دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۰۶ فصلنامهٔ مدیریت نظامی
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۲۸ سال بیست و پنجم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۴
مقاله پژوهشی ص‌ص ۴۵- ۵۹

تاثیر هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا بر آسیب عضلانی ناشی از فعالیت شدید در دانشجویان دانشگاه افسری امام علی(ع)

امیرحسین صفار کهنه قوچان[۱]، سجاد محمدیاری[۲]، آرمین باقرزاده[۳]

چکیده

آسیب‌های سیستم اسکلتی- عضلانی از رایج‌ترین آسیب‌هایی هستند که دانشجویان افسری با آن مواجه می‌شوند. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات عملکردی با شدت بالا بر برخی شاخص های آسیب سلولی در دانشجویان افسری دانشگاه امام علی(ع) است. در این پژوهش نیمه تجربی ۴۵ نفر از دانشجویان افسری طور تصادفی انتخاب و به سه گروه ۱۵ نفری HIIT، HIFT و MICT تقسیم شدند. هر سه پروتکل HIIT (مبتنی بر دویدن با شدت ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه) و HIFT (مبتنی بر حرکات عملکردی با وزن بدن با شدت ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه) و MICT (دویدن با شدت متوسط ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه) به مدت ۸ هفته، ۳ روز در هفته و به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. قبل و بعد از آزمون رسیدن به خستگی (تردمیل آستراند) خونگیری انجام شد و سطوح فاکتور های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به روش الایزا اندازه گیری شد. برای تحلیل داده ها از آزمون آماری تحلیل واریانس ۲×۲ با آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.دیافته‌های این پژوهش نشان داد HIFT، HIIT و MICT به ترتیب سطوح کراتین کیناز (۱۳/۶۲، ۱۰/۲۰ و ۴٪/۸۹) و لاکتات دهیدروژناز (۱۸/۶۸، ۱۵/۲۸ و ۱۲/۵۲٪) را کاهش داد. همچنین HIFT در کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی موثرتر از گروه HIIT و MICT بود. تمرینات عملکردی با شدت بالا می‌تواند در کاهش آسیب سلولی عضله موثرتر باشد، بنابراین برای دانشجویان افسری که نیاز به آمادگی جسمانی بالایی دارند، مناسب‌تر است.

واژگان کلیدی: تمرین عملکردی، آسیب عضلانی، فعالیت شدید.

---

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. نویسنده مسؤول، نویسنده مسؤول، گروه علوم ورزشی، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران.. رایانامه: mohammadyari.s @gmail.com
۳. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

مقدمه

ماموریت‌ها و آموزش های نظامی نیازمند حداکثر عملکرد فیزیولوژیکی، شناختی و ذهنی هستند در بسیاری از موارد، سربازان پس از راهپیمایی در مناطق مختلف و حمل بارهای سنگین، ملزم به انجام وظیفه هستند. این عوامل ترکیبی، بار فیزیولوژیکی قابل توجهی را بر سربازان وارد می‌کنند. عدم آمادگی بدنی مناسب باعث خستگی جسمی، روانی و آسیب عضلانی می‌شوند که مانع از انجام وظایف و ماموریت ها می شود (هیلبرون[1] و همکاران، ۲۰۲۳). آسیب عضلانی در نظامیان یک مسئله مهم است که در درجه اول به دلیل فشارهای شدید فیزیکی ناشی از آموزش و نبرد است. آسیب‌های اسکلتی-عضلانی از جمله شایع‌ترین انواع آسیب‌ها در پرسنل نظامی هستند. این آسیب‌ها می‌توانند بر آمادگی تأثیر بگذارند و منجر به از دست دادن روزهای خدمت و هزینه‌های مالی قابل توجهی شوند. بنابراین، این یک موضوع حیاتی و کاربردی است که نیاز به توجه علمی و دقیق دارد. بافت عضلانی ممکن است به دنبال فعالیت های طولانی مدت و شدید در نظامیان آسیب ببیند و عملکرد نظامیان را تحت تاثیر قرار دهد. سطح سرمی آنزیم ها یا پروتئین های عضله اسکلتی نشانگر وضعیت عملکردی بافت عضلانی است و در دو شرایط پاتولوژیک و فیزیولوژیکی بسیار متفاوت است. کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز، آلدولاز، میوگلوبین، تروپونین، آسپارتات آمینوترانسفراز و کربنیک انیدراز مهم ترین نشانگرهای آسیب عضلانی در خون هستند(برانکاچو[2] و همکاران، ۲۰۱۰). سربازان برای برآورده کردن نیازهای فیزیکی ماموریت ها و آموزش های نظامی به سطح بالایی از آمادگی جسمانی نیاز دارند (وارا[3] و همکاران، ۲۰۲۲). پریدن، سینه خیز رفتن، غلت زدن، بالا رفتن، هل دادن، دویدن سریع از سنگری به سنگر دیگر، حمل بارهای سنگین در مسافت‌های طولانی، و در عین حال توانایی انجام مأموریت در دست اقدام، فهرست

