی سبب افزایش حافظه و یادگیری می‌شود (۱۵،۱٤). هم‌چنین شواهدی مبنی بر اثرات مثبت ورزش اجباری بر حافظه (۱۵)، وگاها اثرات منفی ورزش اجباری بر حافظه (۱۷)، وجود دارد.

تحکیم حافظه در مهارت‌های ادراکی، حرکتی و موزیک مشاهده شده است (۱۹،۱۸،٦)؛ اما به‌دلیل دست‌یابی پژوهشگران به نتایج متناقض درباره طول دوره زمانی لازم برای تمرین‌آسایی جهت ارتقاء حافظه (۲۲،۲۱،۲۰)، این سؤال ایجاد شده و هم‌چنان باقی مانده است که آیا فاصله زمانی منحصر به‌فرد و برجسته‌ای برای رخ دادن بیشترین تحکیم مبتنی بر ارتقاء در حافظه وجود دارد؟

تعدادی از پژوهشگران چنین نتیجه گرفته‌اند که تحکیم مبتنی بر ارتقاء برای یادگیری توالی اختصاصی مهارت در هیچ یک از فاصله‌های زمانی تمرین‌آسایی ۱۲، ٤۸ ساعت و یک هفته‌ای مشاهده نمی‌شود (۲٤،۲۳،۲۲)؛ اما پژوهشگران دیگر، بیان کرده‌اند که ارتقاء حافظه در فاصله زمانی تمرین‌آسایی و استراحت چند دقیقه‌ای بین تکالیف (۲۵)، یا فاصله یک تا دو ساعت (۲٦)، ٦-٤ ساعت بعد از یادگیری تکلیف (۲۷،۱۹) و یا فاصله ۱۲ ساعت (۲۷،۲٤،۲۳) ،۲٤ ساعت (۲۹،۲٦)، ٤۸ ساعت (۳۰) رخ می‌دهد. هم‌چنین پژوهشگران به بررسی تحکیم حافظه‌ی پنهان مبتنی بر ارتقاء در مرحله تمرین‌آسایی با استفاده از تکلیف زمان عکس العمل زنجیره‌ای متناوب پرداختند. یافته‌های این پژوهش‌ها نشان داد اجرای آزمون خاطرآوری بعد از ۲٤ و ٤۸ ساعت تمرین‌آسایی، تحکیم حافظه‌ای مهارت را ارتقاء نمی‌دهد؛ اما اجرای آزمون خاطرآوری بعد از ٤ ساعت تمرین‌آسایی، منجر به ارتقاء تحکیم حافظه‌ای مهارت شد (۳۱،۲۰).

اثر فعالیت بدنی بر عملکرد مغز در انسان و هم‌چنین حیوانات آزمایشگاهی به ویژه جوندگان بررسی شده است. در پژوهشی که قدیری و همکاران (۱۳۹۱) در رابطه با فعالیت بدنی و تحکیم حافظه انجام دادند، نتایج نشان داد که استرس فعالیت ورزشی حاد پس از اکتساب، یعنی در زمان تحکیم حافظه‌ای می‌تواند فرایند تحکیم حافظهٔ حرکتی پنهان را ارتقاء بخشد (۳۲). از طرفی پژوهشی در زمینه تمرین بدنی اجباری نشان می‌دهد که ورزش اجباری بر تردمیل می‌تواند یادگیری و حافظه را کاهش دهد (۱۷). براساس پژوهش‌های انجام گرفته، فعالیت بدنی با بهبود عملکرد شناختی در موش‌ها مرتبط بوده است. شواهدی مبنی بر این‌که فعالیت بدنی می‌تواند در بهبود یادگیری موثر باشد، وجود دارد برای مثال فعالیت هوازی باعث بهبود یادگیری فضایی و فعالیت حرکتی موشهای صحرایی مسن می‌شود (۳۳). اگرچه مطالعات

[۲]. Self-reinforcing

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

متعددی نشان داده‌اند، فعالیت بدنی و ورزش موجب شکل‌پذیری سیناپسی، بهبود عملکرد شناختی (افزایش حافظه و یادگیری)، کاهش اضطراب و افسردگی و محافظت از مغز در برابر بیماری‌های تخریب کننده نورون در انسان و حیوان می‌گردد (۳٤)؛ اما از جمله چالش‌های موجود در این زمینه تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع، شدت و مدت فعالیت بدنی می‌باشد، چرا که شواهد نشان می‌دهد پروتکل‌های مختلف ورزشی اثرات متفاوتی بر عملکرد شناختی ازجمله حافظه دارند. تمرکز مطالعات بر مقایسه‌ی شیوه‌های مختلف فعالیت بدنی (اختیاری / اجباری، استقامتی / قدرتی و...) و بررسی تأثیر آن‌ها بر عملکرد و کارآیی سیستم عصبی در سال‌های اخیر نشان دهنده‌ی اهمیت این موضوع می‌باشد (۹).

