علوم زیستی ورزشی - تابستان ۱۳۹۶
دورهٔ۹، شمارهٔ ۲، ص: ۱۹۴ – ۱۸۳
تاریخ دریافت : ۲۵ /۰۶/ ۹۳
تاریخ پذیرش : ۰۳ / ۰۵/ ۹۴

تأثیر مصرف مکمل منیزیم سولفات بر شاخص‌های الکترومیوگرافی آستانهٔ خستگی، لاکتات و TTE در پی فعالیت هوازی حاد دویدن روی نوارگردان تا حد واماندگی در مردان دانشگاهی غیرفعال

نورمحمد دلاوری بنی‌تاک[۱] - ضیاء فلاح محمدی[*۲] - رزیتا فتحی[۲] - مهران نقی‌زاده قمی[۳] - وحید طالبی[۴]

۱. کارشناس‌ارشد، فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی و بیومکانیک ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران ۲. دانشیار، فیزیولوژی ورزشی گروه فیزیولوژی و بیومکانیک ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران ۳. استادیار، گروه آمار دانشکدهٔ علوم ریاضی، دانشگاه مازندران ۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی و بیومکانیک ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه مازندران

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر مکمل‌گیری منیزیم سولفات بر شاخص‌های الکترومیوگرافی آستانهٔ خستگی (EMG_{FT})، لاکتات و زمان رسیدن به واماندگی (TTE) در پی یک جلسه فعالیت هوازی دویدن روی نوار گردان تا حد واماندگی در مردان دانشگاهی غیرفعال بود. به این منظور ۱۶ دانشجوی پسر غیرفعال (با میانگین سنی ۱/۱۸ ± ۲۵/۲۵ سال، قد ۴/۷۵ ± ۱۷۶/۱۸ سانتی‌متر، وزن ۲۵/۶۵ ± ۷۹/۵۱ کیلوگرم) به‌طور تصادفی به دو گروه مکمل (۸ نفر) و دارونما (۸ نفر) تقسیم شدند. خون‌گیری در چهار مرحله، قبل و بلافاصله بعد از آزمایش بروس در پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از آزمون اندازه‌گیری مکرر، آنالیز کوواریانس، آزمون t همبسته و مستقل در سطح معناداری P= ۰/۰۵ تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان داد، بعد از دورهٔ مکمل‌گیری TTE گروه مصرف‌کنندهٔ منیزیم سولفات با افزایش همراه بود (۵/۴۴ درصد)، (P< ۰/۰۵)، همچنین مکمل منیزیم سولفات بروز EMG_{FT} را ۱۴۰درصدافزایش داد (P< ۰/۰۵). اما تغییرات لاکتات در دو گروه معنادار نبود (P> ۰/۰۵). نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که مصرف مکمل منیزیم سولفات موجب کاهش شیب فعالیت EMG_{FT} عضله در پی یک جلسه فعالیت دویدن وامانده‌ساز روی نوارگردان می شود.

واژه‌های کلیدی

الکترومیوگرافی آستانهٔ خستگی، زمان رسیدن به واماندگی، فعالیت هوازی، منیزیم سولفات.

---

[*] نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۹۸۹۱۱۱۱۲۷۶۳۳+

Email: zia-falm@umz.ac.ir

مقدمه

خستگی عضلانی طی فعالیت‌های ورزشی پدیدهٔ معمولی است که سبب اختلال در عملکرد حرکتی می‌شود (۲). محققان نشان داده‌اند که دو نوع خستگی وجود دارد: ۱. خستگی مرکزی؛ ۲. خستگی محیطی. خستگی مرکزی، مربوط به سیستم عصبی مرکزی و اتصالاتی از مغز به اعصاب محیطی است که در انقباض عضله دخالت دارند. خستگی محیطی مربوط به توانایی عضله برای انجام دادن کار فیزیکی است. وقتی خستگی رخ می‌دهد عملکرد طبیعی اعصاب و عضلات که در حال انقباض‌اند، مختل می‌شود؛ به این معنا که توانایی عضلات برای اعمال نیرو در حال کاهش است که علت، ناتوانی بدن برای پاسخگویی به افزایش تقاضای انرژی در عضلات است. خستگی محیطی رایج‌ترین مورد از خستگی جسمی است (۱۰). به‌طور کلی، خستگی عضلانی موضعی بعد از یک فعالیت عضلانی به‌نسبت قوی و طولانی‌مدت رخ می‌دهد. استفاده از الکترومیوگرافی سطحی به‌عنوان یک ابزار اندازه‌گیری غیرتهاجمی معتبر برای بررسی خستگی عصبی و عضلانی پذیرفته شده است. در مطالعه‌ای از الکترومیوگرافی سطحی برای توصیف خستگی ناشی از افزایش آمپلیتود EMG و همچنین برای شناسایی برون‌ده توان در ارتباط با بروز خستگی عضلانی در طی کار با دوچرخهٔ ارگومتر استفاده شد (۱۳). برخی از مطالعات EMG_{FT}[1] (ثبت الکترومیوگرافی در آستانهٔ خستگی) را به‌عنوان بیشترین شدت پایدار بر روی چرخ کارسنج بدون نشانه‌ای از خستگی عصبی و عضلانی تعیین کرده‌اند (۱۹). علاوه‌بر این، تحقیقات پیوند فیزیولوژیکی قوی بین تغییرات میوالکتریکی در خستگی و آستانهٔ بی‌هوازی را نشان داده‌اند (۲۰). همچنین روش EMG_{FT} به‌عنوان یک روش معتبر و قابل اعتماد برای بررسی انتقال از متابولیسم هوازی به بی‌هوازی در طی ورزش گزارش شده است (۱۳). تحقیقات نشان دادند که سرعت سوخت‌وساز بدن در دوچرخه‌سواران تمرین‌کرده ممکن است تا ۲۱ برابر بالاتر از سطح استراحت افزایش یابد که اغلب به انرژی تأمین‌شده از طریق منابع هوازی و بی‌هوازی برای عضلات در حال انقباض پا تعلق دارد. برآوردهای متابولیکی به‌دست‌آمده از طریق پارامترهای تبادل گاز، دارای محدودیت است که این محدودیت به‌دلیل سرعت تنفس و تأخیر زمانی در زمینهٔ این انقباضات است. در مقابل، الکترومیوگرافی سطحی (SEMG[2]) حاوی اطلاعات آنی از انقباض عضله با دقت زمانی بیشتر است. محققان نشان دادند کاهش PH عضلانی ناشی از ورزش، به‌علت افزایش یون‌های هیدروژن، ممکن است در روند جفت شدن

