

## ارزیابی شاخص‌های توانی و لاکتات بازیکنان فوتبال نخبه متعاقب چهار هفته تمرین‌های توانمندسازی پس فعالی افزایش عملکرد و تناوبی سرعتی

روح‌الله محمدی میرزایی<sup>۱</sup>، حمید مرادی<sup>۲</sup>، مجید محمدی<sup>۳</sup>

### چکیده

**اهداف:** توانمندسازی پس فعالی افزایش عملکرد (PAPE) به همراه تمرین‌های تناوبی سرعتی (SIT) منجر به فعال‌سازی سازوکارهای عصبی-عضلانی و سازگاری‌های فیزیولوژیکی در بازیکنان فوتبال می‌گردد. در همین راستا هدف از پژوهش حاضر ارزیابی شاخص‌های توانی و لاکتات متعاقب یک دوره تمرین‌های PAPE و SIT در بازیکنان نخبه فوتبال بود.

**روش مطالعه:** تعداد ۲۰ بازیکن فوتبال نخبه باشگاه پاس با میانگین (سابقه تمرین ۴/۳ سال، سن ۱۷±۶ سال، وزن ۷۰±۵ کیلوگرم، قد ۱۸۰±۳ سانتی‌متر شاخص توده بدن ۲۲±۲/۶) به‌طور داوطلبانه و به‌صورت پیش‌آزمون-پس‌آزمون در این پژوهش شرکت کردند. شرکت‌کنندگان به دو گروه ۱۰ نفره اسکات-پلايومتریک (SP) و کنترل تقسیم شدند. گروه SP برنامه تمرین PAPE و SIT را به مدت ۴ هفته طی ۲ جلسه در هفته یکشنبه‌ها: تمرین SIT با ۵ تکرار ۳۰ ثانیه تلاش حداکثر با استراحت فعال ۵:۰۰ بین هر تکرار در هفته نخست انجام شد و در هفته چهارم استراحت فعال تا ۳:۳۰ بین هر تکرار کاهش یافت. پنجشنبه‌ها: تمرین PAPE نیم‌اسکات با ۴۰٪ قدرت بیشینه تا حد واماندگی سپس ۷ دقیقه استراحت فعال، سپس ۲ نوبت ۴ تکرار نیم‌اسکات با ۸۰٪ قدرت بیشینه و بلافاصله ۲ نوبت تمرین پلايومتریک پرش از ۵ مانع ۷۰ سانتی‌متری اجرا کردند و بعد از ۲ دقیقه استراحت فعال، آزمون رست (RAST) انجام شد. آزمون رست در دو مرحله پیش و پس‌آزمون انجام شد و به فاصله ۵ دقیقه خون‌گیری به عمل آمد. داده‌ها با آزمون تحلیل کوواریانس تحلیل شدند  $p \leq 0/05$ .

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد در شاخص‌های متابولیکی و عملکردی گروه SP عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشت  $p \leq 0/0001$ . در ارتباط با شاخص لاکتات نتایج نشان‌دهنده افزایش بسیار بالا در گروه تمرین در مرحله پیش‌آزمون بود  $p \leq 0/0001$ . در بررسی درون‌گروهی، نتایج نشان‌دهنده عملکرد بهتر گروه تمرینی SP در شاخص‌های لاکتات، بیشینه‌توان، کمیته‌توان، میانگین‌توان، شاخص‌خستگی در مرحله پس‌آزمون بود، اما این تفاوت به‌جز در شاخص لاکتات در سایر شاخص‌ها برای گروه کنترل معنی‌دار نبود.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به یافته‌ها به نظر می‌رسد دستورالعمل‌های PAPE به همراه SIT می‌تواند یک راهبرد مؤثر برای تغییر متابولیسم لاکتات و مؤلفه‌های عملکردی توان بی‌هوازی در فصل آمادگی اختصاصی پیش از مسابقه محسوب گردد و ورزشکاران جوان تمرین کرده برای بهبود ظرفیت‌ها و سازگاری‌های فیزیولوژیکی باید با شدت نسبی بیشینه تمرین کنند.

**واژه‌های کلیدی:** نیرومندسازی پس فعالی، اینتروال، پلايومتریک، اسید لاکتیک

<sup>۱</sup> استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، پردیس شهید چمران، تهران، ایران، نویسنده مسئول:

Dr.Mohamadi@cfu.ac.ir

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد علوم ورزشی، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

<sup>۳</sup> دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

## مقدمه

سرعت، قدرت، توان و استقامت از عوامل تعیین‌کننده عملکرد ورزشی محسوب می‌شوند. لذا بهینه‌سازی مؤلفه‌های زیست‌حرکتی در تمرین یا مسابقه بر روی سازوکارهای فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد تأثیر می‌گذارد (۱). با این حال، سازوکاری که در حال حاضر توجه تحقیقاتی را افزایش داده است، توانمندسازی پس‌فعال‌سازی (PAP) است. به منظور درک درست مفهوم PAPE، متداول‌ترین تعریف توانمندسازی پس‌فعال‌سازی (PAP) توسط تیلین و بی‌شاپ ارائه شده است که به‌عنوان افزایش انقباض عضلانی با نیروی کزاز با بسامد پایین متعاقب یک فعالیت انقباضی پس‌فعالی صورت می‌گیرد (۲). پروتکل‌های توانمندسازی پس‌فعال‌سازی افزایش عملکرد PAPE علاوه بر مزایای فیزیولوژیکی، افزایش پاسخ‌های عصبی عضلانی و متابولیکی را به همراه دارند (۳). شواهد نشان می‌دهد که PAP ممکن است سرعت تولید نیرو و انقباض عضله را افزایش دهد. در دهه پیشین، تحقیقات بر روی اثرات PAP بر عملکرد ورزشی با استفاده از حرکات پویا (۴) و حداکثر انقباض ایزومتریک متمرکز بوده است (۵). اگرچه حرکات پویا و حداکثر انقباض ایزومتریک MVC<sup>۲</sup> برای برانگیختن پاسخ PAP بر اساس تکرارها، دوره‌ها و پروتکل‌های تمرینی مختلف استفاده شده است؛ اما اکثر تحقیقات از انواع تمرینات پویا و تمرینات اسکوات استفاده کرده‌اند (۶، ۷). هرچند که تعداد تکرارها، شدت‌ها و دوره‌های استراحت در بین مطالعات متفاوت است. نتایج حاصل از ۲ متآنالیز نشان می‌دهند که تمرین‌های با شدت نزدیک بیشینه (بیش از ۷۰ درصد [1-RM]) با (۲-۳ ست یا دوره) با چندین تکرار (۶ تکرار) و بیش از ۵ دقیقه بازپایی برافزایش عملکرد پرش، سرعت و پرتاب ورزشکاران قدرتی و توانی تمرین کرده مؤثر است (۱، ۸). در سال‌های گذشته تغییرات متعددی در رویکرد تمرینات قدرتی و استقامتی در ورزش‌های مختلف از جمله ورزش‌های تیمی و انفرادی صورت گرفته است. مطالعات استفاده از اثر توانمندسازی پس‌فعال‌سازی برای توسعه قدرت انفجاری دوندگان سرعت (۹)، پرش اسکوات برای به دست آوردن حداکثر توان در پرش‌های اسکی (۱۰)، استفاده از تمرینات پلايومتریک جهت دستیابی به فعالیت‌های انفجاری در سایر ورزش‌های رقابتی (۱۱) و تمرین‌های تناوی سرعتی<sup>۳</sup> (SIT) به‌منظور بهبود استقامت، متابولیسم هوازی و عملکرد انفجاری در بین بازیکنان فوتبال (۱۲) مورد بررسی قرار داده‌اند که در بیشتر مطالعات فوق به منظور افزایش سازگاری و کارایی مؤلفه‌های عملکردی از قبیل قدرت عضلانی، توان انفجاری، استقامت عضلانی و قلبی-تنفسی برنامه‌های تمرین به صورت ترکیبی تجویز می‌شوند.

