

مقایسه تاثیر خستگی جسمی، ذهنی و ترکیبی بر توانایی‌های شناختی و عملکرد حافظه کاری

پروانه شمسی‌پور دهکردی^{۱*}، مریم خلجی^۲، فائزه خوشدونی فراهانی^۳

^۱ دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

^۲ گروه مربیگری ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ دانشجوی دکتری رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران. ایمیل: p.shamsipour@alzahra.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳

چکیده

مقدمه: خستگی به احساس کاهش انرژی در افراد پس از انجام فعالیت شناختی یا بدنی اشاره دارد و به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده در میزان یادگیری و اجرای مهارت‌های حرکتی است.

اهداف: هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر خستگی جسمی، ذهنی و ترکیبی بر توانایی‌های شناختی و حافظه کاری بود.

مواد و روش: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سه گروه آزمایش و یک گروه کنترل انجام شد. ۶۰ دانشجوی (با میانگین سنی $25/87 \pm 7/53$ ، راست دست، دارای سلامت عمومی، عادات خواب مناسب، عدم مصرف دارو و الکل) به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی در چهار گروه خستگی ذهنی، خستگی جسمی، خستگی جسمی-ذهنی و کنترل قرار گرفتند. در مرحله پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان پرسشنامه توانایی شناختی نجاتی را تکمیل و آزمون N-BACK را برای سنجش حافظه کاری اجرا کردند. برای ایجاد خستگی ذهنی از تکلیف استروپ (به‌مدت ۶۰ دقیقه) و برای ایجاد خستگی جسمی از فعالیت‌های بدنی و ورزشی (به مدت ۶۰ دقیقه) استفاده شد. شرکت‌کنندگان گروه‌های آزمایشی متناسب با گروه‌های خود، پرسشنامه مقیاس آنالوگ بینایی را برای سنجش میزان خستگی ذهنی و مقیاس خستگی بورگ را برای سنجش خستگی جسمانی قبل و بعد از اعمال پروتکل خستگی تکمیل کردند. ۴۸ ساعت پس از مرحله پیش‌آزمون، مجدد هر چهار گروه پرسشنامه توانایی شناختی نجاتی را تکمیل و آزمون N-BACK را اجرا کردند.

نتایج: نتایج نشان داد هر دو نوع خستگی منجر به کاهش متغیرهای توانایی شناختی و حافظه کاری افراد مبتدی شد ($P = 0/0001$) اما این کاهش به‌طور معنی‌دار در گروه‌های خستگی ذهنی و خستگی جسمی-ذهنی بیشتر از گروه خستگی جسمانی بود.

نتیجه‌گیری: خستگی ذهنی و جسمی در شرایط یادگیری منجر به اختلال در توانایی شناختی و حافظه کاری در افراد می‌شود اما میزان اثرگذاری خستگی جسمی بر توانایی‌های شناختی و عملکرد حافظه کاری کمتر از خستگی ذهنی است.

کلمات کلیدی: خستگی ذهنی، خستگی جسمانی، حافظه کاری، شناخت

۱. مقدمه

دارد (۷، ۸). عوامل مختلف از جمله کمبود ویتامین B₁₂، کمبود خواب، کمبود اکسیژن، انواع خاصی از تشنج، اضطراب و افسردگی، سیگار کشیدن و خستگی باعث کاهش کارکرد حافظه می‌شود (۹-۱۱). علاوه بر عملکرد حافظه کاری، توانایی‌های شناختی نیز از خستگی تاثیرپذیر هستند (۱۲، ۱۳). هرگونه اختلال در مغز از جمله خستگی موجب نقص در کارکردهای شناختی شده و به تبع آن رفتارهای فرد را در زندگی روزانه مختل می‌سازد (۱، ۱۴). خستگی ذهنی تاثیر خود را با افزایش خطا و زمان واکنش کندتر در طول انجام

خستگی ناشی از تمرینات بدنی، منجر به تضعیف اجرا می‌شود که ناشی از فرایندهای حسی و حرکتی است (۱-۳). فرد خسته ممکن است ظرفیت بدنی کم، انگیزه کم برای کار کردن، حافظه ضعیف، کاهش توجه و تمرکز، پردازش ضعیف و ناتوانی در برابر مواجهه‌شدن با چالش‌ها، افزایش حساسیت و از بین رفتن عملکردهای اجتماعی را نشان دهد (۳-۶). حافظه کاری، یکی از مهمترین عملکردهای شناختی است که به توانایی ذخیره موقت و دستکاری اطلاعات لازم برای تکمیل تکالیف پیچیده برای مدت زمان کوتاه اشاره

(3.1.9.7 G*Power) تعیین شد. برای دستیابی به توان 0.80 با $\alpha = 0.05$ ، اندازه اثر 0.50 ، تعداد گروه 4 ، برای آزمون آماری (fixed effect, special, main effects and) AVONA (interaction) و نوع تحلیل توان (compute required) (sample size- given α , power, and effect size)، حجم نمونه 60 نفر تخمین زده شد. به منظور انجام این پژوهش 60 شرکت کننده (جنسیت: مونث، میانگین سنی $25/87 \pm 7/53$ ، راست دست، با بینایی نرمال، عادات خواب مناسب، عدم مصرف دارو و الکل، از نظر جسمانی، روانی و شناختی سالم و بدون مشکل عصبی)، آشنایی قبلی با فعالیت‌های ارائه شده در پژوهش نداشتند، به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. شرکت کنندگان به‌طور تصادفی به چهار گروه کنترل (15 نفر)، خستگی ذهنی (15 نفر)، خستگی جسمی (15 نفر) و خستگی جسمی-ذهنی (15 نفر) تقسیم شدند. تمامی شرکت کنندگان قبل از شرکت در مطالعه، رضایت‌نامه کتبی و فرم اطلاعات فردی را تکمیل نمودند. آزمودنی‌هایی که در حین اجرای پروتکل پژوهش مایل به ادامه همکاری نبودند، بیمار شده بودند یا براساس نمرات مقیاس آنالوگ بینایی و بورگ خسته نشده بودند، از روند انجام پژوهش خارج شدند. پیش از جمع‌آوری داده‌ها از پژوهشگاه علوم ورزشی کد اخلاق SSRI.REC-2205-1620 اخذ شد.

۲.۲. ابزار و شیوه گردآوری داده‌ها

ابزار مورد استفاده در این پژوهش پرسشنامه اطلاعات دموگرافیک، فرم رضایت آگاهانه، آزمون استروپ به‌منظور ایجاد خستگی ذهنی (پایایی این آزمون از طریق آزمون-آزمون مجدد 0.82 و روایی آن 0.85 است (۳۲)). پرسشنامه مقیاس آنالوگ بینایی (با شاخص روایی محتوای 0.72 درصد برای سنجش خستگی شناختی)، مقیاس بورگ ($0.6-2.0$) روایی 0.84 برای سنجش خستگی جسمانی، توپ و راکت بدمینتون به‌منظور ایجاد خستگی جسمانی، لپ تاپ و همچنین ضربان سنج پولار بود.

۳.۲. پرسشنامه توانایی شناختی

این پرسشنامه در سال 1392 توسط نجاتی طراحی و رواسازی شد. دارای 37 گویه شامل موقعیت‌های روزانه نیازمند توانایی شناخت (حافظه، کنترل مهارت و توجه انتخابی، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، توجه پایدار، شناخت اجتماعی و انعطاف‌پذیری شناختی) است، در مقیاس لیکرت پنج‌گزینه‌ای از یک (تقریباً هرگز) تا پنج (تقریباً همیشه) نمره‌گذاری می‌شود. روایی و پایایی پرسشنامه مورد قبول گزارش شده است (تصویر ۱) (۱).

تکالیف شناختی ساده نشان می‌دهد و باعث تغییر فعالیت مغز بر سیستم پاداش، تمرکز ذهنی و انگیزه می‌شود (۱۷-۱۵). پراگر و همکاران و کائور و همکاران بیان کردند خستگی ذهنی نقش مهمی در تفاوت قدرت باند آلفا در افراد مسن دارد و باعث کاهش عملکرد حافظه کاری می‌شود (۱۸-۲۰). وسون، مطرح کرد خستگی ذهنی می‌تواند باعث ایجاد آسیب به سلول‌های مغزی هیپوکمپ، توجه و حافظه شود (۲۱). آنجیوس و همکاران نشان دادند خستگی جسمی و ذهنی اثرات منفی و تجمعی بر هوشیاری روانی حرکتی دارد (۱۱). مطالعاتی که با هدف بررسی تأثیر خستگی عضلانی بر مهارت‌های حرکتی انجام شده است، به نتایج متناقضی دست یافته‌اند. به‌طوری که برخی از آن‌ها اثر منفی خستگی عضلانی بر مهارت‌های حرکت (۲۲، ۲۳) و برخی دیگر اثری را نشان نداده‌اند (۲۴-۲۷). پژوهش‌هایی نیز نشان دادند خستگی عضلانی زیر بیشینه تأثیری بر عملکرد حافظه کاری ندارد اما خستگی جسمانی بیشینه می‌تواند بر حافظه کاری اثر منفی بگذارد (۲۸-۳۱). با توجه به وجود یافته‌های ضدونقیض در مورد میزان اثرگذاری خستگی بر عملکرد، پژوهش حاضر به دنبال بررسی تأثیر خستگی بر توانایی‌های شناختی و حافظه کاری است. میزان تأثیر خستگی بر ظرفیت پردازش شناختی و چگونگی تأثیر آن بر کنترل شناختی- حرکتی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است، زیرا افراد اغلب درحالی که خسته هستند مجبور به انجام فعالیت هستند. خستگی اغلب در سطح عضلانی تأثیرگذار است با این حال، شواهدی وجود دارد که خستگی ناشی از فعالیت بدنی شدید ممکن است منجر به کاهش در پردازش شناختی شود (۳۰). با توجه به نقش مهمی که پردازش شناختی کارآمد در کنترل شناختی- حرکتی ایفا می‌کند، کاهش بالقوه در عملکرد شناختی مرتبط با خستگی می‌تواند توانایی افراد را در تکالیف شناختی و حرکتی بدون آسیب به خطر بیندازد (۳۱). لذا یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند در حوزه‌های شناختی حرکتی قابل کاربرد باشد.

