

# تأثیر مصرف کافئین بر توان بی‌هوازی، آنزیم LDH و یون کلسیم پلاسمای فوتبالیست‌های جوان هنگام فعالیت بیشینه و متناوب ارگومتری

۱۲۳

تاریخ دریافت: ۸۷/۳/۲۷  
تاریخ تصویب: ۸۷/۱۲/۱۳

❖ دکتر فرزاد ناظم؛ دانشیار دانشگاه بوعلی سینای همدان \*

❖ بابک صمدیان؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی

## چکیده:

پژوهش حاضر اثر مصرف ۶ mg/kg کافئین بر توان بی‌هوازی، آنزیم LDH، و یون کلسیم پلاسمای فوتبالیست‌های جوان را هنگام اجرای فعالیت بیشینه و متناوب ارگومتری (پرایس) بررسی می‌کند. روش پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و جامعه آماری آن ۳۸۰ فوتبالیست جوان شرکت‌کننده در مسابقات قهرمانی باشگاه‌های شهر همدان بودند. از بین آن‌ها ۲۲ نفر با میانگین سنی ۱۵-۱۷ سال و میانگین‌های وزن  $62.5 \pm 7.2$  کیلوگرم و قد  $171 \pm 5.3$  سانتی‌متر به‌روش تصادفی انتخاب شدند و در دو گروه همسان تجربی و گواه جای گرفتند. سپس، اندازه‌گیری‌های آنروپومتری و برآورد حجم عضلات بدن انجام شد. هر دو گروه تجربی و گواه آزمون‌های تخمین شدت کار استور-دویس و برنامه وینگیت را اجرا کردند. مقدار مجاز مصرف کافئین و پلاسیبو (نشاسته) ۶ mg/kg یک ساعت قبل از اجرای پروتکل پرایس بود. این پروتکل ظرف ۳۰ دقیقه با ۱۰ تکرار ۳ دقیقه‌ای روی ارگومتر مدل تنتوری اجرا شد. بلافاصله پس از اتمام آزمون از افراد خون‌گیری به‌عمل آمد و دوباره غلظت آنزیم LDH و یون کلسیم پلاسمای به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. ارزش توان بی‌هوازی مطلق و نسبی گروه تجربی افزایش معناداری نسبت به گروه کنترل داشت ( $P < 0.05$ ). همچنین، بین میانگین یون کلسیم دو گروه کنترل و تجربی پس از اجرای پروتکل پرایس اختلاف معناداری به‌دست آمد ( $P < 0.05$ ) ولی غلظت آنزیم LDH در دو گروه اختلاف معناداری نداشت ( $P > 0.05$ ). یافته‌ها نشان داد احتمالاً مصرف ۶ mg/kg کافئین قبل از فعالیت شدید و متناوب ارگومتری باعث افزایش معنادار یون کلسیم می‌شود و بدین ترتیب احتمالاً افزایش توان بی‌هوازی فوتبالیست‌ها طی فعالیت بیشینه و متناوب پرایس را در پی دارد.

واژگان کلیدی: آنزیم LDH، پروتکل پرایس، توان بی‌هوازی، فوتبال، کافئین،  $Ca^{+2}$

\* E.mail: Farzadnazem2@gmeil.com

## مقدمه

رخداد‌های ورزشی متناسب با درگیری با دستگاه‌های متابولیک در گونه‌های هوازی، بی‌هوازی، و ترکیبی جای می‌گیرند (۳). اکثر فعالیت‌های ورزشی به شکل ترکیبی اجرا می‌شوند و از هر سه دستگاه متابولیک در تولید انرژی با نسبت‌های متفاوت بهره می‌گیرند. این گونه ورزش‌ها به صورت فعالیت‌های نسبتاً شدید و کوتاه‌مدت همراه استراحت فعال به‌طور متناوب اجرا می‌شوند. فوتبال در زمره این ورزش‌ها جای دارد. این ورزش سرشار از فعالیت‌های حرکتی متناوب و غیر تداومی است، به‌طوری‌که بازیکنان در جریان مسابقه فوتبال شکل‌های گوناگونی از مهارت‌ها و عملکرد حرکتی را به نمایش می‌گذارند. الگوی شدت فعالیت در کمترین فاصله زمانی تغییر می‌یابد و دامنه تلاش فوتبالیست از حالت‌های ایستاده و دوی آرام تا دوی سریع و انفجاری پیوسته در حال دگرگونی است (۲).

دستگاه هوازی منبع اصلی تولید انرژی در مسابقه فوتبال است (۱). با وجود این، مسیر سوخت‌وساز گلیکولیز و فسفاژن نیز در جریان مسابقات فوتبال تعیین‌کننده است. فوتبالیست‌ها همواره باید برای تکرار فعالیت‌های انفجاری مثل تکل، زدن ضربه سر، دریبل، شوت، پریدن، تنه زدن به حریف، و دوهای سرعت بیشینه و نزدیک بیشینه آمادگی داشته باشند. گاهی ناگزیرند مهارتی را پس از مدت کوتاهی دوباره به نمایش بگذارند (۲). برای اینکه فوتبالیست تا لحظه آخر مسابقه بتواند عملکرد موفق از خود نشان دهد، به توانایی اجرای این دست از الگوی فعالیت‌های بی‌هوازی نیازمند است. به همین دلیل فوتبالیست‌ها برای رسیدن به حفظ توان بی‌هوازی بهینه تا لحظات آخر مسابقه علاوه بر

برخورداری از آمادگی جسمانی بالا که با تمرینات ورزشی مناسب به دست می‌آید، از مواد مکمل نیز استفاده می‌کنند (۳۴).