هیلیفیکر و همکاران (۲۰۰۷) و ماساموتو و همکاران (۲۰۰۳) از تمرینات پلايومتریک پرش‌های افت<sup>۴</sup> و پرش‌های جفت برای ایجاد اثر PAP استفاده کرده‌اند که بهبود ارتفاع پرش و کاهش زمان دویدن ۱۰ و ۲۰ متر سرعت را گزارش کرده‌اند (۱۳، ۱۴). اگرچه تحقیقاتی در مورد تمرینات ترکیبی اسکوات-پلايومتریک به‌عنوان توانمندسازی پس‌فعال‌سازی یافت نشد و در صورت موجود محدود است، اما نتایج برخی مطالعات در استفاده از تمرین‌های پلايومتریک به‌عنوان PAP حاکی از بهبود عملکرد پرش (۱۵)، سرعت (۱۶، ۱۷) و مسافت پرتاب (۱۸) است. با این حال، برخی مطالعات نیز تغییر قابل‌توجهی در زمان سرعت (۱۹) و ارتفاع پرش (۲۰) پس از انجام تمرین‌های پلايومتریک را نشان ندادند. بنابراین، طیف گسترده‌ای از روش‌های مورد استفاده برای توانمندسازی PAP، عدم قطعیت مؤثرترین پروتکل برای ایجاد پاسخ PAP را برجسته می‌کند (۷). علاوه بر آمادگی تاکتیکی و ذهنی،

<sup>1</sup> Postactivation Potentiation

<sup>2</sup> Isometric Maximum Voluntary Contractions

<sup>3</sup> Sprint Interval Training

<sup>4</sup> Drop Jumps

تمرینات سرعتی و قدرتی از مؤلفه‌های کلیدی فرآیند تمرین فوتبال هستند. بازیکنان فوتبال، شتاب‌ها و سرعت‌های متنوعی را در طول بازی اجرا می‌کنند؛ بنابراین، از اهداف کلیدی طراحی مناسب تمرین، گنجاندن تمرین‌های قدرتی، به‌ویژه قدرت انفجاری و توان بی‌هوازی از طریق اجرای تمرین‌های PAP و بهبود قابل‌توجهی در دو سرعت و ظرفیت لاکتیک از طریق اجرای تمرین‌های SIT در برنامه تمرین بازیکنان فوتبال است (۲۱). تمرینات SIT مشابه تمرین‌های تناوبی با شدت بالا<sup>۱</sup> (HIIT) از نقطه‌نظر زمانی (در مقایسه با دویدن مداوم) به‌منظور بهبود استقامت و عملکرد انفجاری با افزایش سطح اسیدلاکتیک خون تا ۱۲ میلی مول/لیتر همراه هستند. در این راستا تمرین‌های تناوبی سرعتی<sup>۲</sup> (SIT) به‌منظور بهبود استقامت هوازی و بی‌هوازی در بین بازیکنان فوتبال یک روش کارآمد محسوب می‌شود (۱۲). SIT کمتر از ۳۰ ثانیه با حداکثر شدت و با استراحت غیرفعال (۱-۴ دقیقه) در مقایسه با تمرین‌های استقامت (۴۰-۸۰ دقیقه در هر جلسه) علاوه بر نیاز به زمان کمتر، باعث می‌شود بازیکنان فوتبال حجم بالاتری از فعالیت‌های تکراری با شدت بیشینه در حین مسابقه را به نمایش بگذارند (۲۲). اگرچه برخی مطالعات بهبود قابل‌توجهی در زمان دو سرعت پس از مداخلات SIT را نشان داده‌اند (۲۳) اما نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بین SIT، HIIT و بازی در زمین‌های کوچک<sup>۳</sup> (SSG) بر عملکرد بازیکنان فوتبال جوان تفاوت معنادار وجود ندارد (۲۴، ۲۵). لذا می‌توان گفت که SIT منجر به افزایش کارایی سرعت و استقامت-سرعت در طول تمرین و در طی بازی فوتبال می‌گردد (۲۲). زیرا تمرینات استقامت متابولیسم هوازی را به دلیل افزایش مقدار مونوکربوکسیلات و افزایش ناقلین (MCT) ایزوفرم-۱ که فرآیند دفع لاکتات را از طریق افزایش تراکم و حجم میتوکندری انجام می‌دهند؛ سرعت تولید لاکتات خون در اوج تلاش را کاهش می‌دهند (۲۶، ۲۷).

نظر به این که فوتبال (۹۰ دقیقه فعال) ترکیبی مداوم از سرعت‌های متناوب با شتاب متغیر همراه زمان‌های بازیابی متفاوت است؛ لذا با توجه به اهمیت و نقش سرعت، توان و همچنین انباشت لاکتات در بازیکنان فوتبال؛ ذهن پژوهشگران به این نکته معطوف می‌گردد که متغیرهای توان بی‌هوازی و لاکتات به عنوان مؤلفه‌های اصلی موفقیت عملکرد در رشته فوتبال محسوب می‌شوند و بهبود مؤلفه‌های توان بی‌هوازی، به تعویق انداختن خستگی و کاهش انباشت لاکتات نیازمند چه راهبردی است. از طرفی بر اساس نتایج پژوهش‌های صورت گرفته، PAPE منجر به افزایش بکارگیری واحدهای حرکتی، تولید توان خروجی و توانایی پرش و سرعت پس از ۲ هفته می‌شود (۲۸). لذا به نظر رسید ۴ هفته تمرین‌های پس‌فعالی و تناوبی سرعتی در فصل آمادگی اختصاصی و قبل از مسابقه و درست در زمانی که سازگاری‌های اولیه ناشی از فاز آمادگی عمومی کسب شده است؛ می‌تواند بر بهبود کارایی مؤلفه‌های توانی و لاکتات مؤثر باشند. باین‌حال، با توجه به سطوح بالای آمادگی هوازی مورد نیاز در فوتبال، اشاره‌شده است این ورزشکاران در اوج تلاش با افزایش سطح لاکتات خون و کاهش کارایی همراه هستند. تا به امروز، مطالعات انجام‌شده‌ای که تأثیر تمرینات PAPE و SIT بر شاخص‌های توانی را در گروه تجربی و کنترل مقایسه کند یافت نگردد. از طرفی آزمون رست به‌عنوان ابزاری معتبر در تعیین مؤلفه‌های بی‌هوازی (کمینه‌توان، بیشینه‌توان، میانگین توان و شاخص خستگی) مانند آزمون وینگت وضعیت بی‌هوازی ورزشکاران را ارزیابی می‌کند (۲۹). لذا با توجه به نتایج متناقض پژوهش‌های اخیر و عدم دسترسی به نتایج مطالعه‌ای که به تأثیر هم‌زمان PAPE و SIT بر عملکرد بازیکنان فوتبال پرداخته باشد؛ پژوهش حاضر بر آن است تا تأثیر یک دوره تمرین

<sup>1</sup> High-Intensity Interval Training

<sup>2</sup> Sprint Interval Training

<sup>3</sup> Small-Sided Games

PAPE به همراه SIT با دستورالعمل (SP)<sup>۱</sup> بر مؤلفه‌های عملکردی توان بی‌هوازی (کمینه‌توان، بیشینه‌توان، میانگین‌توان و شاخص خستگی) و تغییرات سطح لاکتات خون متعاقب اجرای آزمون رست بازیکنان فوتبال نخبه مرد را بررسی نماید.

### روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی بود. آزمودنی‌های شامل ۲۰ بازیکن فوتبال نخبه نوجوان و امید باشگاه پاس دارای ۴/۳ سال سابقه تمرین در باشگاه پاس، سن  $17 \pm 6$  سال، وزن  $70 \pm 5$  کیلوگرم، قد  $180 \pm 3$  سانتی‌متر و شاخص توده بدن  $22 \pm 2$  (۲۱/۶۰) بودند که به‌صورت داوطلبانه در این آزمون شرکت کردند. شرکت‌کنندگان ابتدا پرسشنامه سلامت و تندرستی ACSM و همچنین برگه رضایت‌نامه شرکت در آزمون را تکمیل نمودند. معیارهای اصلی برای شرکت در این تحقیق عبارت بودند از: عدم انجام هرگونه فعالیت سنگین تا ۴۸ ساعت قبل از پیش‌آزمون، عدم استفاده از داروی خاص، مصرف الکل و کافئین بود. همچنین عدم تمایل به انجام تمرین و داشتن بیش از ۲ جلسه غیبت متوالی در طی ۴ هفته تمرین از معیارهای خروج از پژوهش بود. ۷۲ ساعت پیش از آزمون اهداف و روش اجرای تحقیق و اطلاعات لازم در خصوص نحوه اجرا تمرین به اطلاع آزمودنی‌ها رسید. سپس نمونه‌های خون به میزان پنج میلی‌لیتر از ورید پیش‌آرنجی چپ در دو مرحله (پیش‌آزمون: پس از تمرین‌های PAPE و ۵ دقیقه پس از آزمون رست؛ پس‌آزمون: پس از ۴ هفته تمرین SIT و PAPE و ۵ دقیقه پس از آزمون رست) برای برآورد میزان تغییرات سطح پلاسمایی لاکتات گرفته شد. نمونه‌ها با  $3200$  دور/دقیقه برای ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ، سپس پلاسمای جداشده برای تجزیه و تحلیل در دمای  $-80$  درجه سانتیگراد تا زمان تجزیه و تحلیل نمونه‌ها نگهداری شد (۳۰). تغییرات سطح پلاسمای لاکتات خون با روش رنگ‌سنجی و با کیت ساخت شرکت بایورکس فارس (BIOrefars) و دستگاه اتوآنالیزریوتکنیکا BT-1500 (ساخت ایتالیا) اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری در ساعت ۱۱-۹/۴۵ صبح، دمای  $27-22$  درجه سانتی‌گراد، رطوبت  $50-55$  درصد، تهویه و نور محیطی یکسان انجام شد. روش اجرای پروتکل‌های تمرینی بدین‌صورت بود که آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به ۲ گروه SP و کنترل، تقسیم شدند. برای ارزیابی قدرت بیشینه و اجرای آزمون‌ها از صفحه‌های وزنه، میله هالتر  $20$  کیلوگرمی و پایه اسکوات دست‌ساز استفاده شد. برای تعیین یک تکرار بیشینه حرکت نیم‌اسکوات از معادله برزیسکی استفاده گردید (۳۱). آزمودنی‌های هر دو گروه در هر جلسه از پروتکل یکسان جهت گرم کردن استفاده کردند. بدین‌صورت که ابتدا ۸ دقیقه آهسته دویدن و پس‌از آن به مدت ۷ دقیقه به کشش پویا، ایستا و الاستیک (گروه‌های عضلانی پشت و کمر، چهار سر ران، همسترینگ و دوقلو) پرداختند. هرکدام از حرکات کششی ۶-۸ ثانیه به طول انجامید (۳۲). سپس تمرین‌های PAPE مطابق شکل ۱- و تمرین‌های SIT مطابق جدول ۱- برای گروه SP به شرح ذیل اعمال گردید (۳۳، ۳۴).

**گروه SP:** پس از گرم کردن معمول، اجرای تکرار نیم‌اسکوات با  $40\%$  قدرت بیشینه تا حد واماندگی انجام شد و بعد از ۷ دقیقه استراحت فعال، سپس ۲ نوبت ۴ تکراری نیم‌اسکوات با  $80\%$  قدرت بیشینه و بلافاصله ۲ نوبت تمرین پلایومتریک پرش از  $5$  مانع  $70$  سانتی‌متری اجرا شد و بعد از ۲ دقیقه استراحت فعال، آزمون رست اجرا شد (۳۵). نمونه‌گیری خون مطابق دستورالعمل ۵ دقیقه پس از آزمون رست انجام گرفت.

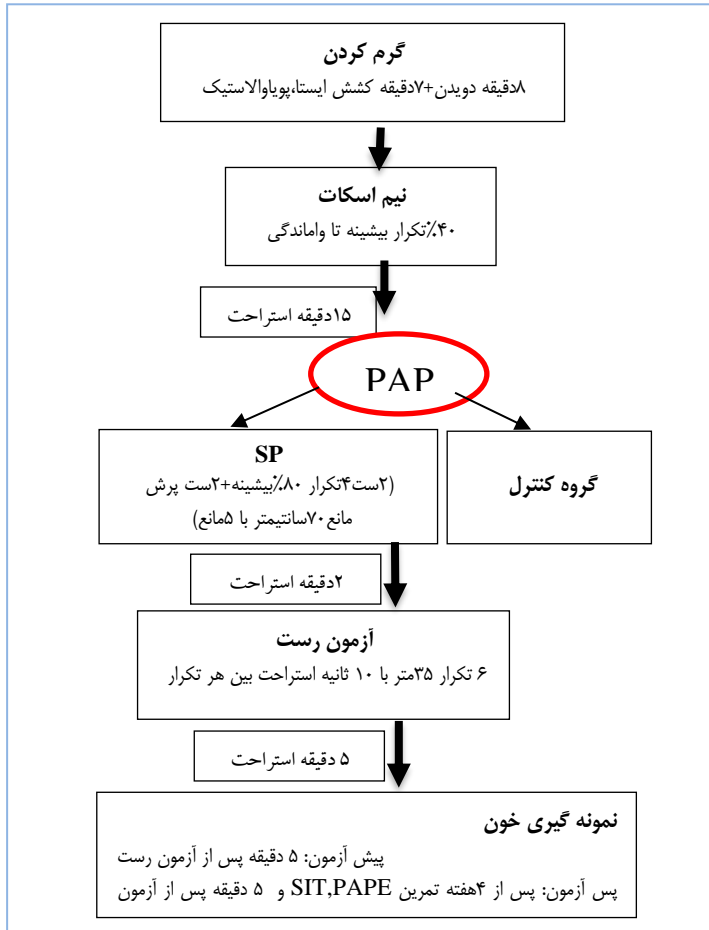
**گروه کنترل:** پس از گرم کردن معمول، نمونه‌گیری خون مطابق دستورالعمل گرفته شد.

