

علوم زیستی ورزشی - پاییز ۱۳۹۲
دوره ۵، شماره ۳، ص ۱۳-۲۸
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۲۶

تأثیر مصرف مکمل کوآنزیم Q10 در دوره تیپر بر برخی شاخص‌های عملکرد استقامتی دوندگان نیمه‌استقامت

داریوش شیخ‌الاسلامی وطنی^۱ - تحسین خطایی - منیژه نوروزیان - حمید رجبی
دانشیار گروه تربیت بدنی دانشگاه کردستان - کارشناس ارشد دانشگاه خوارزمی - استادیار دانشکده تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی - دانشیار دانشکده تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، تعیین اثر مصرف مکمل کوآنزیم Q10 در دوره تیپر بر برخی شاخص‌های عملکرد استقامتی دوندگان نیمه‌استقامتی بود. بدین منظور، ۱۸ دوندۀ نیمه‌استقامت مرد تمرین‌کرده (سن ۲۱±۱/۲۶ سال، وزن ۶۵/۶±۴/۷ کیلوگرم، قد ۱۷۹±۲/۵ سانتی‌متر) به صورت هدفمند انتخاب شدند. روش تحقیق به صورت پیش‌آزمون - پس‌آزمون با یک گروه کنترل و دو گروه تجربی اجرا شد. آزمودنی‌ها به دنبال ۱۰ هفته تمرینات ویژه جهت بهبود استقامت هوازی، بی‌هوازی، آستانه لاکتات، و تحمل لاکتات با شدت ۷۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه و تواتر ۴ جلسه در هفته (هر جلسه ۷۰ تا ۹۰ دقیقه) برای پیش‌آزمون آماده شدند. سپس، پیش‌آزمون شامل ضربان قلب استراحتی، زیربیشینه، بیشینه، تست دوی یک مایل، و زمان رسیدن به واماندگی انجام شد (قبل از دوره تیپر) و آزمودنی‌ها به سه گروه همگن تقسیم شدند: گروه T+Q10 (یک هفته تیپر به همراه ۱۲۰ میلی‌گرم کوآنزیم Q10 در روز)، گروه T (یک هفته تیپر به همراه دارونما)، و گروه C (با همان شدت و حجم تمرینات قبلی به همراه دارونما). اعمال تیپرینگ از طریق کاهش تدریجی حجم و افزایش تدریجی شدت تمرینات (تا ۱۳۵ درصد Vo2max) و با حفظ فرکانس صورت گرفت. پس از اتمام دوره تیپر، همه آزمودنی‌هایی که قبل از تیپر انجام شده بود دوباره انجام شد. برای نشان دادن تفاوت‌های درون‌گروهی، پس از دوره تیپر، از آزمون T همبسته و برای نشان دادن تفاوت‌های بین‌گروهی از آزمون ANOVA استفاده شد. نتایج نشان داد که پس از یک هفته تیپر، ضربان قلب استراحتی و زیربیشینه در دو گروه T و T+Q10 به طور معنی‌داری کاهش، و رکورد دوی یک مایل و زمان رسیدن به واماندگی به طور معنی‌داری در دو گروه بهبود یافت ($P < 0.05$)، ولی ضربان قلب بیشینه تغییری نداشت ($P > 0.05$). اما از آنجایی که تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از متغیرها، میان دو گروه T و T+Q10 (پس از یک هفته تیپر) دیده نشد، بنابراین، می‌توان گفت، در این تحقیق، مصرف کوآنزیم Q10 در دوره تیپر اثر معنی‌داری بر ضربان قلب استراحتی، ضربان قلب زیربیشینه، ضربان قلب بیشینه، زمان رسیدن به واماندگی، و رکورد دوی یک مایل نداشت. همچنین، در گروه C، در هیچ‌یک از متغیرها، تغییر معنی‌داری دیده نشد ($P > 0.05$). در نهایت، می‌توان گفت که یک هفته تیپر به همراه مصرف کوآنزیم Q10 بر عملکرد تأثیری نداشته است. در حالی که تیپر به‌تنهایی اثر معنی‌داری بر ضربان قلب استراحتی، ضربان قلب زیربیشینه، زمان رسیدن به واماندگی، و رکورد دوی یک مایل داشت، ضربان قلب بیشینه تحت تأثیر قرار نگرفت.

واژه‌های کلیدی

تیپر، دونده‌های استقامتی، عملکرد استقامتی، کوآنزیم Q10

مقدمه

از دیرباز، به اوج رساندن عملکرد و توانایی ورزشکاران و حفظ آن، از لحاظ فیزیولوژیکی و روانی، در رقابت‌ها و مسابقات، مورد توجه بوده و هنر مربیان به شمار رفته است (۲،۲۶). در همین زمینه، مربیان، با توجه به پیشرفت‌های چشمگیر در علوم ورزشی، علاوه بر تمرینات دوره آماده‌سازی، از راهکارهای مختلفی برای رساندن ورزشکاران به اوج عملکرد بهره می‌گیرند (۱،۱۰)؛ مثلاً، می‌توان به اعمال تیپر^۱، در دوره قبل از مسابقات، و تغذیه خوب و مصرف مکمل‌ها در این دوره اشاره کرد. در این زمینه، تحقیقات نشان داده‌اند استفاده از مرحله تیپر، قبل از مسابقه، و استفاده از مکمل‌ها، در طول تمرینات و قبل از مسابقات، برای بهبود عملکرد هوازی و بی‌هوازی ورزشکاران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۳۲،۹،۷). بر اساس تحقیقات، به نظر می‌رسد تیپر کردن ورزشکاران، قبل از مسابقه، بتواند عملکرد هوازی و زمان رسیدن به واماندگی^۲ را، که از فاکتورهای مهم برای ورزشکاران اکثر رشته‌های ورزشی-به‌ویژه استقامتی و نیمه‌استقامتی- است (۸،۴)، بهبود بخشد (۲۶،۲۸).

در دوره تیپر، به‌رغم دوره نسبتاً کوتاهش، سازگاری‌های فیزیولوژیکی مطلوب و فراوانی صورت می‌گیرد (۳۹،۲۸). هرچند بعضی از یافته‌ها در این زمینه متناقض است، افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه یکی از سازگاری‌هایی است که نشان داده شده به دنبال تیپر اتفاق می‌افتد. نیری و همکارانش افزایش ۴/۲ درصدی در اکسیژن مصرفی بیشینه به دنبال تیپر در تمرین استقامتی ۷ دوچرخه سوار مرد را، که با ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب حفظ شده بود، مشاهده کردند، اما وقتی شدت تمرینات به ۵۵ تا ۸۵ درصد کاهش یافت، بهبودی مشاهده نشد (۳۱). در مطالعه‌ای دیگر، افزایش معنی‌دار ۲/۵ تا ۹/۱ درصدی در اکسیژن مصرفی بیشینه متعاقب تیپر مشاهده شد (۳۹). در همین زمینه، مارگاریتیس و همکارانش افزایش ۳ درصدی در اکسیژن مصرفی بیشینه را بعد از ۲ هفته کاهش حجم تمرین مشاهده کردند (۲۵). هرچند چندین گزارش تأثیر معنی‌داری را بر بهبود اکسیژن مصرفی به دنبال تیپر گزارش نکرده‌اند، هیچ گزارشی مبنی بر کاهش اکسیژن مصرفی بیشینه یافت نشد و اکثر تحقیقات افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه را گزارش داده‌اند (۳۹،۲۵). همچنین، نشان داده شد به دنبال تیپر لاکتات خون در فعالیت زیربیشینه کاهش یافته و در فعالیت بیشینه افزایش ۷۸ درصدی داشته است (۳۹). علاوه بر این، بورس و لامبرت (۲۰۰۷) افزایش ضربان قلب بیشینه را به دنبال کاهش بار تمرین گزارش دادند (۱۳). افزایش در محتوای گلیکوژن عضله نیز متعاقب تیپر مشاهده شده است (۳۰). بنابراین، به نظر می‌رسد متعاقب تیپر، کارایی افزایش و خستگی‌های فیزیولوژیکی کاهش می‌یابد و منجر به کاهش ضربان قلب زیربیشینه می‌گردد. در تأیید این مطلب، موژیکا و همکارانش در سال ۱۹۹۶ تحقیقی را در این باره انجام دادند و دریافتند با توجه به رفع خستگی‌های فیزیولوژیکی و روانی به دنبال تیپر، تکنیک و مهارت شناگران بهتر

1. tapering
2. time to exhaustion

شده و همچنین ضربان قلب زیربیشینه کاهش یافته است که این امر باعث بهتر شدن اقتصاد حرکت و کارایی می‌شود (۲۷). با توجه به سازگاری‌های فیزیولوژیکی ذکر شده بعد از دوره تیپر (شامل: افزایش هموگلوبین و افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه، افزایش گلیکوژن و...) (۳۹، ۳۱، ۳۰، ۲۷، ۲۵، ۱۳) مشخص است که تیپر به طور بارزی می‌تواند شاخص‌های عملکرد استقامتی را بهبود بخشد.

