

تأثیر یک جلسه تمرین وامانده‌ساز متعاقب چهارده روز مکمل‌سازی کوآنزیم Q۱۰ بر لاکتات پلاسما و کراتین‌کیناز تام سرمی مردان سنگ‌نورد نخبه

❖ **افشار جعفری**؛ دانشیار فیزیولوژی ورزش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز*
❖ **منصور آقایی**؛ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز
❖ **وحید ساری صراف**؛ استادیار فیزیولوژی ورزش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز

چکیده:

تحقیق حاضر به منظور تعیین تأثیر مکمل‌سازی کوتاه‌مدت کوآنزیم Q۱۰ بر لاکتات پلاسما و کراتین‌کیناز تام سرمی مردان سنگ‌نورد نخبه پس از یک جلسه تمرین سنگ‌نوردی وامانده‌ساز انجام شد. هیجده مرد سنگ‌نورد نخبه و داوطلب (سن: 21 ± 3 سال، درصد چربی: $6 \pm 2\%$ و اکسیژن مصرفی بیشینه: 52 ± 4 میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) به صورت تصادفی و دوسویه کور در دو گروه ده نفری همگن مکمل (کوآنزیم Q۱۰: $2/5$ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) و شبه‌دارو (دکستروز: $2/5$ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) جایگزین شدند. همه آزمودنی‌ها پس از چهارده روز مکمل‌سازی در قرارداد تمرینی سنگ‌نوردی وامانده‌ساز شرکت کردند. نمونه خونی اولیه، قبل از شروع مکمل‌سازی و نمونه‌های خونی دوم و سوم به ترتیب بلافاصله قبل و پس از قرارداد ورزشی گرفته شد. شاخص‌های لاکتات پلاسمایی و کراتین‌کیناز تام سرمی با دستگاه اتونالایزر اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس مکرر، تعقیبی بونفرونی و تی مستقل در سطح معناداری ۵ درصد بررسی شد. نتایج حاکی است مصرف چهارده روزه کوآنزیم Q۱۰ در حالت پایه (قبل از فعالیت) بر شاخص‌های مورد مطالعه تأثیر معناداری نداشت ($P < 0/05$). از طرفی، تمرین سنگ‌نوردی باعث افزایش معنادار لاکتات و کراتین‌کیناز گردید ($P < 0/05$). با این حال، پاسخ افزایشی لاکتات پلاسمایی و کراتین‌کیناز سرمی گروه مکمل‌سازی کوآنزیم Q۱۰ پس از انجام تمرین سنگ‌نوردی وامانده‌ساز کمتر از گروه شبه‌دارو بود ($P < 0/05$). بر اساس یافته‌های حاضر می‌توان نتیجه گرفت مکمل‌سازی کوتاه‌مدت (۱۴ روزه) کوآنزیم Q۱۰ موجب کاهش لاکتات پلاسما و کراتین‌کیناز تام سرمی (شاخص‌های فشار سوخت‌وسازی و مکانیکی) را در مردان سنگ‌نورد نخبه پس از انجام تمرین سنگ‌نوردی سرطاب فراهم نماید.

واژگان کلیدی: تمرین سنگ‌نوردی، کراتین‌کیناز تام، کوآنزیم Q۱۰، لاکتات.

*Email: ajafari@tabrizu.ac.ir

سال بیستم - شماره ۴ (پیاپی ۶۰) زمستان ۱۳۹۱

مقدمه

از ترکیبات ضروری زنجیره انتقال الکترون با تسریع سوخت‌وساز میتوکندریایی باعث رهايش انرژی زیستی در بافت‌های مختلف بدن به ویژه عضلات اسکلتی می‌شود. از این‌رو، برخی محققان معتقدند با استفاده از مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 (مصرف برون‌زاد به منظور ارتقای سطح پلاسمایی یا بافتی) می‌توان از فشارهای وارده یا تغییرات نامطلوب برخی شاخص‌های زیست‌شیمیایی ناشی از افت انرژی حین انجام انواع فعالیت‌های ورزشی جلوگیری کرد (۶،۱۸،۲۱،۲۲).

برای مثال، کان و همکارانش (۱۸ و ۱۹) در تأیید نتایج شیمومورا و همکارانش (۲۲) اعلام داشتند مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 مکملی ضدخستگی است که از تغییرات نامطلوب لاکتات و کراتین‌کیناز تام سرمی پس از انجام فعالیت‌های ورزشی نسبتاً سنگین جلوگیری می‌کند. به عبارتی، مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 با ارتقای سطح پلاسمایی - بافتی کوآنزیم Q10 و تسریع فسفردار کردن اکسایشی (دسترسی بیشتر به انرژی زیستی) ممکن است از ناپایداری غشاهای سلولی، افت عملکرد پمپ کلسیمی (پروتئولیز ناشی از تجمع کلسیم درون سلولی) و نشست پروتئین و آنزیم‌های داخل سلولی به درون آب میان‌بافتی و خون جلوگیری کند (۱۸،۲۰،۲۶).

