

علوم زیستی ورزشی - تابستان ۱۴۰۰
دوره ۱۳، شماره ۲، ص: ۲۶۵ - ۲۴۵
تاریخ دریافت: ۲۸ / ۰۵ / ۹۹
تاریخ پذیرش: ۰۴ / ۰۴ / ۱۴۰۰

تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی توانی و مصرف مکمل کیوتن بر میزان اینترلوکین ۴ و ۱۰ و فاکتورهای عملکردی بازیکنان ماهر سافتبال

عطیه سلیمانی^۱ - فرزانه تقیان^{۲*}

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران ۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی توانی و مصرف مکمل کیوتن (Q10) بر میزان اینترلوکین-۴ (IL-4) و IL-10 و فاکتورهای عملکردی بازیکنان سافتبال انجام گرفت. ۲۰ نفر از بازیکنان دختر سافتبال (۲۱/۴±۶۸/۱۶) به روش در دسترس انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه ۱۰ نفره تجربی (مصرف مکمل Q10 + تمرین مقاومتی توانی) و کنترل (دارونما + تمرین مقاومتی توانی) تقسیم شدند. مداخله شامل ۸ هفته مصرف مکمل Q10 (یک کیپسول ۲۰۰ میلی گرمی) و تمرینات مقاومتی توانی با تواتر ۲ جلسه در هفته و به مدت ۸ هفته (۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴۵-۴۰ دقیقه تمرینات اصلی مقاومتی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه و ۱۰ دقیقه سرد کردن) بود. آزمون چابکی تی، تست سرعت دوی ۶۰ متر، پرش سارجنت، دراز و نشست و قدرت پنجه دست، همچنین نمونه گیری خونی قبل و بعد از ۸ هفته فاکتورهای IL-4، IL-10، CK، LDH ارزیابی شدند. داده‌ها با استفاده از تی مستقل و تی همبسته در سطح معناداری $P < 0.05$ تحلیل شدند. کوردهای سرعت (تجربی $P=0.04$ ؛ کنترل $P=0.02$)، چابکی (تجربی $P=0.03$ ؛ کنترل $P=0.03$)، قدرت پنجه دست (تجربی $P=0.09$ ؛ کنترل $P=0.01$)، دراز و نشست (تجربی $P=0.01$ ؛ کنترل $P=0.03$) و میزان لاکتات دهیدروژناز (تجربی $P=0.03$ ؛ کنترل $P=0.03$) به طور معناداری در هر دو گروه بهبود یافت؛ اما عملکرد پرش سارجنت (تجربی $P=0.10$ ؛ کنترل $P=0.89$)، میزان کراتین کیناز (تجربی $P=0.67$ ؛ کنترل $P=0.06$)، IL-4 (تجربی $P=0.32$ ؛ کنترل $P=0.33$) و IL-10 (تجربی $P=0.97$ ؛ کنترل $P=0.08$) در هیچ کدام از دو گروه تغییر معناداری نداشت. نتایج نشان داد به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی توانی به همراه مکمل دهی کوآنزیم Q10 در کنار تمرینات تخصصی سافتبال به منظور توسعه برخی متغیرهای عملکردی به ویژه استقامت عضلانی ناحیه شکم مؤثر است.

واژه‌های کلیدی

التهاب، تمرین مقاومتی توانی، سایتوکاین‌ها، عملکرد ورزشی، کیوتن.

مقدمه

تمرینات مقاومتی به واسطه ایجاد برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی حاد و سازگاری مزمن به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان روش تمرینی کاربردی برای افزایش قدرت، عملکرد ورزشی و توانبخشی جسمانی شناخته شده‌اند. (۱)، به‌طوری‌که اخیراً مربیان و ورزشکاران از این تمرینات برای افزایش قدرت عضلانی استفاده می‌کنند. با این حال، انجام این تمرینات احتمال آسیب سلولی را افزایش می‌دهد (۲). بارهای مکانیکی ناشی از انجام این تمرینات به ایجاد استرس، درد، التهاب و گاه آسیب در عضلات فعال و بافت همبند منجر می‌شود، به‌گونه‌ای که حتی پس از یک جلسه تمرین مقاومتی شدید، علاوه بر هورمون‌های سرکوبگر دستگاه ایمنی، شاخص‌های التهابی (از جمله سایتوکاین‌های پیش‌التهابی) به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابند و موجب سرکوب و تضعیف عملکرد دستگاه ایمنی می‌شوند (۳).

سایتوکاین‌ها گروهی از پروتئین‌ها یا گلیکوپروتئین‌های محلول هستند که به‌عنوان انتقال‌دهنده پیام بین سلول‌های ایمنی و دیگر سلول‌ها عمل می‌کنند (۴) به‌علاوه، سایتوکاین‌ها دارای فعالیت پیش‌التهابی یا ضدالتهابی و گاه سرکوبگر دستگاه ایمنی‌اند (۵). اینترلوکین-۱۰ از جمله سایتوکاین‌های ضدالتهابی است که توسط سلول‌های ایمنی و غیرایمنی تولید می‌شود (۵). عملکرد بیولوژیکی اصلی این سایتوکاین تضعیف پاسخ‌های ایمنی سازشی است (۶). این سایتوکاین فعال‌سازی ماکروفاژها را مهار می‌کند؛ فعالیت مخرب آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز را محدود می‌سازد و نیز مانع بیان سایتوکاین‌های پیش‌التهابی مانند IL-۶، IL-۸ و فاکتور نکروز بافتی آلفا می‌شود (۷). اینترلوکین-۴ نیز سایتوکاین دیگری است که از لنفوسیت‌های T نوع ۲⁺ ترشح می‌شود که برای شروع پاسخ‌های ایمنی هومورال مانند تمایز لنفوسیت‌های B به سمت تولید آنتی‌بادی‌ها و واکنش‌های آلرژیک ضروری است (۷). این سایتوکاین گسترش سلول‌های Th۲ را شروع کرده، ولی تکثیر لنفوسیت‌های Th۱ را مهار می‌کند (۸).

پژوهشگران علوم ورزشی همواره به‌دنبال روش‌هایی هستند که بتوانند در کنار بهبود عملکرد، از تغییرات نامطلوب شاخص‌های فشار اکسایشی ناشی از کوفتگی عضلانی تأخیری جلوگیری کنند یا دست‌کم آن را به کمترین حد ممکن برسانند. یکی از روش‌های مقابله با تأثیرات نامطلوب خستگی و فشارهای ناشی از فعالیت‌های نسبتاً شدید، استفاده از مکمل‌های خوراکی است (۹). کوآنزیم کیوتن^۴ که

1. Interleukin-10 (IL-10)
2. Tumor Necrosis Factor- α (TNF- α)
3. T helper 2 (Th2)
4. Coenzyme Q10 (Q10)

با نام یوبی کینون شناخته می‌شود، یک ماده شبه‌ویتامین محلول در چربی است که در همه سلول‌های بدن یافت می‌شود و دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی است. همچنین در بدن چندین نقش مهم دیگر از جمله انتقال الکترون‌ها در زنجیره تنفسی میتوکندری و در نتیجه تولید ATP، پشتیبانی از بازسازی سایر آنتی‌اکسیدان‌ها، تأثیر بر ثبات، سیالیت و نفوذپذیری غشای سلول و تحریک رشد سلول و ممانعت از مرگ سلول، دارد (۱۰).

مطالعات نشان داده‌اند که IL-۴ با مهار تولید واسطه‌های پیش‌التهابی مانند TNF- α و IL-1 از مونوسیت‌ها، التهاب را سرکوب می‌کند (۱۱). در این زمینه، تحقیق دیگری کاهش التهاب را با افزایش IL-۴-IL اثر اجرای تمرینات مقاومتی گزارش کرد (۱۲). در خصوص نقش ورزش بر IL-۱۰ به‌عنوان یکی از آدیپوکاین‌های ضدالتهابی و سازوکار اثر آن در جوامع مختلف، اطلاعات متناقضی وجود دارد؛ به‌طوری‌که برخی مطالعات افزایش سطوح آن را پس از فعالیت (۱۳) و برخی عدم تغییر (۱۴) آن را گزارش کردند. با این حال، در مورد اثر تمرینات مقاومتی بر این سایتوکاین‌ها در زنان ورزشکار اطلاعاتی در دسترس نیست.

