



Original Article

The Effects of Aerobic Exercise Timing on Motor Memory Consolidation Across Menstrual Cycle Phases in Female Students

Parvaneh Shamsipour Dehkordi¹, Rosa Rahavi², Fatemesadat Mousavian³, Parisa Jafari⁴

1. Associate Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

2. MS Student, Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

Received: 2023/12/13, **Revised:** 2024/11/28, **Accepted:** 2025/01/22

*Corresponding Author: Parvaneh ShamsipourDehkordi, Tel: 09196067968, E-mail: p.shamsipour@alzahra.ac.ir

How to Cite: Shamsipour Dehkordi, P; Rahavi, R; Mousavian, F; Jafari, P. (2025). The Effects of Aerobic Exercise Timing on Motor Memory Consolidation Across Menstrual Cycle Phases in Female Students. *Motor Behavior*, 16(58), 95-112. In Persian

Extended Abstract

Background and Purpose

Sex hormones exert significant modulatory effects on cognitive functions, particularly memory, through interactions with neural mechanisms (Saadati et al., 2018). The menstrual cycle, regulated by the hypothalamic-pituitary-gonadal axis, induces hormonal fluctuations that influence systemic physiology, including cortical excitability and memory consolidation (Genzel et al., 2012). Prior research highlights enhanced performance in verbal and motor tasks during the mid-luteal phase, attributed to elevated progesterone levels (Genzel et al., 2012). Conversely, aerobic exercise augments neurotrophic factors (e.g., BDNF), facilitating motor learning and memory consolidation (Roig et al., 2016; Etnier et al., 2016). However, the interplay between exercise timing and menstrual phase on *motor memory* remains unexplored. This study investigated whether aerobic exercise administered at distinct intervals (20 minutes, 24 hours, or 1-week post-acquisition) differentially enhances motor memory consolidation during early follicular, mid-follicular, and mid-luteal phases.

Materials and Methods

A semi-experimental, factorial design (4 groups $\times$ 3 menstrual phases) was employed. Forty-eight female students (age: 20.3 ± 1.2 years) were randomized into:

1. 20-minute post-acquisition exercise (n=12),
2. 24-hour post-acquisition exercise (n=12),
3. 1-week post-acquisition exercise (n=12),
4. Control (no exercise; n=12).



Protocol:

- Baseline: Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Level 2) assessed fitness.
- Acquisition: Participants performed the Alternating Serial Reaction Time Task (ASRTT) across 25 blocks (88 trials/block).
- Intervention: Aerobic circuit training (CT) was administered at 20 minutes, 24 hours, or 1 week post-acquisition.
- Memory Tests: Conducted on:
 - o Day 8 (early follicular),
 - o Day 21 (mid-luteal),
 - o Day 1 of subsequent cycle (early follicular).

Analysis: Mixed-model ANOVA (η^2 effect sizes; Bonferroni post hoc).

Results

1. Acquisition Phase:
 - o Significant improvement across blocks ($\eta^2 = 0.94$, $p = 0.001$).
 - o Exercise groups outperformed controls ($\eta^2 = 0.29$, $p = 0.001$), with no difference between 20-minute and 24-hour groups ($p > 0.05$).
2. Memory Consolidation:
 - o Time-Dependent Effects: Exercise at 20 minutes and 24 hours enhanced retention vs. 1-week and control ($\eta^2 = 0.76$, $p = 0.001$).
 - o Menstrual Phase Effects: Superior consolidation during mid-luteal phase ($\eta^2 = 0.93$, $p = 0.001$).
 - o Interaction: 20-minute group showed peak performance in mid-luteal phase ($\eta^2 = 0.30$, $p = 0.001$).

Discussion and Conclusion

1. Exercise Timing: Acute aerobic exercise (≤ 24 hours) optimally facilitates motor memory consolidation, aligning with BDNF-mediated synaptic plasticity (Etnier et al., 2016).
2. Menstrual Phase: Progesterone's neuroprotective effects during the mid-luteal phase may enhance memory encoding (Genzel et al., 2012).
3. Practical Implications:
 - o Educational/Rehabilitation Settings: Schedule motor skill training during the mid-luteal phase with immediate post-session aerobic exercise.
 - o Future Research: Investigate resistance/endurance exercise effects over extended interventions.

Keywords: Motor Memory Consolidation, Menstrual Cycle, Aerobic Exercise Timing, ASRTT, BDNF



تأثیر یک جلسه تمرین هوازی در فواصل متفاوت بر زمان واکنش زنجیره‌ای دختران در سیکل قاعدگی متفاوت

پروانه شمسی پور دهکردی^۱ , رزا رهاوی عز آبادی^۱، فاطمه سادات موسویان^۲، پرینا جعفری^۲

۱. دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران ایران.
۲. دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران ایران.
۳. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشگاه الزهراء، دانشکده علوم ورزشی، تهران، ایران.
۴. کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشگاه الزهراء، دانشکده علوم ورزشی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۳

*Corresponding Author: Parvaneh ShamsipourDehkordi, Tel: 09196067968, E-mail: p.shamsipour@alzahra.ac.ir

How to Cite: Shamsipour Dehkordi, P; Rahavi, R; Mousavian, F; Jafari, P. (2025). The Effects of Aerobic Exercise Timing on Motor Memory Consolidation Across Menstrual Cycle Phases in Female Students. *Motor Behavior*, 16(58), 95-112. In Persian

چکیده

حافظه توانایی موجود زنده برای نگهداری و یادآوری تجربیات است و از عوامل متفاوتی تأثیر می‌پذیرد. تمرینات هوازی ممکن است تأثیر متفاوتی بر فرایندهای شناختی از جمله تحکیم حافظه حرکتی داشته باشد و همچنین تغییرات هورمونی در طول سیکل قاعدگی می‌تواند بر این فرایندها اثرگذار باشد؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر ارائه یک جلسه تمرین هوازی در فواصل تمرین‌آسایی متفاوت بر زمان واکنش زنجیره‌ای دختران در سیکل قاعدگی متفاوت بود. تعداد ۴۸ دانشجوی دختر (با میانگین سنی 20.47 ± 2.76 سال، راست‌دست، عادات خواب مناسب، مصرف نکردن داروهای روان‌گردان، سطح فعالیت بدنی مناسب و چرخه قاعدگی منظم) به صورت تصادفی به چهار گروه (تمرین هوازی در فواصل ۲۰ دقیقه بعد از اکتساب، ۲۴ ساعت بعد از اکتساب، یک هفته بعد از اکتساب و گروه کنترل) تقسیم شدند. تمامی شرکت‌کنندگان در اولین روز چرخه قاعدگی خود در جلسه اکتساب، تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب را در ۲۵ بلوک ۸۸ کوششی (۵ دسته کوشش) با فواصل استراحت ۲۰ ثانیه بین بلوک‌ها انجام دادند. پس از آن، گروه‌های آزمایش ۲۰ دقیقه (گروه اول)، ۲۴ ساعت (گروه دوم) و یک هفته (گروه سوم) بعد از اکتساب، پنج دور تمرین هوازی دایره‌ای را اجرا کردند. بین هر دور از تمرینات هوازی شرکت‌کنندگان دو دقیقه استراحت بود. سه آزمون یادداری در روزهای هشتم چرخه قاعدگی (فاز فولیکولار میانی)، بیست و یکم چرخه قاعدگی (فاز لوتئال میانی) و روز اول چرخه قاعدگی بعدی (فاز فولیکولار اولیه) برای چهار گروه انجام شد که شامل اجرای پنج بلوک از تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب بود. نتایج تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌های تکراری نشان داد، در مرحله اکتساب چهار گروه در دسته کوشش تمرینی پنجم جلسه اکتساب نسبت به سایر دسته کوشش‌ها عملکرد بهتری داشتند ($P=0.001$). هر چهار گروه در سه آزمون یادداری عملکرد بهتری نسبت به دسته کوشش پنجم جلسه اکتساب داشتند.



($P=0/001$). تحکیم حافظه دختران به‌طور معنادار در فاز لوتئال میانی نسبت به فاز فولیکولار اولیه و میانی بالاتر بود و گروه تمرین هوازی بعد از ۲۰ دقیقه بهترین عملکرد را داشت. گروه تمرین هوازی بعد از ۲۴ ساعت و بعد از یک هفته به ترتیب عملکرد بهتر و گروه کنترل ضعیف‌ترین عملکرد را داشت. به‌طور کلی، ارائه تمرین هوازی در فواصل ۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت و یک هفته منجر به تحکیم حافظه در سطح بالاتر می‌شود و اجرای تمرین هوازی در فاصله زمانی نزدیک به جلسه اکتساب (۲۰ دقیقه بعد) و در فاز لوتئال میانی، بهترین زمان برای تحکیم حافظه حرکتی پنهان است.

