

## **Effects of COQ<sub>10</sub> supplementation and aerobic training on anaerobic threshold and heart rate deflection point in active women**

Jalalvandi B<sup>\*1</sup>, Hanachi P<sup>2</sup>, Nazar Ali P<sup>3</sup>, Naghibi S<sup>4</sup>

1. Faculty of Sport Science, Al-zahra University, Tehran Iran
2. Faculty of Basic Science, Biology Department, Biochemistry Unit, Al-zahra University
3. Faculty of Sport Science, Al-zahra University, Tehran Iran
4. Physical Education and Sport Science Research Center, Mashhad, Iran

Received: 14 Aug 2013, Accepted: 26 Feb 2014

### **Abstract**

**Background:** Many studies have been conducted on the role of coenzyme Q<sub>10</sub> in improvement of sport performance and also cardiovascular health. The present study investigated effect of coenzyme Q<sub>10</sub> supplementation combined with aerobic exercises at-4week on Heart Rate Deflection Point (HRDP) and VO<sub>2</sub>max in active women.

**Materials and Methods:** This is a semi-experimental study. A number of 32 trained women with the average age of 21/25 ± 0.86 years and Body Mass Index (BMI) of 20/127 ± 1.06 kg/square meter were selected randomly and were divided into 4 groups (n=8): control, supplement, supplement – exercise and exercise. The subjects participated in four-week consumption of coenzyme Q<sub>10</sub> and swimming exercises (three sessions in a week). The consumption rate of coenzyme Q<sub>10</sub> 100 mg/kg/d was in the form of capsule that subjects took it during lunch time. Before and after a four-week period, the subjects performed an incremental exhaustive test on treadmill, using respiratory gas analyzer to determine HRDP and VO<sub>2</sub>max. One-Way ANOVA was performed as the statistical method for analysis of the data with p < 0.05 as the significant level.

**Result:** Based on paired T-Test results, despite HRDP had no significant changes between four groups but a significant increase was observed only among groups in VO<sub>2</sub>max (p=0.008) based on ANOVA test (p<0.05).

**Conclusion:** In conclusion significant changes in VO<sub>2</sub>max levels were observed between groups after four weeks. However, no significant effects on HRDP levels might be because of all participant were active and short duration of coenzyme Q<sub>10</sub> supplementations.

**Keywords:** Coenzyme Q<sub>10</sub>, Heart Rate, supplementation, VO<sub>2</sub>max

\*Corresponding author:

Address: Faculty of Sport Science, Al-zahra University, Tehran, Iran  
Email: bjalalvandi@yahoo.com

## تأثیر مکمل دهی کوآنزیم Q10 و تمرین هوازی بر نقطه شکست ضربان قلب و VO<sub>2</sub>max زنان فعال

بهاره جلالوندی\*<sup>1</sup>، پریچهر حناچی<sup>2</sup>، پروانه نظرعلی<sup>3</sup>، سعید نقیبی<sup>4</sup>

1. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
2. استادیار دانشکده علوم پایه گروه بیولوژی بخش بیوشیمی دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
3. دانشیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
4. استادیار، پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: 92/5/23 تاریخ پذیرش: 92/12/7

### چکیده

**زمینه و هدف:** در چند سال اخیر مطالعاتی در خصوص نقش کوآنزیم Q10 در بهبود عملکرد ورزشی و هم‌چنین سلامت قلب و عروق انجام شده است. مطالعه حاضر تأثیر مکمل دهی کوآنزیم Q10 همراه با تمرینات هوازی شنا را بر نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) و حداکثر اکسیژن (Vo<sub>2</sub>max) در زنان فعال به روش نیمه تجربی مورد بررسی قرار داده است.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه به روش نیمه تجربی انجام شد. 32 زن تمرین کرده با میانگین سنی  $0/86 \pm$  سال و شاخص توده بدنی  $1/06 \pm 20/127$  کیلوگرم بر متر مربع به طور تصادفی به چهار گروه 8 نفره: کنترل، مکمل، مکمل-تمرین و تمرین تقسیم شدند و در چهار هفته برنامه مصرف کوآنزیم Q10 و تمرینات شنا (3 جلسه در هفته) شرکت کردند. میزان مصرف مکمل کوآنزیم 100 میلی‌گرم در روز به شکل کپسول بود که افراد آن را همراه با وعده غذایی ناهار مصرف می‌نمودند. آزمودنی‌ها پیش و پس از آغاز دوره 4 هفته‌ای، یک آزمون پیش‌رونده و امانده ساز را برای تعیین HRDP و Vo<sub>2</sub>max بر روی تردمیل و با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی اجرا کردند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک راهه (ANOVA) در سطح معنی داری  $p < 0/05$  انجام گرفت.

**یافته‌ها:** علی‌رغم این که بر اساس نتایج آزمون تی زوجی، HRDP در هر چهار گروه افزایش غیر معنی دار یافته بود اما بر اساس آزمون ANOVA تنها افزایش معنی دار بین گروه‌ها در Vo<sub>2</sub>max اتفاق افتاد ( $p=0/008$ ).

