پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی **مقاله پژوهشی**
سال شانزدهم/ شماره سی و دوم/پاییز و زمستان ۱۳۹۹

دریافت: ۹۸/۶/۱۸ پذیرش: ۹۹/۹/۲ ص ص: ۱۵۴-۱۳۵

پایش اثرات تمرین استقامتی جسمانی و مغزی همزمان بر شاخص های فراخستگی در افراد فعال

المیرا احمدی[۱]، حمید رجبی[۲]، حمیدرضا برزگرپور[۳]، رعنا فیاض میلانی[۴]

چکیده

سابقه و هدف: فرآیند فزاینده فراخستگی در ایجاد پیشرفت یا افت عملکرد ورزشکار، نقش بسیار مهمی دارد و توقف به موقع در این محور سبب پیشرفت عمکرد ورزشکار و رسیدن به هدف خواهد شد. هدف تحقیق حاضر پایش شاخص‌های فراخستگی در گروه تمرین استقامتی جسمانی همراه با تمرین مغزی در مقایسه با تمرین استقامتی جسمانی می‌باشد. **مواد و روشها:** آزمودنی های تحقیق ۲۰ زن و مرد دانشجوی تربیت‌بدنی دانشگاه شهید بهشتی (سن ۴/۴ ± ۲۲/۳ سال، قد ۶/۱۲ ± ۱۷۷/۵۶سانتی‌متر، شاخص توده‌ی بدن ۴/۵ ± ۲۲ کیلوگرم بر متر مربع) بودند. با استفاده از نتایج آزمون حداکثر اکسیژن مصرفی، آزمودنی‌ها به دو گروه تمرین استقامتی همراه با تمرین مغزی (BET) و گروه تمرین استقامتی (ET) تقسیم شدند. تمرین استقامتی بر روی دوچرخه ثابت و تمرین مغزی همزمان با استفاده از مانیتور به مدت هشت هفته انجام شد. برای پایش تمرین از شاخص‌های پرسشنامه پومز، ضربان قلب استراحتی، میزان درک تلاش و سطوح استراحتی کورتیزول بزاقی استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری تحلیل واریانس بااندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. سطح معناداری آزمون $P<0.05$ در نظر گرفته شد. **یافته‌ها** صرف نظر از نوع فعالیت، میزان حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش معناداری در هر دو گروه به همراه داشت ($P = 00/0$). نتایج ضربان قلب استراحتی، شاخص‌های پرسشنامه‌ی پومز و سطوح استراحتی کورتیزول بزاقی تغییر معناداری که بیانگر فراخستگی غیرعملکردی باشد، نشان ندادند ($P<0.51$). شاخص میزان درک تلاش طی دوره‌ی تمرین، در گروه، تمرین استقامتی جسمانی همراه با تمرین مغزی در مقایسه با گروه تمرین استقامتی جسمانی افزایش داشت ($P=0.5$). **نتیجه گیری:** نتایج تحقیق حاضر نشان داد با وجود افزایش محرک تمرینی به گروه تمرین استقامتی جسمانی همراه با تمرین مغزی و بالاتر بودن میزان درک فشار، این گروه دچار بیش‌تمرینی یا فراخستگی غیرعملکردی نشدند، ک. با استناد به نتایج پیشرفت عملکرد می‌توان بیان کرد آزمودنی‌ها طی دوره‌ی تمرین به فراخستگی عملکردی یا بیش‌جبرانی رسیدند و توانستند بهبود عملکرد را تجربه کنند و شاخص‌های نماینده‌ی فراخستگی غیرعملکردی در هیچ یک بالاتر نبود.

واژه‌های کلیدی: فراخستگی، خستگی ذهنی، پایش تمرین، پیشرفت عملکرد ورزشی، میزان درک تلاش

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲ استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی، تهران. ایران
۳ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
٤ استادیارگروه علوم زیستی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. نویسنده مسئول: milani.sbu@hotmail.com

مقدمه

اصلی‌ترین هدف ورزشکاران در ورزش رقابتی، تحمل فشار و استرس بیشتر در تمرینات برای پیشرفت عملکردشان است. ورزشکار با افزایش فشار و حجم تمرین، به دوره‌ی استراحت طولانی‌تری احتیاج دارد و با ایجاد تعادل بین فشار تمرینی و مدت استراحت مورد نیاز، اوج عملکرد در ورزشکار مشاهده می‌شود.در صورت عدم رعایت اصل ریکاوری، ورزشکار دچار فرآیند خستگی می‌شود (۱). خستگی یک پدیده‌ی ترکیبی است که به صورت مجموعه‌ای از اثرات متقابل فاکتورهای جسمی(مرکزی- محیطی) و ذهنی تعریف می‌شود (۲, ۳). برخی ورزشکاران پس از افزایش شدت تمرین، استرس بالایی را متحمل شده و مدت استراحت کافی ندارند که ممکن است عملکرد را به طور موقت و یا طولانی مدت کاهش دهد، به علاوه حالات روحی شخص را نیز با مشکل روبه رو کند (۲) و فرآیندهای فراخستگی یا بیش‌تمرینی را ایجاد کند (۴, ۵). فرآیند فزاینده خستگی از ابتدا و به مرور شامل خستگی مزمن، فراخستگی (شامل: فراخستگی عملکردی[1]- فراخستگی غیرعملکردی[2]) و در نهایت سندروم بیش تمرینی و فرسودگی است (۶). فراخستگی یک بیش تمرینی کوتاه مدت است که ورزشکار با یک دوره استراحت چند روزه تا چند هفته به حالت اولیه برمی‌گردد (۶). در طی این دوره، عملکرد فرد کاهش پیدا می-کند ولی اختلالات فیزیولوژیکی را تجربه نخواهد کرد و با یک دوره استراحت کوتاه مدت، این کاهش عملکرد جبران می‌شود (۷). در این نوع فراخستگی که به بیش‌جبرانی[3] نیز معروف است، فرد در نهایت پس از طی کردن دوره‌ی ریکاوری کافی، پیشرفت عملکرد را تجربه کرده و سازگاری بیشتر اتفاق می‌افتد (۸) ولی فراخستگی غیر عملکردی با افزایش طولانی تر و سنگین تر در شدت تمرین، سبب ایجاد تغییرات در علائم روانشناختی و اختلال در غدد درون ریز می‌شود و دوره‌ی بازگشت به حالت اولیه‌ی آن ممکن است چند روز تا چند هفته طول بکشد، به علاوه در این مرحله ورزشکار پیشرفت عملکرد را تجربه نخواهد کرد (۹). بیش‌تمرینی نیز یک ناهنجاری طولانی مدت منفی است که تمام علائم فیزیولوژیکی، عصبی-عضلانی و مکانیزم‌های هورمونی را درگیر می‌کند (۸). به هنگام فراخستگی و بیش‌تمرینی، عملکردهای هوازی، بی‌هوازی، توان و عملکردهای ویژه آن رشته ورزشی کاهش می‌یابد (۱۰, ۱۱). در مطالعات اخیر نشان داده شده است که عوامل شناختی به ویژه اختلالات در حالات خلق‌وخو، در تشخیص فراخستگی غیرعملکردی و بیش‌تمرینی بسیار موثر است. به جز هیپوتالاموس[4]، هیپوکامپ[5]، عقده‌های قاعده‌ای[6] و سیستم لیمبیک[7] نیز در رفتارهای احساسی، انگیزشی و عملکردی حین ورزش نقش مهمی دارند (۱۲).

عملکرد ورزشی طی فعالیت‌های استقامتی طولانی مدت تحت تاثیر عوامل زیادی مانند: محدودیت در تحویل اکسیژن، متابولیت‌ها، تغییرات یونی در عضلات فعال، مهار جریان‌های فوق نخاعی از آوران‌های حسی عضله، تغییر جریان خون و متابولیسم‌های مغزی قرار گرفته (۱۳, ۱۴) و می‌تواند در صورت ریکاوری ناکافی سبب فراخستگی و یا بیش تمرینی شود. انجام فعالیت ورزشی میزان ترشح کورتیزول را از طریق فعال کردن محور

[1] Functional Overreaching
[2] Nonfunctional Overreaching
[3] Super-Compensation
[4] Hypothalamus
[5] Hippocampus
[6] Nuclei Basales
[7] Systema Limbicum

