

مقایسه دو و چهار هفته مکمل یاری کوآنزیم Q10 بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی ورزشکاران استقامتی مرد جوان

حبیب‌اله دشتی^۱، لطفعلی بلبلی^۲، معرفت سیاه‌کوهیان^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی*

۳. استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۰۷

چکیده

هدف از این پژوهش نیمه‌تجربی، تعیین تأثیر دو و چهار هفته مکمل یاری کوآنزیم Q10 بر آستانه تهویه (VT) و آستانه تنفسی جبرانی (RCP) ورزشکاران استقامتی مرد جوان بود. جهت انجام پژوهش، ۱۴ مرد جوان ورزشکار (با میانگین سنی $22/4 \pm 1/2$ سال، درصد چربی $12/5 \pm 4/4$ و توان هوازی $53/3 \pm 2/7$ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) به‌طور تصادفی در دو گروه مساوی (هفت نفره) قرار گرفته و در یک پژوهش دوسویه‌کور به‌مدت چهار هفته، کوآنزیم Q10 (گروه مکمل) و دکستروز (گروه کنترل) را به‌مقدار ۶۰ میلی‌گرم در روز به‌صورت کپسول مصرف نمودند. در ادامه، دو گروه به‌منظور تعیین آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی، آزمون بیشینه فزاینده ایلینف را در روزهای اول، چهاردهم و بیست و هشتم بر روی نوارگردان انجام دادند. شایان‌ذکر است که گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه گازآنالیزور نفس به نفس جمع‌آوری گردید و مقادیر VO_2 ، VCO_2 و VE اندازه‌گیری شد. اکسیژن معادل با آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی نیز در فواصل زمانی ۱۵ ثانیه‌ای برآورد گردید. همچنین، به‌منظور مقایسه متغیرها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، آزمون تعقیبی بونفرونی (درون‌گروهی) و تی مستقل (بین‌گروهی) استفاده شد ($P < 0.05$). نتایج نشان می‌دهد که در گروه کوآنزیم Q10، میانگین اکسیژن مصرفی معادل با آستانه تهویه و VO_{2max} افزایش معناداری داشته است؛ اما این افزایش نسبت به گروه کنترل اختلاف معناداری ندارد ($P > 0.05$). علاوه‌براین، در هیچ‌یک از گروه‌ها، آستانه تنفسی جبرانی در سه مرحله زمانی اختلاف معناداری را نشان نمی‌دهد ($F_{(2,12)} = 1.19$, $P = 0.34$). به‌طورکلی، مکمل یاری کوآنزیم Q10 به‌مدت دو و چهار هفته، تأثیر معناداری بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی مردان جوان ورزشکار نداشته است؛ در نتیجه، مکمل یاری کوآنزیم Q10 به‌مقدار ۶۰ میلی‌گرم در روز به‌مدت دو و چهار هفته، تأثیری بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی ورزشکاران استقامتی مرد جوان ندارد.

واژگان کلیدی: آستانه تهویه، آستانه تنفسی جبرانی، مکمل یاری کوآنزیم Q10

مقدمه

به نظر می‌رسد که پس از رسیدن به سطح ویژه‌ای از سازگاری تمرینی، بهبود عملکرد، مستقل از تغییرات حداکثر اکسیژن مصرفی می‌باشد. براساس مطالعات مشخص شده است که متغیرهایی همچون آستانه تهویه (VT)^۱ و آستانه تنفسی جبرانی (RCP)^۲، هم‌بستگی بالایی با حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max})^۳ دارند؛ زیرا، این متغیرها نشان‌دهنده یک ظرفیت کسری استفاده شده از VO_{2max} می‌باشند (۱). براساس فرضیه کلاسیک آستانه بی‌هوازی، یک عملکرد ورزشی در شدت کمی پایین‌تر از آستانه بی‌هوازی می‌تواند از انباشت لاکتات خون و شرایطی که سیکل تشکیل اکتین - میوزین را تغییر می‌دهد و به خستگی محیطی زودرس منجر می‌شود، جلوگیری نماید. علاوه بر این، این شدت فعالیت را می‌توان به مدت طولانی و بدون کاهش معنادار گلیکوژن ادامه داد (۲)؛ بنابراین، با در نظر گرفتن تئوری‌های فیزیولوژیکی ذکر شده، اندازه‌گیری آستانه‌های هوازی و بی‌هوازی (به‌عنوان کسری از حداکثر اکسیژن مصرفی) می‌تواند بهترین شاخص برای پیش‌بینی شدت مطلوب عملکرد باشد (۲،۳). در طول یک تمرین فزاینده، اولین افزایش در غلظت لاکتات خون منجر به افزایش نامتناسب بازده دی‌اکسیدکربن^۴ می‌شود که با افزایش برداشت اکسیژن ناشی از بافرینگ پروتون با منشا اسیدلاکتیک توسط بیکربنات مرتبط می‌باشد (۴). اجسام کاروتیدی در پاسخ به افزایش اندک فشار سهمی دی‌اکسیدکربن، تهویه را افزایش می‌دهند؛ از این رو، تهویه دقیقه‌ای (VE) اغلب به شکل نامتناسبی افزایش می‌یابد. شایان ذکر است که بارکاری معادل با این اتفاقات از این رو آستانه تهویه (VT) نامیده می‌شود که یک پدیده متابولیکی می‌باشد. به‌طور کلی و براساس دلایل فیزیولوژیکی، این شدت فعالیت منعکس‌کننده آستانه هوازی است (۵). در این زمینه، مهیر^۵ و همکاران (۲۰۰۵) این آستانه را "آستانه تبادل گازی هوازی"^۶ نامیده‌اند (۳). آستانه تنفسی جبرانی نشان‌دهنده پرتهویه‌ای ناشی از تمرین است که در آن VE مرتبط با VCO₂ به‌طور نامتناسب افزایش می‌یابد (۳). با توجه به تعریف، آستانه تنفسی جبرانی یک پدیده تهویه‌ای محسوب می‌شود. در پیشینه پژوهش از این آستانه با عنوان "آستانه تبادل گازی بی‌هوازی" نیز یاد شده است (۳،۶).

-
1. Ventilator Threshold
 2. Respiratory Compensation Point
 3. Maximal Oxygen Uptake
 4. Excess CO₂
 5. Meyer
 6. AerT_{ge}

علاوه بر این، کوآنزیم Q10 به عنوان کوفاکتور در فرایندهای تنفس سلولی، متابولیسم هوازی، متابولیسم اکسیداتیو و تنفس سلولی نقش دارد. مطالعات نشان داده اند که کوآنزیم Q10 می تواند از بروز برخی آسیب های ورزشی جلوگیری کرده و یا از شدت آن ها بکاهد (۷). همچنین، این احتمال وجود دارد که مکمل دهی کوآنزیم Q10 باعث بهبود عملکرد ورزشی هوازی و بی هوازی شود؛ باین حال، مطالعاتی که بر مبنای این فرضیه طراحی و اجرا شده اند، نتایج متفاوتی را ارائه نموده اند (۷،۸).