با این حال، برخی محققان مانند فو و همکارانش (۱۰)، اسکو و همکارانش (۲۳)، کایکونن و همکارانش (۱۵ و ۱۶)، وستون و همکارانش (۲۵) و زولیانی و همکارانش (۲۷) معتقدند این نوع مکمل‌سازی بر تغییرات لاکتات خون و کراتین‌کیناز

در سال‌های اخیر علاقه‌مندی به سنگ‌نوردی داخل سالن (سرطناب، بولدرینگ و سرعتی) به شکل حرفه‌ای و تفریحی به نحو چشمگیری افزایش یافته است. این رشته ورزشی عمدتاً با تکیه بر انقباضات ایستا و پویای ساعد و بالاتنه انجام می‌شود. با این حال، ورزشکاران در حین سنگ‌نوردی سرطناب (برخلاف دو رشته دیگر) با طناب حمایت می‌شوند. تمرینات سرطناب نیز با ماهیت هوازی و نیازمندی به استقامت عضلانی نسبتاً بالایی از اساسی‌ترین و سنگین‌ترین تمرینات سنگ‌نوردی به شمار می‌رود (۲۸،۲۹). در این راستا، نتایج برخی مطالعات مانند ورنر و همکارانش (۲۰۰۰) حاکی است فشارهای مکانیکی - سوخت‌وسازی ناشی از انجام تمرینات سنگین و نسبتاً شدید ممکن است باعث افزایش شاخص‌های خستگی و آسیب سلولی شود (مانند افزایش لاکتات و آنزیم‌های موجود در خون محیطی) (۱،۲،۶،۲۹). از این‌رو، محققان و متخصصان پزشکی ورزشی همواره دنبال راهکارهایی هستند که بتوانند در راستای بهبود عملکرد، از تغییرات نامطلوب ظرفیت فیزیولوژیایی شاخص‌های مربوط به خستگی جلوگیری کنند یا دست کم آن را به پایین‌ترین حد ممکن برسانند.

یکی از شیوه‌های مقابله با آثار نامطلوب خستگی و فشارهای ناشی از انجام فعالیت‌های ورزشی نسبتاً شدید استفاده از مکمل‌سازی‌های خوراکی مانند کوآنزیم Q10 یا یوبی‌کینون است (۱۸،۱۹،۲۰)، زیرا شبه‌ویتامینی محلول در چربی (یک مولکول کینون با ۱۰ حلقه ایزوپرن) و یکی

1. Ubiquinone

تام سرمی هیچ تأثیری ندارد.

علت تضادهای موجود ممکن است مربوط به نوع طرح تحقیق، شرایط آزمودنی‌ها، قرارداد ورزشی، مکمل‌سازی و حتی نوع اندازه‌گیری شاخص‌های خستگی و آسیب سلولی باشد (۲۱، ۱۵، ۵، ۱۰). به هر حال، با توجه به تناقض‌های موجود و کمبود تحقیقات جامع و دقیق درباره تأثیر مصرف کوآنزیم Q10 بر شاخص‌های زیست‌شیمیایی مربوط به خستگی و فشار سوخت‌وسازی (با آسیب سلولی ناشی از فشار مکانیکی) حین انجام فعالیت‌های ورزشی، مطالعه حاضر در تعیین تأثیر مکمل‌سازی کوتاه‌مدت کوآنزیم Q10 بر لاکتات بلاسما و کراتین‌کیناز تام سرم مردان نخبه سنگ‌نورد پس از یک جلسه تمرین سنگ‌نوردی سرطناب ومانده‌ساز انجام شد تا به این سؤال پاسخ دهد که آیا مصرف روزانه ۲/۵ میلی‌گرم کوآنزیم Q10 به ازای هر کیلوگرم وزن بدن طی چهارده روز از افزایش نامطلوب شاخص‌های خستگی و فشار ورزشی ناشی از یک جلسه تمرین سنگ‌نوردی سرطناب نسبتاً شدید می‌کاهد؟

روش شناسی

الف) طرح تحقیق

تحقیق حاضر، پس از تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی تبریز (IRCT۲۰۱۰۱۱۴۶۶۳N۲)، در قالب طرح نیمه‌تجربی دو گروهی (تجربی و کنترل) با اندازه‌گیری‌های مکرر (سه مرحله‌ای) به صورت دوسویه کور انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر، شامل سنگ‌نوردان مرد نخبه استان آذربایجان شرقی

بود (با میانگین سنی 21 ± 3 سال، درصد چربی $6 \pm 2\%$ و اکسیژن مصرفی بیشینه 52 ± 4 میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه). پس از هماهنگی‌های اولیه با هیئت کوهنوردی، ۵۹ سنگ‌نورد نخبه برای شرکت در تحقیق اعلام آمادگی کردند. همه داوطلبان با حضور در جلسه هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری، تکمیل فرم رضایت آگاهانه و پرسشنامه‌های سلامتی و یادآمد ۲۴ ساعته رژیم غذایی (۱۱) مورد معاینات پزشکی قرار گرفتند. داوطلبان در یک ماه گذشته به دلیل بیماری از دارو و مکمل‌های خوارکی طبیعی و صنعتی استفاده نکرده بودند. دو هفته قبل از شروع تحقیق، ابتدا شاخص‌های پیکرسنجی قد، وزن و درصد چربی بدن آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. حجم نمونه مورد مطالعه برای هر یک از دو گروه با در نظر گرفتن طرح تحقیق و نتایج مطالعات قبلی (با خطای اول $0/05$ و توان $0/8$) هفت نفر برآورد شد (۲۱، ۱۹).

