

## تأثیر مکمل یاری کوآنزیم Q10 بر فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک

## پرتهویه‌ای در ورزشکاران استقامتی مرد جوان

حبیب اله دشتی<sup>۱</sup>، لطفعلی بلبلی<sup>۲</sup>، معرفت سیاه‌کوهیان<sup>۳\*</sup>

## چکیده

**زمینه و هدف:** ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای نقش مهمی در ارزیابی عملکرد ورزشی و سلامت قلب و عروق دارند. هدف از این مطالعه تعیین تأثیر مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 بر فازهای ایزوکپنیک بافری (IB) و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای (HHV) مردان جوان ورزشکار استقامتی بود.

**مواد و روش‌ها:** ۱۴ مرد جوان ورزشکار انتخاب و به طور تصادفی در دو گروه مساوی قرار گرفتند. بمدت ۴ هفته، گروه تجربی کوآنزیم Q10 و گروه کنترل دارونما را به مقدار ۶۰ میلی‌گرم در روز مصرف کردند. در سه نوبت از هر دو گروه آزمون بیشینه فزاینده (CXP) برای اندازه‌گیری آستانه‌تهویه (VT) و نقطه‌جبران تنفسی (RCP) در روزهای ۱، ۱۴ و ۲۸ گرفته شد. گازهای تنفسی آزمودنی‌ها توسط دستگاه گازآنالیزر جمع‌آوری و بطور خودکار مقادیر  $O_2$ ،  $CO_2$ ، معادل تهویه‌ای اکسیژن ( $EqO_2$ ) و معادل تهویه‌ای دی‌اکسیدکربن ( $EqCO_2$ ) معادل با VT و RCP اندازه‌گیری و ثبت شد. برای مقایسه متغیرها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و t مستقل استفاده شد ( $P < 0.05$ ).

**یافته‌ها:** در فاز ایزوکپنیک بافری اختلاف معنی‌داری بین مراحل زمانی در گروه کوآنزیم Q10 ( $F = 1/40$ ,  $P = 0/28$ ) و گروه کنترل ( $P = 0/74$ ) وجود نداشت. در فاز هایپوکپنیک پرتهویه‌ای اختلاف معنی‌داری بین مراحل زمانی در گروه کوآنزیم Q10 ( $P = 0/01$ )،  $F = 7/00$  و وجود داشت که مربوط به مرحله زمانی پس‌آزمون با پیش‌آزمون بوده است ( $P = 0/02$ )، درحالی‌که در گروه کنترل این اختلاف معنی‌دار نبود. نتایج آزمون t مستقل اختلاف معنی‌داری را بین مراحل مختلف زمانی IB و HHV بین دو گروه نشان نداد.

**نتیجه‌گیری:** هرچند بصورت تئوریک کوآنزیم Q10 می‌تواند برای ظرفیت تمرین و کاهش استرس اکسیداتیو مفید واقع شود، مطالعه حاضر نتوانست تأثیر معنی‌دار مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 بمقدار ۶۰ میلی‌گرم در روز، بمدت ۱۴ و ۲۸ روز را بردامنه فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای مردان جوان ورزشکار نشان دهد.

**واژگان کلیدی:** کوآنزیم Q10، فاز ایزوکپنیک بافری، فاز هایپوکپنیک پرتهویه‌ای، مکمل‌یاری

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. استاد دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، نویسنده مسئول

marefat\_siahkuhian@yahoo.com

متغیرهای تهویه‌ای بعنوان یک شاخص غیر مستقیم اندازگیری پاکسازی لاکتات و مکانیسم های بافری پذیرفته شده‌اند (۱). اندازه‌گیری مستقیم حجم اکسیژن مصرفی  $VO_2$  و دی‌اکسیدکربن  $VCO_2$  یک آزمون بیشینه به محققین امکان شناسایی دو نقطه تبادل گازی فیزیولوژیک (آستانه هوازی / آستانه تهویه (VT) و آستانه بی-هوازی / نقطه جبران تنفسی (RCP)<sup>۲</sup>) را می‌دهد. همبستگی قوی بین حداکثر اکسیژن مصرفی و آستانه تهویه و نقطه جبران تنفسی گزارش شده‌است (۱، ۲). ضربان قلب معادل با شدت تمرین زیر آستانه تهویه، بین آستانه تهویه و نقطه جبران تنفسی، و بالای نقطه جبران تنفسی برای طبقه بندی شدت تمرین استفاده می‌شوند (۳، ۴). در طول آزمون تمرین قلبی عروقی فزاینده (CPET)<sup>۳</sup> بعد از آستانه هوازی اسید لاکتیک شروع به تجمع می‌کند (۳). با افزایش تنفس، بیکربنات ( $HCO_3^-$ ) خون افزایش اسیدوز لاکتات را جبران می‌کند (۵). با از کار افتادن سیستم بافری، PH شروع به کاهش کرده و پرتهویه‌ای اتفاق می‌افتد. در نتیجه، تهویه دقیقه‌ای (VE) به نسبت افزایش دی‌اکسیدکربن ( $VCO_2$ ) دفع شده در نتیجه بافر اسید لاکتیک توسط یون بیکربنات، افزایش می‌یابد (۶). بنابراین، معادل تهویه‌ای دی‌اکسیدکربن ( $VE/VCO_2$ ) تغییر نمی‌یابد، درحالی‌که غلظت اکسیژن پایان دمی ( $PETCO_2$ )<sup>۴</sup> و معادل تهویه‌ای اکسیژن ( $VE/VO_2$ ) در نقطه آستانه تهویه افزایش می‌یابد (پرتهویه‌ای مرتبط با  $O_2$ ). نقطه شروع اسیدوز متابولیک آستانه هوازی (AT)<sup>۵</sup> و همچنین آستانه تهویه (VT) نامیده می‌شود. از آنجایی‌که آستانه هوازی بدون فعالیت بیشینه برآورد می‌شود و با حداکثر اکسیژن مصرفی همبستگی خوبی دارد (۷، ۸)، به عنوان یکی از شاخص‌های ظرفیت تمرین برای بیماران و افراد سالم استفاده شده است (۹). به علاوه AT با تمرین استقامتی افزایش می‌یابد (۱) و همبستگی بالایی با عملکرد تمرینی دارد. نقطه‌ای که PH شروع به کاهش کرده و تهویه اضافی را تحریک می‌کند، نقطه جبران تنفسی (RCP) نام دارد. در این نقطه غلظت دی-اکسیدکربن پایان بازدمی ( $PETCO_2$ )<sup>۶</sup> کاهش و معادل تهویه‌ای دی‌اکسیدکربن ( $VE/VCO_2$ ) افزایش می‌یابد (۲).

