

The comparison the acute effects of accelerate, resistance and common plyometric training on muscle damage markers in active girls

Hadis Zaferanian¹, Amin Farzaneh Hesari^{2*}

¹M.Sc in Exercise Physiology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

²Assistant professor, exercise Physiology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

Received: 13 July 2022; Accepted: 20 July 2022

Abstract

The purpose of the study was to compare the acute effects of accelerated plyometric, resisted plyometric and common plyometric training in active girls. In a randomized, crossover design, 10 active girls participated in this study and performed plyometric exercise in three positions: accelerated plyometric (fasten elastic tube from above to subject), resisted plyometric (fasten elastic tube from the bottom to subject), and common plyometric (without tube). Plyometric exercise was consisted 3 sets x 10 repetitions of jumping squat. Lactate dehydrogenase (LDH) and creatine kinase (CK) were measured prior, immediately and 24 h after exercise. One-way repeated measures ANOVA and Bonferroni post-hoc test was used. Results showed that CK increased immediately in 24 h after exercise than pre exercise in resisted plyometric. There was not significant difference for LDH between groups. It seems that resisted plyometric and common plyometric than accelerated plyometric induce greater muscle damage, but there was significant difference between different types of plyometric for CK and LDH.

Key Words: Plyometric Training, Muscle Damage, Delayed Onset Muscle Soreness.

* **Corresponding author:** faculty of Physical Education and Sport Sciences of Islamic Azad University of Sari Branch. **Email:** af.hessari@gmail.com

مقایسه اثر حاد فعالیت پلایومتریک شتابی، پلایومتریک مقاومتی و پلایومتریک معمولی بر شاخص‌های آسیب عضلانی دختران فعال

حدیث زعفرانیان^۱، امین فرزانه حصاری^{۱*}

^۱گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی انسانی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹

چکیده

هدف از تحقیق حاضر، مقایسه اثر حاد فعالیت پلایومتریک شتابی، پلایومتریک مقاومتی و پلایومتریک معمولی بر شاخص‌های آسیب عضلانی دختران فعال بود. برای این منظور، ۱۰ دختر فعال به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت نمودند. هر آزمودنی در سه جلسه مجزا و به طور تصادفی و متقاطع یکی از سه تمرین پلایومتریک معمولی، پلایومتریک شتابی (بستن کش از بالا به آزمودنی) و پلایومتریک مقاومتی (بستن کش از پایین به آزمودنی) را در یک جلسه اجرا کرد. فعالیت پلایومتریک شامل سه ست ۱۰ تکراری اسکات پرشی بود. سطوح لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز قبل، بعد و ۲۴ ساعت بعد از اجرای فعالیت اندازه گیری شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از روش آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی بن‌فرونی استفاده شد. نتایج نشان داد که کراتین کیناز ۲۴ ساعت بعد فعالیت نسبت به قبل فعالیت در پلایومتریک مقاومتی افزایش معنی‌داری داشت. لاکتات دهیدروژناز بین گروه‌ها و زمان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان گفت که فعالیت پلایومتریک مقاومتی ممکن است نسبت به فعالیت پلایومتریک شتابی و معمولی آسیب عضلانی بیشتری بخصوص در روز بعد از تمرین ایجاد کند.

واژه‌های کلیدی: پلایومتریک، آسیب عضلانی، کوفتگی عضلانی تاخیری.

* نویسنده مسئول: استادیار گروه تربیت‌بدنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، ایران.

