

## اثر پتانسیل سازی پس از فعالسازی در ترکیب با تمرین تناوبی سرعتی

### شدید بر اجرای ورزشی

وحید ولی پور دهنو\*<sup>۱</sup>، مهین خنجری عالم<sup>۲</sup>، صادق صیدی عبدلی<sup>۳</sup>، محمود محرابی<sup>۴</sup>

۱- استادیار دانشگاه لرستان ۲، ۳ و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه لرستان

#### چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر پتانسیل سازی پس از فعالسازی در ترکیب با تمرین تناوبی سرعتی شدید بر اجرای ورزشی بود. روش شناسی: در این پژوهش ۱۴ نوجوان سالم و فعال به طور داوطلبانه انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه ۱ (۷ آزمودنی، سن:  $16/57 \pm 0/53$  سال؛ قد:  $178/14 \pm 6/67$  سانتی متر و وزن:  $66/86 \pm 6/82$  کیلوگرم) و ۲ (۷ آزمودنی، سن:  $16/43 \pm 0/53$  سال؛ قد:  $173/71 \pm 5/68$  سانتی متر و وزن:  $61/43 \pm 7/78$  کیلوگرم) تقسیم شدند. آزمودنی های دو گروه ۲ جلسه در هفته برای ۳ هفته تمرین تناوبی سرعتی شدید را انجام دادند. گروه ۱ قبل از انجام تمرینات سرعتی، پروتکل پیش آمادگی را به صورت ۳ دور با ۱ تکرار ۳ ثانیه ای انقباض هم-طول عضلات باز کننده زانو انجام دادند. پیش و پس از اجرای برنامه تمرینی، استقامت در سرعت ( $40 \times 6$  متر) و میزان آنزیم لاکتات دهیدروژناز سرم آزمودنی ها تعیین شد. برای تعیین میزان لاکتات دهیدروژناز سرم، ۲۴ ساعت قبل از جلسه اول و ۴۸ ساعت بعد از جلسه آخر تمرین از آزمودنی ها نمونه خونی گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون های آنالیز واریانس یک طرفه و  $t$  زوجی استفاده و سطح معناداری  $\alpha < 0/05$  در نظر گرفته شد. یافته ها: نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان داد که در نتیجه تمرین اختلاف معناداری بین استقامت در سرعت ( $p = 0/38$ ) و لاکتات دهیدروژناز ( $p = 0/068$ ) دو گروه مشاهده نشد. هم چنین نتایج آزمون  $t$  زوجی نشان داد که دو پروتکل تمرینی افزایش معناداری را در استقامت در سرعت (به ترتیب  $p = 0/008$  و  $p = 0/007$ ) و لاکتات دهیدروژناز (به ترتیب  $p = 0/049$  و  $p = 0/048$ ) موجب شدند. نتیجه گیری: پتانسیل سازی پس از فعالسازی به شکل پروتکل مطالعه حاضر برای ۳ هفته نمی تواند اثرات تمرین تناوبی سرعتی شدید بر استقامت در سرعت را بهبود بخشد.

#### کلید واژه ها:

پتانسیل سازی پس از فعالسازی، تمرین تناوبی سرعتی، لاکتات دهیدروژناز

## مقدمه

توسعه توان عضلانی یکی از اساسی‌ترین سازگاری‌های فیزیولوژیکی برای بهبود اجرای جسمانی است. توانایی برای اعمال نیروی زودتر در یک حرکت و در سرتاسر یک دامنه حرکتی بزرگتر در بیشترین حرکات ورزشی از اهمیت زیادی برخوردار است. این حرکات که در بیشترین ورزش‌ها بکار برده می‌شود عبارتند از دوی سرعت، پرش، تغییر جهت، پرتاب کردن، ضربه زدن با پا و حرکات برخوردی است (۳). تولید توان ممکن است مهمترین ویژگی اجرای ورزشی باشد و ممکن است کیفیت اجرا را تعیین کند. در این روش هر گونه مداخله تمرینی که قادر به افزایش حاد اجرای توانی باشد این پتانسیل را خواهد داشت که به طور مستقیم اجرای ورزش‌ها را افزایش دهد. یک مداخله تمرینی که مطالعات زیادی بر ویژگی‌های بالقوه افزایش دهنده توان آن تمرکز کرده‌اند، پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی<sup>۱</sup> است (۱۰).