از این‌رو با توجه به اهمیت حافظه پنهان در اجرای مهارت‌های حرکتی و دست‌یابی پژوهش‌گران به نتایج متناقض برای تعیین بهترین فاصله‌ی زمانی جهت رخ دادن تحکیم در حافظه حرکتی پنهان، و همین‌طور اهمیت و نقش مهم حافظه در خاطرآوری تکالیف حرکتی آموخته شده و با توجه به این‌که پژوهشگران و مربیان برای پیشرفت سطح عملکرد افراد پیوسته به‌دنبال پیدا کردن بهترین روش‌های آموزشی و تمرینی هستند، انجام پژوهش‌های بیشتر به‌منظور شناسایی دوره زمانی حساس برای رخ دادن فرآیندهای تحکیم حافظه‌ی حرکتی ضروری است. از طرفی مطالعات نشان داده‌اند که تمرین بدنی عملکردهای شناختی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. حال با توجه به این‌که تمرین بدنی می‌تواند اختیاری یا اجباری به کار برده رود و هم‌چنین به دلیل نتایج متناقض به دست آمده در رابطه با اثرات وابسته به نوع تمرین بدنی بر تحکیم حافظه، این پژوهش با هدف بررسی اثر تمرین بدنی اختیاری / اجباری و فواصل تمرین‌آسایی متفاوت بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان انجام شده است، تا با استفاده از نتایج حاصل، فاصله تمرین‌آسایی و نوع تمرین بدنی مؤثر بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان را بررسی کرده و بتوان یک مبنا و راهنمای علمی برای مربیان و ورزشکاران ایجاد کرد.

روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع پژوهش نیمه آزمایشی بود که دارای طرح پیش آزمون - پس آزمون با اندازه‌گیری‌های چند مرحله‌ای و مقایسه‌ای بین گروهی به انجام رسید. . نمونه‌ی آماری پژوهش حاضر ۳۰ نفر از دانشجویان دختر غیرورزشکار دانشگاه شیراز با میانگین سنی ۱/۷۵۷±۲٤/٦۳۲ بودند. در ابتدا پرسشنامه‌های دموگرافیک، سلامت روان گلدبرگ و کیفیت خواب پیترزبورگ با هدف انتخاب نمونه‌ها در بین دانشجویان داوطلب توزیع گردید پس از بررسی نتایج پرسشنامه‌ها و سوالات مورد نظر در رابطه با منظم بودن خواب شبانه روزی، عدم سابقه بیماری عصبی، روانی، عدم آسیب جدی به جمجمه، عدم سابقه بیهوشی، عدم اختلال در خواب، عدم اختلال شنوایی، حرکتی، بینایی، شناختی و حافظه و عدم مصرف سیگار و الکل، عدم اختلالات روانشناسی و عدم مصرف داروهای هورمونی (این طلاعات از طریق پرسشنامه های مذکور به دست آمد)، ۳۰ نفر از افرادی که از نظر سلامت روان و کیفیت خواب عملکرد مناسبی داشتند، به عنوان نمونه انتخاب

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

شدند. آزمون حافظه وکسلر نسخه سوم جهت تعیین عملکرد حافظه‌ی شرکت‌کنندگان انجام شد (۲۳،۲۱). پس از آن نمونه‌ها به ۳ گروه آزمایشی شامل گروه تمرین‌آسایی ٦ ساعت، گروه تمرین‌آسایی ٢٤ ساعت، گروه تمرین‌آسایی ٤٨ ساعت تقسیم شدند (۲۳،۲۱). هر کدام از گروه‌های آزمایشی در دو مرحله آزمون شدند. در مرحله‌ی اول تمام شرکت کنندگان در جلسه‌ی اکتساب حاضر شدند. در ابتدای جلسه توضیحاتی در رابطه با نحوه انجام تکلیف به شرکت‌کنندگان ارائه شد. جلسه‌ی اکتساب شامل ۱۷٦۰ کوشش از تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب بود. جهت اجرای تکلیف، شرکت کننده در مقابل رایانه می‌نشست و پس از اجرای تکلیف زمان واکنش، به مدت ٤۰ دقیقه تمرین بدنی اختیاری را انجام و باتوجه به گروه‌بندی که از قبل انجام شده بود، ٦، ٢٤ یا ٤٨ ساعت بعد در آزمون حافظه شرکت کردند. آزمون حافظه شامل ٤٤۰ کوشش از تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب بود. مرحله‌ی دوم پژوهش با فاصله‌ی دو هفته از مرحله‌ی اول اجرا شد. مرحله‌ی دوم همانند مرحله‌ی اول بود با این تفاوت که در این مرحله تمرین بدنی اجباری جایگزین تمرین بدنی اختیاری شد. در این پژوهش منظور از تمرین بدنی اختیاری، ٤۰ دقیقه فعالیت بدنی بر روی دستگاه‌های موجود در سالن ورزشی بود که شرکت‌کنندگان به ترجیح و اختیار خود دستگاه‌های ورزشی را برای فعالیت انتخاب کردند و تمرین بدنی اجباری، ٤۰ دقیقه فعالیت بدنی بر روی دستگاه‌های موجود در سالن ورزشی بود که شرکت‌کنندگان طبق برنامه تهیه شده توسط آزمونگر موظف به انجام کار بر روی دستگاه‌ها بودند لازم به ذکر است که جلسه‌ی اکتساب برای تمام شرکت‌کنندگان ساعت ۱۱- ۸ صبح برگزار گردید.

تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب

تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب، نوعی تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای است که می‌توان با استفاده از آن به کاوش در زمینه‌ی حافظه پنهان توالی‌های حرکتی پرداخت. آزمودنی‌ها برای اجرای تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب روی صندلی و روبروی مانیتور کامپیوتر می‌نشستند و چهار انگشت میانی و اشاره دست چپ و اشاره و میانی دست راست را به ترتیب بر روی کلیدهای (Z)، (X)، (/) و (.) صفحه کلید قرار می‌دادند. در این تکلیف، در هر کوشش تمرینی چهار دایره تو خالی و سفیدرنگ به طور همزمان روی صفحه کامپیوتر ظاهر می‌شد. این دایره‌ها به صورت افقی و در یک خط قرار داشتند. به‌طور ناگهانی یکی از این دایره‌ها توپر و به رنگ سیاه می‌شد و آزمودنی باید بلافاصله بر روی صفحه کلید، کلیدی که مربوط به نشان دادن مکان دایره توپر شده بود را فشار می‌داد. زمان واکنش برای هر پاسخ به عنوان نمره عملکرد آزمودنی‌ها در نظر گرفته می‌شد. بعد ازهر پاسخ، محرک بعدی با فاصله زمانی ۱۲۰ میلی ثانیه ظاهر می‌شد. این‌که از میان چهار دایره، کدامیک از دایره‌ها بر روی صفحه کامپیوتر به رنگ سیاه می‌شد، مشخص نبود و در هر کوشش مکان ظاهر

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

شدن دایره سیاه برای پاسخ دادن توسط آزمودنی غیرقابل پیش بینی به نظر می‌رسید؛ اما توالی ظاهر شدن محرک (منظور سیاه شدن دایره) طوری برای پاسخ گویی طراحی شده بود که از یک نظم و راهبرد قانونمندی پیروی می‌کرد. در تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب یک توالی تکراری چهار عنصری از رخدادهای الگو به طور متناوب و یک در میان با توالی تصادفی تعیین شده جایگزین می‌شد. در واقع در هر بلوک ۸ کوشش وجود داشت ، که کوشش‌های زوج تصادفی و کوشش‌های فرد دارای الگوی تکراری بود. به‌طوری که در کوشش اول همیشه محرک شماره صفر، در کوشش سوم همیشه محرک شماره ۳، در کوشش پنجم همیشه محرک شماره ۱ و در کوشش شماره هفت همیشه محرک شماره ۲ ارائه می‌شد. شرکت کنندگان از هیچ یک از توالی‌های تکراری و تصادفی توسط آزمونگر اطلاع پیدا نمی‌کردند. در پژوهش حاضر، از الگوی ۸ آیتمی 0R3R1R2R استفاده شد. مطابق با یافته‌های پژوهشگران، توالی‌های تصادفی و غیر قابل پیش‌بینی طراحی شده در تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب باعث می‌شود توالی تکراری (۰۳۱۲) بهتر پنهان بماند و دانش اخباری در طی انجام پژوهش حاضر در آزمودنی‌ها ایجاد نشود تا پژوهشگر صرفاً موفق به ارزیابی عملکرد حافظه پنهان شود. روایی این آزمون قبلا توسط شمسی پوردهکردی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی تحت عنوان "تأثیر فواصل تمرین آسایی متفاوت بر پردازش تحکیم مبتنی بر ارتقاء در حافظه حرکتی پنهان" آزمون شده است (۲۱).

در جلسه‌ی اکتساب آزمودنی‌های هر سه گروه آزمایشی ۲۰ بلوک تمرینی از تکلیف زمان واکنش متناوب را تمرین کردند؛ که هر بلوک شامل ۱۱ مرتبه اجرای الگوی ۸ آیتمی بود. آزمودنی‌ها در هر بلوک تمرینی ۸۸ کوشش تمرین کردند که ۸ کوشش اول به منظور آشناسازی و گرم کردن آزمودنی‌ها با تکلیف، اجرا شد (۲۵)؛ و داده‌های به دست آمده از این ۸ کوشش در تحلیل آماری نیز حذف شدند و ۸۰ کوشش بعدی مربوط به اجرای الگوی ۸ آیتمی 0R3R1R2R بود. در مجموع آزمودنی‌ها در جلسه اکتساب ۱۷۶۰ کوشش از تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب را تمرین کردند. در زمان شروع تمرین از آزمودنی‌ها درخواست شد با حداکثر سرعت و دقت (تقریباً نزدیک به ۹۲ درصد) به محرک پاسخ دهند. بعد از اتمام هر بلوک تمرینی (اجرای ۸۸ کوشش تمرینی) به آزمودنی‌ها درباره سرعت و دقت پاسخدهی‌شان نسبت به معیار ۹۲ درصد سرعت و دقت، بازخورد داده شد. اگر نمره دقت بالای ۹۳ درصد به دست می‌آمد به شرکت کنندگان گفته می‌شد بیشتر روی سرعت (مدت زمان پاسخدهی) تمرکز کنند و اگر نمره‌ی دقت برای شرکت کنندگان کمتر از ۹۱ درصد بود به شرکت کنندگان گفته می‌شد بیشتر روی دقت خود تمرکز کنند. اگر برای هر بلوک دقت بین ۹۱ و ۹۳ درصد بود به آزمودنی‌ها این گونه بازخورد داده می‌شد "سرعت و دقت پاسخ گویی شما درست تنظیم شده است". سرعت و دقت شرکت‌کنندگان توسط نرم‌افزار تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب سنجیده و بازخوردها برای هر آزمودنی بر روی صفحه کامپیوتر به صورت نوشته ظاهر می‌شد. بعد از هر بلوک تمرینی آزمودنی‌ها به مدت ۲۰ ثانیه

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

استراحت می‌کردند و سپس بلوک تمرینی بعدی آغاز می‌شد (۳۵). براساس پروتکل‌های موجود در مطالعات پژوهشگران، برای تحلیل ساده‌تر داده‌های ۲۰ بلوک تمرینی (۱۷۶۰ کوشش)، هر ۵ بلوک (۴۴۰ کوشش) به‌عنوان یک دوره در نظر گرفته شد و در مرحله یادگیری میانگین داده‌های ٤ دوره با یکدیگر مقایسه شد (۲۱).

