

The Effect of Fartlek Training on Fatigue, Muscle Damage, and Performance Parameters in Soccer Players

Received:

2023/12/23

Accepted:

2024/04/27

Online ISSN

3060-7078

ABSTRACT

Introduction:

This study was conducted to investigate the effect of fartlek training on fatigue, muscle damage, and performance parameters in soccer players.

Materials and Methods:

Thirty young male soccer players aged 20–30 years with a body mass index of 22 kg/m² and maximum oxygen consumption of 53 ml/kg/min from League One in Tabriz, Iran, were selected to participate in this research and randomly divided into experimental and control groups (15 participants each). Participants in the experimental group performed fartlek training for eight weeks (two sessions per week), while the control group continued regular soccer training. The Yo-Yo test was used to assess aerobic power, and the Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST) was used to evaluate anaerobic power and fatigue index. Blood samples were collected before and five minutes after the RAST test to assess serum lactate and lactate dehydrogenase (LDH) response. Within-group data and between-group data were analyzed using paired t-tests and ANCOVA, respectively.

Results:

The mean lactate and lactate dehydrogenase levels in the post-test were significantly lower in the experimental group compared to the control group ($p \leq 0.05$). Lactate levels in the post-test decreased by 15.4% compared to the pre-test, and lactate dehydrogenase levels decreased by 9.45% to 11.4% in the experimental group. A significant decrease in the fatigue index and significant increases in maximum oxygen consumption and anaerobic capacity were observed in the experimental group ($p \leq 0.05$). The fatigue index decreased by 16.45% in the experimental group.

Conclusion:

Fartlek training reduces fatigue and muscle damage and improves physical fitness capabilities in soccer players.

Keywords:

Anaerobic power, fartlek training, soccer, lactate, lactate dehydrogenase

Milad Madanchiha¹

1.PhD student of exercise physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Azam Zarneshan²**Bahloul Ghorbanian²**

2.Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Shahid Madani, Tabriz, Iran

Mohammad Babaei³**Belal Mahdavi³****Samaneh Hadi³**

3.PhD student of exercise physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Correspondence:

Milad Madanchiha

Email

Miladmadanchi10@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-2261-9733>

Extended Abstract**Introduction:**

Soccer is currently the most popular sport worldwide (1). Soccer players need good technical and tactical skills and high levels of endurance, speed, strength, and coordination to achieve successful performance (2). The energy used by soccer players is mainly generated by aerobic metabolism, and an adequate level of aerobic fitness allows players to perform high-intensity repetitive actions in a soccer match, accelerate the recovery process, and maintain their physical condition at an optimal level throughout the game and season. Maximum oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$) in professional soccer players can range from 55 to 65 ml/kg of body weight per minute (2). Due to the high intensity of the game, blood lactate production is high, especially in the first half. Therefore, designing training programs based on changes in blood lactate and time to fatigue is one of the main goals of preparation programs in soccer (6). Various training methods have been used to improve lactate and LDH response, including high-intensity interval training (10), speed training (11), continuous training (12), and circuit training (13). Given that the choice of training program is important and decisive for achieving high-level performance, examining the effect of diverse training methods through different studies will lead to better practical results. Fartlek, a Swedish term meaning "speed play," involves variable intensity and continuous training, placing sufficient stress on both anaerobic and aerobic systems. This study aims to answer the question of whether fartlek training can improve aerobic and anaerobic capacity, fatigue index, and lactate and lactate dehydrogenase response in soccer players.

Methodology:

This study was a quasi-experimental study with a pre-test/post-test design, including a training group and a control group. The statistical population included young male soccer players in Tabriz League One. Thirty subjects were randomly selected from 119 eligible subjects and randomly divided into two groups of 15 (experimental and control). One week before the start of the study protocol, subjects completed a medical history questionnaire. Written informed consent was obtained from all subjects in accordance with the Declaration of Helsinki (ethical principles in medical research involving humans). Subjects were prohibited from performing strenuous activities such as official soccer games 48 hours before testing. On the day of blood collection, a standardized breakfast was consumed by all subjects. Functional tests and blood collection were performed in two different sessions with a 48-hour interval. First, the Yo-Yo test was administered to assess aerobic power. Forty-eight hours later, the RAST test was administered to assess anaerobic power and fatigue index, with blood sampling before and five minutes after to assess serum lactate and lactate dehydrogenase response. After 48 hours of rest, the main fartlek training began. The training was performed for eight weeks, two sessions per week on Monday and Thursday. The post-test phase was repeated after eight weeks of fartlek training under conditions similar to the pre-test. Fartlek training was performed in each session after general warm-up and before regular soccer training during the off-season at the Takhti Maragheh Sports Complex. The American College of Sports Medicine (ACSM) intensity rating scale was used to control exercise intensity with a rating of perceived exertion (RPE) of 15–17 and a heart rate of 85–95% of maximum heart rate (HR_{max}) (20). Previous studies have reported an RPE score of 16 as appropriate for fartlek training (21). In searches conducted, there was no specific implementation method for fartlek training, and most studies did not mention the method of performing the exercises (22, 23). Fartlek training in this study consisted of fast running at an intensity of 16 RPE (equivalent to 90% of maximum heart rate) and slow running at a lower intensity. Training load was increased by increasing the training volume (number of repetitions).

Results:

After the RAST test, in both pre- and post-test stages, lactate and lactate dehydrogenase levels in both experimental and control groups showed a significant increase ($p \leq 0.05$) (Table 3). In the post-test, the response (delta values before and after the RAST test) of lactate ($p = 0.045$ and $t = 2.11$) and LDH ($p = 0.027$ and $t = 2.33$) showed a significant difference between the experimental group ($LDH\Delta = 38.53$ and $L\Delta = 76.93$) and the control group ($LDH\Delta = 59$ and $L\Delta = 92.64$). The results of other variables, according to Table 4, indicate an increase in aerobic capacity (VO_{2max}) and peak anaerobic power after eight weeks of fartlek training compared to the pre-test, and a significant decrease in the fatigue index in the experimental group compared to the control group ($p < 0.05$).

