



اثر یک جلسه فعالیت ورزشی کراس فیت در شرایط ناشتایی و سیری بر سطوح سرمی آنزیم‌های پیرووات دهیدروژناز کیناز ۴ (PDK-4) و کارنیتین پالمیتوئیل ترانسفراز ۱ (CPT-1) و ارتباط آن‌ها با سطوح گلوکز، لاکتات و نیمرخ لیپید خون زنان فعال دانشجوی

مریم ابراهیمی^{۱*}

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲۰

چکیده

هدف: در این مطالعه سطح آنزیم‌های پیرووات دهیدروژناز کیناز ۴ (PDK-4) و کارنیتین پالمیتوئیل ترانسفراز ۱ (CPT-1) و ارتباط آن‌ها با سطوح گلوکز، لاکتات و نیمرخ لیپید خون در پاسخ به یک جلسه فعالیت کراس فیت در شرایط ناشتایی و سیری مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار: بیست و سه دانشجوی علوم ورزشی زن سالم با حداقل ۳ سال سابقه تمرین منظم به شکل تصادفی در ۴ گروه کنترل ناشتا (سن: $19/60 \pm 0/55$ سال)، کنترل سیر (سن: $20/17 \pm 0/98$ سال)، کراس فیت ناشتا (سن: $20/33 \pm 0/52$ سال) و کراس فیت سیر (سن: $19/38 \pm 0/75$ سال) قرار گرفتند. در پایان جلسه میزان سختی کار با مقیاس OMNI سنجیده شده و نمونه‌گیری خون وریدی از آزمودنی‌ها انجام شد. از آزمون‌های آنالیز واریانس دو سویه و همبستگی پیرسون در سطح آلفای ۰/۰۵ در SPSS 22 برای بررسی فرضیه‌های پژوهش استفاده گردید.

یافته‌ها: میانگین سطوح گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول، HDL، LDL، کراس فیت و PDK-4 بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت. سطح پلاسمایی لاکتات در گروه‌های فعالیت ورزشی کراس فیت نسبت به گروه‌های کنترل بالاتر بود ($P = 0/045$). سطح سرمی PDK-4 ارتباط مثبت معنی‌دار با CPT-1 ($P = 0/007$)، ($r = 0/550$) و ارتباط منفی معنی‌داری با سطح پلاسمایی لاکتات داشت ($P = 0/003$)، ($r = -0/600$).

نتیجه‌گیری: وضعیت سیری و ناشتایی تأثیری بر شاخص‌های متابولیک مد نظر در حالت استراحت و فعالیت نداشت. سطوح بالاتر لاکتات پس از فعالیت ورزشی کراس فیت و عدم تفاوت سطوح PDK-4 و CPT-1 با وضعیت استراحتی، احتمالاً نشان از سهم بیشتر گلوکز در تولید انرژی از مسیرهای هوازی و بی‌هوازی در این پروتکل دارد.

واژگان کلیدی: آنزیم‌های متابولیک، فعالیت عملکردی، متابولیسم

۱. استادیار دانشگاه گیلان

*نشانی الکترونیک نویسنده مسئول: maryam.ebrahimi@guilan.ac.ir

مقدمه

تخصصی PDK-4 در عضله ۸ برابر ایزوفرم‌های دیگر PDK بوده و افزایش سطوح سرمی آن به دنبال فعالیت احتمالاً نشان از افزایش بیان ژن آن در بافت عضله دارد [Constantin-Teodosiu, 2013]. [41]# تنظیم مثبت بیان PDK-4 با فعالیت در گرسنگی و نه در سیری نیز گزارش شده است (۵)، همچنین مطالعات افزایش ۵ تا ۸ برابری بیان آن به دنبال فعالیت تداومی و یا تناوبی را نیز نشان داده‌اند (۲۴).

از طرف دیگر، کارنیتین پالمیتوئیل ترانسفراز^۱ (CPT-1) کنترل کننده بتا اکسیداسیون میتوکندریایی بوده و برداشت اسیدهای چرب بلند زنجیر را به عهده دارد. زمانی که منبع سوخت میتوکندریایی و انرژی سلولی بالا باشد، مالونیل کوآ تولید می‌شود که مهارکننده بالقوه CPT-1 می‌باشد (۱۸). یکی از مکانیسم‌های پیشنهادی برای آثار سودمند تمرینات شدید تنظیم سوخت‌وساز اسیدهای چرب از طریق CPT-1 می‌باشد (۳). فعالیت CPT-1 به وجود کارنیتین نیاز دارد. کارنیتین آزاد در فعالیت‌های سبک تغییری نمی‌کند اما با افزایش شدت فعالیت به تدریج کاهش می‌یابد. از آنجا که کارنیتین برای تسهیل برداشت میتوکندریایی اسیدهای چرب ضروری است، کاهش مقادیر کارنیتین در فعالیت شدید می‌توان توجیه مناسبی برای تفاوت نرخ

