فصلنامه یافته های نوین درعلوم انسانی، علوم اجتماعی و روانشناسی شماره ۲- دوره ۱- صفحات ۳۱۲-۳۲۷
Journal of new findings in Social Sciences, Educational Sciences and Psychology

اثر چهار هفته تمرین کراسفیت با شدت بالا و مکمل یاری بتائین برعملکرد و عوامل آمادگی جسمانی کشتی گیران نخبه شهر تهران

دانیال اسداللهی سهی[۱]*و ، مائده غلامی مهرآبادی [۲] ، طیبه غلامیان[۳] ، سیده مهسا محسنی [۴]
۱- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
۲- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بین الملل فرشتگان
۳- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
٤- کارشناس تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب

چکیده

اثر چهار هفته تمرین کراسفیت با شدت بالا و مکمل یاری بتائین برعملکرد و عوامل آمادگی جسمانی کشتی گیران نخبه شهر تهران بود.روش شناسی:۳۲ کشتی گیر در ۴ گروه(۱: تمرین، ۲:تمرین+مکمل،۳:مکمل،۴:کنترل) به صورت تصادفی تقسیم شدند و برنامه تمرینی آزمودنی های گروه تمرین به مدت ۴ هفته شامل تمرینات پیشرونده کراسفیت، به صورت دو روز در هفته اجرا شد. آزمودنی ها مکمل (۱/۲۵ گرم بتائین مخلوط در ۲۴۰ میلی لیتر نوشیدنی ورزشی) یا دارونما (فقط نوشیدنی ورزشی) را دو بار در روز مصرف کردند. آزمودنی ها به مدت ۴ هفته و در روز های تمرین(دو جلسه در هفته) اولین نوشیدنی را در صبح یا ۹۰ دقیقه قبل از جلسه تمرینی و نوشیدنی دوم را در عصر مصرف کردند.فاکتور های چابکی توسط تست ۴*۹،max۲vo و زمان رسیدن به واماندگی توسط تست بروس،قدرت بیشینه توسط پرس سینه،درصد چربی با استفاده از دستگاه Inbody و مهارت زیرگیری با کشتی یک دقیقه ای با حریف هم وزن کشتی گیر و تعداد زیرگیری ها در یک دقیقه ارزیابی شد.تحلیل داده ها توسط آزمون شاپیروویلک برای توزیع طبیعی داده ها و برای آنالیز استنباطی دیتاها از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر ۲*۲ برای داده های وابسته و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی داری ۰.۰۵ در نظر گرفته شد.یافته ها و نتایج:نتایج آزمون واریانس ۲*۲ نشان داد که بعد از ۴ هفته مکمل یاری بتائین و تمرین کراس فیت در سطح درصد چربی و قدرت بیشینه تغییری معنی داری وجود داشت(p<۰.۰۵) اما اثر معناداری در سطوح چابکی،max۲Vo،زمان رسیدن به واماندگی،زیرگیری دیده نشده(p<۰.۰۵).نتیجه گیری:به نظر می رسد تمرین کراسفیت و مکمل بتائین بر عملکرد عضله و کاهش چربی اثربخش است اما اثری بر عوامل مهارتی کشتی ندارد.

واژگان کلیدی: چابکی،زمان واماندگی،درصد چربی،کشتی،بتائین،کراس فیت

مقدمه

رشته کشتی یکی از باسابقه ترین رشته های ورزشی است که قدمت آن به دوران باستان می رسد. این رشته ورزشی به صورت مختلف، نزد ملل و اقوام، رایج بوده است(۱).در بسیاری از رشته های ورزشی، از جمله ورزش کشتی، ورزشکاران بسته به نوع و ماهیت مهارت مورد اجرا و میزان استفاده و نقش عضلات در عملکرد بهینه، به مقادیر مشخصی از قدرت نیاز دارند(۲).

یکی از بهترین روش های افزایش قدرت عضلانی، استفاده از تمرینات کراس فیت با شدت بالا است. تمرینات کراسفیت،نوعی دیگر از تمرینات(HIFT) یکی ازبرنامه‌های رو به رشد است(۳-۴). کراسفیت،توسط گِرگ کلاسمن در طی چند دهه طراحی شده است(۵). و یک روش تمرینی مبتنی برحرکت متنوع،پر شدت و عملکردی است که شامل ترکیبات ورزش های قلبی-عروقی،ژیمناستیک، حرکات وزن بدن و وزنه برداری است(۶).

کراسفیت یک نوع تمرین مقاومتی محسوب میشود که چندین جزء تناسب اندام را هدف قرار میدهد و به انتخابی محبوب و مؤثر جهت انجام فعالیت بدنی در طول عمر تبدیل شده است(۷).الگوی تمرینی کراسفیت ممکن است در بهبود اندازهگیری عملکرد سلامت و فیزیولوژیکی سودمند باشد . کسانی که در تمرین کراس فیت شرکت کرده اند، پیشرفتهایی در قدرت، ظرفیت هوازی و بی هوازی و قدرت بیشینه نشان داده اند. تمرین کراسفیت همچنین متغیرهای سلامت از جمله ترکیب بدن، فشار خون دیاستولی و ضربان قلب استراحتی را بهبود بخشیده است(۸-۱۰).

در چند سال گذشته، افزایش قابل توجهی از مدلهای تمرینی در مراکز تناسب اندام پدید آمده که نشان دادند HIFT میتواند به عنوان جایگزینی برای تمرینات استقامتی سنتی جهت بهبود ظرفیت هوازی به کار گرفته شود. از بین مدله ای تمرینی جدید، کراسفیت به دلایل مختلف از جمله دسترسی آسان برای برنامه نویسی، تمرین کوتاهمدت و لذت بیشتر هنگام تمرینات مورد توجه قرار گرفته است. با وجود این، علیرغم محبوبیت آن در جامعه تناسب اندام، پژوهش های محدودی برای ثبت پاسخ های فیزیولوژیکی در طول تمرینات کراسفیت انجام شده است. دود و همکارانش نشان دادند که تمرینات پیچیده که ترکیبی همزمان از تمرین مقاومتی و پلایومتریک در مقایسه با تمرین مقاومتی سنتی و سریع است، افزایش بیشتری در سرعت و قدرت پایینتنه دارد(۱۱).چوی و همکاران(۲۰۱۷) نشان دادند که ۱۴ هفته تمرین کراسفیت در اصلاح ترکیب بدن مؤثر است. به گفته گلاسمن، بنیانگذار کراسفیت، روشی که تمرینات کراسفیت را هدایت میکند، کاملاً تجربی است(۱۲).

علاوه بر تمرینات ورزشی امروزه توجه محققان به مداخلات تغذیه ای معطوف شده است.یکی از این مکمل های بتائین است.بتائین یک مشتق تری متیل از اسید آمینه گلیسین است .این جزء مهم بسیاری از غذاها از جمله گندم، اسفناج، چغندر و صدف است (۱۳). تخمین زده می شود که مصرف روزانه بتائین در رژیم غذایی انسان از میانگین ۱ گرم در روز تا ۲.۵ گرم در روز در افرادی که رژیم غذایی سرشار از گندم کامل و صدف دارند، متغیر است (۱۴). علاوه بر این، بتائین همچنین می تواند از طریق اکسیداسیون ترکیبات حاوی کولین در بدن سنتز شود (۱۴). برخی از عملکردهای فیزیولوژیکی که به بتائین نسبت داده می شود شامل عمل به عنوان یک محافظ اسمزی می باشد (۱۵). به این معنی که با عمل به عنوان اسمولیت از سلول در برابر کم آبی محافظت می کند و در نتیجه احتباس آب سلول ها را افزایش می دهد .مطالعات دیگر نشان داده اند که مکمل بتائین ممکن است غلظت هموسیستئین پلاسما را کاهش دهد (۱۶-۱۷) و التهاب (۱۸) را کاهش دهد، که باعث کاهش بالقوه خطر بیماری قلبی عروقی می شود .علاوه بر این، بتائین همچنین با ارائه یک گروه متیل به گوانیدینواستات از طریق متیونین که می تواند کراتین را در ماهیچه های اسکلتی سنتز کند، به عنوان یک دهنده متیل عمل می کند(۱۹).

