# Comparison of the Effect of Moderate and High-Intensity Interval Training on Lactate Concentration, Some Inflammatory, and Oxidative Indicators of Goalball Players

Abdulelah Abbas Al-Hadeethi A[1], Taghian F[2], Jawad Mohammed Al- Jawad Z[3], Jalali Dehkordi Kh[4]

1- Ph.D Student, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2- Full Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
3- Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Baghdad, Baghdad, Iraq
4- Associate Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Received: 2024.05.25 Accepted: 2024.09.21

## Abstract

**Purpose:** Goalball is a sport for visually impaired athletes and can affect physiological indicators. Therefore, the present study compared and investigated the effects of eight weeks of moderate and high-intensity interval training on the physiological indicators of Goalball players.

**Methods:** 24 male Goalball players in a semi-experimental study with a pre-test-post-test design randomly divided into three groups, including control, high-intensity interval training (intermittent running for 30 seconds with an intensity of 100-200% of the heart rate reserve (HRR), 30 seconds of active recovery at a speed of 50% HRR), and moderate-intensity interval training (including 25 minutes with an intensity of 40-50% HRR and the last four weeks 30 to 35 minutes with an intensity of 60-65% HRR). The data were analyzed using the repeated measure kruskal wallis tests at the significance level of $p<0.05$.

**Results:** The results showed that both exercises had a significant effect on the concentration of lactate ($p<0.001$, $\eta^2=0.847$), TNFα ($p<0.001$, $\eta^2=0.659$), malondialdehyde ($p<0.001$, $\eta^2=0.809$) and superoxide dismutase ($p<0.001$, $\eta^2=0.799$). Also, compared to moderate-intensity exercises, high-intensity exercises caused a significant decrease in the concentration of lactate ($p<0.001$), TNFα ($p<0.001$), malondialdehyde ($p<0.001$), and an increase in superoxide dismutase ($p<0.001$).

**Conclusion:** High-intensity interval training has a greater effect on the concentration of lactate, malondialdehyde, superoxide dismutase, and TNFα than moderate-intensity training. Therefore, it is recommended to trainers to use high-intensity interval training to improve physiological performance and reduce fatigue and muscle damage.

**Keywords:** Goalball, Aerobic, Anaerobic exercises, Inflammation, Lactate, MDA

Corresponding Author: Farzaneh Taghian

Email: ft.taghian@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9531-2952

**Copyright © 2023 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/**

► **Please cite this article as:** Abdulelah Abbas Al-Hadeethi A, Taghian F, Jawad Mohammed Al- Jawad Z, Jalali Dehkordi Kh. Comparison of the Effect of Moderate and High-Intensity Interval Training on Lactate Concentration, Some Inflammatory, and Oxidative Indicators of Goalball Players. **JPSR** 2024; 13(4): 17-29. **DOI:** 10.22038/JPSR.2025.80144.2624

# مقایسه تاثیر تمرینات اینتروال با شدت متوسط و بالا بر غلظت لاکتات و برخی شاخص های التهابی و اکسیداتیوی بازیکنان گلبال

احمد عبدالاله عباس الحدیثی[۱]، فرزانه تقیان[۲]، زیدون جواد محمد آل جواد[۳]، خسرو جلالی دهکردی[۴]

**هدف:** گلبال ورزشی برای ورزشکاران کم بینا است که می تواند بر شاخص های فیزیولوژیکی اثر گذار باشد. بنابراین، مطالعه حاضر مقایسه و بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا و متوسط بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بازیکنان گلبال بود.

**روش بررسی:** مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون می باشد. در این مطالعه تعداد ۲۴ بازیکن مرد گلبال به روش هدفمند و در دسترس انتخاب شدند و به صورت تصادفی و مساوی در سه گروه کنترل (سن ۲۵ ± ۳/۷۰ سال، قد ۱۷۵/۰۶ ± ۸/۶۵ متر، وزن ۷۲/۱۲ ± ۱۳/۱۱کیلوگرم، سابقه بازی ۸/۷۵ ± ۱/۶۶ سال) و تمرینات با شدت بالا (شامل دویدن متناوب به مدت ۳۰ ثانیه با شدت ۲۰۰-۱۰۰ درصد ضربان قلب ذخیره، ۳۰ ثانیه ریکاوری فعال با سرعت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره)(سن ۲۳/۱۲ ± ۳/۴۴ سال، قد۱۷۶/۹۳ ± ۷/۸۴ متر، وزن ۷۱/۱۲ ± ۱۳/۲۳ کیلوگرم، سابقه بازی ۸/۳۷ ± ۱/۹۲ سال) و تمرینات با شدت متوسط (شامل ۲۵ دقیقه با شدت ۵۰-۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره و چهار هفته آخر ۳۰ تا ۳۵ دقیقه با شدت ۶۵-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره) (سن ۲۵/۳۷ ± ۳/۱۵ سال، قد ۱۷۳ ± ۵/۲۹ متر، وزن ۷۲/۶۲ ± ۸/۳۱ کیلوگرم، سابقه بازی ۸/۱۲ ± ۱/۴۵ سال) قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از روش آنالیز واریانس با اندازه های تکراری (Repeated Measures ANOVA)، آزمون ناپارامتری کروسکال والیس (Kruskal-Wallis) و آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni Test) در سطح خطای پنج درصد و با استفاده از نسخه ی ۲۷ نرم افزار SPSS انجام شد.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که هر دو تمرین تاثیر معنادار بر غلظت لاکتات ($p<۰/۰۰۱$، $\eta^۲=۰/۸۴۷$)، TNFα ($p<۰/۰۰۱$، $\eta^۲=۰/۶۵۹$)، مالون دی آلدهید ($p<۰/۰۰۱$، $\eta^۲=۰/۸۰۹$)، و سوپر اکسید دیسموتاز ($p<۰/۰۰۱$، $\eta^۲=۰/۷۹۹$)، داشته است. همچنین، در مقایسه با تمرینات با شدت متوسط، تمرینات با شدت بالا سبب کاهش معنادار غلظت لاکتات ($p<۰/۰۰۱$)، TNFα ($p<۰/۰۰۱$) مالون دی آلدهید ($p<۰/۰۰۱$) و افزایش سوپر اکسید دیسموتاز ($p<۰/۰۰۱$) شده است.

**نتیجه گیری:** تمرینات تناوبی با شدت بالا تاثیرگذاری بیشتری بر غلظت لاکتات، مالون دی آلدهید، سوپر اکسید دیسموتاز و TNFα نسبت به تمرینات با شدت متوسط داشته است. بنابراین به مربیان توصیه می شود که تمرینات تناوبی با شدت بالا جهت بهبود عملکرد فیزیولوژیکی و کاهش میزان خستگی و آسیب دیدگی عضلانی استفاده گردد.