1. electromyographic fatigue threshold
2. surface electromyogram

تحریک-انقباض تداخل ایجاد کند که خود ممکن است سبب کاهش برون‌ده توان و خستگی شود. بنابراین، برای اینکه برون‌ده توان حفظ شود باید واحدهای حرکتی بیشتری به‌کار گرفته شود یا میزان شلیک واحدهای حرکتی حاضر افزایش یابد. در هر صورت، افزایش آمپلیتود EMG با برون‌ده توان به‌دلیل افزایش فعالیت عضلانی صورت می‌گیرد (۲۵).

تحقیقات نشان می‌دهند که مکمل‌های زیادی برای افزایش زمان رسیدن به خستگی وجود دارد. برای مثال، محققان نشان دادند که کراتین خستگی عصبی و عضلانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین نشان دادند که افزایش۲۰ درصدی کراتین عضله پس از مصرف ۲۰ گرم در روز (چهار مرحله ۵ گرمی) برای ۵ روز با افزایش ۳۰ درصد فسفوکراتین همراه است (۱۴). همچنین در تحقیقی دربارهٔ تأثیر مکمل بتاآلانین بر خستگی عصبی عضلانی و آستانهٔ تهویه‌ای در زنان، مشخص شد که مکمل بتاآلانین بر VO_{2max} تأثیری ندارد، اما شروع خستگی عصبی عضلانی را به تأخیر می‌اندازد. در نتیجه، مصرف مکمل بتاآلانین سبب بهبود عملکرد زیربیشینهٔ دوچرخهٔ ارگومتر و زمان رسیدن به واماندگی در زنان جوان می‌شود، که این ممکن است به‌دلیل افزایش ظرفیت تامپونی در پی افزایش غلظت کارنوزین عضله باشد (۲۶). مطالعات نشان داده‌اند منیزیم در فرایندهای متعدد عملکردی عضله از جمله اکسیژن، تولید انرژی (سنتز ATP[1]، PCR[2]) و تعادل الکتریکی (سدیم، پتاسیم و کلسیم) تأثیر دارد. شواهدی وجود دارد که کمبود منیزیم بدن موجب اختلال در عملکرد ورزشی و تقویت پیامدهای منفی فعالیت‌های شدید جسمی (برای مثال، استرس اکسیداتیو) می‌شود. به این ترتیب، ارتباط بین منیزیم و ورزش توجهات پژوهشی چشمگیری را به خود جذب کرده است (۲۲).

با توجه به نبود مطالعات کافی در زمینهٔ تأثیر فعالیت هوازی حاد درمانده‌ساز روی نوارگردان با و بدون مصرف مکمل منیزیم سولفات بر شاخص‌های الکترومیوگرافی و بیوشیمیایی خستگی، محقق سعی دارد در این تحقیق به بررسی تأثیر حاد یک جلسه فعالیت هوازی تا حد واماندگی با و بدون مصرف مکمل منیزیم بر شاخص‌های فعالیت الکتریکی عضله، لاکتات، TTE[3]، مردان دانشگاهی بپردازد.