۲. مواد و روش‌ها

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با هدف کاربردی، طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه‌های آزمایشی و کنترل بود.

۱.۲. شرکت کنندگان

جامعه آماری پژوهش حاضر را دانشجویان دختر تهران تشکیل داد. تعداد نمونه براساس نرم‌افزار جی پاور نسخه

پرسش‌نامه توانایی‌های شناختی

سن:	جنس:	تحصیلات:	شغل:	وضعیت تاهل:
-----	------	----------	------	-------------

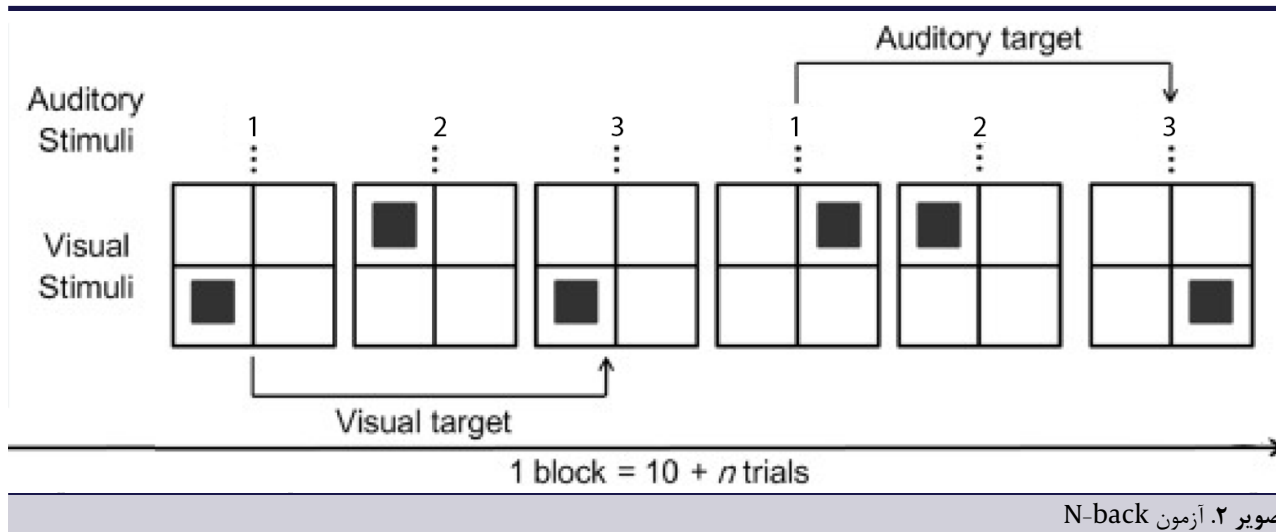
افراد در موقعیت‌های مختلف متفاوت از یکدیگر عمل می‌کنند. به هر یک از سوالات زیر بر اساس رفتار خود، پاسخ دهید. ارزش اعداد برای نمره دهی بدین ترتیب است: ۱- تقریباً هرگز ۲- به ندرت ۳- گاهی اوقت ۴- اغلب ۵- تقریباً همیشه						
۱.	به خاطر آوردن کارهایی که قصد انجام دادن آن‌ها را دارم، مشکل است.					
۲.	به خاطر آوردن وقایعی که هفته گذشته برایم روی داده است، مشکل است.					
۳.	اسامی افرادی که هر روز با آن‌ها سرو کار دارم، یادم می‌رود.					
۴.	شناسایی افرادی که قبلاً ملاقات کرده‌ام، مشکل است.					
۵.	من فراموش می‌کنم به چه منظوری از خانه بیرون آمده‌ام.					
۶.	در گفت‌وگو موضوع مکالمه را فراموش می‌کنم و دائم حاشیه می‌روم.					
۷.	انجام همزمان دوکار برایم مشکل است و حواسم را پرت می‌کند.					
۸.	تغییر عادت موجب احساس ناراحتی و تشویش در من می‌شود.					
۹.	یادگیری مهارت‌های جدید برایم سخت است.					
۱۰.	من با کوچکترین صدایی تمرکزم از بین می‌رود.					
۱۱.	من در جمع نظرات نامناسبی ارائه می‌دهم که بعداً متوجه می‌شوم که بهتر بود ناکفته باقی می‌ماند.					
۱۲.	خیلی وقت‌ها به یاد کارهایی که قبلاً انجام داده‌ام می‌افتم، از نسجیده بودن آن‌ها تعجب می‌کنم.					
۱۳.	پاداش سریع کم را بر پاداش زیاد دیرتر ترجیح می‌دهم.					
۱۴.	سرعت انجام کارها از دقت آن‌ها برایم مهم‌تر است.					
۱۵.	در تصمیم‌گیری حوصله سبک و سنگین کردن شرایط را ندارم و دم‌دست‌ترین گزینه را انتخاب می‌کنم.					
۱۶.	انتظار کشیدن برایم سخت است. مثلاً یک دقیقه پشت چراغ قرمز ایستادن برایم خیلی طولانی به نظر می‌آید.					
۱۷.	در حین انجام کار نمی‌توانم بین ابعاد مهم و غیرمهم کار تفاوت قائل شوم و هر کاری دم‌دستم بود انجام می‌دهم.					
۱۸.	برای دستیابی به اهداف بلند مدت خود، نمی‌توانم اهداف کوتاه مدت و نقشه رسیدن به آن‌ها را ترسیم کنم.					
۱۹.	من برنامه‌ریزی طولانی مدتی برای آینده خود ندارم.					
۲۰.	برنامه‌ریزی کارهای روزانه برایم دشوار است.					
۲۱.	من نمی‌توانم مدت زیادی به حرف‌های افرادی که شمرده و کند حرف می‌زنند، گوش کنم.					
۲۲.	اگر بخواهم شیر اجاق گاز را کم کنم، معمولاً آن را خاموش می‌کنم.					
۲۳.	گوش دادن به یک سخنرانی تلویزیونی به‌طور کامل، برایم خسته‌کننده است.					
۲۴.	در صورتی که یک فرد در یک جلسه اجتماعی معذب باشد، من کاری می‌کنم که فرد حس راحت‌تری پیدا کند.					
۲۵.	به اینکه دیگران به حرف‌هایم گوش کنند، توجه می‌کنم.					
۲۶.	می‌توانم منظور افراد را با نگاه کردن به آن‌ها متوجه شوم.					
۲۷.	من فراموش می‌کنم وسایلم را کجا گذاشته‌ام و دائم دنبال وسایلم می‌گردم.					
۲۸.	خیلی وقت‌ها تصمیمی می‌گیرم که عواقب آن را در نظر نگرفته و بعداً پشیمان می‌شوم.					
۲۹.	بیش از ده دقیقه نمی‌توانم روی یک موضوع (مثلاً مطالعه) تمرکز کنم.					
۳۰.	نمی‌توانم در حین گوش دادن به یک سخنرانی از آن یادداشت بردارم.					

تصویر ۱. پرسشنامه توانایی شناختی

۴.۲. نرم‌افزار حافظه کاری N-back

برای سنجش حافظه کاری از نرم‌افزار حافظه کاری دیداری فضایی (N-back) استفاده شد. در این برنامه مربع آبی در یک جدول هشت خانه‌ای به‌طور تصادفی و برای چند ثانیه نمایان می‌شود. تکلیف شرکت‌کنندگان این است که وقتی حدس بزنند مکان مربع آبی روشن شده در دو مرحله قبل

با این مرحله یکی است یا نه. با گذشت زمان نرم‌افزار به‌صورت خودکار سطح دشواری تکالیف را بالا می‌برد. حرف N در این نرم‌افزار نشان‌دهنده این است که شرکت‌کننده باید چند مرحله قبل را به یاد داشته باشد. تا درباره نتیجه تکلیف‌ها، نوع ضربه‌ها و یکی بودن آن‌ها تصمیم‌گیری کند و پاسخ دهد. برای پژوهش حاضر از سطح ۱ نرم‌افزار استفاده شد (۳۳، ۳۴) (تصویر ۲).