علائم کمبود کوآنزیم Q1۰ در ورزشکاران ممکن است به‌صورت فشارهای متابولیک و افزایش تشکیل رادیکال‌های آزاد طی تمرینات مشاهده شود (۱۰)؛ به همین سبب در سال‌های اخیر استفاده از این مکمل به‌عنوان مکمل غذایی به‌صورت گسترده‌ای افزایش یافته است. در خصوص مصرف Q1۰ برخی پژوهش‌ها گزارش کردند که مکمل‌دهی Q1۰ به‌عنوان یک مکمل ضداکسایشی و ضدخستگی می‌تواند از تغییرات نامطلوب آنزیم‌های اکسایشی لاکتات و کراتین کیناز پس از اجرای فعالیت‌های ورزشی نسبتاً سنگین جلوگیری کند (۱۵). همچنین پژوهش دیگری نشان داد که ۱۴ روز مکمل‌دهی Q1۰ از طریق افزایش غلظت پلاسمایی کوآنزیم Q1۰ موجب افزایش زمان خستگی شد (۱۶). با این حال، عدم تغییر شاخص‌های دستگاه ایمنی و لاکتات به‌دنبال مکمل‌دهی حاد Q1۰ بعد از فعالیت با شدت ثابت در زنان فعال گزارش شده است (۱۷). در همین زمینه، چنگیزی و همکاران (۲۰۱۴) به این نتیجه رسیدند که مکمل‌دهی حاد Q10 قبل از تمرین مقاومتی، موجب کاهش سطح کراتین کیناز می‌شود و از آسیب‌های ناشی از آن جلوگیری می‌کند، اما بر سطوح آنزیمی لاکتات دهیدروژناز تأثیری ندارد (۱۸). همچنین پژوهشگران دیگری طی مطالعات مجزایی نتایج دوجانبه مصرف مکمل Q10 را نشان دادند؛ به‌طوری‌که مکمل‌دهی Q10 به‌ترتیب به افزایش توان هوازی و حداکثر اکسیژن مصرفی منجر شد، ولی بر شاخص‌های عملکرد

بی‌هوازی (توان بیشینه، توان حداقل، توان متوسط و شاخص خستگی) و نقطه شکست ضربان قلب نشانگر آستانه بی‌هوازی) از لحاظ آماری مؤثر نبود (۱۹).

در پی افزایش سطوح سایتوکاین‌های التهابی در بدن ورزشکاران عوارضی مشابه بیماری‌های روانی، افزایش در سطوح خستگی و پیشروی به‌سوی واماندگی را به نمایش خواهد گذاشت (۲۰). این‌گونه عوارض ناشی از اجرای تمرینات شدید ورزشی خود می‌تواند عاملی برای کاهش کیفیت اجرای ورزشی به‌شمار آید (۲۱، ۲۲). از طرفی با توجه به اثرگذاری تمرینات مقاومتی بر برخی شاخص‌های التهابی و عملکردی در جوامع انسانی، همچنین تأثیرگذاری مکمل‌دهی Q10 در این زمینه، به‌نظر می‌رسد در اثر ترکیب این تمرینات ورزشی با مکمل Q10 تأثیرات بهتری بر برخی سایتوکاین‌ها از جمله IL-4 و IL-10 و شاخص‌های عملکردی در ورزشکاران حاصل آید. از آنجا که با توجه به جست‌وجوی محققان تاکنون در زنان ورزشکار تأثیر تمرینات مقاومتی به‌همراه مصرف مکمل Q10 روی سایتوکاین‌های ضدالتهابی کمتر بررسی شده است، به‌نظر می‌رسد مطالعه اثربخشی مصرف مکمل کوآنزیم Q10 به‌همراه تمرینات مقاومتی شدید اطلاعات تازه‌ای در خصوص تأثیر حمایتی این مکمل در کاهش التهاب و آسیب‌های ناشی از خستگی و از این‌رو حفظ عملکرد عضله به‌دنبال انجام برنامه‌های تمرین مقاومتی توانی را در دسترس قرار دهد. در پایان با توجه به یافته‌های پژوهشی که از وجود تفاوت‌های جنسیتی در عملکرد دستگاه ایمنی (۲۳) و چربی‌سوزی (۲۴، ۲۵) حکایت می‌کند که موجب پاسخ‌های متفاوت این دستگاه به هنگام فعالیت ورزشی در زنان و مردان می‌شود (۲۶)؛ اما اصولاً طبق بازنگری‌های مروری و کتاب‌های مستند این مکمل بیشتر در افراد مسن مبتلا به پارکینسون (۲۷) و بیماران خاص مبتلا به سندروم متابولیک (۲۴)، مولتیپل اسکلروزیس و آنزیم‌های کبدی (۲۸) و بیماران قلبی (۲۵) با دوزهایی بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم کارآمدتر عمل کرده است (۲۹). بیش‌مکملی Q10 در هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرین مقاومتی توانی و مصرف مکمل Q10 بر مقدار IL-4، IL-10 و فاکتورهای عملکردی بازیکنان ماهر سافتبال بود.

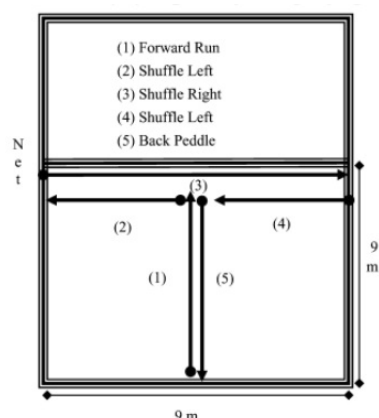
روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. جامعه آماری شامل تمامی بازیکنان دختر تیم سافتبال شهرستان اصفهان بود که تعداد ۲۰ فرد واجد شرایط با میانگین سنی $21/2 \pm 0/6/95$ سال، وزن $59/75 \pm 7/65$ کیلوگرم و قد $168/8 \pm 3/43$ سانتی‌متر به صورت نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس انتخاب و به‌طور تصادفی به دو گروه مساوی تجربی (مصرف مکمل $Q10$ + تمرین مقاومتی) و کنترل (دارونما + تمرین مقاومتی) تقسیم شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل جنس مؤنث، دامنه سنی ۱۵ تا ۲۵ سال، حداقل ۳ سال سابقه ورزشی در این رشته، استفاده نکردن از داروها و مکمل در شش ماه اخیر قبل از شرکت در پژوهش، نداشتن هرگونه آسیب‌دیدگی یا ناراستایی اندام که شرکت در آزمون‌ها و انجام تمرینات را محدود کند، بود. معیارهای خروج در مدت پژوهش نیز شامل نارضایتی ورزشکار برای تداوم همکاری در پژوهش، شرکت نکردن در پیش‌آزمون یا پس‌آزمون، غیبت در دو جلسه متوالی یا سه جلسه متناوب، ایجاد هر نوع آسیب یا عارضه‌ای که انجام تمرینات یا شرکت در آزمون‌ها را محدود کند، بود. پس از هماهنگی‌هایی که با مربی این تیم انجام گرفت، بازیکنان در اولین جلسه با آزمون‌ها و تمرینات و نحوه اجرای آنها آشنا شدند. در همین جلسه فرم مشخصات فردی (شامل اطلاعات جمعیت‌شناختی مانند تاریخ تولد، طول قد، وزن، سابقه فعالیت ورزشی و سابقه آسیب‌دیدگی) و فرم رضایت‌نامه کتبی شرکت در پژوهش توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها شامل قد و وزن به ترتیب با استفاده از قدسنج و متر نواری (با حساسیت ۰/۱ سانتی‌متر، برند سکا ساخت آلمان) و ترازوی پزشکی (با حساسیت ۰/۱ کیلوگرم، برند سکا) ثبت شد و ارزیابی‌های مرحله پیش‌آزمون شامل آزمون چابکی تی، تست سرعت دوی ۶۰ متر، پرش سارجنت، دراز و نشست، قدرت دست و همچنین نمونه‌گیری خونی از آنها گرفته شد. سپس به مدت ۸ هفته به مصرف مکمل $Q10$ و انجام تمرینات مقاومتی توانی با تواتر ۲ جلسه در هفته پرداختند. همچنین، هر دو گروه تمرینات هفتگی خود (۳ جلسه در هفته) را طبق نظر مربی انجام می‌دادند.

ارزیابی چابکی

در پژوهش حاضر چابکی با استفاده از آزمون تی^۱ ارزیابی شد. پژوهش‌های قبلی پایایی این آزمون را ۰/۹۸ گزارش کرده‌اند (۳۰). فرد آزمون‌دهنده مطابق شکل ۱ ابتدا به سمت جلو، سپس از وسط به سمت

چپ، از چپ به راست، از راست به وسط و در نهایت از وسط به عقب می‌دود و مسیر T شکل را طی می‌کند. زمان اجرای آزمون با کرونومتر ثبت می‌شود.



