Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry
Vol. 9/ No. 2/ 2022
Page: 35-47

The effect of mental and muscle fatigue on spatial working memory

Arezou Tahan[1], Alireza Farsi[2]

1-PhD Candidate, Department of Behavioral Sciences and Cognitive and Sports Technology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2- Professor, Department of Behavioral Sciences and Cognitive and Sports Technology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran (Corresponding Author). E-mail: A_farsi@sbu.ac.ir

Received: 15/02/2022 **Accepted:** 27/03/2022

Abstract

Introduction: Fatigue is a gradual and cumulative process. This mindset is related to the lack of motivation to make any effort, as well as decreased efficiency, attentiveness, and, eventually, malfunction.

Aim: The present study aims to investigate how mental and muscle fatigue affects spatial working memory.

Method: The research method was quasi-experimental and was performed using the pretest-posttest design. The participants in this study were 20 to 30 year old male students of Shahid Beheshti University of Tehran in 2021, of whom, 14 subjects were selected by convincing method as the sample using the G-Power approach and previous investigations. The Mental Fatigue Self-Assessment Scale, Corsi Block software, Stroop software, and the Monark Bike Ergometer were utilized. In addition, the repeated measurement analysis of variance test in SPSS-23 was used to analyze the data.

Results: The results indicated that mental fatigue condition had a significant effect on working memory (P=0.002); and has reduced the efficiency of working memory. But muscle fatigue conditions had no significant effect on assessing working memory, and in these conditions there was a better performance in working memory (P=0.065).

Conclusion: The findings of this study emphasize the importance of mental fatigue in reducing working memory performance, even though this type of fatigue is related to cognitive and cerebral functioning. Accordingly, the findings are in line with a top-down approach, as well as cognitive perspectives such as generalized motor program theory.

Keywords: Mental fatigue, Muscle fatigue, Working memory

How to cite this article: Tahan A, Farsi A. The effect of mental and muscle fatigue on spatial working memory. Shenakht Journal of Psychology and Psychiatry. 2022; 9 (2): 35-47. URL: http://shenakht.muk.ac.ir/article-1-1452-en.pdf

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBY-NC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]

[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

مجله روانشناسی و روانپزشکی شناخت
سال نهم، شماره ۲، ۱۴۰۱
صفحات: ۴۷-۳۵

تأثیر خستگی ذهنی و عضلانی بر حافظه‌کاری فضایی

آرزو طحان[۱]، علیرضا فارسی[۲]

۱.دانشجوی دکتری، گروه علوم رفتاری و شناختی و فناوری ورزش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. استاد، گروه علوم رفتاری و شناختی و فناوری ورزش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (مولف مسئول). ایمیل: A_farsi@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۲۶ **تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۴۰۱/۰۱/۰۷

چکیده

مقدمه: خستگی فرایندی تجمعی و تدریجی است. با این تصور که با بی‌میلی برای هرگونه تلاش، کاهش کارایی، هوشیاری و درنهایت اختلال در عملکرد همراه است.

هدف: هدف از این پژوهش، تعیین اثر خستگی ذهنی و عضلانی بر حافظه‌کاری فضایی بود.

روش: روش اجرای این تحقیق از نوع نیمه تجربی است که با استفاده از طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون انجام شد. شرکت‌کنندگان تحقیق حاضر را دانشجویان پسر ۲۰ تا۳۰ ساله دانشگاه شهید بهشتی در سال ۱۴۰۰ تشکیل دادند که از بین آن‌ها به روش در دسترس، تعداد ۱۴ نفر با روش جی پاور و براساس مطالعات قبلی به عنوان نمونه انتخاب شدند. ابزارهای مورد استفاده در این مطالعه شامل مقیاس خودارزیابی خستگی ذهنی، نرم‌افزار کرسی بلاک، نرم‌افزار استروپ و دوچرخه کارسنج مونارک بود. همچنین تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه مکرر و در قالب نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر شرایط خستگی ذهنی بر حافظه‌کاری معنادار بوده (P=۰/۰۰۲) و موجب کاهش کارایی حافظه‌کاری شده است؛ اما شرایط خستگی عضلانی اثر معناداری بر ارزیابی حافظه‌کاری نداشته است و در این شرایط عملکرد بهتری در حافظه-کاری داشتند (P=۰/۰۶۵).

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از پژوهش حاضر بر اهمیت نقش خستگی ذهنی که باعث کاهش عملکرد حافظه‌کاری می‌شود اشاره دارد و از طرفی این نوع خستگی مربوط به کارکردهای شناختی و مغزی مربوط می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که نتایج با رویکرد بالا به پایین منطبق بوده و با دیدگاه‌های شناختی مانند نظریه برنامه حرکتی تعمیم یافته منطبق است.

کلیدواژه‌ها: خستگی ذهنی، خستگی عضلانی، حافظه‌کاری

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی کردستان محفوظ است.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

مقدمه

خستگی[1] پدیده‌ای است که ذاتاً با عملکرد ورزشی در ارتباط است (تاناکا[2]، ۲۰۱۴). با این تصور که برای هرگونه تلاش، کاهش کارایی، هوشیاری و در نهایت اختلال در عملکرد ذهنی همراه است که می‌تواند به صورت خستگی ذهنی[3] یا خستگی عضلانی[4] باشد (روتا[5]، ۲۰۱۴). هنگامی‌که افراد برای زمان طولانی در حال انجام کاری هستند به استفاده از عملکردهای شناختی نیاز دارند؛ بنابراین اغلب خستگی ذهنی را تجربه خواهند کرد که انعکاس آن کاهش عملکرد و انگیزه برای ادامه کار، افزایش در میزان و شدت اشتباهات است (محمدزاده و فارسی، ۱۳۹۸).