از طرفی، نیاز ورزشکاران به مواد مغذی و مکمل‌هایی که بتواند به ریکاوری و جلوگیری از افت عملکرد آن‌ها به دنبال پشت سر نهادن تمرینات سنگین کمک کند، به‌خصوص در دوره تیپر، مبرم به نظر می‌رسد (۹). بنابراین، نوع و نحوه تغذیه ورزشکاران در دوره تیپر و قبل از یک مسابقه مهم از اهمیت به‌سزایی برخوردار بوده و می‌تواند نقش شایانی در نتایج ایفا کند. یکی از مکمل‌هایی که تحقیقات اخیر احتمال این را داده‌اند که بتواند عملکرد هوازی را بهبود بخشد کوآنزیم Q₁₀ است (۶، ۱۵). با توجه به تحقیقات انجام شده، کوآنزیم Q₁₀ در میتوکندری همه بافت‌ها یافت می‌شود و جزء مهمی از دستگاه انتقال الکترون^۱ است که در فرایندهای متابولیکی فعالیت دارد و ATP را از طریق فرایندهای اکسیداتیو^۲ تولید می‌کند. بنابراین، می‌توان گفت این ماده برای عملکرد بهینه سیستم هوازی مهم است (۵، ۳، ۱) و می‌تواند در بهبود عملکرد هوازی، از طریق فراهم کردن اکسیژن بیشتر، دخیل باشد. در نتیجه، باعث کارایی بیشتر سیستم قلبی تنفسی از جمله کاهش ضربان قلب در یک شدت یکنواخت شود. بنابراین، می‌تواند در بهبود زمان رسیدن به واماندگی سهمیم باشد (۱۵، ۶).

درباره اثر آنتی‌اکسیدانی کوآنزیم Q₁₀ تحقیقاتی انجام شده است که بیشتر آن‌ها مؤید تأثیر مثبت مکمل Q₁₀ بر بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی است؛ مثلاً، دیده شده مصرف دوز بالای Q₁₀ باعث افزایش معنادار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپر اکساید دیسموتاز و کاتالاز شده است (۲۱). همچنین، گزارش شده است مصرف این مکمل از افزایش پراکسایشی لیپید، پس از دوره‌های تکراری فعالیت فوق بیشینه (آزمون وینگیت)، جلوگیری می‌کند (۱۹). درباره تأثیر این مکمل بر شاخص‌های عملکرد هوازی و بی‌هوازی گزارش‌های چندانی در دست نیست. در یک پژوهش جدید، اظهار شده است مکمل Q₁₀ باعث بهبود معنادار آستانه بی‌هوازی در ورزشکاران مسن نمی‌شود، اما قدرت عضلانی (تعداد تکرارهای حرکت اکستنشن ساق پا) بهبود می‌یابد (۱۷). در مطالعه‌ای دیگر، گزارش شده است که ظرفیت هوازی نوجوانان ورزشکار تحت تأثیر این مکمل قرار نمی‌گیرد (۲۲). همچنین، در تحقیقی که به‌تازگی چاپ شده است اذعان شده مصرف دوز بالای Q₁₀ در افرادی که دچار کاهش فرایندهای شناختی وابسته به سن هستند می‌تواند مفید باشد (۳۵).

اثر بخشی احتمالی مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی (از جمله Q₁₀) طی دوره تیپر به‌ندرت بررسی شده است. در این خصوص، اشاره شده است که مصرف ترکیبی از مواد آنتی‌اکسیدانی طی دوره تیپر می‌تواند به بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن (بدون تأثیر بر شاخص‌های آسیب اکسایشی) منجر گردد

1. Electron Transport System(ETS)

2. oxidative

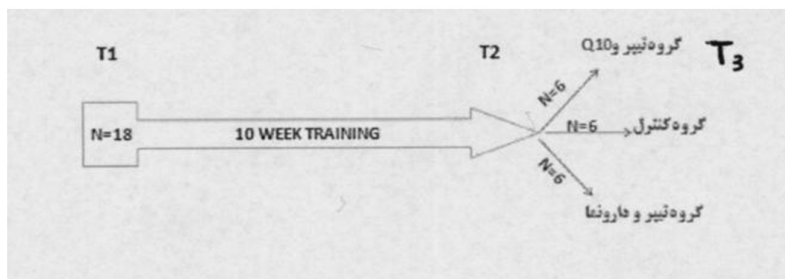
(۲۵). اما، تا جایی که ما اطلاع داریم، درباره تأثیر مکمل Q10 طی دوره تیپر تاکنون مطالعاتی انجام نشده است. انتظار می‌رود Q10 این قابلیت را داشته باشد که شاخص‌های عملکرد استقامتی را بهبود بخشد (۱۵،۶). از طرف دیگر، اکثر مطالعات به بررسی تأثیر مصرف این مکمل برای یک دوره طولانی مدت پرداخته‌اند. در مطالعه حاضر نیز، با توجه به کوتاه بودن دوره تیپر، تأثیر مصرف کوتاه مدت کوآنزیم Q10 (۷ روز) بررسی می‌شود. بنابراین، در این تحقیق به این موضوع پرداخته می‌شود که با توجه به مستعد بودن ورزشکار برای سازگاری‌های هوازی در دوره تیپر، آیا مصرف کوآنزیم Q10 در این دوره کوتاه می‌تواند قابلیت‌های هوازی و عملکرد استقامتی را بهتر و برجسته‌تر کند؟

روش پژوهش

این تحقیق از نوع کاربردی بوده و با دو گروه آزمایشی و یک گروه کنترل به شکل پیش‌آزمون - پس‌آزمون انجام شد. همچنین، تحقیق در دو مرحله (دوره تمرین و دوره تیپر) صورت گرفت. دوره تمرین از اهداف فرعی تحقیق بوده و فقط جهت به اوج رساندن دوندگان انجام شد (شکل ۱). جامعه آماری تحقیق حاضر شامل دوندگان مرد شهر سنندج بودند که همگی حداقل ۲ سال سابقه تمرین و حضور در مسابقات دوی نیمه‌استقامتی (۸۰۰،۱۵۰۰،۳۰۰۰) را داشتند. ابتدا طرح تحقیقی و روش اجرای تحقیق، تمرینات، و مدت زمان اجرای تحقیق و کلیه موارد (از قبیل تعداد جلسات تمرین در هفته، ساعات تمرین، استفاده نکردن از مکمل‌ها، میزان استراحت، و انجام ندادن فعالیت ورزشی شدید دیگر در طول دوره تمرینی) برای مربی و دوندگان داوطلب شرکت در تحقیق توضیح داده شد و شرکت‌کنندگان پس از آگاهی کامل، با تکمیل و امضای رضایت‌نامه‌ها، آمادگی خود را جهت شرکت در تحقیق اعلام کردند. سپس با استفاده از آزمون یک مایل، ۱۸ نفر از افرادی که رکورد زیر ۶ دقیقه داشتند به ترتیب اولویت رکورد و به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند (با میانگین سنی 26 ± 1 سال، وزن 65.6 ± 4.7 کیلوگرم، قد 1.79 ± 0.02 سانتی‌متر). همچنین، میانگین درصد چربی بدنی ۳ گروه، قبل و پس از تیپر، به شرح زیر بود که تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد: قبل از تیپر: گروه تیپر و Q10 (16.95 ± 0.9)، گروه تیپر (15.2 ± 0.1)، و گروه کنترل (10.9 ± 2.0). بعد از تیپر: گروه تیپر و Q10 (17.15 ± 0.1)، گروه تیپر (10.68 ± 3.04)، و گروه کنترل (10.8 ± 1.95).