تمرین و فعالیت بدنی، یکی از شرایطی است که می‌تواند انتخاب سوخت برای اکسیداسیون را تغییر دهد. در طول تمرین با شدت‌های پائین، تارهای عضلانی اکسیداتیو برای تولید انرژی به اکسیداسیون چربی متکی هستند؛ در حالی که در تمرینات شدیدتر، افزایش مصرف ATP باعث تغییر سوخت‌وساز از اکسیداسیون اسید چرب به اکسیداسیون گلوکز می‌شود. این انعطاف‌پذیری متابولیک برای حفظ هومئوستاز بدن و تأمین سوخت عضلات در شرایط مختلف حیاتی است (۱).

انعطاف‌پذیری متابولیک در طول فعالیت در سطح کمپلکس پیرووات دهیدروژناز^۲ (PDC) تنظیم می‌شود. PDC دکرکسیلاسیون اکسیداتیو پیرووات به استیل کوآ را کاتالیز کرده و از این رو متابولیسم اسید چرب، گلوکز و سیکل کربس را به هم مرتبط می‌کند (۲۵). مهار PDC در گرسنگی با کاهش نیاز به گلکونوژنز از اسیدهای آمینه گلکونوژنیک، باعث حفظ پروتئین‌های بدن نیز می‌شود. از این رو، کنترل PDC نقش مهمی در انتخاب سوخت عضلانی در شرایط تغذیه‌ای مختلف ایفا می‌کند. پیرووات دهیدروژناز کیناز^{۲۴} (PDK-4) که در بافت‌های متابولیک بیان می‌شود، با فسفریلاسیون PDC فعالیت آن را کاهش می‌دهد (۱۵). فعالیت

3. Carnitine Palmitoyltransferase 1

1. Pyruvate dehydrogenase complex
2. Pyruvate dehydrogenase kinase 4

سرشانه^۳، ددلیفت^۴ و ... می باشد (۱۳)، به دلیل برنامه ریزی آسان، مدت زمان کوتاه، تجهیزات کم، ارزان و قابل تهیه، درگیر کردن گروه های عضلانی بیشتر و قابلیت تعدیل نسبت به سطوح آمادگی جسمانی مختلف، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (۱۲، ۱۷). مقادیر VO_2 ، نسبت تبادل تنفسی^۵ (RER) و سطح بالای لاکتات که به دنبال ۱۰ دقیقه فعالیت کراس فیت گزارش شده است، حاکی از هزینه متابولیک بالا و مشارکت سیستم بی هوازی می باشد (۷).

با این وجود که HIFT به ویژه در وضعیت گرسنگی بسیار مورد توجه و استفاده قرار گرفته است، اما آثار فیزیولوژیک و مسیرهای تنظیم کننده متابولیک در این گونه تمرینات به خوبی روشن نشده و مکانیسم اثر فعالیت عملکردی بر انعطاف پذیری متابولیک، به ویژه در شرایط سیری و گرسنگی مشخص نیست. با توجه به مبنای نظری ذکر شده و نقش آنزیم های متابولیک مورد نظر در اکسیداسیون چربی و کربوهیدرات و با فرض این که فعالیت عملکردی در وضعیت گرسنگی و سیری مسیرهای متابولیک مختلفی را فعال خواهد کرد، پاسخ متابولیک یک جلسه فعالیت کراس فیت در سیری و ناشتایی مورد بررسی قرار گرفت.

اکسیداسیون چربی ها در شدت های مختلف فعالیت باشد (۱۸).

برخی از محققان تمرین در گرسنگی برای افزایش چربی سوزی، بهبود عملکرد و سازگاری های بیشتر را پیشنهاد نموده اند (۱۴). این در حالی است که گزارش شده است مصرف وعده غذایی پیش از فعالیت نیز باعث بهبود عملکرد می شود (۲). به علاوه، گزارش شده است که گرسنگی کوتاه مدت قبل از جلسه تمرینی نسبت به ناشتایی شبانه، اکسیداسیون چربی در طول تمرین را بیشتر تحریک می کند. گروهی دیگر از پژوهشگران مشاهده کرده اند که صرف صبحانه قبل از جلسه تمرینی در مقایسه با ناشتایی شبانه، جریان گلوکز بعد از تمرین را بیشتر افزایش می دهد (۱۰).

