

اثر فعالیت مقاومتی با فواصل استراحتی متفاوت بر سطوح آیریزین سرم و

لاکتات خون در پسران چاق

محمد حیدری^۱، وحید تادیبی^۲، رستگار حسینی^۳

چکیده

زمینه و هدف: چاقی اختلال متابولیسمی است که در پی افزایش انرژی دریافتی و کاهش مصرف انرژی ایجاد می‌شود. از سوی دیگر، آیریزین، مایوکاین جدیدی است که اثرات مفید خود را از طریق افزایش هزینه انرژی نشان می‌دهد. هدف مطالعه حاضر، بررسی اثر فعالیت مقاومتی با فواصل استراحتی متفاوت بر سطوح آیریزین سرم و لاکتات خون در پسران چاق می‌باشد.

روش شناسایی: دوازده پسر چاق در این پروتکل تمرینی با میانگین سنی $13/41 \pm 1/08$ سال، قد $150/08 \pm 3/47$ سانتی‌متر، وزن $69/23 \pm 3/38$ کیلوگرم و شاخص توده بدن $30/69 \pm 0/61$ کیلوگرم بر متر مربع شرکت کردند. آزمودنی‌ها در سه روز جداگانه به صورت تصادفی در زمان‌های استراحتی ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ ثانیه بین نوبت‌ها تقسیم شدند و پروتکل تمرینی را اجرا کردند. هر پروتکل تمرینی شامل سه نوبت پرس پا، پرس سینه، قایقی، اکستنشن زانو، فلکشن زانو، جلو بازو، پشت بازو تا سر حد خستگی با شدت ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. نمونه‌های خونی ۱۵ دقیقه قبل و بلافاصله بعد از فعالیت برای اندازه‌گیری سطوح آیریزین سرم و لاکتات خون گرفته شد. داده‌ها به دست آمده با استفاده از روش‌های آماری t همبسته، تحلیل واریانس یک طرفه و ضریب همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: افزایش معنی‌داری در غلظت آیریزین سرم و لاکتات خون بلافاصله بعد از هر سه پروتکل فعالیت ورزشی مقاومتی نسبت به قبل از فعالیت مشاهده شد ($P < 0/05$)؛ همچنین اختلاف معنی‌داری در متغیرهای پژوهش بین سه پروتکل فعالیت ورزشی مقاومتی مشاهده شد ($P < 0/05$)؛ براساس نتایج آزمون تعقیبی توکی افزایش در غلظت آیریزین سرم و لاکتات در زمان استراحتی ۶۰ ثانیه به طور معنی‌داری بیشتر از زمان‌های استراحتی ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه؛ همچنین افزایش غلظت آیریزین سرم و لاکتات زمان استراحتی ۱۲۰ ثانیه به طور معنی‌داری بیش از ۲۴۰ ثانیه بود. نتایج نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین لاکتات و آیریزین در تمرین مقاومتی با زمان‌های استراحتی ۶۰ ثانیه ($P = 0/002$) و ۱۲۰ ثانیه ($P = 0/032$) مشاهده شد؛ در حالی که همبستگی معناداری بین لاکتات و آیریزین در تمرین مقاومتی با زمان استراحتی ۲۴۰ ثانیه مشاهده نشد ($P = 0/059$).

نتیجه‌گیری: این نتایج حاکی از آن است که تمرین مقاومتی با فاصله استراحتی کم در مقایسه با تمرین مقاومتی با فاصله استراحتی زیاد سبب افزایش سطوح آیریزین در پسران چاق می‌شود. با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آیریزین سرم و لاکتات خون، تجمع لاکتات بیشتر در تمرین مقاومتی با فاصله استراحتی کم ممکن است یکی از مکانیسم‌های احتمالی ترشح آیریزین بیشتر در نتیجه فعالیت‌های مقاومتی با فاصله استراحتی کم باشد.

واژه‌های کلیدی: چاقی، آیریزین، لاکتات، تمرین مقاومتی، فاصله استراحتی متفاوت

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲. دانشیار دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه vahidtabdi@razi.ac.ir

۳. استادیار دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

امروزه چاقی از جمله مشکلات عمده حوزه سلامت در جهان به شمار می‌آید و شیوع آن در کشورهای پیشرفته و همچنین کشورهای جهان سوم و در حال توسعه به صورت چشمگیری رو به گسترش است (۱). چاقی که با افزایش توده چربی بدن همراه است، خطر ابتلا به بیماری عروق کرونری قلب، دیابت نوع ۲، سکتته‌های مغزی، اختلالات چربی خون و چندین نوع سرطان را افزایش می‌دهد و افزایش هزینه‌ها در بخش درمان، افزایش مرگ زود رس در جامعه را به همراه خواهد داشت (۲). سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۲۰۱۰ گزارش کرد که ۴۳ میلیون کودک در جهان چاقی و اضافه‌وزن دارند و ۹۲ میلیون در معرض اضافه‌وزن هستند. همچنین پیش‌بینی کرده که تعداد جمعیت کودکان چاق در سال ۲۰۲۰ به حدود ۶۰ میلیون نفر برسد (۳). فعالیت ورزشی منظم استراتژی مناسبی برای درمان بسیاری از اختلالات متابولیکی از جمله دیابت نوع ۲ و چاقی می‌باشد. بخشی از اثرات مفید تمرینات ورزشی به واسطه غدد درون‌ریز از جمله بافت چربی و عضله اسکلتی می‌باشد که نقش مهمی در تنظیم متابولیسم انرژی، ترکیب بدنی و مقاومت انسولینی ایفا می‌کنند (۴). عضله اسکلتی به عنوان ارگان درون‌ریز انواع سایتوکاین‌ها و مایوکاین‌ها را ترشح می‌کند که در تنظیم تعادل متابولیکی از طریق ارتباط با بافت چربی مشارکت دارند (۵). برخی از این مایوکاین‌ها از جمله IL-6 و IL-15 و اخیراً نیز آیریزین نقش بارزی در تنظیم متابولیسم گلوکز و چربی بازی می‌کنند (۶). براساس نتایج مطالعات، آیریزین برای بیماری‌های متابولیک انسانی نیز مفید بوده و به نظر می‌رسد از طریق کنترل بیوزن میتوکندری و متابولیسم اکسیداتیو در بسیاری از سلول‌ها، در اختلالات متابولیکی دیگر که با ورزش بهبود می‌یابند نقش واسطه‌ای داشته باشد (۶)؛ که از این طریق بهبود چاقی و مقاومت انسولین را به همراه دارد (۶). به عنوان نمونه بوستروم و همکاران^۲ (۲۰۱۲) نشان دادند، ۷ روز تمرین شنا می‌تواند منجر به بیان mRNA UCP1 در بافت چربی سفید موش‌ها در مقایسه با گروه کنترل شود؛ که آیریزین یک سیگنال مهم برای افزایش بیان UCP1 بافت چربی سفید بعد از فعالیت ورزشی و قهوه‌ای شدن آن می‌باشد (۶).