نکته اساسی این است که آنان چه موادی را مصرف کنند تا کارایی شان افزایش یابد و از افت عملکرد آنان جلوگیری شود؟ افزون بر این، ماده مکمل در فهرست مواد ممنوعه کمیته ملی المپیک نباشد. از سوی دیگر، آن ماده را چه زمان و به چه میزانی استفاده کنند؟ از جمله این مواد به کراتین، آنتی‌اکسیدان‌ها، بی‌کربنات سدیم، و کافئین می‌توان اشاره کرد که آثار مثبت آن‌ها در پرتو شواهد علمی بر ورزش‌های هوازی یا بی‌هوازی روشن شده است (۴، ۳۴).

کافئین ماده‌ای شبه کریستال، سفیدرنگ، و تلخ مزه به نام ۳، ۷، ۱ تری‌متیل گزانتین و با فرمول شیمیایی  $C_8H_{10}N_4O_2$  است (۳۶). این ماده در چای، قهوه و نسکافه، نوشابه‌های کولادار، و شکلات‌های حاوی کاکائو یافت می‌شود (۲۷). این ماده پس از مصرف خوراکی در معده به سرعت جذب می‌شود. اوج غلظت پلاسمایی آن ۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه پس از مصرف در جریان گردش سیستمیک آشکار می‌شود (۱۱). کافئین از راه ادرار دفع می‌شود و اوج غلظت آن در ادرار ۱ تا ۳ ساعت پس از مصرف است (۴۱). مصرف این ماده را کمیته ملی المپیک محدود کرده، به‌طوری‌که میزان کافئین ادرار ورزشکار نباید بیشتر از ۱۲ میکروگرم در هر میلی‌لیتر باشد (۳۹). میزان بهینه مصرف کافئین  $6 \text{ mg/kg}$  یا  $800 \text{ mg}$  میلی‌گرم توصیه شده است (۸). مصرف کافئین تأثیرات گوناگونی بر بدن انسان می‌گذارد، از جمله کاهش زمان واکنش، تأخیر خستگی، افزایش تمرکز و هوشیاری، سرعت

نخورده باقی می ماند و فرد قادر است فعالیت بدنی را برای مدت زمان طولانی تری ادامه دهد (۳۸،۳۳).

### ج) تأثیر بر عضلات اسکلتی

یون کلسیم نقش عمده ای در فرایند انقباض ایفا می کند و تداوم انقباض به میزان غلظت این یون در شبکه سارکوپلاسم بستگی دارد (۵). شواهد آزمایش حیوانی از تحریکات الکتریکی عضلات اسکلتی نشان می دهد که هنگام انقباض های ایزومتریک متناوب، در ظرف ۲۰ ثانیه نخست، مقدار مصرف Pcr تارهای نوع دوم تا ۶۰ درصد کاهش می یابد. این نکته در روند گلیکوژنولیز تارهای نوع دوم b نیز صدق می کند. در حالی که در ۳۰ ثانیه بعد، سرعت گلیکوژنولیز تا ۴۵ درصد افت پیدا می کند. به عبارتی به موازات کاهش ۴۰ درصدی نیروی تولیدی عضله، اندازه مصرف گلیکوژن و Pcr درون عضله به نحو چشمگیری کاهش می یابد، زیرا کاهش بازسازی ATP هوازی یا فسفوریلاسیون ADP برای حفظ تولید نیروی عضلانی ناکافی است و به ناچار پدیده خستگی رخ می دهد.

از سوی دیگر، افزایش انباشت یون کلسیم در فضای شبکه سارکوپلاسمیک، امکان رخداد اتصالات میوفیلانت های اکتین و میوزین را بیشتر و در نتیجه بر سرعت و شدت انقباض می افزاید. در این میان کافئین، آزادسازی بیشتر کلسیم از شبکه سارکوپلاسم عضلات فعال را تسهیل می سازد. در نتیجه این امکان هست که مصرف مقدار معین کافئین ظرفیت گلیکولیتیک، توان بافوری، و سرانجام شرایط پذیرش هایپوکسی شدیدتر را برای عضلات نوع دوم b ورزیده بیشتر کند که به دنبال آن آستانه خستگی بی هوازی سلول را بالا خواهد

فراخوانی اسید چرب آزاد، تسهیل تکانش های عصبی، افزایش قابلیت انقباض، افزایش ترشح اپی نفرین، و کاهش آستانه تحریک پذیری واحدهای حرکتی (۱۲، ۱۵، ۱۹، ۲۴). مصرف زیاد کافئین در روزهای گرم توصیه نمی شود (۲۵). به هرحال کافئین بر رفتار ارگانسیم اثر می گذارد که در این بخش به مهم ترین آن ها می پردازیم.

### الف) تحریک دستگاه عصبی مرکزی

بدن طی فعالیت روزانه ترکیبی به نام آدنوزین تولید می کند. زمانی که این ترکیبات شیمیایی زیاد شوند به گیرنده های خاص خود متصل می شوند. در نتیجه این اتصال، پیام هایی به مغز ارسال می شود که متعاقب آن به فرد احساس خستگی دست می دهد. کافئین به دلیل شباهت بسیار زیاد با آدنوزین روی گیرنده ها قرار می گیرد و از ارسال پیام جلوگیری می کند. به همین دلیل فرد قادر خواهد بود مدت زمان بیشتری به فعالیت ادامه دهد (۱۹). مصرف کافئین باعث کاهش آستانه تحریک نرون ها می شود، در نتیجه فرد به محرک های خارجی سریع تر واکنش نشان می دهد. علاوه بر این، واحدهای حرکتی بیشتری در انقباضات عضلانی فرا خوانده می شوند. از این رو انقباض عضلانی با قدرت بیشتری انجام می شود (۹، ۴۲).