Discussion:

High lactate threshold training, including high-intensity interval training, has been reported to stimulate an improved lactate response in athletes. It has been suggested that high-intensity interval training delays lactate accumulation to a greater extent, and that increased oxidative capacity and muscle fiber recruitment, increased lactate tolerance, or increased lactate clearance may contribute to better tolerance of high-intensity exercise (26). Another possible mechanism is alterations in the enzyme pyruvate dehydrogenase and modulation of carbohydrate metabolism through the entry of pyruvate-derived acetyl into the citric acid cycle and increased acetyl-coenzyme A, resulting in reduced lactate production (27). Since lactate production occurs simultaneously with the formation of hydrogen ions (H^+), excessive hydrogen ion accumulation during high-intensity exercise may affect the adaptations of the pH-regulating system within skeletal muscle. It has been reported that interval training with long rest periods leads to an increase in intracellular buffering capacity compared to short rest periods (1 min) (29). The one- to two-minute rest periods in this study may be effective in increasing muscle buffering capacity and enhancing lactate removal. The observation of increased LDH resulting from intense interval exercise activities such as the Copenhagen football protocol suggests that intense interval training, such as that occurring in a soccer match, may lead to muscle damage in players. Therefore, the use of such training has been suggested to help soccer players adapt to competitions and reduce recovery time (9). Studies confirm that the enzyme lactate dehydrogenase, in addition to creating inflammatory conditions for muscle cells and increasing its level due to damage to the muscle fiber membrane after physical activity, also plays an effective role in the process of energy and lactate production (31). The immediate increase in whole blood LDH after an intense anaerobic test may be due to damage to the muscle cell membrane and increased penetration of the long-chain M-isoenzyme, including LDH5, into the blood. LDH5 is produced in skeletal muscle and catalyzes the conversion of pyruvate to lactate. Fartlek training may have led to an increase in the long-chain H-isoenzymes, including LDH1, which improve the aerobic oxidation of pyruvate, thereby reducing lactate production (32). Regarding the mechanism of action of intense interval training in improving VO_{2max} , central adaptations such as increased stroke volume and cardiac output, or peripheral adaptations with greater oxygen uptake by active muscles as well as increased mitochondrial number or calcium pump function, have been suggested (33). Fartlek training is used to increase endurance and VO_{2max} in all sports. The characteristics of fartlek training, such as fast and slow running or walking over long periods of time and distance, are very similar to the characteristics of soccer, in which players must run at different speeds and sometimes walk for extended periods (34). Therefore, soccer players can benefit from this type of training to adapt and improve aerobic endurance.

اثر تمرینات فارتلک بر برخی پارامترهای خستگی، آسیب عضلانی و عملکردی بازیکنان فوتبال

چکیده	تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸ شاپا الکترونیکی ۳۰۶۰-۷۰۷۸
مقدمه: مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تمرینات فارتلک بر برخی پارامترهای خستگی، آسیب عضلانی و عملکردی بازیکنان فوتبال انجام شد. روش تحقیق: ۳۰ نفر از مردان جوان ۲۰-۳۰ ساله با شاخص توده بدنی 22 kg/m^2 و حداکثر اکسیژن مصرفی 53 ml/kg/min فوتبالیست لیگ یک تبریز ایران برای شرکت در این پژوهش انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. تمرینات به مدت هشت هفته انجام شد. آزمودنی‌ها دو تا تست با فاصله ۴۸ ساعت قبل و بعد از هشت هفته تمرین فارتلک انجام دادند: (۱) تست یویو برای ارزیابی $\text{VO}_{2\text{max}}$ و (۲) تست رست به عنوان آزمون بی‌هوای برای ارزیابی توان بی‌هوای، شاخص خستگی و پاسخ لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک آزمون تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر، آنکوا و تی تست مستقل در سطح آماری $p \geq 0.05$ و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS24 انجام شد. یافته‌ها: میانگین لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز در پس آزمون در گروه تجربی کمتر از گروه کنترل بود ($0.05 \leq p$). سطوح لاکتات در پس آزمون نسبت به پیش آزمون $15/4$ درصد کاهش و سطوح لاکتات‌دهیدروژناز $9/45$ تا $11/4$ درصد در گروه تجربی کاهش داشته است. کاهش معناداری در شاخص خستگی و افزایش معناداری در حداکثر اکسیژن مصرفی و توان بی‌هوای گروه تجربی مشاهده شد ($p < 0.05$). شاخص خستگی نیز $16/45$ درصد در گروه تجربی کاهش داشته است. نتیجه گیری: تمرینات فارتلک موجب کاهش خستگی و آسیب عضلانی و بهبود برخی قابلیت‌های آمادگی جسمانی در بازیکنان فوتبال می‌شود. واژگان کلیدی: توان بی‌هوای، فارتلک، فوتبال، لاکتات، لاکتات‌دهیدروژناز	میلاد معدنچی‌ها^۱ ۱-دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. اعظم زرنشان^۲ بهلول قربانیان^۲ ۲-هیأت علمی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، ایران. محمد بابایی^۳ بلال مهدوی^۳ سمانه هادی^۳ ۳-دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. * نویسنده مسئول: میلاد معدنچی‌ها ایمیل: Miladmadanchi10@gmail.com https://orcid.org/0009-0004-2261-9733

مقدمه:

