

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - بهار ۱۳۹۶
دوره ۹، شماره ۱، ص: ۱۳۶-۱۲۳
تاریخ دریافت: ۹۵ / ۰۲ / ۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۵ / ۰۷ / ۲۴

تأثیر خستگی مرکزی و محیطی بر هماهنگی ورزشکاران دانشگاهی

علی ظهیری^{۱*} - مهدی شهبازی^۲ - محمدرضا کردی^۳ - جمال فاضل کلخوران^۴

۱. کارشناس ارشد یادگیری و کنترل حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران
۲. دانشیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران
۴. استادیار گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر خستگی مرکزی و محیطی بر هماهنگی حرکتی ورزشکاران دانشگاهی بود. جامعه آماری پژوهش کلیه دانشجویان دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران بودند که از این میان ۲۴ نفر به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس از شرکت در پیش‌آزمون هماهنگی حرکتی دودستی، به طور تصادفی بر حسب نوع خستگی به دو گروه خستگی مرکزی و محیطی تقسیم شدند. پس از اعمال مداخله مورد نظر به مدت ۱۲ ساعت، پس‌آزمون هماهنگی حرکتی دودستی به عمل آمد. به منظور بررسی تفاوت بین گروه‌ها از آزمون تی مستقل و برای تعیین تفاوت درون‌گروهی از آزمون تی همبسته در سطح معناداری $P \leq 0.05$ استفاده شد. نتایج نشان داد میانگین زمان انجام تکلیف و زمان خطای گروه‌های تحت مداخله خستگی مرکزی ($P=0.004$) و محیطی ($P=0.001$) نسبت به پیش‌آزمون افزایش معناداری داشتند. همچنین در پس‌آزمون نتایج تفاوت معناداری را در بین هماهنگی حرکتی دودستی گروه‌های خستگی مرکزی و محیطی نشان داد ($P=0.006$). با توجه به نتایج، پژوهشگران پیشنهاد می‌کنند که برنامه‌های تمرینی و کاری ورزشکاران به گونه‌ای هماهنگ شود که شامل تمریناتی برای افزایش استقامت ذهنی در راستای تمرینات بدنی باشد تا در شرایط مختلف ورزشکار بتواند عملکرد بهینه خود را ارائه کند.

واژه‌های کلیدی

خستگی مرکزی، خستگی محیطی، هماهنگی دودستی، هماهنگی دوپایی.

مقدمه

خستگی پدیده‌ای پیچیده، چندوجهی و چندعاملی است که بروز آن در رشته‌های مختلف ورزشی به علل متفاوتی بستگی دارد (۶). اگرچه نبود انرژی سبب کاهش ظرفیت کاری عضله برای تولید و حفظ نیرو در سطحی دلخواه می‌شود، تنها کاهش ذخایر انرژی و اختلال در عملکرد دستگاه‌های مختلف انرژی مسئول تمامی اشکال مختلف خستگی نیست (۶). به‌طور مثال احساس خستگی در پایان روز پس از انجام کارهای روزمره، کمتر تحت تأثیر تولید ATP قرار می‌گیرد، بلکه ممکن است ناشی از فشارهای محیطی و به هم خوردن هموستاز بدن، فشارهای روانی و اختلال در عملکرد سیستم عصبی مرکزی (CNS)^۱ باشد (۶). CNS احتمالاً یکی از جایگاه‌های ایجاد و بروز خستگی است، زیرا مشاهده شده است عضلات ورزشکاری را که نزدیک به حالت واماندگی است، از طریق تشویق کلامی، فریاد زدن یا تحریک الکتریکی عضله می‌توان به تولید و حفظ نیروی بیشتر وادار کرد (۷). بی‌شک اختلال عملکردی CNS می‌تواند اجرای ورزشی ورزشکار را محدود کند، اما تا به حال سازوکارهای دقیق مشارکت CNS در ایجاد و بروز خستگی و اینکه این نوع خستگی به CNS نسبت داده شود (۶) یا به اعصاب محیطی، کاملاً شناخته نشده‌اند و این مسئله به تحقیق و پژوهش بیشتری نیاز دارد. آنچه مسلم است اینکه به‌کارگیری عضله به کنترل آگاهانه و عملکرد معمول و منطقی دستگاه عصبی مرکزی نیازمند است و فعالیت بدنی خسته‌کننده آسیب‌هایی را از نظر روانی ایجاد می‌کند که به‌طور خودآگاه یا ناخودآگاه از قدرت تحمل بدن ورزشکار می‌کاهد و سبب درک بیشتر خستگی می‌شود (۸). درحالی‌که اغلب مقدمه شروع خستگی کلی بدن فیزیولوژیکی است، خستگی CNS مقدمه رسیدن عضلات فعال به حد و مرزهای توانایی‌های فیزیولوژیکی خودشان را فراهم می‌کند، به‌طوری‌که بیشتر ورزشکاران پیش از اینکه عضلات خود را از نظر فیزیولوژیکی خسته کنند، تمرین یا فعالیت بدنی خود را قطع می‌کنند و می‌توان آنها را تشویق کرد تا به فعالیتشان ادامه دهند (۶). با توجه به گفته‌های بالا در مورد خستگی و انواع آن دو پرسش اساسی پیش می‌آید که محل بروز خستگی عصبی است، یا اختلال در نیروی حاصله به‌وسیله تارهای عضلانی وجود دارد. چافین^۲ (۱۹۷۳) خستگی موضعی عضلانی را نگهداری و حفظ انقباض تا مرحله ناتوانی در حفظ نیرو و ایجاد لرزش و درد موضعی نامید (۷). ولی نظریه کامل‌تر در سال ۱۹۸۴ توسط محققان