<sup>1</sup> Squat-Plyometric

پروتکل چهار هفته تمرین به صورت ۲ جلسه در هفته در روزهای یکشنبه و پنجشنبه در استادیوم ورزشی پاس اکباتان اجرا شد. روزهای پنجشنبه تمرین افزایش عملکرد پس فعالی انجام شد. بدین منظور مطابق دستورالعمل گرم کردن همه گروه‌ها در ساعت مشخص در محل تمرین حضور داشتند و پس از تعیین قدرت بیشینه، شدت تمرین جهت اجرای تمرین وامانده‌ساز با ۴۰٪ از 1-RM و افزایش عملکرد پس فعالی از ۵۰٪ 1-RM شروع و هر هفته ۱۰٪ به مقدار وزنه جهت رعایت اصل اضافه‌بار، اعمال شد. در نهایت در هفته چهارم به ۸۰٪ قدرت بیشینه رسید (شکل-۱) (۳۲). روزهای یکشنبه تمرین SIT مطابق جدول ۱- انجام شد و با کاهش زمان استراحت در بین تکرارها در طی هر هفته شدت تمرین افزایش یافت. (۳۴). شدت تمرین با استفاده از روش سنجش ضربان قلب از ناحیه شریان کاروتید در میان نای و عضله گردن با توقف فعالیت ورزشکار و بلافاصله قرار دادن انگشت خود روی گردن تعداد ضربان قلب در ۱۵ ثانیه شمارش و سپس عدد به دست آمده ضربدر ۶ محاسبه شد. لازم به ذکر است که سایر روزهای هفته ورزشکاران تمرین‌های تخصصی فوتبال داخل چمن در مدت زمان ۹۰ دقیقه و انواع فعالیت‌های یکسان از قبیل شوت زدن به دروازه، بازی‌های تاکتیکی در زمین کوچک، تمرینات ایستگاهی تاکتیکی، تمرین با توپ دفاعی، حمله گروهی (خارج از کنترل پژوهشگر) را زیر نظر مربیان تیم اجرا می‌کردند.

#### جدول ۱. اجرای برنامه تمرین‌های SIT بازیکنان فوتبال بر اساس نوع و مدت زمان فعالیت

هفته	روز	نوع، تعداد تکرار، زمان استراحت	مدت زمان تمرین (دقیقه: ثانیه)
اول	یکشنبه	۵ تکرار ۳۰ ثانیه با بیشینه تلاش با استراحت ۵:۰۰ بین هر تکرار	۲۷:۳۰
	پنجشنبه	تمرین افزایش عملکرد پس فعالی	۴۰:۰۰
دوم	یکشنبه	۵ تکرار ۳۰ ثانیه با بیشینه تلاش با استراحت ۴:۳۰ بین هر تکرار	۲۵:۰۰
	پنجشنبه	تمرین افزایش عملکرد پس فعالی	۴۰:۰۰
سوم	یکشنبه	۵ تکرار ۳۰ ثانیه با بیشینه تلاش با استراحت ۴:۰۰ بین هر تکرار	۲۲:۳۰
	پنجشنبه	تمرین افزایش عملکرد پس فعالی	۴۰:۰۰
چهارم	یکشنبه	۵ تکرار ۳۰ ثانیه با بیشینه تلاش با استراحت ۳:۳۰ بین هر تکرار	۲۰:۰۰
	پنجشنبه	تمرین افزایش عملکرد پس فعالی	۴۰:۰۰



شکل-۱ نمای شماتیک نمونه‌گیری خونی پیش آزمون-پس آزمون متعاقب پس‌فعالی افزایش عملکرد (PAPE) و تمرین‌های اینتروال سرعت (SIT) در گروه SP و کنترل

در این پژوهش متغیرهای توان از طریق آزمون رست مطابق دستورالعمل اندازه‌گیری شد. بدین صورت است که با اجرای ۶ تکرار ۳۵ متری با تلاش بیشینه، و با استراحت ۱۰ ثانیه بین هر ۳۵ متر صورت گرفت. از دستگاه چشم نوری فتوسل ساخت ایران sprint test system، مدل satrap با دقت اندازه‌گیری ۱ میلی‌ثانیه برای اندازه‌گیری زمان آزمون رست استفاده شد. در پایان با به‌کارگیری معادلات زیر، مقادیر متغیرها (بیشینه‌توان، کمینه‌توان، میانگین‌توان و شاخص‌خستگی) آزمودنی‌ها محاسبه شد (۳۵).

$$\text{بیشینه توان} = \left[ \frac{\text{وزن به کیلوگرم} \times (30)^2}{\text{زمان سریع‌ترین تکرار (ثانیه)}} \right] \times 3$$

$$\text{کمینه توان} = \left[ \frac{\text{وزن به کیلوگرم} \times (30)^2}{\text{زمان کندترین تکرار (ثانیه)}} \right] \times 3$$

$$\text{میانگین توان} = 0.6 / \text{مجموعه همه تکرارها}$$

$$\text{شاخص خستگی} = (\text{بیشینه توان} - \text{کمینه توان}) / \text{مجموعه تکرارها}$$

پس از جمع آوری داده‌ها برای تحلیل آماری از آزمون‌های توصیفی و استنباطی استفاده شد. در آزمون توصیفی از میانگین و انحراف استاندارد و در آزمون استنباطی برای مقایسه نمرات درون گروهی در مراحل پیش آزمون و پس آزمون از آزمون تی زوجی و برای مقایسه گروه‌ها در مراحل آزمون از تحلیل کوواریانس در سطح معناداری  $p \leq 0.05$  استفاده شد. برای محاسبات آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده شد.

### یافته ها

میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش و نتایج آزمون تی زوجی جهت مقایسه پیش آزمون و پس آزمون گروه‌های مورد بررسی در جدول ۲- ارائه شده است.

با توجه به نمرات حاصل از جدول مشخص می‌شود که در مرحله پس آزمون در شاخص بیشینه توان، کمینه توان، میانگین توان، شاخص خستگی گروه تمرینی SP عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشت. در ارتباط با شاخص لاکتات نتایج نشان‌دهنده افزایش بسیار بالای گروه SP در مرحله پیش آزمون است. علاوه بر این نتایج حاصل از آزمون تی زوجی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین نمرات پیش آزمون و پس آزمون در متغیرهای مورد بررسی برای گروه SP است اما این تفاوت به جز در شاخص لاکتات در سایر شاخص‌های مورد بررسی برای گروه تمرینی کنترل معنی‌دار نیست.

جدول ۲: مقادیر متغیرهای پژوهش (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد) در گروه‌های تحقیق

گروه	شاخص	پیش آزمون	پس آزمون	t	p
کنترل	کمینه توان (وات/کیلوگرم)	$321/12 \pm 10/40$	$323/11 \pm 11/25$	۱/۹۶	۰/۰۸
	بیشینه توان (وات/کیلوگرم)	$554/10 \pm 12/30$	$556/12 \pm 12/74$	۱/۸۰	۰/۱
	میانگین توان (وات/کیلوگرم)	$412/41 \pm 11/70$	$413/32 \pm 11/87$	۱/۴۱	۰/۱۱
	شاخص خستگی (وات/ثانیه)	$10/64 \pm 2/19$	$10/23 \pm 1/97$	۰/۹۸۷	۰/۴
	لاکتات (mg/dl)	$12/66 \pm 4/43$	$8/98 \pm 8/74$	۲/۷۵	۰/۰۲۲
SP	کمینه توان (وات/کیلوگرم)	$328/21 \pm 13/45$	$345/23 \pm 12/36$	۸/۵۱	۰/۰۰۰۱
	بیشینه توان (وات/کیلوگرم)	$559/19 \pm 11/36$	$571/23 \pm 12/20$	۷/۶۵	۰/۰۰۰۱
	میانگین توان (وات/کیلوگرم)	$410/13 \pm 10/78$	$419/45 \pm 9/97$	۵/۶۳	۰/۰۰۰۱
	شاخص خستگی (وات/ثانیه)	$11/15 \pm 3/10$	$8/21 \pm 2/33$	۳/۷۵	۰/۰۰۷
	لاکتات (mg/dl)	$116/23 \pm 12/78$	$91/26 \pm 11/31$	۱۱/۳۶	۰/۰۰۰۱

$p \leq 0.05$  بعنوان سطح معناداری در نظر گرفته شده است.