در حال حاضر فوتبال پرطرفدارترین رشته ورزشی در سراسر جهان است (۱). بازیکنان فوتبال برای رسیدن به یک عملکرد موفق در بازی نیاز به مهارت‌های فنی، تاکتیکی خوب و سطوح بالایی از استقامت، سرعت، قدرت و مهارت‌های هماهنگی دارند (۲). انرژی مورد استفاده بازیکنان فوتبال عمدتاً توسط متابولیسم هوازی تولید می‌شود و سطح مناسب آمادگی هوازی به بازیکنان این امکان را می‌دهد تا اقدامات تکراری با شدت بالا را در یک بازی فوتبال انجام دهند، روند ریکاوری را تسریع کنند و شرایط بدنی خود را در سطح بهینه در طول کل بازی و فصل حفظ کنند. حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال، می‌تواند از ۵۵ تا ۶۵ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه متغیر باشد (۲). با وجود اینکه در فوتبال متابولیسم غالب، هوازی است، اما در لحظات مهم مسابقه، بخشی از حرکات انفجاری ناشی از متابولیسم بی‌هوازی فعال می‌شود. حرکاتی مانند دوی سرعت در موقعیت‌های ضد حمله و شتاب‌های کوتاه، شاخص توان بی‌هوازی (ANP) را برجسته می‌کند. این شاخص در لحظات تعیین‌کننده مسابقه متغیر بسیار مهمی محسوب می‌گردد و قابل تمرین است و می‌توان آن را با روش‌های تمرینی مختلف از قبیل پلایومتریک، اسپرینت^۱ و اینتروال ارتقاء داد (۳). طبق مطالعات قبلی تمرینات تناوبی می‌تواند منجر به بهبود توان هوازی در تیم فوتبال حرفه‌ای گردد (۴). گزارش شده است که وقتی تمرین تناوبی با شدت بالا به بار تمرینی معمولی اضافه می‌شود، می‌تواند ظرفیت دویدن با شدت بالا را در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال بهبود بخشد و این تأثیر در افزایش قابلیت‌های بی‌هوازی قابل تشخیص است (۵). با توجه به شدت بالای بازی در فوتبال سطح لاکتات تولیدی خون به ویژه در نیمه اول بازی بالا می‌باشد، از این رو طراحی برنامه‌های تمرینی بر اساس تغییرات لاکتات خون و زمان رسیدن به خستگی از اهداف عمده برنامه آماده‌سازی در ورزش فوتبال است (۶). در همین زمینه گزارش‌های اخیر حاکی از این است که تمرینات تناوبی انفجاری (SIT)^۲ یک الگوی تمرینی مؤثر برای بازیکنان جوان فوتبال نخبه در بهبود عملکرد ورزشی از طریق تغییرات در سینتیک لاکتات می‌باشد (۷). نشان داده شده است که پس از بازی فوتبال سطوح لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز (LDH)^۴ افزایش می‌یابد (۸، ۹). روش‌های تمرینی مختلفی برای بهبود پاسخ لاکتات و LDH استفاده شده است، که از آن جمله می‌توان به تمرینات تناوبی با شدت بالا (۱۰)، تمرینات سرعتی (۱۱)، تمرینات تداومی (۱۲) و تمرینات دایره‌ای (۱۳) اشاره کرد. با توجه به اینکه انتخاب نوع برنامه‌های تمرینی برای دستیابی به سطح عملکرد بالا مهم و تعیین‌کننده است، بررسی اثر روش‌های تمرینی متنوع و متفاوت توسط پژوهش‌های متفاوت نتیجه کاربردی بهتری به دنبال خواهد داشت. چنانچه در بالا اشاره شد اغلب مطالعات اثر انواع تمرینات تناوبی شدید و سرعتی را در بهبود ظرفیت هوازی و بی‌هوازی و کنتیک لاکتات بررسی کرده‌اند ولی اثر تمرینات فارتلک در این زمینه مورد توجه نبوده است. فارتلک در زبان سوئدی به معنی بازی با سرعت است. در این نوع تمرینات با توجه به شدت متغیر و تمرین مداوم، به‌اندازه کافی بر سیستم بی‌هوازی و هوازی فشار وارد می‌شود. در این زمینه فستیوان و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند اجرای تمرینات اینتروال با شدت بالا، تمرین فارتلک و تمرین دایره‌ای اورگان موجب افزایش VO_{2max} می‌شوند (۱۴). گومانتان و همکاران (۲۰۲۰) نیز اثر معنادار تمرینات فارتلک بر افزایش VO_{2max} در بازیکنان فوتسال را نشان دادند (۱۵). تفاوت آن با تمرینات اینتروال سنتی در این است که شدت و سرعت آن بدون ساختار و مطابق با میل ورزشکار می‌باشد و از اجرای ساده و راحت‌تر برخوردار است (۱۶)، لذا مطالعه حاضر در جهت پاسخ به این سوال است که آیا تمرینات فارتلک می‌توانند ظرفیت هوازی، بی‌هوازی، شاخص خستگی و پاسخ لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز را در بازیکنان فوتبال بهبود ببخشد؟

1. Anaerobic power

2. Sprint training

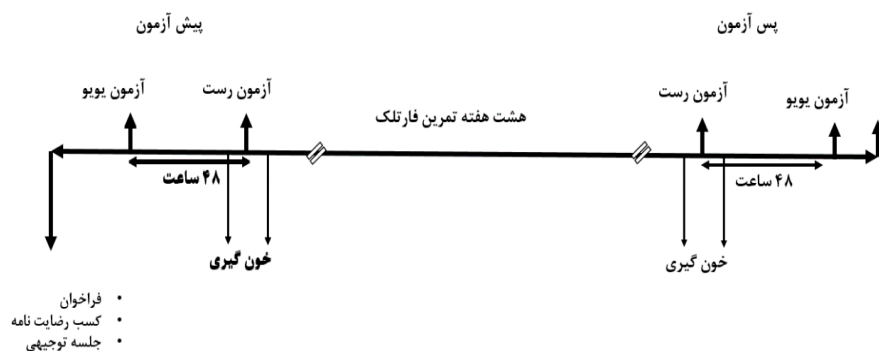
3. Sprint interval training

4. Lactate dehydrogenase

روش تحقیق:

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی بوده و طرح آن به صورت پیش و پس آزمون شامل گروه تمرین و گروه کنترل بود. جامعه آماری تحقیق حاضر شامل مردان جوان بازیکن فوتبال لیگ یک تبریز بود. تعداد ۳۰ نفر به صورت تصادفی از بین ۱۱۹ نفر واجد شرایط انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره (تجربی و کنترل) تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: مردان جوان با رده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، سابقه حداقل دو سال و هفته‌ای دو بار فعالیت فوتبال، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی و تنفسی یا سندرم متابولیک و معیارهای خروج از مطالعه عدم حضور منظم در تمرینات بود. گروه کنترل شامل بار تمرینی معمولی و گروه تجربی بار تمرینی معمولی به علاوه تمرینات فارتلک بود.