**کلمات کلیدی:** گلبال، تمرینات هوازی، بی هوازی، التهاب، لاکتات، MDA

**نویسنده مسئول:** فرزانه تقیان، ft.taghian@gmail.com، ORCID: 0000-0001-9531-2952

آدرس: اصفهان، ارغوانیه، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده علوم ورزشی

۱- دانشجوی دکتری گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳- استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی ، دانشگاه بغداد، بغداد، عراق

۴- دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

## مقدمه

گلبال یک ورزش پارالمپیک است که در سال ۱۹۴۶ توسط Hanz Lorenzen (۱) و Sepp Reindle (۲) برای توانبخشی و تسکین معلولین نابینا جنگ در طول دوره توانبخشی پیشنهاد شده است. ورزشکاران گلبال دارای اختلال بینایی و از سویی، دارای چندین ویژگی خاص در حوزه های فیزیکی، روانی و شناختی هستند (۳). گلبال سبب کاهش توده چربی بدن و شاخص توده بدنی ( Body Mass Index; BMI)، بهبود آمادگی جسمانی مرتبط با سلامت مانند استقامت قلبی تنفسی، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و انعطاف پذیری می گردد (۴). اکثر مطالعات بیشتر بر جنبه های ارزیابی عملکردی، آنتروپومتریک و مورفولوژیکی بازیکنان گلبال ارزیابی شده است (۵). سایر مطالعات پارامترهای هوازی و عملکردهای

فنی-تاکتیکی را در طول بازی تجزیه و تحلیل کرده اند (۶). با در نظر گرفتن این مطالعات، آمادگی فیزیولوژیکی (به عنوان مثال، شاخص های متابولیسم هوازی و بی هوازی، التهاب و استرس اکسیداتیو)، و پاسخ های فیزیولوژیکی مشاهده شده در طول بازی مشخص نشده است. Alves و همکاران (۷) پارامترهای فیزیولوژیکی را در طول بازی در بازیکنان گلبال تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که میزان انرژی مورد نیاز در تمرینات با شدت بالا ( High Intensity Interval Training; HIIT، ضربان قلب بین ۸۵ تا ۱۰۰ درصد حداکثر) در گلبال زیاد است (۷). علاوه بر این، پیشنهاد کردند که میزان انرژی مورد نیاز در تمرینات با شدت بالا از طریق مسیرهای متابولیسم بی هوازی و لاکتات تامین می گردد (۷، ۵). در ورزش های با شدت بالا، افزایش غلظت لاکتات خون یک نشانگر فیزیولوژیکی اولیه خستگی ورزشکار است که علم ورزش را بر آن می‌دارد تا استراتژی‌های بازیابی مؤثر را برای افزایش پاکسازی لاکتات خون و تسهیل بهبودی سریع بررسی کند و در نتیجه عملکرد ورزشی را افزایش دهد (۸). به نظر می رسد خستگی عضلانی باعث ایجاد کوفتگی عضلانی تاخیری ( Delayed Onset Muscle Soreness; DOMS) می گردد. مطالعات نشان داده است که بین لاکتات و کوفتگی عضلانی تاخیری رابطه وجود دارد. گلبال یک ورزش سخت بدنی است که به حرکات انفجاری، تغییر جهت سریع و ضربه های شدید نیاز دارد(۱۰، ۹). تمرینات ورزشی فشار قابل توجهی بر عضلات وارد می کند که منجر به تجمع لاکتات بالا و درد عضلانی تاخیری (DOMS) می شود (۸). در مطالعه ای Hayashi (۱۰) در سال ۲۰۲۱ نشان داد که ورزش گلبال در پارالمپیک ۲۰۱۶ در میان ورزش‌های آسیب زایی مانند فوتبال، جودو، پاورلیفتیگ قرار می گیرد (۱۰).

مشخص شده است که افزایش سیتوکین های التهابی نقش مهمی در کاهش روند توانبخشی و احساس خستگی دارد (۱۱). از سویی، افزایش میزان غلظت TNFα و مالون دی آلدهید(Malon Di Aldehyde; MDA) می تواند به عنوان واسطه های بالقوه با خستگی ارتباط داشته باشند و میزان ترشح لاکتات در فعالیت ورزشی افزایش یابد (۱۲). در نتیجه میزان عملکردهای فنی-تاکتیکی در آزمون ها کاهش یابد. TNFα یک سایتوکین پیش التهابی است که عمدتا توسط ماکروفاژها تولید می شود و قادر به القای آپوپتوز، التهاب، تکثیر سلولی و تمایز سلولی است (۱۳). از سویی، میزان سطح لاکتات خون در تمرینات و مسابقات گلبال بشدت افزایش می یابد و نشان دهنده نیاز به آمادگی قلبی عروقی در بازیکنان می باشد. در نتیجه انجام مسابقات گلبال منجر به ایجاد خستگی عضلانی می گردد (۱۴). مالون دی آلدهید محصول تخریب پراکسیدهای اسیدهای چرب اشباع نشده چندگانه است و بر پراکسیداسیون لیپیدی اثر می گذارد (۱۵). مشخص شده است که غلظت MDA پس از تمرینات ورزشی به طور قابل توجهی افزایش می یابد (۱۵). خستگی ناشی از تمرینات ورزشی می تواند MDA را افزایش دهد، که ممکن است از نظر فیزیولوژیکی با چندین نوکلئوزید واکنش دهد و ترکیبات افزایشی دئوکسی گوانوزین و دئوکسی آدنوزین را تشکیل دهد(۱۶، ۱۳). افزایش شدت تمرینات ورزشی ممکن است اکسیداسیون پورین را افزایش داده و در نتیجه اسید اوریک بیشتری تشکیل گردد (۱۵). حداکثر انقباضات ارادی ایزومتریک امکان تأیید اختلالات در عملکرد انقباضی (خستگی محیطی) و یا در سیستم عصبی مرکزی (خستگی مرکزی) را فراهم می کند(۱۸، ۱۷). تمرینات با شدت متوسط می تواند سبب افزایش میزان سوپر اکسید دیمسوتاز (Super Oxide Dismutase; SOD) گردد و میزان فعالیت رادیکالهای آزاد را کاهش می دهد (۱۹). از سویی، تولید مداوم رادیکالهای آزاد در سطح عضلات در اثر فعالیتهای ورزشی با شدت بالا می تواند به واسطه بهبود عملکرد دستگاه انتقال الکترون و آنتی اکسیدانها نقش داشته باشد (۲۰).

با توجه به اینکه اثرات فیزیولوژیکی تمرینات ورزشی در بازیکنان گلبال بر روی شاخص های خستگی و التهاب به خوبی شناخته شده نیست این پژوهش برای ارائه راهکار پیشنهادی درخصوص بازتوانی و توانبخشی شاخص های خستگی و التهاب در بازیکنان گلبال به بررسی تاثیر تمرینات ورزشی هوازی و بی هوازی طراحی گردید که این امر به نوبه خود ممکن است برخی ابهامات در مورد پاسخ-های فیزیولوژیکی در بازیکنان گلبال را مشخص نماید. در نتیجه، در این تحقیق تاثیر تمرینات اینتروال با شدت متوسط و بالا بر غلظت لاکتات و برخی شاخص های التهابی و اکسیداتیوی بازیکنان گلبال مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

**روش بررسی**

تعداد ۲۴ نفر از بازیکنان مرد گلبال شهر اصفهان با دامنه سنی بین ۲۹-۱۹ سال در این مطالعه نیمه تجربی شرکت کردند. برای تعیین میزان حجم نمونه از نرم افزار برآورد حجم نمونه (G*Power) با در نظر گرفتن سطح معناداری ۰/۰۵، اندازه اثر ۰/۴ و توان آزمونی ۰/۸ استفاده شد. بر اساس آنالیز این نرم افزار تعداد ۲۴ نفر تعیین شد. آزمودنی ها به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند و بصورت تصادفی در سه گروه همگن شامل، تمرینات با شدت بالا ( High Intensity Interval Training; HIIT، هشت نفر)، تمرینات با شدت متوسط ( Medium Intensity Interval Training; MIIT، هشت نفر)، و گروه کنترل (هشت نفر) قرار گرفتند.

برنامه تمرینی آن ها بر اساس سه جلسه در هفته بمدت دو ماه بوده است. شرایط ورود به مطالعه عبارت بود از: ۱- حداقل پنج سال سابقه بازی، ۲- عدم وجود منع پزشکی (بیماری و آسیب)، ۳- تمایل به شرکت در مطالعه بوده است. شرایط خروج از مطالعه عبارت بود از ۱- وجود آسیب طی ۳۰ روز گذشته یا سابقه ی جراحی که باعث محدود کردن حضور آن ها می شد. ۲- تعداد جلسات عدم حضور در تمرین ها و خروج از طرح بوده است.