۵.۲. روش اجرا

حجم نمونه براساس نرم افزار جی پاور ۶۰ نفر برآورد شد. شرکت کنندگان براساس معیارهای ورود به مطالعه انتخاب و به طور تصادفی به چهار گروه کنترل (۱۵ نفر)، خستگی ذهنی (۱۵ نفر)، خستگی جسمی (۱۵ نفر) و خستگی جسمی-ذهنی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. سپس نحوه اندازه گیری حافظه کاری و توانایی های شناختی توضیح و سپس روش اعمال خستگی ها به طور مبسوط شرح داده شد.

۶.۲. مداخله خستگی جسمانی

برای ایجاد خستگی جسمانی مطابق پروتکل پژوهش لوازو-تاوپنن (۲) عمل شد. بر این اساس جلسه خستگی با شدت مشخص توسط مربی طراحی شد. این جلسه، شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن و ۶۰ دقیقه تمرین جسمانی دویدن بود. به شرکت کنندگان دستور داده شد تا با حداکثر سرعت ممکن به دویدن بپردازند. ضربان قلب آزمودنی ها در مراحل پیش آزمون و اعمال مداخله با ضربان سنج پولار ارزیابی شد.

۷.۲. مداخله خستگی ذهنی

برای ایجاد خستگی ذهنی مطابق پژوهش کوزاک و همکاران (۳۵) و محمدزاده و همکاران (۳۶) تکلیف استروپ به مدت ۶۰ دقیقه اجرا شد. در تکلیف استروپ به صورت رنگ کلمه، شرکت کنندگان باید بدون توجه به معنی کلمه، یکی از چهار کلید رنگی روی صفحه کلید (زرد، قرمز، آبی، سبز) را که مطابق با رنگ جوهر کلمه بود فشار می دادند. این روش به فرایند کنترل توجه (نامگذاری رنگ کلمه) و فرایند کنترل خودکار (خواندن) معطوف می شود. تداخل نامگذاری رنگ کلمه با فرایند خواندن باعث ایجاد اثر استروپ می شود که منجر به بازداری ذهنی می شود (۳۵). با این حال، برای

معنی کلمه، شرکت کننده مجبور بود دستورالعمل قبلی را نادیده بگیرد و به کلمه توجه کند نه رنگ جوهر. برای مثال، هنگامی که کلمه زرد به رنگ قرمز ظاهر می شد، شرکت کننده باید کلید را مطابق با کلمه نوشته شده، یعنی کلید زرد، فشار می داد. ضربان قلب آزمودنی ها در مراحل پیش آزمون و اعمال مداخله با ضربان سنج پولار ارزیابی شد. ابتدا در مورد اهداف و روش اجرای پژوهش توضیحاتی یکسان به شرکت کنندگان داده شد. از آن ها خواسته شد پرسشنامه مربوط به داده های دموگرافیک را برای جمع آوری اطلاعات در حوزه بینایی، مشکلات مربوط به سیستم عصبی و مصرف داروهای خاص تکمیل کنند. قبل از شروع مراحل اجرایی پژوهش، رضایت نامه کتبی از هر یک از شرکت کنندگان گرفته شد. قبل از ورود شرکت کنندگان به پژوهش و قبل از ارزیابی آزمون ها در پیش آزمون، ضربان سنج پولار به دور قفسه سینه آزمودنی ها بسته شد و از آزمودنی های گروه خستگی ذهنی درخواست شد مقیاس آنالوگ بصری، از شرکت کنندگان گروه خستگی جسمانی درخواست شد مقیاس بصری، از شرکت کنندگان گروه ترکیبی درخواست شد هر دو مقیاس را به منظور کنترل شدت تمرین در طول مداخله و بررسی رخداد خستگی تکمیل نمایند. سپس در مرحله پیش آزمون، گروه خستگی ذهنی، خستگی جسمانی، خستگی جسمی-ذهنی و کنترل پرسشنامه توانایی شناختی را تکمیل کردند و سپس آزمون N-back را نیز انجام دادند.

۴۸ ساعت پس از پیش آزمون، جهت کنترل ضربان قلب به منظور سنجش حجم و شدت تمرین، ضربان سنج پولار مجدد در فرایند اعمال مداخله برای گروه های آزمایش و کنترل (۶۰ دقیقه قبل از اجرای آزمون های توانایی شناختی و حافظه کاری) به دور قفسه سینه شرکت کنندگان بسته شد. شرکت کنندگان گروه خستگی ذهنی پرسشنامه مقیاس آنالوگ بینایی را برای سنجش خستگی ذهنی، گروه خستگی جسمانی پرسشنامه بورگ

۸.۲. تحلیل داده‌ها

از آمار توصیفی برای تعیین شاخص مرکزی (میانگین) و شاخص پراکندگی (انحراف معیار) و ترسیم نمودارها و جداول استفاده شد. برای تحلیل نمره کل و مؤلفه‌های توانایی شناختی، قبل از استفاده از آزمون پارامتریک تحلیل کواریانس چندمتغیری جهت رعایت فرض‌های آن، از آزمون‌های باکس استفاده شد. برای تعیین توزیع جامعه (نرمال بودن داده‌ها) از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. برای تعیین محل تفاوت‌ها در گروه‌های آزمایشی و کنترل از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای بررسی تاثیر نوع خستگی بر نمره کلی و مؤلفه‌های توانایی‌های شناختی از تحلیل کواریانس چندمتغیره استفاده شد. برای تحلیل میانگین نمره حافظه کاری ان بک، از تحلیل واریانس (گروه‌های آزمایشی و کنترل) * ۴ (مراحل پیش و پس از آزمون) ۲ با تکرار روی عامل مراحل ارزیابی استفاده شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 25 انجام شد.

۳. نتایج

داده‌های مربوط به سن و ضربان قلب هر چهار گروه در مراحل پیش‌آزمون، دقیقه اول فعالیت، دقیقه ۱۵ فعالیت و پایان فعالیت در جدول ۱ ارائه شده است.

را برای سنجش خستگی جسمانی و گروه خستگی جسمی-ذهنی هردو پرسشنامه را تکمیل کردند. برای ایجاد خستگی ذهنی در این پژوهش، ۶۰ دقیقه آزمون استروپ اجرا شد و سپس جهت اطمینان از رخداد خستگی ذهنی، شرکت‌کنندگان مجدداً پرسشنامه مقیاس آنالوگ بینایی را تکمیل کردند. گروه خستگی جسمانی نیز بلافاصله توسط مربی ۶۰ دقیقه به تمرین جسمانی پرداختند و مجدد مقیاس بورگ را تکمیل کردند. گروه خستگی ذهنی-جسمی بعد از تکمیل کردن پرسشنامه‌ها به صورت کانتربالانس، نیمی از شرکت‌کنندگان این گروه ابتدا تمرین بدنی (۳۰ دقیقه مشابه با گروه خستگی جسمی) و بلافاصله آزمون استروپ (۳۰ دقیقه مشابه با گروه خستگی ذهنی) را انجام دادند و نیم دیگری از شرکت‌کنندگان ابتدا آزمون استروپ (۳۰ دقیقه مشابه با گروه خستگی ذهنی) و بلافاصله تمرین بدنی (۳۰ دقیقه مشابه با گروه خستگی جسمی) را انجام دادند. مجدد جهت سنجش رخداد خستگی جسمی-ذهنی هر دو مقیاس بورگ و آنالوگ بینایی را تکمیل کردند. چنانچه بین پاسخ آزمودنی‌ها در مراحل ارزیابی مقیاس بورگ (جهت سنجش میزان خستگی جسمانی) و آنالوگ بینایی (جهت سنجش میزان خستگی ذهنی) و همچنین بین ضربان قلب تفاوت نبود، آزمودنی از مراحل ارزیابی توانایی‌های شناختی و آزمون حافظه کاری کنار گذاشته می‌شد. سپس هر چهار گروه مانند پیش‌آزمون پرسشنامه توانایی شناختی را تکمیل و آزمون N-back را انجام دادند (۳۶).

