

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۴
دوره ۷، شماره ۱، ص: ۱۰۹-۱۲۱
تاریخ دریافت: ۱۷/۰۵/۹۲
تاریخ پذیرش: ۰۹/۱۰/۹۱

اثرات چاقی و ترتیب انجام حرکات مقاومتی بر خستگی

داریوش شیخ الاسلامی وطنی*^۱ - رشاد صلواتی^۲

۱. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه کردستان، ۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه کردستان

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر فعالیت مقاومتی حاد با ترتیب حرکتی متفاوت بر شاخص‌های خستگی (سروتونین و آزمون درک فشار) در مردان غیر ورزشکار با وزن معمولی و چاق بود. ۲۶ دانشجوی پسر به صورت هدفمند انتخاب و در دو گروه چاق و با وزن طبیعی (۱۱ نفر چاق و ۱۵ نفر معمولی) قرار گرفتند. در جلسه اول، به صورت تصادفی نیمی از آزمودنی‌ها (از هر دو گروه چاق و معمولی) پروتکل مقاومتی الف (اجرای حرکات مقاومتی از عضلات بزرگ به کوچک) و بقیه آزمودنی‌ها پروتکل مقاومتی ب (اجرای حرکات مقاومتی از عضلات کوچک به بزرگ) را انجام دادند. جلسه دوم، سه روز بعد و با جابه‌جایی پروتکل تمرینی آزمودنی‌ها اجرا شد. در هر جلسه، آزمودنی‌ها سه ست فعالیت را برای نه حرکت با شدت ده تکرار بیشینه، تا حد واماندگی انجام دادند. در هر یک از جلسات، خون‌گیری قبل از فعالیت، بلافاصله و ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت انجام گرفت. نتایج با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که بلافاصله بعد از پروتکل ب، غلظت سروتونین سرم در هر دو گروه چاق و معمولی افزایش معنی‌دار یافت ($P < 0.05$) و پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری به سطوح اولیه بازگشت. اما، ترتیب حرکات مقاومتی بر تغییرات کورتیزول سرم تأثیری نداشت. علاوه بر این، در هر دو گروه میزان درک فشار در حین فعالیت مقاومتی ب بیشتر بود ($P > 0.05$)، اگرچه تفاوت معنی‌داری با شرایط الف دیده نشد. در کل، یافته‌ها نشان داد زمانی که ترتیب حرکات مقاومتی از عضلات کوچک به بزرگ است، خستگی بیشتری به همراه دارد، اما چاقی در این خصوص بی‌تأثیر است، هرچند چاقی، تغییرات کورتیزول خفیف‌تری به همراه داشت.

واژه‌های کلیدی

ترتیب حرکات، چاقی، خستگی، سروتونین، کورتیزول.

مقدمه

خستگی به صورت بی‌زاری و واماندگی از کار و قادر نبودن به ادامه آن است. این حالت، چه در زندگی روزمره و چه در فعالیت‌های بدنی، مسئله‌ای است که هر فردی ممکن است با آن مواجه شود. پیشگیری و به تأخیر انداختن خستگی، یکی از موارد تأثیرگذار در ورزش رقابتی به‌شمار می‌آید.

نظریه خستگی مرکزی به این مطلب اشاره می‌کند که افزایش غلظت سروتونین برون سلولی بر اثر فعالیت، باعث ایجاد خستگی می‌شود. هیدروکسی تریپتامین-۵^۱ که معمولاً با نام سروتونین شناخته می‌شود، نوعی منوآمین ناقل عصبی است که در نورون‌های سروتونرژیک سیستم عصبی سنتز می‌شود (۱۷). این ماده در محدوده فیزیولوژیک عملکردهای شناختی (حافظه، خلق‌وخو)، خواب و بیداری و تنظیم دمای بدن و اشتها (که خود عاملی بر چاقی افراد است) مؤثر است (۱۱). سنتز سروتونین در بدن انسان از اسیدآمینۀ ضروری تریپتوفان شروع می‌شود. سنتز 5-HT به دو متغیر اصلی بستگی دارد: غلظت تریپتوفان و فعالیت آنزیم تریپتوفان هیدروکسیلاز که تریپتوفان را به ۵- هیدروکسی تریپتوفان تبدیل می‌کند (۴). بنابراین، افزایش در میزان تریپتوفان باعث افزایش سروتونین می‌شود.

متغیری که می‌تواند غلظت تریپتوفان در حال گردش را کنترل کند، آنزیم پیرولاز تریپتوفان است. این آنزیم را گلوکوکورتیکوئیدها فعال می‌کند و فعال شدن آن میزان تریپتوفان در گردش را کاهش می‌دهد (۵).