پیجاوو[6] (۲۰۱۸) خستگی را حالتی ناشی از فشار ذهنی، جسمانی، بیماری و یا کاهش کارآیی عضله یا اندام بعد از فعالیت طولانی مدت تعریف می‌کند. مسیر عصبی خستگی جسمانی و ذهنی دارای همپوشانی زیادی هستند. هر دو از سیستم تسهیل کننده و مهارکننده عصبی تشکیل شده‌اند (اشی[7]، ۲۰۱۴؛ تاناکا، ۲۰۱۲). مطالعات نشان داده‌اند فعال شدن سیستم مهاری نه تنها باعث افت عملکرد شناختی می‌شود بلکه با افزایش درک تلاش انجام کار جسمانی را نیز دچار اختلال می‌کند مارکورا[8]، ۲۰۰۹؛ پیجاوو، ۲۰۱۸). تلاش‌های ذهنی طولانی مدت می‌توانند باعث فعال شدن قشر کمربند قدامی[9] شوند و خستگی ذهنی را ایجاد کند (پوس[10]، ۱۹۹۸). خستگی عضلانی که در نتیجه قطع زنجیره رویدادها از سیستم عصبی مرکزی تا فیبرهای عضلانی روی می‌دهد (اینوکا[11]، ۲۰۰۸). پدیده خستگی به طور ذاتی چند بعدی است (ریم[12]، ۱۹۹۶) و فرد خسته ممکن است ظرفیت بدنی کم (ترندال[13]، ۲۰۰۰)، انگیزه کم برای کار کردن، حافظه ضعیف، کاهش توجه و تمرکز، پردازش ضعیف و ناتوانی در برابر مواجهه شدن با چالش‌ها، افزایش حساسیت و از بین رفتن عملکردهای اجتماعی را نشان دهد که می‌تواند به طور مؤثری در زندگی روزانه اختلال ایجاد کند (آرنسن[14]، ۱۹۹۹).

حافظه‌کاری[15] که توانایی عملکرد با بازنمودهای ذهنی است، برای برقراری ارتباط بین دانش قبلی و اطلاعات جدید ضروری است (کاریدو[16]، ۲۰۱۶). حافظه‌کاری یک نظام سه بخشی است و وقتی انسان مشغول انجام تکلیف شناختی است، اطلاعات را موقتاً نگه می‌دارد. حافظه‌کاری در مدل مطرح شده توسط بدلی و هیچ[17] (۱۹۷۴)، شامل سه مؤلفه سازوکار اجرایی مرکزی[18] و لوح دیداری-فضایی[19] و حلقه واج‌شناختی[20] است. در این مدل دو مؤلفه حلقه واج‌شناختی و لوح دیداری-فضایی به‌عنوان سیستم ذخیره موقت وجود دارد. لوح دیداری- فضایی مسئول ذخیره اطلاعات به شکل کدهای فضایی یا دیداری است و برای مدت زمان کوتاهی تصاویر دیداری را نگهداری می‌کنند (بدلی، ۲۰۰۶؛ حبیبی‌فر و فارسی، ۲۰۱۸).

به منظور درک قوانین عملکرد و کنترل حرکتی، لازم است تا عوامل اثرگذار بر عملکرد بررسی و مطالعه شود.

1- Fatigue
2- Tanaka
3- Mental fatigue
4- Muscle fatigue
5- Wright
6- Pageaux
7- Ishii
8- Marcora
9- Anterior cingulate cortex
10- Paus
11- Enoka
12- Ream
13- Trendall
14- Aronson
15- Working memory
16- Carriedo
17- Baddeley & Hitch
18- Central executive
19- Visuospatial scratchpad
20- Phonological loop

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

قیود گوناگون فرد، محیط و تکلیف که توسط نیوول تعریف شده‌اند، می‌توانند بر عملکرد حرکتی و شناختی اثرگذار باشند. یکی از قیود اثرگذار بر عملکرد حرکتی و شناختی، خستگی است. با توجه به مطالعات پیشین مبنی بر اثر خستگی بر دقت عملکرد، نتیجه و الگوی حرکت (آپریانتانو[1]، ۲۰۰۶؛ روتا، ۲۰۱۴)، بررسی ویژگی‌های کنترل حرکتی و شناختی در حضور خستگی بسیار جالب توجه است. در مطالعات الکان[2] (۲۰۱۷) و حسینیان (۲۰۱۹) در حیطه یادگیری و کنترل حرکتی، به منظور بررسی اثر خستگی بر مهارت‌های ورزشی از رویکرد ارزیابی نتیجه حرکت و عملکرد، استفاده شده است در مطالعاتی نیز می‌توان اثر خستگی بر تغییرپذیری حرکتی و هماهنگی را مشاهده کرد (هافینس[3]، ۲۰۰۶؛ بهرنس[4]، ۲۰۱۷؛ حاتمی و فارسی، ۲۰۲۲). مطالعاتی که با هدف بررسی تأثیر خستگی عضلانی بر مهارت‌های حرکتی انجام شده است، به نتایج متناقضی دست یافته‌اند. به طوری که برخی از آن‌ها اثر منفی خستگی عضلانی بر مهارت‌های حرکتی آپریانتانو، ۲۰۰۶؛ روتا، ۲۰۱۴) و برخی دیگر هیچ اثری را نشان نداده‌اند (اون[5]، ۲۰۰۸؛ لیونس[6]، ۲۰۱۳). اخیراً نیز برخی از مطالعات تأثیر منفی خستگی ذهنی و عضلانی بر عملکرد حین حرکات هدف‌گیری را نشان داده‌اند (روزاند و دانکان[7]، ۲۰۱۵)؛ اما با توجه به بررسی‌های انجام شده در پیشینه پژوهش (اسمیت[8]، ۲۰۱۶؛ وینس[9]، ۲۰۱۷) همچنین در زمینه عملکرد شناختی و تأثیر خستگی بر آن، پژوهش‌ها بیشتر بر ارزیابی خستگی ذهنی بر توجه پرداخته‌اند (بوکسم[10]، ۲۰۰۵؛ لوریست[11]، ۲۰۰۰؛ هرتاس[12]، ۲۰۱۱؛ ترجو[13]، ۲۰۱۵).

