



Acute effect of oxygen inhalation before competition on recovery of buffering capacity and performance of male professional karate

Mohammad Yosefi¹, Mohammad Fashi^{2*}, Afshar Jafari³

1. MSc in Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Aim: Increasing active muscle oxygen availability can affect exercise performance, therefore the oxygen supplementation can be considered as important factor. This study aimed to investigate the acute effect of oxygen inhalation before karate competition on buffering capacity recovery and performance of male professional karate. **Materials and Methods:** Eight national karate athletes with weight categories 75 (BMI: 23.45 ± 1.24 kg/m²) and 85 (BMI: 25.93 ± 1.97 kg/m²) Kg participated in this study as a double-blind cross design and further divided into two groups of oxygen (10 minutes, 40% of oxygen concentration, 10 liters per minute) and natural (mask attached to a normal air cylinder). Thirty minutes before, immediately and 20 minutes after the three-minute competition, venous blood sampling was obtained and lactate was measured enzymatically by Kubas Mira autoanalyzer. Moreover, the acidity (PH), oxygen saturation (O₂-SAT), pressure of carbon dioxide (PCO₂) and bicarbonate (HCO₃⁻) were analyzed by blood gas analyzer. Heart rate and the number of strokes were also measured to assess performance. Repeated measures two way- ANOVA and LSD test was used to analyze the data at $p \leq 0.05$ level. **Results:** The result indicated significantly lower reduction of lactate and higher amount of HCO₃⁻ in the oxygen than to non-oxygen group during the three evaluation times ($p=0.001$). Moreover, higher acidity, lower PCO₂ and O₂-SAT, as well as lower average heart rate were observed in the oxygen than to non-oxygen group but it wasn't significant ($p > 0.05$). Oxygen inhalation significantly improved hand and foot stroke performance in the oxygen compared to non-oxygen group ($p=0.004$). **Conclusion:** Acute inhalation of oxygen before karate competition does not seem to have a significant effect on the buffer capacity recovery of karate athletes, although it could improve athlete performance in the same competition.

Key words: Oxygen supplementation, Buffering capacity, Athletic performance.

Cite this article:

Yosefi, M., Fashi, M., & Jafari, A. (2022). Acute effect of oxygen inhalation before competition on recovery of buffering capacity and performance of male professional karate. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 10(23), 32-41.

*Corresponding author, Address: Faculty of Sports Science and Health, Shahid Beheshti University, Evin Ave., Tehran, Iran;

E-mail: m_fashi@sbu.ac.ir

<https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.4157.1621>



تأثیر حاد استنشاق اکسیژن قبل از رقابت کاراته بر بازیافت ظرفیت تامپونی و عملکرد مردان کاراته کای حرفه‌ای

محمد یوسفی^۱، محمد فشی^{۲*}، افشار جعفری^۳

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.
۲. استادیار گروه علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.
۳. دانشیار گروه علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: افزایش اکسیژن در دسترس عضلات فعال می‌تواند اجرای ورزشی را تحت تأثیر قرار دهد و به نظر می‌رسد مصرف مکمل اکسیژن، بتواند نقش مفیدی را در این زمینه ایفا کند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر حاد استنشاق اکسیژن قبل از رقابت کاراته بر بازیافت ظرفیت تامپونی و اجرای مردان کاراته کای حرفه‌ای بود. روش تحقیق: تعداد ۸ ورزشکار رشته کاراته با سابقه ملی در دسته‌های وزنی ۷۵ (شاخص توده بدن: $23/45 \pm 1/24$ کیلوگرم/متر^۲) و ۸۵ (شاخص توده بدن: $1/97 \pm 25/93$ کیلوگرم/متر^۲) کیلوگرم به صورت داوطلبانه در طرحی دو سوکور متقاطع در قالب دو گروه استنشاق اکسیژن (۱۰ دقیقه اکسیژن با غلظت ۴۰ درصد و به میزان ۱۰ لیتر در دقیقه) و طبیعی (ماسک متصل به سیلندر هوای عادی) در تحقیق حاضر شرکت کردند. ۳۰ دقیقه قبل از سه دقیقه مبارزه، بلافاصله و ۲۰ دقیقه پس از رقابت؛ انجام نمونه گیری خون وریدی انجام گردید. لاکتات به روش آنزیماتیک توسط دستگاه اتوآنالایزر کوباس میرا؛ و میزان اسیدپته (PH)، فشار دی اکسید کربن (PCO_2)، اشباع اکسیژن (O_2 -SAT) و یون بیکربنات (HCO_3^-) با استفاده از دستگاه تحلیل گازهای تنفسی اندازه گیری شدند. همچنین ضربان قلب و تعداد ضربات دست و پا به منظور ارزیابی عملکرد مورد سنجش قرار گرفتند. به منظور تحلیل داده های تحقیق، از روش تحلیل واریانس دو راهه با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی LSD در سطح $p \leq 0/05$ بهره برداری شد. یافته‌ها: کاهش کمتر لاکتات و مقدار بیشتر یون HCO_3^- در گروه اکسیژن نسبت به گروه بدون اکسیژن در طول سه زمان ارزیابی به صورت معنی داری مشاهده شد ($p=0/01$). در طول سه زمان ارزیابی، مقدار بالاتر اسیدپته، PCO_2 و O_2 -SAT کمتر و نیز میانگین ضربان قلب پایین تر در گروه اکسیژن نسبت به گروه بدون اکسیژن گزارش شد که به سطح معنی داری نرسید ($p>0/05$). از طرف دیگر، استنشاق اکسیژن موجب بهبود معنی دار عملکرد ضربات دست و پا نسبت به گروه طبیعی گردید ($p=0/04$). نتیجه گیری: به نظر می‌رسد استنشاق حاد اکسیژن قبل از رقابت کاراته، بر ظرفیت تامپونی بازیافت ورزشکاران کاراته تأثیر قابل ملاحظه ای ندارد؛ اگرچه عملکرد ورزشکار را در همان رقابت بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی: استنشاق اکسیژن، ظرفیت تامپونی، عملکرد ورزشی.