1 Heilbronn
2 Brancaccio
3 Vaara

کوتاهی از وظایف مورد نیاز یک سرباز را نشان می‌دهد که به سطوح بالایی از قدرت، سرعت، توان و چابکی و آمادگی هوازی نیاز دارند (اسمیت[1] و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج حاکی از آن است که تمرینات نظامی شدید می تواند باعث آسیب کبدی و عضلانی شود و آمادگی جسمانی بالا می تواند به عنوان یک عامل محافظتی برای این آسیب ها در نظر گرفته شود (کوری[2] و همکاران، ۲۰۱۶ الف).در همین راستا کوری و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که تمرینات شدید نظامی باعث آسیب کبد (افزایش معنی دار AST و ALT) و عضله (افزایش معنی دار کراتین کیناز) شد و بین آمادگی هوازی و کراتین کیناز و ALT ارتباط منفی وجود دارد (کوری و همکاران،۲۰۱۶). بنابراین طراحی و استفاده از جدیدترین روش‌های تمرینی که در برنامه های آموزشی برای آماده سازی سربازان برای نبرد و پیشگیری از آسیب دیدگی در حین آموزش از اهمیت بالایی برخوردار است.

تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) یک الگوی جدید از تمرینات به منظور افزایش آمادگی جسمانی است که در بین جمعیت نظامی رایج شده است. برنامه‌های HIFT بر حرکات عملکردی متنوع (یعنی حرکاتی که به فراخوانی حداکثر واحد های حرکتی در سطوح حرکتی مختلف مانند بلند کردن، کشیدن و پرتاب کردن نیاز دارند) که با شدت نسبتاً بالا انجام می‌شوند، تأکید دارند (بن-زیو و اوکون[3]، ۲۰۲۱؛ صفار کهنه قوچان و همکاران، ۲۰۲۴). این امر به ویژه برای جمعیت‌های نظامی که برای پاسخگویی به وظایف شغلی و جنگی خاص نیاز به آمادگی جسمانی بالایی دارند، اهمیت دارد. تمرینات HIFT در مقایسه با تمرینات سنتی به چندین جنبه آمادگی جسمانی می پردازد و به طور همزمان قدرت، توان، انعطاف‌پذیری، سرعت، استقامت، چابکی و هماهنگی، تعادل را

1 Smith
2 Koury
3 Ben-Zeev & Okun

تقویت می کند(هادوک[1] و همکاران، ۲۰۱۶؛ وانگ[2] و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه براین یکی از مزایای کاربردی بسیار مهم HIFT، کاهش زمان تمرین بدون کاهش مزایای سلامتی و آمادگی جسمانی است. حجم تمرین HIFT معمولاً بین ۲۵ تا تقریباً ۸۰ درصد کمتر از برنامه‌های آمادگی جسمانی نظامی سنتی مانند تمرینات آمادگی جسمانی ارتش (APRT) است، بدون اینکه از مزایای آمادگی جسمانی آن کاسته شود.برای مثال هنریچ و همکاران(۲۰۱۲) که یک برنامه ۴۵ دقیقه‌ای HIFT در هر جلسه، در مقایسه با یک برنامه استاندارد ۶۰ دقیقه‌ای APRT در هر جلسه منجر به بهبود قابل توجه در امتیاز آزمون آمادگی جسمانی ارتش (APFT) شد، در این پژوهش کل زمان تمرین HIFT ۲۲۵ دقیقه کمتر بود (هنریچ[3] و همکاران، ۲۰۱۲). هلن و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند، تمرینات عملکردی با شدت بالا در مقایسه با تمرینات بدنی سنتی نظامی، سازگاری‌های تمرینی بهتری را در نظامیان ایجاد می‌کند (هلن[4] و همکاران، ۲۰۲۳).