به طور کلی با توجه به اهمیت نقش خستگی در اجرای مهارت‌های حرکتی و شناختی و اثرگذاری خستگی بر عملکرد حرکتی و شناختی و همچنین وجود یافته‌های متناقض در خصوص نحوه اثرگذاری تغییرات خستگی و نیز تاکنون مطالعه‌ای جهت مقایسه اثر خستگی ذهنی با خستگی عضلانی بر حافظه کاری انجام نشده است در حالی که اگر مقایسه اثر هر دو متغیر تجزیه و تحلیل شود، می‌توان میزان اثر و مقایسه هر دو شرایط خستگی بر عملکرد شناختی حافظه کاری را مورد توجه قرار داد؛ لذا براساس این موارد سؤال اصلی که محقق این است که آیا تفاوتی بین خستگی عضلانی و خستگی ذهنی به‌عنوان نماینده‌های نظریه‌های مختلف در کنترل و یادگیری حرکتی، تفاوت وجود دارد، اگر تفاوت وجود دارد کدام نوع می‌تواند بر حافظه کاری اثر تخریبی بیشتری داشته باشد؟

روش

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی همراه با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون انجام شد. جامعه آماری تحقیق شامل تمامی دانشجویان پسر دانشگاه شهید بهشتی که در سال تحصیلی ۱۴۰۰۱-۱۴۰۰ مشغول به تحصیل بودند. حجم نمونه با توجه به تحقیقات مشابه قبلی (محمدزاده و فارسی، ۱۳۹۸؛ حاتمی و فارسی، ۲۰۲۲) و همچنین براساس نرم‌افزار جی‌پاور با اندازه اثر ۰/۴۵=$f2$ و توان

[1]- Apriantono
[2]- Alarcon
[3]- Huffenus
[4]- Behrens
[5]- Aune
[6]- Lyons
[7]- Rozand & Duncan
[8]- Smith
[9]- Veness

[10]- Boksem
[11]- Lorist
[12]- Huertas
[13]- Trejo

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

آماری ۰/۹۵ و سطح معنی‌داری یا آلفای ۵ صدم، از بین جامعه آماری ۱۴ نفر به روش در دسترس به عنوان نمونه انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: برخورداری از سلامت جسمی و روانی، داشتن فعالیت بدنی روزانه حداقل ۳ روز در هفته، نداشتن هرگونه بیماری نورولوژیکی براساس خود گزارشی و پرونده و سوابق پزشکی، ۲۴ ساعت قبل از آزمایش از هرگونه فعالیت ذهنی که یک فشار ذهنی یا خستگی و تغییر در روحیه ایجاد کند، خودداری کنند (آلکان، ۲۰۱۷) و حضور داوطلبانه در پژوهش بود. معیار خروج از پژوهش نیز شامل: غیبت در جلسه مداخله، مصرف هر گونه مواد الکلی نیروزا یا داروهای مداخله گر، مصرف داروهای روان‌گردان، نداشتن خواب شبانه کافی، عدم رضایت یا هرگونه فشار ناشی از مداخلات در پژوهش، سابقه آسیب مفصلی زانو یا پارگی عضلانی در ناحیه مفاصل ران و زانو و مچ پا و عدم تمایل به ادامه پژوهش بود.

در ابتدای پژوهش، شرکت‌کنندگان پس از شنیدن توضیحات لازم و کافی در رابطه با شیوه اجرای آن، مدت زمان و اهداف پژوهش، رضایت‌نامه کتبی مبنی بر آمادگی حضور در این طرح پژوهشی را زیر نظر پژوهشگر و مسئولین مربوطه امضا کردند. پس از حضور هر شرکت‌کننده در آزمایشگاه با توجه به برنامه زمانی از پیش تعیین شده، به‌طور تصادفی در دو گروه ۷ نفره قرار داده شد تا کانتر بالانس برای انواع خستگی ذهنی و جسمی انجام شود. جهت آزمون حافظه کاری فضایی از نرم‌افزار کرسی بلاک استفاده شد. پس از آن شرکت‌کنندگان تحت مداخله مورد نظر خستگی عضلانی- ذهنی قرار گرفتند. سپس آزمون کرسی بلاک پس‌آزمون انجام شد و یک هفته بعد گروهی که خستگی عضلانی داشته، مداخله خستگی ذهنی را دریافت کرد و گروهی که خستگی ذهنی داشته، مداخله خستگی عضلانی دریافت کرد و بلافاصله آزمون متغیر وابسته انجام شد. در مداخله خستگی ذهنی، شرکت‌کنندگان ابتدا پرسشنامه مقیاس آنالوگ بینایی برای سنجش خستگی ذهنی را تکمیل کرده و سپس آزمون تکلیف استروپ را جهت ایجاد خستگی ذهنی ۶۰ دقیقه اجرا کردند. سپس بلافاصله پرسشنامه ۱۰ آیتمی خستگی ذهنی را به مدت یک دقیقه پاسخ دادند و بعد آزمون کرسی بلاک جهت ارزیابی حافظه کاری فضایی انجام شد. مداخله خستگی عضلانی با استفاده از دوچرخه کارسنج مونارک انجام شد. پس از مداخله خستگی عضلانی نیز بلافاصله آزمون کرسی بلاک جهت ارزیابی حافظه کاری فضایی انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه مکرر و در قالب نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد.

ابزار

مقیاس خودارزیابی خستگی ذهنی[1]: توسط فالستاین[2] در سال ۱۹۷۳ طراحی شده است که به‌صورت خود گزارشی در یک پیوستار خط‌کش‌وار از اعداد صفر تا ۱۰ نوشته شده است. در این مقیاس، مقدار صفر نشان‌دهنده کمترین سطح خستگی و عدد ۱۰ بیانگر بیشترین میزان خستگی (پایین‌ترین سطح هوشیاری) است. این آزمون یک آزمون استاندارد است که در تحقیقات پیشین از آن استفاده شده است (ارقامی، قریشی، کمالی و فرهادی، ۲۰۱۳؛ مارکورا، ۲۰۰۹). پایایی این مقیاس خودگزارشی را تیسنگ[3] ۲۰۱۰، ۰/۰۴۱ بدست آورده است.