تمرینات عملکردی شدید^۱ (HIFT) جزء ۱۰ مدل برتر تمرینی هستند (۲۰) که به دلیل تنوع، زمان کوتاه و پیامدهای مثبت در سلامتی، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. این مدل تمرینات برای افراد لذت بخش تر بوده و با وجود شدت بیشتر تمرین، پایداری آنها به جلسات تمرینی را بیشتر می کند (۲۱).

از میان تمرینات HIFT، الگوی تمرین کراس فیت که مبتنی بر تمرینات گوناگون تک ساختاری (دویدن، پاروزدن و ...)، حرکات با استفاده از وزن بدن (اسکوات، شنا و ...) و انواع کار با وزنه (اسنچ^۲، پرس

3. Shoulder press

4. Deadlift

5. Respiratory exchange ratio

1. High intensity functional training

2. Snatch

روش پژوهش

پژوهش حاضر مطالعه‌ای با طرح تحقیق موازی (گروه‌های تجربی و کنترل) و تصادفی بود که مطابق با استانداردهای GCP^۱ و SPIRIT^۲ طراحی شد. این پژوهش با کد IR.GUMS.REC.1398.002 توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی گیلان تأیید و در سامانه IRCT^۳ ثبت شده است (IRCT20190213042702N1).

جامعه آماری پژوهش حاضر، دانشجویان زن رشته علوم ورزشی دانشگاه گیلان و محل انجام پژوهش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان بود. اندازه نمونه با توجه به طرح تحقیق، در سطح $\alpha=0/05$ و توان ۸۰٪ و با مقادیر قابل انتظار متغیرهای پژوهش، تعداد ۶ نفر در هر گروه محاسبه شد. پس از اعلام فراخوان، ۳۶ نفر برای این کار داوطلب شدند که پس از بررسی‌های آنتروپومتریک و معاینات بالینی، تعداد ۲۴ نفر با شرایط عدم ابتلا به بیماری‌های متابولیک، پرسشنامه PAR-Q طبیعی، شاخص توده بدنی بین ۱۹ تا ۲۵، عدم آسیب‌های اسکلتی-عضلانی، عدم مصرف مکمل‌های ورزشی و یا داروها و حداقل ۳ سال تمرین منظم و قادر به انجام فعالیت کراس‌فیت به عنوان نمونه انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری قد و وزن با دستگاه

SECA، شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها به صورت نسبت وزن به مجذور قد، درصد چربی با استفاده از کالیپر لافایت به صورت اندازه‌گیری چین پوستی ۳ نقطه‌ای به روش جکسون-پولاک^۴، حداکثر اکسیژن مصرفی با آزمون کوپر و میزان متابولیسم پایه با استفاده از معادله میفلین^۵ تخمین زده شدند (جدول ۱). آزمودنی‌ها پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه آگاهانه، به طور تصادفی در ۲ گروه سیر و ناشتا قرار گرفته و افراد هر گروه نیز به طور تصادفی به زیرگروه‌های ۶ نفره بی‌تمرین (کنترل) و فعالیت ورزشی کراس‌فیت تقسیم شدند (جدول ۱). ۱ نفر از آزمودنی‌های گروه بی‌تمرین ناشتا در روز آزمون حاضر نشد.

1. Good clinical practice
2. Standard Protocol Items: Recommendations for Interventional Trials
3. Iran Registry of Clinical Trials

