Journal of Sport and Exercise Physiology
Autumn- Winter 2021/Vol.14/No.2/1-10

The effect of simultaneous submaximal physical exercise and mental exertion on fatigue indices in active men

Hossein Haji Agha Bozorgi [1], Hamid Rajabi [2], Hamid Reza Barzegarpour [1], Rana Fayyaz Milani [1*]

1Faculty of Sports and Health Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Original Article

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effects of performing cognitive task during submaximal exercise on fatigue indices. The scientists believe that both mental and body determine endurance performance. Since there are common neural pathways between physical and mental fatigue.

Methods: 10 athlete's men (mean ± SD, age: 20 ± 2 years, weight: 71 ± 10 kg, height: 176 ± 9 cm) participated in this study. The participants were present in lab for three separate sessions. In the first session after familiarization, maximal oxygen consumption (VO2max) was determined using incremental protocol on treadmill. In two subsequent sessions, participates ran on treadmill with 70 percent of VO2max intensity for 45 minutes with (intervention) and without (control) cognitive task. Heart rate (HR) and rate of perceived exertion (RPE) were recorded every 10 minutes during both exercise sessions. Maximal voluntary contraction (MVC), cortisol and prolactin concentration were measured pre-and post- sessions. All data was analyzed with dependent t-test and two-way ANOVA

Results: : The results showed that there is no significant difference between two sessions for, prolactin (P = 0.668), cortisol (P = 0.25), MVC (P = 0.664), RPE (P = 0.9), and HR (P = 0.34) but cortisol, prolactin, RPE and HR increased from pre-to post-sessions.

Conclusion: Present study results show that, performing a cognitive task during submaximal exercise couldn't induce more fatigue indices compare submaximal exercise. However, cannot be totally discarded thr effects of performing cognitive task during submaximal exercise on fatigue indices. Factors like duration and kind of cognitive and physical tasks should be consider.

Keywords: Prolactin, Cognitive task, Rate of Perceived Exertion

How to cite this article: Haji Agha Bozorgi H, Rajabi H, Barzegarpour H, Fayyaz Milani R. The effect of simultaneous submaximal physical exercise and mental exertion on fatigue indices in active men. Journal of Sport and Exercise Physiology 2021;14(2): 1-10

*Corresponding Author; E-mail: r_milani@sbu.ac.ir
DOI: 10.52547/joeppa.14.2.1

Received: 14/12/2018 Accepted: 22/01/2020

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
پاییز و زمستان ۱۴۰۰/ دوره ۱۴/ شماره ۲/ صفحه‌های ۱-۱۰

تأثیر فعالیت جسمانی زیربیشینه و تلاش ذهنی همزمان بر شاخص‌های خستگی در مردان فعال

حسین حاجی آقا بزرگی[۱]، حمیدرجبی[۲]، حمیدرضا برزگرپور[۱]، رعنا فیاض میلانی[۱*]

۱دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر انجام فعالیت جسمانی زیربیشینه و فعالیت شناختی به‌صورت همزمان بر شاخص‌های خستگی بود. دانشمندان معتقدند عملکرد استقامتی افراد به جسم و ذهن وابسته است. بنابراین احتمال می‌رود مسیرهای عصبی مشترکی بین فعالیت‌های جسمی و ذهنی وجود داشته باشد.

روش‌ها: بدین‌منظور ۱۰ مرد ورزشکار (سن ۲±۲۰ سال، وزن ۱۰±۷۱ کیلوگرم و قد ۹±۱۷۶سانتی‌متر) داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها در سه جلسهٔ مجزا به فاصلهٔ ۷۲ ساعت در آزمایشگاه حضور یافتند. در جلسهٔ اول طی روش فزاینده روی نوار گردان اکسیژن مصرفی بیشینه (VO_{2max}) افراد تعیین شد. در دو جلسهٔ بعد آزمودنی‌ها به مدت ۴۵ دقیقه با شدت ۷۰ درصد VO_{2max} با فعالیت شناختی (مداخله) و بدون فعالیت شناختی (کنترل) روی نوار گردان دویدند. در حین اجرای فعالیت ضربان قلب و میزان درک فشار ثبت شد. پیش و پس از هر جلسه آزمون انقباض ارادی بیشینه انجام گرفت. قبل، پنج و ۳۰ دقیقه پس از اجرای پروتکل برای اندازه‌گیری پرولاکتین و کورتیزول نمونهٔ خونی جمع‌آوری شد. تحلیل آماری بین دو جلسه با استفاده از آزمون تی-وابسته و تحلیل واریانس دوراهه انجام گرفت.

نتایج: براساس نتایج، تفاوت معناداری بین دو جلسه برای شاخص‌های پرولاکتین (P=۰/۶۶۸)، کورتیزول (P=۰/۵۲)، انقباض ارادی بیشینه (P=۰/۶۶۴)، درک تلاش (P=۰/۹) و ضربان قلب (P=۰/۳۴) وجود نداشت..

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که انجام فعالیت شناختی در حین فعالیت جسمانی زیربیشینه نمی‌تواند شاخص‌های خستگی را بیشتر از انجام فعالیت جسمانی زیربیشینه تنها تحت تأثیر قرار دهد، با وجود نتایج به‌دست‌آمده نمی‌توان اثر انجام فعالیت شناختی در حین فعالیت ورزشی بر شاخص‌های خستگی را نادیده گرفت. عواملی مانند نوع و مدت زمان انجام فعالیت شناختی و جسمانی از عواملی‌اند که باید مورد توجه قرار بگیرند.