[1] Visual Analog Scale
[2]- Folstein
[3]- Tseng

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

آزمون کرسی بلاک[1]: آزمون بلوک‌های کرسی در اوایل سال ۱۹۷۰ توسط میشاییل کرسی[2] طراحی و مورد استفاده قرار گرفت. این آزمون براساس آزمون فراخنای ارقام طراحی شده است؛ ولی به جای فرم کلامی موجود در آزمون فراخنای ارقام در این آزمون نیازمند استفاده از حافظه کاری دیداری- فضایی است. مطالعات تصویربرداری عملکردی مغز[3] بر روی آزمودن‌هایی که در حال انجام آزمون کرسی بودند بیانگر این است که با افزایش تعداد توالی و محرک‌های این آزمون فعالیت کلی مغز یکسان باقی می‌ماند (تاپر[4]، ۲۰۱۰)؛ بنابراین درحالی که ممکن است، افراد در رمزگذاری دچار مشکل شوند؛ ولی این افزایش سطح آزمون هیچ ارتباطی با فعال‌سازی عمومی مغز ندارد. در حالت کلی در فراخنای مستقیم آزمون کرسی نیازمند پشتیبانی لوح دیداری- فضایی هستیم و هیچ نیازی به حلقه واج‌شناختی نیست و زمانی که توالی موارد بازیابی بیش از سه یا چهار آیتم می‌شود منابع اجرایی مرکزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (وندیرندانک[5]، ۲۰۰۴). فرایند آزمون کرسی بدین گونه است که آزمودنی در صفحه کامپیوتر ۹ بلوک را می‌بیند که در هر کوشش چند تا از این بلوک‌ها با توانی خاص روشن می‌شود تکلیف آزمودنی این است که توالی روشن شدن بلوک‌ها را به یاد بسپارد و بعد از اتمام روشن شدن بلوک‌ها آزمودنی با کلیک کردن روی بلوک‌ها توالی را تکرار کند. این آزمون ابتدا از ۳ بلوک آغاز شده و کم‌کم به تعداد بلوک‌های روشن در هر کوشش افزوده می‌شود. این آزمون تا ۹ بلوک ادامه پیدا می‌کند و در صورت دوبار اشتباه در یک توالی آزمون به پایان می‌رسد و طولانی‌ترین توالی یادآوری شده توسط آزمودنی ثبت، می‌شود؛ و به‌طورکلی میانگین یادآوری برای افراد عادی ۵ بلوک است (کسلز، ۲۰۰۰). والکر[6] و همکاران (۲۰۱۰) پایایی آزمون، بازآزمون برای بلوک‌های کرسی را ۰/۰۷۳ بدست آوردند.

نرم‌افزار استروپ[7]: از نرم‌افزار استروپ برای ایجاد خستگی ذهنی استفاده شد. این نرم‌افزار سال ۱۹۹۲ توسط استروپ تألیف شده است. این تکلیف شامل واژه‌های رنگی (سبز، آبی، قرمز، زرد) است که با رنگ نامتجانس روی صفحه نمایش داده می‌شوند (مثلاً کلمه «سبز» به رنگ آبی). شرکت‌کنندگان باید یکی از چهار دکمه رنگی را روی صفحه کلید (سبز، آبی، قرمز، زرد) فشار دهند (اسمیت، ۲۰۱۶). پایایی این نرم‌افزار از طریق آزمون- آزمون مجدد ۰/۸۲ و روایی آن ۰/۸۵ است (استروپ، ۱۹۹۲). با توجه به اینکه در پژوهش‌های گذشته مدت زمان‌های متفاوتی (۹۰-۳۰ دقیقه) برای ایجاد خستگی ذهنی استفاده شده است (دانکان، ۲۰۱۵؛ اسمیت، ۲۰۱۶؛ بهرنس، ۲۰۱۷)؛ بنابراین با توجه به مکاتبات و بررسی پژوهش‌های گذشته، در این پژوهش به مدت ۶۰ دقیقه از تکلیف اصلاح شده نامتجانس استروپ رنگ واژه و معنی واژه استفاده شد.

دوچرخه کارسنج[8]: دوچرخه کارسنج مونارک توسط موسسه پزشکی، ورزشی مونارک در سال ۲۰۰۸ تولید شده است که به‌منظور انجام مداخله خستگی عضلانی در مطالعات پیشین از آن استفاده شده است (برزگر، ۲۰۲۰؛ حسنلویی، ۲۰۱۴). پس از تنظیم ارتفاع زین و فرمان برای

[1]- Corsi Block
[2]- Corsi
[3]- Functional magnetic resonance imaging
[4]- Toepper
[5]- Vandierendonck
[6]- Walker
[7]- Stroop Software
[8]- Monark Ergomedic 839- Sweden

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

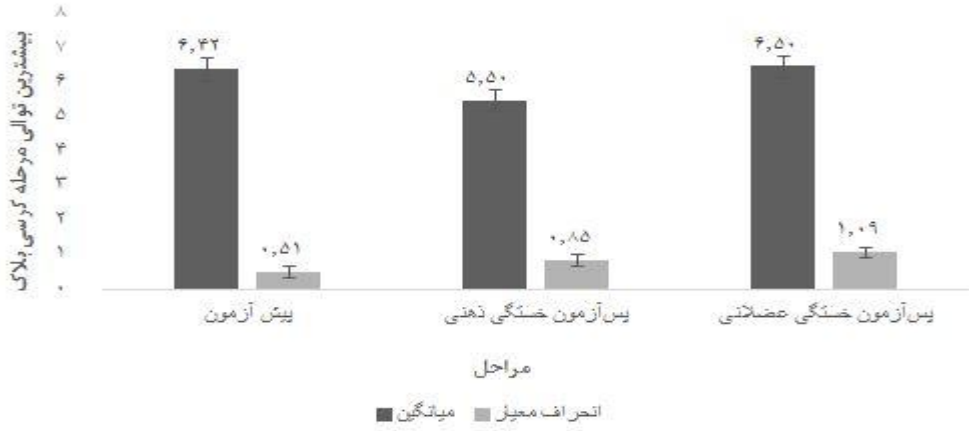
مطابقت با طول پاها و بازوهای هر فرد (ارتفاع دوچرخه‌سواری راحت)، آزمودنی‌ها با یک گرم کردن ۱۰ دقیقه‌ای شروع کردند که شامل دوچرخه‌سواری سبک و به دنبال آن یک پروتکل صعودی بود. به طوری که شروع از ۱۰۰ وات، اضافه‌بار به میزان ۱۵ وات در دقیقه افزایش می‌یافت. آزمودنی از یک فرکانس سنج پدالی برای حفظ سرعت بین ۷۵ و ۸۰ دور در دقیقه استفاده می‌کرد. تشویق کلامی به جهت انگیزه دادن به آزمودنی‌ها برای حداکثر بازده در طول پروتکل ارائه شد. خاتمه پروتکل: (۱) داوطلبانه توسط آزمودنی، (۲) زمانی که سرعت رکاب زدن نمی‌توانست روی ۷۵ دور دقیقه نگه داشته شود (حسنلویی، ۲۰۱۴).