**نتیجه‌گیری:** یکی از دلایلی که در مطالعه حاضر هیچ گونه تأثیر معنی داری در تغییرات HRDP مشاهده نشد ممکن است ناشی از این باشد که آزمودنی‌ها همه با سابقه فعالیت ورزشی منظم بودند. هر چند پس از گذشت 4 هفته تغییرات مثبتی در Vo<sub>2</sub>max داخل گروه‌ها ایجاد شد اما مکمل دهی کوآنزیم Q10 همراه با تمرین هوازی شنا تأثیر معنی داری بر نقطه شکست ضربان قلب نداشت و تنها موجب افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی شد.

**واژگان کلیدی:** کوآنزیم Q10، ضربان قلب، مکمل دهی، حداکثر اکسیژن

\*نویسنده مسئول: دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.

است به صورت فشار متابولیک و افزایش تشکیل رادیکال‌های آزاد طی تمرینات شدید مشاهده شود. از طرفی از آنجا که کوآنزیم Q10 در تولید انرژی هوازی نقشی کلیدی دارد، افزایش سطح کوآنزیم Q10 سرم، احتمالاً تأثیر چشمگیری بر عضلات در حال انقباض دارد. از این رو با در نظر گرفتن دانسته‌های موجود پیرامون عملکرد کوآنزیم Q10 در بدن، این فرضیه که آیا مصرف مکمل کوآنزیم Q10 ممکن است باعث بهبود عملکرد ورزشی شود مطرح شده است. با این وجود نتایج تحقیقاتی که بر مبنای این فرضیه انجام شده‌اند ضد و نقیض است (6). برای مثال نتایج چندین مطالعه بر روی مصرف مکمل کوآنزیم Q10 (به میزان 60-100 میلی گرم در روز و به مدت 4-8 هفته) حاکی از بهبود توان هوازی، آستانه بی‌هوازی، عملکرد ورزشی و بازگشت به حالت اولیه پس از ورزش در ورزشکاران تمرین کرده و افراد تمرین نکرده بوده است. در مقابل در چند مطالعه دیگر پس از مصرف مقادیر مشابه (60-150 میلی گرم در روز به مدت 3-8 هفته) هیچ گونه فواید نیرو افزایی بر ظرفیت ورزشی بیشینه یا زیر بیشینه افراد تمرین کرده یا تمرین نکرده مشاهده نشده است (7).

یکی از متغیرهای فیزیولوژیکی مهم که سهم قابل توجهی در اجرای بهینه ورزشکاران بازی می‌کند، آستانه بی‌هوازی است که به عنوان شدت کار با میزان اکسیژن مصرفی تعریف شده است که با اسیدوز ناشی از سوخت و ساز شروع می‌شود و با تغییرات در تبادل گازهای تنفسی مرتبط است (8). نظر به این که روش اندازه‌گیری مستقیم اسیدلاکتیک و روش آستانه تهویه‌ای برای تعیین آستانه بی‌هوازی عموماً پر هزینه و وقت‌گیر است، در طول 2 دهه گذشته توجه پژوهشگران علوم ورزشی به ارزیابی و سنجش لحظه به لحظه ضربان قلب

## مقدمه

بنابر تعریف، مکمل ورزشی، ترکیب یا فرآورده‌ای است که مستقیماً و از طریق اثرات شبه دارویی خود باعث بهبود عملکرد و بازده ورزشی ورزشکاران شود (1). در سال‌های اخیر، کوآنزیم Q10 (COQ<sub>10</sub>) که یوبی کوئینون نیز نامیده می‌شود به عنوان یک مکمل رژیمی و مقابله کننده با برخی از آسیب‌هایی که به وسیله رادیکال‌های آزاد ایجاد می‌شود، توجه قابل ملاحظه‌ای را به خود معطوف کرده است (2). این ماده که برای اولین بار در میتوکندری قلب گاو شناسایی شد، ترکیبی ضروری در زنجیره تنفسی میتوکندری بوده و از ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی نیز برخوردار است (3). این ترکیب چندین نقش مهم در بدن ایفا می‌کند که شامل انتقال الکترون‌ها در زنجیره تنفسی میتوکندری و در نتیجه تولید ATP، داشتن نقش آنتی‌اکسیدانی و پشتیبانی از بازسازی سایر آنتی‌اکسیدان‌ها، مؤثر بر ثبات، سیالیت و نفوذپذیری غشای سلول و تحریک رشد سلول و ممانعت از مرگ آن می‌باشد (4). کوآنزیم Q10 در تمام سلول‌های بدن به ویژه قلب، کبد و لوزالمعده از اسید آمینه تیروزین ساخته می‌شود. برای سنتز این ماده در بدن به چندین کوفاکتور از جمله ویتامین‌های B<sub>2</sub> و B<sub>6</sub> و B<sub>12</sub>، اسید فولیک، نیاسین و ویتامین C نیاز است (5). توانایی تولید کوآنزیم Q10 در بدن با افزایش سن کاهش می‌یابد. در جمعیت‌های بالینی، Q10 به عنوان مکمل درمان برای بیماری‌های مزمن مانند نارسایی مزمن قلب (Chronic Heart Failure)، دیستروفی‌های عضلانی، دیابت و سرطان استفاده شده است و نتایج متفاوتی به دست آمده است (6). پیشنهاد شده است که مصرف این ماده به عنوان مکمل، بنیه فیزیکی و استقامت ورزشی را بهبود داده و ضعف و خستگی عضلانی را تقلیل می‌دهد. علائم کمبود آن در ورزشکاران ممکن