تمرین بدنی

در پژوهش حاضر، شرکت‌کنندگان پس از جلسه‌ی اکتساب به تمرین بدنی پرداختند. در مرحله‌ی اول پژوهش، تمرین بدنی شامل ٤۰ دقیقه تمرین بدنی اختیاری بود. این زمان (٤۰ دقیقه)، ۵ دقیقه گرم کردن، ۳۰ دقیقه فعالیت با شدت ٦۰ درصد حداکثر ضربان قلب بر روی دستگاه‌های ورزشی و ۵ دقیقه سرد کردن را در بر می‌گرفت. در طی این مدت زمان، دو بار ضربان قلب شرکت‌کنندگان کنترل می‌شد. در مرحله‌ی دوم، شرکت کنندگان پس از جلسه‌ی اکتساب، به ٤۰ دقیقه تمرین بدنی اجباری که توسط آزمونگر طراحی و ارائه شده بود با همان شدت ٦۰ درصد، پرداختند.

آزمون حافظه

بعد از مرحله یادگیری، شرکت کنندگان در آزمون حافظه یا خاطرآوری شرکت کردند. این آزمون به منظور سنجش میزان ارتقاء و پیشرفت در اجرای مهارت و درواقع سنجش تحکیم حافظه حرکتی پنهان انجام شد.

این آزمون شامل اجرای ۵ بلوک تمرینی (یک دوره ٤٤۰ کوششی) از تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب بود با این تفاوت که در آزمون حافظه بعد از اجرای هر بلوک تمرینی به شرکت کنندگان درباره سرعت و دقت آزمودنی‌ها بازخورد داده نمی‌شد.(۳٦). این آزمون، به ترتیب، برای گروه‌های آزمایشی بعد از ٦، ۲٤ و ٤۸ ساعت تمرین‌آسایی اجرا شد. در نهایت زمان واکنش هر شرکت کننده در هر بلوک به عنوان ملاک عملکرد حافظه استفاده شد. برای اطمینان از این‌که شرکت‌کنندگان به صورت پنهان (بدون آگاهی از قواعد موجود در توالی) و نه آشکار (آگاه شدن شرکت‌کنندگان از نظم و قواعد موجود در توالی و استفاده از آن در پاسخ به محرک) مهارت را آموخته اند، بعد از اجرای آزمون حافظه، از پرسشنامه استفاده شد. این پرسشنامه شامل این سؤالات بود که آیا شما در طول اجرای توالی برای ظاهر شدن محرک به نظم و راهبرد خاصی توجه کردید؟ اگر جوابتان مثبت می‌باشد از چه نوع راهبردی استفاده نمودید؟ آیا توپر شدن دایره از یک توالی تکراری تبعیت می‌کرد، آیا پاسخ‌ها از یک توالی تکراری تبعیت می‌کرد، آیا هر دو توالی تکراری بودند . هم‌چنین از آزمودنی‌ها خواسته شد مجدداً سه توالی ۸ آیتمی (۲٤ کوشش) اجرا کنند که توالی اول و سوم شامل توالی تمرین شده در جلسه تمرین بود و توالی میانی یک توالی ۸ آیتمی متفاوت بود، سپس از آزمودنی‌ها سؤال می‌شد که آیا این کوشش‌ها قبلاً توسط شما اجرا شده‌اند؟ اگر جواب بله است آن توالی را بنویسید یا روی کلیدهای صفحه کلید آن را اجرا کنید؟ اگر پاسخ شرکت کنندگان مثبت بود مشخص می‌شد که آن‌ها در پاسخ‌دهی به محرک‌ها از دانش آشکار

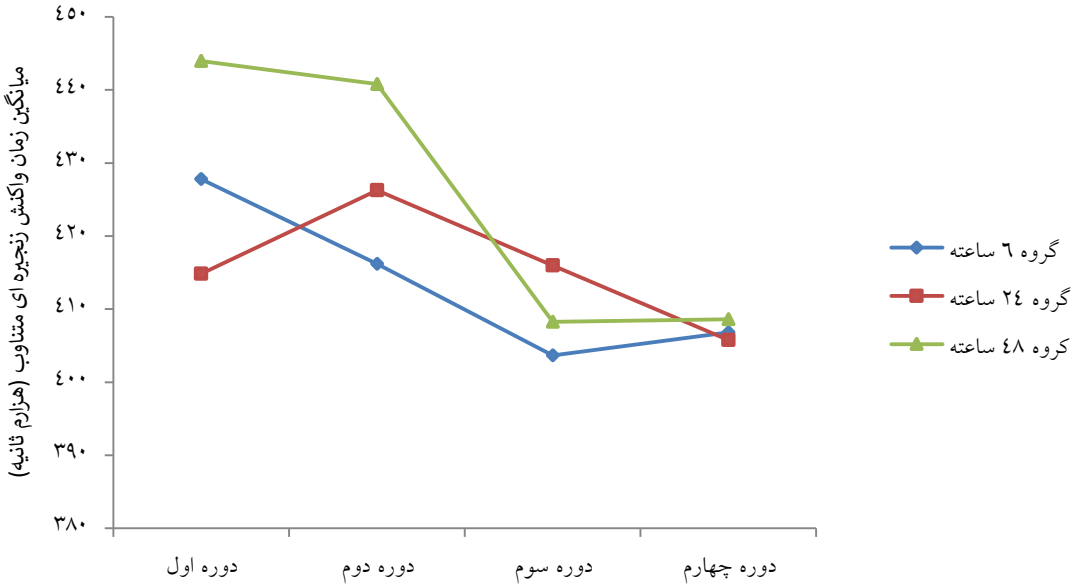
[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

