

تاثیر شش هفته دریافت مکمل کوانزیم Q10 بر استقامت هوازی، توان بیشینه، توان حداقل، توان متوسط و شاخص خستگی بازیکنان فوتبال

ایمان محسنی^{a*}، عباسعلی گائینی^b

^a کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه پیام نور (مرکز تهران)، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران
^b استاد دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: 1392/6/12

تاریخ دریافت مقاله: 1392/2/10

33

چکیده

مقدمه: تغذیه مناسب، پیش شرط ضروری برای بهبود مؤثر عملکرد ورزشی، آماده‌سازی، رفع خستگی پس از فعالیت و جلوگیری از آسیب‌دیدگی ورزشکاران است. مکمل‌های تغذیه‌ای شامل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی در حد مجاز توصیه شده به طور گسترده‌ای در زمینه‌های ورزشی گوناگون منبع کمکی هستند. هدف از پژوهش حاضر، بررسی آثار شش هفته دریافت مکمل کوانزیم Q10 بر توان هوازی، توان بیشینه، توان حداقل، توان متوسط و شاخص خستگی بازیکنان فوتبال بود.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با مدل انسانی می‌باشد که با استفاده از 20 بازیکن فوتبال با میانگین سن 22 ± 2 سال، وزن $72/85 \pm 8/64$ کیلوگرم، قد $175/75 \pm 6/04$ سانتیمتر و $23/50 \pm 1/90$ BMI انجام گردید، روش اجرا دوسوکور بود و آزمودنی‌ها به طور تصادفی به دو گروه دارو و دارونما تقسیم شدند، ابتدا با استفاده از آزمون RAST (به منظور سنجش شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی) و آزمون Cooper (به منظور سنجش توان هوازی)، توان هوازی و شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی پیری شد و سپس بعد از شش هفته مجدداً از آزمودنی‌ها آزمون‌های یاد شده به عمل آمد، داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری spss16 و روش آماری t همبسته و t مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سطح معنی‌داری کمتر از 0/05 منظور شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) در مقدار توان هوازی ($P = 0/016$) بود و در نقطه مقابل تغییر معنی‌داری در مقدار شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی منجمله توان بیشینه ($P = 0/933$)، توان حداقل ($P = 0/258$)، توان متوسط ($P = 0/625$) و شاخص خستگی ($P = 0/569$) مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که مکمل کوانزیم Q10 می‌تواند سبب افزایش توان هوازی در آزمودنی‌ها گردد، ولی بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی (توان بیشینه، توان حداقل، توان متوسط و شاخص خستگی) از لحاظ آماری مؤثر نبود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه ورزشی، کوانزیم Q10، مکمل غذایی

مقدمه

امروزه مکمل‌های غذایی در سراسر جهان توسط ورزشکاران مورد استفاده قرار گرفته و مصرف صحیح و بهینه مکمل‌های غذایی در ورزش از دغدغه‌های اصلی مربیان و ورزشکاران است. ضعف آگاهی در این خصوص و همچنین عرضه مواد گوناگون توسط شرکت‌های سودجو، گاه برخی از ورزشکاران را به سمت مصرف بی‌رویه این مواد رهنمون می‌سازد که نه تنها بی‌فایده بوده بلکه سلامتی آنها را نیز به خطر می‌اندازد. مکمل غذایی بنا بر تعریف، ترکیب یا فرآورده‌ای است که مستقیماً و از طریق اثرات شبه دارویی خود باعث بهبود عملکرد ورزشکاران شود (Williams, 2006) که از جمله آن می‌توان به کوانزیم Q10 اشاره کرد.

کوانزیم Q10 که با نام یوبی کوئینون نیز شناخته می‌شود یک ترکیب شبه ویتامین و محلول در چربی است که در همه سلول‌های بدن یافت می‌شود (Crane et al., 1989; Snider, 1992). این ترکیب که برای اولین بار در میتوکندری قلب گاو شناسایی شد، ترکیبی ضروری در زنجیره تنفسی میتوکندری بوده و از ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی نیز برخوردار است (Belardinelli et al., 2006). 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، تأثیر بر ثبات، سیالیت و نفوذپذیری غشاء سلول و تحریک رشد سلول و ممانعت از مرگ آن است (Crane et al., 1989).

کوانزیم Q10 در قلب، کلیه‌ها، کبد، عضلات، لوزالمعده و غده تیروئید ساخته می‌شود و در این نقاط غلظت بیشتری دارد.

با افزایش سن، غلظت کوانزیم Q10 در اندام‌ها کاهش می‌یابد. با این حال کوانزیم Q10 از غذاهایی مانند گوشت، ماهی، انواع مغزها و ... (اگرچه مقدار آن در این غذاها خیلی کم است) نیز قابل جذب است. در حال حاضر برخی از متخصصین تغذیه از کوانزیم Q10 به طور گسترده‌ای برای درمان تعدادی از بیماری‌ها استفاده می‌کنند (Zheng et al., 2008).

پیشنهاد شده که مصرف این ترکیب به عنوان مکمل، استقامت ورزشی را بهبود داده و ضعف و خستگی عضلانی

را تقلیل می‌دهد. در سال‌های اخیر استفاده از کوانزیم Q10 به عنوان مکمل غذایی به طور گسترده‌ای افزایش یافته است، علائم کمبود آن در ورزشکاران ممکن است به صورت فشار متابولیک و افزایش تشکیل رادیکال‌های آزاد، طی تمرینات شدید مشاهده شود (Rosenfeldt et al., 2003). از طرفی از آنجاکه کوانزیم Q10 در تولید انرژی هوازی نقش کلیدی دارد، افزایش سطوح کوانزیم Q10 سرم احتمالاً تأثیر چشمگیری بر عضلات در حال انقباض دارد (Kon et al., 2008). از این رو با در نظر گرفتن دانسته‌های موجود پیرامون وظایف کوانزیم Q10 در بدن، این فرضیه که مکمل دهی کوانزیم Q10 ممکن است باعث بهبود عملکرد ورزشی شود، مطرح شده است (Cook et al., 2008; Zheng et al., 2008).