در ابتدای طرح، طی پرسشنامه‌ای برخی اطلاعات مانند سابقه مصرف مکمل، سابقه بیماری، تعداد جلسات تمرین در هفته، سن، و سابقه ورزشی آزمودنی‌ها به دست آمد و ضربان قلب استراحتی، قد، و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای آشنایی آزمودنی‌ها با دوییدن روی تردمیل هر یک از آن‌ها به مدت ۵ دقیقه روی تردمیل دوییدند. ضربان قلب بیشینه و زمان رسیدن به واماندگی آزمودنی‌ها طی یک تست با شدت فزاینده روی تردمیل در روز بعد اندازه‌گیری شد. پس از پیش‌آزمون اولیه، تمرینات با تواتر ۴ جلسه در هفته و هر جلسه ۷۰ تا ۹۰ دقیقه به مدت ۱۰ هفته انجام شد. در طی مدت مذکور، کلیه اصول تمرین جهت پیشرفت و بهبود رکورد دوندگان رعایت گردید و تمرینات با شدتی در دامنه ۷۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب حداکثر

انجام شد (که با ضربان سنج پلار کنترل می‌گردید). پس از پایان دوره ۱۰ هفته‌ای تمرینات، ابتدا ضربان قلب استراحتی و پس از آن تست عملکردی یک مایل از آزمودنی‌ها گرفته شد. ۲۴ ساعت بعد، دوباره همان تست با شدت فزاینده (قبل از دوره تمرینات) جهت اندازه‌گیری زمان رسیدن به واماندگی و ضربان قلب بیشینه گرفته شد. در روز بعد، تست با شدت ثابت (۷۰ درصد Vo_{2max}) جهت اندازه‌گیری ضربان قلب زیربیشینه انجام شد. پس از پایان پیش‌آزمون دوم (قبل از تیپیر)، آزمودنی‌ها به طور تصادفی در سه گروه ۶ نفره $T+Q_{10}$ و T قرار گرفتند و بر اساس تست عملکردی یک مایل همگن شدند (شکل ۱). به گروه $T+Q_{10}$ یک هفته تیپیرینگ به همراه مکمل کوآنزیم Q_{10} اعمال شد. گروه T ، یک هفته تیپیرینگ به همراه دارونما (آرد شیرینی) را تجربه کرد. گروه C با همان شدت و حجم به تمرینات قبلی ادامه دادند. به گروه C نیز دارونما داده شد (استفاده از گروه C به منظور اطمینان از مثبت بودن اثر تیپیر صورت گرفت). مکمل‌ها و دارونماها به صورت کپسول‌های هم‌رنگ و هم‌شکل ۶۰ میلی‌گرمی و هر روز ۲ بار به همراه ناهار و شام مصرف شدند (هر روز ۱۲۰ میلی‌گرم) (۲۳، ۱۵).



شکل ۱. مراحل تحقیق. $T1$ = قبل از شروع برنامه تمرین ۱۰ هفته‌ای، $T2$ = پس از اتمام دوره تمرینی و قبل از شروع دوره یک‌هفته‌ای تیپیر، $T3$ = پس از اتمام دوره تیپیر

نحوه اعمال تیپیرینگ

از آنجایی که آزمودنی‌ها حرفه‌ای نبودند و دوره تمرینات ۱۰ هفته بیشتر نبود، استفاده از تیپیر مینور (تیپیر کوتاه‌مدت) بهترین انتخاب بود (۲۶). همچنین، از تیپیر تدریجی استفاده گردید؛ به طوری که، به تدریج تا ۹۰ درصد از حجم تمرینات قبل از دوره تیپیر کاهش یافت. این امر، از طریق کاهش زمان جلسات تمرینی (به ترتیب ۴۰ درصد، ۶۰ درصد، ۷۰ درصد، ۹۰ درصد) صورت گرفت، ولی شدت تمرینات به شدت مسابقه‌ای و حتی تا ۱۳۵ درصد Vo_{2max} افزایش یافت، که جزئیات آن در جدول ۱ آمده است (برنامه تمرینی دوره تیپیر با توجه به منابع ۱۶ و ۲۶ طراحی شده است). نحوه کاهش حجم به این ترتیب بود که فقط در برنامه اصلی کاهش حجم صورت گرفت. در دوره تیپیر، گرم کردن و

سرد کردن به همان منوال انجام شد و فقط بدنه اصلی تمرین از لحاظ حجمی به تدریج کاهش یافت؛ در حالی که شدت آن، به ترتیبی که در جدول ۱ نشان داده شده، افزایش یافت.

جدول ۱. برنامه تمرینی دوره تیپ

روز اول	گرم کردن/ ۴ مرتبه دویدن ۲ دقیقه‌ای (دویدن با ۱۰۵ تا ۱۱۰ درصد vVo2max با استراحت فعال ۵ دقیقه‌ای بین تکرارها)/ ۲۰ دقیقه دویدن آرام/ سرد کردن
روز دوم	استراحت
روز سوم	گرم کردن/ ۴ مرتبه دویدن ۱ دقیقه‌ای (دویدن با ۱۲۰ تا ۱۲۵ درصد vVo2max با استراحت فعال ۵ دقیقه‌ای بین تکرارها)/ ۱۵ دقیقه دویدن آرام/ سرد کردن
روز چهارم	استراحت
روز پنجم	گرم کردن/ ۳ مرتبه دویدن ۱ دقیقه‌ای (دویدن با ۱۲۵ تا ۱۳۰ درصد vVo2max با استراحت فعال ۵ دقیقه‌ای بین تکرارها)/ ۱۵ دقیقه دویدن آرام/ سرد کردن
روز ششم	گرم کردن/ ۱ مرتبه دویدن ۱ دقیقه‌ای (دویدن با ۱۳۰ تا ۱۳۵ درصد vVo2max با استراحت فعال ۵ دقیقه‌ای)/ ۱۰ دقیقه دویدن آرام/ سرد کردن
روز هفتم	تست (مسابقه)

گفتنی است، دمای محیط آزمایشگاه در طی مراحل آزمون بین ۲۴ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و ساعات اندازه‌گیری در هر سه مرحله برای همه آزمودنی‌ها یکسان بود. همچنین نحوه تغذیه آزمودنی‌ها در این یک هفته تیپ با پرسشنامه یادآمد غذایی تا حدودی کنترل شد. برای این منظور، ۴۸ ساعت قبل از شروع تیپ، از آزمودنی‌ها خواسته شد همه مواد غذایی مصرفی خود را در فهرستی که به همین منظور تهیه شده بود یادداشت نمایند. ۴۸ ساعت مانده به اتمام دوره تیپ، فهرست تهیه شده قبلی دوباره در اختیار افراد قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد، تا حد امکان، وضعیت تغذیه‌ای مشابه با ۴۸ ساعت قبل از دوره تیپ را حفظ کنند و از تغییر شدید برنامه غذایی اجتناب کنند (کنترل دقیق تغذیه آزمودنی‌ها در اختیار محقق نبود). همچنین درباره زمان خواب و استراحت یادآوری‌های لازم انجام شد. پس از اتمام دوره تیپ، همه آزمون‌هایی که قبل از شروع تیپ انجام شده بود، با همان ترتیب و با همان فواصل زمانی، دوباره انجام شدند.

روش اندازه‌گیری متغیرها

۱. **ضربان قلب استراحتی:** برای اندازه‌گیری ضربان قلب از ضربان‌سنج و کمربند سینه‌ای Polar استفاده شد. از هر آزمودنی ۲ بار اندازه‌گیری به عمل می‌آمد و در صورت تفاوت میان اندازه‌گیری‌ها بار سوم ثبت می‌شد.
۲. **زمان رسیدن به واماندگی:** وضعیت استراحتی آزمودنی به مدت ۳ دقیقه روی تردمیل بررسی می‌شد و پس از آن، سرعت تردمیل به ۶ کیلومتر در ساعت می‌رسید و آزمودنی ۳ دقیقه با این

سرعت پیاده‌روی می‌کرد. سپس، سرعت ترممیل به ۷ کیلومتر در ساعت رسیده و پس از آن به‌ازای هر یک دقیقه، سرعت ترممیل ۱ کیلومتر در ساعت افزایش می‌یافت. آزمودنی فعالیتش را تا حد رسیدن به واماندگی ادامه می‌داد. پس از رسیدن به واماندگی، آزمون درک فشار انجام می‌شد. در پایان، سرعت ترممیل جهت ریکاوری و برگشت به حالت اولیه، به‌تدریج، کاهش می‌یافت (به مدت ۵ دقیقه).

