

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - بهار ۱۴۰۰  
دوره ۱۳، شماره ۱، ص: ۹۱ - ۱۰۸  
تاریخ دریافت: ۹۹ / ۰۹ / ۰۸  
تاریخ پذیرش: ۹۹ / ۱۲ / ۲۵

## تأثیر بازخورد خودکنترل بر یادگیری تولید نیروهای کم، متوسط و بیشینه در شرایط خستگی ذهنی

جلیل میرزایی<sup>۱</sup> - رسول زیدآبادی<sup>۲\*</sup> - محمدرضا شهبابی کاسب<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناس ارشد رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران ۲.  
استادیار، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران ۳. استادیار، دانشکده علوم ورزشی،  
دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

### چکیده

خستگی ذهنی، حالتی روان‌شناختی است که به واسطه فعالیت مداوم شناختی ایجاد شده و سبب کاهش عملکرد جسمانی می‌شود، اما تأثیر آن بر یادگیری حرکتی کمتر بررسی شده است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر بازخورد خودکنترلی بر یادگیری تولید نیروهای کم، متوسط و بیشینه در شرایط خستگی ذهنی بود. نمونه پژوهش ۲۸ نفر از داوطلبان واجد شرایط بودند که به صورت تصادفی به دو گروه بازخورد خودکنترل و جفت‌شده تقسیم شدند. ابزار اندازه‌گیری شامل دینامومتر الکترونیکی، آزمون استروپ، پرسشنامه چند بعدی خستگی ذهنی و مقیاس VAS بود. هر دو گروه ابتدا تحت پروتکل خستگی ذهنی به مدت یک ساعت آزمون استروپ را انجام دادند و پس از اطمینان از ایجاد خستگی ذهنی، وارد مرحله اکتساب تکلیف تولید نیرو شدند. آزمون یادداری فوری با تأخیر ۱۰ دقیقه و یادداری تأخیری ۴۸ ساعت بعد از پایان مرحله اکتساب اجرا شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که در شرایط خستگی ذهنی تفاوت معناداری بین گروه‌های بازخورد خودکنترل و جفت‌شده در اکتساب و یادداری نیروهای مختلف وجود ندارد. همچنین در شرایط خستگی ذهنی خطای تولیدشده در یادگیری نیروی متوسط نسبت به نیروی کم و بیشینه کمتر است، به طوری که یادگیری نیروی متوسط به طور معناداری نسبت به نیروی کم بهتر بود. نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که خستگی ذهنی سبب کاهش اثربخشی بازخورد خودکنترل می‌شود و یادگیری تولید نیروهای کم و بیشینه را بیشتر از متوسط تخریب می‌کند.

### واژه‌های کلیدی

آزمون استروپ، بازخورد خودکنترل، خستگی ذهنی، کنترل نیرو، یادگیری حرکتی.

### مقدمه

این واقعیت که یادگیری حرکتی می‌تواند به شیوه‌های مختلف و با استفاده از پروتکل‌های آموزشی متفاوت ایجاد شود، مربیان و کارشناسان علوم ورزشی را در انتخاب روش بهینه به‌منظور آموزش مهارت‌های حرکتی دچار چالش کرده است؛ به‌ویژه هنگامی که مربی بخواهد از رویکرد آموزشی در موقعیت جدید و یا برای یادگیرندگان در شرایط خاص استفاده کند. در دهه‌های اخیر رویکردی به نام خودتنظیمی یا خودکنترلی در یادگیری حرکتی مطرح شده است. خودکنترلی در تمرین شامل مشارکت فعال فراشناختی، انگیزشی و رفتاری یادگیرنده در فرایند یادگیری است (۱). لیساو چیویاکوفسکی<sup>۱</sup> (۲۰۱۵) اظهار داشتند اینکه بتوان در حین تمرین فرصت‌ها و موقعیت‌هایی را ایجاد کرد که مشارکت یادگیرنده در تمرین بیشتر شود و در انتخاب برخی از جنبه‌های تمرین نقش داشته باشد، موجب افزایش یادگیری حرکتی می‌شود (۲).

یکی از مظاهر رویکرد خودتنظیمی در تمرین که در امر آموزش مهارت‌های حرکتی مورد توجه محققان قرار گرفته، استفاده از بازخورد خودکنترلی است که در آن بازخورد برحسب نیاز و به درخواست یادگیرنده ارائه می‌شود (۳، ۴). چیویاکوفسکی و لیساو (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که دادن اختیار به افراد در مورد تقاضای بازخورد می‌تواند یادگیری مهارت‌های حرکتی را افزایش دهد (۵). در همین زمینه جانواریو و همکاران<sup>۲</sup> (۶) (۲۰۱۹)، زیدآبادی و همکاران (۷) (۲۰۱۰) و دیگر مطالعات انجام‌گرفته در رشته‌های مختلف ورزشی (۸، ۹)، مطالعات انجام‌گرفته در گروه‌های خاص مانند افراد کم‌توان ذهنی (۱۰، ۱۱)، کودکان (۳) و سالمندان (۲، ۱۲) به اثربخشی بازخورد خودکنترلی در یادگیری مهارت‌های حرکتی اشاره داشته‌اند.

با وجود مزایای متعدد بازخورد خودکنترلی به‌منظور استفاده برای آموزش مهارت‌های حرکتی، نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که این شیوه ارائه بازخورد ممکن است در برخی شرایط یا در تعامل با برخی متغیرها، اثربخشی چندانی نداشته باشد و چه‌بسا بهتر باشد در چنین موقعیت‌هایی، کنترل تمرین یا اختیار تقاضای بازخورد به یادگیرنده سپرده نشود (۱۳). در همین زمینه صادقی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که کانون توجه درونی اثر مثبت بازخورد خودکنترلی را کاهش می‌دهد. آنان اظهار داشتند که احتمالاً فشار شناختی ناشی از کانون توجه درونی به‌همراه فشار شناختی ناشی از بازخورد خودکنترلی موجب افزایش بار شناختی واردشده بر حافظه کاری می‌شود و همین موضوع به تضعیف یادگیری افراد

1. Iessa & Chiviacowsky

2 . Januario, Figueiredo, Protes, Benda

می‌انجامد. آنها بیان دادند هنگام استفاده از کانون توجه درونی از رویکرد بازخورد خودکنترلی استفاده نشود (۱۴).