با این حال نتایج تحقیقاتی که بر مبنای این فرضیه طراحی و اجرا شده‌اند، ضد و نقیض است (Zheng et al., 2003; Rosenfeldt et al., 2003). برای مثال نتایج چندین مطالعه بر روی مصرف مکمل کوانزیم Q10 (به میزان 60 تا 100 میلی‌گرم در روز و به مدت 4 تا 8 هفته) حاکی از بهبود توان هوازی، آستانه بی‌هوازی، عملکرد ورزشی و بازتوانی پس از ورزش در ورزشکاران تمرین کرده و افراد بی‌تمرین بوده است (Cook et al., 2008). در مقابل در چند مطالعه دیگر پس از مصرف مقادیر مشابه (60 تا 150 میلی‌گرم در روز به مدت 3 تا 8 هفته) هیچ گونه فواید ارگونومیک (نیروافزایی) بر ظرفیت ورزشی بیشینه یا زیر بیشینه افراد تمرین کرده یا تمرین نکرده، مشاهده نشده است (Braun et al., 1991; Weston et al., 1997). در یکی از این مطالعات، زپیلی و همکاران (1991) پس از تجویز مکمل کوانزیم Q10 برای 19 نفر افراد تمرین کرده و تمرین نکرده، 11٪ بهبودی را در اکسیژن مصرفی بیشینه و 10٪ بهبود را هم در ظرفیت عملکردی مشاهده کرد (Zeppili et al., 1991).

پورتر و همکاران (1995)، عدم تأثیر مثبت مصرف مکمل کوانزیم Q10 بر توان هوازی پس از دو ماه، توسط 15 مرد میانسال را گزارش کرده‌اند، اما با کاهش رهاش لاکتات در طی آزمون هند گریپ (Hand-grip testing) در آزمودنی‌هایی که مکمل مصرف کرده بودند مواجه شدند. همچنین، مقادیر کوانزیم Q10 خون در گروه مکمل افزایش

ندارد، لذا در این پژوهش، تاثیر مصرف مکمل کوانزیم Q10 بر استقامت هوازی و عملکرد بی‌هوازی در بازیکنان فوتبال غیر حرفه‌ای، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با مدل انسانی می‌باشد که با استفاده از 20 نفر از بازیکنان مرد 25 تا 35 سال تیم فوتبال شرکت واحد اتوبوسرانی تهران انجام گردیده است.

سه روز قبل از آزمون، جلسه‌ای توجیهی با آزمودنی‌ها به منظور آشنایی با نوع مکمل و تاثیرات آن برگزار گردید. در این جلسه بروشورها و مقالات در مورد مکمل و همچنین پرسشنامه اطلاعات شخصی، در اختیار افراد قرار داده شد و همچنین به محدودیت‌های مصرف دیگر مواد مکمل و دارویی تاثیرگذار بر این پژوهش از جمله مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی دیگر مانند ویتامین E و C، کشیدن سیگار، مصرف کافئین و استفاده از داروهای دیگر اشاره و به آزمودنی‌ها تاکید گردید که در مدت انجام پژوهش محدودیت‌های تغذیه‌ای را به طور کامل رعایت کنند. همچنین توضیحاتی در مورد نحوه و زمان مصرف مکمل به آزمودنی‌ها داده شد و از آنها برای انجام آزمون در محل مجتمع ورزشی دعوت به عمل آمد.

صبح روز آزمون، آزمودنی‌ها در آن مکان حضور پیدا کردند. ابتدا ویژگی‌های آنروپومتری (قد، وزن، دور شکم و شاخص توده بدنی) آنها اندازه‌گیری شد و سپس بعد از گرم کردن بدن، با استفاده از آزمون RAST، انواع شاخص‌های توان بی‌هوازی و 48 ساعت پس از آن، آزمون کوپر به منظور سنجش توان هوازی، با پروتکل‌های ذیل انجام گردید.

- آزمون دوی سرعت بی‌هوازی RAST (Running-based Anaerobic Sprint Test):

آزمودنی‌ها، مسافت 35 متر را به تعداد 6 بار با 10 ثانیه استراحت بین تکرارها دویدند و سپس با توجه به زمان به دست آمده از هر 35 متر، توان هر تکرار با توجه به فرمول شماره یک محاسبه شد.

(فرمول 1): توان = $\frac{(\text{مسافت})^2 \times \text{وزن}}{3 \times \text{زمان}}$ (قراخانو و همکاران،

معنی‌داری پیدا کرده بود (Porter et al., 1995).

کوک و همکاران (2008)، هوانلو و همکاران (2012) عدم بهبود توان بی‌هوازی پس از مکمل دهی طولانی مدت کوانزیم Q10 را گزارش کرده‌اند (Cooke et al., 2008). در مقابل در پژوهش گوکبل و همکاران (2010) به دنبال هشت هفته مکمل دهی با کوانزیم Q10 (به میزان روزانه 100 میلی‌گرم) با اجرای پنج آزمون وینگیگت و در نظر گرفتن دو دقیقه استراحت بین آزمون‌ها، افزایش معنی دار توان متوسط در گروه مکمل و تنها در پنجمین مرحله از آزمون وینگیگت و نیز تمایل (غیر معنی‌دار) به کاهش شاخص خستگی را در مردان سالم بی‌تمرین گزارش نمودند (Gökbel et al., 2010).

نتایج پژوهش بونتی و همکاران (2000) نشان داد، در گروهی که مکمل کوانزیم Q10 مصرف کرده بودند، خستگی عضلانی در بار کار بالاتری اتفاق افتاد، اما بقیه عوامل مثل آستانه بی‌هوازی و توان هوازی بین دو گروه تفاوتی نداشت ولی ظرفیت عملکردی 5٪ افزایش داشت (Bonetti et al., 2000).

وایز (1995) هم پژوهش خود را روی 18 نفر افراد تمرین نکرده انجام داد. در گروه مکمل آثار مثبتی از مصرف مکمل، مانند افزایش 7٪ اکسیژن مصرفی و 22 درصدی ظرفیت عملکردی، مشاهده گردید (Wyss et al., 1990).

مهری (1387) پژوهش خود را بر روی 20 ورزشکار هندبالیست انجام داد که در مدت 4 هفته 100 میلی‌گرم مکمل Q10 را روزانه استفاده می‌کردند. در گروه مکمل، در مصرف اکسیژن بیشینه (Vo2max) و شاخص پراکسیداسیون لیپید (Malon DiAldehyde) تفاوت معنی‌داری یافت شد، ولی در شاخص‌های آستانه لاکتات و زمان رسیدن به خستگی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

بازیکنان فوتبال به علت فعالیت‌های گوناگون از قبیل دویدن در مسافت‌های کوتاه و بلند، پرش‌ها و ضربه زدن با سر، تکل و حرکات مشابه که با حداکثر سرعت و در کمترین زمان ممکن انجام می‌شوند، می‌بایست از آمادگی هوازی و بی‌هوازی مناسبی برخوردار باشند. از طرفی با توجه به نقش عمده کوانزیم Q10 در سیستم تولید انرژی، هنوز یافته‌های مشخص در خصوص تاثیر این مکمل بر عملکرد ورزشکاران به ویژه در حیطة توان هوازی و بی‌هوازی وجود

1385).