فاصله VT تا RCP با عنوان ایزوکپنیک بافری (IB)<sup>۷</sup>، و فاصله RCP تا پایان تمرین یا واماندگی<sup>۸</sup>، فاز هایپوکپنیک پرتهویه‌ای (HHV)<sup>۹</sup> نامیده می‌شوند (۱۰، ۱۱). از آنجایی‌که مسابقات ورزشی در شدت‌های بالا اجرا اجرا می‌شوند، ورزشکاران بخصوص ورزش‌های کوتاه و متوسط مدت اغلب در سطوح بالای AT رقابت می‌کنند. به علاوه گزارش شده است که دامنه فاز ایزوکپنیک بافری نسبت به AT همبستگی بالایی با حداکثر اکسیژن مصرفی در ورزشکاران دارد (۱۲). بنابراین ارزیابی اثرات تمرین در ورزشکاران باید نه تنها براساس تعیین AT، بلکه همچنین پارامترهای فیزیولوژیک دیگری که در شدت کاری بالای AT بدست آمده‌اند، انجام شود. طول مدت فاز ایزوکپنیک بافری با ظرفیت بافری بدن ارتباط مستقیمی دارد. به عبارت دیگر هرچه ظرفیت بافری بدن بالا باشد، مرحله ایزوکپنیک بافری افزایش پیدا کرده و تداوم عملکرد مطلوب را در پی خواهد داشت.

1. Ventilation Threshold
2. Respiratory Compensation Point
3. Cardiopulmonary Exercise Testing
4. End-tidal  $O_2$  tension
5. Aerobic Threshold
6. End-tidal  $CO_2$  tension
7. Isocapnic Buffering
8. Exhaustion
9. Hypocapnic Hyper Ventilation

نشان داده شده است، ظرفیت بافری پائین با افزایش غلظت یون پروتون همراه شده و شدت تکرارهای دوی سرعت را کاهش داده است. بافرهایی که مقدار افزایش پروتون را کاهش می‌دهند عبارتند از پروتئین‌ها، فسفات‌ها و بیکربنات (۱۳). در حالی که چندین پژوهش ارتباط بین ظرفیت تمرین و حداکثر اکسیژن مصرفی را مورد مطالعه قرار داده‌اند (۱۲، ۲، ۱)، اهمیت فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است.

از آنجا که کوآنزیم Q10 در تولید انرژی هوازی نقشی کلیدی دارد (۱۴)، این فرضیه مطرح است که مکمل - دهی کوآنزیم Q10، ممکن است باعث بهبود عملکرد ورزشی شود (کوک و همکاران، ۲۰۰۸؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۰۸). تحقیقات متعددی در ارتباط با تأثیر کوآنزیم Q10 بر بیماری‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و عملکرد ورزشی انجام شده است (۱۶، ۱۵). با وجود جدید بودن موضوع کوآنزیم Q10 و تأثیرات آن بر عملکرد ورزشی، مطالعات نتایج متفاوتی را گزارش کرده‌اند. نتایج یافته‌های تحقیقات دیتمار آلف و همکاران (۲۰۱۳)، دمیرچی و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر مثبت کوآنزیم Q10 بر توان هوازی، آستانه بی‌هوازی، عملکرد ورزشی و ریکاوری پس از ورزش در ورزشکاران و افراد بدون تمرین را پیشنهاد نموده‌اند (۱۸، ۱۷). در حالی که تحقیقات دیگری عدم تأثیر معنی‌داری کوآنزیم Q10 بر بهبود عملکرد را گزارش نموده‌اند؛ در یک مطالعه ۴ هفته‌ای که توسط جلالوندی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) بر روی ۳۲ فرد تمرین کرده انجام شد، آزمودنی‌ها ۱۰۰ میلی‌گرم در روز کوآنزیم Q10 مصرف کردند. آزمودنی‌ها پیش و پس از آغاز پروتکل تحقیق، یک آزمون فزاینده و امانده ساز را برای تعیین HRDP و حداکثر اکسیژن مصرفی بر روی نوارگردان و با استفاده از دستگاه گازآنالایزر اجرا کردند. با وجود افزایش در  $VO_2max$ ، بهبودی در آستانه بی‌هوازی مشاهده نشد (۱۹). کوک و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) نیز عدم بهبود عملکرد را متعاقب مصرف کوآنزیم Q10 در آزمودنی‌های ورزشکار و غیرورزشکار گزارش نموده‌اند. در مطالعه آنها سطوح سرمی کوآنزیم Q10،  $VO_2max$  و زمان رسیدن به خستگی افزایش معنی‌داری نداشته‌اند (۱۵).

از طرفی با توجه به پیشینه تحقیق در ارتباط با تأثیر کوآنزیم Q10 بر فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای تحقیقی انجام نگرفته است. با توجه به اهمیت موضوع و افزایش روند رو به رشد مصرف کوآنزیم Q10 در بین ورزشکاران و گرانی آن، به‌ویژه نمونه‌های خارجی و وارداتی، این سؤال مطرح است که آیا مصرف کوآنزیم Q10 عملکرد ورزشی را بهبود می‌بخشد؟ بدین منظور تحقیق حاضر با عنوان تأثیر مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 بر فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای مردان جوان ورزشکار اجرا شد.