به منظور جلوگیری از افت احتمالی آزمودنی‌ها در طی مراحل تحقیق و با توجه به شاخص‌های پیکرسنجی و توان هوازی، حجم نمونه مورد مطالعه برای هر گروه ده نفر در نظر گرفته شد. بدین منظور، از بین ۵۹ مرد سنگ‌نورد داوطلب سالم و غیرسیگاری (بدون سابقه بیماری و آسیب‌دیدگی قبلی، به‌ویژه در ناحیه کمر، پا، زانو و مچ پا)، با شاخص توده بدنی ۲۰ الی ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع و سابقه ورزشی چهار الی هشت سال ۲۶ نفر انتخاب شدند. سپس، ۲۲ داوطلب با اکسیژن مصرفی بیشینه بیش از ۴۵ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه و درصد چربی ۱۰-۱۵٪ انتخاب شدند. در نهایت، بیست آزمودنی با در نظر گرفتن اکسیژن مصرفی بیشینه و کراتین‌کیناز

تهیه شده مصرف می‌کردند (گروه مکمل‌سازی ۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز کوآنزیم Q10 و گروه شبه‌دارو به همان میزان دکستروز). مقدار کوآنزیم Q10 مصرفی در تحقیق حاضر، براساس نتایج مطالعات قبلی و حداقل میزان کوآنزیم Q10 مورد نیاز برای ارتقای سطح پلاسمایی یا مقابله با افت ناشی از انجام فعالیت هوازی نسبتاً شدید، حدود ۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز در نظر گرفته شد (۳،۵،۲۰).

ه) برنامه تمرین سنگ‌نوردی سرطاب

یک جلسه تمرین سنگ‌نوردی سرطاب پس از گرم کردن عمومی (یک کیلومتر دویدن طی پنج دقیقه همراه با ده دقیقه حرکات کششی و نرمشی) و اختصاصی روی دیواره سنگ‌نوردی دانشگاه تبریز (ده دقیقه تراورس یا حرکت افقی روی دیواره با شیب ۹۰ درجه) انجام شد. سنگ‌نوردان در ابتدای قرارداد ورزشی سه بار مسیر ۵/۱۱B را طی کردند (با ضربان قلب اولیه ۱۴۰ ضربه در دقیقه). زمان کل صعود مسیر با زمان سنج دیجیتال هم‌زمان با جدا شدن پاها از زمین و لمس اولین و آخرین گیره توسط سنگ‌نورد ثبت می‌شد (در حدود یک ساعت).

به منظور برگشت به حالت اولیه سریع‌تر، پس از هر صعود از سنگ‌نوردان خواسته شد با راه رفتن معمولی در کنار دیواره سعی کنند طی مدت دو دقیقه ضربان قلب خود را تا حدود ۱۴۰ ضربه در دقیقه پایین بیاورند (بازیافت فعال). پس از اتمام این سه مسیر، سنگ‌نوردان با ضربان قلب اولیه ۱۲۰

تام خون محیطی پایه (با حذف دو نفر از آزمودنی‌ها) به روش همتاسازی در دو گروه ده نفری همگن مکمل کوآنزیم Q10 و شبه‌دارو جایگزین شدند.

ب) ترکیب بدن (درصد چربی)

درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه ضخامت‌سنج پوستی (کالپر) یا گامی مدل میکوشا (ساخت ژاپن) و فرمول سه نقطه‌ای دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا (ACSM)^۱ (چین‌های پوستی سه‌سربازویی، شکمی و فوق‌خاصره‌ای سمت راست) تعیین شد (۱۷،۲۴).

ج) توان هوازی (اکسیژن مصرفی بیشینه)

توان هوازی یا اکسیژن مصرفی بیشینه با استفاده از آزمون وامانده‌ساز بروس (دویدن روی نوارگردان تکنوجیم ساخت ایتالیا) و فرمول مربوط به آن برآورد شد. نخستین مرحله این آزمون با سرعت ۱/۷ مایل در ساعت (۲/۷۴ کیلومتر در ساعت) و شیب ۱۰ درصد آغاز شد. سپس، در هر مرحله، ۱/۳ کیلومتر/ساعت به سرعت و ۲ درصد به شیب دستگاه اضافه شد. زمان واماندگی، هنگامی بود که آزمودنی‌ها قادر به ادامه فعالیت دویدن نبودند (۹،۱۳).

د) قرارداد مکمل‌سازی کوتاه‌مدت کوآنزیم Q10

کیسول‌های کوآنزیم Q10 ساخت کارخانجات ایالات متحده آمریکا (با شماره پروانه بهداشتی ۳۵۰۶۱۰۱۱۰۲۰۳۰ اداره کل نظارت بر مواد غذایی وزارت بهداشت) از داروخانه‌های داخل کشور تهیه شد. سپس، هر یک از آزمودنی‌ها بدون اطلاع از محتوای کیسول (مطالعه دوسویه کور) به مدت چهارده روز بر اساس وزن بدن، روزانه یک کیسول

انجام هر گونه فعالیت بدنی اجتناب جستند و وعده غذایی آن‌ها (صبحانه) قبل از آزمون مشابه بود. به علاوه، قبل از خون‌گیری دوم، رژیم غذایی روزانه آزمودنی‌ها با استفاده از یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته کنترل شد (۱۱).