یک هفته قبل از شروع پروتکل مطالعه، آزمودنی‌ها پرسشنامه سابقه پزشکی را پر کردند. همچنین از تمامی آزمودنی‌ها، رضایت‌نامه کتبی آگاهانه، مطابق با اصول اساسی بیانیه هلسینکی (اصول اخلاقی در پژوهش‌های پزشکی بر روی انسان) به دست آمد. مطالعه حاضر از نظر اخلاقی توسط کارگروه اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی ایران با کد: SSRI.REC-2204-1609 (R1) مورد تأیید قرار گرفت. اطلاعات اولیه در خصوص سن و قد و وزن آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد. برنامه کلی و جزئیات پروتکل توضیح داده شد و هماهنگی‌های لازم برای حضور با رعایت شرایط لازم در جلسه تست و ارزیابی‌های اولیه صورت گرفت. آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل از مراجعه از انجام فعالیت‌های سخت مانند بازی رسمی فوتبال منع شدند. در روز خون‌گیری صبحانه مشترک توسط تمامی آزمودنی‌ها و بعد از مرحله خون‌گیری مصرف شد. آزمون‌های عملکردی و خون‌گیری در دو جلسه متفاوت با فاصله ۴۸ ساعت انجام شد. ابتدا آزمون یویو (YO-YO) به عنوان آزمون عملکردی برای ارزیابی توان هوازی گرفته شد. ۴۸ ساعت بعد، آزمون رست (RAST) به عنوان آزمون بی‌هوازی برای ارزیابی توان بی‌هوازی و شاخص خستگی با دو مرحله خون‌گیری قبل و ۵ دقیقه بعد جهت ارزیابی پاسخ لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز سرم گرفته شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت از آزمون رست، تمرینات اصلی فارتلک شروع شد. تمرینات به مدت هشت هفته و هفته‌ای دو جلسه در روزهای دوشنبه و پنجشنبه اجرا شد. مرحله پس‌آزمون مشابه شرایط پیش‌آزمون پس از هشت هفته تمرینات فارتلک تکرار شد. پروتکل ارزیابی متغیرها در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- شماتیکی از روند کلی پژوهش

کیت شرکت بایرکس فارس ایران با کد محصول BXC0622 و با حساسیت ۰/۲ میلی لیتر در دسی لیتر برای اندازه‌گیری لاکتات و کیت تجاری BIONIK با حساسیت یک U/L برای اندازه‌گیری لاکتات‌دهیدروژناز، پرسشنامه میزان درک فشار بورگ (RPE) برای کنترل شدت تمرینات فارتلک استفاده شد. حداکثر ظرفیت هوازی (VO_{2max}) با کمک تست یویو و برحسب مسافت طی شده از طریق فرمول زیر برآورد شد (۱۷).

حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه) = (مسافت طی شده (متر) $\times 0.084$) + $36/4$

تست رست برای ارزیابی توان بی‌هوازی و پاسخ‌های خونی لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز و شاخص خستگی بکار برده شدند. با توجه به زمان‌های ثبت شده در تست رست با استفاده از فرمول زیر برای هرکدام از مسافت‌ها توان بی‌هوازی محاسبه شد و بالاترین عدد محاسبه شده به عنوان توان بی‌هوازی اوج در نظر گرفته شد (۱۸).

وزن (کیلوگرم) = توان $\times 1225 \div$ (زمان سریع‌ترین تکرار به ثانیه)

اندازه‌گیری شاخص خستگی با استفاده از تست رست و طبق فرمول زیر محاسبه شد (۱۹):

میانگین توان کل زمان ۶ مرحله / (حداقل توان - اوج توان) = شاخص خستگی

تمرینات فارتلک

تمرینات فارتلک در هر جلسه بعد از گرم کردن عمومی و قبل از تمرینات متداول فوتبال و در فصل استراحت در مجتمع ورزشی تختی مراغه اجرا شد. برای کنترل شدت تمرین از رتبه‌بندی سطح شدت کالج پزشکی ورزشی آمریکا (ACSM) با ۱۵-۱۷ درک فشار (RPE) و ۸۵ الی ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب (HRmax) استفاده شد (۲۰) طبق مطالعات قبلی نمره درک فشار ۱۶ برای تمرینات فارتلک مناسب گزارش شده است (۲۱). طی جستجوهای صورت گرفته، شیوه اجرای مشخصی برای تمرینات فارتلک وجود ندارد و عمدتاً به نحوه اجرای تمرینات اشاره نکرده‌اند (۲۲، ۲۳). تمرینات فارتلک در مطالعه حاضر شامل دوی سریع با شدت نمره ۱۶ از RPE (معادل ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب) و دوی آرام با شدت دلخواه بود. افزایش بار به صورت افزایش حجم تمرین (تعداد تکرار) بود.

جدول ۱- برنامه تمرینی فارتلک طی هشت هفته

Table 1. Eight-week fartlek training program

Table 1: Eight week fartlek training program				
۱-دوی سریع: ۶۰ ثانیه با شدت ۱۶ RPE				برنامه تمرین فارتلک Fartlek training schedule
1-Fast running: 60 seconds with an intensity of 16 RPE				
۲-دوی آرام: ۱۵۰ ثانیه با شدت دلخواه				
2-Slow running: 150 seconds with desired intensity				
۳-دوی سریع: ۶۰ ثانیه با شدت ۱۶ RPE				برنامه تمرین فارتلک Fartlek training schedule
3-Fast running: 60 seconds with an intensity of 16 RPE				
۴-دوی آرام: ۱۲۰ ثانیه با شدت دلخواه				
4- Slow running: 120 seconds with desired intensity				
هفته هفتم و هشتم 7th and 8th week	هفته پنجم و ششم 5th and 6th week	هفته سوم و چهارم 3th and 4th week	هفته اول و دوم 1th and 2th week	هفته‌های تمرین Weeks of training
3	4	5	6	تعداد تکرار برنامه تمرین Repetitions of the schedule

توزیع طبیعی داده به کمک آزمون شاپیرو ویلک بررسی شد و تغییرات لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز با استفاده از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شدند. مقایسه سطوح لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز بین دو گروه در زمان‌های مختلف به کمک تی تست انجام شد. برای مقایسه درون گروهی سایر متغیرها درپیش و پس آزمون از تی زوجی و بین گروهی از آنکوا با کواریانت قرار دادن مقادیر پایه استفاده شد. سطح معناداری در تمامی آزمون‌ها $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها:

مشخصات اولیه آزمودنی‌ها از قبیل سن و قد و وزن و بررسی همسانی اولیه آن‌ها بین دو گروه به کمک آزمون تی تست مستقل در جدول ۲ ارائه شده است. طبق نتایج تفاوت معناداری بین مشخصات اولیه دو گروه مشاهده نشد ($p \geq 0.05$).