مقدمه

امروزه تمرینات پلائیومتریک که شامل چرخه کشش- کوتاه شدن است مورد توجه بسیاری از محققان ورزشی واقع شده است (۱). در اغلب مطالعات انجام شده روی تمرین پلائیومتریک، بهبود برونده توان بیشینه ورزشکاران با استفاده از این نوع تمرینات مشاهده گردیده است. علاوه بر این، بهبود معنادار عملکرد پرش و هایپرتروفی عضلانی در نتیجه تمرینات پلائیومتریک گزارش شده است (۲). در هر صورت، امروزه، از تکنیک ها و روش های جدید تمرینی برای جایگزینی روش های سنتی به منظور بهبود بیشتر توان و قدرت استفاده می شود. تمرینات پلائیومتریک متداول انواع جهش ها و پرش ها در وضعیت های مختلف و از روی موانع با ارتفاع متغیر را شامل می شود. پلائیومتریک شتابی و پلائیومتریک مقاومتی دو روش جدید تمرین پلائیومتریک است که اخیراً مورد توجه ورزشکاران قرار گرفته است. در پلائیومتریک شتابی کش یا باند الاستیک به نقطه ای در بالای سر ورزشکار بسته شده و سر دیگر کش به بدن ورزشکار بسته می شود و هنگام اجرای پرش، ورزشکار را به بالا می کشد و باعث شتاب و ارتفاع بیشتر می شود. پلائیومتریک مقاومتی هم در شرایطی مانند پرش در آب و استفاده از مقاومت های خارجی (از قبیل جلیقه های وزنه، دمبل و بستن کش الاستیک از پایین به بدن ورزشکار) حین پرش اجرا می گردد (۳). از آنجا که زمان تماس با زمین یکی از فاکتورهای مهم در تمرینات پلائیومتریک است، پلائیومتریک شتابی زمان تماس کوتاه تری را فراهم می کند (۴). بطوریکه این زمان در پلائیومتریک مقاومتی طولانی تر است (۵). علاوه بر این، در پلائیومتریک شتابی کش باعث شتاب و ارتفاع بیشتر می شود و این احتمال وجود دارد که بارگیری تمرین را افزایش دهد. همچنین شتاب حاصل از نیروی ارتجاعی کش باعث کاهش زمان مرحله استهلاک می شود. با توجه به اینکه افزایش زمان استهلاک باعث هدررفت انرژی ذخیره شده در فاز اکسنتریک پرش می شود (۶)، این احتمال وجود دارد که این روش با کاهش زمان فاز استهلاک، سبب ایجاد سازگاری های بیشتر در تمرین پلائیومتریک گردد.

ایجاد کوفتگی عضلانی تاخیری (DOMS) که با ناراحتی، درد، ضعف و سفتی عضلات همراه می باشد، معمولاً یکی از اثرات فعالیت های پلائیومتریک می باشد. DOMS ۲۴ ساعت اول پس از فعالیت افزایش می یابد و ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد به اوج می رسد. سپس فروکش می کند و سرانجام پنج تا هفت روز بعد از فعالیت ناپدید می شود (۷). نیروی زیاد کششی به همراه فعالیت برون گرا منجر به آسیب بافت عضلانی و بافت همبند می شود (۸) که باعث انتشار کلسیم در داخل سلول و فعال شدن آنزیم های تجزیه کننده پروتئین می شود. همچنین، تخریب تدریجی غشای سلول عضلانی باعث انتشار ترکیبات داخلی سلول (کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز) به فضای میان بافتی و پلاسما می شود. در نهایت، این رویدادها موجب احساس کوفتگی می شوند و درد ممکن است با تحریک بر اثر فشار ناشی از تورم و فشار پروستاگلاندین ها بر گیرنده های درد افزایش یابد (۹). علاوه بر این، زمان لازم برای بررسی شدت کوفتگی عضلانی، ضعف عملکرد عضلانی و ظاهر شدن مارکرهای آسیب عضلانی در گردش خون می تواند به موارد زیادی مانند مدت، شدت و نوع تمرین انجام شده مربوط باشد (۱۰). با توجه به اینکه شتاب حاصل از نیروی ارتجاعی کش باعث کاهش زمان مرحله استهلاک و در نتیجه باعث هدر رفت انرژی ذخیره شده در فاز اکسنتریک پرش می شود، بنابراین شدت در انواع مختلف تمرین پلائیومتریک متفاوت است. لذا با توجه به کمبود مطالعات در ارتباط با تاثیر انواع مختلف تمرین پلائیومتریک و تخریب عضلانی به نظر می رسد بررسی اثر فعالیت های پلائیومتریک با زمان های استهلاک متفاوت در مرحله قبل از فاز برون گرا بر تغییرات شاخص های تخریب عضلانی می تواند پیام های جدیدی را در ارتباط با راهبردهای تمرین کارآمد و پاسخ های مطلوب فیزیولوژیک و جسمانی به همراه داشته باشد. بنابراین، با توجه به کاهش زمان استهلاک و شدت فاز برون گرا بین انواع تمرینات پلائیومتریک، محققان در این تحقیق به دنبال بررسی این موضوع هستند که آیا پاسخ آسیب عضلانی با توجه به نوع تمرینات پلائیومتریک شتابی، پلائیومتریک مقاومتی و پلائیومتریک معمولی در دختران فعال تفاوتی دارد یا خیر؟