شکل ۱. آزمون چابکی T

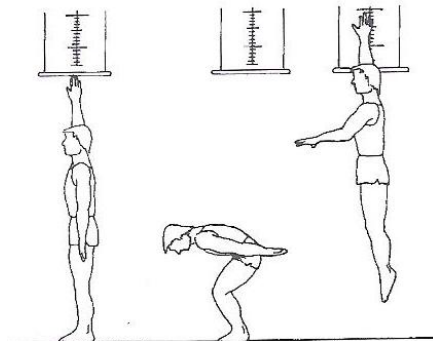
ارزیابی دوی سرعت ۶۰ متر

زمینی به اندازه ۱۰۰ متر مشخص شد، سپس از خط شروع با فاصله ۲۰ متر علامت‌گذاری و فردی با پرچم کنار آن قرار گرفت. سپس از نقطه مورد نظر مسافت ۶۰ متر تعیین و در فاصله ۱۰۰ متر از خط شروع، خط پایان مشخص شد. آزمونگر کنار علامت دوم قرار گرفت. آزمون‌دهنده در خط شروع با فرمان (رو) آغاز به دویدن می‌کرد و با سرعت هرچه تمام‌تر از علامت اول (پرچم) عبور می‌کرد و پس از طی ۶۰ متر با حداکثر سرعت، خود را به خط پایان می‌رساند. کرونومتر با پایین آمدن پرچم که نشانه عبور فرد از علامت اول است، به کار می‌افتاد و پس از عبور آزمون‌دهنده از علامت دوم، یعنی در پایان مسافت ۶۰ متر متوقف می‌شد. زمان به دست آمده بین علامت اول و دوم به عنوان امتیاز آزمون‌دهنده در نظر گرفته می‌شد (۳۱).

ارزیابی پرش سارجنت

آزمون‌دهنده به پهلو در کنار دیواری مدرج می‌ایستاد. پاها صاف روی زمین، یک دست کشیده کنار بدن و دست دیگر به صورت کشیده و راحت بالای سر قرار داشت. در حالی که نوک انگشتان به پودر گچ آغشته شده بود، محل برخورد انتهای انگشت وسط با دیوار اندازه‌گیری می‌شد. آزمون‌دهنده به حالت اولیه برمی‌گشت و سعی می‌کرد بدون دورخیز، در حداکثر توانایی خود به طور عمودی به بالا جهش کند و

انگشت وسط دست خود را به بالاترین نقطه ممکن بزند. آزمونگر عدد موردنظر را که بالاترین نقطه برخورد انگشت دست با دیوار بود، ثبت می‌کرد (شکل ۲).



شکل ۲. پرش سارجنت

ارتفاع پرش عمودی، از اختلاف فاصله دو نقطه به دست آمده به سانتی‌متر محاسبه شد. این حرکت در ۳ نوبت اجرا می‌شد و بهترین ارتفاع به عنوان ارتفاع عمودی در نظر گرفته می‌شد (۳۱).

آزمون دراز و نشست

آزمون‌دهنده روی تشک مخصوص به پشت دراز کشید، درحالی‌که یک نفر پاهای او را گرفته بود. هنگام شروع آزمون، زاویه زانوی آزمودنی کمتر از ۹۰ درجه و فاصله پاشنه پا تا نشیمنگاه بین ۲۵ تا ۴۰ سانتی‌متر بود. در این حالت دست‌های آزمودنده به صورت ضربدر روی سینه قرار داشت، به طوری‌که نوک انگشت دست‌ها روی شانه مخالف قرار گرفت. پس از استقرار در وضعیت شروع، آزمودنده با انقباض عضلات شکم بالاتنه را از زمین جدا کرده و به طرف جلو خم می‌کرد؛ به طوری‌که آرنج‌ها با سطح ران‌ها تماس حاصل می‌کردند و سپس به حالت اولیه بازمی‌گشت تا پشت او (زاویه تحتانی استخوان کتف) با زمین تماس یابد. امتیاز وی براساس شمارش تکرارهای صحیح اجرای حرکت در مدت یک دقیقه محاسبه شد (۳۱).

ارزیابی قدرت مچ دست

قدرت عضلانی پنجه دست با استفاده از دینامومتر اندازه‌گیری شد. به طوری‌که انگشتان دست در دستگیره دینامومتر که برای همین منظور تعبیه شده است، قرار می‌گرفت و بدون حرکت دادن بازو با حداکثر فشار دستگیره را فشار می‌دهد. عددی که عقربه دینامومتر نشان می‌داد، به عنوان قدرت عضلانی

دست محسوب می‌شد. به‌منظور اطمینان بیشتر، این عمل سه بار انجام می‌گرفت و میانگین این سه مرحله به‌عنوان رکورد در نظر گرفته شد (۳۲).

پروتکل تمرین مقاومتی توانی

برنامه تمرین مقاومتی توانی به مدت ۸ هفته، با تواتر دو جلسه در هفته و هر جلسه حدود یک ساعت بود. ایستگاه‌های تمرینی شامل شش حرکت پرس پا، پرس سینه، پرس سرشانه، کشش زیر بغل، جلو ران با دستگاه و پشت ران بود که هر دو هفته به‌منظور رعایت اصل اضافه‌بار، وزنه تمرینی بررسی می‌شد و در صورت لزوم و با رعایت تعداد تکرارها و بار موردنظر، وزنه اضافه می‌شد. به‌منظور دقت در انجام کار برای هر ایستگاه یک متخصص قرار داده شده بود تا مقدار بار و تعداد تکرارها و وزنه هر آزمودنی را در هر جلسه آزمون کند. تعداد تکرارها تا آخرین جلسه تمرینی بدون تغییر باقی ماند و فقط وزنه موردنظر در هر ایستگاه طی هر دو یا سه جلسه در صورت لزوم اضافه می‌شد تا شاهد تغییرات موردنظر در سازگاری‌های عضلانی ورزشکار باشیم. هر جلسه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴۵-۴۰ دقیقه تمرینات اصلی مقاومتی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود (۳۳).

جدول ۱. برنامه تمرینات مقاومتی توانی

تعداد ست‌ها	تعداد ایستگاه‌ها	سرعت اجرا	تعداد تکرارها	استراحت بین ست‌ها (دقیقه)	استراحت بین ایستگاه‌ها (دقیقه)
۳	۶	انفجاری	۱۱-۸	۲-۱	۵-۳

برای برآورد حداکثر قدرت، ابتدا آزمودنی‌ها با انتخاب وزنه‌های سبک خود را گرم کردند و سپس، طبق برآورد خودشان، وزنه‌ای انتخاب شد که بتوانند حداکثر ۱۰ بار آن را به‌صورت کامل و صحیح انجام دهند. با جایگذاری مقدار وزنه و تعداد تکرارها در فرمول برزیسکی قدرت بیشینه آزمودنی‌ها در حرکت پرس سینه و باز کردن زانو برای تعیین حداکثر قدرت بالاتنه و پایین‌تنه به‌دست آمد (۳۴).

$$\text{یک تکرار بیشینه} = \text{مقدار وزنه} \div 1/0.278 (\text{تعداد تکرارها} \times 0.278)$$

مکمل‌دهی

کپسول Q10 پلاس یوروویتال حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم Q10، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین C، ۱۲ میلی‌گرم ویتامین E، ۸ میلی‌گرم روی و ۴۰۰ میکروگرم اسید فولیک ساخت آلمان (با شماره ساخت ۷۰۵۶)، از داروخانه‌های داخل کشور تهیه شد. دو ساعت قبل از هر جلسه تمرین، یک کپسول (حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم مکمل کوآنزیم Q10) و همین مقدار دارونما به‌همراه ۲۰۰ میلی‌لیتر آب به روش دوسوکور خورنده شد؛

به این صورت که نه پژوهشگر و نه آزمودنی از محتوای کیسول آگاهی نداشت. در واقع فرد دیگری میکروتیوب حاوی کیسول‌ها را شماره‌گذاری و در برگهٔ دوسوکور یادداشت کرد. در پایان مداخله، برگه در اختیار پژوهشگر قرار گرفت. مقدار کوآنزیم Q10 مصرفی در پژوهش حاضر براساس نتایج پژوهش‌های قبلی در نظر گرفته شد (۱۸). سپس آزمودنی‌ها به انجام پروتکل تمرینی پرداختند. به‌منظور اطمینان از مصرف مکمل‌ها یا دارونما کیسول‌ها هر دو هفته یک‌بار در اختیار ورزشکاران قرار گرفت.