مربوط به قوانین استفاده کرده‌اند و از تحلیل خارج می شدند (۲۰،۲۲،۳۵). از زمان واکنش شرکت کنندگان به عنوان متغیر وابسته استفاده شد. به دلیل زیاد بودن تعداد بلوک‌های تمرینی براساس مطالعات متعدد میانگین نمره زمان واکنش هر پنج بلوک تمرینی به عنوان یک دوره در نظر گرفته شد (۳۶،۲۳،۲۱). برای بررسی تحکیم حافظه حرکتی پنهان میانگین زمان واکنش پنج بلوک تمرینی در مرحله خاطرآوری محاسبه و در یک ایپوک قرار داده شد (۳۶،۲۳،۲۱). سپس آخرین دوره در مرحله یادگیری (دوره چهارم) با ایپوک مرحله خاطرآوری در سه گروه آزمایشی با یکدیگر مقایسه شدند (۲۴،۲۳،۲۱).

یافته‌ها

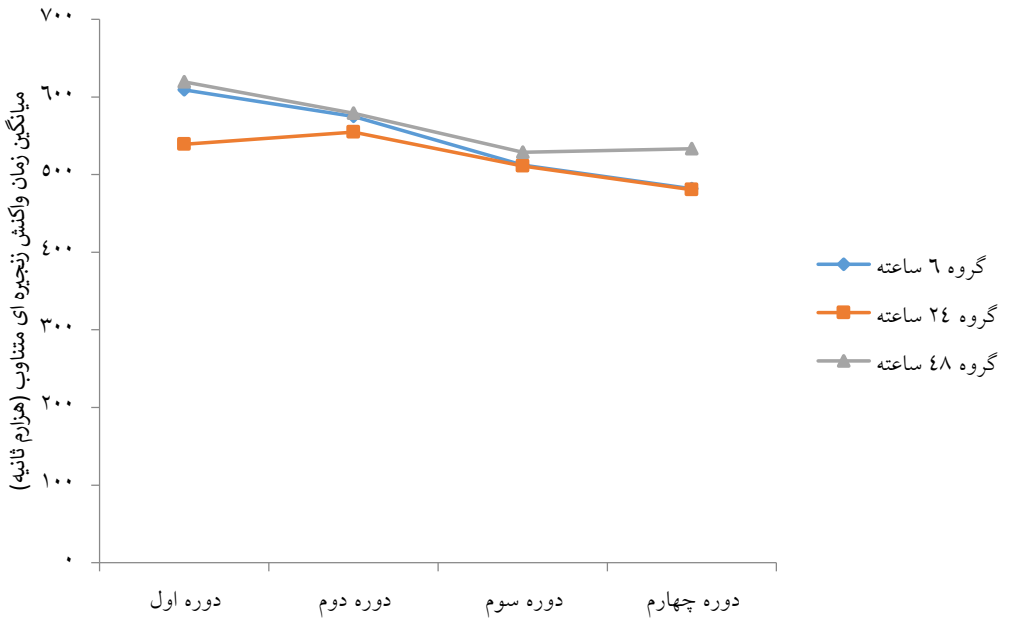
جلسه‌ی اکتساب

ابتدا برای تعیین فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها در گروه های آزمایشی نتایج آزمون کرویت ماوچلی بررسی شد .نتایج تحلیل واریانس با اندازه های تکراری ۳(سه گروه آزمایشی) × ٤(چهار دوره تمرینی جلسه اکتساب) با رعایت شدن پیش فرض کرویت ماوچلی (P>۰/۰۵) نشان داد که اثر اصلی دوره معنی‌دار است (p=۰/۰۰۱)؛ اما اثر اصلی گروه و اثر تعاملی گروه در دوره معنی‌دار نبود (p>0.05). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که میانگین زمان‌های واکنش از دوره اول به دوره‌های دوم، سوم و چهارم، از دوره‌ی دوم به دوره‌های سوم و چهارم و از دوره‌ی سوم به دوره‌ی چهارم معنی‌دار می باشد (P<0/001). لذا نتیجه گرفته می‌شود که روند عملکرد شرکت‌کنندگان طی افزایش کوشش‌های تمرینی، پیشرفت می‌کند (شکل‌های شماره ۱ و ۲).



شکل شماره ۱- روند تغییر میانگین زمان واکنش زنجیره‌ای طی جلسه‌ی اکتساب در سه گروه آزمایشی / مرحله‌ی اول

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]



شکل شماره ۲- روند تغییر میانگین زمان واکنش زنجیره‌ای طی جلسه‌ی اکتساب در سه گروه آزمایشی / مرحله‌ی دوم

آزمون حافظه

ابتدا برای تعیین فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها در گروه‌های آزمایشی نتایج آزمون کرویت ماوچلی بررسی شد. جهت بررسی عملکرد شرکت‌کنندگان در آزمون حافظه از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد. نتایج حاصل در جداول شماره ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری در تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	ضریب اتا
دوره	۵۷۲۹۹/۵٦	۱	۵۷۲۹۹/۵٦	۸٤/۸۵	٭۰/۰۰۱	۰/۷٦
گروه	۱۷۸۷٦/٤۵	۲	۸۹۳۸/۲۳	۰/۵۹	۰/۵٦	۰/٤
اثر تعاملی دوره در گروه	۷۰٤/۷۱	۲	۳۵۲/۳٦	۰/۵۲	۰/٦	۰/۰٤
خطا	۱۸۲۳۳/۹۲	۲۷	٦۷۵/۳۳	.....	.....	.....

