Journal of
Sport Biomechanics

June 2020. Vol 6. Issue 1

Research Paper

Comparing the Effect of Eight Weeks of Resistance and Endurance Trainings on Physiological and Functional Factors and Record of Elite Runners

Ali Asqar Saberi[1], *Mehrdad Fathi[2], Keyvan Hejazi[3]

1. Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran.
2. Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Saberi A, Fathi M, Hejazi K. [Comparing the Effect of Eight Weeks of Resistance and Endurance Trainings on Physiological and Functional Factors and Record of Elite Runners (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2020; 6(1):32-43. https://doi.org/10.32598/biomechanics.6.1.5

https://doi.org/10.32598/biomechanics.6.1.5

CC BY NC

Article Info:
Received: 10 Feb 2020
Accepted: 25 Apr 2020
Available Online: 01 Jun 2020

Key words:
Blood pressure, Heart rate, Muscle strength

ABSTRACT

Objective The 3000-meter run is one of the most popular events among endurance and semi-endurance track runnings. Due to its special conditions, aerobic and anaerobic energy production systems can be used at the same time. The aim of the present study was to compare the effect of eight weeks of resistance and endurance trainings on physiological and functional factors and record of elite runners.

Methods In this quasi-experimental study, 22 male elite runners were randomly assigned into the two groups of resistance (n=11) and endurance (n=11) trainings. The resistance and endurance trainings programe was performed for 8 weeks, 3 sessions per week, each for 55-60 minutes. Physiological and functional factors were measured at baseline and at the end of the study. Repeated measures ANOVA was used for within-group and between-group comparisons considering the significant level at P<0.05.

Results The training led to significant improvement in heart rate, blood pressure, muscle strength, muscle endurance, balance and 3000-meter record in both groups. There was a significant difference between groups in the mentioned factors (P<0.05).

Conclusion Both resistance and endurance trainings may have a positive effect on runners' records and performance indicators.

Extended Abstract

1. Introduction

Success in the athletic performance is related to the several factors, one of which is training [1]. Although training is done with different physical, technical and tactical goals, but in endurance disciplines, especially in athletics, the role of physical and physiological factors is very prominent. On this basis, some endurance instructors believe that people with higher maximal oxygen consumption are able to perform better [1]. The role of these factors is more prominent in trained athletes who have achieved maximum oxygen consumption [2]. The importance of endurance and strength and the relationship between them in sports activities is evident, and when strength and endurance are discussed, physiological and functional issues also arise. The effects of training on the structure and function of the heart depend on the type, intensity and duration of exercise, initial physical fitness, heredity and gender [5].

* *Corresponding Author:*
Mehrdad Fathi, PhD.
Address: Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Tel: +98 (51) 38833910
E-mail: mfathei@um.ac.ir

The effect of resistance training on the endurance has also been studied in the recent years. However, resistance training is not commonly used for endurance runners and it seems that no more than 50% of the maximum oxygen consumption is included in the strength training [9], and improving maximal oxygen consumption through this type of training is unlikely; however, some evidence suggests that adding resistance training to an aerobic exercise program has a positive effect on the performance of endurance athletes [10].

Due to the lack of research on cardiac adaptation with endurance and resistance training in elite runners and also on the effect of these trainings on physiological and functional factors and the record of elite runners, more study is needed. Therefore, the present study seeks to address the main question of whether the resistance and endurance training programs affect the physiological, functional and record factors of elite runners? And is there a difference between these two training programs? This research can take an effective and small step to identify and solve the problems of runners, and by presenting the results to the community, can help prevent and reduce problems.

2. Methods

This is a quasi-experimental study with Pre-test and Post-test design. The study population consisted of all elite male runners in North Khorasan province of Iran who were members of the Bojnourd city athletics team. Among them, 22 volunteers were selected by convenience and purposive sampling methods. First the study objectives and process were explained to them. The samples were then randomly divided into two groups of resistance training (n=11) and endurance training (n=11). Height of subjects was measured by a stadiometer (Saca, Saca Inc., Germany) with an accuracy of 5 mm, hip and waist circumference by a tape measure (Mabis, Japan) with a sensitivity of 5 mm, and body fat percentage and weight by using Bioelectric impedance device (Inbody, Inbody Inc., South Korea) with a sensitivity of 100 g. Subjects were allowed to enter the study after cardiovascular examination, blood