## روش پژوهش

### آزمودنی‌ها

روش تحقیق در مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی بوده و طرح تحقیق بصورت اندازه‌گیری‌های مکرر و با گروه کنترل بود. ۱۴ مرد ورزشکار ( $22.4 \pm 1.2$  سال) داوطلب که معیارهای ورود به تحقیق را داشتند، بصورت تصادفی در دو گروه مساوی کنترل (تعداد= ۷) و تجربی (تعداد= ۷) قرار گرفتند. معیارهای ورود به تحقیق این موارد بودند: فعالیت بدنی منظم، نداشتن آسیب بدنی و بیماری، عدم مصرف دارو و سیگار. شرکت کنندگان در جریان هدف و روش اجرای تحقیق قرار گرفتند، سپس آزمودنی‌ها در صورت داشتن شرایط ورود به پژوهش، فرم رضایت‌نامه

1. Jalalvandi et al.  
2. Cooke et al.

کتبی را تکمیل نمودند. در اجرای این تحقیق مفاد اعلامیه هلسینکی رعایت گردید و تحقیق حاضر توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه محقق اردبیلی مورد تایید قرار گرفت. در طول تحقیق از مصرف مواد مکمل و دارویی تأثیرگذار بر این پژوهش از جمله مکمل های آنتی اکسیدانی دیگر مانند ویتامین C، E، کشیدن سیگار، کافئین زیاد و داروها کنترل شد. همچنین به آزمودنی‌ها تاکید شد؛ در طول دوره چهار هفته‌ای به هیچ وجه عادات غذایی، ساعات خواب و استراحت خود را تغییر ندهند. و از مصرف قهوه، گوشت، ماهی و انجام فعالیت بدنی شدید، حداقل یک روز قبل از اجرای آزمون امتناع کنند. در طول اجرای پروتکل تحقیق همه آزمودنی‌ها فعالیت ورزشی عادی خود را دنبال کردند، بطوری که شدت و حجم تمرین در مراحل پیش، میان و پس‌آزمون یکسان بود.

### روش‌های اندازه‌گیری متغیرها

سه روز قبل از اجرای پروتکل تحقیق ویژگی‌های آنروپومتریکی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد ( IOI 536, Body Composition Analyzer، ساخت آلمان) در همان روز حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون هوازی بروس<sup>۱</sup> برآورد گردید (۱۹). برای حصول از رسیدن آزمودنی‌ها به حداکثر اکسیژن مصرفی، شروط زیر لازم بود: ضربان معادل ۹۵ درصد از ضربان قلب بیشینه (سن - ۲۲۰)، نسبت تبادل تنفسی معادل ۱/۱۵، نمودار اکسیژن مصرفی و ضربان قلب ( $VO_2/HR$ ) به حالت یکنواختی یا کفه و اعلام رسیدن به واماندگی از سوی آزمودنی (۲۱).

حداکثر اکسیژن مصرفی ( $VO_2max$ ) آزمودنی‌ها (۲ گروه) تفاوت معنی‌داری باهم نداشت. آزمودنی‌هایی که حداکثر اکسیژن مصرفی آنان بیش از ۴۵ (میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه) بود در این مطالعه شرکت داده شدند. آزمودنی‌ها روز قبل از اعمال متغیرهای مستقل، آزمون ایلیف<sup>۲</sup> را به عنوان پیش‌آزمون<sup>۳</sup> اجرا نمودند (۲۲). برای اجتناب از تأثیر عوامل بیرونی بر شاخص‌های عملکردی مورد آزمون، ۲ روز قبل از آزمون همه شرکت‌کنندگان شدت تمرین خود را کاهش دادند. بعد از ۱۰ دقیقه گرم کردن با سرعت پایین، آزمون ایلیف را بر روی نوارگردان (HP، Cosmos، ساخت آلمان)، تا رسیدن به واماندگی انجام دادند. آزمون ایلیف با سرعت ۶ کیلومتر/ ساعت شروع و در هر دقیقه ۱/۲ کیلومتر/ ساعت افزایش یافت. در طول آزمون شیب ۲/۵ درصد ثابت بود. از ابتدای آزمون تا مرحله‌ی واماندگی گازهای تنفسی آزمودنی‌ها نفس به نفس از طریق ماسک دستگاه گازآنالیزر (MetaMax 3B, Germany) جمع‌آوری شد. به نحوی که توسط این دستگاه به طور خودکار مقدار اکسیژن مصرفی، دی‌اکسید کربن تولیدی و تهویه بصورت نفس به نفس در سرتاسر مدت اجرای آزمون اندازه‌گیری و ثبت شد. در انتها، برنامه سرد کردن به مدت ۵ دقیقه اجرا شد (۲۳).

یک روز بعد از اعمال متغیر مستقل، بمدت ۲۸ روز آزمودنی‌ها برنامه زیر را اجرا کردند: کوآنزیم Q10 ساخت کشور کانادا، بمقدار ۶۰ میلی‌گرم (۲۴، ۲۵)، بشکل کپسول‌های ژلاتینی هم‌شکل، ۳۰ میلی‌گرمی، تهیه شده و در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده شد که در دو نوبت صبح و شب همراه با وعده غذایی اصلی مصرف شدند. مصرف مکمل در صورتی مورد تأیید محقق قرار می‌گرفت که هر آزمودنی در جلسه میان آزمون و پس‌آزمون بسته‌های خالی مکمل را باز می‌گرداند در این مدت پژوهشگر با گروه تجربی از طریق تماس تلفنی در ارتباط بود تا مکمل به موقع خورده شود. همچنین یک شماره تلفن به افراد داده شد تا در صورت نیاز تماس بگیرند. در روزهای ۱۴ و

1. Bruce treadmill test  
2. Iliev maximal incremental test  
3. Pre-test

۲۸ دوباره از آزمودنی‌ها پروتکل فزاینده ایلیف بعنوان میان‌آزمون<sup>۱</sup> و پس‌آزمون<sup>۲</sup> گرفته شد. آزمودنی‌ها، پروتکل ایلیف را صبح با شکم خالی و گرسنگی شبانه انجام دادند و در طول مدت دویدن می‌توانستند به مقدار دلخواه<sup>۳</sup> آب بنوشند (۲۶). مقادیر اکسیژن مصرفی ( $VO_2$ ) مربوط به حداکثر اکسیژن مصرفی و آستانه تهویه (VT) و نقطه جبران تنفسی (RCP) توسط دستگاه گاز آنالایزر ثبت شد. دمای آزمایشگاه در زمان اجرای آزمون تحقیق بر روی ۲۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. میزان نور و رطوبت در شرایط استاندارد قرار گرفت (۲۷).