هیپوتالاموس-هیپوفیز- آدرنال (HPA)[1] افزایش می‌دهد (۳). هورمون کورتیزول، هورمونی است که در پاسخ به هر نوع استرس ترشح می‌شود و در صورت بالا ماندن سطح کورتیزول پس از فعالیت های بدنی شدید و طولانی مدت، از تولید آنتی‌بادی جلوگیری می‌کند، باعث کاهش ایمونوگلوبولین[2] می‌شود، مقاومت در برابر عفونت را در ورزشکاران کاهش داده و در نهایت سیستم ایمنی را تضعیف می‌کند (۱۵، ۱۶) با افزایش سطح کورتیزول در اثر فعالیت جسمانی یا تلاش ذهنی، کورتیزول به راحتی از سطح خونی–مغزی عبور کرده و به گیرنده‌های مخصوص خود به سرتاسر مغز به خصوص هیپو کمپ و قشر جلویی مغز (مرتبط با عملکرد اجرایی: توجه، حافظه کاری، کنترل شناختی) متصل می‌شود و در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال دارد (۱۷, ۱۸). مقیاس درک تلاش در تعیین دقیق شدت فعالیت ورزشی استفاده می شود و به‌عنوان یک شاخص مهم در بررسی خستگی نیز شناخته می‌شود (۱۹). فیزیولوژیست‌ها درک تلاش[3] را یک مدل تنظیمی مرکزی عملکرد ورزشی می‌دانند و درون‌دادهایی که از خود سیستم عصبی مرکزی می‌آیند تا اطلاعاتی را در مورد نقطه پایانی فعالیت ورزشی دهند (۲۰)، همچنین محدودیت در تمرینات علاوه بر فاکتورهای جسمی، وابسته به ذهن نیز می‌باشد. خستگی ذهنی یک حالت سایکوفیزیولوژیک است که با انجام تلاش ذهنی به مدت طولانی در مغز ایجاد شده، سطح انرژی را کاهش می-دهد و باعث ایجاد خستگی جسمی نیز می‌شود (۲۱). به علاوه خستگی ذهنی باعث فعال شدن قشر کمربندی قدامی (ACC)[4] و قشر پیش‌پیشانی[5] (PFC)مغزی شده و با تاثیر روی مغز باعث افزایش میزان درک تلاش می-شود و در نهایت کاهش سطح عملکرد استقامتی را به همراه خواهد داشت (۲۲, ۲۳). به همین دلیل مربیان و ورزشکاران به‌منظور کنترل بار تمرینی در جهت پیشرفت و جلوگیری از فراخستگی غیرعملکردی باید با شاخص-های مختلف فیزیولوژیکی و روانشناختی دوره‌های تمرینی را پایش کنند.

تمرین استقامتی مغزی یک روش تمرینی نوین است که از تلاش‌های ذهنی طولانی مدت (که منجر به خستگی ذهنی می‌شود) به عنوان یک محرک در طول یک دوره تمرین مورد استفاده قرار می‌گیرد. تلاش‌های ذهنی طولانی مدت فعالیت نورون‌های مغزی و میزان درک تلاش را افزایش می‌دهد، به‌علاوه در طولانی مدت باعث ایجاد سازگاری‌هایی دربخش‌های مختلف مغز می‌گردد که تاثیر این محرک تمرینی وابسته به میزان آمادگی ورزشکار، مدت و شدت تمرین می‌تواند عملکرد ورزشکار را بهبود ببخشد و محدودیت های او را کاهش دهد (۲۴). تحقیقات نشان داده انجام ۴۵ دقیقه تلاش ذهنی، غلظت کورتیزول را به طور معنی‌داری افزایش می-دهد[6] (۲۵)، هم‌چنین انجام یک جلسه تلاش ذهنی به‌صورت همزمان با پروتکل جسمانی دوچرخه ثابت با شدت ۶۵ درصد حداکثر توان خروجی باعث افزایش معنی‌دار میزان درک تلاش در حین فعالیت، افزایش هورمون‌های استرسی کورتیزول، پرولاکتین و افزایش معنی‌دار شاخص‌های پرسشنامه ناسا[7] بعد از یک جلسه فعالیت جسمانی– ذهنی نسبت به یک جلسه فعالیت جسمانی رکاب زدن تنها (کنترل) شد[8](۲۶). افزایش کورتیزول و پرولاکتین (به عنوان هورمون‌های استرسی) نشان دهنده این موضوع است که تلاش ذهنی باعث افزایش فعالیت مسیر HPA و

[1] Hypothalamic Pituitary Adrenal
[2] Immunoglobulins
[3] Rating of Perceived Exertion
[4] Anterior Cingulate Cortex
[5] Prefrintal Cortex
[6] Van Cutsem(2016)
[7] NASA Questionnaire
[8] Barzegarpoor(2020)

آزاد سازی بیشتر گلیکوکورتیکوئیدها شده است. افزایش سطح کورتیزول با انجام تلاش ذهنی، سیستم تسهیلی عصبی را مهار می‌کند، برون داده‌های حرکتی به سمت عضلات را کاهش می‌دهد و در نتیجه عملکرد جسمانی کاهش می‌یابد (۲۷). مطالب بالا نشان می‌دهد احتمالا انجام یک جلسه فعالیت جسمانی و تلاش ذهنی به‌صورت هم‌زمان باعث افزایش درک تلاش،استرس بر بدن و افزایش سطح هورمون‌های استرسی می‌شود. اگر این جلسات فعالیت جسمانی و تلاش ذهنی به صورت مکرر و در قالب یک دوره تمرین (تمرین مغزی) مورد استفاده قرار گیرند ممکن است که باعث ایجاد و حفظ فشار بیشتر و افزایش شاخص‌های فراخستگی نسبت به یک دوره تمرین جسمانی تنها شود. با توجه به اطلاعات ما تا به امروز هنوز پژوهشی به پایش شاخص‌های فراخستگی در طی یک دوره تمرین استقامتی جسمانی و مغزی نپرداخته است. بنابراین، هدف ما از انجام پژوهش حاضر پایش شاخص‌های فراخستگی در یک دوره تمرین استقامتی مغزی و جسمانی به‌صورت همزمان است، تا پاسخ این سوال مشخص شود (آیا یک دوره تمرین همزمان به نسبت تک جلسه می‌تواند شاخص‌های فراخستگی غیرعملکردی را بیشتر تحت تاثیر قرار دهد و باعث افت عملکرد شود یا خیر؟)

روش پژوهش

نوع تحقیق حاضر از نوع روش نیمه تجربی بوده و با طرح پیش آزمون، پس آزمون برگزار شد. آزمودنی‌ها۲۰ زن و مرد دانشجوی رشته‌ی تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی بودند، و از طریق فراخوان به‌طور داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. در جدول ۱ مشخصات آزمودنی ها نشان داده شده است. در ابتدا از طریق مصاحبه شفایی توسط آزمونگر از سلامت جسمی و روانی آزمودنی‌ها اطمینان حاصل شد مشخص شد هیچ‌کدام بیماری خاصی ندارند. برای آزمودنی‌ها تمامی مراحل پژوهش، پروتکل‌ها و طرح پژوهش به‌صورت شفاهی و کتبی شرح داده شد و از فواید و خطرات اجرای آزمون‌ها آگاه شدند و رضایت نامه کتبی را برای شرکت در این پژوهش امضا کردند. این پژوهش همه موارد اخلاق در پژوهش را رعایت کرده است و دارای کد اخلاق IR.SBU.ICBS.97/1032 از دانشگاه شهید بهشتی تهران است.

جدول ۱:مشخصات توصیفی شرکت کنندگان در طرح پژوهشی

مشخصات	گروه تمرین استقامتی جسمانی + تمرین استقامتی مغزی	گروه تمرین استقامتی جسمانی
سن (سال)	۲۰±۳	۲۱±۲
قد (سانتی‌متر)	۱۶۸±۸	۱۷۱±۱۱
وزن (کیلوگرم)	۷۳±۱۰	۶۸±۱۰
اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۳۱±۴	۳۴±۵

طرح پژوهش

آزمودنی‌ها در دو جلسه به فاصله‌ی ۴۸ ساعت از یکدیگر به آزمایشگاه فراخوانده شدند. دمای آزمایشگاه و محل تمرین بین ۱۸ تا ۲۲ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. در جلسه‌ی اول فرم رضایت نامه و پرسشنامه عمومی و سلامتی