روش پژوهش

۱۰ دختر فعال (میانگین سن: $3/11 \pm 22/15$ سال، وزن: $5/33 \pm 60/71$ کیلوگرم، قد: $15/4 \pm 164/22$ سانتیمتر) که حداقل ۶ ماه سابقه تمرین مقاومتی منظم داشتند به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت نمودند. قبل از اجرای مطالعه، تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند، سابقه پزشکی آن‌ها بررسی شد و آزمودنی‌ها بیماری خاصی نداشتند و هیچ دارویی استفاده نمی‌کردند. هم چنین، با توجه به اظهارات آزمودنی‌ها، آن‌ها هیچ‌گونه مکملی استفاده نمی‌کردند. از تمام آزمودنی‌ها خواسته شد که از مصرف کافئین و فعالیت شدید، ۲۴ ساعت قبل از آزمون خودداری کنند. آزمودنی‌ها طی چهار جلسه مجزای متناوب به محل اجرای پژوهش آمدند. در جلسه اول، طرح و هدف پژوهش و روش اجرای آزمون‌ها و تمرینات توضیح داده شد و سن، قد و وزن اندازه‌گیری شد. سپس، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی و متقاطع (به - منظور حذف اثر احتمالی تمرین یا آشناسازی) در سه وضعیت: ۱- پلايومتریک معمولی، ۲- پلايومتریک مقاومتی، ۳- پلايومتریک شتابی قرار گرفتند. شایان ذکر است که در هر جلسه، هر آزمودنی وضعیت مربوط به خود را اجرا می‌کرد. جلسات با فاصله سه تا پنج روز از یکدیگر انجام شد و جهت جلوگیری از اثر ریتیم بیولوژی روزانه، آزمون‌ها در یک زمان مشابه در روز صورت گرفت.

برای فعالیت پلايومتریک، از حرکت اسکات پرشی در ۳ ست ۱۰ تکراری و ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها استفاده شد. در پلايومتریک مقاومتی، یک سر کش از پایین به زمین محکم بسته شده و سر دیگر به کمر آزمودنی متصل شد تا هنگام اجرای پرش، در مقابل آن مقاومت ایجاد کند. در پلايومتریک شتابی، یک سر کش از بالا به سقف محکم شده و سر دیگر کش در ناحیه زیر بغل آزمودنی قرار می‌گرفت. پلايومتریک معمولی هم بدون کش و با استفاده از وزن بدن اجرا شد (۱۰). برای کنترل اثر کشسانی کش، در پلايومتریک شتابی و مقاومتی از کش‌های مقاومتی تراباند مشابه و با طول یکسان استفاده شد. نمونه‌های خونی به میزان پنج میلی لیتر از ورید پیش‌آرنجی چپ همه آزمودنی طی سه مرحله (۳۰ دقیقه قبل، بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از فعالیت) برای بررسی میزان فعالیت آنزیم کراتین کیناز تام و لاکتات دهیدروژناز سرمی در حالت ناشتا تهیه شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز سرمی از دستگاه اتوانالیز و استفاده شد. رژیم غذایی آزمودنی‌ها قبل از انجام خون‌گیری با استفاده از یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته کنترل شد. ضمناً تمامی اندازه‌گیری‌ها در فاصله زمانی ساعت ۸/۳۰ تا ۱۱ صبح، دمای ۲۸-۲۶ درجه سانتیگراد، رطوبت ۵۵-۵۰ درصد، تهویه و نور محیطی یکسان انجام شد. به علاوه، آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون، از انجام هرگونه فعالیت بدنی اجتناب کردند. به منظور حذف اثرات زودگذر فعالیت ورزشی و شرایط آزمایشگاهی روی شاخص‌های خونی، تغییرات حجم خون محاسبه شد. با استفاده از کیت‌های شرکت پارس، میزان فعالیت آنزیمی کراتین کیناز تام و لاکتات دهیدروژناز به کمک دستگاه اتوانالیز (۳۰۰) Alcyon اندازه‌گیری شد.