Table 1. Within-group and between-group comparisons of physiological, functional and record factors

Factors	Groups	Mean±SD		Variances			
		Pre-test	Post-test	Within-Group		Between-Group	
				t	P†	F	P
Heart rate (min)	Resistance	72.8±9.8	137.8±26.2	0.69	0.04	4.661	0.034†
	Endurance	72.3±9.0	147.7±24.7	2.23	0.04		
Blood pressure (mm Hg)	Resistance	75.43±7.62	83.92±2.64	0.15	0.007	6.610	0.012†
	Endurance	72.57±12.07	95.07±9.66	2.20	0.008		
Aerobic power (mg/kg/min)	Resistance	68.11±9.60	73.85±9.00	0.502	0.628	0.956	0.332
	Endurance	65.32±7.76	69.32±7.60	0.70	0.502		
Muscle strength (kg)	Resistance	12.61±3.27	13.78±3.73	-1.500	0.016	2.544	0.037†
	Endurance	13.51±3.25	14.65±3.70	-6.091	0.001		
Muscle endurance (kg)	Resistance	18.43±4.15	38.00±2.36	0.579	0.04	42.672	0.001†
	Endurance	17.45±5.30	41.04±4.17	3.753	0.005		
Balance (s)	Resistance	41.08±13.52	49.25±3.25	-0.696	0.025	0.991	0.009†
	Endurance	45.12±13.12	52.25±5.13	0.992	0.003		
3000-meter record (hs)	Resistance	3202±4.74	2780±13.12	-0.129	0.009	4.170	0.045†
	Endurance	4168±0.26	3420±5.13	-0.556	0.034		

† Significant at P<0.05.

pressure measurement and electrocardiography by a physician.

The Bruce protocol on a treadmill was used to estimate the maximum oxygen consumption. The maximum strength of the subjects was measured using RM1 test according to McGuigan et al. method [18]. To measure the subjects' muscular endurance, McGill's torso muscular endurance test was used in four modes: trunk flexion, trunk extension, right-side bridge, and left-side bridge. Total endurance in the all four directions was considered as final score. To measure the balance, the stork balance test was used according to its standard procedure. This test was performed separately on the dominant and non-dominant legs [19]. At the end, the subjects' record was set using the 3000 meters running test. For this purpose, the subject runs 7.5 laps around the 400-meter track.

The training protocol included aerobic (endurance) and resistance trainings for 8 weeks, 3 sessions per week, each for 60 minutes. The aerobic training consisted of running on a treadmill for 21 minutes with intensity equal to 60-70% of the heart rate reserve. Training intensity was controlled by a heart rate monitor (POLAR, Finland). Pyramid model was used in resistance training. In each session, after 15 minutes of warming up, they performed each movement in 7 sets: 6 repetitions ×80%, 3 repetitions ×90%, 3 repetitions ×90%, 3×90% repetitions, 3 repetitions ×90%, 3 repetitions ×90%, and 6 repetitions ×80%, respectively with a 5 minute interval between each movement. The workouts included leg flexion, leg extension, leg press, squat, lat stretch, chest press, cross-body dumbbell, biceps, triceps, and sit-ups [20].

The collected data were analyzed by SPSS V. 21 software. After ensuring the normality of data distribution by Shapiro-Wilk test and the equality of variances by Levene's test, repeated measures ANOVA was used for within-group and between-group comparisons. Significance level was considered $P<0.05$.

3. Results

The results in Table 1 showed that within-group and between-group differences in heart rate, blood pressure, muscle strength, muscle endurance, balance and 3000-meter record were significant ($P<0.05$).