واژه‌های کلیدی: پرولاکتین، فعالیت شناختی، میزان درک تلاش

* نویسنده مسئول: رایانامه: r_milani@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲

مقدمه

دانشمندان خستگی را به‌منزلهٔ سختی در شروع یا ادامهٔ فعالیت‌های داوطلبانه تعریف می‌کنند (۱) که به دو دستهٔ جسمانی و ذهنی تقسیم می‌شود. خستگی جسمانی نیز به دو دستهٔ محیطی و مرکزی تقسیم می‌شود (۲). کاهش پیشرونده در تولید نیروی ارادی بیشینه توسط عضله یا گروه عضلانی، خستگی محیطی شناخته می‌شود و در نتیجهٔ اختلال در رهایش کلسیم از شبکهٔ سارکوپلاسمی، بنیان‌های آزاد و کاهش گلیکوژن و فسفوکراتین ایجاد می‌شود (۳). خستگی مرکزی به کاهش پیشرونده در توانایی فعال کردن عضلات به‌صورت داوطلبانه اشاره دارد (۴). هنگام انجام فعالیت‌های جسمانی به‌دلیل تغییر در اندازهٔ انتقال‌دهنده‌های عصبی و فعالیت مدارهای عصبی در مغز خستگی مرکزی ایجاد می‌شود. همچنین خستگی مرکزی نتیجهٔ افزایش مهار آوران‌های گروه III و IV است که اطلاعات را از عضلات به مدارهای عصبی تسهیلی و مهاری درون مغز انتقال می‌دهند (۵). از طرفی، هنگام انجام فعالیت‌های جسمانی به‌دلیل ورود تریپتوفان آزاد از خون به درون مغز، سنتز سروتونین در مغز افزایش می‌یابد (۶) و نتیجهٔ آن خستگی مرکزی و افت نیروست. با توجه به اینکه تغییرات سروتونین در مغز موجب افزایش غلظت پرولاکتین در خون می‌شود، به‌عنوان شاخص خستگی مرکزی در نظر گرفته می‌شود (۷).

انجام فعالیت‌های شناختی طولانی‌مدت موجب ایجاد خستگی ذهنی می‌شود. خستگی ذهنی، حالت سایکوفیزیولوژیک[1] است که مقاومت در برابر انجام تلاش را افزایش می‌دهد (۸) و موجب تغییرات خلق‌وخویی می‌شود (۹) و احساس بی‌حالی و فقدان انرژی را ایجاد می‌کند (۱۰). هنگام انجام فعالیت‌های شناختی نیز مدارهای عصبی تسهیلی و مهاری در مغز فعال می‌شود که برایند فعالیت این دو مدار میزان خستگی ذهنی را تعیین می‌کند (۱۰). مارکورا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند انجام ۹۰ دقیقه فعالیت شناختی پیش از فعالیت جسمانی فزاینده موجب کاهش زمان رسیدن به واماندگی، افزایش میزان درک تلاش و عدم تغییر در ضربان قلب نسبت به جلسهٔ کنترل شد (۱۱). همچنین اسمیت[2] و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند انجام ۳۰ دقیقه فعالیت شناختی موجب کاهش مسافت دویدن در آزمون یو-یو شد که این کاهش عملکرد همراه با افزایش درک تلاش و عدم تغییر در ضربان قلب شد (۱۲). نکتهٔ شایان توجه اینکه بخش‌های زیادی از مدار عصبی تسهیلی و مهاری شناختی با مدارهای عصبی تسهیلی و مهاری جسمانی همپوشانی دارند. از طرفی، براساس نتایج پژوهش‌ها فشارهای ذهنی و جسمانی بر محور هیپوتالاموس-هیپوفیز اثر می‌گذارند و میزان ترشح کورتیزول و پرولاکتین را افزایش می‌دهند (۱۳، ۱۴) که در پژوهش‌های اخیر به‌عنوان شاخص‌های خستگی ذهنی در نظر گرفته شده است (۱۱، ۱۵). یکی از روش‌های ساده برای نشان دادن خستگی ذهنی و جسمی میزان درک فشار است، زیرا میزان درک فشار تحت تأثیر خستگی ذهنی و جسمانی قرار می‌گیرد. فعالیت‌های شناختی با اثرگذاری بر ناحیهٔ قشر کمربندی قدامی[3] (ACC) مغز (۱۶) و فعالیت‌های جسمانی از طریق آوران‌هایی که از اندام‌های محیطی اطلاعات را به دستگاه عصبی مرکزی (CNS) می‌برند، موجب افزایش میزان درک تلاش[4] (RPE) می‌شوند (۱۷). در حقیقت فعالیت‌های شناختی (۱۸، ۱۹) و جسمانی (۲۰، ۲۱) موجب افزایش میزان آدنوزین و کاهش قند در مغز می‌شوند که می‌توانند مسیرهای خستگی را فعال کنند. با توجه به مطالب بیان‌شده احتمال می‌رود که خستگی مرکزی و ذهنی دارای مسیرهای مشترک عصبی و تغییرات نروترانسمیتری مشابهی باشند و انجام فعالیت شناختی همراه با فعالیت جسمانی، سطح بیشتری از خستگی را فراهم آورد که می‌تواند از منظر برنامه‌ریزی تمرین و بازیافت مورد توجه قرار گیرد. از طرفی، هنوز با توجه به اطلاعات ما هنوز پژوهشی تأثیرات انجام فعالیت شناختی در حین فعالیت جسمانی بر شاخص‌های خستگی را بررسی نکرده است. با توجه به این موضوع این سؤال مطرح می‌شود که آیا انجام فعالیت شناختی در حین فعالیت ورزشی زیربیشینه می‌تواند شاخص‌های خستگی را نسبت به یک جلسه فعالیت ورزشی زیربیشینه بیشتر تغییر دهد؟

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: روش پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی است. آزمودنی‌های پژوهش شامل ۱۰ مرد ورزشکار لیگ فوتبال شمال غرب استان تهران با میانگین سنی ۲±۲۰ سال، قد ۹±۱۷۶ سانتی‌متر و وزن ۱۰±۷۱ کیلوگرم بودند که داوطلبانه به‌عنوان آزمودنی در این پژوهش شرکت کردند.

