

بررسی تأثیر مکمل یاری کوتاه مدت با کوآنزیم Q10 بر غلظت لاکتات خون و عملکرد ورزشی بانوان ورزشکار

سیدعلی کشاورز^۱، مرضیه مخبر^{۲*}، محمدجواد حسینزاده^۳

- ۱- استاد گروه تغذیه و بیوشیمی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- دانشجوی دکتری تخصصی علوم تغذیه، گروه تغذیه و بیوشیمی، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۳- استادیار گروه تغذیه و بیوشیمی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

*تهران، کدپستی ۱۶۹۵۷۱۹۵۱۱

mar24nut@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۰/۶/۴، پذیرش: ۹۰/۱۲/۳)

چکیده- اسید لاکتیک فرآورده نهایی گلیکولیز بی هوازی است و بیشتر لاکتات برداشت شده توسط عضلات اسکلتی به عنوان یک سوخت هوازی مصرف می شود. کوآنزیم Q10 یک ناقل ضروری برای انتقال الکترون در زنجیره تنفسی سطح داخلی غشای میتوکندری برای تولید ATP است. وجود یک شاتل لاکتات درون سلولی پیشنهاد شده است که در آن لاکتات، به منظور شرکت در فسفوریلاسیون اکسیداتیو، از غشای میتوکندری عبور می کند. این کارآزمایی بالینی قبل و بعد، روی ۲۳ نفر ورزشکار زن ۲۰ تا ۳۰ ساله، که سابقه حداقل ۶ ماه متوالی انجام ورزش هوازی با شدت متوسط را داشته اند، انجام شده است. افراد به مدت ده روز ۳۰۰ میلی گرم مکمل کوآنزیم Q10 را روزانه دریافت کردند. ابتدا و انتهای مطالعه، غلظت لاکتات خون با استفاده از خون سرانگشت و عملکرد ورزشی توسط آزمون هوازی بروس اندازه گیری شد. میانگین غلظت لاکتات خون در شروع این دوره ده روزه $13/56 \pm 0/75 \text{ mmol/L}$ بوده است که پس از دریافت روزانه ۳۰۰ میلی گرم مکمل کوآنزیم Q10، غلظت لاکتات خون به طور معنی داری به $11/12 \pm 0/67 \text{ mmol/L}$ کاهش یافت. میانگین زمان دویدن تا واماندگی $48/74 \pm 7/23$ ثانیه افزایش معنی دار نشان داد و بیشینه اکسیژن مصرفی حدود ۳ لیتر در دقیقه به طور معنی داری افزایش یافته است. یافته های این مطالعه نشان داد که دریافت ۳۰۰ میلی گرم مکمل کوآنزیم Q10، در یک دوره کوتاه مدت ده روزه باعث کاهش معنی دار غلظت لاکتات خون و افزایش عملکرد ورزشی زنان جوان ورزشکار تمرین کرده و نیمه حرفه ای می شود.

کلیدواژگان: لاکتات، عملکرد ورزشی، ورزشکار زن.

۱- مقدمه

لاکتات در سیتوزول، از طریق فرآیند تخمیری مسیر گلیکولیز، با احیای پیرووات و اکسیداسیون همزمان NADH به NAD^+ و تحت عمل آنزیم لاکتات دهیدروژناز ایجاد می‌شود [۱]. تشکیل لاکتات و توزیع متعاقب آن در سراسر بدن مکانیسم اصلی است که متابولیسم واسطه را در بافت‌های مختلف و سلول‌های درون این بافت‌ها هماهنگ می‌کند. به خاطر حجم و ظرفیت متابولیک بالا، عضله اسکلتی اصلی‌ترین اندامی است که تولید و مصرف لاکتات را در بدن برعهده دارد. بیشتر لاکتات برداشت شده توسط عضلات اسکلتی به عنوان یک سوخت هوازی مصرف می‌شود. در ورزش‌های با شدت متوسط و زیاد و زمان طولانی، مقداری از این لاکتات تولید شده در عضلات فعال، به عنوان یک منبع سوخت هوازی، وارد میتوکندری و تولید انرژی طی فسفوریلاسیون اکسیداتیو می‌شود [۲ و ۳]. گلیکولیز بسیار سریع‌تر از فسفوریلاسیون اکسیداتیو فعال می‌شود؛ بنابراین از ظرفیت اکسایشی میتوکندری پیشی می‌گیرد. در نتیجه همراهی گلیکولیز غیراکسایشی (بی‌هوازی) و انجام فسفوریلاسیون اکسیداتیو تقریباً در تمامی میتوکندری‌های یک سلول عضلانی رخ می‌دهد. لذا کارایی تولید انرژی توسط سلول عضلانی به وسیله تعداد میتوکندری‌ها و میزان اکسیژن قابل دسترسی آن‌ها تعیین می‌شود. نوع فیبر عضلانی و وضعیت تمرینی فرد میزان اکسیژن رسانی و تعداد میتوکندری‌ها را در سلول‌های عضلانی به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد [۴]. محدودیت مسیر هوازی توانایی تأمین مواد اولیه این مسیر از قبیل اکسیژن و کوآنزیم‌هایی است که نقش کلیدی در تسهیل واکنش‌های مربوطه دارند [۲]. از مهم‌ترین کوفاکتورها و کوآنزیم‌های دخیل در این مسیر