ز) روش اندازه‌گیری‌های شاخص‌های خونی

لاکتات پلاسما با استفاده از روش آنزیمی و کیت شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم کراتین کیناز تام سرمی با کیت شرکت پارس آزمون دستگاه اتوآنالایزر (ساخت شرکت ابوت^۲ آمریکا) تعیین شد. به منظور حذف آثار زودگذر فعالیت ورزشی و شرایط آزمایشگاهی روی شاخص‌های خونی، تغییرات حجم خون و پلاسما با استفاده فرمول دیل و کاستیل (۷) محاسبه شد.

ح) روش‌های آماری

ابتدا وضعیت طبیعی داده‌ها (میانگین و انحراف استاندارد) با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس، تغییرات هر یک از شاخص‌ها طی مراحل مختلف اندازه‌گیری با آزمون‌های تحلیل واریانس مکرر و تعقیبی بونفرونی بررسی شد. اختلافات بین گروهی نیز با آزمون تی مستقل تعیین شد. همه تحلیل‌های آماری در سطح معناداری ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری ۱۷Spss انجام شد.

یافته‌ها

در ابتدا باید اشاره کرد کاهش اندک ۱/۷۴ و ۲/۴۳ درصدی حجم خون آزمودنی گروه‌های

ضربه در دقیقه شش بار مسیر C ۵/۱۰ را بالا رفتند. شایان ذکر است که سنگ‌نوردان نمی‌توانستند بیش از پنج ثانیه در هر گیره از مسیر استراحت نمایند. به علاوه، ضربان قلب سنگ‌نوردان در تمام طول مسیر با دستگاه ضربان‌سنج پولار (ساخت فنلاند) کنترل می‌شد. به علاوه، فرض بر این بود که یک ساعت تمرین سنگ‌نوردی با این میزان شدت فعالیت، سخت و نسبتاً شدید (با دامنه ۶-۷/۹ و ۷ مت^۱) محسوب می‌شد و با اعمال فشار سوخت‌وسازی باعث تغییرات قابل توجه در لاکتات و کراتین کیناز تام خون مردان سنگ‌نورد نخبه سرطانب می‌شود (۹، ۱۴).

و) روش تهیه نمونه‌های خونی

نمونه‌های خونی در سه مرحله (مرحله اول: قبل از شروع دوره چهارده روزه مکمل‌سازی؛ مرحله دوم: پس از دوره مکمل‌سازی و بلافاصله قبل از شروع قرارداد ورزشی؛ و مرحله سوم: بلافاصله پس از اجرای قرارداد ورزشی) به میزان ۵ میلی‌لیتر از ورید پیش‌آرنجی^۱ بازوی راست آزمودنی‌ها تهیه شد که ۲ میلی‌لیتر از خون جهت اندازه‌گیری لاکتات به لوله‌های آزمایشی حاوی ماده ضدانعقاد (K₂ ATDE) ریخته می‌شد و ۲ میلی‌لیتر از خون باقیمانده بدون افزودن ماده ضدانعقاد برای تهیه سرم و تعیین شاخص کراتین کیناز تام سرمی استفاده شد. همه اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۹-۱۱ صبح، دمای ۲۶-۲۸ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۵۰-۵۵ درصد، و تهویه و نور محیطی یکسان انجام شد. به علاوه، آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون، از

1. Met (metabolism equivalent)
2. Antecubital vien
3. Abbott

جدول ۱. ویژگی‌های فردی، بیکرسنجی و توان هوای آزمودنی‌ها (هر گروه ده نفر)

شاخص‌ها / گروه‌ها	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (متر)	شاخص توده بدن (کیلوگرم / متر مربع)	درصد چربی	اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی لیتر کیلوگرم / دقیقه)
گروه مکمل	21/40 ± 1/95	60/90 ± 5/60	4/85 ± 1/73	20/27 ± 1/00	6/20 ± 2/05	52/23 ± 4/31
گروه شبه‌دارو	21/30 ± 2/35	62/80 ± 5/00	1/73 ± 4/73	20/80 ± 1/56	6/09 ± 2/27	52/54 ± 4/20

افزایش پیدا کرد. البته، میزان افزایش هر دو شاخص در گروه شبه‌دارو نسبت به مکمل کوآنزیم Q10 به طور معناداری بیشتر بود ($P < 0/05$). به عبارتی، الگوی تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در دو گروه متفاوت بود.