معطوف شده است (9). اطلاعات نشان داده‌اند در یک فعالیت یا کار معین، همراه با افزایش تدریجی فعالیت، روند افزایش ضربان قلب همیشه خطی نبوده و در منحنی ضربان قلب - بارکار، نقطه‌ای وجود دارد که با افزایش بارکار، ضربان قلب افزایش نمی‌یابد و از خط راست منحرف می‌شود که تحت عنوان نقطه شکست ضربان قلب (Heart Rate Deflection Point) شناخته شده است و طبق نظر کانکانی (10) همان آستانه بی‌هوازی است ولی با توجه به ضعف نقطه نظر کانکانی و همکارانش در تعیین آستانه بی‌هوازی به روش خطی، مدل Dmax یا حداکثر فاصله (Maximum Distance)، مطرح شد. مزیت این روش آن است که HRDP در همه افراد تعیین می‌شود. در روش Dmax در منحنی ضربان قلب - زمان (که بارکار در آن افزایش می‌یابد) اولین و آخرین نقطه منحنی با استفاده از یک خط راست به یکدیگر متصل می‌شوند، بیشترین فاصله این خط راست و منحنی به عنوان HRDP مورد توجه قرار می‌گیرد. پیشنهاد شده است که حداقل مقدار برای تعیین دقیق HRDP 140 تا 150 ضربه باشد (روش S.D max) (11, 12). در سال‌های اخیر نیز چندین مطالعه در راستای تحقیق کانکانی، وجود نقطه شکست ضربان قلب و انطباق آن با آستانه بی‌هوازی را در زنان و مردان ورزشکار (دوندگان، دوچرخه‌سواران، شناگران و غیره) و در سطوح مختلف آمادگی مشاهده کرده‌اند. علاوه بر آن وقوع HRDP بستگی به سن ندارد و ممکن است در کودکان، نوجوانان و افراد میان سال اتفاق افتد (13).

با توجه اثرات کوآنزیم Q<sub>10</sub> در بدن خصوصاً در سلول‌های عضله قلبی، هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر مصرف مکمل کوآنزیم Q<sub>10</sub> و 4 هفته تمرینات هوازی شنا بر نقطه شکست ضربان قلب،

آستانه و Vo<sub>2</sub>max در دانشجویان زن تمرین کرده است.

## مواد و روش‌ها

### آزمودنی‌ها

این مطالعه به روش نیمه تجربی انجام شد. آزمودنی‌های این تحقیق زنان دانشجوی تمرین کرده رشته تربیت بدنی دانشگاه الزهرا ساکن در خوابگاه بودند که به طور داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. همه آزمودنی‌ها طی یک جلسه آشنایی، که چند روز قبل از شروع اجرای تحقیق و اجرای پیش‌آزمون برگزار شد از شیوه انجام آزمون، نحوه مصرف مکمل و چگونگی تمرینات شنا به طور کتبی و شفاهی آگاهی کامل پیدا کرده و فرم رضایت‌نامه را آگاهانه امضا کردند. پس از تکمیل پرسشنامه سلامت، 32 نفر از واجدین شرایط از بین دانشجویان در محدوده سنی 20-22 سال، با میزان فعالیت بدنی مشابه در روز، سالم (نداشتن سابقه بیماری قلبی - عروقی، کبدی، کلیوی، ریوی و نداشتن گزارشی از هر نوع ضایعه جسمی که با اجرای تمرینات تداخل داشته باشد)، عدم مصرف هر گونه دارو یا موادی که دارای اثرات کمکی باشند به عنوان نمونه به صورت تصادفی هدفمند انتخاب و به چهار گروه کنترل (8 نفر)، مکمل (8 نفر)، مکمل - تمرین (8 نفر) و تمرین (8 نفر) تقسیم شدند. لازم به یادآوری است که تمامی افراد از لحاظ سلامت عمومی توسط پزشک متخصص مورد تأیید قرار گرفتند. میزان مصرف مکمل Q<sub>10</sub> نیز در طی 4 هفته با مشورت پزشک و متخصص تغذیه 100 میلی‌گرم در هر روز تجویز شد.

جهت کنترل برنامه تمرینی و میزان کالری دریافتی آزمودنی‌ها، مقادیر دریافت درشت مغذی‌ها با

استفاده از پرسشنامه 100 قسمتی غذای دریافتی (-100 time Block Food Frequency Questionnaire) در هفت روز متوالی قبل از اجرای تحقیق ارزیابی شد (14).