تعدادی از ویتامین‌ها، به خصوص ویتامین ریبولوین، پیریدوکسین و نیاسین، و موادی مثل استیل کوآنزیم A و یوبی کینون (کوآنزیم Q10) است [۵]. وقتی میزان گلیکولیز بیشتر از میزان فسفوریلاسیون اکسیداتیو می‌شود، تولید لاکتات آغاز می‌شود. این دیدگاه توسط مطالعات بسیاری مورد ارزیابی مجدد قرار گرفته است که در نتیجه آن‌ها پیشنهاداتی در خصوص وجود یک شاتل لاکتات درون سلولی مطرح می‌شود. در این شاتل، لاکتات محصول نهایی گلیکولیز است که به منظور شرکت در فسفوریلاسیون اکسیداتیو از غشای میتوکندری عبور می‌کند. اجزا و ملکول‌های درون سلولی دخیل در این شاتل، که مسئول تبدیل پیرووات به لاکتات در سیتوزول، انتقال لاکتات به درون میتوکندری، تبدیل لاکتات به پیرووات برای ورود به چرخه فسفوریلاسیون اکسیداتیو درون غشای میتوکندری هستند، در حال شناسایی‌اند [۲، ۶ و ۷].

کوآنزیم Q10 یک ناقل ضروری برای انتقال الکترون در زنجیره تنفسی سطح داخلی غشای میتوکندری برای تولید ATP و نیز یک آنتی‌اکسیدان مهم در بدن است [۸]. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که غلظت فیزیولوژیک کوآنزیم Q10 اشباع‌پذیر نیست و حتی افزایش کم غلظت آن در غشای داخلی میتوکندری می‌تواند منجر به افزایش تنفس سلولی شود [۹]. این ماده در غشای داخلی میتوکندری، به عنوان یک کوفاکتور ضروری برای پروتئین‌های درگیر در تولید انرژی طی فسفوریلاسیون اکسایشی در نظر گرفته می‌شود.

اصولاً باید مواد غذایی و مغذی لازم را برای تمرین‌های ورزشی از طریق تغذیه متعادل و رعایت رژیم غذایی مناسب به دست آورد. با این حال، وقتی مطالعه تمرین‌های ورزشی از بُعد ظرفیت‌های انرژی مورد توجه

قرار می‌گیرد، آگاهی از منابع انرژی غذایی و نقش آن‌ها در مراحل آزادسازی انرژی در بدن ضروری است.