جهت اطمینان از رضایت ، توانایی و سلامت افراد توسط افراد شرکت کننده کامل شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد طی دوره‌ی تمرینی از مکمل خاصی استفاده نکنند، خواب کافی داشته باشند، از انجام بازی‌های کامپیوتری خودداری کنند و در صورت ایجاد هر گونه مشکل و یا تغییر در روند زندگی خود به پژوهشگر اطلاع دهند. از مصرف کافئین، نیکوتین و الکل نیز خودداری کنند و به علاوه ۲۴ ساعت قبل از حضور در آزمایشگاه جهت انجام آزمون، از فعالیت شدید، خوردن شیر و لبنیات پرهیز کنند (۲۶). اندازه‌گیری شاخص‌های آنتروپومتریکی (قد، وزن و شاخص توده‌ی بدن) در جلسه‌ی اول انجام شد. طی یک آزمون فزاینده، حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها نیز اندازه‌گیری شدپرسشنامه ۶۵ سوالی پومز توسط شرکت‌کنندگان جهت سنجش حالات روحی شخص کامل شد. آزمودنی‌ها با توجه به نتیجه‌ی آزمون فزاینده تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی به دو گروه همگن تمرین مغزی + جسمانی و گروه تمرین جسمانی تنها تقسیم شدند. هر دو گروه به مدت ۲۴ جلسه با فاصله استراحتی حداقل یک روز تمرین کردند و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین ارزیابی‌ها در شرایطی مشابه با پیش از تمرین تکرار شد. قابل ذکر است که حین هر جلسه تمرین میزان درک تلاش[1] آزمودنی هر ده دقیقه ثبت می‌شد. به منظور پایش دوره‌ی تمرین که ۸ هفته به طول انجامید، پیش از شروع فعالیت، ضربان قلب صبحگاهی در ۳ نوبت ثبت شد، و میزان ۵ میلی لیتر بزاق به صورت ناشتا (تحریک‌نشده) در بین ساعت ۷ تا ۸ صبح از آزمودنی‌ها جمع آوری شده و بلافاصله فریز شد. این روند در انتهای هفته‌ی دوم، چهارم، ششم و هشتم، ۴۸ ساعت بعد از هر فعالیت و در حالت استراحتی تکرار شد. (شکل ۱)

شکل ۱:طرح شماتیک پروتکل پژوهش

[1] Rating of perceived exertion

آزمون حداکثر اکسیژن مصرفی

پروتکل فزاینده در روز اول توسط دوچرخه کارسنج مونارک[1] انجام شد. نحوه‌ی کار به این صورت بود که فرد پس از انجام حرکات کششی جهت گرم‌کردن به فعالیت می‌پرداخت. ارتفاع صندلی دوچرخه نظیم و برای یکسان بودن در تمام جلسات تمرین و پس آزمون ثبت شد. به علاوه آزمودنی اجازه نداشت بیش از ۵ ثانیه سرعت پدال زدن کمتر از ۶۰ دور در دقیقه را تجربه کند. طی پروتکل تمرینی آزمودنی در ابتدا ۲ دقیقه با بار کار ۵۰ وات رکاب می‌زد تا گرم شود سپس در ازای هر ۲ دقیقه ۵۰ وات به بار کار اضافه می‌شد. آزمون زمانی پایان می یافت که با وجود تشویق آزمونگر سرعت پدال زدن به کمتر از ۶۰ دور در دقیقه به مدت ۵ ثانیه می رسید. (۲۸). برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی از شیوه ثبت نفس به نفس با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر MetaLyzer3B استفاده شد و با نرم‌افزار در رایانه ثبت شد (۲۸).

پرسشنامه‌ی پومز[2]

این پرسشنامه ۶۵ سوالی شامل سوالات در ۶ حالت روحی (خشم، افسردگی، تنش، سردرگمی، توان و خستگی) می‌باشد (۲۹). شاخص حالت روحی این آزمون با جمع ۵ فاکتور منفی باهم (افسردگی، خستگی، عصبانیت، اضطراب و سردرگمی) و کم کردن از فاکتور مثبت توان به دست می‌آید. شاخص انرژی آزمودنی نیز نشان‌دهنده‌ی تفاوت بین امتیاز خستگی و توان است (۳۰). نمره‌گذاری این پرسشنامه برحسب طیف لیکرت از صفر "به هیچ عنوان" تا چهار "بسیار زیاد" است که ۶ مولفه را شامل می‌شود. در این تحقیق، پرسشنامه در هفته های اول و آخر تمرین توسط شخص آزمودنی، بعد از انجام جلسه‌ی تمرین آن روز و با نظارت و راهنمایی کامل محقق تکمیل می‌شد. پایایی این پرسشنامه۸۱٪ و بالاتر از حد قابل قبول ۷۵٪ می‌باشد و می‌توان به عنوان ابزاری جهت مطالعه و ارزیابی ویژگیهای‌خلقی ورزشکاران بهره گیری کرد (۳۱).

پروتکل تمرین جسمانی

هر دو گروه ۲۴ جلسه فعالیترا در ۸ هفته و به‌فاصله‌ی ۴۸ ساعت از یکدیگر به مدت ۶۰ دقیقه انجام دادند. شدت تمرین توسط ضربان قلب ذخیره آزمودنی‌ها و با استفاده از فرمول کارونن[3] تعیین می‌شد (۳۲, ۳۳). از هفته‌ی اول تا هفته‌ی هشتم با شدت (۶۰٪ تا ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره)، از هفته‌ی نهم تا شانزدهم با شدت (۶۵٪ تا ۷۰٪ ضربان قلب ذخیره) و از هفته‌ی هفدهم تا هفته‌ی آخر (بیست و چهارم) با شدت (۷۰٪ تا ۷۵٪ ضربان قلب ذخیره) رکاب زدند و ضربان قلب افراد با ساعت هوشمند پولار با دقت ارزیابی شد، به علاوه در طول هر جلسه تمرین هر ده دقیقه میزان درک تلاش ثبت شد.

پروتکل تمرین مغزی

در گروه تمرین جسمانی به همراه تمرین مغزی جهت فعال نگه داشتن مغز، تلاش‌های ذهنی عملکرد مداوم AX (AX-CPT) AX[4] و فلنکر یک جلسه در میان در زمان تمرین جسمانی توسط آزمودنی‌ها انجام شد (۳۴). برای انجام این تلاش‌های ذهنی در هرجلسه یک مانیتور روبروی آزمودنی قرار داده شد و آزمودنی هم‌زمان با فعالیت ۶۰ دقیقه رکاب زدن تلاش ذهنی را انجام داد.

[1] Monark Ergomedic
[2] Poms
[3] Karvonen’s Formula
[4] AX-continuous Performance Test

تمرین مغزی AX-CPT تلاش ذهنی عملکرد مداوم AX (AX-CPT)

این فعالیت شناختی نیازمند هشیاری، حافظه کاری و پاسخ مهاری است و به طور موفقیت آمیزی برای ایجاد خستگی ذهنی در مطالعات ورزشی مورد استفاده قرار گرفته است (۲۲, ۳۵). این فعالیت شامل پاسخ به یک سری از حروف نشان داده شده روی صفحه‌ی کامپیوتر با استفاده از کلیک راست یا چپ موس می‌باشد. عملکرد آزمون به صورت خودکار و براساس زمان عکس العمل و دقت در پاسخ به آنها ثبت شد (۳۵, ۳۶). آزمون به صورت توالی‌هایی از ردیاب–نشانه[1] بود که در آن حرف A به عنوان نشانه و حرف X به عنوان ردیاب بودند. باقی حروف الفبای انگلیسی که نمایش داده شدند به عنوان نشانه نامعتبر و ردیاب غیر هدف شناخته شدند. حروف K و Y از دایره‌ی نمایش حذف شدند زیرا به حرف X شباهت ظاهری داشتند. نمایش در این آزمون به شکل شبه تصادفی بود. به طوری که آزمایش‌های هدف AX با احتمال ۷۰٪ و آزمایش‌های غیر هدف که شامل سه تحریک بودند (هر کدام با درصد مساوی ۱۰٪) با احتمال ۳۰٪ رخ می‌دادند. تمامی حروف بزرگ با فونت ۲۴ (آ هلوتیک[2]) در صفحه با پس زمینه‌ی سیاه به مدت ۳۰۰ میلی‌ثانیه به دو رنگ سفید و قرمز نمایش داده شدند. دو حرف به رنگ سفید (به غیر از حروف A، K، X و Y) در بین نشانهو ردیابیه رنگ قرمز ارائه می‌شدند. فاصله‌ی زمانی بین ارائه-ی حروف ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه بود. آزمودنی ها باید به محرک هدف با کلیک راست موس و به محرک غیرهدف با کلیک چپ موس پاسخ می‌دادند (۳۷, ۳۸).