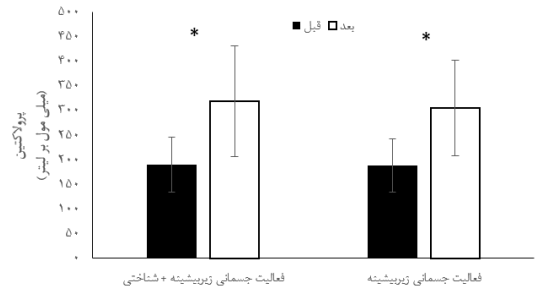
روش اجرای پژوهش: در جلسهٔ توجیهی پس از توضیح همهٔ مراحل پژوهش، برگهٔ رضایت‌نامه تکمیل شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۴۸ ساعت پیش از اجرای آزمون، از انجام هرگونه فعالیت شدید خودداری کنند. همچنین رعایت نکات ضروری شامل دوری از هرگونه تمرینات ورزشی، تغذیهٔ غیرمعمول (کافئین، مواد نیروزا و مکمل‌ها)، عدم مصرف داروها و مصرف مواد دخانی، مورد تأکید قرار گرفت و مراحل عملیاتی پژوهش دربارهٔ شیوه و چگونگی انجام مراحل پژوهش به آزمودنی‌ها آگاهی نسبی داده شد و در ادامه پرسشنامهٔ مشخصات فردی و پزشکی به روش خوداظهاری کامل شد. در اولین جلسه، ترکیب بدن و شاخص‌های قد و وزن آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. در جلسهٔ اول، اکسیژن مصرفی بیشینه (VO_{2max}) آزمودنی‌ها، به‌منظور تعیین شدت فعالیت ورزشی زیربیشینه روی نوار گردان با استفاده از دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی برآورد شد. نحوهٔ کار به این صورت بود که ابتدا به‌منظور گرم کردن آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه شروع به دویدن روی نوار گردان کردند. آزمودنی‌ها در مرحلهٔ اول طی یک آزمون استاندارد با سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت به مدت یک دقیقه دویدند، سپس به ازای هر یک دقیقه یک واحد به سرعت کار افزوده شد، تا هنگامی‌که فرد به حالت واماندگی برسد. در جلسات دوم و سوم آزمودنی‌ها به‌صورت توازن متقابل ، فعالیت ورزشی زیربیشینه را به مدت ۴۵ دقیقه و با شدت ۷۰ درصد VO_{2max} روی نوار گردان انجام دادند. در یک جلسه آزمودنی‌ها هنگام دویدن روی نوار گردان فعالیت شناختی AX-CPT (مداخله) را اجرا کردند (۳) و در جلسهٔ دیگر تنها روی نوار گردان (کنترل) با شدت ذکرشده دویدند. آزمون AX-CPT به‌صورت توالی‌هایی از cue-probe است که در آن حرف A به‌عنوان cue و حرف X به‌عنوان probe هستند. دو حرف به رنگ سفید (هر حرفی به‌غیر از حروف A، K، X و Y) بین cue و probe به رنگ قرمز، نشان داده شد. همهٔ حروف (حروف بزرگ) در مرکز صفحه با پس‌زمینهٔ سیاه به مدت زمان ۳۰۰ میلی‌ثانیه با قلم (فونت) ۲۴ (Helvetica) ارائه شدند. فاصلهٔ زمانی بین ارائهٔ حروف ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه بود. آزمودنی‌ها همزمان که روی نوار گردان می‌دویدند، با استفاده از موس بی‌سیمی که در دست داشتند، به محرک هدف (AX) با کلیک راست و به محرک غیرهدف (BX؛ دارای یک cue نامعتبر (بدون A) قبل از هدف، AY؛ دارای یک cue معتبر و به‌دنبال آن یک probe نامعتبر (بدون BY ،(X؛ دارای یک cue نامعتبر و در پی آن یک probe نامعتبر (بدون A و X)) با کلیک چپ موس پاسخ دادند (۱۱). میزان RPE و تواتر قلبی هر ۱۰ دقیقه و ۵ دقیقهٔ پایانی طی فعالیت ثبت شد.

روش‌های آزمایشگاهی: نمونهٔ خونی در حالت نشسته (پیش، ۵ و ۳۰ دقیقه پس از اتمام فعالیت با توجه به طرح مقدماتی و وهلهٔ زمانی رهاسازی این دو هورمون در خون) به مقدار شش میلی‌لیتر از ورید پیش‌آرنجی (آنتی‌کیوبیتال) جمع‌آوری شد. نمونه‌های خونی بلافاصله پس از خون‌گیری در درون لولهٔ حاوی سیترات سدیم و معمولی ریخته شد. به‌منظور اندازه‌گیری کورتیزول پلاسما لولهٔ حاوی سیترات سدیم به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ گرم سانتریفیوژ شده و پلاسمای حاصل جدا شد و از طریق روش الایزا کورتیزول پلاسما اندازه‌گیری شد. همچنین پس از لخته شدن خون در لوله‌های معمولی با سرعت ۴۵۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم حاصل جدا شده و از طریق روش الایزا پرولاکتین سرم اندازه‌گیری شد. پس از خون‌گیری با استفاده از دستگاه ایزوکنتیک، برای بررسی مؤلفه‌های مرتبط با تولید نیرو از آزمون انقباض ارادی بیشینه[۶] (MVC) استفاده شد. آزمودنی‌ها پس از گرم کردن اختصاصی روی دستگاه ایزوکنتیک آزمون تعیین نیروی انقباض ارادی بیشینه را انجام دادند. آزمون بدین‌صورت انجام گرفت که آزمودنی‌ها پس از نشستن روی صندلی پای راست آن‌ها روی دستگاه ثابت شد و سپس هر آزمودنی سه مرتبه آزمون را اجرا کرد. هر آزمون به مدت ۵ ثانیه اجرا شد و فاصلهٔ استراحت بین هر آزمون یک دقیقه بود. بیشترین نیروی به‌دست‌آمده طی آزمون‌ها به‌عنوان نیروی انقباض ارادی بیشینه در نظر گرفته شد.