جدول ۱. سن و پاسخ‌های فیزیولوژیکی (میانگین و انحراف معیار) در گروه‌های آزمایشی و کنترل

متغیر	گروه خستگی ذهنی	گروه خستگی جسمی	گروه خستگی جسمی-ذهنی	گروه کنترل
سن	۲۶/۲ (۶/۷)	۲۵/۵ (۴/۵)	۲۴/۷ (۷/۷)	۲۷/۵ (۴/۶)
ضربان قلب (HR)				
پیش‌آزمون	۷۴/۵ (۸/۶)	۷۹/۲ (۷/۳)	۷۸/۵ (۸/۳)	۸۰/۵ (۵/۳)
دقیقه اول	۹۱/۵ (۱۳/۶)	۱۲۲/۳ (۱۵/۸)	۱۰۱/۷ (۱۰/۱)	۸۸/۸ (۱۰/۸)
دقیقه ۱۵	۱۲۳/۴ (۱۲/۱)	۱۶۸/۵ (۱۳/۵)	۱۴۱/۹ (۱۵/۹)	۹۳/۶ (۹/۷)
پایان فعالیت	۱۴۶/۵ (۱۱/۶)	۱۷۵/۷ (۱۸/۸)	۱۵۹/۴ (۱۴/۶)	۹۵/۹ (۱۰/۶)

شاخص‌های توصیفی متغیر توانایی شناختی و مؤلفه‌های آن به تفکیک گروه‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۲

جدول ۲. اطلاعات توصیفی مربوط به توانایی‌های شناختی گروه‌های آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

آماره	گروه خستگی ترکیبی	گروه خستگی ذهنی	گروه خستگی جسمی	گروه کنترل
حافظه کاری (مدت زمان پاسخ)				
پیش‌آزمون	۳۴/۵۵ (۶/۸۷)	۳۸/۰۰ (۱۲/۲۲)	۳۷/۰۵ (۵/۷۹)	۳۶/۷۳ (۱۱/۹۷)
پس‌آزمون	۳۰/۷ (۵/۸۲)	۳۰/۹۴ (۸/۵۸)	۳۴/۳۵ (۵/۰۱)	۳۷/۶۳ (۱۱/۶۹)
توجه انتخابی				
پیش‌آزمون	۱۲/۳۷ (۱/۳۱)	۱۱/۹۳ (۱/۲۶)	۱۲/۰۷ (۱/۴۴)	۱۲/۲۱ (۱/۳۶)

پس آزمون	۱۴/۲۱ (۱/۵۶)	۱۴/۵۷ (۱/۳۱)	۱۳/۲۸ (۱/۲۵)	۱۲/۶۵ (۱/۴۱)
تصمیم گیری				
پیش آزمون	۱۱/۱۰ (۱/۲۳)	۱۱/۵۱ (۱/۱۳)	۱۰/۷۹ (۱/۲۹)	۱۱/۲۹ (۱/۶۴)
پس آزمون	۱۳/۵۶ (۱/۲۶)	۱۳/۸۵ (۱/۳۸)	۱۲/۷۶ (۱/۳۸)	۱۱/۶۲ (۱/۴۲)
برنامه ریزی				
پیش آزمون	۱۱/۵۵ (۱/۲۹)	۱۰/۹۲ (۱/۱۹)	۱۱/۰۲ (۱/۳۳)	۱۱/۱۴ (۱/۲۹)
پس آزمون	۱۳/۳۷ (۱/۲۰)	۱۴/۱۰ (۱/۴۹)	۱۳/۴۸ (۱/۶۱)	۱۱/۲۲ (۱/۳۷)
توجه پایدار				
پیش آزمون	۷/۹۸ (۱/۳۹)	۷/۴۴ (۱/۲۷)	۷/۷۲ (۱/۱۳)	۷/۲۱ (۱/۱۹)
پس آزمون	۸/۵۷ (۱/۲۷)	۹/۷۴ (۱/۱۱)	۸/۱۷ (۱/۳۳)	۷/۶۴ (۱/۲۹)
شناخت اجتماعی				
پیش آزمون	۶/۵۱ (۱/۰۲)	۵/۷۳ (۱/۰۲)	۶/۲۲ (۰/۸۵)	۶/۳۸ (۱/۱۶)
پس آزمون	۸/۰۶ (۱/۲۹)	۸/۴۳ (۱/۸۸)	۷/۹۰ (۱/۳۵)	۶/۹۴ (۰/۹۸)
انعطاف پذیری				
پیش آزمون	۶/۱۹ (۱/۰۸)	۶/۴۳ (۱/۱۴)	۶/۵۲ (۱/۲۵)	۵/۸۹ (۰/۹۹)
پس آزمون	۷/۸۹ (۱/۰۶)	۸/۳۴ (۱/۴۳)	۸/۱۲ (۱/۲۷)	۶/۴۲ (۰/۸۲)
حافظه				
پیش آزمون	۱۲/۱۳ (۱/۴۰)	۱۲/۰۹ (۱/۱۹)	۱۲/۴۸ (۱/۱۸)	۱۳/۷۵ (۱/۹۴)
پس آزمون	۱۳/۷۳ (۱/۲۹)	۱۶/۰۴ (۱/۲۶)	۱۴/۰۱ (۱/۴۹)	۱۳/۸۸ (۲/۰۲)
توانایی های شناختی				
پیش آزمون	۶۷/۸۵ (۳/۰۷)	۶۶/۰۷ (۳/۴۵)	۶۶/۸۲ (۳/۰۱)	۶۷/۸۹ (۳/۹۱)
پس آزمون	۷۹/۴۰ (۴/۵۲)	۸۵/۴۱ (۴/۴۴)	۷۷/۷۱ (۴/۷۷)	۷۰/۳۸ (۳/۳۲)

همانطور که در **جدول ۲** نشان داده شده است، در مؤلفه‌ها و نمره کل توانایی‌های شناختی و حافظه کاری، میانگین گروه‌های آزمایشی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون افزایش یافته است. قبل از استفاده از آزمون پارامتریک برای تحلیل توانایی شناختی و حافظه، برای تعیین توزیع جامعه (نرمال بودن داده‌ها) از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد (**جدول ۳**). برای متغیرهای توانایی‌های شناختی و عملکرد حافظه در پیش‌آزمون برای گروه‌های آزمایش و

کنترل سطح معنی‌داری بیشتر از ۰/۰۵ بود که نشان‌دهنده طبیعی بودن توزیع است (**جدول ۲**). نتایج آزمون باکس برای متغیر حافظه کاری ($\text{Box}, S M = ۵۹/۱۳, P = ۰/۱$) و برای متغیر توانایی شناختی ($\text{Box}, S M = ۱۵/۹۲, P = ۰/۰۹$) معنی‌دار نبود ($۰/۰۵ < P$) بنابراین شرط همگنی ماتریس‌های واریانس-کوارینانس به‌درستی رعایت شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون شاپیرو ویلک جهت بررسی نرمال بودن داده پیش‌آزمون گروه‌ها در متغیرهای حافظه کاری و توانایی‌های شناختی

متغیر	آماره	درجات آزادی	P
پیش‌آزمون حافظه کاری			
کنترل	۰/۹۵	۱۹	۰/۳۹
خستگی ذهنی	۰/۹۳	۱۸	۰/۲۵
خستگی جسمانی	۰/۹۴	۲۰	۰/۱۵
خستگی ترکیبی	۰/۹۶	۱۸	۰/۵۱

پیش‌آزمون توانایی‌های شناختی

کنترل	۰/۹۸	۱۹	۰/۹۷
خستگی ذهنی	۰/۹۶	۱۸	۰/۵۳
خستگی جسمانی	۰/۹۱	۲۰	۰/۱
خستگی ترکیبی	۰/۹۳	۱۸	۰/۲۶

برای بررسی تاثیر نوع خستگی بر مؤلفه‌ها و نمره کلی توانایی‌های شناختی از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد که نتایج آن در **جدول ۳** گزارش شده است. با توجه به **جدول ۳**، آماره F تحلیل کوواریانس چندمتغیری بررسی تفاوت گروه‌های آزمایش و کنترل در نمره کلی و مؤلفه‌های توانایی شناختی ($F(21, 180) = 4/93, P = 0/001, \eta^2 = 0/36$) معنی‌دار است؛

بنابراین می‌توان گفت بین گروه‌های آزمایش و کنترل از لحاظ مؤلفه‌های توانایی شناختی در پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد. برای بررسی اینکه گروه‌های آزمایش و کنترل در کدامیک از مؤلفه‌های توانایی شناختی با یکدیگر تفاوت دارند، در **جدول ۴**، نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره در متن مانکوا گزارش شده است.