4. Jackson-pollock
5. Mifflin

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها

متغیر	گروه بی تمرین		گروه ناشتا	
	بی تمرین (n = ۶)	سیر (n = ۶)	کراس فیت (n = ۶)	کراس فیت (n = ۶)
سن (سال)	۱۹/۶۰ ± ۰/۵۵	۲۰/۱۷ ± ۰/۹۸	۲۰/۳۳ ± ۰/۵۲	۱۹/۳۸ ± ۰/۷۵
وزن (کیلوگرم)	۶۲/۴۲ ± ۷/۴۰	۵۸/۳۵ ± ۷/۲۲	۵۷/۶۸ ± ۸/۶۲	۶۲/۹۳ ± ۶/۰۱
قد (سانتی‌متر)	۱۶۸/۵۶ ± ۵/۴	۱۶۴/۰۳ ± ۶/۱۱	۱۶۱/۴۰ ± ۶/۲۶	۱۶۵/۷۷ ± ۳/۱۰
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۱/۹ ± ۱/۵۰	۲۱/۶۵ ± ۱/۸۱	۲۲/۰۶ ± ۲/۲۱	۲۲/۹۳ ± ۲/۴۳
درصد چربی	۳۱/۶۲ ± ۳/۹۹	۳۴/۴۵ ± ۲/۲۵*	۲۸/۸۱ ± ۶/۷۷	۳۴/۲۳ ± ۳/۶۹
VO ₂ max (کیلوگرم/دقیقه/میلی لیتر)	۳۹/۰۶ ± ۲/۳۹	۳۸/۷۳ ± ۶/۳۷	۴۰/۴۴ ± ۲/۰۵	۴۱/۲۵ ± ۵/۱۵
BMR (کیلوکالری)	۱۴۱۸/۷ ± ۱۰۷/۲	۱۳۴۶/۹ ± ۹۹/۵	۱۳۲۲/۹ ± ۱۲۰/۵	۱۴۰۵/۲ ± ۶۱/۹۴
کالری مصرفی ۲۴ ساعت قبل	۱۴۴۹/۰ ± ۱۱۸/۸	۱۲۸۱/۸ ± ۱۹۱/۴	۱۳۲۳/۱ ± ۲۵۳/۸	۱۴۱۷/۳ ± ۱۳۵۹

*تفاوت معنی‌دار با گروه بی‌تمرین ناشتا ($p < 0.05$)

پروتکل فعالیت ورزشی

آزمودنی‌ها پس از ۱۵ دقیقه گرم کردن، به مدت ۲۰ دقیقه و بدون استراحت به ترتیب ۱۰۰ متر دو، ۱۰ تکرار شنا و ۵ تکرار حرکت اسکوات با هالتر با وزنه‌ای معادل ۳۰٪ وزن خود را تکرار کردند (۹). پس از اتمام فعالیت و ۱۰ دقیقه سرد کردن، از مقیاس ۱۰ رتبه‌ای OMNI برای بررسی میزان درک فشار کار استفاده شد و نمونه‌های خون آزمودنی‌ها از ورید بازویی گرفته شده و برای بررسی به آزمایشگاه پاتوبیولوژی رازی رشت منتقل شدند.

کنترل و ارزیابی تغذیه‌ای

از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۷۲ ساعت قبل از آزمون از مصرف کافئین و انجام فعالیت شدید خودداری کرده و یادآمد غذایی ۲۴ ساعته قبل از آزمون را تکمیل نمایند. وعده غذایی شب قبل از آزمون برای همه افراد مشابه بود (اسپاگتی با سس گوشت؛ حاوی حدوداً ۲۸۴ کیلوکالری، ۶۹٪ کربوهیدرات، ۲۰٪ پروتئین و ۱۱٪ چربی) و از ساعت ۱۲ شب تنها مجاز به نوشیدن آب بودند. میزان کالری مصرفی آزمودنی با استفاده از ارزش غذایی مواد تخمین زده شد (جدول ۱). یک ساعت پیش از انجام آزمون، آزمودنی‌ها در گروه‌های سیر صبحانه مشابهی شامل ۱ عدد تخم‌مرغ پخته، ۲ تکه نان جو کامل، ۲ عدد خرما و ۲۰۰ میلی‌لیتر آب پرتقال (حدوداً ۳۳۲ کیلوکالری، ۷۴٪ کربوهیدرات، ۱۸٪ پروتئین و ۸٪ چربی) مصرف کرده و آزمودنی‌ها در گروه‌های ناشتا بدون صرف صبحانه به همان شرایط باقی ماندند.

گروه سیر	گروه ناشتا	۸ صبح
صرف صبحانه	-----	۸:۴۵ صبح
۱۵ دقیقه گرم کردن	۱۵ دقیقه گرم کردن	۹ صبح
۲۰ دقیقه کراس فیت	۲۰ دقیقه کراس فیت	۹:۲۰ صبح
۱۰ دقیقه سرد کردن	۱۰ دقیقه سرد کردن	۹:۳۰
نمونه گیری		

شکل ۱. طرح شماتیک پژوهش

اندازه گیری متغیرها

نمونه های سرم برای اندازه گیری نیم رخ لیپید (به روش کالری متری آنزیمی؛ با استفاده از کیت های شرکت پارس آزمون و Bionik)، گلوکز (به روش گلوکز اکسیداز؛ با استفاده از کیت Bionik)، CPT-1 (به روش الایزا؛ با استفاده از کیت ZellBio، ساخت کشور آلمان، با حساسیت ۰/۰۵ نانوگرم به میلی لیتر) و PDK-4 (به روش الایزا؛ با استفاده از کیت ZellBio آلمان با حساسیت ۰/۹ نانوگرم به میلی لیتر) و نمونه های پلاسمایی برای سنجش غلظت لاکتات (به روش کالری متری آنزیمی، با استفاده از کیت Biorex Fars) استفاده شدند.