تمرین عملکردی با شدت بالا به عنوان یک روش تمرین نسبتاً جدید اغلب با تمرینات تناوبی با شدت بالا(HIIT) مقایسه می شود، اما این دو پروتکل تمرینی کاملا متمایز هستند. تمرین تناوبی با شدت بالا با دوره‌های نسبتاً کوتاه فعالیت‌های شدید مکرر مشخص می‌شود که با دوره‌های استراحت یا تمرینات با شدت کم برای ریکاوری همراه است، در حالی که تمرینات عملکردی با شدت بالا از تمرین‌های عملکردی متنوع و مدت‌های فعالیت مختلف استفاده می‌کند که ممکن است شامل استراحت باشد یا نباشد (فیتو[5] و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به اینکه انجام تمرینات با شدت بالا در نظامیان رواج پیدا کرده است و پژوهش های متعدد از موثرتر بودن این تمرینات در افزایش آمادگی جسمانی در مقایسه با تمرینات سنتی نظامی سخن گفته اند، اما پژوهش های اندکی

1 Haddock
2 Wang
3 Heinrich
4 Helén
5Feito

درمورد تاثیر این تمرینات بر آسیب های عضلانی وجود دارد، بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر هشت هفته تمرین HIFT بر سطوح آنزیم های کراتین کیناز (CK) لاکتات دهیدروژناز (LDH) ، از نشانگر های مهم آسیب سلول های عضلانی، در دانشجویان دانشگاه افسری امام علی(ع) است.

شرح روند پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است که در آن سه گروه آزمایشی (فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط، فعالیت ورزشی کاربردی با شدت بالا و فعالیت ورزشی تناوبی با شدت بالا) با طرح پیش آزمون – پس آزمون به صورت مقطعی بررسی شد. همچنین، پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی است و به لحاظ جمع آوری داده‌ها به صورت میدانی و آزمایشگاهی انجام شد.

جامعه آماری پژوهش حاضر دانشجویان دانشگاه افسری امام علی (ع) بود. برای این منظور ۴۵ نفر از دانشجویان سال اول و دوم دانشگاه افسری امام علی(ع) با میانگین سنی ۰/۸۴ ± ۲۰/۰۴ داوطلب شرکت در این پژوهش شدند. همه این دانشجویان قبل از شرکت در این پژوهش روزانه به مدت ۳۰ دقیقه در یک برنامه هوازی مبتنی بر دویدن با شدت متوسط شرکت می‌کردند.تمامی این داوطلبان رژیم غذایی و ساعت خواب و بیداری کاملا یکسان داشتند. قبل از اجرای پژوهش تمامی شرکت کنندگان از روند پژوهش آگاه شدند و رضایت نامه کتبی و آگاهانه ارائه کردند. ارزیابی های پایه شامل ارزیابی ترکیب بدن(به وسیله کالیپر) و آزمون رسیدن به خستگی بود. در اولین بازدید، اندازه‌گیری‌های ترکیب بدن قبل از آزمون رسیدن به خستگی تکمیل شد. در بازدید دوم(۴۸ ساعت بعد) آرزیابی آمادگی هوازی(آزمون ۱/۵ مایل دویدن) انجام شد.

در این پژوهش آزمودنی‌ها به طور تصادفی به سه گروه ۱۵ نفری فعالیت تناوبی با شدت بالا(*HIIT*) ، تمرین عملکردی با شدت بالا (*HIFT*) و تمرین هوازی با شدت متوسط (*MICT*) تقسیم شدند. برای سنجش زمان رسیدن به خستگی از آزمون

تردمیل آستراند [1] با پوشیدن یک کوله پشتی نظامی به وزن ۳۰ درصد وزن بدن آزمودنی بود که در طول ماموریت‌های عملیاتی پذیرفته شده است (یانوویچ[2] و همکاران، ۲۰۱۵). این آزمون با سرعت ثابت ۸ کیلومتر بر ساعت شروع شد و هر دو دقیقه ۲/۵ درصد به شیب تردمیل اضافه می‌شد آزمودنی‌ها این آزمون را تا زمان رسیدن به خستگی ادامه دادند. برای سنجش سطوح لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز خون قبل از شروع آزمایش و بلافاصله پس از توقف آزمون به دلیل خستگی از آزمودنی ها خون گیری انجام شد. سطوح پلاسمایی کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به روش الایزا طبق دستورالعمل کیت های سازنده(پارس آزمون، ایران) اندازه گیری شد.

تحلیل آماری داده ها

همه‌ی داده‌ها به شکل میانگین± انحراف معیار ارائه شده است. برای بررسی همگنی واریانس ها از آزمون لون و برای نرمال بودن داده ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. برای تحلیل داده ها از آزمون آماری تحلیل واریانس ۲×۲ (زمان× گروه) با آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. همه ی تحلیل ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و در سطح معنی داری ۰/۰۵ ≥ P انجام شد.