۳. **ضربان قلب بیشینه:** برای ثبت ضربان قلب بیشینه، آزمودنی‌ها یک پروتکل فزاینده تعریف‌شده روی ترممیل را تا سرحد ناتوانی و واماندگی انجام دادند. از آنجا که ضربان قلب توسط نرم‌افزار ترممیل (HP COSMUS) به صورت ثانیه به ثانیه ثبت می‌شد، حداکثر ضربان قلبی را که آزمودنی در زمان رسیدن به واماندگی به آن می‌رسید به عنوان ضربان قلب بیشینه ثبت گردید. همچنین برای کنترل دقیق‌تر، هم‌زمان از یک ساعت ضربان‌سنج Polar هم استفاده شد.

۴. **ضربان قلب زیر بیشینه:** برای به دست آوردن ضربان قلب زیربیشینه، آزمودنی‌ها ابتدا ۵ دقیقه با سرعت معادل ۷۰ درصد سرعت زمان رسیدن به آستانه بی‌هواری (V_{AT})، که توسط دستگاه گاز‌آنالایزر اندازه‌گیری شده بود، گرم می‌کردند. بعد از آن، ۳ دقیقه با سرعت ۵ کیلومتر در ساعت جهت بازگشت به حالت اولیه پیاده‌روی کرده و پس از آن، ۱۰ دقیقه با سرعت ۷۰ درصد سرعت رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی (Vo_{2max}) که توسط دستگاه گاز آنالایزر اندازه‌گیری شده بود فعالیت کردند. در پایان ۱۰ دقیقه، دوباره ۳ دقیقه پیاده‌روی جهت ریکاوری انجام شد. در پایان، میانگین ضربان قلب ۱۰ دقیقه دویدن به عنوان ضربان قلب زیربیشینه ثبت گردید.

۵. **زمان دو یک مایل:** برای به دست آوردن رکورد دوی یک مایل، در پیست دانشگاه، که محیط آن دقیقاً ۴۰۰ متر بود، ابتدا و انتهای مسیر (۱۶۰۹ متر) مشخص گردید و از آزمودنی‌ها خواسته شد که این مسافت را با حداکثر توان بدون و برای ثبت رکورد از دو نفر داور استفاده گردید و از زمان‌سنج Q&Q، ساخت ژاپن، جهت اندازه‌گیری استفاده شد.

پس از اطمینان از توزیع طبیعی داده‌ها (با استفاده از آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف)، از آزمون t همبسته به منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی (پیش و پس از تیپر) گروه‌ها استفاده شد. همچنین، پس از محاسبه میزان تغییرات پیش‌آزمون - پس‌آزمون هر یک از گروه‌ها (محاسبه d)، از آنالیز واریانس یک‌راهه (و آزمون تعقیبی توکی) جهت تعیین تفاوت‌های بین گروهی استفاده شد. کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. سطح معنی‌داری ($P < 0.05$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول ۲، تغییرات میانگین متغیرهای ۳ گروه در مراحل مختلف طرح به تفکیک توصیف شده‌اند.

جدول ۲. میانگین \pm انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق

کنترل				تیپور				تیپور + کوآزیم Q10				گروه	
P	T	M \pm SD	P	T	M \pm SD	P	T	M \pm SD	T	M \pm SD	متغیر	گروه	
۰٫۰۰۱*	۳٫۹	۶۰ \pm ۵٫۵۱	۰٫۰۰۷*	۴٫۴۲	۶۰٫۱۶ \pm ۴٫۸۷	۰٫۰۰۱*	۶٫۵۲	۵۸٫۵ \pm ۳٫۶۷	۱۰	۵۸٫۵ \pm ۳٫۶۷	قبل از ۱۰ هفته تمرین	ضربان استراحتی (ضربه در دقیقه)	
۰٫۰۳۹۴	-۰٫۹۳۳	۵۳٫۸۳ \pm ۵٫۱۱	۰٫۰۲۸*	۳٫۰۵	۵۳ \pm ۳٫۷۴	۰٫۰۱۱*	۳٫۹۵	۵۱٫۶۶ \pm ۳٫۷۷	بعد از تیپور	۵۱٫۶۶ \pm ۳٫۷۷	بعد از تیپور		
۰٫۳۸۳	-۰٫۹۵۵	۱۷۳٫۳۳ \pm ۷٫۱۷	۰٫۰۰۱*	۸٫۸۸۳	۱۷۶٫۸۳ \pm ۳٫۰۶	۰٫۰۰۲*	۵٫۹۲۶	۱۷۱٫۵ \pm ۴٫۹۶	قبل از تیپور	۱۷۱٫۵ \pm ۴٫۹۶	قبل از تیپور	ضربان زیربیشینه	
۰٫۶۲۱	-۰٫۵۲۷	۱۷۴٫۱۶ \pm ۸٫۹۹	۰٫۰۰۸۲	۲٫۱۶۹	۱۷۱٫۳۳ \pm ۳٫۳۸	۰٫۱۴۱	۱٫۷۴۶	۱۶۳٫۱۶ \pm ۶٫۰۸	بعد از تیپور	۱۶۳٫۱۶ \pm ۶٫۰۸	بعد از تیپور	ضربان	
۰٫۰۸۹	۲٫۱۰۸	۲۰۱٫۵ \pm ۴٫۲۳	۰٫۰۶۶۱	۰٫۴۴۶	۲۰۰٫۳۳ \pm ۳٫۵	۰٫۰۳*	-۵٫۳۷۷	۱۹۹٫۱۶ \pm ۲٫۶۳	قبل از ۱۰ هفته تمرین	۱۹۹٫۱۶ \pm ۲٫۶۳	قبل از ۱۰ هفته تمرین	ضربان بیشینه	
۰٫۰۰۰۳*	-۵٫۲۲۴	۲۰۲٫۶۶ \pm ۳٫۹۳	۰٫۰۰۱*	-۶٫۶۱۹	۱۹۹ \pm ۲٫۸۲	۰٫۰۰۳*	-۵٫۳۷۷	۱۹۸٫۳۳ \pm ۲٫۴	قبل از تیپور	۱۹۸٫۳۳ \pm ۲٫۴	قبل از تیپور	ضربه در دقیقه	
۰٫۱۴۲	۱٫۷۳۹	۱۹۸٫۶۶ \pm ۵٫۲۵	۰٫۰۰۳*	-۵٫۲۳۳	۱۹۸٫۶۶ \pm ۳٫۱۶	۰٫۰۰۵*	-۴٫۸۶۵	۱۹۸ \pm ۳٫۰۳	بعد از تیپور	۱۹۸ \pm ۳٫۰۳	بعد از تیپور	زمان رسیدن به واماندگی (دقیقه)	
۰٫۰۰۰۹*	۴٫۱۱۲	۱۷٫۵۸ \pm ۰٫۵۹	۰٫۰۰۵*	۴٫۷۳۸	۱۷٫۶۹ \pm ۰٫۴۶	۰٫۰۰۱*	۶٫۹۸۹	۱۷٫۹۳ \pm ۰٫۶۲	قبل از ۱۰ هفته تمرین	۱۷٫۹۳ \pm ۰٫۶۲	قبل از ۱۰ هفته تمرین	رکوردیک مایل (دقیقه)	
۰٫۵۳۴	-۰٫۶۶	۱۸٫۵۸ \pm ۰٫۶	۰٫۰۰۶*	۴٫۵۸۸	۱۸٫۶۶ \pm ۰٫۶۷	۰٫۰۰۲*	۵٫۶۴۳	۱۸٫۶۸ \pm ۰٫۸۷	قبل از تیپور	۱۸٫۶۸ \pm ۰٫۸۷	قبل از تیپور		
		۱۸٫۴۷ \pm ۰٫۵۹			۱۸٫۹۶ \pm ۰٫۵۸			۱۹ \pm ۰٫۸۷	بعد از تیپور	۱۹ \pm ۰٫۸۷	بعد از تیپور		
		۵٫۹۳ \pm ۰٫۴			۵٫۹۳ \pm ۰٫۲۳			۵٫۷۱ \pm ۰٫۳۲	قبل از ۱۰ هفته تمرین	۵٫۷۱ \pm ۰٫۳۲	قبل از ۱۰ هفته تمرین		
		۵٫۳۷ \pm ۰٫۲۴			۵٫۳۷ \pm ۰٫۲۶			۵٫۲۵ \pm ۰٫۳۴	قبل از تیپور	۵٫۲۵ \pm ۰٫۳۴	قبل از تیپور		
		۵٫۳۷ \pm ۰٫۲۳			۵٫۳۱ \pm ۰٫۲۶			۵٫۲۷ \pm ۰٫۳۲	بعد از تیپور	۵٫۲۷ \pm ۰٫۳۲	بعد از تیپور		