بررسی‌های مختلف نقش‌های متعدد متابولیکی، مانند تولید گلیکوژن و مسئول ایجاد خستگی عضلانی در عضلات فعال و تنظیمی، مانند تنظیم تولید انرژی در دستگاه‌های مختلف تولید انرژی، و نیز انقباض عضلانی را برای لاکتات مطالعه و پیشنهاد کرده‌اند [۱۰]. کاهش میزان لاکتات جمع‌شده در خون در نتیجه انجام یک فعالیت ورزشی و به حداقل رساندن عوارض ناشی از آن یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های ورزشکاران برای بهبود توان و عملکرد ورزشی است. اکثر قریب به اتفاق منابع بر تأثیر یا عدم تأثیر دریافت کوتاه‌مدت مکمل کوآنزیم Q10 بر فاکتورهای استرس اکسیداتیو و یا شاخص‌های توان و عملکرد ورزشی دلالت دارند. از سوی دیگر، با توجه به مطالعات پیشین انجام‌شده می‌توان گفت تقریباً تمام مطالعات به جز یکی روی ورزشکاران مرد انجام گرفته است و مطالعه‌ای در این زمینه روی ورزشکاران زن انجام نشده یا گزارش نشده است [۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷]. همچنین، برنامه ورزشی مورد استفاده در اکثر مطالعات فوق برنامه ورزشی بی‌هوایی یا توأم هوایی و بی‌هوایی است. در این مطالعه، به دلیل توجه به مکانیسم تولید انرژی در سیستم هوایی و محل و نقش بالقوه فیزیولوژیک کوآنزیم Q10 و در نظر گرفتن نظریه شاتل درون سلولی لاکتات، ورزش هوایی در نظر گرفته شده است. همچنین، به نظر می‌رسد کوآنزیم Q10 اثری بر لاکتات خون و پیشگیری از خستگی نداشته است؛ در واقع در مطالعات فوق لاکتات خون پس از ورزش یا اصلاً اندازه‌گیری نشده و یا تحت تأثیر کوآنزیم Q10 قرار نگرفته و در برخی موارد حتی افزایش یافته است. این نتایج با آنچه از مکانیسم‌های سلولی و شاتل لاکتات ذکر شده مغایرت دارد. لذا، به منظور

دستیابی به نتایجی قابل استفاده برای ورزشکاران، به‌خصوص زنان ورزشکار، در مطالعه حاضر اثر دریافت دوز بالاتری از مکمل کوآنزیم Q10 را بر لاکتات خون، که محصول فعالیت ورزشی در عضلات است و در بسیاری موارد یک ماده زائد متابولیک و مسئول ایجاد خستگی در ورزشکاران در نظر گرفته شد، و نیز عملکرد ورزشی هوایی ورزشکاران زن مورد ارزیابی قرار داده شد.

۲- مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مکمل یاری کوتاه‌مدت با کوآنزیم Q10 بر غلظت لاکتات خون و عملکرد ورزشی بانوان ورزشکار انجام شده است. شرکت‌کنندگان در این کارآزمایی بالینی قبل و بعد از ۲۳ نفر ورزشکار زن ۲۰ تا ۳۰ ساله، دارای سابقه حداقل ۶ ماه متوالی انجام ورزش هوایی با شدت متوسط، بودند.

صبح روز آزمون نخست تمامی افراد مورد بررسی به آکادمی ملی المپیک منتقل شدند و پس از گذشت دو ساعت از صرف صبحانه آزمون هوایی بروس را انجام دادند و میزان لاکتات خون آن‌ها اندازه‌گیری شد. آزمون بروس با دویدن تا واماندگی روی نوار گردان (treadmill) صورت گرفت. سرعت نوار گردان هنگام شروع دویدن ۴ کیلومتر در ساعت و شیب ۳ درصد آغاز شد و هر ۲ دقیقه ۱ درصد به آن اضافه می‌شد. بلافاصله پس از پایان دویدن و رسیدن افراد به واماندگی غلظت لاکتات خون با استفاده از دستگاه لاکتومتر و خون سرانگشت اندازه‌گیری شد. شاخص‌های مربوط به عملکرد ورزشی (زمان دویدن تا واماندگی و بیشینه اکسیژن مصرفی) توسط دستگاه نوار گردان تکنوجیم ۳۲۰، بلافاصله هنگام ایستادن افراد، محاسبه و ثبت شد.

میانگین غلظت لاکتات خون در شروع این دوره دوازده روزه $13/56 \pm 0/75$ mmol/L بوده است، که پس از دریافت روزانه ۳۰۰ میلی گرم مکمل کوآنزیم Q10، غلظت لاکتات خون به $11/12 \pm 0/67$ mmol/L رسید (جدول ۲). بنابراین، می توان نتیجه گرفت که غلظت لاکتات خون در پایان این دوره $2/44$ mmol/L کاهش یافته است (جدول ۳). این مقدار تغییر میانگین غلظت لاکتات خون پیش و پس از مطالعه، تفاوت معنی دار آماری را نشان می دهد.