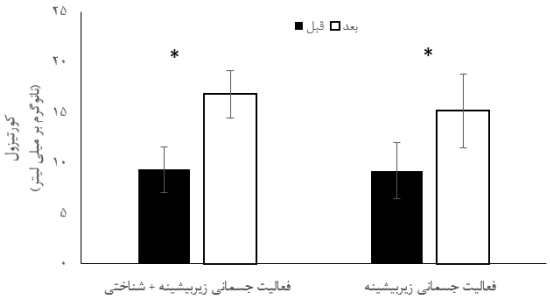
تحلیل آماری: تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری Spss۱۸ انجام گرفت و سطح معناداری نیز $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. پس از اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف - اسمیرنوف، از آزمون تی وابسته برای نشان دادن اختلاف معناداری مقادیر برای شاخص‌های پرولاکتین، کورتیزول و نیروی بیشینه و از تحلیل واریانس برای شاخص‌های درک فشار و ضربان قلب بین دو جلسه استفاده شد.

نتایج

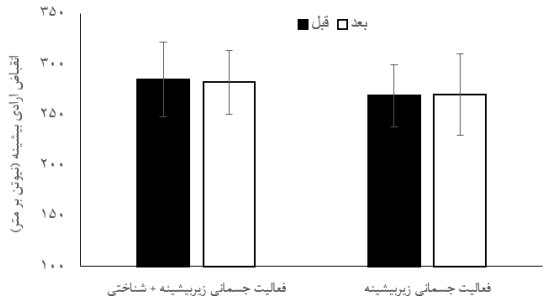
میزان پرولاکتین سرم پنج دقیقه پس از فعالیت در گروه فعالیت جسمانی زیر بیشینه همراه با فعالیت شناختی ۳۱۸/۸ میلی‌مول بر لیتر و در گروه فعالیت جسمانی زیربیشینه ۳۰۵/۱ میلی‌مول بر لیتر بود. این نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین دو گروه وجود ندارد (t_9=-۰/۴۱۷ ،P =۰/۶۸۸). نتایج پژوهش حاضر نشان داد میزان پرولاکتین سرم درون‌گروهی افزایش معناداری پیدا کرده است، به‌نحوی که میزان پرولاکتین در گروه فعالیت زیربیشینه همراه با فعالیت شناختی از ۱۹۰/۲میلی‌مول بر لیتر به ۳۱۸/۸ میلی‌مول بر لیتر (P=۰/۰۰۱ ،t_9=-۵/۱) و در فعالیت زیربیشینه از ۱۸۸/۳ میلی‌مول بر لیتر به ۳۰۵/۱ میلی‌مول بر لیتر (P=۰/۰۰۸ ،t_9=-۳/۵) افزایش یافت (شکل ۱). میزان کورتیزول پلاسما ۳۰ دقیقه پس از فعالیت در گروه فعالیت جسمانی زیربیشینه همراه با فعالیت شناختی ۱۶/۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر و در گروه فعالیت جسمانی زیربیشینه ۱۵/۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر بود. این نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین دو گروه وجود ندارد (P=۰/۲۵ ،t_9=-۱/۲). اما میزان کورتیزول پلاسمای درون‌گروهی افزایش معناداری پیدا کرده است، به‌نحوی که میزان کورتیزول در گروه فعالیت زیربیشینه همراه با فعالیت شناختی از ۹ نانوگرم بر میلی‌لیتر به ۱۶/۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر (P<۰/۰۰۱ ،t_9=-۶/۶۰) و در فعالیت زیربیشینه از ۹/۲۵ نانوگرم بر میلی‌لیتر به ۱۵/۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر رسید (P=۰/۰۰۱ ،t_9=-۴/۸) (شکل ۲). اختلاف تغییرات MVC بین جلسهٔ فعالیت جسمانی زیربیشینه و فعالیت جسمانی زیربیشینه به‌همراه انجام فعالیت شناختی تفاوت معناداری را نشان نداد (P=۰/۶۶۴ ،t_9=-۰/۴۴۹). همچنین نتایج درون‌گروهی نشان داد که مقدار MVC پیش و پس از هر دو جلسه تفاوت معناداری ندارد (شکل ۳). مقدار RPE در طول هر دو جلسه فعالیت نسبت به حالت استراحت افزایش یافت، اما تفاوت معناداری بین دو جلسه وجود نداشت (P=۰/۹ ،$F_{(۲ و ۸)}$=۰/۰۳) (شکل ۴). میزان ضربان قلب در طول هر دو جلسه فعالیت نسبت به حالت استراحت افزایش داشت، با وجود این تفاوت معناداری بین دو جلسه یافت نشد (P=۰/۳۴، $F_{(۲ و ۸)}$=۰/۹) (شکل ۵).