اختلاف معنی دار در سطح ۰٫۰۵

نتایج جدول ۲ نشان داد که میانگین ضربان قلب استراحتی، ضربان قلب زیربیشینه، و رکورد یک مایل هر ۳ گروه پس از ۱۰ هفته تمرین کاهش معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). همچنین، پس از ۱۰ هفته تمرین، زمان رسیدن به واماندگی ۳ گروه افزایش معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). اما، ضربان قلب بیشینه ۳ گروه تغییر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). این موضوع می‌تواند نشانگر اثر مثبت تمرینات (در طول ۱۰ هفته) باشد. از طرف دیگر، پس از یک هفته تیپر، کاهش معنی‌داری در ضربان قلب استراحتی، ضربان زیربیشینه، و رکورد یک مایل در گروه‌های تیپر و تیپر+کوآنزیم Q₁₀ مشاهده گردید ($P < 0.05$). همچنین، زمان رسیدن به واماندگی این دو گروه (گروه‌های متأثر از تیپر) افزایش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). اما، در گروه کنترل، پس از یک هفته، هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری در هیچ‌یک از متغیرها دیده نشد ($P > 0.05$). بنابراین، می‌توان گفت، صرف نظر از تأثیر مکمل، تیپر مؤثر واقع شده است.

همچنین، یافته‌ها نشان داد ضربان قلب استراحتی، ضربان قلب زیربیشینه، زمان رسیدن به واماندگی، و رکورد یک مایل پس از دوره تیپر در بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). نتایج آزمون تعقیبی حاکی از آن بود که پس از دوره تیپر، تفاوت معنی‌داری در کلیه متغیرها میان گروه تیپر+کوآنزیم Q₁₀ با گروه کنترل وجود داشت ($P < 0.05$). همچنین تفاوت معنی‌داری در همه متغیرها میان گروه تیپر با گروه کنترل دیده شد ($P < 0.05$). اما، بین گروه تیپر+کوآنزیم Q₁₀ و گروه تیپر تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از متغیرها مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، نشان داده شد که زمان رسیدن به واماندگی گروه T+Q₁₀ و گروه T، پس از دوره تیپر، افزایش معنی‌داری داشته است، اما میان زمان رسیدن به واماندگی این دو گروه، پس از تیپر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین، مصرف یک‌هفته‌ای مکمل کوآنزیم Q₁₀ در دوره تیپر نتوانسته تأثیر معنی‌داری بر زمان رسیدن به واماندگی داشته باشد، اما آنچه مسلم است معنی‌دار بودن اثر یک‌هفته‌ای تیپر بر زمان رسیدن به واماندگی است.

برخی مطالعات مؤید اثر بخش نبودن مکمل کوآنزیم Q₁₀ بر زمان رسیدن به واماندگی است (۱۴،۲۰،۲۴،۳۳،۳۸،۴۲). اما، برخی دیگر حاکی از تأثیر مثبت این مکمل بر زمان رسیدن به واماندگی و عملکرد استقامتی هستند (۱۲،۱۵،۱۸،۳۷،۴۰). البته، با توجه به اینکه طول دوره مصرف مکمل در تحقیق حاضر یک هفته بود و در این تحقیقات حداقل دوره مصرف ۱۴ روز بوده است، این تفاوت ممکن است مربوط به تفاوت در طول دوره مصرف و مقدار مصرف باشد. مطالعات فراوانی هم‌جهت با اثر معنی‌دار تیپر بر زمان رسیدن به واماندگی انجام شد از جمله: د آکوئیستو (۱۹۹۲)، جوکن دراپ (۱۹۹۲)، مارتین و اندرسون (۲۰۰۰)، نیری (۲۰۰۳)، و هاومارد (۲۰۰۴). البته، نتایج ناهمخوان

معدودی هم مبنی بر اثر بخش نبودن تیپر بر عملکرد استقامتی و زمان رسیدن به واماندگی بوده است؛ مانند: هاومارد (۱۹۹۰)، فلین (۱۹۹۴)، و ریتجنز (۲۰۰۱) که احتمالاً به دلیل طولانی بودن دوره تیپر (۲۱ روز) باعث بی‌تمرینی ورزشکاران و افت عملکرد در آن‌ها شده است. هوپر (۱۹۹۹) هم که با اثربخش نبودن تیپرینگ مواجه شد، دوره تیپر ۱۴ روزه‌ای را بر شناگران اعمال کرده بود (۲۸). بنابراین، در اکثر مطالعات، که دوره تیپر کوتاه بوده، همسو با یافته‌های ما، تأثیر مثبت تیپر دیده شده است.

در تحقیق حاضر، دریافتیم که ضربان استراحتی به دنبال تیپر در هر دو گروه T و $T+Q_{10}$ کاهش معنی‌داری داشته است، ولی چون تفاوت معنی‌داری میان ضربان استراحتی دو گروه وجود نداشت، اثرگذاری ناشی از تیپر بوده است. اما با توجه به اینکه اجماع تحقیقات بر این نظر است که ضربان قلب استراحتی پس از تیپر تغییرات چندانی ندارد (۲۸)، گمان می‌رود آزمودنی‌های ما دچار پرتمرینی شده باشند و قبل از مرحله تیپر ضربان قلب استراحتی واقعی خود را نداشته‌اند و این کاهش بار یک‌هفته‌ای به‌خوبی توانسته است ضربان استراحتی آن‌ها را کاهش دهد. موافق با نتایج ما فقط جوکن دراپ (۱۹۹۲)، به دنبال ۱۴ روز تیپر دوچرخه‌سواران، کاهش ضربان استراحتی را مشاهده کرد. اما، هوپر (۱۹۹۹) درباره شناگران ۱۰۰ متر با ۲ هفته تیپر، هایکوسکی (۱۹۹۸) پس از ۲ هفته تیپر در ارتفاع ۱۸۴۸ متری، و مک کونل (۱۹۹۳) پس از ۲۸ روز تیپر پله‌ای طولانی دوندگان، تغییری را در ضربان قلب استراحتی مشاهده نکرده‌اند. همچنین، فلین (۱۹۹۴)، که تأثیر ۳ هفته تیپر را بر عملکرد دوندگان و شناگران دانشگاهی بررسی کرد، تغییری را گزارش نکرد. استون (۱۹۹۶) هم، که بر روی وزنه‌داران کار خود را انجام داد، به دنبال ۱ تا ۴ هفته تیپر تغییری را نیافت (۲۸). بنابر توضیحات ارائه‌شده، مشخص است که احتمالاً ناهمخوانی نتایج بر اثر متفاوت بودن طول دوره، نحوه اعمال تیپر، و رشته ورزشی باشد که در تحقیق ما نحوه اعمال کاهش بار به صورت تدریجی و در طول یک هفته بود. ولی محتمل‌ترین دلیل می‌تواند پرتمرین بودن آزمودنی‌های تحقیق حاضر بوده باشد؛ چون در گروه C، با ادامه تمرینات و اعمال نکردن تیپر، میانگین ضربان قلب استراحتی مقدار ناچیزی افزایش داشت (از $53/83$ به $54/5$)؛ هرچند این افزایش معنی‌دار نیست.