روش های آماری

تجزیه و تحلیل آماری در سطح آلفای ۰/۰۵ و در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. آزمون شاپیروویلک برای بررسی توزیع داده ها و آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس ها استفاده شده و میانگین متغیرها در گروه های مختلف توسط آزمون آنالیز واریانس دو سویه مورد بررسی قرار گرفتند. از آزمون t مستقل نیز برای بررسی مقیاس OMNI استفاده شد. همچنین

ارتباط بین سطوح آنزیم ها با متغیرها نیز با آزمون پیرسون بررسی شد.

یافته ها

میانگین سن، شاخص توده بدنی، VO_2max ، BMR و کالری مصرفی آزمودنی ها در گروه های مختلف تفاوت معنی داری نداشت، اما درصد چربی گروه سیر بی تمرین به طور معنی داری بالاتر از گروه بی تمرین ناشتا بود ($P=0/041$) (جدول ۱). این موضوع به شکل مثبتی نیز با مقادیر LDL ($r=0/512$, $P=0/015$)، BMR ($r=0/533$, $P=0/009$)، BMI ($r=0/630$, $P=0/001$) و میزان کالری مصرفی آزمودنی ها ($r=0/438$, $P=0/037$) همبسته بود. همچنین، فعالیت کراس فیت در شرایط سیری ($0/82 \pm 6/33$) و شرایط ناشتایی ($0/82 \pm 5/67$) از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشت ($P=0/188$).

سطوح سرمی گلوکز و نیم رخ لیپید: میانگین سطوح گلوکز، TG، کلسترول تام،

از طرفی، با توجه به نتایج آزمون همبستگی پیرسون، سطح سرمی PDK-4 ارتباط معنی دار مثبتی با CPT-1 ($P = 0/007$)، $r = 0/550$ و ارتباط منفی معنی داری با سطح پلاسمایی لاکتات داشت ($P = 0/003$)، $r = -0/600$.

LDL و HDL سرم بین گروه‌ها تفاوت معنی داری نداشت. غلظت پلاسمایی لاکتات: غلظت لاکتات در آزمودنی‌های گروه کراس فیت فارغ از شرایط تغذیه‌ای به شکل معنی داری بالاتر از گروه بی‌تمرین مشاهده شد ($P = 0/045$). سطح سرمی PDK-4 و CPT-1: میانگین سطح سرمی PDK-4 و CPT-1 نیز بین گروه‌های پژوهش معنی دار نبود.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش

متغیر	گروه		ناشتا		سیر	
	بی تمرین	کراس فیت	کراس فیت	بی تمرین	کراس فیت	بی تمرین
گلوکز (mg/dL)	۸۳/۴۰ ± ۳/۲۹	۸۱/۳۳ ± ۶/۲۸	۸۹/۱۷ ± ۸/۶۴	۸۵/۸۳ ± ۱۱/۰۵		
TG (mg/dL)	۶۸/۲۰ ± ۱۶/۳۵	۷۷/۳۳ ± ۱۹/۳۰	۱۰۵/۴۸ ± ۱۷/۴۷	۹۶/۶۷ ± ۳۵/۷۲		
Chol (mg/dL)	۱۶۵/۴۰ ± ۲۳/۴۳	۱۵۹/۱۷ ± ۲۳/۱۶	۱۵۹/۶۷ ± ۲۲/۳۳	۱۴۹/۸۳ ± ۲۲/۸۲		
LDL (mg/dL)	۹۶/۶۰ ± ۱۹/۴۵	۹۱/۳۳ ± ۲۱/۶۸	۸۸/۶۷ ± ۱۸/۹۱	۸۱/۶۷ ± ۲۰/۰۲		
HDL (mg/dL)	۵۵/۰۰ ± ۵/۳۴	۵۲/۳۳ ± ۸/۴۸	۵۰/۱۷ ± ۸/۴۵	۴۸/۸۳ ± ۷/۷۳		
لاکتات (mmol/L)	۱/۹۷ ± ۰/۳۴	۲/۷۳ ± ۰/۸۳*	۲/۲۲ ± ۰/۲۹	۲/۴۳ ± ۰/۲۷*		
PDK-4 (ng/dL)	۱۰/۳۶ ± ۰/۲۵	۹/۸۰ ± ۱/۸۷	۱۰/۲۰ ± ۱/۱۹	۹/۰۲ ± ۲/۲۸		
CPT-1 (ng/dL)	۰/۴۵ ± ۰/۰۴	۰/۴۰ ± ۰/۰۷	۰/۳۵ ± ۰/۱۱	۰/۳۵ ± ۰/۱۲		