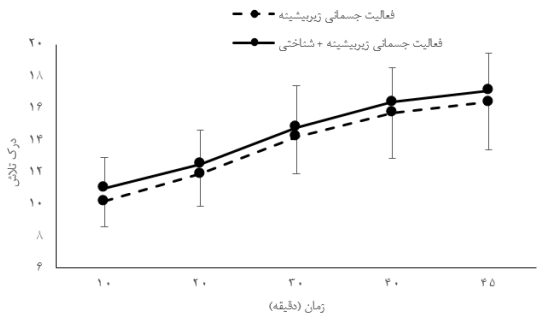
شکل ۱. میزان پرولاکتین پیش و پس از فعالیت (میانگین ± انحراف استاندارد)
***معناداری پیش و پس از یک جلسه**



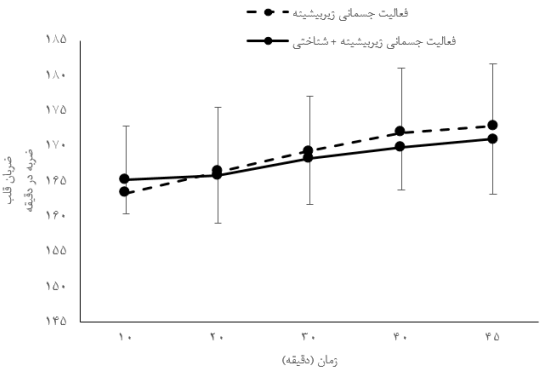
شکل ۲. غلظت کورتیزول پیش و پس از فعالیت (میانگین ± انحراف معیار)
***معناداری پیش و پس از یک جلسه**



شکل ۳. نیروی حاصل از انقباض ارادی بیشینه پیش و پس از فعالیت (میانگین ± انحراف معیار)



شکل ۴. اندازهٔ درک تلاش در حین دو جلسه فعالیت (میانگین ± انحراف معیار)



شکل ۵. تواتر قلبی در حین دو جلسه فعالیت (میانگین ± انحراف معیار)

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر انجام همزمان فعالیت ورزشی جسمانی زیربیشینه و فعالیت شناختی بر شاخص‌های مرتبط با خستگی در مردان فعال بود. نتایج نشان داد که شاخص‌های خستگی پرولاکتین و کورتیزول و درک فشار و ضربان قلب تحت تأثیر تمرینات جسمانی قرار گرفته‌اند، ولی این شاخص‌ها تحت تأثیر فعالیت شناختی قرار نگرفته‌اند. انتظار می‌رفت انجام یک فعالیت شناختی به‌عنوان یک فشار ذهنی به‌همراه یک فعالیت جسمانی به‌عنوان یک فشار جسمانی موجب افزایش بیشتر در میزان انتقال‌دهندهٔ عصبی سروتونین در مغز و در نتیجه ترشح بیشتر پرولاکتین نسبت به فعالیت جسمانی زیربیشینه تنها شود، با این حال، مقایسهٔ بین جلسات تفاوت معناداری را در غلظت پرولاکتین نشان نداد. بسیاری از پژوهش‌ها هورمون پرولاکتین را به‌عنوان یک شاخص خستگی مرکزی در نظر می‌گیرند که ترشح آن تحت تأثیر عوامل گوناگونی از جمله فشار آفرین‌های جسمانی و ذهنی دارند قرار می‌گیرد (۱۳). فعالیت ورزشی به‌عنوان یک فشار جسمانی می‌تواند با ایجاد تغییرات در میزان انتقال‌دهنده‌های عصبی سروتونین و دوپامین و نورآدرنالین در مغز، میزان ترشح پرولاکتین را افزایش دهد. با مقایسهٔ درون‌گروهی داده‌ها، غلظت پرولاکتین در هر دو گروه به‌طور معناداری پس از انجام یک جلسه فعالیت افزایش داشته است که می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که روش اجرای فعالیت جسمانی پژوهش حاضر موجب ایجاد خستگی مرکزی شده است. مافی[۷] و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند پس از یک جلسه فعالیت جسمانی غلظت پرولاکتین به‌طور چشمگیری افزایش یافت (۲۲). اما یک دلیل ممکن برای معنادار نبودن غلظت پرولاکتین بین دو جلسه فعالیت این است که فعالیت‌های شناختی طولانی‌مدت و فعالیت‌های جسمانی زیربیشینه همراه با تغییرات نروشیمیایی در بخش‌های متفاوتی از مغزند (۱۸، ۱۹). دلیل دیگر می‌تواند مدت زمان انجام فعالیت شناختی AX-CPT باشد. مارکورا[۸] و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند انجام ۹۰ دقیقه فعالیت شناختی AX-CPT موجب ایجاد خستگی ذهنی می‌شود (۱۱). با توجه به اینکه مدت زمان انجام فعالیت شناختی AX-CPT در پژوهش حاضر ۴۵ دقیقه بود، ممکن است این مدت زمان نتوانسته باشد به اندازهٔ کافی خستگی ذهنی ایجاد کند (با توجه به داده‌های درک تلاش). پس احتمالاً این مدت زمان انجام فعالیت شناختی AX-CPT (۴۵ دقیقه) نمی‌تواند غلظت سروتونین را به اندازهٔ کافی در مغز افزایش و میزان دوپامین را کاهش دهد که نتیجهٔ آن عدم افزایش معنادار پرولاکتین بود. با وجود این درصد تغییرات پرولاکتین در گروه فعالیت جسمانی زیربیشینه و فعالیت شناختی ۶۷ درصد و در گروه فعالیت جسمانی زیربیشینه ۶۲ درصد بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد با وجود افزایش غلظت کورتیزول پس از هر دو جلسه نسبت به حالت استراحت، بین دو جلسه فعالیت جسمانی زیربیشینه به‌همراه فعالیت شناختی و فعالیت جسمانی زیربیشینه تنها، تفاوت معناداری وجود ندارد. دستگاه عصبی از دو روش به فشارهای جسمانی و شناختی پاسخ می‌دهد: فعالیت دستگاه عصبی خودکار و فعالیت محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال. محور هیپوتالاموس-هیپوفیز یک سامانهٔ کنترل مرکزی است که دستگاه اعصاب مرکزی را به دستگاه هورمونی پیوند می‌دهد. فعالیت‌های جسمانی و شناختی موجب تغییر فعالیت محور هیپوتالاموس-هیپوفیز می‌شود که نتیجهٔ آن رهایش آدرنوکورتیکوتروپین (ACTH) از هیپوفیز است. ACTH از طریق جریان خون به غدهٔ آدرنال نفوذ کرده و سنتز کورتیزول را تحریک می‌کند (۱۱، ۲۳، ۲۴). عوامل زیادی از جمله مدت و شدت فعالیت جسمانی و فشارهای ذهنی، جنسیت، آب‌زدایی (دهیدراسیون) و زمان انجام فعالیت در طول روز میزان غلظت کورتیزول را تحت تأثیر قرار می‌دهند. افزایش غلظت کورتیزول پس از هر دو جلسه نسبت به حالت استراحت حاکی از این موضوع است که شدت و مدت فعالیت جسمانی