سوارس^۲ و همکاران (۱۹۹۴) تحقیقی را با هدف مقایسه میزان سطح سرمی سروتونین در مردان جوان ورزشکار و غیرورزشکار طی یک جلسه فعالیت ورزشی (دویدن روی تردمیل) انجام دادند. در هر دو گروه، پس از فعالیت، مقدار سروتونین به صورت معنی‌داری افزایش یافت (۲۳). در مقابل، اوها^۳ و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر فعالیت ورزشی ماراتون را بر خستگی و میزان سروتونین بررسی کردند. خون‌گیری قبل از دویدن و در پایان مسابقه انجام شد و نتایج حاکی از تغییر نکردن سطوح سرمی سروتونین بود (۱۶). شریفی و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات سروتونین و پرولاکتین را در چهارده ورزشکار دوندۀ، قبل، بلافاصله و ۱۰ دقیقه بعد از فعالیت بررسی کردند و اظهار داشتند مقدار سروتونین، بلافاصله بعد و ۱۰ دقیقه پس از فعالیت، نسبت به قبل از آن افزایش معناداری دارد (۱).

-
- 1 . 5-hydroxytryptamine
 - 2 . Soares
 - 3 . Ohta

از طرف دیگر، برنامه تمرین مقاومتی شامل متغیرهایی است؛ مانند نوع انقباض عضلانی به کار گرفته شده، مقاومت استفاده شده، حجم تمرین، سرعت انقباض، فواصل استراحتی بین دورها و تعداد تکرارها (۱۳). در تجویز برنامه تمرینات مقاومتی می توان با دستکاری یک یا چند جزء از موارد فوق به اهداف تخصصی مورد نظر دست یافت. یکی از اجزای مهم برنامه تمرین مقاومتی، نوع یا ترتیب حرکات مقاومتی است که تجویز ترتیب حرکتی^۱ نامیده می شود. در دو دهه اخیر، تأثیر ترتیب فعالیت مقاومتی بر پارامترهای عملکردی بررسی شده است (۶،۹). بیشتر این پژوهش ها در مورد تأثیر ترتیب های گوناگون فعالیت مقاومتی حاد (۱۹،۲۱) یا طولانی مدت (۶) بر تعداد تکرارهای هر فعالیت متمرکز بوده اند. مونتریو^۲ و همکارانش (۲۰۰۵) تأثیر دو نوع ترتیب فعالیت مقاومتی (از عضلات بزرگ به کوچک و برعکس) را بر تعداد تکرارها در آزمودنی ها بررسی کردند و نشان دادند در هر پروتکل تمرینی، بدون توجه به گروه عضلات درگیر، همیشه آخرین فعالیت، کمترین تعداد تکرار را در پی داشته است (۱۵). در چند مطالعه دیگر نشان داده شد که بزرگی و کوچکی عضلات به کار گرفته شده در ابتدای برنامه تمرینی، تأثیری بر تعداد تکرارها ندارد و مستقل از نوع ارائه تمرین، زمانی که فعالیتی خاص دیرتر (در انتهای برنامه) انجام شود، تعداد تکرارها کمتر خواهد بود (۱۹-۲۱). دایاس^۳ (۲۰۱۰) پیشنهاد کرد چنانچه برنامه تمرینی از عضلات کوچک به بزرگ شروع شود، ممکن است پس از چند هفته، میزان افزایش بیشتری در 1RM مشاهده شود (۶). در مطالعه دیگری نیز اظهار شده که چنین پروتکلی ممکن است فواید فیزیولوژیک و روان شناختی بیشتری به همراه داشته باشد (۳).

با اینکه تأثیر شیوه اجرای فعالیت مقاومتی به میزان محدود در ارتباط با فعال سازی عضلات (۱۰) و میزان درک فشار بررسی شده است (۱۹،۲۰)؛ اما هیچ سندی در ارتباط با تأثیر ترتیب فعالیت مقاومتی بر خستگی و واکنش های هورمونی وجود ندارد. علاوه بر این، دیده شده است که چاقی، واکنش IGF-1 به فعالیت مقاومتی را تحت تأثیر قرار می دهد (۱۲). همچنین واکنش کاتکولامین ها به دنبال فعالیت مقاومتی در کودکان و نوجوانان چاق متفاوت گزارش شده است (۸). با این حال، اینکه آیا در افراد تمرین نکرده چاق در مقایسه با همسالان با وزن طبیعی، پس از ترتیب های متفاوت فعالیت مقاومتی، تغییری در میزان خستگی (با اندازه گیری سروتونین و شاخص درک فشار) و واکنش کورتیزول وجود دارد یا خیر، مشخص نیست. همچنین، باتوجه به اینکه گلوکوکورتیکوئیدها بر تغییرات سروتونین

-
- 1 . Exercise Order
 - 2 . Monteiro
 - 3 . Dias

تأثیرگذارند (۵)، در مطالعه حاضر غلظت کورتیزول به عنوان مکانیسم احتمالی تغییرات سروتونین مدنظر قرار گرفت. درکل، هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر توأمان ترتیب حرکات مقاومتی و نقش چاقی بر خستگی پس از فعالیت مقاومتی حاد بود.