1. Adenosine triphosphate
2. Creatine phosphate
3. time-to-exhaustion

روش بررسی

نمونهٔ آماری این پژوهش، ۱۶ نفر (۲۵) از دانشجویان پسر غیرفعال ۲۵-۲۳ ساله بودند که از بین ۱۰۰ دانشجوی مستقر در خوابگاه دانشگاه مازندران (شهرستان بابلسر)، به‌صورت داوطلبانه و براساس مصاحبه و پرسشنامه‌ای که حاوی سؤالاتی در زمینهٔ میزان فعالیت بدنی طی شش ماه گذشته، سابقهٔ بیماری، استفاده از داروها یا مکمل‌های ویژه یا استفاده احتمالی از سیگار و مواد مشابه بود، حائز شرکت در پژوهش شدند. برای اجرای تحقیق از افراد درخواست شد قبل از اجرای آزمون، الگوهای خواب طبیعی (حداقل ۸ ساعت خواب)، الگوهای فعالیت روزانه و رژیم غذایی (سه ساعت ناشتا) (۲۶)، در طول تحقیق را رعایت کنند و از هر گونه فعالیت بدنی شدید، مصرف مکمل غذایی، مصرف دارو تا ۴۸ ساعت قبل از اجرای آزمون بپرهیزند (۳). برای ثبت فعالیت عضلانی از دستگاه الکترومایوگرافی ۱۶ کاناله BioVision ساخت آلمان استفاده شد. الکترودهای استفاده شده از نوع الکترودهای چسبندهٔ یک‌بار مصرف Ag-AgCl بود. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های EMG از نرم‌افزارهای SimiMotion و Matlab استفاده شد. قد و وزن آزمودنی‌ها با ترازو و قدسنج دیجیتال مدل seca اندازه‌گیری شد. دقت اندازه‌گیری ترازو ۰/۰۱ کیلوگرم، و دقت اندازه‌گیری قدسنج ۱ سانتی‌متر بود. نمونه‌گیری خونی (۵ سی‌سی) از گروه تجربی و کنترل در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون، در طی چهار مرحله و در پی آزمایش فزاینده بروس، روی تردمیل (hp/cosmos ساخت آلمان) انجام گرفت. ابتدا مقدار لاکتات پلاسما به‌هنگام استراحت اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها برای سنجش MVC[1] (با هدف نرمال کردن داده‌های EMG) به سالن بدنسازی مراجعه کردند. برای اندازه‌گیری بهتر MVC از ماشین‌های بدنسازی که دارای طناب یا تسمهٔ ثابت‌کننده بودند استفاده شد. MVC از عضلهٔ پای غالب آزمودنی‌ها به روش استاندارد ریچاردسون- هوگز ثبت شد (۴، ۵). پس از ثبت امواج MVC خام، آزمودنی‌ها روی دستگاه تردمیل شروع به فعالیت کردند.

پروتکل بروس تا حد واماندگی اختیاری روی نوارگردان در حالی اجرا شد که الکترودهای ثبت EMG به عضلات آزمودنی‌ها متصل شده بود. این برنامه در هر دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌صورت یکسان انجام گرفت. در این مطالعه، به روش دوسو کور گروه تجربی به‌مدت دو هفته، روزی ۳۵۰ میلی‌گرم مکمل منیزیم سولفات (۲۸،۳۱) قبل از شام مصرف کردند، درحالی‌که گروه کنترل کپسول‌های دارونما را با رنگ و طعم مشابه با کپسول‌های حاوی مکمل دریافت کردند. در بررسی

1. Maximum voluntary contraction

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، برای اثبات نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و برای بررسی تأثیر دو هفته مکمل‌گیری منیزیم بر شاخص‌های الکترومیوگرافی در آستانهٔ خستگی، لاکتات و TTE از آزمون اندازه‌گیری‌های مکرر، آنالیز کوواریانس و آزمون t مستقل با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۱ در سطح معناداری P= ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج این تحقیق نشان داد که دو هفته مکمل‌گیری منیزیم سولفات موجب افزایش معنادار ۵/۴۴ درصد در زمان رسیدن به خستگی (TTE) شد (P < ۰/۰۵) (جدول ۱). مصرف مکمل منیزیم سولفات به‌مدت دو هفته به‌صورت معناداری سبب افزایش EMGFT عضلانی (۱۴۰ درصد) در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما شد (P < ۰/۰۵) (جدول ۲). همچنین نتایج پژوهش حاکی است دو هفته مکمل‌گیری منیزیم سولفات سبب ۲۳ درصد کاهش در لاکتات پلاسما شد که به سطح معنادار نرسید (P > ۰/۰۵) (جدول ۳).

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار TTE (زمان رسیدن به واماندگی؛ دقیقه و ثانیه) گروه‌های مکمل و دارونما

متغیر	زمان	قبل از	بعد از	گروهی‌درون		گروهی‌بین	
	گروه	مکمل‌گیری	مکمل‌گیری	t	p	F	p
TTE	مکمل	۱۲/۷۵ ± ۰/۵۴	۱۳/۴۵ ± ۰/۹۰	-۳/۸۱۸	۰/۰۰۷	۰/۶۴۹	۰/۰۱*
	دارونما	۱۲/۳۵ ± ۰/۴۶	۱۲/۳۵ ± ۰/۰۵	۰/۰۳۲	۰/۹۷		

*تفاوت معناداری گروه مکمل نسبت به گروه دارونما

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار EMG_{FT} عضلهٔ پهن خارجی و پهن میانی دو گروه مکمل و دارونما