همچنین، یافته‌های حاضر در خصوص ضربان قلب زیربیشینه نشان داد در هر دو گروه $T+Q_{10}$ و T به دنبال یک هفته تیپر کاهش معنی‌داری داشت و مصرف مکمل در این یک هفته نتوانست اختلاف معنی‌داری را میان دو گروه $T+Q_{10}$ و T ایجاد کند. اما، با توجه به کاهش بیشتر میانگین در گروه $T+Q_{10}$ (از $171/5$ ، بعد 163) نسبت به گروه T (از 176 ، بعد 171)، می‌توان حدس زد که شاید اگر مصرف مکمل به مدت طولانی‌تر یا با دوز بالاتری می‌بود، می‌توانست اختلاف معنی‌داری را میان دو گروه $T+Q_{10}$ و T ایجاد کند. تحقیقی که موافق با تحقیق حاضر کاهش ضربان قلب زیربیشینه را به دنبال تیپر گزارش کرده باشد یافت نشد و اکثر تحقیقات نظیر فلین (۱۹۹۴)، مارتین و اندرسون (۲۰۰۰)، ریتجنز (۲۰۰۱)، و نیری (۲۰۰۳) هیچ تغییری را در ضربان زیربیشینه گزارش نکرده‌اند. فقط

جوکن دراپ (۱۹۹۲) پس از ۱۴ روز تیپیر دوچرخه سواران بیش تمرین شده و هاومارد (۲۰۰۴) با یک هفته تیپیر دوندگان با افزایش ضربان زیربیشینه مواجه شدند. با توجه به موارد ذکر شده و این امر که میانگین ضربان زیربیشینه گروه کنترل ما پس از تیپیر تغییر نکرده، و حتی افزایش ناچیزی هم داشته است، می توان گفت که احتمالاً آزمودنی های ما همچون دو مطالعه فوق دچار پرمیرینی شده اند (۲۸). در تحقیقی که مالم و همکاران (۱۹۹۴) تأثیر مکمل کوآنزیم Q₁₀ را همراه تمرینات با شدت بالا (HIT) مورد بررسی قرار دادند هیچ تغییری را در ضربان زیربیشینه مشاهده نکردند که این تحقیق درباره اثر بخش نبودن مکمل کوآنزیم Q₁₀ با نتایج ما هم جهت است (۲۴). همچنین نتایج حاصل از تحقیق وستون (۱۹۹۷) نیز موافق با نتایج ما بود. وی نیز هیچ گونه تغییری در ضربان قلب مشاهده نکرد (۳۸). در موارد برشمرده، تحقیقی یافت نشد که اثر معنی دار کوآنزیم Q₁₀ را بر تغییر ضربان زیربیشینه گزارش کرده باشد، اما جانانان اسمیت (۲۰۰۱) در تحقیقی که به بررسی تأثیر این مکمل بر عملکرد و خستگی پرداخت نشان داد که برای تأثیر این مکمل بایستی در مقادیر بالا (۳۰۰ میلی گرم در روز) مصرف شود (۳۶). اما در تحقیق حاضر، دوز مصرفی، بر اساس مقادیر پیشنهادی، ۱۲۰ میلی گرم در روز بود.

درباره تأثیر مکمل Q₁₀ بر عملکرد ورزشکاران، نتایج تحقیقات ضد و نقیض است. ژونگو و همکارانش (۲۰۰۷) اظهار داشتند مصرف مکمل Q₁₀ (۱۰۰ میلی گرم در روز) تأثیری بر افزایش سطوح Vo_{2max}، آستانه لاکتات، و اقتصاد فعالیت ندارد (۲۲). بلومر (۲۰۱۲) نیز اذعان داشت که حتی دوزهای بالای مصرف مکمل Q₁₀ (۳۰۰ میلی گرم در روز) نتوانست عملکرد ورزشی (تست پیش رونده تردمیل و آزمون سرعت روی دوچرخه کارسنج) را بهبود بخشد (۱۱). اما، در مطالعه دیچمن و همکارانش (۲۰۱۲) دیده شد که مصرف ۲۰۰ میلی گرم در روز این مکمل باعث بهبود زمان رسیدن به آستانه بی هوازی و افزایش تعداد تکرارهای اکستنشن ساق پا شده است (۱۷). گفتنی است مطالعه اخیر درباره آزمودنی های مسن تحت درمان با داروی استاتین بود. داروهای حاوی استاتین، به دلیل کاهش کلسترول و کاهش یوبیکینون، ممکن است عملکرد ورزشی را کاهش دهند. در مطالعه ای مشابه (موراکی، ۲۰۱۲)، اظهار شده است مکمل سازی با Q₁₀ می تواند از اثرات مخرب داروهای حاوی استاتین بر عملکرد میتوکندریایی جلوگیری کند. نتیجه تحقیق آن ها نشان داد عملکرد استقامتی موش های تحت دریافت مکمل افزایش داشته است (۲۹). شاید بتوان از برآیند مطالعات فوق چنین نتیجه گیری کرد که مکمل Q₁₀ فقط در وضعیتی منجر به افزایش شاخص های مربوط به عملکرد استقامتی می شود که آزمودنی ها، قبل از دریافت مکمل، کمبود Q₁₀ داشته اند.

یافته های حاضر درباره ضربان قلب بیشینه نشان داد در هیچ یک از گروه ها، پس از دوره تیپیر، تغییر معنی داری مشاهده نشد و همچنین هیچ تفاوت معنی داری میان گروه ها، پس از تیپیر، وجود نداشت ($p > 0.05$). بنابراین، می توان گفت نه مکمل کوآنزیم Q₁₀ و نه یک هفته تیپیر تأثیری بر ضربان قلب بیشینه نداشته است. نتایج مطالعات ریتجنز (۲۰۰۱)، مارتین و اندرسون (۲۰۰۰)، و نیری

(۲۰۰۳) موافق با نتایج ما و مبنی بر تغییر نکردن ضربان قلب بیشینه به دنبال تیپر است. اما در تحقیقات ناهمخوان جوکن دراپ (۱۹۹۲)، هاومارد (۱۹۹۰)، مک کونل (۱۹۹۳)، هوپر (۱۹۹۹)، و مارتین و اندرسون (۲۰۰۰) افزایش ضربان قلب بیشینه، و فقط در تحقیق د آکوئستو (۱۹۹۲) کاهش ضربان قلب بیشینه گزارش شده است (۲۸). تحقیق د آکوئستو به دنبال ۴ هفته تیپر و سایر تحقیقات (درباره دوچرخه‌سواران، شناگران، و دوندگان) با مدت‌های بیشتر از دو هفته تیپر صورت گرفته است. همچنین، جوکن دراپ با بیش‌تمرین کردن دوچرخه‌سواران تایم تریل و سپس تیپر دوهفته‌ای آن‌ها با کاهش ضربان قلب بیشینه مواجه شد که البته این مقادیر با مقادیر قبل از بیش‌تمرین شدن یکسان بود. تفاوت‌ها و تناقض‌های موجود در ضربان قلب بیشینه می‌تواند به دلیل اثرات متضاد افزایش حجم خون بر ضربان قلب بیشینه و کاهش سطح کاتکولامین‌ها باشد که در طول تمرینات شدید ایجاد شده است (۲۸). در خصوص تأثیر مکمل Q_{10} بر این شاخص، هیچ تحقیقی یافت نشد. بنابراین، نتیجه‌گیری در این خصوص دشوار است و به مطالعات بعدی نیاز دارد.

بررسی نتایج عملکرد دوی یک مایل دوندگان نشان داد که بعد از یک هفته تیپر میانگین رکورد دوی یک مایل در هر دو گروه $T+Q_{10}$ ($P=0.002$) و T ($P=0.006$) به طور معنی‌داری کاهش یافت. اما از آنجا که میان عملکرد این دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، می‌توان نتیجه گرفت که بهبود عملکرد این دوندگان در اثر تیپر بوده است. از طرفی، با بررسی تغییرات میانگین در دو گروه $T+Q_{10}$ (از 5.35 به 5.27) و T (از 5.37 به 5.31) شاید بتوان گفت که اگر مصرف مکمل در گروه $T+Q_{10}$ به مدت بیشتر یا با دوز بالاتری انجام می‌شد می‌توانست اختلاف معنی‌داری را در عملکرد دو گروه T و $T+Q_{10}$ ایجاد کند. تحقیقی که جاناتان اسمیت (۲۰۰۱) انجام داد نیز مصدق این امر است که مصرف مکمل کوآنزیم Q_{10} در دوزهای بالاتر (۳۰۰ میلی‌گرم در روز) نسبت به مصرف در دوزهای پایین‌تر، امکان بهبود عملکرد را بیشتر می‌کند (۳۶). تحقیقات موافق (۳۸،۳۳،۲۴،۲۰،۱۴) و مخالف (۴۱،۳۷،۱۸،۱۵،۱۲) در این خصوص وجود دارند. دلایل ناهمخوانی نتایج ما با این پژوهش‌ها می‌تواند تفاوت در نوع آزمودنی، طول دوره مکمل‌گیری، و شاخص‌های بررسی شده باشد. هاک مطالعه خود را روی افراد مبتدی انجام داد و در دو دوره ۸ هفته‌ای تأثیر این مکمل را (روزی ۱۰۰ میلی‌گرم) بر شاخص خستگی در تکرارهای فوق‌بیشینه (روی دوچرخه کارسنج) بررسی کرد. وایز و زیپلی هم کار خود را روی افراد تمرین‌نکرده انجام دادند. در حالی که، یلکوسکی بر اسکی‌بازان مطالعه خود را انجام داده بود. اشنایدر هم به ورزشکاران سه‌گانه به مدت ۴ هفته مکمل داده بود. درنهایت، درباره آثار مکمل Q_{10} بر فعالیت ورزشی، پرفشارخونی، و اختلال قلبی، مطالعه مروری و جمع‌بندی جالبی انجام داده است (۳۴). در این تحقیق، اظهار شده از ۱۱ تحقیقی که تا سال در خصوص تأثیر Q_{10} بر ظرفیت فعالیت ورزشی انجام گرفته، ۶ مطالعه حاکی از بهبود تقریبی در ظرفیت فعالیت ورزشی بوده و در ۵ تحقیق تأثیری مشاهده نشده است. بنابراین، چنین نتیجه‌گیری شده است که در خصوص اثرات این مکمل بر فعالیت‌های بدنی و پرفشار خونی به تحقیقات بیشتری نیاز است.