اندازه‌گیری بیوشیمیایی

آزمودنی‌ها طبق برنامهٔ هماهنگ‌شدهٔ قبلی، ۲۴ ساعت قبل از شروع و ۴۸ ساعت بعد از اتمام آخرین جلسهٔ تمرینی (در انتهای دورهٔ هشت‌هفته‌ای)، ضمن اینکه ۱۲ ساعت ناشتا بودند و طی ۲۴ ساعت اخیر هیچ‌گونه فعالیت ورزشی شدیدی نداشتند، برای اخذ نمونهٔ خون به آزمایشگاه تشخیص طبی اریترون واقع در شهر اصفهان معرفی شدند. برای جلوگیری از تأثیر ریتم شبانه‌روزی، نمونه‌گیری خونی در هر دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح انجام گرفت و به آزمودنی‌ها توصیه شد که سعی کنند ساعت مراجعهٔ آنها به آزمایشگاه در دو مرحله یکسان باشد. همچنین تمامی آزمودنی‌ها در مرحلهٔ خون‌گیری در مرحلهٔ فولیکولی (۳ تا ۵ روز اول چرخه) قرار داشتند. بدین‌منظور مقدار ۱۰ سی‌سی خون از سیاهرگ بازویی دست چپ آزمودنی‌ها در حالت نشسته جمع‌آوری شد. نمونه‌های خون پس از سانتریفیوژ با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و جدا کردن سرم، تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. مقادیر سرمی هریک از متغیرهای وابستهٔ خونی براساس دستورالعمل ارائه‌شده در بروشور کیت‌های مربوط اندازه‌گیری شد. مقدار IL-4 و IL-10 با استفاده از روش الایزا و کیت چینی (Bioassay Technology) و با حساسیت ۱/۵۳ نانوگرم در لیتر) و با دستگاه Elisa washer Automat Awerness اندازه‌گیری شد. لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز نیز با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (پارس آزمون و با حساسیت ۱ واحد بین‌المللی در لیتر، ایران) و دستگاه اتوآنالایزر (AT - آلفا کلاستیک) تجزیه و تحلیل شد.

در پایان پس از ۸ هفته مداخله ارزیابی‌های مرحلهٔ پس‌آزمون شامل آزمون چابکی تی، تست سرعت دوی ۶۰ متر، پرش سارجنت، دراز و نشست، قدرت دست و همچنین نمونه‌گیری خونی مشابه با مرحلهٔ پیش‌آزمون انجام گرفت.

پس از جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۱ تجزیه و تحلیل شدند، به‌طوری‌که با استفاده از آمار توصیفی، میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها محاسبه شد و برای اطمینان یافتن از نرمال

بودن توزیع داده‌ها از آزمون اکتشافی شاپیرو-ویلک استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی به ترتیب از آزمون‌های آماری تی همبسته و تی مستقل استفاده شد. برای آزمون فرضیه‌ها و تفسیر نتایج، سطح معناداری $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

براساس نتایج آزمون شاپیرو-ویلک توزیع داده‌ها در تمامی متغیرها در هر دو گروه کنترل و تجربی طبیعی بود ($P > 0/05$). نتایج تست لوین نیز نشان داد که در تمام متغیرها واریانس هر دو گروه برابر است ($P > 0/05$). مشخصات فردی آزمودنی‌ها نیز در جدول ۲ به تفکیک گروه‌ها آورده شده است که بین دو گروه در هیچ‌کدام از متغیرها تفاوت معناداری وجود نداشت.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های دو گروه

متغیر	گروه تجربی		گروه کنترل		مقدار t	مقدار p
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار		
قد (سانتی‌متر)	۱۶۸/۲۰	۴/۷۰	۱۶۸/۹۱	۲/۱۶	-۱/۴۲۰	۰/۱۰۸
وزن (کیلوگرم)	۶۰/۹۵	۱۱/۰۵	۵۸/۵۵	۴/۲۵	-۱/۲۷۶	۰/۲۱۷
شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۲۱/۵۵	۱/۳۲	۲۰/۶۵	۱/۰۱	-۰/۸۷۸	۰/۰۷۵

طبق نتایج پژوهش (جدول ۳) بین میانگین میزان سرعت ۶۰ متر، چابکی، پرش سارجنت و قدرت دست بازیکنان دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد. از این یافته‌ها چنین استنباط می‌شود که بین تأثیر تمرینات مقاومتی توانی به‌تنهایی و همراه با مکمل Q10 بر این شاخص‌ها تفاوتی وجود ندارد ($P < 0/05$)؛ با این حال تغییرات پیش‌آزمون تا پس‌آزمون دوی سرعت ۶۰ متر (گروه تجربی $P = 0/04$ ؛ گروه کنترل $P = 0/02$)، چابکی (گروه تجربی $P = 0/03$ ؛ گروه کنترل $P = 0/03$) و قدرت دست (گروه تجربی $P = 0/009$ ؛ گروه کنترل $P = 0/01$) در هر دو گروه معنادار بود. اما نسبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون پرش سارجنت در هر یک از دو گروه به‌صورت جداگانه پیشرفت چندانی حاصل نشده است (گروه تجربی $P = 0/10$ ؛ گروه کنترل $P = 0/89$). از سوی دیگر، نتایج نشان داد تغییرات پیش‌آزمون تا پس‌آزمون رکورد آزمون دراز و

نشست بازیکنان در هر دو گروه تجربی ($P=0/001$) و کنترل ($P=0/003$) افزایش یافت که اثر تمرین مقاومتی توانی به همراه مکمل $Q10$ بیشتر از تمرین مقاومتی توانی به تنهایی بود ($P=0/003$ بین دو گروه).

جدول ۳. مقایسه تغییرات میانگین‌های درون گروهی و بین گروهی متغیرهای وابسته

متغیرها	گروه تجربی		گروه کنترل		P*	R ^۲ /۵	R ^۲ /۵
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			
۶۰ متر سرعت (ثانیه)	۹/۵۸±۰/۴۴	۹/۵۰±۰/۳۵	۱۰/۳۱±۰/۶۶	۹/۹۶±۰/۶۳	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۲
چابکی تی (ثانیه)	۱۳/۳۰±۰/۸۴	۱۳/۱۸±۰/۷۷	۱۳/۲۷±۰/۶۹	۱۳/۰۴±۰/۴۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲
پرش سارجنت (سانتی‌متر)	۲۴۰/۴۰±۹/۰۳	۲۴۲/۳۰±۸/۲۳	۲۴۱/۴۵±۸/۲۳	۲۴۱/۵۴±۷/۲۱	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۸۹
قدرت دست (کیلوگرم)	۴۶/۷۰±۱۴/۱۳	۴۸/۶۰±۱۵/۲۲	۳۹/۶۱±۱۰/۱۳	۴۱/۰±۱۰/۱۴	۰/۰۰۹	۰/۴۸	۰/۰۱
دراز و نشست (تعداد)	۴۱/۸±۶/۹۷	۴۵/۳۰±۶/۱۴	۴۲/۰۹±۷/۵۴	۴۳/۸۱±۶/۸۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۳
کراتین کیناز (واحد بین‌المللی در لیتر)	۱۶۹/۸۰±۸۹/۸۵	۱۸۶/۸۰±۸۴/۱۸	۱۷۶/۰۹±۹۲/۶۰	۱۲۱/۸۱±۲۴/۵۴	۰/۶۷	۰/۱۳	۰/۰۶
لاکتات دهیدروژناز (واحد بین‌المللی در لیتر)	۸۶/۱۰±۵۷/۴۹	۴۵/۱۰±۵۷/۴۹	۴۱۱/۷۲±۶۳/۲۲	۳۳۴/۷۲±۷۳/۰۹	۰/۰۳	۰/۳۳	۰/۰۳
اینترلوکین-۴ (نانوگرم/لیتر)	۱۵/۵۱±۳/۷۰	۱۴/۲۸±۲/۸۴	۱۸/۹۲±۷/۷۹	۱۷/۶۹±۴/۹۳	۰/۳۲	۰/۹۹	۰/۳۳
اینترلوکین-۱۰ (نانوگرم/میلی‌لیتر)	۱۴/۵۶±۲۰/۳۸	۱۴/۳۶±۱۵/۲۹	۰۹/۰±۳۵/۷۵	۳۰/۱۱±۴۳/۷۱	۰/۹۷	۰/۱۲	۰/۰۸

همچنین طبق نتایج پژوهش (جدول ۳) بین میانگین میزان کراتین کیناز، IL-۴ و IL-۱۰ بازیکنان دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد. از این یافته‌ها چنین استنباط می‌شود که بین تأثیر تمرینات مقاومتی توانی به تنهایی و همراه با مکمل $Q10$ بر این شاخص‌ها تفاوتی وجود ندارد ($P<0/05$)؛ همچنین نسبت به پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر یک از دو گروه تجربی (کراتین کیناز $P=0/67$ ؛ IL-۴ $P=0/32$ ؛ IL-۱۰ $P=0/99$) و کنترل (کراتین کیناز $P=0/06$ ؛ IL-۴ $P=0/33$ ؛ IL-۱۰ $P=0/08$) به صورت جداگانه پیشرفت چندانی حاصل نشده است. علاوه بر این، طبق نتایج جدول ۳ بین میانگین میزان لاکتات دهیدروژناز

بازیکنان دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد. از این یافته‌ها چنین استنباط می‌شود که بین تأثیر تمرینات مقاومتی توانی به‌تنهایی و همراه با مکمل Q10 بر این شاخص تفاوتی وجود ندارد ($P < 0/05$)؛ با این حال تغییرات پیش‌آزمون تا پس‌آزمون لاکتات دهیدروژناز (گروه تجربی $P = 0/03$ ؛ گروه کنترل $P = 0/03$) در هر دو گروه معنادار بود.