متغیر	زمان	قبل از مکمل‌گیری	بعد از مکمل‌گیری	گروهی‌درون		گروهی‌بین	
	گروه			t	p	F	p
پهن خارجی	مکمل	-۰/۰۱۱۱ ±۰/۰۰۳	۰/۰۰۴۵ ± ۰/۰۱۱	-۴/۳۶۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۳*
	دارونما	-۰/۰۱ ±۰/۰۰۹	-۰/۰۰۶۴ ±۰/۰۰۴۴	-۱/۰۳۲	۰/۳۳۶		
پهن داخلی	مکمل	-۰/۰۰۴۱ ±۰/۰۱۱	-۰/۰۰۸۹ ±۰/۰۱۸	۰/۵۶۲	۰/۵۹	۸/۷۲۸	۰/۰۱*
	دارونما	۰/۰۰۱۷ ±۰/۰۱۳	-۰/۰۴۹ ±۰/۰۳۱	۴/۴۸۰	۰/۰۰۳		

*تفاوت معناداری گروه مکمل نسبت به گروه دارونما

جدول ۳. میانگین ± انحراف استاندارد لاکتات (میلی‌مول بر لیتر) گروه‌های مکمل و دارونما

مرحله		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
گروه	متغیر آزمون	پیش‌آزمون قبل از مکمل‌گیری	پس‌آزمون قبل از مکمل‌گیری	پیش‌آزمون بعد از مکمل‌گیری	پس‌آزمون بعد از مکمل‌گیری
مکمل	لاکتات (میلی‌مول بر لیتر)	۲/۴۰ ±۰/۳۲	۶/۱۷ ± ۰/۷۱	۱/۹۶ ±۰/۰۶	۴/۶۹ ± ۰/۷۶
دارونما	لاکتات (میلی‌مول بر لیتر)	۲/۲۰ ± ۰/۳۷	۵/۷۵ ± ۰/۸۲	۲/۰۰ ± ۰/۳۱	۴/۸۵ ± ۱/۰۷

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد سطوح TTE در قبل از دورهٔ مکمل‌گیری در گروه مکمل اندکی از گروه دارونما بیشتر بود، اما این افزایش معنادار نبود. در پایان دورهٔ مکمل‌گیری با اینکه سطوح TTE در گروه دارونما نسبت به قبل از دوره مکمل‌گیری با هیچ تغییری مواجه نشد، در گروه مکمل نسبت به قبل از دورهٔ مکمل‌گیری با افزایش معناداری همراه بود (۵/۴۴ درصد). اسمیت و همکاران (۱۹۹۸) در بررسی تأثیر مصرف خوراکی کراتین بر رابطهٔ بین پارامترهای مقدار کار-زمان، و زمان رسیدن به واماندگی در یک فعالیت دوچرخه‌سواری با شدت زیاد، به این نتیجه رسیدند که مصرف کراتین میزان کار انجام‌گرفته را نسبت به میزان زمان صرف‌شده برای آن کار افزایش می‌دهد و زمان رسیدن به واماندگی را نیز افزایش می‌دهد و این کار را از طریق افزایش سطوح ذخایر فسفوکراتین انجام می‌دهد (۱۶) همچنین داگلاس و همکاران (۱۹۹۸) به بررسی تأثیرات کافئین، افدرین و ترکیب آنها بر زمان رسیدن به واماندگی در طی یک فعالیت با شدت زیاد بر دوازده مرد سالم پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مصرف ترکیب دو مکمل از مصرف هر مکمل به‌تنهایی تأثیرش بر زمان رسیدن به واماندگی بیشتر است و زمان رسیدن به واماندگی را افزایش می‌دهد و بهبود می‌بخشد (۱۱).

همچنین با توجه به اینکه استفاده از مکمل ترکیبی کافئین- افدرین، گلوکز را افزایش می‌دهد و از آنجا که یکی از فواید مصرف مکمل منیزیم تأثیر مثبت آن بر سطوح گلوکز است (۶)، این احتمال وجود دارد که مصرف مکمل منیزیم بر زمان رسیدن به واماندگی تأثیر مثبت بگذارد و این زمان را بهبود بخشد. از سوی دیگر تحقیق حاضر نشان داد که متعاقب دو هفته مکمل‌گیری منیزیم، EMG_{FT} عضلات پایین‌تنه در گروه مکمل با افزایش معنادار همراه بود، اما در گروه دارونما تفاوت معناداری مشاهده نشد.