با توجه به نمرات حاصل از جدول مشخص می‌شود که در مرحله پس آزمون در شاخص بیشینه توان، کمینه توان، میانگین توان، شاخص خستگی گروه تمرینی SP عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشته است. در ارتباط با شاخص لاکتات نتایج نشان‌دهنده افزایش بسیار بالای گروه تمرینی SP در مرحله پیش آزمون است. علاوه بر این نتایج حاصل از آزمون تی زوجی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین نمرات پیش آزمون و پس آزمون در متغیرهای مورد

بررسی برای گروه‌های SP است اما این تفاوت به جز در شاخص لاکتات در سایر شاخص‌های مورد بررسی برای گروه تمرینی معمولی (کنترل) معنی‌دار نیست.

نتایج تحلیل کوواریانس برای مقایسه متغیرهای مورد بررسی در گروه‌های تمرینی اسکوات-پلايومتریک و کنترل نشان می‌دهد، بین میانگین باقیمانده نمرات پیش آزمون کمینه توان ( $f=7/85$ ,  $P<0/012$ )، بیشینه توان ( $f=10/82$ ,  $P<0/001$ )، میانگین توان ( $f=6/32$ ,  $P<0/014$ )، شاخص خستگی ( $f=5/96$ ,  $P<0/016$ ) و لاکتات ( $f=12/75$ ,  $P<0/001$ ) آزمودنی‌ها و عضویت گروه کمینه توان ( $f=36/71$ ,  $P<0/001$ )، بیشینه توان ( $f=44/36$ ,  $P<0/001$ )، میانگین توان ( $f=29/74$ ,  $P<0/001$ )، شاخص خستگی ( $f=18/32$ ,  $P<0/001$ ) و لاکتات ( $f=47/39$ ,  $P<0/001$ ) دستورالعمل SP و معمولی تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود. به عبارتی تأثیر برنامه گرم کردن SP بر شاخص‌های موردنظر معنی‌دار است و با توجه به عضویت گروه مشخص می‌شود که در متغیرهای موردبررسی شرکت‌کنندگان در گروه گرم کردن SP عملکرد بهتری نسبت به گروه گرم کردن معمولی داشته‌اند.

### بحث و بررسی:

هدف پژوهش حاضر ارزیابی تغییرات شاخص‌های توانی و لاکتات بازیکنان فوتبال جوان متعاقب یک دوره تمرین‌های توانمندسازی پس فعالی و تناوبی سرعتی بود. نتایج نشان داد مؤلفه‌های کمینه‌توان، میانگین‌توان، بیشینه‌توان، شاخص‌خستگی و سطح لاکتات خون گروه SP پس از چهار هفته تمرین PAPE و SIT عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشته است و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار بود. نتایج یافته‌های برخی محققین با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر همسو است، از آن جمله می‌توان به پژوهش‌هایی مک دوگال و همکاران ۱۹۹۸؛ بورگومستر و همکاران، ۲۰۰۶ هازل و همکاران ۲۰۱۰، مینی بر بهبود معنادار ۶ تا ۸ درصد میانگین توان (MP) و اوج توان (PP) در طول تست‌های دوچرخه وینگیت اشاره کرد. افزایش معنادار میانگین توان و اوج توان در مطالعه حاضر با تحقیقات قبلی قابل مقایسه است. علاوه بر این، شاخص خستگی در گروه SP نسبت به گروه کنترل پس از مداخله ۴ هفته‌ای این واقعیت را برجسته کرد که روش تمرینی پژوهش حاضر به مقاومت در برابر خستگی در طول تلاش‌های بی‌هوازی شدید مکرر کمک می‌کنند. این نوع انطباق تمرینی به‌احتمال زیاد بر عملکرد در یک ورزش با شدت بالا متناوب مانند فوتبال تأثیر می‌گذارد که با تغییرات نامنظم سرعت و تکرار دوره‌های کوتاه‌مدت فعالیت‌های شدید همراه است. برخلاف سایر مطالعات یکی از جنبه‌های مطالعه حاضر استفاده از اندازه‌گیری‌های عملی آزمون رست است. در بیشتر مطالعات جهت ارزیابی مؤلفه‌های توان از دوچرخه وینگیت که مبتنی بر بررسی ظرفیت بی‌هوازی استفاده می‌گردد؛ که فاقد ویژگی موردنیاز مکانیک دویدن و سرعت در ورزشکاران است. اگرچه هدف اصلی پروتکل تمرینی SIT در پژوهش حاضر ایجاد سازگاری در عملکرد استقامت بی‌هوازی است، اما ممکن است سازگاری عصبی-عضلانی و غدد درون‌ریز را نیز القا کند که تأثیر مثبتی بر سرعت و قدرت دویدن دارد که هر دو ویژگی اصلی آمادگی جسمانی برای عملکرد بهینه در فوتبال هستند. از سوی دیگر نتایج پژوهش حاضر با نتایج دیوید کلی و همکاران (۲۰۲۰) همخوان نیست. آن‌ها افزایش معنادار زمان دوی ۲۰ متر سرعت (۳.۲٪) و کاهش عملکرد پرش توانتری (۶.۵٪) پس از ۶ هفته SIT و ET را گزارش کردند. با توجه به اینکه هم سرعت و هم قدرت دویدن اجزای ضروری آمادگی جسمانی برای بازیکنان فوتبال هستند، جای تعجب است که قدرت خروجی مرتبط با توان انفجاری، عملکرد پرش، پس از یک دوره تمرین استقامتی ET مختل می‌شود (۲۲). باین‌حال، افزودن تمرینات ویژه فوتبال علاوه بر پروتکل PAPE و SIT ممکن است به حفظ عملکرد پرش و سرعت



کمک نماید. طبق دانش نویسندگان، این اولین مطالعه‌ای است که به‌طور هم‌زمان اثرات PAPE و SIT را بر مؤلفه‌های توان بی‌هوازی بازیکنان فوتبال تمرین کرده بررسی می‌کند.