روش‌شناسی

از میان دانشجویان پسر که واحد تربیت بدنی عمومی ۱ و ۲ را گذرانده بودند، ۲۶ نفر (۱۱ فرد چاق و ۱۵ فرد دارای وزن طبیعی) از میان افراد واجد شرایط و داوطلب شرکت در تحقیق به صورت تصادفی انتخاب شدند. برای اطمینان از مبتلا نبودن به بیماری و نداشتن سابقه مصرف مکمل ورزشی یا داروی خاص، از پرسشنامه سوابق پزشکی ورزشی استفاده شد: گروه چاق دارای $n=۱۱$ ، میانگین سن $۲۱/۹ \pm ۳$ سال، قد $۱۷۳/۸ \pm ۱۱$ سانتی‌متر، وزن $۹۲/۶ \pm ۱۰$ کیلوگرم و نمایه توده بدن $۳۰/۴ \pm ۲$ کیلوگرم بر مترمربع و گروه دارای وزن طبیعی $n=۱۵$ ، میانگین سن $۲۱/۷ \pm ۴$ سال، قد ۱۷۷ ± ۱۳ سانتی‌متر، وزن $۶۸/۲ \pm ۶$ کیلوگرم و نمایه توده بدن $۲۱/۸ \pm ۲$ کیلوگرم بر مترمربع. هیچ‌یک از افراد حداقل در شش ماه قبل، سابقه هیچ نوع برنامه تمرینی منظم ورزشی را نداشتند. در نهایت، پس از توضیح اهداف طرح، فرم رضایت‌نامه اخذ گردید. یک هفته قبل از اجرای پروتکل اصلی، همه آزمودنی‌ها با تکنیک صحیح اجرای حرکات با وزنه آشنا شدند. سپس 10RM آنها با استفاده از روش پیشنهادی انجمن ملی - حرفه‌ای قدرت^۱ تعیین شد (۲). ترتیب اندازه‌گیری ده تکرار بیشینه برای نه حرکت به ترتیب عبارت است از: پرس سینه، پرس پا، کشش دستگاه لت، جلوپا، سرشانه از جلو، پشت پا، جلوپا، ساق پا و پشت بازو با دستگاه.

گفتنی است برای به دست آوردن اعتبار اندازه‌گیری 10RM، ۴۰ درصد از آزمودنی‌های هر دو گروه به صورت تصادفی انتخاب و سه روز بعد مجدداً 10RM آنها اندازه‌گیری شدند. بعد از قرارگیری آزمودنی‌ها در گروه‌های مورد نظر، در طرحی مقطعی دو سوکور، هریک از گروه‌ها به فاصله یک هفته تحت دو نوع ترتیب گوناگون فعالیت مقاومتی قرار گرفتند:

پروتکل الف: فعالیت‌هایی که با ترکیبی از عضلات بالاتنه و پایین‌تنه از گروه عضلات درشت شروع و به سمت گروه عضلات کوچک پایان می‌یافت (پرس سینه، پرس پا، لت، جلوپا ماشین، پشت پا ماشین، سرشانه از جلو، جلوپا، با هالتر، ساق پا ماشین و پشت بازو ماشین).

پروتکل ب: فعالیت‌هایی که با ترکیبی از عضلات بالاتنه و پایین‌تنه از گروه عضلات کوچک شروع و به سمت گروه عضلات بزرگ خاتمه می‌یافت (عکس ترتیب حرکتی پروتکل الف).

در جلسه بعد (با یک هفته فاصله)، این برنامه به صورت متقاطع جابه‌جا شد. به این صورت که در هر دو گروه، آزمودنی‌هایی که در جلسه قبل پروتکل الف را اجرا کرده بودند، این بار پروتکل ب را انجام دادند و برعکس. حرکات در سه ست با مقدار بار ده تکرار بیشینه (10RM) تا حد خستگی انجام می‌شد. سعی شد با ایجاد رقابت بین آزمودنی‌ها و تشویق کلامی، افراد را وادار به حداکثر تلاش کرد. استراحت بین تکرارهای هر ست یک دقیقه و فاصله بین حرکات دو دقیقه در نظر گرفته شد. بر اساس منابع موجود، چنین پروتکلی بیشتر با هدف توسعه هیپرتروفی انجام می‌گیرد (۱۳).