**پروتکل تمرین**

در جلسات ابتدایی، مربی در مورد برنامه ی کلاس و نحوه‌ی اجرای تمرینات، ویژگی های تمرینات با آزمودنی ها صحبت نمود و از آزمودنی ها خواست در صورت احساس خستگی و یا ناتوانی و مواجه با هر مشکلی در داخل یا در فواصل بین جلسات تمرین، حتماً مشکل را با مربی و پژوهشگر مطرح نمایند. بعد از حدود ۱۵ دقیقه صحبت، آزمودنی ها شروع به انجام حرکات زیر نظر مربی و برنامه تمرینی مورد نظر نمودند. پروتکل‌های آزمایشی ورزشکاران قبل و بعد از مداخلات تمرینی مورد ارزیابی قرار گرفت.

برنامه تمرینی با شدت بالا (HIIT) شامل یک وهله گرم کردن (۱۵ دقیقه گرم کردن استاندارد) بود که با دویدن با شدت کم (۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره) و سپس ۳ تکرار ۳۰ ثانیه ای دویدن سریع و سپس ۳۰ ثانیه دویدن آهسته شروع شد. سپس، ۵ دقیقه کشش پویا در پایان برنامه برنامه ریزی شده بود. برنامه تمرینی HIIT شامل دویدن متناوب به مدت ۳۰ ثانیه با شدت ۱۰۰ درصد ضربان قلب ذخیره در هفته اول و دوم و بصورت شیب ملایم تا ۲۰۰-۱۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره در هفته هفتم و هشتم افزایش یافت. مدت زمان ریکاوری فعال ۳۰ ثانیه با سرعت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره (۴ ست، ۴ دور و ۵ دقیقه ریکاوری غیرفعال بین هر دور بود.) (جدول ۱) (۲۲، ۲۱). برای کنترل شدت تمرینات در تمرین HIIT، ضربان قلب آزمودنی قبل از شروع تمرین، در حین و بعد از تمرین HIIT در هر جلسه توسط محقق با استفاده از دستگاه ضربان سنج بوئرر (FT-90 ساخت آلمان) کنترل شد (جدول ۱). جهت محاسبه میزان درصد ضربان قلب ذخیره از فرمول زیر استفاده گردید (۲۳).

حداکثر ضربان قلب - ضربان قلب در حالت استراحت=درصد ضربان قلب ذخیره

برنامه تمرینات با شدت متوسط (MIIT) نیز شامل دویدن مداوم با شدت متوسط بود که در هفته اول آزمودنی ها ۲۵ دقیقه با شدت ۵۰-۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره هفته دوم ۲۵ دقیقه با شدت ۵۵-۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره هفته سوم تا هفتم ۳۰ دقیقه با شدت ۶۰-۵۵ درصد ضربان قلب ذخیره و هفته هشتم را ۳۰ تا ۳۵ دقیقه با شدت ۶۵-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره دویدند (جدول ۲) (۲۴). از گروه کنترل خواسته شد که بدون انجام فعالیت بدنی خاص به انجام فعالیت های معمول و روزانه خود بپردازند.

**نمونه گیری**

برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، قبل و بعد از مداخلات، ۵ میلی لیتر خون از ورزشکاران جمع آوری گردید. خون سیاهرگی از ورید بازویی دست چپ پس از ۱۲ساعت ناشتایی، ۲۴ ساعت پیش از اولین جلسه تمرین و بلافاصله بعد از آخرین جلسه تمرین با در نظر گرفتن اینکه ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پایان هفتهٔ هشتم)، درساعت ۸ تا ۱۰صبح داخل لوله های حاوی ماده ضدانعقاد خون ( Ethylene Diaminetetraacetic Acid; EDTA) جمع آوری شد. سپس ویال ها بلافاصله با سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ انجام گردید (شرکت آلمانی با نام Eppendorf) و با واحد دور در دقیقه (Relative Centrifugal Force; RCF یا Revolutions Per Minute; RPM) مورد ارزیابی قرار گرفت و سرم به

جدول۱: برنامه تمرینی با شدت بالا (HIIT) به مدت هشت هفته

| هفته | تکرار | جلسه در هفته | شدت تمرین (درصد ضربان قلب ذخیره) | استراحت فعال (درصد ضربان قلب ذخیره) | استراحت (دقیقه) |
|---|---|---|---|---|---|
| **اول-دوم** | ۴ | ۳ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۵ |
| **سوم-چهارم** | ۵ | ۳ | ۱۰۰-۱۲۰ | ۵۰ | ۵ |
| **پنجم-ششم** | ۵ | ۳ | ۱۲۰-۱۵۰ | ۵۰ | ۵ |
| **هفتم-هشتم** | ۵ | ۳ | ۱۵۰-۲۰۰ | ۵۰ | ۵ |

جدول۲: برنامه تمرینی با شدت متوسط (MIIT) به مدت هشت هفته

| هفته | زمان (دقیقه) | شدت (درصد ضربان قلب ذخیره) |
|---|---|---|
| **اول** | ۲۵ | ۴۰-۵۰ درصد |
| **دوم** | ۲۵ | ۵۰-۵۵ درصد |
| **سوم** | ۳۰ | ۵۵-۶۰ درصد |
| **چهارم** | ۳۰ | ۵۵-۶۰ درصد |
| **پنجم** | ۳۰ | ۵۵-۶۰ درصد |
| **ششم** | ۳۰ | ۵۵-۶۰ درصد |
| **هفتم** | ۳۰ | ۵۵-۶۰ درصد |
| **هشتم** | ۳۰-۳۵ | ۶۰-۶۵ درصد |

دست آمده تا زمان آزمایش در دمای۸۰- درجهٔ سانتیگراد در فریزر نگهداری شد. نمونه های خون بر اساس پروتکل-های ایمنی و زنجیره دمایی سرد به آزمایشگاه ارسال شد. سطح غلظت مالون دی آلدهید (MDA، Bioassay Technology Laboratory، SH0020، Shanghai، China)، لاکتات (Lactate، Abcam، ab65331) که میزان ضریب تغییرات برابر ۰/۰۲-۱۰ میلی مولار و میزان حساسیت ۰/۰۲ میلی مولار می باشد. فاکتور نکروز دهنده تومور α (TNFα، RayBio®، ELH-TNFa-CL، Georgia) که میزان ضریب تغییرات برابر ۶۰۰۰-۳۰ پیکو گرم/میلی لیتر و میزان حساسیت ۳۰ پیکو گرم/میلی لیتر بوده است. میزان غلظت سوپر اکسید دیسموتاز (SOD، NasdoxTM، NS-15033، IRAN) با میزان حساسیت اندازه گیری ۰/۲ واحد بر میلی لیتر، قبل و بعد از مداخلات تمرینی با استفاده از تکنیک الایزا اندازه‌گیری شد.

با توجه به طرح پژوهش، تجزیه و تحلیل در دو سطح توصیفی و استنباطی انجام شد. در سطح توصیفی از شاخص های میانگین و انحراف معیار استفاده شد. در سطح استنباطی با توجه به طرح پژوهش از مدل آنالیز واریانس با اندازه های تکراری ۳×۲ و آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس استفاده شد. آزمون تعقیبی بونفرونی به منظور انجام مقایسه های دوتایی مورد استفاده قرار گرفت. پذیره های زیربنایی مدل از قبیل نرمال بودن توزیع خطا، همگنی واریانس خطا و همگنی ماتریس واریانس کوواریانس (Covariance) به ترتیب بوسیله‌ی آزمون های شاپیرو-ویلک، لوین مورد بررسی و تایید قرار گرفت. برای مقایسه-ی ویژگی های فردی آزمودنی های دو گروه و با توجه به برقراری فرض نرمال بودن داده ها در هر گروه از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. آزمون ها در سطح خطای پنج درصد و با استفاده از نسخه ی ۲۷ نرم افزار SPSS انجام شد.