واژگان کلیدی: زمان واکنش زنجیره‌ای، فاز فولیکولار، فاز لوتئال.

مقدمه

به‌طور کلی ذخیره‌سازی اطلاعات در حافظه کوتاه‌مدت^۱ از نظر ظرفیت و مدت‌زمان محدود است. با تکرار و مرور ذهنی، اطلاعات از حافظه کوتاه‌مدت به حافظه بلندمدت^۲ انتقال می‌یابد. ظرفیت حافظه بلندمدت برخلاف حافظه کوتاه‌مدت نامحدود است. حافظه بلندمدت زمانی شکل می‌گیرد که اتصالات نورونی ویژه‌ای به‌طور دائمی و پایا تقویت شده باشد (۱، ۲). حافظه بلندمدت براساس نوع اطلاعات به دو نوع حافظه آشکار و پنهان طبقه‌بندی می‌شود. حافظه آشکار به یادآوری آگاهانه و هوشیارانه نیاز دارد. حافظه پنهان، خاطره‌هایی هستند که به صورت رفتاری بدون اینکه نیاز به هشیاری و آگاهی باشد، ابراز می‌شوند (۳). حافظه حرکتی پنهان مرجع دستیابی به تمام رفتارهای ماهرانه است که دامنه‌ای وسیع از مهارت‌ها را در برمی‌گیرد (۴) و تحکیم برای آن امری حیاتی است. پژوهشگران عنوان کردند، یادگیری مهارت صرفاً در طول جلسه تمرین و با اجرای مهارت اتفاق نمی‌افتد؛ بلکه در فاصله استراحت بین جلسات تمرین و یا در فاصله استراحت بین جلسه اکتساب و اجرای آزمون یادگیری (۶، ۵، ۲) رخ می‌دهد که تحکیم حافظه‌ای^۳ نام‌گذاری شده است. میزان پیشرفت در مهارت به فرایند تحکیم بستگی دارد و توجه زیادی به مکانیسم و عوامل تأثیرگذار بر این فرایند می‌شود. تحکیم به فرایندهای خودکار پس از کدگذاری حافظه نسبت داده می‌شود که بدون آگاهی رخ می‌دهد و نیاز به تمرین ندارد و شامل مجموعه‌ای از فرایندهایی است که از طریق آن رد حافظه‌ای یک رخداد یا تجربه تثبیت می‌یابد و ارتقا می‌یابد (۶). مطالعات مبتنی بر نظریه رد دوگانه^۴ بیان کردند، مبنای رخداد حافظه بلندمدت، تحکیم فعالیت‌های نورونی‌ای است که از حافظه کوتاه‌مدت فرد دریافت می‌شود. حافظه بلندمدت به‌طور ناگهانی و آنی شکل نمی‌گیرد و با گذر زمان استحکام می‌یابد. شواهد نشان می‌دهد، تحکیم حافظه نوعی کارکرد انعطاف‌پذیر مغز است که باعث می‌شود عملکرد حافظه در اثر مکانیسم‌های سیستم عصبی تسهیل شود.

عواملی از جمله استراحت، خواب، جنسیت و ورزش به‌طور مستقل و متقابل بر تحکیم تأثیر می‌گذارند (۸). مطالعات بسیاری نشان داده‌اند، ورزش و فعالیت بدنی از عوامل تأثیرگذار و مهم بر عملکرد حافظه است (۹، ۱۰). فعالیت بدنی قدرت درک مغز را افزایش می‌دهد، از تأثیر افزایش سن بر حافظه می‌کاهد و ممکن است از دمانس و آلزایمر پیشگیری کند (۱۱). تمرین بدنی از طریق اثرگذاری بر مکانیسم‌ها و شبکه‌های سلولی عصبی و مولکولی اساسی و به دنبال آن تغییرات رفتاری بلندمدت قوی می‌تواند بر فرایند حافظه اثر گذارد و از طریق راهبرد رشدی عصبی، یادگیری حرکتی را تسهیل می‌بخشد. مطالعات اخیر

1. Short-term memory
2. Long-term memory
3. Memory consolidation
4. Double trace theory

گزارش کردند، تمرین هوازی با شدت بالا می‌تواند یادگیری مهارت حرکتی را بهبود بخشد (۱۲). همچنین مطالعات متعددی اظهار کردند، تمرین هوازی با شدت متوسط بر عملکرد شناختی و حافظه کاری تأثیر مثبت و فزاینده دارد (۹، ۱۳). علاوه بر شدت تمرین، زمان‌بندی ارائه تمرین هوازی نیز در تحکیم حافظه نقش دارد. به‌منظور بررسی نقش زمان‌بندی ارائه تمرین بر تحکیم حافظه حرکتی، پژوهشگران مجاورت زمانی یک دور تمرین با شدت بالا را پس از اکتساب مهارت حرکتی دست‌کاری کردند. سپس تغییرات عملکرد را با آزمون یادداری تأخیری اندازه‌گیری کردند (۶). آن‌ها پیشنهاد کردند، مجاورت زمانی نزدیک‌تر تمرین شدید به مرحله اکتساب، اثرات مثبت بیشتری بر عملکرد حافظه دارد. تمرین قبل از اکتساب مهارت حرکتی نیز بر اکتساب مهارت و تحکیم حافظه تأثیر می‌گذارد (۱۲). دیگر مطالعات نشان داده‌اند، یک دور تمرین ورزشی شدید کوتاه‌مدت، یادگیری مهارت حرکتی را زمانی که در دوره بعد از اکتساب مهارت انجام شد، بهبود بخشید. تعیین جایگاه زمان اعمال تمرین ورزشی بعد از اکتساب مهارت می‌تواند میزان تأثیرگذاری بر تحکیم و تقویت حافظه رویه‌ای را متأثر کند (۶، ۱۲). پژوهشگران بیان کردند، فواصل تمرین‌آسایی^۱ برای حافظه به‌عنوان یک پارامتر فوق‌العاده مهم در تکوین و تحکیم حافظه است و افزایش مدت‌زمان فواصل تمرین‌آسایی حافظه تا حد خاصی ممکن است زمینه‌ای را برای تثبیت و ارتقای فرایند تحکیم حافظه فراهم آورد (۸). علاوه بر این، حافظه از خواب شبانه (۱۴) و حتی یک چرت کوتاه سود می‌برد. به‌طور معمول، بسامد امواج خواب در زنان دو برابر مردان است و طول موج آهسته‌تر و طولانی‌مدت‌تری دارند. زنان کاهش درخورتوجهی را در فعالیت الکتروانسفالوگرافی^۲ (EEG) در دامنه بسامد دوک‌های خواب در دوران قاعدگی خود تجربه می‌کنند و بسامد دوک‌های قبل از قاعدگی در بالاترین سطح، در طی آن با کاهش همراه است و بعد از قاعدگی در پایین‌ترین سطح است (۱۵). این امر ممکن است بر تحکیم حافظه مبتنی بر خواب تأثیر بگذارد که به نظر می‌رسد دوک‌های خواب نقش مهمی را در این دوران ایفا می‌کنند (۱۶).

یکی از مباحثی که در یادگیری دو جنس تفاوت ایجاد می‌کند، هورمون‌ها هستند. امروزه تأثیر هورمون‌ها به‌خصوص هورمون‌های جنسی بر فعالیت‌های شناختی و بخش‌هایی از حافظه مشاهده شده است (۱۷). قاعدگی طبیعی از طریق سه محور هیپوتالاموس، هیپوفیز و غدد جنسی کنترل می‌شود. این محور تحت تأثیر حرکاتی است که توسط قشر مغز به هیپوتالاموس اعمال می‌شود و نمونه آن، توقف قاعدگی در اثر حالات هیجانی، ورزش و کاهش وزن سریع است (۱۷). با توجه به یادگیری در طول جلسه تمرین زنان، آن‌ها در بسیاری از تکالیف ظریف و کلامی در سطح بالاتری از مردان عمل می‌کنند؛ درحالی‌که مردان در تکالیف دیداری-فضایی بهتر از زنان هستند (۱۸). اثرات مثبت قاعدگی بر عملکرد به احتمال زیاد به‌واسطه هورمون‌های زنانه استروژن و پروژسترون کنترل می‌شود (۱۹). پژوهشگران، زنان را در دوران قاعدگی‌شان آزمایش کردند تا اثرات سیکل قاعدگی بر تحکیم حافظه مبتنی بر خواب را در یک چرت کوتاه بررسی کنند. آن‌ها نتیجه گرفتند، زنان بعد از یک چرت در تکالیف کلامی (جفت واژگان وابسته) و تکالیف حرکتی (تکلیف ضربه زدن با انگشت) در فاز میانی لوتئال سیکل قاعدگی‌شان، عملکرد بهتری داشتند (۱۶).