لی و همکاران^۳ (۲۰۱۳) افزایش ۳/۱ برابری سطوح آیریزین سرم را بلافاصله بعد از یک ساعت فعالیت ورزشی زیر بیشینه در افراد جوان لاغر و سالم نشان دادند (۷). کیم و همکاران^۴ (۲۰۱۶) گزارش کرد سطح آیریزین در گروه تمرینی مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت؛ ولی در گروه تمرین هوازی در مقایسه با گروه کنترل افزایش نیافت؛ علاوه بر این همبستگی مثبت بین تغییر آیریزین و توده عضلانی و همبستگی منفی بین تغییر آیریزین گردش و توده چربی وجود داشت (۸). برن مو و همکاران^۵ (۲۰۱۴)، ۱/۹ برابر شدن سطوح آیریزین سرم موش‌ها را بعد از فعالیت ورزشی حاد زیر بیشینه نشان دادند؛ در حالی که در این مطالعه ۳ هفته تمرین دویدن روی چرخ تغییر در پروتئین FNDC5 و سطوح آیریزین سرم ایجاد نکرد (۹). همچنین فین و همکاران^۶ (۲۰۱۳) نشان دادند، تمرین ورزشی می‌تواند سطوح آیریزین پلاسما را تا ۴۲ درصد در آزمودنی‌ها افزایش دهد، اما

1. World Health Organization
2. Boström et al
3. Lee et al

4. Kim et al
5. Brenmoehl et al
6. Fain et al

سطوح FNDC5 عضله‌ی اسکلتی را بعد از ۱۶ الی ۲۰ هفته مداخله‌ی ورزشی افزایش نمی‌دهد (۱۰). اگر چه محدودیت کالری و رژیم غذایی یکی از مداخله‌های درمانی اصلی در کنترل وزن به حساب می‌آید، پژوهش‌ها نشان داده‌اند برنامه‌های ورزشی با هدف کاهش توده چربی و افزایش آمادگی قلبی و تنفسی نیز در پیشگیری از تجمع چربی و افزایش توده بدون چربی بدن نقش دارند (۱۱). هر چند بیشتر سازگاری‌های متابولیکی بر تأثیر تمرینات هوایی مورد توجه قرار گرفته است، اما امروزه ارزش بالقوه تمرین مقاومتی در زمینه توسعه سلامت و آمادگی، حتی در افرادی که زمینه بیماری‌های گوناگونی دارند نیز درک شده است (۱۲). اهمیت برجسته تمرین مقاومتی در این است که ضمن افزایش یا حفظ توده عضلانی، سازگاری‌های متابولیک با این نوع فعالیت ورزشی می‌تواند با وساطت مسیر مشابه سلولی، منجر به سازگاری‌های مشابه با سازگاری به تمرینات استقامتی گردد (۱۳). در همین راستا، شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد تمرینات مقاومتی می‌تواند ترکیب بدن را از طریق افزایش توده بدون چربی و یا کاهش توده چربی بدن بهبود بخشد (۱۴). تمرینات مقاومتی مستلزم سازمان‌دهی جلسه تمرین بر پایه مقاومت (بار) استفاده‌شده، تعداد تکرارها، دوره‌ها و وهله‌های استراحتی بین دوره‌هاست؛ که دست‌کاری هر یک از این عناصر، محرک تمرینی را تغییر داده و باعث ایجاد سازگاری‌های منحصر به فردی نسبت به تمرین خواهد شد (۱۵). در طراحی برنامه مقاومتی توجه به طول وهله استراحتی بین دوره‌ها نقش اساسی در رسیدن به اهداف مورد نظر برنامه تمرینی را دارد (۱۵)؛ به طوری که تغییر در طول وهله استراحتی بین دوره‌ها می‌تواند پاسخ‌های سوخت و سازی، هورمونی و قلبی - عروقی به تمرین مقاومتی تحت تأثیر قرار دهد (۱۶).