ورزش کشتی یک فعالیت قدرتی سرعتی است و در آن انجام تمرینات مقاومتی برای بهبود عملکرد ورزشکار ضروری است. برای اجرای تکنیک ها و مهارتها در سطح عالی به قدرت و توان عضلانی بالایی نیاز است، به خصوص برای فنونی که با بلند کردن حریف همراه است(۲۰).تمامی کشتی گیران جهت کسب موفقیت بایستی سطوح بالایی از آمادگی جسمانی و تکنیکی را دارا باشند و با توجه به اینکه

فاکتور قدرت یکی از عوامل مهم در رسیدن آمادگی کشتی گیران به اوج است، کشتی گیران از پرداختن به آن به دلیل از دست دادن مهارت های تکنیکی واهمه دارند.در این زمینه، شماری از مربیان و کشتی گیران بر این باورند که تمرینات قدرتی تأثیر زیان باری در بهبود و حفظ مهارتهای تکنیکی کشتی گیران، به دلیل از دست دادن انعطاف پذیری، سفتی عضلات و کاهش هماهنگی در اجرای فنون دارد؛ بنابراین کشتی گیران را از انجام تمرینات قدرتی منع می کنند و با توجه به اهمیت تمرینات قدرتی در روند موفقیت در مسابقات کشتی، همیشه کشتی گیران در انجام تمرینات قدرتی، در اینکه آیا تمرینات قدرتی در نیمرخ مهارتی آنان تأثیر زیانباری دارد یا خیر و نحوه ترکیب تمرینات قدرتی با فنون کشتی در شک و تردید هستند.

با توجه به آن چه گفته شد در این تحقیق تلاش است به این پرسش پاسخ داده شود که مکمل یاری بتائین و تمرین کراسفیت با شدت بالا چه تاثیری بر نیمرخ مهارتی و عوامل مرتبط با آمادگی جسمانی کشتی گیران دارد؟

۱.۲.روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و به صورت نیمه تجربی میباشد. از بین کشتی گیران شهر تهران ۳۲ نفر انتخاب شدند. همچنین آزمودنیها تاکنون تمرین کراسفیت انجام نداده بودند و آمادگی جسمانی آزمودنیها به علت تمرینات مداوم قابل قبول بود. آزمودنیها به صورت داوطلبانه و با رضایت شخصی در پژوهش شرکت نموده و به طور تصادفی به ۴ گروه ۸ نفره شامل گروه مکمل،مکمل+تمرین، تمرین و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه تمرین به مدت ۴ هفته، دو روز در هفته و حدود یک ساعت (۳۵ تا ۴۰ دقیقه) در هر جلسه تمرینات کراسفیت را انجام دادند و گروه کنترل فقط به فعالیتهای روزمره خود پرداختند. همچنین همه آزمودنیها قبل از انجام آزمونها فرم رضایتنامه و اطلاعات جسمانی را تکمیل و امضا کردند.

۲.۲.روش اجرای تمرینات کراسفیت

آزمودنیها یک روز پس از اجرای پیش آزمون تمرینات را شروع کردند. برنامه تمرینی از پژوهشی در گذشته انتخاب شد که طیف وسیعی از فعالیتهای ورزشی در یک برنامه تمرینی به تدریج پیشرونده ارائه شد(۷). شدت تمرین با استفاده از ضربانسنج پولار کنترل شد.برنامه تمرینی آزمودنیها به مدت ۴ هفته شامل تمرینات پیشرونده کراسفیت، به صورت دو روز در هفته اجرا شد. برنامه اصلی بر طبق تمرینات روز با استفاده از وسایلی همچون جعبه کراسفیت، دمبل، میله چوبی، توپهای فلزی پرتاب وزنه و توپ های مدیسن اجرا شد(۷).

۳.۲.روش جمع آوری اطلاعات و مراحل اجرایی پژوهش

قبل از شروع تمرینات، در هر جلسه تمرینات و روش کار اعم از تعداد تکرارها و زمان استراحت بر روی تخته نوشته و توضیح داده شد. از جهتی که کراسفیت ورزشی نوین است، در مورد ورزش کراسفیت و اهداف آن نیز برای آزمودنیها توضیح داده شد. رضایت نامه کتبی که شامل سؤالاتی مانند سابقه تمرین، سابقه ورزشی، استفاده یا عدم استفاده از دارو یا مکمل ورزشی و سابقه آسیب دیدگی میشد، در اختیار آنها قرار داده شد.

۴.۲.اجرای پیش آزمون

در اولین جلسه، قد و وزن آزمودنیها با ترازو و قدسنج(شرکت Seca مدل ۲۲۰ ، ساخت کشور آلمان) اندازه گیری شد و سپس با دستگاه ترکیب بدن((شرکت Inbody مدل ۷۷۰ ، ساخت کشور آمریکا)،BMI،درصد چربی،چابکی(۴*۹)،حداکثر قدرت بیشینه(پرس سینه)،تعداد زیرگیری موفق در دقیقه در شرایط مسابقه با حریف واقعی،vo۲max و زمان رسیدن به واماندگی انجام شد.

۵.۲.آزمون بروس

Vo۲max آزمودنیها با استفاده از برنامه تداومی فزاینده روی تردمیل(شرکت H/P/COSMOS مدل pulsar آلمان) اندازهگیری شد. جهت اندازه گیری vo۲max از آزمون بروس تعدیل شده روی تردمیل استفاده شد. پس از ۵ الی ۱۰ دقیقه حرکات کششی سبک و گرم کردن از آزمودنی خواسته شد جهت اجرای آزمون روی تردمیل قرار گیرد. آزمون شامل ۷ مرحله بود که در مرحله اول آزمودنی با سرعت ۷۴ / ۲ کیلومتر در ساعت و با شیب ۱۰ درصد فعالیت را شروع میکرد. سپس هر سه دقیقه به شیب و سرعت تردمیل تا زمان خستگی و واماندگی اضافه میشد(۲۱).

۶.۲.اجرای پس آزمون

در پایان ۴ هفته تمرین، پس آزمون یک روز پس از آخرین جلسه تمرینی از آزمودنیها گرفته شد. پس- آزمون در دو روز متوالی اجرا شد.

۷.۲.برنامه مکمل یاری با بتائین

آزمودنی ها مکمل (۱/۲۵ گرم بتائین مخلوط در ۲۴۰ میلی لیتر نوشیدنی ورزشی) یا دارونما (فقط نوشیدنی ورزشی) را دو بار در روز مصرف کردند .بتائین برای مکمل از ملاس چغندرقند توسط پژوهشگاه گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی استخراج شد .هر دو گروه(تمرین+مکمل وتمرین+ دارونما) از نظر ظاهر و طعم یکسان بودند .از آنجایی که بتائین به نوشیدنی ورزشی اضافه شد، مهر و موم روی درب هر نوشیدنی ورزشی برای گروه دارونما نیز ترک خورد تا ظاهری مشابه نوشیدنی مکمل داشته باشد .آزمودنی ها به مدت ۴ هفته و در روز های تمرین(دو جلسه در هفته) اولین نوشیدنی را در صبح یا ۹۰ دقیقه قبل از جلسه تمرینی و نوشیدنی دوم را در عصر مصرف کردند(۲۲).