*تفاوت معنی دار با گروه بی‌تمرین ($\alpha = 0/05$)

بحث

بررسی پاسخ شاخص‌های منتخب متابولیک به یک جلسه فعالیت کراس فیت در سیری یا ناشتایی نشان داد که به جز سطح پلاسمایی لاکتات، هیچ‌کدام از متغیرها تفاوت معنی داری بین گروه‌ها نداشتند. تنها یک مطالعه افزایش سطح گلوکز خون به دنبال یک جلسه فعالیت کراس فیت با دو ترکیب

تمرینی متفاوت را در پاسخ به افزایش سطح کاتکولامین‌ها گزارش کرده است (۲۲) که با نتایج ما در تضاد بود. مطالعات بلندمدت نیز (۱۴) هفته تمرین کراس فیت تأثیری بر سطح گلوکز خون مشاهده نکرده‌اند (۸). همچنین، مطالعات محدودی که نیم‌رخ لیپید به دنبال فعالیت کراس فیت را

یافته‌های پژوهش حاضر در تضاد است. با آن که مطالعات کمی پیامدهای متابولیک فعالیت کراس‌فیت را بررسی نموده‌اند، بالارفتن سطح لاکتات از آغاز این‌گونه تمرینات و تا ۳۰ دقیقه پس از فعالیت گزارش شده است که با نتایج ما همسو می‌باشد (۷، ۲۳). همچنین، برخی از محققان تفاوت‌هایی بین نوع حرکات استفاده شده در فعالیت کراس‌فیت بیان نموده (۱۶) و برخی تفاوتی ندیده‌اند (۶).

پیرووات، مهارکننده PDK-4 می‌باشد و تولید آن در فعالیت‌های شدید که مبتنی بر استفاده از گلیکوژن به عنوان سوخت می‌باشند، از فعالیت کاتالیتیک پیرووات‌دهیدروژناز پیشی گرفته و تولید لاکتات اتفاق می‌افتد. در فعالیت‌های با شدت پائین، تولید و اکسیداسیون پیرووات تقریباً برابر بوده و افزایش سطح لاکتات مشاهده نمی‌شود. (۱۱). مشاهده سطوح بالاتر لاکتات در گروه‌های با فعالیت کراس‌فیت در هر دو وضعیت سیری و ناشتایی در این پژوهش و ارتباط منفی آن با سطوح PDK-4 می‌تواند حاکی از افزایش تولید پیرووات باشد.

از سوی دیگر، با این که میانگین سطوح CPT-1 بین گروه‌ها معنی‌دار نبود، ارتباط مثبتی با سطوح سرمی PDK-4 مشاهده شد. مهار CPT-1 کبدی در وضعیت سیری، اکسیداسیون اسیدهای چرب را به حداقل رسانده و آن‌ها را به سمت استریفه شدن هدایت می‌کند. از طرفی مطالعات

اندازه‌گیری کرده بودند، گزارش کرده‌اند که یک جلسه فعالیت کراس‌فیت (۱۹) و ۱۴ هفته فعالیت کراس‌فیت تأثیری بر نیم‌رخ لیپید نداشتند با این که ۱۴ هفته تمرین ترکیب بدنی را بهبود بخشید (۸).

میانگین سطوح PDK-4 و CPT-1 به دنبال یک جلسه فعالیت کراس‌فیت در وضعیت سیری و ناشتایی نیز تفاوت معنی‌داری نداشت. پژوهشی که اثر مستقیم فعالیت کراس‌فیت بر این دو آنزیم متابولیک را بررسی کرده باشد، یافت نشد اما افزایش PDK-4 در وضعیت ناشتایی گزارش شده بود که با نتایج پژوهش حاضر در تضاد است (۵). در ارتباط با فاکتورهای اثرگذار بر این آنزیم‌ها مشاهده شده است که PDC در سیری، به فعال‌ترین وضعیت دفسفریله خود تبدیل می‌شود تا پیرووات را به سمت سیکل کربس هدایت کند. فعالیت PDC به شدت توسط PDKها کنترل می‌شود که از آن میان PDK-4 از عوامل تغذیه‌ای و هورمونی نیز تأثیر می‌پذیرد. در وضعیت ناشتایی، PDC در بیشتر بافت‌های بدن غیرفعال می‌شود. کاهش سطوح انسولین و افزایش سطح گلوکوکورتیکوئیدها و اسیدهای چرب سرم باعث بیان PDK-4 در عضله، کلیه، کبد و قلب می‌شود که با مهار فعالیت PDC، کاهش تبدیل پیرووات به استیل‌کوآ را به دنبال خواهد داشت (۱۵).