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که اجرای انسان بعد از پایان ورزش می‌تواند به طور مثبت یا منفی تحت تأثیر قرار گیرد. برای مثال اجرای انسان بعد از یک جلسه ورزش خسته کننده کاهش می‌یابد اما بعد از یک جلسه گرم کردن با شدت بیشینه یا شدت بالا افزایش می‌یابد. کاهش نیرو بعد از انقباض پیشین عضله، خستگی و افزایش اجرای عضلانی، پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی نامیده شده است (۱). پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی به عنوان افزایش در تولید نیرو به دنبال یک عمل بیشینه یا نزدیک به بیشینه عضله تعریف شده است و ممکن است به علت فسفوریلاسیون زنجیره سبک میوزین باشد. سازوکار بالقوه بعدی پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی می‌تواند افزایشی در غلظت کلسیم در محل‌های پل عرضی و افزایش تحریک‌پذیری نرون حرکتی آلفا باشد (۱۷). به

<sup>1</sup> postactivation potentiation

نظر می‌رسد پتانسیل‌سازی پس از فعال‌سازی هنگامی به دست می‌آید که تحریک دستگاه عصبی مرکزی افزایشی در عملکرد انقباضی، به علت محرک آمادگی شدید، ایجاد می‌کند. استراتژی‌های پتانسیل‌سازی پس از فعال‌سازی عموماً شامل اجرای حرکات قدرتی پویا یا ایستای بیشینه یا زیربیشینه است (۱۵).

تمرین تناوبی سرعتی شدید<sup>۱</sup> (SIT) بوسیله جلسات مکرر وهله‌های کوتاه تکراری ورزش خیلی شدید مشخص می‌شود (۴). SIT فعالیت بیشینه آنزیم‌های میتوکندریایی را افزایش، مصرف گلیکوژن و تجمع لاکتات در خلال ورزش با بار کاری یکسان<sup>۲</sup> را کاهش و اجرا در خلال تکالیفی را بهبود می‌بخشد که عمدتاً بر سوخت و ساز هوازی متکی هستند. هم چنین SIT ممکن است مؤثرتر از تمرین استقامتی سنتی<sup>۳</sup> برای بهبود تعیین کننده‌های مهم دیگر اجرای استقامتی مانند ظرفیت باف‌ری عضله باشد. بنابراین SIT با حجم کم ممکن است یک استراتژی کارآمد از نظر زمانی<sup>۴</sup> برای القاء سازگاری‌ها در عضله و اجرا شبیه تمرین استقامتی سنتی با حجم زیاد نشان دهد (۷). به هر حال سازگاری‌های ناشی از تمرین تناوبی با شدت بالا عبارتند از افزایش ظرفیت اکسایشی عضله اسکلتی که به وسیله فعالیت بیشینه و/یا محتوای پروتئین آنزیم‌های میتوکندریایی مشخص می‌شود، افزایش محتوای گلیکوژن استراحتی، کاهش میزان مصرف گلیکوژن و تولید لاکتات در خلال ورزش با بار کاری یکسان، افزایشی در ظرفیت اکسیداسیون چربی کل بدن و عضله اسکلتی، افزودن ساختار و عملکرد عروق محیطی و بهبود اجرای ورزشی که به وسیله

<sup>1</sup> high-intensity sprint interval training (SIT)

<sup>2</sup> matched-work exercise

<sup>3</sup> traditional endurance training

<sup>4</sup> time-efficient

آزمون‌های زمان تا واماندگی<sup>۱</sup> یا رکوردگیری<sup>۲</sup> و افزایش برداشت بیشینه اکسیژن اندازه‌گیری شده است (۸).