یکی از شرایطی که اثربخشی بازخورد خودکنترلی در آن کمتر بررسی شده است و به نظر می‌رسد کارایی این نوع بازخورد را تحت تأثیر قرار دهد، شرایط خستگی ذهنی است. خستگی را می‌توان به دو بخش جسمی و ذهنی تقسیم کرد. خستگی جسمانی حس عدم قدرت و توان است که برعکس ضعف عضلانی، به‌طور معمول با استراحت از بین می‌رود؛ اما خستگی ذهنی، حالتی روان‌شناختی و ناشی از فعالیت مداوم شناختی است و با احساس واماندگی و کمبود انرژی مشخص می‌شود (۱۶، ۱۵). اضطراب، فعالیت طولانی‌مدت و تکراری، افزایش و کاهش بیش از حد درجه حرارت محیط، خواب ناکافی و مسائل اجتماعی و خانوادگی از جمله عواملی‌اند که به خستگی ذهنی منجر می‌شوند (۱۷). خستگی ذهنی موجب کاهش تمرکز و توجه برای اجرای تکالیف می‌شود (۱۶) و اغلب با انجام حرکات ناشیانه همراه است، به‌طوری‌که در کارایی عضلانی، مهارتی و در کل عملکرد فرد اختلال ایجاد می‌کند (۱۹، ۱۸). با توجه به تأثیر منفی خستگی ذهنی بر فعالیت‌های شناختی (۲۱، ۲۰) و حرکتی (۲۳، ۲۲)، این سؤال مطرح می‌شود که آیا دادن اختیار به یادگیرنده در تقاضای بازخورد و افزایش مشارکت شناختی وی در حین تمرین در شرایط خستگی ذهنی سودمند است یا خیر؟ بدین ترتیب بخش اول پژوهش حاضر در نظر دارد که اثربخشی بازخورد خودکنترلی را در شرایط خستگی ذهنی بر یادگیری دقت تولید نیرو بررسی کند. احتمالاً دشواری در تولید دقیق نیروهای مختلف (کم، متوسط و بیشینه)، متفاوت است. مطالعات نشان می‌دهند با بالا رفتن سطح دشواری تکلیف، اصول حاکم بر یادگیری مهارت‌های حرکتی نیز تغییر می‌کند (۲۴) و احتمالاً خستگی ذهنی تبعات منفی بیشتری در پی دارد (۲۵). درک و تنظیم تولید نیروی عضلانی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های حس حرکت نقش بسزایی در اجرا و کنترل تکالیف حرکتی دارد (۲۶). دقت در تولید نیروی مناسب به‌منظور اجرای موفق بسیاری از مهارت‌های ورزشی چون مهارت‌های پرتابی و نشانه‌گیری (برای مثال پرتاب آزاد بسکتبال و هدف‌گیری در دارت) بسیار حائز اهمیت است. توانایی و دقت در تولید نیروی بهینه، گذشته از مزایای تکنیکی در ورزش‌ها، بر اقتصاد حرکت نیز مؤثر است. شواهد تحقیقاتی نشان می‌دهد شرایط موقتی روانی و هیجانی افراد می‌تواند کنترل ارادی تولید نیرو را تحت تأثیر قرار دهد. طبق مطالعات رفتاری، مدارهای عصبی حرکتی و هیجانی به لحاظ آناتومیکی و

کارکردی با یکدیگر ارتباط نزدیکی دارند (۲۷). بری و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که تلاش شناختی و خستگی ذهنی، تولید نیروی عضلانی را کاهش می‌دهد (۲۸). همچنین نتایج مطالعات نشان می‌دهد که خستگی ذهنی از طریق تأثیرگذاری بر تلاش ادراک شده یا فشار ادراک شده، استقامت عضلانی را تغییر می‌دهد؛ اما تأثیری روی حداکثر نیرو، قدرت و عملکرد بی‌هوازی ندارد (۲۹، ۳۰). ون کاتسم<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی این موضوع پرداختند که آیا در شرایط خستگی ذهنی بازیکنان بدمینتون نسبت به گروه کنترل (افراد غیر بدمینتون‌باز) از عملکردهای اجرایی بالاتری برخوردارند و آیا آنها نسبت به گروه کنترل در یک تکلیف بینایی حرکتی<sup>۳</sup> در برابر خستگی ذهنی مقاومت بیشتری دارند یا خیر. نتایج تحقیق آنان نشان داد که اولاً اگرچه زمان پاسخ بدمینتون‌بازان نسبت به گروه کنترل بهتر بود، عملکرد آنان در شرایط خستگی ذهنی کاهش یافت، ثانیاً تکالیفی که در کنار مؤلفه شناختی، مؤلفه حرکتی بزرگ‌تری دارند، بیشتر تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار می‌گیرند (۳۱). تحقیقات دیگر نیز بیشتر در زمینه تکالیف شناختی صورت گرفته که نتایج آنها حاکی از تأثیر منفی خستگی ذهنی بر سرعت و دقت تصمیم‌گیری (۳۲، ۳۳) و تنظیم و کنترل سایر تکالیف شناختی (۳۴، ۳۵، ۱۵) است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در بیشتر مطالعات تأثیر خستگی ذهنی بر قدرت، استقامت و حداکثر نیرو بررسی شده است، اما تأثیر خستگی ذهنی بر یادگیری تولید نیرویی خاص که یک تکلیف شناختی- حرکتی محسوب می‌شود، بررسی نشده است. از طرف دیگر، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که دقت در تولید نیرو می‌تواند تحت تأثیر میزان نیروی تولیدشده قرار گیرد. فرایندهای نوفه‌دار در زمان تولید نیرو موجب تغییرپذیری نیرو می‌شود، به عبارت دیگر، همگام با افزایش نیرو انقباضی، تغییرپذیری نیروها یا نوفه نیز افزایش می‌یابد تا جایی که به حدود ۷۰ درصد حداکثر گشتاور برسد. در واقع بین دقت فضایی و نیرو انقباضی، رابطه‌ای شبیه یو وارونه وجود دارد و کمترین دقت در حرکاتی مشاهده می‌شوند که نیروی متوسطی دارند (۳۶). در مجموع به نظر می‌رسد با توجه به وجود نوفه‌های طبیعی در تولید نیروهای متفاوت، اثر خستگی ذهنی بر یادگیری نیروهای کم، متوسط و بیشینه نیز متفاوت باشد. بدین ترتیب هدف پژوهش حاضر در بخش دوم بررسی اثر خستگی ذهنی بر یادگیری نیروهای کم، متوسط و بیشینه است تا مشخص شود که در شرایط خستگی ذهنی، یادگیری کدام نیروها بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

1 . Bray, Graham, Ginis, Hicks

2 . Van Cutsem

3 . Visuomotor

## روش پژوهش

روش تحقیق حاضر به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ کنترل متغیرها از نوع نیمه تجربی است. بدین منظور ۲۸ دانشجوی واجد شرایط با دامنه سنی ۲۵ تا ۱۸ سال انتخاب شدند و به صورت تصادفی به دو گروه خستگی ذهنی-بازخورد خودکنترل و خستگی ذهنی-بازخورد جفت شده تقسیم شدند. تعداد نمونه براساس نرم افزار جی پاور نسخه ۳,۰,۱۰ برای مطالعات تحلیل واریانس درون-بین گروهی با اندازه گیری تکراری با در نظر گرفتن اندازه خطای نوع اول ۰/۰۵، توان ۰/۹۰، اندازه اثر ۰/۲۶ و تعداد اندازه گیری ۴ مرتبه، ۲۸ نفر به دست آمد (۳۷). شرکت کنندگان هیچ گونه سابقه فعالیت ورزشی منظم و تجربه کار با دستگاه دینامومتر نداشتند. همه شرکت کنندگان برگه رضایت نامه شرکت در تحقیق را تکمیل کردند.