میانگین زمان دویدن تا واماندگی در آغاز دوره دوازده روزه $20/95 \pm 17/21$ ثانیه بوده که در پایان دوره به $60/83 \pm 20/95$ ثانیه رسیده است (جدول ۲). بنابراین می توان نتیجه گرفت دریافت مکمل کوآنزیم Q10، به میزان ۳۰۰ میلی گرم در روز، طی ده روز توانسته است زمان دویدن تا واماندگی را (حدود ۴۹ ثانیه) به طور معنی داری افزایش دهد (جدول ۳).

جدول ۲ میانگین (خطای معیار) مقادیر اندازه گیری شده در مرحله پیش و پس از مطالعه

| متغیر اصلی | اندازه گیری اول | اندازه گیری دوم |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| غلظت لاکتات خون (میلی مول بر لیتر) | $13/56 \pm 0/75$ | $11/12 \pm 0/67$ |
| زمان دویدن تا واماندگی (ثانیه) | $20/95 \pm 17/21$ | $60/83 \pm 20/95$ |
| بیشینه اکسیژن مصرفی (لیتر در دقیقه) | $36/43 \pm 1/27$ | $39/26 \pm 1/41$ |

میانگین بیشینه اکسیژن مصرفی در آغاز دریافت مکمل کوآنزیم Q10 $36/43 \pm 1/27$ لیتر در دقیقه بوده و در پایان این دوره ۱۰ روزه به $39/26 \pm 1/41$ لیتر در دقیقه رسیده است (جدول ۲). افزایش معنی دار حدود ۳ واحدی

سپس از آن ها خواسته شد به مدت ۱۰ روز، ۳ عدد کپسول ۱۰۰ میلی گرمی کوآنزیم Q10 را همراه با غذا مصرف کنند و فعالیت ورزشی خود را در حد معمول نگه دارند. مجری طرح، روزانه با افراد شرکت کننده از طریق تماس تلفنی مصاحبه کرده و از مصرف مکمل ها و عدم بروز هر نوع عارضه جانبی اطمینان حاصل می کرد. تمام شرکت کنندگان با موفقیت و بدون هیچ عارضه جانبی و مشکلی این دوره را به پایان رساندند.

از افراد خواسته شد تا در روز یازدهم از آزمون قبل (فردای روزی که مکمل ها تمام شد) به محل آکادمی مراجعه کنند و مراحل اجرای برنامه ورزشی و جمع آوری اطلاعات، مانند مراحل گذشته، انجام شد. سپس داده ها توسط نرم افزار SPSS ویرایش ۱۸ و آزمون آماری t زوجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳- یافته ها

افراد شرکت کننده در این بررسی در ابتدای مطالعه، از نظر مشخصات فردی و آزمون های تن سنجی، مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج حاصل از آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ مشخصات فردی شرکت کنندگان در مطالعه

| ویژگی | میانگین (\bar{X}) | خطای معیار (SE) |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| وزن (کیلوگرم) | ۵۷/۰۲ | ۱/۶۲ |
| قد (سانتی متر) | ۱۶۱/۸۳ | ۱/۳۷ |
| نمایه توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع) | ۲۱/۸۸ | ۰/۷۰ |
| توده عضلانی (کیلوگرم) | ۲۲/۷۳ | ۰/۳۳ |
| توده چربی (کیلوگرم) | ۱۶/۶۳ | ۱/۰۷ |

در بیشینه اکسیژن مصرفی در پی مصرف مکمل کوآنزیم Q10 رخ داده است (جدول ۳).

۲۳ سال است که تقریباً مشابه بیشتر مطالعات گزارش شده است.