### ب) افزایش اکسیداسیون چربی ها

پس از مصرف کافئین، ترشح اپی نفرین افزایش می یابد که باعث افزایش اکسایش چربی ها می شود. به همین دلیل، در آغاز فعالیت بدنی هوازی، اسیدهای چرب آزاد بیشتری در اختیار سلول عضلانی قرار می گیرند و گلوکز و گلیکوژن ذخیره برای تأمین انرژی در مرحله انتهای فعالیت دست

برد (۲۹، ۲۰). به علاوه رهایش کلسیم حاصل از مصرف کافئین تأثیر مستقیم بر تارچه‌ها و نقش مهارکننده بر آنزیم فسفودی استراز دارد و سرانجام به تغییرات روند انتقال عصبی-عضلانی از طریق افزایش تحریک فرایند انقباض میوفیلامنت‌های پروتئینی می‌انجامد (۲۸، ۳۰).

تحقیقات گوناگون تأثیر مثبت مصرف کافئین بر ورزش‌های استقامتی و تداومی را آشکار کرده است. پاسمن و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی تأثیر مصرف کافئین قبل از فعالیت استقامتی پدال زدن با شدت ۸۰ درصد  $VO_{2max}$  روی چرخ کارسنج بر ۹ دوچرخه‌سوار نشان دادند که مدت زمان رکاب زدن گروه تجربی به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل است (۳۰).

در گزارش گراهام و همکاران (۱۹۹۵) افراد یک‌ساعت قبل از پدال زدن با ۸۵ درصد  $VO_{2max}$  روی چرخ کارسنج، کافئین یا دارونما مصرف کردند. گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل مدت زمان بیشتری رکاب زدند (۱۶). تحقیقات دیگر نیز از تأثیرات مثبت کافئین بر فعالیت‌های تداومی و هوایی حکایت می‌کنند (۱۷، ۱۳، ۳۷).

در مورد تأثیر مصرف کافئین بر توان بی‌هوایی تحقیقات اندکی صورت گرفته است که برابند نتایج آن‌ها ناهمگون به نظر می‌رسد.

ویلیامز و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کرده‌اند که مصرف کافئین بر توان بی‌هوایی پیشینه ورزشکاران اثرگذار نیست (۴۳)، در حالی که کیم و همکاران (۱۹۹۹) مصرف کافئین قبل از فعالیت شدید بی‌هوایی را موجب افزایش معنادار در اوج و میانگین توان بی‌هوایی ورزشکاران و غیرورزشکاران گزارش کردند، ولی هیچ‌گونه تغییری در غلظت لاکتات خون دو گروه مشاهده

نشد (۲۶).

انسلم و همکاران (۱۹۹۲) نیز عنوان کرده‌اند که مصرف کافئین قبل از فعالیت‌های کوتاه‌مدت پیشینه تأثیری بر اوج توان، استقامت، و یا سرعت ورزشکاران ندارد (۵). در گزارش جک‌من و همکاران (۱۹۹۶) مصرف  $6 \text{ mg/kg}$  کافئین قبل از اجرای الگوی فعالیت تناوبی طاقت‌فرسا مشکل از ۲ دقیقه پدال زدن روی چرخ کارسنج که با بازده کار ۱۰۰ درصد  $VO_{2max}$  و سپس ۶ دقیقه استراحت فعال که ورزشکاران در میان هر وهله کار انجام دادند، به افزایش معنادار زمان اجرا انجامید. همچنین، غلظت لاکتات خون این افراد افزایش معناداری داشت (۲۳). در مقابل، از مصرف  $5 \text{ mg/kg}$  کافئین قبل از اجرای ۴ نوبت فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای و ینگیت همراه با ۴ دقیقه استراحت فعال بین آن‌ها تأثیری بر اوج توان بی‌هوایی افراد به دست نیامد (۱۰).

به نظر می‌رسد شواهد علمی به‌طور برجسته بر تأثیر اندازه‌های متفاوت مصرف کافئین بر شدت‌های مختلف کار هوایی یا الگوی بی‌هوایی متمرکز بوده است. در حالی که الگوی فعالیت تناوبی که ترکیبی از گونه‌های فعالیت هوایی و بی‌هوایی را دربرداشته باشد، بررسی شفاف نشده است. در حال حاضر، طیف مطالعات اخیر پیرامون رابطه مصرف کافئین و فعالیت‌های تناوبی متمرکز است، زیرا الگوی شیوه اجرای بسیاری از ورزش‌ها متناوب است.

با این حال، با توجه به تحقیقات انجام شده، نقش کافئین بر الگوهای فعالیت بدنی مرکب از هوایی و بی‌هوایی در هاله‌ایی از ابهام است. اکنون با بازنگری پیشینه‌های علمی، پرسش این است آیا

نشسته با گوشی پزشکی اندازه گیری و ثبت شد. همچنین، عوامل قد ایستاده، وزن، جرم عضلات بدن (روش آنتروپومتریک ماتیکجا و مارتین) و شاخص جرم بدن (شاخص کویبتلست: BMI) اندازه گیری شدند (۴۰). سپس، آزمون ارگومتری بیشینه استورر-دیویس برای برآورد ظرفیت کاری در شدت های کار ۴۰ و ۶۰ درصد HRR، به منظور استفاده در آزمون اصلی پرایس اجرا شد (۴۴). ۳ روز بعد، افراد در آزمایشگاه آزمون بی هوازی استاندارد وینگیست را روی دستگاه کارسنج مکانیکی تتوری مدل ۶۰۴ فلاندا اجرا کردند (۲۲، ۶). توان بی هوازی همسان دو گروه کنترل و تجربی به دست آمد.

