



## دوفصلنامه سوخت و ساز و فعالیت ورزشی

سال سیزدهم، جلد سیزدهم، شماره ۲



دانشگاه گیلان

Open Access

مقاله پژوهشی

### مقایسه نیمرخ متابولیکی کاراته‌کاران زنده مرد با سطح آمادگی جسمانی متفاوت طی مراحل مختلف مسابقات شبیه‌سازی شده

مسعود رهنما<sup>۱</sup>، حمید محبی<sup>۲\*</sup>، حمید رجبی<sup>۳</sup>

تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴

#### چکیده

**هدف:** هدف پژوهش حاضر مقایسه نیمرخ متابولیکی کاراته‌کاران زنده مرد بر اساس سطح آمادگی جسمانی آن‌ها طی مراحل مختلف از شش مسابقه در یک روز، شبیه مسابقات واقعی کاراته بود.

**روش پژوهش:** ده کاراته‌کار زنده جوان در این پژوهش شرکت کردند. کاراته‌کاران بر اساس نمرات Z به دست آمده از آزمون‌های آمادگی جسمانی شامل توان هوازی (آزمون بروس)، توان بی‌هوازی (آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه)، پرش عمودی، دوی سرعت ۳۰ متر و چابکی (۴×۹ متر) به دو گروه با آمادگی بالا (۵ نفر) و پایین (۵ نفر) تقسیم شدند. هر کاراته‌کار شش مسابقه شبیه‌سازی شده کومیته را با فاصله استراحتی مشابه مسابقات رسمی و بر اساس قوانین فدراسیون جهانی انجام داد. نمونه‌های خون وریدی قبل و بعد از مسابقه اول و ششم جمع‌آوری شد. آزمون ANOVA با اندازه‌گیری‌های مکرر برای بررسی تفاوت‌ها در سطح  $p < 0.05$  استفاده شد.

**یافته‌ها:** کاهش pH ( $p < 0.001$ )، افزایش تریپتوفان ( $p = 0.034$ )، لاکتات ( $p < 0.001$ )، و مالون‌دی‌آلدئید ( $p = 0.007$ ) و تغییرات گلوکز ( $p = 0.003$ ) در کل زمان‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. با بررسی تعامل زمان×گروه، از نظر لاکتات پلاسما تفاوت معنی‌دار بین دو گروه مشاهده شد ( $p = 0.014$ )؛ به طوری که پس از مسابقه ششم در گروه با آمادگی جسمانی پایین به طور معنی‌داری بیش‌تر از گروه دیگر بود ( $0.1 \pm 5$  در مقابل  $0.2 \pm 3/9$  میلی‌مول در لیتر،  $p = 0.002$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی پایین، سهم بیشتری از ATP مورد نیاز طی مسابقه ششم نسبت به مسابقه اول را از مسیر گلیکولیز بی‌هوازی و با مصرف منابع کربوهیدراتی خارج سلولی نظیر گلوکز پلاسما تامین می‌کنند.

#### واژگان کلیدی: هنرهای رزمی، فشار متابولیکی، متابولیسم سوپسترا، سطح آمادگی جسمانی

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. ۲. استاد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. ۳. استاد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
 \* نویسنده مسئول: گیلان، رشت، کیلومتر ۵ جاده رشت-قزوین، مجتمع دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

Email: [Mohebi.ha@yahoo.com](mailto:Mohebi.ha@yahoo.com)



## مقدمه

تمرین کرده باشد. در پژوهشی جدیدتر در این حیطه، موریس<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر سطح آمادگی جسمانی (بر اساس شاخص توان هوازی) بر نیمرخ متابولیکی استراحتی در ۶۵ آزمودنی سالم بزرگسال، به خوبی نشان دادند که بین سطح آمادگی جسمانی و سطوح اسیدهای آمینه در ادرار رابطه معنی داری وجود دارد (۱۹). علاوه بر این، تغییرات متابولیتها نشان داد افزایش سطح آمادگی جسمانی با کاهش دفع اسیدهای آمینه و افزایش سرعت اکسیداسیون چربی در طول فعالیت ورزشی مشابه در بزرگسالان سالم همراه است. یافته دیگر این پژوهش این بود که سطوح بالاتر آمینواسیدهای شاخه دار ادراری در آزمودنی‌هایی با سطوح پایین تر آمادگی جسمانی همراه است (۱۹). این یافته‌ها به روشنی نشان می‌دهد که سطح آمادگی جسمانی یک عامل مؤثر بر پاسخ‌های متابولیکی پس از فعالیت ورزشی است که درک این اثر می‌تواند در شناخت جنبه‌های متابولیکی یک فعالیت یا مسابقه و یا رشته‌ای خاص مانند کاراته که مسابقات آن به صورت تکراری در یک روز انجام می‌شود، بسیار مفید باشد.

شرکت منظم در تمرینات ورزشی می‌تواند منجر به تغییراتی در ظرفیت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی انسان شود (۱۹). احتمالاً این سازگاری‌های متابولیکی، حاصل فشار متابولیکی هر جلسه تمرین است که اندازه آن به عوامل متفاوتی از جمله سطح آمادگی فرد بستگی دارد و به همین دلیل بررسی تغییرات نیمرخ متابولیکی در پاسخ به یک جلسه فعالیت در افراد با سطوح مختلف آمادگی مورد توجه برخی پژوهشگران قرار گرفته است. در همین راستا، انا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، تغییرات متابولیکی زنان تمرین کرده و تمرین نکرده را پس از یک فعالیت ورزشی شدید به مدت ۳۰ دقیقه بررسی کردند. تجزیه و تحلیل نمونه‌های ادرار قبل و بعد از فعالیت، افزایش معنی داری را در برخی متغیرها شامل لاکتات، آلانین، پیروات، استات، سوکسینات و هیپوگزانتین نشان داد. با وجود مشابه بودن تغییرات برخی متغیرها در هر دو گروه، تفاوت‌های معنی داری در سطوح استات بین دو گروه (مقادیر کمتر در زنان تمرین کرده) مشاهده شد (۸). مقدار استات کمتر در افراد تمرین کرده می‌تواند نشانگر کارایی بهتر متابولیسم اسیدهای چرب در افراد

در لیتر گزارش شده است (۶، ۷). این گزارش‌ها نقش مسیره‌های متابولیکی حین مسابقه کاراته را پررنگ‌تر کرده و ضرورت شناخت هر چه بهتر این مسیره‌ها را در کاراته‌کاران با سطوح آمادگی متفاوت دوچندان می‌کند؛ چرا که بر اساس نتایج پژوهش‌ها، بهترین روش شناسایی نیازهای فیزیولوژیک رشته‌های ورزشی، تجزیه و تحلیل مسابقات هر رشته است. این در حالی است که اطلاعات موجود در خصوص تاثیر مسابقات بر پاسخ متابولیت‌های ورزشکاران زنده کاراته محدود می‌باشد و اطلاعات کافی در مورد نیمرخ متابولیکی این ورزشکاران در پاسخ به مسابقات کاراته وجود ندارد. از طرفی، با وجود نقش پررنگ سطح آمادگی جسمانی بر پاسخ‌های متابولیکی نسبت به فعالیت ورزشی، تاکنون پژوهشی برای شناخت این نقش در کاراته‌کاران زنده انجام نشده است. بنابراین، این مطالعه قصد دارد نیمرخ متابولیکی کاراته‌کاران زنده مرد طی مراحل مختلف یک دوره مسابقه شبیه‌سازی شده کاراته را بر اساس سطح آمادگی جسمانی آن‌ها مورد مقایسه قرار دهد.

### روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع توسعه‌ای و روش نیمه‌تجربی بود که با طرح اندازه‌گیری‌های تکراری انجام شد. جامعه آماری این

نیازهای فیزیولوژیک هر ورزش به‌وسیله ماهیت آن رشته، قوانین و مقررات، تکنیک، تاکتیک و نوع حرکات مورد استفاده در آن رشته تعیین می‌شود (۱۱). مسابقات کاراته در بخش کومیته به‌عنوان یک فعالیت اینتروال شدید که اغلب ضربات و تکنیک‌های آن به‌صورت انفجاری انجام می‌شود، فشار متابولیکی بالایی را بر ورزشکاران وارد می‌کند (۳، ۳۰). در این مسابقات، ورزشکاران در همه جهتها روی تاتامی حرکت کرده و با استفاده از ضربات مختلف دست و پا به حریف مقابل خود حمله می‌کنند (۲۶). علاوه بر این، امروزه تغییر قوانین مسابقات نظیر محدودیت در تماس دست و پای ضربه‌زننده با حریف هنگام اجرای تکنیک‌ها، تبدیل سیستم امتیازدهی تک امتیازی به چند امتیازی و ایجاد فرصتی برای کسب امتیازات بیش‌تر با استفاده از ضربات موجب شده تا مسابقات کومیته بیش از پیش پویا و تهاجمی شوند و فشار متابولیکی آن بیشتر شود (۲، ۱۷). در تائید این موضوع، نشان داده شده است که در طول مسابقات رسمی کاراته، کاراته‌کاها ۶۵ درصد از زمان مسابقه را در ضربان قلبی بالاتر از ۹۰ درصد ضربان قلب اوج ( $HR_{peak}$ ) خود سپری می‌کنند (۶). در همین راستا میانگین مقادیر لاکتات ثبت شده پس از مسابقات کاراته قهرمانی جهان ۱۱/۱ تا ۱۱/۲ میلی‌مول

دوفصلنامه سوخت و ساز و فعالیت ورزشی، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، شماره ۲  
 و عدم ابتلا به بیماری از دیگر معیارهای انتخاب کاراته کاران بود.  
 اطلاعات لازم در خصوص اهداف و روند اجرای پژوهش در  
 اختیار کلیه کاراته کاران قرار گرفت و همه آن‌ها بر گه رضایت‌نامه  
 آگاهانه را امضا کردند. همچنین، رعایت کلیه موازین اخلاقی  
 توسط شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه  
 گیلان مورد تأیید قرار گرفت.

مطالعه کلیه کاراته‌کاهای زنده مرد استان گیلان بودند که تعداد  
 ۱۰ نفر از آن‌ها در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال به صورت نمونه  
 در دسترس با سابقه حداقل سه سال حضور در سوپر لیگ  
 حرفه‌ای کشور در تحقیق شرکت کردند (جدول ۱). کلیه  
 کاراته‌کاران در خارج از فصل مسابقات قرار داشتند و به طور  
 منظم در دو تا سه جلسه تمرین هفتگی کاراته شرکت می‌کردند.  
 نداشتن مصدومیت اثرگذار بر عملکرد، عدم مصرف دارو یا مکمل

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی کاراته کاران

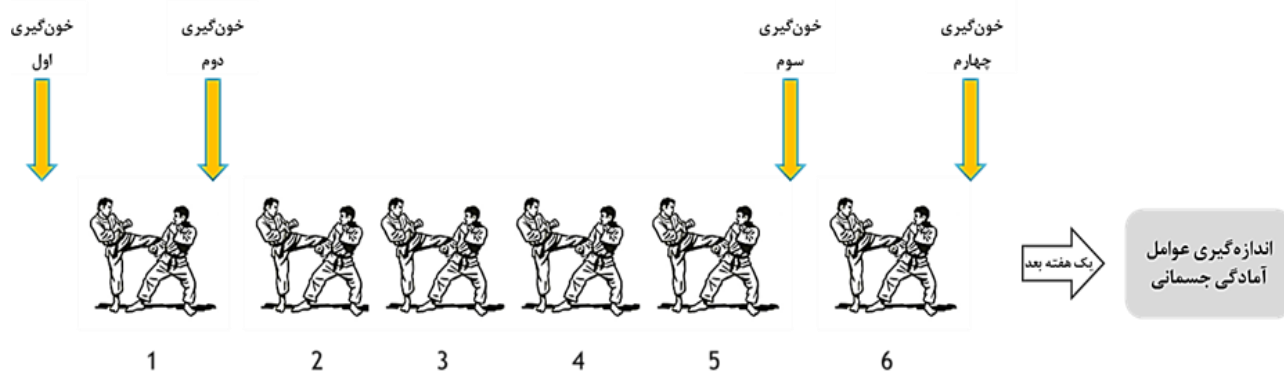
متغیرها	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	۲۴/۲	۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۷/۳	۷/۴
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۲	۱۱/۲
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۴/۵	۲/۹

جمع‌آوری شد (شکل ۱). یک هفته پس از اجرای مسابقات  
 شبیه‌سازی شده، از ورزشکاران دعوت شد تا به منظور اجرای  
 آزمون‌های آمادگی جسمانی شامل توان هوازی، توان بی‌هوازی،  
 توان انفجاری، چابکی و سرعت حرکت در آزمایشگاه فیزیولوژی  
 ورزشی دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان  
 حضور یابند. آزمون توان هوازی در جلسه اول انجام شد و پس

روش اجرای پژوهش: ورزشکاران بر اساس رده‌بندی وزنی  
 فدراسیون جهانی کاراته<sup>۱</sup> (WKF) در بخش کومیته تقسیم  
 شده و مطابق قوانین WKF در شرایط شبیه‌سازی شده با  
 یکدیگر مسابقه دادند. طبق برنامه، هر کاراته‌کار شش مسابقه  
 شبیه‌سازی شده را در شرایط استاندارد مسابقات رسمی انجام  
 داد و نمونه‌های خون وریدی، قبل و بعد از مسابقه اول و ششم

و چابکی محاسبه شد. سپس میانگین این هفت نمره Z برای هر کاراته‌کار به دست آمد و نقطه ۵۰ درصدی این نمرات تعیین شد ( $Z = -0.2$ ). در پایان، کاراته‌کارانی که میانگین نمرات Z آنها بیشتر و کم‌تر از  $-0.2$  بود، به ترتیب در گروه آمادگی جسمانی بالا (۵ نفر) و پایین (۵ نفر) قرار گرفتند.

از گذشت سه روز، سایر آزمون‌ها در جلسه دوم اجرا شدند. به منظور گروه‌بندی کاراته‌کاران بر اساس سطح آمادگی جسمانی آنها، نمره استاندارد Z هر ورزشکار در هر یک از عوامل هفت‌گانه آمادگی جسمانی شامل توان هوازی، توان بی‌هوازی اوج، متوسط و حداقل، پرش عمودی، سرعت ۳۰ متر



شکل ۱.

از قبیل داوران و قوانین امتیازدهی بر اساس مسابقات رسمی شبیه‌سازی شد. همچنین، با تأکید بر اهمیت نتیجه بازی در انتخاب ورزشکاران، استرس و برانگیختگی لازم برای دستیابی به بهترین عملکرد در آنان ایجاد شد. ورزشکاران در پنج وزن WKF شامل ۶۰، ۶۷، ۷۵، ۸۴، و ۸۴+ کیلوگرم قرار داشتند (هر وزن، دو کاراته‌کار) و بر اساس رده وزنی خود با پنج حریف تمرینی مختلف مسابقه دادند که انتخاب رقبا برای هر کاراته‌کار به صورت تصادفی و بر اساس قرعه‌کشی بود. همچنین،

مسابقات شبیه‌سازی شده کاراته کومیته: مسابقات روی تاتامی استاندارد انجام شد. با هماهنگی‌های انجام شده، ورزشکاران و داوران منتخب از ساعت هشت صبح در محل موردنظر حضور پیدا کردند و پس از یک صبحانه استاندارد و مشابه، ساعت ۹:۳۰ صبح، مسابقات شروع شد و طبق برنامه، هر کاراته‌کار شش مسابقه شبیه‌سازی شده را با حضور پنج داور (یک داور وسط و چهار داور کنار) و پوشش کامل محافظتی مسابقات کاراته کومیته انجام داد. در این مسابقات همه شرایط

مسابقه ششم بین خود کاراته‌کاران در وزن مشابه انجام شد. امتیازات کسب‌شده برای کاراته‌کاران ثبت و در پایان هر مسابقه نیز برنده مشخص می‌شد. در زمان اجرای مسابقات، کاراته‌کاران فقط اجازه نوشیدن آب را داشتند و از آن‌ها خواسته شده بود تا ماده غذایی دیگری مصرف نکنند و به انجام فعالیت دیگری نپردازند. مطابق قوانین WKF، مدت هر مسابقه سه دقیقه بود (۲۹) و مشابه فاصله زمانی مشاهده شده در تورنمنت‌های واقعی کاراته، فاصله بین مسابقات اول و دوم یک ساعت، دوم و سوم نیم ساعت، سوم و چهارم ۱۵ دقیقه، چهارم و پنجم ۱۰ دقیقه بود. پس از پایان مسابقه پنجم، ورزشکاران یک میان‌وعده مختصر شامل موز و آبمیوه را میل کردند و یک ساعت بعد (ساعت ۱۲ تا ۱۲:۳۰ ظهر)، مسابقه ششم انجام شد.