آنگاه با توجه به گزارش هفت روزه آزمودنی‌ها و به منظور کاهش تأثیر تفاوت موجود در میزان کالری دریافتی روزانه، نوع مواد غذایی و عامل رژیم غذایی بر صحت و دقت نتایج پژوهش، برنامه غذایی آزمودنی‌ها در هر چهار گروه طبق برنامه ارائه شده توسط کارشناس تغذیه همسان‌سازی گردید. از سوی دیگر از آنجا که آزمودنی‌ها ساکن خوابگاه دانشگاه الزهرا بودند، همگی از رژیم غذایی نسبتاً یکسانی برخوردار بودند. با این حال از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در طول دوره چهار هفته‌ای به هیچ وجه عادات غذایی، ساعات خواب و استراحت خود را تغییر ندهند. قبل از شروع اجرای آزمون از آزمودنی‌ها درخواست شد که از مصرف قهوه، گوشت، ماهی و مواد نسبی و انجام فعالیت بدنی شدید، حداقل یک روز قبل از اجرای آزمون امتناع کنند و خود را در شرایط عادی برای انجام آزمون قرار دهند. قبل از اجرای برنامه تمرینی و شروع مصرف مکمل، ارزیابی‌های اولیه مانند اندازه‌گیری شاخص‌های آنتروپومتریک مانند قد (سانتی‌متر، استادیومتر)، وزن (کیلوگرم، ترازوی استاندارد پزشکی Seca/آلمان)، توده بدنی (قد/وزن - BMI، کیلوگرم بر مترمربع) و در نهایت یک آزمون ورزشی پیش‌روند و امانده‌ساز برای تعیین HRDP و آستانه بی‌هوازی و Vo<sub>2</sub>max با استفاده از تردمیل (Vision Fitness T9700/آمریکا) مجهز به دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (Zan600 / آمریکا)

انجام شد. مجدداً پس از پایان 4 هفته، آزمون ورزشی برای اندازه‌گیری شاخص‌های جسمانی مورد نظر، تکرار شد.

### پروتکل تحقیق

آزمودنی‌ها در دو گروه تمرین و تمرین - مکمل در 4 هفته تمرینات هوازی شنا شرکت کردند. تمرینات منتخب شنا، سه جلسه در هفته هر جلسه 1 ساعت و با شدت 50 درصد ضربان قلب بیشینه شروع شده و هر هفته 5 درصد بر شدت تمرینات هوازی افزوده شد (15). شدت تمرین طی تمرینات شنا با استفاده از ضربان سنج پلار (Kempele و Polar Electro oy/ فنلاند) در 15، 30 و 45 دقیقه از تمرین تا حد ممکن تحت کنترل قرار گرفت. در هر جلسه تمرینی 400 متر گرم کردن (شنا آزاد) و 200 متر سرد کردن (شنا آزاد) نیز منظور گردید (16).

### پروتکل آزمون ورزشی

آزمون هوازی بر اساس پروتکل هافمن - گیسل (10) (برای برآورد HRDP طراحی شده است) با استفاده از تردمیل و دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی انجام شد. آزمون با 5 دقیقه گرم کردن با سرعت 5 کیلومتر در ساعت و بدون شیب شروع می‌شد، بعد از اتمام زمان گرم کردن، 5 درجه شیب ایجاد شد که تا انتهای آزمون ثابت بود ولی سرعت آزمون پس از هر 1 دقیقه 0/5 کیلومتر در ساعت افزایش می‌یافت تا جایی که آزمودنی‌ها به حالت واماندگی می‌رسیدند و آزمون توسط محقق متوقف می‌شد. برای حصول اطمینان از

رسیدن آزمودنی‌ها به حداکثر اکسیژن مصرفی شرایط زیر در نظر گرفته شد:

- 1- ضربان معادل 95 درصد از ضربان قلب بیشینه
- 2- نمودار اکسیژن مصرفی و ضربان قلب ( $V_{O_2}/HR$ ) به حالت یکنواختی (کفه) رسیده باشد.
- 3- نسبت تبادل تنفسی معادل 1/15 باشد.
- 4- اعلام رسیدن به واماندگی از سوی آزمودنی (17).

تمامی آزمودنی‌ها 2 بار (پیش آزمون- پس آزمون) مورد آزمون قرار گرفتند. ضمناً در طی مدت آزمون، ضربان قلب که به وسیله ساعت و کمر بند پلار نمایش داده می‌شد هر 3 ثانیه توسط محقق ثبت می‌گردید.

### تحلیل آماری

برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده گردید. سپس تفاوت درون گروهی (پیش آزمون- پس آزمون) از طریق t همبسته و تفاوت بین گروهی از طریق تحلیل واریانس یک راهه (One-way ANOVA) مورد آزمون قرار

گرفت و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. کلیه عملیات آماری با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه 16 انجام شد و سطح معنی‌داری  $p < 0/05$  در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که 4 هفته مکمل دهی کوآنزیم Q10 و تمرینات هوازی شنا تأثیر معنی‌داری بر HRDP بین گروه‌ها نداشت اما باعث افزایش معنادار  $V_{O_2max}$  (7/43 درصد،  $p=0/008$ ) شد. بر اساس نتایج تعقیبی توکی تفاوت معنی‌داری بین تغییرات گروه تمرین با گروه کنترل ( $p=0/008$ ) و گروه تمرین-مکمل با گروه کنترل ( $p=0/033$ ) وجود داشت. جدول 1 ویژگی‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها را نشان می‌دهد که بر اساس مقایسه و آزمون تعقیبی توکی مشخصات شرکت‌کننده‌ها در گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت و گروه‌ها با هم همسان بودند.