محدودیتی در مدت و سرعت اجرای هر حرکت وجود نداشت. زمان اجرای هر یک از پروتکل‌های تمرینی حدوداً یک ساعت بود و تفاوت معنی‌داری بین مدت و حجم برنامه تمرینی (با استفاده از فرمول $VL = \text{reps} \times \text{mass lifted}$) (۲۵)، بین پروتکل الف و ب وجود نداشت. حین اجرای حرکات، هیچ وقفه‌ای بین فاز انقباض درون‌گرا و برون‌گرا وجود نداشت. همچنین در حین فعالیت مقاومتی، آزمودنی‌ها به غیر از نوشیدن آب، مجاز به مصرف هیچ نوع خوراکی و نوشیدنی دیگری نبودند. البته در نیم ساعت مانده به اتمام هر جلسه، از افراد خواسته شد که آب هم ننوشند.

قبل از شروع هر جلسه، تمامی آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه به گرم‌کردن عمومی و اختصاصی پرداختند. گرم‌کردن عمومی بیشتر شامل حرکات کششی بود؛ درحالی‌که در گرم‌کردن تخصصی از آزمودنی‌ها خواسته شد که با توجه به پروتکل خود، اولین فعالیت هر پروتکل خاصی را در دو ست با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه و به میزان ده تا پانزده تکرار انجام دهند. همچنین، با وجودی که کنترل دقیق تغذیه و فعالیت بدنی روزانه آزمودنی‌ها ممکن نبود، اما دو روز قبل از شروع اولین جلسه فعالیت، از آنها خواسته شد که رژیم غذایی روزانه و فعالیت‌های روزمره خود را ثبت کنند.

قبل از شروع جلسه دوم آزمون، برگه‌های ثبت تغذیه و فعالیت بدنی مربوط به جلسه اول به آزمودنی‌ها برگردانده و از آنها خواسته شد که از ۴۸ ساعت مانده به شروع جلسه دوم، حتی‌الامکان تغذیه و فعالیت بدنی مشابه با جلسه اول داشته باشند.

در هر جلسه، نمونه‌های خون، قبل از فعالیت، بلافاصله بعد و سی دقیقه بعد از آن، هر بار به میزان هشت سی‌سی از سیاه‌رگ قدامی آرنج آزمودنی‌ها گرفته شد. یک‌ونیم ساعت قبل از اولین خون‌گیری، به‌منظور کاهش اثرات گرسنگی بر متغیرهای تحقیق و جلوگیری از افت احتمالی فشار خون (چون

آزمودنی‌ها تمرین نکرده بودند)، به تمامی افراد صبحانه سبک (کیک و آبمیوه کم‌قند حدود سیصد کیلوکالری) داده شد. اولین نمونه خونی در ساعت ۹ صبح و قبل از شروع فعالیت گرفته شد. بلافاصله پس از فعالیت و بین ساعت ۱۰ تا ۱۰:۳۰، دومین نمونه خون گرفته شد. در نهایت، سومین نوبت خون‌گیری ۳۰ دقیقه پس از اتمام فعالیت انجام شد؛ یعنی زمانی که آزمودنی‌ها دارای استراحت غیرفعال بودند. در فاصله زمانی بین خون‌گیری دوم و سوم، هیچ نوشیدنی یا ماده دیگری مصرف نشد. درجه حرارت محیط در هر دو جلسه تمرین بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و زمان اجرای فعالیت‌ها در هر دو جلسه مشابه بود.

اندازه‌گیری متغیرها

به‌منظور اندازه‌گیری سرمی هورمون کورتیزول از کیت شرکت DiaMetra ایتالیا و از روش ایزا (Immunoenzymatic Colorimetric) استفاده شد. میزان حساسیت برای کورتیزول $1/5 \text{ ng/ml}$ ، در محدوده اطمینان ۹۵ درصد بود. درمورد کورتیزول تغییرات درون‌آزمونی و بین‌آزمونی، به ترتیب $8\% \leq$ و $15\% \leq$ تعیین شد. برای اندازه‌گیری سروتونین از کیت شرکت ال دی ان^۱ آلمان استفاده شد. میزان حساسیت برای سروتونین 3 ng/ml ، در محدوده اطمینان ۹۵ درصد بود. به‌منظور نشان‌دادن غلظت‌های سرمی این متغیر، از روش ایزا توسط دستگاه ایزا ریدر Stat Fax 3200 و دستگاه واشر Stat Fax 2600 شرکت Awareness استفاده شد. همچنین، برای اندازه‌گیری RPE، در انتهای ست سوم هر فعالیت، میزان درک فشار در هر یک از پروتکل‌ها به کمک مقیاس ده‌گانه بورگ توسط آزمون‌کننده ثبت می‌شد. برای این منظور، بیشتر خستگی موضعی مدنظر قرار گرفت.