1. Off line period
2. Electroencephalogram

پژوهشگران با استفاده از اسکن‌های مغزی به بررسی شیوه فعالیت مغز زنان در دوران پیش از عادت ماهانه و در زمان قاعدگی پرداخته‌اند. با شناسایی تغییراتی که به واسطه تشدید فعالیت‌های هورمونی در دوران قاعدگی در مغز و عملکرد حافظه زنان اتفاق می‌افتد، می‌توان روش‌هایی را برای کاهش عوارض روانی و جسمانی ناشی از قاعدگی به زنان ارائه کرد. تا به امروز نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که در دوران عادت ماهانه بخشی از مغز زنان که مسئول فعالیت‌های عاطفی و احساسی است به شدت فعال می‌شود و عملکرد شناختی در این دوران تا حدی تغییر می‌کند. لویز و همکاران به مطالعه کارکرد مغز و عملکرد شناختی زنان در دوران قاعدگی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که حالات روانی، عاطفی و شرایط فیزیکی ۷۵ درصد از زنان در این دوران دستخوش تغییرات ناخوشایند می‌شود. آن‌ها دوازده زن را که در دوران عادت ماهانه از حالت روانی و عاطفی نسبتاً ثابتی برخوردار بودند، انتخاب کردند. سپس با استفاده از fMRI به بررسی تغییرات عملکرد مغزی زنان در یک هفته قبل از شروع قاعدگی و ده روز بعد از قاعدگی پرداختند. یافته‌ها نشان داد، شیوه پاسخ عاطفی زنان به تکلیف حافظه هیجانی در یک هفته پیش و ده روز پس از قاعدگی تفاوت معناداری نداشت، اما در دوران قاعدگی و یک روز پیش از آن، فعالیت ناحیه کنترل عواطف در مغز بسیار شدیدتر بود و عملکرد حافظه در این دوران دستخوش تغییراتی شد.

به‌طور کلی، عملکرد مغز و حافظه از عوامل متفاوتی تأثیر می‌پذیرد. این توانایی ارتباط تنگاتنگی با دستگاه‌های زیستی و اعصاب دارد. چرخه قاعدگی از جمله دستگاه‌های زیستی است که به دنبال نوسانات هورمونی بر تمام سیستم‌های بدن تأثیر می‌گذارد. تأثیر چرخه‌های قاعدگی بر عوامل شناختی و حافظه مدت‌ها است که مدنظر پژوهشگران قرار گرفته است. پژوهشگران گزارش کرده‌اند، اینکه تمرین‌های ورزشی نسبت به سیکل‌های قاعدگی در چه فاصله زمانی انجام شوند، بر عملکرد شناختی فرد تأثیر متفاوتی می‌گذارد؛ این در حالی است که در رابطه با عملکرد حافظه در مراحل مختلف سیکل قاعدگی پژوهش‌های متناقضی وجود دارد (۱۶، ۱۷) و از سوی دیگر فواید تمرین و فعالیت ورزشی بر عملکرد حافظه بر هیچ‌کس پوشیده نیست. تمرین با تأثیر بر سیستم عصبی و تنظیم برخی هورمون‌ها می‌تواند بر اثرات سیکل قاعدگی بر حافظه مؤثر باشد؛ بنابراین در پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به این سؤال هستیم که آیا تمرین هوازی که در فواصل تمرین آسایی متفاوت نسبت به اولین روز قاعدگی (۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت و یک هفته) انجام شود، می‌تواند عملکرد حافظه حرکتی را در فازهای فولیکولار اولیه، فولیکولار میانی و لوتئال میانی تحت تأثیر قرار دهد یا خیر.

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر، نیمه تجربی از نوع میدانی و به لحاظ هدف کاربردی است. طرح پژوهش شامل طرح اندازه‌گیری مکرر (مرحله اکتساب و آزمون‌های یادداری) و از نوع طرح عاملی ۴ (گروه) $\times$ ۳ (مراحل ارزیابی) است. ابتدا در دانشگاه الزهرا به صورت فراخوان شرکت در پژوهش، از دانشجویان دعوت به همکاری شد که داوطلبانه در پژوهش حاضر مشارکت کنند. تعداد ۶۵ شرکت‌کننده برای شرکت در پژوهش اعلام آمادگی کردند. با در نظر گرفتن معیارهای ورود به مطالعه و تعیین حجم نمونه از طریق نرم‌افزار جی‌پاور، شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر ۴۸ دانشجوی دختر راست‌دست با سطح فعالیت بدنی پایه مشابه (۶) و میانگین سنی $20/47 \pm 2/76$ (سال) بودند که به صورت هدفمند انتخاب شدند. سپس به صورت تصادفی به چهار گروه (اجرای تمرین هوازی ۲۰ دقیقه بعد از مرحله اکتساب، اجرای تمرین هوازی ۲۴ ساعت بعد از مرحله اکتساب، اجرای تمرین هوازی یک هفته بعد از مرحله اکتساب و کنترل) تقسیم شدند. برای برآورد حجم نمونه از نرم‌افزار جی‌پاور با توان آزمون ۰/۸، اندازه اثر ۰/۸ و سطح خطای ۰/۰۵ استفاده شد. معیار ورود آزمودنی‌ها به مطالعه شامل نداشتن سابقه بیماری

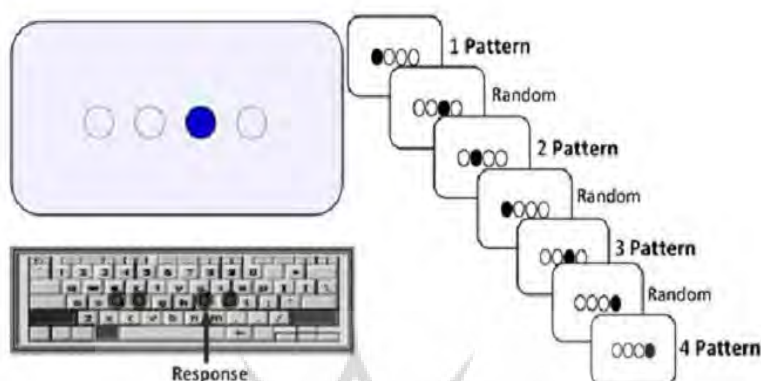
عصبی و جسمی، مصرف نکردن داروهای هورمونی و ضدبارداری، نداشتن مسافرت هوایی یا هرگونه درمان پزشکی در سه ماه اخیر، نداشتن شاخص توده بدنی بیشتر از ۳۰ (از طریق محاسبه BMI)، مصرف نکردن مواد مخدر و داروهای روان‌گردان، نداشتن تجربه در نواختن حرفه‌ای پیانو و تایپ، داشتن چرخه قاعدگی منظم ۲۸-۳۲ روزه (بررسی از طریق پرسش از شرکت‌کننده‌ها در مصاحبه‌های ورودی درمورد میانگین مدت‌زمان و تنوع چرخه قاعدگی در شش ماه اخیر) بود. در صورتی که آزمودنی‌ها در طی اجرای مداخله تمرینی به ادامه همکاری تمایل نداشتند یا اینکه نظم سیکل قاعدگی آن‌ها تغییر نکرده بود، از پژوهش خارج شدند.

آزمون تناوبی ریکاوری یویو ۲ (YIRT2): این آزمون شامل دویدن ۲ مسافت ۲۰ متری متوالی به شکل رفت و برگشت، رفتن دور زدن و برگشت به نقطه شروع بود که لحظه شروع و پایان رفت و برگشت با صدای بوق تعیین می‌شد. در پشت خط شروع، مخروطی به فاصله ۵ متر قرار داده شده بود که آزمودنی‌ها ۱۰ ثانیه فرصت داشتند پس از هر رفت و برگشت به‌منظور ریکاوری، ۲ مسافت ۵ متری را با دوی نرم بدونند. سرعت شروع آزمون ۱۳ کیلومتر بر ساعت بود که به صورت فزاینده بر آن افزوده می‌شد. زمانی که آزمودنی‌ها به هنگام شنیدن صدای بوق برای مرتبه دوم در رسیدن به خط شروع ناتوان می‌شدند، آزمون خاتمه می‌یافت. به‌منظور اطمینان از حداکثر تلاش آزمودنی‌ها در اجرای آزمون تناوبی ریکاوری یویو ۲، ضربان قلب پایانی آزمون با ضربان سنج اندازه‌گیری شد (۷). این آزمون برای تعیین سطح پایه فعالیت آزمودنی‌ها اجرا شد.

تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب^۱ (ASRTT): این تکلیف نوعی سنجش زمان عکس‌العمل زنجیره‌ای متناوب است که می‌توان با استفاده از آن به کاوش در زمینه حافظه حرکتی پنهان پرداخت (۲۰). شرکت‌کننده‌ها برای اجرای تکلیف زمان عکس‌العمل زنجیره‌ای متناوب چهار انگشت میانی و اشاره دست چپ و اشاره و میانی دست راست را به ترتیب روی کلیدهای (X)(Z) / (/)، صفحه‌کلید قرار دادند. در تکلیف زمان عکس‌العمل زنجیره‌ای متناوب، در هر کوشش تمرینی چهار دایره توخالی و سفیدرنگ به ترتیب و به‌طور هم‌زمان از سمت چپ به راست روی صفحه کامپیوتر ظاهر می‌شد (۱). مکان اولین دایره در سمت چپ، ۲. مکان دومین دایره، ۳. مکان سومین دایره و ۴. مکان چهارمین دایره که در سمت راست قرار داشت. 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 روی صفحه‌کلید، بلافاصله کلیدی را فشار می‌داد که به نشان دادن مکان دایره توپر مربوط بود. پاسخ‌ها توسط چهار کلید مشخص‌شده در صفحه کلید رایانه انتخاب شدند. تا زمانی که آزمودنی به مکان ظاهر شدن محرک روی صفحه‌نمایش، از طریق فشردن کلید مربوط به آن مکان روی صفحه‌کلید پاسخ صحیح نمی‌داد، محرک (منظور دایره توپر از بین چهار دایره است) در صفحه باقی می‌ماند. زمان عکس‌العمل برای هر پاسخ به‌عنوان نمره عملکرد آزمودنی‌ها در نظر گرفته شد. بعد از پاسخ صحیح، محرک بعدی با فاصله زمانی ۱۲۰ ms ظاهر می‌شد. اینکه از میان چهار دایره، کدام‌یک از دایره‌ها روی صفحه کامپیوتر به رنگ سیاه می‌شد، مشخص نبود و در هر کوشش مکان ظاهر شدن دایره سیاه برای پاسخ دادن توسط آزمودنی پیش‌بینی‌نشده به نظر می‌رسید، اما توالی ظاهر شدن محرک (منظور سیاه شدن دایره) طوری برای پاسخ‌گویی طراحی شده بود که از نظم و راهبرد قانونمندی پیروی کند. در تکلیف زمان عکس‌العمل زنجیره‌ای متناوب، از الگوی هشت‌آیتمی

1. Alternating Serial Reaction Time Task

(1R14R22R33R) استفاده شده است. در این الگوی هشت‌آیتمی، توالی تکراری چهار آیتمی از رخداد‌های الگوی تکراری^۱ (منظور توالی 1423) به‌طور متناوب و یک در میان با توالی تکراری چهار‌آیتمی از رخداد‌های الگوی تصادفی^۲ تعیین شده (R₁R₂R₃R₄) جایگزین شده است. شرکت‌کنندگان از هیچ‌یک از توالی‌های تکراری و تصادفی توسط آزمونگر اطلاع نیافتند. در این الگوی هشت‌آیتمی، چهار آیتم 1423 به توالی تکراری و چهار آیتم R₁R₂R₃R₄ به توالی تصادفی مربوط بود.



شکل ۱- ارائه تکلیف زمان عکس‌العمل زنجیره‌ای متناوب برای الگوی هشت آیتمی 1R2R3R4R (۲۰)

Figure 1- Presentation of the alternating chain reaction time task for the eight-item 1R2R3R4R pattern (20)

پروتکل مداخله تمرین دایره‌ای هوازی^۳ (CT): قبل از تمرین دایره‌ای همه آزمودنی‌ها گرم‌کردن عمومی را انجام دادند. آزمودنی‌ها ۵ دور تمرینات را به دنبال هم انجام دادند: ۶ پرش روی استپ، یک پاورپوش^۴ (۳۰ متر)، یک اسلد پوش^۵ (۳۰ متر)، سورت‌مه کششی^۶ (۳۰ متر)، ۱۰ تاب کتل بل^۷ و ۱۵ پرتاب توپ مدیسن. میزان کار تمرینات سورت‌مه ۳۰ درصد 1RM تمرینات قدرتی اسکات و ددلیفت بود که در یک جلسه جداگانه قبل از آزمایش اصلی تعیین شده بود. یک دوره استراحت دودقیقه‌ای بین دورها انجام می‌شد. مجموع زمان پروتکل تمرینی (شامل گرم‌کردن، اجرای برنامه تمرین دایره‌ای هوازی و سرد کردن) ۴۵-۵۰ دقیقه بود. میزان خستگی آزمودنی‌ها در مراحل قبل، حین و بلافاصله بعد از اجرای پروتکل مداخله با استفاده از مقیاس خستگی جسمانی بورگ ارزیابی شد.

پس از انتخاب شرکت‌کنندگان با توجه به معیارهای ورود، آن‌ها با آگاهی از هدف پژوهش، محرمانه بودن نام و کاربرد داده‌ها، داوطلبانه و با رضایت خود، در پژوهش شرکت کردند. پیش از جلسه اکتساب، برای شرکت‌کنندگان یک جلسه توجیهی برگزار شد تا با شیوه کار به‌طور کامل آشنا شوند و زمان‌بندی حضور آن‌ها در محل آزمون برای جمع‌آوری و ثبت داده مشخص شود.

1. Repeat pattern
2. Random pattern
3. Circuit training
4. Power push
5. Power sled push
6. Sled Drag-Harness
7. Kettlebell swings

همچنین در جلسه توجیهی به شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌های زیر ارائه شد: ۴۸ ساعت قبل از آزمون تمرینات بدنی شدید نداشته باشند؛ شب قبل از آزمون کمتر از زمان معمول نخوابند؛ از هر نوع مواد محرک یا دارویی در روز آزمون استفاده نکنند. طبق پروتکل مطالعه، شرکت‌کننده‌ها به‌طور تصادفی در چهار گروه ۱۲ نفری انجام تمرین هوازی ۲۰ دقیقه بعد از کوشش‌های اکتساب، انجام تمرین هوازی یک روز بعد از کوشش‌های اکتساب، انجام تمرین هوازی ۷ روز بعد از اکتساب و گروه کنترل تقسیم شدند. یک هفته قبل از اکتساب، برای تعیین سطح پایه فعالیت بدنی، تمامی شرکت‌کنندگان آزمون بازیابی متناوب Yo-Yo سطح دو را انجام دادند. سپس تمامی شرکت‌کننده‌ها در اولین روز چرخه قاعدگی‌شان قبل از اکتساب تکلیف حرکتی، آزمون پایه با کوشش‌های تمرینی را انجام دادند. آزمون پایه شامل دو بلوک ۱۲ کوششی از توالی تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب بود: بلوک اول بدون نمره عملکرد و بلوک دوم شامل نمره عملکرد بود. میانگین نمره دو بلوک برای نشان دادن خط پایه و سطح عملکرد آزمودنی‌ها استفاده شد. آزمودنی‌ها در جلسه اکتساب، تکلیف ASRTT را در ۲۵ بلوک ۸۸ کوششی انجام دادند (پنج دسته کوشش تمرینی) و به ترتیب گروه‌ها ۲۰ دقیقه بعد، یک روز بعد و ۷ روز بعد، تمرین دایره‌ای هوازی (CT) را انجام دادند. سپس آزمون‌های یادداری شامل آزمون یادداری در روز هشتم چرخه قاعدگی (فاز اولیه فولیکولار) و آزمون یادداری در روز بیست و یکم چرخه قاعدگی (فاز میانی لوتئال) و آزمون یادداری در روز اول چرخه قاعدگی بعدی (فاز فولیکولار اولیه) برای چرخه‌های ۲۸ روزه برای هر یک از گروه‌ها اجرا شد. شایان ذکر است، اعلام زمان سیکل در آزمودنی‌ها به صورت خودگزارش دهی بود.