-
1. Central Nerves System
 2. Chaffin

دانشگاه کالمرز^۱ بیان شد که معتقد بودند خستگی فیزیولوژیک با تغییرات عملکردی محل اتصال عصب به عضله (خستگی محیطی) یا تغییر عملکرد مغز و نخاع (خستگی سیستم عصبی مرکزی) به دست می‌آید. خستگی محیطی یا مرکزی ممکن است جدا یا همراه با هم برحسب شرایط ایجاد شود. هر یک از اتصالات متعددی که در طول زنجیره طولانی از مرکز حرکتی مغز تا ساختمان انقباضی در هر تار عضلانی وجود دارد، ممکن است سبب خستگی شود (۸). پس از کار طولانی مدت آنچه فرد را از حفظ کارایی و ادامه تلاش باز می‌دارد، احساس خستگی است. علل چندی در بروز خستگی مرکزی دخیل اند که از آن جمله می‌توان به زمان کار یا مدت زمان انجام وظیفه، استرس‌های واردآمده به فرد، بار کاری زیاد، مصرف زیاد دارو، بیماری و ... اشاره کرد (۹). از عوامل ایجادکننده خستگی مرکزی می‌توان به ساعت کار طولانی و گرما یا سرمای بیش از اندازه، کمبود یا فزونی روشنایی، خواب کم و نامنظم، اختلال‌های فیزیولوژیک و نورولوژیک، فعالیت یکنواخت، مشکلات اجتماعی و خانوادگی و کار در شیفت شب اشاره کرد (۹). با وجود پیشرفت‌های حاصله، در مورد سازوکار دقیق ایجاد خستگی مرکزی هنوز اطلاعات کاملی در دست نیست. برخی آن را کمبود منابع شناختی برای حفظ کارایی می‌دانند. از نظر علوم اعصاب شناختی، خستگی مرکزی کاهش فعالیت سیستم اعصاب مرکزی در نتیجه کار طولانی مدت است. این خستگی ممکن است موجب بیماری‌های روانی، کندی ذهن، بی‌خوابی، ضعف، کاهش حافظه، افزایش ناخوشی، فراموشی، عدم تعادل و حتی درد ماهیچه‌ای شود (۹). در تعریف خستگی محیطی نیز می‌توان گفت هنگامی که ورزشکاران به سطحی فراتر از حد فیزیولوژیک خود قدم می‌گذارند، با هشدار خستگی روبه‌رو می‌شوند که ادامه فعالیت در این شرایط تمرین‌زدگی، بازیابی ضعیف، کاهش هماهنگی و کاهش برون‌ده توان عضلات را به همراه دارد (۱۰). با توجه به مطالب گفته شده می‌توان گفت اختلال در هماهنگی می‌تواند یکی از پیامدهای خستگی باشد، زیرا فرایندی ارادی است که از طریق سطوح بالای سیستم عصبی کنترل می‌شود. همچنین برای انجام یک عملکرد حرکتی هماهنگ به کارکرد خوب عضلات و اعصاب محیطی نیاز است. هماهنگی یعنی ادغام سیستم عصبی - عضلانی که سبب ایجاد حرکات صحیح، ظریف و هماهنگ در حرکات بدن می‌شود و در جایی دیگر، توانایی تلفیق احساس دیداری، شنیداری و گیرنده‌های عمقی با عملکرد حرکتی برای ایجاد حرکات دقیق، روان و ماهرانه را هماهنگی می‌نامند (۵). تکرار یک حرکت یا مهارت سبب افزایش

کارایی سیناپس‌ها در دستگاه عصبی می‌شود و دقت حرکتی را افزایش می‌دهد. این فرایندها موجب تغییر روند اجرای حرکت ارادی به غیرارادی می‌شود. اما ما به تعریف تروی^۱ (۱۹۹۰) از هماهنگی استناد می‌کنیم. هماهنگی یعنی «طرح‌یابی بدن و اندام‌ها در ارتباط با اشیا و رخداد‌های محیطی» (۵). هماهنگی بین‌اندامی شامل حرکات متوالی و همزمان است که از دو طرف بدن با درجات بالایی از ریتمیک بودن استفاده می‌کند. به‌طور دقیق‌تر، هماهنگی بین‌اندامی شامل زمان‌بندی چرخه‌های حرکت اندام‌ها در ارتباط با هم است (۱۱). این نوع هماهنگی خود به دو گروه تقسیم می‌شود: الف) هماهنگی دودستی شامل هماهنگی بین‌اندامی ماهرانه دو دست در فعالیت دودستی. هماهنگی دودستی به هماهنگی درون‌اندامی و همچنین یکپارچه‌سازی و متوالی‌سازی اعمال بین اندام‌ها نیاز دارد؛ ب) هماهنگی دست و پا شامل جفت شدن همزمان اندام فوقانی و تحتانی، مانند اعمال انجام‌گرفته با اندام فوقانی و تحتانی یک سمت بدن یا سمت مخالف (۱۱).