روش‌های آماری

از آزمون Two way repeated measure به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی استفاده شد. چنانچه تغییرات درون‌گروهی معنی‌دار بود، از آزمون تعقیبی بونفرونی و در صورت معنی‌داری تغییرات بین‌گروهی از آزمون t مستقل استفاده شد. قبلاً از آزمون K-S برای اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری $0/05$ در نظر گرفته شد و برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS19 استفاده گردید.

1 . Labor Diagnostika Nord

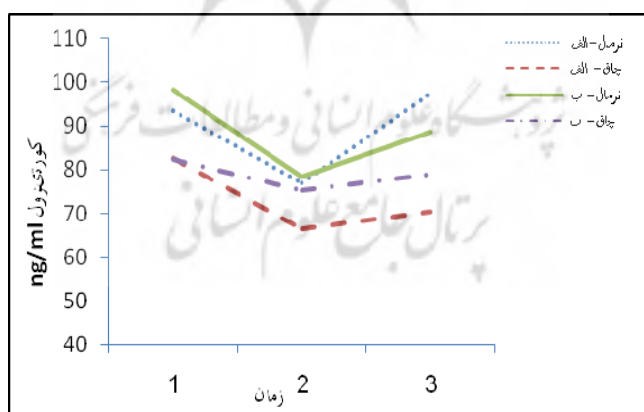
یافته‌ها

در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود که میزان درک فشار (RPE) در هر دو گروه چاق و نرمال، به دنبال پروتکل ب (از عضلات کوچک به بزرگ) در مقایسه با پروتکل الف بیشتر بود ($p > 0.05$)، اگرچه اختلاف معنی‌دار درون‌گروهی و بین‌گروهی دیده نشد.



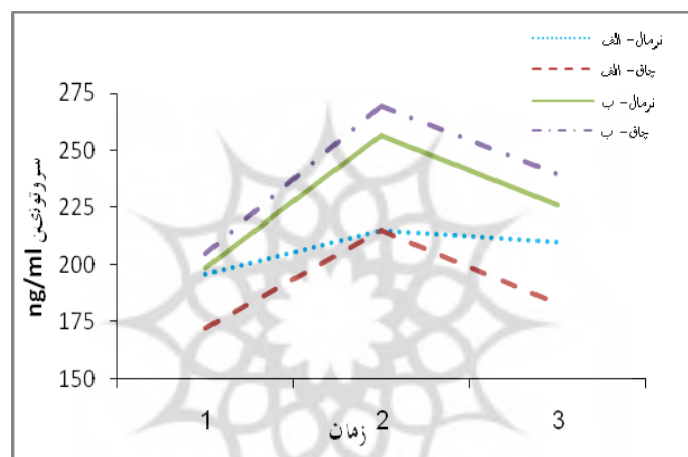
نمودار ۱. آزمون درک فشار

همچنین، نتایج نشان داد که در افراد با وزن طبیعی، میزان کورتیزول سرم بلافاصله پس از فعالیت در هر دو پروتکل الف و ب به میزان معنی‌داری کاهش یافت (نمودار ۲)، اگرچه پاسخ در شرایط الف شدیدتر بود و میزان کاهش کورتیزول به حدود ۲۲ درصد رسید (در مقایسه با کاهش ۱۲ درصدی پروتکل ب). این مقادیر کاهش یافته پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری به شرایط استراحتی بازگشتند (نمودار ۲).



نمودار ۲. تغییرات سرمی کورتیزول: ۱. قبل از فعالیت؛ ۲. بلافاصله بعد از فعالیت؛ ۳. ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت

در گروه چاق، الگوی تغییرات مشابه افراد نرمال بود، اما تغییرات معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). در هر حال، در هیچ‌یک از پروتکل‌ها (الف و ب) و شرایط اندازه‌گیری (قبل، پس و ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت) اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها (دارای وزن طبیعی و چاق) وجود نداشت ($p > 0/05$). علاوه بر این، در هر دو گروه چاق و دارای وزن طبیعی، میزان سروتونین سرم، بلافاصله بعد از پروتکل الف افزایش غیرمعنی‌دار داشت ($p > 0/05$)، در حالی که به دنبال پروتکل ب، به صورتی معنی‌دار ($p < 0/05$) افزایش پیدا کرده است. سپس، ۳۰ دقیقه پس از فعالیت در هر دو شیوه ارائه (و در هر دو گروه) میزان سروتونین کاهش یافت ($p > 0/05$). در مورد سروتونین نیز تغییرات بین گروهی دیده نشد (نمودار ۳).