مطالعات متعددی تأثیر معنادار مصرف کوآنزیم Q10 بر بهبود عملکرد و بیماری ها را گزارش کرده اند (۸،۹). در برخی از آن ها نشان داده شده است که مصرف این ماده حجم ضربه ای، کسر تزریقی و ظرفیت تمرین را در ورزشکاران افزایش داده و کمبود آن منجر به فشار متابولیکی و تشکیل رادیکال های آزاد در طول تمرین شدید می شود (۱۰). همچنین، مصرف کوآنزیم Q10 کاهش حس خستگی، بهبود عملکرد و کاهش آسیب عضلانی (سطوح کراتین کیناز و افزایش VO_{2max}) آزمودنی ها را در پی داشته است (۱۱).

در این ارتباط، در یک مطالعه تصادفی دوسویه کور متقاطع، مصرف روزانه ۲۰۰ میلی گرم کوآنزیم Q10 به مدت شش هفته، زمان رسیدن به آستانه بی هوازی به عنوان شاخص عملکرد را در آزمودنی های ورزشکار بهبود بخشید (۱۲). در مدل حیوانی نیز مصرف مکمل کوآنزیم Q10، سطوح آن را در فیبر عضلات کندانقباض افزایش داده و از آسیب عضلانی به وجود آمده در اثر تمرین استقامتی کاسته بود (۱۳). در این زمینه، آلف^۱ و همکاران (۲۰۱۳) و دمیرجی و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر مثبت کوآنزیم Q10 بر عملکرد ورزشی اسکی بازان و افراد بدون تمرین را گزارش نموده اند (۱۴،۱۵).

هرچند ادعا شده است که کوآنزیم Q10 عملکرد ورزشی و ظرفیت تمرینی را افزایش می دهد؛ اما در پیشینه مطالعات، اتفاق نظری در این زمینه وجود ندارد؛ به طوری که در برخی از پژوهش ها، افت عملکرد (۱۶) و عدم تأثیر بر آن (۱۷) در پی مصرف کوآنزیم Q10 گزارش شده است. در این ارتباط، گوکبل^۲ و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود عدم افزایش عملکرد ورزشی در پی ۱۴ روز مصرف کوآنزیم Q10 را نشان داده اند (۱۸).

لازم به ذکر است که مطالعات اندکی به مطالعه تأثیر کوآنزیم Q10 بر عملکرد ورزشی و توان ورزشی پرداخته اند. از سوی دیگر، بیشتر مطالعات در راستای کوآنزیم Q10 در حوزه پزشکی و به ویژه

1. Alf
2. Gökbel

بیماری‌های قلبی و عصبی انجام گرفته‌اند (۸،۱۹). در حوزه فیزیولوژی ورزشی نیز بیشتر مطالعات بر روی تأثیرات آنتی‌اکسیدانی کوآنزیم Q10 متمرکز شده‌اند (۷). از سوی دیگر، در ارتباط با مدت‌زمان مکمل‌دهی کوآنزیم Q10 نتایج متفاوتی گزارش شده است؛ به‌عنوان مثال، بلومر^۱ و همکاران (۲۰۱۲) عدم بهبود عملکرد ورزشی در پی چهار هفته مصرف کیوتن را در ورزشکاران (۱۰ مرد و پنج زن) گزارش نموده‌اند؛ هرچند که غلظت پلاسمایی آن‌ها افزایش معناداری را نشان داده است (۲۰). در پژوهش آلف و همکاران (۲۰۱۳) نیز گروه تجربی پس از مکمل‌دهی کوآنزیم Q10، افزایش معنادار اوج توان بیشتری نسبت به گروه کنترل داشته‌اند (۱۴)؛ در حالی که حتی پس از یک هفته مصرف این ماده به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در روز، بهبود عملکرد در اسکی‌بازان استقامتی مشاهده شده است (۱۵). علاوه‌براین، چندین پژوهش در ارتباط با مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 (۱۵۰-۶۰ میلی‌گرم در روز و به‌مدت دو تا چهار هفته) که در آنها بهبود توان هوازی، آستانه بی‌هوازی، عملکرد ورزشی و بازگشت به حالت اولیه پس از ورزش به‌عنوان شاخص عملکرد در ورزشکاران تمرین‌کرده و افراد تمرین‌نکرده در نظر گرفته شده بود، نتایج متفاوت و متناقضی را گزارش نموده‌اند (۱۳)؛ از این‌رو، با توجه به مطالعات محدود و متناقض مرتبط با اثرات مکمل‌دهی کوآنزیم Q10 بر عملکرد، این سؤال مطرح می‌باشد که آیا مکمل‌دهی کوآنزیم Q10 به‌مدت دو و چهار هفته، تأثیری بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی دارد؟ و نیز این‌که آیا این دو مدت مکمل‌یاری تفاوتی با یکدیگر دارند یا خیر؟ بنابراین، پژوهش حاضر با عنوان "مقایسه دو و چهار هفته مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی ورزشکاران استقامتی مرد جوان انجام گرفت.

روش پژوهش

پژوهش حاضر به روش نیمه‌تجربی انجام شده است و طرح آن به‌صورت اندازه‌گیری‌های مکرر با گروه کنترل می‌باشد. جهت انجام پژوهش، ۱۴ مرد ورزشکار استقامتی داوطلب که معیارهای ورود به پژوهش را داشتند، یک هفته پیش از شروع پژوهش در جلسه‌ای به‌صورت کتبی و شفاهی با پروتکل پژوهش آشنا شده و فرم رضایت‌نامه را آگاهانه امضا نمودند. جهت آگاهی از وضعیت تندرستی و فعالیت بدنی ورزشکاران، پرسش‌نامه ویژه‌ای با استفاده از تجارب پژوهشگران گذشته تنظیم گردید (۲۱). معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: داشتن فعالیت منظم ورزشی، سابقه تمرین استقامتی، عدم بیماری (عفونی، ایمنی، متابولیکی، قلبی - عروقی، تنفسی و ارتوپدی)،

نداشتن مصدومیت، مصرف نکردن دارو (استروئیدهای آنابولیک و داروهای سمپاتوآدرنال) و سیگار و عدم استفاده از مکمل ورزشی. افراد انتخاب شده به روش تصادفی هدفمند در دو گروه مکمل (هفت نفر) و کنترل (هفت نفر) قرار گرفتند. لازم به ذکر است که سلامت عمومی شرکت کنندگان توسط پزشک مورد تأیید قرار گرفت و در اجرای این پژوهش مفاد اعلامیه هلسینکی^۱ رعایت گردید. آزمودنی‌ها سه روز پیش از انجام پژوهش در هیچ فعالیت بدنی شرکت نداشتند و از ۴۸ ساعت قبل، غذای حاوی کافئین و کوآنزیم Q10 (گوشت، مواد لبنی و غذاهای دریایی) را استفاده نکرده بودند. همچنین، به آزمودنی‌ها توصیه شد که شب قبل از انجام آزمون‌ها، بی‌خوابی نداشته باشند. جهت کنترل برنامه تمرینی و میزان کالری دریافتی شرکت کنندگان نیز مقادیر دریافت مواد مغذی با استفاده از پرسش‌نامه^{۱۰۰} قسمتی غذای دریافتی در هفت روز متوالی پیش از اجرای پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت (۲۲).