ارزشیابی: با توجه به دستورالعمل‌های زیر، توان بیشینه، توان حداقل، توان متوسط و شاخص خستگی مشخص شد: (قراخانلو و همکاران 1385).

(فرمول 2): توان بیشینه: حداکثر توان بین 6 تکرار

(فرمول 3): توان حداقل: حداقل توان بین 6 تکرار

(فرمول 4): توان متوسط: مجموع توان 6 تکرار تقسیم بر 6

(فرمول 5): شاخص خستگی = $\frac{\text{توان حداقل} - \text{توان بیشینه}}{\text{مجموع زمان برای شش مرحله دویدن}}$ (قراخانلو و همکاران، 1385).

آزمون کوپر (Cooper Test)

با توجه به این آزمون، آزمودنی‌ها 12 دقیقه دور پیست فوتبال دویدند و سپس و با صدای سوت داور در جای خود ایستاده تا فاصله نقطه پایان حرکت و نزدیکترین محل اندازه گرفته شده، ثبت شود. کل مسافت طی شده در مدت زمان 12 دقیقه، امتیاز ورزشکار محسوب می‌شود. همچنین می‌توان مسافت بدست آمده را با استفاده از فرمول به صورت Vo_{2max} بیان نمود (Cooper, 1968).

(فرمول 6): $Vo_{2max} = \frac{504.9 - \text{مسافت به متر}}{44.73}$ (Cooper, 1968).

پس از انجام آزمون‌ها، 20 بازیکن تیم به صورت تصادفی به دو گروه مکمل و دارو نما تقسیم شدند، به گروه مکمل، کپسول‌های خالص کوانزیم Q10 داده شد و برای گروه دارونما از آرد گندم و رنگ خوراکی مجاز استفاده گردید، که برای این گروه نیز کپسول‌های کاملاً مشابه گروه دارو تدارک دیده شد. در گام بعد مکمل و دارو نما به صورت دوسو کور، توسط مربی در اختیار بازیکنان قرار گرفت و از آنها خواسته شد به مدت شش هفته روزی یک کپسول (100 میلی‌گرم) به صورت نظارت نشده مصرف کنند، ضمناً پیشنهاد گردید به منظور جذب بیشتر، این کپسول‌ها را همراه با وعده غذایی صبحانه میل نمایند. (مهری، 1387). سپس آثار حاصل از متغیر مستقل (مصرف مکمل کوانزیم Q10) پس از شش هفته بر متغیرهای وابسته (استقامت هوازی، انواع توان بی‌هوازی و شاخص خستگی) دو گروه مجدداً توسط آزمون‌های ذکر

شده،

اندازه‌گیری گردید.

نتایج بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماري spss16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ابتدا نرمال بودن گروه‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف یا آزمون k-s تعیین و از آزمون لون برای همگنی واریانس‌ها استفاده شد. سپس برای بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون t همبسته و برای بررسی تغییرات بین گروهی از آزمون t مستقل استفاده گردید، سایر عملیات مانند رسم نمودارها با نرم افزار اکسل صورت پذیرفت.

یافته‌ها

در جدول 1 مشخصات توصیفی آزمودنی‌های گروه مکمل و دارونما اعم از سن (سال)، قد (سانتی‌متر)، وزن (کیلوگرم)، شاخص توده بدن و دور شکم (سانتی‌متر)، و همچنین انحراف معیار هر یک از متغیرها توسط نرم افزار spss محاسبه شده است.

در جدول 2 مقایسه میانگین متغیرهای وابسته در دو گروه مکمل و دارونما، درج گردیده است. مقایسه میانگین توان بیشینه گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان توان بیشینه در گروه دارونما (509/90) نسبت به گروه مکمل (505/48) در پس آزمون بوده است. همچنین مقایسه میانگین توان حداقل گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان توان حداقل در گروه مکمل (321/19) نسبت به گروه دارونما (297/76) در پس آزمون بوده است و با توجه به نتایج، مقایسه میانگین توان متوسط گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان توان متوسط در گروه مکمل (394/15) نسبت به گروه دارونما (382/74) در پس آزمون بوده است. در خصوص شاخص خستگی، مقایسه میانگین شاخص خستگی گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان شاخص خستگی در گروه دارونما (5/73) نسبت به گروه مکمل (5/03) در پس آزمون بوده است.

در جدول 3 نتایج حاصل بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) در مقادیر متغیر توان هوازی در گروه مکمل ($P = 0/016$) پس از انجام آزمون t مستقل یا مقایسه بین گروهی در پس آزمون بود ولیکن در مقابل با وجود افزایش

مقایسه میانگین توان بیشینه گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان توان بیشینه در گروه دارونما (509/90) نسبت به گروه مکمل (505/48) در پس آزمون بوده است. همچنین مقایسه میانگین توان حداقل گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان توان حداقل در گروه مکمل (321/19) نسبت به گروه دارونما (297/76) در پس آزمون بوده است و با توجه به نتایج، مقایسه میانگین توان متوسط گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان توان متوسط در گروه مکمل (394/15) نسبت به گروه دارونما (382/74) در پس آزمون بوده است.

در میانگین شاخص‌های توان بی‌هوازی از قبیل توان بیشینه، توان حداقل و توان متوسط در گروه مکمل در مقایسه با گروه دارونما در جدول 2، تغییر معنی‌داری در متغیرهای توان بیشینه ($P=0/933$)، توان حداقل ($P=0/258$)، توان متوسط ($P=0/625$) و شاخص خستگی ($P=0/569$) در دو گروه مکمل و دارونما پس از انجام آزمون t مستقل یا مقایسه بین گروهی، در پس آزمون، در جدول 3 مشاهده نگردید.

مقایسه میانگین توان هوازی گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان توان هوازی در گروه مکمل (56/44) نسبت به گروه دارونما (51/08) در پس آزمون بوده است.