## ابزار اندازه گیری

به منظور سنجش دقت در تولید نیرو از دینامومتر الکتریکی استفاده شد. این دستگاه توسط شرکت دانش بنیان دانش سالار ایرانیان ساخته شده است، روایی این دستگاه را جمعی از متخصصان علوم ورزشی تأیید کردند و پایایی دستگاه ۰/۹۱ گزارش شده است.

به منظور ایجاد خستگی ذهنی از نرم افزار آزمون استروپ<sup>۱</sup> و برای سنجش میزان خستگی ذهنی افراد از پرسشنامه چندبعدی خستگی MFI<sup>۲</sup> و مقیاس چشمی VAS<sup>۳</sup> استفاده شد. از پرسشنامه دست برتری ادینبورگ نیز به منظور تعیین دست برتر شرکت کنندگان استفاده شد.

## روش اجرا

در ابتدا و قبل از ورود به مرحله اکتساب آزمودنی های دو گروه در سه تکرار با نحوه کار دستگاه تولید نیرو آشنا شدند. در مرحله اکتساب سه نیروی متفاوت شامل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد حداکثر نیروی هر فرد در ۷۲ کوشش (۱۲ بلوک شش کوششی) تمرین شد. در هر بلوک آرایش تمرین نیروها به صورت زنجیره ای بود، بدین صورت که در کوشش اول نیروی ۲۵ درصد، در کوشش دوم نیروی ۵۰ درصد و در کوشش سوم نیروی ۷۵ درصد تمرین می شد و این ترتیب تا پایان بلوکها ادامه داشت. دو گروه ابتدا پروتکل خستگی ذهنی را دریافت کردند و سپس وارد مرحله اکتساب شدند. روش ایجاد خستگی ذهنی براساس تحقیق اسمیت<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۶) و ون کاتسم و همکاران (۲۰۱۹) بدین گونه بود که ابتدا افراد پرسشنامه

1. Stroop test
2. multidimensional fatigue inventory
3. Visual Analog Scale
4. Smith

مربوط به خستگی ذهنی را تکمیل می‌کردند، سپس هر آزمودنی به مدت حداقل یک ساعت به انجام آزمون استروپ مشغول می‌شد (۳۸، ۳۱). هنگامی که این اطمینان به‌طور تقریبی حاصل شد که خستگی ذهنی اتفاق افتاده است، آزمودنی مجدد پرسشنامه خستگی ذهنی و مقیاس چشمی VAS را تکمیل کرد و پس از تجزیه و تحلیل نتایج پرسشنامه‌ها، شرکت‌کنندگانی که نمره مورد نظر را کسب کرده بودند (نمره بالای ۶۰) و نسبت به پیش‌آزمون تفاوت معناداری داشتند، وارد مرحله اکتساب تکلیف تولید نیرو شدند. نحوه ارائه بازخورد خودکنترل در مرحله اکتساب بدین صورت بود که شرکت‌کنندگان گروه خودکنترل می‌توانستند در طول تمرین برای هر کوششی که نیاز داشتند، تقاضای بازخورد کنند. در گروه بازخورد جفت‌شده، دقیقاً در همان کوشش‌هایی که به گروه بازخورد خودکنترل بازخورد ارائه شده بود، بازخورد داده می‌شد. ده دقیقه پس از پایان مرحله اکتساب، شرکت‌کنندگان در آزمون یادداری فوری شرکت کردند. ۴۸ ساعت بعد یادداری تأخیری (در شرایط بدون خستگی ذهنی) انجام گرفت. در ضمن تمام مراحل تحقیق با دست غیر برتر شرکت‌کنندگان انجام پذیرفت.

### روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در بخش آمار توصیفی از شاخص‌های مرکزی و پراکندگی برای ترسیم جداول و نمودارها استفاده شد. در بخش آمار استنباطی از آزمون شاپیروویلیک و لون به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها استفاده شد. به منظور تحلیل داده‌ها در مرحله اکتساب و یادداری از آزمون تحلیل واریانس درون-بین‌گروهی ۲ (گروه) \* ۴ (آزمون) با اندازه‌گیری‌های مکرر و برای مقایسه میزان خطا در تولید نیروهای مختلف در آزمون‌های یادداری از آزمون تحلیل واریانس ۲ (گروه) \* ۳ (نیرو) با اندازه‌گیری‌های مکرر و نرم‌افزار اس پی اس ۲۳ در سطح معناداری پی کوچک‌تر از ۰/۰۵ استفاده شد.

### نتایج

در مرحله غربالگری یک نفر از شرکت‌کنندگان به دلیل داشتن داده‌های پرت، از نمونه حذف شد و کار تجزیه و تحلیل با ۲۷ شرکت‌کننده دنبال شد. همچنین قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، به منظور اطمینان از ایجاد خستگی ذهنی، نمرات پرسشنامه خستگی در دو گروه قبل و بعد از اجرای پروتکل خستگی ذهنی

بررسی شد. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر نشان داد که میزان خستگی ذهنی هر دو گروه به‌طور معناداری بعد از ایجاد پروتکل خستگی ذهنی افزایش پیدا کرده است ( $P \leq 0.05$ ).