۸.۲.نحوه اندازه گیری حداکثر یک تکرار بیشینه

برای اندازه گیری حداکثر قدرت کشتی گیران(پرس سینه) از آزمون بزریسکی[۱] استفاده شد.این معادله برای تکرارهای زیر بیشینه(کمتر از ۱۰ تکرار)استفاده می شود.برای استفاده از این آزمون آزمودنی ها جابه جایی یک وزنه را تا حد واماندگی تکرار می کنند و سپس با توجه به معادله {(تکرار× ۰/۰۲۷۸ -۱/۰۲۷۸)÷ وزنه جا به جا شده به کیلوگرم=یک تکرار بیشینه} قدرت بیشینه آنان برآورد شد(۲۳).

$$۱RM = \frac{\text{شده جا جابه وزنه}(Kg)}{۱.۰۲۷۸ - (\text{تعدادتکرار} * ۰.۰۲۷۸)}$$

۹.۲.تجزیه و تحلیل داده ها

جهت توصیف نتایج تحقیق از آمار توصیفی استفاده شد. بررسی نرمال بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک انجام شد و برای بررسی مقایسه بین گروهی از روش آماری آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر ۲×۲ برای داده های وابسته و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.همچنین سطح P≤۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

[۱] Brzycki

جدول ۳-۱. توصیف ویژگی‌های آزمودنی‌ها

گروه ها/شاخص	سن(سال)	وزن(کیلوگرم)	قد(سانتی متر)	BMI(مجذور قد بر کیلوگرم)
کراسفیت	۲۳.۵±٤,۲	۸۴.۶۵±۱۲,۲۰	۱۷۹.۲۵±۰۵,۲٤	۲۳.۳۶±۱,۷٦
کنترل	۲۴.۰۶±۳,۵	۸۲.۷۸±۱۲,۳۵	۱۷۱.۲۰±۰۷,۰۸	۲۴.۷۲±۱,٦۳
کراسفیت+بتائین	۲۵.۱±۲,۸	۸۰.۶۹±۱۰,۱۱	۱۷۵.۶۳±۹,۳۹	۲۳.۲۸±۱,۲۵
بتائین	۲۶.۳±۲,۲	۸۱.۸۱±۱۱,۳٦	۱۷۲.۷۵±۲۲,۵۳	۲۲.۲۸±۲,۲۱

جدول ۳-۲. نتایج آزمون شاپیروویلک

متغیر	S-K	P
زیرگیری	۰.۸۹	۰.۷۴
چابکی	۰.۷۸	۰.۵۸
قدرت عضلانی	۰.۷۷	۰.۲۵
Vo۲max	۰.۶۹	۰.۸۶
زمان رسیدن به واماندگی	۰.۲۶	۰.۹۶
درصد چربی	۰.۹۷	۰.۶۷

برای بررسی معنی دار بودن تفاوت سطوح قدرت عضلانی،چابکی،زیرگیری،زمان رسیدن به واماندگی،درصد چربی و Vo۲max در چهار گروه(۱:بتائین،۲: بتائین+تمرین مقاومتی،۳:تمرین مقاومتی،۴:کنترل) در زمان های مختلف، از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر ۲*۲ استفاده شد.میزان تغییرات درون گروهی و بین گروهی میانگین و انحراف استاندارد قدرت عضلانی در جدول ۳-۳- تا ۳-۱۰ خلاصه شده است.

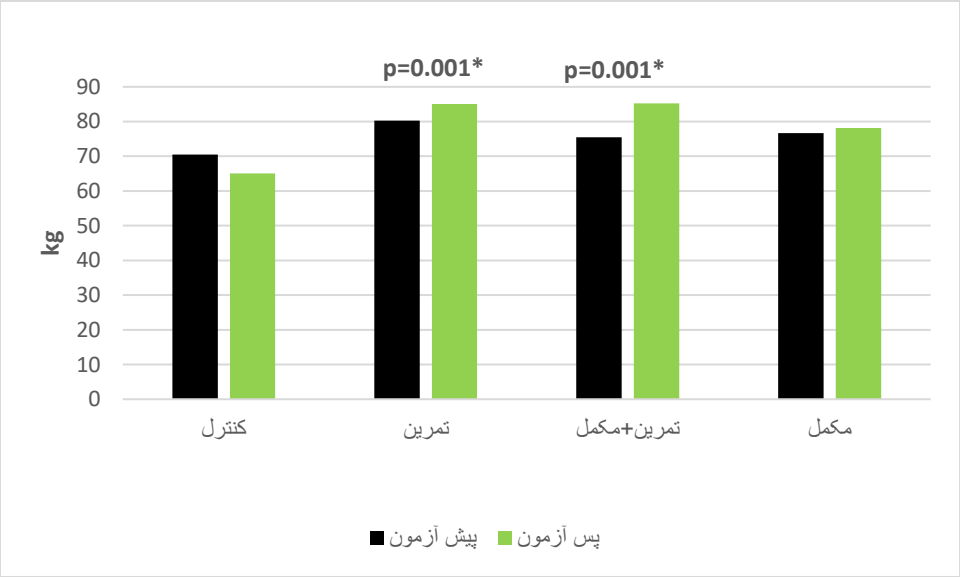
جدول ۳-۳. میزان قدرت عضلانی قبل و بعد از مداخله در چهار گروه مورد مطالعه

شاخص	گروه	زمان		p-value			
		پیش آزمون	پس آزمون	اندازه اثر	زمان	گروه	زمان×گروه
قدرت عضلانی (کیلوگرم)	تمرین +بتائین	۷۵.۵۰±۱۵.۰۰	۸۵.۲۵±۳.۵۰	۰.۹	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
	تمرین	۸۰.۳۰±۱۰.۵	۸۵.۱۰±۱۰.۷۶				
	بتائین	۷۶.۶۶±۸.۳۰	۷۸.۱۰±۳.۰۰				
	کنترل	۷۰.۵۰±۵.۲۵	۶۵.۱۰±۱۰.۱۰				

نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر نشان داد که اثر زمان برای قدرت عضلانی معنادار بود(p=۰,۰۰۱).در بررسی تغییرات درون گروهی مشاهده شد قدرت عضلانی در گروه تمرین+مکمل و گروه تمرین به تنهایی در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری افزایش داشته است(p<۰,۰۵)اما تغییر قابل توجه ای در گروه کنترل و مکمل وجود نداشت(p>۰,۰۵). همچنین مشاهده شد اثر گروه(p=۰,۰۰۱) و اثر تعاملی زمان*گروه(p=۰,۰۰۱) درباره فاکتور قدرت عضلانی معنادار است،برای بررسی دقیقتر محل تفاوت ها با استفاده از آزمون تعقیبی توکی مشاهده شد که گروه تعاملی و گروه تمرین به تنهایی با گروه کنترل و گروه مکمل تفاوت معنی دار وجود داشت(p<۰,۰۵)اما تفاوت معناداری در گروه مکمل با گروه کنترل وجود نداشت(p>۰,۰۵).جدول ۴.۳. نتایج آزمون تعقیبی توکی را نشان میدهد.همچنین تفاوت مقایسه گروه ها در نمودار ۱.۳ را میتوان مشاهده نمود.