علاوه بر این، فواصل استراحتی مختلف می‌تواند بر غلظت لاکتات خون و کلسیم درون سلولی تأثیر متفاوتی بگذارد (۱۰)؛ که این افزایش غلظت لاکتات خون و کلسیم درون سلولی از طریق اثر بر CaMK منجر به تحریک $PGC1-\alpha$ و رهایی آیریزین می‌شوند (۱۷، ۱۸). لاکتات یک مکانیسم فیزیولوژیکی برای تولید ROS است و ROS به طور مستقیم و یا از طریق افزایش کلسیم منجر به فعال شدن CaMK می‌شود (۱۹). مطالعات غلظت لاکتات خون بیشتری را طی فعالیت ورزشی مقاومتی با فاصله استراحت کوتاه در مقایسه با استراحت زیاد گزارش کرده‌اند (۲۱-۱۹)؛ احتمالاً فعالیت مقاومتی با استراحت کم منجر به محیط متابولیکی تر می‌شود؛ بنابراین، ایجاد محیطی متابولیکی ناشی از فعالیت ورزشی مقاومتی و همچنین محیطی احتمالاً متابولیکی تر ناشی از تنش و فراخوانی تعداد بیشتری از تارهای عضلانی و اتفاقات حاصل از آن (افزایش کلسیم، ROS و CaMK) که طی فعالیت با فاصله استراحت کوتاه در مقایسه با استراحت زیاد رخ می‌دهد ممکن است بر تحریک و رهایی آیریزین اثر بگذارد و نهایتاً با توجه به مسیرهای سیگنالینگ ذکر شده این احتمال وجود دارد که فواصل استراحتی متفاوت فعالیت ورزشی مقاومتی منجر به ترشح غلظت‌های متفاوت لاکتات خون و آیریزین شوند. در مجموع، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر فواصل مختلف استراحت بین ست‌ها در تمرینات مقاومتی بر غلظت آیریزین سرم و لاکتات خون در دانش‌آموزان چاق می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش از نوع نیمه تجربی با استفاده از طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون و به صورت مقطعی و موازنه متقابل بود. جامعه آماری این پژوهش را دانش‌آموزان چاق مدارس مقطع متوسطه در سال تحصیلی ۹۶-۹۵ را تشکیل می‌دادند. در ابتدا با توجه به اهمیت موضوع با دریافت مجوزهای لازم از حراست اداره آموزش و پرورش و هماهنگی‌های لازم در این زمینه و بررسی معیارهای ورود به پژوهش از ۳۰ دانش‌آموز حائز شرایط شرکت در پژوهش دعوت به عمل آمد و از بین آن‌ها تعداد ۱۲ نفر با رضایت اولیاء و خود دانش‌آموزان در این پژوهش شرکت کردند. معیارهای ورود به پژوهش شامل موارد ذیل بود، (۱) سن بین ۱۲ تا ۱۵ سال (۲) شاخص توده بدن صدک بالاتر از ۹۵ باشد (۳) عدم شرکت در هر گونه برنامه تمرینی منظم (به استثناء زنگ ورزش) در شش ماه قبل از پژوهش (۴) عدم درمان دارویی (۵) عدم ابتلاء به بیماری‌های مزمن از قبیل دیابت، سندروم متابولیک، هورمونی و ارتوپدیک در زمان آغاز پژوهش.

در جلسه توجیهی، اهداف و روش انجام پژوهش توضیح داده شد سپس فرم رضایت‌نامه، پرسشنامه بررسی سوابق پزشکی و فرم ارجاع به پزشک برای هر یک از آزمودنی‌ها تکمیل شد. قد آزمودنی‌ها با استفاده از قد سنج با دقت ۰/۱ سانتیمتر اندازه‌گیری شد و جهت اندازه‌گیری وزن آزمودنی‌ها از یک ترازوی دقیق Camry مدل EB ۹۰۰۳ با دقت ۰/۱ کیلوگرم ساخت کشور ژاپن استفاده شد. سپس با استفاده از فرمول وزن تقسیم بر مجذور قد، شاخص توده‌ی بدنی (BMI) و صدک‌های سنی شاخص توده بدنی هر یک از آزمودنی‌ها با توجه به نمودارهای مرجع مشخص شد (۲۲، ۲۳). درصد چربی بدن با توجه به سن آزمودنی‌ها از طریق اندازه‌گیری ضخامت چربی زیر پوست در سه نقطه زیرپوستی سینه‌ای، زیرپوستی شکمی، زیرپوستی رانی با استفاده از کالیبر (لافاست ساخت کشور آمریکا) از طریق معادله عمومی جکسون و پولاک برای آزمودنی‌ها محاسبه شد (۲۴).

$$۱۰۰ \times [(۴/۵) - (۴/۹۵ / Db)] = \text{درصد چربی بدن}$$

که در این رابطه

$$Db = \frac{1}{1.093800} - \left(\frac{0.0008267}{S} \right) + \left(\frac{0.0000016}{S^2} \right) - \left(\frac{0.0002574}{\text{سن}} \right)$$

S = مجموع ضخامت چربی زیر پوستی سینه، ناحیه شکم و ران

مراحل پژوهش

آزمودنی‌ها در روزهای مجزا در دو جلسه‌ی آشنایی با تکنیک درست اجرای حرکات و همچنین در آزمون تعیین حداکثر قدرت عضلانی (IRM) حضور یافتند. پس از این مراحل، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به سه گروه چهار نفری که سه وهله تمرین مقاومتی (تفاوت در زمان استراحت) را به فاصله زمانی ۷۲ ساعت از یکدیگر (جهت کاهش اثر سازگاری‌های صورت گرفته در اثر تمرین) انجام می‌دادند تقسیم شدند؛ به عبارت دیگر از جلسه اول تا سوم هر گروه (چهار نفری) به صورت تصادفی سه