پروتکل تمرین عملکردی با شدت بالا:

در این گروه ۸ حرکت (پروانه، برپی، شکم کوهنوردی، اسکات تراست، اسکات، اسکات جامپ، اسپلیت، لانگز متناوب) به صورت دایره ای طراحی شده است که آزمودنی‌ها طبق جدول یک انجام دادند (ماچادو[3] و همکاران، ۲۰۱۹).

1 Åstrand Treadmill Test
2 Yanovich
3Machado

جدول ۱-مولفه‌های تمرین عملکردی با شدت بالا

شدت تمرین	کل زمان تمرین	تعداد دور	زمان ریکاوری(ثانیه)	زمان فعالیت(ثانیه)	هفته
۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۳۰-۲۰ دقیقه	۲	۶۰	۳۰	هفته اول
۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۳۰-۲۰ دقیقه	۳	۶۰	۳۰	هفته دوم
۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۳۰-۲۰ دقیقه	۳	۳۰	۳۰	هفته سوم
۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۳-۲۰ دقیقه	۳	۳۰	۳۰	هفته چهارم
۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۳۰-۲۰ دقیقه	۳	۱۵	۳۰	هفته پنجم
۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۳۰-۲۰ دقیقه	۴	۱۵	۳۰	هفته ششم
۹۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۳۰-۲۰ دقیقه	۴	۱۵	۳۰	هفته هفتم و هشتم

پروتکل تمرین تناوبی با شدت بالا:

افراد در این گروه ۸ تلاش ۳۰ ثانیه ای را با سرعت بالا و با حداکثر شدت(۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه) می‌دوند زمان ریکاوری و تعداد دورها دقیقا مشابه تمرین عملکردی با شدت بالا مطابق جدول ۱ بود.

پروتکل تمرین هوازی با شدت متوسط:

افراد در این گروه برنامه تمرینی روزانه خود را که با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت ۳۰ دقیقه بود، ادامه دادند.

نتایج

جدول ۲ ویژگی های جمعیت شناختی شرکت کنندگان در پژوهش را نشان می دهد.

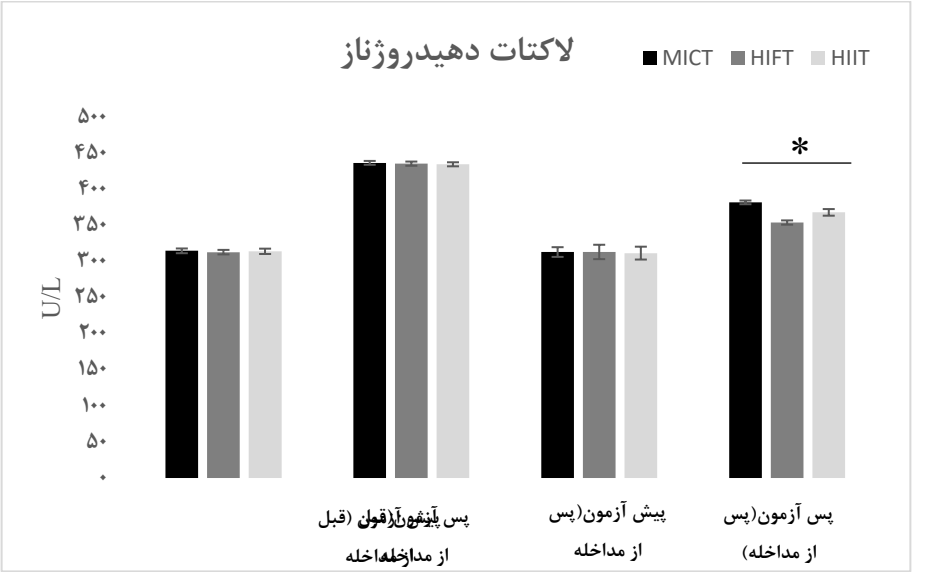
جدول ۲: ویژگی‌های جمعیت شناختی شرکت کنندگان پژوهش