توانسته محور هیپوتالاموس-هیپوفیز را تحت تأثیر قرار دهد و ترشح کورتیزول از این محور افزایش یابد. ون‌کاتسم[9] و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند پس از ۹۰ دقیقه فعالیت شناختی استروپ، غلظت کورتیزول بزاق به‌طور معناداری افزایش می‌یابد. این موضوع نشان‌دهندهٔ این است که فعالیت شناختی استروپ به مدت ۹۰ دقیقه به اندازهٔ کافی استرس و چالش ذهنی به‌وجود آورده است تا خستگی ذهنی ایجاد شود (۲۵) و به‌تبع آن غلظت کورتیزول افزایش یابد. اما احتمالاً میزان چالش و مدت زمان فعالیت شناختی (AX-CPT، ۴۵ دقیقه) به‌کارگرفته‌شده در این پژوهش چالش و فشار ذهنی کافی به‌منظور تحریک خستگی ذهنی و ترشح کورتیزول ایجاد نکرده است. فرضیهٔ پژوهش این بود که انجام فعالیت جسمانی زیربیشینه به‌همراه فعالیت شناختی طولانی‌مدت می‌تواند نسبت به یک جلسه فعالیت جسمانی زیربیشینه، موجب تحریک بیشتر مسیرهای عصبی خستگی مرکزی (مشترک بین خستگی مرکزی و ذهنی) شود و ظرفیت دستگاه عصبی مرکزی را در به‌کارگیری بیشینهٔ واحدهای حرکتی عضلانی بیشتر، کاهش دهد که نتیجهٔ آن می‌تواند افت بیشتر MVC باشد (۲۵). داده‌های آماری عدم معناداری افت MVC را بین دو جلسه فعالیت نشان داد که با نتایج تحقیق پیجاوو[10] و همکاران همسوست (۲۶). در حال حاضر محتمل‌ترین توضیح برای این داده این است که تغییرات نروشیمیایی ناشی از فعالیت شناختی و جسمانی در بخش‌های مختلفی از دستگاه عصبی مرکزی اتفاق می‌افتد (۲۶) (داده‌های پرولاکتین مؤید این مطلب است). همچنین مدت زمان انجام فعالیت شناختی و زمان انجام آن (پیش یا حین فعالیت ورزشی) می‌تواند از عوامل اثرگذار بر مدار عصبی تولید نیرو باشد. اگر مدت زمان انجام فعالیت شناختی کافی نباشد، به‌دلیل عدم تخلیهٔ انرژی مغز و افزایش نیافتن سطوح اکساینده‌ها خستگی ذهنی ایجاد نمی‌شود، در نتیجه خستگی مرکزی تشدید نمی‌شود و افت نیروی بیشتری اتفاق نمی‌افتد. از طرفی، انجام فعالیت شناختی برای اولین بار توسط هر آزمودنی حین فعالیت ورزشی (به‌دلیل جدید بودن نوع تمرین و اشتیاق آزمودنی به اجرای آن) ممکن است موجب افزایش انگیزش در افراد شود. درونداد‌های انگیزشی موجب فعال شدن بیشتر مدار تسهیل‌کنندهٔ عصبی در مغز شده و در نتیجه از افت نیرو جلوگیری می‌شود (۲۷). به هر حال، پژوهش‌های آینده مشخص خواهد کرد که انجام همزمان فعالیت شناختی با فعالیت جسمانی زیربیشینهٔ ورزشی می‌تواند مدارهای عصبی مشترک را فعال کند یا خیر؟ درک تلاش، یک حس شناختی از انجام کار است که موجب انجام فعالیت (میزان شدت و مدت) به‌صورت داوطلبانه می‌شود (۲۸). خستگی جسمانی (۲۹) و ذهنی (۳۰) درک تلاش را افزایش و عملکرد استقامتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۳۱). درک تلاش، ناشی از پردازش‌های عصبی پیام‌های حسی است (۲۸). این پردازش‌های عصبی نواحی مکمل حرکتی و قشر کمربند قدامی را شامل می‌شود (۲۹). انجام فعالیت شناختی AX-CPT موجب فعال‌سازی ناحیهٔ ACC مغز می‌شود (۳۲). از طرفی، انجام فعالیت جسمانی نیز موجب فعال‌سازی ناحیهٔ ACC مغز می‌شود (۵). انتظار می‌رفت انجام همزمان فعالیت شناختی و جسمانی سبب فعال‌سازی بیشتر ناحیهٔ ACC و فعالیت بیشتر نورونی در مغز شود که نتیجهٔ آن مصرف انرژی بیشتر در مغز و افزایش آدنوزین و افزایش درک تلاش (۳۳) بیشتر نسبت به انجام فعالیت جسمانی به‌تنهایی شود. اما تجزیه‌وتحلیل آماری نشان داد تفاوت معناداری بین فعالیت ورزشی زیربیشینه و فعالیت ورزشی زیربیشینه همراه با فعالیت شناختی همزمان بر RPE وجود ندارد. اگرچه مقایسهٔ درون‌گروهی داده‌ها نشان می‌دهد مقدار RPE در طول هر دو جلسه فعالیت افزایش معناداری داشته است که می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که فعالیت ورزشی زیربیشینه به‌تنهایی مقدار RPE را افزایش داده است. این افزایش درک تلاش ممکن است به‌دلیل افزایش بازخورد آوران‌های گروه سه و چهار از اندام‌های محیطی که هنگام فعالیت ورزشی فعال‌اند (عضلهٔ اسکلتی، قلب و ریه‌ها)، باشد (۳۴). میزان توجه درونی و بیرونی می‌تواند از دلایل معنادار نبودن درک تلاش بین دو جلسه فعالیت باشد. میزان توجه درونی و بیرونی (که تحت تأثیر فعالیت شناختی قرار می‌گیرد) بر اندازهٔ RPE اثرگذار است. توجه بیرونی عبارت است از فکر کردن به هر چیزی به‌جز جسم و توجه درونی به همهٔ افکاری که مربوط به بدن است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند هنگام انجام فعالیت با شدت بالا و همچنین هنگام خستگی توجه خارجی کاهش و توجه داخلی افزایش می‌یابد که این می‌تواند به خستگی ذهنی و در نهایت افت عملکرد