جدول 1- ویژگی‌های جسمانی آزمودنی‌های گروه مکمل و دارونما

گروه متغیر	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (kg/m^2)	دور شکم (سانتی متر)
گروه (1) مکمل	29/40	175/75	72/60	23/40	82/70
انحراف معیار	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	2/36	6/34	11/17	2/67	9/18
گروه (2) دارونما	30/80	175/80	73/10	23/60	83/70
انحراف معیار	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	1/93	6/06	5/72	0/699	4/90

جدول 2- مقایسه میانگین‌های توان هوازی ($\text{ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)، توان بیشینه (w)، توان حداقل (w)، توان متوسط (w)، شاخص خستگی ($\text{w} \cdot \text{sec}^{-1}$) در دو گروه مکمل و دارونما

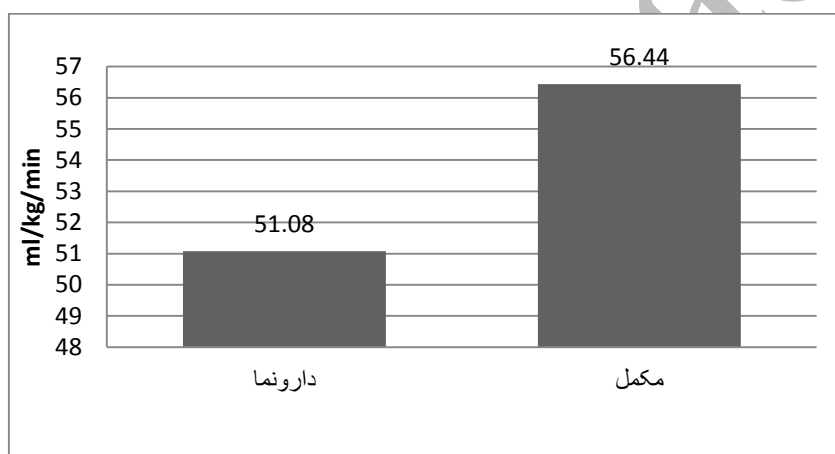
متغیر	گروه	مرحله	میانگین	انحراف استاندارد
توان هوازی	مکمل	پیش آزمون	48/62	8/0818
	دارونما	پس آزمون	56/44	5/1660
توان بیشینه	مکمل	پیش آزمون	405/83	81/56
	دارونما	پیش آزمون	450/44	57/81
توان حداقل	مکمل	پیش آزمون	278/04	61/45
	دارونما	پیش آزمون	321/19	49/92
توان متوسط	مکمل	پیش آزمون	339/28	58/22
	دارونما	پیش آزمون	370/14	30/41
شاخص خستگی	مکمل	پیش آزمون	3/32	1/53
	دارونما	پیش آزمون	5/03	2/65

تأثیر شش هفته دریاقت مکمل کوانزیم Q10

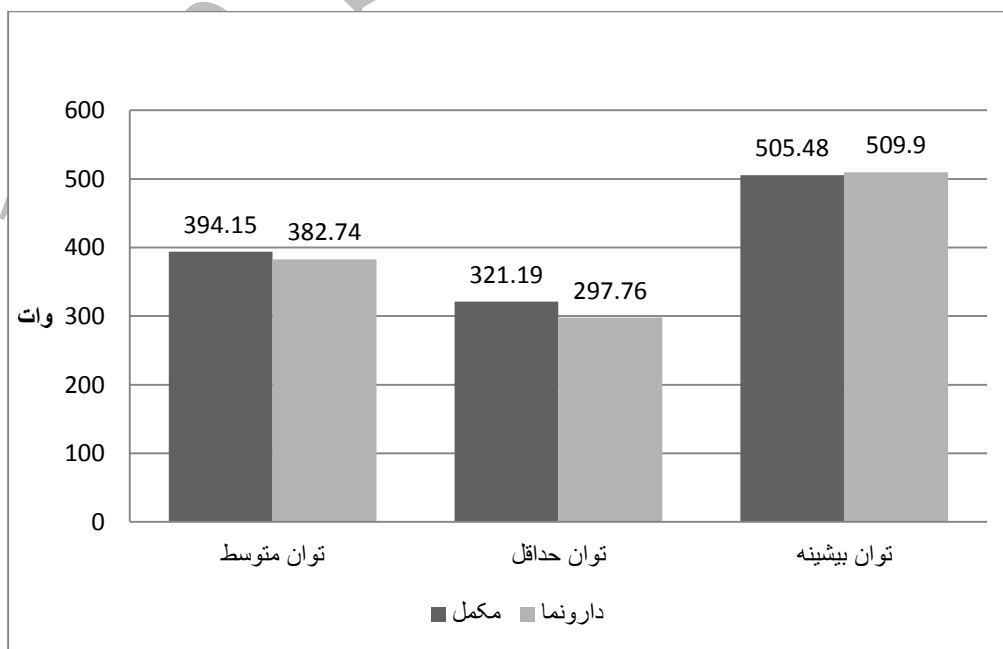
شاخص خستگی	دارونما	پیش آزمون	4/10	1/39
		پس آزمون	5/73	2/72

جدول 3- مقایسه بین گروهی توان هوازی ($\text{ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)، توان بیشینه (w)، توان حداقل (w)، توان متوسط (w)، شاخص خستگی (w.sec⁻¹) در پیش آزمون و پس آزمون

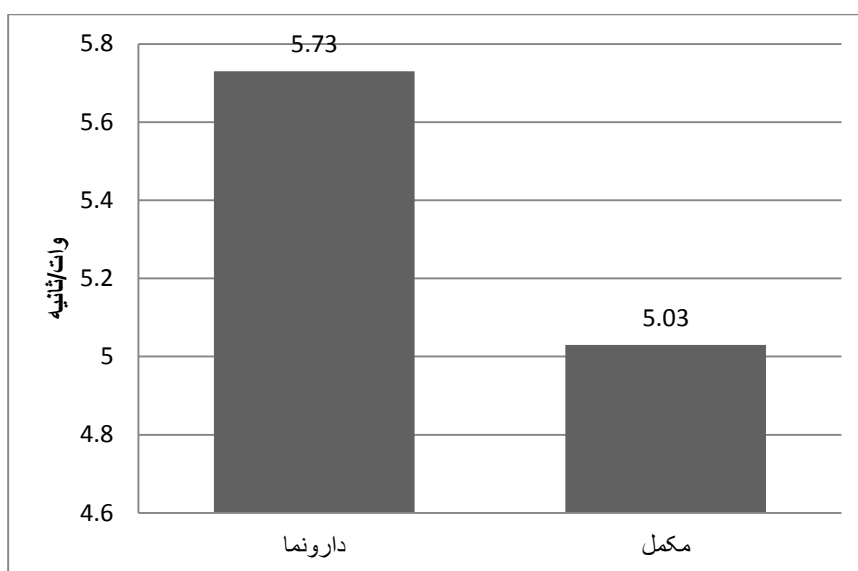
متغیر	مرحله	اختلاف میانگین	اختلاف خطای استاندارد	ارزش t	مقدار p
توان هوازی	پیش آزمون	-50	121/88	-0/410	0/689
	پس آزمون	240	90/06	2/655	0/016
توان بیشینه	پیش آزمون	-44/66	31/61	-1/411	0/175
	پس آزمون	-4/41	51/47	-0/086	0/933
توان حداقل	پیش آزمون	-19/009	24/67	-0/077	0/451
	پس آزمون	23/428	20/04	1/169	0/258
توان متوسط	پیش آزمون	-30/86	20/77	-1/486	0/155
	پس آزمون	11/41	22/92	0/498	0/625
شاخص خستگی	پیش آزمون	-0/777	0/656	-1/183	0/252
	پس آزمون	-0/699	1/20	-0/581	0/569