یافته‌ها

نتایج مربوط به میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان نشان داد که میانگین سن ۲۴/۰۷ سال بود. همچنین، میانگین قد ۸±۱۷۱ سانتی‌متر و میانگین وزن آن‌ها ۱۰±۷۱ بود. میانگین و انحراف معیار نمرات مربوط به متغیر حافظه‌کاری در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۱ و همچنین میانگین و انحراف معیار نمرات به عنوان بیشترین توالی مرحله کرسی بلاک در نمودار ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ میانگین و انحراف معیار حافظه‌کاری در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون (خستگی ذهنی و عضلانی)

متغیر	مرحله		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون (خستگی ذهنی)	پس‌آزمون (خستگی عضلانی)
	میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)
حافظه‌کاری فضایی	۶/۴۲ ± (۰/۵۱)	۵/۵۰ ± (۰/۸۵)	۶/۵۰ ± (۱/۰۹)



نمودار ۱ مقایسه میانگین و انحراف معیار مراحل

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

با توجه به تفاوت میانگین در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۱ میانگین نمرات حافظه‌کاری بعد از مداخله خستگی ذهنی در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش داشته و نشان دهنده افزایش خطا بعد از خستگی ذهنی است، همچنین میانگین نمرات حافظه کاری بعد از مداخله خستگی عضلانی تفاوت معناداری در مقایسه با پیش‌آزمون نداشته است. جهت مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون در متغیر حافظه کاری از آزمون تحلیل واریانس با اندازه مکرر استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲ نتایج آزمون تحلیل واریانس برای مقایسه شرکت‌کنندگان در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	منبع	مجموع مجذور سوم	درجه آزادی	میانگین مجذور سوم	F	سطح معنی‌داری	ضریب اتا
حافظه کاری	پیش‌آزمون	۱۷۵/۷۹۷	۱	۱۷۵/۷۹۷	۳/۲۲	/۰۰۰	۰/۹۶۱
	پس‌آزمون* خستگی ذهنی	۱۲/۰۷۱	۱	۱۲/۰۷۱	۱۴/۳۵	*۰/۰۰۲	۰/۵۲۵
	پس‌آزمون* خستگی عضلانی	۴/۰۱۸	۱	۴/۰۱۸	۷/۷۵	۰/۰۶۵	۰/۳۷۴
	خطا	۶/۱۵۹	۱۳	۶/۱۵۹			

با توجه به نتایج تحلیل واریانس در متغیر حافظه‌کاری، پس از مداخله خستگی ذهنی (F=۱۴/۳۵ ، P=۰/۰۰۲) نشان داد که در مقایسه با شرایط خستگی عضلانی (F=۷/۷۵، P=۰/۰۶۵) بر حافظه‌کاری تفاوت معناداری وجود دارد؛ بنابراین خستگی ذهنی بر حافظه‌کاری فضایی تأثیرگذار بوده و باعث افزایش خطا در حافظه‌کاری شده است.

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر شرایط خستگی ذهنی و عضلانی بر حافظه‌کاری فضایی انجام شد. نتایج تجزیه‌وتحلیل داده‌های تحقیق نشان داد، خستگی ذهنی اثر معنادار بر حافظه‌کاری فضایی دارد که با نتایج یافته‌های وندر، ۲۰۰۳؛ ۲۰۰۶؛ بوکسم، ۲۰۰۸ همسو بود. نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که خستگی ناشی از تلاش ذهنی مداوم، تأثیرات متعددی بر مکانیسم‌های شناختی دارد که همسو با نتایج این پژوهش، خستگی ذهنی باعث اثر منفی بر حافظه‌کاری، نسبت به خستگی عضلانی شد. به نظر می‌رسد منبع اصلی این تأثیرات تضعیف کنترل از بالا به پایین بر پردازش شناختی خودکارتر است. کنترل بالا به پایین به‌صورت ارادی در برنامه‌ریزی رفتار هدف محور و حل بازداری درگیر می‌شود. چنین ناکارآمدی کنترل و مکانیسم‌های آماده‌سازی معمولاً منجر به پردازش شناختی ضعیف و محرک محورتر می‌شود (وندر، ۲۰۰۳).

رایج‌ترین نشانه‌های رفتاری این اثرات، زمان عکس‌العمل طولانی‌تر، افزایش میزان خطا و همچنین مشکل در نادیده گرفتن محرک‌های مزاحم است. ما تأثیر خستگی ذهنی را که ناشی از انجام آزمون استروپ به مدت یک ساعت بود، در کنترل بالا به پایین درگیر در برنامه‌ریزی رفتار هدف محور و آزمون کرسی بلاک، پایین به بالا را بررسی کردیم. هم‌راستا با یافته‌های قبلی (لوریست،

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

۲۰۰۰؛ بوکسم، ۲۰۰۸) افراد بعد از یک ساعت انجام آزمون استروپ احساس خستگی ذهنی کردند، یعنی درحالی‌که سطح خستگی افزایش می‌یابد میزان کاهش انرژی گزارش شده است. هم‌راستا با فرضیه پژوهش، خستگی ذهنی باعث افزایش میزان درصد خطا و کاهش دقت در تکلیف حافظه‌کاری فضایی شد که با نتایج پژوهش‌های ونس و همکاران (۲۰۱۶)؛ بوکسم و همکاران (۲۰۰۵)؛ هولتزر[1] و همکاران (۲۰۱۰)؛ روزاند و همکاران (۲۰۱۵)؛ فابر[2] و همکاران (۲۰۱۲) و اسمیت و همکاران (۲۰۱۶) هم‌سو بود.