**آزمون‌های آمادگی جسمانی:** کلیه آزمون‌ها بین ساعت ۱۰ صبح تا ۱۳ ظهر انجام شد و پیش از آغاز آزمون‌ها، همه کاراته‌کاران با انجام ۱۰ دقیقه نرمش و تمرینات کششی به گرم کردن پرداختند. کاراته‌کاران در طول اجرای آزمون‌ها به‌طور مداوم تشویق شدند تا تمام تلاش خود را بکار بگیرند. توان هوازی با استفاده از آزمون استاندارد بروس برآورد شد. این

آزمون شامل مراحل سه دقیقه‌ای فعالیت روی نوار گردان (مدل T150، شرکت COSMED، ساخت ایتالیا) بود که با شیب ۱۰ درصد و سرعت ۱/۷ مایل در ساعت آغاز شد و در هر مرحله، شیب و سرعت تدریجاً افزایش یافت. مدت‌زمانی که کاراته‌کار توانست آزمون را تا مرحله واماندگی ادامه دهد، به‌عنوان رکورد وی ثبت شد و حداکثر اکسیژن مصرفی ( $VO_{2max}$ ) برحسب میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه از طریق معادله  $[(\text{زمان})^2 \times 0.451 + (\text{زمان}) \times 1.379 - 14.8] \times VO_{2max}$  محاسبه شد (۱). برای ارزیابی توان بی‌هوازی، از آزمون استاندارد ۳۰ ثانیه‌ای وینگیت روی چرخ موناک<sup>۱</sup> (مدل 894E، ساخت سوئد) استفاده شد. این آزمون شامل رکاب زدن با پا روی چرخ موناک با بیشترین تعداد دور ممکن در ۳۰ ثانیه بود. مقدار مقاومت و فشار کار برای هر کاراته‌کار برابر با ۷/۵ درصد وزن بدن او در نظر گرفته شد (۲۷). آزمون با رکاب زدن در برابر حداقل مقاومت شروع شد و در برابر مقاومت ذکر شده برای ۳۰ ثانیه ادامه پیدا کرد. از کاراته‌کاران خواسته شد که وضعیت نشسته خود را حفظ کنند تا از تأثیر تغییرات وضعیتی جلوگیری شود. توان انفجاری کاراته‌کاران نیز بر اساس بهترین

دریافتی، برگه‌های ثبت رژیم غذایی در اختیار کاراته‌کاران قرار گرفت و دستورالعمل‌های کتبی و شفاهی به آنان ارائه شد تا بتوانند نوع و اندازه غذاهای مصرفی روزانه را طی ۴۸ ساعت قبل از روز مسابقات شبیه‌سازی شده ثبت کنند. همچنین، از آن‌ها خواسته شد که ۴۸ ساعت پیش از اندازه‌گیری عوامل آمادگی جسمانی نیز تا جای ممکن رژیم غذایی مشابه را تکرار کنند.

#### نمونه‌گیری خون و آماده‌سازی نمونه‌ها: کاراته‌کاران در روز

انجام مسابقات در وضعیت ناشتا (به مدت هشت ساعت) قرار داشتند. اولین نمونه‌های خون پیش از شروع مسابقه نخست در ساعت ۹:۳۰ و چهارمین نمونه پس از پایان مسابقه ششم در ساعت ۱۲ تا ۱۲:۳۰ جمع‌آوری شد. برای نمونه‌گیری، کاراته‌کاران روی صندلی راحت نشسته و هر بار مقدار پنج میلی‌لیتر خون از ورید بازویی آنان گرفته و به آرامی در لوله‌های حاوی هپارین ریخته شد. نمونه‌های خون بلافاصله پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل شده و پس از تعیین مقدار pH خون (دستگاه GASTAT-700 Model، شرکت Techno Medica، ساخت ژاپن)، بلافاصله پلازما با استفاده از دستگاه سانتریفوژ Hettich ساخت آلمان با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه

رکورد آن‌ها از دو بار اجرای آزمون پرش عمودی (سارجنت) تعیین شد. از کاراته‌کاران خواسته شد تا برای افزایش رکورد پرش خود، از تاب دادن دست‌ها و خم کردن زانوها تا ۹۰ درجه استفاده کنند (۲۱). برای اندازه‌گیری سرعت حرکت، آزمون دوی سرعت ۳۰ متر در مسیر مستقیم و داخل سالن با روکش کفپوش انجام شد که در انتهای مسیر اجرای آزمون، فضای کافی برای ادامه حرکت ورزشکاران تا توقف کامل وجود داشت. همچنین، از آزمون رفت‌وبرگشت ۴×۹ متر برای اندازه‌گیری چابکی استفاده شد. کاراته‌کار با شنیدن صدای سوت و طی هر بار رفت‌وبرگشت، باید یک تکه چوب را به انتهای مسیر نه متری می‌رساند و در برگشت، چوب دیگری را با خود می‌آورد. بنابراین، مسافت نه متر، چهار بار توسط ورزشکار طی شد و در مرتبه چهارم با سرعت از خط پایان عبور می‌کرد. آزمون‌های سرعت و چابکی به صورت تک‌به‌تک اجرا شدند و بهترین رکورد از دو بار اجرا با یک استراحت دو دقیقه‌ای برحسب ثانیه با استفاده از یک کرومتر دیجیتال ثبت شد.

اندازه‌گیری و کنترل انرژی دریافتی: از کاراته‌کاران خواسته شد رژیم غذایی معمول خود را پیش از روز مسابقات و آزمون‌های آمادگی جسمانی حفظ کنند. برای تخمین انرژی

### روش‌های آماری

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. برای مقایسه عوامل آمادگی جسمانی و مقدار انرژی دریافتی بین دو گروه، از آزمون t مستقل استفاده شد. از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر با طرح ۲×۴ (چهار بار اندازه‌گیری × دو سطح آمادگی جسمانی) برای بررسی تغییرات متغیرها استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن مقدار F، از آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه دوبه‌دوی زمان‌های مختلف اندازه‌گیری استفاده شد. در آزمون تحلیل واریانس، از آزمون ماخلی برای بررسی پیش‌فرض کرویت استفاده شد و در صورت برقرار نبودن این پیش‌فرض، ضریب تصحیح گرینهااس-گیسر مورد استفاده قرار گرفت. سطح معنی‌داری آزمون‌ها،  $p < 0/05$  در نظر گرفته شد و تمام تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

### یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی و آمادگی جسمانی کاراته‌کاران در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج آزمون t مستقل نشان داد که مقادیر نسبی توان بی‌هوازی اوج در کاراته‌کاران گروه آمادگی جسمانی بالا به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه آمادگی جسمانی پایین بود ( $p=0/003$ ). باوجوداین،

به مدت ۱۰ دقیقه جداسازی و تا زمان اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی نهایی در فریزر با دمای ۲۰- درجه نگهداری شد. روش‌های آزمایشگاهی: مقادیر لوسین و آلانین به روش آنزیمی کالریمتری و با استفاده از کیت‌های Cell Biolabs، به‌ترتیب با حساسیت ۱۵/۶ و ۷/۸ میکرومول در لیتر اندازه‌گیری شد. سطوح گلیسرول، گلوتامین، لاکتات، مالون دی‌آلدئید (MDA) و گلوکز نیز به روش آنزیمی کالریمتری و به‌ترتیب با استفاده از کیت‌های Sigma-Aldrich، Abnova (حساسیت ۰/۰۲۳ تا ۲ میلی‌مول در لیتر)، ZellBio (حساسیت ۰/۰۵ میلی‌مول در لیتر)، Biocore Diagnostik (حساسیت ۰/۱ میکرومول در لیتر)، و پارس آزمون (حساسیت ۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) اندازه‌گیری شد. همچنین، مقادیر تریپتوفان به روش فلورومتری با استفاده از کیت Abcam با حساسیت ۲/۵ میکرومول در لیتر و سطوح اوره به روش آنزیمی با استفاده از کیت پارس آزمون با حساسیت ۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر مورد سنجش قرار گرفت. کلیه مراحل اندازه‌گیری بر اساس پروتکل‌های استاندارد و بر اساس توضیحات ارائه‌شده از سوی شرکت‌های تولیدکننده کیت‌ها انجام شد.