بحث

نتایج تحقیق حاضر به منظور تعیین تأثیر مکمل‌سازی چهارده روزه کوآنزیم Q10 بر لاکتات پلاسما و کراتین کیناز تام سرمی (شاخص‌های فشار

کنترل و مکمل به ترتیب پس از انجام قرارداد ورزشی غیرمعنادار بود ($P > 0/05$). میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های فردی و تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در هر سه مرحله خون‌گیری در جدول ۱ و ۲ درج شده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که تفاوت لاکتات پلاسما و کراتین کیناز تام سرمی دو گروه در حالت پایه و پیش از قرارداد ورزشی (جدول ۲) معنادار نیست ($P > 0/05$). ولی میزان لاکتات پلاسما و کراتین کیناز تام سرمی هر دو گروه پس از قرارداد ورزشی به طور معنادار

جدول ۲. تغییرات لاکتات پلاسما و کراتین کیناز تام سرمی در دو گروه و هر نوبت اندازه‌گیری (هر گروه ده نفر)

شاخص‌ها	مراحل خون‌گیری			مرحله سوم
	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	
لاکتات (میلی مول / لیتر)	گروه مکمل	1/90 ± 0/44	1/77 ± 0/83	3/21 ± 0/49*†
	شبه‌دارو	1/68 ± 0/67	2/05 ± 0/75	4/66 ± 0/35*
کراتین کیناز (واحد بین‌المللی / لیتر)	گروه مکمل	102 ± 10/64	113/31 ± 12/47	150/16 ± 9/56*†
	شبه‌دارو	107/65 ± 21/25	116/73 ± 21/58	164/73 ± 31/57*

* معناداری شاخص‌های مورد مطالعه طی دو مرحله قبل و بعد از انجام فعالیت ورزشی
 † معناداری شاخص‌های مورد مطالعه در گروه مکمل نسبت به گروه شبه‌دارو

پیشنهاد کرده‌اند این ترکیب با ارتقای شارژ انرژی سلولی و افزایش بازجذب کلسیم درون سلولی (فعالیت پمپ کلسیمی) موجبات مهار آنزیم‌های آلوستری گلیکوژن فسفریلاز، فسفوفرکتوکیناز (مهار گلیکوژنولیز و گلیکولیز)، کاهش ترشح و تجمع لاکتات را فراهم می‌سازد (۱۹، ۴).

با این حال، نتیجه تحقیق حاضر با نتایج فو و همکارانش (۱۰)، اسکو و همکارانش (۲۳)، کایکونن و همکارانش (۱۵ و ۱۶)، وستون و همکارانش (۲۵)، و زولیانی و همکارانش (۲۷) در تضاد است، به طوری که گروه زولیانی با مطالعه دوازده دانشجوی غیرورزشکار اشاره داشتند یک ماه مکمل سازی Q10 (روزانه ۱۰۰ میلی گرم)، بر تغییرات شاخص‌های سوخت و سازی، به ویژه لاکتات خون و کراتین کیناز تام (پس از انجام دو وهله فعالیت متوسط روی چرخ کارسنج) هیچ تأثیری ندارد (۲۷).

وستون و همکارانش (۲۵) نیز با بررسی ورزشکاران استقامتی عنوان داشتند ۲۸ روز مکمل سازی کوآنزیم Q10 (با مصرف روزانه ۱ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) هیچ گونه تأثیر معناداری بر لاکتات خون ندارد. تضاد موجود ممکن است به دلیل تفاوت در شیوه مکمل سازی (نوع مکمل، درجه خلوص، میزان و زمان مصرف) و قرارداد ورزشی (شدت، مدت و نوع فعالیت) باشد (۱۰، ۱۲، ۱۸، ۲۳)، زیرا براساس نتایج مطالعات موجود، میزان مصرف روزانه کوآنزیم Q10 (به دلیل نیمه عمر ۳۳ ساعته و خاصیت آب گریزی همراه با وزن مولکولی بالا) به صورت تک وعده‌ای باید حداقل ۲/۵ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از

مکانیکی یا سوخت و سازی) مردان نخبه سنگ‌نورد حاکی است الگوی تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در دو گروه مکمل کوآنزیم Q10 و شبه دارو متعاقب یک جلسه تمرین سنگ‌نوردی و امانده ساز متفاوت است، به طوری که دامنه تغییرات لاکتات و کراتین کیناز تام گروه مکمل نسبت به شبه دارو پس از انجام قرارداد ورزشی به ترتیب در حدود ۴۹ و ۱۳ درصد کمتر است. با این حال، تفاوت دامنه تغییرات لاکتات و کراتین کیناز تام دو گروه قبل از فعالیت ورزشی (مرحله یک و دو پس از اتمام دوره مکمل سازی) معنادار نیست (جدول ۲).

به هر حال، نتیجه تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر معنادار مکمل سازی چهارده روزه کوآنزیم Q10 بر دامنه تغییرات لاکتات و کراتین کیناز تام متعاقب قرارداد ورزشی با نتایج برخی مطالعات قبلی از جمله کان و همکارانش (۱۸ و ۱۹)، و هی ال و همکارانش (۱۲) همسوست. به عبارتی، مکمل سازی کوآنزیم Q10 در موقعیت‌های فشار آفرین مانند فعالیت‌های ورزشی سنگین (با افت سطح پلاسمایی کوآنزیم Q10) ممکن است با افزایش سطح کوآنزیم Q10 پلاسمایی - سلولی باعث افزایش فسفردار کردن اکسایشی، تسریع انتقال الکترون از فلاووپروتئین‌ها به سیتوکروم‌ها (یعنی بازسازی هوازی ذخایر انرژی زیستی درون سلولی: آدنوزین تری فسفات)، تشدید دسترسی به منابع غیر کربوهیدراتی، افزایش سوخت و ساز اسیدهای چرب (وابستگی کمتر به مسیر گلیکولیز بی‌هوازی) و در نهایت انباشتگی کمتر لاکتات باشد (۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۲). به علاوه، درباره سازوکار مرتبط با تأثیر کوآنزیم Q10 درون زاد و برون زاد بر لاکتات، برخی محققان

کنترل است. بنابراین، می‌توان گفت مکمل‌سازی Q10 در شرایط استراحت و فعالیت‌های بدنی زیربیشینه سبک و متوسط احتمالاً (به دلیل عدم وابستگی به دستگاه گلیکولیز بی‌هوازی و تأکید بیشتر بر سوخت‌وساز اسیدهای چرب) بر سطوح لاکتات خون تأثیر ندارد (۱۰).