همچنین نتایج آزمون‌های آنالیز کوواریانس و تی مستقل نشان می‌دهد که دورهٔ مکمل‌گیری تفاوت معناداری بین دو گروه در رسیدن به آستانهٔ خستگی الکترومیوگرافی ایجاد کرد. بر این اساس می‌توان گفت که دو هفته مکمل‌گیری منیزیم بر شاخص‌های فعالیت الکتریکی عضلات پایین‌تنهٔ مردان دانشگاهی تأثیر می‌گذارد و آستانه رسیدن به خستگی را افزایش می‌دهد. به‌عبارت دیگر، مکمل‌گیری موجب کاهش شیب خستگی یا FFT در گروه تجربی می‌شود. اغلب یافته‌ها در بیان علل خستگی و محل بروز آن، بر مواردی مانند دستگاه‌های انرژی (ATP-PC[1]، گلیکولیز و اکسیداسیون هوازی)، تجمع فراورده‌های جانبی متابولیسم، سیستم عصبی، و اختلال در سازوکار انقباضی متمرکز شده است (۱). طی خستگی عضلانی، فرکانس میانه با گذشت زمان رو به کاهش می‌نهد و گاه حین انقباضات ایزومتریک این کاهش تا حدود ۵۰ درصد مقادیر اولیه رخ می‌دهد. طی انقباض عضلانی، شیب جابه‌جایی فرکانس‌های میانه به مقادیر کمتر، شاخص خستگی عضلانی است و به‌صورت تغییرات فرکانس میانه در طول زمان بیان می‌شود (۷). منیزیم، آنزیم‌ها و از جمله بسیاری از واکنش‌های تولیدی ATP را به‌صورت حساس پایدار می‌کند. ازآنجا که یکی از دلایل خستگی فراهم نشدن ATP کافی به‌عنوان سوخت رایج بدن است و کاهش ATP بدن فرایند تحریک - انقباض عضله یا به‌عبارت دیگر لغزش فیلامان‌های اکتین و میوزین بر یکدیگر را دچار مشکل کرده و متوقف می‌کند، می‌توان نتیجه گرفت که منیزیم با تأثیر مثبت بر ATP، سبب بهبود زمان رسیدن به خستگی می‌شود (۸). یافته‌های همسو با تحقیق حاضر نشان دادند که منیزیم ممکن است با تولید ۲،۳دی فسفوگلیسرات در گلبول‌های قرمز به تسهیل حمل اکسیژن به عضلات کمک کند و سبب کاهش تجمع PH در خون و خستگی شود (۱۵).

استوت و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی تأثیر مکمل بتاآلانین بر شروع خستگی عصبی و عضلانی و آستانه تهویه‌ای در زنان دریافتند که مصرف مکمل بتاآلانین بروز PWC_{FT}[2]، VT[3] را در تمرین زیربیشینه به تأخیر می‌اندازد و زمان رسیدن تا واماندگی را به‌هنگام اجرای کار بیشینه روی چرخ ارگومتر افزایش می‌دهد و موجب افزایش کارنوزین عضلانی می‌شود. افزایش کارنوزین عضلانی ممکن است ظرفیت بافری H^+ درون عضلهٔ اسکلتی را افزایش دهد و نیز از طریق به تأخیر انداختن زمان رسیدن به خستگی در بهبود عملکرد ورزشی کمک کند (۲۶). همچنین نشان دادند که کاهش PH عضلانی که نتیجهٔ

1. Adenosine triphosphate - Creatine phosphate
2. physical working capacity at fatigue threshol
3. ventilatory threshold

انباشت هیدروژن است ممکن است مسئول افزایش خستگی در عضلهٔ فعال و مشابه آن افزایش آمپلیتود EMG باشد (۲۱)؛ بنابراین می توان بیان کرد که در عضله و خون PH (از طریق انباشت هیدروژن) در طی ورزش شدید به دو طریق کاهش می‌یابد: به‌صورت مستقیم که موجب تحریک تهویهٔ ریوی می‌شود تا CO_2 انباشت‌شده را از خون و عضله خارج کند؛ یا به‌صورت غیرمستقیم توسط آوران‌های نوع III و IV به طرف مرکز کنترل‌کنندهٔ تنفس در بصل‌النخاع (۲۷). اسمیت و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر مکمل بتاآلانین و تمرین اینتروال با شدت زیاد بر خستگی عصبی- عضلانی و عملکرد عضلانی دریافتند که تمرین اینتروال با شدت زیاد محرک مؤثر اولیهٔ الکترومیوگرافی در آستانهٔ خستگی (EMG_{FT}) و بهره‌وری از فعالیت الکتریکی است که نشان می‌دهد سازگار شدن با تمرین اینتروال شدید ممکن است به‌طور مؤثری سطح کارنوزین عضله را افزایش دهد و خستگی را در مردانی که به‌صورت تفریحی فعالیت می‌کنند به تأخیر اندازد (۹).

استوت و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی تأثیر بارگیری کراتین بر آستانهٔ خستگی عصبی- عضلانی پرداختند و نتیجه گرفتند که پنج روز بارگیری کراتین، روزی چهار بار با مقدار ۵ گرم کراتین و ۲۰ گرم گلوکز، ممکن است سبب تأخیر خستگی عصبی- عضلانی شود (۳۰).

مک‌لارن و همکاران نشان دادند که کاهش PH عضلانی، در نتیجهٔ تجمع هیدروژن یا آمونیاک داخل و خارج‌سلولی، ممکن است علت افزایش خستگی ناشی از به‌کارگیری واحدهای حرکتی و افزایش متناظر در دامنهٔ EMG باشد (۲۱). تیلور و همکاران نیز نشان دادند که در طی اجرای آزمایش دوچرخهٔ فزاینده، تجمع لاکتات پلاسما و آمونیاک با افزایش دامنهٔ EMG در عضلات پهن ران همراه بود. بنابراین شواهد نشان می‌دهد که تکیه بر گلیکولیز بی‌هوازی سبب افزایش دامنهٔ EMG عضلات فعال در نتیجهٔ تغییرات عضله و سطوح لاکتات خون و کاهش PH می‌شود (۲۹).