شایان ذکر است که ویژگی‌های آنترپومتریکی آزمودنی‌ها توسط دستگاه بایوایمپدنس^۲ ارزیابی گردید. علاوه بر این، با استفاده از آزمون هوازی بروس^۳، حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. این آزمون شامل هفت مرحله سه دقیقه‌ای است که در آن به تدریج سرعت و شیب نوارگردان تا زمان رسیدن فرد به مرز واماندگی افزایش می‌یابد. ذکر این نکته ضرورت دارد که جهت حصول اطمینان از رسیدن آزمودنی‌ها به حداکثر اکسیژن مصرفی، سه شرط از ضربان معادل ۹۵ درصد از ضربان قلب بیشینه (سن - ۲۲۰)، نسبت تبادل تنفسی معادل (۱/۱۵)، رسیدن نمودار اکسیژن مصرفی و ضربان قلب (VO_2/HR) به حالت یکنواختی یا کفه (افزایش VO_2 کمتر از ۱۵۰ میلی‌لیتر در دقیقه) (۲۳) و اعلام رسیدن به واماندگی از سوی آزمودنی لازم بود (۲۴) و بر این اساس، آزمودنی‌هایی که حداکثر اکسیژن مصرفی آن‌ها کمتر از ۴۵ میلی‌لیتر/دقیقه بر کیلوگرم بود، از پژوهش حذف شدند. روز قبل از اعمال متغیرهای مستقل، آزمودنی‌ها آزمون ایلیف^۴ را به عنوان پیش‌آزمون^۵ اجرا نمودند (۲۵). این آزمون با سرعت ۸/۵ کیلومتر در ساعت آغاز گردید و در هر ۹۰ ثانیه، ۱/۲ کیلومتر در ساعت تا رسیدن به واماندگی افزایش یافت. شایان ذکر است که شیب ۲/۵ درصد در طول آزمون ثابت بود. آزمون ایلیف در روزهای پیش‌آزمون، چهاردهم و بیست و هشتم توسط تمامی آزمودنی‌ها اجرا گشت.

-
1. Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research
 2. Ioi 536, Body Composition Analyzer, Germany
 3. Bruce Treadmill Test
 4. Iliev Maximal Incremental Test
 5. Pre-Test

ابتدا، آزمودنی‌ها مرحله گرم کردن را به مدت ۱۰ دقیقه روی نوارگردان^۱ اجرا نمودند و از ابتدای آزمون تا مرحله واماندگی، گازهای تنفسی آزمودنی‌ها به صورت نفس به نفس از طریق ماسک (فضای مرده ماسک ۱۶۰ میلی‌لیتر بود و هوای دم و بازدم از یک دریچه عبور می‌کرد) دستگاه گازآنالیزور^۲ جمع‌آوری گردید. سپس، میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در فواصل زمانی ۱۵ ثانیه توسط برنامه محاسبه گشت و مورد استفاده قرار گرفت.

علاوه بر این، یک روز پس از اعمال متغیر مستقل، آزمودنی‌ها این برنامه را به مدت ۲۸ روز اجرا کردند که در آن، کوآنزیم Q10 تولید کشور کانادا به مقدار ۶۰ میلی‌گرم و به شکل کپسول‌های ژلاتینی هم‌شکل تهیه گشته و در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده شد. لازم به ذکر است که مصرف مکمل در صورتی مورد تأیید پژوهشگر قرار می‌گرفت که هر آزمودنی در جلسه میان‌آزمون^۳ و پس‌آزمون^۴، بسته‌های خالی مکمل را بازگرداند. در روزهای چهاردهم و بیست و هشتم مجدداً آزمودنی‌ها پروتکل فزاینده ایلیف را به عنوان میان‌آزمون و پس‌آزمون اجرا نمودند (۱۹،۲۰). باید توجه نمود که آن‌ها پروتکل ایلیف را در نوبت صبح و با شکم خالی و گرسنگی شبانه انجام دادند (۲۰) و در طول مدت دویدن اجازه داشتند که به مقدار دلخواه^۵ آب بنوشند (۲۶). شایان توجه است که مقادیر اکسیژن مصرفی (VO_2) مربوط به حداکثر اکسیژن مصرفی و آستانه تهویه (VT) و آستانه تنفسی جبرانی (RCP) توسط دستگاه گاز آنالیزر ثبت گردید و دمای آزمایشگاه در زمان اجرای آزمون بر روی ۲۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. میزان نور نیز ۵۰۰ لوکس و میزان رطوبت ۴۵-۵۵ درصد بود.

پیش از انجام آزمون و به منظور آنالیز مقدار اکسیژن مصرفی (VO_2) و کربن‌دی‌اکسید تولیدشده (VCO_2)، از نمونه هوای (۱۶/۰۰ درصد اکسیژن و ۵/۱۱ درصد دی‌اکسیدکربن) موجود در کپسول استاندارد^۶ استفاده گردید. علاوه بر این، پیش از شروع هر مرحله، جریان سنج^۷ با استفاده از سرنگ سه لیتری^۸ کالیبره گشت.

علاوه بر این، تهویه دقیقه‌ای (VE) و اجزای آن معادل حجم پایان‌دمی (V_T) و تعداد تنفس (f) از روی سیگنال جریان هوا و به ترتیب براساس شرایط دما و فشار بدن (BTPs) و در دقیقه محاسبه گردید. فشار سهمی پایان‌دمی اکسیژن (PET_{O_2}) و دی‌اکسیدکربن (PET_{CO_2})، اکسیژن مصرفی

-
1. Hp Cosmos Mercury, Germany
 2. Metamax 3b, Germany
 3. Mid-Test
 4. Post-Test
 5. Ad Libitum
 6. Carburometalicos, Madrid, Spain
 7. Flow Meter
 8. Cortex Biophysik, Germany

(VO₂) و کربن دی اکسید تولید شده (VCO₂) نیز توسط دستگاه گاز آنالایزر نفس به نفس اندازه گیری شد (۲۷).

VT یا آستانه تهویه با استفاده از روش V-Slope توسط نرم افزار دستگاه گاز آنالایزر و به صورت اتوماتیک محاسبه شد (۳). RCP یا آستانه تنفسی جبرانی نیز با استفاده از رسم گرافیکی VE در محور Y و VCO₂ در محور X در یک نمودار توسط نرم افزار^۱ دستگاه گاز آنالایزر با استفاده از رگرسیون خطی تعیین گردید. لازم به ذکر است که در صورت عدم شناسایی توسط نرم افزار گاز آنالایزر، VT و RCP با نظر دو کارشناس مستقل و با تجربه تعیین می گشت. باید عنوان نمود که VT و RCP به ترتیب با استفاده از اولین افزایش در VE/VO₂ بدون افزایش هم زمان در VE/VCO₂ و (PEtO₂) و نیز VE/VCO₂ و PETCO₂ شناسایی و برآورد شد (۳).

ذکر این نکته ضرورت دارد که در طول آزمون، ضربان قلب آزمودنی ها با استفاده از پولار^۲ ثبت گردید و تمامی مراحل اجرای پروتکل و متغیرهای زمینه ای در محل آزمایشگاه فیزیولوژی انجام گرفت.

علاوه بر این، به منظور توصیف داده ها، محاسبه میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی استفاده شد. آزمون شاپیرو - ویلک^۳ (N<۵۰) نیز برای تعیین نحوه توزیع داده ها، آزمون لوین^۴ برای تعیین تجانس واریانس ها و آزمون موجلی^۵ جهت تعیین شرط کرویت مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، به منظور مقایسه متغیرهای فیزیولوژیکی درون گروهی در مراحل مختلف زمانی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر بهره گرفته شد (در صورت معناداری از آزمون تعقیبی بونفرنی استفاده می گشت). جهت مقایسه تفاضل میانگین متغیرهای فیزیولوژیکی بین گروهی در هر مرحله زمانی نیز از آزمون تی مستقل بهره گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده ها نیز با استفاده از نرم افزار اس.پی.اس.اس^۶ نسخه ۲۲ و در سطح معناداری (P<0.05) صورت گرفت.