جدول ۲- مقایسه مشخصات اولیه دو گروه مطالعه

Table 2. Comparison of baseline characteristics between the two study groups

P-value*	گروه کنترل	گروه تجربی	متغیر
	Control Group	Group Experimental	Variable
0.07	24.86 ± 2.87	23.06 ± 3.34	سن (سال) / Age (Years)
0.125	172.93	174.5	قد (سانتی‌متر) / Height (Cm)
0.228	62.92	67.5	وزن (کیلوگرم) / Weight (Kg)
0.11	17.34	18.16	درصد چربی / Fat Percentage

بعد آزمون از یک جلسه‌ای رست در هر دو مرحله پیش و پس آزمون میزان لاکتات و لاکتات دهیدروژناز در هر دو گروه تجربی و کنترل افزایش معناداری نشان دادند ($p \leq 0.05$) (جدول ۳). در پس آزمون پاسخ (دلتهای مقادیر بعد و قبل تست رست) لاکتات ($t=2/11$ و $p=0/045$) و LDH ($t=2/33$ و $p=0/027$) بین گروه تجربی ($\Delta \text{LDH}=38/53$ و $\Delta \text{L}=76/93$) و کنترل ($\Delta \text{LDH}=59$ و $\Delta \text{L}=92/64$) تفاوت معناداری نشان داد.

جدول ۳- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی مربوط به مقایسه‌های درون گروهی عامل زمان در هر یک از گروه‌ها

Table 3. Results of the Bonferroni post-hoc test for within-group comparisons of the time factor in each group

Sig	اختلاف میانگین	مقایسه مراحل ارزیابی	گروه	متغیر
	Difference Mean	Comparison Stages	Group	Variable
0.001*	96.13	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش آزمون Pre-Test Single Session	تجربی Experimental	لاکتات (MG/DL) / Lactate
0.001*	-18.06	بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش و پس آزمون Pre-Post Single Session		
0.001*	76.93	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پس آزمون Post-Test Single Session		
0.001*	89.26	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش آزمون Pre-Test Single Session		
0.991	3.47	بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش و پس آزمون Pre-Post Single Session	کنترل Control	لاکتات دهیدروژناز (IU/L) / LDH
0.001*	92.33	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پس آزمون Post-Test Single Session		
0.021*	24	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش آزمون Pre-Test Single Session		
0.008*	32.11	بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش و پس آزمون Pre-Post Single Session		
0.001*	28.53	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پس آزمون Post-Test Single Session	تجربی Experimental	لاکتات دهیدروژناز (IU/L) / LDH
0.001*	45	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش آزمون Pre-Test Single Session		
0.654	8.06	بعد آزمون یک جلسه‌ای پیش و پس آزمون Pre-Post Single Session		
0.001*	59	قبل و بعد آزمون یک جلسه‌ای پس آزمون Post-Test Single Session		

نتایج سایر متغیرها طبق جدول شماره ۴ حاکی از افزایش ظرفیت هوازی (VO_{2max}) و اوج توان بی‌هوازی پس از هشت هفته تمرینات فارتلک نسبت به پیش‌آزمون و کاهش معنادار شاخص خستگی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل می‌باشد ($p < 0.05$).

جدول ۴- نتایج آزمون t زوجی و آنکوا برای مقایسه شاخص‌ها
Table 4. Results of paired t-test and ANCOVA for comparison of indices

Table 7: Results of paired t-test and ANCOVA for comparison of means						
شاخص Index	گروه Group	مرحله Stage	میانگین $\pm$ انحراف معیار Mean $\pm$ Standard Deviation (Mean $\pm$ Sd)	تفاوت میانگین‌ها Mean Differences	P- *Value	آزمون آنکوا Ancova Test P- Value [£] F
ظرفیت هوازی Aerobic Capacity	تجربی Experimental	پیش آزمون Pre-Test	54.40 $\pm$ 3.16	4.686	*0.001	*0.001 15.694
		پس آزمون Post-Test	59.09 $\pm$ 4.51			
	کنترل Control	پیش آزمون Pre-Test	52.46 $\pm$ 3.04	0.273	0.793	
		پس آزمون Post-Test	52.74 $\pm$ 3.07			
توان بی‌هوازی Anaerobic Power	تجربی Experimental	پیش آزمون Pre-Test	648 $\pm$ 143.98	79.982	*0.025	*0.004 9.721
		پس آزمون Post-Test	727.99 $\pm$ 139.98			
	کنترل Control	پیش آزمون Pre-Test	648.55 $\pm$ 248.08	-6.869	0.751	
		پس آزمون Post-Test	641.68 $\pm$ 210.66			
شاخص خستگی Fatigue Index	تجربی Experimental	پیش آزمون Pre-Test	8.69 $\pm$ 3.08	-1.43	*0.016	*0.002 11.443
		پس آزمون Post-Test	7.26 $\pm$ 2.53			
	کنترل Control	پیش آزمون Pre-Test	7.35 $\pm$ 3.60	0.82	0/261	
		پس آزمون Post-Test	8.17 $\pm$ 5.18			

بحث:

در این مطالعه سطوح لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز پنج دقیقه پس از تست بی‌هوازی یک جلسه‌ای در هر دو گروه تمرین و کنترل و در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون افزایش معناداری یافت. این نتیجه همسو با بسیاری از مطالعات پیشین است که افزایش سطوح لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز را بعد از تست رست نشان داده‌اند (۲۴، ۲۵). با وجود این مطالعاتی که اثر یک دوره تمرین هوازی یا بی‌هوازی را در پاسخ لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز بررسی کنند محدود است. در این رابطه نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تفاوت میانگین سطوح لاکتات بین قبل و بعد از آزمون یک جلسه‌ای، پس از هشت هفته تمرینات فارتلک در گروه تجربی (۷۶.۹۳ ml/dl) در مقایسه با گروه کنترل (۹۲.۲۴ ml/dl) کمتر بود و تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده شد ($P = 0.045$). لذا می‌توان گفت که تمرینات فارتلک منجر به بهبود پاسخ لاکتات در بازیکنان جوان فوتبال گردیده است. این نتایج