نوبت پرس پا، پرس سینه، قایقی، اکستنشن زانو، فلکشن زانو، جلو بازو، پشت بازو با شدت ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه تا سر حد خستگی با یکی از فاصله‌های استراحتی ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه‌ای اجرا کردند و تعداد تکرارها در نوبت‌های مذکور ثبت شد (۲۵، ۲۶). از آزمودنی‌ها خواسته شده بود تا در طول دوره‌ی پژوهش فعالیت‌های عادی روزانه‌ی خود را همانند قبل انجام داده و از مصرف مواد کافئین‌دار و انجام فعالیت بدنی سنگین ۲۴ ساعت قبل از جلسات آزمون خودداری کنند (۲۷). دمای محیط هنگام انجام آزمون به طور میانگین $22/5 \pm 2/3$ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی نیز به طور میانگین $49/5 \pm 2/8$ درصد بود. همچنین از آن‌ها خواسته شد تا روز قبل از جلسات آزمون رژیم غذایی روزانه‌ی خود را ثبت کنند تا در هر دو جلسه‌ی آزمون به لحاظ تغذیه‌ای از شرایط مشابهی برخوردار باشند و آخرین وعده‌ی غذایی خود را حداقل ۲ ساعت قبل از شروع جلسه‌ی آزمون دریافت کنند. به منظور کنترل تغییرات روزانه‌ی آیریزین، جلسات آزمون در زمان مشابهی از روز انجام شد.

تعیین حداکثر قدرت عضلانی

بعد از دو جلسه‌ی آشنایی با نحوه‌ی صحیح اجرای حرکات، 1RM حرکات مورد نظر در مطالعه حاضر (پرس پا، پرس سینه، قایقی، اکستنشن زانو، فلکشن زانو، جلو بازو، پشت بازو) در دو جلسه‌ی مجزا برای تک‌تک آزمودنی‌ها تعیین شد (۲۸). برای تعیین 1RM حرکات از فرمول برزیسکی استفاده شد (۲۹).

$([0.278 \times \text{تعداد تکرار تا خستگی}] - 1/0.278) / \text{وزنه جابه‌جا شده (کیلوگرم)} = \text{یک تکرار بیشینه}$
 آزمودنی‌ها پس از ۶۰ دقیقه گرم کردن، یک نوبت ۱۰ تکراری از حرکت مورد نظر را بدون هیچ وزن‌های اجرا کردند و پس از یک دقیقه استراحت، براساس تجربه‌ی تمرینات پیشین آزمودنی‌ها وزن‌های به دستگاه افزوده شد. سپس مقدار وزنه و تعداد تکرارها در هر حرکت در فرمول برزیسکی اعمال شد تا بدین وسیله 1RM آزمودنی‌ها در هر حرکت تعیین شود. ترتیب حرکات جهت تعیین 1RM برای تمام آزمودنی‌ها یکسان و به صورت تصادفی بود و بین حرکات ۶۰ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد.

جلسات تمرینات مقاومتی

آزمودنی‌ها پس از ورود به سالن وزنه به مدت ۳۰ دقیقه روی صندلی نشستند. سپس جهت اندازه‌گیری غلظت پایه‌ی آیریزین سرم و لاکتات خون اولین نمونه‌ی خونی ۱۵ دقیقه قبل از شروع فعالیت (۳۰) به میزان ۵ سی‌سی خون از ورید آنتی کوبیتال توسط متخصص آزمایشگاه تشخیص طبی گرفته شد. در ادامه آزمودنی‌هایی که به صورت تصادفی برای یکی از ترتیب‌های فعالیت ورزشی مقاومتی انتخاب شده بودند پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن به انجام فعالیت پرداختند؛ تمام حرکات با شدت ۶۰ درصد 1RM (۲)، در ۳ نوبت با ۱۲ تکرار در هر نوبت (۳۱) با یکی از فاصله‌های استراحتی ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه‌ای اجرا شد. بلافاصله پس از پایان فعالیت (۳۲)؛ برای اندازه‌گیری تغییرات غلظت متغیرهای پژوهش دومین نمونه‌ی خونی به شیوه‌ی مشابه با قبل از فعالیت به دست آمد.

ارزیابی‌های بیوشیمیایی

غلظت آیریزین سرم به روش الیزا با استفاده از کیت الیزا (Cat. No.: RAG018R) شرکت BioVendo کشور کانادا با حساسیت ۰/۸۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر و دستگاه الیزا ریدر کانورجنت ساخت کشور آلمان تعیین شد. میزان غلظت لاکتات خون با استفاده از دستگاه آنالایزر گازهای خونی GEM premier 3000 ساخت کشور آمریکا و به روش گازهای خونی سیاهرگی (VBG) به دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج آزمون شاپیرو ویلیک نشان می‌دهد که توزیع داده‌ها طبیعی است؛ بنابراین در بخش آمار استنباطی، برای مقایسه پیش آزمون و پس آزمون متغیرها در گروه‌ها از آزمون تی همبسته، برای بررسی رابطه بین آیریزین سرم و لاکتات سرم از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد و برای تعیین سطح معنی‌داری بین فواصل استراحتی متفاوت از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) و در صورت معناداری از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و ترسیم شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد. در این پژوهش سطح معنی‌داری آزمون‌ها $P \leq 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها:

در جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها در طول پژوهش ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها (۱۲ نفر)