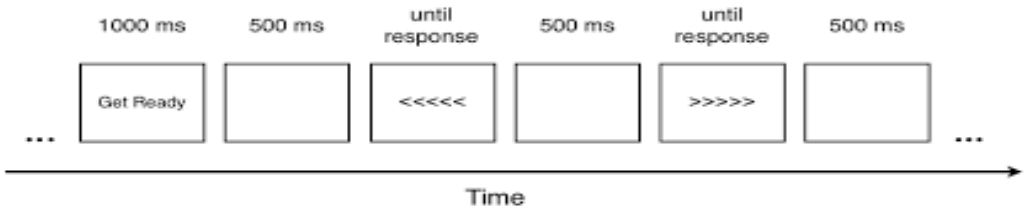
تلاش ذهنی فلنکر[3]

در این تمرین چند مجموعه محرک با علائم نامساوی ارائه می‌شد و هر مجموعه شامل ۵ علامت بود. آزمودنی ها باید با توجه به جهت علائم وسط که به سمت چپ یا راست بود به محرک پاسخ می‌دادند. محرک‌های استفاده شده در این فعالیت مغزی شامل:

هم‌خوان (<<<<< یا >>>>>) / نا هم‌خوان (><><> یا <><><) / خنثی (--<-- یا -->--)

این آزمون به این صورت بود که هر محرک با رنگ سفید و سایز ۳۴ و به مدت ۲۰۰ میلی ثانیه روی پس زمینه سیاه به نمایش در می‌آمد. فاصله‌ی بین نمایش محرک از ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌ثانیه به شکل متغیر و تصادفی بود. آزمودنی‌ها باید با نهایت دقت و سرعت به جهت نامساوی علامت وسط بدون توجه به دو علامت کناری پاسخ می‌دادند (۳۹, ۴۰). به منظور ارزیابی آزمون فلنکر، دقت (پاسخ‌های درست و اشتباه) و زمان عکس‌العمل مورد نظر بود. برای مثال زمانی‌که محرک "<<<<<" روی صفحه نمایش ارائه می‌شد سمت راست پاسخ درست بود، زمانی‌که محرک "><><>" روی صفحه نشان داده می‌شد سمت چپ پاسخ درست بود و هنگامی‌که محرک "--<--" روی صفحه می‌آمد جواب درست باید سمت چپ انتخاب می‌شد. اشتباه در پاسخگویی و یا عدم پاسخگویی محرک تا ارسال محرک بعدی خطاهای این تمرین مغزی محسوب می‌شد (شکل ۲).

[1] Cue-probe
[2] A Helvetic
[3] Flanker



شکل ۲: تصویر تلاش ذهنی فلنکر

ضربان قلب استراحتی

ضربان قلب استراحتی توسط خود فرد و با راهنمایی‌هایی محققان، در ۳ نوبت اندازه‌گیری و ثبت شد. اندازه‌گیری به این شکل بود که فرد بلافاصله بعد از بیدار شدن و باز کردن چشم‌هایش بدون اینکه تحرکی داشته باشد در ۳ نوبت ضربان قلب وریدی مچ دست خود را در مدت یک دقیقه اندازه می‌گرفت و به ما اعلام می‌کرد. پس از شروع دوره‌ی تمرین این روند هر دو هفته یکبار و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین تکرار می‌شد.

میزان درک تلاش

شدت تمرینات با استفاده از معیار بورگ اندازه گیری شد که این مقیاس فشار درک شده را بین ۶ تا ۲۰ نمره دهی می‌کرد. جهت پایش فشار دوره‌ی تمرین و مقایسه‌ی فعالیت دو گروه، از میزان درک تلاش (مقیاس بورگ) در طول دوره‌ی تمرین استفاده شد. نمره حاصل از آن با میزان و شدت خستگی آزمودنی متناسب بود (۴۱). نحوه‌ی ثبت میزان RPE در هر جلسه‌ی تمرینی و به‌فاصله‌ی هر ده دقیقه بود، به این صورت که نمودار رو به آزمودنی گرفته می‌شد و نمره‌ی اعلام شده از جانب او توسط پژوهشگر ثبت می‌شد.

جمع آوری بزاق و اندازه گیری پارامترهای بیوشیمیایی

نمونه‌های بزاقی آزمون شوندگان بین ساعات۷ تا ۸ صبح توسط فالکون پنبه‌ای، جهت اندازه‌گیری کورتیزول بزاقی جمع آوری شد و بلافاصله توسط دستگاه سانتریفیوژ BOECO ساخت کشور آلمان با سرعت RPM ۵ و در دمای ۴- درجه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و در دمای ۲۰- درجه فریز و نگهداری شد تا مقدمات و روش‌های آزمایشگاهی لازم بر روی نمونه‌ها انجام شود. برای این کار آزمودنی‌ها به‌صورت ناشتا ۵ میلی‌لیتر بزاق تحریک نشده را در فالکون مخصوص ریختند و مدت زمان جمع آوری بزاق خود را ثبت کردند (۴۲). برای تعیین غلظت کورتیزول از کیت الایزای شرکت دیامترا[1] ساخت کشور ایتالیا (شماره کاتالوگ DKO078) استفاده شد.

روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شدند. جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف اسمیرنوف استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری تحلیل واریانس آمیخته دوطرفه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد. جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCLE 2013 استفاده‌شد. سطح معنی‌داری برای تمام تحلیل‌های آماری، $P<0.05$ در نظر گرفته شد.

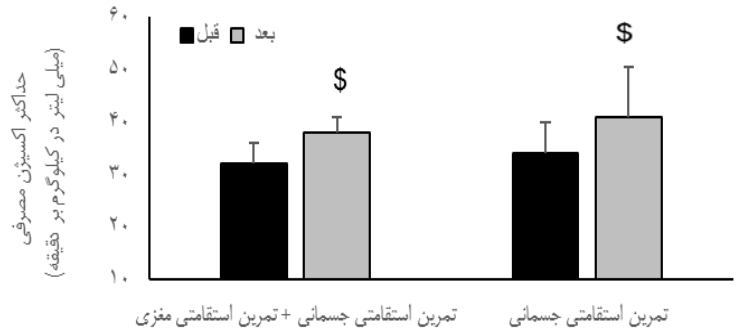
[1] Diametra

ملاحظات اخلاقی

برای آزمودنی‌ها تمامی مراحل پژوهش، پروتکل‌ها و طرح پژوهش به‌صورت شفاهی و کتبی شرح داده شد و از فواید و خطرات اجرای آزمون‌ها آگاه شدند و رضایت نامه کتبی را برای شرکت در این پژوهش امضا کردند. این طرح با عنوان «پایش اثرات تمرین استقامتی جسمانی و مغزی، همزمان بر شاخص‌های فراخستگی در افراد فعال» در جلسه کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیستی دانشگاه شهید بهشتی، مورخ ۱۳۹۷/۰۹/۱۰ مطرح شد. با توجه به مستندات موجود، کد اخلاق IR.SBU.ICBS.۹۷/۱۰۳۴ به آن تعلق گرفت.

یافته‌ها

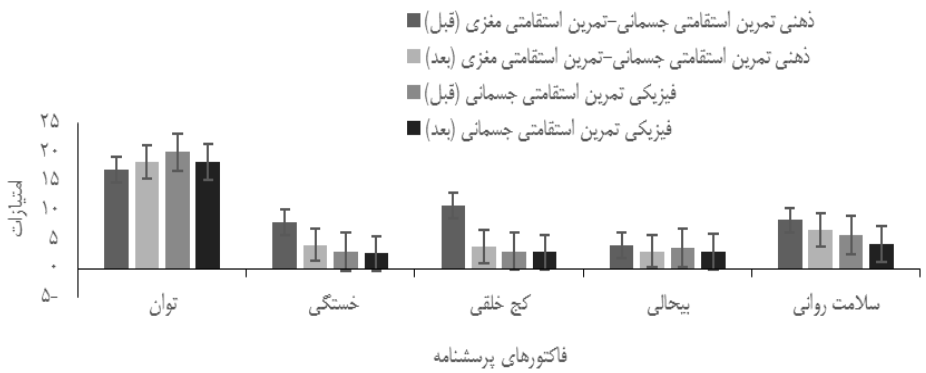
به منظور ارزیابی شاخص های فراخستگی در هشت هفته تمرین استقامتی به همراه تمرین مغزی در مقایسه با تمرین استقامتی، میزان حداکثر اکسیژن مصرفی در قبل و بعد از دوره‌ی تمرین به عنوان شاخص عملکردی اندازه‌گیری شد.تجزیه و تحلیل داده‌های حداکثر اکسیژن مصرفی با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، (آنوا) ۲×۲ با عامل بین گروهی، نشان داد میزان حداکثر اکسیژن مصرفی بعد از دوره تمرین نسبت به قبل، به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته است ($P<0.05$)، این تفاوت بین دو گروه معنی‌دار نبود ($F_{2,18}=.188, P<0.05$) (نمودار ۱).



نمودار ۱: میزان حداکثر اکسیژن مصرفی در گروههای پژوهش

$ اختلاف معنی‌داری درون دو گروه ($P< 0/05$).