شکل 1- مقایسه میانگین توان هوازی گروه مکمل و دارونما بر مبنای $\text{VO}_{2\text{max}}$ در پس آزمون



شکل 2- مقایسه میانگین توان بیشینه، توان حداقل و توان متوسط گروه مکمل و دارونما در پس آزمون



شکل 3- مقایسه میانگین شاخص خستگی گروه مکمل و دارونما در پس آزمون

مقدار کوانزیم Q10 مصرف شده توسط هر آزمودنی عامل روش شناختی دیگر موثر بر نتایج تحقیق است. برای مثال در تحقیق حاضر هر آزمودنی روزانه 100 میلی‌گرم مکمل کوانزیم Q10 دریافت کردند که این میزان مشابه مقداری است که مهری (1387) استفاده کرده بود (مهری، 1387). ولی در تحقیق پترا و همکاران (2007) و هوانلو و همکاران (2012) به ترتیب هر آزمودنی 2 و 3 میلی‌گرم کوانزیم Q10 به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن و همچنین در تحقیق‌های دیگر منجمله ژاو و همکاران (2005) روزانه 150 میلی‌گرم، لاکسون و همکاران (1995)، روزانه 120 میلی‌گرم، وبر و همکاران (1391) روزانه 90 میلی‌گرم کوانزیم Q10 استفاده کردند که با مقدار استفاده شده در این پژوهش متفاوت می‌باشد (Laaksonen, 1995; Porter et al., 1995; Petra et al., 2007; Zhou et al., 2005; Weber, 1994). همچنین عامل روش شناختی دیگر مدت زمان استفاده از مکمل می‌باشد که در پژوهش حاضر مانند پژوهش لاکسون و همکاران (1995) شش هفته بود ولی در پژوهش‌های دیگر از جمله مهری (1387)، پترا و همکاران (2007)، ژاو و همکاران (2005)، چهار هفته، پورتر و همکاران (1995) هشت هفته، مالم و همکاران (1999) بیست و دو روز و کوک و همکاران (2008) در دو هفته انجام گردید که با پژوهش حاضر متفاوت بودند

با توجه به شکل 3، مقایسه میانگین شاخص خستگی گروه مکمل و دارونما در پس آزمون نشان دهنده افزایش میزان شاخص خستگی در گروه دارونما (5/73) نسبت به گروه مکمل (5/03) در پس آزمون بوده است.

بحث

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر شش هفته مصرف مکمل کوانزیم Q10 بر استقامت هوازی و توان بی‌هوازی بازیکنان تیم فوتبال بود. از عوامل تاثیرگذار بر نتیجه تحقیق، عادات تغذیه‌ای، شدت فعالیت بدنی، سن بازیکنان و فصل تمرینات می‌باشد. در مورد عادات تغذیه‌ای مواردی از قبیل مصرف مواد غذایی حاوی کوانزیم Q10 و همچنین منابع تاثیرگذار بر استقامت هوازی و بی‌هوازی مانند مصرف کافئین و انواع آنتی‌اکسیدان‌ها را می‌توان نام برد. در مورد میزان فعالیت بدنی می‌توان گفت که به نظر می‌رسد قطع تمرینات در فاصله انجام تحقیق را می‌توان به عنوان دوره تعدیل تمرین (تیپرینگ) تلقی کرد. بنابراین در تحقیق حاضر مانند تحقیق آندرو لینور و همکاران (2006) به آزمودنی‌ها گفته شده بود تا در فاصله روزهای مانده به برگزاری آزمون و همچنین در فاصله مابین جلسات پیش و پس آزمون، تغییر ناگهانی در رژیم غذایی و شدت فعالیت بدنی روزمره خود بوجود نیاورند (Andrew et al., 2006).

همکاران (2005)، دو مرحله دو هفته‌ای بوده است و پژوهش بر روی افراد میان سال انجام شده است (Zhou et al., 2005).

در مورد کوانزیم Q10 گزارش شده است که این ماده باعث افزایش سطوح 2و3 دی فسفو گلیسرات در اریتروسیت‌ها می‌شود (Zheng, 2008)، به دلیل اینکه 2و3 دی فسفو گلیسرات باعث انتقال منحنی تجزیه HbO₂ به سمت راست می‌شود، انتقال اکسیژن در فشار سهمی معین اکسیژن (PaO₂) را افزایش می‌دهد (Bloomer et al., 2007)، از این رو ممکن است در نتیجه سازو کارهای ذکر شده، اکسیژن رسانی به عضلات افزایش یافته، در نتیجه سنتز ATP افزایش و تولید لاکتات کاهش یابد. از این رو نه تنها در عضله اسکلتی بلکه در عضلات قلبی و تنفسی نیز اتفاق می‌افتد، بنابراین افزایش نیاز به اکسیژن از طریق افزایش قطر مویرگی به واسطه افزایش آزادسازی اکسیدنیتریک در لایه آندو تلیال مویرگی (Kilmartin et al., 1973) و نیز انتقال منحنی تجزیه HbO₂ به راست (Zheng, 2008) تامین شده و احتمالاً موجب افزایش Vo₂max می‌شود. عقیده بر آن است که دسترسی مناسب‌تر به کوانزیم Q10 می‌تواند موجب بهینه سازی عملکرد زنجیره تنفسی میتوکندری و فسفریلاسیون اکسایشی شده و افزایش تولید انرژی و بهره‌گیری از آن را به دنبال داشته باشد که در مطالعه حاضر نیز افزایش معنی دار Vo₂max تاییدی بر این نظریه است. به علاوه ممکن است به دلیل افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و حفاظت از عملکرد میتوکندری (پاکسازی گروههای آسیل، پیشگیری از نشت پذیری میتوکندری و ...) از عملکرد بافت‌ها بهتر محافظت شود، نتیجه منطقی این روند، افزایش عملکرد عضلانی خواهد بود که احتمالاً در ظرفیت ورزشی نیز تاثیرگذار است (Vargiu et al., 2002).

در حدود نیمی از کوانزیم Q10 موجود در بدن در غشای داخلی میتوکندری قرار دارد، کوانزیم Q10 به طور طبیعی در قسمت مرکزی و آبگریز غشاء قرار می‌گیرد، از این رو عنوان شده که احتمالاً غلظت آن به سبب محدودیت‌های فیزیکی و عدم ثبات و ناپایداری ملکول آن که ناشی از ساختار دو قطبی آن است، به طور آزاد و خود به خود زیاد نمی‌شود (Turunen et al., 2002).