به هر حال، در برخی مطالعات اشاره شده است که مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 (تا کمتر ۰/۶ میکروگرم در لیتر) متعاقب فعالیت‌های نسبتاً شدید (یا نزدیک به آستانه بی‌هوازی LTP2) ممکن است با تجمع لاکتات (اسیدوز و پیامدهای بعدی آن)، افت دسترسی به انرژی زیستی (پروتئولیز ناشی از تجمع کلسیم درون سلولی) و حتی فشار اکسایشی باعث بروز آسیب سلولی (پراکسیداسیون و ناپایداری غشای فسفولیپیدی) یا تغییرات نامطلوب شاخص‌های غیرمستقیم فشار و آسیب عضلانی مانند کراتین کیناز تام سرمی شود (۴،۱۴،۱۸،۲۳).

در این راستا، نتیجه تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر مکمل‌سازی کوتاه‌مدت کوآنزیم Q10 بر تغییرات کراتین کیناز تام سرمی مردان نخبه سنگ‌نورد با نتایج برخی مطالعات قبلی همسوست (۱۲،۱۸،۱۹،۲۲). یکی از سازکارهای احتمالی ممکن است مربوط به نقش کوآنزیم Q10 در پایداری غشای فسفولیپیدی باشد (کاهش افت انرژی و فشار اکسایشی) (۴،۱۹،۲۲).

با این حال، یافته حاضر با برخی نتایج قبلی از جمله اسکو و همکارانش (۲۳) کایکونن و همکارانش (۱۵ و ۱۶) و زولیانی و همکارانش (۲۷) در تضاد است. تضاد موجود ممکن است به

وزن بدن باشد تا سطح پلاسمایی آن به حد ۲/۵ میکروگرم در میلی‌لیتر (حداقل سطح مفید مربوط به بهبود عملکردهای قلبی-عروقی) برسد (۳،۵،۲۰). این در حالی است که میزان مصرف روزانه آزمودنی‌های زولیانی و وستون کمتر از سطح اثرگذاری کوآنزیم Q10 است (۱۰،۲۰،۲۵،۲۷). علاوه بر این، در فعالیت‌های تحقیق زولیانی در فعالیت بدنی با شدت متوسط شرکت داشتند (۱۴،۲۷). از این رو، دور از انتظار نیست که سطح لاکتات گروه مکمل با شبه‌دارو مشابه باشد، زیرا نتایج برخی تحقیقات حاکی است مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 با مصرف روزانه ۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تنها در شرایط افت کوآنزیم Q10 درون سلولی (مانند افت ناشی از افزایش سن و بروز بیماری‌های استحال‌ای یا شرکت در فعالیت‌های نسبتاً شدید) باعث کاهش لاکتات تولیدی و پیامدهای بعدی آن می‌شود (۵،۶،۱۰).

نتایج مربوط به تغییرات لاکتات پلاسمایی پایه در تحقیق حاضر همراه با نتایج فو و همکارانش (۱۰) خود مؤید این مطلب است (۱۰)، به طوری که فو و همکارانش (۱۰) با بررسی اثر مقادیر مختلف مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 (با مصرف ۱/۵، ۱۵ و ۴۵ میلی‌گرم در روز به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) متعاقب یک وهله فعالیت‌های متوسط وامانده‌ساز (شنا با باری معادل ۵ درصد وزن بدن) اشاره داشتند که هیچ تفاوتی بین سطح لاکتات موش‌های سوری دریافت‌کننده مکمل و کنترل مشاهده نشد، اما زمان واماندگی و غلظت گلیکوژن کبدی آزمودنی‌های دریافت‌کننده مکمل به طور معنادار بیش از گروه

1. Second lactate turn point (or Anaerobic threshold)

زنان ۲۴-۱۷۰ واحد بین‌المللی در لیتر) (۴،۹). همچنین، در مطالعات گذشته اشاره نشده که مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 به طور مستقیم از پارگی سارکولما و آسیب سلولی ناشی از فشار و بارکاری مربوط به فعالیت‌های مقاومتی جلوگیری می‌نماید. به‌علاوه، نمی‌توان از دخالت ناهمگونی و حجم اندک نمونه‌های مورد مطالعه بر تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری گروه تحقیقاتی اسکو چشم‌پوشی کرد (۲۳). به هر حال، بدون توجه به محدودیت عدم اندازه‌گیری تغییرات کوآنزیم Q10 پلاسمایی، نتیجه تحقیق حاضر حاکی است چهارده روز مکمل‌سازی کوآنزیم Q10 با مصرف روزانه ۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن از تغییرات نامطلوب آنزیم کراتین کیناز تام سرمی مردان نخبه سنگ‌نورد پس از یک جلسه تمرین وامانده‌ساز جلوگیری می‌کند.