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیری تفاوت گروه‌های آزمایش و کنترل در نمره کلی و مؤلفه‌های توانایی شناختی

آزمون	مقدار	آماره F	df فرضیه	df خطا	P	η^2
اثر پیلاپی	۱/۰۹	۴/۹۳	۲۱	۱۸۰	۰/۰۰۱	۰/۳۶
لامبدای ویلکز	۰/۱۸۸	۶/۲۸	۲۱	۱۶۷/۰۹	۰/۰۰۱	۰/۴۳
اثر هوتلینگ	۲/۹۲	۷/۸۸	۲۱	۱۷۰	۰/۰۰۱	۰/۴۹
بزرگترین ریشه روی	۲/۴۱	۲۰/۶۵	۷	۶۰	۰/۰۰۱	۰/۷۱

براساس نتایج حاصل از آزمون مانکوا (**جدول ۵**)، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون، آماره F برای مؤلفه‌های وابسته شامل حافظه ($F(3, 64) = 20/32, P = 0/001, \eta^2 = 0/48$)، توجه انتخابی ($F(3, 64) = 6/18, P = 0/001, \eta^2 = 0/23$)، تصمیم‌گیری ($F(3, 64) = 9/43, P = 0/001, \eta^2 = 0/43$)، برنامه‌ریزی ($F(3, 64) = 15/77, P = 0/001, \eta^2 = 0/42$)، پایدار ($F(3, 64) = 11/73, P = 0/001, \eta^2 = 0/35$)، شناخت اجتماعی ($F(3, 64) = 6/12, P = 0/001, \eta^2 = 0/22$)

($F(3, 64) = 44/42, P = 0/001, \eta^2 = 0/19$) و توانایی‌های شناختی ($F(3, 64) = 44/42, P = 0/001, \eta^2 = 0/68$) معنی‌دار است؛ با توجه به اندازه اثر محاسبه شده $0/48$ تغییر در مؤلفه حافظه، $0/23$ تغییر در مؤلفه توجه انتخابی، $0/43$ تغییر در مؤلفه تصمیم‌گیری، $0/42$ تغییر در مؤلفه برنامه‌ریزی، $0/35$ تغییر در مؤلفه پایدار، $0/22$ تغییر در مؤلفه انعطاف‌پذیری شناختی، $0/19$ تغییر در مؤلفه شناخت اجتماعی و $0/68$ تغییر در نمره کلی توانایی‌های شناختی بوده است.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیری در متن مانکوا مربوط به میانگین نمره‌های پس‌آزمون نمره کلی و مؤلفه‌های متغیر توانایی‌های شناختی در گروه‌های آزمایش و کنترل

گروه و منبع	مجموع مجذورات	درجات آزادی	میانگین مجذورات	F	P	η^2
حافظه	۱۱۳/۳۹	۳، ۶۴	۳۷/۷۹	۲۰/۳۲	۰/۰۰۱	۰/۴۸
توجه انتخابی	۳۷/۴۵	۳، ۶۴	۱۲/۴۸	۶/۱۸	۰/۰۰۱	۰/۲۳
تصمیم‌گیری	۴۶/۹۸	۳، ۶۴	۱۵/۶۶	۹/۴۳	۰/۰۰۱	۰/۴۳
برنامه‌ریزی	۸۳/۷۱	۳، ۶۴	۲۷/۹۰	۱۵/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۴۲
توجه پایدار	۵۰/۳۹	۳، ۶۴	۱۶/۷۹	۱۱/۷۳	۰/۰۰۱	۰/۳۵
انعطاف‌پذیری	۲۲/۵۲	۳، ۶۴	۷/۵۱	۶/۱۲	۰/۰۰۱	۰/۲۲
شناخت اجتماعی	۲۷/۱۲	۳، ۶۴	۹/۰۴	۵/۱۱	۰/۰۰۳	۰/۱۹
توانایی‌های شناختی	۲۱۸۳/۸۱	۳، ۶۴	۷۲۷/۹۳	۴۴/۴۲	۰/۰۰۱	۰/۶۸

($P < 0.05$). همانطور که در **جدول ۲** مشاهده می‌شود، میانگین نمره پیش و پس‌آزمون گروه‌های خستگی ذهنی، خستگی جسمانی و خستگی جسمی-ذهنی و گروه کنترل متفاوت است. گروه‌های آزمایش پس از دریافت مداخله خستگی از مشکلات شناختی بالاتری نسبت به گروه کنترل برخوردار شدند. برای تحلیل میانگین نمره حافظه کاری N-back، از تحلیل واریانس (گروه‌های آزمایشی و کنترل) * ۴ (مراحل پیش و پس‌آزمون) ۲ با تکرار روی عامل مراحل ارزیابی استفاده شد (**جدول ۶**).

برای تعیین محل تفاوت‌ها در گروه‌های آزمایشی و کنترل از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج مقایسه‌های زوجی نشان داد بین میانگین نمره حافظه، توجه انتخابی، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، توجه پایدار، انعطاف‌پذیری، شناخت اجتماعی و توانایی‌های شناختی در گروه خستگی ذهنی با گروه‌های کنترل، خستگی جسمی و خستگی جسمی-ذهنی تفاوت معنی‌دار است ($P = 0.01$). بین میانگین نمره حافظه، توجه انتخابی، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، توجه پایدار، انعطاف‌پذیری، شناخت اجتماعی و توانایی‌های شناختی در گروه خستگی جسمی-ذهنی با گروه‌های کنترل و خستگی جسمی تفاوت معنی‌دار نیست.

جدول ۶. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مربوط به میانگین نمره‌های پس‌آزمون و پس‌آزمون متغیر حافظه کاری در گروه‌های آزمایش و کنترل						
آماره	مجموع مجذورات	درجات آزادی	میانگین مجذورات	F	P	η^2
اثر اصلی گروه	۴۰۶/۴۹	۳، ۷۱	۱۳۵/۴۹	۰/۹۴	۰/۴۳	۰/۰۳۸
اثر اصلی مراحل ارزیابی	۳۷۳/۶۶	۱، ۷۱	۳۷۳/۶۶	۲۴/۰۷	۰/۰۰۱	۰/۲۵
گروه در مراحل ارزیابی	۲۹۸/۱۵	۳، ۷۱	۹۹/۳۸	۶/۴۰	۰/۰۰۱	۰/۲۱

اطلاعات نامربوط دارند که باعث افزایش حواس‌پرتی می‌شود (۳۱). بنابراین این موضوع می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت به خاطر سپردن شود. پژوهش حاضر با پژوهش طحان و فارسی که به بررسی تأثیر خستگی ذهنی و عضلانی بر حافظه کاری فضایی پرداختند، در رابطه با تأثیر خستگی ذهنی بر حافظه کاری، هم‌راستا است اما در رابطه با خستگی جسمی ناهمسو است (۶، ۷). آن‌ها نشان دادند خستگی ذهنی در کاهش عملکرد حافظه کاری تأثیر دارد اما شرایط خستگی عضلانی اثر معنی‌داری بر ارزیابی حافظه کاری نداشته است و در این شرایط عملکرد بهتری در حافظه کاری داشتند. اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد خستگی جسمانی نیز می‌تواند بر حافظه کاری اثر بگذارد اما تأثیر آن کمتر از اثر خستگی ذهنی است. همچنین یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش وندر (۳۷)، هم‌راستا است. نتایج این پژوهش نشان داد خستگی ناشی از تلاش ذهنی مداوم، تأثیرات متعددی بر مکانیسم‌های شناختی دارد و در نتیجه خستگی ذهنی باعث اثر منفی بر حافظه کاری می‌شود. به نظر می‌رسد منبع اصلی این تأثیرات تضعیف کنترل از بالا به پایین بر پردازش شناختی خودکارتر است. همچنین با توجه به اینکه خستگی ذهنی با کاهش انگیزش و افزایش بی‌حوصلگی همراه است، بنابراین در پژوهش حاضر خستگی ذهنی می‌تواند باعث افزایش خطا و کاهش نمره حافظه کاری شده باشد. همچنین پژوهش حاضر با پژوهش کائور و همکاران که به مطالعه تأثیر خستگی ذهنی بر حافظه (حافظه فوری و ۲۴ ساعته) و حفظ آن پرداختند، همسو بود (۱۹). آن‌ها به این نتیجه رسیدند که خستگی ذهنی باعث کاهش حافظه و حفظ آن و از دست دادن بیشتر حافظه (حافظه فوری و ۲۴ ساعته) و احتباس می‌شود. بوکسم و توپس

یافته‌های ارائه‌شده در **جدول ۶** نشان داد اثر اصلی مراحل ارزیابی معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد شرکت‌کنندگان در پس‌آزمون ($M = 36/58$) عملکرد ضعیف‌تری نسبت به پیش‌آزمون ($M = 33/42$) دارند. اثر تعاملی گروه در مراحل ارزیابی معنی‌دار بود. یافته‌های آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد بین عملکرد حافظه کاری گروه‌های خستگی ذهنی، خستگی جسمی و خستگی ذهنی-جسمی با گروه کنترل در مرحله پس‌آزمون تفاوت معنی‌دار است ($P = 0.01$). بین عملکرد حافظه کاری گروه خستگی ذهنی با گروه خستگی جسمی در مرحله پس‌آزمون تفاوت معنی‌دار است ($P = 0.01$). مقایسه میانگین‌ها در **جدول ۲** نشان داد در پس‌آزمون، گروه‌های خستگی ذهنی و خستگی ذهنی-جسمی ضعیف‌ترین عملکرد را داشت.