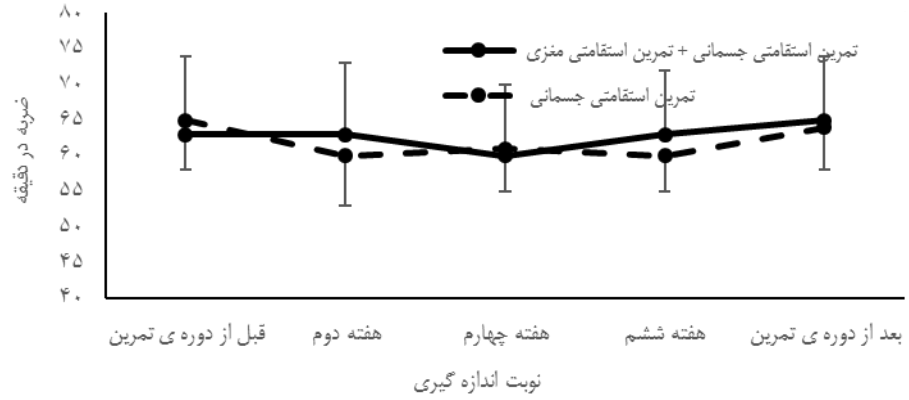
به‌منظور ارزیابی شاخص‌های روانشناختی آزمودنی‌ها، از پرسشنامه ۶۵ سوالی پومز در قبل و بعد از دوره‌ی تمرین ۸ هفته‌ای، بین دو گروه تمرین استقامتی جسمانی همراه با تمرین مغزی و گروه تمرین استقامتی جسمانی استفاده شد. با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف نرمالیتی داده‌های پرسشنامه ۶۵ سوالی پومز سنجیده شد و بررسی نتایج آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (آنوا) با عامل بین گروهی ،در هیچ یک از فاکتورهای منفی پرسشنامه در گروهی که تمرین استقامتی به همراه تمرین مغزی انجام می‌دادند پس از پایان دوره‌ی تمرین افزایشی مشاهده نشد ($P>0.05$)، هم‌چنین در تک فاکتور مثبت پرسشنامه (شاخص توان) در گروه ذهنی پس از دوره‌ی تمرینی، افزایش ناچیزی دیده شد اما معنادار نبود ($F_{2,}18=2.58, P>0.05$) (نمودار ۲).



نمودار ۲: .فاکتورهای پرسشنامه پومز در گروههای پژوهش

جهت پایش شاخص‌های فراخستگی فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها، ضربان قلب صبحگاهی در پنج نوبت و در زمان استراحت افراد ثبت شد. با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف نرمالیتی داده‌های ضربان قلب استراحتی سنجیده شد و بررسی نتایج تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (آنووا) با عامل بین گروهی، نشان داد فعالیت ورزشی استقامتی صرف نظر از اینکه همراه یا بدون تمرین مغزی باشد، احتمالا تاثیری بر ضربان قلب صبحگاهی نداشته است ($P>0.01$). نتایج آزمون آماری نشان داد تفاوت معناداری در ضربان قلب صبحگاهی در دوره‌ی تمرین بین دو گروه مشاهده نشد ($F_{2.18}=0.43, P>0.05$) (نمودار ۳).

میانگین و انحراف استاندارد ضربان قلب صبحگاهی آزمودنی‌ها در هر پنج نوبت اندازه‌گیری، در جدول شماره ۲ارائه شده است.



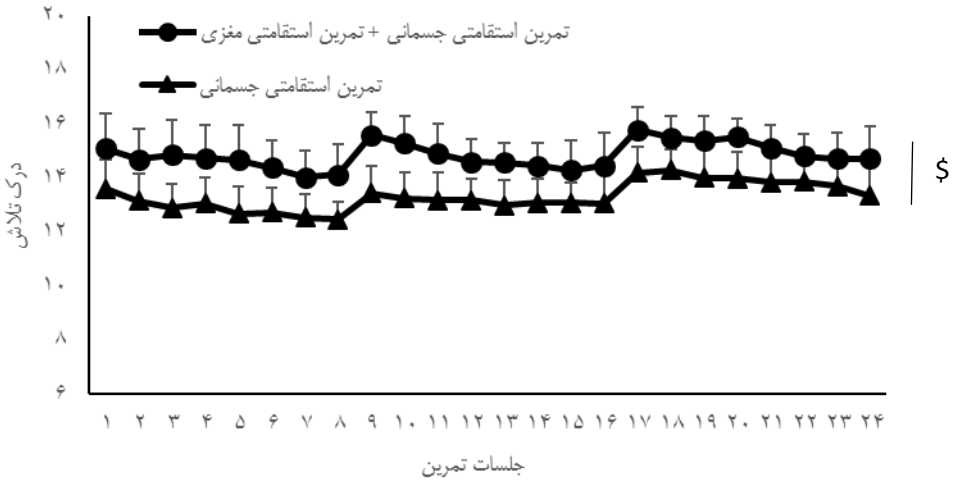
نمودار ۳:.تغییرات ضربان قلب استراحتی طی دوره ی تمرین

جدول ۲:.میانگین و انحراف استاندارد داده های ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه)

نوبت / گروه	قبل از دوره ی تمرین	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	بعد از دوره‌ی تمرین
گروه تمرین استقامتی جسمانی+ تمرین استقامتی مغزی	۶۱±۱۲	۶۳±۱۰	۶۰±۹	۶۳±۹	۶۵±۱۰
گروه تمرین استقامتی جسمانی	۶۵±۸	۵۹±۸	۶۰±۶	۵۹±۵	۶۲±۷

میزان درک تلاش جلسات تمرینی آزمودنی‌ها در هر دو گروه، در هرجلسه پرسیده و ثبت می‌شد. این اندازه‌گیری به فاصله‌ی هر دقیقه از تمرین انجام‌می‌شد.

با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف نرمالیتی داده‌های درک تلاش سنجیده شد و سپس نتایج آماری آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (آنوا) با عامل بین گروهی درتعامل بین زمان و گروه نشان داد، میزان درک تلاش در طول دوره‌ی تمرین در گروهی که تمرین استقامتی به همراه تمرین مغزی انجام میدادند از همان ابتدا بالاتر بود و به طرز معناداری تا پایان دوره‌ی تمرین بالاتر باقی ماند ($F_{2.18}$= 0.58, P<0.05) (نمودار ۴).

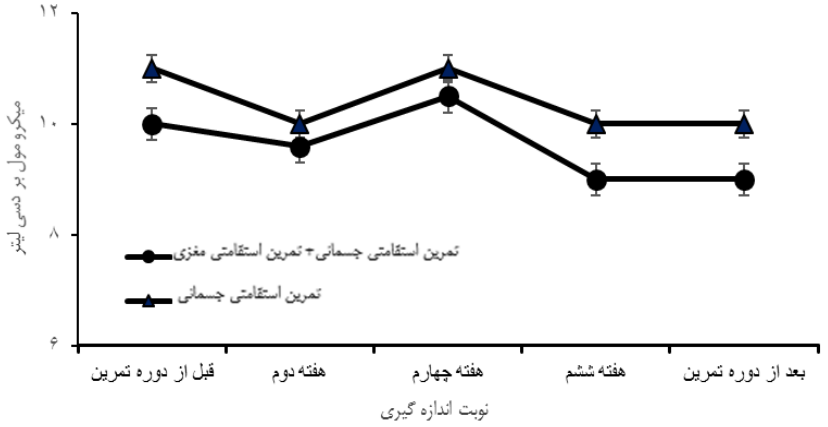


نمودار ۴: شاخص میزان درک تلاش بین جلسات تمرینی.

$ اختلاف سطح معنی داری دو گروه (P<0.05)

جهت ارزیابی میزان کورتیزول بزاقی، جمع آوری بزاق در حالت ناشتا، پنج نوبت در طول دوره‌ی تمرین انجام می‌شد. با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف نرمالیتی داده‌های کورتیزول سنجیده شد و بررسی نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (آنووا) با عامل بین گروهی نشان داد، صرف نظر از نوع فعالیت انجام ۸ هفته تمرین استقامتی، غلظت کورتیزول را در هر دو گروه به مرور کاهش داد که این تغییرات معنادار نبود. بررسی

آماری در تعامل بین زمان و گروه نیز نشان داد تمرین مغزی نتوانست تاثیری بر غلظت کورتیزول بگذارد و تفاوت معناداری در کاهش داده‌های کورتیزول مشاهده نشد ($F_{2,18}$=1.4, P>0.05) (نمودار ۵).