-
1. Cortex, Biophysik, Metasoftcpx Testing Software
 2. PolarElectro, Finland
 3. Shapiro-Wilk test
 4. Lvven's ssst
 5. Mauchly's sphericity test
 6. ANOVA with repeated measure
 7. SPSS.22

نتایج

ویژگی‌های فردی و اکسیژن مصرفی شرکت‌کنندگان در پژوهش (پیش از آغاز پژوهش) در جدول شماره یک ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های آنروپومتریکی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد)

متغیر	کوآنزیم Q10 (n=7)	کنترل (n=7)
سن (سال)	۲۲/۱ \pm ۷/۱	۲۲/۱ \pm ۱/۳
قد (سانتی‌متر)	۱۷۰/۲ \pm ۳/۸	۱۷۱/۳ \pm ۲/۱
وزن (کیلوگرم)	۷۰/۶ \pm ۳/۷	۶۹/۵ \pm ۳/۳
درصد چربی	۱۲/۳ \pm ۴/۹	۱۲/۴ \pm ۶/۹
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۱/۵ \pm ۲/۱	۲۱/۴ \pm ۸/۳
توده بدنی خالص (کیلوگرم)	۵۵/۶ \pm ۷/۱	۵۴/۶ \pm ۷/۱
اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۵۳/۲ \pm ۲/۹	۵۳/۲ \pm ۴/۴

نتایج آزمون شاپیرو - ویلک نشان‌دهنده همگنی توزیع طبیعی داده‌ها می‌باشد ($P < 0.05$) (جدول شماره دو).

جدول ۲- آزمون همگنی شاپیرو - ویلک برای VT، RCP و VO_{2max} در دو گروه

متغیر	VT	RCP	VO_{2max}
مرحله	پیش آزمون	پیش آزمون	پیش آزمون
df	۱۴	۱۴	۱۴
P	۰/۱۵	۰/۷۹	۰/۱۳

جدول ۳- مقادیر اکسیژن معادل با VT، RCP و VO_{2max} گروه کوآنزیم Q10 و کنترل در مراحل زمانی

متغیر	مرحله	گروه Q10		گروه کنترل	
		VO_2	% VO_{2max}	VO_2	% VO_{2max}
VT	پیش‌آزمون	۳۲/۸ \pm ۱/۱	۶۱/۷	۳۲/۸ \pm ۰/۷	۶۱/۴
	هفته دوم	۳۴/۷ \pm ۱/۷	۶۵/۲	۳۳/۹ \pm ۲/۴	۶۳/۵
	هفته چهارم	۳۵/۷ \pm ۱/۷	۶۷/۱	۳۵/۱ \pm ۱/۴	۶۵/۷
				$P = ۰/۰۴*$	
RCP	پیش‌آزمون	۴۶/۳ \pm ۱/۶	۸۷/۰	۴۵/۱ \pm ۲/۷	۸۴/۵
	هفته دوم	۴۵/۷ \pm ۴/۰	۸۵/۹	۴۶/۶ \pm ۱/۶	۸۷/۳
	هفته چهارم	۴۶/۹ \pm ۱/۸	۸۸/۲	۴۵/۴ \pm ۰/۸	۸۵/۰
				$P = ۰/۰۱*$	

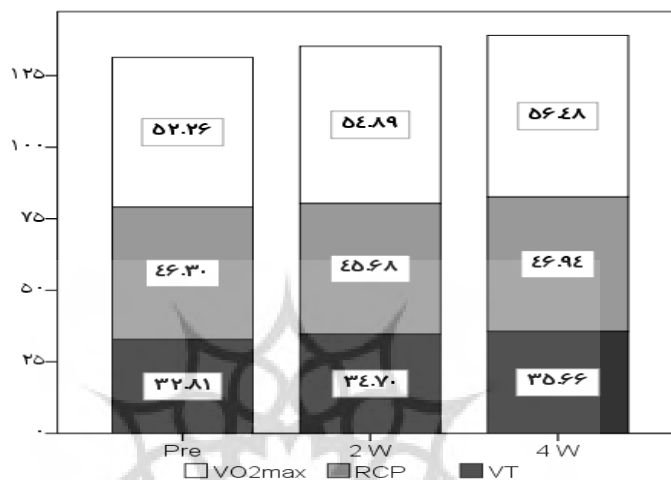
ادامه جدول ۳- مقادیر اکسیژن معادل با VT، RCP و VO₂max گروه کوآنزیم Q10 و کنترل در مراحل

زمانی

گروه کنترل		گروه Q10		مرحله	متغیر
%VO ₂ max	VO ₂	%VO ₂ max	VO ₂		
	P = ۰/۳۴		P = ۰/۵۳		
۹۹/۱	۵۲/۹±۲/۷	۹۸/۷	۵۲/۵±۲/۵	پیش‌آزمون	VO ₂ max
۱۰۳/۴	۵۵/۲±۲/۵	۱۰۳/۲	۵۴/۹±۱/۹	هفته دوم	
۱۰۶/۰	۵۶/۶±۱/۸	۱۰۶/۲	۵۶/۵±۰/۷	هفته چهارم	
	P = ۰/۰۰۸*		P = ۰/۰۲*		

* معناداری بین مرحله پیش‌آزمون با هفته چهارم

نتایج در ارتباط با گروه کوآنزیم Q10 حاکی از آن است که اکسیژن مصرفی در آستانه تهویه (VT) در سه مرحله زمانی اختلاف معناداری با یکدیگر داشته است ($F_{(2,12)} = 11.14, P = 0.002$). VT نیز از مرحله پیش‌آزمون تا میان‌آزمون (دو هفته) افزایش اندکی داشت ($32/8 \pm 1/1$) در مقابل $34/7 \pm 1/7$ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه که معنادار نبود ($P = 0.29$). از سوی دیگر، VT در مرحله زمانی پس‌آزمون (چهار هفته) ($35/7 \pm 1/7$) افزایش یافت که این تغییر درمقایسه با پیش‌آزمون ($P = ۰/۰۱$) معنادار بود؛ اما نسبت به دو هفته مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 ($P = 0.08$) معنادار نبود (جدول شماره دو)؛ بنابراین، می‌توان گفت که چهار هفته مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 از نظر آماری بر اکسیژن مصرفی VT تأثیر معناداری داشته است. شایان‌ذکر است که در گروه کنترل در ارتباط با میانگین اکسیژن مصرفی در آستانه تهویه (VT)، اختلاف معناداری بین مراحل زمانی مشاهده نگردید ($F_{(2,12)} = 0.09, P = 0.08$) (جدول شماره سه).