حرکات ارادی در سطح قشر^۲ انسجام می‌یابند. بسیاری از حرکات روزمره ما به‌صورت ارادی انجام می‌گیرند. در این حرکات در پاسخ به یک محرک حسی، لزوماً پاسخ خاصی بروز نمی‌کند و در شرایط مختلف ممکن است نوع پاسخ متفاوت باشد (۲). عمل حرکتی از طریق انقباض هماهنگ عضلات در اطراف یک یا چند مفصل انجام می‌گیرد. انقباض هماهنگ عضلات خود به خروجی هماهنگ و زمان‌بندی‌شده نورون‌های حرکتی به این عضلات وابسته است (۲). به‌طوری‌که برای انجام یک حرکت، یک عضله یا گروهی از عضلات منقبض شده و گروهی دیگر مهار می‌شوند. قشر حرکتی مغز بالاترین سطح از کنترل حرکتی را تشکیل می‌دهد. مخچه^۳ و عقده‌های قاعده‌ای^۴ نیز ساختمان‌های مرتبط با کنترل حرکت‌اند. این ساختمان‌ها به‌طور مستقیم در انقباض عضلات نقشی ندارند، ولی مدارهای فیدبکی برای تنظیم فعالیت قشر حرکتی و ساقه مغز فراهم می‌کنند (۲).

در خصوص مقایسه خستگی مرکزی و محیطی پژوهشی یافت نشده است، اما در اندک تحقیقات صورت‌گرفته در خصوص خستگی مرکزی، طولابی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی با نام «اثر حافظه فعال و خستگی شناختی بر حل مسائل شناختی در دانشجویان پسر و دختر» به این نتیجه رسیدند که ضرورت دارد توجه و تأکید بر نقش محوری متغیرهای خستگی شناختی در مطالعه عملکرد افراد در

-
1. Turvy
 2. cortex
 3. cerebellum
 4. basal ganglia

موقعیت حل مسئله مورد توجه قرار گیرد (۴). بوکسم^۱ و همکاران (۲۰۰۵)، لوریست^۲ و همکاران (۲۰۰۵) و وندرلیندن و الینگ^۳ (۲۰۰۶) دریافتند که خستگی مرکزی با کاهش کارایی شناختی و رفتاری در ارتباط است. لیندر و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که کار روی یک وظیفه شناختی سنگین به مدت طولانی معمولاً به بروز خستگی مرکزی منجر می‌شود، که می‌تواند بازده انجام کار را کاهش دهد (۳). همچنین لوریست^۴ و همکاران (۲۰۰۰) از داده‌های الکتروانسفالوگرافی برای مطالعه تأثیر مدت زمان کار (خستگی مرکزی) بر روی برنامه‌ریزی و گزینش وظیفه استفاده کردند. داده‌های الکتروانسفالوگرافی در مطالعه آنها نشان داد با افزایش زمان کار، میزان درگیری آن نواحی مغز که با اعمال کنترل اجرایی در ارتباط است، کاهش می‌یابد (لب پیشانی). همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که خستگی مرکزی موجب افزایش تعداد خطا و افزایش زمان واکنش می‌شود (۳).

در پژوهش لوریست (۲۰۰۸) تأثیر خستگی ذهنی که در طول زمان کار ایجاد می‌شود، بر روی کنترل ارادی، شامل رفتار هدفمند و حل مسئله تعارضی، با استفاده از یک الگوی « محرک ۱-محرک ۲» بررسی شد و نتایج نشان داد که تأثیر اطلاعات کمکی برای پردازش مسئله با گذر زمان کار و خستگی ذهنی کمرنگ می‌شود (۱۶). عنوان پژوهش لیندن و میشل و میچمن^۵ (۲۰۰۲) «خستگی ذهنی و کنترل فرایندهای شناختی: تأثیر بر توقف و برنامه‌ریزی» بود. خستگی ذهنی عملکرد افراد را در فعالیت ساده حافظه تحت تأثیر قرار نداد. این یافته‌ها نمایانگر کنترل اجرایی تسویه شده هنگام خستگی ذهنی است که احتمال دارد توضیحی برای خطاهای معمول و عملکرد غیربهبوده باشد (۱۷).