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری با رعایت پیش فرض کرویت ماوچلی ($p>0.05$) نشان داد که اثر اصلی دوره ($p=0.001$) معنی‌دار است و میانگین زمان واکنش در آزمون حافظه به طور معنی‌دار بهتر از میانگین زمان واکنش در دوره‌ی چهارم جلسه‌ی اکتساب بود؛ در حالی‌که اثر اصلی گروه و اثر تعاملی دوره در گروه معنی‌دار نبود ($p<0.05$). زمان واکنش گروه‌های آزمایشی با ٦، ٢٤ و ٤٨ ساعت فاصله‌ی تمرین‌آسایی در هر دو مرحله، از دوره چهارم جلسه‌ی اکتساب تا دوره آزمون حافظه پیشرفت معنی‌داری داشت ($p<0.05$). پس شاید بتوان گفت در هر دو مرحله‌ی پژوهش، تحکیم حافظه‌ی حرکتی در هر سه گروه رخ داده است ولی تفاوت معنی‌داری بین عملکرد گروه‌ها در آزمون حافظه مشاهده نشد.

در قیاس مرحله‌ی اول پژوهش با مرحله‌ی دوم (مقایسه اثر دو نوع تمرین بدنی بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان)، نتایج نشان داد اثر اصلی تمرین بدنی ($p=0.001$) معنی دار بود ولی اثر گروه و هم‌چنین اثر تعاملی تمرین بدنی در گروه ($p>0.05$) معنی‌دار نبود. عملکرد آزمون حافظه‌ی هر کدام از گروه‌ها در مرحله‌ی اول (شرایط تمرین بدنی اختیاری)، نسبت به مرحله‌ی دوم (شرایط تمرین بدنی اجباری) بهتر بود (جدول شماره ٢).

جدول ٢- نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری در تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری	ضریب اتا
تمرین بدنی	۹۸۳۷۷/٤٨	١	۹۸۳۷۷/٤٨	۹۷/۳٤	٭۰/۰۰۱	۰/۷۸
گروه	۹۲۲۰	٢	٤٦١٠	۰/۵۸	۰/۵٦	۰/٤
اثر تعاملی تمرین بدنی در گروه	۵۰۳۰/۰٤	٢	۲۵۱۵/۰۲	۲/٤۹	۰/۱	۰/۱٦
خطا	۲۷۲۸۷/۸۸	۲۷	۱۰۱۰/٦٦	.....	.....	.....

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، تعیین اثر تمرین بدنی اختیاری / اجباری و فواصل تمرین‌آسایی متفاوت بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان بود که نتیجتاً تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان در گروه‌های آزمایشی بهبود یافت و میانگین زمان واکنش در دوره‌ی آزمون حافظه بهتر از میانگین زمان واکنش شرکت‌کنندگان در دوره‌ی چهارم جلسه‌ی اکتساب بود. بنابراین شاید بتوان نتیجه گرفت گروه‌های تجربی طی فواصل تمرین‌آسایی ٦، ٢٤ و ٤٨ ساعت پیشرفت کرده و تحکیم حافظه رخ داده است. این نتایج با یافته‌های پژوهشگرانی که نشان داده‌اند تحکیم حافظه در فواصل تمرین‌آسایی ١٢، ٢٤ ساعت و یک هفته (٣٨،٣٧) و فواصل ٦، ٢٤ و ٧٢ ساعت اتفاق می‌افتد (٢٧،٢١) همسو است. این نتایج با پژوهش‌هایی که نشان داده‌اند

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

تحکیم حافظه در دوره‌ی تمرین‌آسایی ۲۴ ساعت بهتر از دوره تمرین‌آسایی ۲ و ۱۰ دقیقه، ۱، ٦، ۲٤و ۷۲ ساعت (۲۹،۲۱) است ناهمسو است. احتمالاً علل این ناهمسویی در نتایج به‌دست آمده، تفاوت‌های فردی، زمان اجرای جلسه‌ی یادگیری مهارت و آزمون مهارت، سطح انگیختگی آزمودن‌ها، خستگی موقت یا بی انگیزگی آزمودنی‌ها، آمادگی‌های جسمی - حرکتی و روش‌شناسی پژوهش می‌باشد (۳٦،۲٤،۲۱)

در مقایسه‌ی دو مرحله‌ی پژوهش مشاهده شد بین اثر تمرین بدنی اختیاری و تمرین بدنی اجباری بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان تفاوت معناداری وجود دارد و این تفاوت برتری تمرین اختیاری را نشان می‌دهد. تمام گروه‌ها در مرحله‌ی اول نسبت به مرحله‌ی دوم، در آزمون حافظه عملکرد بهتری داشتند. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌هایی که نشان داده‌اند ورزش اختیاری بر عملکرد و تحکیم حافظه اثر مثبت دارد همسو است (۳۸،۳۵،۱۱). شاید بتوان دلیل وجود چنین اثرات مثبتی ناشی از فعالیت بدنی اختیاری را در اثرات انگیزشی این نوع فعالیت و احساس مثبتی که در فرد ایجاد می‌کند جست و جو کرد. احساس مثبت بر حافظه‌ی انسان اثر مثبت می‌گذارد. از طرفی ورزش ارادی سبب نشاط و شادی می‌شود. این در حالی است که شادی، نشاط و سرزندگی می‌تواند بر توان بالقوه‌ی حافظه اثر مثبت داشته باشد. به عبارت دیگر هنگام شادی و نشاط بر توانایی حافظه افزوده می‌شود (۳۹).