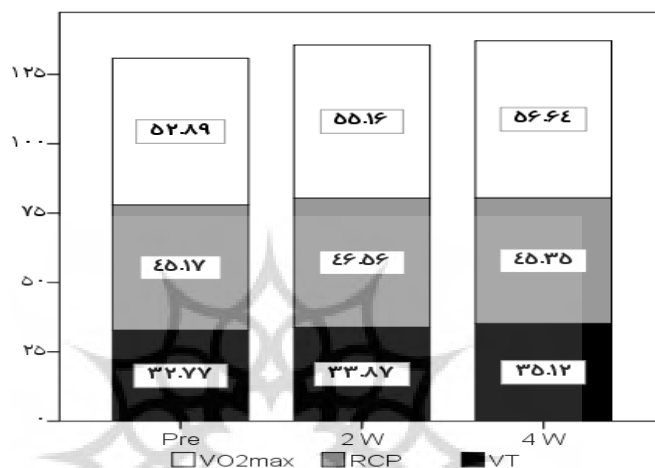


شکل ۱- تغییرات VT، RCP و VO2max در گروه مکمل

درمورد متغیر آستانه تنفسی جبرانی (RCP) نیز میانگین اکسیژن مصرفی در هر دو گروه کوآنزیم Q10 ($F_{(2,12)} = 0.676, P = 0.53$) و کنترل ($F_{(2,12)} = 1.19, P = 0.34$)، افزایش معناداری را در مراحل زمانی مختلف نشان نداد.

براساس یافته‌ها می‌توان گفت باوجود آن که VO2max در هر دو گروه افزایش معناداری داشته است؛ اما نتایج آزمون تی مستقل بیانگر وجود اختلاف معنادار بین دو گروه نمی‌باشد ($P > 0.05$). علاوه بر این، میانگین VO2 در گروه مکمل از ($52/2 \pm 2/5$) در مرحله پیش‌آزمون به ($56/0 \pm 5/7$) در هفته چهارم رسید که به لحاظ آماری معنادار می‌باشد ($P = 0.02$). لازم به ذکر است که این مقدار در گروه کنترل از ($52/2 \pm 9/7$) به ($56/1 \pm 6/8$) افزایش (معنادار) یافته است ($P = 0.008$) (شکل شماره یک و دو).

ذکر این نکته ضرورت دارد که بین دو گروه، اختلاف معناداری در میانگین اکسیژن مصرفی معادل با آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی وجود نداشت ($P > 0.05$)؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 به مدت دو و چهار هفته، تأثیر معناداری بر متغیرهای VT، RCP و VO2max نداشته است.



شکل ۲- تغییرات RCP, VT و VO₂max در گروه کنترل

بحث و نتیجه گیری

کوآنزیم Q10 به عنوان یک ماده ارگوژنیک و ضدخستگی، به طور وسیعی توسط ورزشکاران مورد استفاده قرار می گیرد (۲۳). در پژوهش حاضر، زمانی که عملکرد به صورت VO₂ در آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی در زمان های مختلف مقایسه گردید، مکمل یاری کوآنزیم Q10 به مدت دو و چهار هفته بر VT و RCP مردان جوان ورزشکار تأثیر معناداری نداشت؛ این در حالی است که آستانه تهویه و حداکثر اکسیژن مصرفی، افزایش معناداری یافته بودند. لازم به ذکر است که این تغییرات در گروه کنترل نیز معنادار بودند.

این نتایج با یافته های اوستمان^۱ و همکاران (۲۰۱۲) که در یک مطالعه دوسویه کور، تأثیر مکمل یاری کوآنزیم Q10 را بر روی مردان تمرین کرده مورد ارزیابی قرار دادند، همسو می باشد. آزمودنی های این پژوهش ۲۱ مرد سالم و نسبتاً تمرین کرده با دامنه سنی ۱۹ تا ۴۴ سال بودند. در این پژوهش، مصرف روزانه ۹۰ میلی گرم کوآنزیم Q10 به مدت هشت هفته، تأثیر مشخصی را بر ظرفیت عملکردی (VO₂max و حداکثر ضربان قلب و بارکاری در ضربان قلب معادل آستانه بی هوازی و آستانه لاکتات) نشان نداد (۲۸). علاوه بر این، هرچند شاخص درک فشار بزرگ بهبود

1. Östman

داشت؛ اما پژوهشگران نتوانستند تأثیر متغیر مستقل را از اثر دارونما، سازگاری با تمرین و یا کاهش ناراحتی ناشی از آشنایی با آزمون در مرحله پس از آزمون متمایز دهند.

در پژوهش حاضر از مکمل CoQ10 برای افزایش VT و RCP استفاده شده بود. مربیان و ورزشکاران در طراحی یک برنامه تمرینی، سه سطح شدت را مدنظر قرار می‌دهند: شدت کم (کمتر از آستانه هوازی یا VT)؛ شدت متوسط (دامنه آستانه هوازی تا آستانه بی‌هوازی که معادل با بافرینگ ایزوکاپنیا می‌باشد)؛ شدت بالا (بیشتر از آستانه بی‌هوازی یا RCP) (۲۹). در این راستا، در پژوهشی که در ارتباط با مسابقات دوچرخه‌سواری تور فرانسه توسط لوسیا^۱ و همکاران انجام گرفت، گزارش شد که از ۱۰۰ ساعت مسابقه، به ترتیب ۷۰، ۲۳ و هفت درصد در سطوح شدت یک، دو و سه سپری شده است که این مسأله نشان‌دهنده اهمیت این دو آستانه بوده و بر اهمیت آستانه هوازی و بی‌هوازی تأکید دارد. از این منظر، یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند در طراحی تمرین کاربرد داشته باشد. در ورزش‌های استقامتی، چندین مفهوم آستانه زیربیشینه برای ارزیابی تأثیر تمرین و تعیین شدت تمرین استفاده می‌شوند که بیشترین مدل استفاده‌شده، آستانه تهویه (VT) می‌باشد (۶).

همچنین، دلیل فیزیولوژیکی انتخاب این ماده و این که چطور یک ماده ممکن است به‌طور هم‌زمان بر دو آستانه که یکی نمادی از ظرفیت استقامتی و دیگری نماینده ظرفیت بی‌هوازی فرد است، تأثیرگذار باشد نیز می‌تواند سؤال برانگیز باشد. کوآنزیم Q10 با قرار گرفتن در لایه داخلی میتوکندری و سازماندهی فعالیت آنزیمی درگیر در حمل الکترون، سنتز ATP را راه‌اندازی کرده و به بهبود عملکرد کمک می‌کند؛ در نتیجه، تحریک اکسیداسیون هوازی، VO₂ معادل با VT افزایش یافته و ظرفیت استقامتی پیدا می‌کند (۳۰، ۳۱).