از نظر سایر متغیرها تفاوت معنی داری بین دو گروه مشاهده نشد  
 معنی داری بین گروه آمادگی جسمانی بالا ( $3.024/67 \pm 243/3$ )

( $p > 0.05$ ). همچنین، از نظر مقدار انرژی دریافتی طی ۴۸  
 کالری) و پایین (۱۷۱  $\pm$  ۳۴۴۹ کالری) وجود نداشت

ساعت پیش از انجام مسابقات شبیه سازی شده کاراته، تفاوت  
 ( $p = 0.069$ )

**جدول ۲.** مقایسه عوامل آمادگی جسمانی کاراته کاران بین گروه های پژوهش (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

متغیرها	آمادگی جسمانی بالا (۵ نفر)	آمادگی جسمانی پایین (۵ نفر)
$VO_{2max}$ (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	$63/5 \pm 2/6$	$57/4 \pm 4/6$
توان بی هوازی اوج (وات/کیلوگرم)	$13/3 \pm 0/9$	$9/8 \pm 0/3^{**}$
توان بی هوازی متوسط (وات/کیلوگرم)	$8/8 \pm 0/8$	$7/6 \pm 0/4$
توان بی هوازی حداقل (وات/کیلوگرم)	$4/1 \pm 1$	$3/5 \pm 1/7$
پرش عمودی (سانتی متر)	$56/7 \pm 14/2$	$50/3 \pm 4/9$
سرعت ۳۰ متر (ثانیه)	$4/4 \pm 0/9$	$4/8 \pm 0/2$
چابکی ۴×۹ متر (ثانیه)	$8/7 \pm 0/4$	$9 \pm 0/1$

\*\* تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح  $p < 0.01$

نیمرخ متابولیکی: همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده  
 در زمان های اندازه گیری از نظر آماری معنی دار نبود ( $p > 0.05$ ).

است، از نظر تغییرات مشاهده شده در pH ( $p < 0.001$ ),  
 همچنین، تعامل زمان×گروه فقط در مورد مقادیر لاکتات پلاسما  
 تریپتوفان ( $p = 0.034$ ), لاکتات ( $p < 0.001$ ), گلوکز ( $p = 0.003$ )  
 معنی دار بود ( $p = 0.014$ ). این موضوع نشان می دهد که از نظر  
 تغییرات روی داده در مقادیر لاکتات پلاسما کاراته کاران دو  
 و MDA ( $p = 0.007$ ) تفاوت معنی داری در زمان های مختلف  
 گروه در زمان های مختلف، تفاوت معنی داری وجود داشته است.  
 اندازه گیری مشاهده شد. با وجود این، سایر تغییرات مشاهده شده

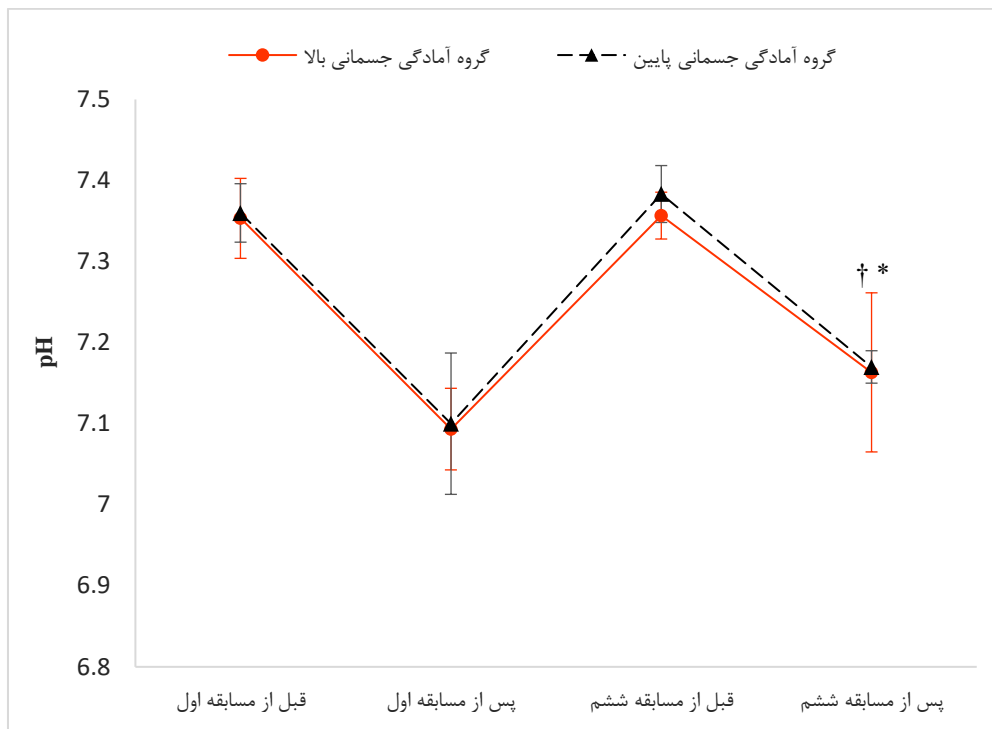
جدول ۳. میزان تغییرات متغیرها در مراحل مختلف پژوهش (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

مراحل اندازه‌گیری					
متغیرها	سطح آمادگی	پیش از مسابقه اول	پس از مسابقه اول	پیش از مسابقه ششم	پس از مسابقه ششم
آلانین ( $\mu\text{mol/L}$ )	بالا	$598/8 \pm 65/1$	$676/4 \pm 99/9$	$616 \pm 66/3$	$551/5 \pm 53/7$
	پایین	$422/5 \pm 203/5$	$466/2 \pm 175/2$	$512 \pm 48$	$568/5 \pm 51/1$
گلوتامین ( $\text{mmol/L}$ )	بالا	$0/9 \pm 0/01$	$1 \pm 0/26$	$1/03 \pm 0/15$	$0/77 \pm 0/11$
	پایین	$0/6 \pm 0/26$	$0/67 \pm 0/05$	$0/73 \pm 0/06$	$0/77 \pm 0/15$
لوسین ( $\mu\text{mol/L}$ )	بالا	$156/8 \pm 33/3$	$189 \pm 31/5$	$183/4 \pm 33/2$	$168/6 \pm 24/7$
	پایین	$102/7 \pm 20/8$	$132/1 \pm 39$	$152/5 \pm 14/5$	$159/6 \pm 16/5$
تریپتوفان ( $\mu\text{g/mL}$ )	بالا	$14/4 \pm 2/3$	$19/2 \pm 2/1$	$15 \pm 2/9$	$16/4 \pm 2/5^*$
	پایین	$10/4 \pm 3/7$	$14/1 \pm 3/7$	$14 \pm 1/7$	$15 \pm 0/4^*$
گلیسرول ( $\text{mg/dL}$ )	بالا	$4/3 \pm 0/6$	$5/2 \pm 0/8$	$4/4 \pm 1/3$	$4/3 \pm 0/7$
	پایین	$4 \pm 0/1$	$6/2 \pm 1/1$	$4/8 \pm 0/9$	$4/9 \pm 0/8$
اوره ( $\text{mg/dL}$ )	بالا	$31/4 \pm 3/2$	$37/7 \pm 7/9$	$34/5 \pm 1/1$	$31/3 \pm 3/9$
	پایین	$22/1 \pm 10/4$	$24/8 \pm 9/6$	$28/6 \pm 5/2$	$29/9 \pm 2/8$
MDA ( $\text{mmol/mL}$ )	بالا	$2/2 \pm 0/27$	$2/2 \pm 0/9$	$1/4 \pm 0/3$	$2/7 \pm 0/6^{**}$
	پایین	$1/9 \pm 0/4$	$2/1 \pm 0/1$	$1/4 \pm 0/2$	$1/4 \pm 0/2^{**}$