نمودار ۳. تغییرات سرمی سروتونین: ۱. قبل از فعالیت؛ ۲. بلافاصله بعد از فعالیت؛ ۳. ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت

نتیجه‌گیری

تا جایی که محقق می‌داند، تحقیقی در مورد تغییرات غلظت سروتونین در طی تمرینات مقاومتی صورت نگرفته است و بیشتر پژوهش‌ها به تمرینات هوازی و طولانی‌مدت برمی‌گردد. نتایج این تحقیقات بیشتر افزایش معنی‌دار سروتونین بعد از تمرین را نشان می‌دهند (۷، ۲۳، ۲۴). اولین بار، دیلوسکی^۱ (۱۹۸۹) به بررسی تغییرات خونی سروتونین پرداخت. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که تمرینات هوازی با شدت‌های گوناگون باعث افزایش سروتونین پس از فعالیت شده است (۷). سوارس و همکاران (۱۹۹۴)

نیز سطح سروتونین سرم را در مردان جوان ورزشکار و غیرورزشکار اندازه‌گیری کردند. فعالیت شامل دویدن روی تردمیل بود. نتایج آنها افزایش مقدار سروتونین را پس از فعالیت نشان داد (۲۳). در مطالعه دیگری، شریفی و همکاران اظهار داشتند که فعالیت ورزشی حاد تا حد خستگی باعث افزایش معنی‌دار سروتونین می‌شود (۱).

یافته‌های حاضر همسو با تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که به‌دنبال فعالیت مقاومتی حاد مانند فعالیت‌های هوازی هم افزایش سروتونین دیده می‌شود؛ اما این افزایش تنها پس از پروتکل مقاومتی ب معنی‌دار بود. به‌عبارت دیگر، پس از پروتکل مقاومتی نوع ب، در هر دو گروه چاق و لاغر افزایش معنی‌داری در مقادیر سروتونین دیده شد. همچنین، در پروتکل مقاومتی ب، میزان فشار بیشتری نسبت به پروتکل مقاومتی الف ملاحظه شد (به کمک آزمون درک فشار)، اگرچه تغییرات به لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

این یافته‌ها نشان می‌دهند استفاده از عضلات کوچک‌تر در ابتدای برنامه‌ی تمرینی باعث خستگی بیشتری شده است. این احتمال وجود دارد که افزایش بیشتر سروتونین در پروتکل ب، بیانگر از افزایش مصرف بیشتر اسیدآمینه‌ی شاخه‌دار و افزایش اسیدچرب آزاد در جریان خون باشد که افزایش سروتونین را در پی دارد (۵). نتایج تحقیقات فوروزو^۱ و همکاران (۱۹۹۶) با توجه به ترتیب‌های گوناگون فعالیت مقاومتی (از عضلات بزرگ به کوچک و برعکس)، حاکی از آن بود که شروع فعالیت با عضلات کوچک‌تر باعث کاهش ۲۵ درصدی عملکرد حرکت پرس سینه و کاهش ۷۵ درصدی حرکت اسکات می‌شود. به‌عبارت دیگر، شروع برنامه‌ی مقاومتی با استفاده از گروه عضلات کوچک‌تر به افت عملکرد منجر خواهد شد (۱۸). نتایج پژوهش اخیر با یافته‌های حاضر، مبنی بر عملکرد بهتر در نتیجه‌ی استفاده از عضلات بزرگ‌تر در ابتدای برنامه‌ی تمرینی همسو است؛ درحالی‌که در پژوهش بلیزا^۲ و همکاران (۲۰۰۹) بعد از پروتکل تمرینی کوچک به بزرگ همراه با تناوب بالاتنه و پایین‌تنه، پاسخ‌های احساسی و روانی بهتری گزارش شده است (۳). البته، باید به این نکته دقت کرد که در مطالعه‌ی فوروزو (همسو با تحقیق حاضر) به تغییرات عملکردی توجه شده، درحالی‌که در پژوهش بلیزا، تغییرات روان‌شناختی بررسی شده است و احتمالاً تضاد موجود ناشی از همین موضوع است. به‌نظر می‌رسد شروع برنامه‌ی فعالیت مقاومتی از عضلات بزرگ و چندمفصله در مقایسه با عضلات کوچک و تک‌مفصله، خستگی کمتری در پی داشته و

1 . Sforzo

2 . Bellezza

به لحاظ به تأخیر انداختن خستگی، مناسب‌تر باشد. از طرف دیگر، دیده شده است که افزایش میزان تریپتوفان باعث افزایش سروتونین می‌شود. با توجه به اینکه آنزیم پیرولاز تریپتوفان اصلی‌ترین عاملی است که می‌تواند غلظت تریپتوفان آزاد یا متصل در حال گردش را کنترل کند و این آنزیم خود توسط گلوکوکورتیکوئیدها فعال می‌شود (۵)، در این تحقیق یکی از مکانیسم‌های (سازوکارهای) هورمونی احتمالی تأثیرگذار در خصوص تغییرات سروتونین، یعنی کورتیزول، مدنظر قرار گرفت.