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد خطای گروه‌ها در مراحل مختلف تحقیق

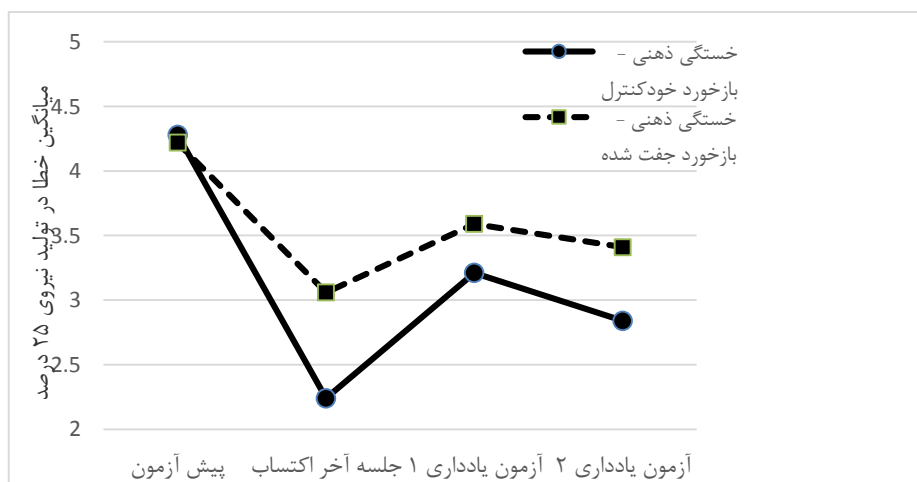
M±SD				گروه‌ها در شرایط	
یادداری ۲	یادداری ۱	جلسه آخر اکتساب	پیش‌آزمون	خستگی ذهنی	
۲/۸۱±۱/۳۰	۳/۲۱±۱/۴۷	۲/۲۴±۱/۰۳	۴/۱۸±۲/۶۵	بازخورد خودکنترل	نیروی ۲۵
۳/۴۱±۱/۳۱	۳/۵۹±۲/۱۰	۳/۰۶±۳/۱۷	۴/۰۲±۴/۴۱	بازخورد جفت‌شده	درصد
۲/۴۷±۱/۶۲	۲/۳۳±۱/۱۰	۱/۵۳±۰/۶۳	۲/۶۰±۱/۴۶	بازخورد خودکنترل	نیروی ۵۰
۲/۴۵±۰/۸۱	۲/۶۲±۱/۱۲	۱/۸۳±۱/۱۵	۳/۲۲±۲/۷۹	بازخورد جفت‌شده	درصد
۲/۴۶±۰/۹۴	۲/۶۸±۱/۴۵	۳/۶۳±۲/۰۵	۳/۳۶±۳/۲۰	بازخورد خودکنترل	نیروی ۷۵
۳/۲۰±۱/۰۰	۲/۷۴±۱/۱۲	۳/۱۲±۱/۶۸	۲/۰۰±۱/۱۶	بازخورد جفت‌شده	درصد

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، خطای گروه‌ها از جلسه اول تا جلسه آخر اکتساب، یادداری یک و دو دچار تغییراتی شده که این تغییرات در بعضی گروه‌ها کاهشی و در بعضی گروه‌ها روند افزایشی داشته است.

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر به‌منظور بررسی اثر بازخورد خودکنترل بر اکتساب و یادگیری نیروی ۲۵ درصد در شرایط خستگی ذهنی

شاخص‌های آماری	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	ارزش F	مقدار P	اندازه اثر
	جلسات تمرین	۲۹/۶۵	۱/۵۱	۱/۶۸	۰/۲۰۴	۰/۰۶۳
	گروه	۴/۳۰	۱	۰/۴۴۲	۰/۵۱۲	۰/۰۱۷
	مراحل آزمون * گروه	۳/۲۵	۱/۵۱	۰/۲۰۰	۰/۷۵۷	۰/۰۰۸

نتایج درون گروهی در جدول ۲ نشان می‌دهد، اثر جلسات تمرین در شرایط خستگی ذهنی معنادار نیست ( $P \geq 0/05$ )، بدین معنی که دو گروه تحقیق از پیش‌آزمون تا جلسه آخر اکتساب و نیز تا آزمون‌های یادداری با وجود کاهش خطا، پیشرفت معناداری در دقت تولید نیروی ۲۵ درصد نداشته‌اند. همچنین نتایج تأثیرات بین‌گروهی نشان داد هرچند میانگین خطای افراد در گروه خستگی ذهنی - بازخورد خودکنترل نسبت به گروه خستگی ذهنی - بازخورد جفت شده در دقت تولید نیروی ۲۵ درصد کمتر است، اما این اختلاف معنادار نیست ( $P \geq 0/05$ ) (شکل ۱).



شکل ۱. عملکرد گروه‌های تحقیق در تولید نیروی ۲۵ درصد

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر به منظور بررسی اثر بازخورد خودکنترل بر اکتساب و یادگیری نیروی ۵۰ درصد در شرایط خستگی ذهنی

اندازه اثر	مقدار P	ارزش F	درجه آزادی	مجموع مجذورات	شاخص‌های آماری منبع تغییرات
۰/۱۲۹	*۰/۰۳۳	۳/۷۰	۱/۹۵	۲۱/۰۰	جلسات تمرین
۰/۰۲۹	۰/۳۹۲	۰/۷۵۸	۱	۲/۴۱	گروه
۰/۰۱۰	۰/۷۷۹	۰/۲۴۵	۱/۹۵	۱/۳۸	جلسات تمرین * گروه



نتایج درون گروهی در جدول ۳ نشان می‌دهد، اثر جلسات تمرین در شرایط خستگی ذهنی معنادار است ( $P \leq 0/05$ )، بدین معنی که گروه‌های تحقیق از پیش‌آزمون تا جلسه آخر اکتساب و آزمون‌های یادداری تغییر معناداری دقت تولید نیروی ۵۰ درصد داشته‌اند. نتایج آزمون‌های تعقیبی نشان داد که این پیشرفت معنادار فقط در گروه بازخورد خودکنترل و فقط بین پیش‌آزمون و جلسه آخر اکتساب وجود دارد. بدین معنی که در شرایط خستگی ذهنی بازخورد خودکنترل تنها بر اکتساب نیروی ۵۰ درصد تأثیر معنادار داشته ( $P = 0/01$ )، اما بر یادگیری تأثیر معناداری نداشته است ( $P \geq 0/05$ ). همچنین نتایج تأثیرات بین گروهی نشان داد که بین گروه خستگی ذهنی - بازخورد خودکنترل و گروه خستگی ذهنی - بازخورد جفت‌شده در دقت تولید نیروی ۵۰ درصد تفاوت معناداری وجود ندارد ( $P \geq 0/05$ ) (شکل ۲).