جدول ۳-۴.نتایج توکی در مورد قدرت عضلانی

متغیر	توکی(post Hoc) گروه ها	اختلاف میانگین	سطح معنی داری
قدرت عضلانی(کیلوگرم)	بتائین+تمرین	+ ۹,۷۵	۰.۰۰۰۱
	تمرین	+ ٤,۸	۰.۰۰۰۱



نمودار ۱.۳. مقایسه سطوح قدرت عضلانی در چهار گروه در مرحله پیش آزمون و پس آزمون

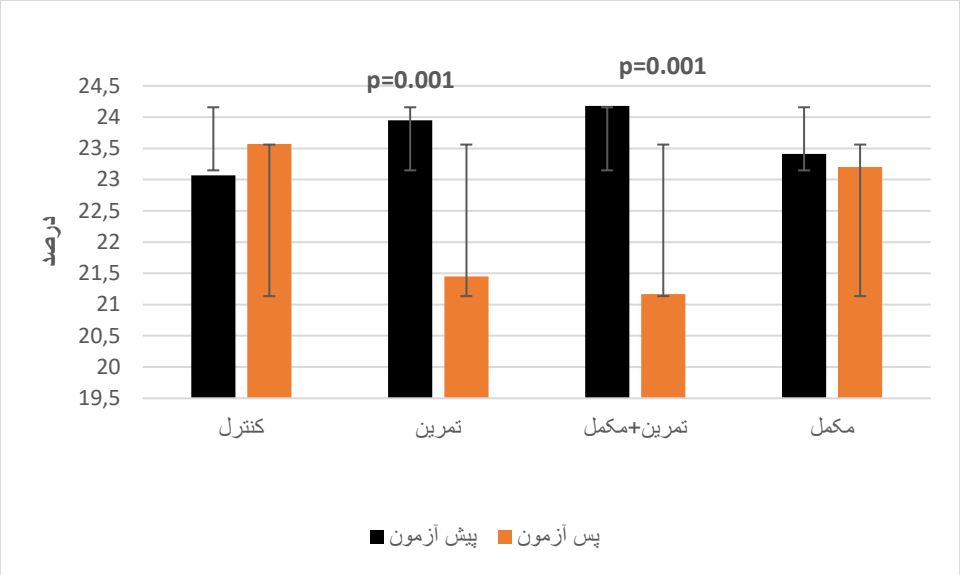
جدول ۳-۵. میزان درصد چربی قبل و بعد از مداخله در چهار گروه مورد مطالعه

شاخص	گروه	زمان		p-value			
		پیش آزمون	پس آزمون	اندازه اثر	زمان	گروه	زمان×گروه
درصد چربی	تمرین +بتائین	۲۴.۱۸±۱.۸۸	۲۱.۱۷±۱.۳۳	۰.۷	۰.۰۵	۰.۰۲	۰.۰۳
	تمرین	۲۳.۹۵±۱.۵۷	۲۱.۴۵±۲.۶۳				
	بتائین	۲۳.۴۱±۱.۶۸	۲۳.۲۰±۱.۴۹				
	کنترل	۲۳.۰۷±۱.۳۶	۲۳.۵۷±۱.۵۴				

نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر نشان داد که اثر زمان برای درصد چربی معنادار بود($p=۰,۰۵$).در بررسی تغییرات درون گروهی مشاهده شد درصد چربی در گروه تمرین+مکمل و گروه تمرین به تنهایی در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری کاهش داشته است($p<۰,۰۵$)اما تغییر قابل توجه ای در گروه کنترل و مکمل وجود نداشت($p>۰,۰۵$). همچنین مشاهده شد اثر گروه($p=۰,۰۲$) و اثر تعاملی زمان*گروه($p=۰,۰۳$) درباره فاکتور درصد چربی معنادار است،برای بررسی دقیقتر محل تفاوت ها با استفاده از آزمون تعقیبی توکی مشاهده شد که گروه تعاملی و گروه تمرین به تنهایی با گروه کنترل و گروه مکمل تفاوت معنی دار وجود داشت($p<۰,۰۵$)اما تفاوت معناداری در گروه مکمل با گروه کنترل وجود نداشت($p>۰,۰۵$).جدول ۶.۳. نتایج آزمون تعقیبی توکی را نشان میدهد.همچنین تفاوت مقایسه گروه ها در نمودار ۲.۳ را میتوان مشاهده نمود.

جدول ۳-۶.نتایج توکی در مورد درصد چربی

متغیر	توکی(post Hoc) گروه ها	اختلاف میانگین	سطح معنی داری
درصد چربی	بتائین+تمرین	۳,۰۱ -	۰.۰۰۰۱
	تمرین	۲,۵ -	۰.۰۰۰۱

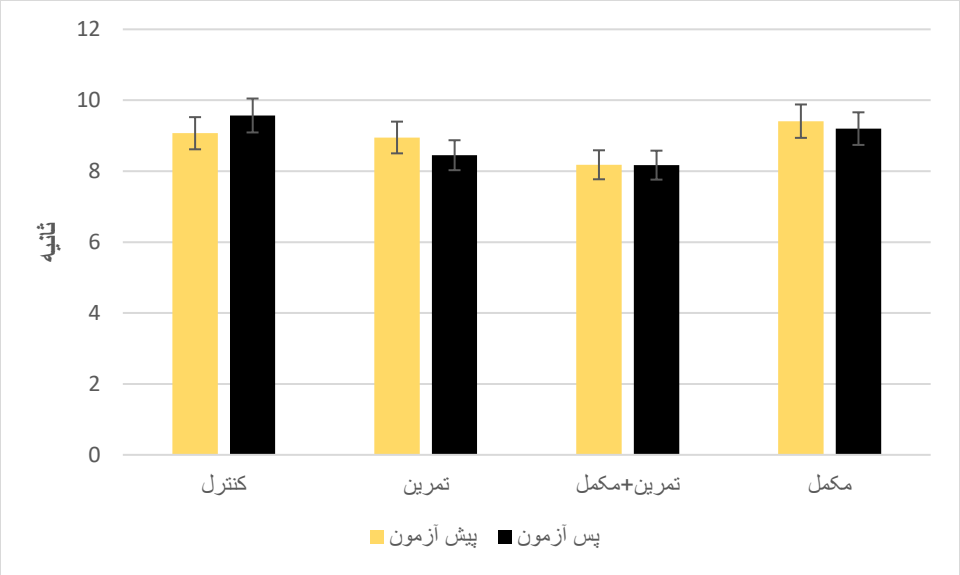


نمودار ۲.۳. مقایسه سطوح درصد چربی در چهار گروه در مرحله پیش آزمون و پس آزمون

جدول ۳-۷. میزان چابکی قبل و بعد از مداخله در چهار گروه مورد مطالعه

شاخص	گروه	زمان		p-value			
		پیش آزمون	پس آزمون	اندازه اثر	زمان	گروه	زمان×گروه
چابکی(ثانیه)	تمرین +بتائین	۰۸.۱۸±۰.۸۸	۰۸.۱۷±۰.۳۳	۰.۶	۰.۲۵۴	۰.۵۲	۰.۳۶
	تمرین	۰۸.۹۵±۰.۵۷	۰۸.۴۵±۰.۶۳				
	بتائین	۰۹.۴۱±۱.۶۸	۰۹.۲۰±۰.۴۹				
	کنترل	۰۹.۰۷±۱.۳۶	۰۹.۵۷±۱.۵۴				

نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر در جدول ۷.۳. نشان داد که اثر زمان برای چابکی معنادار نبود(p=۰,۲۵٤).در بررسی تغییرات درون گروهی مشاهده شد چابکی در هر چهار گروه در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری تغییری نداشته است(p>۰,۰۵). همچنین مشاهده شد اثر گروه(p=۰,۵۲) و اثر تعاملی زمان*گروه(p=۰,۳٦) درباره فاکتور چابکی معنادار نیست،بنابراین نتایج مکمل یاری بتائین و تمرین کراسفیت هیچ تاثیری بر چابکی مردان کشتی گیر ندارد.همچنین تفاوت مقایسه گروه ها در نمودار ۳.۳ را میتوان مشاهده نمود.