در تحقیق حاضر، به دوندگان تمرین کرده فقط یک هفته مکمل داده شد. در کل، شواهد موجود (و عدم تغییر در گروه کنترل) مؤید این امر است که تیپیر (و نه مکمل Q₁₀) مؤثر بوده و در زمان مناسبی انجام شده است.

نتیجه گیری نهایی

تیپیر باعث افزایش معنی داری در زمان رسیدن به واماندگی و کاهش معنی داری در ضربان قلب استراحتی، ضربان قلب زیربیشینه، و رکورد دوی یک مایل شد، اما بر ضربان قلب بیشینه تأثیری نداشته است. به نظر می‌رسد تیپیر چنانچه در زمان مناسب و به میزان لازم انجام گیرد، می‌تواند اثرات مفیدی بر برخی از شاخص‌های عملکردی در ورزشکاران استقامتی و نیمه‌استقامتی داشته باشد. اما، مصرف کوتاه‌مدت مکمل کوآنزیم Q₁₀ به میزان ۱۲۰ میلی‌گرم در روز (به همراه یک هفته تیپیر) منجر به رشد بیشتر شاخص‌های مذکور نگردید. هرچند در خصوص تأثیر مکمل Q₁₀ بر شاخص‌های مذکور به تحقیقات بیشتری جهت اظهار نظر قطعی نیاز داریم، شاید بتوان، با احتیاط، چنین نتیجه‌گیری کرد که تأثیرگذاری احتمالی این مکمل بر شاخص‌های عملکرد هوازی فقط در شرایطی محتمل خواهد بود که آزمودنی‌ها، قبل از شروع دوره مکمل‌سازی، کمبود این مکمل را داشته باشند.

منابع و مأخذ

۱. ادیکول، بورک و موان، رونالد (۱۳۸۴). تغذیه ورزشی برای ورزشکاران، ترجمه شهرام فرج‌زاده، تهران: کمیته ملی المپیک.
۲. بومپا، تئودور. ا (۱۳۸۵). اصول و زمانبندی تمرینات ورزشی، ترجمه حمید رجبی و همکاران، تهران: انتشارات دنیای حرکت.
۳. پیرزاده بیرانوند، عزیزالله (۱۳۸۶). «مقایسه تأثیر دو روش کاهش تمرین بر برخی عوامل فیزیکی و فیزیولوژیکی در فوتبالیست‌های آماتور»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
۴. جوان ال فالوفیلد، دیوید ام ویلکینسون (۱۳۸۵). بهبود عملکرد ورزشی در دوهای استقامت و نیمه‌استقامت، ترجمه بهروز ابراهیمی و فریده باباخانی، تهران: انتشارات دانشگاه رازی.
۵. چراغ بیرجندی، صادق (۱۳۸۶). «تأثیر دو نوع برنامه کاهش حجم و کاهش تواتر تمرین بر برخی عوامل آمادگی و آمادگی حرکتی والیبالیست‌های نخبه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه شهید بهشتی.

۶. رونالد جی، موگان (۲۰۰۲). *راهنمای تغذیه ورزشی نوین*، ترجمه عیدی علیجانی، تهران: انتشارات کمیته ملی المپیک.
۷. فرج‌زاده موالو، شهرام (۱۳۸۶). *فیزیولوژی مکمل‌های غذایی در ورزش*، تهران: انتشارات کمیته ملی المپیک.
۸. گائینی، عباسعلی و حمید رجبی (۱۳۸۳). *آمادگی جسمانی*، تهران: سمت.
۹. ملوین اچ، ویلیامز (۱۹۸۳). *تأثیر نیروزها و مکمل‌های ورزشی*، ترجمه پژمان احمدی، تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.
۱۰. مهری، کیوان (۱۳۸۷). «تأثیر ۴ هفته مصرف مکمل COQ₁₀ بر پراکسیداسیون لیپیدی، توان هوازی، آستانه لاکتات، و زمان رسیدن به خستگی در بازیکنان هندبال باشگاهی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه تهران.
11. BLOOMER, R. J, CANALE, R.E, MCCARTHY, C.G, FARNEY, T. M (2012). "IMPACT OF ORAL UBIQUINOL ON BLOOD OXIDATIVE STRESS AND EXERCISE PERFORMANCE", *OXIDATIVE MEDICINE AND CELLULAR LONGEVITY*, DOI: 10.1155/2012/465020.
12. BONETTI, A, SOLITO, F, CARMOSINO, G, BARGOSI, AM, AND FIORELLA, PL. (2000). "EFFECT OF UBIDECARENONE ORAL TREATMENT ON AEROBIC POWER IN MIDDLE-AGED TRAINED SUBJECT", *JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS*, 40(1): P 51-57.
13. BORRESEN, J, AND LAMBERT, MI. (2007). "CHANGES IN HEART RATE RECOVERY IN RESPONSE TO ACUTE CHANGES IN TRAINING LOAD". *EUROPEAN JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY*, 101(4): P 503-511.
14. BRAUN, B, CLARKSON, PM, FREEDSON, PS, AND KOHL, RL. (1991). "EFFECT OF COENZYME Q₁₀ SUPPLEMENTATION AND EXERCISE PERFORMANCE, VO₂MAX, LIPID PEROXIDATION IN TRAINED CYCLISTS". *INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORT NUTRITION*, 1(4):P 353-365.
15. COOKE, M, IOSIA, M, BUFORD, T, SHELMADINE, B, HUDSON, G, ET AL. (2008). "EFFECTS OF ACUTE AND 14-DAY COENZYME Q₁₀ SUPPLEMENTATION ON EXERCISE PERFORMANCE IN BOTH TRAINED AND UNTRAINED INDIVIDUALS", *JOURNAL OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SPORTS NUTRITION*, 5(8): P 1-14.
16. DAVID, B, PYNE, IN. MUJICA, IN, AND REILLY, TH. (2009). "PEAKING FOR OPTIMAL PERFORMANCE", *JOURNAL OF SPORTS SCIENCES*, 3: P 195-202.
17. DEICHMANN, R.E, LAVIE, C.J, AND DORNELLES, A.C (2012). "IMPACT OF COENZYME Q₁₀ ON PARAMETERS OF CARDIORESPIRATORY FITNESS AND MUSCLE PERFORMANCE IN OLDER ATHLETES TAKING STATINS", *PHYSICIAN AND SPORTSMEDICINE*, 40(4): P 88-95.
18. GÖKBEL, H, GÜL, I, BELVIRANLI, M, AND OKUDAN, N. (2010). "THE EFFECTS OF COENZYME Q₁₀ SUPPLEMENTATION ON PERFORMANCE DURING REPEATED BOUTS OF SUPRAMAXIMAL EXERCISE IN SEDENTARY MEN", *JOURNAL OF STRENGTH AND CONDITIONING RESEARCH*. 1: P 97-102.
19. GÜL, I, GÖKBEL, H, BELVIRANLI, M, OKUDAN, N, BÜYÜKBAŞ, S, AND BAŞARALI, K (2011). "OXIDATIVE STRESS AND ANTIOXIDANT DEFENSE IN PLASMA AFTER REPEATED