\*\*\* تفاوت معنی‌دار تغییرات طی مراحل مختلف اندازه‌گیری در سطح: \*  $p < 0/05$  و \*\*  $p < 0/01$

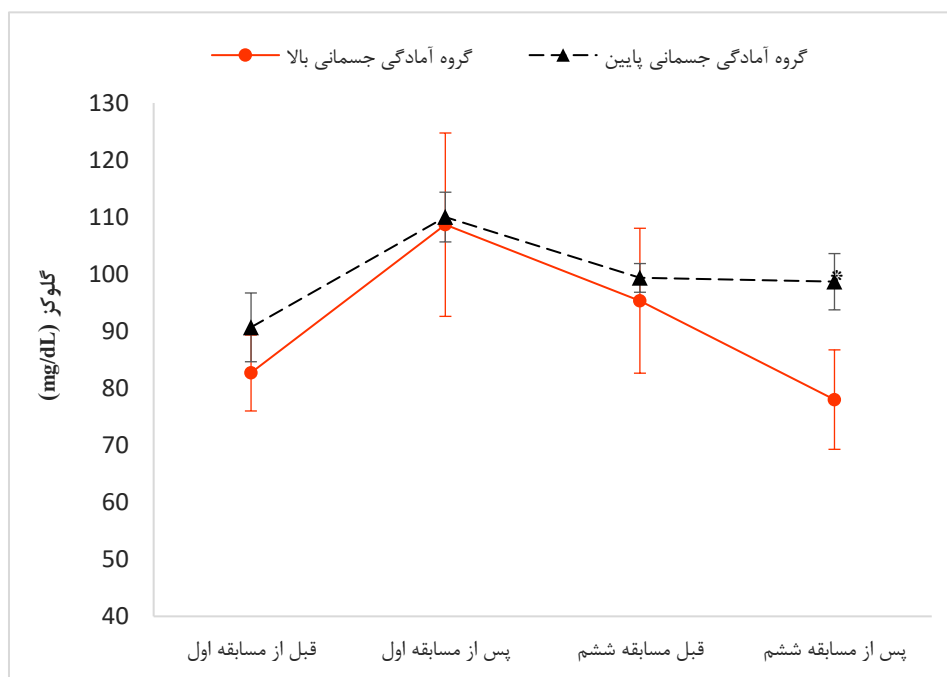
پس از مسابقه ششم به‌طور معنی‌داری کمتر از پیش از مسابقه اول ( $p = 0/017$ ) و ششم ( $p = 0/045$ ) و مقادیر گلوکز پلاسما پس از مسابقه ششم کمتر از پس از مسابقه اول ( $p = 0/021$ ) بود (نمودار ۲). سایر تغییرات مشاهده شده از نظر آماری نبودند ( $p > 0/05$ ).

از آزمون تعقیبی بونفرونی برای مشخص کردن محل تفاوت‌ها استفاده شد. همان‌طور که در نمودار ۱ نشان داده شده است، در گروه آمادگی جسمانی بالا، مقادیر pH خون پیش از مسابقه ششم به‌طور معنی‌داری بیشتر از پس از مسابقه اول بود ( $p = 0/03$ ). در گروه آمادگی جسمانی پایین، مقادیر pH خون



**نمودار ۱.** تغییرات ایجاد شده در مقادیر pH کاراته کاران در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شده

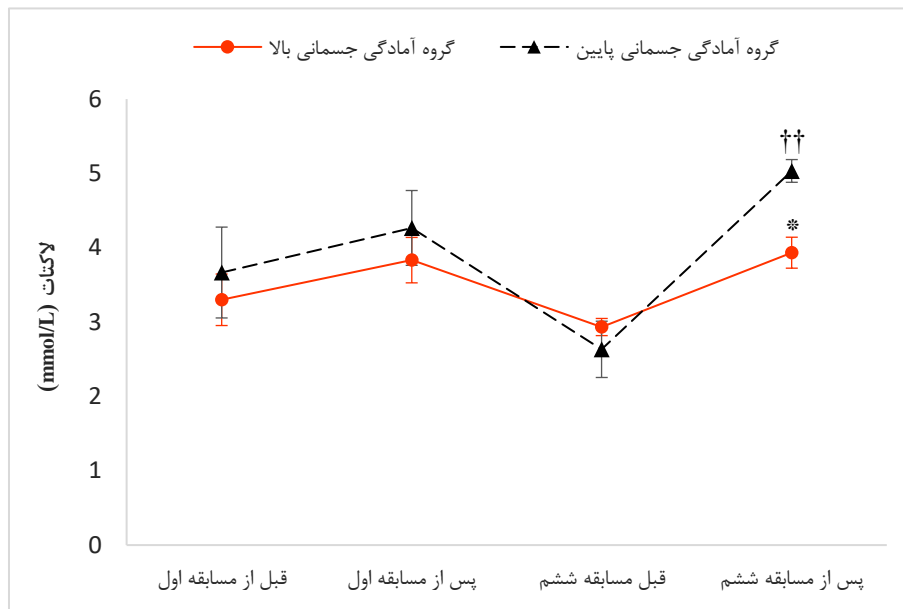
\* تفاوت معنی‌دار نسبت به قبل از مسابقه ششم در سطح کمتر از ۰/۰۵ در گروه آمادگی جسمانی پایین  
 † تفاوت معنی‌دار نسبت به قبل از مسابقه اول در سطح کمتر از ۰/۰۵ در گروه آمادگی جسمانی پایین



**نمودار ۲.** تغییرات ایجاد شده در مقادیر گلوکز کاراته کاران در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شده

\* تفاوت معنی‌دار نسبت به پس از مسابقه اول در سطح کمتر از ۰/۰۵ در گروه آمادگی جسمانی پایین

علاوه بر این، همان‌طور که در نمودار ۳ نشان داده شده است، مقادیر لاکتات پلاسماهای گروه آمادگی جسمانی پایین پس از مسابقه ششم بیشتر از قبل از مسابقه بود ( $p=0/045$ ). همچنین، آمادگی جسمانی بالا پس از مسابقه ششم به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه آمادگی جسمانی پایین بود ( $p=0/002$ ).



### نمودار ۳. تغییرات ایجاد شده در مقادیر لاکتات کاراته‌کاران در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شده

\* تفاوت معنی‌دار نسبت به قبل از مسابقه ششم در سطح کمتر از ۰/۰۵ در گروه آمادگی جسمانی پایین

†† تفاوت معنی‌دار بین دو گروه در سطح کمتر از ۰/۰۱

### بحث

مقادیر pH خون (کاهش ۲/۹ درصدی نسبت به پیش از مسابقه

ششم) پس از مسابقه ششم شدند؛ در حالیکه کاراته‌کاران با

آمادگی جسمانی بالاتر سطوح لاکتات پایین‌تر (افزایش ۳۴

درصدی نسبت به پیش از مسابقه ششم) و pH خون (کاهش

۲/۶ درصدی نسبت به پیش از مسابقه ششم) بالاتری را پس از

مسابقه ششم تجربه کردند. بیشتر بودن لاکتات در کاراته‌کاران

با آمادگی پایین نشان می‌دهد که احتمالاً مسیر گلیکولیز

هدف از پژوهش حاضر، مقایسه نیمرخ متابولیکی کاراته‌کاران

زنده مرد بر اساس سطح آمادگی جسمانی آن‌ها طی مراحل

مختلف از شش مسابقه شبیه‌سازی شده کاراته بود. بر اساس

نتایج حاضر، کاراته‌کارانی که از آمادگی جسمانی پایین‌تری

برخوردار بودند دچار افزایش معنی‌دار مقادیر لاکتات پلاسما

(افزایش ۹۴ درصدی نسبت به پیش از مسابقه ششم) و افت

طی دوره‌های فعالیت عضلانی شدید، یون هیدروژن ( $H^+$ ) و لاکتات در سلول‌ها تولید می‌شوند که یا درون سلول بافر شده و حذف می‌شوند و یا اینکه از سلول خارج شده و درون فضای خارج بافتی رها می‌شوند (۱۸، ۲۲). مکانیسم‌های درون‌سلولی بافر کننده  $H^+$  و پاک‌سازی لاکتات اولین خط دفاعی در برابر اسیدوز و تجمع لاکتات هستند که بهبود آن‌ها عضله را قادر می‌سازد تا قبل از رسیدن به تجمع لاکتات و افت بیش‌ازحد pH، لاکتات و  $H^+$  بیشتری تولید کند. در واقع، این سازگاری‌ها باعث افزایش توانایی تولید انرژی و بهبود ظرفیت عملکردی فرد می‌شود (۱۸، ۲۲). در این خصوص، سازگاری‌های مربوط به میتوکندری به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های پیشنهاد شده در افراد تمرین کرده است. وجود پروتئین ناقل مونوکربوکسیلات نوع یک (MCT1) در غشای میتوکندری اجازه می‌دهد تا لاکتات و یون‌های  $H^+$  وارد میتوکندری شوند (۱۲). بنابراین، با ایجاد یک فضای درون‌سلولی برای کاهش غلظت لاکتات و پروتون‌ها، میتوکندری‌ها ممکن است در به تأخیر انداختن تجمع لاکتات، سیتوزولی و کاهش pH نقش داشته باشند (۱۸). از این منظر، می‌توان عنوان کرد که میتوکندری‌ها نیز در فرآیندهای بافر سلولی شرکت می‌کنند. علاوه بر این، وجود یک کمپلکس