همسو با مطالعات قبلی است که اثر مفید تمرینات اینتروال شدید را در بهبود آستانه لاکتات و پاسخ لاکتات نشان داده‌اند (۲۶). اثر تمرینات در قالب بازی‌های کوچک ۴ نفره در کاهش قابل توجه پاسخ‌های لاکتات در بازیکنان جوان فوتبال نشان داده شده است (۲۸). طبق گزارش‌ها تمرینات بالای آستانه لاکتات از جمله اینتروال شدید می‌تواند منجر به تحریک بهبود پاسخ لاکتات در ورزشکاران شود. پیشنهاد شده است که تمرینات در قالب اینتروال شدید تجمع لاکتات را تا حد بیشتری به تأخیر می‌اندازند و افزایش ظرفیت اکسیداتیو و به کارگیری فیبرهای عضلانی و افزایش توانایی تحمل حضور لاکتات و یا افزایش حذف لاکتات ممکن است در تحمل بهتر فعالیت با شدت بالا نقش داشته باشند (۲۶). مکانیسم احتمالی دیگر تغییرات آنزیم پیروات دهیدروژناز و تعدیل متابولیسم کربوهیدرات با ورود استیل مشتق شده از پیروات به چرخه اسید کربوکسیلیک و افزایش استیل کوآنزیم A و در نتیجه کاهش لاکتات تولیدی ذکر شده است (۲۷). از آنجایی که تولید لاکتات همزمان با تشکیل یون هیدروژن (H^+) رخ می‌دهد، تجمع بیش از حد یون هیدروژن در طول فعالیت‌های شدید ممکن است بر سازگاری‌های سیستم تنظیم کننده PH در درون عضله اسکلتی تأثیر بگذارد. گزارش شده است که تمرینات متناوب با دوره‌های استراحت طولانی در مقایسه با دوره‌های استراحت کوتاه (یک دقیقه) منجر به افزایش ظرفیت بافری درون سلولی می‌شود (۲۹) دوره‌های استراحتی یک الی دو دقیقه‌ای در مطالعه حاضر ممکن است در افزایش ظرفیت بافری عضله و افزایش حذف لاکتات اثرگذار باشد.

همچنین، در این مطالعه افزایش معنادار سطوح لاکتات دهیدروژناز بعد از تست رست همسو با نتایج پراتاما و همکاران (۲۰۱۸) بود (۲۴). LDH در گروه تجربی در زمان ۵ دقیقه بعد از آزمون بی‌هوایی در پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون کاهش معناداری داشت و همچنین پاسخ آن در پس آزمون بین دو گروه تفاوت معناداری داشت ($p=0/027$). مطالعاتی که نتایج ما همسو با یافته‌های آن‌ها بود، نشان داده‌اند که هشت هفته پروتکل تمرینات ورزشی پلاپومتریک منجر به کاهش تولید LDH پس از یک جلسه تمرین می‌گردد (۳۰). مشاهده افزایش LDH ناشی از فعالیت‌های ورزشی اینتروال شدید از قبیل پروتکل فوتبال کپنهاگ، نشان می‌دهد که تمرینات تناوبی فشرده مانند آنچه در یک مسابقه فوتبال رخ می‌دهد، ممکن است منجر به آسیب‌های عضلانی در بازیکنان شود. لذا استفاده از چنین تمریناتی برای سازگاری بازیکنان فوتبال برای مسابقات و کاهش زمان ریکاوری پیشنهاد شده است (۹). بررسی‌ها مؤید آن است که آنزیم لاکتات دهیدروژناز علاوه بر ایجاد شرایط التهابی برای سلول‌های عضلانی و افزایش سطح آن در اثر آسیب غشای تارهای عضلانی بعد فعالیت بدنی، در روند تولید انرژی و لاکتات نیز نقش مؤثری دارد (۳۱). افزایش بلافاصله‌ای LDH تام خون بعد از آزمون شدید بی‌هوایی ممکن است ناشی از آسیب غشای سلول عضلانی و افزایش نفوذ ایزوآنزیم با زنجیره M بالا از جمله LDH5 به خون باشد. LDH5 در عضلات اسکلتی تولید می‌شود و تبدیل پیروات به لاکتات را کاتالیز می‌کند. تمرینات فارتلک ممکن است منجر به افزایش ایزوآنزیم‌های LDH با زنجیره H5 بالا از جمله LDH1 که اکسیداسیون هوازی پیروات را بهبود می‌بخشند شده باشد و از این طریق در کاهش تولید لاکتات موثر بوده باشد (۳۲). با توجه به اینکه در مطالعه حاضر LDH تام خون ارزیابی شده بود تغییر حاد یا مزمن در هر کدام از ایزوآنزیم‌ها ممکن است در تغییرات سطوح سرمی تام LDH اثرگذار باشد. در هر حال با توجه به اینکه افزایش LDH خون پس از فعالیت ورزشی میزان آسیب به غشای سلول‌های عضلانی را نشان می‌دهد، به نظر می‌رسد تمرین فارتلک به کاهش پاسخ آسیب عضلانی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل منجر شده است. که البته جهت بررسی‌های دقیق‌تر نیاز به مطالعات گسترده‌تری با کنترل ایزوآنزیم‌های LDH می‌باشد.

از دیگر یافته‌های مطالعه حاضر افزایش معنادار ظرفیت هوازی (VO_{2max}) بازیکنان فوتبال گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل متعاقب اجرای هشت هفته تمرینات فارتلک بود. البته در گروه کنترل افزایش غیرمعناداری مشاهده شد که می‌تواند ناشی