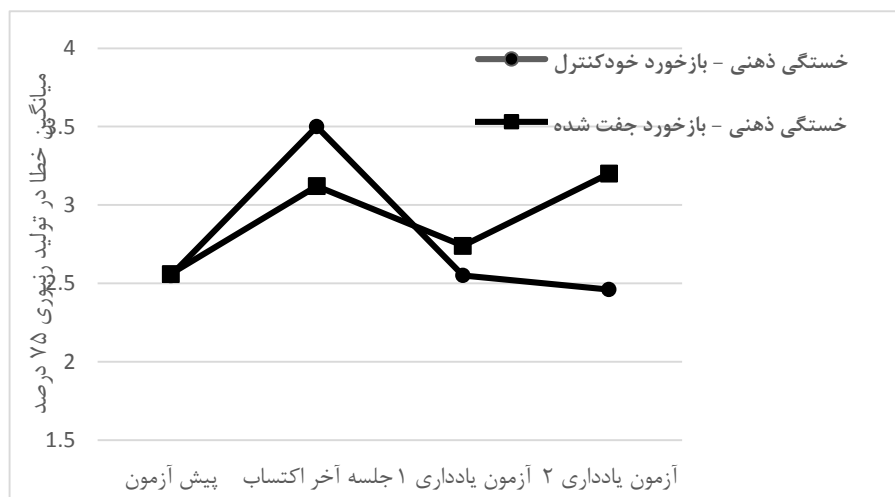


شکل ۲. عملکرد گروه‌های تحقیق در تولید نیروی ۵۰ درصد

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر به منظور بررسی اثر بازخورد خودکنترل بر اکتساب و یادگیری نیروی ۷۵ درصد در شرایط خستگی ذهنی

شاخص‌های آماری منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	ارزش F	مقدار P	اندازه اثر
جلسات تمرین	۶۰/۶۸	۲/۱۸	۱۴/۱۲	*۰/۰۰۱	۰/۳۷۱
گروه	۰/۹۳۵	۱	۰/۵۵۷	۰/۴۶۳	۰/۰۲۳
جلسات تمرین * گروه	۳/۱۵	۲/۱۸	۰/۷۳۵	۰/۴۹۶	۰/۰۳۰

نتایج درون گروهی جدول ۴ نشان می‌دهد، اثر جلسات تمرین در شرایط خستگی ذهنی معنادار است ( $P \leq 0/05$ )، بدین معنی که دو گروه تحقیق از پیش‌آزمون تا جلسه آخر اکتساب و نیز تا آزمون‌های یادداری، تغییر معناداری داشته‌اند. مشاهده شکل ۳ نشان می‌دهد که خطای هر دو گروه در مرحله اکتساب نیروی ۷۵ درصد افزایش یافته و هیچ‌یک از دو نوع بازخورد در شرایط خستگی ذهنی بر اکتساب و یادگیری تأثیر مثبت نداشته است. نتایج آزمون‌های تعقیبی نشان می‌دهد که در شرایط خستگی ذهنی بازخورد خودکنترل بر اکتساب و یادگیری نیروی ۷۵ درصد تأثیر معناداری نداشته است ( $P \geq 0/05$ )، اما ارائه بازخورد جفت‌شده سبب ایجاد تأثیر منفی معنادار بر اکتساب و یادگیری نیروی ۷۵ درصد شده است. بررسی‌های دقیق‌تر نشان می‌دهد که از پیش‌آزمون تا جلسه آخر اکتساب و نیز تا آزمون‌های یادداری ۱ و ۲، خطای این گروه به‌طور معناداری افزایش یافته است (شکل ۳).



شکل ۳. عملکرد گروه‌های تحقیق در تولید نیروی ۷۵ درصد

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر جهت مقایسه خطای تولیدشده در سه نیروی کم، متوسط و بیشینه در آزمون یادداری یک (در شرایط خستگی ذهنی) و دو (در شرایط بدون خستگی ذهنی)

شاخص‌های آماری منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	ارزش F	مقدار P	اندازه اثر
نیروهای یادداری یک	۱۲/۴۵	۲	۳/۸۱	*۰/۰۲۹	۰/۱۳۲
مختلف یادداری دو	۵/۹۵	۲	۲/۶۰	۰/۰۸۴	۰/۰۹۴
یادداری یک	۱/۲۰	۱	۰/۴۰۳	۰/۵۳۱	۰/۰۱۶
یادداری دو	۳/۷۶	۱	۱/۸۷	۰/۱۸۳	۰/۰۷۰
نیرو*گروه یادداری یک	۰/۳۷	۲	۰/۱۱۴	۰/۸۹۲	۰/۰۰۵
یادداری دو	۲/۱۶	۲	۰/۹۴۸	۰/۳۹۴	۰/۰۳۷

نتایج اثرات درون‌گروهی جدول ۵ نشان می‌دهد، تنها در یادداری یک اثر مقدار نیروی تولیدشده بر میزان خطا معنادار است ( $P \leq 0/05$ )، بدین معنی که بین میانگین خطا در تولید نیروهای کم، متوسط و بیشینه در آزمون یادداری یک در شرایط خستگی ذهنی تفاوت معناداری وجود دارد. نتایج آزمون‌های تعقیبی به‌منظور نشان دادن محل دقیق تفاوت‌ها حاکی از آن است که بین تولید نیروهای کم و متوسط تفاوت معناداری در میانگین خطا وجود دارد ( $P \leq 0/05$ )، به‌طوری‌که میانگین خطا در نیروی ۲۵ درصد بیشتر از ۵۰ درصد است. همچنین در آزمون یادداری یک و دو اثر اصلی گروه و تعامل آن با میزان نیرو معنادار نیست ( $P \geq 0/05$ ). مقایسه میانگین خطاهای دو گروه در آزمون یادداری یک و دو نشان می‌دهد که اگرچه میزان خطای تولیدشده در نیروهای کم و بیشینه بیشتر از نیروهای متوسط است و گروه خودکنترل میانگین خطای کمتری نسبت به گروه جفت شده دارد، بین یادگیری دو گروه تفاوت معنادار وجود ندارد.

جدول ۶. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر جهت مقایسه تواتر بازخورد درخواست‌شده طی مرحله اکتساب در نیروهای مختلف

شاخص‌های آماری منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	ارزش F	مقدار P	اندازه اثر
اثر نیروها مختلف	۷۵/۱۹	۲	۸/۷۶	*۰/۰۰۱	۰/۴۰
خطا	۱۱۱/۴۷	۲۶	-	-	-

نتایج جدول ۶ نشان داد که طی اکتساب سه نیروی متفاوت بین تواتر بازخورد درخواستی این سه نیرو تفاوت معناداری وجود دارد. بررسی آزمون تعقیبی بنفرونی نشان می‌دهد که بین تعداد بازخورد درخواستی در نیروی ۵۰ درصد با دو نیروی ۲۵ و ۷۵ درصد تفاوت معناداری وجود دارد، به طوری که در نیروی ۵۰ درصد (میانگین تعداد بازخورد دریافتی =  $4/21$ ) به طور معناداری نسبت به دو نیروی ۲۵ درصد (میانگین تعداد بازخورد دریافتی =  $6/85$ ) و ۷۵ درصد (میانگین تعداد بازخورد دریافتی =  $7/21$ ) تعداد بازخورد کمتری درخواست شده است.