از آمار توصیفی برای تعیین شاخص مرکزی (میانگین) و شاخص پراکندگی (انحراف معیار) و ترسیم نمودارها و جداول استفاده شد. به‌منظور تعیین تأثیر پنج دسته کوشش تمرینی بر اکتساب مهارت حرکتی در گروه‌های آزمایشی و کنترل از آزمون تحلیل واریانس مرکب (گروه) ۴ * (بلوک‌های اول تا پنجم تمرینی) ۵ با تکرار روی عامل مراحل ارزیابی و همچنین برای بررسی عملکرد گروه‌ها در فازهای قاعدگی از آزمون تحلیل واریانس مرکب (گروه) ۴ * (بلوک تمرینی پنجم و اجرای آزمون یادداری در مراحل فولیکولار میانی، لوتئال میانی و فولیکولار اولیه) ۴ با تکرار روی عامل مراحل اندازه‌گیری در گروه‌ها استفاده شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج

جدول (۱) میانگین و انحراف استاندارد زمان واکنش زنجیره‌ای را در گروه‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۱- شاخص‌های آماری (زمان واکنش-صدم ثانیه) در گروه‌های مختلف

Table 1- Statistical indicators (reaction time-hundredths of a second) in different groups

متغیر Variable	مرحله Phase	تمرین بعد از ۲۰ دقیقه	تمرین بعد از ۲۴ ساعت	تمرین بعد از یک هفته	کنترل Control
زمان واکنش (صدم ثانیه) Reaction time	بلوک ۱	601.00±148.21	586.33±162.66	591.91±150.06	541.58±121.84
	بلوک ۲	589.83±106.07	597.75±147.71	586.66±181.44	564.33±125.44
	بلوک ۳	489.91±117.90	496.08±147.57	474.50±148.56	476.66±130.73
	بلوک ۴	423.75±101.41	418.9±55.82	433.25±162.97	428.41±102.91
	بلوک ۵	384.66±99.75	386.50±124.75	401.75±142.32	389.66±101.36
یادداری در فاز		232.83±104.13	248.75±86.25	287.66±93.57	297.58±97.90

جدول ۱- شاخص‌های آماری (زمان واکنش-صدم ثانیه) در گروه‌های مختلف

Table 1- Statistical indicators (reaction time-hundredths of a second) in different groups

متغیر Variable	مرحله Phase	تمرین بعد از ۲۰ دقیقه	تمرین بعد از ۲۴ ساعت	تمرین بعد از یک هفته	کنترل Control
فولیکولار میانی					
یادداری در فاز: لوتثال میانی		214.75±111.95	228.00±95.80	248.16±79.30	274.50±95.86
یادداری در فاز فولیکولار اولیه		252.91±107.85	265.50±79.07	300.33±94.46	312.25±85.72

یافته‌های جدول (۱) برای مقایسه عملکرد آزمودنی‌ها در پنج بلوک تمرینی نشان داد، عملکرد آزمودنی‌ها در بلوک پنجم تمرینی بهتر از بلوک‌های اول، دوم، سوم و چهارم تمرینی بود. در اجرای آزمون یادداری در سه فاز فولیکولار میانی (اجرای تمرین هوازی در روز هشتم بعد از قاعدگی)، فاز لوتثال میانی (اجرای تمرین هوازی در روز ۲۸ بعد از قاعدگی) و فاز فولیکولار اولیه (اجرای تمرین هوازی در روز اول قاعدگی بعدی)، عملکرد هر چهار گروه آزمایشی در چهار گروه آزمایشی انجام تمرین هوازی بعد از ۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت، یک هفته و کنترل در فاز لوتثال میانی، بهتر از فازهای فولیکولار میانی و فاز فولیکولار اولیه بود. گروه اجرای تمرین هوازی بعد از ۲۰ دقیقه در فاز لوتثال میانی عملکرد بهتری در مقایسه با گروه‌های آزمایشی انجام تمرین هوازی بعد از ۲۴ ساعت، یک هفته و کنترل داشت.

برای تعیین تأثیر پنج دسته کوشش تمرینی بر اکتساب مهارت حرکتی در گروه‌های آزمایشی و کنترل، از آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری (بلوک‌های ۱ تا ۵) روی عامل مراحل اندازه‌گیری در گروه‌های مختلف (۴ گروه) استفاده شد.

جدول ۲- یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری تکراری برای اکتساب در پنج بلوک تمرینی در گروه‌ها

Table 2- Findings related to the analysis of variance test with repeated measures for acquisition in five practice blocks in groups

گروه‌ها Groups	مجموع مجذورات Sum of squares	درجه آزادی Degree of Freedom	میانگین مجذورات Mean squares	F	سطح معناداری p	مجذور اتا Squared eta
اثر اصلی بلوک Main effect block	1489639.19	3.39	438694.35	713.61	0.001	0.94
اثر اصلی گروه Main effect group	13623.01	3	4541.01	6.20	0.001	0.297
اثر تعاملی گروه در بلوک Interaction effect	26332.27	10.187	2584.93	4.21	0.001	0.223

یافته‌های جدول (۲) نشان داد، اثر اصلی بلوک تمرینی ($F=713/61$, $P=0/001$, $\eta^2=0/94$) معنادار بود. نتایج آزمون پیگردی بونفرونی نشان داد، تفاوت‌های زوجی بین عملکرد آزمودنی‌ها در بلوک تمرینی اول با بلوک تمرینی دوم تفاوت معنادار نبود، اما بین عملکرد آزمودنی‌ها در بلوک تمرینی اول با بلوک‌های تمرینی سوم، چهارم و پنجم، تفاوت‌های زوجی بین بلوک تمرینی دوم با بلوک‌های تمرینی سوم، چهارم و پنجم و همچنین تفاوت زوجی بین بلوک چهارم با بلوک پنجم معنادار وجود داشت ($P<0/05$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، آزمودنی‌ها در بلوک‌های تمرینی چهارم و پنجم عملکرد بهتری در مقایسه با بلوک‌های تمرینی اول، دوم و سوم داشتند.

اثر اصلی گروه‌های تمرینی معنادار بود ($F=6/21$, $P=0/001$, $\eta^2=0/29$). نتایج آزمون پیگردی بونفرونی نشان داد، عملکرد آزمودنی‌های گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، تمرین بعد از ۲۴ ساعت و تمرین بعد از یک هفته معنادار بود ($P<0/05$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، آزمودنی‌ها در گروه کنترل عملکرد ضعیف‌تری نسبت به گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، تمرین بعد از ۲۴ ساعت و تمرین بعد از یک هفته داشتند.

اثر تعاملی گروه در بلوک‌های تمرینی معنادار بود ($F=713/61$, $P=0/001$, $\eta^2=0/94$). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد، بین عملکرد چهار گروه در بلوک‌های تمرینی سوم، چهارم و پنجم تفاوت معنادار نبود ($P>0/05$). بین عملکرد گروه کنترل در بلوک‌های تمرینی اول و دوم با گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، تمرین بعد از ۲۴ ساعت و تمرین بعد از یک هفته، تفاوت از نظر آماری معنادار بود ($P<0/05$) و گروه کنترل در بلوک‌های اول و دوم عملکرد ضعیف‌تری در مقایسه با سایر گروه‌ها داشت (جدول ۲).

برای بررسی عملکرد گروه‌ها در مراحل ارزیابی (بلوک تمرینی پنجم و اجرای آزمون یادداری در مراحل فولیکولار میانی، لوتئال میانی و فولیکولار اولیه) از آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌گیری تکراری روی عامل مراحل اندازه‌گیری در گروه‌ها استفاده شد (جدول ۳).