بحث

سایتوکین‌ها پروتئین‌هایی هستند که عملکردهای ایمنی را به‌هنگام وجود التهاب تلفیق می‌کنند. سایتوکین‌های التهابی به‌پیشرفت التهاب و سایتوکین‌های ضدالتهابی به کاهش التهاب منجر می‌شوند و کموکاین‌ها سلول‌های ایمنی را به محل التهاب جذب می‌کنند. پاسخ التهابی سایتوکین‌ها به ورزش در نتیجه آسیب عضلانی در حین تمرین است که بیشتر ناشی از انقباضات برون‌گراست تا درون‌گرا (۳۵). نتایج پژوهش حاضر نشان داد، بین تأثیر تمرینات مقاومتی توانی با و بدون مصرف مکمل Q10 بر میزان IL-4 و IL-10 تفاوتی وجود ندارد. همسو با نتایج مطالعه حاضر، بارانچی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که سطوح IL-10 بلافاصله و یک ساعت بعد از تمرین مقاومتی حاد نسبت به قبل از تمرین تغییری نداشت (۳۶). همچنین عدم تغییر معنادار IL-10 با بارهای مختلف تمرین مقاومتی در جوانان توسط فورتی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شد (۳۷). در مقابل فاتوروس و همکاران (۲۰۱۰) افزایش غیرمعناداری IL-10 را پس از یک جلسه تمرین مقاومتی، مشاهده کردند (۳۸). همچنین افزایش معنادار سطوح IL-10 پس از ۸ هفته تمرینات مقاومتی توسط کیانی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش شد (۳۹). در زمینه تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر IL-4 همسو با نتایج حاضر کچوید و همکاران (۲۰۱۶) عدم تغییر IL-4 و IL-10 را به‌دنبال ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی پیشرونده گزارش کردند (۴۰)، در مقابل، تحقیقات جیاکو و همکاران (۲۰۱۴) و زر و همکاران (۲۰۱۶) روی زنان و مردان فوتبالیست با وهله‌های تمرینی طولانی‌مدت، کاهش معنادار IL-4 را نشان داد. در این مورد نوع، ماهیت و حجم تمرین (مدت و شدت)، زمان انجام تمرین در روز، زمان جمع‌آوری نمونه‌های خونی، تغذیه، تفاوت‌های فردی و شرایط روحی افراد احتمالاً از دلایل تناقض در نتایج باشد (۴۱). در این زمینه، با توجه به بالا بودن سطح آمادگی آزمودنی‌های پژوهش حاضر، احتمالاً مدت و شدت تمرینات در این پژوهش به اندازه‌ای نبوده است که بتواند موجب تغییر معنادار در سطوح این سایتوکاین‌ها شود.

از آنجا که در پی تمرینات ورزشی ترشح آدیپوکاین‌ها نیز دستخوش تغییر می‌شود، احتمالاً این تغییرات نیز ترشح سایتوکاین‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. برای مثال گفته شده است که آدیپونکتین عامل ضدالتهابی محسوب می‌شود و تولید و ترشح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی نظیر $TNF-\alpha$ را سرکوب می‌کند و سنتز $IL-10$ را افزایش می‌دهد (۴۲). $IL-10$ به‌عنوان یک سایتوکین ضدالتهابی می‌تواند به‌هنگام تمرین ورزشی افزایش یابد و به نوبه خود موجب کاهش التهاب دیواره عروق شود (۴۳). سازوکار احتمالی پیشنهادشده در خصوص آثار مکمل‌سازی $Q10$ بر فاکتورهای التهابی و ضداکسایشی به این صورت است که $Q10$ می‌تواند با افزایش ضداکساینده‌های درون‌سلولی مانند بیلی‌روبین، اسید اوریک و آلومین عملکرد آنها را بالا ببرد (۴۴). با این حال، خداخیر و همکاران در سال ۲۰۱۸ نیز عدم افزایش سایتوکاین‌ها را در افراد بیمار پس از مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم $Q10$ در روز گزارش کردند (۴۵).

نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که سایتوکاین‌های ضدالتهابی مانند $IL-4$ ، $IL-10$ و $IL-13$ موجب افزایش میوژنز می‌شوند (۴۶). در این زمینه پژوهشی نشان داد $IL-10$ نقش تنظیمی اصلی در تعویض فنوتیپ ماکروفازهای عضلانی از پیش‌التهابی $M1$ به ضدالتهابی $M2$ در عضله آسیب‌دیده ایفا می‌کند که این تغییر حالت برای رشد طبیعی و بازسازی عضله ضروری است (۴۷). از این‌رو افزایش اندک مقادیر این سایتوکاین در پاسخ به فعالیت مقاومتی در گروه تمرین + دارونما می‌تواند نشان‌دهنده تأثیرات مثبت آنابولیکی تمرینات مقاومتی در سنتز و رشد عضلانی باشد. از آنجا که تأثیرات ضدالتهابی ورزش تنها به افزایش سایتوکاین خاصی محدود نمی‌شود، این احتمال وجود دارد که فعالیت ورزشی به‌واسطه تأثیر در ترشح سطوح سرمی سایر سایتوکاین‌های التهابی نظیر $IL-6$ به‌طور غیرمستقیم موجب افزایش $IL-10$ شود؛ چراکه برخی تحقیقات نشان داده‌اند افزایش ترشح $IL-10$ متعاقب ورزش به‌نوعی محرک $IL-6$ از بافت چربی است (۴۸). از این‌رو در پژوهش حاضر، یکی از سازوکارهای احتمالی عدم افزایش $IL-10$ را شاید بتوان به عدم افزایش ترشح $IL-6$ ناشی از فعالیت ورزشی نسبت داد (۴۹)؛ هرچند در پژوهش حاضر عدم ارزیابی این متغیر ($IL-10$) از محدودیت‌های آن به‌شمار می‌رود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد بین تأثیر تمرینات مقاومتی توانی با و بدون مصرف مکمل $Q10$ بر کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز تفاوتی وجود ندارد. مطالعات پیشین هم، به تفاوت معناداری بین مصرف کوآنزیم $Q10$ بر سطوح کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز پس از ۲۴-۱۸ ساعت دویدن دست نیافتند (۵۱، ۵۰). همین‌طور موتمنی و همکاران (۲۰۲۰) که اثر سه جلسه تمرینات مقاومتی به هدف هایپرتوفی، قدرت و توان را بررسی کرده بودند، عدم تغییر لاکتات دهیدروژناز و افزایش مقادیر سرمی

کراتین کیناز بعد از هر سه نوع تمرین مقاومتی را گزارش کردند (۵۲). در مقابل یافته‌های این تحقیق برخی پژوهشگران بیان کردند که تمرین مقاومتی به‌عنوان فشار مکانیکی می‌تواند موجب افزایش تغییرات بیوشیمیایی در بدن شود (۵۳). چنگیزی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند، مصرف حاد مکمل Q10 موجب تعدیل و جلوگیری از افزایش معنادار کراتین کیناز در ورزشکاران می‌شود، اما تفاوت معناداری در تغییرات لاکتات دهیدروژناز ایجاد نمی‌کند (۱۸). همچنین آرمانفر و همکاران (۲۰۱۵) که اثر حاد و مزمن مصرف مکمل Q10 را در دوندگان نیمه‌استقامتی بررسی کرده بودند، افزایش معنادار کراتین کیناز را گزارش کردند (۵۴).