از طرفی، نشان داده شده است که بیان PDK-4 به دنبال فعالیت مداوم و یا اینتروال افزایش می‌یابد (۲۴) که با

بیشتری در تأمین انرژی از مسیرهای هوازی و بی‌هوازی در این پروتکل داشته باشد. پیشنهاد می‌شود که سطوح پیرووات دهیدروژناز و کارنیتین نیز مورد بررسی قرار گیرند تا این مسیر متابولیک در فعالیت کراس فیت روشن‌تر شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی به شماره ۲۰۴۴۶۴ پ ۱۵ و بخشی از آن با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه گیلان انجام شده است.

حیوانی نشان می‌دهند که تمرین اینتروال شدید بیان CPT-1 را افزایش می‌دهد (۴). در مطالعه حاضر سطح CPT-1 در وضعیت سیری و ناشتایی و همچنین در فعالیت تفاوتی نداشت. گمان می‌شود کارنیتین که برای فعالیت CPT-1 ضروری است، فعالیت پیرووات دهیدروژناز را تحریک کرده و مانع از تجمع لاکتات می‌شود (۱۸). با توجه به بالا بودن سطوح لاکتات به دنبال فعالیت کراس فیت و عدم تفاوت معنی‌دار CPT-1 و PDK-4 و با توجه به ارتباط به این متغیرها احتمال آن می‌رود که گلوکز نقش

منابع

1. Adeva-Andany M, López-Ojén M, Funcasta-Calderón R, Ameneiros-Rodríguez E, Donapetry-García C, Vila-Altesor M, et al. (2014). Comprehensive review on lactate metabolism in human health. *Mitochondrion*.17:76-100.
2. Aird TP, Davies RW, Carson BP. (۲۰۱۸). Effects of fasted vs fed-state exercise on performance and post-exercise metabolism: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*.28(5):1476-93.
3. Astorino TA, Schubert MM. (2018). Changes in fat oxidation in response to various regimes of high intensity interval training (hiit). *European Journal of Applied Physiology*.118(1):51-63.
4. Carnevali Jr L, Eder R, Lima W, Gonçalves D, Zanchi N, et al. (2012). Effects of high-intensity intermittent training on carnitine palmitoyl transferase activity in the gastrocnemius muscle of rats. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*.45(8):777-83.
5. Cluberton L, McGee SL, Murphy RM, Hargreaves M. (2005). Effect of carbohydrate ingestion on exercise-induced alterations in metabolic gene expression. *J Appl Physiol*.99:1359-63.
6. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Podgórski T, Łoniewski I, Zawieja BE, Warzybok M, et al. (2018). The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on crossfit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. *PloS one*.13(5):e0197480.
7. Escobar KA, Morales J, Vandusseldorp TA. (2017). Metabolic profile of a crossfit training bout. *Journal of Human Sport and Exercise*.12(4):1248-55.
8. Eun-Ju C, Wi-Young S, Jeong TT. (2017). Effects of the crossfit exercise data analysis on body composition and blood profiles. *Iranian journal of public health*.46(9):1193-203.
9. Glassman G. (2010). Crossfit level 1. Training guide seminars training guide reference. *CrossFit Journal*, May.15.