جدول ۳- یافته‌های مربوط به آزمون تحلیل واریانس درون گروهی با اندازه‌گیری تکراری برای مقایسه عملکرد گروه‌ها در مراحل ارزیابی بلوک پنجم، فولیکولار میانی، لوتئال میانی و فولیکولار اولیه

Table 3- Findings related to the analysis of variance within the group with repeated measurements to compare the performance of the groups in the stages of evaluation of the fifth block, middle follicular, middle luteal and primary follicular

گروه‌ها Groups	مجموع مجذورات Sum of squares	درجه آزادی Degree of Freedom	میانگین مجذورات Mean of squares	مقدار F	سطح معناداری p	مجذور اتا Squared eta
اثر اصلی مراحل ارزیابی Main effect test phases	622845.60	3	207615.20	667.79	0.001	0.93
اثر اصلی گروه Main effect group	71405.27	3	23801.75	48.40	0.001	0.76
اثر تعاملی گروه در بلوک Interaction effect	17849.71	9	1983.30	6.38	0.001	0.30

یافته‌های جدول (۳) نشان داد، اثر اصلی مراحل ارزیابی معنادار بود ($F=667/79$, $p=0/001$, $\eta^2=0/93$). نتایج آزمون پیگردی بونفرونی نشان داد، تفاوت‌های زوجی بین عملکرد آزمودنی‌ها در بلوک تمرینی پنجم با آزمون‌های یادداری در مراحل فولیکولار میانی، لوتئال میانی و فولیکولار اولیه معنادار بود ($P<0/05$). تفاوت‌های زوجی بین عملکرد آزمودنی‌ها در مراحل یادداری در مرحله فولیکولار میانی با اجرای آزمون یادداری در مرحله فولیکولار اولیه معنادار بود ($P<0/05$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، آزمودنی‌ها در آزمون یادداری در مرحله لوتئال میانی ($M=241/35$) عملکرد بهتری نسبت به بلوک تمرینی پنجم ($M=390/64$)، اجرای آزمون یادداری در مراحل فولیکولار میانی ($M=266/70$) و فولیکولار اولیه ($M=282/75$) داشتند.

اثر اصلی گروه‌های تمرینی معنادار بود ($F=48/40$, $P=0/001$, $\eta^2=0/76$). نتایج آزمون پیگردی بونفرونی برای تعیین تفاوت‌های زوجی نشان داد، عملکرد آزمودنی‌ها در گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه با گروه‌های تمرین بعد از یک هفته و گروه کنترل معنادار بود ($P<0/05$). عملکرد آزمودنی‌ها در گروه تمرین بعد از یک هفته و گروه کنترل معنادار نبود ($P>0/05$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، گروه انجام تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت در اجرای آزمون یادداری در فاز فولیکولار میانی بهترین و گروه تمرین بعد از یک هفته و گروه کنترل ضعیف‌ترین عملکرد را داشتند.

اثر تعاملی مراحل ارزیابی در گروه معنادار بود ($F=6/37$, $P=0/001$, $H^2=0/30$). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد، تفاوت عملکرد آزمودنی‌های گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت در اجرای آزمون یادداری در مراحل فولیکولار اولیه، فولیکولار میانی و لوتئال میانی با بلوک تمرینی پنجم اختلاف معنادار داشت ($P<0/05$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، عملکرد آزمودنی‌های گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه در اجرای آزمون یادداری در مرحله فولیکولار اولیه بهتر از بلوک تمرینی پنجم بود و گروه تمرین بعد از ۲۰ دقیقه اجرای آزمون یادداری در مرحله لوتئال میانی بهترین عملکرد را داشت (جدول ۲)؛ بنابراین در اجرای آزمون یادداری در مرحله فولیکولار اولیه، لوتئال میانی و فولیکولار میانی برای گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت تحکیم رخ داد. بین عملکرد گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت با گروه‌های تمرین بعد از یک هفته و کنترل در فاز فولیکولار میانی تفاوت معنادار وجود داشت ($P=0/001$) و گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بهترین عملکرد را داشتند. بین عملکرد گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت با گروه‌های تمرین بعد از یک هفته و کنترل در فاز فولیکولار اولیه تفاوت معنادار وجود داشت ($P=0/001$) و گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بهترین عملکرد را داشتند. بین عملکرد گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت با گروه‌های تمرین بعد از یک هفته و کنترل در فاز لوتئال میانی تفاوت معنادار وجود داشت ($P=0/001$) و گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت بهترین عملکرد را داشتند. عملکرد گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، ۲۴ ساعت در فاز لوتئال میانی بهتر از عملکرد گروه‌های دیگر در بلوک تمرینی پنجم، فاز فولیکولار میانی و فولیکولار اولیه بود (جدول ۲).

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر ارائه یک جلسه تمرین هوازی در فواصل تمرین آسای متفاوت و سیکل قاعدگی بر تحکیم حافظه حرکتی پرداخت. نتایج نشان داد، در مرحله اکتساب، هر چهار گروه در دسته کوشش تمرینی چهارم و پنجم عملکرد بهتری نسبت به دسته کوشش‌های اول، دوم و سوم داشتند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، تمرین در بلوک تمرینی باعث

یادگیری تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب در هر چهار گروه شده است؛ به عبارت دیگر، تمرین باعث بهبود عملکرد شرکت‌کنندگان شد. نتایج پژوهش حاضر در مرحله اکتساب با یافته‌های پژوهش‌های نامس و همکاران (۲۱)، رومانو و همکاران (۲۲) و آلبولا و همکاران (۲۳) مبنی بر اینکه اجرای مهارت در مرحله اکتساب یادگیری رخ می‌دهد، همسوست. براساس نظر استادلر و فرنچ، هرگاه عملکرد در کوشش‌های پایانی جلسه اکتساب نسبت به کوشش‌های ابتدایی جلسه، پیشرفت کند، می‌توان استنباط کرد در مرحله رمزگذاری اکتساب مهارت روی داده است (به نقل از ۴).

بین عملکرد گروه‌ها در مراحل مختلف آزمون یادداری تفاوت معناداری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، آزمودنی‌ها بعد از دریافت مداخله ورزشی، در گروه کنترل عملکرد ضعیف‌تری در مقایسه با گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه، تمرین بعد از ۲۴ ساعت و تمرین بعد از یک هفته داشتند. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های مطالعات مارتینز و همکاران (۹)، انتیر و همکاران (۲۴) و آنا و همکاران (۲۵) که اثرات مثبت تمرین هوازی را بر حافظه تأکید کردند، همخوانی دارد. در این راستا، کوریا و همکاران دریافتند که فعالیت ورزشی باعث افزایش سطوح نوروتروفیکی می‌شود که افزایش در این فاکتورها باعث افزایش در کارایی حافظه و عملکرد بهتر فراحافظه می‌شود. ورزش و فعالیت بدنی باعث افزایش فاکتور نورون‌زایی مشتق‌شده از مغز (BDNF)^۱ می‌شود که نشان می‌دهد ورزش پتانسیل یادگیری را افزایش می‌دهد. ورزش می‌تواند سرعت یادگیری و تشکیل حافظه را افزایش دهد و عملکرد شناختی را بهبود بخشد (۲۴). به‌علاوه، افزایش جریان خون موضعی و تولید سلول‌های عصبی جدید نورون‌ساز^۲ یکی از مهم‌ترین دلایل اثرات فعالیت بدنی بر حافظه است. فواید تمرینات هوازی عبارت است از: افزایش کارکرد قلب و تنفس؛ کاهش خطر بیماری قلبی؛ افزایش سوخت‌وساز چربی؛ کاهش وزن بدن؛ کاهش خستگی؛ افزایش کارکردهای شناختی. به دنبال فعالیت‌های هوازی میزان جریان خون مغز در مناطقی که مسئول کنترل حسی و حرکتی است، افزایش می‌یابد. فعالیت هوازی با افزایش رشد سلول‌های عصبی و گسترش ارتباطات بین‌سلولی که برای یادگیری و حافظه ضرورت دارند، می‌تواند مغز را جوان و فعال نگه دارد (۲۴، ۲۵).