دریافت ۳۰۰ میلی‌گرم در روز مکمل کوآنزیم Q10 غلظت لاکتات خون را، در پایان این دوره، ۲/۴۴ mmol/L کاهش داده است. باید توجه داشت که مطالعه حاضر، با عنایت به نحوه و مکان عمل کوآنزیم Q10، برنامه ورزشی هوازی بروس را برگزیده است و همین امر یکی از مهم‌ترین دلایل پاسخ معنی‌دار متغیر وابسته به مکمل یاری است. مالم و همکاران در مطالعه خود در سال ۱۹۹۶ افزایش معنی‌دار غلظت لاکتات خون را در پی مصرف ۱۲۰ میلی‌گرم در روز مکمل کوآنزیم Q10 به مدت ۲۲ روز، هم در گروه مکمل و هم در گروه دارونما، گزارش کردند [۱۵]. مهم‌ترین تفاوت این مطالعه با مطالعه حاضر، صرف‌نظر از جنس افراد مورد بررسی، برنامه ورزشی اجرا شده است. در این مطالعه، از برنامه ورزشی وینگیت، که یک برنامه ورزشی بی‌هوازی است، استفاده شده و مقدار لاکتات خون ۳ دقیقه پس از انجام برنامه ورزشی بی‌هوازی شدید اندازه‌گیری شده است. ژو و همکاران در مطالعه خود، در سال ۲۰۰۵، عدم تأثیر معنی‌دار مکمل یاری با ۱۰۰ mg/day کوآنزیم Q10 را به مدت چهار هفته در مردان گزارش کردند [۱۶]. در این بررسی نمونه‌ها از بین افرادی انتخاب شده بودند که ورزش را بدون برنامه خاص ولی منظم و به منظور سرگرمی و پرکردن اوقات فراغت انجام می‌دادند. همچنین، لاکتات خون این افراد یک دقیقه پس از پایان ورزش اندازه‌گیری شده بود. هر چند که به نظر می‌رسد برنامه ورزشی مورد استفاده در این بررسی به اندازه کافی با نقش فیزیولوژیک کوآنزیم Q10 هم‌خوانی نداشته است. از سوی دیگر، باید توجه داشت که دوز مصرفی در این مطالعه به مراتب کمتر از مقدار مکمل استفاده‌شده در

جدول ۳ اختلاف میانگین مقادیر اندازه‌گیری‌شده در مراحل پیش و پس از مطالعه

| متغیر | قبل | بعد | اختلاف میانگین (خطای معیار) | P value |
|-------------------------------------|--------|--------|-----------------------------|-----------|
| غلظت لاکتات خون (میلی‌مول بر لیتر) | ۱۳/۵۶ | ۱۱/۱۲ | -۲/۴۴ (۰/۳۱) | P < ۰/۰۰۱ |
| زمان دیدن تا واماندگی (ثانیه) | ۵۵۲/۱۰ | ۶۰۰/۸۳ | ۴۸/۷۴ (۷/۲۳) | P < ۰/۰۰۱ |
| بیشینه اکسیژن مصرفی (لیتر در دقیقه) | ۳۶/۴۳ | ۳۹/۲۶ | ۲/۸۳ (۰/۴۳) | P < ۰/۰۰۱ |

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر یک کارآزمایی بالینی قبل و بعد یک سوکور است که جهت تعیین تأثیر دریافت کوتاه مدت ۳۰۰ میلی‌گرم در روز مکمل کوآنزیم Q10 بر غلظت لاکتات خون و عملکرد ورزشی بانوان ورزشکار صورت گرفته است. مهم‌ترین نکته‌ای که درباره ورزشکاران شرکت‌کننده در این بررسی وجود دارد زن بودن ورزشکاران است. با توجه به اطلاعات ما، در بیشتر مطالعات انجام‌شده در رابطه با کوآنزیم Q10 و ورزشکاران، افراد مورد بررسی مرد بوده‌اند [۱۱-۱۳]. تنها یک مطالعه روی هر دو جنس صورت گرفته است که فقط در یک بخش جزئی از نتایج و یافته‌ها به اختصار اشاره کوتاهی به تفکیک جنس دارد و توضیح دیگری در رابطه با نوع جنسیت در مراحل مختلف انجام مطالعه دیده نمی‌شود [۱۴]. از این لحاظ می‌توان مطالعه حاضر را یکی از نخستین مطالعات در زمینه اثر کوآنزیم Q10 در ورزشکاران زن به‌شمار آورد. صرف‌نظر از جنس، محدوده سنی ورزشکاران شرکت‌کننده در این مطالعه ۲۰ تا ۳۰ سال با میانگین