از جمله دلایل احتمالی در تفاوت نتایج شاید بتوان به عوامل متعددی مانند تفاوت در شیوه مکمل‌سازی (نوع مکمل، درجه خلوص، میزان و زمان مصرف)، اندازه و سرعت جذب مکمل‌ها در طی فعالیت، رژیم غذایی آزمودنی‌ها قبل و در طول دوره پژوهش و ترکیب ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی (E و C) دیگر همراه با کوآنزیم Q10 اشاره کرد. با توجه به نتایج پژوهش‌های اخیر، میزان مصرف روزانه کوآنزیم Q10 به‌صورت تک‌وعده‌ای باید حداقل ۲/۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن باشد تا سطح پلاسمایی آن به حد ۲/۵ میکروگرم در میلی‌لیتر برسد (۵۵). این در حالی است که در این پژوهش ۲ عدد کپسول با دوز ۱۰۰ میلی‌گرم به‌همراه سایر ویتامین‌ها تجویز شد (۵۶). با این حال، مکمل‌دهی Q10 در موقعیت‌های پرفشار مانند فعالیت‌های ورزشی سنگین ممکن است با افزایش سطح کوآنزیم Q10 پلاسمایی سلولی به افزایش فسفریلاسیون اکسایشی، تسریع انتقال الکترون از فلاپروتئین‌ها به سیتوکروم‌ها، تشدید دسترسی به منابع کربوهیدراتی، افزایش سوخت‌وساز اسیدهای چرب منجر شود (۵۷).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد بین میانگین میزان سرعت ۶۰ متر، چابکی، پرش سارجنت و قدرت پنجه دست بازیکنان دو گروه تمرین مقاومتی توانی با و بدون مصرف مکمل Q10 تفاوت معناداری وجود ندارد، اما تغییرات پیش‌آزمون تا پس‌آزمون رکورد آزمون دراز و نشست بازیکنان در هر دو گروه افزایش یافت (۸/۴ درصد در مقابل ۴/۱ درصد). در این زمینه، قاسمی و همکاران (۱۳۹۳) به مقایسه تمرینات رایج تکواندو و پلایومتریک بر پرش عمودی، چابکی و سرعت نوجوانان تکواندوکار پرداختند، که در مقایسه نتایج پس‌آزمون رکوردهای دو گروه تفاوت معناداری در رکورد پرش عمودی و چابکی وجود داشت؛ اما در نتایج پس‌آزمون رکورد دوی سرعت ۳۶ متر دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نکردند (۵۸). از طرفی، ناصری کوشکی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به مقایسه تأثیر ۶ هفته تمرینات پلایومتریک و مقاومتی

توانی بر عملکرد جسمانی بازیکنان والیبال پرداختند و بهبود رکوردهای چابکی و سرعت (۹ و ۱۸ متر) بازیکنان والیبال را گزارش کردند. با این حال بین دو پروتکل تمرینی تفاوتی مشاهده نکردند (۵۹). امیدیان و همکاران (۱۳۹۷) نیز به مقایسه آثار ۶ هفته تمرینات مقاومتی معمول و مقاومتی بالستیک بر چابکی بازیکنان فوتبال پرداختند و بهبود معنادار رکورد چابکی را در گروه تمرین مقاومتی بالستیک نسبت به گروه تمرین مقاومتی معمول گزارش کردند، اما بین دو گروه تفاوتی مشاهده نشد (۶۰). با این حال طبق نتایج مجموع پژوهش‌ها، این مکمل طبق انتظارات پژوهشگران عمل نکرده و بعضاً ناکارآمد بوده است. از طرفی فصل تمرینات متفاوت، طول مدت دوره تمرین، سن آزمودنی‌ها و عوامل ژنتیکی هم می‌تواند از علل ناهمخوانی باشد.

سرعت، مهارت حرکتی چندبعدی و شامل سه مرحله مختلف: استارت اولیه، مرحله شتاب و مرحله سرعت دویدن بیشینه است. بیان شده است که سرعت، حرکت بالستیک پیچیده‌ای است که به تولید نیروی درون‌گرا و چرخه کشش-کوتاه شدن انفجاری بیشتر عضلات بازکننده نیاز دارد؛ که در این زمینه برای افزایش قدرت و شتاب عضلانی، تمرینات مقاومتی سنگین نیاز است (۶۱). در خصوص عدم تغییر رکورد سرعت پژوهش‌ها بیان شده است که پاسخ همه ورزشکاران به یک برنامه تمرینی ارائه شده در سرعت مشابه نیست و علاوه بر ساختار ژنتیکی هر بازیکن، عواملی مانند طول اندام‌های بدن و توزیع تارهای عضلانی روی سرعت اثر مستقیمی دارند (۶۲). در مورد بهبود رکورد چابکی به دنبال تمرینات مقاومتی پژوهشگران عنوان کردند که بهبودها ناشی از افزایش الگوهای به‌کارگیری واحدهای حرکتی است (۶۱، ۶۳). کلید پیشرفت چابکی، به حداقل رساندن کاهش سرعت به‌هنگام تغییر مرکز ثقل بدن است. به همین علت توان انفجاری، سرعت، تعادل و هماهنگی نقش بسزایی در چابکی دارند (۶۴). رکورد آزمون چابکی بین دو گروه تمرین مقاومتی توانی با و بدون مکمل Q10 تفاوت معناداری را نشان نداد. اما هر دو تمرین موجب بهبود معنادار رکورد چابکی شده‌اند. با این حال، به دلیل نبود نتایج مشابه و اطلاعات روشن در مورد سازوکارهای احتمالی، انجام تحقیقات بیشتری در این زمینه احساس می‌شود.

از آنجا که کوآنزیم Q10 در تولید انرژی هوازی نقش کلیدی دارد، افزایش سطوح کوآنزیم Q10 سرم احتمالاً تأثیر چشمگیری بر عضلات در حال انقباض دارد (۱۵). از این رو با در نظر گرفتن دانسته‌های موجود در خصوص وظایف این کوآنزیم در بدن، این فرضیه که مکمل‌دهی کوآنزیم Q10 ممکن است موجب بهبود عملکرد ورزشی شود، مطرح شده است (۶۵). در همین زمینه احتمالاً بتوان بهبود رکورد دراز و نشست در گروه تمرین مقاومتی توانی با مصرف مکمل Q10 را نیز به این نقش Q10 نسبت داد.

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به حجم کم نمونه و نامشخص بودن مقدار دریافتی کوآنزیم Q10 از منابع غذایی اشاره کرد. همچنین برای سنتز کوآنزیم Q10، ویتامین‌هایی مانند اسید فولیک، نیاسین، ریوفلاوین و پیرودوکسین نیاز است و کمبود هریک از ویتامین‌های ذکر شده می‌تواند به کمبود کوآنزیم Q10 در بدن منجر شود، که این امر می‌تواند جنبه دیگری از محدودیت‌های پژوهش حاضر باشد. به علاوه، عدم کنترل شیوه زندگی (میزان خواب و استراحت)، عدم کنترل مستقیم مصرف مکمل توسط آزمودنی‌ها، ویژگی‌های ژنتیکی، فیزیولوژیکی و هورمونی آزمودنی‌ها نیز ممکن است از دیگر محدودیت‌های پژوهش حاضر باشد.

با وجود این در پژوهش‌های آینده شاید با استفاده از آزمون‌های عملکردی ترکیبی استاندارد با تأکید بر ویژگی‌های ورزش، پایش سایر عوامل بیوشیمیایی سرمی در وضعیت بازیکنان، افزایش مدت مداخله ورزش و دوز مکمل کیوتن در این گروه بازیکنان نشان داد و سازوکارها را به‌طور دقیق‌تر بررسی کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد ۸ هفته تمرین مقاومتی توانی با و بدون مصرف مکمل Q10 بر سایتوکاین‌های ضدالتهابی (IL-4 و IL-10) و کراتین کیناز تأثیری ندارد. از طرفی مقادیر لاکتات دهیدروژناز در هر دو گروه بعد از مداخله کاهش معناداری داشت، اما بین دو گروه تفاوتی وجود نداشت. با وجود این نتایج، در مقایسه نتایج پس‌آزمون رکوردهای گروه تمرین مقاومتی و مکمل‌دهی Q10، تفاوت معناداری در رکورد دراز و نشست وجود دارد. به‌نظر می‌رسد این تمرینات به‌منظور توسعه برخی متغیرهای عملکردی و به‌ویژه استقامت عضلانی ناحیه شکم مؤثر است؛ از این‌رو مربیان می‌توانند از تمرینات مقاومتی توانی به‌همراه مکمل Q10 به‌منظور تقویت این عامل و احتمالاً سایر عوامل درگیر در آمادگی هوازی در ورزشکاران در کنار تمرینات اصلی آنها استفاده کنند.

منابع و مآخذ

1. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004. 36(4): p. 674-88.
2. Chen TC, Hsieh SS. Effects of a 7-day eccentric training period on muscle damage and inflammation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2001. 33(10): p. 1732-8.
3. Farzanegi P, MohammadZadeh M. Interactive effect of exercise training with ω -3 supplementation on resting levels of TNF- α and IL-10 in Karat Men. *Hormozgan Medical Journal*, 2014. 18(1): p. 26-34. (in persian)
4. Nieman DC, Konrad M, Henson DA, Kennerly K, Shanely RA, Wallner-Liebmann SJ.