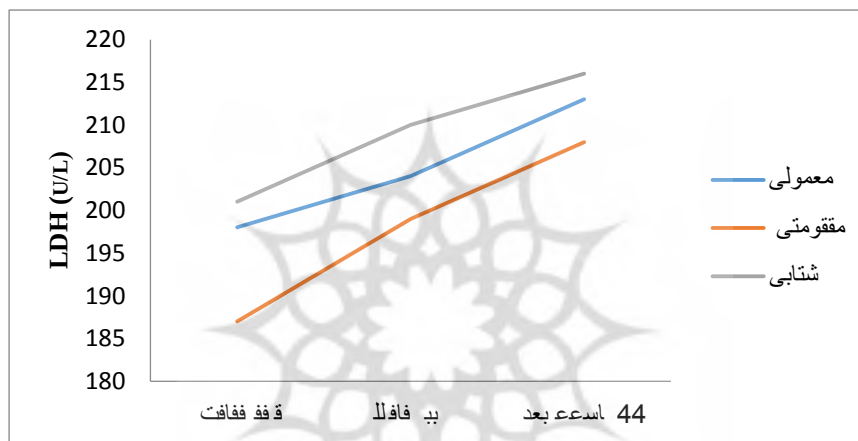
برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای تعیین میانگین و انحراف معیار استفاده گردید. توزیع نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون گولموگراف - اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. جهت آزمون فرضیه‌های پژوهش از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بن فرونی استفاده شد. سطح معنی‌داری در این پژوهش $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

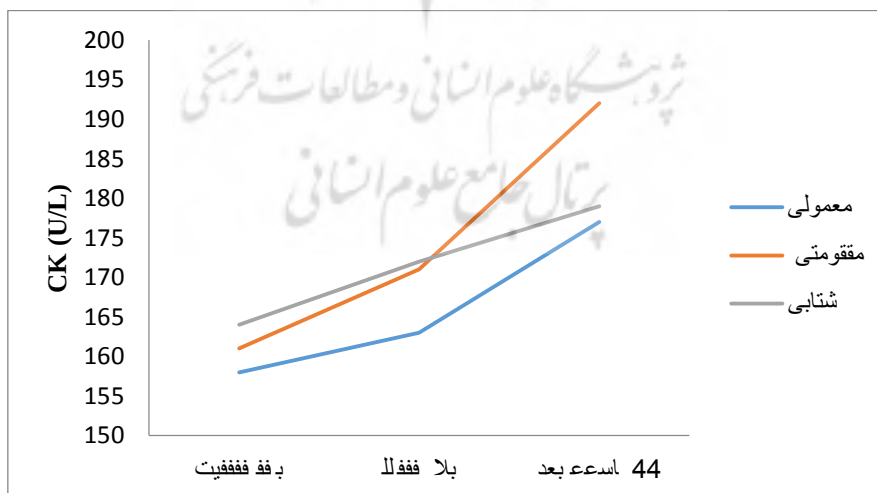
نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد که اثر مستقیم نوع تمرین پلايومتریک ($PES=0/126$ ، $p=0/894$)، اثر مستقیم زمان ($F_{(2,68,32,25)}=0/485$ ، $p=0/679$ ، $PES=0/114$)، اثر مستقیم زمان ($F_{(1,96,23,57)}=0/41$) و همچنین اثر متقابل تمرین

پلايومتریك و زمان بر تغییرات لاکتات دهیدروژناز سرمی ($F_{(24,288)} = 0.546$, $p = 0.794$, $PES = 0.139$) معنی دار نیست. با این وجود، لاکتات دهیدروژناز در زمان های بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت نسبت زمان قبل فعالیت در هر سه تمرین پلايومتریك معمولی، پلايومتریك شتابی و پلايومتریك مقاومتی افزایش داشت ولی این افزایش معنی دار نبود ($p > 0.05$) (شکل ۱).

نتایج نشان داد که برای کراتین کیناز اثر مستقیم نوع تمرین پلايومتریك ($F_{(2,68,23,25)} = 4.485$, $p = 0.458$, $PES = 0.272$)، اثر مستقیم زمان ($F_{(1,96,23,57)} = 546.41$, $p = 0.298$, $PES = 0.125$) معنی دار نیست ولی اثر متقابل تمرین پلايومتریك و زمان ($F_{(24,288)} = 1.259$, $p = 0.041$, $PES = 0.320$) معنی دار است. با این وجود، کراتین کیناز در زمان های بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت نسبت زمان قبل فعالیت در هر سه تمرین پلايومتریك معمولی، پلايومتریك شتابی و پلايومتریك مقاومتی افزایش داشت که این افزایش فقط در زمان ۲۴ ساعت بعد فعالیت نسبت به قبل از فعالیت در گروه پلايومتریك مقاومتی معنی دار بود (شکل ۲).