از آزمودنی ها ۳ روز بعد در محیط آزمایشگاه در وضعیت ناشتا نمونه خون ورید بازویی معادل ۵ سی سی گرفته شد و میزان غلظت آنزیم LDH سرم و یون کلسیم استراحت اندازه گیری شد. هر یک از آزمودنی های گروه تجربی یک کپسول خوراکی حاوی  $6 \text{ mg/kg}$  کافئین و هر آزمودنی گروه کنترل یک کپسول هم وزن حاوی نشاسته همراه ۲۰۰ سی سی آب مصرف کردند. آنگاه، افراد یک ساعت پس از مصرف کافئین یا دارونما برای اجرای آزمون متناوب پرایس هدایت شدند (۸، ۹، ۱۰). پروتکل پرایس بر اساس آنالیز حرکت فوتبالیست ها در زمین مسابقه طراحی و اجرا شد (۳۲). به بیان دیگر، در یک نوبت بازی فوتبال با احتساب زمان های مفید مسابقه شامل در اختیار داشتن توپ، اجرای مانورهای تکل، دریبل، پاس، شوت، و جاگیری برای شرکت فعال در آرایش حمله یا دفاع با مختصات برنامه پرایس همگون است (۳۱). هدف از انتخاب این پروتکل همسان سازی

مصرف مقدار مجاز کافئین هنگام فعالیت بیشینه و تناوبی (هوازی و بی هوازی) ارگومتری میان مدت باعث افزایش غلظت یون کلسیم درون گردش خون، کارایی دستگاه گلیکولیتیک، توان بی هوازی، یا افت خستگی فوتبالیست های جوان می شود؟

### روش شناسی

جامعه آماری ۳۸۰ فوتبالیست جوان شرکت کننده در مسابقات قهرمانی باشگاه های شهر همدان بودند که ۲۲ نفر با سابقه فعالیت منظم ورزشی  $1 \pm 5$  سال و میانگین های وزن  $62.5 \pm 7.1$  کیلوگرم و قد  $171 \pm 5.3$  سانتی متر به روش تصادفی انتخاب شدند. سپس، در دو گروه کنترل و تجربی جای گرفتند. این طرح آزمایشی به صورت دوسویه کور انجام گرفت. نمونه های خونی در وضعیت های پیش و پس آزمون در آزمایشگاه بیوشیمی بالینی به روش خودکار و استاندارد اندازه گیری شدند. غلظت آنزیم LDH پلاسما با استفاده از دستگاه Selectra Vitalab و به روش خودکار و غلظت یون کلسیم پلاسما با استفاده از کیت پارس آزمون اندازه گیری شدند.

### روش جمع آوری اطلاعات

فوتبالیست ها در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه بوعلی سینا، پرسش نامه وضعیت تندرستی - پزشکی و رضایت نامه خویش را برای شرکت در آزمون تکمیل کردند. آنان متعهد شدند که ۲۴ ساعت قبل از حضور در طرح، از انجام فعالیت های متوسط یا سنگین بدنی و مصرف داروهای مکمل و مواد حاوی کافئین (چای، قهوه، شکلات) خودداری کنند (۲۳، ۱۶). ضربان قلب استراحت در وضعیت

تله‌متری پولار مشخص و ثبت شد. بلافاصله پس از پایان آزمون پرایس آزمودنی‌ها برای نمونه‌گیری دوباره خون هدایت شدند.

### یافته‌ها

پس از گردآوری داده‌ها برای تجزیه و تحلیل آن‌ها از آزمون‌های کلموگراف-اسمیرنوف برای توزیع طبیعی داده‌ها، همچنین برای همگن بودن واریانس‌ها از آزمون لوین استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌های دو گروه کنترل و تجربی در قبل و بعد از مصرف کافئین یا دارونما در پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون‌های t وابسته و مستقل استفاده شد و نتایج زیر به دست آمد.

### وضعیت پیش‌آزمون

هم‌سنجی میانگین عوامل فیزیکی سن، قد، وزن، و توده کل عضلات بین دو گروه کنترل و تجربی اختلاف معناداری نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۱). همچنین، نتایج شاخص‌های آزمون بی‌هوازی وینگیت روشن ساخت که دو گروه قبل از انجام برنامه پرایس متجانس‌اند ( $P = 0.754$ ). بین غلظت پلاسمایی آنزیم LDH و یون کلسیم استراحت دو گروه کنترل و تجربی نیز اختلاف معناداری به دست نیامد (جدول ۲). این داده‌ها به این نکته اشاره می‌کند که دو گروه کنترل و تجربی در طیف همسان‌گزی‌نش شده‌اند.

ورزش میدانی فوتبال با شرایط آزمایشگاهی بود. این پروتکل متناوب متشکل از فعالیت‌های هوازی، بی‌هوازی، و استراحت فعال است که ظرف ۳۰ دقیقه متوالی و به صورت ۱ تکرار ۳ دقیقه روی ارگومتر در شرایط محیطی با میانگین دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت ۵۹٪ اجرا شد (شکل ۱).