	HIFT	HIIT	MIC
سن	۲۰/۱۳ ± ۰/۸۳	۲۰/۰۰ ± ۰/۸۴	۱۹/۸۰ ± ۰/۷۷
قد(متر)	۱۷۹/۲۶ ± ۶/۳۴	۱۷۸/۷۳ ± ۳/۵۱	۱۷۸/۸۶ ± ۴/۶۲
وزن (کیلو گرم)	۷۲/۶۰ ± ۳/۶۹	۷۰/۴۶ ± ۵/۰۴	۷۳/۹۳ ± ۴/۷۲
درصد چربی	۲۰/۱۳ ± ۰/۸۳	۱۷/۸۰ ± ۰/۸۶	۱۸/۸۶ ± ۰/۸۳
آمادگی هوازی(میلی لیتر /کیلوگرم/ دقیقه	۴۴/۲۰ ± ۰/۷۷	۴۴/۵۳ ± ۱/۱۸	۴۴/۰۶ ± ۰/۷۹

نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری در سطوح آنزیم لاکتات دهیدروژناز در بین گروه‌های تحقیق وجود دارد. نتایج آزمون تحلیل واریانس چند متغیره نشان داد که تفاوت معنی داری در حالت زمان (η^2=۰/۹۹۸، p=۰/۰۰۱، ۶۴۸۷/۵۱ = $F_{۴۲ ،۱}$، Pillai's Trace=۰/۹۹۸)، و زمان×گروه (η^2=۰/۴۷۳، p=۰/۰۰۱، ۱۲/۲۸= $F_{۴۲ ،۲}$، Pillai's Trace=۰/۹۴۷) وجود دارد. همچنین، آزمون ماچلی معنی دار نبود (p ۰/۰۵ <) و تحلیل با فرض کرویت انجام شد. جدول ۳ نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر تک متغیره را در متغیر لاکتات دهیدروژناز نشان می‌دهد.

جدول ۳: آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر در متغیر سطوح آنزیم لاکتات دهیدروژناز

متغیر/منبع	زمان			زمان×گروه		
	F(۱-۴۲)	Sig	η2	F(۴۲ ،۲-)	Sig	η2
لاکتات دهیدروژناز	۶۴۸۷/۵۱	۰/۰۰۱	۰/۹۹۸	۱۲/۲۸	۰/۰۰۱	۰/۴۷۳



نمودار ۱: سطوح آنزیم لاکتات دهیدروژناز قبل و بعد از انجام آزمون رسیدن به خستگی

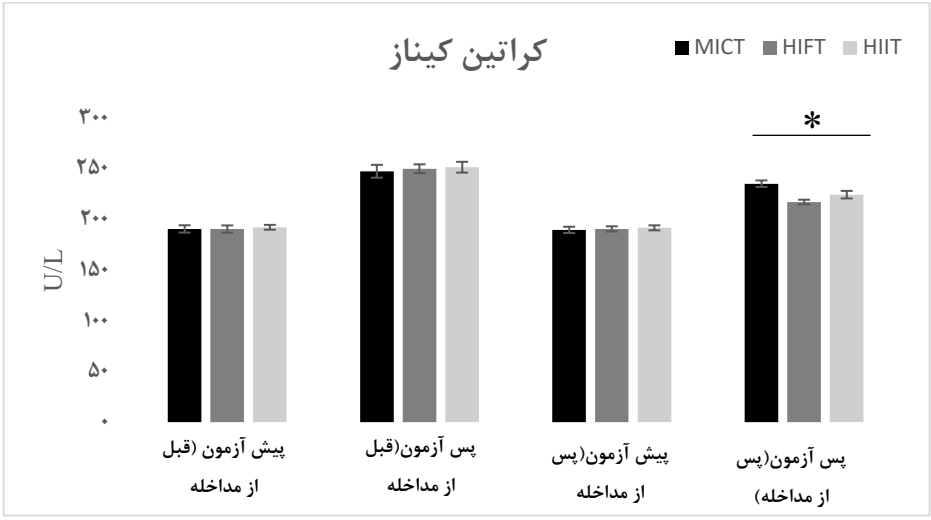
همانگونه که در نمودار بالا مشاهده می‌شود در پس آزمون‌ها بین گروه HIFT با گروه HIIT (P= ۰/۰۴) و MICT (P=۰/۰۲) و گروه HIIT با MICT (P=۰/۰۴) تفاوت معنی داری وجود دارد.

نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری در سطوح آنزیم کراتین کیناز در بین گروه‌های تحقیق وجود دارد. نتایج آزمون تحلیل واریانس چند متغیره نشان داد که تفاوت معنی داری در حالت زمان (Pillai's =۰/۹۹۵ ،$F_{۴۲ ,۱}$ = ۲۴۷۱/۵۸ ،p=۰/۰۰۱ ،η^2=۰/۹۹۵ Trace)، و زمان×گروه (Pillai's =۰/۸۶۴ ،$F_{۴۲ ,۲}$ =۱۰/۳۸ ،p=۰/۰۰۱ ،η^2=۰/۴۳۲ Trace) وجود دارد. همچنین، آزمون ماچلی معنی دار نبود (p >۰/۰۵) و تحلیل با فرض کرویت انجام شد. جدول ۴ نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر تک متغیره را در متغیر کراتین کیناز نشان می‌دهد.

جدول ۴: آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر در متغیر سطوح آنزیم کراتین کیناز

متغیر/منبع	زمان			زمان×گروه		
	F(۱-۴۲)	Sig	η2	F(۴۲ ,۲-)	Sig	η2
کراتین کیناز	۲۴۷۱/۵۸	۰/۰۰۱	۰/۹۹۵	۱۰/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۴۳۲

در ادامه به تحلیل آزمون تعقیبی بونفرونی در پس آزمون‌ها بین گروه‌های تحقیق پرداخته شده است.



نمودار ۲: سطوح آنزیم کراتین کیناز قبل و بعد از انجام آزمون رسیدن به خستگی

همانگونه که در نمودار بالا مشاهده می‌شود در پس آزمون‌ها بین گروه HIFT با گروه HIIT (P=۰/۰۳) و MICT (P=۰/۰۱) و گروه HIIT با MICT (P=۰/۰۴) تفاوت معنی داری وجود دارد.

بحث و نتیجه گیری

کراتین کیناز (CK) و لاکتات دهیدروژناز (LDH) قطعاتی از زنجیره سنگین میوزین (به عنوان مثال، تروپونین I و میوگلوبین) هستند و به آسیب عضلانی مربوط می‌شوند، زیرا این مولکول‌ها سیتوپلاسمی هستند و ظرفیت عبور از سد غشایی سارکوپلاسمی را

ندارند. به همین دلیل، افزایش غلظت سرمی این مولکول‌ها به عنوان شاخصی برای آسیب به غشای عضلانی و سایر ساختارهای بافتی استفاده می‌شود. در میان این مولکول ها، CK اغلب به عنوان بهترین نشانگر غیرمستقیم آسیب به بافت عضلانی توصیف می‌شود (کالگری[1] و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین کاهش LDH و CK در پاسخ به یک فعالیت پیشرونده تا مرز واماندگی نشان دهنده ی آسیب عضلانی کمتر است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد MICT، HIIT و HIFT سطوح LDH را به ترتیب ۱۲/۵۲، ۱۵/۲۸ و ۱۸/۶۸ و سطوح CK را به ترتیب ۴/۸۹، ۱۰/۲۰ و ۱۳/۶۲ درصد کاهش داد و HIFT در کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی در پاسخ به یک فعالیت پیشرونده موثرتر از MICT و HIIT بود. نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات شدید تناوبی عملکردی (HIFT) در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی، منجر به کاهش بیشتر آسیب سلول های عضلانی شد. همسو با یافته پژوهش حاضر ویکرز و همکاران (۲۰۰۸) یک مطالعه ۱۲ هفته‌ای HIFT را با تمرینات نظامی سنتی در دو گردان نیروی دریایی مقایسه کرد. آنها گزارش دادند که تفنگداران دریایی در گروه HIFT، ٪۲۱ کمتر از تفنگداران دریایی که در تمرین‌های نظامی سنتی شرکت کردند، آسیب دیده‌اند(ویکرز[2] و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش دیگر والکر و همکاران(۲۰۱۱) نشان دادند که اصلاح برنامه تمرینی نظامی سنتی به HIFT میزان آسیب عضلانی ناشی از استفاده بیش از حد را تا ۶۷ درصد کاهش داد (والکر[3] و همکاران، ۲۰۱۱)). یکی از دلایل احتمالی این موضوع، افزایش سازگاری عضلات با فشار بالای این تمرینات است. یکی از ویژگی‌های بارز تمرینات HIFT، اجرای تعداد تکرارهای بالا با استراحت‌های کوتاه است. از آنجایی که زمان تحت فشار بودن عضله نسبتاً طولانی است، این می‌تواند یک محرک قوی و استرس متابولیکی بالا ایجاد کند که منجر به افزایش سازگاری مطلوب عضلات به فشار تمرین شود (ویلک[4] و مور، ۲۰۲۰). از طرفی پس از دوره‌های حاد HIFT، سیتوکین‌های پیش‌التهابی مانند IL-6 افزایش می یابد (ویلک و مور، ۲۰۲۰). این امر، همراه با سطح بالای لاکتات خون منجر به افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و ضد التهابی می شود (نیک نام [5]و همکاران،