۴. بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر خستگی ذهنی، خستگی جسمی و خستگی ذهنی-جسمی بر عملکرد حافظه کاری و توانایی شناختی بود. نتایج نشان داد خستگی منجر به کاهش متغیرهای توانایی شناختی و حافظه کاری شد که این کاهش در گروه خستگی ذهنی و خستگی ذهنی-جسمی بیشتر از گروه خستگی جسمانی بود. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد خستگی ذهنی باعث کاهش حافظه کاری افراد مبتدی در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل و مرحله پیش‌آزمون شد. بوکسم و همکاران بیان کردند افراد خسته ذهنی کمتر قادرند خود را برای پاسخگویی آماده کنند و مشکلات فزاینده‌ای در حفظ توجه و نادیده گرفتن

گزارش کردند افراد خسته نمی‌توانند خود را برای پاسخگویی آماده کنند و مشکلات فزاینده‌ای در حفظ توجه و نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط داشتند که باعث افزایش حواس‌پرتی می‌شود. بنابراین این موضوع می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت در به خاطر سپردن شود (۳۱). از دیگر پژوهش‌های هم‌راستا با پژوهش حاضر، پژوهش واندرلیندن و همکاران است (۳۷). نتایج نشان داد انجام تکلیف خستگی ذهنی سبب فعال‌سازی بیش از حد قشر بینایی می‌شود که به عنوان کاهش توان باند فرکانس آلفا در ناحیه مغز ظاهر می‌شود و این فعال‌سازی بیش از حد با اختلال شناختی همراه است و عملکرد حافظه کاری را کاهش می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر با مطالعات پرگر و همکاران که به بررسی تأثیر خستگی ذهنی و جنسیت بر عملکرد حافظه کاری در حین تمرین مکرر توسط بزرگسالان جوان و مسن پرداختند هم‌راستا نبود. نتایج پژوهش مذکور نشان داد خستگی ذهنی بر عملکرد حافظه کاری در بزرگسالان جوان و مسن‌تر تأثیر نمی‌گذارد. پرگر و همکاران در توضیح علت این موضوع اثر یادگیری (learning effect) را بیان کردند. در واقع، اگرچه خستگی ذهنی ممکن است در آخرین بخش انجام تکالیف شناختی ایجاد شود، اما یادگیری عامل دیگری است که می‌تواند در عملکرد اختلال ایجاد کند. همچنین تمرین مکرر یک تکلیف شناختی شامل محرک‌های بصری می‌تواند حافظه و فرایندهای توجه را بهبود بخشد. در نتیجه، آستانه تحمل خستگی فرد افزایش می‌یابد و فراگیر می‌تواند دیرتر خسته شود. این فرآیند به عنوان یادگیری سریع ادراکی تعریف شده است (۱۰).

طبق نظریه سیستم‌های پویا و نقش تکلیف، محیط یا فرد که در تعامل با تغییرات لحظه‌ای است؛ در این مطالعه خستگی عضلانی به عنوان یک قید در نظریه قیود نیوول باعث اثر معنی‌دار بر حافظه کاری به عنوان سیستم پردازشی سطح بالا شد. در این راستا پژوهش آنجیوس و همکاران، که به بررسی اثر خستگی جسمی بر هوشیاری روانی حرکتی بازیکنان حرفه‌ای فوتبال پرداختند همسو است (۱۱). طبق نتایج این پژوهش تمرینات فیزیکی خسته‌کننده، باعث کاهش سرعت پاسخ در طول تست هوشیاری روانی حرکتی شد. این یافته با رابطه U شکل بین شدت ورزش و عملکرد شناختی ارتباط دارد. به‌طوری که ورزش با شدت کم تا متوسط در مقایسه با شرایط استراحت تأثیر مثبت دارد، در حالی که ورزش با شدت بالا تأثیر منفی بر هوشیاری حرکتی و حافظه کاری می‌گذارد. پژوهش حاضر با پژوهش شاهانا و همکاران و رویگا و همکاران هم‌راستا بود (۲۸، ۲۹). براساس این پژوهش‌ها تأثیر خستگی جسمانی بر حافظه کوتاه‌مدت ممکن است با توجه به زمان، نوع حافظه (یعنی اکتساب، تثبیت، یادآوری) متفاوت باشد. در این مطالعه مشخص شد که نقاط اندازه‌گیری عملکرد حافظه پس از تمرین دویدن با بار، ۹۰ درصد کاهش یافته است. همچنین در بررسی‌های ریودا و همکاران تأثیر تمرینات حاد بر اکسیژن‌رسانی مغز با استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز مورد

بررسی قرار گرفت. در نتیجه آن تحقیق، مشخص شد ورزش‌های با سطح متوسط باعث افزایش سطح اکسیژن قشر جلوی مغز می‌شود، اما ورزش‌های شدید میزان سطح اکسیژن را کاهش می‌دهند. در نتیجه، آن‌ها اذعان کردند دوره تمرین و سطح دشواری ممکن است باعث تفاوت در عملکرد حافظه شود (۳۸). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد اثر خستگی ذهنی، خستگی ذهنی-جسمی و خستگی جسمانی بر حافظه کاری متفاوت است. به‌طوری که به ترتیب خستگی ذهنی بیشترین اثر را بر حافظه کاری دارد و سپس خستگی جسمی و خستگی جسمانی کمترین اثر را بر حافظه کاری می‌گذارد. شاید بتوان این نتیجه را با کنترل توجه اجرایی توجیه کرد. زیرا کنترل توجه اجرایی، رفتارهای مانند برنامه‌ریزی عمل، پیش‌بینی ترتیب، انتخاب پاسخ و نیازهای رقابتی، شروع و حفظ رفتارهای هدفمند، نظارت بر نتایج رفتار و اختلال و تعدیل رفتار را در بر می‌گیرد. در واقع فرایندهای بالا-پایین شبکه کنترل اجرایی در شناسایی ناسازگاری و بازدارنده اطلاعات مزاحم درگیر است که شامل مجموعه فرایندهای مرتبط در برنامه‌ریزی و انجام اعمال هدف‌محور از قبیل حافظه کاری، تغییر زمینه ذهنی با انعطاف‌پذیری توجهی، کنترل بازدارنده و نظارت بر چالش است (۳۹). زمانی که فرد هم خستگی جسمی و هم ذهنی را با هم تجربه می‌کند نیازهای تکلیف باعث می‌شود تا فرد توجه بهتری برای انجام تکلیف داشته باشد و عملکرد حافظه را نسبت به شرایط خستگی ذهنی بهتر کند اما چون از نظر ذهنی خسته است عملکرد حافظه کمتری نسبت به شرایط خستگی جسمانی داشته باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد خستگی ذهنی، ذهنی-جسمی و خستگی جسمی می‌توانند بر توانایی شناختی، اثر معنی‌دار داشته باشند و توانایی شناختی افراد را کاهش دهند. به‌طوری که خستگی ذهنی بیشترین اثر و خستگی جسمانی اثر کمتری بر توانایی شناختی افراد داشت. از آنجا که عملکرد موفقیت‌آمیز به پردازش شناختی نیاز دارد، لذا تکلیف پیچیده نیازمند فرایندهای یادگیری و درک راهبردهای مختلف حل مسئله است. از این رو عملکرد ضعیف‌تر افراد در حالت خستگی شناختی بیانگر نقص در مهارت‌های حل مسئله آن‌ها است و ناتوانی در استفاده از بازخورد برای تصحیح عملکرد و حفظ راهبرد موجود می‌تواند به دلیل انعطاف‌ناپذیری شناختی رخ دهد. افراد درمانده در تغییر شناخت‌های خود، متناسب با شرایط محیطی مشکل بیشتری دارند. در این حالت افراد از نظر ذهنی به یک شیوه و سبک خاص در ارتباط با یک موضوع می‌چسبند، و در بازدارنده تمایل به درج‌ماندگی و حفظ تمایل به سازگاری با شرایط جدید مشکل دارند (۳۵). بر این اساس به‌نظر می‌رسد، افرادی در شرایط خستگی شناختی، به سختی می‌توانند یادگیری‌های اولیه خود را فراموش کنند، بر یادگیری‌های قبلی خود که پیامدهای منفی برایشان دارد پافشاری می‌کنند و این پافشاری به سازگاری آن‌ها با شرایط جدید آسیب می‌رساند (۱۵). به گفته کوزاک و همکاران طبق نظریه مکانیک خستگی ذهنی ثورندایک

پاسخ، به عنوان نتیجه‌ای از پایین بودن پردازش درست اطلاعات است (۳۰). از دیگر تظاهرات ذهنی و عینی خستگی شناختی می‌توان به افزایش مقاومت در برابر تلاش بیشتر و تغییرات خلق و خو اشاره کرد (۳۷). خستگی به عنوان یک ساختار چندبعدی است و در نظر گرفتن طبیعت شناختی آن بر توابع کنترل اجرایی و انعطاف‌پذیری شناختی مؤثر است. همچنین هم خستگی ناشی از فعالیت بدنی و هم خستگی ذهنی بر مؤلفه شناختی عملکرد تأثیر می‌گذارد (۲).