شکل ۱. مقایسه لاکتات دهیدروژناز سرمی بین تمرینات مختلف پلايومتریك و در زمان های مختلف



شکل ۲. مقایسه کراتین کیناز سرمی بین تمرینات مختلف پلايومتریك و در زمان های مختلف

بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر که به منظور مقایسه تأثیر یک جلسه تمرین پلايومتریک با روش‌های مختلف بر تغییرات آنزیم کراتین کیناز تام و لاکتات دهیدروژناز سرمی دختران فعال انجام گرفت حاکی از افزایش غیر معنی‌دار لاکتات دهیدروژناز در بلافاصله و ۲۴ ساعت و افزایش معنی‌دار کراتین کیناز ۲۴ ساعت بعد از پلايومتریک مقاومتی بود. البته بین روش‌های مختلف پلايومتریک تفاوت معناداری در تغییرات شاخص‌ها مشاهده نشد. تغییرات تا ۲۴ ساعت پس از تمرین یعنی در دوره بازیافت بررسی شد. به هر حال شدت تمرین انتخاب شده برای فعالیت پلايومتریک افزایش چشمگیر شاخص آسیب عضلانی را به دنبال نداشت. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج فاتوروس و همکاران (۲۰۰۹) که اظهار داشتند به دنبال انجام یک جلسه فعالیت مقاومتی دایره‌ای به مدت ۳۰ دقیقه میزان فعالیت آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز تغییر چندانی در مقایسه با قبل از فعالیت نشان نداد (۱۱) هم‌خوانی دارد. در مقابل، پیترسون و همکاران (۲۰۱۴) و پاتوجا و همکاران (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد. از دلایل احتمالی تناقض یافته‌های مطالعات فوق‌الذکر با نتایج پژوهش حاضر می‌تواند تفاوت‌های فردی به پاسخ LDH و CK و پاسخ‌های فردی این شاخص‌ها به سطح آمادگی بدنی، هم‌چنین نوع و مدت فعالیت بدنی باشد. این عوامل، مقدار پاسخ و دوره‌ی زمانی ترشح را به دنبال آسیب تحت تأثیر قرار می‌دهند. در کل، محققان چنین اظهار دارند که فعالیت‌های شدید به علت اعمال فشار مکانیکی- متابولیکی بیشتر روی تارچه‌ها در نهایت منجر به پارگی سارکولما، پارگی تارچه‌ها، سیال شدن صفحات Z جابجایی اندامک‌های درون سلولی، ناپایداری غشای پلاسمایی و افزایش ترشح پروتئین‌های درون سلولی پس از انجام فعالیت شدید می‌شود. در واقع، خستگی تارهای عضلانی متعاقب فعالیت‌های وامانده ساز می‌تواند منجر به افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی به یون کلسیم آزاد درون سلولی و اختلال در عملکرد پمپ‌های سدیمی-پتاسیمی شده، باعث ناپایداری غشای سلولی و فعال شدن پروتئازها و فسفولیپازها گردد (۱۲).

همچنین، همسو با مطالعه گدرونی و همکاران (۱۳۹۴) برخی از پژوهش‌های گذشته افزایش سطوح آنزیم کراتین کیناز را به عنوان شاخصی از آسیب عضلانی متعاقب تمرینات پلايومتریک گزارش کردند. با این حال، نتیجه پژوهش حاضر و مطالعه توفاس و همکاران (۲۰۰۸) در تضاد است. در مطالعه توفاس سطوح آنزیم کراتین کیناز تام آزمودنی‌ها در ۲۴ ساعت بعد از دو نوع پرش پلايومتریک افزایش نیافت، بلکه افزایش معنادار با تأخیر و در ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تمرین اتفاق افتاد. تضاد موجود احتمالاً به این دلیل باشد که در مطالعه توفاس و همکاران شدت تمرینات کمتر و تمرین روی سطح نرم (تشک ورزشی) صورت گرفته است. در حالی که در پژوهش گدرونی و همکاران تمرینات پلايومتریک زیاد (۷۰٪ اوج ارتفاع پرش) و تمرین روی سطح سخت اجرا شد. پژوهش گران نتیجه گرفتند که اجرای حرکات پلايومتریک و انفجاری روی سطح سخت (زمین) آسیب بیشتری را به همراه دارد (۱۵).