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که گروه SP پس از چهار هفته تمرین PAPE و SIT در مؤلفه‌های توان، عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشته است. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های سیلوا و همکاران که حاکی از تأثیر مثبت پرش از ۵ مانع به ارتفاع ۷۵ سانتی‌متر بر عملکرد سرعت ۵۰ متر است، همسو می‌باشد (۳۶). به‌طور مشابه، بیرن و همکاران اثر مثبت اجرای ۱ ست با ۵ مانع به ارتفاع ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ یا ۶۰ سانتی‌متر کاهش قابل‌توجهی در زمان سرعت ۲۰ متر را نشان دادند (۳۷). امسی برد و همکاران بهبود قابل‌توجهی در ۴۰ متر سرعت پس از یک ست اسکوات با بار سنگین (۳ تکرار در ۹۰٪ 1-RM) را نشان دادند (۷). درحالی‌که چاتوز و همکاران پس از ۱۰ تکرار اسکوات پشت، بهبود ۲۶٪ در ۱۰ متر و ۱۷٪ در ۳۰ متر پس از ۵ دقیقه بازیابی را نشان داده‌اند (۳۸). نتایج مطالعات نشان دادند که عملکرد سرعت می‌تواند پس از پروتکل‌های PAP افزایش یابد. باین‌حال، مقایسه این تحقیقات با مطالعه حاضر به دلیل پروتکل‌های مختلف مورد استفاده دشوار است. درجه بالایی از تغییرپذیری در حرکت مکرر بالاستیک دوی سرعت وجود دارد (۳۹). باین‌حال، در مقایسه با مطالعه فعلی، سایر مطالعات برای اثربخشی PAP از انواع پرش‌های عمودی با ارتفاعات مختلف پس از اسکوات با دوره‌های استراحت، حجم‌ها و شدت‌های مختلف و افراد گوناگون استفاده کرده‌اند (۱۹، ۳۹). یک دلیل احتمالی عدم بهبود قابل‌توجهی در عملکرد برخی مطالعات نسبت به مطالعه حاضر این است که زمان بازیابی بین پایان فعالیت PAP در مطالعه حاضر ۲ دقیقه و در سایر مطالعات ۵-۷ دقیقه بوده است. اگر فاصله بازیابی بین پایان PAP و شروع عملکرد طولانی‌تر باشد، سازوکار PAP نیز تحلیل رفتگی بیشتری دارد. باین‌حال، از آنجایی‌که عملکرد پس از اسکوات و پروتکل‌های پرش موانع بهبود یافته است، محتمل است که مدت‌زمان ۲ دقیقه جهت بازیابی برای القا PAP مطلوب باشد. طیف گسترده‌ای از روش‌ها پیشین برای برانگیختن پاسخ PAP استفاده شده است، که عدم قطعیت مؤثرترین روش برای القای اثر PAP را برجسته می‌کند (۷). از آنجا که در پژوهش حاضر پرش از موانع به ارتفاع ۷۰ سانتی‌متری پس از تمرینات اسکوات با وزنه انجام شده است لذا این احتمال وجود دارد که گرایش به سمت بهبود عملکرد ناشی از سازوکارهای ترکیبی تمرین با وزنه و پلایومتریک باشد. با بارگذاری انفجاری تمرین پلایومتریک، تحریک‌پذیری واحدهای حرکتی تند انقباض را افزایش می‌دهد و بنابراین این واحدها نقش مهم‌تری در اجرا ایفا می‌کنند (۱۴، ۴۰). هرچند که ممکن است تمرینات پلایومتریک شدید مانند پرش جفت برای ایجاد یک اثر PAP مناسب نباشند (۱۹) اما استفاده از تعداد بیشتری از تکرارها یا استفاده از یک تمرین پلایومتریک با شدت بالاتر (مثلاً پرش افت برای القای پاسخ PAP بیشتر) مناسب‌تر به نظر می‌رسد. باین‌حال، نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که پرش از ۵ مانع ۷۰ سانتی‌متری پس از تمرینات وزنه اثرات PAP نسبتاً مطلوبی را اعمال نموده است. چهار مکانیسم فیزیولوژی منجر به اثرات بهینه PAP می‌شود؛ اولین مکانیسم فسفوریلاسیون زنجیره‌های سبک میوزین ناشی از آغاز فعالیت عضله است، که دسترسی مولکول‌های اکتین و میوزین را نسبت به یون کلسیم حساس‌تر می‌کند و در پی آن سرعت تولید نیرو افزایش می‌یابد. مکانیسم دیگر PAP عوامل عصبی از قبیل تحریک‌پذیری نورون‌های حرکتی  $\alpha$  است که مسئول افزایش عملکرد انقباضی پس از فعالیت عضلانی قبلی می‌باشد. در این راستا تمرین با بارهای سنگین، بکارگیری نورون‌های حرکتی بالادستی را افزایش داده و منجر به افزایش بکارگیری فیبرهای تند انقباض می‌شود و عملکرد را در فعالیت‌های انفجاری بعدی افزایش می‌دهد (۲). سومین مکانیسم اساسی PAP

شامل تغییر در اثربخشی زوایای حرکتی است. برخی تحقیقات تأیید کرده‌اند که اثربخشی زوایای کوچکتر با افزایش انتقال نیرو به تاندون و در نهایت مزیت مکانیکی بیشتری همراه است. چهارمین مکانیسم احتمالی PAP، افزایش اتصال تیتین به اکتین در حالت استراحت، کاهش طول آزاد عضله و افزایش میزان سفتی عضله است (۴۱). لذا شناسایی مؤلفه‌های ناشی از PAPE پس از یک دوره تمرین، یک استراتژی کارآمد برای تشخیص تغییرات در طول فصل آمادگی و در نتیجه سازگاری‌های مثبت خواهد بود؛ زیرا نشان داده شده است که PAPE در پاسخ به محرک‌های مشابه منجر به افزایش نیرومندسازی عضلانی و به تعویق انداختن خستگی می‌گردد. لذا می‌توان به این نتیجه رسید که رابطه بین پاسخ‌های PAPE و عملکرد توانی و لاکتیک در بازیکنان فوتبال از نوع سازگاری‌های فیزیولوژیکی مثبت و سیستمیک است و صرفاً منشأ عصبی-عضلانی ندارند (۴۲).

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که سطح لاکتات پس از چهار هفته تمرین SIT و PAPE گروه SP، نسبت به گروه کنترل با کاهش معنادار همراه بوده است. یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص تغییرات لاکتات با نتایج دیوید کلی که عدم تغییر در میزان انباشت لاکتات و ضریب قلب پس از ۶ هفته تمرین را گزارش کردند مغایرت دارد. محتمل است که شدت یا نوع تمرین از عوامل محدودکننده در کاهش سطح لاکتات خون بوده باشد (۲۲). ریلی و همکاران افزایش سطوح لاکتات خون در بازی فوتبال رقابتی تا ۱۲ میلی‌مول را گزارش کردند (۴۳). از یافته‌های ریلی و همکاران در تفسیر نتایج پژوهش حاضر چنین می‌توان عنوان کرد که استفاده از تمرین با شدت بیشینه برای حفظ غلظت پروتئین‌های ناقل مونوکربوکسیلات (MCT) که تنظیم‌کننده تبادلات لاکتات و H<sup>+</sup> در عضلات اسکلتی هستند ضرورت دارد (۴۴)؛ بنابراین تغییرات لاکتات خون در فوتبال ممکن است نتیجه اثر تجمعی محرک‌های متعددی باشد که با شدت بالا انجام می‌شوند. زمانی که محرک‌ها سریع و متوالی اعمال شوند به‌کارگیری گلیکولیز بی‌هوازی تسریع می‌شود و سهم بی‌هوازی در تقاضای کل انرژی بیشتر می‌شود. هرچند که ظرفیت هوازی مناسب در تسریع بهبودی بین محرک‌های متناوب نقش دارد، درحالی‌که ظرفیت بی‌هوازی مناسب مسئول جبران نیازهای با شدت بالا در طول بازی است (۴۵). در ارتباط با بهبود عملکرد گروه SP با استفاده از مفهوم نظری ترین، می‌توان گفت که تمرین‌های اسکوات با ۸۰٪ بیشینه قبل از پرش موانع باعث فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر می‌شود که متعاقب برداشته شدن مقاومت، توان خروجی و توانایی پرش و سرعت افزایش می‌یابد (۴۶، ۴۷). تمرین‌های پلایومتریک با فراخوانی واحدهای حرکتی نوع II برای القای PAP در مقایسه با تمرین با وزنه آزاد روش مؤثرتری محسوب می‌شوند (۱). می‌توان چنین استنباط کرد که تمرین‌های پلایومتریک همراه با وزنه‌های آزاد خستگی کمتری ایجاد کرده، از این‌رو امکان اثربخشی PAP بیشتر و ماندگارتر را فراهم می‌کند (۱، ۴۸). گزارش‌های موجود در پیشینه تحقیق نشان داده‌اند که ورزشکارانی که تمرین‌هایی با این ویژگی‌ها انجام می‌دهند، ظرفیت بیشتری برای انتقال لاکتات دارند. یک سازوکار احتمالی افزایش تراکم مویرگی به دنبال تمرین است که منجر به افزایش سطح تبادل و فاصله کوتاه‌تر بین محل تولید لاکتات و دیواره مویرگ می‌شود و در نتیجه توانایی تبادل لاکتات بهبود می‌یابد. همچنین مشخص شده است که SIT یک استراتژی مؤثر برای تغییر متابولیسم لاکتات است و ورزشکاران تمرین کرده برای افزایش آستانه لاکتات باید با شدت نسبتاً بالا تمرین کنند (۴۹). از آنجاکه پروتکل تمرینی پژوهش حاضر ویژه بازیکنان فوتبال و شامل ۸ جلسه تمرین بوده است و بر روی استقامت، توان بی‌هوازی، چابکی، قدرت و دوی سرعت تمرکز داشته است؛ بنابراین، توجه به متغیرهای مستقل به