با توجه به موارد گفته‌شده و اینکه هماهنگی به فرایندهای یکپارچه سطوح بالاتر نیاز دارد، این سؤال پیش می‌آید که کدام یک از انواع خستگی تأثیر بیشتری بر هماهنگی حرکتی اندامی (دوپایی و دودستی) ورزشکاران دانشگاهی دارد؟

-
1. Boksem, M
 2. Lorist
 3. Van Der Linden and Eling
 4. Lorist
 5. Linden & Michael & Meijman

روش‌شناسی تحقیق

طرح تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه خستگی مرکزی و خستگی محیطی است.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری پژوهش حاضر کلیه دانشجویان دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران با سابقه پنج سال ورزش مداوم و همچنین در محدوده سنی ۱۸ تا ۳۰ سال بود. انتخاب شرکت‌کننده‌ها به صورت نمونه‌گیری در دسترس (۲۴ نفر) انجام گرفت (۴). نمونه‌ها محدودیت بینایی نداشتند و همچنین فاقد هر گونه مشکل اسکلتی-عضلانی تأثیرگذار بر پژوهش بودند. پس از توضیح روند اجرای آزمون، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه خستگی مرکزی و محیطی تقسیم شدند.

ابزار و روش جمع‌آوری اطلاعات

به منظور سنجش میزان خستگی مرکزی از دستگاه فلیکرفیوژن^۱ استفاده شد. وبر^۲ و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از دوز ۵ میلی‌گرم دی‌بازپام (والیوم) و نیز دارونما نشان دادند که بین تغییر فرکانس فلیکرفیوژن و احساس خستگی ذهنی همبستگی وجود دارد (۱۲). برای ایجاد خستگی محیطی از آزمون بروس و به منظور اندازه‌گیری هماهنگی حرکتی اندامی (دو دست و دو پا) از دستگاه اندازه‌گیری هماهنگی حرکتی مبتنی بر وینا استفاده شد. دو عدد جوی استیک (اهرم) و دو عدد صفحه گردان برای هماهنگی دودستی و دو عدد پدال برای اندازه‌گیری هماهنگی دوپایی برای انجام آزمون هماهنگی حرکتی در این دستگاه طراحی شده است که بسته به نوع و هدف آزمون می‌توان از آنها استفاده کرد. یکی از جوی استیک‌ها حرکت بالا و پایین و یکی حرکت چپ و راست و یکی از صفحه‌های گردان ساعت گرد و دیگری پادساعت گرد چرخش می‌کند، پدال‌ها هم به نحوی طراحی شده است که یکی حرکت بالا و پایین و دیگری حرکت چپ و راست انجام می‌دهد. شکل آزمون به گونه‌ای است که فرد ابتدا مسیری را انتخاب می‌کند و از او خواسته می‌شود تا توپی را در آن مسیر به نحوی که به حاشیه مسیر برخورد نکند، حرکت دهد. هر بار برخورد به حاشیه خط محسوب می‌شود و با یک بازخورد شنیداری فرد از خطایش آگاه می‌شود. در این آزمون تکرار انجام تکلیف را خود آزمونگر انتخاب می‌کند

1. Flicker Fusion
2. Weber

و در پایان آزمون فرد قادر خواهد بود تا میزان هماهنگی حرکتی خود از نظر مسافت کلی طی شده، مسافت کلی خطا، درصد خطا و میزان دقت، سرعت حرکت، تعداد خطاها و ... را مشاهده کند.

شیوه اجرا

تمامی شرکت‌کنندگان پیش از اجرای تحقیق، برگه رضایت‌نامه را پر کردند. پیش از اندازه‌گیری، از هر یک از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد تا به مدت پنج دقیقه بدن خود را گرم کنند، که سه دقیقه از آن را روی تردمیل و به‌صورت آرام گام بردارند و دو دقیقه نیز به انجام حرکات کششی بپردازند (۱۳). سپس به‌وسیله دستگاه فلیکرفیوژن میزان خستگی مرکزی آنها ثبت شد (۱۲). پس از آن آزمودنی‌ها تست‌های پیش‌آزمون شامل هماهنگی دودستی و سپس آزمون هماهنگی بین دو پا را با دستگاه مبتنی بر دستگاه هماهنگی وینا انجام دادند. به‌دلیل بدیع بودن آزمون‌های هماهنگی هر فرد ۲ کوشش به‌عنوان تمرین و ۴ کوشش به‌عنوان کوشش اصلی انجام می‌داد و میانگین خطاهای وی به‌عنوان رکورد آزمودنی ثبت می‌شد. همه پیش‌آزمون‌ها قبل از شروع امتحانات و فرجه‌ها و در شرایطی گرفته شد که آزمودنی‌ها هیچ‌گونه فعالیت شناختی و بدنی، استرس، خستگی، گرسنگی و ... نداشتند (۱۴). اما پس از آزمون‌های گروه خستگی مرکزی دقیقاً در تاریخ امتحانات و پس از امتحانات روزانه آنها صورت گرفت. دلیل این کار فعالیت‌های شناختی هنگام امتحان، خواب ناکافی و استرس بود (۱۴). همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد که پس از امتحان خود که در ساعات ۸ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۱۲ برگزار می‌شود، هیچ‌گونه مواد خوراکی نخورند که این امر نیز سبب افزایش خستگی مرکزی در آزمودنی‌ها می‌شد (۱۴). اجرای پس‌آزمون در گروه خستگی مرکزی به این صورت بود که آزمودنی‌ها پس از انجام تست فلیکرفیوژن آزمون‌های هماهنگی را که در پیش‌آزمون انجام گرفته بود، دوباره انجام می‌دادند و نتایج ثبت می‌شد. همچنین در پس‌آزمون گروه خستگی محیطی که پیش از تاریخ امتحانات انجام می‌گرفت (به‌دلیل عدم ایجاد خستگی مرکزی)، آزمودنی‌ها پس از انجام پروتکل خستگی بروس و تست لاکتات همان تست‌های هماهنگی حرکتی پیش‌آزمون را اجرا می‌کردند و نتایج ثبت می‌شد (۱).