ورزشکاران و مربیان دائماً در جستجوی سبک‌های تمرینی متفاوت و ترکیبات مختلف روش‌ها با هدف یافتن بهترین خط مشی ممکن هستند که منجر به بهبود اجرا می‌شود. اگر چه متغیرهای زیادی وجود دارد که ممکن است به منظور بهبود اجرا دستکاری شوند، اخیراً تمرکز عمده‌ای بر روی اثرات گرم کردن‌های پویا و بیشینه بر اجرای انفجاری شده است (۱۷). به هر حال تا کنون مطالعه‌ای اثرات بلند مدت و همزمان پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی و تمرین تناوبی سرعتی شدید را بر اجرای سرعتی بررسی نکرده است. تنها مک براید و همکاران (۲۰۰۵) (۱۴) در مطالعه‌ای اثرات اسکات‌های با بار زیاد و پرش با چرخه کشش-کوتاه شدن<sup>۳</sup> باردهی شده بر اجرای سرعتی را بررسی کردند. پروتکل اسکات به صورت ۱ دور با ۳ تکرار با ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه و پروتکل پرش به صورت ۱ دور با ۳ تکرار با ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. نتایج نشان داد که پروتکل اسکات زمان دوی سرعت ۴۰ متر را بهبود داد اما پروتکل دوم این اثر را نداشت. به عنوان یک استراتژی در این مطالعه اثر یک پروتکل منتخب پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی بر اجرای تکرار سرعتی مورد مطالعه قرار گرفته است. فرضیه این است که با توجه به اثر پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی بر اجرای پیابند به طور حاد، آیا اجرای این روش تقویت کننده به طور مزمن (میان مدت)، می‌تواند باعث سازگاری بیشتری در اجرای پیابند شود. بنابراین در مطالعه حاضر ما بر آن هستیم که در ابتدای تمرین SIT با ایجاد پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی برون‌داد توان در خلال

<sup>1</sup> time-to-exhaustion

<sup>2</sup> time trials

<sup>3</sup> countermovement jump

دویدن سرعتی را افزایش دهیم با این هدف که با افزایش برون‌داد توان سازگاری بیشتری را در پی تمرینات SIT شاهد باشیم.

### روش‌شناسی پژوهش

آزمودنی‌ها: پس از مراجعه به دبیرستان شهید مصطفی خمینی (ره) شهرستان خرم‌آباد از بین دانش‌آموزان سال سوم مقطع متوسطه چهارده نوجوان سالم فعال که تنها سابقه فعالیت ورزشی به صورت تفریحی داشتند و پیش از این نیز سابقه مشکلات ارتوپدی نداشتند، به طور داوطلبانه انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند. آزمودنی‌ها از اهداف و خطرات احتمالی مطالعه مطلع شدند و رضایت‌نامه کتبی امضاء کردند. ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. گروه‌ها از نظر سن، قد و وزن اختلاف معناداری نداشتند ( $P > 0/05$ ).

جدول (۱) ویژگی‌های آزمودنی‌ها (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

گروه	ویژگی	سن (سال)	قد (سانتیمتر)	وزن (کیلوگرم)
گروه ۱	$16/00 \pm 0/82$	$177/86 \pm 6/23$	$66/86 \pm 6/82$	
گروه ۲	$16/29 \pm 1/11$	$173/71 \pm 5/68$	$61/43 \pm 7/79$	

مداخله تمرینی: هر دو گروه ۲ بار در هفته (شنبه و سه‌شنبه) برای ۳ هفته به طور دقیق و تحت شرایط کنترل شده تمرین تناوبی سرعتی شدید را در پیست تارتان مجموعه ورزشی تختی خرم‌آباد زیر نظر پژوهشگر اجرا کردند. قبل از هر جلسه تمرینی، آزمودنی‌ها یک دوره گرم کردن ۱۰ دقیقه‌ای شامل دویدن آرام و اجرای دوهای کوتاه و سرعتی را انجام دادند و در خلال دوره بعد از تمرین، ۵ دقیقه دویدن آرام و حرکات کششی غیر فعال را به منظور بازگشت به حالت اولیه سریعتر انجام دادند.

پروتکل تمرینی: آزمودنی‌های دو گروه ۴ تکرار ۴۰ متری با حداکثر سرعت با فاصله استراحت ۱۰ ثانیه بین هر تکرار و ۳ دقیقه بین هر دوره انجام دادند. این پروتکل (۴×۴۰ متر) در خلال دو جلسه هفته اول ۳ بار، هفته دوم ۴ بار و هفته سوم مجدداً ۳ بار تکرار شد. در مجموع در خلال دوره تمرینی پروتکل ۶ بار انجام شد.