## یافته ها

۲۴ بازیکن مرد گلبال در قالب سه گروه هشت نفری کنترل و تمرینات با شدت بالا (شامل دویدن متناوب به مدت ۳۰ ثانیه با شدت ۲۰۰-۱۰۰ درصد ضربان قلب ذخیره، ۳۰

ثانیه ریکاوری فعال با سرعت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره) و تمرینات با شدت متوسط (شامل ۲۵ دقیقه با شدت ۵۰-۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره و چهار هفته آخر ۳۰ تا ۳۵ دقیقه با شدت ۶۵-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره) مورد مطالعه قرار گرفتند. ویژگی های فردی نمونه ها سن، قد، وزن و سابقه بازی جدول ۳ گزارش شده است. پس از بررسی و تایید نرمال بودن توزیع داده های مربوط به ویژگی های فردی، در هر یک از دو گروه، برای مقایسه‌ی میانگین سه گروه از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. نتیجه‌ی آزمون آنالیز واریانس یک طرفه تفاوت معناداری بین سه گروه در میانگین سن (p=۰/۳۹۱)، قد (p=۰/۵۷۶)، وزن (p=۰/۹۶۷) و سابقه بازی (p=۰/۲۷۶) نشان نداد.

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان غلظت لاکتات و مالون آلدهید (MDA) آزمودنی ها در سه گروه کنترل و تمرینات با شدت بالا (HIIT) و تمرینات با شدت متوسط (MIIT) در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به طرح مطالعه برای تحلیل داده ها از آزمون آنالیز واریانس با اندازه های تکرای ۳*۲ استفاده شد.

پذیره‌های زیربنایی این مدل بررسی و نتایج به صورت زیر بدست آمد. بر اساس نتایج آزمون شاپیروویلک برای میزان غلظت لاکتات در مراحل پیش آزمون (p=۰/۵۹۱)، پس‌آزمون (p=۰/۶۰۰) و میزان مالون آلدهید (MDA) در مراحل پیش آزمون (p=۰/۸۲۷)، پس‌آزمون (p=۰/۴۸۳) فرض نرمال بودن توزیع خطا رد نشد. بر اساس نتایج آزمون لوین، فرض همگنی واریانس خطا بین دو گروه برای میزان غلظت لاکتات در مراحل پیش آزمون (p=۰/۴۹۷) و پس-آزمون (p=۰/۸۰۱) و میزان مالون آلدهید (MDA) در مراحل پیش آزمون (p=۰/۷۳۵) و پس‌آزمون (p=۰/۹۹۱) رد نشد.

در میزان غلظت لاکتات طبق نتیجه‌ی آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری، اثر زمان اندازه‌گیری ($\eta^2$=۰/۰۰۲، p=۰/۸۷۴، F(۲,۲۱)=۰/۰۲۶) معنادار نبود. ولی اثر گروه آزمایشی ($\eta^2$=۰/۸۲۹، p=<۰/۰۰۱، F(۲,۲۱)=۴۱/۲۵۴) و اثر متقابل گروه و زمان اندازه‌گیری ($\eta^2$=۰/۸۴۷، p<۰/۰۰۱، F(۲,۲۱)=۴۷/۰۰۸) در سطح خطای پنج درصد معنادار بود.

در میزان مالون آلدهید (MDA) طبق نتیجه‌ی آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری، اثر زمان اندازه‌گیری ($\eta^2$=۰/۰۲۱، p=۰/۵۵۰، F(۲,۲۱)=۰/۳۷۳) معنادار نبود. ولی اثر گروه آزمایشی ($\eta^2$=۰/۶۶۷، p≤۰/۰۰۱، F(۲,۲۱)=۱۷/۰۳۸) و اثر متقابل گروه و زمان اندازه‌گیری ($\eta^2$=۰/۸۰۹، p<۰/۰۰۱، F(۲,۲۱)=۴۷/۰۶۵) در سطح خطای پنج درصد معنادار بود.

نتایج حاصل از اندازه گیری میزان سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و TNFa آزمودنی ها در سه گروه کنترل و تمرینات با شدت بالا (HIIT) و تمرینات با شدت متوسط (MIIT) در جدول ۵ ارائه شده است. در این متغیرها ابتدا تحلیل واریانس با اندازه های مکرر انجام شد اما به دلیل برقرار نبودن پذیره های زیربنایی در آن ها برای تحلیل داده ها از آزمون کروسکال والیس استفاده شد.

میزان سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) طبق نتیجه‌ی آزمون کروسکال والیس، در مرحله پیش آزمون (p=۰/۴۲۸) معنادار نبود اما در مرحله پس آزمون تمرینات با شدت بالا (HIIT) و تمرینات با شدت متوسط (MIIT) در سطح خطای پنج درصد معنادار بود (p<۰/۰۰۱).

میزان TNFa طبق نتیجه‌ی آزمون کروسکال والیس، در مرحله پیش آزمون (p=۰/۶۰۵) معنادار نبود اما در مرحله پس آزمون تمرینات با شدت بالا (HIIT) و تمرینات با شدت متوسط (MIIT) در سطح خطای پنج درصد معنادار بود (p<۰/۰۰۱).

بنابراین میزان غلظت لاکتات و مالون آلدهید (MDA)، میزان سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و میزان TNFa در بازیکنان گلبال بعد از انجام تمرینات بطور معناداری بیشتر از قبل تمرین بوده است. و تفاوت معناداری بین میانگین امتیاز آزمودنی‌های سه گروه کنترل و تمرینات با شدت بالا (HIIT) و تمرینات با شدت متوسط (MIIT) مشاهده شد..

مقایسه های دوتایی بین گروه‌های مورد مطالعه با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی انجام شد. بر اساس نتایج این آزمون در جدول۶، در متغیر میزان غلظت لاکتات تمام گروه‌ها بجز تمرینات اینتروال با شدت بالا و متوسط با یکدیگر تفاوت معناداری دارند (p<۰/۰۰۱). بعلاوه در میزان مالون آلدهید (MDA) و میزان سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) در تمام گروه ها بجز دو گروه کنترل و تمرینات اینتروال با شدت متوسط با یکدیگر تفاوت معناداری دارند (p<۰/۰۰۱). در میزان بیان ژن TNFa

جدول۳: اطلاعات جمعیت شناختی گروه های مورد مطالعه

| متغیر | گروه: کنترل | | | گروه: تمرینات اینتروال با شدت بالا (HIIT) | | | گروه: تمرینات با شدت متوسط (MIIT) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین ± انحراف معیار | آماره آزمون | p- مقدار | میانگین ± انحراف معیار | آماره آزمون | p- مقدار | میانگین ± انحراف معیار | آماره آزمون | p- مقدار |
| سن (سال) | ۳/۷۰ ± ۲۵ | ۰/۹۱۵ | ۰/۳۹۰ | ۳/۴۴ ± ۲۳/۱۲ | ۰/۹۴۴ | ۰/۶۵۴ | ۳/۱۵ ± ۲۵/۳۷ | ۰/۹۱۲ | ۰/۳۶۸ |
| وزن (کیلوگرم) | ۱۳/۱۱ ± ۷۲/۱۲ | ۰/۹۵۴ | ۰/۷۴۷ | ۱۳/۲۳ ± ۷۱/۱۲ | ۰/۹۶۸ | ۰/۸۸۱ | ۸/۳۱ ± ۷۲/۶۲ | ۰./۹۵۶ | ۰/۷۶۷ |
| قد (متر) | ۸/۶۵ ± ۱۷۵/۰۶ | ۰/۸۹۳ | ۰/۲۴۹ | ۷/۸۴ ± ۱۷۶/۹۳ | ۰/۹۲۵ | ۰/۴۷۵ | ۵/۲۹ ± ۱۷۳ | ۰/۹۴۴ | ۰/۶۵۶ |
| سابقه بازی (سال) | ۱/۶۶ ± ۸/۷۵ | ۰/۷۵۳ | ۰/۰۹ | ۱/۹۲ ± ۸/۳۷ | ۰/۸۳۳ | ۰/۰۶۳ | ۱/۴۵ ± ۸/۱۲ | ۰/۹۳۰ | ۰/۵۱۶ |