بی‌هوازی نقش پر رنگ‌تری در تأمین انرژی موردنیاز مسابقه ششم در این گروه داشته است. در واقع، تعادل بین میزان تولید لاکتات و برداشت آن در کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی بالا به‌گونه‌ای بوده که احتمالاً منجر به تجمع بیشتر لاکتات طی مسابقات تکراری نشده است، اما در گروه با آمادگی جسمانی پایین احتمالاً این عدم تعادل می‌تواند به دلیل تولید بیشتر لاکتات یا برداشت کمتر آن و یا هر دو، طی فعالیت تکراری توسط این آزمودنی‌ها باشد.

از طرفی، مقادیر گلوکز پلاسمای کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی پایین پس از مسابقه ششم به‌طور معنی‌داری کمتر از مقادیر آن پس از مسابقه اول بود؛ در حالیکه این تغییرات در کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی بالا دیده نشد. این نتایج نیز دلالت بر این دارد که احتمالاً کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی پایین‌تر بیشتر از منابع کربوهیدراتی برای تأمین انرژی از مسیر گلیکولیز بی‌هوازی طی مسابقه ششم نسبت به مسابقه اول استفاده کرده‌اند؛ به‌طوری‌که سهم بالاتر گلیکولیز در تأمین ATP منجر به تولید بیشتر لاکتات (به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین فرآورده‌های جانبی این مسیر تولید انرژی) و تجمع آن در خون شده است و در نتیجه، pH خون را به‌طور معنی‌داری کاهش داده است.

غلظت بالای یون بی‌کربنات ( $\text{HCO}_3^-$ ) در فضای بینابینی، مکانیسم اصلی بافر کننده یون  $\text{H}^+$  خارج شده از سلول‌های عضلانی در مایع خارج سلولی است. کربنیک انیدراز (CA) که واکنش هیدراسیون/دهیدراسیون بین  $\text{CO}_2$ ،  $\text{HCO}_3^-$  و یون  $\text{H}^+$  را تسریع می‌کند، احتمالاً برای اینکه سرعت این فرآیند را به حد کافی افزایش دهد ضروری است (۱۸). بر همین اساس، پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که مهار CA موجود در فضای خارج سلول عضلانی با استفاده از یک مهارکننده اختصاصی، انتقال لاکتات را کاهش می‌دهد (۲۸) و تجمع آن را در پلاسما به تأخیر می‌اندازد (۲۳). علاوه بر این، انتظار می‌رود نقشی که CA سارکولمایی در آزادسازی یون  $\text{H}^+$  و لاکتات ایفا می‌کند، در شرایط غیر پایدار نظیر یک فعالیت ورزشی مهم‌تر باشد (۱۰)، (۱۸). در نتیجه، بخشی از تفاوت‌های مشاهده شده در کینتیک لاکتات کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی بالا در مقایسه با هم‌تایان دارای آمادگی جسمانی پایین‌تر خود ممکن است به دلیل تفاوت‌های احتمالی در CA سارکولمایی به‌عنوان یک عامل بالقوه اصلی در تنظیم pH و انتقال لاکتات در طول تمرینات شدید باشد که لزوم انجام پژوهش‌های آینده در این خصوص را پر رنگ می‌کند.

اکسیداسیون لاکتات میتوکندریایی از این فرضیه پشتیبانی می‌کند که میتوکندری‌ها ممکن است در پاک‌سازی لاکتات درون سلولی نقش مهمی داشته باشند (۵، ۱۲). آزادسازی لاکتات و یون‌های  $\text{H}^+$  به خارج از فضای سلول عضلانی، مکانیسم محافظتی دیگری در برابر افت pH درون سلولی و تجمع لاکتات ایجاد می‌کند. طی فعالیت با شدت بالا، آزادسازی این یون‌ها عمدتاً با انتقال زوجی لاکتات- $\text{H}^+$  از طریق پروتئین‌های ناقل MCT1 و MCT4 انجام می‌شود (۱۵). این مکانیسم در طول فعالیت شدید غالب است؛ به‌طوری‌که ۷۰ تا ۷۵ درصد از جریان پروتون (۱۰) و ۷۰ تا ۸۰ درصد از لاکتات (۱۴) را تشکیل می‌دهد. جریان پروتون توسط سیستم مبدل  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  نوع یک (NHE1) تکمیل می‌شود که البته در طول فعالیت نسبت به حالت استراحت اهمیت کمتری دارد (۱۵). در نتیجه، می‌توان فرض کرد که احتمالاً تفاوت در محتوای MCT1، MCT4 و NHE1 در عضلات کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی بالا ممکن است توجیه‌کننده حداقل بخشی از پاسخ‌های متفاوت آن‌ها نسبت به کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی پایین در خصوص مقادیر لاکتات، pH و گلوکز پلاسما باشد، اما تأیید این فرضیه به انجام پژوهش‌های بیشتری در آینده نیاز دارد.

میزان گلیکوژنولیز، گلوئونوز، لیپولیز و برداشت آمینو اسیدها را تنها پس از یک مسابقه رزمی ۳ دقیقه‌ای افزایش دهد (۴). باوجوداین، یافته‌های ما نشان داد که پاسخ‌های گلوکز پس از مسابقه ششم متفاوت از مسابقه اول بوده و با روند کاهشی همراه است. همان‌طور که پیش از این بیان شد، به‌نظر می‌رسد بخشی از این کاهش در گلوکز پلاسما به دلیل افزایش نسبی سهم تولید انرژی از مسیر گلیکولیز بی‌هوازی باشد که منجر به برداشت بیشتر منابع کربوهیدراتی خارج سلولی شده و مقادیر لاکتات را نیز در کاراته‌کاران با آمادگی جسمانی پایین افزایش داده است. در پژوهش حاضر، متابولیسم پروتئین‌ها با اندازه‌گیری مقادیر آمینو اسیدهای آزاد پلاسمایی شامل آلانین، گلوتامین، لوسین و تریپتوفان و همچنین، مقادیر پلاسمایی اوره به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تجزیه آمینو اسیدها بررسی شد. در حدود ۲ درصد از کل آمینو اسیدهای موجود در بدن، به شکل آزاد در پلاسما و فضاهای درون‌سلولی و خارج سلولی وجود دارد که از این مقدار، در حدود نیمی از آن‌ها درون سلول‌های عضله اسکلتی وجود دارند. با وجود کوچک بودن، این حوضچه آمینو اسیدهای آزاد در طیف گسترده‌ای از واکنش‌های متابولیکی بدن