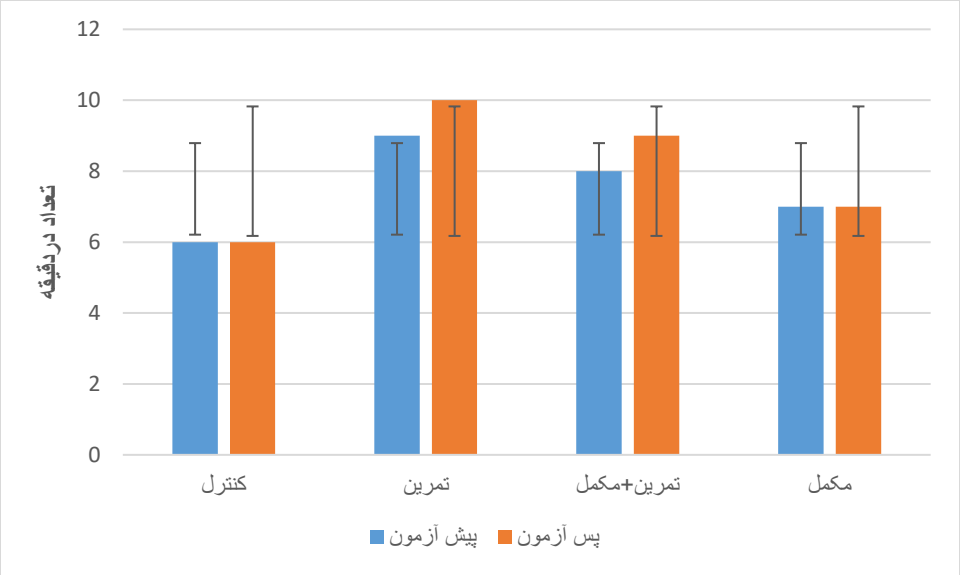


نمودار ۳.۳. مقایسه سطوح چابکی در چهار گروه در مرحله پیش آزمون و پس آزمون

جدول ۳-۸. میزان زیرگیری قبل و بعد از مداخله در چهار گروه مورد مطالعه

شاخص	گروه	زمان		p-value			
		پیش آزمون	پس آزمون	اندازه اثر	زمان	گروه	زمان×گروه
زیرگیری(تعداد موفق در دقیقه)	تمرین +بتائین	۰۸.۰۰±۱.۸۸	۰۹.۰۰±۲.۳۳	۰.۴	۰.۳۱۳	۰.۴۷۵	۰.۱۷۹
	تمرین	۰۹.۰۰±۱.۵۷	۱۰.۰۰±۰.۶۳				
	بتائین	۰۷.۰۰±۱.۶۸	۰۷.۰۰±۱.۴۹				
	کنترل	۰۶.۰۰±۱.۳۶	۰۶.۰۰±۱.۵۴				

نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر در جدول ۸.۳ نشان داد که اثر زمان برای زیرگیری معنادار نبود($p=۰,۳۱۳$).در بررسی تغییرات درون گروهی مشاهده شد زیرگیری در هر چهار گروه در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری تغییری نداشته است($p>۰,۰۵$). همچنین مشاهده شد اثر گروه($p=۰,٤٧٥$) و اثر تعاملی زمان*گروه($p=۰,۱۷۹$) درباره فاکتور زیرگیری معنادار نیست،بنابراین نتایج مکمل یاری بتائین و تمرین کراسفیت هیچ تاثیری بر زیرگیری مردان کشتی گیر ندارد.همچنین تفاوت مقایسه گروه ها در نمودار ۴.۳ را میتوان مشاهده نمود.

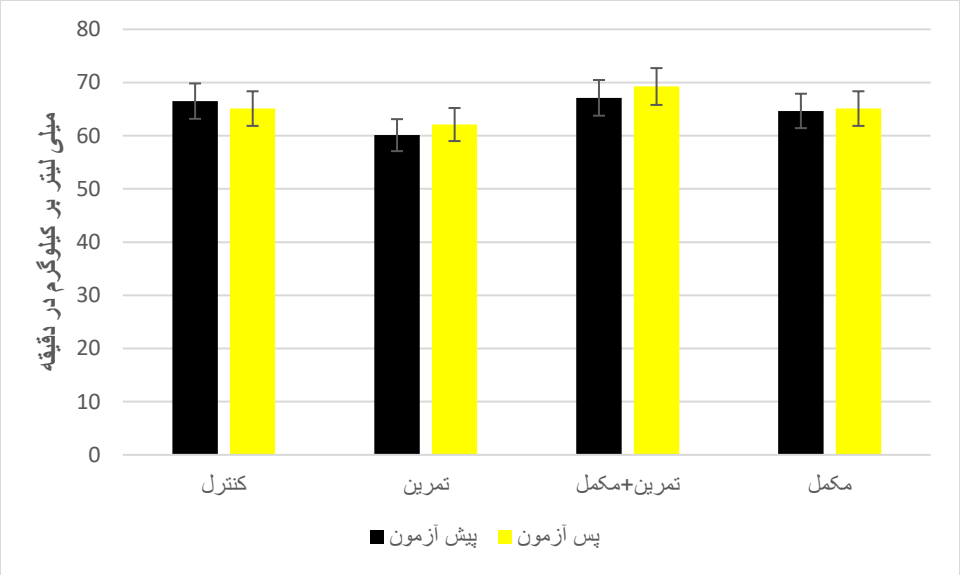


نمودار ۴.۳. مقایسه سطوح زیرگیری در چهار گروه در مرحله پیش آزمون و پس آزمون

جدول ۳-۹. میزان vo۲max قبل و بعد از مداخله در چهار گروه مورد مطالعه

شاخص	گروه	زمان		p-value			
		پیش آزمون	پس آزمون	اندازه اثر	زمان	گروه	زمان×گروه
Vo۲max (میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	تمرین +بتائین	۶۷.۱۲±۵.۲۲	۶۹.۲۵±۳.۶۳	۰.۳	۰.۱۴۲	۰.۱۹۸	۰.۲۷۶
	تمرین	۶۰.۱۱±۱.۵	۶۲.۱۰±۰۵.۲۲				
	بتائین	۶۴.۶۶±۸.۳۰	۶۵.۱۰±۳.۰۰				
	کنترل	۶۶.۵۰±۵.۲۵	۶۵.۱۰±۱۰.۱۰				

نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر در جدول ۹.۳. نشان داد که اثر زمان برای vo۲max معنادار نبود(p=۰,۱۴۲).در بررسی تغییرات درون گروهی مشاهده شد vo۲max در هر چهار گروه در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری تغییری نداشته است(p>۰,۰۵). همچنین مشاهده شد اثر گروه(p=۰,۱۹۸) و اثر تعاملی زمان*گروه(p=۰,۲۷۶) درباره فاکتور vo۲max معنادار نیست،بنابراین نتایج مکمل یاری بتائین و تمرین کراسفیت هیچ تاثیری بر vo۲max مردان کشتی گیر ندارد.همچنین تفاوت مقایسه گروه ها در نمودار ۵.۳ را میتوان مشاهده نمود.