ازآنجا که اعمال داخل‌سلولی منیزیم از طریق تشکیل (Mg^{2+} - ATP) است و به‌عنوان سوبسترا برای انواع گسترده‌ای از آنزیم‌های مسئول تجزیهٔ اسیدهای چرب، اسیدآمینه و گلوکز عمل می‌کند و از آنجا که منیزیم به‌عنوان مسدودکننده کلسیم عمل می‌کند و برای اجرای عملکرد بهینهٔ ورزشی و ریکاوری از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۲). می‌توان گفت که منیزیم تنظیم‌کنندهٔ گلیکولیز است و هایپرمنیزیمی ممکن است از طریق مهار گلیکولیز سبب کاهش متابولیسم گلوکز در بافت‌های عصبی شود و همچنین با افزایش VO_2 در دسترس عضلات فعال، تکیه بر گلیکولیز بی‌هوازی را کاهش دهد و با کاهش لاکتات عضلانی موجب به تأخیر انداختن زمان خستگی شود. با این‌حال، پژوهش حاضر، نبود

تفاوت معنی‌دار سطوح لاکتات پلاسمایی در آزمودنی‌های گروه‌های مکمل و دارونما را نشان داد. در این تحقیق سطوح پلاسمایی لاکتات در گروه مکمل در قبل از مکمل‌گیری تفاوت معناداری با گروه دارونما نداشت. از سوی دیگر، مشاهده شد که دو هفته مکمل‌گیری منیزیم در گروه مکمل، کاهش اندکی (۲۳ درصد) در سطوح پلاسمایی لاکتات ایجاد می‌کند و زمان رسیدن به خستگی را افزایش می‌دهد، اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود و در گروه دارونما نیز تغییری دیده نشد. تحقیقات نشان داده‌اند که کمبود منیزیم ممکن است عملکرد فیزیکی را کاهش دهد؛ بنابراین وضعیت منیزیم ممکن است عملکرد ورزشی را تحت تأثیر قرار دهد (۱۸،۲۳،۲۴).

ویدیت سینار و همکاران (۲۰۰۶) با تحقیق در زمینهٔ بررسی تأثیر مکمل‌گیری منیزیم بر سطوح لاکتات افراد فعال و غیرفعال، دریافتند که مقدار لاکتات در پی چهار هفته مکمل‌گیری منیزیم با دوز ۱۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم وزن بدن در روز، در گروه‌های مکمل و گروه ترکیب مکمل همراه با تمرین کاهش یافت، اما در گروه تمرین تغییر معناداری نکرد. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که تفاوت زیادی بین سطوح استراحتی و بعد از ورزش لاکتات، در قبل و بعد از دورهٔ مکمل‌گیری منیزیم وجود دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مکمل‌گیری منیزیم اثر مثبتی بر عملکرد و کاهش سطوح لاکتات حتی در افراد غیرفعال دارد (۳۰). یافته‌های ضدونقیضی نیز وجود دارد که نشان‌دهندهٔ بی‌تأثیر بودن مکمل‌گیری منیزیم بر عملکرد ورزشی است. برای مثال، فاین‌استاد و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تأثیر مکمل‌گیری منیزیم بر عملکرد ورزشی زنان ورزشکار دریافتند که چهار هفته مکمل‌گیری منیزیم به‌صورت روزانه ۲۱۲ میلی‌گرم، سبب کاهش سطوح اسیدلاکتیک و همچنین مدت استراحت می‌شود، اما بر عملکرد بدنی و دورهٔ ریکاوری زنان فعال تأثیری ندارد (۱۲). شاید دلایل معنادار نشدن مقدار لاکتات در مطالعهٔ حاضر در گروهی که مکمل مصرف کردند در مقایسه با مطالعات دیگر، دورهٔ کوتاه مکمل‌گیری (دو هفته در مقایسه با چهار هفته)، دوز مصرفی (۲۱۲ میلی گرم در مقایسه با ۱۰ میلی گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز)، و نوع فعالیت بدنی (هوازی در مقایسه با بی‌هوازی) بوده باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که مصرف مکمل منیزیم سولفات موجب کاهش شیب فعالیت EMG_{FT} عضله در پی یک جلسه فعالیت دویدن وامانده‌ساز روی نوارگردان می‌شود. به‌عبارت دیگر، زمان

رسیدن به خستگی الکترومیوگرافی بهبود می‌یابد. همچنین مصرف مکمل منیزیم سولفات احتمالاً در اثر کاهش تکیه بر گلیکولیز بی‌هوازی و افزایش سطوح اریتروسیت و هموگلوبین خون و همچنین تأمین ATP به‌عنوان سوخت رایج بدن و برقراری تعادل کلسیم موجب بهبود عملکرد در آزمایش هوازی فزاینده و افزایش **TTE در مردان دانشگاهی غیرفعال می‌شود**.