جدول ۴: نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر در گروه های مورد مطالعه

| متغیر | زمان | گروه: کنترل | گروه: تمرینات با شدت بالا (HIIT) | گروه: تمرینات با شدت متوسط (MIIT) | زمان | گروه | اثر متقابل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین ± انحراف معیار | میانگین ± انحراف معیار | میانگین ± انحراف معیار | | | |
| میزان غظت لاکتات | پیش‌آزمون | ۱/۲۴ ± ۸/۹۷ | ۰/۸۴ ± ۸/۸۴ | ۰/۹۸ ± ۸/۹۲ | p=۰/۸۷۴ | p<۰/۰۰۱ | p<۰/۰۰۱ |
| | پس‌آزمون | ۰/۵۷ ± ۸/۶۷ | ۰/۸۸ ± ۳/۰۴ | ۰/۵۹ ± ۴/۳۳ | ($\eta^2$=۰/۰۰۲) | ($\eta^2$=۰/۸۲۹) | ($\eta^2$=۰/۸۴۷) |
| میزان مالون آلدهید (MDA) | پیش‌آزمون | ۰/۶۰ ± ۵/۰۸ | ۰/۷۳ ± ۵/۶۳ | ۰/۴۶ ± ۵/۵۴ | p=۰/۵۵۰ | p<۰/۰۰۱ | p<۰/۰۰۱ |
| | پس‌آزمون | ۱/۰۲ ± ۵/۹۱ | ۰/۸۹ ± ۱/۹۳ | ۰/۹۵ ± ۴/۵۹ | ($\eta^2$=۰/۰۲۱) | ($\eta^2$=۰/۶۶۷) | ($\eta^2$=۰/۸۰۹) |

High Intensity Interval Training; HIIT, Medium Intensity Interval Training; MIIT

جدول ۵: نتایج آزمون کروسکال والیس در گروه های مورد مطالعه

| متغیر | زمان | کنترل | تمرینات با شدت بالا (HIIT) | تمرینات با شدت متوسط (MIIT) | نتایج آزمون کروسکال والیس | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین ± انحراف معیار | میانگین ± انحراف معیار | میانگین ± انحراف معیار | آماره آزمون | p -مقدار |
| میزان سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) | پیش آزمون | ۰/۷۹ ± ۸/۵۶ | ۰/۵۱ ± ۸/۳۰ | ۰/۳۷ ± ۸/۲۳ | ۱/۶۹۵ | ۰/۴۲۸ |
| | پس آزمون | ۰/۳۰ ± ۸/۸۱ | ۰/۵۲ ± ۱۲/۵۵ | ۱/۰۲ ± ۱۰/۲۵ | ۱۸/۲۳۹ | <۰/۰۰۱ |
| میزان TNFa | پیش آزمون | ۰/۶۹ ± ۵/۵۰ | ۰/۶۶ ± ۵/۴۵ | ۰/۵۷ ± ۵/۲۷ | ۱/۰۰۶ | ۰/۶۰۵ |
| | پس آزمون | ۰/۶۳ ± ۵/۷۰ | ۰/۸۴ ± ۲/۴۹ | ۰/۶۳ ± ۵/۷۰ | ۲۰/۱۸۳ | <۰/۰۰۱ |

HIIT: High Intensity Interval Training, SOD: Super Oxide Dismutase

جدول ۶: نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در بررسی مقایسه بین گروه ها

| متغیر | گروه (۱) | گروه (۲) | اختلاف میانگین ها | p -مقدار |
|---|---|---|---|---|
| میزان غلظت لاکتات | کنترل | تمرینات اینتروال با شدت بالا | ۲/۸۸۰ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | ۲/۱۹۷ | <۰/۰۰۱ |
| | تمرینات اینتروال با شدت بالا | کنترل | -۲/۸۸۰ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | -۰/۶۸۲ | ۰/۲۹۱ |
| | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | کنترل | -۲/۱۹۷ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت بالا | ۰/۶۸۲ | ۰/۲۹۱ |
| میزان مالون آلدهید (MDA) | کنترل | تمرینات اینتروال با شدت بالا | ۱/۷۱۳ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | ۰/۴۳۱ | ۰/۴۹۴ |
| | تمرینات اینتروال با شدت بالا | کنترل | -۱/۷۱۳ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | -۱/۲۸۱ | ۰/۰۰۱ |
| | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | کنترل | -۰/۴۳۱ | ۰/۴۹۴ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | تمرینات اینتروال با شدت بالا | ۱/۲۸۱ | ۰/۰۰۱ |
| **میزان سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)** | کنترل | تمرینات اینتروال با شدت بالا | -۱/۷۳۷ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | -۰/۵۵۳ | ۰/۰۹۳ |
| | تمرینات اینتروال با شدت بالا | کنترل | ۱/۷۳۷ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | ۱/۱۸۴ | <۰/۰۰۱ |
| | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | کنترل | ۰/۵۵۳ | ۰/۰۹۳ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت بالا | -۱/۱۸۴ | <۰/۰۰۱ |
| **میزان بیان ژن TNFa** | کنترل | تمرینات اینتروال با شدت بالا | ۱/۶۲۸ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | ۰/۸۹۱ | <۰/۰۰۱ |
| | تمرینات اینتروال با شدت بالا | کنترل | -۱/۶۲۸ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | -۰/۷۳۷ | <۰/۰۰۱ |
| | تمرینات اینتروال با شدت متوسط | کنترل | -۰/۸۹۱ | <۰/۰۰۱ |
| | | تمرینات اینتروال با شدت بالا | ۰/۷۳۷ | <۰/۰۰۱ |

SOD: Super Oxide Dismutase

TNFa تمام گروه ها با یکدیگر تفاوت معناداری مشاهده شد (p<۰/۰۰۱).

## بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر با هدف مقایسه و بررسی تاثیرات تمرینات تناوبی با شدت بالا و متوسط به مدت هشت هفته بر غلظت لاکتات و برخی شاخص های التهابی و اکسیداتیوی بازیکنان گلبال صورت پذیرفت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد انجام تمرینات تناوبی با شدت بالا و متوسط به مدت هشت هفته سبب تغییرات غلظت لاکتات، مالون دی آلدهید، سوپر اکسید دیسموتاز و TNFα در سطح سرم ورزشکاران گلبال شده است. نتایج بیانگر کاهش معنادار (p<۰/۰۰۱) سطوح غلظت لاکتات، مالون دی آلدهید و TNFα در اثر انجام تمرینات تناوبی با شدت بالا نسبت به انجام تمرینات با شدت متوسط بمدت هشت هفته در بازیکنان گلبال بود. از سویی، نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت سوپر اکسید دیسموتاز در اثر انجام تمرینات تناوبی با شدت بالا نسبت به انجام تمرینات با شدت متوسط بمدت هشت هفته در بازیکنان گلبال بطور معنادار افزایش یافته است.