از سوی دیگر، در RCP، لاکتات خون شروع به تجمع کرده و تهویه افزایش می‌یابد. صرف‌نظر از مکانیسم‌های درگیر یا مدل‌های توصیفی این فرایند، تغییرات ایجادشده در نتیجه تجمع لاکتات که شامل: اسیدوز متابولیک، پرتهویه‌ای، اختلال در انقباض عضله و تغییر کنتیک اکسیژن می‌باشد، تأثیر معناداری بر عملکرد قلبی - تنفسی دارد و همگی در اختلال ایجادشده در ظرفیت انجام کار سهیم می‌باشند؛ بنابراین، هرگونه مداخله‌ای که تجمع لاکتات در خون را به تأخیر بیندازد، با افزایش ظرفیت بافرینگ، حائز اهمیت می‌باشد (۳۲). در این زمینه، نتایج پژوهش گورکان^۲ و همکاران (۲۰۰۵) و دمیرجی و همکاران (۲۰۱۴) حاکی از آن است که کوآنزیم Q10 با افزایش تولید انرژی در میتوکندری، لاکتات پلاسما را کاهش می‌دهد (۱۵، ۳۳). از سوی دیگر، کوآنزیم Q10 با افزایش سطوح ۲-۳ دی‌فسفوگلیسرات، منحنی تجزیه هموگلوبین را به سمت راست منتقل کرده و باعث

-
1. Lucia
 2. Gürkan

آزاد شدن اکسیژن در فشار سهمی معین می‌شود. واضح است که این سازوکار با افزایش میزان اکسیژن‌رسانی به عضلات و تولید ATP، سطوح لاکتات را کاهش داده و عملکرد را بهبود می‌بخشد. این امر علاوه بر عضلات اسکلتی، در عضلات قلبی و تنفسی نیز رخ می‌دهد؛ بنابراین، افزایش نیاز به اکسیژن از طریق افزایش انبساط مویرگی، به واسطه افزایش آزادسازی اکسیدنیتریک در لایه اندوتلیال مویرگی و نیز انتقال منحنی تجزیه به راست تأمین می‌شود (۳۴). هرچند به نظر می‌رسد که اسیدوز ناشی از عدم کفایت بافرینگ لاکتات نقش تعیین‌کننده‌ای در پرتهویه‌ای تمرینی دارد؛ اما گیرنده‌های مکانیکی عضله، گیرنده‌های متابولیکی، گیرنده‌های درد، تحریکات عصبی و پتاسیم سرم نیز احتمالاً در ایجاد این مسأله فیزیولوژیکی دخیل می‌باشند (۳۵).

علاوه بر این، مقدار کوآنزیم Q10 مصرف‌شده به‌عنوان مکمل و مدت آن، آزمون‌ها و شاخص‌های ارزیابی عملکرد و ظرفیت تمرینی، عامل روش‌شناختی مؤثر دیگری بر نتایج است؛ به طوری که در پژوهش حاضر، مقدار مکمل دهی ۶۰ میلی‌گرم در روز بود. لازم به ذکر است که در پژوهش کاسترو^۱ و همکاران (۲۰۱۵)، این مقدار معادل ۱۲۰ میلی‌گرم بود که متفاوت از مقدار استفاده‌شده در پژوهش حاضر می‌باشد (۳۶). در این راستا، اوکوا و همکاران (۲۰۱۳) مقدار پلاسمای مؤثر بر عملکرد ورزشکاران را حداقل ۲/۵ میکروگرم گزارش نموده‌اند (۳۷)؛ در حالی که در پژوهش حاضر با توجه به پایین بودن مقدار مصرف روزانه کوآنزیم Q10 (۶۰ میلی‌گرم)، احتمالاً این مقدار کمتر از مقدار بیان‌شده توسط اوکوا و همکاران بوده است که می‌تواند دلیلی بر عدم بهبود عملکرد باشد. ذکر این نکته ضرورت دارد که غلظت عادی کوآنزیم Q10 در افراد سالم معادل ۰/۸ تا یک میکروگرم در میلی‌لیتر می‌باشد (۳۸).

از سوی دیگر، پروتکل استفاده‌شده برای تعیین آستانه‌های تهویه‌ای نیز ممکن است بر نتایج تأثیرگذار باشد. در این ارتباط، می‌توان متذکر شد که مقدار اکسیژن مصرفی در پروتکل‌های نوارگردان، بیشتر از مقادیر مشابه در پروتکل‌های انجام‌شده با دوچرخه می‌باشد. پروتکل‌های بروس^۲ و بالک^۳ ($P < 0.01$)، معادل با آستانه هوازی و آستانه بی‌هوازی را نسبت به پروتکل‌های رمپی^۴ انجام‌شده با دوچرخه، به‌طور معناداری بیشتر برآورد می‌نمایند؛ در حالی که بین این دو پروتکل تفاوت معناداری در مقادیر به‌دست‌آمده وجود ندارد. این اختلاف برآورد در مورد اکسیژن مصرفی معادل با VO_2max نیز گزارش شده است (۳۹). با توجه به این‌که پروتکل استفاده‌شده در پژوهش حاضر نیز با استفاده از نوارگردان انجام شده است، بالا بودن مقادیر اکسیژن مصرفی معادل با VT و

-
1. Castro
 2. Bruce Incremental Protocol Test
 3. Balke
 4. Ramp Protocol

RCP در هر دو گروه قابل توجه می‌باشد. در این زمینه، در پژوهش جلالوندی و همکاران (۲۰۱۴) عدم تأثیر معنادار چهار هفته مصرف کوآنزیم Q10 بر آستانه هوازی و بی‌هوازی گزارش شده است که با نتایج این پژوهش هم‌سویی دارد (۱۱). پژوهش آن‌ها که در ارتباط با آزمودنی‌های زن انجام گرفت، شباهت‌های بسیاری با پژوهش حاضر دارد؛ به‌عنوان مثال در نوع مکمل، نحوه گروه‌بندی و طول مدت اعمال متغیر مستقل (هرچند VO_{2max} افزایش معناداری در پژوهش آن‌ها داشته است). این احتمال وجود دارد که تفاوت آزمون فزاینده بیشینه به‌کارگرفته‌شده برای تعیین آستانه‌ها و فاز IB و HHV و نیز مقدار کوآنزیم Q10 مصرفی (۱۰۰ میلی‌گرم در روز) در بروز این اختلاف مؤثر بوده باشد. شایان‌ذکر است که در پژوهش مذکور از پروتکل هافمن - گیسل^۱ استفاده شده بود که افزایش سرعت کمتری نسبت به آزمون استفاده‌شده در پژوهش حاضر (۱/۲ کیلومتر در ۹۰ ثانیه) داشته است؛ درحالی‌که شیب نوارگردان بیشتر می‌باشد (پنج در مقابل ۲/۵ درجه). این یافته‌ها با نتایج پژوهش کوک^۲ و همکاران (۲۰۰۸) هم‌سویی دارد. آن‌ها پژوهشی را با شرکت ۲۲ آزمودنی ورزشکار و ۱۹ غیرورزشکار به مدت ۱۴ روز انجام دادند که مقدار مصرف مکمل کوآنزیم Q10 معادل ۱۰۰ میلی‌گرم در روز بود. نتایج نشان داد که سطوح سرمی کوآنزیم Q10، VO_{2max} و زمان رسیدن به خستگی افزایش معناداری نداشته است ($P=0/06$) (۱۹). همچنین، گوکبل و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود عدم بهبود عملکرد ورزشی در پی مصرف کوآنزیم Q10 را گزارش نمودند (۱۸) که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌راستا می‌باشد؛ هرچند آزمودنی‌های پژوهش آن‌ها بیماران دیالیزی بودند.