پروتکل پیش‌آمادگی: گروه ۱ قبل از اجرای تمرین تناوبی سرعتی شدید، پروتکل پیش‌آمادگی ۱ را به صورت ۳ دور با ۱ تکرار ۳ ثانیه‌ای انقباض هم‌طول اختیاری بیشینه برای عضلات باز کننده زانو با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه بین هر دور انجام دادند. برای این منظور از آزمودنی خواسته می‌شد که با زاویه زانو ۱۲۰ درجه بر روی دستگاه هاک پا حداکثر نیروی هم‌طول را بر دستگاه وارد کند و این عمل را ۳ بار تکرار می‌کرد. سپس آزمودنی‌ها پس از ۱ دقیقه استراحت پروتکل تمرینی را شبیه گروه ۲ انجام دادند. خاطر نشان می‌شود که گروه یک پروتکل پیش‌آمادگی را تنها یک بار و آن هم در ابتدای هر جلسه انجام می‌دادند. انتخاب این روش پیش‌آمادگی بر اساس مطالعاتی بوده که نشان داده‌اند استراتژی‌های پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی عموماً شامل اجرای حرکات قدرتی پویا یا ایستای بیشینه یا زیربیشینه است (۱۵).

### شیوه‌های اندازه‌گیری

استقامت در سرعت: برای ارزیابی استقامت در سرعت از آزمون دوی سرعت تکراری (۶×۴۰ متر) ۲۴ ساعت پیش و ۴۸ ساعت پس از دوره تمرینی استفاده شد. فاصله استراحت بین هر تکرار ۱۰ ثانیه بود و از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد که هر تکرار را با حداکثر سرعت انجام دهند. در نهایت میانگین زمان ۶ تکرار برای میزان استقامت در سرعت هر آزمودنی ثبت می‌شد.

<sup>1</sup> preconditioning

لاکتات دهیدروژناز: نمونه‌های خونی ۲۴ ساعت قبل از شروع جلسه اول تمرین و ۴۸ ساعت پس از جلسه آخر تمرین از ورید بازویی آزمودنی‌ها در حالت ناشتا بین ساعت ۸ الی ۸:۳۰ صبح گرفته شد. چون آنزیم لاکتات دهیدروژناز یکی از آنزیم‌های درگیر در سوخت و ساز انرژی است که تحت تأثیر ساعت شبانه روزی<sup>۱</sup> قرار می‌گیرد به همین دلیل دو نمونه خونی در ساعت یکسانی از آزمودنی‌ها گرفته شد (۲). از آزمودنی‌ها خواسته شد حداقل ۴۸ ساعت پیش از انجام نمونه‌گیری خونی از هر گونه فعالیت بدنی شدید خودداری نمایند و برای جلوگیری از نوسانات لاکتات دهیدروژناز خون که به واسطه انجام حرکات اضافی بوجود می‌آید، ۱۰ دقیقه در وضعیت درازکش قرار گیرند. بعد از ضد عفونی کردن محل نمونه‌گیری روی دست ورزشکار بوسیله الکل، مقدار ۳ سی‌سی خون با استفاده از سرنگ گرفته و سریعاً به ویال حاوی ماده ضد انعقاد (EDTA) اضافه شد. سپس به مدت ۶۰-۳۰ ثانیه هم زده شد تا خون با ماده ضد انعقاد به صورت کامل مخلوط شود. با استفاده از دستگاه سانتی‌فیوژ و با دور ۳۰۰۰ در دقیقه خون سانتی‌فیوژ شد تا پلاسما بدست آید. سپس پلاسما به آرامی جدا و آزمون اندازه‌گیری لاکتات دهیدروژناز طبق روش طراحی شده در کیت (Lat Num: ۹۱۰۰۲، Exp Date: ۲۰۱۴-۱۱، شرکت پارس آزمون، ایران) انجام گرفت. اندازه‌گیری لاکتات دهیدروژناز بوسیله دستگاه بیوشیمی اتوآنالایزر ۹۱۷ هیتاچی انجام شد.

### روش‌های آماری

نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردارند (جدول ۲)، بنابراین برای تجزیه و تحلیل آنها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و  $t$  زوجی استفاده شد. برای

<sup>1</sup> circadian clock

بررسی اینکه کدام پروتکل تمرینی تغییر بیشتری ایجاد کرده، از درصد تغییرات نسبت به پیش آزمون استفاده شد. اختلاف معنادار آماری نیز در سطح  $\alpha < 0.05$  تعیین شد.