همان‌طور که از نتایج استنباط می‌شود، خستگی ذهنی بر حافظه‌کاری تأثیر داشته که البته با توجه به نوع فرایند پردازش تأثیرات آن متفاوت بوده است. طوری که خستگی ذهنی باعث کاهش مراحل توالی آزمون کرسی بلاک شد. وقتی افراد خسته می‌شوند انتخاب اعمال از طریق فرایندهای کنترل تنظیمی سطح بالا کنترل می‌شود (ویلیامز[3]، ۲۰۱۶). با توجه به نتایج این مطالعه خستگی عضلانی اثر منفی بر حافظه‌کاری فضایی نداشته است. برخی مطالعات با هدف بررسی فرآیندهای زیربنایی اثر خستگی بر نتیجه و نحوه اجرای حرکات، فعالیت الکتریکی عضلات[4]، خصوصیات کینماتیک[5] و کینتیک[6] حرکات را بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعات نشان داده‌اند که در شرایط خستگی عضلانی، نه تنها نقطه اوج فعالیت عضله (هایسمنز[7]، ۲۰۰۸)، بلکه دقت و سرعت اجرا (لی مانسک[8]، ۲۰۱۸) تغییر می‌کند و با نتایج حاضر ناهمسو است که می‌توان به تفاوت پردازش کنترلی و مکانیسم آن اشاره کرد که طبق مطالعات در زمینه خستگی، بین خستگی به عنوان یک پدیده شناختی[9] و خستگی به عنوان یک پدیده عصبی-عضلانی[10] تمایز قائل شده‌اند (تیلور[11]، ۲۰۱۳؛ برانشایت[12]، ۲۰۱۹).

خستگی عضلانی به صورت عمومی به عنوان کاهش توانایی عضلات در تولید نیروی مطلوب تعریف می‌شود که در نتیجه قطع زنجیره رویدادها از سیستم عصبی مرکزی تا فیبرهای عضلانی روی می‌دهد (اینوکا، ۲۰۰۸). طبق نظریه سیستم‌های پویا و نقش تکلیف، محیط یا فرد که در تعامل با تغییرات لحظه‌ای است؛ اما در این مطالعه خستگی عضلانی به عنوان یک قید در نظریه قیود نیوول باعث اثر معنادار بر حافظه‌کاری به عنوان سیستم پردازشی سطح بالا نشد؛ بنابراین می‌توان از بعد بنیادی و نظریات برنامه حرکتی تعمیم یافته که بر سیستم عصبی و حافظه به عنوان نقش اصلی در عملکرد اشاره دارد و نظریه سیستم‌های پویا که عوامل محیطی و فردی و تکلیف را مؤثر بر عملکرد می‌دانند اشاره کرد (مگیل[13]، ۲۰۱۰).

همچنین با توجه به اینکه خستگی ذهنی با کاهش انگیزش و افزایش بی‌حوصلگی همراه است؛ بنابراین با کاهش انگیزش میزان ترشح دوپامین کمتر شده و توجه فرد کاهش یافته و میزان پردازش مغزی کم می‌شود (مورفی[14]، ۲۰۱۱) که در پژوهش حاضر هم خستگی ذهنی باعث افزایش خطا و کاهش نمره حافظه‌کاری شده است؛ اما خستگی عضلانی با سیستم پردازشی پایین به بالا و به عنوان قیود نظریه سیستم‌های پویا تأثیر معناداری در

1- Holtzer
2- Faber
3- Williams
4- Electromyography
5- Kinematics
6- Kinetics
7- Huysmans
8- Le Mansec

9- Cognitive
10- Neuromuscular
11- Taylor
12- Branscheidt
13- Magil
14- Murphy

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]
[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]
[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

مقایسه با خستگی ذهنی بر ارزیابی حافظه‌کاری نداشت. از طرفی طبق طرحواره شناختی داشتن تجربه قبلی یک تکلیف مشخص بار شناختی اعمال شده به‌وسیله آن تکلیف را کاهش داده و ظرفیت بیشتری را برای سایر پردازش‌ها فراهم می‌کند؛ بنابراین، وقتی یک تکلیف یا جنبه‌ای از تکلیف به‌طور مکرر تمرین می‌شود (برای مثال، با افزایش خبرگی)، طرحواره شناختی خودکار شده و نیازی به پردازش کنترل شده طولانی نیست (اشنایدر[1]، ۱۹۹۷) که نشان دهنده منابع حافظه‌کاری آزاد بیشتر است. به‌طور خلاصه، دانش قبلی یا خبرگی باعث کارایی بیشتر پردازش می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج که تفاوت مسیر پردازشی به عنوان یک چالش با نتیجه پژوهش حاضر مطرح است، که نیاز به پژوهش‌های بیشتر در این زمینه دارد. به طور کلی در تبیین اثربخشی خستگی ذهنی و عضلانی بر حافظه‌کاری می‌توان گفت فعالیت‌ها و عملکردهای ذهنی مداوم بر حافظه کاری نسبت به خستگی عضلانی مؤثرتر است. در پایان می‌توان بیان کرد نتایج تحقیق حاضر هم از منظر تئوری می‌تواند دانش پایه ما را در خصوص چگونگی خستگی ذهنی و عضلانی بر حافظه کاری بسط دهد و هم از نقطه نظر کاربردی می‌تواند خطوط راهنمایی را برای مربیان و افرادی که با تمرینات یا عملکرد شناختی و ذهنی مداوم کار می‌کنند ترسیم نماید. با توجه به ادبیات علوم ورزشی نیاز به تدوین و برنامه‌ریزی صحیح تمرینات بسیار با اهمیت است؛ اما در کنار این نکته، توجه به شرایط خستگی ذهنی و عضلانی ضروری به نظر می‌رسد. نداشتن کنترل بر عوامل بیرونی اثرگذار از جمله: تغذیه شرکت‌کنندگان، شرایط روحی، خواب، خستگی روزمره و ... از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود.