هر قسمت کار ۳ دقیقه‌ای برنامه پرایس شامل ۴ مرحله به شرح زیر است:

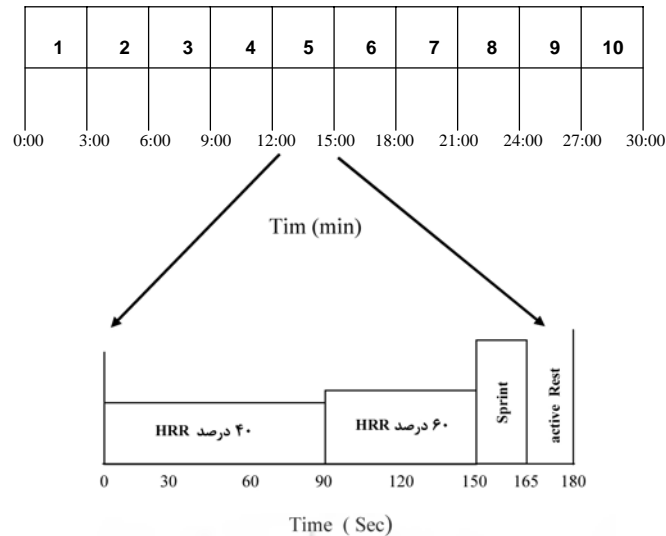
مرحله ۱: پدال‌زدن با ۴۰ درصد HRR در ۹۰ ثانیه و  $RPM = 60$

مرحله ۲: پدال‌زدن با ۶۰ درصد HRR در ۶۰ ثانیه و  $RPM = 60$

مرحله ۳: پدال‌زدن با حداکثر توان فرد به مدت ۱۵ ثانیه

مرحله ۴: پدال‌زدن با ۴۰ درصد HRR در ۱۵ ثانیه و  $RPM = 40$

بازده کار ارگومتر در مراحل اول، دوم، و چهارم پروتکل پرایس هر فرد با بهره‌گیری از برآورد ظرفیت عملی بیشینه مطابق آزمون استورر-دیویس تعیین شد. در مرحله سوم بازده توان نسبی بر حسب وزن افراد مطابق دستگاه شمارشگر مجهز به برنامه نرم‌افزاری ارگوکانتور سینا به دست آمد. پس از پایان مرحله سوم هر تکرار از برنامه پرایس با استفاده از دستگاه شمارشگر دورهای چرخ‌تیار ارگومتر، میانگین توان بی‌هوازی افراد یادداشت شد. ضربان قلب افراد در همه مراحل آزمون اصلی با دستگاه



شکل ۱. پروتکل متناوب پرایس متشکل از ۱۰ مرحله کار ۳ دقیقه‌ای

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و آنتروپومتری فوتبالیست‌های جوان

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (kg/m <sup>2</sup> )	توده عضلات (کیلوگرم)
تجربی	۱۱	۱۵,۸ ± ۶,۹	۱۶۹,۵ ± ۵,۹	۶۰,۹ ± ۴,۷	۲۱,۲ ± ۱,۶	۲۳,۵ ± ۲,۳
کنترل	۱۱	۱۶,۱ ± ۰,۹	۱۷۲,۴ ± ۴,۶	۶۴,۱ ± ۹	۲۱,۵ ± ۲,۳	۲۵ ± ۳,۳
	SE	۰,۳۴	۲,۲۴	۳,۰۶	۰,۸۶	۱,۲
	P - Value	۰,۴۳۳	۰,۲۲۴	۰,۳۱۳	۰,۷۴۱	۰,۲۴۸

## آزمون پرایس

میانگین غلظت آنزیم LDH پس از اجرای پروتکل پرایس گروه‌های کنترل و گروه تجربی در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معناداری داشت (جدول ۲). میانگین مقدار یون کلسیم پلاسمایی گروه‌های کنترل و تجربی پس از اجرای پروتکل پرایس افزایش معناداری داشت ( $P=0,047$ ). همچنین، میانگین یون کلسیم پس از پروتکل پرایس گروه تجربی نسبت به حالت استراحت افزایش معناداری نشان داد ( $P=0,022$ ).

میانگین توان مطلق بی‌هوایی افراد در مراحل ده‌گانه آزمون پرایس در مراحل هفتم، نهم، و دهم افزایش معناداری بین دو گروه کنترل و تجربی نشان داد ( $P<0,05$ ) (شکل ۲). همچنین، با برآورد توان بی‌هوایی نسبی بر پایه وزن بدن و توده عضلات کل بدن نتایج مشابه معناداری در دو گروه به دست آمد ( $P<0,05$ ). میانگین غلظت آنزیم LDH پلاسمایی گروه‌های کنترل و تجربی پس از اجرای پروتکل پرایس اختلاف معناداری نداشتند ( $P=0,191$ ) اما

جدول ۲. میانگین غلظت‌های پلاسمایی LDH و یون کلسیم استراحت، پس از اجرای پروتکل پرایس و تفاوت این دو حالت در فوتبالیست‌های جوان

P- Value	t	SE	تجربی	کنترل	وضعیت	متغیر
			M ± SD	M ± SD		
۰٫۸۶۰	۰٫۸۷۴	۲۷٫۵۵	۳۱۱ ± ۶۹٫۳۹	۳۰۶٫۵۴ ± ۴۴٫۹۴	استراحت	LDH (U/I)
۰٫۱۹۱	۰٫۱۷۹	۲۴٫۹۲	۳۹۹٫۸۱ ± ۴۷٫۸۹	۳۷۱٫۲۷ ± ۵۱٫۰۵	پس از اجرا	
۰٫۳۹۲	۱٫۳۵	۲۱٫۱	۸۸٫۸۱ ± ۷۸	۶۴٫۷۲ ± ۴۷٫۴۵	تفاوت دو وضعیت	
۰٫۴۵۸	۰٫۷۵	۰٫۱۹	۹٫۰۵ ± ۰٫۴۷	۹٫۲ ± ۰٫۴۲	استراحت	Ca <sup>۲+</sup> (mg/dl)
* ۰٫۳۴۷	۲٫۱	۰٫۱۶	۹٫۵۶ ± ۰٫۴۱	۹٫۲۱ ± ۰٫۳۴	پس از اجرا	
* ۰٫۰۲۲	۲٫۷۰	۰٫۱۸	۰٫۵ ± ۰٫۶۲	۰٫۰۱ ± ۰٫۲۹	تفاوت دو وضعیت	