مقدمه

اسیدوز عضلانی از دیرباز به عنوان یک عامل خستگی در ورزش، مورد توجه بوده است (فیتس^۱، ۱۹۹۴). نشان داده شده است که تجمع بیش از حد یون هیدروژن (H^+)، فعالیت آنزیم‌های کلیدی گلیکولیتیک را مهار می‌کند، بازیافت فسفوکراتین را به تأخیر می‌اندازد و فعالیت ماشین انقباضی را از طریق رقابت با یون کلسیم برای اتصال به تروپونین؛ متاثر می‌سازد (آنگر و دی بولد^۲، ۲۰۱۹). بر این اساس، جستجوی راهکارهایی برای بهبود ظرفیت تامپونی و تنظیم H^+ در ورزشکاران دارای اهمیت زیاد می‌باشد.

در سال‌های اخیر توجه به استنشاق اکسیژن به عنوان روشی برای تسریع در بازیافت و بهبود عملکرد ورزشکاران رواج یافته است. مطالعاتی که اثر استنشاق اکسیژن را بر بازیافت ورزشکاران بررسی کرده‌اند، اثرات مفیدی را برای مقاومت غشای پلاسمایی^۳، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، افزایش سنتز اریتروپوئیتین^۴ پلاسمای و پر اکسیژنی عضلانی^۵ نشان داده‌اند (اسپرلیج^۶ و دیگران، ۲۰۱۶). با این وجود، مدیریت مصرف اکسیژن عضلانی و در پی آن، ایجاد تعادل در اسیدیته بدن، به ویژه در جریان تمرین و رقابت‌های شدید، کمتر مورد توجه بوده است (سیلوا^۷ و دیگران، ۲۰۲۱). تمرینات شدید می‌تواند با کاهش اشباع اکسیژنی هموگلوبین همراه شده و هایپوکسی^۸ را در بافت عضلانی القا کند (استپتو^۹ و دیگران، ۲۰۰۱). نتیجه این رخداد، افت بیشینه اکسیژن مصرفی است که اجرای ورزشی را نیز محدود می‌کند. به نظر می‌رسد استنشاق اکسیژن در این زمینه می‌تواند موثر بوده و اشباع اکسیژنی را بهبود بخشد (اسپرلیج و دیگران، ۲۰۱۷). نشان داده شده است که افزایش غلظت اکسیژن تا حدود ۴۰ درصد حین تمرینات شدید، می‌تواند از افت اشباع اکسیژنی جلوگیری نموده و بازده تمرین را بهبود بخشد (ناکاگاکا^{۱۰} و دیگران، ۲۰۲۰).

از جمله عوامل مهم و تأثیرگذار بر اجرای ورزشی، وضعیت اسیدی-بازی است که با توجه به فیزیولوژی تمرینات شدید، دچار تغییر می‌شود (گیبالا^{۱۱} و دیگران، ۲۰۰۶). نشان داده شده است که استنشاق اکسیژن در این شرایط، با افزایش PH مرتبط بوده و کنترل H^+ با بهبود اجرای ورزشی همراه می‌شود (پوپیس^{۱۲} و دیگران، ۲۰۱۶). اگر چه در بعضی تحقیقات، اثر مفید مکمل اکسیژن بر اجرا گزارش نشده است (فری تگ^{۱۳} و دیگران، ۲۰۲۰). فری تگ و دیگران (۲۰۲۰) در تحقیقی بر روی ۱۳ مرد فعال نشان

داده‌اند که استنشاق اکسیژن تأثیری بر شکل پذیری گلوبول‌های قرمز و اکسیژن عضلانی حین اجرای تمرینات شدید تناوبی ندارد. به نظر می‌رسد در تحقیقاتی که اثر مفیدی برای استنشاق اکسیژن مشاهده نشده است، پروتکل‌های تمرینی کم‌شدت مورد بررسی قرار گرفته‌اند و یا شدت واقعی رقابت ورزشی اعمال نشده است (پوپیس و دیگران، ۲۰۱۶). از جمله رشته‌های ورزشی که ویژگی شدت را داراست، کاراته است.

در ورزش کاراته، شدت رقابت به صورت متناوب از متوسط تا شدید، در مدت سه دقیقه از زمان مسابقه تغییر می‌کند. بیشترین میزان ضربان قلب در دامنه ۱۸۲ تا ۱۹۸ ضربه در دقیقه متغیر است و غلظت لاکتات به ۸ تا ۱۶ میلی‌مول می‌رسد (پوپیس و دیگران، ۲۰۱۳). بنابراین سیستم انرژی غالب در کاراته، سیستم بی‌هوازی است که به تولید اسید لاکتیک منجر می‌شود. اسید لاکتیک به لاکتات و H^+ تبدیل شده و PH کاهش می‌یابد. کاهش اشباع اکسیژنی اثر دو چندان بر سیستم بی‌هوازی وارد کرده و تولید اسید لاکتیک فزونی می‌یابد (ناملا^{۱۴} و دیگران، ۲۰۰۲). با این وجود، بافت‌های بدن انسان قابلیت تبدیل اسید لاکتیک به گلیکوزن و فعال شدن چرخه کوری^{۱۵} را دارا می‌باشند که در زمان بازیافت به فراهمی اکسیژن بستگی دارد (اسپرلیج و دیگران، ۲۰۱۶). به نظر می‌رسد در دسترس بودن اکسیژن در دوره بازیافت با جبران کاهش اشباع اکسیژن تمرین، اسیدوز را به تأخیر انداخته و بازیافت ضربان قلب را شتاب می‌بخشد (اسپرلیج و دیگران، ۲۰۱۷). این عامل می‌تواند احتمال موفقیت در ورزش‌هایی مانند کاراته که در یک روز چندین رقابت برای هر ورزشکار برنامه ریزی می‌شود را افزایش دهد.