10. Hall UA, Edin F, Madsen K. (2015). Whole-body fat oxidation increases more by prior exercise than overnight fasting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.47(5S):826.
11. Heigenhauser GJ, Parolin ML. Role of pyruvate dehydrogenase in lactate production in exercising human skeletal muscle. (Springer;1999). *Hypoxia*. p. 205-18.
12. Heinrich KM, Becker C, Carlisle T, Gilmore K, Hauser J, Frye J, et al. (2015). High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: A pilot study. *European journal of cancer care*.24(6):812-7.
13. Jacob N, Novaes JS, Behm DG, Vieira JG, Dias MR, Vianna JM. (2020). Characterization of hormonal, metabolic, and inflammatory responses in crossfit® training: A systematic review. *Frontiers in Physiology*.11.
14. Jaspers RT, Zillikens MC, Friesema EC, delli Paoli G, Bloch W, Uitterlinden AG, et al. (2017). Exercise, fasting, and mimetics: Toward beneficial combinations? *The FASEB Journal*.31(1):14-28.
15. Jeoung NH, Harris RA. (2010). Role of pyruvate dehydrogenase kinase 4 in regulation of blood glucose levels. *Korean diabetes journal*.34(5):274-83.
16. Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, Cañuelo-Márquez AM, Guodemar-Pérez J, García-Fernández P, et al. (2018). Cardiometabolic and muscular fatigue responses to different crossfit® workouts. *Journal of sports science & medicine*.17(4):668.
17. Murawska-Cialowicz E, Wojna J, Zuwała-Jagiello J. (2015). 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. *J Physiol Pharmacol*.66(6):811-21.
18. Noland RC. Exercise and regulation of lipid metabolism. (Elsevier;2015). *Progress in molecular biology and translational science*. p. 39-74.
19. Shaw SB, Dullabh M, Forbes G, Brandkamp J-L, Shaw I. (2015). Analysis of physiological determinants during a single bout of crossfit. *International Journal of Performance Analysis in Sport*.15(3):809-15.
20. Thompson WR. (2017). Worldwide survey of fitness trends for 2018: The crep edition. *ACSM's Health & Fitness Journal*.21(6):10-9.
21. Thum JS, Parsons G, Whittle T, Astorino TA. (2017). High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. *PLoS one*.12(1):e0166299.
22. Tibana RA, de Almeida LM, Frade de Sousa NM, Nascimento Dda C, Neto I, de Almeida JA, et al. (2016). Two consecutive days of crossfit training affects pro and anti-inflammatory cytokines and osteoprotegerin without impairments in muscle power. *Front Physiol*.7(6):260.
23. Tibana RA, De Sousa NMF, Prestes J, Voltarelli FA. (2018). Lactate, heart rate and rating of perceived exertion responses to shorter and longer duration crossfit® training sessions. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*.3(4):60.
24. Wang L, Sahlin K. (2012). The effect of continuous and interval exercise on pgc-1 α and pdk4 mRNA in type I and type II fibres of human skeletal muscle. *Acta physiologica*.204(4):525-32.
25. Zhang S, Hulver MW, McMillan RP, Cline MA, Gilbert ER. (2014). The pivotal role of pyruvate dehydrogenase kinases in metabolic flexibility. *Nutrition & metabolism*.11(1):1-9.



Metabolism and Exercise
A bioannual journal

Vol 10, Number 1, 2020



Effect of a single session of Crossfit exercise in fasting and fed state on serum PDK4 and CTP-1 levels and their relationship with blood glucose, lactate and lipid profile in active female students

Ebrahimi M^{1*}

Received: 10/12/2020

Accepted: 10/7/2021

Abstract

Aim: In this research, levels of metabolic enzymes, pyruvate dehydrogenase kinase 4 (PDK-4) and carnitine palmitoyltransferase 1 (CPT-1) and their relationship with blood glucose, lactate and lipid profile were studied in response to a single bout of Crossfit exercise in fasting and fed state.

Method: . Twenty three healthy female sport science students with minimum of 3 years regular training were randomly assigned into fast control, fed control, fast Crossfit and fed Crossfit groups. At the end of the session, rating of perceived exertion was estimated by OMNI scale and blood samples were collected. Two-way analysis of variances and Pearson test were used at the alpha level .05 in SPSS 22.

Results: Glucose, TG, cholesterol, LDL, HDL, PDK-4 and CPT-1 mean levels had not any significant differences between groups. Plasma lactate level was higher in Crossfit groups compared to controls ($P=.045$). Serum PDK-4 was positively correlated with CPT-1 ($r=.550$, $P=.007$) and negatively correlated with lactate levels ($r=.600$, $P=.003$).

Conclusion: Fasting and feeding had not any effect on metabolic indices, nor in resting neither after exercise. Higher lactate levels after Crossfit exercise and no difference in PDK-4 and CPT-1 compared with resting, probably suggest more contribution of glucose for energy production via aerobic and anaerobic pathways in this protocol.

Keywords: Metabolic Enzymes, Functional Exercise, Metabolism

1. Assistant Professor, University of Guilan.

*Email: maryam.ebrahimi@guilan.ac.ir