روش‌های آماری

از آمار توصیفی برای شاخص‌های میانگین، انحراف استاندارد استفاده شد. به‌منظور اطمینان از همسانی واریانس‌ها از آماره لون و برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. با توجه به پارامتریک بودن داده‌ها، برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی (گروه خستگی مرکزی و محیطی) از آزمون تی مستقل استفاده شد. همچنین به‌منظور بررسی تغییرات از

پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در هر گروه از آزمون تی همبسته استفاده شد. در تمام کارهای آماری، سطح معناداری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد.

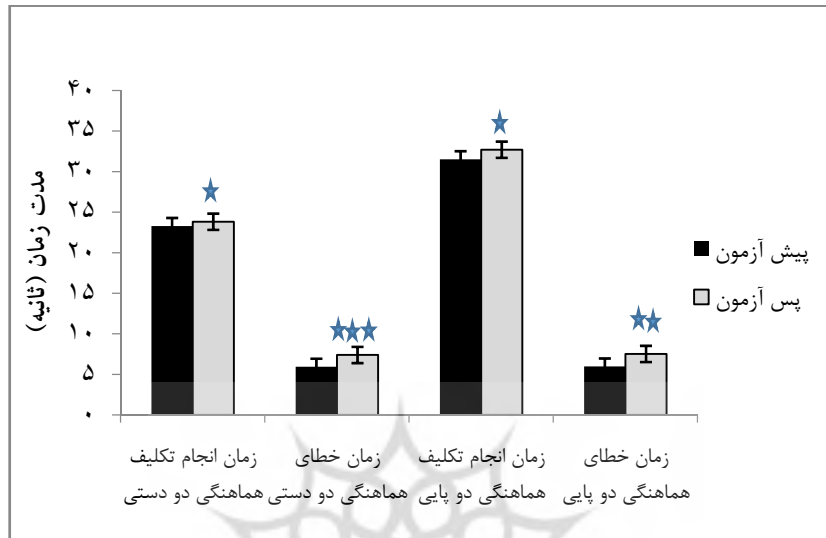
نتایج

اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها

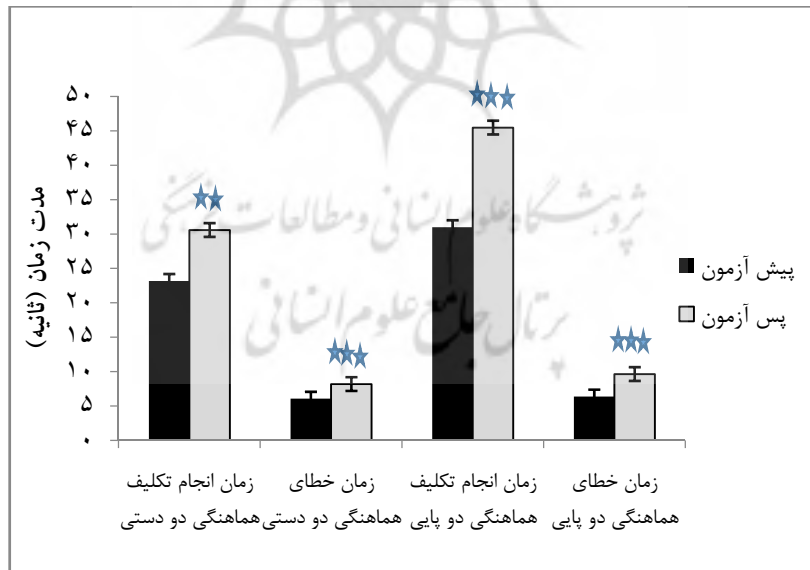
سن	گروه خستگی مرکزی	گروه خستگی محیطی
سن	$23/25 \pm 2/56$	$23/75 \pm 2/50$
قد	$180/75 \pm 4/93$	$180/91 \pm 5/97$
وزن	$75/08 \pm 4/71$	$75/25 \pm 5/97$

پیش از اعمال هر گونه روش آماری، ابتدا نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که مفروضه طبیعی بودن توزیع داده‌ها برآورد شده است ($P > 0.05$)، بنابراین از روش‌های آماری پارامتریک استفاده شد. همچنین نتایج آزمون لون نشان داد تفاوت میانگین نمره‌های آزمودنی‌ها در مراحل آزمون معنادار نیست ($P > 0.05$)، از این رو می‌توان از همسانی واریانس‌ها اطمینان داشت. در مرحله پیش‌آزمون برای اطمینان از نبود تفاوت معنادار در عملکرد گروه‌ها و اثرگذاری آنها در نتایج تحقیق از آزمون تی مستقل استفاده شد. نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین میانگین نمره‌های آزمودنی‌های دو گروه در پیش‌آزمون وجود نداشت. برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها از آزمون تی همبسته استفاده شد و نتایج نشان داد در گروه خستگی مرکزی میانگین پس‌آزمون در همه مراحل زمان انجام تکلیف هماهنگی دودستی ($P = 0.042$)، زمان خطای هماهنگی دودستی ($P = 0.00020$)، زمان انجام تکلیف دوپایی ($P = 0.048$) و همچنین زمان خطای هماهنگی دوپایی ($P = 0.001$) افزایش معناداری داشته است.