مطالعه حاضر است که می‌تواند علتی برای توجیه تناقض مشاهده شده باشد. کوک و همکاران، در مطالعه خود در سال ۲۰۰۸، تأثیر مکمل یاری با کوآنزیم Q10 را در یک دوره ۱۴ روزه در ورزشکاران بررسی کردند، لیکن متأسفانه در این بررسی گزارشی درباره غلظت لاکتات خون به چشم نمی‌خورد [۱۴]. وستون و همکاران، در مطالعه خود در سال ۱۹۹۷، عدم تأثیر معنی‌دار مکمل یاری با کوآنزیم Q10 را به مدت ۲۸ روز بر غلظت لاکتات خون گزارش دادند [۱۷]. نکته قابل توجه در این بررسی، دوز مکمل مصرف شده است که ۱ میلی‌گرم به ازای وزن بدن در روز است و میانگین وزنی افراد شرکت کننده در بررسی ۷۰ کیلوگرم بوده است و لذا، در مقایسه با مطالعه حاضر، بسیار کمتر است. از سوی دیگر، برنامه ورزشی مورد استفاده در این بررسی برنامه ورزشی بی‌هوایی بوده است.

یادآوری این نکته لازم است که، با توجه به دانسته‌های ما، تاکنون مطالعه‌ای روی دریافت مکمل کوآنزیم Q10 و عملکرد ورزشی هوایی در زنان ورزشکار انجام و یا گزارش نشده است. یافته‌ها نشان می‌دهد دریافت مکمل کوآنزیم Q10 به میزان ۳۰۰ میلی‌گرم در روز طی ده روز توانسته است زمان دویدن تا واماندگی را حدود ۴۹ ثانیه به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. با تکیه بر این یافته، شاید بتوان گفت دریافت این مکمل به افزایش فسفوریلاسیون اکسیداتیو در میتوکندری‌ها و در نتیجه تولید بهتر انرژی در دستگاه تولید انرژی هوایی عضلات منجر می‌شود؛ در برخی بررسی‌ها، زمان دویدن تا واماندگی را به‌عنوان یک نشانگر غیرمستقیم میزان فسفوریلاسیون اکسیداتیو رخ داده در میتوکندری در نظر می‌گیرند [۱۰]. چنین افزایشی در عملکرد ورزش هوایی برای ورزشکاران

استقامتی بسیار مهم است چرا که در بیشتر مسابقات ورزشکاران بر اساس تفاوت در کسری از ثانیه به رتبه‌های مختلفی دست می‌یابند. کوک و همکارانش، در مطالعه خود در سال ۲۰۰۸، روند افزایش غیرمعنی‌دار زمان دویدن تا واماندگی را در پی دریافت ۱۴ روزه مکمل کوآنزیم Q10 به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم در روز گزارش کردند [۱۴]. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این بررسی دوز دریافتی مکمل از مطالعه حاضر (۳۰۰ میلی‌گرم در روز) کمتر است که شاید خود دلیلی برای عدم پاسخ معنی‌دار باشد. با این حال، مالم و همکارانش، در بررسی خود در سال ۱۹۹۷، عدم تأثیر دریافت ۱۲۰ میلی‌گرم در روز کوآنزیم Q10 به مدت ۲۲ روز را بر زمان دویدن تا واماندگی در مردان ورزشکار گزارش کردند [۱۵]. در این مطالعه، دوز دریافتی کمتر از مطالعه حاضر است. در این برنامه، آزمون توان‌سنجی و اجرای ورزش، به گونه‌ای بود که افراد ابتدا آزمون ورزشی بی‌هوایی وینگیت را روی چرخ کارسنج انجام می‌دادند و سپس روی نوارگردان می‌دویدند. چنین توالی اجرای ورزش بی‌هوایی و هوایی احتمالاً تأثیر متقابل نامطلوبی بر عملکرد ورزشی خواهد گذاشت. وستون و همکارانش، در مطالعه خود در سال ۱۹۹۷، نیز عدم تأثیر معنی‌دار مصرف مکمل کوآنزیم Q10 را بر زمان دویدن تا واماندگی گزارش کردند [۱۷]. البته، همان‌طور که پیشتر ذکر شد، دوز دریافتی در این بررسی در مقایسه با مطالعه حاضر کمتر بود. ژو و همکارانش، در مطالعه خود در سال ۲۰۰۵، عدم تأثیر مصرف مکمل کوآنزیم Q10 را بر زمان ورزش کردن تا واماندگی گزارش کردند [۱۶]. بنابراین، به نظر می‌رسد مطالعه حاضر از جمله نخستین مطالعاتی باشد که تأثیر معنی‌دار مثبت و