به‌طور کلی، بیشتر مطالعاتی که افزایش عملکرد در پی مصرف مکمل کوآنزیم Q10 را گزارش نموده‌اند، پروتکل پژوهش و تفسیر آماری داده‌های سؤال‌برآنگیزی داشته‌اند؛ بسیاری از آن‌ها فاقد گروه کنترل دارونما بوده‌اند (۱۶) و کوآنزیم Q10 را همراه با مکمل‌های دیگر مصرف نموده‌اند (۱۱،۳۶). علاوه بر این، میزان سلامت، سن و فعالیت بدنی افراد نیز مهم به‌نظر می‌رسد؛ به‌طوری‌که آزادشدن کوآنزیم Q10 در افراد بالای ۳۰ سال به‌تدریج کاهش می‌یابد (۴۰). با توجه به جوان بودن آزمودنی‌های پژوهش حاضر، پایین بودن میانگین سنی آزمودنی‌ها می‌تواند دلیل دیگری بر عدم تأثیر معنادار کوآنزیم Q10 بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی باشد.

با توجه به این امر که بیشتر مطالعاتی که تأثیر معنادار مصرف کوآنزیم Q10 بر عملکرد را گزارش کرده‌اند، بر روی آزمودنی‌های بیمار صورت گرفته‌اند (۸)، شاید بتوان نتیجه‌گیری کرد و عنوان نمود در صورتی که آزمودنی‌ها پیش از انجام پژوهش دچار کمبود کوآنزیم Q10 باشند، احتمالاً تأثیرات

-
1. Gaisl- Hofmann
 2. Cooke

مکمل یاری بر عملکرد استقامتی مشهودتر خواهد بود که این امر تأییدی بر یافته‌های سaha^۱ و همکاران (۲۰۱۶) و اومالی^۲ (۲۰۱۶) مبنی بر ارگوژنیک بودن کوآنزیم Q10 در صورت کمبود قبلی آن است (۳۰،۳۱). پایین بودن دوز مصرفی و مدت مکمل دهی نیز احتمالاً در به دست آمدن این نتایج نقش داشته‌اند.

علاوه بر این، یافته‌ها حاکی از آن بود که مکمل یاری کوآنزیم Q10 به مدت دو و چهار هفته، تأثیر معناداری بر آستانه تهویه (VT) و آستانه تنفسی جبرانی (RCP) مردان جوان ورزشکار نداشته است. پایین بودن مقدار مصرف روزانه و میزان جذب آن نیز احتمالاً در به دست آمدن این نتیجه مؤثر بوده است. با این حال، مصرف این ماده در ورزشکارانی که به هر دلیلی کمبود کوآنزیم Q10 دارند، توصیه می‌شود. هرچند در تئوری، کوآنزیم Q10 می‌تواند برای ظرفیت تمرین و کاهش استرس اکسیداتیو مفید واقع شود؛ اما پژوهش حاضر نتوانست این تأثیرات را در پی مکمل یاری کوآنزیم Q10 به مقدار ۶۰ میلی‌گرم در روز و به مدت دو و چهار هفته بر VT و RCP مردان جوان نشان دهد.

پیام مقاله: نتایج تحقیق تأثیر مثبت مکمل یاری کوآنزیم Q10 به مدت دو و چهار هفته، تأثیر معناداری بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی مردان جوان ورزشکار نداشت. با توجه به نتایج تحقیق، توصیه می‌شود؛ مصرف کوآنزیم Q10 در ورزشکاران استقامتی و ورزشکاران مسن، مستعد کمبود، با احتیاط صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله نویسنده اول برای اخذ درجه دکتری (مصوب مورخه ۹۳/۶/۲۳) در رشته فیزیولوژی ورزشی از دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد که با همکاری گروه و دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه آزاد واحد اهر و با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی به انجام رسیده است.

منابع

1. Weston A R, Myburgh K H, Lindsay F H, Dennis S C, Noakes T D, Hawley J A. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eu J Appl Physiol Occup Physiol*. 1996; 75(1): 7-13.
2. Oshima Y, Miyamoto T, Tanaka S, Wadazumi T, Kurihara N, Fujimoto S. Relationship between isocapnic buffering and maximal aerobic capacity in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 76(5): 409-14.

-
1. Saha
 2. O'Malley

3. Meyer T, Lucia A, Earnest C, Kindermann W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters theory and application. *Int J Sports Med.* 2005; 26(1): 38-48.
4. Montero D, Diaz-Cañestro C, Lundby C. Endurance training and vo_2max : Role of maximal cardiac output and oxygen extraction. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2015; 47(10): 2024-33.
5. Röcker K, Striegel H, Freund T, Dickhuth H. Relative functional buffering capacity in 400-meter runners, long-distance runners and untrained individuals. *Eur J Applied Physiol Occup Physiol.* 1994; 68(5): 430-4.
6. Meyer T, Faude O, Scharhag J, Urhausen A, Kindermann W. Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point? *Br J Sports Med.* 2004; 38: 622-5.
7. Díaz-Castro J, Guisado R, Kajarabille N, García N, Guisado I M, de Teresa C, et al. Coenzyme Q10 supplementation ameliorates inflammatory signaling and oxidative stress associated with strenuous exercise. *Eur J Nutr.* 2012; 51(7): 791-819.
8. Fotino A D, Thompson-Paul A M, Bazzano L A. Effect of coenzyme Q10 supplementation on heart failure: A meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2013; 97(2): 268-75.
9. Taylor B A, Lorson L, White C M, Thompson P D. A randomized trial of coenzyme Q10 in patients with confirmed statin myopathy. *Atherosclerosis.* 2015; 238(2): 329-35.
10. Gharahdaghi N, Shabkhiz F, Azarboo E, Keyhanian A. The effects of daily coenzyme Q10 supplementation on vo_2max , vVo_2max and intermittent exercise performance in soccer players. *Life Sci J.* 2013; 10(8): 22-8. (In Persian).
11. Jalalvand B, Hanachi P, Nazar A P, Naghibi S. Effects of CoQ10 supplementation and aerobic training on anaerobic threshold and heart rate deflection point in active women. *Arak Medical University Journal.* 2014; 17(82): 12-24. (In Persian).
12. Deichmann R E, Dornelles A C. Impact of coenzyme Q10 on parameters of cardiorespiratory fitness and muscle performance in older athletes taking statins. *Phys Sports Med.* 2012; 40(4): 88-95.
13. Kon M, Kimura F, Akimoto T, Tanabe K, Murase Y, Ikemune S, Kono I. Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats. *Exerc Immunol Rev.* 2007; 13: 76-88.
14. Alf D, Schmidt M E, Siebrecht S C. Ubiquinol supplementation enhances peak power production in trained athletes: A double-blind, placebo controlled study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013; 10(1): 1-8.
15. Demirci N, Beytut E. Effects of oral coenzyme Q10 on preventing the accumulation of lactic acid developing during the exercise performances of endurance skiing athletes. *Am J Sports Sci.* 2014; 2(3): 65-70.
16. Malm C, Svensson M, Ekblom B, Sjodin B. Effects of ubiquinone-10 supplementation and high intensity training on physical performance in humans. *Acta Physiologica Scandinavica.* 1997; 161(3): 379-84.
17. Ferrer M D, Sureda A, Pujol P, Drobnic F, Tur J A, Pons A. A soccer player's ability to enhance lymphocyte capability to produce ROS and induce oxidative damage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009; 19(3): 243-58.