منجر شود (۳۵). همچنین مک‌مهون[11] و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند با کاهش توجه خارجی و افزایش توجه درونی میزان RPE افزایش می‌یابد (۳۶). با توجه به مطالب بالا و همچنین یافتهٔ پژوهش حاضر شاید بتوان بااحتیاط گفت انجام یک فعالیت شناختی هنگام فعالیت ورزشی زیربیشینه در مدت کوتاه می‌تواند میزان توجه خارجی فرد را افزایش دهد که این امر موجب کاهش میزان RPE شود. همان‌طورکه برای شاخص پرولاکتین توضیح داده شد، یکی دیگر از دلایل معنادار نبودن درک تلاش که با پژوهش پیجکس[12] و همکاران ناهمسو بود، مدت زمان فعالیت شناختی AX-CPT بود که در پژوهش حاضر ۴۵ دقیقه بود و مدت اجرای فعالیت شناختی در تحقیق پیجکس ۹۰ دقیقه بود که پیش از فعالیت ورزشی اجرا شد (۳۰)، درحالی‌که مدت زمان انجام فعالیت شناختی برای پژوهش حاضر ۴۵ دقیقه در حین فعالیت ورزشی بود. شاید این مدت زمان انجام فعالیت شناختی (۴۵ دقیقه در حین فعالیت) نتوانسته به اندازهٔ کافی غلظت آدنوزین را در ناحیهٔ ACC مغز تغییر دهد، در نتیجه مقدار RPE بین دو گروه تفاوت معناداری را نشان نداده است. پژوهش‌ها نشان دادند خستگی ذهنی می‌تواند موجب کاهش فعالیت عصب واگ و افزایش فعالیت دستگاه سمپاتیک شود که در نتیجهٔ آن ضربان قلب افزایش می‌یابد (۳۷). نتایج این پژوهش عدم معناداری داده‌های ضربان قلب بین دو جلسه فعالیت را نشان داد. پژوهش‌ها نشان دادند که بالاتر بودن ضربان قلب در طول انجام فعالیت شناختی AX-CPT مؤید چالش‌برانگیز بودن این فعالیت شناختی است (۳۸)، اما برای ایجاد خستگی ذهنی (۱۱) و افزایش ضربان قلب اجرای ۹۰ دقیقه این فعالیت نیاز است (۲۶) که در پژوهش حاضر به‌دلیل انجام همزمان این فعالیت شناختی با فعالیت جسمانی امکان اجرای این فعالیت بیشتر از ۴۵ دقیقه برای آزمودنی‌ها میسر نبود. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر بااحتیاط می‌توان گفت انجام ۴۵ دقیقه فعالیت شناختی AX-CPT به‌صورت همزمان با یک فعالیت ورزشی زیربیشینه نمی‌تواند موجب ایجاد خستگی ذهنی و در نتیجه افزایش میزان شاخص‌های خستگی نسبت به یک جلسه فعالیت ورزشی زیربیشینه تنها شود. انجام فعالیت شناختی در زمان کوتاه و درصورتی‌که از پیچیدگی کافی برخوردار نباشد، احتمالاً نمی‌تواند خستگی ذهنی را ایجاد کند، در نتیجه نمی‌تواند ترشح پرولاکتین و کورتیزول و درک تلاش را تحت تأثیر قرار دهد.