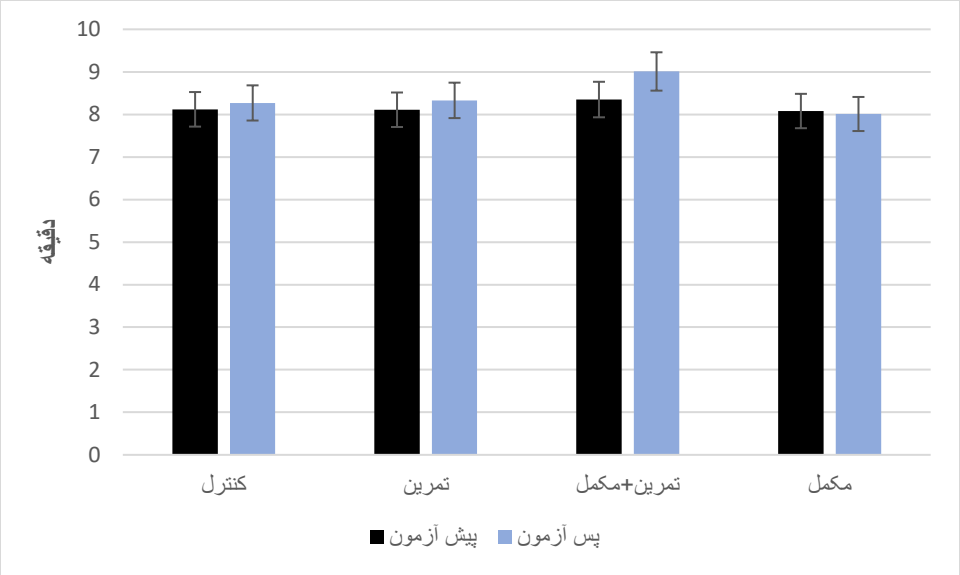


نمودار ۵.۳. مقایسه سطوح vo۲max در چهار گروه در مرحله پیش آزمون و پس آزمون

جدول ۳-۱۰. میزان زمان رسیدن به واماندگی قبل و بعد از مداخله در چهار گروه مورد مطالعه

شاخص	گروه	زمان		p-value			
		پیش آزمون	پس آزمون	اندازه اثر	زمان	گروه	زمان×گروه
زمان رسیدن به واماندگی (دقیقه)	تمرین +بتائین	۰۸.۳۵±۱.۲۲	۰۹.۰۱±۱.۶۳	۰.۶	۰.۳۳۳	۰.۷۱۵	۰.۶۲۵
	تمرین	۰۸.۱۱±۱.۱۱	۰۸.۳۳±۰۱.۲۷				
	بتائین	۰۸.۰۸±۱.۳۰	۰۸.۰۱±۱.۱۱				
	کنترل	۰۸.۱۲±۱.۲۴	۰۸.۲۷±۱.۳۸				

نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر در جدول ۱۰.۳. نشان داد که اثر زمان برای زمان رسیدن به واماندگی معنادار نبود(p=۰,۳۳۳).در بررسی تغییرات درون گروهی مشاهده شد زمان رسیدن به واماندگی در هر چهار گروه در پس آزمون نسبت به پیش آزمون به طور معنی داری تغییری نداشته است(p>۰,۰۵). همچنین مشاهده شد اثر گروه(p=۰,۷۱۵) و اثر تعاملی زمان*گروه(p=۰,٦۲۵) درباره فاکتور زمان رسیدن به واماندگی معنادار نیست،بنابراین نتایج مکمل یاری بتائین و تمرین کراسفیت هیچ تاثیری بر زمان رسیدن به واماندگی مردان کشتی گیر ندارد.همچنین تفاوت مقایسه گروه ها در نمودار ۶.۳ را میتوان مشاهده نمود.



نمودار ۶.۳. مقایسه سطوح زمان رسیدن به واماندگی در چهار گروه در مرحله پیش آزمون و پس آزمون

۱.۴.بحث و نتیجه گیری

هدف تحقیق حاضر اثر چهار هفته تمرین کراسفیت با شدت بالا و مکمل یاری بتائین برعملکرد و عوامل آمادگی جسمانی کشتی گیران نخبه شهر تهران بود.در این مطالعه نشان داده شد که سطوح درصد چربی و قدرت بیشینه تغییر معنی داری در گروه تعاملی و تمرین داشتند اما تمرین کراسفیت و تواما مصرف مکمل بتائین اثری بر سطوح چابکی،مهارت زیرگیری،زمان رسیدن به واماندگی و vo۲max نداشت. این یافتهها با نتایج پژوهش هاینریش و همکاران همسو بود(۲۴) که علت آن میتواند ناشی از شدت تعیین شده تمرین توسط خود آزمودنی یا مدت زمان کوتاه تمرین باشد و با نتایج اسمیت و همکاران(۲۵)،موراوسکا و همکاران(۲۶) ناهمسو بود. احتمالاً غیر همسو بودن نتایج پژوهش های گذشته با پژوهش حاضر به علت تفاوت در مدت زمان دوره تمرینی میباشد. احتمالاً غیر همسو بودن نتایج پژوهشهای گذشته با پژوهش حاضر به علت تفاوت در مدت زمان دوره تمرینی،مکمل مورد استفاده و جنسیت آزمودنی ها میباشد.

دیگر یافته پژوهش حاضر نشان داد که ۴ هفته تمرینات کراسفیت، تأثیر معناداری بر توان هوازی نداشت. نتایج با پژوهشهای اسمیت و همکارانش(۲۵)، مبنی بر بهبود Vo۲max با ۱۰ هفته تمرین کراس فیت مبتنی بر HIPT در مردان و زنان،فرناندز و همکاران(۲۷).،بلار و همکاران(۶)،موراوسکا و همکاران(۲۶)،دگزایمر و همکاران(۲۸) غیر همسو بود. همچنین، مطالعه مروری میر و همکارانش(۲۰۱۷) بر روی ۲۳۲۶ شرکت کننده به این یافته ها دست یافتند که کراس فیت هم از نظر میزان آسیب و هم از نظر سلامتی قابل مقایسه با دیگر تمرینهای شدید است. کراس- فیت، دقیقاً مانند هر تمرین پرفشار دیگر، باعث افزایش vo۲max، قدرت، عضله و استقامت و نیز کاهش توده بدنی میشود. نتایج مطالعات حاکی از آن است که افرادی که تمرینات کراسفیت را به طور منظم انجام میدهند(۲ تا ۳ بار در هفته) میتوانند با شدت کافی کار کنند تا توصیه های کالج آمریکایی پزشکی ورزشی(ACSM) را برای تقویت آمادگی هوازی، افزایش و کاهش وزن بدن انجام دهند. با این وجود، هنگام توصیه این نوع فعالیت، مواردی وجود دارد که باید به رسمیت شناخته شود. ابتدا، روش- های تمرینی ظاهراً تصادفی و بدون شخصیسازی برای شرکتکنندگان در این برنامهها وجود دارد، زیرا تمرینات روزانه(WOD) معمولاً با شدت، تعداد تکرار زیاد و با استفاده از حرکات با وزنه های سنگین انجام میشوند. این میتواند به قسمتهایی از التهاب ماهیچه منجر شود و بنابراین، سؤالاتی در رابطه با ایمنی این فعالیت ایجاد شده است. علاوه بر این، به دلیل حجم زیاد و شیوع زیاد صدمات گزارش شده(به عنوان مثال، شانه و کمر)،هنگام برنامه نویسی WOD باید احتیاط کرد. برای جلوگیری از بروز مشکلات سلامتی احتمالی ناشی از شدت