قابل توجهی را برای مصرف مکمل کوآنزیم Q10 با زمان دویدن تا واماندگی گزارش می‌کند.

افزایش معنی‌دار حدود ۳ واحدی در بیشینه اکسیژن مصرفی پس از مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم در روز مکمل کوآنزیم Q10 به مدت ۱۰ روز نشان می‌دهد که بهبود ظرفیت عملکرد هوازی ورزشکاران رخ داده است. کوک و همکارانش، در مطالعه خود، تأثیر معنی‌دار دریافت ۱۴ روزه ۲۰۰ میلی‌گرم مکمل کوآنزیم Q10 را بر بیشینه اکسیژن مصرفی گزارش کرده‌اند [۱۴]. شاید مهم‌ترین دلیل برای تشابه یافته‌های مطالعه حاضر با این مطالعه برنامه ورزشی اجرا شده برای سنجش توان هوازی افراد و نیز اختلاف نسبتاً کم دوز مصرفی در مقایسه با سایر بررسی‌ها باشد. مالم و همکارانش، در مطالعه خود، عدم تأثیر دریافت ۱۲۰ میلی‌گرم در روز کوآنزیم Q10 را به مدت ۲۲ روز بر بیشینه اکسیژن مصرفی افراد شرکت کننده گزارش کردند [۱۵]. بران و همکارانش در مطالعه خود، روی دوازده مرد دوچرخه سوار مسابقه، عدم تأثیر دریافت روزانه ۱۰۰ میلی‌گرم مکمل کوآنزیم Q10 را به مدت یک ماه روی ظرفیت هوازی، به‌خصوص بیشینه اکسیژن مصرفی افراد گزارش کردند [۱۸]. صرف‌نظر از جنس افراد مورد بررسی، باید گفت که ورزشکاران شرکت‌کننده در این مطالعه ورزشکار کاملاً حرفه‌ای بوده‌اند. ژو و همکارانش در مطالعه خود، در سال ۲۰۰۵، عدم تأثیر مصرف مکمل کوآنزیم Q10 را بر بیشینه اکسیژن مصرفی افراد شرکت‌کننده گزارش کردند [۱۶]. آنان در این بررسی، دوز کمتری از مطالعه حاضر را استفاده کرده بودند. از سوی دیگر، برای سنجش بیشینه اکسیژن مصرفی، بهترین آزمون، آزمون ورزشی بروس است که توان هوازی فرد را می‌سنجد که در مطالعه مذکور مورد استفاده قرار نگرفته است. وستون و

همکارانش عدم تأثیر مصرف ۲۸ روزه مکمل کوآنزیم Q10 بر بیشینه اکسیژن مصرفی را در ورزشکاران گزارش کرده‌اند [۱۷]. احتمالاً مقدار مکمل دریافتی در این بررسی به اندازه‌ای نبوده که بتواند تأثیری بر میزان بیشینه اکسیژن مصرفی و عملکرد ورزشی افراد گذاشته باشد.

در مطالعه حاضر، به دلیل وجود برخی محدودیت‌ها، گروه شاهد وجود ندارد. لذا به علاقمندان توصیه می‌شود در صورت توان از گروه شاهد برای مقایسه هر چه بهتر یافته‌ها استفاده شود. از سوی دیگر در این مطالعه توان اندازه‌گیری غلظت کوآنزیم Q10 در پلاسما و یا نمونه برداری از عضله وجود نداشت. بنابراین توصیه می‌شود پژوهشگران مطالعات خود را در این زمینه به‌گونه‌ای طراحی کنند که بتوانند موارد فوق را اندازه‌گیری کنند.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که دریافت ۳۰۰ میلی‌گرم مکمل کوآنزیم Q10، در یک دوره کوتاه مدت ده روزه، باعث کاهش معنی‌دار غلظت لاکتات خون و افزایش عملکرد ورزشی (زمان دویدن تا واماندگی و بیشینه اکسیژن مصرفی) زنان جوان ورزشکار تمرین‌کرده و نیمه‌حرفه‌ای می‌شود.