P < ۰٫۰۵ = \*

### بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر توان بی‌هوازی گروه دارونما سیر نزولی داشت، به طوری که اختلاف بین مراحل ابتدایی و انتهایی فعالیت به دلیل اثر گذشت زمان اجرا بر توان بی‌هوازی معنادار بود، در حالی که در گروه تجربی، شاهد چنین رخدادی نبودیم. از طرف دیگر، اختلاف معنادار در مراحل پایانی پروتکل پرایس میان دو گروه کنترل و تجربی بیانگر این موضوع است که احتمالاً مصرف معین کافئین از افت توان بی‌هوازی گروه تجربی جلوگیری کرده است (شکل ۲) که با یافته جکمن همسوست که خاطر نشان کرده مصرف کافئین قبل از یک دوره فعالیت متناوب با ۱۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی تأثیر معناداری بر طول مدت اجرا دارد (۲۳). این در حالی است که ویلیامز (۴۳) و کالمپ (۱۰) عدم تأثیر کافئین بر توان بی‌هوازی افراد را گزارش کرده‌اند.

غلظت و فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز پلاسمایی به منزله آنزیم کلیدی دستگاه گلیکولیتیک، به عوامل شدت فعالیت، انباشت اسیدلاکتیک، PH اسیدی، افزایش نسبت

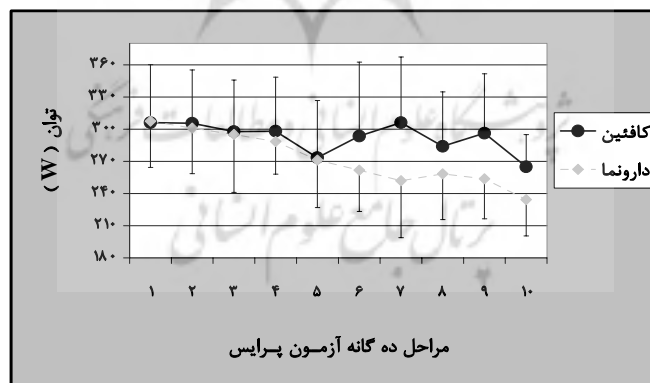
زمان عملکرد ورزشی بر توان بی‌هوازی اثرگذار است. بدین ترتیب که توان بی‌هوازی متناسب با افزایش زمان اجرا کاهش پیدا می‌کند (۷). اگرچه منبع اصلی تولید انرژی در فوتبال از مسیر سیستم هوازی است، ولی فوتبالیست‌های جوان برای اجرای مهارت‌ها و تکنیک‌هایی از قبیل ضربه زدن به توپ، دریبل و شوت زدن، برخوردهای بدنی برای تصاحب توپ، تغییر سرعت ناگهانی در جهت‌های گوناگون، پریدن و زدن ضربه سر، تکل و فرار از تکل حریف، همچنین اجرای سرعت‌های متناوب کوتاه بیشینه و نزدیک به بیشینه احتیاج به توان بی‌هوازی بالایی دارند (۲). به دلیل اثر وارونه گذشت زمان اجرا، هر اندازه به انتهای بازی نزدیک می‌شویم، توان بازیکن رو به کاهش می‌گذارد و عملاً کیفیت اجرای ورزشی آن‌ها را تضعیف می‌کند. حال اگر فوتبالیست بتواند در دقایق انتهایی مسابقه فوتبال این فعالیت‌ها و مهارت‌ها را نزدیک به سطح ابتدای مسابقه اجرا کند، احتمال موفقیت فردی و تیمی آن‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند. در



به دنبال تحریک سیستم عصبی و انتقال پتانسیل عمل به درون تار عضلانی، یون‌های کلسیم از شبکه‌های سارکوپلاسمیک رها می‌شوند و سبب فعال شدن پل‌های عرضی و چسبیدن آن‌ها به اکتین و سرانجام موجب انقباض میوفیلان‌ها می‌شوند (۵). شواهد پژوهشی آشکار می‌کند که مصرف کافئین باعث تحریک بیشتر سیستم عصبی مرکزی و از آن طریق موجب افزایش آزادسازی کلسیم از شبکه‌های سارکوپلاسمیک می‌شود. بدین ترتیب، انقباض‌های عضلانی در مدت و شدت بیشتری تداوم می‌یابند (۱۹). نتایج تحقیق حاضر آشکار ساخت که بین میانگین غلظت یون کلسیم پلاسمایی گروه تجربی در حالت استراحت و پس از اجرای پروتکل پرایس اختلاف معناداری مشاهده گردید، در حالی که این تغییر در گروه کنترل به دست نیامد. همچنین، بین میانگین یون کلسیم پلاسمایی گروه‌های مصرف‌کننده کافئین و پلاسیبو پس از اجرای پروتکل پرایس اختلاف معنادار به دست آمد. این احتمال وجود دارد که کافئین باعث افزایش چشمگیر رهاش یون کلسیم از شبکه‌های سارکوپلاسمیک و سرانجام افزایش انقباض پذیری

ADP/ATP، کاهش‌های بارز در Pcr، هیدرولیز گلیکوژن، گونه دوم تار عضلانی در گیر (b) و سطح خستگی وابسته است (۷،۳۵) که پس از اجرای پرایس LDH بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت. به عبارت دیگر، دستگاه گلیکولیتیک افراد تحت تأثیر مستقیم مصرف کافئین قرار نگرفته است، و با نتایج تحقیق کیم و همکاران (۱۹۹۹) همسوست که معتقدند مصرف کافئین قبل از فعالیت شدید و بی‌هوای تأثیری بر غلظت اسید لاکتیک خون ندارد (۲۶).