2012. Variance in the acute inflammatory response to prolonged cycling is linked to exercise intensity. *J Interferon Cytokine Res.* 32 (1):12–17
- 5- Rethorst CD, Toups MS, Greer TL, Nakonezny PA, Carmody TJ, Grannemann BD, et al. Pro-inflammatory cytokines as predictors of antidepressant effects of exercise in major depressive disorder. *Molecular psychiatry*, 2013. 18(10): p. 1119-24.
6. Babbitt DM, Diaz KM, Feairheller DL, Sturgeon KM, Perkins AM, Veerabhadrapa P, et al. Endothelial activation microparticles and inflammation status improve with exercise training in African Americans. *International journal of hypertension*, 2013. 2013: p. 1-8.
7. Lacraz S, Nicod LP, Chicheportiche R, Welgus HG, Dayer J-M. IL-10 inhibits metalloproteinase and stimulates TIMP-1 production in human mononuclear phagocytes. *The Journal of clinical investigation*, 1995. 96(5): p. 2304-10.
8. Abbas AK, Lichtman AH, Pillai S. *Cellular and molecular immunology*. 8th ed. Philadelphia. PA: Saunder Elsevier, 2007.
9. Vassilakopoulos T, Karatza M-H, Katsaounou P, Kollintza A, Zakyntinos S, Roussos C. Antioxidants attenuate the plasma cytokine response to exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 2003. 94(3): p. 1025-32.
10. Cordero MD, Cano-García FJ, Alcocer-Gómez E, De Miguel M, Sánchez-Alcázar JA. Oxidative stress correlates with headache symptoms in fibromyalgia: coenzyme Q10 effect on clinical improvement. *PloS one*, 2012. 7(4): p. e35677.
11. Hong KH, Cho ML, Min SY, Shin YJ, Yoo SA, Choi JJ, et al. Effect of interleukin-4 on vascular endothelial growth factor production in rheumatoid synovial fibroblasts. *Clinical & Experimental Immunology*, 2007. 147(3): p. 573-9.
12. Rahimi R, Nejad HS. Effects of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate Supplementation on IL-4, IL-10 and TGF- β 1 during Resistance Exercise in Athletes. *Preprints*, 2017: p. 1-10.
13. Speretta GFF, Rosante MC, Duarte FO, Leite RD, Lino ADdS, Andre RA, et al. The effects of exercise modalities on adiposity in obese rats. *Clinics*, 2012. 67(12): p. 1469-77.
14. Habibi A, Abolfathi F, Nagafian N. [The effect of aerobic interval training on IL-6 and IL-10 serum concentration in women with type II diabetes]. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, 2016. 19(7): p. 36-45. (in persian)
15. Kon M, Tanabe K, Akimoto T, Kimura F, Tanimura Y, Shimizu K, et al. Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzyme Q 10. *British journal of nutrition*, 2008. 100(4): p. 903-9.
16. Cooke M, Iosia M, Buford T, Shelmadine B, Hudson G, Kerksick C, et al. Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2008. 5(1): p. 8.
17. Moeini SM, Biglari G, Soheili S. Response of cortisol tnf- α , and plasma lactate levels, to the coenzyme q10 during exercise at a constant intensity in active females. *Physiology of Sport and Physical Activity*, 2016. 9(1): p. 1307-12. (in persian)

18. Changizi M, Ebrahimi M, SM. A. [Acute effects of coenzyme Q10 supplement on serum parameters of oxidative stress following one session of resistance training in male college athletes (In Persian)]. *Koomesh*, 2015. 16(4): p. 603-10.(in persia)
- 19- Hanachi P, Jalalvandi B, Nazarali P, Naghibi S. [The effects of coenzyme Q10 supplementation and aerobic training on HRDP and VO2max Women Active (In Persian)]. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, 2014. 17(1): p. 12-24.(in persia)
20. Afshan S, Roshan VD. Comparing the effect of two resistance training with and without supplement ginger on inflammatory markers. *Res Med*, 2016. 40(3): p. 118-24.
21. Shirvani H, Nikbakht H, Ebrahim Kh GA. The effects of soccer specific exercise and Taurine supplementation on serum cytokine response in male elite soccer players. *Ann Biol Res*, 2012. 3(9): p. 4420-6(in persia)
22. Rashidlamir A, Fazolahzade-Mousavi R, Mohammad Rahimi G. Effect of Eight Weeks of Aerobic Exercise on the Plasma Levels of Matrix Metalloproteinase in Life Guards: A Pilot Study. *Health Education and Health Promotion*, 2019. 7(2): p. 59-63(in persia)
23. O'Connor M-F, Motivala SJ, Valladares EM, Olmstead R, Irwin MR. Sex differences in monocyte expression of IL-6: role of autonomic mechanisms. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2007. 293(1): p. R145-R51(in persia)
24. Raygan F, Rezavandi Z, Dadkhah Tehrani S, Farrokhian A, Asemi Z. The effects of coenzyme Q10administration on glucose homeostasis parameters, lipid profiles, biomarkers of inflammation and oxidative stress in patients with metabolic syndrome. *Eur J Nutr*. 2015; 55(8):1-8 . in persia)
25. Esser N, Paquot N, Scheen AJ. Anti-inflammatory agents to treat or prevent type 2 diabetes, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Expert Opin Investig Drugs*. 2015; 24(3): 283-307. doi: 10.1517/13543784.2015.974804 PMID: 25345753
26. Nesami BN, Mozaffari-Khosravi H, Najarzadeh A, Salehifar E. The Effect of Coenzyme Q10 Supplementation on Pro-Inflammatory Factors and Adiponectin in Mildly Hypertensive Patients: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Int J Vitam Nutr Res*. 2015; 85(3-4): 156-164. doi: 10.1024/0300-9831/a000234 PMID: 26780394 . in persia)
27. Soltani R , Muvahedi A. A review of the therapeutic effects of coenzyme Q10 on Parkinson's disease, Scientific conference of nutrition students.Tehran.2016; <https://civilica.com/doc/474586> (in persia)
28. Farsi F, Mohammadshahi M, Alavinejad P, Rezazadeh A, Zarei M, Engali KA, Functions of Coenzyme Q10 Supplementation on Liver Enzymes, Markers of Systemic Inflammation, and Adipokines in Patients Affected by Nonalcoholic Fatty Liver Disease: A Double-Blind, Placebo-Controlled, Randomized Clinical Trial. *Jm Coll Nutr*. 2016; 35(4): 346-353. doi: 10.1080/07315724.2015.1021057 PMID: 26156412 Patients Affected by Nonalcoholic Fatty Liver Disease: A Double-Blind, Placebo-Controlled, Randomized Clinical Trial. *J Am Coll Nutr*. 2016; 35(4): 346-353. doi: 10.1080/07315724.2015.1021057 PMID:26156412 (in persia)

29. Lee BJ, Tseng YF, Yen CH, Lin PT. Effects of coenzyme Q10 supplementation (300 mg/day) on antioxidation and anti-inflammation in coronary artery disease patients during statins therapy: a randomized, placebo-controlled trial. *Nutr J*. 2013; 12(1): 142. doi: 10.1186/1475-2891-12-142 PMID: 24192015
30. Parchmann CJ, McBride JM. Relationship between functional movement screen and athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011. 25(12): p. 3378-84.
31. Mehrdad Fathi, Arash Mohammadi, Neda Badri, MohammadRahimi. GR. Implementation and measurement in physical education tests. 1st ed. Sabzevar: Beyhagh, 2020.(in persia)
32. Hemayat Talab R. Evaluation and measurement in physical education and sports science. Tehran: Elm va Harkat, 2013(in persia)
33. Ali Asghar Mazani MRH, Amir Hossain Haghghi, Nosratollah Hedayatipour. [The Effect of 12 Weeks of Strength-Power Training with Different Loads on Muscular and Performing Functions in Soccer Players (In Persian)]. *Journal of Sport Bioscience*, 2017. 9(3): p. 315-32.(in persia)
34. Brzycki M. A practical approach to strength training: Masters Press Grand Rapids, MI; 1989.
35. Suzuki K, Nakaji S, Yamada M, Totsuka M, Sato K, Sugawara K. 2002. Systemic inflammatory response to exhaustive exercise. *Cytokine kinetics. Exerc Immunol Rev*.8:6-.
36. Baranchi M, Kazemi A, Aghaalinejad H, Esfahani M, R. D. Different Responses of Interleukin-10 and Cortisol to Three Types of Sport Activity. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*, 2014. 23(2): p. 1-11.
37. Forti LN, Van Roie E, Njemini R, Coudyzer W, Beyer I, Delecluse C, et al. Effects of resistance training at different loads on inflammatory markers in young adults. *European journal of applied physiology*, 2017. 117(3): p. 511-9.
38. Fatouros I, Chatziniolaou A, Paltoglou G, Petridou A, Avloniti A, A. J. Acute resistance exercise results in catecholaminergic rather than hypothalamic pituitary adrenal axis stimulation during exercise in young men. *Stress Amst Neth*, 2010. 13: p. 461-8.
39. Kiyani N, Rahimi E, Hosseini SA, Z. M. The investigation of eight weeks of resistance training effect on 17-18-year-old boys' interleukin-10, lymphocytes, monocytes and macrophages. *Journal of Sport Bioscience Researches*, 2014. 4(13): p. 39-50(in persia)
40. Kjølhede T, Dalgas U, Gade AB, Bjerre M, Stenager E, Petersen T, et al. Acute and chronic cytokine responses to resistance exercise and training in people with multiple sclerosis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2016. 26(7): p. 824-34.
41. Ford ES. Does exercise reduce inflammation? Physical activity and C-reactive protein among US adults. *Epidemiology*, 2002. p. 561-8.
42. Toussiro E, Binda D, Gueugnon C, Dumoulin G. Adiponectin in autoimmune diseases. *Current medicinal chemistry*, 2012. 19(32): p. 5474-80.
43. Ribeiro F, Alves AJ, Duarte JA, Oliveira J. 2010. Is exercise training an effective therapy targeting endothelial dysfunction and vascular wall inflammation? *Int J Cardiol*.141(3):214-21. doi: 10.1016/j.ijcard.2009.09.548. [PubMed: 19896741]