### بحث و نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر بازآزمایی اثربخشی رویکرد بازخورد خودکنترلی بر اکتساب و یادگیری حرکتی در شرایط خستگی ذهنی و نیز بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر یادگیری تولید نیروهای کم، متوسط و بیشینه بود. یافته‌های پژوهش نشان داد که خستگی ذهنی اکتساب و یادگیری تولید نیروهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد را تخریب می‌کند، بدین معنی که هر دو گروه بازخورد خودکنترل و جفت شده در شرایط خستگی ذهنی از پیش‌آزمون تا جلسه آخر اکتساب و همچنین از پیش‌آزمون تا آزمون‌های یادداری یک و دو پیشرفت معناداری نداشته‌اند؛ به عبارت دیگر مشاهده نمودارهای ۱ تا ۳ نشان می‌دهد اگرچه اثر بازخورد خودکنترل در تولید نیروهای ۲۵ و ۵۰ درصد تا حدودی به کاهش خطا و در نیروی ۷۵ درصد به افزایش خطا منجر شد، این تغییرات (به جز در اکتساب نیروی ۵۰ درصد) معنادار نبود و در کل خستگی ذهنی سبب کاهش اثربخشی بازخورد خودکنترل بر اکتساب و یادگیری دقت در تولید نیروهای مختلف شده است.

اگرچه نتایج تحقیقات حاکی از عدم تأثیرگذاری خستگی ذهنی بر تولید حداکثر نیرو یا قدرت حداکثر است (۳۰)، نتایج مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که خستگی ذهنی سبب تخریب عملکردهای فیزیکی زیربیشینه‌ای می‌شود که به دقت، سرعت، کنترل شناختی و تصمیم‌گیری نیاز دارند (۳۸، ۳۴، ۳۳، ۳۰). در همین زمینه ون کاتسم و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود نشان دادند که خستگی ذهنی به طور منفی بر عملکرد بینایی-حرکتی بدمینتون بازان تأثیر می‌گذارد (۳۱). همچنین اسمیت و همکاران (۲۰۱۶) اثر مخرب خستگی ذهنی بر مهارت تصمیم‌گیری فوتبالیست‌ها را نشان دادند، نتایج پژوهش آنان حاکی از آن بود که خستگی ذهنی موجب اختلال در فرایند پردازش اطلاعات می‌شود (۳۲). بدین ترتیب همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نشان داد، از آنجا که تولید نیروی خاص، به کنترل

شناختی و دقت در اعمال نیروی مدنظر نیاز دارد، اکتساب و یادگیری تکلیف تولید نیرو در هر سه دامنه تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار گرفت. به طوری که خستگی ذهنی مانع پیشرفت معنادار افراد با وجود تمرینات صورت گرفته شد. هر چند تحقیقات انجام گرفته در زمینه تأثیر خستگی ذهنی بر یادگیری حرکتی محدود است، این یافته با نتایج تحقیقات خجسته و همکاران (۱۳۹۸)، اسمیت و همکاران (۲۰۱۶)، کوتینهو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) و پاچوکس و همکاران (۲۰۱۸) همراستا است (۲۳، ۲۴، ۳۸، ۳۹).

نتایج آزمون‌های یادداری یک (در شرایط خستگی ذهنی) و دو (در شرایط بدون خستگی ذهنی) نشان داد که اولاً بین یادگیری تولید نیروهای مختلف در دو گروه بازخورد خودکنترل و جفت شده تفاوت معناداری وجود ندارد، ثانیاً در آزمون یادداری یک یعنی در شرایط خستگی ذهنی میزان خطای تولید شده در نیروی ۵۰ درصد نسبت به دو نیروی دیگر به ویژه نیروی ۲۵ درصد به طور معناداری کمتر است. همراستا با تحقیقات پیشین ذکر شده و با تکیه بر مبانی نظری، موضوع تأثیر منفی خستگی ذهنی بر عملکرد حرکتی قابل پیش‌بینی بود؛ اما مسئله اساسی که در این پژوهش باید به آن پرداخت بررسی نقش بازخورد خودکنترل در مقایسه با بازخورد جفت شده در اکتساب و یادگیری تولید نیروهای مختلف در شرایط خستگی ذهنی است. همان‌طور که ملاحظه شد، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که بازخورد خودکنترل در چنین شرایطی اثربخشی کافی را نداشت و همانند گروه جفت شده نتوانست سبب پیشرفت معنادار افراد در اکتساب و یادگیری تکلیف موردنظر شود. این یافته در حالی به دست آمد که انتظار می‌رفت براساس مبانی نظری حمایت‌کننده از رویکرد خودکنترلی، گروه بازخورد خودکنترل بتواند در شرایط خستگی ذهنی نیز نسبت به گروه جفت شده که نه اختیاری در درخواست بازخورد دارد و نه بازخورد ارائه شده به این گروه منطبق بر نیازهای آنهاست، برتری خود را حفظ کند.

این یافته برخلاف تحقیقاتی بود (۷، ۵-۳) که با تأکید بر مزایای بازخورد خودکنترلی به عنوان رویکردی که با افزایش مشارکت و انگیزش یادگیرنده در حین تمرین، اعتقاد به برتری این گروه نسبت به گروه جفت شده داشتند که علت این تناقض را می‌توان در نبود خستگی ذهنی در تحقیقات مذکور دانست. احتمالاً خستگی ذهنی به واسطه تأثیر منفی بر ادراک یادگیرنده (۳۰، ۲۳) موجب اختلال در قدرت تصمیم‌گیری مناسب آنها (۳۲) می‌شود. به علاوه با افزایش خستگی ذهنی، فرایند آماده‌سازی و کنترل شناختی به شکل نامناسبی اتفاق می‌افتد و تعداد خطاها افزایش می‌یابد (۴۰، ۳۴)، به طوری که به نظر

می‌رسد مجموعه این عوامل انتخاب زمان و کوشش مناسب برای تقاضای بازخورد را تحت تأثیر قرار دهد، به طوری که احتمالاً یادگیرنده خودکنترل در شرایط خستگی ذهنی برخلاف شرایط طبیعی بدون هدف، تصادفی و بدون اینکه بازخورد درخواست شده منطبق بر نیاز وی باشد، تقاضای بازخورد می‌کند و این موضوع موجب عملکرد و یادگیری ضعیف گروه بازخورد خودکنترل و عدم برتری این گروه بر گروه جفت شده شده است، این یافته با نتایج خجسته و همکاران (۱۳) (۱۳۹۷) که تنها تحقیق مشابه در این زمینه است، همراستا است.