نمودار ۵: سطح کورتیزول استراحتی طی دوره ی تمرین (میکرومول بر دسی لیتر)

بحث و بررسی

هدف پژوهش حاضر پایش شاخص‌های فراخستگی هشت هفته تمرین استقامتی همراه با تمرین مغزی در مقایسه با تمرین استقامتی جسمانی می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد، هشت هفته تمرین استقامتی جسمانی همزمان با تمرین استقامتی مغزی تاثیر معنی‌داری در شاخص‌های فراخستگی غیرعملکردی نداشت. میزان حداکثر اکسیژن مصرفی صرف نظر از نوع فعالیت، پس از دوره‌ی تمرین، در هر دو گروه افزایش معناداری داشت، نتایج پرسشنامه‌ی ۶۵ سوالی پومز در قبل و بعد از دوره‌ی تمرین در هر دو گروه تغییری نداشت و در پرسشنامه‌ی پومز نه تنها تغییر منفی مشاهده نشد بلکه در تک فاکتور مثبت پرسشنامه (توان ذهنی) در گروه ذهنی اندکی افزایش مشاهده شد اما معنی‌دار نبود. میزان ضربان قلب استراحتی طی دوره‌ی تمرین تغییری نداشت و میزان درک تلاش حین دوره‌ی تمرین نشان داد گروهی که تمرین استقامتی جسمانی را به همراه تمرین استقامتی مغزی انجام می‌دادند میزان درک تلاش بالاتری نسبت به گروه دیگر داشتند و بررسی سطح کورتیزول بزاقی در حالت استراحتی، افزایشی را در هر دو گروه نشان نداد. بنابراین صرف نظر از نوع فعالیت، نه تنها آزمودنی‌ها دچار فراخستگی غیرعملکردی یا سندروم بیش‌تمرینی نشدند بلکه پیشرفت عملکرد و سازگاری نیز در آن‌ها اتفاق افتاد. یکی از نشانگرهای اصلی و محبوب در ورزش استقامتی بررسی میزان حداکثر اکسیژن مصرفی با آزمون‌های فزاینده‌ی وامانده‌ساز است که نتیجه‌ی این آزمون همبستگی بالایی با فعالیت‌های طولانی مدت و شدت بالا دارد (۴۳). ورزشکاران مبتلا به فراخستگی غیرعملکردی دچار افت در میزان حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شوند (۴۴, ۴۵). آرون و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند پس از ۶ هفته تمرین شدید در گروهی که به تمرینات فشرده مشغول بودند، کاهش میزان حداکثر اکسیژن مصرفی به نسبت گروهی که تمرینات عادی تیم را انجام می‌دادند مشاهده

شد و فاکتورهای پایش نشان داد افراد گروه تمرین فشرده، دچار فراخستگی شده بودند و پس از ۷ روز ریکاوری فعال به پیشرفت رسیدند (۴۶). نتایج افزایش میزان حداکثر اکسیژن مصرفی در پژوهش حاضر نیز در هر دو گروه نشان از رسیدن افراد به بیش‌جبرانی داشت، که باعث سازگاری هرچه بیشتر افراد طی این مدت شده بود.

یکی از نشانه‌های کاربردی که به عنوان شاخص فراخستگی در تمرینات ورزشی سنجیده می‌شود، پایش ضربان قلب استراحتی است. از تغییرات ضربان قلب جهت پایش دوره‌های تمرینی استقامتی استفاده می‌شود (۴۷). به‌طور کلی افزایش ضربان قلب صبحگاهی با عدم آمادگی و یا بیش تمرینی ورزشکار ارتباط مستقیم دارد (۴۸). پژوهش‌های تمرینات مغزی نشان داده بود، ایجاد خستگی ذهنی ماندگار ناشی از انجام تلاش ذهنی طولانی میتواند باعث کاهش فعالیت عصب واگ و افزایش فعالیت سیستم سمپاتیک شود که در نتیجه آن ضربان قلب افزایش می‌یابد (۴۹) پایش ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها افزایشی را نشان نداد که این موضوع می‌تواند به دلیل اعمال ریکاوری مناسب در دوره‌ی هشت هفته‌ای تمرین حاضر باشد (۵۰). سایتالو و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند بین تغییرات ضربان قلب و میزان حداکثر اکسیژن مصرفی در ورزشکاران بطور قابل توجهی ارتباط وجود دارد (۵۱).

پژوهش‌های اخیر از طریق بررسی میزان درک تلاش نشان می‌دهند تلاش ذهنی طولانی مدت، سبب ایجاد خستگی ذهنی می‌شوند (۲۳, ۴۰) و با افزایش میزان درک تلاش و ایجاد خستگی ذهنی، عملکرد جسمی کاهش خواهد یافت (۵۲)، با بررسی نتایج آزمون عملکردی می‌توان به بررسی نتایج درک فشار نیز کمک کرد. به علاوه کاهش سطح گلیکوژن و افزایش متابولیسم مغز طی فعالیت استقامتی و ذهنی نیز می‌تواند از دلایل افزایش میزان درک تلاش باشد (۵۳, ۵۴). فعالیت های استقامتی طولانی مدت با خستگی مرکزی همراه است (۵۵, ۵۶). پس فعالیت استقامتی جسمانی همراه با فعالیت استقامتی مغزی، فعالیت نورونی مغز ، به‌خصوص قشرهای مغزی مرتبط باجنبه‌های شناختی انتقال پیام‌های مغز را افزایش می‌دهد (۵۷, ۵۸). از اصلی‌ترین مناطق مغز که ناحیه‌ی قشری کنترل حرکات، احساسات و ادراک است، قشر کمربند قدامی مغز است (۵۹)، این ناحیه از مغز از طریق فعالیت شناختی اعمال شده در دوره تمرین (فلنکر، AX-CPT) که با افزایش فعالیت نرونی مغز، غلظت و تجمع آدنوزین را در آن ناحیه از مغز افزایش می‌دهد، میزان درک تلاش را افزایش داده و در نهایت خستگی ذهنی را ایجاد می‌کند (۲۲, ۶۰). بورگ و همکاران (۱۹۸۲) برای اولین بار دریافتند میزان درک فشار به علت ماهیت روانشناختی فاکتور بسیار سودمندی جهت پایش فشار دوره‌ی تمرین می‌باشد (۶۱). تحقیقات نشان داده‌اند میزان درک فشار به نسبت ضربان قلب جهت پایش خستگی حساس‌تر است، از این رو فرانکو و همکاران (۲۰۰۴) از میزان درک تلاش جهت پایش فشار تمرین طی ۷ هفته استفاده کردند و سرانجام به این نتیجه رسیدند بین RPE و HR که یک شاخص درونی است ارتباط نزدیکی وجود دارد (۶۲)، در پژوهش حاضر، با استفاده از میزان درک فشار و ضربان قلب صبحگاهی، فشار هر دو گروه بررسی شد و در نهایت نتایج نشان داد میزان فشاری که گروه تمرین استقامتی به همراه تمرین مغزی تحمل می‌کردند به طرز معناداری بالاتر بود اما می‌توان گفت احتمالا به دلیل اعمال ریکاوری مناسب (فاصله‌ی ۴۸ ساعتی بین جلسات)، فراخستگی غیرعملکردی افراد حاضر در پژوهش را تهدید نکرد.

نوسانات احساسات، بداخلاقی، کاهش انگیزه جهت تمرین و تحریک‌پذیری بیش‌از حد از نشانه‌های فراخستگی غیرعملکردی‌است. امروزه از پرسشنامه‌ها جهت سلامت روان و پایش دوره‌ی تمرینی نیز استفاده می-