۱.۴. نتیجه‌گیری

خستگی یکی از مؤلفه‌های اصلی است که می‌تواند بر عملکرد بهینه در حوزه‌های شناختی و حرکتی اثر بگذارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر با کنترل خستگی از طریق روش‌های غیرتهاجمی مانند مداخلات روانشناختی و آرمیدگی افراد می‌توان کارایی را در نظام‌های آموزشی و شغلی بالاتر برد. به‌طور کلی در تبیین اثربخشی خستگی ذهنی و جسمانی بر عملکرد شناختی و حافظه می‌توان گفت عملکردهای ذهنی مداوم بر کارکردهای شناختی نسبت به خستگی جسمانی اثر گذارتر است. نتایج تحقیق حاضر هم از بعد تئوری می‌تواند دانش پایه افراد را در خصوص چگونگی اثرگذاری خستگی ذهنی و جسمانی بر عملکرد شناختی بسط دهد و هم از نقطه نظر کاربردی می‌تواند راهنما و راهگشایی برای افرادی که با تمرینات یا عملکرد شناختی و مربیان و فعالیت ذهنی و جسمی مداوم انجام می‌دهند، فراهم نماید.

۲.۴. محدودیت‌های پژوهش

قابل کنترل نبودن شرایط تغذیه و نداشتن کنترل بر شرایط روانی و خواب شرکت‌کنندگان و همچنین انجام پژوهش حاضر روی زنان جوان از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود. بنابراین یافته‌های پژوهش حاضر قابل تعمیم به پسران و همچنین به رده‌های سنی کودکان، نوجوانان، میانسالان و سالمندان نیست.

تشکر و قدردانی:

از دانشجویانی که در روند اجرای پژوهش محقق را همراهی کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

مشارکت و نقش نویسندگان

پ. ش. د. جمع‌آوری داده‌ها و نگارش نسخه اول مقاله؛ م. خ. ایده و طراحی مطالعه؛ ف. ف. آنالیز و تفسیر نتایج. همه نویسندگان نتایج را بررسی نموده و نسخه نهایی مقاله را تایید نمودند.

پیشنهاد می‌کند کار ذهنی پایدار منجر به کاهش تدریجی در بهره‌وری از توابع ذهنی می‌شود. در مجموع می‌توان گفت وقتی افراد تکالیف خستگی شناختی را انجام می‌دهند، درگیر یک فعالیت ذهنی بلندمدت هستند که باعث کاهش بهره‌وری از توجه پایدار شده و به تبع آن کنترل‌ناپذیری موقعیت موجب کاهش انعطاف‌پذیری این افراد می‌شود (۳۵، ۴۰). طبق پژوهش از کالا و زامکوا خستگی ذهنی ناشی از حداقل ۳۰ دقیقه تکلیف کلمه رنگی استروپ و قرار گرفتن در معرض برنامه گوشی‌های هوشمند منجر به کاهش عملکرد شناختی در تست‌های ورزشی خاص (تست قبولی فوتبال و مستقیماً در بازی‌های فوتبال (شاخص تصمیم‌گیری) شد. از طرفی طبق پژوهش از کالا و زامکوا هر دو نوع خستگی ذهنی و جسمی می‌تواند باعث تغییر در سطح توجه و ادراک بازیکنان شود (۱۲). پژوهش هژبرنیا و همکاران نیز نتایج پژوهش حاضر را از منظر خستگی ذهنی تایید و از منظر خستگی جسمی رد می‌کند (۴۱). زیرا نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد خستگی جسمی رابطه معکوسی با تصمیم‌گیری خلاقانه داشت و در نتیجه موجب افت فعالیت مغزی و افزایش فعالیت موج آلفا در مغز نسبت به شرایط بدون خستگی شد و در شرایط خستگی ذهنی به دلیل تلاش شناختی و فعالیت زیاد مغز موجب کاهش موج آلفا در نواحی مرکزی و راست قشر مغزی بود که با نتایج پژوهش حاضر از منظر خستگی ذهنی همسو و از منظر خستگی جسمانی ناهمسو است. می‌توان گفت یکی از تفسیرهای احتمالی برای نتایج حاصل از پژوهش این است که خستگی ذهنی تغییرات شناختی بیشتری (حافظه کاری، توجه) نسبت به خستگی جسمی ایجاد می‌کند. خستگی ذهنی تمایل افراد به صرف تلاش را کاهش می‌دهد. در خستگی ذهنی، تصمیم‌گیری با افزایش توجه به محرک‌های نامربوط، کاهش پیش‌بینی و ناتوانی در درک اطلاعات محیطی مناسب همراه است که به دنبال آن موجب کاهش عملکردهای شناختی مرتبه بالاتر می‌شود (۳۹).

نتایج پژوهش‌های گوناگون نشان داده است ویژگی‌های فردی افراد می‌تواند بر میزان تأثیرپذیری از خستگی شناختی اثربخش باشد (۱۰). یکی از ویژگی‌های فردی نیاز به شناخت است که می‌تواند اثرات فشارزای مرتبط با تکلیف و موقعیت‌های مختلف را تعدیل کرده و بر آن مؤثر باشد. نیاز به شناخت، انگیزه و تفکر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به عنوان یک گرایش مؤثر در تفکر و پردازش شناختی عمل می‌کند. پژوهش‌های گوناگون نشان می‌دهد خستگی شناختی می‌تواند هم به‌طور مستقیم و هم به واسطه گرایش‌های فکری مثل نیاز به شناخت بر فرایند حل مسئله انعطاف‌پذیر که از مولفه‌های توانایی شناختی است تأثیرگذار باشد (۳) تحقیقات باکسم و تاپس نشان داد خستگی با اختلال در توانایی‌های شناختی همراه است و اثر خستگی بر توانایی کنترل شناختی اطلاعات متناقض، در طول فرایند انتخاب

References

1. Nejati V. [Cognitive Abilities Questionnaire: Development and Evaluation of Psychometric Properties]. *Adv Cogn Sci*. 2013;**15**(2):11-9. Persian.
2. Loiseau-Taupin M, Ruffault A, Slawinski J, Delabarre L, Bayle D. Effects of Acute Physical Fatigue on Gaze Behavior and Performance During a Badminton Game. *Front Sports Act Living*. 2021;**3**:725625. [PubMed ID:34676362]. [PubMed Central ID:PMC8523892]. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.725625>.
3. Izadi A, Tahmasebi Boroujeni S, Doosti M. [Effect of Central and Peripheral Fatigue on Throwing Accuracy and Velocity in Handball]. *Sport Psychol Stud*. 2020;**9**(31):177-88. Persian. <https://doi.org/10.22089/spsyj.2019.7545.1810>.
4. Bernardo FG, Martins RP, Guedes JC. Evaluation of physical fatigue based on motion analysis. In: Arezes PM, Baptista JS, Barroso MP, Carneiro P, Cordeiro P, Costa N, et al., editors. *Occupational Safety and Hygiene VI*. London, England: CRC Press; 2018. p. 73-7.
5. Pageaux B, Lepers R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. *Prog Brain Res*. 2018;**240**:291-315. [PubMed ID:30390836]. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.10.004>.
6. Tahan A, Farsi A. [The effect of mental and muscle fatigue on spatial working memory]. *Shenakht J Psychol Psychiatry*. 2022;**9**(2):35-47. Persian. <https://doi.org/10.32598/shenakht.9.2.35>.
7. Sahaf R, Rassafiani M, Dehkordi PS, Shams A, Dana A. [Effect of Sleep and Consciousness on Consolidation of Implicit motor memory among Youth, Middle-aged and Elderly]. *Koomesh*. 2023;**25**(1):38-47. Persian.
8. Carriedo N, Corral A, Montoro PR, Herrero L, Rucian M. Development of the updating executive function: From 7-year-olds to young adults. *Dev Psychol*. 2016;**52**(4):666-78. [PubMed ID:26882119]. <https://doi.org/10.1037/dev0000091>.
9. Baddeley AD, Hitch GJ. Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*. 1994;**8**(4):485-93. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485>.
10. Pergher V, Vanbilsen N, Van Hulle M. The Effect of Mental Fatigue and Gender on Working Memory Performance during Repeated Practice by Young and Older Adults. *Neural Plast*. 2021;**2021**:6612805. [PubMed ID:34646318]. [PubMed Central ID:PMC8505107]. <https://doi.org/10.1155/2021/6612805>.
11. Angius L, Merlini M, Hopker J, Bianchi M, Fois F, Piras F, et al. Physical and Mental Fatigue Reduce Psychomotor Vigilance in Professional Football Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2022;**17**(9):1391-8. [PubMed ID:35477898]. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2021-0387>.
12. Skala F, Zemková E. Effects of Acute Fatigue on Cognitive Performance in Team Sport Players: Does It Change the Way They Perform? A Scoping Review. *Appl Sci*. 2022;**12**(3). <https://doi.org/10.3390/app12031736>.
13. Madrigal R. Hot vs. cold cognitions and consumers'

تضاد منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی را اعلام نمی کنند.

بازبایی داده ها

مجموعه داده ارائه شده در مطالعه با درخواست از نویسنده مربوطه در حین ارسال یا پس از انتشار در دسترس است.

کد اخلاق

پیش از جمع آوری داده ها از پژوهشگاه علوم ورزشی کد اخلاق به شماره SSRI.REC-2205-1620 اخذ شد.

حمایت مالی / معنوی

نویسنده هیچ گونه حمایت مالی و معنوی را اعلام نکرده است.