تنهایی عاقلانه به نظر نمی‌رسد، زیرا یک رویکرد چند عاملی ممکن است درک قوی تری از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد مسابقات داشته باشد. هر چند که متعاقب پروتکل تمرینی پژوهش حاضر کاهش سطح لاکتات بازیکنان در مرحله پس‌آزمون غیرمنتظره نبود. این پژوهش دارای محدودیت‌های عمده مربوط به اندازه نمونه است که در آن فقط رده سنی نوجوان و امید مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین سایر ابعاد زمینه‌ای مانند میزان تمرین (حجم، شدت، فراوانی) و اندازه‌گیری آنزیم‌ها و هورمون‌های عملکردی در نظر گرفته نشد. با توجه به این، توصیه می‌گردد مطالعات طولی با استفاده از اندازه‌های نمونه بیشتر و ترکیب یک رویکرد چندعاملی باید در نظر گرفته شوند تا بتوان به نتایج دقیق تری دست یافت. تأکید می‌شود مطالعات آتی باید با در نظر گرفتن متغیرهای سن و جنس مختلف، سازوکارهای فیزیولوژیایی، بیوشیمیایی مسیرهای پیام‌رسان درون سلولی ناشی از اثرگذاری این نوع از پروتکل تمرینی انجام شوند.

طبق دانش ما این اولین پژوهشی بود که تأثیر تمرین‌های توانمندسازی پس‌فعالی و تناوبی سرعتی بر شاخص‌های توانی و لاکتات بازیکنان فوتبال را تجزیه و تحلیل می‌کرد. همانطور که تأثیرگذاری این متغیرها افزایش عملکرد بهینه را توجیح می‌کند لذا مریدان باید هنگام طراحی تمرین ابعاد مختلف از قبیل زمانبندی حین و قبل تمرینات و مسابقات را در نظر بگیرند. پیشنهاد می‌شود مریدان رشته‌های ورزشی سرعتی، توانی و رشته‌هایی که ماهیت انباشت اسیدلاکتیک دارند جهت بهبود ظرفیت ورزشکاران پروتکل تمرینی پژوهش حاضر را بکار گیرند و برای القای PAP در موقعیت‌هایی که وزنه‌های آزاد در دسترس نیست، می‌تواند از گزینه‌های متنوع تمرین‌های پلايومتریک استفاده نمایند.

### نتیجه گیری

از آنجاکه فوتبال ترکیبی مداوم از سرعت‌های کوتاه، شتاب سریع و تغییر جهت ناگهانی در حین پرش، لگزدن، سرخوردن و زمان‌های غیر مشخص جهت ریکاوری است (۳۴). به طور کلی با توجه نتایج پژوهش حاضر تأثیر معناداری در بهبود ظرفیت اسیدلاکتیک و مؤلفه‌های عملکرد توانی بیشینه‌توان، کمینه‌توان، میانگین‌توان، شاخص‌خستگی را نشان داد. در این مطالعه نشان داده شد که با بهره‌گیری از پروتکل تمرینی ارائه شده بازیکنان ظرفیت اسیدلاکتیک و مؤلفه‌های عملکرد توانی خود را بهینه می‌کنند. بنابراین به نظر می‌رسد این تغییرات عملکردی می‌تواند در ورزش‌های سرعتی-قدرتی، توانی-انفجاری و لاکتیکی که بازیکنان در طول بازی شدت‌های مختلف بی‌هوازی را تحمل می‌کنند سودمند واقع شود.

### تشکر و قدردانی

در پایان مراتب سپاس و قدردانی خود را از مدیریت محترم موسسه ورزشی آریا فتیان به عنوان پیشنهاد دهنده و حامی طرح پژوهشی، مدیریت استادیوم ورزشی پاس اکباتان، ورزشکاران و مریدان که با حمایت از پژوهش‌گران علوم ورزشی، فرصت انجام این طرح پژوهشی را فراهم آوردند، اعلام می‌نمایم.

### مشارکت نویسندگان

هر سه نویسنده در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشته‌اند.

### تعارض منافع

در پایان نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

### منابع

1. Seitz LB, Haff GGJSm. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. 2016;46(2):231-40.
2. Tillin NA, Bishop DJSm. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. 2009;39(2):147-66.
3. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray BJSm. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. 2015;45(11):1523-46.
4. Baker DJTJoS, Research C. Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. 2003;17(3):493-7.
5. Gossen ER, Sale DGJEjoap. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. 2000;83(6):524-30.
6. Bazett-Jones DM, Winchester JB, McBride JMJTJoS, Research C. Effect of potentiation and stretching on maximal force, rate of force development, and range of motion. 2005;19(2):421-6.
7. McBride JM, Nimphius S, Erickson TMJTJoS, Research C. The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. 2005;19(4):893-7.
8. Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. 2013;27(3):854-9.
9. Tsimachidis C, Patikas D, Galazoulas C, Bassa E, Kotzamanidis CJJoss. The post-activation potentiation effect on sprint performance after combined resistance/sprint training in junior basketball players. 2013;31(10):1117-24.
10. Gołaś A, Maszczyk A, Zajac A, Mikołajec K, Stastny PJJohk. Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. 2016;52(1):95-106.
11. Golas A, Wilk M, Stastny P, Maszczyk A, Pajerska K, Zajac AJTJoS, et al. Optimizing half squat postactivation potential load in squat jump training for eliciting relative maximal power in ski jumpers. 2017;31(11):3010-7.
12. Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, Fisher JP, Ranasinghe AM, Barker TA, et al. Sprint interval and endurance training are equally effective in increasing muscle microvascular density and eNOS content in sedentary males. 2013;591(3):641-56.
13. Hilfiker R, Hübner K, Lorenz T, Marti BJJoS, Research C. Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. 2007;21(2):550.
14. Masamoto N, Larson R, Gates T, Faigenbaum AJTJoS, Research C. Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. 2003;17(1):68-71.
15. Abade E, Sampaio J, Gonçalves B, Baptista J, Alves A, Viana JJPO. Effects of different re-warm up activities in football players' performance. 2017;12(6):e0180152.