کنند. دیوید و همکاران (۲۰۰۰) از پرسشنامه پومز جهت پایش دوره تمرین ۶ هفته‌ای دوچرخه‌سواران استفاده نمودند و دریافتند امتیاز کلی آزمون به نسبت قبل تمرین کاهش یافت گرچه این کاهش مشهود نبود اما از نظر بررسی تک به تک شاخص‌ها، شاخص خستگی افزایش و شاخص توان کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده بودند (۶۳). هرچه امتیاز کمتری از پومز بگیرید توانایی بالاتر و خستگی کمتری دارید. این پرسشنامه را با نام کوه یخ نیز می‌شناسند (۶۴، ۶۵). گوران و همکاران (۲۰۰۶) یک دوره‌ی تمرینی ورزش کایاک را پایش کردند و در نهایت با کمک شاخص انرژی این پرسشنامه (شاخص انرژی= شاخص توان _ شاخص خستگی) دریافتند با افزایش شدت تمرین امتیاز شاخص انرژی نیز کاهش یافت و ورزشکاران از نظر پومز به خستگی ذهنی رسیدند (۳۰). بررسی علائم سایکوفیزیولوژیایی آزمونی‌ها در پژوهش حاضر توسط پرسشنامه‌ی پومز نشان داد که شدت تمرین گروه تمرین استقامتی جسمانی به همراه تمرین استقامتی مغزی باعث افت در سلامت روانی افراد نشد (۶۶، ۶۷). انجام فعالیت مغزی استروپ پس از هشت هفته تمرین مغزی استقامتی تغییری را نشان نداد. برزگرپور و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند انجام یک جلسه تلاش ذهنی استروپ در حین فعالیت‌های دوچرخه ثابت نسبت به یک جلسه دوچرخه ثابت تنها شاخص‌های خستگی را از دقیقه ۳۰ به بعد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۲۶). انجام فعالیت مغزی، سبب افزایش فعالیت نورونی در نهایت کاهش سطح عملکرد جسمی را به همراه خواهد داشت (۶۸) (۶۰). در پژوهش حاضر، از شاخص زمان عکس‌العمل استروپ برای بررسی استفاده شد. یکی از مسیرهایی که در پاسخ به استرس تمرینی (تمرین جسمانی اسپینینگ) و فعالیت مغزی (تمرین مغزی استروپ) فعال می‌شود، مسیر مدولا–آدرنرژیک–سمپاتیک می‌باشد که با تغییر در رهاسازی کاتکولامین‌ها، در میزان ضربان قلب نیز تغییر ایجاد شده و افزایش می‌یابد (۶۹) که با توجه به عدم تغییر در ضربان قلب استراحتی می‌توان به درستی عدم تغییر نتایج استروپ طی پژوهش پی برد. پژوهش‌های اخیر با بررسی شاخص‌های مختلف و مدت زمان معلوم ۹۰ دقیقه استروپ نشان دادند که این روند باعث ایجاد خستگی ذهنی می‌شود پس بهتر است ما بگوییم نوع و شدت تمرین ما با میزان ریکاوری کافی تحت تاثیر این میزان خستگی ذهنی قرار نگرفت و افتی را در عملکرد نشان نداد (۵۲). به‌طور کل فعالیت جسمانی باعث ایجاد تغییر در محورهیپوفیز– هیپوتالاموس– آدرنال می‌شود که در نتیجه‌ی آن غلظت کورتیزول افزایش می‌یابد (۷۰) اما تحقیقات نشان داده فعالیت ورزشی استقامتی همزمان یا بدون انجام فعالیت استقامتی مغزی با شدت پایین یا متوسط نیازمند مدت زمانی بیش از ۶۰ دقیقه فعالیت مغزی جهت ایجاد خستگی ذهنی است و بالا بردن فاکتورهای استرسی بیوشیمیایی می‌باشد (۷۱). عواملی مانند شدت تمرین، تغییر درجه حرارت محیط، فشار روانی آمادگی ورزشکار ، غلظت کورتیزول را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین مدت زمان فعالیت (۶۰ دقیقه)، شدت تمرین (۶۰٪ تا ۸۰٪) و مدت استراحت (۴۸ ساعت) بین جلسات می‌تواند از دلایل عدم افزایش ماندگار سطح کورتیزول استراحتی در گروهی که همزمان فعالیت ذهنی را انجام می‌دادند باشد. آموزی و همکاران (۲۰۱۷) طی بررسی تلاش ذهنی همراه با فعالیت زیربیشینه روی ۹ دوچرخه‌سوار دریافتند غلظت کورتیزول درجلسه‌ی فعالیت استقامتی همراه با فعالیت مغزی به طرز معناداری بالاتر بود. نوزاکی و همکاران (۲۰۰۹) نیز میزان کورتیزول را در ۴۴ ورزشکار که فعالیت جسمانی و شناختی همزمان انجام می‌دادند بررسی کردند و نتیجه گرفتند علاوه بر افزایش شاخص خستگی ذهنی، غلظت کورتیزول نیز به نسبت حالت پایه افزایش معناداری داشت (۷۲). طبق تحقیقات صورت گرفته می‌توان گفت محور HPA ورزشکاران با این حجم و

شدت تمرین استقامتی و مغزی و همچنین مدت ریکاوری تحت تاثیر قرار نگرفته و غلظت کورتیزول افزایش ماندگاری نداشته که علت این موضوع را می‌توان اهمیت ریکاوری کافی طی دوره‌ی تمرین دانست.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد، هشت هفته تمرین استقامتی جسمانی همزمان با تمرین استقامتی مغزی تاثیر معنی‌داری در شاخص‌های فراخستگی غیرعملکردی نداشت. این یافته‌ها نشان می‌دهند که اگر چه انجام تلاش ذهنی و فعالیت جسمانی در هرجلسه نسبت به جلسه فعالیت جسمانی تنها فشار بیشتری را ایجاد کرده است (با توجه به شاخص درک تلاش در حین جلسات) اما فاصله استراحتی بین جلسات تمرین (۴۸ ساعت) به اندازه کافی بوده است و شاخص‌های فراخستگی بین دو گروه تغییر معناداری را نسبت به یکدیگر نشان ندادند. لذا مربیان و متخصان علوم ورزشی می‌توانند با استفاده از این شیوه تمرین به جای تمرینات‌سنتی عملکرد استقامتی افراد را بیشتر توسعه دهند. همچنین از این شیوه تمرینی می‌توان برای افزایش بار تمرین برای افراد آسیب‌دیده استفاده کرد در حالیکه فشار عضلانی و اسکلتی بیشتری به فرد وارد نمی‌شود، همچنین می‌توان اثر تلاش ذهنی را بر شاخص‌های دیگر مانند تصمیم‌گیری در شرایط خستگی برای رشته‌های ورزشی مانند کشتی و تکواندو بررسی کرد. استفاده از یک تکنیک یا ابزار آزمایشگاهی مانند FMRI برای اندازه‌گیری تغییرات مغزی نیز می‌تواند پاسخگوی دقیق سوالات باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شهید بهشتی است که بدینوسیله از کلیه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند (خانم سحر خلیلی و آقایان هادی پاسدار، سعید محمدی و حمید آموزی)، کمال تقدیر و تشکر را داریم.

منابع

1. Meeusen R, Duclos M, Gleeson M, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: ECSS position statement ‘task force’. European Journal of Sport Science. 2006;6(01):1-14.
2. Meeusen R, Watson P, Hasegawa H, Roelands B, Piacentini MF. Brain neurotransmitters in fatigue and overtraining. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2007;32(5):857-64.
3. Bigland Ritchie B, Woods J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine. 1984;7(9):691-9.
4. de Matos NFM. Overtraining and burnout in young English athletes: University of Exeter; 2011.
5. Machado de Matos NF. Overtraining and burnout in young English athletes. 2010.
6. Samuels C. Sleep, recovery, and performance: the new frontier in high-performance athletics. Neurologic clinics. 2008;26(1):169-80.
7. Voogd J. What we do not know about cerebellar systems neuroscience. Frontiers in systems neuroscience. 2014;8:227.
8. Meeusen R, Watson P, Hasegawa H, Roelands B, Piacentini MF. Central fatigue. Sports Medicine. 2006;36(10):881-909.
9. Halson SL, Jeukendrup AE. Does overtraining exist? Sports medicine. 2004;34(14):967-81.

10. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining. Sports medicine. 2002;32(2):95-102.
11. dos Santos Cunha G, Ribeiro J, de Oliveira A. Overtraining: theories, diagnosis and markers. Rev Bras Med. 2006;12:267-71.
12. Armstrong LE, Vanheest JL. The unknown mechanism of the overtraining syndrome. Sports medicine. 2002;32(3):185-209.
13. Secher NH, Seifert T, Van Lieshout JJ. Cerebral blood flow and metabolism during exercise: implications for fatigue. Journal of applied physiology. 2008;104(1):306-14.
14. McKenna MJ, Hargreaves M. Resolving fatigue mechanisms determining exercise performance: integrative physiology at its finest! : American Physiological Society; 2008.
15. Moya-Albiol L, Salvador A, Costa R, Martínez-Sanchis S, Gonzalez-Bono E, Ricarte J, et al. Psychophysiological responses to the Stroop Task after a maximal cycle ergometry in elite sportsmen and physically active subjects. International journal of psychophysiology. 2001;40(1):47-59.
16. Wan J-j, Qin Z, Wang P-y, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. Experimental & molecular medicine. 2017;49(10):e384.
17. Schwabe L, Schächinger H, de Kloet ER, Oitzl MS. Corticosteroids operate as a switch between memory systems. Journal of cognitive neuroscience. 2010;22(7):1362-72.
18. Porcelli AJ, Cruz D, Wenberg K, Patterson MD, Biswal BB, Rypma B. The effects of acute stress on human prefrontal working memory systems. Physiology & behavior. 2008;95(3):282-9.
19. Marriott HE, Lamb KL. The use of ratings of perceived exertion for regulating exercise levels in rowing ergometry. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1996;72(3):267-71.
20. Wagenmakers A, Coakley J, Edwards R. Metabolism of branched-chain amino acids and ammonia during exercise: clues from McArdle's disease. International journal of sports medicine. 1990;11(2):S101-13.
21. Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. Brain research reviews. 2008;59(1):125-39.
22. Marcora SM, Staiano W, Manning V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. Journal of applied physiology. 2009;106(3):857-64.
23. 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.
24. Marcora SM, Staiano W, Merlini M. A Randomized Controlled Trial of Brain Endurance Training (BET) to Reduce Fatigue During Endurance Exercise: 754 Board# 150 May 27, 330 PM-500 PM. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2015;47(5S):198.
25. Van Cutsem J, De Pauw K, Buyse L, Marcora SM, Meeusen R, Roelands B. Effects of mental fatigue on endurance performance in the heat. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2017;49(8):1677-87.
26. Barzegarpoor H, Amoozi H, Rajabi H, Button D, Fayazmilani R. The Effects of Performing Mental Exertion during Cycling Exercise on Fatigue Indices. International Journal of Sports Medicine. 2020.
27. Koutedakis Y, Sharp NC. Seasonal variations of injury and overtraining in elite athletes. Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. 1998;8(1):18-21.