[1]- Schneider

سپاسگزاری

این پژوهش دارای تأییدیه اخلاق پژوهشی با کد IR.SBU.REC.1400.163 از کمیته اخلاق دانشگاه شهید بهشتی است. محققان از تمامی افراد شرکت‌کننده در پژوهش حاضر مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

References

Aaronson L, Teel C, Cassmeyer V, Neuberger G, Pallikkathayil L, Pierce J, Press N, Williams P, Wingate A. (1999). Defining and Measuring Fatigue. Journal of Nursing Scholarship, 31, 45-50.

Alarcon F, Urena N, Cardenas D. (2017). La fatiga mental deteriora el rendimiento en el tiro libre en baloncesto. Revista de psicología del deporte, 26, 33-36.

Allman L, Rice L. (2002). Neuromuscular fatigue and aging: central and peripheral factors. 25, 785-796.

Apriantono T, Nunome H, Ikegami Y, Sano S. (2006). The effect of muscle fatigue on instep kicking kinetics and kinematics in association football. Journal of sports sciences, 24, 951-960.

Arghami S, Ghoreishi A, Kamali K, Farhadi M. (2013). Investigating the consistency of mental fatigue measurements by visual analog scale (vas) and flicker fusion apparatus. Iranian Journal of Ergonomics, 1, 66-72. (In Persian)

Aune K, Ingevaldsen R, Ettema G. (2008). Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. Perceptual and motor skills, 106, 371-386.

Baddeley A, Hitch G. (1974). Working memory. Psychology of learning and motivation. Elsevier.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]

[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]

[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

Baddeley A. (2006). Working memory: An overview. 1-31.

Bainbridge F. (1923). The physiology of muscular exercise. Longmans. Green and Company.

Barzegarpoor H, Rajabi H, Button D, Fayazmilani R. (2021). The effect of simultaneous physical and brain endurance training on fatigue and exercise tolerance inactive people. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 9, 72-83. (In Persian)

Behrens M, Mau-moeller A, Lischke A, Katlun F, Gube M, Zschorlich V, Skriptiz R, Weippert M. (2017). Mental fatigue increases gait variability during dual-task walking in old adults. The Journals of Gerontology: Series A, 73, 792-797.

Bigland-ritchie B, Jones D, Hosking G, Edwards R, Medicine M. (1978). Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. 54, 609-614.

Boksem M, Meijman F, Lorist M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. Cognitive brain research, 25, 107-116.

Boksem M, Tops M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. 59, 125-139.

Brancheidt M, Kassavetis P, Anaya M, Rogers D, Huang D, Lindquist A, Celnik P. (2019). Fatigue induces long-lasting detrimental changes in motor-skill learning. eLife, 8, e40578.

Carriedo N, Corral A, Montoro R, Herreo L, Rucian P. (2016). Development of the updating executive function: From 7-year-olds to young adults. 52, 666.

Chaudhuri A, Behan L. (2004). Fatigue in neurological disorders. 363, 978-988.

Cook B, O'connor J, Lange G, Steffener N. (2007). Functional neuroimaging correlates of mental fatigue induced by cognition among chronic fatigue syndrome patients and controls. 36, 108-122.

Corsi M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain.

Darlings S, Dellasala S, Logie P. (2007). Behavioural evidence for separating components within visuo-spatial working memory. 8, 175-181.

Duncan J, Fowler N, George O, Joyce S, Hankey J. (2015). Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. Research in Sports Medicine, 23, 1-13.

Enoka M, Duchateau J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. The Journal of physiology, 586, 11-23.

Faber G, Maurits M, Lorist M. (2012). Mental fatigue affects visual selective attention. PloS one, 7, 48073.

Folstein F, Luria R. (1973). Reliability, validity, and clinical application of the visual analogue mood scale1. Psychological medicine, 3, 479-486.

Gastmann U, Lehmann M. (1998). Overtraining and the BCAA hypothesis. Sports, S. I. & Exercise. 30, 1173-1178.

Green H. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. 15, 247-256.

Habibifar F, Farsi A, Abdoli B. (2018). The Effect of Dual Task Interference on Gait in Aging: Role of Working Memory Components. JRISM & Behavior, 8, 93-102. (In Persian)

Hassanlouei H, Falla D, Arendet-nielsen L, Kersting U. (2014). The effect of six weeks endurance training on dynamic muscular control of the knee following fatiguing exercise. GJJOE & Kinesiology, 24, 682-688.

Hatami-Bahmanbegloo Z, Budini F, Hassanlouei H, Farsi A, Tilp M. (2022). Submaximal fatiguing contractions reduce stability of voluntary postural control more than maximal fatiguing contractions. Gait & Posture, 92, 407-412.

Holtzer R, Shuman M, Mahoney J, Lipton R, Verghese J. (2010). Cognitive fatigue defined in the context of attention networks. Aging, Neuropsychology and Cognition, 18, 108-128.

Huerstas F, Zahonero J, Sanabria D, Lupianez J. (2011). Functioning of the attentional networks at rest

vs. during acute bouts of aerobic exercise. Journal of Sport and Exercise Psychology, 33, 649-665.

Huffenus F, Amarantini D, Forestier N. (2006). Effects of distal and proximal arm muscles fatigue on multi-joint movement organization. Experimental brain research, 170, 438-447.

Huysmans M, Hoozemans M, Vander A, De looze M, Van deen J. (2008). Fatigue effects on tracking performance and muscle activity. Journal of Electromyography and Kinesiology, 18, 410-419.

Ishii A, Tanaka M, Watanabe Y. (2014). Neural mechanisms of mental fatigue. 25, 469-479.

Ishii A, Tanaka M, Yamano E, Watanabe Y. (2014). The neural substrates of physical fatigue sensation to evaluate ourselves: a magnetoencephalography study. 261, 60-67.

Jouanin J, Peres M, Ducorps A, Renault B. (2009). A dynamic network involving M1-S1, SII-insular, medial insular, and cingulate cortices controls muscular activity during an isometric contraction reaction time task. 30, 675-688.