- BOUTS OF SUPRAMAXIMAL EXERCISE: THE EFFECT OF COENZYME Q₁₀", *JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS*, 51(2): P 305-312.
20. LAAKSONEN, R, FOGELHOLM, M, HIMBERG, JJ, LAAKSO, J, AND SALORINNE, Y. (1995). "UBIQUINONE SUPPLEMENTATION AND EXERCISE CAPACITY IN TRAINED YOUNG AND OLDER MEN", *EUROPEAN JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY AND OCCUPATIONAL PHYSIOLOGY*, 72(1-2): P 95-100.
 21. LEE, B.J, HUANG, Y.C, CHEN, S.J, AND LIN, P.T (2012). "COENZYME Q₁₀ SUPPLEMENTATION REDUCES OXIDATIVE STRESS AND INCREASES ANTIOXIDANT ENZYME ACTIVITY IN PATIENTS WITH CORONARY ARTERY DISEASE", *NUTRITION*, 28(3): P 250-255.
 22. LIAO, P, ZHANG, Y, LIAO, Y, ZHENG, N. J, AND ZHANG, X (2007). "EFFECTS OF COENZYME Q₁₀ SUPPLEMENTATION ON LIVER MITOCHONDRIAL FUNCTION AND AEROBIC CAPACITY IN ADOLESCENT ATHLETES", *ZHONGGUO YING YONG SHENG LI XUE ZA ZHI*, 23(4): P 491-494 [ARTICLE IN CHINESE].
 23. LINNANE, AW, KOPSIDAS, G, ZHANG, C, YAROVAYA, N, KOVALENKO, S, ET AL. (2002). "CELLULAR REDOX ACTIVITY OF COENZYME Q₁₀: EFFECT OF COQ₁₀ SUPPLEMENTATION ON HUMAN SKELETAL MUSCLE", *FREE RADICAL RESEARCH*, 4: P 445– 453.
 24. MALM, C, SVENSSON, M, EKBLÖM, B, AND SJÖDIN, B. (1997). "EFFECTS OF UBIQUINONE-10 SUPPLEMENTATION AND HIGH INTENSITY TRAINING ON PHYSICAL PERFORMANCE IN HUMANS", *ACTA PHYSIOLOGICA SCANDINAVICA*, 161(3): P 379-384.
 25. MARGARITIS, I, PALAZZETTI, S, ROUSSEAU, A.S, RICHARD, M.J AND FAVIER, A. (2003). "ANTIOXIDANT SUPPLEMENTATION AND TAPERING EXERCISE IMPROVE EXERCISE-INDUCED ANTIOXIDANT RESPONSE", *JOURNAL OF AMERICAN COLLEGE OF NUTRITION*, 22(2): P 147-156.
 26. MCNEELY, ED, AND SANDLER, D. (2007). "TAPERING FOR ENDURANCE ATHLETES", *JOURNAL NATIONAL STRENGTH AND CONDITIONING ASSOCIATION*,5: P 18-24.
 27. MUJKA, I, BUSSO, T, LACOSTE, L, BARALE, F, GEYSSANT A, ET AL. (1996). "MODELED RESPONSES TO TRAINING AND TAPER IN COMPETITIVE SWIMMERS", *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE*, 28(2): P 251-258.
 28. MUJKA, IN, PADILLA, SA, PYNE, D, AND BUSSO, TH. (2004). "PHYSIOLOGICAL CHANGES ASSOCIATED WITH THE PRE-EVENT TAPER IN ATHLETES", *SPORTS MEDICINE*: 34(13): P 891-927.
 29. MURAKI, A, MIYASHITA, K, MITSUISHI, M, TAMAKI, M, TANAKA, K, ET AL (2012). "COENZYME Q₁₀ REVERSES MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION IN ATORVASTATIN-TREATED MICE AND INCREASE EXERCISE ENDURANCE", *JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY*, 113(3): P 479-486.
 30. NEARY, J, MARTIN, T.P, REID, D.C, BURNHAM, R, AND QUINNEY, H.A. (1992). "THE EFFECTS OF A REDUCED EXERCISE DURATION TAPER PROGRAM ON PERFORMANCE AND MUSCLE ENZYMES OF ENDURANCE CYCLISTS", *EUROPEAN JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY AND OCCUPATIONAL PHYSIOLOGY*, 65(1): P 30-36.
 31. NEARY, J.P, MARTIN, T.P, AND QUINNY, H.A. (2003). "EFFECTS OF TAPER ON ENDURANCE CYCLING CAPACITY AND SINGLE MUSCLE FIBER PROPERTIES", *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE*,35(11): P 1875-1881.
 32. NEARY, J.P, MCKENZIE, D.C, AND BHAMBHANI, Y.N. (2005). "MUSCLE OXYGENATION TRENDS AFTER TAPERING IN TRAINED CYCLISTS", *JOURNAL DYNAMIC MEDICINE*, 4: P 4.
 33. PORTER, D, COSTILL, D.L, ZACHWIEJA, J.J, KRZEMINSKI, K, FINK, W.J, ET AL (1995). "THE EFFECT OF COENZYME Q₁₀ SUPPLEMENTATION ON EXERCISE TOLERANCE OF MIDDLE –AGED, UNTRAINED MEN", *INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORTS MEDICINE*, 16: P 421-426.

34. ROSENFELDT, F, HILTON, D, PEPE, S, AND KRUM, H (2003). "SYSTEMATIC REVIEW OF EFFECT OF COENZYME Q₁₀ IN PHYSICAL EXERCISE, HYPERTENSION AND HEART FAILURE", *BIOFACTORS*, 18(1-4): P 91-100.
35. SHETTY, R.A, FORSTER, M.J, SUMIEN, N (2012). "COENZYME Q₁₀ SUPPLEMENTATION REVERSES AGE-RELATED IMPAIRMENTS IN SPATIAL LEARNING AND LOWERS PROTEIN OXIDATION", *AGE*, DOI:10.1007/s11357-012-9484-9.
36. SMITH, J. (2001). "COQ₁₀: IS THERE EVIDENCE OF BENEFICIAL EFFECTS ON EXERCISE TOLERANCE?", [HTTP://WWW.UOGUELPH.CA/NHPTC/JON%20COQ.HTML](http://www.uoguelph.ca/nhptc/JON%20COQ.HTML).
37. SNIDER, I.P, BAZZARRE, T.L, MURDOCH, S.D, AND GOLDFARB, A. (1992). "EFFECT OF COENZYME ATHLETIC PERFORMANCE SYSTEM AS ERGOGENIC AID ON ENDURANCE PERFORMANCE TO EXHAUSTION", *INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORTS NUTRITION*, 2: P 272-286.
38. WESTON, S.B, ZHOU, S, WEATHERBY, R.P, AND ROBSON, S.J, (1997). "DOES EXOGENOUS COENZYME Q₁₀ AFFECTS AEROBIC CAPACITY IN ENDURANCE ATHLETES?", *INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORTS NUTRITION*, 7(3): P 197-206.
39. WHYTE, G. (2006). "THE PHYSIOLOGY OF TRAINING", J AND MULTIMEDIA IN THE HEALTH SCIENCES ISBN-13: P 978-0443101175. ELSVIER.
40. YLIKOSKI, T, PIIRAINEN, J, HANNINEN, O, AND PENTTINEN, J. (1997). "THE EFFECT OF COENZYME Q₁₀ ON THE EXERCISE PERFORMANCE OF CROSS-COUNTRY SKIERS", *MOLECULAR ASPECTS OF MEDICINE*, 18: P 283-290.
41. ZEPPILI, P. (1991). "INFLUENCE OF COENZYME Q₁₀ ON PHYSICAL WORK CAPACITY IN ATHLETES, SEDENTARY PEOPLE AND PATIENTS WITH MITOCHONDRIAL DISEASE", *BIOMEDICAL AND CLINICAL ASPECTS OF COENZYME Q₁₀*. ELSEVIER.6: P 541-545.
42. ZHOU SHI. "DOES EXOGENOUS COENZYME Q₁₀ AFFECTS AEROBIC CAPACITY IN ENDURANCE ATHLETES?", *NUTRITIONAL ERGOGENIC AIDS*, EDITED BY IRA WOLINSKY AND JUDY A., CRC PRESS (2004). DRISKELL, EBOOK, ISBN: 978-0-203-50770-4, P 355-378.