در این مطالعه مشخص شد که، انجام تمرینات با شدت بالا سبب کاهش میزان غلظت لاکتات نسبت به تمرینات با شدت متوسط شده است. از سویی، غلظت TNFα با انجام تمرینات با شدت بالا نسبت به تمرینات با شدت متوسط شده است. TNF-α آبشار التهابی را پس از هر تمرین با شدت بالا با تحریک سمپاتیک القا می کنند (۲۵). TNF-α بلافاصله بعد از تمرین حتی ۴۸ ساعت بعد از تمرین ۱۰ بالاتر از مقادیر استراحت آن ها بودند (۲۷، ۲۶). افزایش IL-6 پس از تمرینات ورزشی ممکن است باعث شروع درد عضلانی به ویژه پس از تمرینات با شدت بالا می گردد (۲۸، ۲۶). Park و همکاران (۲۹) نشان دادند که انجام تمرینات هوازی با شدتهای مختلف (شدت کم، متوسط و بالا) سبب تولید لاکتات می گردد. در این مطالعه مشخص شده است که میزان غلظت لاکتات از طریق تمرینات هوازی با شدت کم و متوسط بطور معنی داری افزایش نیافته است. از سویی، تمرینات هوازی با شدت زیاد سبب افزایش غلظت لاکتات در کوتاه مدت شده است و پس از سازگاری تمرینات هوازی با شدت بالا سبب بهبود غلظت لاکتات در سرم شده است. نتایج بدست آمده از مطالعه پارک و همکاران در راستای نتایج بدست آمده از این مطالعه می باشد (۲۹).

Alves و همکاران (۷)، مقایسه پارامترهای فیزیولوژیکی و بررسی ارتباط بین پاسخ های فیزیولوژیکی و فنی در طول بازی های گلبال را انجام دادند. در این مطالعه، هفت ورزشکار نخبه از تیم ملی برزیل را انتخاب گردید و میزان حداکثر مصرف اکسیژن ($VO_2max$) و اوج غلظت لاکتات خون در سرعت های بالا و تمرینات بی هوازی مورد ارزیابی قرار گرفت. Alves و همکاران (۷) نشان دادند که هیچ ارتباطی بین آنالیزهای آزمایشگاهی، میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و حداکثر غلظت لاکتات خون یافت نشد. نتایج مطالعه Alves و همکاران (۷) مخالف نتایج بدست آمده از این مطالعه می باشد. به طور کلی Alves و همکاران (۷) نشان دادند که گلبال را می توان به عنوان یک ورزش متناوب با شدت بالا توصیف کرد، که در آن عملکرد ورزشکار مبتنی بر غلبه متابولیسم هوازی است در حالی که اقدامات تعیین‌کننده توسط متابولیسم بی‌هوازی تامین می‌شود (۷).

همچنین، Wan و همکاران (۳۰) نشان دادند که غلظت لاکتات خون یکی از عوامل متابولیک است که می تواند بر انقباض و خستگی عضلات تأثیر بگذارد زیرا با شدت ورزش افزایش می یابد (۳۰). Theophilos و همکاران (۳۱) اولین محققینی بودند که پارامترهای فیزیولوژیکی را در طول بازی گلبال را تجزیه و تحلیل کردند. این نویسندگان گزارش کردند که تقاضای فیزیکی با شدت بالا (ضربان قلب بین ۸۵ تا ۱۰۰ درصد حداکثر) حرکات گلبال را تشکیل می‌دهد، و همچنین پیشنهاد کردند که این تمرینات با شدت بالا توسط تمرینات بی‌هوازی، عمدتاً با استفاده از متابولیسم لاکتیک تامین می‌شود (۳۱). لاکتات یک محصول جانبی متابولیک گلیکولیز بی هوازی است که زمانی اتفاق می‌افتد که عضلات، گلوکز را برای تولید انرژی در طول تمرینات با شدت بالا تجزیه می‌کنند. تجمع لاکتات در خون و عضله ها نشانگر خستگی است، زیرا نشان می دهد که عضلات برای تولید انرژی بیشتر به متابولیسم بی هوازی متکی هستند (۸).

اندازه گیری غلظت لاکتات پس از ۴۸ ساعت تمرینات ورزشی به محققان این امکان را می دهد تا توانایی بدن برای بازیابی پس از تمرینات ورزشی بالا مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۰). این بازه زمانی قابل توجه است زیرا سبب ایجاد درد عضلانی تاخیری (DOMS) می گردد. ۴۸ ساعت یک بازه زمانی متداول برای رسیدن DOMS است که نوعی درد عضلانی است که پس از تمرینات ورزشی بالا رخ می دهد (۳۲). اندازه گیری غلظت لاکتات در این مرحله می تواند به محققان در درک رابطه بین DOMS و تجمع لاکتات کمک کند (۱۰). نکته دیگر آسیب و ترمیم عضلانی است که پس از انجام تمرینات با شدت بالا، فیبرهای عضلانی دچار پارگی های کوچک می شوند که منجر به التهاب و فرآیندهای ترمیم می گردد. اندازه گیری غلظت لاکتات بعد از ۴۸ ساعت می تواند بینشی در مورد چگونگی توانایی عضله برای بازیابی آسیب و سازگاری با تمرینات ورزشی ارائه دهد. از سویی دیگر، تمرینات مکرر می تواند به سازگاری های متابولیکی، مانند افزایش تراکم میتوکندری و بهبود پاکسازی لاکتات منجر شود (۱۰). اندازه‌گیری غلظت لاکتات پس از ۴۸ ساعت می‌تواند به محققان کمک کند تا درک کنند این سازگاری‌ها چگونه رخ می‌دهند و چگونه بر عملکرد ورزشی تأثیر می‌گذارند. همچنین، تمرین بیش از حد و خستگی سبب افزایش غلظت لاکتات ۴۸ ساعت پس از تمرینات ورزشی می گردد و بر عملکرد تاثیر منفی می گذارد و خطر آسیب را افزایش می دهد (۳۳). با نظارت بر سطوح لاکتات، مربیان می توانند برنامه های تمرینی را برای جلوگیری از تمرین بیش از حد و بهبودی بهینه تنظیم کنند. لازم به ذکر می باشد که اندازه گیری غلظت لاکتات ۴۸ ساعت پس از تمرین می تواند به محققان کمک کند تا تنوع فردی در پاسخ بازیکنان گلبال به ورزش و ریکاوری را درک کنند. از این اطلاعات می توان برای تنظیم برنامه های تمرینی با نیازهای خاص هر بازیکن استفاده کرد (۹).

در یک محیط مسابقات، بازیکنان گلبال ممکن است مجبور شوند چندین بازی را در مدت کوتاهی انجام دهند (۹). اندازه‌گیری غلظت لاکتات ۴۸ ساعت پس از تمرین می‌تواند به محققان کمک کند تا درک کنند بازیکنان چگونه بین بازی‌ها بهبود می‌یابند و چگونه این کار بر عملکرد آنها در مسابقات بعدی تأثیر می‌گذارد (۳۴). همچنین، افزایش غلظت لاکتات ۴۸ ساعت پس از تمرینات ورزشی می تواند نشان دهنده آسیب یا خستگی عضلانی باشد که خطر آسیب را افزایش می دهد (۸). با نظارت بر سطوح لاکتات، مربیان می توانند بازیکنانی را که ممکن است در معرض آسیب هستند شناسایی کنند و اقدامات پیشگیرانه را انجام دهند. با توجه به اینکه آزمودنی های این مطالعه خاص هستند و خونگیری از این بازیکنان بسیار حساس می باشد و سبب درد و حساسیت در آنها می گردد (۳۴). مطالعات اندکی پاسخ‌های فیزیکی ورزشکاران گلبال را در طول شرایط آزمایشگاهی، آزمایش‌های زمینه ای و/یا زمینه تمرین نشان داده‌اند. در آزمایشگاه، اکثر مطالعات به بررسی مشخصات مورفولوژیکی، اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و آمادگی جسمانی عمومی می‌پردازند (۳۵). Milias و همکاران (۳۶) نیز با بررسی تأثیر آسیب عضلانی ناشی از فعالیت برونگرا بر سطوح سرم کراتین کیناز خون اظهار داشتند که سطوح سرمی کراتین کیناز تام پس از فعالیت افزایش می یابد. همچنین، Kimyon و Ince(۳۷) به بررسی رابطه بین میزان آمادگی جسمانی، ویژگی‌های آنتروپومتریک، میزان بینایی ورزشکاران دارای اختلالات بینایی و عملکرد پرتابهای از سمت راست پرداخته بود. Balcı و همکاران (۳۸) به بررسی تعیین ویژگی ها و رابطه بین قدرت عضلانی ایزومتریک و عملکردهای تنفسی ورزش گلبال پرداخته بود. در مجموع ۱۴ ورزشکار گلبال (۱۰ زن، چهار ورزشکار مرد) در این مطالعه وارد شدند. اندازه گیری قدرت عضلانی ایزومتریک اندام فوقانی، اندام تحتانی و تنه و آزمون های

عملکرد ریوی برای ورزشکاران در دو روز مختلف انجام شد (۳۸). در این مطالعه مشخص شد که عملکردهای تنفسی با قدرت عضلات اندام فوقانی- تحتانی و تنه مرتبط است. با این نتیجه، این ایده مطرح می شود که تمرینات قدرتی می-تواند بر بهبود عملکرد تنفسی در افراد دارای معلولیت تأثیر بگذارد، که هم برای سلامت کلی و هم برای عملکرد ورزشی بسیار مهم است (۳۸).