جدول (۲) نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنف

سطح معناداری	مقدار Z	متغیر
۰/۳۸	۰/۹۱	استقامت در سرعت
۰/۹۶	۰/۵۱	لاکتات دهیدروژناز

### یافته‌ها

در جدول ۳ داده‌های توصیفی و نیز نتایج آمار استنباطی برای هر دو گروه به تفصیل شرح داده شده است.

جدول (۳) داده‌های توصیفی (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)، نتایج آزمون t زوجی و درصد تغییرات

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	سطح معناداری درصد تغییرات
استقامت در سرعت	۱	۶/۰۸ $\pm$ ۰/۲۷	۵/۹۲ $\pm$ ۰/۲۷	-۲/۶۳ p=۰/۰۰۸
(ثانیه)	۲	۶/۲۱ $\pm$ ۰/۳۶	۶/۱۲ $\pm$ ۰/۴۸	-۲/۰۹ p=۰/۰۰۷
لاکتات دهیدروژناز	۱	۳۳۶/۵۷ $\pm$ ۴۹/۹۷	۳۹۱/۴۳ $\pm$ ۶۳/۸۳	۱۶/۳۰ p=۰/۰۴۹
(IU/L)	۲	۳۱۱/۰۰ $\pm$ ۳۷/۴۶	۳۳۷/۲۹ $\pm$ ۳۱/۸۴	۸/۴۵ p=۰/۰۴۸

جدول (۴) نتایج آزمون آنالیز واریانس

سطح معناداری	مقدار F	متغیر
۰/۴۵	۰/۶۰	استقامت در سرعت پیش آزمون
۰/۳۸	۰/۸۴	استقامت در سرعت پس آزمون
۰/۳۰	۱/۱۷	لاکتات دهیدروژناز پیش آزمون
۰/۰۶۸	۴/۰۳	لاکتات دهیدروژناز پس آزمون

نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان داد که آزمودنی‌های گروه ۱ و ۲ در پیش آزمون و پس آزمون استقامت در سرعت (به ترتیب  $p=0/45$  و  $p=0/38$ ) و لاکتات دهیدروژناز (به ترتیب  $p=0/30$  و  $p=0/068$ ) اختلاف معناداری با هم نداشتند. هم چنین نتایج آزمون t زوجی نشان داد که دو پروتکل تمرینی افزایش معناداری را در استقامت در سرعت (به ترتیب  $p=0/008$  و  $p=0/007$ ) و

لاکتات دهیدروژناز (به ترتیب  $p=0/049$  و  $p=0/048$ ) موجب شدند. بنابراین علیرغم افزایش معنادار هر دو متغیر در پاسخ به پروتکل‌های تمرینی، اختلاف معناداری بین دو گروه پس از دوره تمرینی مشاهده نشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر این فرضیه که احتمالاً پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی اثرات تمرین تناوبی سرعتی شدید بر استقامت در سرعت را بهبود می‌بخشد، آزمون شد. نتایج نشان داد که در کوتاه مدت (۳ هفته) پروتکل تمرین تناوبی سرعتی شدید مطالعه حاضر استقامت در سرعت را بهبود و مقدار آنزیم لاکتات دهیدروژناز سرم را افزایش داد. احتمالاً نتایج مطالعه حاضر از اضافه کردن جزء تقویت‌کننده پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی قبل از انجام تمرینات سرعتی شدید در هر جلسه حمایت می‌کند. با این وجود این احتمال وجود دارد که با افزایش دوره تمرینی، اثرات این شیوه تقویت‌کننده آشکارتر شود. پروتکل پیش‌آمادگی در مطالعه حاضر به صورت ۳ دور با ۱ تکرار ۳ ثانیه‌ای انقباض هم‌طول اختیاری بیشینه برای عضلات باز کننده زانو با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه بین هر دور انجام شد که نتوانست در کوتاه مدت (شش جلسه) تغییرات معناداری ایجاد کند اما تغییرات بیشتری نسبت به گروه ۲ ایجاد کرد. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به این که سازگاری‌های اولیه ناشی از تمرین سرعتی و قدرتی بیشتر ناشی از سازگاری‌های عصبی است، احتمالاً می‌توان نتیجه گرفت با افزایش مدت تمرین اثرات پروتکل پیش‌آمادگی معنادار شود.