منابع و مآخذ

۱. توفیقی، اصغر؛ ساعد موچشی، صابر (۱۳۹۲). «مقایسهٔ تأثیر بارگیری کوتاه‌مدت و طولانی‌مدت مکمل بیکربنات سدیم بر شاخص‌های خستگی و عملکردی مردان فعال به‌دنبال فعالیت هوازی وامانده‌ساز»، مجلهٔ پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز دورهٔ ۳۵، ش ۳، مرداد و شهریو، ص ۴۲-۴۰.

۲. دست‌منش، سیاوش؛ شجاع الدین، سید صدرالدین (۱۳۸۹). «آیا خستگی عضلانی بر ثبات عملکردی مردان ورزشکار تأثیر می‌گذارد؟»، پژوهش در علوم توانبخشی، سال ششم، ش ۱، بهار و تابستان.

۳. رنجبر، روح‌الله؛ کردی، محمدرضا؛ گائینی، عباسعلی (۱۳۸۷). «تأثیر مصرف کافئین بر توان هوازی، شاخص خستگی و سطوح لاکتات خون دانشجویان پسر فعال»، نشریهٔ علوم زیستی ورزشی، ش ۱.

۴. شکرالهی یانچشمه، ایوب؛ خاکپور، کیوان؛ یثربی، بهزاد (۱۳۹۴). «حرکات ورزشی و تحلیل سیگنال-های الکترومیوگرام (EMG)»، مجلهٔ مهندسی پزشکی، ش ۱۱۸.

۵. معتمدی، پژمان؛ رجبی، حمید؛ ابراهیمی، اسماعیل (۱۳۸۹). «تأثیر برنامه‌های تمرینی تداومی و تناوبی، هوازی و مقاومتی بر کارایی حرکت دوندگان مرد تمرین‌کردهٔ استقامتی»، نشریهٔ علوم حرکتی و ورزش، سال هشتم، ش ۱۵، بهار و تابستان.

۶. مختاری، مختار؛ شریفی، اسفندیار؛ عباس‌نیا، شهربانو (۱۳۹۱). «اثر تجویز خوراکی سولفات منیزیم بر سطح سرمی هورمون‌های محور هیپوفیز-تیروئید در موش‌هاس صحرایی نر»، مجلهٔ علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار، دورهٔ ۱۹، ش ۱، بهار.

۷. مینونژاد، هومن؛ رجبی، رضا؛ رحیمی، عباس؛ صمدی، هادی (۱۳۸۸). «بررسی رابطهٔ بین حداکثر فعال یت الکترومیوگرافی و خستگی عضلات ارکتور اسپا ین با میزان انحناهای سینه ای و کمری»، فصلنامهٔ المپیک، سال هفدهم، ش ۲، تابستان.

۸. هارگریوس، مارک (۱۳۷۸). ورزش و متابولیسم، ترجمهٔ عباسعلی گائینی و ناظم فرزاد.

9. Abbie E. Smith · Jordan R. Moon · Kristina L. Kendall · Jennifer L. Graef · Christopher M. Lockwood · Ashley A. Walter · Travis W. Beck · Joel T. Cramer · JeVrey R. Stout (2009). The effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. Eur J Appl Physiol 105:357–363 DOI 10.1007/s00421-008-0911-7
10. Al-Mulla M.R, Sepulveda F, Colley M (2011). A Review of Non-Invasive Techniques to Detect and Predict Localised Muscle Fatigue. www.mdpi.com/journal/sensors
11. Douglas G. Bell á Ira Jacobs á Jiri Zamecnik (1998). Effects of caffeine, ephedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise. Eur J Appl Physiol 77: 427±433
12. ERIC W. FINSTAD, IAN J. NEWHOUSE, HENRY C. LUKASKI, JIM E. MCAULIFFE, and CAMERON R(2000). STEWAR. The effects of magnesium supplementation on exercise performance. School of Kinesiology, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, CANADA; and USDA Human Nutrition Research Centre, Grand Forks, N
13. Graef J.L, Smith A.E, Kendall K.L, Walter A.A, Moon J.R, Lockwood C.M, Beck T.W, Cramer J.T, Stout J.R (2008). The relationships among endurance performance measures as estimated fromVO_{2PEAK}, ventilatory threshold, and electromyographic fatigue threshold: a relationship design. *Dynamic Medicine* 2008, 7:15
14. Harris RC, Soderlund K, Hultman E(1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. Clin Sci (Lond) 83(3):367-374.
15. Henry C Lukaski, William W Bolonchuk. Leslie M Klevay, David B Milne, Harold H Sandstead (1983). Maximal oxygen consumption as related to magnesium, copper, and zinc. The American Journal ofClunical Nutrition 37: MARCH 1983, pp 407-415. Printed in USA © 1983 American Society for Clinical Nutrition
16. Jimmy C. Smith á Daniel P. Stephens á Emily L. Hall Allen W. Jackson á Conrad P. Earnest (1998). Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship and time to exhaustion in high-intensity cycling. Eur J Appl Physiol 77: 360±365
17. JEFFREY STOUT, JOAN ECKERSON, KYLE EBERSOLE, GERI MOORE, SHARON PERRY, TERRY HOUSH, ANTHONY BULL, JOEL CRAMER, ASH BATHEJ (2000). Effect of creatine loading on neuromuscular fatigue threshold. J. Appl. Physiol. 88: 109–112,
18. Lukaski HC (1995). Micronutritiens (magnesium, zinc and cupper): Are mineral suplem ents needed for athletes? Sport Nutrition 74 –83
19. Matsumoto T, Ito K, Moritani T (1991). The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in college women. Eur J Appl Physiol Occup Physiol,63(1):1-5.
20. Moritani T, Takaishi T, Matsumoto T: Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. J Appl Physiol1993, 74(4):1729-34.