از سوی دیگر، نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که خستگی ذهنی به کاهش ظرفیت حافظه در نگهداری و سازماندهی اطلاعات منجر می‌شود (۴۱). این عامل از یک سو، سبب دشواری ناشی از دقت در تولید سه نیروهای کم، متوسط و زیاد به صورت زنجیره‌ای در طی مرحله اکتساب و از سوی دیگر موجب افزایش فشار شناختی تمرین می‌شود. همچنین آزمودنی‌های گروه بازخورد خودکنترل به سبب مسئولیت در مدیریت تقاضای بازخورد و تصمیماتی که می‌بایست براساس دانش خود در مورد زمان درخواست بازخورد داشته باشد، مجبور به تقسیم ظرفیت توجه بین فرایندهای یادگیری و خودکنترلی می‌شدند، به طوری که این امر نه تنها با فشار شناختی به یادگیرنده همراه است، بلکه برخی محققان معتقدند که خودکنترلی با افزایش خستگی و تخریب عملکرد و کاهش خودکارآمدی افراد همراه است (۴۲). در مجموع تعامل پیچیده این اتفاقات با یکدیگر سبب شده که احتمالاً گروه خودکنترل در شرایط خستگی ذهنی توانایی تشبیت اطلاعات در حافظه کاری را جهت اتخاذ تصمیمات صحیح نداشته باشند، به طوری که این عوامل به از بین رفتن مزایای بازخورد خودکنترلی و تخریب یادگیری این گروه منجر شده است.

بخش دیگر پژوهش حاضر در مورد تأثیر خستگی ذهنی بر یادگیری نیروهای متفاوت نشان داد که خستگی ذهنی یادگیری نیروی ۵۰ درصد را نسبت به دو نیروی دیگر کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهد و هر دو گروه در دقت تولید نیروی ۵۰ درصد عملکرد بهتری داشتند. در توجیه این یافته احتمالاً بتوان به ساده‌تر بودن تولید نیروی ۵۰ درصد نسبت به دو نیروی دیگر اشاره داشت. احتمالاً تجربه کمتر افراد در تولید نیروهایی زیر بیشینه و بیشینه نسبت به نیروهای متوسط و وجود نوفه بیشتر در تولید نیروی ۷۵ درصد از جمله دلایل احتمالی یادگیری بهتر افراد در نیروی متوسط بوده است. همچنین مقایسه نتایج تعداد بازخورد درخواست شده در سه نیروی متفاوت نشان داد، هنگام یادگیری نیروی ۵۰ درصد نسبت به دو نیروی دیگر به طور معناداری تعداد بازخورد کمتری درخواست شده است. تقاضای کمتر بازخورد به

معنی وابستگی کمتر یادگیرنده به اطلاعات بیرونی از دیگر دلایل احتمالی ساده بودن یادگیری نیروی ۵۰ درصد و یادگیری بهتر افراد در این نیرو بوده است.

در مجموع یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که احتمالاً خستگی ذهنی از طریق اختلال در فرایند پردازش اطلاعات و تصمیم‌گیری، کاهش ظرفیت حافظه کاری موجب از بین رفتن مزایای بازخورد خودکنترلی و کاهش اثربخشی این رویکرد در اکتساب و یادگیری تولید نیروهای مختلف به‌ویژه نیروهای ۲۵ و ۷۵ درصد می‌شود، به‌طوری‌که این گروه نتوانست برتری خود را بر گروه جفت‌شده نشان دهد. در نهایت دادن اختیار به شرکت‌کنندگان و مشارکت دادن آنها در امر آموزش اگرچه موجب درگیری فعال یادگیرندگان در فرایند یادگیری و افزایش انگیزش آنها و در نهایت افزایش یادگیری آنها می‌شود، این موضوع در شرایط طبیعی و بدون خستگی ذهنی صادق است، به‌طوری‌که شاید بتوان گفت که بازخورد خودکنترل در هر شرایطی مفید نیست.

پیام مقاله: با توجه به نیازهای شناختی بازخورد خودکنترلی، پیشنهاد می‌شود در شرایط خستگی ذهنی از این رویکرد استفاده نشود، همچنین با توجه به اینکه یادگیری نیروی ۵۰ درصد نسبت به نیروهای ۲۵ و ۷۵ درصد کمتر تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار گرفت، به مربیان پیشنهاد می‌شود چنانچه در شرایط خستگی مجبور به آموزش هستند، مهارت‌های حرکتی‌ای از ورزش موردنظر را انتخاب کنند که به نیروی متوسطی نیاز دارند.

## منابع و مأخذ

1. Barros JA, Yantha ZD, Carter MJ, Hussien J, Ste-Marie DM. Examining the impact of error estimation on the effects of self-controlled feedback. *Human movement science*. 2019;63:182-98
2. Lessa HT, Chiviawosky S. Self-controlled practice benefits motor learning in older adults. *Human movement science*. 2015;40:372-80
3. Chiviawosky S, de Medeiros FL, Kaefer A, Wally R, Wulf G. Self-controlled feedback in 10-year-old children: higher feedback frequencies enhance learning. *Research quarterly for exercise and sport*. 2008;79(1):122-7
4. Chiviawosky S, Wulf G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research quarterly for exercise and sport*. 2005;76(1):42-8
5. Chiviawosky S, Lessa HT. Choices over feedback enhance motor learning in older adults. *Journal of Motor Learning and Development*. 2017;5(2):304-18

6. Januário M, Figueiredo L, Portes L, Benda R. Effects of Self-Controlled Knowledge of Results on Learning a Taekwondo Serial Skill. *Perceptual and Motor Skills*. 2019;126(6):1178-94
7. Zeidabady R, Amery EA, Sheikh M, Motesharreyi ME. Comparison Feedback after Good and Poor Trials in Self-Control and Instructor-Control Condition in Acquisition and learning of Force-Production Task. *journal of sport & exercise psychology* 2010;32:S138-S
8. Jalalvand M, Bahram A, Daneshfar A, Arsham S. The Effect of Gradual Self-Control of Task Difficulty and Feedback on Learning Golf Putting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2019;90(4):429-39
9. Van Maarseveen MJ, Oudejans RR, Savelsbergh GJ. Self-controlled video feedback on tactical skills for soccer teams results in more active involvement of players. *Human Movement Science*. 2018;57:194-204
10. Hemayattalab R. Effects of self-control and instructor-control feedback on motor learning in individuals with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*. 2014;35(11):2766-72
11. Hemayattalab R, Arabameri E, Pourazar M, Ardakani MD, Kashefi M. Effects of self-controlled feedback on learning of a throwing task in children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*. 2013;34(9):2884-9
12. Razaghi S, Saemi E, Abedanzadeh R. The Effect of Self-Control Feedback on Motor Learning, Balance Confidence and Elderly's Self-Efficacy in a Balancing Task. *Sport Psychology Studies*. 2019;8(28):207-20
13. Khojasteh Moghani M, Zeidabadi R, Shahbi kaseb M, Bahreini Broojeni I. Representation of the effect of self-control feedback on performance and learning of force control task in mental fatigue conditions [Master of Science]: Hakim sabzevari university; 2019 (in persian)
14. Sadeghi F, Zeidabadi R, Shahabi KM. The effect of attentional focus and self-control feedback on acquisition and learning of throwing skill in 10-12 year old children [Master of Science]: Hakim sabzevari university; 2019. (in persian)
15. Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. *Brain research reviews*. 2008;59(1):125-39.
16. Marcora SM, Staiano W, Manning V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of applied physiology*. 2009;106(3):857-64
17. Wright RA, Stewart CC, Barnett BR. Mental fatigue influence on effort-related cardiovascular response: Extension across the regulatory (inhibitory)/non-regulatory performance dimension. *International Journal of Psychophysiology*. 2008;69(2):127-33
18. Chuckravanen D, Bulut S, Kürklü G, Yapali G. Review of exercise-induced physiological control models to explain the development of fatigue to improve sports performance and future trend. *Science & Sports*. 2019;34(3):131-40