### نحوه کار با دستگاه گاز آنالایزر

قبل از انجام آزمون از نمونه هوای ( $16/00$  درصد اکسیژن،  $5/11$  درصد دی‌اکسید کربن) موجود در کپسول استاندارد (Carburos Metalicos, Madrid, Spain) برای آنالیز مقدار اکسیژن مصرفی ( $VO_2$ ) و کربن‌دی‌اکسید تولید شده ( $VCO_2$ ) استفاده شد. از سرنگ ۳ لیتری (CORTEX Biophysik, Germany) برای کالیبره نمودن جریان‌سنج<sup>۴</sup> قبل از هر مرحله آزمون استفاده گردید. تهویه دقیقه‌ای (VE) و اجزاء آن؛ حجم پایان دمی (VT) و تعداد تنفس (f) از روی سیگنال جریان هوا، و به ترتیب براساس شرایط دما و فشار بدن<sup>۵</sup> و در دقیقه محاسبه شد. فشار سهمی پایان دمی اکسیژن ( $PETO_2$ ) و دی‌اکسیدکربن ( $PETCO_2$ )، اکسیژن مصرفی ( $VO_2$ )، کربن‌دی‌اکسید تولید شده ( $VCO_2$ )، توسط دستگاه گاز آنالایزر در هر ۱۵ ثانیه برآورد می‌شد (۲۸).

### نحوه تعیین VT و RCP

آستانه تهویه (VT) و نقطه جبران تنفسی (RCP) بطور اتوماتیک از روی شاخص‌های زیر توسط برنامه بترتیب محاسبه شد: نقطه شکست در معادل تهویه‌ای اکسیژن ( $(EqO_2)/(VE/VCO_2)$ ) و نقطه شکست در معادل تهویه-ای دی‌اکسید کربن ( $(EqCO_2)/(VE/VCO_2)$ ) (۲۹، ۳۰).

VT: نقطه افزایش در  $VE/VO_2$  بدون افزایش و بدون خروج از خطی بودن در  $VE/VCO_2$ ؛ RCP: نقطه افزایش در  $VE/VO_2$  و  $VE/VCO_2$ . در صورت عدم شناسایی توسط نرم‌افزار گاز آنالایزر، VT و RCP با نظر دو کارشناس مستقل و باتجربه تعیین شد. اکسیژن مصرفی معادل با آستانه تهویه و نقطه جبران تنفسی محاسبه گردید.

در طول آزمون ضربان قلب آزمودنی‌ها با استفاده از پولار (PolarElectro, Finland) ثبت شد. تمامی مراحل اجرای پروتکل و متغیرهای زمینه‌ای در محل آزمایشگاه فیزیولوژی انجام شد.

### تعیین دامنه فاز ایزوکپنیک و هایپوکپنیک

دامنه فاز ایزوکپنیک بوسیله اکسیژن مصرفی  $VO_2$  بین آستانه تهویه (VT)<sup>۶</sup> و نقطه جبران تنفسی (RCP)<sup>۷</sup>، و دامنه فاز هایپوکپنیک بوسیله اکسیژن مصرفی  $VO_2$  بین نقطه جبران تنفسی (RCP) تا پایان آزمون (واماندگی) محاسبه گردید (۳۰، ۳۱).

1. Mid-test
2. Post-test
3. Ad libitum
4. Flow meter
5. BTPS
6. Ventilatory Threshold
7. Respiratory Compensation Point

## روش‌های آماری

به منظور توصیف داده‌ها، محاسبه میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی استفاده شد. آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۱</sup> ( $N < 50$ ) برای تعیین نحوه توزیع داده‌ها استفاده شد. برای مقایسه متغیرهای فیزیولوژیکی درون گروهی در مراحل مختلف از اندازه‌گیری مکرر<sup>۲</sup>، در صورت معنی‌داری، از آزمون تعقیبی بونفرونی<sup>۳</sup> استفاده گردید. برای مقایسه تفاضل میانگین متغیرهای فیزیولوژیکی بین گروهی در هر مرحله از آزمون t مستقل استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار spss نسخه ۲۲ و در سطح معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) انجام شد.

## یافته‌ها

مشخصات فردی آزمودنی‌ها شرکت‌کننده در تحقیق قبل از شروع مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های آنترپومتریکی آزمودنی‌ها (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

کنترل	کوآنزیم Q10	
تعداد=۷	تعداد=۷	
۲۲/۱ $\pm$ ۱/۳	۲۲/۷ $\pm$ ۱/۱	سن (سال)
۱۷۱/۲ $\pm$ ۳/۱	۱۷۰/۳ $\pm$ ۲/۸	قد (سانتی‌متر)
۶۹/۳ $\pm$ ۵/۳	۷۰/۳ $\pm$ ۶/۷	وزن (کیلوگرم)
۱۲/۶ $\pm$ ۴/۹	۱۲/۴ $\pm$ ۳/۹	درصد چربی (%)
۲۳/۶ $\pm$ ۲/۳	۲۴/۲ $\pm$ ۲/۸	شاخص توده بدنی (کیلوگرم / متر <sup>۲</sup> )
۵۴/۷ $\pm$ ۶/۱	۵۵/۷ $\pm$ ۶/۱	توده بدنی خالص (کیلوگرم)
۵۳/۴ $\pm$ ۲/۴	۵۳/۲ $\pm$ ۲/۹	اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)

ویژگی‌های عملکردی گروه کوآنزیم Q10 و گروه کنترل در مراحل زمانی مختلف در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های فاز ایزوکینیک بافاری در دو گروه (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

گروه	مرحله	اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر / کیلوگرم.دقیقه)	زمان (ثانیه)	مسافت (متر)
کوآنزیم Q10	پیش آزمون	۱۳/۴۹ $\pm$ ۱/۲۸	۲۰۴/۰۰ $\pm$ ۲۹/۹	۸۵۲/۴۵ $\pm$ ۱۰۲/۲
	میان آزمون	۱۱/۶۱ $\pm$ ۵/۳۶	۲۰۰/۸۰ $\pm$ ۳۷/۱	۸۳۲/۷۸ $\pm$ ۱۱۲/۷
	پس آزمون	۱۱/۲۹ $\pm$ ۲/۷۵	۱۶۹/۵۵ $\pm$ ۲۶/۰	۷۱۲/۵۰ $\pm$ ۸۱/۴
کنترل	پیش آزمون	۱۲/۳۷ $\pm$ ۲/۲۶	۱۹۷/۰۰ $\pm$ ۲۸/۳	۸۱۲/۰۰ $\pm$ ۸۵/۹
	میان آزمون	۱۲/۶۹ $\pm$ ۱/۶۱	۱۹۴/۸۵ $\pm$ ۳۰/۷	۸۰۴/۷۵ $\pm$ ۹۱/۰
	پس آزمون	۱۱/۶۷ $\pm$ ۲/۸۳	۲۰۱/۰۰ $\pm$ ۳۶/۷	۸۳۳/۷۸ $\pm$ ۱۰۸/۱