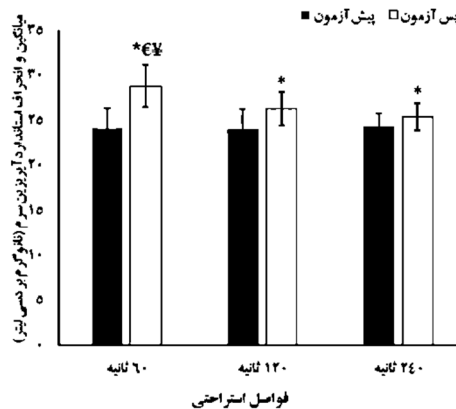
سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	شاخص تودهٔ بدنی (Kg/m ²)	درصد چربی بدن
۱۳/۱±۴۱/۰۸	۶۹/۳±۳۳/۴۷	۱۵۰/۳±۰۸/۳۸	۳۰/۰±۶۹/۶۱	۲۲/۱±۱۱/۰۳

نتایج آزمون تی - همبسته در نمودار (! و ۲) نشان می‌دهد که میانگین آیریزین سرم و لاکتات سرم پیش آزمون در مقایسه با پس آزمون در فواصل استراحتی مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0/01$)؛ براساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، در پیش آزمون تفاوت معنی‌داری در آیریزین سرم و لاکتات سرم بین گروه‌ها مشاهده نشد؛ در حالی که در پس آزمون تفاوت معنی‌داری در آیریزین سرم و لاکتات سرم میان گروه‌ها مشاهده شد؛ نتایج آزمون تعقیبی توکی در پس آزمون تفاوت معناداری را در گروه ۶۰ ثانیه با ۱۲۰ ثانیه ($P = 0/009$) و ۲۴۰ ثانیه ($P = 0/001$) را نشان می‌دهد؛ در حالی که تفاوت معناداری بین گروه ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه مشاهده نشد ($P = 0/484$) (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون توکی برای مقایسه تغییرات آیریزین سرم در زمان‌های مختلف بین گروه‌ها

گروه‌ها	فواصل استراحتی	۶۰ ثانیه	۱۲۰ ثانیه	۲۴۰ ثانیه
گروه‌ها	۶۰ ثانیه	-	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۱*
	۱۲۰ ثانیه	۰/۰۰۹*	-	۰/۴۸۴
	۲۴۰ ثانیه	۰/۰۰۱*	۰/۴۸۴	-

* تفاوت معنی‌دار در سطح $P < ۰/۰۵$



نمودار ۱. میانگین و انحراف استاندارد آیریزین سرم

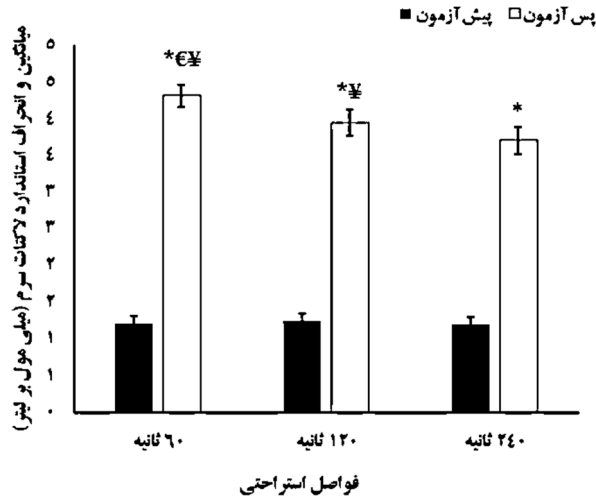
*: تفاوت معنی‌دار در پیش آزمون و پس آزمون؛ †: اختلاف معنی‌دار با گروه ۱۲۰ ثانیه؛ ‡: اختلاف معنی‌دار با گروه ۲۴۰ ثانیه

علاوه بر این نتایج آزمون تعقیبی توکی (جدول ۳) در پس آزمون تفاوت معناداری لاکتات سرم را در گروه ۶۰ ثانیه با ۱۲۰ ثانیه ($P = ۰/۰۰۱$) و ۲۴۰ ثانیه ($P = ۰/۰۰۱$) و گروه ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه ($P = ۰/۰۰۶$) را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج آزمون توکی برای مقایسه تغییرات لاکتات سرم در زمان‌های مختلف بین گروه‌ها

گروه‌ها	فواصل استراحتی	۶۰ ثانیه	۱۲۰ ثانیه	۲۴۰ ثانیه
گروه‌ها	۶۰ ثانیه	-	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱*
	۱۲۰ ثانیه	۰/۰۰۱*	-	۰/۰۰۶*
	۲۴۰ ثانیه	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۶*	-

* تفاوت معنی‌دار در سطح $P < ۰/۰۵$



نمودار ۲. میانگین و انحراف استاندارد لاکتات سرم

*: تفاوت معنی‌دار در پیش آزمون و پس آزمون؛ †: اختلاف معنی‌دار با گروه ۱۲۰ ثانیه؛ ‡: اختلاف معنی‌دار با گروه ۲۴۰ ثانیه

علاوه بر این نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون در جدول ۲ نشان داد که بین سطوح آیریزین سرم و لاکتات خون در پیش آزمون رابطه معناداری مشاهده نشد؛ در حالی که در پس آزمون در فواصل استراحتی مختلف ۶۰ ثانیه ($P = 0/002$) و ۱۲۰ ثانیه ($P = 0/032$) رابطه معناداری بین سطوح آیریزین سرم و لاکتات سرم مشاهده شد؛ در حالی که اختلاف معناداری بین لاکتات و آیریزین در تمرین مقاومتی با زمان استراحتی ۲۴۰ ثانیه مشاهده نشد ($P = 0/059$).