28. Kuipers H, Verstappen F, Keizer H, Geurten P, Van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. International journal of sports medicine. 1985;6(04):197-201.
29. Mac Nair D, Lorr M, Droppleman L. Profile of mood States manual. San Diego: Educational and industrial testing service. 1971:27.
30. Kenttä G, Hassmén P, Raglin JS. Mood state monitoring of training and recovery in elite kayakers. European Journal of Sport Science. 2006;6(4):245-53.
31. Lane A, Thelwell R, Devonport T. Emotional intelligence and mood states associated with optimal performance. E-journal of Applied Psychology. 2009;5(1):67-73.
32. Baratzadeh M, Fathi R, Talebi E, Safarzadeh A. â Effect of ^Weeks Aerobic Training on Plasma Apolipoprotein M Levels in Normal and overweight Women. medical journal of mashhad university of medical sciences. 2014;57(7):852-8.
33. Sarhadi S, Ramezani A, Gholami M, Taheri H. The effect of an aerobic training cycle in the morning and evening on primary dysmenorrhea and some physiological variables in matured girls. The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility. 2015;18(162):11-20.
34. Weng TB, Pierce GL, Darling WG, Voss MW. Differential effects of acute exercise on distinct aspects of executive function. Medicine and science in sports and exercise. 2015;47(7):1460-9.
35. Barch DM, Braver TS, Nystrom LE, Forman SD, Noll DC, Cohen JD. Dissociating working memory from task difficulty in human prefrontal cortex. Neuropsychologia. 1997;35(10):1373-80.
36. 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.
37. 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.
38. Pageaux B, Marcora S, Lepers R. Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular function of the knee extensors. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2013.
39. Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. Sports Medicine. 2001;31(1):1-11.
40. Van Cutsem J, De Pauw K, Buyse L, Marcora SM, Meeusen R, Roelands B. Effects of mental fatigue on endurance performance in the heat. Medicine and science in sports and exercise. 2017.
41. Asadizaker M, Majdinasab N, Atapour M, Latifi S, Babadi M. Effect of exercise on walking speed, fatigue and quality of life in patients with multiple sclerosis. 2010.
42. Azarbayjani MA, Nikbakht H. The effect of continuous and intermittent training on resting level and acute response of salivary IgA and total protein in male basketball players. Journal of Shahrekord Uuniversity of Medical Sciences. 2010:12.
43. Hawley JA, Noakes TD. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1992;65(1):79-83.
44. Lehmann M, Foster C, Gastmann U, Keizer H, Steinacker JM. Definition, types, symptoms, findings, underlying mechanisms, and frequency of overtraining and overtraining syndrome. Overload, performance incompetence, and regeneration in sport: Springer; 1999.P.1-6.

45. Halson SL, Bridge MW, Meeusen R, Busschaert B, Gleeson M, Jones DA, et al. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. Journal of applied physiology. 2002;93(3):947-56.
46. Coutts AJ, Reaburn P, Piva TJ, Rowsell GJ. Monitoring for overreaching in rugby league players. European journal of applied physiology. 2007;99(3):313-24.
47. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring. Sports medicine. 2003;33(7):517-38.
48. Ryan A, Brown R, Frederick E, Falsetti H, Burke R. Overtraining of athletes: a round table. Phys Sportsmed. 1983;11(6):93-110.
49. Penna EM, Filho E, Wanner SP, Campos BT, Quinan GR, Mendes TT, et al. Mental fatigue impairs physical performance in young swimmers. Pediatric exercise science. 2018;30(2):208-15.
50. Hedlin G, Haglund B, Hjern A. 383 Ethnicity, childhood environmental and atopic disorder. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2000;105(1):S128.
51. Uusitalo A, Uusitalo A, Rusko H. Heart rate and blood pressure variability during heavy training and overtraining in the female athlete. International journal of sports medicine. 2000;21(01):45-53.
52. 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.
53. Dalsgaard MK. Fuelling cerebral activity in exercising man. Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism. 2006;26(6):731-50.
54. Gailliot MT. Unlocking the energy dynamics of executive functioning: Linking executive functioning to brain glycogen. Perspectives on Psychological Science. 2008;3(4):245-63.
55. Millet GY, Lepers R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. Sports medicine. 2004;34(2):105-16.
56. Abbiss CR, Laursen PB. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. Sports medicine. 2005;35(10):865-98.
57. Hallett M. Volitional control of movement: the physiology of free will. Clinical Neurophysiology. 2007;118(6):1179-92.
58. 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.
59. Paus T. Primate anterior cingulate cortex: where motor control, drive and cognition interface. Nature reviews neuroscience. 2001;2(6):417.
60. 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.
61. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med sci sports exerc. 1982;14(5):377-81.
62. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. Medicine & Science in sports & exercise. 2004;36(6):1042-7.
63. Martin DT, Andersen MB, Gates W. Using Profile of Mood States (POMS) to monitor high-intensity training in cyclists: group versus case studies. The Sport Psychologist. 2000;14(2):138-56.
64. Dishman RK. Psychological effects of exercise for disease resistance and health promotion. Exercise and disease. 1992;179-208.

65. Morgan W, editor Monitoring and prevention of the staleness syndrome. Proceedings from Second IOC World Congress on Sports Sciences, Barcelona; 1991.
66. Curran SL, Andrykowski MA, Studts JL. Short form of the profile of mood states (POMS-SF): psychometric information. Psychological assessment. 1995;7(1):80.
67. Maso F, Lac G, Filaire E, Michaux O, Robert A. Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. British journal of sports medicine. 2004;38(3):260-3.
68. 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.
69. De Vente W, Olff M, Van Amsterdam J, Kamphuis J, Emmelkamp P. Physiological differences between burnout patients and healthy controls: blood pressure, heart rate, and cortisol responses. Occupational and environmental medicine. 2003;60(suppl1):i54-i61.
70. Duclos M, Tabarin A. Exercise and the hypothalamo-pituitary-adrenal axis. Sports Endocrinology. 47: Karger Publishers; 2016.P.12-26.
71. Rojas Vega S, Hollmann W, Strüder H. Influences of exercise and training on the circulating concentration of prolactin in humans. Journal of neuroendocrinology. 2012;24(3):395-402.
72. Nozaki S, Tanaka M, Mizuno K, Ataka S, Mizuma H, Tahara T, et al. Mental and physical fatigue-related biochemical alterations. Nutrition. 2009;25(1):51-7.

Monitoring the Effects of Brain and Physical Endurance Training on Overreaching Indices in Active Individuals

Elmira Ahmadi[1], Hamid Rajabi[2], Hamidreza Barzegarpoor[1], Rana Fayazmilani[1*].

Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
Department of Exercise physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran

[*]**Corresponding author**: milani.sbu@hotmail.com

Abstract

Background and Purpose: The increasing process of overreaching in the development or decline of the athlete's performance acts as a moving that stops in the axis timely will improve the athlete's performance and achieve the goal. Therefore, the aim of the present study was investigated the effects of concurrent exercise physical and brain endurance on overreaching factors in active people.

Methodology: Subjects included 20 active male and female physical education students (Mean ±SD; age: 22.3 ± 4.4 years, height: 177.56 ± 6.12 cm, BMI: 22± 4.5 kg/m2). Participants were divided into two groups of concurrent endurance and brain training (BET) and endurance training (ET), according to the results of the maximum oxygen consumption test. Physical exercise training was performed on cycle ergometer and brain training using computer with monitor on front of subjects during cycling. To analyze the results of the tests, Mix ANOVA. Significance level ($P \leq 0.05$) was considered.

Results: The results showed that the maximum oxygen consumption after the training period, regardless of the type of activity, increased significantly ($P = 0.00$). Monitoring resting heart rate. POMS questionnaire indicators and resting cortisol levels did not show a significant increase indicating non-functional overreaching, respectively ($P \leq 0/51$). The rating of perceived exertion index was higher in the group that did physical endurance activity along with brain endurance training ($P= 0/5$).

Conclusion: These findings showed despite the increase stimulant to concurrent physical and brain endurance training did not cause non-functional overreaching and overtraining, but also based on the results of performance improvement, it can be said that the subject achieved functional overreaching and super compensation during the training period, which was able to experience progress.

Key words: Overreaching, Mental Fatigue, Training Monitoring, Improve Performance, Amount of Effort Perceived