انجام منظم فعالیت های ورزشی با ایجاد سازگاری های سلولی و افزایش آنزیم های آنتی اکسیدانی، می تواند پتانسیل آنتی اکسیدانی بدن را برای مقابله با شرایط اکسایشی ارتقا دهد. در ارتباط با وضعیت آنتی اکسیدانی و زمانی که تولید رادیکال های آزاد در بدن افزایش می یابد، مالون دی آلدهید و ظرفیت تام آنتی اکسیدانی و سوپر اکسید دیسموتاز از جمله شاخص های مهم استرس اکسایشی هستند که اندازه گیری می شوند (۳۹). در این مطالعه فاکتورهای آنتی اکسیدانتی و اکسیداتیوی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت معنادار بین انجام تمرینات تناوبی با شدت بالا در مقایسه با تمرینات تناوبی با شدت متوسط بری میزان غلظت مالون دی آلدهید، و سوپر اکسید دیسموتاز وجود دارد. همچنین، پس از هشت هفته انجام تمرینات ورزشی با شدت بالا و متوسط تفاوت معناداری در غلظت مالون دی آلدهید و سوپر اکسید دیسموتاز مشاهده شده است. طبق مطالعه Gibala و همکارانش (۴۰)، شدت تمرین عامل کلیدی موثر بر فعال شدن گیرنده گاما ۱-آلفا (PGC-1α) فعال شده توسط تکثیرکننده پراکسی زوم در عضله اسکلتی انسان است. اثرات مثبت مسیر فعال سازی PGC-1α شامل افزایش جذب اکسیژن، تشکیل آنتی اکسیدان ها، افزایش ظرفیت اکسیداتیو و فعال شدن مسیرهای ضد التهابی است. تمرینات ورزشی همچنین باعث افزایش رگ زایی و تسریع جریان خون می شود که منجر به کاهش انقباض عروق و بروز هیپوکسی می شود (۴۱). تمرینات ورزشی باعث کاهش جذب مولکول های چسبندگی می‌شود و در نتیجه روند التهابی در دیواره عروقی را کاهش می دهد (۴۲).

با توجه به یافته های پژوهش حاضر می توان نتیجه گیری کرد که تمرینات تناوبی با شدت بالا و متوسط می توانند سبب بهبود عملکرد فیزیولوژیکی و فاکتورهای خستگی از جمله میزان غلظت لاکتات، مالون دی آلدهید، سوپر اکسید دیسموتاز و TNFα سرم خون می گردد. علاوه بر این نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات تناوبی با شدت بالا و متوسط تاثیر زیادی بر روی توانبخشی بازیکنان گلبال دارد. از سویی، نتایج نشان داد که تمرینات تناوبی با شدت بالا نسبت به تمرینات تناوبی با شدت متوسط اثر بخشی بیشتری بر روی فاکتور های لاکتات، مالون دی آلدهید، سوپر اکسید دیسموتاز و TNFα سرم خون بازیکنان گلبال دارد. بنابراین به مربیان توصیه می‌شود که تمرینات تناوبی با شدت بالا مورد استفاده در این مطالعه برای بهبود عملکرد فیزیولوژیکی خود استفاده نمایند. از جمله محدودیت های مطالعه حاضر می توان به عدم کنترل شرایط روانی بازیکنان اشاره کرد. محدودیت بعدی این بود که مطالعه حاضر روی بازیکنان گلبال مرد با محدوده سنی ۲۱تا ۲۷سال انجام شد و تعمیم نتایج نیز تنها بر گروه های سنی، جنسی مشابه ممکن است. از سویی، در این مطالعه از تست های عملکردی و ارتباط آن با پاسخ های فیزیولوژیکی مورد ارزیابی شده در این مطالعه استفاده نشده است. از دیگر محدودیت های این مطالعه عدم اندازه گیری متغیر ها بلافاصله، ۱۲ ساعت و ۲۴ ساعت پس از تمرینات بوده است. با توجه به اینکه نوع آزمونی ها ویژه بوده (نابینا و یا کم بینایی شدید) و نسبت به خونگیری و روش های تهاجمی حساس بودند لذا با این محدودیت روبه رو بودیم. بهتر است در تحقیقات آینده باتوجه به محدودیت تحقیق حاضر، تاثیر این گونه تمرینات روی گروه های سنی و جنسی دیگر نیز مورد بررسی قرار بگیرد. و تست های عملکردی این رشته ورزشی مورد ارزیابی قرار گیرد و ارتباط آنها با تغییرات فیزیولوژی در بازیکنان مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. همچنین با انجام مطالعه ای مشابه در ورزش های مختلف و مقایسه نتایج آن با نتایج مطالعه حاضر میتوان راهکار عملی به منظور بهبود عملکرد بازیکنان و کاهش عوامل خطر آسیب و پیشگیری از آن ها ارائه نمود.

## سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از رساله دکتری در رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) با کداخلاق IR.IAU.KHUISF.REC.1402.381 می باشد. بدین وسیله نویسندگان از مسئولین محترم دانشکده علوم ورزشی دانشگاه آزاد واحد اصفهان (خوراسگان) صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایند.

**نقش نویسندگان**

احمد عبدالاله عباس الحدیثی (نویسنده اول): نگارش و ویرایش، تجزیه و تحلیل داده ها و انجام آزمایش ها.

فرزانه تقیان (نویسنده مسئول):ـنگارش و ویرایش، تجزیه و تحلیل داده ها.

زیدون جواد محمد آل جواد: نگارش و ویرایش، تجزیه و تحلیل داده ها.

خسرو جلالی دهکردی: ویرایش مقاله.

**منابع مالی**

تمامی اقدامات پژوهشی توسط دانشجو و با کمک حمایت های معنوی دانشگاه آزاد واحد اصفهان (خوراسگان) انجام شده است.

**تعارض منافع**

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

**منابع**

1. Çolak T, Bamaç B, Aydin M, Meriç B, Özbek A. Physical fitness levels of blind and visually impaired goalball team players. Isokinetics and Exercise Science 2004; 12(4): 247-252.

2. Morato MP, Furtado OLPdC, Gamero DH, Magalhães TP, Almeida JJGd. Development and evaluation of an observational system for goalball match analysis. Revista Brasileira de Ciências do Esporte 2017; 39: 398-407.

3. Karakaya İÇ, Aki E, Ergun N. Physical fitness of visually impaired adolescent goalball players. Percept mot skills 2009; 108(1): 129-136.

4. Rebai M, Tan R, Vanlandewijck Y, Derman W, et al. The Underlying Mechanisms of Sports Injuries in Paralympic Goalball: A Mixed-Method Study. Am J Phys Med Rehabil 2023; 102(8): 746-753

5. do Bonfim BMA, Bonuzzi GMG, de Mello Monteiro CB, Junior CdMM. Could the profile of mood states predict performance in training and competition of professional goalball athletes? Human Movement 2023; 24(4): 72-79.