توسعه برون‌داد توان عضلانی یک تعیین‌کننده اجرای ورزشی به ویژه در رویدادهای دو و میدانی است که از مسافت‌های کوتاه دویدن یا پرش‌های عمودی و افقی تشکیل شده است. چندین روش تمرینی برای بیشینه کردن توان عضله به منظور بهبود حاد اجرای ورزشی بررسی شده است

که یکی از آنها پتانسیل سازی پس از فعالسازی است. اجرا در دویدن سرعتی وابسته به توانایی تولید سرعت بالا در یک فاصله زمانی کوتاه است که خود وابسته به عوامل بیومکانیکی، ساختاری و بیوشیمیایی زیادی است. به منظور افزایش حاد توان، چندین مطالعه پیشنهاد کرده‌اند که اجرا بعد از پروتکل‌های پتانسیل‌سازی متفاوت عضله افزایش می‌یابد. این افزایش حاد برون‌داد توان به پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی وابسته است (۱۲). به هر حال پروتکل بهینه برای بیشینه کردن افزایش‌ها در قدرت و توان عضلانی به طور زیادی بوسیله متخصصین قدرت و آمادگی جستجو شده است زیرا هم چنان که ورزش‌ها رقابتی‌تر می‌شوند، نیاز ورزشکاران برای اجرای بهتر توانایی جسمانی‌شان به طور زیادی افزایش می‌یابد (۱۸).

هدف در تمرین هر ورزشکار افزایش اجرا است. بیشترین ورزشکاران بر برنامه‌های تمرینی مزمین بلند مدت تمرکز می‌کنند که به طور زیادی این هدف را انجام می‌دهند. به هر حال به عنوان یک استراتژی حاد، شواهدی وجود دارد که بلند کردن وزنه‌های سنگین و حرکات با تلاش بیشینه سریعاً قبل از یک فعالیت، ممکن است اجرا را از طریق پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی افزایش دهد (۱۰، ۱۱، ۱۶، ۱۷). این افزایش در تولید نیرو ممکن است به علت افزایشی در غلظت کلسیم در محل‌های پل‌های عرضی و فسفوریلاسیون زنجیره‌های سبک میوزین باشد (۱۷). بنابراین روشی که به طور حاد تولید قدرت و توان و احتمالاً اجرای سرعت را افزایش می‌دهد، استفاده از پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی است. با توجه به این ویژگی، پروتکل پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی به طور سنتی به عنوان جانشینی برای گرم کردن قبل از ورزش به منظور بهبود اجرا در رویدادهای ورزشی یا جلسات تمرینی بوده است (۱۶). اوکانو و همکاران (۲۰۱۳) (۱۶) در

مطالعه‌ای اثرات فعالیت آمادگی<sup>۱</sup> بر اجرای توانایی تکرار سرعت<sup>۲</sup> را در ۱۲ مرد هندبال‌بلیست بررسی کردند و نشان دادند فعالیت آمادگی قبل از اجرای تکرارهای سرعتی بهترین زمان سرعت و میانگین زمان سرعت را بهبود می‌بخشد. آنها نتیجه گرفتند که انجام حرکت با بار سنگین قبل از اجرای تمرین سرعت تکراری، زمان دویدن را به مقدار کم تا متوسط بهبود می‌بخشد. لیما و همکاران (۲۰۱۱) (۱۲) اثر انقباض‌های آمادگی قبلی بر ارتفاع پرش معکوس و زمان دویدن را در ورزشکاران خوب تمرین کرده مورد مطالعه قرار دادند. آنها در مطالعه خود از پرش عمقی از ارتفاع ۷۵ سانتیمتر به عنوان فعالیت آمادگی استفاده کردند. آنها نتیجه گرفتند که فعالیت آمادگی، ارتفاع پرش معکوس و زمان دویدن را بهبود می‌بخشد و القاء پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی نه تنها وابسته به طرح پروتکل بلکه هم چنین وابسته به اثر زمان و نوع حرکت است. کابرا و همکاران (۲۰۰۹) (۵) در مطالعه‌شان نتوانستند اثرات سه شدت متفاوت ۵۵، ۷۰ و ۸۶ درصد یک تکرار بیشینه پرس سینه را به منظور پتانسیل‌سازی توان در خلال حرکت پرتابی پرس سینه<sup>۳</sup> نشان دهند. میارکا و همکاران (۲۰۱۱) (۱۵) در مطالعه‌ای اثرات پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی را بوسیله حرکات پلیومتریک، حرکات قدرتی و پلیومتریک و حرکات قدرتی صرف را بر روی آزمون آمادگی ویژه جودو<sup>۴</sup> بررسی کردند. آنها نشان دادند که حرکات پلیومتریک در بین سه روش از اهمیت بیشتری در برانگیختن پتانسیل‌سازی برخوردار است. مطالعه حاضر نشان داد که اجرای حرکت مقاومتی هم‌طول برای عضلات باز کننده زانو نمی‌تواند به طور کوتاه مدت (۶ جلسه) پتانسیل‌سازی را برای اجرای تمرینات سرعتی با شدت بالا بوجود آورد. با این وجود با توجه به