جدول ۴. نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون بین آیریزین سرم و لاکتات خون در پیش آزمون و پس آزمون

لاکتات خون				
۲۴۰ ثانیه	۱۲۰ ثانیه	۶۰ ثانیه		
$R = 0/042$	$R = 0/036$	$R = 0/38$	ضریب همبستگی	پیش آزمون
$P = 0/150$	$P = 0/0911$	$P = 0/825$	سطح معناداری	
$R = 0/220$	$R = 0/378$	$R = 0/498$	ضریب همبستگی	پس آزمون
$P = 0/059$	$P = 0/032*$	$P = 0/002*$	سطح معناداری	

*: نمایان‌گر رابطه معنی‌دار در بین متغیرها ($P < 0/05$)

بحث:

نتایج مطالعه‌ی حاضر افزایش معنی‌دار غلظت آیریزین سرم را بلافاصله بعد از فواصل استراحتی متفاوت فعالیت ورزشی مقاومتی نشان داد که بیش‌ترین افزایش در بین گروه‌ها با فواصل استراحتی متفاوت مربوط گروه با فاصله استراحتی ۶۰ ثانیه بوده است که براساس این نتایج؛ به نظر می‌رسد که افزایش سطوح آیریزین نه تنها ناشی از انجام فعالیت ورزشی مقاومتی بلکه تحت تأثیر فواصل استراحتی هم می‌باشد. لازم به ذکر است تا هنگام اجرای پژوهش حاضر، تحقیقی یافت نشد که اثر فعالیت مقاومتی با فواصل استراحتی متفاوت بر سطوح آیریزین سرم بررسی کند، همسو با نتایج مطالعه حاضر کیم و همکاران^۱ (۲۰۱۶) (۸) و لی و همکاران^۲ (۲۰۱۳) (۷) افزایش سطح آیریزین سرم به دنبال تمرینات مقاومتی گزارش کردند؛ در حالی متناقض با این یافته‌ها کردیو و همکاران^۳ (۲۰۱۴) اثرات یک ساعت ورزش شدید (۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) و همچنین ۱۲ هفته برنامه‌ی تمرینی شامل ۳ جلسه در هفته تمرین استقامتی همراه با مقاومتی را بر سطوح آیریزین سرم در افراد میان‌سال چاق و دارای اضافه‌وزن مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان کردند که آیریزین سرم و mRNA FNDC5 عضله‌ی اسکلتی با هیچ یک از مداخلات ورزشی تغییری نکرد (۳۳). با این حال، در مطالعه‌ی کوردیو نمونه‌های سرم یک ساعت بعد از ورزش حاد به دست آمدند، با توجه به اینکه اوج سطوح آیریزین جریان خون بلافاصله پس از ورزش می‌باشد؛ ممکن است این مدت زمان برای تشخیص افزایش حاد در آیریزین دیر باشد.

براساس نتایج مطالعات طی فعالیت ورزشی مقاومتی سطوح کلسیم درون سلولی (Ca^{2+})، مولکول‌های تنظیم‌کننده‌ی انرژی مانند AMP، ADP و گروه‌های فسفات آزاد (Pi) و گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) افزایش می‌یابد؛ این مواد منجر به فعال شدن عوامل تنظیم‌کننده‌ی (P38-MAPK, AMPK, CaMk) رونویسی و فعالیت PGC1- α می‌شوند و بدین طریق زمینه ترشح FNDC5 و آیریزین را فراهم می‌سازد. آیریزین حاصل شکست پروتئین غشایی FNDC5^۴ می‌باشد و عمدتاً توسط PGC1- α ^۵ تنظیم می‌شود (۸). این مابوکاین برخی از اثرات مفید فعالیت ورزشی را از طریق اتصال به گیرنده‌های ناشناخته‌ای در سطح بافت چربی سفید (WAT^۶) و بیان پروتئین جفت نشده‌ی ۱ (UCP1^۷) میانجی‌گری می‌کند و منجر به قهوه‌ای شدن بافت چربی سفید می‌گردد؛ این اثر آیریزین نیمرخ متابولیکی بافت چربی سفید را بهبود بخشیده و هزینه‌ی انرژی کل بدن را افزایش می‌دهد (۸). به نظر می‌رسد آیریزین در پاسخ به فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد و فعالیت ورزشی مقاومتی با فاصله استراحتی پایین محرک مناسبی برای ترشح آن می‌باشد. احتمالاً دلیل افزایش سطوح آیریزین افزایش سطح جریان خون و برخی از عوامل محرک PGC-1 α باشد.

علاوه بر این نتایج مطالعه حاضر افزایش معنی‌دار در غلظت لاکتات سرم را بلافاصله بعد از تمرین مقاومتی با فواصل استراحتی متفاوت نشان داد که بیش‌ترین افزایش در غلظت لاکتات سرم در گروه