6. Link D, Weber C. Finding the gap: An empirical study of the most effective shots in elite goalball. PloS One 2018; 13(4): e0196679.

7. Alves IDS, Kalva-Filho CA, Aquino R, Travitzki L, et al. Relationships between aerobic and anaerobic parameters with game technical performance in elite goalball athletes. Front Physiol 2018; 9: 1636.

8. Ferrara L, D'Angelo S. Post-exercise fatigue, lactate, and natural nutritional strategy. Journal of Physical Education and Sport 2023; 23(9): 2274-2283.

9. Zwierzchowska A, Rosołek B, Celebańska D, Gawlik K, Wójcik M. The prevalence of injuries and traumas in elite goalball players. Int J Environ Res Public Health 2020; 17(7): 2496.

10. Hayashi D, Crema M, Jarraya M, Blauwet C, Heiss R. Magnetic Resonance Im-aging Depicted Muscle Injuries in Athletes Participating in the Rio De Janeiro 2016 Summer Paralympic Games. Int J Sports Exerc Med. 2021; 7: 195.

11. Aung T, Grubbe WS, Nusbaum RJ, Mendoza JL. Recent and future perspectives on engineering interferons and other cytokines as therapeutics. Trends Biochem Sci 2023; 48(3): 259-273.

12. Abedpoor N, Taghian F, Ghaedi K, Niktab I, et al. PPARγ/Pgc-1α-Fndc5 pathway up-regulation in gastrocnemius and heart muscle of exercised, branched chain amino acid diet fed mice. Nutr metab 2018; 15(1): 1-15.

13. Abedpoor N, Taghian F, Hajibabaie F. Physical activity ameliorates the function of organs via adipose tissue in metabolic diseases. Acta histochem 2022; 124(2): 151844.

14. Hernando D, Garatachea N, Almeida R, Casajús JA, Bailón R. Validation of heart rate monitor Polar RS800 for heart rate variability analysis during exercise. J Strength Cond Res 2018; 32(3): 716-725.

15. Hajibabaie F, Abedpoor N ,Mohamadynejad P. Types of cell death from a molecular perspective. Biology 2023; 12(11): 1426.

16. Abedpoor N, Taghian F, Ghaedi K, Niktab I, et al. PPARγ/Pgc-1α-Fndc5 pathway up-regulation in gastrocnemius and heart muscle of exercised, branched chain amino acid diet fed mice. Nutr Metab 2018; 15: 1-15.

17. Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? Med sci sports exerc 1996; 28(11): 1402-1412.

18. Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. J Physiol 2008; 586(1): 11-23.

19. Pengam M, Goanvec C, Moisan C, Simon B, et al. Moderate intensity continuous versus high intensity interval training: Metabolic responses of slow and fast skeletal muscles in rat. Plos One 2023; 18(10): e0292225.

20. Shang Q, Bian X, Zhu L, Liu J, et al. Lactate Mediates High-Intensity Interval Training—Induced Promotion of Hippocampal Mitochondrial Function through the GPR81-ERK1/2 Pathway. Antioxidants 2023; 12(12): 2087.

21. Jacob N, So I, Sharma B, Marzolini S, et al. Effects of high-intensity interval training on blood lactate levels and cognition in healthy adults: protocol for systematic review and network meta-analyses. Syst Rev 2022; 11(1): 31.

22. Rohnejad B, Monazzami A. Effects of high-intensity intermittent training on some inflammatory and muscle damage indices in overweight middle-aged men. Apunts Sports Medicine 2023; 58(217): 100404.

23. Amiri R, Sadeghi H, Borhani Kakhki Z. The Effect of Cardio, Aerobic and Concurrent Rehabilitation on Hemodynamic and Biomechanical Indicators in Older Men With Coronary Artery Disease. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine 2023; 12(3): 432-445.

24. Cuddy TF, Ramos JS, Dalleck LC. Reduced exertion high-intensity interval training is more effective at improving cardiorespiratory fitness and cardiometabolic health than traditional moderate-intensity continuous training. Int J Environ Res Public Health 2019;16(3):483.

25. Amanollahi N, Tartibian B, Gholami F. The Effect of High Intensity Interval Training and Honey Consumption on some Inflammatory Indices in Sedentary Subjects. International Journal of Health Studies 2020; 6(2):1-5.

26. Żebrowska A, Jastrzębski D, Sadowska-Krępa E, Sikora M, Di Giulio C. Comparison of the Effectiveness of High-Intensity Interval Training in Hypoxia and Normoxia in Healthy Male Volunteers: A Pilot Study. BioMed Res Int 2019; 2019: 7315714.

27. Gerosa-Neto J, Antunes BM, Campos EZ, Rodrigues J, et al. Impact of long-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training on subclinical inflammation in overweight/obese adults. J Exerc Rehabil 2016; 12(6): 575-580.

28. Brown M, McClean CM, Davison GW, Brown JC, Murphy MH. The acute effects of walking exercise intensity on systemic cytokines and oxidative stress. Eur j appl physiol 2018; 118(10): 2111-2120.

29. Park J, Kim J, Mikami T. Exercise-Induced Lactate Release Mediates Mitochondrial Biogenesis in the Hippocampus of Mice via Monocarboxylate Transporters. Front Physiol 2021; 12: 736905.

30. Wan J-j, Qin Z, Wang P-y, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. Exp mol med 2017; 49(10): e384.

31. Theophilos P, Antonios C, Helen D, Antonios A, Savvas TP. Heart rate responses and blood lactate concentration of goal ball players during the game. Proceedings of the 10th Annual Congress of the European College of Sport Science; 2005.

32. Zhang X, Li X, Wu Z, Li X, Zhang G. Deciphering recovery paradigms: Foam rolling's impact on DOMS and lactate dynamics in elite volleyball athletes. Heliyon 2024; 10(7): e29180

33. Hollander K, Kluge S, Glöer F, Riepenhof H, et al. Epidemiology of injuries during the wheelchair Basketball world Championships 2018: a prospective cohort study. Scand J Med Sci sports 2020; 30(1): 199-207.

34. Hu J, Cai M, Shang Q, Li Z, et al. Elevated lactate by high-intensity interval training regulates the hippocampal BDNF expression and the mitochondrial quality control system. Front Physiol 2021; 12: 629914.

35. Molik B, Morgulec-Adamowicz N, Kosmol A, Perkowski K, et al. Game performance evaluation in male goalball players. J Hum Kinet 2015; 48: 43-51.

36. Milias GA, Nomikos T, Fragopoulou E , Athanasopoulos S, Antonopoulou S. Effects of eccentric exercise-induced muscle injury on blood levels of platelet activating factor (PAF) and other inflammatory markers. Eur j appl physiol 2005; 95(5-6): 504-513.

37. Kimyon B, Ince G. The comparison of physical fitness, anthropometric characteristics, and visual acuity of goalball players with their right shot performance. J Visual Impairment & Blindness 2020; 114(6): 516-530.

38. Balcı A, Akınoğlu B, Kocahan T, Hasanoğlu A. The relationships between isometric muscle strength and respiratory functions of the Turkish National Paralympic Goalball Team. J exerc rehabil 2021; 17(1): 45-51.

39. Lorente L, Martín MM, Pérez-Cejas A, Abreu-González P, et al. Serum total antioxidant capacity during the first week of sepsis and mortality. J Crit Care 2018; 47: 139-144.

40. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. J physiol 2012; 590(5): 1077-1084.

41. Kwak S-E, Lee J-H, Zhang D, Song W. Angiogenesis: focusing on the effects of exercise in aging and cancer. J exerc nutrition biochem 2018; 22(3): 21-26.

42. You T, Arsenis NC, Disanzo BL, LaMonte MJ. Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity: current evidence and potential mechanisms. Sports Med 2013; 43: 243-256.