16. Ferreira-Junior JB, Gutierrez AP, Encarnação IG, Lima JR, Borba DA, Freitas ED, et al. Effects of different conditioning activities on 100-m dash performance in high school track and field athletes. 2018;125(3):566-80.
17. Turner AP, Bellhouse S, Kilduff LP, Russell MJTJoS, Research C. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. 2015;29(2):343-50.
18. Terzis G, Spengos K, Karampatsos G, Manta P, Georgiadis GJTJoS, Research C. Acute effect of drop jumping on throwing performance. 2009;23(9):2592-7.
19. Till KA, Cooke CJTJoS, Research C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. 2009;23(7):1960-7.
20. Lum DJTJoS, Research C. Effects of various warm-up protocol on special judo fitness test performance. 2019;33(2):459-65.
21. Buchheit M, Rabbani AJIjosp, performance. The 30–15 intermittent fitness test versus the yo-yo intermittent recovery test level 1: relationship and sensitivity to training. 2014;9(3):522-4.
22. Kelly DT, Cregg CJ, O'Connor PL, Cullen BD, Moyna NMJEJoAP. Physiological and performance responses of sprint interval training and endurance training in Gaelic football players. 2021;121(8):2265-75.
23. Arslan E, Orer G, Clemente FJBos. Running-based high-intensity interval training vs. small-sided game training programs: effects on the physical performance, psychophysiological responses and technical skills in young soccer players. 2020;37(2):165-73.
24. Faude O, Steffen A, Kellmann M, Meyer TJIjosp, performance. The effect of short-term interval training during the competitive season on physical fitness and signs of fatigue: a crossover trial in high-level youth football players. 2014;9(6):936-44.
25. Jastrzebski Z, Barnat W, Dargiewicz R, Jaskulska E, Szwarc A, Radzimiński ŁJIJoSS, et al. Effect of in-season generic and soccer-specific high-intensity interval training in young soccer players. 2014;9(5):1169-79.
26. Dubouchaud H, Butterfield GE, Wolfel EE, Bergman BC, Brooks GAJJoP-E, Metabolism. Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, and MCT4 in human skeletal muscle. 2000;278(4):E571-E9.
27. Mura M, dos Santos CC, Stewart D, Liu MJJoap. Vascular endothelial growth factor and related molecules in acute lung injury. 2004;97(5):1605-17.
28. Boullousa DA, Abreu L, Beltrame LG, Behm DGJTJoS, Research C. The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. 2013;27(8):2059-66.
29. Kalva-Filho CA, Loures JP, Franco VH, Kaminagakura EI, Zagatto AM, Papoti MJRBdMdE. Comparison of the anaerobic power measured by the RAST test at different footwear and surfaces conditions. 2013;19:139-42.

30. Bayes-Genis A, Januzzi JL, Gaggin HK, De Antonio M, Motiwala SR, Zamora E, et al. ST2 pathogenetic profile in ambulatory heart failure patients. *Journal of Cardiac Failure*. 2015;21(4):355-61.
31. Brzycki MJ. *Work, rest, recreation, dance. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue*. 1993;64(1):88-90.
32. French DN, Kraemer WJ, Cooke CBJ. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. 2003;17(4):678-85.
33. Ng CY, Chen SE, Lum DJS, Journal C. Inducing postactivation potentiation with different modes of exercise. 2020;42(2):63-81.
34. Rowan AE, Kueffner TE, Stavrianeas SJJ. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Short duration high-intensity interval training improves aerobic conditioning of female college soccer players. 2012;5(3):6.
35. Adamczyk JJP. *Journal of Strength and Conditioning Research*. The estimation of the RAST test usefulness in monitoring the anaerobic capacity of sprinters in athletics. 2011;18(3):214.
36. DA SILVA LO, PUGGINA EF, PITHON-CURI TC, HIRABARA SMJ. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Acute effects of drop jump potentiation protocol on sprint and countermovement vertical jump performance. 2011:324.
37. Byrne PJ, Kenny J, O'Rourke BJT. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Acute potentiating effect of depth jumps on sprint performance. 2014;28(3):610-5.
38. Chatzopoulos DE, Michailidis CJ, Giannakos AK, Alexiou KC, Patikas DA, Antonopoulos CB, et al. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. 2007;21(4):1278-81.
39. Young W, MacDonald C, Heggen T, Fitzpatrick JJT. *Journal of Strength and Conditioning Research*. An evaluation of the specificity, validity and reliability of jumping tests. 1997;37(4):240-5.
40. Koch AJ, O'BRYANT HS, Stone ME, Sanborn K, Proulx C, Hraby J, et al. Effect of warm-up on the standing broad jump in trained and untrained men and women. 2003;17(4):710-4.
41. Herzog W, Schappacher G, DuVall M, Leonard TR, Herzog JAJ. Residual force enhancement following eccentric contractions: a new mechanism involving titin. 2016;31(4):300-12.
42. Yetter M, Moir GLJ. *Journal of Strength and Conditioning Research*. The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. 2008;22(1):159-65.
43. Reilly T. *The science of training-soccer: A scientific approach to developing strength, speed and endurance*: Routledge; 2006.
44. Evertsen F, Medbø J, Bonen AJ. *Journal of Applied Physiology*. Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. 2001;173(2):195-205.
45. Gharbi Z, Dardouri W, Haj-Sassi R, Chamari K, Souissi NJB. Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. 2015;32(3):207-12.
46. Burkett LN, Phillips WT, Ziuraitis JJ. *Journal of Strength and Conditioning Research*. The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. 2005;19(3):673.

47. Di Giminiani R, Visca CJPo. Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. 2017;12(2):e0171734.
48. Karampatsos GP, Korfiatis PG, Zaras ND, Georgiadis GV, Terzis GDJTJoS, Research C. Acute effect of countermovement jumping on throwing performance in track and field athletes during competition. 2017;31(2):359-64.
49. Holloszy JO, Coyle EFJJoap. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. 1984; 56(4):831-8

## Evaluation of power and lactate indices of elite football players following a period of PAPE and SIT training

Roohollah Mohammadi Mirzaei<sup>1\*</sup>, Hamid Moradi<sup>2</sup>, Majid Mohamadi<sup>2</sup>

1 Department of Sports Sciences, Farhangian University, Shahid Chamran Campus, Tehran, Iran.

2 Department of Movement Behavior, Faculty of Physical Education, University of Tehran, Tehran, Iran.

\*Corresponding author: Dr.Mohamadi@cfu.ac.ir

### Abstract

**Objectives:** post-activation performance enhancement (PAPE) along with speed interval exercises (SIT) leads to the activation of neuromuscular mechanism and physiological adaptations in football players. In this regard, the aim of the present study was to evaluation of power and lactate indices of elite football players following a period of PAPE and SIT training.

**Methods:** For this purpose, 20 elite football players of Pas Club (practice experience of 4.3 years, age 17±6 years, weight 70±5 kilograms, body mass index 21.60±2) voluntarily participated in this research. The participants were divided into two groups of 10, squat-plyometric (SP) and control. The SP group followed the PAPE and SIT training program for 4 weeks during 2 sessions a week on Sundays: SIT training with 5 repetitions of 30 seconds of maximum effort with 5:00 active rest between each repetition was performed in the first week and in the fourth week active rest up to 3:30 decreased between each repetition. Thursdays: half-squat PAPE training with 40% of maximum strength to the point of exhaustion, then 7 minutes of active rest, then 2 times of 4 repetitions of half-squat with 80% of maximum strength, and immediately they performed 2 times of plyometric training, jumping over 5 obstacles of 70 cm, and after 2 minutes of rest Active, RAST test was performed. The roast test was performed in two stages before and after the test, and blood was drawn after 5 minutes.

**Results:** The analysis of covariance test showed that SP training group performed better than the control group in terms of metabolic and functional indicators,  $p \leq 0.0001$ . In connection with the lactate index, the results showed a very high increase in the training group in the pre-test stage,  $p \leq 0.0001$ . In the intragroup analysis, the results showed a better performance of the SP training group in lactate, maximum power, minimum power, average power, fatigue index in the post-test stage. But this difference was not significant for the control group except for the lactate index in other indices.

**Conclusion:** According to the findings, it seems that PAPE guidelines with SIT can be considered an effective strategy for changing lactate metabolism and functional components of anaerobic power, in the specific preparation season before the competition, young athletes should be considered and trained athletes should train with maximum relative intensity to improve their capacities and physiological adaptations.

**Key words:** Post-Activity Potentiation, Interval, Plyometric, Lactic Acid.