در ارتباط با لاکتات پلاسما، مقادیر مشاهده شده در پژوهش حاضر با یافته‌های اید<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۸) همسو می‌باشد. این محققین با بررسی پاسخ‌های متابولیکی کاراته‌کاران نوجوان و جوان پس از مسابقات ۲ و ۳ دقیقه‌ای کاراته کومیته شبیه‌سازی شده گزارش کردند که مقادیر لاکتات طی مسابقه ۲ دقیقه‌ای  $1 \pm 3/1$  و مسابقه ۳ دقیقه‌ای  $1 \pm 3/4$  میلی‌مول در لیتر بود (۱۳). از طرفی، نتایج حاضر در خصوص گلوکز پلاسما حاکی از افزایش آن پس از مسابقه اول و کاهش پس از مسابقه ششم بود که این کاهش در گروه آمادگی جسمانی پایین معنی‌دار بود. در این راستا، بندینی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲) پژوهشی را با هدف بررسی اثرات حاد یک جلسه مسابقه کاراته در بخش کومیته و کاتا بر سیستم گلوکز-انسولین کاراته‌کاران زنده انجام دادند. یافته‌ها نشان داد که گلوکز پلاسما پس از مسابقه کومیته و کاتا در مقایسه با مقادیر پایه بالاتر بود (۴). بنابراین، به‌نظر می‌رسد یک مسابقه ۳ دقیقه‌ای کاراته کومیته می‌تواند مقادیر پلاسمایی گلوکز را افزایش دهد که ممکن است به دلیل افزایش مقادیر اپی‌نفرین باشد. در واقع، اپی‌نفرین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین هورمون‌های تنظیم‌کننده واکنش‌های متابولیکی قادر است

نقش دارند (۱۱). پیش از اکسیداسیون، گروه آمینی (نیتروژن) آمینو اسیدها باید حذف شود که این کار یا به صورت مستقیم طی واکنش دآمیناسیون و تولید آمونیاک آزاد انجام می‌شود و یا از طریق واکنش ترانس‌آمیناسیون و تشکیل گلوتامات صورت می‌گیرد. بنابراین، گلوتامین (شکل گرفته از گلوتامات با اضافه شدن آمونیاک آزاد) و آلانین (وقتی نیتروژن از گلوتامات به پیرووات منتقل شود شکل می‌گیرد) در انتقال ایمن نیتروژن به کبد برای دفع آن به صورت اوره از کلیه‌ها نقش کلیدی دارند (۱۱). لوسین به عنوان یک آمینواسید ضروری، یکی از سه آمینواسید شاخه‌دار است که تجزیه آن در عضله، بخشی از کربن لازم را برای استفاده به عنوان منبع مستقیم انرژی فراهم می‌کند و همچنین، محرکی برای سنتز آلانین و گلوتامین نیز محسوب می‌شود (۱۶). تریپتوفان آمینواسید ضروری دیگری است که در بافت‌های حیوانی و انسانی می‌تواند برای سنتز پروتئین استفاده شود و یا در دو مسیر کاتابولیک شامل مسیر سروتونین و مسیر کینورین که به ترتیب، منجر به تولید ملاتونین یا نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید ( $NAD^+$ ) می‌شود تجزیه گردد (۲۵).

تریپتوفان از جمله شاخص‌هایی است که ارتباط افزایش آن حین فعالیت ورزشی با بروز خستگی مرکزی همواره مورد توجه محققین بوده است. در واقع، تصور بر این است که افزایش

می‌تواند موجب جدا شدن تریپتوفان از آلبومین شده و در نتیجه، مقادیر تریپتوفان آزاد موجود در پلاسما افزایش یافته و با افزایش میزان تریپتوفان مغز، موجب بروز خستگی مرکزی و کاهش عملکرد ورزشی می‌شود (۹). در این پژوهش، علیرغم افزایش معنی‌دار مقادیر تریپتوفان پلاسمایی گروه‌ها در کل زمان‌های اندازه‌گیری شده، مقایسه‌های دو به دو نشان داد که تفاوت معنی‌داری در هیچ‌کدام از زمان‌ها وجود نداشت. این موضوع می‌تواند به دلیل حجم نمونه پایین در هر گروه باشد (۵ نفر) که با وجود معنی‌داری مقدار آزمون F در بررسی کل تغییرات، احتمال معنی‌دار شدن آزمون آماری بونفرونی را کاهش می‌دهد (۲۰).

یافته دیگر پژوهش حاضر، عدم تغییر معنی‌دار مقادیر پلاسمایی گلیسرول، به عنوان شاخصی از لیپولیز بافت چربی، چه در سطح بین‌گروهی و چه در سطح درون‌گروهی بود. بر اساس نتایج مشاهده شده، میانگین گلیسرول پلاسما در هر دو گروه پس از انجام مسابقه نخست افزایش پیدا کرد؛ در حالی که پس از مسابقه ششم در هر دو گروه آمادگی جسمانی بالا و پایین، تقریباً عدم تغییر در میانگین گلیسرول پلاسما مشاهده شد. هر چند که این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما ممکن است نشانه‌ای

نقش دارند (۱۱). پیش از اکسیداسیون، گروه آمینی (نیتروژن) آمینو اسیدها باید حذف شود که این کار یا به صورت مستقیم طی واکنش دآمیناسیون و تولید آمونیاک آزاد انجام می‌شود و یا از طریق واکنش ترانس‌آمیناسیون و تشکیل گلوتامات صورت می‌گیرد. بنابراین، گلوتامین (شکل گرفته از گلوتامات با اضافه شدن آمونیاک آزاد) و آلانین (وقتی نیتروژن از گلوتامات به پیرووات منتقل شود شکل می‌گیرد) در انتقال ایمن نیتروژن به کبد برای دفع آن به صورت اوره از کلیه‌ها نقش کلیدی دارند (۱۱). لوسین به عنوان یک آمینواسید ضروری، یکی از سه آمینواسید شاخه‌دار است که تجزیه آن در عضله، بخشی از کربن لازم را برای استفاده به عنوان منبع مستقیم انرژی فراهم می‌کند و همچنین، محرکی برای سنتز آلانین و گلوتامین نیز محسوب می‌شود (۱۶). تریپتوفان آمینواسید ضروری دیگری است که در بافت‌های حیوانی و انسانی می‌تواند برای سنتز پروتئین استفاده شود و یا در دو مسیر کاتابولیک شامل مسیر سروتونین و مسیر کینورین که به ترتیب، منجر به تولید ملاتونین یا نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید ( $NAD^+$ ) می‌شود تجزیه گردد (۲۵).

تریپتوفان از جمله شاخص‌هایی است که ارتباط افزایش آن حین فعالیت ورزشی با بروز خستگی مرکزی همواره مورد توجه محققین بوده است. در واقع، تصور بر این است که افزایش



مسابقات شبیه‌سازی شده کاراته کومیته باشد؛ به طوری که ممکن است کاراته کاران با آمادگی جسمانی پایین در مقایسه با کاراته کاران با سطح آمادگی جسمانی بالاتر، سهم بیشتری از ATP مورد نیاز طی مسابقه ششم نسبت به مسابقه اول را از مسیر گلیکولیز بی‌هوازی و با مصرف منابع کربوهیدراتی خارج سلولی نظیر گلوکز پلازما تأمین کنند که این موضوع می‌تواند به مقادیر بالاتر لاکتات پلازما و افت pH خون در آنان منجر شود.

#### تشکر و قدردانی

از کلیه کاراته کاران و مربیان محترمی که صمیمانه ما را در اجرای این پژوهش همراهی کردند، سپاسگزاریم. همچنین، لازم می‌دانیم از جناب آقای دکتر بهزاد طاعتی مقدم و آقای دکتر ابوذر جوربنیان به خاطر کمک در روند جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل نتایج سپاسگزاری نمائیم.

#### تضاد منافع

هیچ تضاد منافی از سوی نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

از افزایش سهم نسبی دستگاه‌های بی‌هوازی برای تولید انرژی طی مسابقه ششم کاراته کومیته نسبت به مسابقه اول باشد. بنابراین، انجام پژوهش‌های بیشتر با حجم نمونه بالاتر برای نتیجه‌گیری روشن در این خصوص ضروری خواهد بود. در پژوهش حاضر مشخص شد که انجام مسابقات کاراته کومیته می‌تواند موجب تغییر معنی‌دار مقادیر پلاسمایی MDA، به‌عنوان شاخص مهمی از پراکسیداسیون لیپیدی در اثر فشار اکسایشی (۲۴)، در کل زمان‌های اندازه‌گیری شده شود. با وجود این، پس از مقایسه‌های دو به دو، تفاوت معنی‌داری بین هیچ‌کدام از زمان‌ها دیده نشد. همان‌طور که پیش از این بیان شد، عدم معنی‌داری در آزمون تعقیبی بونفرونی می‌تواند به دلیل حجم کم آزمودنی‌ها در هر گروه باشد (۲۰). این یافته‌ها در مجموع پیشنهاد می‌کند که صرف‌نظر از سطح آمادگی جسمانی، انجام مسابقات کاراته کومیته در کاراته کاران زنده تغییرات معنی‌داری در سطوح پلاسمایی MDA ایجاد نمی‌کند.

#### نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های حاضر، به نظر می‌رسد سطح آمادگی جسمانی می‌تواند عامل مؤثری در تغییر سهم مسیرهای تولید انرژی طی

1. American College of Sports Medicine. *Acsm's health-related physical fitness assessment manual*: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
2. Arazi H, Izadi M. (2017). Physical and physiological profile of iranian world-class karate athletes. *Biomedical Human Kinetics*.9(1):115-23.
3. Baker J, Bell W. (1990). Energy-expenditure during simulated karate competition. *Journal of Human Movement Studies*.19(2):69-74.
4. Benedini S, Longo S, Caumo A, Luzi L, Invernizzi PL. (2012). Metabolic and hormonal responses to a single session of kumite (free non-contact fight) and kata (highly ritualized fight) in karate athletes. *Sport Sciences for Health*.8(2):81-5.
5. Brooks GA, Dubouchaud H, Brown M, Sicurello JP, Butz CE. (1999). Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proc Natl Acad Sci U S A*.96(3):1129-34.
6. Chaabène H, Franchini E, Miarka B, Selmi MA, Mkaouer B, Chamari K. (2014). Time–motion analysis and physiological responses to karate official combat sessions: Is there a difference between winners and defeated karatekas? *Int J Sports Physiol Perform*.9(2):302-8.
7. Chaabène H, Mkaouer B, Franchini E, Souissi N, Selmi MA, Nagra Y, et al. (2014). Physiological responses and performance analysis difference between official and simulated karate combat conditions. *Asian J Sports Med*.5(1):21-9.
8. Enea C, Seguin F, Petitpas-Mulliez J, Boildieu N, Boisseau N, Delpech N, et al. (2010). 1h nmr-based metabolomics approach for exploring urinary metabolome modifications after acute and chronic physical exercise. *Anal Bioanal Chem*.396(3):1167-76.
9. Fernstrom JD, Fernstrom MH. (2006). Exercise, serum free tryptophan, and central fatigue. *The Journal of Nutrition*.136(2):553S-9S.
10. Geers C, Gros G. (2000). Carbon dioxide transport and carbonic anhydrase in blood and muscle. *Physiol Rev*.80(2):681-715.
11. Gibala MJ. (2001). Regulation of skeletal muscle amino acid metabolism during exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*.11(1):87-108.
12. Hashimoto T, Hussien R, Brooks GA. (2006). Colocalization of mct1, cd147, and ldh in mitochondrial inner membrane of l6 muscle cells: Evidence of a mitochondrial lactate oxidation complex. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*.290(6):E1237-44.
13. Iide K, Imamura H, Yoshimura Y, Yamashita A, Miyahara K, Miyamoto N, et al. (2008). Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.22(3):839-44.
14. Juel C. (1997). Lactate-proton cotransport in skeletal muscle. *Physiol Rev*.77(2):321-58.

15. Juel C. (2008). Regulation of pH in human skeletal muscle: Adaptations to physical activity. *Acta Physiol (Oxf)*.193(1):17-24.
16. Layman DK. (2002). Role of leucine in protein metabolism during exercise and recovery. *Can J Appl Physiol*.27(6):646-62.
17. Macan J, Bundalo-Vrbanac D, Romić G. (2006). Effects of the new karate rules on the incidence and distribution of injuries. *Br J Sports Med*.40(4):326-30.
18. Messonnier L, Kristensen M, Juel C, Denis C. (2007). Importance of pH regulation and lactate/h<sup>+</sup> transport capacity for work production during supramaximal exercise in humans. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md :1985)*.102(5):1936-44.
19. Morris C, Grada CO, Ryan M, Roche HM, De Vito G, Gibney MJ, et al. (2013). The relationship between aerobic fitness level and metabolic profiles in healthy adults. *Mol Nutr Food Res*.57(7):1246-54.
20. Newell J, Aitchison T, Grant S. *Statistics for sports and exercise science: A practical approach*: Routledge; 2014.
21. Pazin N, Berjan B, Nedeljkovic A, Markovic G, Jaric S. (2013). Power output in vertical jumps: Does optimum loading depend on activity profiles? *Eur J Appl Physiol*.113(3):577-89.
22. Sahlin K, Henriksson J. (1984). Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men. *AcPhS*.122(3):331-9.
23. Scheuermann BW, Kowalchuk JM, Paterson DH, Cunningham DA. (2000). Carbonic anhydrase inhibition delays plasma lactate appearance with no effect on ventilatory threshold. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md :1985)*.88(2):713-21.
24. Spirlandeli A, Deminice R, Jordao A. (2014). Plasma malondialdehyde as biomarker of lipid peroxidation: Effects of acute exercise. *Int J Sports Med*.35(01):14-8.
25. Staniszewska M, Kowalik S, Sadok I, Kędzierski W. (2023). The influence of exercise intensity on tryptophan metabolites in thoroughbred horses. *Pharmaceuticals*.16(1):107.
26. Sterkowicz-Przybycień K. (2010). Body composition and somatotype of the top of polish male karate contestants. *Biol Sport*.27(3).
27. Taati B, Arazi H, Bridge CA, Franchini E. (2022). A new taekwondo-specific field test for estimating aerobic power, anaerobic fitness, and agility performance. *PLoS One*.17(3):e0264910.
28. Wetzel P, Hasse A, Papadopoulos S, Voipio J, Kaila K, Gros G. (2001). Extracellular carbonic anhydrase activity facilitates lactic acid transport in rat skeletal muscle fibres. *JPhsg*.531(Pt 3):743-56.
29. World Karate Federation. *World karate federation kumite competition rules*. (2023).
30. Zehr EP, Sale DG, Dowling JJ. (1997). Ballistic movement performance in karate athletes. *Med Sci Sports Exerc*.29(10):1366-73.



**Metabolism and Exercise**  
**A biannual journal**

**Vol 13, Number 2, 2023**



## **Comparison of metabolic profiles of elite male karate athletes with different physical fitness levels during different phases of simulated competitions**

Rahnama M<sup>1</sup>, Mohebi H<sup>2\*</sup>, Rajabi H<sup>3</sup>

Received: 13/04/2023

Accepted: 31/05/2023

Published: 22/11/2023

### **Abstract:**

**Purpose:** The aim of this study was to compare the metabolic profile of elite male karate athletes based on their physical fitness level during different phases of six competitions in one day, similar to real karate competitions.

**Study method:** Ten young elite karateka participated in this research. Based on the Z scores obtained from physical fitness tests, including aerobic power (Bruce test), anaerobic power (30 s Wingate test), vertical jump, 30 m sprint, and agility (9×4 m), they were divided into two groups of high (n=5) and low (n=5) physical fitness. Each karateka performed six simulated committee competitions with the same rest interval as official tournaments and according to the rules of the World Federation. Venous blood samples were collected before and after the first and sixth competition. Repeated measures ANOVA was used to investigate differences at  $p < 0.05$ .

**Results:** Decreases in pH ( $p < 0.001$ ), increases in tryptophan ( $p = 0.034$ ), lactate ( $p < 0.001$ ), and malondialdehyde ( $p = 0.007$ ), and changes in glucose ( $p = 0.003$ ) were significant in total measured time points. Moreover, by examining time×group interaction, a significant difference was observed between the groups in plasma lactate ( $p = 0.014$ ), so that it was significantly higher after the sixth competition in the low physical fitness group than the other group ( $5 \pm 0.1$  vs.  $3.9 \pm 0.2$  mmol/L,  $p = 0.002$ ).

**Conclusion:** Karate athletes with low physical fitness seem to provide a larger portion of ATP needed during the sixth competition than the first competition from the anaerobic glycolysis pathway and by consuming extracellular carbohydrate sources such as plasma glucose.

**Keywords:** Martial Arts, Metabolic Stress, Substrate Metabolism, Physical Fitness Level.

1. PhD Candidate of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. 2. Professor of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. 3. Professor of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

\* Email: [Mohebi.ha@yahoo.com](mailto:Mohebi.ha@yahoo.com)