اگرچه استنشاق اکسیژن حین فعالیت و در زمان بازیافت به وسیله تحقیقات چندی مورد بررسی قرار گرفته است، اثر ماندگاری استنشاق اکسیژن (قبل از یک رقابت واقعی مانند کاراته) بر عملکرد و بازیافت اسید-باز کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. این در حالی است که استنشاق اکسیژن به عنوان دوپینگ محسوب نمی‌شود. به نظر می‌رسد استنشاق اکسیژن می‌تواند اجرای ورزشکار را در رقابت‌های پی در پی بهبود بخشد، اگر چه در این زمینه اطلاعات کافی وجود ندارد. بر این اساس، هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر حاد استنشاق اکسیژن بر ظرفیت تامپونی و عملکرد ورزشکاران نخبه کاراته بود.

1. Fitts
2. Unger and Debold
3. Plasma membrane resistance
4. Erythropoietin
5. Hyperoxia

6. Sperlich
7. Silva
8. Hypoxia
9. Stepto
10. Nakagaki

11. Gibala
12. Pupiš
13. Freitag
14. Nummela
15. Cori cycle

روش تحقیق

نحوه نمونه گیری: با توجه به شرایط و محدودیت های ناشی از بیماری کرونا، و نیز پس از بررسی پیشینه تحقیق (سیلوا و دیگران، ۲۰۲۱)، تعداد هشت ورزشکار کاراته مرد با میانگین سنی 25 ± 3 سال، سابقه فعالیت ملی در دسته های وزنی ۷۵ (شاخص توده بدن: $23/45$ کیلوگرم/مترمربع) و ۸۵ (شاخص توده بدن: $25/93$ کیلوگرم/مترمربع) کیلوگرم به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. معیارهای ورود به مطالعه، داشتن فعالیت حرفه ای کاراته (سابقه ملی و قهرمانی کشور)، دارا بودن شرایط سلامت عمومی منطبق با پرسشنامه سلامت و سطح فعالیت بدنی، عدم آسیب دیدگی و محدودیت حرکتی، عدم استعمال دخانیات و عدم مصرف هر گونه مکمل و دارو (به وسیله خود اظهاری ورزشکاران) در مدت زمان تحقیق بود. شرکت کنندگان به صورت طرح متقاطع دو سوکور به دو گروه چهار نفری تقسیم شدند. در روز اول، چهار نفر استنشاق اکسیژن داشتند و چهار نفر دیگر هوای عادی تنفس کردند و پس از گذشت ۴۸ ساعت، جای گروه استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن، عوض شد و فرآیند تحقیق تکرار گردید. قبل از انجام آزمون، توضیحات کاملی در مورد روش انجام کار و محرمانه بودن اطلاعات اخذ شده، در اختیار شرکت کنندگان قرار گرفت. شرکت کنندگان در مورد شرایط و نحوه اندازه گیری ها و زمان بندی صورت گرفته، توجیه شدند. سپس رضایت نامه موافقت و همکاری در این تحقیق، توسط آن ها تکمیل و امضا گردید. علاوه بر این، شرکت کنندگان برای خروج از مطالعه در هر زمان آزاد بودند. ۲۴ ساعت قبل از فرآیند میدانی تحقیق، رژیم غذایی مشابه شامل ۳۱۰۰ کالری برای دسته وزنی ۷۵ کیلوگرم (۴۲۰ گرم کربوهیدرات، ۱۰۰ گرم چربی، ۱۱۵ گرم پروتئین) و ۳۳۰۰ کالری برای دسته وزنی ۸۵ کیلوگرم (۴۶۰ گرم کربوهیدرات، ۱۱۰ گرم چربی و ۱۲۵ گرم پروتئین) تجویز گردید (کاپلینگ^۲ و دیگران، ۲۰۱۹). قبل از شروع فرآیند تحقیق، از عدم ابتلای شرکت کنندگان به ویروس کرونا (با دریافت نتیجه آزمایش PCR) اطمینان حاصل شد و تاتامی مورد استفاده نیز ضد عفونی گردید. به منظور اطمینان بیشتر، پزشک هنگام انجام رقابت، حضور داشت. تمامی شرایط تحقیق بر اساس کمیته اخلاق دانشگاه شهید بهشتی تهران با شناسه IR.SBU.REC.1398.050 برنامه ریزی و اجرا گردید.

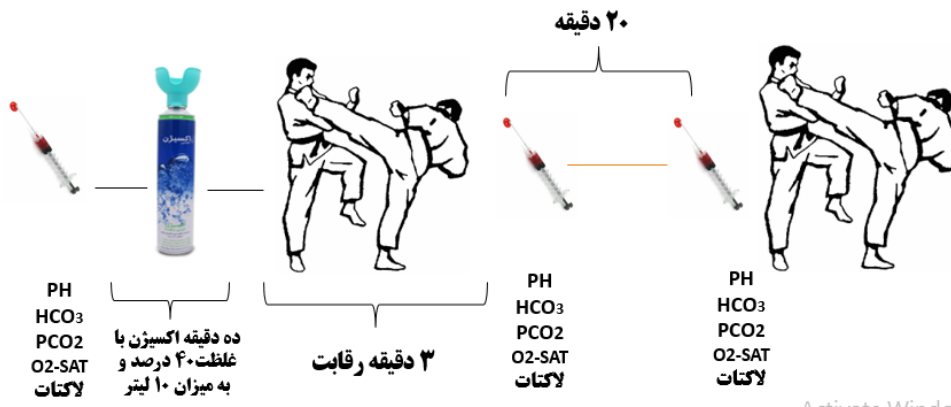
روش اجرای کار: در جلسه اول شرکت کنندگان با فرآیند تحقیق آشنا شدند. در جلسه دوم، پس از ۳۰ دقیقه