جدول 1. میانگین و انحراف معیار مشخصات آزمودنی‌های تحقیق

گروه	سن (سال)	قد سانتی‌متر	توده بدنی کیلوگرم	BMI کیلوگرم بر مجذور قد
کنترل (n=8)	21/3±0/89	± 3/21 163/0	± 6/07 50/8	19/1 ± 2/57
مکمل (n=8)	21/3±0/89	166/5± 2/88	± 6/19 58/0	21/4 ± 3/14
تمرین (n=8)	21/5±0/93	± 2/45 163/5	53/3± 2/87	20/6 ± 1/01
مکمل-تمرین (n=8)	20/0±0/76	± 6/65	± 4/80	19/39 ± 1/8

	55/6	167/8		
میزان F	1/391	2/920	2/469	4/889
میزان p	0/266	0/052	0/083	0/07

جدول 2. میانگین و انحراف معیار تغییرات نقطه شکست ضربان قلب و حداکثر اکسیژن در پاسخ به 4 هفته مصرف کوآنزیم Q<sub>10</sub> و تمرینات هوازی شنا

متغیرها	گروه‌ها	مکمل	تمرین	مکمل-تمرین	کنترل
پیش آزمون	172/0 ± 3/63	180/8 ± 11/84	174/5 ± 5/93	170/0 ± 0/96	
نقطه شکست ضربان قلب	183/5 ± 10/86	180/8 ± 11/84	181/8 ± 8/60	170/3 ± 3/65	
درصد تغییرات	+ 6/7	+ 3/3	+ 4/2	+ 0/2	
ارزش P	0/006	0/012	0/014	0/947	
ارزش P (کل)		0/701			
پیش آزمون	36/5 ± 4/22	33/7 ± 18/2	35/9 ± 1/39	38/0 ± 4/07	
پس آزمون	37/7 ± 2/45	37/0 ± 5/61	40/1 ± 4/57	36/5 ± 0/66	
درصد تغییرات	+ 2/9	+ 8/9	+ 10/5	- 4/1	
ارزش P	0/172	0/049	0/008	0/280	
ارزش P (کل)		0/008			

جدول 3. نتایج آزمون تعقیبی در مقایسه بین گروهی تغییرات VO<sub>2</sub>max

میزان p	اختلاف میانگین (i-j)	گروه j	گروه i
0/033	4/8	کنترل	تمرین
0/008	5/7	کنترل	مکمل-تمرین

❖ بر اساس نتایج آزمون تعقیبی توکی، تفاوت معنی داری بین تغییرات گروه تمرین با کنترل و مکمل-تمرین با کنترل مشاهده شد (p<0/05).

## بحث

بنابر یافته‌های پژوهش حاضر، مصرف 4 هفته کوآنزیم Q10 و تمرینات هوازی شنا تأثیر معنی داری بر HRDP نداشت. تاکنون هیچ مطالعه‌ای به طور خاص پیرامون تأثیر کوآنزیم Q10 بر HRDP انجام نشده است، اما مطالعات زیادی اثرگذاری کوآنزیم Q10 بر فاکتورهای قلبی و عروقی را در افراد سالمند و بیماران قلبی مورد مطالعه قرار داده اند. راستفلت و همکاران(6) 11 پژوهش در خصوص تأثیر مصرف مکمل کوآنزیم Q10 بر فعالیت جسمانی، پر فشار خونی و ناراحتی‌های قلبی انجام دادند که شش مطالعه بهبود متوسط در ظرفیت جسمانی را نشان دادند در حالی که پنج مطالعه دیگر هیچ گونه اثر بخشی را تأیید نکردند. برای مثال راستفلت و همکاران در 8 مطالعه کاهش متوسط در فشار خون سیلولی و دیاستولی را نشان دادند یا در 35 بیمار مبتلا به نارسایی قلبی که بیشتر از 3 ماه کوآنزیم Q10 مصرف کرده بودند به پیشرفت‌های قابل توجه در طول مدت تمرین دست پیدا کردند. در حالی که در تحقیق دیگر، آنها هیچ گونه تأثیر معنی داری در کسر جهشی و حجم ضربه‌ای بیماران قلبی با مصرف کوآنزیم Q10 مشاهده نکردند(6). در همین راستا بلومر و همکاران به بررسی نقش کوآنزیم Q10 به میزان 300 میلی گرم در روز و به مدت چهار هفته بر عملکرد تمرینی مرتبط با فعالیت‌های قلب و عروق و استرس اکسایشی خون پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که مصرف کوآنزیم Q10 سبب افزایش کوآنزیم Q10 تام خون و کاهش کوآنزیم Q10 خون شد اما هیچ گونه پیشرفت یا بهبودی در شاخص‌های قلبی و عروقی موثر در عملکرد تمرینی ایجاد نشد(18). در خصوص وجود نتایج متفاوت در مکمل دهی کوآنزیم Q10 بر فاکتورهای قلبی به خصوص فاکتورهای مرتبط با فعالیت ورزشی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به مطالعات انجام