از دلایل احتمالی مبنی بر این که پروتکل تمرین پلايومتریک تحقیق حاضر منجر به افزایش لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز بعد از فعالیت نشد می‌تواند شدت و بار حجمی تمرین باشد. در تحقیق حاضر شدت پروتکل استفاده شده بر اساس بازخورد گرفته شده از آزمودنی‌ها متوسط بود و پروتکل تمرینی در ۳ دوره با ۱۰ تکرار انجام شد در صورتی که در تحقیق گدرونی پروتکل تمرین پلايومتریک شامل شش دور با ۱۴ تکرار بود. به نظر می‌رسد نوع تمرین، زمان بازیافت و شدت تمرین بر آزاد سازی این آنزیم‌ها اثر گذار است. فعالیت بدنی شدید، باعث ایجاد استرس اکسایشی می‌شود که منجر به آسیب‌های بیولوژیکی در بافت‌های هدف مانند غشای فسفولیپیدی می‌شوند (۱۶). در پاسخ به فعالیت بدنی مصرف اکسیژن در بدن انسان‌ها به طور سیستمیک ۱۰ تا ۲۰ برابر می‌شود. در عضلات میزان افزایش مصرف اکسیژن بسیار بیشتر است و به ۱۰۰ تا ۲۰۰ برابر زمان استراحت می‌رسد. این مسئله منجر به جریان الکترونی در میتوکندری می‌شود. نشت گونه‌های اکسیژن فعال از

میتوکندری در حین فعالیت، منبع اصلی تنش اکسایشی و آسیب عضلانی است (۱۷). بنابراین نه تنها تنش مکانیکی بالا بلکه هایپوکسی، به ویژه در ترکیب با فعالیت بدنی، می توانند موجب آسیب به غشای سلول عضله شوند.

البته، باید اذعان داشت که سازوکار و الگوی تغییرات آنزیم کراتین کیناز تام سرمی با توجه به نوع فعالیت ورزشی (فعالیت های هوازی در برابر مقاومتی) متفاوت است (۱۸). به طوری که افزایش آنزیم کراتین کیناز تام سرمی متعاقب فعالیت های مقاومتی عمدتاً به دلیل پارگی سارکولما (غشای سلول عضلانی) رخ می دهد؛ درحالی که افزایش غلظت سرمی این آنزیم متعاقب فعالیت هوازی و استقامتی بیشتر در اثر نشت ناشی از افت انرژی و ناپایداری یا آسیب ناشی از پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غشای سلولی است. هم چنین، الگوی تغییرات این شاخص پس از انجام تمرینات هوازی به شکلی است که پس از ۲۴ ساعت به اوج خود رسیده و سپس به تدریج کاهش می یابد. درحالی که در اثر فشار مکانیکی حین تمرینات مقاومتی یا پلایومتریک (که دارای انقباض های برونگرای غیرموسوم هستند) ممکن است سطح سرمی این شاخص به دلیل بروز آسیب سلولی به طور معناداری تا هشت روز بالاتر از سطوح طبیعی باشد (۱۹).

بر اساس نتایج این مطالعه می توان گفت که فعالیت پلایومتریک مقاومتی نسبت به فعالیت پلایومتریک شتابی و معمولی آسیب عضلانی بیشتری بخصوص در روز بعد از تمرین ایجاد می کند اما تفاوت چندانی بین این فعالیت ها از نظر تغییر سطوح CK و LDH بلافاصله بعد از فعالیت وجود ندارد. بنابراین ورزشکارانی که در فازهای تمرینی خود از تمرینات پلایومتریک مقاومتی استفاده می کنند استراحت کافی بین روزهای تمرینی لحاظ کنند.