از طرفی این نتایج با پژوهش‌هایی که نشان داده‌اند تمرین اجباری بر عملکرد و تحکیم حافظه اثر مثبت دارد (۱۱)، و همین‌طور مطالعاتی که نشان داده‌اند حافظه تحت تأثیر تمرین بدنی قرار نمی‌گیرد (٤۰،۳۷) ناهمسو است. این تناقض ممکن است به علت تفاوت در طول و شدت پروتکل های ورزشی، محدودیت‌های اجرایی پژوهش از جمله زمان و امکانات محدود در کنترل شدت فعالیت (هم‌چون عدم دسترسی به پولار) ، سن (جوان و پیر)، نوع آزمودنی (انسان و موش)، نوع آزمون و به احتمال قوی مربوط به تفاوت در نوع حافظه‌ی مورد بررسی باشد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد حافظه‌ی پنهان حرکتی پنهان در طول زمان تمرین‌آسایی و استراحت نیز تحکیم و بهبود می‌یابد. بنابراین با توجه به طولانی شدن جلسات آموزش و فشرده کردن تعداد جلسات در یک هفته و با توجه به تأثیری که دوره بی تمرینی، استراحت و تمرین‌آسایی می‌تواند بر ارتقاء و پیشرفت حافظه مربوط به تکلیف داشته باشد؛ لذا به مربیان و معلمان توصیه می‌شود در برنامه ریزی‌های آموزشی خود در جلسه‌ی تمرین و بین جلسات تمرین، اهمیت و نقش تمرین‌آسایی بر پیشرفت یادگیری و تحکیم حافظه را مدنظر قرار دهند. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به اثر مثبت تمرین بدنی اختیاری بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی پنهان اشاره کرد، لذا پیشنهاد می‌شود جهت تحکیم و تثبیت حافظه، تمرین بدنی اختیاری که همراه با لذت و انگیزه می‌باشد، به عنوان یک گزینه‌ی مناسب مورد توجه قرار گیرد.

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

References

1. Seyf A. Learning theories. Tehran: Doran; 2001. (in Persian)
2. Alivand F, Karimzadeh F. The Effect of Exercise on the Memory Improvement: a Review of Cellular and Molecular Mechanisms. Shefaye Khatam. 2016; 3(4): 123-130. (in Persian)
3. Wright DL, Black CB, Immink MA, Brueckner S, Magnuson C. Long-term motor programming improvements occur via concatenation of movement sequences during random but not during blocked practice. Journal of Motor Behavior. 2004 May 1;36(1):39-50.
4. Robertson EM, Pascual-Leone A, Miall RC. Current concepts in procedural consolidation. Nature Reviews Neuroscience. 2004 Jul;5(7):576-82.
5. Wilson JK, Baran B, Pace-Schott EF, Ivry RB, Spencer RM. Sleep modulates word-pair learning but not motor sequence learning in healthy older adults. Neurobiology of aging. 2012 May 1;33(5):991-1000.
6. Alberini CM, Chen DY. Memory enhancement: consolidation, reconsolidation and insulin-like growth factor 2. Trends in neurosciences. 2012 May 1;35(5):274-83.
7. Aguiar Jr AS, Boemer G, Rial D, Cordova FM, Mancini G, Walz R, De Bem AF, Latini A, Leal RB, Pinho RA, Prediger RD. High-intensity physical exercise disrupts implicit memory in mice: involvement of the striatal glutathione antioxidant system and intracellular signaling. Neuroscience. 2010 Dec 29;171(4):1216-27.
8. 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 journal of sports medicine. 2010 Sep;1(3):137.
9. Lin TW, Chen SJ, Huang TY, Chang CY, Chuang JI, Wu FS, Kuo YM, Jen CJ. Different types of exercise induce differential effects on neuronal adaptations and memory performance. Neurobiology of learning and memory. 2012 Jan 1;97(1):140-7.
10. Thomas A, Dennis A, Bandettini PA, Johansen-Berg H. The effects of aerobic activity on brain structure. Frontiers in psychology. 2012 Mar 23;3:86.
11. Radahmadi M, Alaei H, Sharifi MR, Hosseini N. The effect of synchronized forced running with chronic stress on short, mid and long-term memory in rats. Asian journal of sports medicine. 2013 Mar;4(1):54.
12. Miladi Gorji H. Evaluation of the effects of voluntary exercise on learning and spatial memory in morphine-dependent mice: Evaluation of the role of BDNF. [dissertation]. [Tehran]: Tarbiyat Modarres University; 2012. (in Persian)
13. Eisenstein SA, Holmes PV. Chronic and voluntary exercise enhances learning of conditioned place preference to morphine in rats. Pharmacology Biochemistry and Behavior. 2007 Apr 1;86(4):607-15.
14. Zheng H, Liu Y, Li W, Yang B, Chen D, Wang X, Jiang Z, Wang H, Wang Z, Cornelisson G, Halberg F. Beneficial effects of exercise and its molecular mechanisms on depression in rats. Behavioural brain research. 2006 Mar 15;168(1):47-55.
15. Luo CX, Jiang J, Zhou QG, Zhu XJ, Wang W, Zhang ZJ, Han X, Zhu DY. Voluntary exercise-induced neurogenesis in the postischemic dentate gyrus is associated with spatial memory recovery from stroke. Journal of neuroscience research. 2007 Jun;85(8):1637-46.