<sup>1</sup> conditioning activity

<sup>2</sup> repeated sprint ability

<sup>3</sup> bench press throw

<sup>4</sup> Special Judo Fitness Test

درصد تغییرات بیشتر در گروه دارای پیش‌آمدگی، این احتمال وجود دارد که در طولانی مدت (بیشتر از ۶ جلسه) اثرات معنادار شود.

تمرین تناوبی با شدت بالا، علیرغم زمان تمرینی خیلی کم و کل حجم تمرینی کاهش یافته، در بزرگسالان سالم نوسازی فیزیولوژیکی نظیر تمرین تداومی با شدت متوسط را ایجاد می‌کند به طوری که شش جلسه تمرین تناوبی با شدت بالا و حجم کم برای دو هفته ظرفیت میتوکندریایی عضله اسکلتی را افزایش داده است. هم چنین دو هفته تمرین تناوبی با شدت بالا و حجم کم تحمل گلوکز را بهبود و حساسیت به انسولین را در بزرگسالان سالم افزایش داده است (۱۳). افزایشی در ظرفیت اکسیداسیون چربی کل بدن و عضله اسکلتی، افزودن ساختار و عملکرد عروق محیطی و بهبود اجرای ورزشی نیز در نتیجه تمرینات تناوبی با شدت بالا نشان داده شده است (۸).

آنزیم لاکتات دهیدروژناز موجب تبدیل پیرووات به لاکتات در شرایط بی‌هوازی می‌شود و یکی از آنزیم‌های درگیر در سوخت و ساز انرژی است که تحت تأثیر ساعت شبانه روزی قرار می‌گیرد و نشان داده شده است که فعالیت این آنزیم بعد از تمرین مقاومتی بدون تغییر باقی می‌ماند (۲، ۱۱). اما هاسیگاوا و همکاران (۲۰۱۲) (۹) نشان دادند که ۱۴ جلسه تمرین سرعتی با شدت بالا برای دو هفته افزایش معناداری در آنزیم لاکتات دهیدروژناز را موجب می‌شود و نتایج مطالعه آنها نشان داد که تمرین ورزشی متوالی در خلال دوره‌ای کوتاه افزایش‌های بیشتری در فعالیت آنزیم‌های مرتبط با دستگاه گلیکولیتیک و سطح کراتین فسفات درون عضلانی ایجاد می‌کند. موافق با نتایج مطالعه بالا تمرین سرعتی شدید در مطالعه حاضر نیز باعث افزایش معناداری در غلظت آنزیم لاکتات دهیدروژناز شد و در گروه دارای فعالیت پیش‌آمدگی افزایش بیشتری مشاهده شد. نشان داده شده است که فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز در تارهای نوع دو تقریباً دو برابر تارهای نوع یک است

(۶) و این احتمال وجود دارد که با توجه به درگیری بیشتر تارهای نوع دو در تمرین سرعتی تناوبی شدید فعالیت این آنزیم بیشتر تحت تأثیر قرار گیرد.