از طرف دیگر، افزایش چشمگیر میانگین غلظت آنزیم LDH پلاسمایی هر دو گروه تجربی و کنترل از فعالیت چشمگیر دستگاه گلیکولیتیک در تأمین انرژی هنگام اجرای پروتکل بیشینه و متناوب پرایس حکایت دارد. این موضوع با یافته اکبوم (۱۹۸۶) همسوست که اظهار می‌دارد سطح اسید لاکتیک خون پس از مسابقات فوتبال افزایش می‌یابد (۱۴). در پژوهش حاضر به دلیل محدودیت‌های هزینه تأمین کیت و در دسترس نبودن تجهیزات آزمایشگاهی وابسته، سنجش یون کلسیم درون عضلانی و غلظت LA پلاسمایی صورت نگرفت.



شکل ۲. الگوی تغییر میانگین توان بی‌هوای مطلق در گروه‌های تجربی و کنترل

گروه با توجه به ماهیت پیش‌رونده بازده کار پروتکل پرایس افزایش نشان داد. ممکن است افزایش یون کلسیم پلاسمایی از دلایل احتمالی جلوگیری از افت کارایی بی‌هوازی یا افزایش توان بی‌هوازی فرد در مراحل پایانی کار متناوب باشد. با این حال می‌توان گفت که فوتبالیست‌های جوان با مصرف کافئین مجاز قبل از اجرای برنامه آزمایشگاهی پرایس می‌توانند کارایی فعالیت‌های بی‌هوازی خود را در اواخر زمان اجرا بهبود دهند. از سوی دیگر، برنامه پیش‌رونده و متناوب پرایس بر پایه شرایط مسابقه فوتبال طراحی و همسان‌سازی شده است. بنابراین، امکان دارد که در وضعیت میدانی، مصرف  $6 \text{ mg/kg}$  کافئین کارایی مکانیکی و توان بی‌هوازی فوتبالیست‌ها را در اواخر زمان مسابقه فوتبال افزایش دهد.

میوفیلامین‌ها شده است که با نتایج تحقیقات گریر (۱۹۹۸) و گراهام (۱۹۹۴) همسوست که عنوان کرده‌اند مصرف کافئین باعث افزایش عمده یون کلسیم می‌شود (۱۸،۲۱). با این حال شواهد علمی موجود، سازوکار روشن تأثیر کافئین بر چگونگی رهایش یون کلسیم شبکه سارکوپلاسمی و افزایش دهی بازده توان عضلانی درگیر را نشان نمی‌دهد.

سازوکار بهبود عملکرد در فعالیت‌های بیشینه و متناوب ناشناخته است ولی ممکن است با اثر مستقیم کافئین بر دستگاه عصبی مرکزی و تأثیر بر آزادسازی بیشتر یون کلسیم در عضلات ارتباط مستقیم داشته باشد (۱۸). نتایج پژوهش حاضر آشکار ساخت که احتمالاً متعاقب مصرف مجاز کافئین قبل از فعالیت ورزشی با ماهیت متناوب پیش‌رونده بیشینه، آنزیم LDH پلاسمایی تحت تأثیر مصرف کافئین قرار نگرفت ولی در هر دو