21. McClaren, D. P., H. Gibson, M. Parry-Billings, and R. H. T. Edwards (1989). A review of metabolic and physiological factors in fatigue. Exerc. Sport Sci. Rev. 17: 29–68,
22. Nielsen F.H, Lukaski H.C (2006). Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnesium Research* 2006; 19 (3): 180-9
23. Rose LL, Carroll D R, Lowe SL, Peterson EW, Cooper KH(1970). Serum electrolyte changes after a marathon running. J. Appl. Physiol. 29, 449 –451
24. Rayssiguier Y, Guezennec CY, Durlach J(1990). New Experimental and clinical data on the relationship between magnesium and sport. Magnes. Res. 3, 93 –102
25- Smith A.E, Walter A.A, Herda T.J, Ryan E.D, Moon J.R, Cramer J.T, Stout J.R (2007). Effects of creatine loading on electromyographic fatigue threshold during cycle ergometry in college-aged women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2007, 4:20
26- Stout J.R, Cramer J.T, Zoeller R.F, Torok D, Costa P, Hoffman J.R, Harris R.C (2006). Effects of β-alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilator threshold in women. Amino Acids (2006) DOI 10.1007/s00726-006-0474-z Printed in The Netherlands
27. Svedahl K, MacIntosh BR (2003) Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. Can J Appl Physiol 28: 299–323
28. S. W. Golf, O. Happel, V. Graef (1984). Plasma Aldosterone, Cortisol and Electrolyte Concentrations in Physical Exercise after Magnesium Supplementation. J. Clin. Chem. Clin. Biochem. Vol. 22, 1984, pp. 717-72
29. Taylor AD, Bronks R, Bryant AL (1997) The relationship between electromyography and work intensity revisited: a brief review with references to lacticacidosis and hyperammonia. Electromyogr Clin Neurophysiol 37: 387–39
30. V Çınar, M Nizamlıo lu, R Mo ulkoc (2006). The effect of magnesium supplementation on lactate levels of sportsmen and sedanter. Acta Physiologica Hungarica, Volume 93 (2 – 3), pp. 137 –144 DOI: 10.1556/APhysiol.93.2006.2 -3.4
31. Wilhelm Jahnen-Dechentand Markus Ketteler. Magnesium basics. Clin Kidney J (2012) 5[Suppl 1]: i3–i14 doi: 10.1093/ndtplus/sfr

The Effect of Magnesium Sulfate Supplementation on Fatigue Threshold Electromyography (EMG_{FT}), Lactate and Time to Exhaustion (TTE) following Acute Aerobic Exercise of Exhaustive Treadmill Running in Sedentary Collegiate Men

Nourmohammad Delavari Banitak[1] - Ziya Fallah Mohammadi[2*] - Rozita Fathi[2] - Mehran Naghizadeh Ghomi[3] - Vahid Talebi[4]

1.MSc of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology and Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran 2. Associate Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology and Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran 3. Assistant Professor of Statistics, Department of Statistics, Faculty of Mathematics, University of Mazandaran 4. PhD Student of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology and Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran

(Received: 2014/9/16;Accepted: 2015/7/25)

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of magnesium sulfate supplementation on fatigue threshold electromyography (EMG_{FT}), lactate and time to exhaustion (TTE) following a session of aerobic exercise (exhaustive treadmill running) in sedentary collegiate men. For this purpose, 16 sedentary male students (mean age: 25.25 ± 1.18 years, height: 176.18 ± 4.75 cm, weight: 79.51 ± 25.65 kg) were randomly divided into supplementary (n=8) and placebo (n=8) groups. Blood samples were collected in four phases: before and immediately after Bruce test in pretest and posttest. Data were analyzed by repeated measures test, covariance analysis and independent and dependent t tests at P=0.05. The results showed that TTE increased (5.44%) in magnesium sulfate group after the supplementation (P<0.05). Also, magnesium sulfate supplementation increased the occurrence of EMG_{FT} (140%) (P<0.05). But the lactate changes were not significant in both groups (P>0.05). The results of this study indicated that the supplementation of magnesium sulfate lowered the slope of muscle EMG_{FT} activity following a session of exhaustive treadmill running.

Keywords

aerobic exercise, fatigue threshold electromyography, magnesium sulfate, time to get exhaustion.

* Corresponding Author: Email: zia-falm@umz.ac.ir, Tel: +989111127633