شده، مصرف مقدار بیشتر کوآنزیم Q10 و در مدت زمان طولانی‌تر (بالای 3 ماه) ممکن است از مصرف مقدار کمتر آن مؤثرتر باشد، هم‌چنین میزان سلامت و فعالیت بدنی افراد نیز مهم به نظر می‌رسد. احتمالاً مکانیزمی که سبب ایجاد تغییرات مثبت در اثر مصرف مکمل کوآنزیم Q10 در بدن می‌شود ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در اثر مصرف مکمل می‌باشد(19). کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز 2 آنزیمی هستند که می‌توانند فشارهای اکسیژن را تحمل کرده و آب اکسیژنه ناشی از زنجیره انتقال الکترون را تجزیه نمایند و مهمترین عملکرد آنها در قلب برداشت رادیکال آزاد است که از این طریق به سلامت و عملکرد قلب کمک می‌نمایند. در تعدادی از مطالعاتی که تأثیر کوآنزیم Q10 بر قلب را مورد بررسی قرار داده‌اند و این آنزیم‌ها را اندازه‌گیری نموده‌اند متوجه افزایش مقادیر لاکتاز و پراکسید دیسموتاز شده‌اند(20).

ممکن است یکی از دلایلی که در مطالعه حاضر هیچ گونه تأثیر معنی داری در تغییرات HRDP مشاهده نشد ناشی از این باشد که آزمودنی‌ها همه افراد سالم و با سابقه فعالیت ورزشی منظم بودند و عامل اثر گذار دیگر می‌تواند مدت کم مصرف کوآنزیم Q10 در نتیجه عدم ایجاد شرایط لازم جهت فعالیت عوامل موثر از جمله فعالیت آنزیم‌های یاد شده باشد. در حدود نیمی از کوآنزیم Q10 موجود در بدن در غشای داخلی میتوکندری واقع شده است. کوآنزیم Q10 به طور طبیعی در قسمت مرکزی و آب گریز غشا قرار می‌گیرد. از این رو عنوان شده که احتمالاً غلظت آن به سبب محدودیت‌های فیزیکی و عدم ثبات و ناپایداری مولکول آن، که ناشی از ساختار دو قطبی آن است، به طور آزادانه خود به خود زیاد نمی‌شود(20, 21). در تعدادی از مطالعات نیز این ایده که در اثر مکمل دهی (به میزان 120 تا 150 میلی گرم به مدت 4-6 هفته) تجمع



( $p < 0/05$ ). این نتیجه با دست آوردهای برخی از مطالعات همسو است (27) اما با برخی دیگر در تقابل است (28). کوآنزیم Q10 سبب افزایش سطوح 2 و 3- دی فسفو گلیسرآت در اریتروسیت‌ها می‌شود. به دلیل این که 2 و 3- دی فسفو گلیسرآت باعث انتقال منحنی تجزیه  $HbO_2$  به راست می‌شود، انتقال اکسیژن در فشار سهمی معین اکسیژن ( $PaO_2$ ) را افزایش می‌دهد (29). از این رو ممکن است در نتیجه ساز و کارهای ذکر شده، اکسیژن رسانی به عضلات افزایش یافته، در نتیجه سنتز ATP افزایش و تولید لاکتات کاهش یابد. این رویداد نه تنها در عضله اسکلتی بلکه در عضلات تنفسی و قلبی نیز اتفاق می‌افتد. بنابراین افزایش نیاز به اکسیژن از طریق افزایش انبساط مویرگی، به واسطه افزایش آزادسازی اکسید نیتریک در لایه اندوتلیال مویرگی (30) و نیز انتقال منحنی تجزیه  $HbO_2$  به راست تأمین شده و احتمالاً موجب افزایش  $Vo_{2max}$  می‌شود. نتایج آزمون تعقیبی توکی در خصوص مقایسه بین گروهی تغییرات  $Vo_{2max}$  نیز نشان داد که تفاوت معنی داری بین تغییرات گروه تمرین با گروه کنترل و گروه مکمل - تمرین با گروه کنترل وجود داشت.

### نتیجه گیری

بنابر نتایج پژوهش حاضر، 4 هفته مصرف کوآنزیم Q10 و تمرینات هوازی شنا تنها باعث افزایش معنی دار  $Vo_{2max}$  شده و علی‌رغم این که HRDP اندکی افزایش یافته بود اما تغییرات آنها معنی دار نبود. با توجه به این که نتایج مطالعاتی که با استفاده از افراد مختلف و مقادیر متفاوت کوآنزیم Q10 انجام شده است ضد و نقیض است، لزوم انجام پژوهش‌های گسترده‌تر با هدف تأیید یا رد اثرات کوآنزیم Q10 در عملکرد ورزشکاران احساس می‌شود.