شکل ۱. مقایسه میانگین امتیازهای پیش آزمون و پس آزمون گروه خستگی مرکزی در تکالیف هماهنگی دودستی و دوپایی

مقادیر $P < 0/05$ با علامت *، مقادیر $P < 0/01$ با علامت ** و مقادیر $P < 0/001$ با علامت *** مشخص شده است.

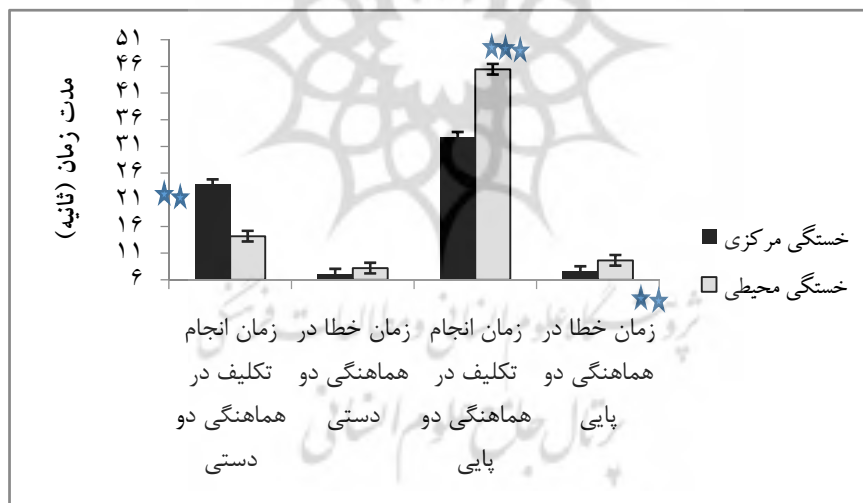


شکل ۲. مقایسه میانگین امتیازهای پیش آزمون و پس آزمون گروه خستگی محیطی در تکالیف هماهنگی دودستی و دوپایی

نتایج در گروه خستگی محیطی نیز نشان داد میانگین پس آزمون در همه مراحل زمان انجام تکلیف

هماهنگی دودستی ($P=0/001$)، زمان خطای هماهنگی دودستی ($P=0/00005$)، زمان انجام تکلیف دوپایی ($P=8/5426$ E- 7) و همچنین زمان خطای هماهنگی دوپایی ($P=5/3311$ E- 7) افزایش معناداری داشته است.

برای مقایسه نمره‌های پس‌آزمون آزمودنی‌ها نیز از آزمون تی مستقل استفاده شد. نتایج نشان داد میانگین نمره‌های گروه خستگی محیطی در زمان انجام تکلیف در هماهنگی دودستی نسبت به گروه خستگی مرکزی به‌طور معناداری افزایش داشت ($P=0/004$)، اما در میانگین نمره‌های زمان خطای تکلیف در دو گروه تفاوت معناداری ملاحظه نشد ($P=0/149$). در تکلیف هماهنگی دوپایی نیز میانگین نمره‌های گروه خستگی محیطی در زمان انجام تکلیف نسبت به گروه خستگی مرکزی به‌طور معناداری افزایش داشت ($P=0/001$). همچنین میانگین نمره‌های خطای تکلیف در گروه خستگی محیطی در مقایسه با گروه خستگی مرکزی افزایش معناداری داشت ($P=0/007$).



شکل ۳. مقایسه میانگین امتیازهای دو گروه خستگی مرکزی و محیطی در تکالیف هماهنگی دودستی و دوپایی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر مقایسه خستگی مرکزی و محیطی در هماهنگی حرکتی ورزشکاران دانشگاهی بود. با توجه به نتایج پژوهش در خصوص میزان تأثیر خستگی مرکزی بر هماهنگی ورزشکاران، این