1. Shapiro & Wilk  
2. Repeated measures  
3. Bonferroni

جدول ۳. ویژگی‌های فاز هایپوکپنیک پرتهویه‌ای در دو گروه (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

گروه	مرحله	اکسیژن مصرفی (میلی لیتر. کیلوگرم.دقیقه)	زمان (ثانیه)	مسافت (متر)
کوآنزیم Q10	پیش آزمون	۵/۹۴ $\pm$ ۲/۹۸	۱۱۵/۰۰ $\pm$ ۲۳/۷	۶۹۴/۸۶ $\pm$ ۷۲/۴
	میان آزمون	۹/۲۲ $\pm$ ۴/۳۸	۱۳۸/۰۰ $\pm$ ۲۶/۰	۹۳۷/۸۳ $\pm$ ۸۰/۱
	پس آزمون	۹/۵۴ $\pm$ ۱/۵۶	۱۴۹/۰۰ $\pm$ ۳۴/۲	۹۹۵/۵۰ $\pm$ ۱۱۰/۲
کنترل	پیش آزمون	۷/۷۵ $\pm$ ۴/۴۹	۱۲۱/۰۰ $\pm$ ۳۰/۶	۷۲۰/۳۷ $\pm$ ۹۱/۵
	میان آزمون	۸/۵۹ $\pm$ ۲/۱۵	۱۲۴/۰۰ $\pm$ ۲۹/۵	۷۳۶/۷۷ $\pm$ ۸۶/۹
	پس آزمون	۱۱/۲۶ $\pm$ ۱/۴۹	۱۶۳/۰۰ $\pm$ ۳۱/۸	۱۰۵۷/۱۹ $\pm$ ۱۲۰/۰

## فاز ایزوکپنیک بافری (IB)

نتایج آزمون آنوا با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مراحل پیش آزمون، میان آزمون و پس آزمون در گروه کوآنزیم Q10 ( $F=۱/۴۰$ ;  $P=۰/۲۸$ ) و گروه کنترل ( $F=۰/۳۱$ ;  $P=۰/۷۴$ ) وجود نداشت. همچنین نتایج آزمون t مستقل اختلاف معنی‌داری را بین مراحل مختلف گروه کوآنزیم Q10 و گروه کنترل نشان نداد (جدول ۴).

## فاز هایپوکپنیک پرتهویه‌ای (HHV)

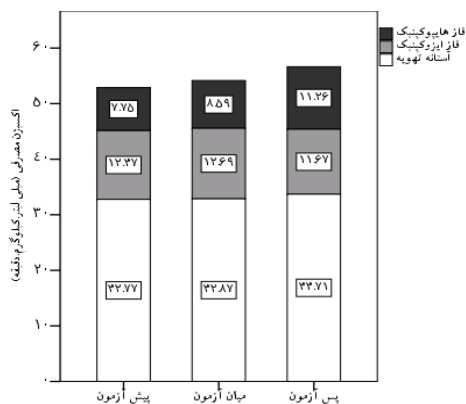
نتایج آزمون آنوا با اندازه‌گیری مکرر، اختلاف معنی‌داری بین مراحل پیش آزمون، میان آزمون و پس آزمون در گروه کوآنزیم Q10 ( $F=۷/۰۰$ ;  $P=۰/۰۱$ ) نشان داد. در گروه کنترل تفاوت معنی‌دار نبود. هرچند نتایج آزمون t مستقل اختلاف معنی‌داری را بین مراحل مختلف در دو گروه نشان نداد (جدول ۴).

## بحث و نتیجه‌گیری

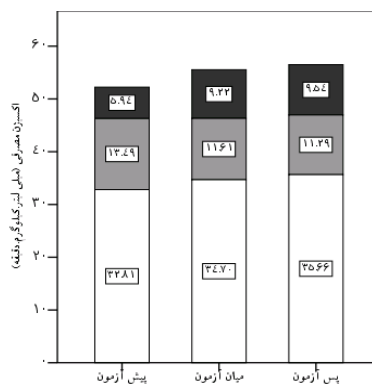
هدف این مطالعه بررسی تأثیر مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 بر فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای مردان جوان ورزشکار بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد؛ ۲۸ روز مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 تأثیر معنی‌داری بر فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای ورزشکاران مرد جوان نداشته است ( $P=۰/۰۵$ ). نتایج چندین مطالعه با یافته‌های این پژوهش همسو می‌باشد. در گروه تجربی آستانه تهویه افزایش اندکی داشته است در حالی که نقطه جبران تنفسی (RCP) افزایشی نداشته است. در نتیجه افزایش معنی‌داری در فاز ایزوکپنیک مشاهده نشد. چیکارو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) عدم تغییر دامنه ایزوکپنیک بافری دوچرخه سواران حرفه‌ای، علیرغم افزایش قابل ملاحظه بار تمرینی و کاهش معنی‌دار فاز هایپوکپنیک پرتهویه‌ای را در فصل‌های تمرینی نشان دادند. با وجود این، HHV کاهش معنی‌داری داشته است ( $P=۰/۰۱$ ) (۳۱). از طرفی بعضی از مطالعات عدم افزایش آستانه تهویه را نشان داده‌اند (۳۳).