(Laaksonen, 1995; Porter et al., 1995; Petra et al., 2007; Zhou et al., 2005; Malm, 1999; Cook et al., 2008). عامل تاثیرگذار دیگر بر نتایج تحقیق، نوع ورزش آزمودنی‌ها می‌باشد که در پژوهش حاضر آزمودنی‌ها بازیکنان فوتبال غیر حرفه‌ای بودند ولی در پژوهش‌های دیگر از جمله مهری (1387)، آزمودنی‌ها بازیکنان هندبال، براون و همکاران (1991) دوچرخه سواران، اشنایدر و همکاران (1992) رشته سه گانه، هوانلو و همکاران (1391) و وبر و همکاران (1994) غیر ورزشکاران بودند (Snider, 1992; Braun, 1991; Webel, 1994).

نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات VO₂max پس از شش هفته مصرف روزانه 100 میلی‌گرم مکمل کوانزیم Q10 در بازیکنان فوتبال غیر حرفه‌ای معنی‌دار بود (P=0/016) این نتیجه با نتایج بدست آمده از یافته‌های هوانلو و همکاران (1391)، براون و همکاران (1991) زیپیلی (11٪) (1991)، آمادپو (18٪) (1991)، فیورلا (13٪) (1991)، وایز (7٪) (1990)، یلکوسکی (3٪) (1995) و مهری (6.46٪) (1378) همسو می‌باشد، (Amadio et al., 1991; Braun, 1991; Zeppili et al., 1991; Fiorlla, 1991; Wyss et al., 1990; Ylikoski et al., 1997). ولی با یافته‌های لاکسونن و همکاران (1995)، پورتر و همکاران (1995)، وستون (1997)، بوتنی و همکاران (2000)، مالم و همکاران (1999)، ژاو و همکاران (2005)، هم خوانی نداشت (Zhou et al., 2005; Malm, 1999; Laaksonen, 1995; Porter et al., 1995; Weston et al., 1997; Bonetti et al., 2000). پورتر و همکاران در پژوهش خود از افراد تمرین نکرده و میان سال استفاده کرده بودند (Porter et al., 1995).، دلیل متفاوت بودن نتایج و ستون با پژوهش‌ها احتمالاً به خاطر مقدار مکمل مصرفی متفاوت (70 میلی گرم در روز) می‌باشد (Weston et al., 1997)، بوتنی و همکاران (2000)، هم کار خود را روی افراد میان سال انجام دادند (Bonetti et al., 2000)، مدت زمان مصرف مکمل نیز در پژوهش مالم و همکاران (1999)، دو هفته بوده و این مدت زمان کم احتمالاً دلیل متفاوت بودن نتایج آنها با پژوهش حاضر می‌باشد (Malm, 1999) و همچنین مدت زمان پژوهش ژاو و

توان متوسط ($P=0/625$) و شاخص خستگی ($P=0/569$) گردید. این نتیجه با یافته های بدست آمده در مطالعه کوک و همکاران (2008)، هوانلو و همکاران (2012) که عدم بهبود توان بی هوازی پس از مکمل دهی طولانی مدت کوانزیم Q10 را گزارش کرده اند، همخوانی دارد (Cooke, *et al.*, 2008). گوکبل و همکاران (2010) به دنبال هشت هفته مکمل دهی با کوانزیم Q10 (به میزان روزانه 100 میلی گرم) با اجرای پنج آزمون وینگیت و در نظر گرفتن دو دقیقه استراحت بین آزمون ها، افزایش معنی دار توان متوسط در گروه مکمل و تنها در پنجمین مرحله از آزمون وینگیت و نیز تمایل (غیر معنی دار) به کاهش شاخص خستگی را در مردان سالم بی تمرین گزارش نمودند. آنها بر طبق مشاهدات فوق پیشنهاد کردند کوانزیم Q10 ممکن است موجب بهبود عملکرد ورزشی در فعالیت های تکراری فوق بیشینه شود (Gökbel *et al.*, 2010).

شوتا و همکاران (2006) نیز افزایش قابل ملاحظه توان خروجی در پنج مرحله آزمون رکاب زنی شدید 10 ثانیه ای به دنبال دو هفته مصرف روزانه 100 میلی گرم کوانزیم Q10 در ورزشکاران مرد را گزارش کردند (Shota *et al.*, 2006). در غشاء داخلی میتوکندری، کوانزیم Q10 به عنوان دریافت کننده الکترون از ترکیب I (NADH dehydrogenase) و II (Succinate dehydrogenase) موجود در زنجیره تنفسی عمل می کند. با وجودیکه غلظت این ماده در ترکیب II احتمالاً کمتر محدودیت زا است، ترکیب I وابستگی بیشتری به کوانزیم Q10 دارد، بررسی های آزمایشگاهی نشان داده که وارد کردن کوانزیم Q10 به میتوکندری باعث افزایش پایدار فعالیت NADH سیتوکروم C ردوکتاز می شود (Lenaz *et al.*, 1990). از این رو چنانچه غلظت کوانزیم Q10 در میتوکندری نسبتاً بالا باشد، سرعت فعالیت زنجیره تنفسی همبستگی بسیار بالایی با غلظت آن خواهد داشت (Turunen *et al.*, 2002). به دلیل اینکه غلظت فیزیولوژیکی کوانزیم Q10 بر اساس شیب منحنی (سرعت تنفس / غلظت کوانزیم Q10) تغییر می کند، ایجاد تغییرات نسبتاً کم در مقادیر آن در غشاء احتمالاً سبب تغییرات معنی دار سرعت تنفس می شود. با وجودی که بیشتر کوانزیم Q10 جذب شده از دستگاه گوارش در بدن به وسیله کبد گرفته

در تعدادی از مطالعات نیز این ایده که در اثر مکمل دهی (به میزان 120 تا 150 میلی گرم به مدت 4 تا 6 هفته) تجمع کوانزیم Q10 در بافت هایی به غیر از کبد و پلاسما

ناچیز است تایید شده است (Malm, 1999; Laaksonen, 1995; Zhou *et al.*, 2005) با این حال یافته های اخیر در موش ها در تقابل با چنین نظری است. در این یافته ها مکمل دهی بلند مدت با کوانزیم Q10 منجر به افزایش سطوح آن در میتوکندری عضلات اسکلتی شد (Kamzalov *et al.*, 2003).