۵- مراجع

- [۱] کشاورز ع، تغذیه و رژیم غذایی ورزشکاران، انتشارات آبیژ، چاپ اول، تابستان ۱۳۸۵، ص ۱۱۳.
- [2] Mahan K.L., Escott-Stump S., Krause's *Food & Nutrition Therapy: nutrition for health and fitness*, Saunders ELSEVIER, 2008, pp. 588,591,593,603.
- [3] Gladden, B., *A lactatic perspective on metabolism*, Medicine and science in sports and exercise, 2008, pp. 477-485.

- [11] Mathupala P.S., Ko, H. Y., Pederson, *Hexokinase II: cancer's double-edged sword acting as both facilitator and gatekeeper of malignancy when bound to mitochondria*, *Oncogene*, 2006, 25, 4777-4786.
- [12] Mathupala P.S, Colen B.C., Parajuli P, Sloan A.E., *Lactate and malignant tumors: a therapeutic target at the end stage of glycolysis*, *J. Bioenerg. Biomembr.*, 2007, 39, 73-77.
- [13] Quinzii C.M., DiMauro S., Hirano M., *Human coenzyme Q10 Deficiency*, *Neurochem. Res.*, 2007, 32, 723-727.
- [14] 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*, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2008, 5(8).
- [15] Malm C, Svensson M, Ekbloim B, Sjodim B, *Effects of ubiquinone-10 Supplementation and high intensity training on physical performance in humans*, *Acts Physiol Scand*, 1997, 161: 379-384.
- [16] Zhou S, Zhang Y, David A, Marshalgardisnik S, Hu H, Wang J, Brushett D, *Muscle and plasma coenzyme Q10 concentration, aerobic power and exercise economy of healthy men in*
- [4] Wolinsky, I., Driskell, J. A., *Sports nutrition: Energy metabolism and exercise*, Taylor & Francis Group, 2008, 2(5): 12-13.
- [5] مجد، الف، شریعتزاده، م.ع.، "زیست‌شناسی سلولی و ملکولی"، جلد اول، انتشارات دانشگاه اراک، چاپ دوم، اسفند ۱۳۷۷، ص ص ۱۰۱، ۱۳۴، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۲، ۱۴۴.
- [6] Brooks G. A., Dubouchaud H., Brown M., Sicurello J. P. and Butz C. E., *Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1999, 96: 1129.
- [7] Hashimoto T, Hussien R, and Brooks GA. *Co-localization of MCT1, CD147, and LDH in mitochondrial inner membrane of L6 muscle cells: evidence of a mitochondrial lactate oxidation complex*. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab* 2006. 290 E1237–1244,
- [8] Hidaka T, Fujii K, Funahashi I, Fukutomi N, Hosoe K, *Safety assessment of coenzyme Q10*, *Biofactors*, 2008, 32: 199-208.
- [9] Littarru G P, Tiano L, *Bioenergetic and antioxidant properties of coenzyme Q10*, *Molecular biotechnology*, 2007, 37 : 31-37.
- [10] Sola-Penna M., *Metabolic regulation by lactate*, *IUBMB Life*, Sep. 2008, 60(9), 605-608.

- [18] Braun, B., Clarkson, P.M., Freedson, P.S. & Kohl, R.L. *Effects of coenzyme Q10 supplementation on exercise performance, VO₂max, and lipid peroxidation in trained cyclists*. Int J Sports Nutrition 1991.1, 353-365.
- response to four weeks of supplementation*, Journal of Sports Medicine and physical fitness, 2005(sep),45(3):337-346.
- [17] Weston S.B, Zhou S Weatherby R.P, Robson S.J, *Does exogenous Coenzyme Q10 affect aerobic capacity in endurance athletes?*, International Journal of Sport Nutrition,1997(7):197-206.