جدول ۴. نتایج آزمون t مستقل در مراحل؛ پیش آزمون، میان آزمون و پس آزمون (بین گروهی)

متغیر	مرحله	t	df	P
فاز ایزوکپنیک بافری (میلی لیتر. کیلوگرم. دقیقه)	پیش آزمون	۰/۹۳	۱۲	۰/۳۷
	میان آزمون	-۰/۵۱	۱۲	۰/۶۲
	پس آزمون	-۰/۲۵	۱۲	۰/۸۰
فاز هایپوکپنیک پرتهویه‌ای (میلی لیتر. کیلوگرم. دقیقه)	پیش آزمون	-۰/۸۹	۱۲	۰/۳۹
	میان آزمون	۰/۳۴	۱۲	۰/۷۴
	پس آزمون	-۲/۱۲	۱۲	۰/۰۶



شکل ۵. تغییرات فازهای ایزوکپنیک و هایپوکپنیک در گروه کنترل



شکل ۵. تغییرات فازهای ایزوکپنیک و هایپوکپنیک در گروه کوآنزیم Q10

در مطالعه جالوندی و همکاران (۲۰۱۴) مشابه با مطالعه حاضر، ۴ هفته مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 تغییر معنی‌داری در فازهای ایزوکپنیک بافری و هایپوکپنیک پرتهویه‌ای ایجاد نکرد که با یافته‌های این پژوهش در یک راستا می‌باشد. در مطالعه مذکور که آزمودنی‌ها به ۴ گروه کوآنزیم Q10، کنترل، تمرین و تمرین - کوآنزیم Q10 تقسیم شده بودند، مقدار کوآنزیم Q10 مصرفی (۱۰۰ میلی‌گرم در روز) بوده است. هرچند افزایش معنی‌داری در تحقیق آنها داشته است. تفاوت آزمون فزاینده بیشینه به کار گرفته شده برای تعیین آستانه‌ها و فاز IB و HHV و جنس آزمودنی‌ها شاید در بروز این اختلاف موثر بوده است. پروتکل هافمن - گیسل در آن تحقیق استفاده شده بود که مقدار افزایش سرعت کمتری (۰/۵ کیلومتر در ساعت در هر دقیقه) نسبت به آزمون



استفاده شده در تحقیق حاضر (۱/۲ کیلومتر در ساعت در هر ۹۰ ثانیه) داشته است. در حالی که شیب نوارگردان بیشتر بوده است (۵ درجه در مقابل ۲/۵ درجه) (۱۹).

همبستگی معنی‌داری بین طول فاز ایزوکپنیک و حداکثر اکسیژن مصرفی در ورزشکاران جوان گزارش شده است (۳۰). همچنین این همبستگی بعد از ۶ ماه تمرین نیز نشان داده شده است (۳۲). لنتی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) کاهش فاز ایزوکپنیک متعاقب افزایش سن را گزارش کرده و پیشنهاد نموده‌اند که این کاهش در افرادی که تمرین استقامتی داشته‌اند مستقل از سن بوده است (۳۴). به‌هرحال، تحقیقات دیگری، نتایج متفاوتی را گزارش نموده‌اند. در تحقیقی که فاز ایزوکپنیک را بعنوان بازده توان از AT تا RCP تعریف نموده‌اند، افزایش معنی‌داری در دامنه IB در طول دوره‌های یک فصل تمرین در ورزشکاران گزارش نشده است (۳۱). مطالعه دیگری نشان داد در ورزشکاران مرد استقامتی، زمان تایم تریل کوتاه‌مدت (۲۰ دقیقه) همبستگی ( $r=0/58, P=0/05$ ) با IB داشت. درحالی‌که این همبستگی در تایم تریل بلندمدت (۹۰ دقیقه) ضعیف بود. آنها پیشنهاد نمودند؛ فاز ایزوکپنیک بافری طولانی شاخص بهتری برای عملکرد استقامتی می‌باشد و بعد از تمرین استقامتی علیرغم افزایش سن، فاز ایزوکپنیک همچنان افزایش می‌یابد (۳۵).

اغلب مسابقات ورزشی در رشته‌های کوتاه و میان مدت در شدت کاری زیر بیشینه انجام می‌شود که به انباشت لاکتات می‌انجامد. تحت این شرایط، پرتهویه‌ای برای دفع دی‌اکسیدکربن ناشی از اسیدوز متابولیک افزایش می‌یابد که عملکرد استقامتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مطالعه‌ای که دامنه فاز ایزوکپنیک بافری را بصورت مقاطع مورد بررسی قرار داده است، همبستگی بالایی بین فاز ایزوکپنیک بافری و حداکثر اکسیژن مصرفی نسبت به AT در ورزشکاران گزارش شده، و پیشنهاد گردیده که این دامنه تأثیر مهمی در ظرفیت هوازی بیشه در ورزشکاران دارد (۳۰). در واقع، در تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی، فاز ایزوکپنیک بافری که از آستانه تهویه تا نقطه جبران تنفسی را شامل می‌شود، شاخص بسیار مهم تری از آستانه تهویه است (۲۰).

هرگونه مداخله‌ای که تجمع لاکتات در خون را به تاخیر بیندازد، با افزایش ظرفیت بافرینگ، حائز اهمیت می‌باشد. در نقطه جبران تنفسی (RCP)، لاکتات خون شروع به تجمع کرده و تهویه افزایش می‌یابد. صرف نظر از مکانیسم‌های درگیر یا مدل‌های توصیفی این فرایند، تغییرات ایجاد شده در نتیجه تجمع لاکتات تأثیر معنی‌داری بر عملکرد قلبی-تنفسی دارد که شامل؛ اسیدوز متابولیک، پرتهویه‌ای، اختلال در انقباض عضله، و تغییر کنتیک اکسیژن، همه در اختلال ایجاد شده در ظرفیت انجام کار سهیم می‌باشند. (۳۶). نتایج مطالعه گورکان و همکاران (۲۰۰۵) و دمیرچی و همکاران (۲۰۱۴) حاکی از آن است؛ کوآنزیم Q10 با افزایش تولید انرژی در میتوکندری، لاکتات پلاسما را کاهش می‌دهد (۳۷، ۱۸). از طرفی کوآنزیم Q10 احتمالاً با افزایش سطوح ۲-۳ دی‌فسفوگلیسرات منحنی تجزیه هموگلوبین را به سمت راست منتقل کرده و باعث 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 اکسید نیتریک در لایه‌اندوتلیال مویرگی، و نیز انتقال منحنی تجزیه به راست تأمین می‌شود (۳۸). هرچند به‌نظر می‌رسد، اسیدوز ناشی از عدم کفایت بافرینگ لاکتات نقش تعیین‌کننده‌ای در

پرتهویه‌ای تمرینی دارد، گیرنده‌های مکانیکی عضله، گیرنده‌های متابولیکی، گیرنده‌های درد، تحریکات عصبی و پتاسیم سرم نیز احتمالاً در ایجاد این مسئله فیزیولوژیکی نقش دارند (۳۹).