نتیجه‌گیری

در کل، با مقایسه نتایج تحقیق حاضر و یافته‌های قبلی می‌توان گفت مکمل‌سازی چهارده روزه کوآنزیم Q10 (با مصرف روزانه ۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) ممکن است از افزایش لاکتات پلاسمایی و کراتین کیناز تام سرمی پس از یک ساعت تمرین سنگ‌نوردی سرطاب وامانده‌ساز جلوگیری نماید. لازم به ذکر است که درباره عوارض مصرف این مکمل‌سازی (حتی با مقادیر مصرفی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در روز) تاکنون گزارشی داده نشده است (۱۰)، اما بهتر است تا روشن شدن آثار قطعی مکمل‌سازی‌های کوتاه و بلندمدت

دلیل تفاوت در نوع طرح، آزمودنی، مکمل‌سازی و قراردادهای ورزشی تحقیق حاضر در مقایسه با تحقیقات گذشته باشد (۴،۵،۱۰،۱۹،۲۳). برای مثال، اسکو و همکارانش (۲۳) با بررسی چهارده فرد مبتلا به نشانگان پسا فلجی^۱ (هشت زن و شش مرد) طی دوازده هفته تمرینات وزنه‌تمرینی (سه جلسه در هفته با شدت اولیه ۵۰-۶۰ درصد یک تکرار بیشینه) اشاره داشتند که مصرف روزانه ۲۰۰ میلی‌گرم کوآنزیم Q10 (دو وعده ۱۰۰ میلی‌گرمی صبح و شب) هیچ تأثیر معناداری بر کراتین کیناز تام ندارد (۲۳).

در این راستا، باید اذعان داشت سازوکار و الگوی تغییرات آنزیم کراتین کیناز تام سرمی متعاقب فعالیت‌های هوازی و مقاومتی متفاوت است، به طوری که افزایش آنزیم کراتین کیناز تام سرمی متعاقب فعالیت‌های مقاومتی عمدتاً به دلیل پارگی سارکولما یا غشای سلول عضلانی رخ می‌دهد، در حالی که افزایش غلظت سرمی این آنزیم متعاقب فعالیت هوازی و استقامتی بیشتر بر اثر نشت ناشی از افت انرژی و ناپایداری یا آسیب ناشی از پراکسایش فسفولیپیدهای غشای سلولی است (۴،۱۸،۱۹).

همچنین، الگوی تغییرات این شاخص پس از تمرینات هوازی به شکلی است که پس از ۲۴ ساعت به اوج خود می‌رسد، سپس به تدریج کاهش می‌یابد. در حالی که بر اثر فشار مکانیکی حین تمرینات مقاومتی (به‌ویژه انقباض‌های برون‌گرای غیرمرسوم) ممکن است سطح سرمی این شاخص همچنان به دلیل بروز آسیب سلولی به طور معناداری تا هشت روز بالاتر از سطح طبیعی باشد (مردان ۲۴-۱۹۵ و

1. Post-polio syndrome

کوآنزیم Q۱۰ بر سایر شاخص‌های زیست‌شیمیایی با احتیاط لازم (مشورت و نظارت پزشکان و افراد متخصص) از این مکمل‌سازی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله بر اساس پایان‌نامه آقای منصور آقایی جهت دریافت مدرک کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش از دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز تهیه شده است. لذا از همکاری مسئولان محترم، به ویژه مدیریت تربیت‌بدنی دانشگاه تبریز، جهت فراهم نمودن امکان تمرین برای سنگ‌نوردان و در اختیار گذاشتن دیواره سنگ‌نوردی دانشگاه تبریز، سپاسگزاری می‌نمایم. به علاوه، از همکاری آقای سیامک غضنفرزاده (مریی سنگ‌نوردی) و ورزشکارانی که در مطالعه حاضر شرکت داشتند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