نیز باتوجه به اینکه الگوی تغییرات سروتونین و کورتیزول تقریباً مشابه (معکوس) بود (نمودارهای ۳ و ۲)، شاید بتوان یکی از دلایل افزایش سروتونین را تغییرات کورتیزول در نظر گرفت؛ هرچند که میزان کاهش کورتیزول ناشی از فعالیت مقاومتی در گروه چاق کمتر بود.

در این مطالعه، علاوه بر بررسی ترتیب انجام حرکات مقاومتی، به تأثیر چاقی در انجام فعالیت‌ها نیز توجه شد. دیده شده است یکی از عوامل مؤثر در میزان چاقی افراد، تغییرات مقدار سروتونین است. به عبارت دیگر، چاقی باعث کاهش مقادیر آزاد سروتونین می‌گردد (۲۶). بر اساس یافته‌ها، افراد چاق در شرایط استراحتی مقادیر سروتونین کمتر و در پاسخ به فعالیت حاد مقاومتی، واکنش یکسانی دارند. در واقع، در هر دو گروه چاق و نرمال، بلافاصله پس از فعالیت، مقادیر سروتونین افزایش یافته و مجدداً به دنبال ۳۰ دقیقه ریکاوری، به شرایط استراحتی باز می‌گردد.

در خصوص کورتیزول، نتایج این تحقیق نشان داد که افراد نرمال بلافاصله پس از هر دو شیوه اجرای فعالیت مقاومتی، با کاهش محسوس و معنی‌دار کورتیزول همراه بودند؛ در حالی که میزان کاهش کورتیزول ناشی از فعالیت مقاومتی در افراد چاق ناچیز بود. به بیانی دیگر، صرف‌نظر از ترتیب فعالیت مقاومتی، چاقی بر پاسخ این هورمون استرسی-کاتابولیکی تأثیر گذاشته است.

سمیلوس^۱ و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی نشان دادند که مقادیر کورتیزول پس از پروتکل‌های مقاومتی متفاوت (حداکثر قدرت، استقامت قدرتی و هایپرتروفی)، کاهش معنی‌داری در مقایسه با شرایط قبل از فعالیت دارد (۲۲) که با یافته‌های مربوط به گروه دارای وزن طبیعی در تحقیق حاضر همسو است. در مطالعه دیگری مشاهده شد که ده هفته تمرین مقاومتی، در هر دو گروه جوان و مسن، افزایش تستوسترون و کاهش کورتیزول بلافاصله پس از فعالیت دیده شد (۱۴). این یافته‌ها کاملاً با نتایج مطالعه حاضر همسو است. دلیل تغییرات کمتر کورتیزول در افراد چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی به دنبال هر دو پروتکل الف و ب نامعلوم است. احتمالاً واکنش شدیدتر تستوسترون در گروه

با وزن طبیعی، یکی از دلایل سرکوب ترشح کورتیزول است که البته این موضوع در مطالعه ما کنترل نشده است. باتوجه به نبود مطالعه مشابه، نتیجه‌گیری قطعی در این زمینه به تحقیقات آتی وابسته است. در هر حال، مشاهده شده است که چاقی، واکنش IGF-1 به فعالیت مقاومتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و پاسخ این هورمون آنابولیکی در افراد چاق، خفیف‌تر از همتایان دارای وزن طبیعی آنهاست (۱۲). علاوه بر این، گزارش شده است که واکنش کاتکولامین‌ها به دنبال فعالیت مقاومتی در کودکان و نوجوانان چاق متفاوت است (۸). برآیند مطالعات مربوط به هورمون‌های آنابولیک و استرسی، با یافته‌های حاضر در مورد کورتیزول همسو و حاکی از آن است که چاقی به دلایلی که هنوز کاملاً مشخص نیست، پاسخ‌های هورمونی به فعالیت‌های مقاومتی را متأثر می‌سازد.

در کل، نتایج این مطالعه نشان داد که بزرگی یا کوچکی عضلات مورد استفاده در ابتدای برنامه فعالیت مقاومتی، می‌تواند بر میزان خستگی تأثیر بگذارد و چنانچه در شروع برنامه‌های تمرینی از عضلات بزرگ و چندمفصله استفاده شود، خستگی کمتری به همراه خواهد داشت و از این نظر تفاوتی بین افراد چاق و دارای وزن طبیعی وجود ندارد. اما، چاقی ممکن است واکنش خفیف‌تری در هورمون کورتیزول بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی حاد داشته باشد. البته پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری، تغییرات هورمونی (سروتونین و کورتیزول) ناشی از فعالیت مقاومتی به شرایط استراحتی برگشت و این الگو در افراد چاق مشابه افراد دارای وزن طبیعی بود.