استراحت، ابتدا نمونه گیری خون وریدی انجام شد و سپس ماسک هایپراکسی و ماسک طبیعی به ورزشکاران متصل شد. نیمی از ورزشکاران در حالت نشسته، ۱۰ دقیقه اکسیژن با غلظت ۴۰ درصد به میزان ۱۰ لیتر در دقیقه به صورت مکمل (توسط ماسک متصل به سیلندر اکسیژن) استنشاق نمودند و گروه دیگر، با ماسک متصل به سیلندر، هوای عادی تنفس کردند. پس از آن، سه دقیقه مبارزه شبیه سازی شده کاراته به صورت متوالی و پشت سر هم برای هر دو ورزشکار در دسته وزنی یکسان انجام گردید و بلافاصله نمونه گیری خون انجام شد. پس از ۲۰ دقیقه و قبل از رقابت دوم، برای سومین نوبت، خون گیری انجام شد و سپس مبارزه بعدی اجرا گردید (شکل ۱). مجدداً فرآیند تحقیق ۴۸ ساعت بعد مشابه جلسه اول و در زمان مشابه، تکرار گردید و خون گیری از کاراته کاهای نیز صورت گرفت. به منظور اطمینان از حداکثر تلاش ورزشکاران در هر جلسه، جوایز و پاداشی برای برنده رقابت تعیین شد؛ ضمن آن که از داور بین المللی نیز برای امتیاز دهی و شمارش ضربات دست و پای موثر، استفاده گردید. همچنین ضربان قلب با دستگاه ضربان سنج A300 ساخت کشور فنلاند در طول سه دقیقه مبارزه کاراته، ثبت گردید و میانگین ضربان قلب محاسبه شد.

پروتکل استنشاق مکمل اکسیژن مصرفی بدین صورت بود که اکسیژن با غلظت ۴۰ درصد توسط ماسک متصل به سیلندر استنشاق شد. مکمل اکسیژن به میزان ۱۰ لیتر در دقیقه (وایت^۳ و دیگران، ۲۰۱۳) استفاده شد. خون گیری از آزمودنی ها (جهت تجزیه و تحلیل لاکتات، PH، یون بیکربنات یا HCO_3^- و PCO_2) در سه مرحله، مرحله اول، ۱۰ دقیقه قبل از مبارزه؛ مرحله دوم، بلافاصله بعد از مبارزه اول؛ و مرحله سوم، ۲۰ دقیقه پس از آن؛ به میزان $2/5$ سانتی متر مکعب از ورید بازویی گرفته شد. یک سانتی متر مکعب از خون گرفته شده فوراً برای سنجش گازهای تنفسی به آزمایشگاه رسانده شد و سپس با استفاده از دستگاه VPG ساخت شرکت تکنو مدیکای کشور ژاپن، به دستگاه تزریق شد. دستگاه داده ها را آنالیز کرده و نتایج از خروجی دستگاه اخذ گردید. دستگاه VBG با دارا بودن تانک گاز که پس از هر ۱۰۰ نمونه ارزیابی نیاز به کالیبراسیون دارد، قادر است شاخص های اسیدی بازی و گازهای خون را اندازه گیری کند. برای سنجش لاکتات، $1/5$ سانتی متر مکعب از خون بلافاصله به مدت هشت دقیقه با دمای چهار درجه سانتی گراد و سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه (با دستگاه universal 320R ساخت ایران) سانتریفیوژ گردید و پلاسمای خون جدا شد.

سرنگ آغشته شده به هپارین^۱ به مقدار ۲/۵ سانتی متر مکعب از ورید بازویی گرفته شد و آزمودنی‌ها در هنگام خون‌گیری، از مشت کردن دست منع شدند.

پس از نگه‌داری در یخچال ۸۰- درجه، نمونه‌ها به روش رنگ سنجی به صورت اتوماسیون روی دستگاه Cobasin⁺ tegra400 با استفاده از کیت لاکتات Roche ساخت آمریکا تحلیل گردید و لاکتات سنجیده شد. نمونه‌های خون با



شکل ۱. مراحل شماتیک اجرای تحقیق

نگردید ($p > 0/05$). در مرحله پیش آزمون، تفاوت معنی داری بین دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن برای متغیرهای پژوهش مشاهده نشد ($p > 0/31$). از طرف دیگر، در مقایسه با پیش آزمون، افزایش PCO_2 ($p = 0/001$ ، $\eta p = 0/98$)، کاهش HCO_3^- ($p = 0/01$ ، $\eta p = 0/89$)، افزایش O_2-SAT ($p = 0/04$ ، $\eta p = 0/76$)، و افزایش لاکتات ($p = 0/01$ ، $\eta p = 0/91$) بلافاصله پس از رقابت کاراته، مشاهده شد. این در حالی بود که ۲۰ دقیقه پس از رقابت تغییر معنی داری برای PCO_2 ($p = 0/10$ ، $\eta p = 0/39$)، HCO_3^- ($p = 0/26$ ، $\eta p = 0/24$)، O_2-SAT ($p = 0/76$ ، $\eta p = 0/02$)، و لاکتات ($p = 0/14$ ، $\eta p = 0/17$) مشاهده نشد. علاوه بر این‌ها، اثر زمان برای PH در هر دو حالت استنشاق اکسیژن ($p = 0/31$) و بدون اکسیژن ($p = 0/24$) تفاوت معنی داری نداشت ($p = 0/41$; جدول ۱). از طرف دیگر، با آزمون t مستقل افزایش معنی داری در تعداد ضربات دست و پا (شکل ۲) پس از استنشاق اکسیژن نسبت به حالت بدون استنشاق اکسیژن حین سه دقیقه رقابت مشاهده شد ($t = 3/72$ ، $p = 0/004$)؛ در حالی که در مورد ضربات قلب ($p = 0/09$; شکل ۳) تغییرات معنی داری در زمان‌های اندازه‌گیری و حین سه دقیقه رقابت بدست نیامد.