سطح آمادگی آزمودنی‌ها نیز می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر نتایج تحقیقات مرتبط با تأثیر کوآنزیم Q10 بر عملکرد ورزشی داشته باشد. اکثر مطالعاتی که افزایش تأثیر مثبت معنی‌دار عملکرد متعاقب مصرف مکمل کوآنزیم Q10 را گزارش نموده‌اند، با استفاده از آزمودنی‌های غیر ورزشکار انجام شده‌اند (۴۴-۴۰). همچنین، مقدار کوآنزیم Q10 مصرف شده بعنوان مکمل و مدت آن، عامل روش شناختی مؤثر دیگر بر نتایج است. در پژوهش گارسیا و همکاران (۲۰۱۵) مقدار ۱۲۰ میلی‌گرم در روز بود که دو برابر مقدار استفاده شده در این مطالعه می‌باشد (۴۵). احتمال بهبود عملکرد در پی مصرف مکمل کوآنزیم Q10 در دوزهای بالاتر نسبت به دوزهای پائین، توسط اسمیت و همکاران (۲۰۰۴) پیشنهاد شده است (۴۶).

نتایج این پژوهش نشان داد؛ مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 بمدت ۲۸ روز تأثیر معنی‌داری بر فاز ایزوکینیک بافری و هایپوکینیک پرتهویه‌ای مردان ورزشکار ندارد. شاید بتوان چنین نتیجه‌گیری کرد؛ در صورتی که آزمودنی‌ها از قبل کمبود کوآنزیم Q10 داشته باشند، احتمالاً تأثیرات مکمل‌یاری بر عملکرد استقامتی مشهودتر خواهد بود که تأییدی بر یافته‌های ساها و همکاران (۲۰۱۶) و اومالی (۲۰۱۶) مبنی بر ارگوژنیک بودن کوآنزیم Q10 در صورت کمبود قبلی آن است (۴۵، ۴۰). کاسترو و همکاران (۲۰۱۵) اذعان داشته‌اند، کاهش در عملکرد میتوکندریایی با کاهش کفایت فسفوریلاسیون اکسیداتیو و افت تولید ATP همراه می‌باشد که کوآنزیم Q10 یکی از عوامل تعیین کننده دخیل در آن می‌باشد (۴۱). مطالعه حاضر نتوانست تأثیر معنی‌دار مکمل‌یاری کوآنزیم Q10 بمقدار ۶۰ میلی‌گرم در روز، بمدت ۱۴ و ۲۸ روز را بردارنده فازهای ایزوکینیک بافری و هایپوکینیک پرتهویه‌ای مردان جوان ورزشکار نشان دهد. پائین بودن مقدار مصرف روزانه و میزان جذب آن احتمالاً در بدست آمدن این نتیجه مؤثر بوده است.

#### References:

- Poole DC, Gaesser G. 1985. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *J Appl Physiol.* 58:1115-21.
- Binder R, Wonisch M, Corra U, Cohen-Solal A, Vanhees L, Saner H, et al. 2008. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Cardiovas Prev Rehabil.* 15(6):726-34.
- Beaver W, Wasserman K, Whipp B. 1986. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol.* 60(6):2020-25.
- Montero D, Diaz-Cañestro C, Lundby C. 2015. Endurance training and  $\dot{V}O_{2\max}$ : role of maximal cardiac output and oxygen extraction. *Med Sci Sports Exerc.* 23:67-75.
- Beaver, WL, Wasserman, K, Whipp BJ. 1986. Bicarbonate buffering of lactic acid generated during exercise. *J Appl Physiol.* 60(2):472-78.
- Peinado AB, Rojo JJ, Calderon FJ, Maffulli N. 2014. Responses to increasing exercise upon reaching the anaerobic threshold, and their control by the central nervous system. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 6-17.
- Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J, Kurtz PA. 1976. Power for three modes of exercise. *J Appl Physiol.* 544-50.
- Weltman A, Katch VL. 1979. Relationship between, the onset of metabolic acidosis (anaerobic threshold) and maximal oxygen uptake. *J Sports Med.* 135-42.
- Casaburi R, Wasserman K, Patessio A, Ioli F, Zanaboni S, Donner CF. 1989. A new perspective in pulmonary rehabilitation. *Eur Respir.* 2(7):618-23.