منابع

- 1- Jurado-Lavanant A, Alvero-Cruz JR, Pareja-Blanco F, RodríguezRosell D, Melero-Romero C, Fernandez-Garcia JC. The Effects of Aquatic Plyometric Training on Repeated Jumps, Drop Jumps and Muscle Damage. *International Journal of Sports Medicine*. 2018;39(10):764-72. [doi: 10.1055/s-0034-1398574]
- 2- Pagaduan J, Pojskic H. A meta-analysis on the effect of complex training on vertical jump performance. *J Hum Kinet*. 2020 Jan 31;71:255-65. [doi: 10.2478/hukin-2019-0087]
- 3- Tufano JJ, Malecek J, Steffl M, Stastny P, Hojka V, Vetrovsky T. Field-based and lab-based assisted jumping: unveiling the testing and training implications. *Front Physiol*. 2018 Sept 12;12:9,1284. [doi: 10.3389/fphys.2018.01284]
- 4- Dell'Antonio E, Ruschel C, de Brito Fontana H, Haupenthal A, Pereira SM, Roesler H. Effect of Immersion on Ground Reaction Force and Contact Time During Drop Jump Exercise. *J Strength Cond Res*. 2016 Dec;30(12):3443-49. [doi: 10.1519/JSC.0000000000001446]
- 5- Makaruk H, Starzak M, Suchecki B, Czaplicki M, Stojiljković N. The Effects of Assisted and Resisted Plyometric Training Programs on Vertical Jump Performance in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Sci Med*. 2020;19:347-57.
- 6- Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, Avloniti A, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, et al. Time Course of Changes in Performance and Inflammatory Responses after Acute Plyometric Exercise. *J Strength Cond Res*. 2010 May;24(5):1389-98. [doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d1d318]
- 7- Udani-Jay K, Singh-Betsy B, Singh-Vijay J, Sandoval E. Bounce Back capsules for reduction of DOMS after eccentric exercise: a randomized, double-blind, placebo-

- controlled, crossover pilot study. *Journal of the International Society Sports Nutrition*. 2022 May 06;8(16):399-408. [doi: 10.1186/1550-2783-6-14]
- 8- Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol*. 2017 Mar 06; 122(3):559-70. [doi: 10.1152/jappphysiol.00971.2016]
 - 9- Owens DJ, Twist C, Cobley JN, Howatson G, Close GL. Exercise-induced muscle damage: what is it, what causes it and what are the nutritional solutions? *Eur J Sport Sci*. 2018 Aug 15;19(1):71-85. [doi: 10.1080/17461391.2018.1505957]
 - 10- Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue, and inflammation: a systematic review with meta-analysis. *Front Physiol*. 2018 April 26;9:403. [doi: 10.3389/fphys.2018.00403] [PMID: 29755363] [PMCID: PMC5932411]
 - 11- Fatouros IG, Jamurtas AZ, Leontsini D, Taxildaris K, Aggelousis N, Kostopoulos N, et al. Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength. *J Strength Cond Res*. 2000;14(4):470-6.
 - 12- Nakajima T, Kurano M, Hasegawa T, Takano H, Iida H, Yasuda T, et al. Pentraxin3 and High-Sensitive C-Reactive Protein are Independent Inflammatory Markers Released during High-Intensity Exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2010 July 17;110(5):905-13. [doi: 10.1007/s00421-010-1572-x]
 - 13- Gadruni K, Jafari A, Hosainpur Fayzi MA. Comparison the effect of one session plyometric and strength training on serum Creatine Kinase, and C-reactive protein in elite male Taekwondo athletes. *Exercise Physiology*. 2015 April 21;25;131-46. [dor: 20.1001.1.2322164.1394.7.25.9.9] [In Persian]
 - 14- Tofas T, Jamurtas AZ, Fatouros I, Nikolaidis MG, Koutedakis Y, Sinouris EA, et al. Plyometric Exercise Increases Serum Indices of Muscle Damage and Collagen Breakdown. *J Strength Cond Res*. 2008 March;22(2):490-6. [doi: 10.1519/JSC.0b013e31816605a0]
 11. Miyama M, Nosaka K. Influence of Surface on Muscle Damage and Soreness induced by Consecutive Drop Jumps. *J Strength Cond Res*. 2004 May 01;18(2):206-11. [doi: 10.1519/r-13353.1] [PMID: 15142020]
 12. Byrne C, Eston R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*. 2002 Dec 09;20:17-25. [doi: 10.1080/026404102317366672]
 13. Eston R, Byrne C, Twist C. Muscle Function after Exercise-Induced Muscle Damage: Considerations for Athletic Performance in Children and Adults. *J Eex Sci Fit*. 2003;1(2):85-96.
 14. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine Kinase Monitoring in Sport Medicine. *Br Med Bull*. 2007 Jun 14;81(1):209-30. [doi: 10.1093/bmb/ldm014]
 15. Kolkhorst FW, Buono MJ, Klepper RE, Sabbadini RA. Delayed-Onset Muscular Soreness not related to Tnf-A or Crp. *Med Sci Sports*. 2003;35(5):S238.