یکی از عواملی که ممکن است تجمع کوانزیم Q10 در بافت را در پاسخ به مصرف آن محدود کند، طول دوره مکمل دهی است (Cooke *et al.*, 2008). در اغلب مطالعات انجام شده تنها آثار بلند مدت کوانزیم Q10 بر غلظت عضلانی آن بررسی شده است (Laaksonen, 1995; Gökbel *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2005) در مطالعه کوک و همکاران (2008) غلظت کوانزیم Q10 عضله ظرف مدت تقریباً دو ساعت پس از مصرف حاد آن افزایش یافته و پس از دو هفته مکمل دهی نیز این غلظت در سطوح بیشتری نسبت به روز قبل از مکمل دهی باقی ماند، ولی میزان آن در پایان دوره مکمل دهی از زمان دوساعت پس از مکمل دهی حاد آن کمتر شده بود (Cooke *et al.*, 2008). از این رو بیان شده است که ویژگی های داروشناسی جذب و تجمع کراتین مونوهیدرات است که با مکمل دهی آن، یک حد بیشینه یکنواخت یا در برخی موارد روندی نزولی در فعالیت انتقال دهنده های آن مشاهده می شود که احتمالاً منجر به بروز کفه و یا حتی کاهش در غلظت عضلانی آن در طی دوره مکمل دهی می شود. چنین اثری می تواند توضیحی برای عدم افزایش غلظت کوانزیم Q10 عضله پس از 4 تا 6 هفته مکمل دهی باشد، با این حال ایجاد حد بیشینه یکنواخت یا روند نزولی در انتقال کوانزیم Q10 به درون عضله که پس از مصرف بلند مدت آن ایجاد می شود، بحث برانگیز بوده و بررسی های بیشتری نیاز دارد (هوانلو و همکاران، 1391).

در این پژوهش مکمل دهی در گروه کوانزیم Q10 نشانه عدم تغییر معنی دار شاخص های توان بی هوازی منجمله توان بیشینه ($P=0/933$)، توان حداقل ($P=0/258$)،

می‌شود، آزمایشات انجام شده بوسیله ترکیبات علامت گذاری شده با رادیواکتیو (Radioactive-labeled) نشان دادند که این ماده به طور موثری به غشاء داخلی میتوکندری‌های قلب موش منتقل می‌شود (Bentinger *et al.*, 2003).

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به نامشخص بودن مقدار دریافتی کوآنزیم Q10 از منابع غذایی اشاره نمود. همچنین برای سنتز کوآنزیم Q10، ویتامین‌هایی از قبیل اسیدفولیک، نیاسین، ریوفلاوین و پیریدوکسین نیاز می‌باشد و کمبود هر یک از ویتامین‌های ذکر شده می‌تواند منجر به کمبود کوآنزیم Q10 در بدن شود، که این امر می‌تواند جنبه دیگری از محدودیت‌های پژوهش حاضر باشد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) در مقادیر متغیر توان هوازی در گروه مکمل ($P = 0/016$) بود، ولی در مقابل تغییر معنی‌داری در متغیرهای توان بیشینه ($P = 0/933$)، توان حداقل ($P = 0/258$)، توان متوسط ($P = 0/625$) و شاخص خستگی ($P = 0/569$) در دو گروه مکمل و دارونما مشاهده نشد. با توجه به اینکه نتایج پژوهش حاضر در عملکرد بی‌هوازی، حاکی از افزایش در میزان توان حداقل و توان متوسط در گروه مکمل بوده است، لذا پیشنهاد می‌گردد، پژوهش مشابهی با تعداد نمونه بیشتر به منظور بدست آوردن نتایج دقیق‌تر در فاکتورهای ذکر شده در ورزشکاران انجام گردد. به دلیل اینکه پژوهش حاضر بر روی ورزشکاران جوان صورت گرفته و با توجه به اینکه با افزایش سن و همچنین ابتلا به برخی بیماری‌ها مقدار کوآنزیم Q10 در بدن کاهش می‌یابد، پیشنهاد می‌شود تحقیقات مشابهی روی افراد غیر ورزشکار، بیمار و میانسال و سالمند صورت گیرد.

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش مصرف 100 میلی‌گرم مکمل کوآنزیم Q10 به مدت شش هفته، می‌تواند سبب افزایش میزان فقط توان هوازی در بازیکنان فوتبال جوان غیر حرفه‌ای گردد، ولی با توجه به تناقضات در تعدادی از مطالعات گذشته، نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه می‌باشد.

منابع

قراخلانو، ر.، گائینی، ع.، کردی، م.، علیزاده، م.، واعظ موسوی، م.، کاشف، م. (1385). آزمون‌های سنجش آمادگی جسمانی، مهارتی، روانی ورزشکاران نخبه رشته‌های مختلف ورزشی، انتشارات کمیته ملی المپیک، چاپ اول صفحه 81-82

مهری، ک. (1387). تاثیر چهار هفته مصرف مکمل CoQ10 بر توان هوازی، آستانه لاکتات، زمان رسیدن به خستگی و پراکسیداسیون لیپیدی بازیکنان هندبال باشگاهی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

هوانلو، ف.، نورشاهی، م.، امینی، ا. و سهامی، م. (1391). تاثیر مکمل دهی کوتاه مدت ال-کارنیتین و کوآنزیم Q10 بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی مردان غیرفعال. پژوهنده، سال هفدهم، شماره یک، پی در پی 85، صفحات 17-8.

Amadio, E., Palermo, R., Peloni, G. & Littaru, G. (1991). Effect of CoQ10 administration on VO2max and diastolic function in athletes. Biomedical and clinical aspect of co enzyme Q10 525-533.

Andrew, J., Lorino, L., Lloyd, R., Sylvia, H., Crixell, A. & Walker, J. (2006). "The effects of caffeine on athletic agility". Journal of strength and conditioning research., Health and Medical Complete. 851.

Belardinelli, R., Muçaj, A., Lacalaprice, F., Solenghi, M., Seddaiu, G. & Principi, F. (2006). Coenzyme Q10 and exercise training in chronic heart failure. Eur Heart J; 27(22): 2675-81.

Bentinger, M., Dallner, G., Chojnacki, T. & Swiezewska, E. (2003). Distribution and breakdown of labeled coenzyme Q10 in rat. Free Radic Biol Med; 34(5): 563-75

Bloomer, R. J., Smith, W. A. & Fisher-Wellman, K. H. (2007). Glycine propionyl-L-carnitine increases plasma nitrate/nitrite in resistance trained men. J Int Soc Sports Nutr., 4: 2.

Bonetti, A., Solito, F., Carmosino, G., Bargossi, A. M. & Fiorella, P. L. (2000). Effect of ubidecarenone oral treatment on aerobic power in middle-aged trained subjects. J Sports Med Phys Fitness; 40(1): 51-7.

Braun, B., Clarkson, P. M., Freedson, P. S. & Kohl, R. L. (1991). Effects of coenzyme Q10 supplementation on exercise performance,

(2008). Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. *J Int Soc Sports Nutr.*, 5: 8.

Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen uptake. *Journal of the American Medical Association* 203: 201-204

Crane, F. L., Hatefi, Y., Lester, R. L. & Widmer, C. (1989). Isolation of a quinone from beef heart mitochondria. *Biochim Biophys Acta.*, 1000: 362-3.

Fiorlla, A. (1991). Metabolic effect of coenzyme Q10 treatment in high ACTIVITIES, *Bio media and clinical aspect of coenzyme Q10*, 513-520.

Folkers, K., Littarru, G. P. & Yamagami, T. (1996). Biomedical and clinical aspects of coenzyme Q10. Amsterdam: Elsevier;. 541-5.

Gökbel, H., Gül, I., Belviranl, M. & Okudan, N. (2010). The effects of coenzyme Q10 supplementation on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. *J Strength Cond Res.*, 24(1): 97-102.

Kamzalov, S., Sumien, N., Forster, M. J. & Sohal, R. S. (2003). Coenzyme Q intake elevates the mitochondrial and tissue levels of Coenzyme Q and alpha-tocopherol in young mice. *J Nutr*; 133 (10):3175-80

Keir, D. A., Thériault, F. & Serresse, O. (2012). Evaluation of the running-based anaerobic sprint test as a measure of repeated sprint ability in collegiate level soccer players. *J Strength Cond Res.* Sep 19.

Kilmartin, J. V. & Rossi-Bernardi, L. (1973). Interaction of hemoglobin with hydrogen ions, carbon dioxide, and organic phosphates. *Physiol rev*; 53(4):836-90.

Kon, M., Tanabe, K., Akimoto, T., Kimura, F., Tanimura, Y. & Shimizu, K. (2008). Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzyme Q10. *Br J Nutr*; 100(4):903-9.

Laaksonen, R., Fogelholm, M., Himberg, J. J., Laakso, J. & Salorinne, Y. (1995). Ubiquinone supplementation and exercise capacity in trained young and older men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 72(1-2): 95-100.

Lenaz, G., Battino, M., Castelluccio, C., Fato, R., Cavazzoni, M. & Rauchova, H. (1990). Studies on the role of ubiquinone in the control of the mitochondrial respiratory chain. *Free Radic Res Commun.*, 8(4-6): 317-27.

Malm, C., Svensson, M., Tonkonogi, M., Ekblom, B., Sjödin, B. & Sahlin, K. (1999).

VO₂max, and lipid peroxidation in trained cyclists. *Int J Sport Nutr.*, 1(4): 353-65.

Cooke, M., Iosia, M., Buford, T., Shelmadine, B., Hudson, G. & Kerksick, C. Effect of Q10 supplementation on tissue Q10 levels and adenine nucleotide catabolism during high-intensity exercise. *Int J Sport*

Nutr., 9(2): 166-80.

Petra, N. (2007). Enrichment of coenzyme Q10 in plasma and blood cells: defense against oxidative damage. *J. Bio sci* 3(4): 257-262.

Porter, D. (1995). The effect of co enzyme Q10 supplementation on exercise endurance of middle aged ,untrained men. *Jur. Sportmed* 16421-426.

Rosenfeldt, F., Hilton, D., Pepe, S. & Krum, H. (2003) .Systematic review of effect of coenzyme Q10 in physical exercise, hypertension and heart failure. *Biofactors*; 18(1-4): 91-100.

Shota, Y., Yoshiharu, F., Kenzuku, S., Katsumi, S., Masashi, M. & Chiaki, S. (2006). The synergic effects of coenzyme Q10 and creatine through oral intake on repetitive short duration high-intensity exercise. In: *Proceedings of The 8th Asian Federation of Sports Medicine Congress Tokyo.* *Jpn J Phys Fit Sports Med.*, 55; 247-50.

Snider, M. (1992). Effect of coenzyme athletic performance system on ergogenic and Performance to exhaustion, international journal of sport nutrition, 2-272-286.

Turunen, M., Wehlin, L., Sjöberg, M., Lundahl, J., Dallner, G. & Brismar, K. (2002). Beta2-Integrin and lipid modifications indicate a non-antioxidant mechanism for the anti-atherogenic effect of dietary coenzyme Q10. *BiochemBiophys Res Commun.*, 296(2): 255-60.

Vargiu, R., Licheri, D., Carcassi, A. M., Naimi, S., Collu, M. & Littarru, G. P. (2002). Enhancement of muscular performance by a coformulation of propionyl-L-carnitine, coenzyme Q10, nicotinamide, riboflavin and pantothenic acid in the rat. *Physiol Behav.*, 76(2): 257-63.

Weber, C., sejourigard, T., mortment, S. A. & Pauleen, G. (1994). Antioxidantive effect of dietary co enzyme Q10 in human plasma. *Int J vitamin Nut.*, 64: 4 311-5.

Weisgerber, M., Danduran, M., Meurer, J., Hartmann, K., Berger, S. & Flores, G. (2009). Evaluation of Cooper 12-minute walk/run test as a marker of cardiorespiratory fitness in

young urban children with persistent asthma
Clin J Sport Med. Jul., 19(4): 300-5.

Weston, S. B., Zhou, S., Weatherby, R. P. & Robson, S. J. (1997) Does exogenous coenzyme Q10 affect aerobic capacity in endurance athletes? *Int J Sport Nutr.*, 7(3): 197-206.

Williams MH. (2006). Dietary supplements and sports performance: Herbals. *J Int Soc Sports Nutr*; 3:1-6.

Wyss, V., Ganzit, G. P. & Rienzi, A. (1990). Effects of L-carnitine administration on VO₂max and the aerobic-anaerobic threshold in normoxia and acute hypoxia. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 60(1): 1-6.

Yilkoski, T., Piirainen, J., Hanninen, O. & Penttinen, J. (1997). The effect of coenzyme Q10 on the exercise performance of cross-

country skiers. *Mol Aspects Med.*, 18 Suppl: S283-90.

Zeppili, p. (1991). Influence of coenzyme Q10 on physical work capacity in athletes, sedentary people and clinical aspects of coenzyme Q₁₀

Zheng, A. & Moritani, T. (2008). Influence of CoQ10 on autonomic nervous activity and energy metabolism during exercise in healthy subjects. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, 54(4): 286-90.

Zhou, S., Zhang, Y., Davie, A., Marshall-Gradisnik, S., Hu, H. & Wang, J. (2005). Muscle and plasma coenzyme Q₁₀ concentration, aerobic power and exercise economy of healthy men in response to four weeks of supplementation. *J Sports Med Phys Fitness.*, 45(3): 337-46.

jstnar.srbiau.ac.ir