بحث

نتایج تحقیق حاضر تغییرات مشابهی را در کاهش PH و HCO_3^- از یک سوی، و افزایش PCO_2 ، O_2-SAT ، و لاکتات از دیگر سوی، در دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن قبل، بلافاصله و ۲۰ دقیقه پس از رقابت کاراته نشان

روش‌های آماری: برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص گرایش مرکزی (میانگین) و پراکندگی (انحراف استاندارد) استفاده گردید. در بخش روش‌های آمار استنباطی، از آزمون شاپیرو-ویلک^۲ برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از آزمون تحلیل واریانس دو راهه با اندازه‌گیری مکرر^۳ همرا با آزمون تعقیبی حداقل اختلاف معنی دار (LSD)؛ برای مقایسه میانگین گروه‌ها بهره برداری گردید. به علاوه، به منظور بررسی تغییرات میانگین‌های ضربات قلب و تعداد ضربات دست و پا، از آزمون t مستقل استفاده شد. کلیه محاسبات آماری با نرم افزار SPSS ویرایش بیستم به اجرا درآمد و سطح معنی داری $p \leq 0/05$ منظور گردید.

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که متغیرهای اندازه‌گیری شده پژوهش شامل PH ($p = 0/97$)، PCO_2 ($p = 0/46$)، HCO_3^- ($p = 0/65$)، O_2-SAT ($p = 0/46$) و لاکتات ($p = 0/19$) از توزیع طبیعی برخوردار هستند. از طرف دیگر، طبق نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه با اندازه‌گیری مکرر، تفاوت معنی داری برای اثر زمان در مورد لاکتات ($p = 0/01$) و HCO_3^- ($p = 0/01$) در هر دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن، مشاهده شد. در حالی که اثر معنی داری برای تعامل زمان و گروه استنشاق اکسیژن یا بدون استنشاق اکسیژن در مورد متغیرهای تحقیق مشاهده

1. Heparin

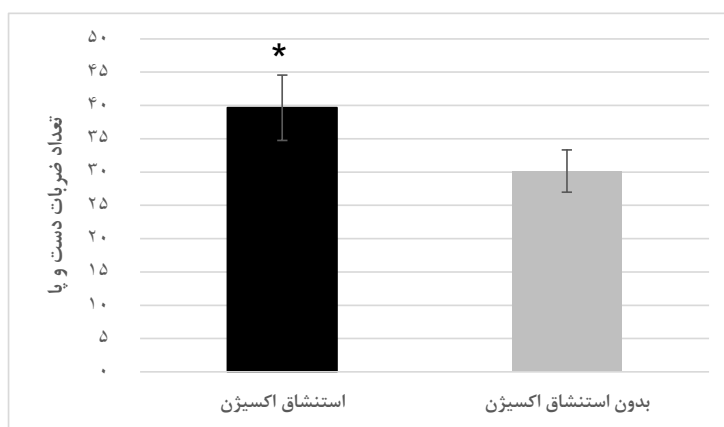
2. Shapiro- Wilk test

3. Two-way repeated measures ANOVA

جدول ۱. توصیف (میانگین و انحراف استاندارد) و مقایسه متغیرهای تحقیق در سه زمان اندازه گیری

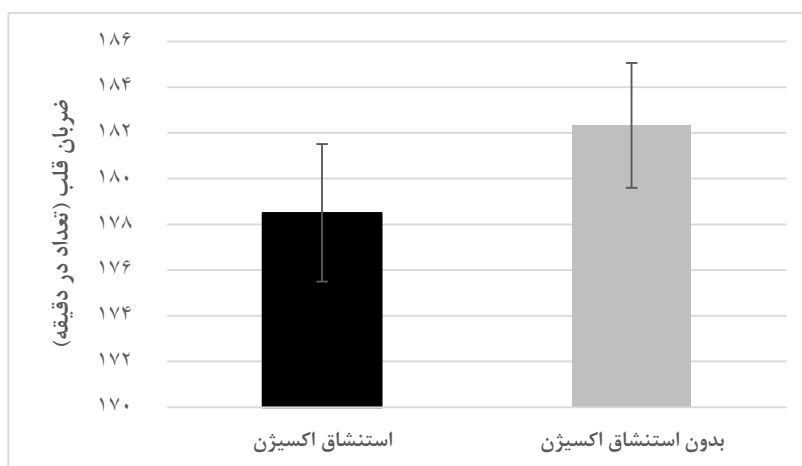
متغیرها / وضعیت	پیش آزمون	بلافاصله پس از رقابت	۲۰ دقیقه پس از رقابت	F	p
لاکتات (میلی مول /لیتر)	۱/۴۲±۰/۴۶	۷/۳۸±۰/۴۶ †	۳/۱۸±۱/۳۰	۳/۵۸	۰/۰۰۱*
PH (لگاریتم یون هیدروژن)	۷/۳۲±۰/۰۳	۷/۳۰±۰/۰۶	۷/۳۳±۰/۰۶	۰/۸۹	۰/۳۱
HCO ₃ ⁻ (میلی اکی والان /لیتر)	۳۷/۰۰±۵/۸۵	۲۸/۹۳±۷/۷۲ †	۲۷/۵۰±۵/۳۲	۷/۳۸	۰/۰۰۲*
PCO ₂ (میلی متر جیوه)	۳۵/۱۲±۳/۲۱	۴۱/۵۶±۶/۷۶ †	۳۸/۶۲±۳/۴۶	۲/۲۰	۰/۱۰
O ₂ -SAT (میلی متر جیوه)	۳۶/۱۴±۲/۰۷	۴۴/۲۸±۳/۲۶ †	۴۰/۵۸±۹/۸۸	۰/۱۰	۰/۲۱
				۲/۹۸	۰/۱۱
				۱/۶۴	۰/۳۱

* نشانه تفاوت معنی دار بین زمان ها، † نشانه تفاوت معنی دار با پیش آزمون؛ سطح معنی داری ۰/۰۵ < p.