زیاد تکراری و تکنیک ضعیف توصیه میشود . یک برنامه تمرینی متعادلتر، کاهش تعداد تمرینات "خطرناک"، و همچنین ترکیب WOD کراسفیت با تمرینات مبتنی بر هوازی تنظیم شود. یکی از مزایای تمرینات کراسفیت این است که به زمان کمتری برای تمرین نسبت به تمرین هوازی یا مقاومتی سنتی نیاز دارد زیرا شامل زمان توصیه شده کمتری برای استراحت، تمرکز بر روی پایدار بودن انرژی و استفاده از حرکات چند مفصل است. پژوهشهای اخیر نشان داده اند که HIFT در کوتاهترین زمان در یک هفته نسبت به روشهای تمرینی سنتی باعث بهبود سلامتی و تناسب اندام میشود (به عنوان مثال، تمرین بیشتر یا مساوی ۱۵۰ دقیقه با شدت متوسط یا فعالیت بدنی هوازی شدید بیشتر یا مساوی ۷۵ دقیقه، و تمرینات قدرتی ۲ روز یا بیشتر در هفته) بنابراین، شرکتکنندگان در تمرینات کراسفیت باید تلاش کنند تا درک خوبی از محدودیتهای خود را در حین ورزش حفظ کنند تا بتوانند با شدت زیاد و دوره های تکراری ورزش روبرو شوند(۲۷).

یافته های دیگر از پژوهش حاضر نشان داد که ۴ هفته تمرینات کراسفیت، تأثیر معناداری بر زمان رسیدن به واماندگی نداشت. در پژوهشی اوتلو و همکاران(۲۹) تأثیر ۱۰ هفته مکمل یاری پروتئینی کربوهیدراتی قبل و بعد از تمرین بر کاهش زمان رسیدن به واماندگی در افراد تمرین کرده- کراسفیت را نشان دادند، به طوری که علت آن احتمالاً به مکمل چغندر بستگی دارد که بر اساس یافته های پژوهش مذکور با استفاده از این مکمل میتوان ۲۰ درصد زمان رسیدن به واماندگی را بهبود بخشید، این در حالی است که در پژوهش حاضر آزمودنی های ما مکمل بتائین را مصرف کردند و از اثر آن بی بهره بودند. های پژوهش دگزایمر و همکارانش(۲۸) نشان داد که عملکرد فیزیولوژیکی، شاخص های عملکردی کراسفیت را پیشبینی میکند. به عنوان مثال vo۲max تنها پیشبینی کننده عملکرد روش تمرینی نانسی بود و نشان داد که ورزشکاران با توان هوازی بالاتری در این تمرین عملکرد بهتری دارند. نتایج نشان میدهد که داشتن قدرت پایینتنه، اوج توان بیهوازی و هوازی ممکن است هنگام رقابت در کراسفیت مطلوب باشد. با توجه به مجموعه متغیرهای فیزیولوژیکی که بهترین عملکرد را در تمرینات مختلف کراسفیت نشان میدهند، ورزشکاران باید از تمریناتی برای بهبود توان و قدرت پایین تنه به خوبی توان هوازی اطمینان حاصل کنند.

در مورد اثربخشی مکمل بتائین بر افزایش قدرت و کاهش درصد چربی میتوان گفت که بتائین ممکن است با تسهیل فرآیندهای متیلاسیون متابولیکی و اپی ژنتیکی، محور GH-IGF-۱ را تقویت کند(۳۰-۳۱). بنابراین، این یافته‌ها تا حد زیادی از ظرفیت سیگنال‌دهی آنابولیک تقویت‌شده با مکمل بتائین پشتیبانی می‌کنند، که به موجب آن IGF-۱ به گیرنده انسولین متصل می‌شود و عملکرد را از طریق فسفاتیدیل‌لینوزیتول-۳ کیناز / PI۳K)/Ak) تسهیل می‌کند(۳۲).نویسندگان قبلی به طور جداگانه تصریح کرده اند که تمرین و مکمل بتائین احتمالاً سازگاری های مثبت خود را به ویژه از طریق تمرین طولانی مدت اعمال می کنند(۳۳).به طور خاص، استفاده از این کمک‌های آموزشی ممکن است حداقل به شش روز تا چهار هفته نیاز داشته باشد تا سازگاری‌های هیپرتروفیک به‌ترتیب در تمرین مقاومتی و مکمل بتائین آشکار شود(۳۴-۳۵). اگرچه آزمودنی‌های ما بتائین را برای ۸ هفته تکمیل کردند، بنابراین تجزیه و تحلیل ما قادر به ارزیابی عوامل اضافی که به طور منطقی در بازه زمانی طولانی‌تری تحت تأثیر قرار می‌گیرند، نبود .با توجه به تعدد پروتئین‌های مرتبط با متابولیسم و ژن‌های موثر ، اجرای طولی یک تحقیق تمرین مقاومتی و بتائین ضروری است (۳۶). در حالی که مطالعه حاضر نتوانست مزیت هم افزایی قابل توجهی را تشخیص دهد، این داده‌ها اثبات می‌کنند که محیط آنابولیک خاص بتائین بالقوه با این وجود، یافته های ما فقط شروع به بررسی این ترکیب می کند .از این رو وظیفه تحقیقات آینده بر اساس کار فعلی است و در نهایت وسعت کامل سازگاری‌های متابولیک افزایش یافته را در میان یک بازه زمانی به همان اندازه جامع نشان می‌دهد.

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات کراسفیت و مکمل یاری بتائین به مدت ۴ هفته، دو روز در هفته بر بهبود چابکی،مهارت زیرگیری کشتی، توان هوازی و زمان رسیدن به واماندگی در مردان کشتی گیر تأثیری نداشت. بنابراین، با توجه به این مسأله که زمان، شدت و حجم تمرینات عوامل تأثیرگذاری بر مؤثر بودن تمرینات بر بهبودی فاکتورهای آمادگی جسمانی هستند، لذا افراد میتوانند از دیگر برنامه های کراس- فیت با توجه به هدف خود برای حضور در رقابتها و حتی در زندگی روزمره استفاده کنند.