1. Kim et al
2. Lee et al
3. Kuridova et al
4. Fibronectin type III domain containing 5

5. Peroxisome proliferator-activated receptor- γ coactivator-1 α
6. White adipose tissue
7. Uncoupling protein 1

تمرین مقاومتی با فاصله استراحتی ۶۰ ثانیه مشاهده شد. کرایمر و همکاران^۱ (۲۰۰۲) نشان دادند که طول وهله استراحتی بین دوره‌ها از نقش اساسی در طراحی برنامه‌های قدرتی برخوردار است (۱۵)؛ تغییر این عنصر می‌تواند پاسخ‌های سوخت و سازی، هورمونی و قلبی - عروقی، سطح لاکتات به تمرین مقاومتی را دست‌خوش تغییر کند (۱۶، ۳۴). هنگام فعالیت ورزشی با شدت بالا، در نتیجه‌ی درگیر شدن تعداد بیشتری از تارهای عضلانی غلظت لاکتات خون افزایش می‌یابد (۶، ۳۵). لاکتات یک مکانیسم فیزیولوژیکی برای تولید ROS است و ROS به طور مستقیم و یا از طریق افزایش کلسیم منجر به فعالیت CaMK می‌شود (۳۶). بدین منظور در مطالعه‌ی حاضر غلظت لاکتات خون مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که همسو با افزایش آیریزین، غلظت لاکتات نیز به دنبال فعالیت ورزشی مقاومتی افزایش یافته است و با وجود بالاتر بودن غلظت لاکتات خون در فواصل استراحتی کوتاه ۶۰ بوده که تفاوت معناداری با فواصل استراحتی ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه مشاهده شد؛ بنابراین، تغییرات ایجاد شده در لاکتات خون مانند آیریزین ناشی از فعالیت ورزشی مقاومتی بود و تحت تأثیر شیوه‌ی اجرای فعالیت مقاومتی با فواصل استراحتی متفاوت قرار داشت. در مطالعه‌ی حاضر بین فواصل استراحتی ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه فعالیت ورزشی مقاومتی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آیریزین سرم و لاکتات سرم مشاهده شد. این نتایج همسو با نتایج مطالعه سوزا جونیور و همکاران^۲ (۲۰۱۱) (۳۷)، میراندا و همکاران^۳ (۲۰۰۹) (۳۶) و سنا و همکاران^۴ (۲۰۰۹) (۳۸) می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد، لاکتات می‌تواند یک عامل مؤثر در ترشح آیریزین با توجه به سیگنالینگ بیان شده باشد و از آنجایی که مقادیر لاکتات خون به طور معنی‌داری تحت تأثیر فواصل استراحتی فعالیت قرار می‌گیرد (۶، ۳۵)؛ بنابراین، احتمالاً فواصل استراحتی ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه نسبت به فاصله استراحتی ۲۴۰ ثانیه به اندازه کافی بوده تا سبب ایجاد تغییر معنی‌دار در سطوح لاکتات و نهایتاً آیریزین شود.

به طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت ورزشی مقاومتی، صرف‌نظر از فواصل استراحتی متفاوت منجر به افزایش غلظت آیریزین سرم و لاکتات خون می‌شود. هرچند مکانیسم‌ها و عوامل محرک ترشح آیریزین به طور کامل شناخته نشده‌اند اما با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شده بین آیریزین سرم و لاکتات خون به دنبال فعالیت ورزشی مقاومتی با فواصل استراحتی ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه، می‌توان بیان کرد احتمالاً لاکتات به عنوان یک عامل بالادست بر ترشح آیریزین در مطالعه‌ی حاضر اثر مثبتی داشته است. با وجود این، با توجه به عدم اندازه‌گیری دیگر عوامل مؤثر بر فعالیت PGC1- α و ترشح آیریزین (Ca²⁺, ROS) و مولکول‌های تنظیم‌کننده‌ی انرژی (این مطالعه، برای روشن شدن بیشتر سازوکارهای احتمالی مؤثر بر تغییرات این مایوکین در نتیجه‌ی ورزش به مطالعات بیشتری نیاز می‌باشد.

1. Kraemer & et al
2. Souza-Junior et al

3. Miranda et al
4. Senna et al

References:

1. Greenberg AS, Obin MS. Obesity and the role of adipose tissue in inflammation and metabolism. *The American journal of clinical nutrition*. 2006;83(2):461S-5S.
2. Stegen S, Derave W, Calders P, Van Laethem C, Pattyn P. Physical fitness in morbidly obese patients: effect of gastric bypass surgery and exercise training. *Obesity surgery*. 2011;21(1):61-70.
3. De Onis M, Blössner M, Borghi E. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *The American journal of clinical nutrition*. 2010;92(5):1257-64.
4. Welc SS, Clanton TL. The regulation of interleukin- 6 implicates skeletal muscle as an integrative stress sensor and endocrine organ. *Experimental physiology*. 2013;98(2):359-71.
5. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology*. 2012;8(8):457-65.
6. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1-[agr]-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012;481(7382):463-8.
7. Lee P, Linderman JD, Smith S, Brychta RJ, Wang J, Idelson C, et al. Irisin and FGF21 are cold-induced endocrine activators of brown fat function in humans. *Cell metabolism*. 2014;19(2):302-9.
8. Kim H-J, Lee H-J, So B, Son JS, Yoon D, Song W. Effect of aerobic training and resistance training on circulating irisin level and their association with change of body composition in overweight/obese adults: a pilot study. *Physiological Research*. 2016;65(2):271.
9. Brenmoehl J, Albrecht E, Komolka K, Schering L, Langhammer M, Hoeflich A, et al. Irisin is elevated in skeletal muscle and serum of mice immediately after acute exercise. *International journal of biological sciences*. 2014;10(3):338.
10. Fain JN, Company JM, Booth FW, Laughlin MH, Padilla J, Jenkins NT, et al. Exercise training does not increase muscle FNDC5 protein or mRNA expression in pigs. *Metabolism*. 2013;62(10):1503-11.
11. Trapp E, Chisholm D, Freund J, Boutcher S. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International journal of obesity*. 2008;32(4):684-91.
12. Kelley GA, Kelley KS. Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive medicine*. 2009;48(1):9-19.
13. Pitsavos C, Panagiotakos D, Tambalis K, Chrysohoou C, Sidossis L, Skoumas J, et al. Resistance exercise plus to aerobic activities is associated with better lipids' profile among healthy individuals: the ATTICA study. *Qjm*. 2009; 8(2):83-90.
14. Winnick JJ, Gaillard T, Schuster DP. Resistance training differentially affects weight loss and glucose metabolism of White and African American patients with type 2 diabetes mellitus. *Ethnicity and Disease*. 2008;18(2):152.
15. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(2):364-80.
16. Kraemer W, Noble B, Clark M, Culver B. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International journal of sports medicine*. 1987;8(04):247-52.