44. Pournot H, Bieuzen F, Duffield R, Lepretre P-M, Cozzolino C, Hausswirth C. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. *European journal of applied physiology*, 2011. 111(7): p. 1287-95.
45. Nakhzari Khodakheir J, Haghighi A, Hamedinia M, Nikkhah K. The Effects of Combined Exercise Training with Aerobic Dominant and Coenzyme Q10 Supplementation on Serum Levels of IL-10 and TNF- α in Patient with Multiple Sclerosis. *Armaghane danesh*, 2018. 22(6): p. 702-13. in persian
46. Heredia JE, Mukundan L, Chen FM, Mueller AA, Deo RC, Locksley RM, et al. Type 2 innate signals stimulate fibro/adipogenic progenitors to facilitate muscle regeneration. *Cell*, 2013. 153(2): p. 376-88.
47. Deng B, Wehling-Henricks M, Villalta SA, Wang Y, Tidball JG. IL-10 triggers changes in macrophage phenotype that promote muscle growth and regeneration. *The Journal of Immunology*, 2012. 189(7): p. 3669-80.
48. Petersen A, Pedersen B. The role of IL-6 in mediating the anti inflammatory. *J Physiol Pharmacol*, 2006. 57(Suppl 10): p. 43-51.
49. Cheema BSB, Abas H, Smith BC, O'Sullivan AJ, Chan M, Patwardhan A, et al. Effect of resistance training during hemodialysis on circulating cytokines: a randomized controlled trial. *European journal of applied physiology*, 2011. 111(7): p. 1437-45.
50. Khajehlandi M JM. Effect of One Session of Resistance Training with and without Blood Flow Restriction on Serum Levels of Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase in Female Athletes. *Journal of Clinical and Basic Research*, 2018. 2(2): p. 5-10. (in persian)
51. Abdizadeh L, Jafari A, Armanfar M. Effects of short-term coenzyme Q10 supplementation on markers of oxidative stress and inflammation after downhill running in male mountaineers. *Science & Sports*, 2015, 30(6): p. 328-34 (in persian)
52. Motameni S, TaheriChadorneshin H, Golestani A. Comparing the effects of resistance exercise type on serum levels of oxidative stress and muscle damage markers in resistance-trained women. *Sport Sciences for Health*, 2020: p. 1-8 (in persian)
53. Atashak S, Baturak K. The effect of BCAA supplementation on serum C-reactive protein and creatine kinase after acute resistance exercise in soccer players. *Annals of Biological Research*, 2012. 3(3): p. 1569-76.
54. Armanfar M, Jafari A, Dehghan GR, Abdizadeh L. Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced response of inflammatory indicators and blood lactate in male runners. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, 2015. 29: p. 202 (in persian)
55. Lee B-J, Lin Y-C, Huang Y-C, Ko Y-W, Hsia S, Lin P-T. The relationship between coenzyme Q10, oxidative stress, and antioxidant enzymes activities and coronary artery disease. *The Scientific World Journal*, 2012; 2012.
56. Parsa N, Hosseini ZS. New Scientific Findings on Multiple Sclerosis Disease. *Science Cultivation* 2012;2(2):20-8. (in persian)
57. Deminice R, Sicchieri T, Mialich MS, Milani F, Ovidio PP, Jordao AA. Oxidative stress biomarker responses to an acute session of hypertrophy-resistance traditional interval

- training and circuit training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011. 25(3): p. 798-804.
58. Ghasemi GHA, Marandi SM, Rahimi N, A. B. Comparison of common Taekwondo and plyometric exercises on vertical jump, agility and speed of Taekwondo teenagers. *Journal of Applied Exercise Physiology*, 2014. 10(20): p. 35-46(in persian)
59. Naseri Kooshki M, Haghghi AH, MR. H. A comparison of the effects of plyometric and resistance power training programs on physical performance of volleyball players. *Journal of Sport Physiology and Physical Activity*, 2015. 8(2): p. 1265-75.
60. Amidian M, Haghghi AH, SA. Hk. The Effects of General Resistance Training and Ballistic Resistance Training on Some of Physical Fitness Factors in Soccer Players. *Journal of Applied Exercise Physiology*, 2018. 14(27): p. 123-37(in persian)
61. Potteiger JA, Lockwood RH, Haub MD, Dolezal BA, Almuzaini KS, Schroeder JM, et al. Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 1999. 13(3): p. 275-9.
62. Markovic G, Jukic I, Milanovic D, Metikos D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007. 21(2): p. 543-9.
63. Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Ugrinowitsch C, Bemben MG. Blood flow restriction: how does it work? *Frontiers in physiology*, 2012. 3: p. 392.
64. McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2002. 16(1): p. 75-82.
65. Imani M GA. The effect of 6 weeks coenzyme Q10 supplementation on aerobic endurance, peak power, minimum power, average power and fatigue index in football players. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 2014. 11(44): p. 33-44(in persian)

The effect of eight weeks of power resistance training and coenzyme Q10 supplement on interleukin 4 and 10 levels and functional indices of skilled softball players

Atieh soleimani¹- Farzaneh Taghian^{*2}

1.MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran 2. Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

(Recived: 2020/08/18; Accepted: 2021/06/25)

Abstract

The current study was aimed to investigate the effect of eight weeks of resistance training and coenzyme Q10 supplement on interleukin 4 and 10 levels and functional indices of skilled softball players. Twenty females Softball players from Isfahan ($21/68 \pm 4/16$ years) were selected by available sampling method and randomly assigned into two groups of 10 players (experimental group; Q10 + power resistance training) and (control group; placebo + power resistance training). The intervention consisted of eight weeks of Q10 supplementation (a 200 mg capsule) and 2 sessions per week of power resistance training along. Before and after the 8-week intervention. each workout was includ 10 minutes of warm-up , 40-45 minutes of basic resistance training with intensity of 60-70 % of 1RM and cooling for 10 minutes. Training station included 6 foot press movement,chest press,shoulder press,armpit traction, the front thigh and back thigh was with the device.T-agility tast,60 m sprint test, vertica jump sargent, sit-ups, and hand-grip power were evaluated, Blood samples were also taken before and after eight weeks of IL-10, IL-4, CK and LDH factors.data were analyzed using independent t-test and paired t-test at the significant level of $p < 0.05$. Speed records ($P = 0.04$ experimental; $P = 0.02$ control), agility ($P = 0.03$ experimental; $P = 0.03$ control), hand-grip power ($P = 0.009$ experimental; $P = 0.01$ control), sit-ups ($P = 0.001$ experimental; $P = 0.003$ control) and lactate dehydrogenase levels ($P = 0.03$ experimental; $P = 0.03$ control) significantly improved in both groups; however, Sargent's jump ($P = 0.10$ experimental; $P = 0.89$ control),

* Corresponding author: Email: f_taghian@yahoo.com ; Tel: +989133080241

creatinase levels ($P = 0.67$ experimental; $P = 0.66$ control), interleukin-4 ($P = 0.32$ experimental; $P = 0.33$ control) and interleukin-10 ($P = 0.97$ experimental; $P = 0.08$ control) did not alter in either group. It appears that resistance training with Q10 supplementation along with specialized softball exercises is effective in developing some functional variables, especially abdominal muscle endurance.

Keywords

Cytokines, Exercise performance ,Inflammation, Q10 ,Resistance training.