منابع و مأخذ

۱. شریفی، غلامرضا. بابایی مزرعه نو، علیرضا. برخورداری و همکاران (۱۳۹۱). تأثیر یک جلسه تمرین تا سر حد خستگی بر سطح سروتونین و پرولکتین سرم دوندگان مرد. فصلنامه علمی تخصصی طب کار. ۴ (۱): ۵۳-۵۸.
2. Baechle TR, Earle RW (2008). Essentials of Strength Training and Conditioning. Human Kinetics.
3. Bellezza PA, Hall EE, Miller PC, et al (2009). The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. J Strength Cond Res. 23(1): 203-208.
4. Carlsson A, Lindqvist M (1972). The effect of L-tryptophan and psychotropic drugs on the formation of 5-hydroxytryptophan in the mouse brain in vivo. J Neural Transm. 34: 23-43.

5. Chaouloff F (1993). Physiopharmacological interactions between stress hormones and central serotonergic systems. *Brain Res Rev.* 18: 1-32.
6. Dias I, De Salles BF, Novaes J, et al (2010). Influence of exercise order on maximum strength in untrained young men. *J Sci Med Sport.* 13(1): 65-69.
7. Dylewski T (1989). Effects of physical exercise on serotonin concentration in blood of different physical capacity. *Biology of sport.* 6(2): 121-127 Access: books.google.com/books?id=Z6co09axBsgC
8. Eliakim A, Nemet D, Zaldivar F, et al (2006). Reduced exercise-associated response of the GH-IGF-I axis and catecholamine in obese children and adolescents. *J Appl Physiol.* 100(5): 1630-1637.
9. Farinatti, PTV, Simão R, Monteiro WD, et al (2009). Influence of exercise order on oxygen uptake during strength training in young women. *J Strength Cond Res.* 23(3): 1037-1044.
10. Gentil P, Oliveira E, De Araújo Rocha Júnior V, et al (2007) Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance. *J Strength Cond Res.* 21(4): 1082-1086.
11. Jacobs BL, Azmitia EC (1992). Structure and function of the brain serotonin system. *Physiol Rev.* 72: 165–229.
12. Kanaley JA, Weatherup-Dentes MM, Jaynes EB, et al (1999). Obesity attenuates the growth hormone response to exercise. *J Clin Endocrinol Metab.* 84(9): 3156-3161.
13. Kraemer WJ, Ratamess NA (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 36(4): 674-688.
14. Kraemer WJ, Häkkinen K, Newton RU, et al (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol.* 87(3): 982-92.
15. Monteiro W, Simao R, Farintti P (2005). Manipulation of exercise order and its influence on the number of repetitions and effort subjective perception in trained women. *Rev Bras Med Esporte.* 11(2): 146-150.
16. Ohta M, Hirai N, Ono Y, et al (2005). Clinical biochemical evaluation of central fatigue with 24- hour continuous exercise. *Rinsho Byori. Sep,* 53(9): 802-9.

17. Rapport M, Green AA, Page IH (1948). Isolation and characterization. *J Biol Chem.* 176: 1243–1251.
18. Sforzo GA, Touey PR (1996). Manipulating exercise order affects Muscular performance during a resistance exercise training session. *J Strength Cond Res.* 10(1): 20-24.
19. Simao R, Farinatti P, Polito MD, et al (2005). Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 19(1): 152-156.
20. Simao R, Farinatti P, Polito MD, et al (2007). Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women. *J Strength Cond Res.* 21(1): 23-28.
21. Simão R, Spinetti J, Salles BFD, et al (2010). Influence of exercise order on maximum strength and muscle thickness in untrained men. *J Sports Sci Med.* 9, 1-7.
22. Smilios I, Piliandis T, Karamouzis M, et al (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 35(4):644-654.
23. Soares J, Naffah-Mazzacoratti MG, Cavalheiro E (1994). Increased serotonin levels in physically trained men. *Braz j med. Jul.* 27(7): 1635-1638.
24. Steinberg LL, Sposito MM, Lauro FA, et al (1998). Serum level of serotonin during rest and during exercise in paraplegic patients. *Spinal cord.* 36(1): 18-20.
25. Stone MH, Plisk SS, Stone ME, et al (1998) Athletic performance development volume load- 1 set vs. multiple sets, training velocity and training variation. *J Strength Cond Res.* 20(6): 22-31.
26. Wurtman RJ, Wurtman JJ (1995). Brain Serotonin, carbohydrate-craving, obesity and depression. *Obesity Research.* 3(4): 477-480.