19. Russell S, Jenkins D, Smith M, Halson S, Kelly V. The application of mental fatigue research to elite team sport performance: New perspectives. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019;22(6):723-8
20. Moore TM, Key AP, Thelen A, Hornsby BW. Neural mechanisms of mental fatigue elicited by sustained auditory processing. *Neuropsychologia*. 2017;106:371-82
21. Cook DB, O'Connor PJ, Lange G, Steffener J. Functional neuroimaging correlates of mental fatigue induced by cognition among chronic fatigue syndrome patients and controls. *Neuroimage*. 2007;36(1):108-22
22. Coutinho D, Gonçalves B, Wong DP, Travassos B, Coutts AJ, Sampaio J. Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. *Human movement science*. 2018;58:287-96
23. Pageaux B, Lepers R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. *Progress in Brain Research*. 240: Elsevier; 2018. p. 291-315
24. Wulf G, Shea CH. Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic bulletin & review*. 2002;9(2):185-211
25. Van der Linden D, Frese M, Meijman TF. Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. *Acta psychologica*. 2003;113(1):45-65.
26. Rosker J, Sarabon N. Kinaesthesia and methods for its assessment: literature review. *Sport Science Review*. 2010;19(5-6):165
27. Schneider MR, Landers DM, Phillips WT, Arent SM, Yarrow JF. Effects of psyching on peak force production in adolescent athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35(5):S140
28. Bray SR, Graham JD, Ginis KAM, Hicks AL. Cognitive task performance causes impaired maximum force production in human hand flexor muscles. *Biological psychology*. 2012;89(1):195-200.
29. Martin K, Thompson KG, Keegan R, Ball N, Rattray B. Mental fatigue does not affect maximal anaerobic exercise performance. *European journal of applied physiology*. 2015;115(4):715-25
30. Van Cutsem J, Marcora S, De Pauw K, Bailey S, Meeusen R, Roelands B. The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. *Sports medicine*. 2017;47(8):1569-88
31. 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. *Psychology of Sport and Exercise*. 2019;45:101579
32. Smith MR, Zeuwts L, Lenoir M, Hens N, De Jong LM, Coutts AJ. Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. *Journal of sports sciences*. 2016;34(14):1297-304.
33. Tanaka M, Ishii A, Watanabe Y. Effects of mental fatigue on brain activity and cognitive performance: a magnetoencephalography study. *Anat Physiol*. 2015;4:1-5
34. Lorist MM, Boksem MA, Ridderinkhof KR. Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*. 2005;24(2):199-205

35. Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Cognitive brain research*. 2005;25(1):107-16
36. Schmidt RA, Lee TD, Winstein C, Wulf G, Zelaznik HN. *Motor control and learning: A behavioral emphasis: Human kinetics*; 2018
37. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*. 2007;39(2):175-91
38. Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora SM. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2016
39. Khojasteh MM, Zeidabadi R, Shahabi KM, Bahreini BI. Mental fatigue impair the effect of feedback to successful trials in motor learning. *Motor Behavior*. 2019;11(37):135-50. (in persian)
40. Lorist MM, Klein M, Nieuwenhuis S, De Jong R, Mulder G, Meijman TF. Mental fatigue and task control: planning and preparation. *Psychophysiology*. 2000;37(5):614-25
41. Jongman L, Meijman T, De-Jong R. *The working memory hypothesis of mental fatigue*. Department of Experimental and Work Psychology University of Gronigen, Netherlands. 1999
42. Graham JD, Martin Ginis KA, Bray SR. Exertion of self-control increases fatigue, reduces task self-efficacy, and impairs performance of resistance exercise. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*. 2017;6(1):70

## The Effect of Self-Controlled Feedback on Learning to Produce Low, Medium and Maximum Forces in Mental Fatigue Condition

Jalil Mirzaee<sup>1</sup> - Rasool Zeidabadi<sup>\*2</sup> – Mohamad Reza Shahabi Kaseb<sup>3</sup>

1. MSc Student of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran 2,3. Assistant Professor, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

(Received: 2020/11/28 ; Accepted:2021/03/15)

### Abstract

Mental fatigue is a psychological state caused by prolonged periods of cognitive activity and decreases physical performance, but its impact on motor learning has been less studied. The aim of this study was to investigate the effect of self-controlled feedback on learning to produce low, medium and maximum forces in mental fatigue condition. Participants consisted of 28 eligible volunteers who were randomly divided into two groups of self-controlled feedback and yoked. Electrical dynamometer, Stroop test, multidimensional fatigue inventory and the VAS scale were used in this study. Both groups firstly performed the Stroop test for one hour under mental fatigue protocol and they entered the acquisition phase of force production task after making sure that mental fatigue was created. Immediate and delayed retention tests were performed 10 minutes and 48 hours after the end of the acquisition phase respectively. Findings showed that in mental fatigue condition, there was no significant difference between self-controlled feedback and yoked groups in acquisition and retention of different forces. Also, the error produced in learning the medium force was less than those in learning the low and maximum forces in the mental fatigue condition, that is to say the learning of the medium force was significantly better than the low force. The results showed that mental fatigue reduces the effectiveness of self-controlled feedback and destroys learning to produce low and maximum forces more than medium force.

### Keywords

Force control, mental fatigue, motor learning, self-controlled feedback, Stroop test.

---

\* Corresponding Author: Email: r.zeidabadi@hsu.ac.ir ; Tel: +985144012761