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

## منابع

۱. بیورن، اکیلوم، ۱۳۷۴، «فوتبال»، ترجمه گروه مترجمان، انتشارات کمیته ملی المپیک، ص ۷۵-۸۷.
۲. توماس، ریلی، ۱۳۸۰، «علم و فوتبال»، ترجمه عباسعلی گابینی، انتشارات کمیته ملی المپیک، ص ۶۶-۷۸.
۳. ران موگان، میکائیل گلیسون، ۱۳۸۰، «بیوشیمی ورزش و تمرینات ورزشی»، ترجمه حسینعلی مهرانی و علیرضا عسگری، انتشارات نوپردازان، ص ۴۵-۵۴.
۴. رونالد، جی مون، ۱۳۸۰، «مواد غذایی نیروزا و عملکرد ورزشی»، ترجمه شهرام فرج‌زاده، انتشارات کمیته ملی المپیک، ص ۱۵-۴۵.
5. Anselme, F.; B. Collomp, et,al (1992). "Caffeine increases maximal power and lactate concentration". Eur.J. Appl.Physiol. (65) pp:188-191.
6. Antonio, Crisafulli, et.al (2003). "Hemodynamics during active and passive recovery from a single bout of supermaximal exercise". Eur.J.Appl.Physiol (89) pp:209-216.
7. Bangsbo, J.; T.E. Graham; B. Kiens (1992). "Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise". J. physiol. (451) pp: 205- 222.
8. Bruce, C.R.; M.E. Anderson (2000). "Enhancement of 2000-m rowing Performance after caffeine ingestion", Med. Sci. Sports. Exere. 32 (11), pp: 1958- 1963.
9. Carl, D.; G. William (2001). "Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team- sport athletes", Med. Sci. sports. Exer, 33 (5) pp: 822- 825.
10. Collomp, K. (1991). "Effect of caffeine ingestion on sprint performance and anaerobic metabolism during the wingate test", Int. J. sports.Med. (12) pp:439- 443.
11. Costill, D.; G. Dalasky (1978). "Effect of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance". Med. Sci. sports. Exere. (10) pp: 155- 158.
12. Douglas, G. et al.(2003). "Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance." Med.sci. sports. Exer. (35) No (8) pp:183-189.
13. Douglas, G.; Bell M.McLellan (2002). "Exercise endurance 1,3 and 6 hour after caffeine ingestion in a caffeine users and non users." J.Appl.Physiol, 93 (4) pp:1227- 1234.
14. Ekblom, B. (1986). "Applied physiology of soccer." Sports. Med. (3) pp: 50- 60.
15. Eddy, N.B.; and A. Down (1997). "Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance". J.apple. Physiol. (93) pp: 990- 999.
16. Graham, T.E.; L.L. Spriet (1995). "Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine." J.Appl. physiol 78 (3) pp: 867- 874.
17. Graham, T.E.; L.L Spriet (1991). "Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged Exercise." J.Appl.physiol, 71(6), pp: 2292-8.
18. Graham, T.E.; W.E. Ruch (1994). "Caffeine and exercise metabolism and performance." Can. J. Appl. Physiol (19) pp: 111- 13.
19. Graham, T.E. (1998). "Impact of various doses of caffeine on catecholamine and metabolism during exercise". J. Apple. Physiol 78(4) pp:867-874.
20. Green, H.J. (1996). Muscle power, fibr type recruitment, metabolism and fatigue, Human kinetics, champaign. IL pp:65 – 79.
21. Greer, F.C.; Mclean, et al (1998). "Caffeine, Performance and metabolism during wingate exercise tests". J.Apple.Physiol 85(4) pp:1502 – 8.
22. Inbar, O.; J. Skinner (1996). The wingate anaerobic Test. Champaing: Human kinetics . (92) pp: 8-10.
23. Jackman, M. et al. (1996). "Metabolic, catecholamine, and endurance response to caffeine during intense exercise." J. Appl. Physiol. 81(4) pp: 1653- 1663.

24. Jacobson, B.H.; B.M. Edgley (1997). "Effect of caffeine on simple reaction time and improvement time." National of library of Medicin. (29) pp:73-81.
25. James, J.E. (1991). "caffeine and Health." Academic perss progress in clinical and Biological Reserch (158) pp:96.
26. Kim, B.R.; H.T. Kim; D. Lee (1999). "The effect of caffeine ingestion on anaerobic power." Exercise science, 8 (1) pp: 53- 62.
27. Lawerance, E. Armstrong (2002). "Caffeine, body fluid- electrolyte balance, and exercise performance." Int.J.sports.Nut. (12) pp: 187- 206.
28. Lopes, J.M.; Aubier J. Jardim (1983). "Effect of caffeine on skeletal muscle function befor and after fatigue." J. Appl. Physiol. (54) pp: 1303-1305.
29. Medbo, J.I.; I. Tabata (1989). "Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short – lasting exhausting bicycle exercise." J.Appl.Physiol. (67) pp:1881-1886.
30. Pasman, W.J., et al. (1995). "The effect of different dosages of caffeine on endurance perform mance time". Int. J. sports. Med. 16 (4) pp: 225- 230.
31. Price, M. Moss and Rance (2003). "Effect of sodioum bicarbonat on prolonged intermittent exercise." Med. Sci. Sports. Exerc. 35(8) pp:1303-8.
32. Reilly, Tand Thomass V. (1976). "A motion analysis of worke rates in different positional roles in professional football match play." J. Hum.Mov.Studies (2) pp:87-89.
33. Ryus, Choisk Joung (2001). "Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rates and athletes". J. Nutr.Sci.vitaminol. 47(2) pp:139-146.
34. Sobal, H.; L. Marguaret (1994). "Vitamin, mineral supplement use among athlete". a review of the literature. Int. J. sports. Nut (4) pp: 320- 324.
35. Soderlund, K.; P. Greenhuf (1992). "Energy metabolism in type 1 and type 2 human muscle fibres during short term electrical stimulation at different frequencies". Acta physiol. scand (144) pp:15-22.
36. Speiller, Gene A. (1998). Caffeine Boca Paton. CRC Press pp: 233- 250.
37. Spriet, L.L. ,et al. (1992). "Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in human". Am. J. physiol. 262 (6) pp: 891- 898.
38. Tarnapolsky, M.A. (1994). "Caffeine and ndurance performance." sports. Med (18) pp: 109- 125.
39. Terry, E.; Graham, Lawrence L (1996). "Caffeine and exercise Performanc.e" Sports science Exchange. 8 (1) pp:118-124.
40. Tleymfield, S.B.; Arteagac et al (1983). "Measarment of muscle mass in humans." American. J. clinical. Nut (37) pp: 478- 494.
41. Vandermerwe, P.J.; F.R. Muller (1988). "Caffeine in sport urinary xcretion in healthy volunTERS after intake of common caffeine containing beverages". J. Med . Sport. Afr (74) pp: 163- 164.
42. Waldeck, B.(1973). "Sensitization by caffeine of central catecholamine receptors". J. Neural. Transm (34) pp: 61-72.
43. Williams, J. H. et al (1998). "Caffeine, maximal power output and fatigue". Br. J. sports. Med (229) pp: 132- 134.
44. Williams and Wilkins (2003). Essentials of exercise physiology, 2th edit. Human Kineticks 'pub'.