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

16. Ang ET, Dawe GS, Wong PT, Moochhala S, Ng YK. Alterations in spatial learning and memory after forced exercise. Brain research. 2006 Oct 3;1113(1):186-93.
17. Babri S, Reisi P, Alaei H, Sharifi MR, Mohades G. Effect of forced treadmill exercise on long-term potentiation (LTP) in the dentate gyrus of hippocampus in male rats. Physiology and Pharmacology. 2008 May 10;12(1):39-45.
18. Allen S. E. Procedural memory consolidation in musicians. ProQuest. 2007; 123(4), 144-156.
19. Walker MP, Brakefield T, Hobson JA, Stickgold R. Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. Nature. 2003 Oct;425(6958):616-20.
20. Robertson EM, Press DZ, Pascual-Leone A. Off-line learning and the primary motor cortex. Journal of Neuroscience. 2005 Jul 6;25(27):6372-8.
21. Shamsipoor P, Abdoli B, Ashayeri H, Namazizadeh M. The effect of different offline periods on enhancement-based consolidation process in implicit motor memory. JSKUMS. 2015; 14(4): 95-107. (in Persian)
22. Song S, Howard JH, Howard DV. Implicit probabilistic sequence learning is independent of explicit awareness. Learning & Memory. 2007 Mar 1;14(3):167-76.
23. Nemeth D, Janacsek K, Londe Z, Ullman MT, Howard DV, Howard JH. Sleep has no critical role in implicit motor sequence learning in young and old adults. Experimental brain research. 2010 Mar;201(2):351-8.
24. Nemeth D, Janacsek K. The dynamics of implicit skill consolidation in young and elderly adults. Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences. 2011 Jan 1;66(1):15-22.
25. Hotermans C, Peigneux P, de Noordhout AM, Moonen G, Maquet P. Early boost and slow consolidation in motor skill learning. Learning & memory. 2006 Sep 1;13(5):580-3.
26. Simmons AL. Distributed practice and procedural memory consolidation in musicians' skill learning. Journal of Research in Music Education. 2012 Jan;59(4):357-68.
27. Walker MP, Stickgold R, Jolesz FA, Yoo SS. The functional anatomy of sleep-dependent visual skill learning. Cerebral Cortex. 2005 Nov 1;15(11):1666-75.
28. Brown RM, Robertson EM. Off-line processing: reciprocal interactions between declarative and procedural memories. Journal of Neuroscience. 2007 Sep 26;27(39):10468-75.
29. Criscimagna-Hemminger SE, Shadmehr R. Consolidation patterns of human motor memory. Journal of Neuroscience. 2008 Sep 24;28(39):9610-8.
30. Duke RA, Davis CM. Procedural memory consolidation in the performance of brief keyboard sequences. Journal of Research in Music Education. 2006 Jul;54(2):111-24.
31. Dorfberger S, Adi-Japha E, Karni A. Sequence specific motor performance gains after memory consolidation in children and adolescents. PLoS One. 2012 Jan 19;7(1):e28673.
32. Qadiri F, Rashidipoor A, Bahram A, Zahedi Asl S. Effects of stress related acute exercise on consolidation of implicit motor memory. Koomesh. 2013, 2(14): 223-231. (in Persian)
33. Ahmadi N, Mohammad Ali A, Naghdi N. Aerobic activity improves spatial learning and motor activity in aged rats. Physiology and Pharmacology. 2012 Jan 10;15(4):527-37.
34. Gomes da Silva S, Unsain N, Mascó DH, Toscano-Silva M, de Amorim HA, Silva Araujo BH, Simoes PS, da Graça Naffah-Mazzacoratti M, Mortara RA, Scorza FA, Cavalheiro EA. Early exercise promotes positive hippocampal plasticity and improves spatial memory in the adult life of rats. Hippocampus. 2012 Feb;22(2):347-58.

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]

35. Clark R, Hoffmann H. Intensity-dependent effects of voluntary exercise on memory task performance in rats. Impulse: The Premier Undergraduate Neuroscience Journal. 2013;1:1-9.
36. Romano Bergstrom JC, Howard Jr JH, Howard DV. Enhanced implicit sequence learning in college-age video game players and musicians. Applied Cognitive Psychology. 2012 Jan;26(1):91-6.
37. Rahmani A, Sheikh M, Hemayat Talab R, Naghdi N. The effect of exercise training on stress-induced changes in learning. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2013 Apr 10;16(1):52-64. (in Persian)
38. Rashidy-Pour A, Fathollahi Y, Miladi-Gorji H, Safari M. Enhancing hippocampal neuronal numbers in morphine-dependent rats by voluntary exercise through a brain-derived neurotrophic factor-mediated mechanism. Middle East Journal of Rehabilitation and Health. 2015 Jan 1;2(1).
39. Tajik Esmaeili M, Rasoolzadeh Tabatabaei K, Moradi A. The effect of induction of emotional arousal after learning on memory consolidation. Research in Mental Health. 2012 ; 10 (1): 1-9. (in Persian)
40. Hopkins ME, Nitecki R, Bucci DJ. Physical exercise during adolescence versus adulthood: differential effects on object recognition memory and brain-derived neurotrophic factor levels. Neuroscience. 2011 Oct 27;194:84-94.

[DOR: 20.1001.1.22520716.1400.11.22.1.1]
[DOI: 10.52547/JRSM.11.22.55]