از تمرینات متداول فوتبال این گروه باشد، ولی افزایش بالای آن در گروه تجربی نشانگر اثر مطلوب تمرینات فارتلک است. بهبود VO_{2max} با یافته‌های مطالعه گوماتان و همکاران (۲۰۲۰) (۱۵)، فستیوان و همکاران (۲۰۲۱) (۱۴)، همسو است. فستیوان و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند اجرای تمرینات اینتروال با شدت بالا، تمرین فارتلک و تمرین دایره‌ای اورگان موجب افزایش VO_{2max} می‌شوند (۱۴). گوماتان و همکاران (۲۰۲۰) اثر معنادار تمرینات فارتلک بر افزایش VO_{2max} در بازیکنان فوتسال نشان دادند (۱۵). در خصوص مکانیسم اثر تمرینات تناوبی شدید در بهبود VO_{2max} به سازگاری‌های مرکزی همچون افزایش حجم ضربه‌ای و حجم خون بازگشتی به قلب یا سازگاری محیطی با برداشت بیشتر اکسیژن خون توسط عضلات فعال و همچنین افزایش تعداد میتوکندری یا عملکرد پمپ کلسیم اشاره شده است (۳۳). تمرین فارتلک برای افزایش استقامت و VO_{2max} در همه رشته‌های ورزشی کاربرد دارد. ویژگی‌های تمرینی فارتلک از قبیل دوییدن سریع و آهسته و یا پیاده‌روی در زمان و مسافت طولانی، بسیار مطابق با ویژگی‌های بازی فوتبال است که در آن بازیکنان برای مدت طولانی باید با سرعت‌های متفاوت بدوند و گاهی راه بروند (۳۴). لذا بازیکنان فوتبال از این نوع تمرینات جهت سازگاری و بهبود استقامت هوازی می‌توانند بهره ببرند. از سویی دیگر تمرینات فارتلک به دلیل دارا بودن دوهای سریع با شدت بالا در بهبود توان بی‌هوازی مؤثر است. نتایج مطالعات قبلی نشان داده‌اند که هشت هفته تمرین فارتلک منجر به افزایش ۷.۷۶ درصدی توان بی‌هوازی در بازیکنان فوتبال گردید (۳۵). توان بی‌هوازی اجرای فعالیت با حداکثر سرعت است که در فوتبال، حرکتی مانند دوی سرعت در موقعیت‌های ضد حمله، اهمیت آن را بیشتر برجسته می‌کند و این متغیر قابل تمرین است و روش‌های تمرینی متعددی برای توسعه آن در فوتبالیست‌ها پیشنهاد شده است، در یک مطالعه مروری (۲۰۱۹)، نتایج نشان داد که تمرینات سرعتی، پلایومتریک و ترکیب این دو نوع تمرین در بازیکنان فوتبال منجر به بهبود حداکثر توان، افزایش آمادگی و قدرت انفجاری آن‌ها می‌شود که افزایش تارهای نوع II و قدرت عضلانی دلیل اثر این نوع تمرینات ذکر شده است (۳). اثر هشت هفته تمرین تناوبی شدید در افزایش اوج توان بی‌هوازی و متوسط توان بی‌هوازی توسط مطالعات قبلی گزارش شده است (۳۶). گزارش شده است که تمرینات تناوبی شدید از جمله تمرین دوهای سرعتی غلظت سوبستراهای انرژی (محتوای استراحتی گلیکوژن عضلانی) و فعالیت آنزیم‌های مربوط به متابولیسم بی‌هوازی را افزایش می‌دهد و گزارش شده است سطح بالایی از آمادگی هوازی پیش نیاز افزایش عملکرد بی‌هوازی در طول فعالیت‌های متناوب است (۲۹). در مطالعه حاضر افزایش ظرفیت هوازی بعد از هشت هفته تمرینات فارتلک ممکن است یکی از عوامل اثرگذار در بهبود توان بی‌هوازی باشد.

تمرین فارتلک در کنار افزایش توان بی‌هوازی نقش مؤثری در بهبود شاخص خستگی بازیکنان فوتبال در مطالعه حاضر داشت. اثر هشت هفته تمرینات اینتروال شدید در بهبود ظرفیت بی‌هوازی و کاهش ۳۸/۴۷ درصدی شاخص خستگی در بازیکنان هندبال توسط مطالعات قبلی گزارش شده است (۳۷). در مقابل نتایج مطالعه ناهمسو توسط قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۲) بیانگر اثر غیرمعنادار چهار هفته تمرینات هوازی شدید بر اوج توان بی‌هوازی و شاخص خستگی بازیکنان فوتبال بوده است. دلیل تناقض نتایج ممکن است به مدت کوتاه تمرینات و فرصت ناکافی برای تغییر عوامل اثرگذار در شاخص خستگی از جمله ظرفیت هوازی و بی‌هوازی در مطالعه مذکور باشد (۲۹، ۳۸). در مطالعه حاضر گروه کنترل که تنها درگیر تمرینات متداول فوتبال بودند علی‌رغم افزایش غیرمعنادار در ظرفیت هوازی، کاهش غیرمعناداری در توان بی‌هوازی و افزایش غیرمعناداری در شاخص خستگی نشان دادند، و این تا حدودی عدم اثرگذاری مطلوب تمرینات متداول در عملکرد بی‌هوازی بازیکنان فوتبال را نشان می‌دهد. از طرفی افزایش توان بی‌هوازی و کاهش شاخص خستگی و همچنین کاهش پاسخ لاکتات و لاکتات دهدروژناز در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل می‌تواند بیانگر نقش مؤثر تمرینات فارتلک به همراه تمرینات متداول در بهبود عوامل مرتبط با ظرفیت بی‌هوازی بازیکنان فوتبال باشد. که البته با توجه به محدودیت مطالعات در خصوص اثر تمرینات فارتلک در بازیکنان فوتبال جهت دستیابی

به نتایج بهتر و بیشتر، مطالعات گسترده‌تری در این زمینه پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه گیری:

هشت هفته تمرینات فارتلک منجر به کاهش معنادار لاکتات و لاکتات‌دهیدروژناز و شاخص خستگی در پاسخ به تست رست و همچنین بهبود VO_{2max} و اوج توان بی‌هوازی شد، لذا با توجه به اینکه دوره هشت هفته‌ای تمرین فارتلک می‌تواند اثر مفیدی بر پاسخ برخی شاخص‌های بروز خستگی و آسیب عضلانی و همچنین بهبود شاخص‌های عملکردی بازیکنان فوتبال داشته باشد، گنجاندن این نوع تمرین در برنامه تمرینات بازیکنان فوتبال در کنار تمرینات متداول جهت ارتقای عملکرد آن‌ها در طول مسابقات پیشنهاد می‌گردد.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

منابع:

1. Kaplan DS, Bozkurt M. Investigating the Most Commonly Applied Lactate Recovery Method According to the Positions in Football. *Eur J Ther.* 2018;24(4):229-33.
2. Modric T, Versic S, Sekulic D. Aerobic fitness and game performance indicators in professional football players; playing position specifics and associations. *Heliyon.* 2020;6(11):e05427.
3. Silva M, Ferreira R. Anaerobic power analysis and training methods in professional soccer athletes. *Int Phys Med Rehab J.* 2019;4(4):198-202.
4. Miranda G, Aliberti S, Invernizzi PL. Effects of an 8-week intermittent aerobic training program on aerobic power in a professional soccer team. *J Hum Sport Exerc.* 2021;16(3proc):S1031-S8.
5. Wells C, Edwards A, Fysh M, Drust B. Effects of high-intensity running training on soccer-specific fitness in professional male players. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(7):763-9.
6. Abbaspoor M, Hakimi M, Ali-Mohammadi M. The Effect of 6 Weeks of Interval Training Based on Heart Rate Deflection Point (HRDP) Extracted from D-Max Method on Blood Lactate Changes, Time to Fatigue and Performance of Young Soccer Players. *J Sports Sci.* 2017;9(4):573-85. [In Persian]
7. Thom G, Kavaliuskas M, Babraj J. Changes in lactate kinetics underpin soccer performance adaptations to cycling-based sprint interval training. *Eur J Sport Sci.* 2020;20(4):486-94.
8. Andrzejewski M, Domaszewska K, Chmura J, Rychlewski T, Kubalewska M. Influence Of Speed Training Loads On The Activity Of Creatine Kinase And Lactic Dehydrogenase And The Concentration Of Oxypurines In Blood Samples Of Young Football Players. *Pol J Sports Med.* 2008;24.(۳)
9. Keshavarz S, Moradi Kelardeh B, Karimi M. Effects of Intense Interval Exercise Activity on