منابع

۱. Michaels GN. Arm wrestling training machine. Google Patents; ۱۹۸۸.
۲. Farzad, B., Gharakhanlou, R., Agha-Alinejad, H., Curby, D. G., Bayati, M., Bahraminejad, M., & Mäestu, J. (۲۰۱۱). Physiological and performance changes from the addition of a sprint interval program to wrestling training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(۹), ۲۳۹۲-۲۳۹۹.
۳. Feito, Y., Burrows, E. K., & Tabb, L. P. (۲۰۱۸). A ٤-year analysis of the incidence of injuries among CrossFit-trained participants. *Orthopaedic journal of sports medicine*, *6*(۱۰), ۲۳۲٥۹٦۷۱۱۸۸۰۳۱۰۰.
۴. Meyer, J., Morrison, J., & Zuniga, J. (۲۰۱۷). The benefits and risks of CrossFit: a systematic review. *Workplace health & safety*, *65*(۱۲), ٦۱۲-٦۱۸.
۵. Minghelli, B., & Vicente, P. (۲۰۱۹). Musculoskeletal injuries in Portuguese CrossFit practitioners. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *59*(۷), ۱۲۱۳-۱۲۲۰.
۶. Bellar, D., Hatchett, A., Judge, L. W., Breaux, M. E., & Marcus, L. (۲۰۱٥). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in in CrossFit exercise. *Biology of sport*, *32*(٤), ۳۱٥-۳۲۰.
۷. Eather, N., Morgan, P. J., & Lubans, D. R. (۲۰۱٦). Improving health-related fitness in adolescents: the CrossFit Teens™ randomised controlled trial. *Journal of sports sciences*, *34*(۳), ۲۰۹-۲۲۳.
۸. Dexheimer, J. D., Schroeder, E. T., Sawyer, B. J., Pettitt, R. W., Aguinaldo, A. L., & Torrence, W. A. (۲۰۱۹). Physiological performance measures as indicators of crossfit® performance. *Sports*, *7*(٤), ۹۳.
۹. Harman, E. A., Gutekunst, D. J., Frykman, P. N., Sharp, M. A., Nindl, B. C., Alemany, J. A., & Mello, R. P. (۲۰۰۸). Prediction of simulated battlefield physical performance from field-expedient tests. *Military medicine*, *173*(۱), ۳٦-٤۱.
۱۰. MacDonald, D., Pope, R., & Orr, R. (۲۰۱٦). Differences in physical characteristics and performance measures of part-time and full-time tactical personnel: A critical narrative review. *Journal of Military and Veterans Health*, ۲۴(۱), ۴۵-۵۵.
۱۱. Dodd, D. J., & Alvar, B. A. (۲۰۰۷). Analysis of acute explosive training modalities to improve lower-body power in baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *21*(٤), ۱۱۷۷-۱۱۸۲.
۱۲. Eun-Ju, C. H. O. I., Wi-Young, S. O., & Jeong, T. T. (۲۰۱۷). Effects of the crossfit exercise data analysis on body composition and blood profiles. *Iranian journal of public health*, *46*(۹), ۱۲۹۲-۱۲۹٤.
۱۳. Zeisel, S. H., Mar, M. H., Howe, J. C., & Holden, J. M. (۲۰۰۳). Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods. *The Journal of nutrition*, *133*(٥), ۱۳۰۲-۱۳۰۷.
۱۴. Craig, S. A. (۲۰۰٤). Betaine in human nutrition. *The American journal of clinical nutrition*, *80*(۳), ٥۳۹-٥٤۹.
۱۵. Eklund, M., Bauer, E., Wamatu, J., & Mosenthin, R. (۲۰۰٥). Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutrition research reviews*, *18*(۱), ۳۱-٤۸.
۱۶. Olthof, M. R., Verhoef, P., van Vliet, T., & Boelsma, E. (۲۰۰۳). Low dose betaine supplementation leads to immediate and long term lowering of plasma homocysteine in healthy men and women. *The Journal of nutrition*, ۱۳۳(۱۲), ۴۱۳۵-۴۱۳۸.
۱۷. Olthof, M. R., & Verhoef, P. (۲۰۰٥). Effects of betaine intake on plasma homocysteine concentrations and consequences for health. *Current drug metabolism*, *6*(۱), ۱٥-۲۲.
۱۸. Detopoulou, P., Panagiotakos, D. B., Antonopoulou, S., Pitsavos, C., & Stefanadis, C. (۲۰۰۸). Dietary choline and betaine intakes in relation to concentrations of inflammatory markers in healthy adults: the ATTICA study. *The American journal of clinical nutrition*, *87*(۲), ٤۲٤-٤۳۰.
۱۹. Du Vlgneaud, V., Simmonds, S., Chaudler, J. P., & Cohn, M. (۱۹٤٦). A further investigation of the role of betaine in transmethylation reactions in vivo. *Journal of Biological Chemistry*, *165*, ٦۳۹-٦٤۸.
۲۰. Mirzaei, B., Arazi, H., Curby, D., Barbas, I., Moghaddam, M. G., & Hosseini, Y. (۲۰۱۲). The effects of two different resistive loading patterns on strength, hypertrophy, anaerobic power and endurance in young wrestlers. *International Journal of Wrestling Science*, *2*(۱), ٤۱-٤۷.
۲۱. Stefani, L., Mascherini, G., & Galanti, G. (۲۰۱۰). Aerobic threshold for exercise prescription. *International Journal of Clinical Medicine*, *1*, ٦-۹.
۲۲. Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Kang, J., Rashti, S. L., & Faigenbaum, A. D. (۲۰۰۹). Effect of betaine supplementation on power performance and fatigue. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *6*(۱), ۷.

۲۳. Brzycki, M. (۱۹۹۳). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of physical education, recreation & dance*, *64*(۱), ۸۸-۹۰.
۲۴. Heinrich, K.M., Patel, P.M., O'Neal, J.L., Heinrich, B.S. (۲۰۱٤). High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: An intervention study, BMC public health, ۱٤)۱), ۷۸۹.
۲۵. Smith, M.M., Sommer, A.J., Starkoff, B.E., Devor, S.T. (۲۰۱۳). Crossfit based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition, Journal of Strength and Conditioning Research, ۲۷(۱۱), ۳۱۵۹-۷۲.
۲۶. Murawska-Cialowicz, E., Wojna, J., Zuwala-Jagiello, J. (۲۰۱۵). Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women, Journal of Physiology and Pharmacology, ۶۶(۶), ۸۱۱-۲۱.
۲۷. Fernández Fernández, J., Sabido Solana, R., Moya, D., Sarabia Marin, J., Moya Ramon, M. (۲۰۱۵). Acute physiological responses during crossfit® workouts, European Journal of Human Movement, ۳۵, ۱۱٤-۲٤.
۲۸. Dexheimer, J.D., Schroeder, E.T., Sawyer, B.J., Pettitt, R.W., Aguinaldo, A.L., Torrence, W.A. (۲۰۱۹). Physiological performance measures as indicators of crossfit® performance, Sports, ۷(٤), ۹۳.
۲۹. Outlaw, J.J., Wilborn, C.D., Smith-Ryan, A.E., Hayward, S.E., Urbina, S.L., Taylor, L.W., et al. (۲۰۱٤). Effects of a pre-and post-workout protein-carbohydrate supplement in trained crossfit individuals, SpringerPlus, ۳(۱), ۳٦۹.
۳۰. Álvarez-Nava, F., & Lanes, R. (۲۰۱۷). GH/IGF-۱ signaling and current knowledge of epigenetics; a review and considerations on possible therapeutic options. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(۱۰), ۱٦۲٤.
۳۱. Jia, Y., Song, H., Gao, G., Cai, D., Yang, X., & Zhao, R. (۲۰۱۵). Maternal betaine supplementation during gestation enhances expression of mtDNA-encoded genes through D-loop DNA hypomethylation in the skeletal muscle of newborn piglets. *Journal of agricultural and food chemistry*, *63*(٤٦), ۱۰۱۵۲-۱۰۱٦۰.
۳۲. Egerman, M. A., & Glass, D. J. (۲۰۱٤). Signaling pathways controlling skeletal muscle mass. *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*, *49*(۱), ۵۹-٦۸.
۳۳. Cholewa, J. M., Wyszczelska-Rokiel, M., Glowacki, R., Jakubowski, H., Matthews, T., Wood, R., ... & Paolone, V. (۲۰۱۳). Effects of betaine on body composition, performance, and homocysteine thiolactone. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *10*(۱), ۳۹.
۳۴. Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., ... & Rasmussen, B. B. (۲۰۰۷). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S٦K۱ phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of applied physiology*, *103*(۳), ۹۰۳-۹۱۰.
۳۵. Bagley, J. R., Rosengarten, J. J., & Galpin, A. J. (۲۰۱۵). Is blood flow restriction training beneficial for athletes?. *Strength & Conditioning Journal*, *37*(۳), ٤۸-۵۳.
۳۶. Machek, S. B., Cardaci, T. D., & Willoughby, D. S. (۲۰۲۱). Blood flow restriction training and betaine supplementation as a novel combined modality to augment skeletal muscle adaptation: A short review. *Strength & Conditioning Journal*, *43*(۲), ۵۰-٦۳.