از سوی دیگر، بین فعالیت بدنی و کارکردهای شناختی چندین مکانیسم وجود دارد: یکی از این مکانیسم‌ها برانگیختگی جسمانی است که باعث تسهیل حافظه و یادگیری می‌شود (۲۶). متیو و همکاران نشان دادند، هنگام تحکیم حافظه، تنش عضلانی متوسط تعدیل‌کننده مؤثری بر حافظه بلندمدت است (۲۶). فعالیت بدنی با افزایش برانگیختگی و از طریق نمونه‌برداری از نشانه‌های محیطی و سرعت پاسخ‌دهی بیشتر به آن‌ها سبب افزایش بازیابی اطلاعات از ردها و اثرهای ایجادشده در حافظه می‌شود (۲۷)؛ ازاین‌رو به سطح انگیزتی افراد به‌عنوان عاملی کلیدی در رابطه با اثر فعالیت بدنی بر عملکرد حافظه توجه شده است؛ دومین مکانیسم، افزایش سنتز عوامل رشد عصبی مانند عامل نوروتروفیک مشتق از مغز، عامل رشد شبه‌انسولینی، افزایش ارتباط سیناپسی و حتی افزایش ظرفیت پردازش پیام‌های عصبی به دنبال فعالیت بدنی است (۲۸)؛ در سومین مکانیسم، ورزش با تنظیم سطوح انتقال‌دهنده‌های عصبی باعث تحریک آزادسازی کلسیم شده و در نتیجه باعث ترشح دوپامین^۳ و استیل کولین^۴ می‌شود. این عوامل بر حفظ عملکردهای عصبی و بالابردن عملکردهای شناختی-ادراکی تأثیر دارند (۲۸-۳۰). یافته‌های پژوهش حاضر با یافته‌های مطالعه توماس و همکاران (۶) همسو نیست. توماس و همکاران اثرات انواع

1. Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF)

2. Neurogenesis

3. Dopamine

4. Acetylcholine

مداخله‌های اینتروال شدت بالا را بر تحکیم حافظه اپیزودیک بررسی کردند. تمرینات در تحقیق آن‌ها فوراً بعد از جلسه اکتساب انجام شد. نتایج نشان داد، در یادداری یک ساعت بعد همه گروه‌های تمرینی یک کاهش در نمره عملکردشان داشتند، اما در یادداری ۲۴ ساعت بعد از اکتساب، همه گروه‌های تمرینی عملکردشان از آزمون اکتساب بهتر بود. همچنین این اثر مثبت تا ۲۴ ساعت بعد از اکتساب مهارت مشاهده نشد. آن‌ها نتیجه گرفتند، اثرات مثبت تمرین بر یادداری بین ۱ تا ۲۴ ساعت بعد از اکتساب مهارت اتفاق می‌افتد. علت این نتایج احتمالاً به دلیل استرس سیستمی یا خستگی ناشی از دوره تمرینی است که شامل حرکات بالاتنه می‌شود که در مدت‌زمان کوتاهی بر عملکرد حرکتی تأثیر منفی می‌گذارد و ممکن است دیگر اثرات اساسی را نیز بپوشاند (۶).

یافته‌ها نشان داد، بین عملکرد آزمودنی‌ها در بلوک تمرینی پنجم به ترتیب با آزمون یادداری در مرحله فولیکولار میانی، لوتئال میانی و فولیکولار اولیه تفاوت معنادار وجود داشت و آزمودنی‌ها در فاز لوتئال میانی بهترین رخداد تحکیم حافظه را داشتند. عملکرد آزمودنی‌های گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت و یک هفته و کنترل، در اجرای آزمون یادداری در مرحله فولیکولار میانی، لوتئال میانی و فولیکولار اولیه بهتر از بلوک تمرینی پنجم بود. گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت بهترین عملکرد را داشتند؛ بنابراین در اجرای آزمون یادداری در مرحله فولیکولار اولیه، لوتئال میانی و فولیکولار میانی برای گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت، تحکیم رخ داد. همچنین عملکرد گروه‌های تمرین بعد از ۲۰ دقیقه و ۲۴ ساعت در فاز لوتئال میانی بهتر از عملکرد گروه‌های دیگر بود. گروه تمرین بعد از ۲۰ دقیقه در مرحله لوتئال میانی بهترین عملکرد را داشت. یافته‌های پژوهش حاضر با مطالعات رویگ و همکاران (۳۲) و منگ و همکاران (۳۳) همسوست. آن‌ها بیان کردند، تحکیم حافظه حرکتی ممکن است تحت تأثیر تمرین قرار گیرد. اثرات مثبت قاعدگی بر عملکرد، به احتمال زیاد به واسطه هورمون‌های زنانه استروژن و پروژسترون کنترل می‌شود. گنزل و همکاران زنان را در طول دوران قاعدگی‌شان مطالعه کردند تا اثرات سیکل قاعدگی را بر تحکیم حافظه مبتنی بر خواب را در یک چرت کوتاه بررسی کنند. آن‌ها نتیجه گرفتند، زنان بعد از یک چرت در تکالیف زبانی (جفت واژگان وابسته) و تکالیف حرکتی (تکلیف ضربه زدن با انگشت) در فاز میانی لوتئال سیکل قاعدگی‌شان عملکرد بهتری داشتند (۱۶). در رابطه با عملکرد حافظه در فازهای متفاوت سیکل قاعدگی، یافته‌ها با مطالعات منگ و همکاران (۳۳) و مکی و همکاران (۳۴) که نشان دادند تغییرات هورمونی در طول سیکل قاعدگی بر عملکرد حافظه تأثیر می‌گذارد، همسوست. سطوح استرادیول و پروژسترون در طول چرخه قاعدگی زنان در نوسان هستند. درحالی‌که هر دو هورمون در دوران قاعدگی کم هستند، سطح استرادیول در مرحله قبل از تخمک‌گذاری به حداکثر خود می‌رسد و مجدداً افت می‌کند و در مرحله میانی لوتئال به سطح متوسط می‌رود. پروژسترون نیز به‌طور کلی قبل از تخمک‌گذاری کم است و در مرحله میانی لوتئال به اوج می‌رسد. به تأثیرات عصبی هورمون‌های جنسی بسیار توجه شده است و در عملکردهای شناختی نقش تعدیل‌کننده دارند؛ باین‌حال، مطالعات درمورد تغییرات شناختی وابسته به چرخه قاعدگی، به نتایج متناقض دست یافته‌اند (۳۵، ۳۶). درحالی‌که برخی مطالعات بهبود توانایی‌های کلامی و اختلال در توانایی‌هایی بینایی-فضایی را در مرحله لوتئال گزارش کردند (۳۴)، برخی دیگر این نتایج را تأیید نکردند (۳۷).

به‌علاوه، هورمون تخمدانی استروژن و پروژسترون طیف گسترده‌ای از تأثیرات را بر ساختار و عملکرد عصبی به‌ویژه در هیپوکامپ اعمال می‌کنند. تحقیقات بیان می‌کنند، پروژسترون از طریق افزایش خارهای دندریتی^۱، ارتباط سیناپسی^۲، نورون-

1. Dendritic spines
2. Synaptic connection

های کولینرژیک^۱ و افزایش تعداد آستروسیت‌ها^۲، یادگیری را بهبود می‌بخشد. همچنین شواهد نشان می‌دهد، غلظت پروژسترون در آمیگدال، مخچه و هیپوتالاموس در زنان سنین باروری در طول فاز لوتئال قاعدگی به‌طور معناداری، پس از یائسگی زیاد است. متابولیت نورواستروئیدی پروژسترون برای عصب‌زایی سلول‌های پیش‌ساز عصبی هیپوکمپ و سلول‌های بنیادی عصبی قشر مخ انسان بسیار اهمیت دارد (۱۸). نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه تاراج و همکاران مبنی بر نبود ارتباط بین تغییرات چرخه قاعدگی با ابعاد شناختی و اجرای ادراکی-حرکتی، ناهم‌سوست (۳۸). علت ناهم‌سویی این مطالعات می‌تواند شرایط ویژه آزمودنی‌ها باشد. آزمودنی‌های مطالعه آن‌ها افراد مبتلا به اختلال سندرم پیش از قاعدگی بودند، درحالی‌که آزمودنی‌ها پژوهش حاضر سالم و دارای سیکل قاعدگی منظم بودند (۳۸).

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر، کنترل نشدن انگیزش هیجانی و خستگی است. همچنین یافته‌های پژوهش حاضر به همه رده‌های سنی تعمیم‌یافتنی نیست. نتایج پژوهش حاضر بیان می‌کند که ارائه تمرین هوازی به‌موقع (فاصله تمرین‌آسایی ۲۰ دقیقه) می‌تواند باعث بهبود حافظه حرکتی شود. همچنین رخداد تحکیم حافظه‌ای در فاز لوتئال میانی بیشتر از دیگر فازهای چرخه قاعدگی است؛ بنابراین مطالعه حاضر به این موضوع اشاره می‌کند که می‌توان برنامه‌های تمرین هوازی را برای تقویت حافظه حرکتی در جامعه زنان استفاده کرد. همچنین بهتر است یادگیری تکالیف حرکتی در فاز لوتئال میانی چرخه قاعدگی زنان اتفاق افتد. این نتایج ممکن است برای اکتساب و یادداری مهارت‌های حرکتی در محیط‌های آموزشی مناسب باشد و به کار رود. در پژوهش حاضر تأثیر تمرین هوازی بر حافظه حرکتی بررسی شد، اما پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده تأثیر دیگر تمرینات (قدرتی، استقامتی) را بر انواع حافظه طی مداخلات طولانی‌تر و با در نظر گرفتن چرخه قاعدگی بررسی کنند. همچنین از آنجاکه تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای متناوب صرفاً حافظه حرکتی را ارزیابی نمی‌کند و بعد شناختی تکلیف حاضر بالا است، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی از تکالیف حرکتی میدانی برای سنجش تحکیم حافظه حرکتی استفاده شود.