کوآنزیم Q10 در بافت‌هایی به غیر از کبد و پلاسما ناچیز است، تأیید شده است (22). با این حال یافته‌های اخیر در موش‌ها در تقابل با چنین نظریه‌ای است. در این یافته‌ها مکمل دهی بلند مدت با کوآنزیم Q10 منجر به افزایش سطوح آن در میتوکندری عضلات اسکلتی شد (23). یکی از عواملی که ممکن است تجمع کوآنزیم Q10 در بافت‌ها را در پاسخ به مصرف آن محدود کند طول دوره مکمل دهی است. در اغلب مطالعات انجام شده تنها آثار بلند مدت کوآنزیم Q10 بر غلظت عضلانی آن بررسی شده است (24). در مطالعه کوک و همکاران، غلظت کوآنزیم Q10 عضله ظرف مدت تقریباً 2 ساعت پس از مصرف حاد آن افزایش یافته و پس از 2 هفته مکمل دهی نیز این غلظت در سطوح بیشتری نسبت به روز قبل از مکمل دهی باقی مانده ولی میزان آن در پایان دوره مکمل دهی از زمان 2 ساعت پس از مکمل دهی حاد آن کمتر شده است (25). از این رو بیان شده است که ویژگی‌های داروشناسی جذب و تجمع کوآنزیم Q10 در عضله شبیه به ویژگی‌های جذب و تجمع گرایش منویدرات است که با مکمل دهی آن، یک حد بیشینه یکنواخت یا در برخی موارد روندی نزولی در فعالیت انتقال‌دهنده‌های آن مشاهده می‌شود که احتمالاً منجر به بروز کفه یا حتی کاهش در غلظت عضلانی آن در طی دوره مکمل دهی می‌شود. چنین اثری می‌تواند توضیحی برای افزایش غلظت کوآنزیم Q10 عضله پس از 4 تا 6 هفته مکمل دهی باشد. با این حال ایجاد حد بیشینه یکنواخت یا روند نزولی در انتقال کوآنزیم Q10 به درون عضله که پس از مصرف بلند مدت آن ایجاد می‌شود، بحث برانگیز بوده و به بررسی‌های بیشتری نیاز دارد (26).

در مطالعه حاضر مصرف کوآنزیم Q10 همراه با تمرینات شنا سبب افزایش معنی دار در  $Vo_{2max}$  (7/43 درصد و  $p = 0/008$ ) شد

6. Rosenfeldt F, Hilton D, Pepe S, Krum H. Systematic review of effect of coenzyme Q10 in physical exercise, hypertension and heart failure. *Biofactors*. 2003;18(1-4):91-100. Epub 2003/12/30.
7. Kon M, Tanabe K, Akimoto T, Kimura F, Tanimura Y, Shimizu K, et al. Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzyme Q10. *The British journal of nutrition*. 2008;100(4):903-9. Epub 2008/02/21.
8. Rogers RKL, Reybrouck T, Weymans M, Dumoulin M, Gewillig M, Vaccaro P. The Relationship Between Heart Rate Deflection and Ventilatory Threshold in Children Following Heart Surgery. *Pediatric Exercise Science* 1995;7(3):263-9.
9. Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Perez M, Carvajal A, Chicharro JL. Lactic acidosis, potassium, and the heart rate deflection point in professional road cyclists. *British journal of sports medicine*. 2002;36(2):113-7. Epub 2002/03/28.
10. Bodner ME, Rhodes EC. A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med*. 2000;30(1):31-46. Epub 2000/07/25.
11. Kara M, Gokbel H, Bediz C, Ergene N, Uçok K, Uysal H. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 1996;36(1):31-4. Epub 1996/03/01.
12. Nourzad D, Siahkuhian M. Analysis and comparison of different method in determining anaerobic threshold. *Journal of HaraKat*. 2008;20:35-53.
13. Lucia A, Carvajal A, Boraita A, Serratos L, Hoyos J, Chicharro JL. Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate deflection point in highly trained cyclists. *British*

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از دانشجویان رشته تربیت بدنی دانشگاه الزهرا دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی شرکت کننده در این پژوهش اعلام می دارند. این مطالعه حاصل پایان نامه دانشجویی کارشناسی ارشد خانم بهاره جلالوندی در دانشگاه الزهرا بوده و عنوان پایان نامه‌ای که مقاله از آن منتج شده است "تأثیر مکمل دهی کوآنزیم Q10 و 4 هفته تمرین هوازی شنا بر نقطه شکست ضربان قلب و آستانه بی هوازی در زنان فعال" می باشد.