18. Gökbel H, Gül I, Belviranl M, Okudan N. The effects of coenzyme Q10 supplementation on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. *J Strength & Conditioning Res.* 2010; 24(1): 97-102.
19. Cooke M, Iosia M, Buford T, Shelmadine B, Hudson G, Kerksick C, et al. Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. *J Intl Soc Sports Nutr.* 2008; 5(1): 1-14.
20. Bloomer R J, McCarthy C G, Farney T. Impact of oral ubiquinol on blood oxidative stress and exercise performance. *Oxi Med Cellular Long.* 2012; 2012: 1-10.
21. Wasserman K J, Hansen J E, Sue, Darryl Y S, Stringer, W W, Whipp B. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2005. 37(7): 1249-60.
22. Block G, Coyle L M, Hartman A M, Scoppa S M. Revision of dietary analysis software for the health habits and history questionnaire. *Am J Epidemiology.* 1994; 139(12): 1190-6.
23. Billat V, Dalmay F, Antonini M, Chassain A. A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. *Eur J Appl Physiol Occupational Physiol.* 1994; 69(3): 196-202.
24. Millet G, Candau R, Barbier B, Busso T, Rouillon J, Chatard J. Modelling the transfers of training effects on performance in elite triathletes. *Int J Sports Med.* 2002; 23(1): 55-63.
25. Tzvetkov S, Bonov P, Dasheva D. Problems in determination of the ventilatory threshold based on the respiratory exchange ratio in high-level athletes. *Facta Univ-Series: Physical Edu Sport.* 2008; 6(2): 115-23.
26. Maruoka H, Fujii K, Inoue K, Kido S. Long-term effect of ubiquinol on exercise capacity and the oxidative stress regulation system in samp1 mice. *J Physical Therapy Science.* 2014; 26(3): 367-71.
27. Fan J L, Leiggener C, Rey F, Kayser B. Effect of inspired CO₂ on the ventilatory response to high intensity exercise. *Respir Physiol & Neurobiol.* 2012; 180(2): 283-8.
28. Östman B, Sjödin A, Michaëlsson K, Byberg L. Coenzyme Q10 supplementation and exercise-induced oxidative stress in humans. *Nutrition.* 2012; 28(4): 403-17.
29. Lucia A, Hoyos J, Cavajal A, Chicharro J. Heart rate response to professional road cycling: The Tour De France. *Int J Sports Med.* 1999; 20(03): 167-72.
30. Saha S P, Wayne T F. Coenzyme Q10 in human health: Supporting evidence? *Southern Med J.* 2016; 109(1): 17-21.
31. O'Malley P A. The past, present, and future of coenzyme Q10 supplementation update for the clinical nurse specialist. *Clin Nurse Specialist CNS.* 2016; 30(1): 15-6.
32. Myers J, Ashley E. Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest.* 1997; 111(3): 787-95.
33. Gürkan A S, Boddğç O, DüNDAR O. Coenzyme Q10. *Ankara Journal Of Faculty Of Pharmacy.* 2005; 34(2): 129-54.
34. Kilmartim J V, Rossi-Bernardi L. Carbon dioxide, and organic phosphates. *Physiolol Rev.* 1973; 53(4): 936-90.
35. Busse M, Maassen N. Plasma potassium and ventilation during incremental exercise in humans: Modulation by sodium bicarbonate and substrate availability. *Eur J Appl Physiol.* 1992; 65(4): 340-6.

36. Castro-Marrero J, Cordero M D, Segundo M J, Saez-Francas N, Calvo N, Roman-Malo L, et al. Does oral coenzyme Q10 plus NADH supplementation improve fatigue and biochemical parameters in chronic fatigue syndrome? *Antioxidants & Redox Signaling*. 2015; 22(8): 679-85.
37. Ochoa J J, Diaz-Castro J, Lambrechts P. CoQ10 and ubiquinol novel, safe dietary supplementation for trained and untrained athletes. *Agro Food Industry Hi-Tech*. 2013; 24(6): 31-4.
38. Deichmann R E, Lavie C J, Asher T, DiNicolantonio J J, O'Keefe J H, Thompson P D. The interaction between statins and exercise: Mechanisms and strategies to counter the musculoskeletal side effects of this combination therapy. *The Ochsner J*. 2015; 15(4): 429-37.
39. Masayoshi S, Jonathan M, Nancy B, Doug W, Mark K, Paul M, et al. The ventilatory threshold: Method, protocol, an evaluator agreement. *M Heart J*. 1991; 122(2): 509-14.
40. Steele P, Tang, P H, DeGrauw, A J, Miles, M V. Clinical laboratory monitoring of coenzyme Q10 use in neurologic and muscular diseases. *Am J Clin Patho. Patho Patterns Rev*. 2004; 121(1): 113-20.

ارجاع دهی

دشتی حبیب اله، بلبلی لطفعلی، معرفت سیاه کوهیان. مقایسه دو و چهار هفته مکمل یاری کوآنزیم Q10 بر آستانه تهویه و آستانه تنفسی جبرانی ورزشکاران استقامتی مرد جوان. فیزیولوژی ورزشی. بهار ۱۳۹۶؛ ۹(۳۳): ۷۲-۱۵۵. شناسه دیجیتال: 10.22089/spj.2017.957

Dashti. H, Bolboli. L, Siahkuhian. M. The Comparison of 2 and 4 Weeks of CoQ10 Supplementation on the Ventilator Threshold and Respiratory Compensation Point in Young Male Endurance Athletes. *Sport Physiology*. Spring 2017; 9(33): 155-72. (In Persian). Doi: 10.22089/spj.2017.957

The Comparison of 2 and 4 Weeks of CoQ10 Supplementation on the Ventilator Threshold and Respiratory Compensation Point in Young Male Endurance Athletes

H. Dashti¹, L. Bolboli², M. Siahkuhian³

1. Ph.D. Student in Sport Physiology, University of Mohaghegh Ardabili
2. Associated Professor of Sport Physiology, University of Mohaghegh Ardabili*
3. Professor of Sport Physiology, University of Mohaghegh Ardabili

Received: 2015/12/28

Accepted: 2016/05/25

Abstract

The aim of this semi-experimental study was to examine the effects of 2 and 4 weeks of CoQ10 supplementation on the ventilator threshold and respiratory compensation point in Young male endurance athletes. Fourteen ($22.4 \pm 1/2$ y, 12.5 ± 4.4 fat percent, 53.3 ± 2.7 ml.kg⁻¹.min⁻¹) young male athletes randomly were divided into two equal groups (n=7). In a double-blind four weeks study, experimental group and control group consumed 60 mg/daily CoQ10 and dextrose, respectively. Two groups performed Iliiev GXT on the treadmill to measure ventilator threshold (VT) and respiratory compensation point (RCP) on the 1, 14 and 28 days. Respiratory gases collected automatically through the gas analyzer breath by breath and VO₂, VCO₂ and VE recorded. VO₂ equivalent to VT and RCP automatically calculated at 15s intervals. Analysis of variance and Bonferroni post hoc test (within group), independent t test (between groups) have been used (P<0.05). The results showed that; mean VO₂ equivalent to VT and RCP in Q10 group had a significant increase but there was no significant difference between two groups (P>0.05). In none of hle groups, RCP hddn't a signifaaant difference in three stages ($F_{(2,12)}=1.19$, P=0.34). Therefore, supplementation with 60 mg/d CoQ10 for either 2 or 4 weeks had no significant effects on the ventilator threshold (VT) and respiratory compensation threshold (RCP) in young male endurance athletes.

Keywords: Ventilator Threshold, Respiratory Compensation Point, CoQ10 Supplementation

*Corresponding Author

Email: lbolboli@uma.ac.ir