شکل ۲. توصیف (میانگین و انحراف استاندارد) و مقایسه تعداد ضربات دست و پای موثر در طول سه دقیقه رقابت کاراته.

* نشانه تفاوت معنی داری با حالت بدون استنشاق اکسیژن در سطح معنی داری ۰/۰۵ < p.



شکل ۳. توصیف (میانگین و انحراف استاندارد) و مقایسه تعداد ضربان قلب در طول سه دقیقه رقابت کاراته.

* نشانه تفاوت معنی داری بین دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن در سطح معنی داری ۰/۰۵ < p.

داد. استنشاق اکسیژن منجر به مقدار لاکتات کمتر و بهبود عملکرد در همان رقابت کاراته می شود. وضعیت اسیدی - بازی حین فعالیت شدیدی مانند کاراته، تابعی از آزاد شدن H^+ ناشی از تولید اسید لاکتیک عضله، تعامل بیکربنات و دفع بازدمی CO_2 است. اگر چه کلیه نیز نقش مهمی را در این زمینه بازی می کند. نتیجه این فرآیند تغییرات PH می باشد که مشخص کننده تعادل اسیدی - بازی است. در مطالعه حاضر، میانگین سطوح لاکتات در سه نوبت مختلف اندازه گیری در دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن، تفاوت معنی داری داشت؛ به طوری که این شاخص در حالت بدون استنشاق اکسیژن بالاتر بود. این وضعیت نشان می دهد که تولید لاکتات به وجود اکسیژن وابسته است. این نتایج با یافته های سیلوا و دیگران (۲۰۲۱)، اسپریت^۱ و دیگران (۲۰۰۰)، اسپرلیچ و دیگران (۲۰۱۶) و میرجوادی و دیگران (۲۰۱۹) همسو است. سیلوا و دیگران (۲۰۲۱) نشان داده اند که استنشاق اکسیژن با تولید کمتر لاکتات همراه است و خستگی ورزشکاران را به تاخیر می اندازد. اسپریت و اسپرلیچ (۲۰۰۰) نیز نشان داده اند که استنشاق اکسیژن با کاهش تولید پیرووات همراه است، فعالیت سیستم انرژی بی هوازی را کاهش می دهد، و اقتصاد تولید ATP را بهبود می بخشد. ناملاً و دیگران (۲۰۰۲) نشان داده اند که اثرات مثبت استنشاق اکسیژن بر اسیدوز عضلانی، به اشباع اکسیژنی بستگی دارد. در تحقیق حاضر، تفاوت معنی داری برای O_2 -SAT در دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن مشاهده نشد. با وجود این، مقدار اشباع اکسیژنی پس از رقابت و ۲۰ دقیقه پس از آن، به صورت غیرمعنی دار در گروه استنشاق اکسیژن کمتر از گروه بدون استنشاق اکسیژن بود؛ تغییری که نشان دهنده برداشت اکسیژن به وسیله عضله و یا تولید کمتر لاکتات است (ملت^۲ و دیگران، ۲۰۱۸). از طرف دیگر، ورزشکاران حرفه ای با توجه به اشباع اکسیژنی بالای خون، ظرفیت سازگاری مجدد پایینی نیز دارند (برونیاکس^۳ و دیگران، ۲۰۱۸)؛ از این رو، می توان بخشی از نتایج تحقیق حاضر در خصوص عدم مشاهده تفاوت معنی دار بین دو گروه را به سطح حرفه ای آزمودنی ها و سازگار بودن همه ورزشکاران به شدت تمرین نسبت داد. نتایج تحقیق حاضر عدم تغییر معنی دار PCO_2 و HCO_3^- با استنشاق اکسیژن قبل از رقابت کاراته را در مقایسه با حالت بدون استنشاق اکسیژن نشان داد. پس از رقابت، PCO_2 افزایش و HCO_3^- کاهش معنی داری نشان داد. ۲۰

دقیقه پس از رقابت کاراته، مقدار لاکتات در هر دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن کاهش یافت (غیر معنی دار) و به سطوح استراحتی نزدیک شد؛ با این وجود، مقدار کاهش در حالت استنشاق اکسیژن بیشتر بود. این یافته ها با نتایج استلینگورف^۴ و دیگران (۲۰۰۶) مبنی بر عدم تاثیر وضعیت هایپراکسی بر تبادل تنفسی در حین فعالیت همسو است؛ اما با گزارش آلریچ^۵ و دیگران (۲۰۱۷) مبنی بر داشتن اثر قابل توجه استنشاق اکسیژن بر PCO_2 و نسبت تبادل تنفسی ناهمسو می باشد. تفاوت معنی دار در سطوح PCO_2 می تواند حاکی از کاهش در تجزیه گلیکوژن^۶ در وضعیت هایپراکسی باشد که خود احتمالاً مربوط به کاهش در غلظت اپی نفرین و کاهش تجمع فعال کننده های بالقوه آنزیم فسفوریلاز^۷، ADP و AMP در حین فعالیت است (استلینگورف و دیگران، ۲۰۰۶). احتمالاً اکسیژن اضافی موجب می شود که فعالیت عضلانی هنگام وهله های تناوبی بدون تغییر باقی بماند. آلریچ و دیگران (۲۰۱۷) در یک پژوهش مروری اظهار داشته اند که نوسانات PCO_2 در وضعیت هایپراکسی در مقایسه با حالت نورموکسی^۸، افزایش می یابد؛ و این که هایپراکسی موجب کاهش حساسیت گیرنده های شیمیایی محیطی به همراه کاهش نسبی تهویه ریوی و افزایش PCO_2 بازدمی می شود. به عبارت دیگر، استنشاق اکسیژن موجب بهبود کارایی تهویه ای می گردد (آلریچ و دیگران، ۲۰۱۷). شاخص PCO_2 با تغییرات در متابولیسم، توزیع مجدد جریان خون، تفاوت در به کارگیری تارهای عضلانی و تغییر در متابولیسم بافت های غیرفعال؛ رابطه دارد (آلریچ و دیگران، ۲۰۱۷). این تغییرات می تواند نشان دهنده به کارگیری HCO_3^- برای بافر کردن اسید تولیدی و دفع CO_2 بوسیله بازدم نیز باشد. شاخص HCO_3^- به عنوان قوی ترین بافر خارج سلولی در ترکیب با H^+ تولیدی ناشی از اسید لاکتیک، تشکیل H_2CO_3 می دهد، در نزدیکی ریه به آب و CO_2 تبدیل می شود و در نهایت، CO_2 با بازدم دفع شده و مقدار اسیدوز کاهش می یابد. به نظر می رسد این رخداد بیانگر به کارگیری بیشتر متابولیسم هوازی و تقویت بافری خارج سلولی بوده که تا ۲۰ دقیقه پس از رقابت قابل مشاهده است. در مطالعه حاضر، تغییرات PH در هر دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن در هر سه نوبت اندازه گیری مشابه بود. این یافته با یافته های اسپرلیچ و دیگران (۲۰۱۱) مبنی بر عدم تاثیر معنی دار استنشاق اکسیژن بر PH و H^+ در ورزشکاران نخبه حین تمرینات تناوبی