آنزیم لاکتات دهیدروژناز در شرایط درد<sup>۱</sup> عضلانی تأخیری به عنوان شاخص غیر مستقیمی از آسیب عضله در خون ظاهر می‌شود. بنابراین می‌توان غلظت بیشتر این آنزیم در گروه دارای فعالیت پیش‌آمادگی را به افزایش فعالیت عضلانی در این گروه (با توجه به بهبود بیشتر در استقامت در سرعت) و در نتیجه آسیب عضلانی بیشتر نسبت داد. هم‌چنین به نظر می‌رسد استفاده بیشتر از ظرفیت تارهای نوع دو در گروه دارای فعالیت پیش‌آمادگی نسبت به گروه فاقد فعالیت پیش‌آمادگی عاملی برای افزایش بیشتر غلظت این آنزیم است، زیرا نشان داده شده است که پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی بیشتر در تارهای نوع ۲ رخ می‌دهد (۱۱).

در نهایت نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در کوتاه مدت (۶ جلسه)، تمرین سرعتی تناوبی شدید استقامت در سرعت و لاکتات دهیدروژناز را بطور معناداری افزایش می‌دهد و احتمالاً پتانسیل‌سازی پس از فعالسازی نمی‌تواند در کوتاه مدت (۶ جلسه) افزایش ناشی از تمرین تناوبی سرعتی شدید بر استقامت در سرعت و لاکتات دهیدروژناز را تقویت کند. اما هم‌چنین این احتمال وجود دارد که انجام انقباض هم‌طول اختیاری بیشینه برای عضلات بازکننده زانو در دراز مدت بتواند توسط ورزشکاران به عنوان مکمل تمرینی قبل از انجام تمرینات سرعتی متناوب مورد استفاده قرار گیرد.

<sup>1</sup> soreness

## منابع

1. Batista MA, Ugrinowitsch, C, Roschell H, Lotufo R, Ricard MD, Tricoli VA. (2007). Intermittent exercise as a conditioning activity to induce postactivation potentiation. *J Strength Cond Res*; (21):837-840.
2. Borer KT. (2013). Advanced exercise endocrinology. *Human Kinetics*; P. 165.
3. Brännström A, Rova A, Yu JG. (2013). Effects and Mechanisms of Tapering in Maximizing Muscular Power. *Sport and Art*; 1(1):18-23.
4. Burgomaster KA, Heigenhauser GJF, Gibala MJ. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol*; (100):2041–2047.
5. Cabrera CA, Morales J, Greer F, Pettitt RW. (2009). Exercise Bouts at Three Different Intensities Fail to Potentiate Concentric Power. *Int J Exerc Sci*; 2(1):38-47.
6. Egan B, Zierath JR. (2013). Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell Metabolism*; 5(17):162-184.
7. Gibala MJ, Little JP, Essen MV, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*; 575(3):901–911.
8. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*; 590(5):1077–1084.
9. Hasegawa Y, Ijichi T, Morishima T, Sasaki H, Kageta T, Mori A, et al. (2012). time course changes in anaerobic power during daily 2 week sprint training followed by short-term detraining. 8th International Conference on Strength Training. October 24th - 28<sup>th</sup>, Oslo, Norwegian School of Sport Sciences; 212-213.
10. Jeffreys I. (2008). A review of postactivation potentiation and its application in strength and conditioning. *UK strength and conditioning association*; (12):17-25.
11. Komi PV. (2003). strength and power in sport. Second edition, IOC Medical Commission publication; P. 216-275.

12. Lima JCB, Marin DP, Barquilha G, Silva LOD, Puggina EF, Pithon-Curi TC, et al. (2011). Acute effects of drop jump potentiation protocol on sprint and countermovement vertical jump performance. *Human Movement*; 12(4):324-33.
13. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol*; (111):1554 –1560.
14. McBride JM, Nimphius S, Erickson TM. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *J Strength Cond Res*;19(4):893-7.
15. Miarka B, Vecchio FBD, Franchini E. 2011). Acute effects and postactivation potentiation in the special judo fitness test. *J Strength Cond Res*; 25(2):427–431.
16. Okuno NM, Tricoli V, Silva SB, Bertuzzi R, Moreira A, Kiss MA. (2013). Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *J Strength Cond Res*; Mar;27(3):662-8.
17. Stieg JL, Faulkinbury KJ, Tran TT, Brown LE, Coburn JW, Judelson DA. (2011). Acute effects of depth jump volume on vertical jump performance in collegiate women soccer players. *Kinesiology*; 43(1):25-30.
18. Weber KR, Brown LE, Coburn JW, Zinder SM. (2008). acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *J Strength Cond Res*; 22(3):726–730.