نتیجه حاصل شد که میانگین زمان آزمون و خطای آن در همه آزمون‌ها بیش از پیش‌آزمون است. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که خستگی مرکزی تأثیر مستقیمی بر کاهش هماهنگی بدن هم در دست‌ها و هم در پاها دارد. از آنجا که حرکات هماهنگ یک سری حرکات ارادی است که در سطح قشر^۱ انسجام می‌یابند و با توجه به اینکه خستگی مرکزی موجب اختلالات CNS می‌شود، در نتیجه یافته‌های مذکور قابل تأیید است. به نظر می‌رسد اثر خستگی ذهنی بر رفتار به مقدار زیادی نتیجه ناتوانی فرد در تخصیص توجه به‌طور کارا باشد. افزایش احساس خستگی در حین تمرین با گذشت زمان، به توجه انتخابی که از محدود شدن ظرفیت پردازش اطلاعات ناشی می‌شود، مربوط است که براساس آن، توجه به احساس خستگی ناشی از زمان ماندن بر تکلیف، فرد آزمایش‌شونده را از توجه همزمان به انجام تکلیف بهینه بازمی‌دارد. این مدل، مدل پردازش اطلاعات موازی خوانده می‌شود (۱۸). با توجه به تئوری باریکی ادراکی استروبروک که براساس آن توجه به خستگی ذهنی به‌وجودآمده از توجه همزمان به بهینه انجام دادن تکلیف جلوگیری می‌کند، می‌توان انتظار داشت که بروز خستگی ذهنی با انجام تکلیف، توجه به بهینه انجام دادن تکلیف را کاهش می‌دهد و در نهایت انجام تکلیف را مختل می‌کند (۱۸). همچنین این یافته با یافته‌های لیندر و همکاران (۲۰۰۳) که دریافتند کار بر روی یک وظیفه شناختی سنگین به مدت طولانی معمولاً به بروز خستگی مرکزی منجر می‌شود و می‌تواند بازده انجام کار را کاهش دهد، همسوست (۳). همچنین لوریست و همکاران (۲۰۰۰) از داده‌های الکتروانسفالوگرافی برای مطالعه تأثیر مدت زمان کار (خستگی مرکزی) بر روی برنامه‌ریزی و گزینش وظیفه استفاده کردند. داده‌های الکتروانسفالوگرافی در مطالعه آنها نشان داد با افزایش زمان کار، میزان درگیری آن نواحی مغز که با اعمال کنترل اجرایی در ارتباط است، کاهش می‌یابد (لب پیشانی). آنها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که خستگی مرکزی موجب افزایش تعداد خطا و افزایش زمان واکنش می‌شود که تمام یافته‌های پژوهش مذکور با نتایج پژوهش لوریست و همکاران همسوست (۳).

با توجه به میانگین زمان‌های انجام تکلیف و خطای انجام کار در گروه خستگی محیطی نتیجه گرفته می‌شود که خستگی محیطی نیز بر هماهنگی ورزشکاران تأثیر دارد و با مقایسه اختلاف میانگین‌ها می‌توان گفت که این تأثیر بسیار زیاد است. این یافته‌ها با یافته‌های نیکولاس فورستیر و وینسنت نوگیر با موضوع تأثیر خستگی بدنی بر هماهنگی حرکات انسان همسوست. در تحقیق ذکرشده

هدف پرتاب توپ با دست در شرایط بدون خستگی و خستگی به اهداف مقابل بود. با ایجاد خستگی بدنی حداکثر سرعت آرنج در مهارت پرتاب کاهش پیدا می‌کرد. همچنین تعداد پرتاب موفق پس از خستگی به‌طور معناداری کاهش یافت (۱۵).

با مقایسه خستگی مرکزی و محیطی در هماهنگی، این نتیجه حاصل شد که خستگی محیطی نسبت به خستگی مرکزی موجب افزایش معنادار میانگین زمان انجام تکلیف در هماهنگی دودستی می‌شود. همچنین با اینکه میانگین زمان خطا در گروه خستگی محیطی بیشتر از خستگی مرکزی است، این تأثیر در خصوص مدت زمان خطا معنادار نیست که ممکن است به دلیل ارتباط مستقیم بین میزان دقت و سیستم اعصاب مرکزی باشد. در خصوص هماهنگی دوپایی نیز خستگی محیطی سبب افزایش معنادار میانگین نمره‌ها هم در زمان انجام تکلیف و هم مدت زمان خطا در مقایسه با گروه خستگی مرکزی است. دلیل معنادار شدن تفاوت بین مدت زمان خطا در هماهنگی دوپایی نسبت به هماهنگی دودستی ممکن است این باشد که پروتکل خستگی محیطی شامل دویدن روی تردمیل بوده و به همین دلیل عضلات پا برای انجام آزمون هماهنگی دوپایی بسیار خسته‌تر از عضلات دست هنگام انجام آزمون هماهنگی دودستی است و شاید اختلاف معنادار در هماهنگی دوپایی نسبت به هماهنگی دودستی به دلیل ماهیت پروتکل خستگی محیطی باشد.