رضایت آگاهانه:

تمامی شرکت کنندگان قبل از شرکت در مطالعه، رضایت نامه کتبی و فرم اطلاعات فردی را تکمیل نمودند.

reactions to sporting event outcomes. *J Consumer Psychol*. 2008;**18**(4):304-19. <https://doi.org/10.1016/j.jcps.2008.09.008>.

14. Klepac N, Trkulja V, Relja M, Babic T. Is quality of life in non-demented Parkinson's disease patients related to cognitive performance? A clinic-based cross-sectional study. *Eur J Neurol*. 2008;**15**(2):128-33. [PubMed ID:18217883]. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2007.02011.x>.
15. Van Cutsem J, De Pauw K, Vandervaeren C, Marcora S, Meeusen R, Roelands B. Mental fatigue impairs visuomotor response time in badminton players and controls. *Psychol Sport Exercise*. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101579>.
16. Kathner I, Wriessnegger SC, Muller-Putz GR, Kubler A, Halder S. Effects of mental workload and fatigue on the P300, alpha and theta band power during operation of an ERP (P300) brain-computer interface. *Biol Psychol*. 2014;**102**:118-29. [PubMed ID:25088378]. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.07.014>.
17. Kohlmoorgen J, Dornhege G, Braun ML, Blankertz B, Müller K-R, Curio G, et al. Improving Human Performance in a Real Operating Environment through Real-Time Mental Workload Detection. In: Dornhege G, editor. *Toward Brain-Computer Interfacing*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press; 2007. p. 409-22.
18. Pergher V, Wittevrongel B, Tournoy J, Schoenmakers B, Van Hulle MM. Mental workload of young and older adults gauged with ERPs and spectral power during N-Back task performance. *Biol Psychol*. 2019;**146**:107726. [PubMed ID:31276755]. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.107726>.
19. Kaur J, Malik M, Sharma P, Jangra S. Effect of mental

- fatigue on memory and retention: An experimental study. *J Emerg Technol Innovative Res.* 2018;**5**(7):620-5.
20. Coutinho D, Goncalves B, Wong DP, Travassos B, Coutts AJ, Sampaio J. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. *Hum Mov Sci.* 2018;**58**:287-96. [PubMed ID:29549745]. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.004>.
21. K. W. Learning and Memory: How do we remember and why do we often forget. *Brain World Magazine*; 2012. Available from: <https://brainworldmagazine.com/learning-memory-how-do-we-remember-and-why-do-we-often-forget/>.
22. Apriananto T, Nunome H, Ikegami Y, Sano S. The effect of muscle fatigue on instep kicking kinetics and kinematics in association football. *J Sports Sci.* 2006;**24**(9):951-60. [PubMed ID:16882629]. <https://doi.org/10.1080/02640410500386050>.
23. Rota S, Morel B, Saboul D, Rogowski I, Hautier C. Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014;**24**(1):90-7. [PubMed ID:24239164].
24. Aune TK, Ingvaldsen RP, Ettema GJ. Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. *Percept Mot Skills.* 2008;**106**(2):371-86. [PubMed ID:18556895]. <https://doi.org/10.2466/pms.106.2.371-386>.
25. Lyons M, Al-Nakeeb Y, Hankey J, Nevill A. The effect of moderate and high-intensity fatigue on ground-stroke accuracy in expert and non-expert tennis players. *J Sports Sci Med.* 2013;**12**(2):298-308. [PubMed ID:24149809]. [PubMed Central ID:PMC3761827].
26. Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Effect of mental fatigue on speed-accuracy trade-off. *Neuroscience.* 2015;**297**:219-30. [PubMed ID:25849613]. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.03.066>.
27. Duncan MJ, Fowler N, George O, Joyce S, Hankey J. Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. *Res Sports Med.* 2015;**23**(1):1-13. [PubMed ID:25630242]. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.975811>.
28. Şahana A, Ermana A, Meneka S. The Effect of Physical Fatigue on Short-term Memory. *Procedia-Soc Behav Sci.* 2015;**174**:2425-9. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.912>.
29. Roig M, Nordbrandt S, Geertsen SS, Nielsen JB. The effects of cardiovascular exercise on human memory: a review with meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.* 2013;**37**(8):1645-66. [PubMed ID:23806438]. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.06.012>.
30. Quelhas Martins A, Kavussanu M, Willoughby A, Ring C. Moderate intensity exercise facilitates working memory. *Psychol Sport Exercise.* 2013. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.11.010>.
31. Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Res Rev.* 2008;**59**(1):125-39. [PubMed ID:18652844]. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>.
32. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Experim Psychol.* 1935;**18**(6):643-62. <https://doi.org/10.1037/h0054651>.
33. Hamidian M, Hejazi Dinan P, Shamsipour Dehkordi P. [Working Memory in Children with Attention Deficit and Hyperactivity Disorder (ADHD)]. *Armaghane Danesh.* 2019;**24**(3):496-509. Persian.
34. Kirchner WK. Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *J Exp Psychol.* 1958. [PubMed ID:13539317]. <https://doi.org/10.1037/h0043688>.
35. Kosack MH, Staiano W, Folino R, Hansen MB, Lonbro S. The Acute Effect of Mental Fatigue on Badminton Performance in Elite Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;**15**(5):632-8. [PubMed ID:31968307]. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0361>.
36. Mohammadzadeh S, Farsi A, Khosrowabadi R. [The Effect of Cognitive Fatigue on the Neural Efficacy of the Executive Control Network among Athletes: Dual Regulation System Model]. *Sport Psychol Stud.* 2020;**8**(30):41-56. Persian. <https://doi.org/10.22089/spsyj.2019.7301.1778>.
37. van der Linden D, Frese M, Meijman TF. Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. *Acta Psychol (Amst).* 2003;**113**(1):45-65. [PubMed ID:12679043]. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(02\)00150-6](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(02)00150-6).
38. Rueda MR, Checa P, Combita LM. Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: immediate changes and effects after two months. *Dev Cogn Neurosci.* 2012;**2** Suppl 1(Suppl 1):S192-204. [PubMed ID:22682908]. [PubMed Central ID:PMC6987678]. <https://doi.org/10.1006/j.dcn.2011.09.004>.
39. Rafiei Z, Michaeli F. [Exploring the Effect of Cognitive Fatigue on Cognitive Flexibility Considering the Mediator Role of Cognition among Female Students]. *J Cogn.* 2019;**7**(1). Persian.
40. Thorndike EL. *Educational psychology: Mental work and fatigue and individual differences and their causes.* New York, USA: Columbia University; 1921.
41. Hojabrnia R, Shahbazi M, Arabameri E, Tahmasebi Bourojeni S, Motie Nasrabadi A. [Effect of Mental and Physical Fatigue on The Electrical Brain Activity During of Creative Decision Making on Skilled Football Player]. *Sports Psychol.* 2024;**16**(1):92-113. Persian. <https://doi.org/10.48308/mbbsp.2023.231173.1195>.

Research Article

Comparing the Effect of Physical, Mental, and Combined Fatigue on Cognitive Abilities and Working Memory Performance

Parvaneh Shamsipour Dehkordi ^{1,*}, Maryam Khalaji ², Faezeh Khoshdoni Farahani ³

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

²Department of Sports Coaching, Faculty of Sport sciences and Health, University of Tehran, Iran

0009-0001-5445-5364

³PhD student, Faculty of sport sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran

*Corresponding Author: Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran. email: p.shamsipour@alzahra.ac.ir

Received 25/07/2023; Accepted 13/08/2024

Abstract

Background: Fatigue refers to the feeling of lack of energy in individuals after prolonged cognitive or physical activity. As one of the limiting factors, it affects the amount of learning and execution of movement skills.

Objectives: This study aimed to investigate the effect of physical, mental, and combined fatigue on cognitive abilities and working memory.

Methods: The current research was semi-experimental with a pre-test and post-test design in three experimental groups and one control group. Sixty students (with an average age of 7.53 ± 25.87 , right-handed, in good general health, with good sleeping habits, and no drug or alcohol consumption) were purposefully selected and randomly divided into four groups: Mental fatigue, physical fatigue, mental-physical fatigue, and control. In the pre-test stage, participants completed the Nejati Cognitive Ability Questionnaire and performed the N-BACK test to measure working memory. The Stroop task (for 60 minutes) was used to induce mental fatigue, and physical and sports activities (for 40 minutes) were used to induce physical fatigue. Participants in the experimental groups completed the visual analog scale questionnaire to measure mental fatigue and the Borg fatigue scale to measure physical fatigue before and after applying the fatigue protocol. Forty-eight hours after the pre-test stage, all four groups completed the Nejati Cognitive Ability Questionnaire and performed the N-BACK test.

Results: The results showed that both types of fatigue led to a decrease in cognitive ability and working memory variables ($P = 0.001$), but this decrease was significantly greater in the mental fatigue and mental-physical fatigue groups than in the physical fatigue group.

Conclusion: Mental and physical fatigue in learning conditions lead to impairment in cognitive ability and working memory, with mental fatigue having a greater impact compared to physical fatigue.

Keywords: Mental Fatigue, Muscle Fatigue, Working Memory, Cognition