17. Machado M, Koch AJ, Willardson JM, Pereira LS, Cardoso MI, Motta MK, et al. Effect of varying rest intervals between sets of assistance exercises on creatine kinase and lactate dehydrogenase responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(5):1339-45.
18. Norheim F, Langleite TM, Hjorth M, Holen T, Kielland A, Stadheim HK, et al. The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 α , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *FEBS Journal*. 2014;281(3):739-49.
19. McKendry J, Pérez-López A, McLeod M, Luo D, Dent JR, Smeuninx B, et al. Short inter-set rest blunts resistance exercise-induced increases in myofibrillar protein synthesis and intracellular signalling in young males. *Experimental physiology*. 2016;101(7):866-82.
20. Balsamo S, Tibana RA, Nascimento DdC, Franz CB, Lyons S, Faigenbaum A, et al. Exercise order influences number of repetitions and lactate levels but not perceived exertion during resistance exercise in adolescents. *Research in Sports Medicine*. 2013;21(4):293-304.
21. Bellezza PA, Hall EE, Miller PC, Bixby WR. The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(1):203-8.
22. Nooijen CF, de Groot S, Postma K, Bergen MP, Stam HJ, Busmann J, et al. A more active lifestyle in persons with a recent spinal cord injury benefits physical fitness and health. *Spinal Cord*. 2012;50(4):320-3.
23. Reguli Z, Bernaciková M, Kumstát M, Reguli Z, Bernaciková M, Kumstát M. Anthropometric Characteristics and Body Composition in Aikido Practitioners. *Int j morphol*. 2016;34(2):417-23.
24. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *British journal of nutrition*. 1978;40(03):497-504.
25. Senna GW, Willardson JM, Scudese E, Simão R, Queiroz C, Avelar R, et al. Effect of different intersets rest intervals on performance of single and multijoint exercises with near-maximal loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(3):710-6.
26. Figueiredo T, Willardson JM, Miranda H, Bentes CM, Reis VM, de Salles BF, et al. Influence of rest interval length between sets on blood pressure and heart rate variability after a strength training session performed by prehypertensive men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016;30(7):1813-24.
27. Greenhalgh S. Neoliberal science, Chinese style: Making and managing the 'obesity epidemic'. *Social Studies of Science*. 2016;46(4):485-510.
28. Escobar RG, Munoz KT, Dominguez A, Banados P, Bravo MJ. Maximal isometric muscle strength values obtained By hand- held dynamometry in children between 6 and 15 years of age. *Muscle & nerve*. 2017;55(1):16-22.
29. Materko W, Neves CEB, Santos EL. Prediction model of a maximal repetition (1RM) based on male and female anthropometrical characteristics. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007;13(1):27-32.
30. Edwards NM, Kalkwarf HJ, Woo JG, Khoury PR, Daniels SR, Urbina EM. Child Physical Activity Associations with Cardiovascular Risk Factors Differ by Race. *Pediatric exercise science*. 2016;28(3):397-406.
31. Zhang HJ, Pan LL, Ma ZM, Chen Z, Huang ZF, Sun Q, et al. Long-term effect of exercise on improving fatty liver and cardiovascular risk factors in obese adults: A 1-year follow-up study. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2017;19(2):284-9.

32. García-Hermoso A, Ceballos-Ceballos R, Poblete-Aro C, Hackney A, Mota J, Ramírez-Vélez R. Exercise, adipokines and pediatric obesity: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Obesity*. 2016; 3(2):14-21.
33. Kurdiova T, Balaz M, Vician M, Maderova D, Vlcek M, Valkovic L, et al. Effects of obesity, diabetes and exercise on Fndc5 gene expression and irisin release in human skeletal muscle and adipose tissue: in vivo and in vitro studies. *The Journal of physiology*. 2014;592(5):1091-107.
34. Rahimi R, Rohani H, Ebrahimi M. Effects of very short rest periods on testosterone to cortisol ratio during heavy resistance exercise in men. *Apunts Medicina de l'Esport*. 2011;46(171):145-9.
35. Norheim F, Langleite TM, Hjorth M, Holen T, Kielland A, Stadheim HK, et al. The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 α , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *The FEBS journal*. 2014;281(3):739-49.
36. Miranda H, Simão R, Moreira LM, de Souza RA, de Souza JAA, de Salles BF, et al. Effect of rest interval length on the volume completed during upper body resistance exercise. *Journal of sports science & medicine*. 2009;8(3):388.
37. Souza-Junior TP, Willardson JM, Bloomer R, Leite RD, Fleck SJ, Oliveira PR, et al. Strength and hypertrophy responses to constant and decreasing rest intervals in trained men using creatine supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2011;8(1):17.
38. Senna G, Salles BF, Prestes J, Mello RA, Roberto S. Influence of two different rest interval lengths in resistance training sessions for upper and lower body. *Journal of sports science & medicine*. 2009;8(2):197.