[1] Callegari
[2] Vickers
[3] Walker
[4] Wilke & Mohr
[5] Niknam

۲۰۲۵) بنابراین کاهش پاسخ های التهابی و استرس اکسیداتیو پس از فعالیت شدید منجر به کاهش آسیب عضلانی در نظامیان می شود (پوسناکیدیس[1] و همکاران، ۲۰۲۲). در تایید این موضوع،گزارش شده است که پاسخ التهابی فاز حاد پس از فعالیت شدید با آسیب عضلانی متناسب است و افزایش در CRP ممکن است از پاسخ CK پیروی کند (پوسناکیدیس و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین، تمرینات HIFT با تاکید بر به‌کارگیری الگوهای حرکتی شبیه به فعالیت نظامیان ، استفاده از حرکات چند مفصله، شدید و انفجاری منجر به کاهش فشار غیرضروری بر ساختارهای اسکلتی- عضلانی و در نتیجه کاهش آسیب سلول های عضلانی می شود (فیتو و همکاران، ۲۰۱۸). یکی دیگر از دلایل کاهش بیشتر آسیب سلول عضلانی در گروه HIFT به دلیل افزایش بیشتر آمادگی هوازی و آمادگی جسمانی ناشی از انجام این تمرینات در مقایسه با تمرینات سنتی است. در همین راستا کوری و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که بین آمادگی هوازی و آسیب سلول های عضلانی و آسیب کبدی در نظامیان ارتباط وجود دارد و میزان کراتین کیناز، ALT و AST پس از یک فعالیت شدید نظامی در سربازانی که VO2max بالاتری داشتند کمتر بود (کوری و همکاران، ۲۰۱۶ ب). تمرینات هوازی سنتی، بار مکانیکی پایین‌تری دارند و معمولاً فاقد تحریک کافی برای تقویت سازوکارهای ترمیم عضلانی هستند بنابراین تأثیر محدودتری بر کاهش پایدار شاخص‌های آسیب عضلانی دارند (برانکاچو[2] و همکاران، ۲۰۰۷). درمجموع، تمرینات HIFT می‌توانند به عنوان روشی ایمن و مؤثر برای بهبود عملکرد فیزیولوژیکی و کاهش ریسک آسیب سلول عضلانی در نظامیان مطرح شوند.

کاربرد عملی

سربازان به دلیل ماهیت فیزیکی و روانی شغل خود، نیازمند حفظ عملکرد بدنی بالا در کنار حداقل آسیب‌های عضلانی هستند. HIFT که شامل حرکات عملکردی و متنوع با شدت بالا هستند، در مقایسه با سایر روش های تمرینی می‌توانند منجر به کاهش بیشتر شاخص‌های آسیب سلول عضلانی شوند. بنابراین این نوع تمرینات می‌تواند

1 Posnakidis
2 Brancaccio

گزینه‌ای مناسب برای آماده‌سازی جسمانی نیروهای نظامی با کاهش خطر آسیب های اسکلتی- عضلانی باشد.

منابع

- Ben-Zeev, T., & Okun, E. (2021). High-intensity functional training: Molecular mechanisms and benefits. *Neuromolecular medicine*, *23*(3), 335-338.
- Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, *48*(6), 757-767. https://doi.org/doi:10.1515/CCLM.2010.179
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, *81-82*(1), 209-230. https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014
- Callegari, G. A., Novaes, J. S., Neto, G. R., Dias, I., Garrido, N. D., & Dani, C. (2017). Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Responses after Different Resistance and Aerobic Exercise Protocols. *J Hum Kinet*, *58*, 65-72. https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0071
- Feito, Y., Heinrich, K. M., Butcher, S. J., & Poston, W. S. C. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports (Basel)*, *6*(3). https://doi.org/10.3390/sports6030076
- Haddock, C. K., Poston, W. S., Heinrich, K. M., Jahnke, S. A., & Jitnarin, N. (2016). The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. *Mil Med*, *181*(11), e1508-e1514. https://doi.org/10.7205/milmed-d-15-00503
- Heilbronn, B., Doma, K., Sinclair, W., Connor, J., Irvine-Brown, L., & Leicht, A. (2023). Acute fatigue responses to occupational training in military personnel: A systematic review and meta-analysis. *Military Medicine*, *188*(5-6), 969-977.
- Heinrich, K. M., Spencer, V., Fehl, N., & Poston, W. S. (2012). Mission essential fitness: comparison of functional circuit training to traditional Army physical training for active duty military. *Mil Med*, *177*(10), 1125-1130. https://doi.org/10.7205/milmed-d-12-00143
- Helén, J., Kyröläinen, H., Ojanen, T., Pihlainen, K., Santtila, M., Heikkinen, R., & Vaara, J. P. (2023). High-Intensity Functional Training Induces Superior Training Adaptations Compared With Traditional Military Physical Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *37*(12). https://journals.lww.com/nsca-