پیام مقاله

در این پژوهش با استفاده از تمرینات هوازی، این نتیجه به دست آمد که اجرای تمرینات هوازی به تحکیم حافظه در سطح بالا منجر می‌شود و در فاز لوتئال میانی بهترین زمان برای تحکیم حافظه حرکتی است.

منابع

1. Alberini CM, Chen DY. Memory enhancement: consolidation, reconsolidation and insulinlike growth factor Tre Neurosci. 2012;35(5):78-91.
2. Kantak SS, Winstein CJ. Learning-performance distinction and memory processes for motor skills: A focused review and perspective. Behav Brain Res. 2012;228:219-31.
3. Tu S, Mioshi E, Savage S, Hodges JR, Hornberger M. Dissociation of explicit and implicit long-term memory consolidation in semantic dementia: a case study. Neurocase. 2013;19(4):401-7.
4. Ghadiri F, Rashidy-Pour A, Bahram A, Zahediasl S. Effects of stress related acute exercise on consolidation of implicit motor memory. Koomesh. 2012; 2(46):223-33. (Persian)

-
1. Cholinergic
 2. Astrocytes

5. Wang Y, Huynh AT, Bao S, Buchanan JJ, Wright DL, Lei Y. Memory consolidation of sequence learning and dynamic adaptation during wakefulness. *Cereb Cortex*. 2024; 31;34(2):bhad507.
6. Thomas R, M.Beck M, R.Lind R, Korsgaard Johnsen L, Geertsens SS, Christiansen L, Ritz Ch, Roig M, Lundbye-Jensen J. Acute exercise and motor memory consolidation: the role of exercise timing. *Neural Plast*. 2016;2016:6205452.
7. Bangsbo J, Iaia M, Krstrup P. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*. 2008;38(1):38-51.
8. Harrington YA, Parisi JM, Duan D, Rojo-Wissar DM, Holingue C, Spira AP. Sex Hormones, Sleep, and memory: Interrelationships across the adult female lifespan. *Front Aging Neurosci*. 2022;14:14.
9. Martins AQ, Kavussanu M, Willoughby A, Ring C. Moderate intensity exercise facilitates working memory. *Psychol Sports Exerc*. 2013;14(3):323-8.
10. Jespersen L, Matlok Maes K, Ardenkjær-Skinnerup N, Roig M, Rud Bjørndal J, Malling Beck M, Lundbye-Jensen J. Acute exercise performed before and after motor practice enhances the positive effects on motor memory consolidation. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2023;205:1-10.
11. 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.
12. Roig M, Thomas R, Mang CS, Snow NJ, Ostadan F, Boyd LA, et al. Time-dependent effects of cardiovascular exercise on memory. *Exerc Sport Sci Rev*. 2016;44(2):81-8.
13. Shamsipour Dehkordi P, Naeimi Tajdar M, Mohamadtaghi M, Mootabadi M. Interactive impact the time of exercise (aerobic power) and circadian rhythms of everyday memory performance, retrospective and prospective youth. *Cognitive Psychology*. 2018;5(4):16-26. (Persian)
14. Arsalan Yasin N, hejazi dinan P, Shamsipour Dehkordi P. The effect of type and time of emotional induction and night sleep on consolidation and reconsolidation mechanisms of motor memory. *Motor Behavior*. 2022;14(47):115-38.
15. Smith C, Nixon MR, Nader R. Post training increases in REM sleep intensity implicate REM sleep in memory processing and provide a biological marker of learning potential. *Learn Mem*. 2004;11(6):714-9.
16. Genzel L, Kiefer T, Renner L, Wehrle R, Kluge M, Grozinger M, Steiger A, Dresler M. Sex and modulatory menstrual cycle effects on sleep related memory consolidation. *Psychoneuroendocrinology*. 2012;37:987—98.
17. Asim A, Maryam R, Sultan Z, Shahid A., Khandelwal I., Allana The effect of the menstrual cycle on cognitive performance: spatial reasoning, visual & numerical memory. *Science Open Preprints*. 2023;1:1-25.
18. Zare H, Abazarian Tehrani M, Alipour A. The effect of menstrual cycle on metamemory, everyday memory and prospective memory in women aged 18-45 years. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2013;15(41):1-8.
19. Maki PM, Rich JB, Rosenbaum RS. Implicit memory varies across the menstrual cycle: estrogen effects in young women. *Neuropsychologia*. 2002;40:518—29.
20. Shamsipour Dehkordi P, Abdoli B, Namazizadeh M, Eshairi H. The effect of memory test time and interference on consolidation of hidden motor memory, *Journal of Sports Movement Development and Learning*. 2017;10(1):1-21.
21. Nemeth D, Janacek K, Londe Z, Ullman MT, Howard D, Howard J. Sleep has no critical role in implicit motor sequence learning in young and old adults. *Exp Brain Res*. 2011;201:351-58.
22. Romano JC, Howard JH, Howard DV. Enhanced Implicit Sequence Learning in College age Video Game Players and Musicians. *App Cog Psycho*. 2012;26:91—6.
23. Vasquez BP, Lloyd-Kuzik A, Moscovitch M. Mobile app learning in memory intervention for acquired brain injury: Neuropsychological associations of training duration. *Neuropsychological Rehabilitation*. 2021;1:1-27.
24. Etnier JL, Wideman L, Labban JD, Piepmeier AT, Pendleton DM, Dvorak KK, Becofsky K. The effects of acute exercise on memory and brain-derived 25 neurotrophic factor (BDNF). *Journal of Sport Exercise Psychology*. 2016;38(4):331-40.

25. Kovacevic A, Fenesi B, Paolucci E, Heisz JJ. The effects of aerobic exercise intensity on memory in older adults. *Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2019;45(6):591-600.
26. Pontifex MB, Gwizdala KL, Parks AC, Pfeiffer KA, Fenn KM. The association between physical activity during the day and long-term memory stability. *Scientific Reports*. 2016;6(1):38148.
27. 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.
28. Van Uffelen JG, Paw MJCA, Hopman-Rock M, Van Mechelen W. The effects of exercise on cognition in older adults with and without cognitive decline: a systematic review. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2008;18(6):486-500.
29. odrigues A, Antunes H, Sabino B, Sousa D, Correia AL, Alves R, Lopes H. The effect of physical activity levels on cognitive performance: research in portuguese adolescents. *Sports (Basel)*. 2024;12(6):146.
30. Schmid PD, Qazi A, Scott NM, Tomporowski PD. The effects of physical activity timing and complexity on episodic memory: A randomized controlled trial. *Psychology of Sport and Exercise*. 2023;64:102332.
31. McMorris T, Turner A, Hale BJ, Sproule J. Beyond the catecholamines hypothesis for an acute exercise-cognition interaction: a neurochemical perspective. In: McMorris T. editor. *Exercise-cognition interaction: neuroscience perspectives*. Cambridge: Elsevier Academic Press; 2016, pp. 65-103.
32. Roig M, Skriver K, Lundbye-Jensen J, Kiens B, Nielsen JB. A single bout of exercise improves motor memory. *PLoS One*. 2012;7(9):e44594.
33. Mang CS, Snow NJ, Campbell KL, Ross CJD, 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.
34. Maki PM, Rich JB, Rosenbaum RS. Implicit memory varies across the menstrual cycle: estrogen effects in young women. *Neuropsychologia*. 2002;40(5):518-29.
35. Toffoletto S, Lanzenberger R, Gingnell M, Sundström-Poromaa I, Comasco E. Emotional and cognitive functional imaging of estrogen and progesterone effects in the female human brain: a systematic review. *Psych Neuroendocrinology*. 2014;50:28-52.
36. Sacher J, Okon-Singer H, Villringer A. Evidence from neuroimaging for the role of the menstrual cycle in the interplay of emotion and cognition. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:374.
37. Rosenberg L, Park S. Verbal and spatial functions across the menstrual cycle in healthy young women. *Psychoneuroendocrinology*. 2002;27:835-41.
38. Taraj S, Zare H. Measuring The effectiveness of premenstrual syndrome (PMS) on attentional bias (AB) by computerized dot-probe paradigm. *Advances in Cognitive Sciences*. 2011;13(2):67-79.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 پرتال جامع علوم انسانی