## منابع

1. Williams M. Dietary supplements and sports performance: herbals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2006;3:1-6. Epub 2008/05/27.
2. Linnane AW, Kopsidas G, Zhang C, Yarovaya N, Kovalenko S, Papakostopoulos P, et al. Cellular redox activity of coenzyme Q10: effect of CoQ10 supplementation on human skeletal muscle. *Free radical research*. 2002;36(4):445-53. Epub 2002/06/19.
3. Belardinelli R, Mucaj A, Lacalaprice F, Solenghi M, Seddaiu G, Principi F, et al. Coenzyme Q10 and exercise training in chronic heart failure. *European heart journal*. 2006;27(22):2675-81. Epub 2006/08/03.
4. Crane FL, Hatefi Y, Lester RL, Widmer C. Isolation of a quinone from beef heart mitochondria. 1957. *Biochimica et biophysica acta*. 1989;1000:362-3. Epub 101/01/1989
5. Zheng A, Moritani T. Influence of CoQ10 on autonomic nervous activity and energy metabolism during exercise in healthy subjects. *Journal of nutritional science and vitaminology*. 2008;54(4):286-90. Epub 2008/09/18.

- research. 2006;109(1):25-34. Epub 2006/01/03.
21. Turunen M, Wehlin L, Sjoberg M, Lundahl J, Dallner G, Brismar K, et al. beta2-Integrin and lipid modifications indicate a non-antioxidant mechanism for the anti-atherogenic effect of dietary coenzyme Q10. *Biochemical and biophysical research communications*. 2002;296(2):255-60. Epub 2002/08/07.
22. Zhou S, Zhang Y, Davie A, Marshall-Gradisnik S, Hu H, Wang J, et al. Muscle and plasma coenzyme Q10 concentration, aerobic power and exercise economy of healthy men in response to four weeks of supplementation. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2005;45(3):337-46. Epub 2005/10/19.
23. Svensson M, Malm C, Tonkonogi M, Ekblom B, Sjodin B, Sahlin K. Effect of Q10 supplementation on tissue Q10 levels and adenine nucleotide catabolism during high-intensity exercise. *International journal of sport nutrition*. 1999;9(2):166-80. Epub 1999/06/11.
24. Kamzalov S, Sumien N, Forster MJ, Sohal RS. Coenzyme Q intake elevates the mitochondrial and tissue levels of Coenzyme Q and alpha-tocopherol in young mice. *The Journal of nutrition*. 2003;133(10):3175-80. Epub 2003/10/02.
25. 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. Epub 2008/03/06.
26. Fariborz Hovanloo, Maryam Nourshahi, Ehsan Amini, Mina Sahami. Effect of short term supplementation with L-carnitin and coenzyme Q10 on aerobic and anaerobic exercise journal of sports medicine. 1999;33(6):387-92. Epub 1999/12/22.
14. Block G, Coyle LM, Hartman AM, Scoppa SM. Revision of dietary analysis software for the Health Habits and History Questionnaire. *American journal of epidemiology*. 1994;139.6-1190:(12) Epub 1994/06/15.
15. Beat K, Patrizia K, René P. Nutritional practices of extreme endurance swimmers the marathon-swim in the lake of Zurich 2006. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2007;6(2):188-93.
16. Jorgić B, Puletić M, Okičić T, Meškowska N .Importance of maximal oxygen consumption during swimming. *Physical Education and Sport*. 2011;9(2):183-91.
17. Jacobs PL, Goldstein ER, Blackburn W, Orem I, Hughes JJ. Glycine propionyl-L-carnitine produces enhanced anaerobic work capacity with reduced lactate accumulation in resistance trained males. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2009;6:9. Epub 2009/04/04.
18. Tiano L, Belardinelli R, Carnevali P, Principi F, Seddaiu G, Littarru GP. Effect of coenzyme Q10 administration on endothelial function and extracellular superoxide dismutase in patients with ischaemic heart disease: a double-blind, randomized controlled study. *European heart journal*. 2007;28(18):2249-55. Epub 2007/07/24.
19. Bloomer RJ, Canale RE, McCarthy CG, Farney TM. Impact of oral ubiquinol on blood oxidative stress and exercise performance. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2012;2012:465020. Epub 2012/09/12.
20. Modi K, Santani DD, Goyal RK, Bhatt PA. Effect of coenzyme Q10 on catalase activity and other antioxidant parameters in streptozotocin-induced diabetic rats. *Biological trace element*

- Scandinavica. 1997;161(3):379-84. Epub 1997/12/24.
29. Bloomer RJ, Smith WA, Fisher-Wellman KH. Glycine propionyl-L-carnitine increases plasma nitrate/nitrite in resistance trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2007;4:22. Epub 2007/12/07.
30. Kilmartin J, Rossi-Bernardi L. Interaction of hemoglobin with hydrogen ions, carbon dioxide, and organic phosphates. *Physiol Rev*. 1973;53:836-90.
- performance in sedentary college men. *Pajoohandeh Journal*. 2012;17(1):8-17.
27. Braun B, Clarkson PM, Freedson PS, Kohl RL. Effects of coenzyme Q10 supplementation on exercise performance, VO<sub>2</sub>max, and lipid peroxidation in trained cyclists. *International journal of sport nutrition*. 1991;1(4):353-65. Epub 1991/12/01.
28. Malm C, Svensson M, Ekblom B, Sjodin B. Effects of ubiquinone-10 supplementation and high intensity training on physical performance in humans. *Acta physiologica*