۱. جعفری، افشار؛ ذکری، رسول؛ دهقان، غلامرضا، ۱۳۹۰، «تأثیر مکمل سازی کوتاه مدت عصاره سیر بر لاکتات پلاسما و کراتین کیناز تام سرمی مردان سالم پس از یک وهله فعالیت هوازی»، المپیک، سال نوزدهم، شماره ۳، پیاپی ۵۵، ص ۸۱-۹۳.
۲. حامدی نیا، محمدرضا؛ نیک بخت، حجت الله؛ رسایی، محمدجواد؛ گائینی، عباسعلی؛ سلامی، فاطمه، ۱۳۸۱، «اثر ورزش درمانده ساز بر شاخص های استرس اکسایشی و آنزیم کراتین کیناز در دانشجویان ورزشکار، المپیک، سال دهم، شماره ۳ و ۴، پیاپی ۲۲، ص ۳۹-۴۷.
3. Bhagavan, H.N.; Chopra, R.K. (2006). "Coenzyme Q10: absorption, tissue uptake, metabolism and pharmacokinetics". *Free Radic Res.* 40:445-53.
4. Brancaccio, P.; Maffulli, N.; Limongelli, F.M. (2007). "Creatine kinase monitoring in sport medicine". *Brit Med Bull.* 81-82:209-30.
5. Cooke, M.; Iosia, M.; Buford, T.; Shelmadine, B.; Hudson, G.; Kerksick, C. et al. (2008). "Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals". *J Int Soc Sports Nutr.* 5:8.
6. Deichmann, R.; Lavie, C.; Andrews, S. (2010). "Coenzyme q10 and statin-induced mitochondrial dysfunction". *Ochsner J.* 10:16-21.
7. Dill, D.B.; Costill, D.L. (1974). "Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration". *J Appl Physiol.* 37:247-8.
8. Ehlers, G.G.; Ball, T.E.; Liston, L. (2002). "Creatine kinase levels are elevated during 2-a-day practices in collegiate football players". *J Athl Training.* 37:151-6.
9. Ehrman, J.K. (2010). American College of Sports Medicine. ACSM's resource manual for Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; pp 2-84.
10. Fu, X.; Ji, R.; Dam, J. (2010). "Antifatigue effect of coenzyme Q10 in mice". *J Med Food.* 13:211-5.
11. Gibson, R.S. (2005). Principles of nutritional assessment. 2nd edition. New York: Oxford University Press; 149-96.
12. He, L.; Li, G.; Feng, X.; Shi, H.; Chang, D.; Ye, K. et al. (2008). "Effect of energy compound on skeletal muscle strain injury and regeneration in rats". *Ind Health.* 46:506-12.
13. Heyward, V.H. (2010). Advanced fitness assessment and exercise prescription. 6th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; pp 75-79.
14. Hofmann, P.; Tschakert, G. (2011). "Special needs to prescribe exercise intensity for scientific studies". *Cardiol Res Pract.* 209302.
15. Kaikkonen, J.; Nyyssonen, K.; PorkkalaSarataho, E.; Poulsen, H.E.; MetsaKetela, T.; Hayn, M. et al. (1997). "Effect of oral coenzyme Q10 supplementation on the oxidation resistance of human VLDL+LDL fraction: Absorption and antioxidative properties of oil and granule-based preparations". *Free Radical Bio Med.* 22:1195-202.
16. Kaikkonen, J.; Tuomainen, T.P.; Nyyssonen, K.; Salonen, J.T. (2002). "Coenzyme Q10: absorption,

- antioxidative properties, determinants, and plasma levels". *Free Radic Res.* 36:389-97.
17. Kaminsky, L.A. (2010). *American College of Sports Medicine. ACSM's health-related physical fitness assessment manual.* 3rd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins Health; pp 61-71.
 18. Kon, M.; Kimura, F.; Akimoto, T.; Tanabe, K.; Murase, Y.; Ikemune, S. et al. (2007). "Effect of Coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats". *Exerc Immunol Rev.* 13:76-88.
 19. Kon, M.; Tanabe, K.; Akimoto, T.; Kimura, F.; Tanimura, Y.; Shimizu, K. et al. (2008). "Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzyme Q10". *Br J Nutr.* 100:903-9.
 20. Littarru, G.P.; Tiano, L. (2007). "Bioenergetic and antioxidant properties of coenzyme Q10: recent developments". *Mol Biotechnol.* 37:31-7.
 21. Mizuno, K.; Tanaka, M.; Nozaki, S.; Mizuma, H.; Ataka, S.; Tahara, T. et al. (2008). "Antifatigue effects of coenzyme Q10 during physical fatigue". *Nutrition.* 24:293-9.
 22. Shimomura, Y.; Suzuki, M.; Sugiyama, S.; Hanaki, Y.; Ozawa, T. (1991). "Protective effect of coenzyme Q10 on exercise-induced muscular injury". *Biochem Biophys Res Commun.* 176:349-55.
 23. Skough, K.; Krossen, C.; Heiwe, S.; Theorell, H.; Borg, K. (2008). "Effects of resistance training in combination with coenzyme Q10 supplementation in patients with post-polio: a pilot study". *J Rehabil Med.* 40:773-5.
 24. Swisher, A.K.; Yeater, R.; Moffett, K.; Baer, L.; Stanton, B. (2003). "A comparison of methods to determine body fat in individuals with cystic fibrosis: a pilot study". *JEPonline.* 6:105-114.
 25. Weston, S.B.; Zhou, S.; Weatherby, R.P.; Robson, S.J. (1997). "Does exogenous coenzyme Q10 affect aerobic capacity in endurance athletes?" *Int J Sport Nutr.* 7:197-206.
 26. Zhou, S.; Zhang, Y.; Davie, A.; Marshall-Gradsnik, S.; Hu, H.; Wang, J. et al. (2005). "Muscle and plasma coenzyme Q10 concentration, aerobic power and exercise economy of healthy men in response to four weeks of supplementation". *J Sports Med Phys Fitness.* 45:337-46.
 27. Zuliani, U.; Bonetti, A.; Campana, M.; Cerioli, G.; Solito, F.; Novarini, A. (1989). "The influence of ubiquinone (Co Q10) on the metabolic response to work". *J Sports Med Phys Fitness.* 29:57-62.
 28. Watts, P.B.; Joubert, L.M.; Lish, A.K.; Mast, J.D. and Wilkins, B. (2003). "Anthropometry of young competitive sport rock climbers". *Br J Sports Med.* 37 420-424.
 29. Werner, I.; Gebert, W. (2000). Blood lactate responses to competitive climbing. In: Messinger N, Patterson W, Brook D (eds) *Th*