۱. Spriet
۲. Nummela
۳. Mallette
۴. Brugniaux
۵. Stellingwerf
۶. Ulrich
۷. Glycogenolysis
۸. Phosphorylase
۹. Normoxia

شدید؛ همسو است (اسپرلیچ و دیگران، ۲۰۱۱). احتمالاً عدم تغییر معنی دار مقادیر PH در پژوهش حاضر به دلیل عدم تغییر در مقادیر لاکتات باشد؛ چرا که لاکتات شاخص غیر مستقیمی از وضعیت PH بدن در نظر گرفته می شود. از طرف دیگر، تغییرات مشابه در مقدار PCO_2 و HCO_3^- نیز می تواند بازگو کننده عدم تغییر PH در دو حالت استنشاق اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن باشد که خود نشان دهنده عدم تاثیر استنشاق اکسیژن بر وضعیت اسیدی-بازی ورزشکاران نخبه کاراته است.

یافته مهم تحقیق حاضر بهبود معنی دار تعداد ضربات دست و پا در سه دقیقه رقابت کاراته پس از استنشاق اکسیژن بود؛ این در حالی است که ضربان قلب تفاوت معنی داری بین دو حالت اکسیژن و بدون استنشاق اکسیژن نداشت. تغییرات ضربان قلب حین ورزش و دوره بازیافت ناشی از فعالیت دستگاه سمپاتیک و پاراسمپاتیک است و به طور مستقیم با شدت ورزش رابطه دارد (وگا^۱ و دیگران، ۲۰۱۷). شدت بالای هر رقابت کاراته باعث می شود تا سیستم پاراسمپاتیک نتواند ضربان قلب را به سرعت کاهش دهد. البته این به آمادگی هوازی و بی هوازی ورزشکاران نیز بستگی دارد. هرچه آمادگی قلبی - عروقی در این ورزشکاران بیشتر باشد، H^+ تولیدی از اسید لاکتیک نیز با سرعت بیشتری بافر می شود (لورنسه^۲ و دیگران، ۲۰۱۹).

در مطالعه حاضر، میانگین ضربان قلب در حالت با استنشاق اکسیژن پایین تر از بدون حالت استنشاق اکسیژن بود که به سطح معنی داری نرسید. همچنین تعداد ضربات دست و پا به صورت معنی داری با استنشاق اکسیژن نسبت به حالت بدون استنشاق اکسیژن بیشتر بود. به علت اهمیت بالای یک دقیقه پایانی رقابت کاراته، افزایش تعداد ضربات دست زده شده می تواند نتیجه مسابقه را تغییر دهد؛ زیرا هر دو مبارز به علت کاهش آنزیم های گلیکولتیک، افزایش مقادیر H^+ و لاکتات، کاهش مقادیر HCO_3^- و PH؛ به خستگی می رسند و برتری از آن ورزشکاری است که ظرفیت بافری بالاتری داشته باشد (امینی و دیگران، ۲۰۲۱). دلیل این موضوع آن است که با زیاد شدن H^+ ، چرخه انقباض نیز

دچار اختلال می شود؛ یعنی وضعیتی که با کاهش سطح عملکرد ورزشکاران کاراته همراه است. ظرفیت بافری بالا همچنین می تواند به ورزشکار کمک کند تا فعالیت را در سه دقیقه مبارزه با شدت ادامه دهد. در مطالعه حاضر، شرکت کنندگان در حالت استنشاق اکسیژن ۶/۳۹ ضربه و پا اجرا کردند که حدود ۳۰ درصد با استنشاق اکسیژن بیشتر بود. نتیجه آن که احتمالاً استنشاق اکسیژن با بهبود اقتصاد و کارایی رقابت؛ تاثیر مثبتی بر رقابت داشته است. از جمله محدودیت های تحقیق حاضر می توان به تعداد کم آزمودنی ها اشاره کرد که در بخشی به دلیل وجود شرایط خاص کرونایی و نیز سطح حرفه ای ورزشکاران بوده است. این مورد می تواند در تحقیقات آتی و پس از پایان پاندمی کرونا، مورد توجه محققان قرار گیرد.

نتیجه گیری: به نظر می رسد استنشاق حاد اکسیژن قبل از رقابت کاراته، بر ظرفیت تامپونی بازیافت ورزشکاران کاراته تاثیر قابل ملاحظه ای ندارد؛ اما عملکرد ورزشکار در همان رقابت را بهبود می بخشد. بخشی از این موضوع می تواند به دلیل سازگاری های دستگاه تامپونی و اشباع اکسیژنی ورزشکاران حرفه ای باشد. با این وجود، بهبود عملکرد این گونه ورزشکاران پس از استنشاق اکسیژن، قابل تامل است. در تحقیق حاضر، استنشاق اکسیژن یک بار قبل از رقابت کاراته انجام شد و به نظر می رسد، تحقیقات آینده با بررسی استنشاق اکسیژن به صورت پی در پی قبل از هر رقابت، بتواند یافته های ارزشمندی را در این زمینه فراهم آورد.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع در مقاله حاضر برای نویسندگان وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

نویسندگان مقاله حاضر بر خود لازم می دانند تا از شرکت کنندگان در مطالعه، که در شرایط سخت کرونا و محدودیت های موجود، محققین را یاری کردند؛ کمال سپاس گزاری را داشته باشند.