Kayser B. (2003). Exercise starts and ends in the brain. 90, 419-411.

Kessels R, Van Zanvoordt M, Postma A, Kappelle L, Dehaan E. (2000). The Corsi block-tapping task: standardization and normative data. 7, 252-258.

Le mansec Y, Pageaux B, Nordez A, Dorel S, Jubeau M. (2018). Mental fatigue alters the speed and the accuracy of the ball in table tennis. Journal of sports sciences, 36, 2751-2759.

Lorist M, Klein M, Nieuwinhuis S, De jong R, Mulder T. (2000). Mental fatigue and task control: planning and preparation. Psychophysiology, 37, 614-625.

Lyons M, Al-nakeeb Y, Hankeay J, Nevill A. (2013). The effect of moderate and high-intensity fatigue on groundstroke accuracy in expert and non-expert tennis players. Journal of sports science & medicine, 12, 298.

Magill R, Anderson D. (2010). Motor learning and control, McGraw-Hill Publishing New York.

Marcora S, Staiano W, Manning V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. 106, 857-864.

Millet G, Lattier G, Maffiuletti N, Candau R. (2003). Alteration of neuromuscular function after a prolonged road cycling race. 24, 190-194.

Mohammadzadeh S, Farsi A, Khosrowabadi R. (2020). The Effect of Cognitive Fatigue on the Neural Efficacy of the Executive Control Network among Athletes: Dual Regulation System Model. Journal of Sport Psychology Studies (ie, mutaleat ravanshenasi varzeshi), 8, 41-56. (In Persian)

Murphy P, Robertson I, Balsters J, O'connel R. (2011). Pupillometry and P3 index the locus coeruleus–noradrenergic arousal function in humans. 48, 1543-1532.

Nyberg L, Forkstam C, Petersson M, Cabeza R, Ingvar M. (2002). Brain imaging of human memory systems: between-systems similarities and within-system differences. 13, 281-292.

Pageaux B, Lepers R. (2018). The effects of mental fatigue on sport-related performance. 240, 291-315.

Pageaux B, Marcora S, Lepers R. (2013). Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular function of the knee extensors. 45, 2254-2264.

Paus T, Koski L, Caramanos Z, Westbury C. (1998). Regional differences in the effects of task difficulty and motor output on blood flow response in the human anterior cingulate cortex: a review of 107 PET activation studies. 9, R37-R47.

Ream E, Richardson A. (1996). Fatigue: a concept analysis. International journal of nursing studies, 33, 519-529.

Rota S, Morel B, Saboul D, Rogowski I, Hautier C. (2014). Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis. Journal of Electromyography and Kinesiology, 24, 90-97.

Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. (2015). Effect of mental fatigue on speed–accuracy trade-off. Neuroscience. 297, 219-230.

Schnieder W, Shiffrin R. (1977). Controlled and automatic human information processing: I.

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]

[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]

Detection, search, and attention. Psychological review, 84, 1.

Smith M, Coutts J, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora S. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. Medicine and science in sports and exercise.

Smith M, Zeuwts L, Lenoir M, Hens N, De jong L, Coutts A. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. Journal of sports sciences, 34, 1297-1304.

Stroop R. (1992). Studies of interference in serial verbal reactions. Journal of Experimental Psychology: General, 121, 15.

Tanaka M, Watanabe N, Reviews B. (2012). Supraspinal regulation of physical fatigue. 36, 727-734.

Taylor L. (2013). Motor control and motor learning under fatigue conditions. Routledge handbook of motor control and motor learning. Routledge.

Tiesinga J, Dassen T, Halfens J. (1996). Fatigue: a summary of the definitions, dimensions, and indicators. International Journal of Nursing Knowledge, 7, 51-62.

Toepper M, Gebhardt H, Beblo T, Thomas C, Driessen M, Bischoff M, Blecker R, Vaitl D, Sammer G. (2010). Functional correlates of distractor suppression during spatial working memory encoding. Neuroscience,165, 1244-1253.

Trejo J, Kubitz K, Rosipal R, Kochavi L, Montgomery D. (2015). EEG-based estimation and classification of mental fatigue. Psychology. 6, 572.

Trendall J. (2000). Concept analysis: chronic fatigue. Journal of advanced nursing, 32, 1126-1131.

Tseng Y, Gajewski J, Kluding M. (2010). Reliability, responsiveness, and validity of the visual analog fatigue scale to measure exertion fatigue in people with chronic stroke: a preliminary study. Stroke research & treatment, 412964.

Vander linden D, Eling R. (2006). Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. 70, 395-402.

Vander linden D, Frese M, Meijman P. (2003). Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. 113, 45-65.

Vander linden D. (2011). The urge to stop: The cognitive and biological nature of acute mental fatigue.

Vandierendonck A, Kemps E, Fastame C, Szmalec A. (2004). Working memory components of the Corsi blocks task. British journal of psychology, 95, 57-79.

Veness D, Patterson D, Jeffries O, Waldron M. (2017). The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. Journal of sports sciences, 35, 2461-2467.

Walker P, Chang M, Younger N, Granthom-mcgarigur M. (2010). The effect of psychosocial stimulation on cognition and behaviour at 6 years in a cohort of term, low-birthweight Jamaican children. Developmental Medicine & Child Neurology, 52, e148-e154.

Williams S, Biel L, Wegier P, Lapp K, Dyson J, Spaniol B. (2016). Age differences in the Attention Network Test: Evidence from behavior and event-related potentials. 102, 65-79.

Wright A, Stewart C, Barnett P. (2008). Mental fatigue influence on effort-related cardiovascular response: Extension across the regulatory (inhibitory)/non-regulatory performance dimension. 69, 127-133.

Zabihhosseinian M, Yielder P, Holmes W, Murphy B. (2019). Neck muscle fatigue affects performance of an eye-hand tracking task. Journal of Electromyography and Kinesiology, 47, 1-9. (In Persian)

[Downloaded from shenakht.muk.ac.ir on 2025-10-16]

[DOR: 20.1001.1.25886657.1401.9.2.11.4]

[DOI: 10.32598/shenakht.9.2.35]