در زمینه تأثیرات متفاوت خستگی مرکزی و محیطی نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش محققان دانشگاه کالمرز همسوست که بیان کرده بودند خستگی به دو مدل خستگی مرکزی و محیطی تقسیم می‌شود و هر یک تأثیر جداگانه‌ای بر خستگی کلی و کاهش کارایی بدن دارند (۸). این تحقیق، اولین تحقیق در خصوص بررسی مقایسه تأثیرهای خستگی مرکزی و محیطی بر هماهنگی حرکتی بود و تحقیقات مشابه دیگری به‌منظور بررسی بیشتر همسویی‌ها یا مغایرت‌ها وجود نداشت، بنابراین مطالعات دیگری نیاز است تا قابلیت تعمیم‌پذیری یافته‌های پژوهش حاضر را با پروتکل‌های دیگر خستگی مرکزی و محیطی، در انجام مهارت‌های خاص ورزشی و ... بررسی کند و بیان شود که در صورت خستگی مرکزی و محیطی تا چه حد از توانایی و مهارت فرد کاسته می‌شود. با این حال، با توجه به نتایج، پژوهشگران پیشنهاد می‌کنند که برنامه‌های تمرینی ورزشکاران به‌گونه‌ای هماهنگ شود که موجب افزایش استحکام ذهنی شود تا ورزشکاران بتوانند کارایی خود را برای مدت بیشتری حفظ کرده و در فشارهای روانی و بدنی مختلف عملکرد بهینه خود را ارائه کنند.

تشکر و قدردانی

با تشکر از پروفسور والش که با صبر و بردباری اینجانب را در انجام پروتکل راهنمایی کردند و تجربیات سالیانه خود را در اختیار اینجانب قرار دادند. همچنین از کلیهٔ آزمودنی‌های محترم که کمال همکاری را با پژوهشگران این پژوهش داشتند، کمال تشکر را دارم.

منابع و مآخذ

۱. افروزه، محمد صادق؛ محمدزاده جهتلو، حسن؛ ادیسی کلور، مصطفی؛ افروزه، علی (۱۳۹۳). «تأثیر خودگویی انگیزشی آشکار و نهان بر میزان درک فشار و عملکرد در فعالیت فزاینده تا حد واماندگی در کشتی‌گیران»، رشد و یادگیری حرکتی.
۲. برزکار، ابراهیم. (۱۳۸۵). ساختار و عملکرد سیستم عصبی - عضلانی، چ اول، چاپ فجر.
۳. ارقامی، شیرازه؛ قریشی، سیدابوالفضل؛ کمالی، کورش؛ فرهادی، مسعود (۱۳۹۲). «بررسی میزان همخوانی نتایج اندازه‌گیری خستگی ذهنی با مقیاس Visual Analog Scale (VAS) و دستگاه Flicker Fusion»، فصلنامهٔ ارگونومی و عوامل انسانی ایران، دورهٔ ۱، ش ۱.
۴. طولایی، سعید؛ اسدزاده، حسن؛ مرادی، علیرضا؛ فراهانی، محمدنقی؛ شکری، امید (۱۳۸۹). «بررسی اثر حافظهٔ فعال و خستگی شناختی بر حل مسائل شناختی در دانشجویان پسر و دختر»، فصلنامهٔ روان‌شناسی دانشگاه تبریز.
۵. واعظ موسوی، محمدکاظم؛ مختاری، پونه (۱۳۹۰). مفاهیم در یادگیری و کنترل حرکتی، چ اول، علم و حرکت
6. Bigland-Ritchie, B. Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. *Clin Sci Mol Med*, 1978. 54(6): p. 609-614.
7. Chaffin, D.B., Localized muscle fatigue-definition and measurement. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 1973. 15(4): p. ۳۵۴-۳۴۶ .
8. Balduini, F.C. Management and rehabilitation of ligamentous injuries to the ankle. *Sports medicine*, 1987. 4(5): p. 364-380.
9. Wright, R.A., C.C. Stewart, and B.R. Barnett, Mental fatigue influence on effort-related cardiovascular response: extension across the regulatory (inhibitory)/non-regulatory performance dimension. *Int J Psychophysiol*, 2008. 69(2): p. 127-33.
10. Akuthota, R., Nadler, SF. (2004). "Core strengthening". *Arch Phys Med Rehabil*. 85S: S86-92

11. Swinnen, S.P. Interlimb coordination: Learning and transfer under different feedback conditions. *Human movement science*, 1997. 16(6): p. 749-785.
12. Shankar H, Pesudovs K. Critical Flicker Fusion test of potential vision. *J Cataract Refract Surg*. 2007; 33:231-239.
13. Macrum E, Robert Bell D, Boling M, Lewek M, Padua D. Effect of Limiting Ankle-Dorsiflexion Range of Motion on Lower Extremity Kinematics and Muscle-Activation Patterns During a Squat. *Journal of sport rehabilitation*. 2012;21(2):144
14. Vincent Walsh V, Pascual A. *Transcranial Magnetic Stimulation: A Neurochronometrics of Mind* (Bradford Books). MIT Press; New Ed edition (16 Sept. 2005)
15. Forestier N, Nougier V. The effects of muscular fatigue on the coordination of a multijoint movement in human. *Neuroscience Letters* Volume 252, Issue 3, 21 August 1998, Pages 187–190
16. Nakamura, H., "An experimental study of reaction time of the start in running a race. *Research Quarterly*". American Physical Education Association, 1934. 5(sup1): p. 33-45.
17. Van der Linden, D., M. Frese, and T.F. Meijman, "Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning". *Acta Psychologica*, 2003. 113(1): p. 45-65
18. Gandevia, S.C., "Fatigue: neural and muscular mechanisms". Vol. 384. 1995: Springer Science & Business Media.