منابع

Amini, A.M., Fashi, M., & Fayaz Milani, R. (2021). Acute effect of calcium lactate supplementation intake on the performance and buffering capacity of elite amateur boxing athletes. *Research In Sport Medicine and Technology*, 18(20), 25-33. [In Persian]

- Brugniaux, J.V., Coombs, G.B., Barak, O.F., Dujic, Z., Sekhon, M.S., & Ainslie, P.N. (2018). Highs and lows of hyperoxia: physiological, performance, and clinical aspects. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 315(1), R1-R27.
- Capling, L., Gifford, J.A., Beck, K.L., Flood, V.M., Slater, G.J., Denyer, G.S., & O'Connor, H.T. (2019). Development of an Athlete Diet Index for rapid dietary assessment of athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(6), 643-650.
- Fitts, R.H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74(1), 49-94.
- Freitag, N., Böttrich, T., Weber, P.D., Manferdelli, G., Bizjak, D.A., Grau, M., & Schumann, M. (2020). Acute low-dose hyperoxia during a single bout of high-intensity interval exercise does not affect red blood cell deformability and muscle oxygenation in trained men—A randomized crossover study. *Sports*, 8(1), 4.
- Gibala, M.J., Little, J.P., Van Essen, M., Wilkin, G.P., Burgomaster, K.A., Safdar, A., & Tarnopolsky, M.A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, 575(3), 901-911.
- Kon, M., Nakagaki, K., & Ebi, Y. (2020). Effect of practical hyperoxic high-intensity interval training on exercise performance. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 280, 103481.
- Lourenço, T., Nunes, L., Martins, L., Brenzikofer, R., & Macedo, D. (2019). The performance in 10 km races depends on blood buffering capacity. *Journal of Athletic Enhancement*, 8, 1.
- Mallette, M.M., Stewart, D.G., & Cheung, S.S. (2018). The effects of hyperoxia on sea-level exercise performance, training, and recovery: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(1), 153-175.
- Mirjavadi, S., Mirzayan Shanjani, S., & Kazem Zade, Y. (2019). The effects of inhaling oxygen during recovery on lactate response and blood acidity in trained young swimmers. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 7(14), 81-90. [In Persian]
- Nummela, A., Hämmäläinen, I., & Rusko, H. (2002). Effect of hyperoxia on metabolic responses and recovery in intermittent exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(5), 309-315.
- Pupiš¹, M., Pupišová¹, Z., & Pavlović, R. (2016). Influence of oxygen concentrate inhalation on performance in swimming underwater. *Sport Science*, 1, 70-73.
- Pupiš, M., Sližik, M., & Bartík, P. (2013). The use of hyperoxia as a way to accelerate recovery after a karate and judo match. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(3), S608-S614.
- Silva, T.C., Aidar, F.J., Zanona, A.D.F., Matos, D.G., Pereira, D.D., Rezende, P.E. N., Silva, D.d.S. (2021). The acute effect of hyperoxia on onset of blood lactate accumulation (OBLA) and performance in female runners during the maximal treadmill test. *International Journal of Environmental Research And Public Health*, 18(9), 4546.
- Sperlich, B., Calbet, J., Boushel, R., & Holmberg, H.-C. (2016). Is the use of hyperoxia in sports effective, safe and ethical? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26(11), 1268-1272.
- Sperlich, B., Zinner, C., Hauser, A., Holmberg, H.-C., & Wegrzyk, J. (2017). The impact of hyperoxia on human performance and recovery. *Sports Medicine*, 47(3), 429-438.
- Sperlich, B., Zinner, C., Krueger, M., Wegrzyk, J., Mester, J., & Holmberg, H.C. (2011). Ergogenic effect of hyperoxic recovery in elite swimmers performing high-intensity intervals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), e421-e429.

- Spriet, L.L., Howlett, R.A., & Heigenhauser, G.J. (2000). An enzymatic approach to lactate production in human skeletal muscle during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(4), 756-763.
- Stellingwerff, T., LeBlanc, P.J., Hollidge, M.G., Heigenhauser, G.J., & Spriet, L.L. (2006). Hyperoxia decreases muscle glycogenolysis, lactate production, and lactate efflux during steady-state exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 290(6), E1180-E1190.
- Stepto, N.K., Martin, D.T., Fallon, K.E., & Hawley, J.A. (2001). Metabolic demands of intense aerobic interval training in competitive cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(2), 303-310.
- Ulrich, S., Schneider, S.R., & Bloch, K.E. (2017). Effect of hypoxia and hyperoxia on exercise performance in healthy individuals and in patients with pulmonary hypertension: a systematic review. *Journal of Applied Physiology*, 123(6), 1657-1670.
- Unger, M., & Debold, E.P. (2019). Acidosis decreases the Ca²⁺ sensitivity of thin filaments by preventing the first actomyosin interaction. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 317(4), C714-C718.
- Vega, R.B., Konhilas, J.P., Kelly, D.P., & Leinwand, L.A. (2017). Molecular mechanisms underlying cardiac adaptation to exercise. *Cell Metabolism*, 25(5), 1012-1026.
- White, J., Dawson, B., Landers, G., Croft, K. & Peeling, P. (2013). Effect of supplemental oxygen on post-exercise inflammatory response and oxidative stress. *European journal of Applied Physiology*, 113(4), 1059-1067.