پی‌نوشت‌ها

1 Psychophysiological State
2 Smith
3 Anterior Cingulate Cortex
4 Rate of Perceive Exertion
5 Counter balance
6 Maximal Voluntary Contraction
7 Maffei
8 Marcora
9 Van cutsem
10 Pageaux
11 Macmahon
12 Pageaux

منابع

1. Chaudhuri A, Behan PO. Fatigue in neurological disorders. The lancet. 2004;363(9413):978-88.
2. Tanaka M, Ishii A, Watanabe Y. Neural correlates of central inhibition during physical fatigue. PLoS One. 2013;8(7):e70949.
3. Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. Physiological reviews. 2008;88(1):287-332.
4. Gandevia S, Allen GM, Butler JE, Taylor JL. Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. The Journal of physiology. 1996;490(2):529-36.
5. Tanaka M, Watanabe Y. Supraspinal regulation of physical fatigue. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2012;36(1):727-34.
6. Chaouloff F, Kennett GA, Serrurrier B, Merino D, Curzon G. Amino acid analysis demonstrates that increased plasma free tryptophan causes the increase of brain tryptophan during exercise in the rat. Journal of neurochemistry. 1986;46(5):1647-50.
7. Oleshansky M, Zoltick J, Herman R, Mougey E, Meyerhoff J. The influence of fitness on neuroendocrine responses to exhaustive treadmill exercise. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1990;59(6):405-10.
8. Meijman T. The theory of the stop-emotion: On the functionality of fatigue. Ergonomics and safety for global business quality and production. 2000:45-50.
9. Matthews G, Hancock PA. The handbook of operator fatigue: CRC Press; 2017.

10. Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. Brain research reviews. 2008;59(1):125-39.
11. Marcora SM, Staiano W, Manning V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. Journal of applied physiology. 2009;106(3):857-64.
12. Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora SM. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. Medicine & science in sports & exercise. 2016;48(2):267-76.
13. Carrasco Páez L, Luque G, Gutierrez C, Mendoza Oltras C. Prolactin responses to stress induced by a competitive swimming effort. 2007.
14. Comijs HC, van den Kommer TN, Minnaar RW, Penninx BW, Deeg DJ. Accumulated and differential effects of life events on cognitive decline in older persons: Depending on depression, baseline cognition, or ApoE ε4 status? Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences. 2011;66(suppl_1):i111-i20.
15. Hellhammer DH, Wüst S, Kudielka BM. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. Psychoneuroendocrinology. 2009;34(2):163-71.
16. Marcora SM, Bosio A, de Morree HM. Locomotor muscle fatigue increases cardiorespiratory responses and reduces performance during intense cycling exercise independently from metabolic stress. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2008;294(3):R874-R83.
17. Dempsey JA, Amann M, Romer LM, Miller JD. Respiratory system determinants of peripheral fatigue and endurance performance. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2008;40(3):457-61.
18. Lorist MM, Tops M. Caffeine, fatigue, and cognition. Brain and cognition. 2003;53(1):82-94.
19. Gailliot MT. Unlocking the energy dynamics of executive functioning: Linking executive functioning to brain glycogen. Perspectives on Psychological Science. 2008;3(4):245-63.
20. Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2003;284(2):R399-R404.
21. Matsui T, Soya S, Okamoto M, Ichitani Y, Kawanaka K, Soya H. Brain glycogen decreases during prolonged exercise. The Journal of physiology. 2011;589(13):3383-93.
22. Coiro V, Volpi R, Maffei M, Caiazza A, Caffarri G, Capretti L, et al. Opioid modulation of the gamma-aminobutyric acid-controlled inhibition of exercise-stimulated growth hormone and prolactin secretion in normal men. European journal of endocrinology. 1994;131(1):50-5.
23. Klaassen EB, de Groot RH, Evers EA, Nicolson NA, Veltman DJ, Jolles J. Cortisol and induced cognitive fatigue: Effects on memory activation in healthy males. Biological psychology. 2013;94(1):167-74.
24. Akyuz S, Pince S, Hekin N. Children's stress during a restorative dental treatment: assessment using salivary cortisol measurements. The Journal of clinical pediatric dentistry. 1996;20(3):219-23.
25. VAN JC, DE KP, Buyse L, Marcora S, Meeusen R, Roelands B. Effects of Mental Fatigue on Endurance Performance in the Heat. Medicine and science in sports and exercise. 2017;49(8):1677-87.
26. Pageaux B, Marcora S, Lepers R. Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular function of the knee extensors. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2013.
27. Ishii A, Tanaka M, Watanabe Y. Neural mechanisms of mental fatigue. Reviews in the Neurosciences. 2014;25(4):469-79.
28. Pageaux B. Perception of effort in exercise science: definition, measurement and perspectives. European journal of sport science. 2016;16(8):885-94.
29. Morree HM, Klein C, Marcora SM. Perception of effort reflects central motor command during movement execution. Psychophysiology. 2012;49(9):1242-53.
30. Pageaux B, Marcora SM, Rozand V, Lepers R. Mental fatigue induced by prolonged self-regulation does not exacerbate central fatigue during subsequent whole-body endurance exercise. Frontiers in human neuroscience. 2015;9:67.
31. Marcora SM, Staiano W. The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle? European journal of applied physiology. 2010;109(4):763-70.
32. Carter CS, Braver TS, Barch DM, Botvinick MM, Noll D, Cohen JD. Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. Science. 1998;280(5364):747-9.
33. Pageaux B, Lepers R, Dietz KC, Marcora SM. Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. European journal of applied physiology. 2014;114(5):1095-105.
34. Marcora S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. Journal of Applied Physiology. 2009;106(6):2060-2.
35. Schücker L, Anheier W, Hagemann N, Strauss B, Völker K. On the optimal focus of attention for efficient running at high intensity. Sport, Exercise, and Performance Psychology. 2013;2(3):207.
36. MacMahon C, Schücker L, Hagemann N, Strauss B. Cognitive fatigue effects on physical performance during running. Journal of Sport and Exercise Psychology. 2014;36(4):375-81.

37. Penna EM, Wanner SP, Campos BT, Quinan GR, Filho E, Mendes TT, et al. Mental Fatigue Impairs Physical Performance in Young Swimmers. Pediatric exercise science. 2017;20(XX):1-8.
38. Richter M, Friedrich A, Gendolla GH. Task difficulty effects on cardiac activity. Psychophysiology. 2008;45(5):869-75.