jscr/fulltext/2023/12000/high_intensity_functional_training_induces.21.aspx

- Kohneh Quchan, A. H. S., Yari, S. M., & Karami, E. (2024). The Comparison of Eight Weeks of High-intensity Functional Training with High-intensity Interval Training on Some Factors of Physical Fitness, Time to Exhaustion, and Lactate Levels in Officer Students. *Journal of Military Medicine*, *26*(1).
- Koury, J. C., Daleprane, J. B., Pitaluga-Filho, M. V., de Oliveira, C. F., Gonçalves, M. C., & Passos, M. C. F. (2016a). Aerobic Conditioning Might Protect Against Liver and Muscle Injury Caused by Short-Term Military Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(2), 454-460. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001102
- Koury, J. C., Daleprane, J. B., Pitaluga-Filho, M. V., de Oliveira, C. F., Gonçalves, M. C., & Passos, M. C. F. (2016b). Aerobic Conditioning Might Protect Against Liver and Muscle Injury Caused by Short-Term Military Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(2). https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2016/02000/aerobic_conditioning_might_protect_against_liver.21.aspx
- Machado, A. F., Baker, J. S., Figueira Junior, A. J., & Bocalini, D. S. (2019). High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. *Clin Physiol Funct Imaging*, *39*(6), 378-383. https://doi.org/10.1111/cpf.12433
- Niknam, A., Gaeini, A. A., Hamidvand, A., Jahromi, M. K., Oviedo, G. R., Kordi, M., & Safarpour, F. (2025). High-intensity functional training modulates oxidative stress and improves physical performance in adolescent male soccer players: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *17*(1), 38. https://doi.org/10.1186/s13102-024-01037-7
- Posnakidis, G., Aphamis, G., Giannaki, C. D., Mougios, V., Aristotelous, P., Samoutis, G., & Bogdanis, G. C. (2022). High-Intensity Functional Training Improves Cardiorespiratory Fitness and Neuromuscular Performance Without Inflammation or Muscle Damage. *J Strength Cond Res*, *36*(3), 615-623. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003516
- Smith, C., Doma, K., Heilbronn, B., & Leicht, A. (2022). Effect of exercise training programs on physical fitness domains in military personnel: A systematic review and meta-analysis. *Military Medicine*, *187*(9-10), 1065-1073.
- Vaara, J. P., Groeller, H., Drain, J., Kyröläinen, H., Pihlainen, K., Ojanen, T., Connaboy, C., Santtila, M., Agostinelli, P., & Nindl, B. C. (2022).

Physical training considerations for optimizing performance in essential military tasks. *EUROPEAN Journal of sport science*, *22*(1), 43-57.

- Vickers RR, Reynolds JH, Jordan JRHervig LK: An evaluation of a combat conditioning trial program, 2008. Available at http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA515101; accessed September 30, 2015.
- Walker, T. B., Lennemann, L. M., Anderson, V., Lyons, W., & Zupan, M. F. (2011). Adaptations to a new physical training program in the combat controller training pipeline. *J Spec Oper Med*, *11*(2), 37-44. https://doi.org/10.55460/xyke-p4n6
- Wang, X., Soh, K. G., Samsudin, S., Deng, N., Liu, X., Zhao, Y., & Akbar, S. (2023). Effects of high-intensity functional training on physical fitness and sport-specific performance among the athletes: A systematic review with meta-analysis. *Plos one*, *18*(12), e0295531.
- Wilke, J., & Mohr, L. (2020). Chronic effects of high-intensity functional training on motor function: a systematic review with multilevel meta-analysis. *Scientific Reports*, *10*(1), 21680. https://doi.org/10.1038/s41598-020-78615-5
- Yanovich, R., Hadid, A., Erlich, T., Moran, D. S., & Heled, Y. (2015). Physiological and cognitive military related performances after 10-kilometer march. *Disaster Mil Med*, *1*, 6. https://doi.org/10.1186/2054-314x-1-6