- Muscle Injury Symptoms in Soccer Players. Report of Health Care. 2016;2(4):10-6. [In Persian]
10. 'Iaia FM, Ermanno R, Bangsbo J. High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*. 2009;4(3):291-306.
 11. Iaia F, Bangsbo J. Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes .*Scand J Med Sci Sports* 2010;20(Suppl. 2):11-23.
 12. Machado M SA, Cameron L. Continuous training increase on the lactate threshold improves soccer players' performance. *Fit Perf J, Rio de Janeiro*. 2003;2(6):357-63.
 13. Hiscock DJ, Dawson B, Donnelly CJ ,Peeling P. Muscle activation, blood lactate, and perceived exertion responses to changing resistance training programming variables. *Eur J Sport Sci*. 2016;16(5):536-44.
 14. Festiawan R, Hoi LB, Siswantoyo N, Kusuma IJ, Heza FN, Suko B, et al. high-intensity interval training, fartlek training & oregon circuit training: what are the best exercises to increase vo2 max? . *ATMPH*. 2021;24(03):0-10.
 15. Gumantan A, Fahrizqi EB. Pengaruh Latihan Fartlek dan Cross Country Terhadap Vo2Max Atlet Futsal Universitas Teknokrat Indonesia. *SPORT-Mu: Jurnal Pendidikan Olahraga*. 2020;1(01):1-9.
 16. Jadhav RR. Effect of Fartlek Training on Speed and Endurance Among Athletes. *Editorial Board*. 2020;9(12):123.
 17. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports medicine*. 2008;38(1):37-51.
 18. Adamczyk J. The estimation of the RAST test usefulness in monitoring the anaerobic capacity of sprinters in athletics. *Pol J Sport Tour*. 2011;18(3):214.
 19. Rusdiawan A, Sholikhah AMa, Prihatiningsih S. The changes in pH levels, blood lactic acid and fatigue index to anaerobic exercise on athlete after NaHCO. *MJMS*. 2020;16(16):50-6.
 20. Flairty JE, Scheadler CM. Perceived and Heart Rate-based Intensities during Self-paced Walking: Magnitudes and Comparison. *Int J Exerc Sci*. 2020;13(5):677.
 21. Misic M, Plowman S, Wiese C. Using ratings of perceived exertion to reproduce blood lactate levels during a continuous exercise bout of varying intensities. *Eur J Sport Sci*. 2002;2(2):1-11.
 22. Mande SB, Babu S. Effect of continuous running fartlek training and interval training on selected skill related performance variables among male football players. *Int j phys educ sports health* 2016;3:8-10.
 23. Pratama L, Kushartanti W, editors. The effects of circuit and fartlek exercise method and peak expiratory flow on Vo2max. *Proceedings of the 2nd Yogyakarta International Seminar on Health, Physical Education, and Sport Science (YISHPESS 2018) and 1st Conference on Interdisciplinary Approach in Sports (CoIS 2018)*; 2018.
 24. Soleimani A, Shakerian S, Ranjbar R. Changes in liver enzymes after the implementation of astrand and rast tests in overweight individuals. *J Adv Med Biomed Res*. 2019;27(121):1-7. [In Persian]
 25. de Andrade VL, Papoti M, Kalva-Filho C, LH PV, PR PS. Lactacidemic variation and movement patterns during anaerobic power test. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017;58(5):576-82.
 26. Ní Chéilleachair NJ, Harrison AJ, Warrington GD. HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. *J Sports Sci*. 2017;35(11):1052-8.

27. Amir Shaghaghi F, Karamjani F. The Effect of Eight Weeks of Low and High Volume HIIT Training on Lactate Response and Some Performance Indicators of Canadian Canoers. *Anim Biol J*. 2022;14(3):39-48.
28. Köklü Y, Alemdaroğlu U. Comparison of the Heart Rate and Blood Lactate Responses of Different Small Sided Games in Young Soccer Players. *Sports*. 2016;4(4):48.
29. Gharahdaghi N, Kordi MR, Gaeini AA. Variations of Lactate to Pyruvate Ratio and Anaerobic Power after a Period of Interval Training in Soccer Players. *J Sports Sci*. 2015;7(14):45-55. [In Persian]
30. Nozari V, Zare A. Response of Some of the Muscle Damage Enzymes to an Acute Exercise Session Following Adaption to 8 Weeks Plyometric Training with Overload among Young Female Handball Player. *Pajouhan Scientific Journal*. 2020;18(4):17-23. [In Persian]
31. Arabmomeni A, Mohebi H, Rahmani Nia F, Riasi A. The Effects of 8 Weeks of Intermittent Training on Lactate (La) Level and Lactate Dehydrogenase (LDH) Enzyme Activity in Male Wistar Rats. *Journal of Sport Biosciences*. 2015;7(2):297-309. [In Persian]
32. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clinics in sports medicine*. 2008;27(1):1-18.
33. Gharaat MA, Ramezani A. Effect of two high intensity interval trainings on performance and rheological characteristics of elite male rowers. *JPSBS*. 2018;6(11):135-44.
34. Satria MH. Fartlek Exercises On Aerobic Resistance. *J Ilm Pendidik*. 2020;4(2):134-9.
35. Salameh H. The Effect of High Intensity Interval Training and Fartlek Training on Some Physical and Physiological Characteristics Amongst Soccer Beginners: An-Najah National university; 2013.
36. Barnett C, Carey M, Proietto J, Cerin E, Febbraio M, Jenkins D. Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training. *J Sci Med Sport*. 2004;7(3):314-22.
37. Chittibabu B. Effect of high intensity interval training on and anaerobic capacity and fatigue index of male handball players. *Int j phys educ fit sports* 2014;3(4):18-23.
38. Gharahdaghi N, Kordi M, Gaein A. Fatigue Specific Functional and Metabolic Factors Changes in Response to a Period of High Intensity Aerobic Training in Soccer Players. *Sport Physiology*. 2014;5(20):81-96. [In Persian]