10. Wasserman K, Whipp BJ. 1975. Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Respir Dis.* 112-21.
11. Anand JS, Wiśniewski M, Waldman W. 2014. Hyperventilation with and without maintenance of isocapnia: A comparison of selected gasometric and respiratory parameters. *Respir Physiol Neurobiol.* 201:71-4.
12. Whipp B, Ward S. 2011. The physiological basis of the anaerobic threshold and implications for clinical cardiopulmonary exercise testing. *Anaesthesia.* 66(11):1048-59.
13. Del Coso J, Hamouti N, Aguado-Jimenez R, Mora-Rodriguez R. 2009. Respiratory compensation and blood pH regulation during variable intensity exercise in trained versus untrained subjects. *Eur J appl physiol.* 107(1):83-93.
14. Misner B. 2011. Ubiquinone increases performance of an elderly runner: A case report. *Altern Med.* 2(12):24-30.
15. 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 Intl Soc Sports Nutr.* 5(1):1-14.
16. Zheng A, Moritani T. 2008. Influence of CoQ10 on autonomic nervous activity and energy metabolism during exercise in healthy subjects. *J Nutr Sci Vitaminol.* 54(4):286-290.
17. Alf D, Schmidt ME, Siebrecht SC. 2013. Ubiquinol supplementation enhances peak power production in trained athletes: a double-blind, placebo controlled study. *J Int Soc Sports Nutr.* 10(1):24.
18. Demirci N, Beytut E. 2014. 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.* 2(3):65-70.
19. Jalalvand B, Hanachi P, Nazar AP, Naghibi S. 2014. Effects of CoQ10 supplementation and aerobic training on anaerobic threshold and heart rate deflection point in active women. *J Arak Uni Med Sci.* 17(82):12-24.
20. Gharahdaghi N, Shabkhiz F, Azarboo E, Keyhanian A. 2013. The effects of daily coenzyme Q10 supplementation on  $VO_{2max}$ ,  $vVO_{2max}$  and intermittent exercise performance in soccer players. *Life Sci J.* 10(8):22-28.
21. Millet G, Candau R, Barbier B, Busso T, Rouillon J, Chatard J. 2002. Modelling the transfers of training effects on performance in elite triathletes. *Int J Sports Med.* 23(1):55-63.
22. Tzvetkov S, Bonov P, Dasheva D. 2008. Problems in determination of the ventilatory threshold based on the respiratory exchange ratio in high-level athletes. *Facta univ-series: Physical Edu Sport.* 6(2):115-23.
23. Gaisl G, Hofmann P. 1990. Heart rate determination of anaerobic threshold in children. *Pediatr Exerc Sci.* 2:29-36.
24. Kapoor P, Kapoor A. 2013. Coenzyme Q10, A novel molecule. *J Indian Acad Clin Med.* 14(1):37-45.
25. Barakat A, Shegokar R, Dittgen M, Müller RH. 2013. Coenzyme Q10 oral bioavailability: effect of formulation type. *J Pharma Investig.* 43(6):431-41.
26. Maruoka H, Fujii K, Inoue K, Kido S. 2014. Long-term effect of ubiquinol on exercise capacity and the oxidative stress regulation system in samp1 mice. *J Phys Ther Sport.* 26(3): 367-71.
27. Warren RS. 1999. The effect of exercise intensity on post-exercise lung diffusion in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 31(5):33-42.

28. Fan JL, Leiggener C, Rey F, Kayser B. 2012. Effect of inspired CO<sub>2</sub> on the ventilatory response to high intensity exercise. *Respir Physiol Neurobiol.* 180(2):283-88.
29. Meyer T, Lucia A, Earnest C, Kindermann W. 2005. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *Int J Sports Med.* 26 (1):38-48.
30. Oshima Y, Miyamoto T, Tanaka S, Wadazumi T, Kurihara N, Fujimoto S. 1997. Relationship between isocapnic buffering and maximal aerobic capacity in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 76(5): 409-14.
31. Chicharro JL, Hoyos J, Lucía A. 2000. Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. *Br J Sports Med.* 34(6):450-55.
32. Oshima Y, Tanaka S, Miyamoto T, Wadazumi T, Kurihara N, Fujimoto S. 1998. Effects of endurance training above the anaerobic threshold on isocapnic buffering phase during incremental exercise in middle-distance runners. *J Appl Physiol.* 47(1):43-51.
33. Aoike D, Baria F, Rocha ML, Kamimura MA, Mello MTd, Tufik S, et al. 2012. Impact of training at ventilatory threshold on cardiopulmonary and functional capacity in overweight patients with chronic kidney disease. *J Bras Nefrol.* 34(2):139-47.
34. Lenti M, De Vito G, Scotto di Palumbo A, Sbriccoli P, Quattrini FM, et al. 2011. Effects of aging and training status on ventilatory response during incremental cycling exercise. *J Strength Cond Res.* 25:1326-32.
35. Yen Y, Yang S, Chou C, Jui Su D, Chow J. 2015. The clinical significance of isocapnic buffering phase during exercise testing: an overview. *Int J Phys Med Rehabil.* 3(272):2-11.
36. Myers J, Ashley E. 1997. Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest.* 111(3):787-95.
37. Gürkan AS, Bozdağ O, Dündar O. 2005. Coenzyme Q10. *Ankara Pharma J.* 34(2):129-154.
38. Kilmartim JV, Rossi-Bernardi L. 1973. Interaction of hemeoglobin with hydrogen ions, carbon dioxide, and organic phosphates. *Physiol Rev.* 53:936-890.
39. Smith S, Gallagher K, Norton K, et al. 1999. Ventilatory responses to dynamic exercise elicited by intramuscular sensors. *Med Sci Sports Exerc.* 31: 277-86.
40. O'Malley PA. 2016. The past, present, and future of coenzyme Q10 supplementation update for the clinical nurse specialist. *Clin Nurse Spec.* 30(1):15-26.
41. Castro-Marrero J, Cordero MD, Segundo MJ, Saez-Francas N, Calvo N, Roman-Malo L, et al. 2015. Does oral coenzyme Q10 plus NADH supplementation improve fatigue and biochemical parameters in chronic fatigue syndrome? *Redox Signal.* 22(8):679-85.
42. Abadi A, Crane JD, Ogborn D, Hettinga B, Akhtar M, Stokl A, et al. 2013. Supplementation with alpha-lipoic acid, CoQ10, and vitamin E augments running performance and mitochondrial function in female mice. *Plos One.* 8(4):60-72.
43. Deichmann RE, Lavie CJ, Asher T, DiNicolantonio JJ, O'Keefe JH, Thompson PD. 2015. The interaction between statins and exercise: mechanisms and strategies to counter the musculoskeletal side effects of this combination therapy. *The Ochsner J.* 15(4):429-37.
44. Rostami A, Jafari A, Mahmoodi R, Mahmoodi A. 2015. Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise response in some hematological parameters in non-athletes men. *J Tabriz Uni Med Sci.* 36(6): 28-33.

45. Garcia Verazaluce JJ, Vargas Corzo Mdel C, Aguilar Cordero MJ, Ocana Peinado F, Sarmiento Ramirez A, Guisado Barrilao R. 2015. Effect of phlebodium decumanum and coenzyme Q10 on sports performance in professional volleyball players]. *Nutricion Hospitalaria*. 31(1): 401-14.
46. Smith, K. et al. 2004. Therapeutic effects of high dosage administration of coenzyme Q10 in the R6/2 model of Huntington's Disease. Abstract Viewer/Itinerary Planner, Society for Neuroscience, Washington, DC.
47. Saha SP, Whayne TF. 2016. Coenzyme Q10 in Human Health: Supporting Evidence? *South Med J*. 109(1):17-21.