4. Conclusion

Runners' heart rate and blood pressure increase after resistance and endurance training, which is due to the duration, nature and intensity of trainings with short rest intervals between sessions. It is suggested that these factors of trainings be moderated to reduce the muscle fatigue of runners.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Prior to study, a written informed consent was signed by the participants after explaining the study objectives and methods. They were assured of the confidentiality of their information, and were free to leave the study at any time.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

Implementation: Ali Asghar Saberi, Mehrdad Fathi; Final review of the manuscript: All authors; Conceptualization: Mehrdad Fathi; Data analysis: Keyvan Hejazi; Performing the study and compiling the manuscript: Keyvan Hejazi.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و استقامتی بر فاکتورهای فیزیولوژیکی، عملکردی و رکورد دوندگان نخبه

علی‌اصغر صابری[۱]، *مهرداد فتحی[۲]، کیوان حجازی[۳]

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، بجنورد، ایران.
۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۲۱ بهمن ۱۳۹۸
تاریخ پذیرش: ۰۶ اردیبهشت ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۱۲ خرداد ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:
فشار خون، ضربان قلب، قدرت عضلانی

چکیده

هدف دوی سه هزار متر یکی از رویدادهای مهیج و محبوب در بین دوهای استقامت و نیمه‌استقامت محسوب می‌شود که به دلیل شرایط خاص این رشته می‌توان هم‌زمان سیستم‌های تولید انرژی هوازی و بی‌هوازی را مورد استفاده قرار داد. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و استقامتی بر فاکتورهای فیزیولوژیکی، عملکردی و رکورد دوندگان نخبه بود

روش‌ها در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۲ مرد دونده نخبه به صورت تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی (۱۱ نفر) و تمرین استقامتی (۱۱ نفر) قرار گرفتند. برنامه تمرین مقاومتی و استقامتی شامل هشت هفته تمرین هوازی، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۵۵ تا ۶۰ دقیقه بود. پیش از شروع و پس از پایان دوره تمرین، شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکردی جمع‌آوری شد. برای مقایسه درون‌گروهی و بین‌گروهی از روش آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد و نتایج در سطح معنی داری $P<0/05$ آزمایش شدند

یافته‌ها تمرین منجر به تغییرات معنی‌داری در متغیرهای ضربان قلب، فشار خون، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، تعادل و رکورد سه هزار متر در هر دو گروه تمرین مقاومتی و استقامتی شد ($P<0/05$). تغییرات میانگین‌های بین‌گروهی در متغیرهای ضربان قلب، فشار خون، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، تعادل و رکورد سه هزار متر در بین دو گروه آزمایش تفاوت معنی‌دار داشت ($P<0/05$)

نتیجه‌گیری تمرینات مقاومتی و استقامتی با افزایش قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، تعادل و کاهش معنی‌دار رکورد دوندگان مرد همراه است. به طور خلاصه ممکن است استفاده کردن از هر دو نوع تمرین اثر مثبتی بر رکورد دوندگان و شاخص‌های عملکردی داشته باشد.

مقدمه

موفقیت در عملکرد ورزشی با عوامل متعددی در ارتباط است که تمرین یک بخش اصلی آن محسوب می‌شود [۱]. هر چند تمرین با اهداف مختلف جسمانی، تکنیکی و تاکتیکی انجام می‌گیرد، ولی در رشته‌های استقامتی به‌ویژه در دو و میدانی نقش عوامل جسمانی و فیزیولوژیکی بسیار برجسته است. بر همین اساس برخی مربیان رشته‌های استقامتی بر این باورند که افراد با حداکثر اکسیژن مصرفی بالاتر قادر به عملکرد بهتری هستند [۱]؛ به هر حال مطالعات جدیدتر نشان می‌دهد عملکرد استقامتی ورزشکاران، با توجه به نوع تمرین علاوه بر توان هوازی بیشینه از عواملی همچون کارایی حرکتی، سازگاری‌های عصبی - عضلانی، توان بی‌هوازی، سازگاری‌های سیستم آندوکرین، آستانه لاکتات و توانایی به تأخیر انداختن آن تأثیر می‌پذیرد [۲]. به‌ویژه نقش این عوامل در ورزشکاران تمرین کرده که به ثبات حداکثر اکسیژن مصرفی رسیده‌اند برجسته‌تر است [۲]. بر همین اساس مطالعات متعددی بهبود عملکرد استقامتی و عوامل تأثیرگذار بر آن را به دنبال تمرینات مختلف گزارش کرده‌اند.

بنابراین بخش عمده‌ای از تفاوت‌های فیزیولوژیکی در عملکرد استقامتی ورزشکاران نخبه و مبتدی به روش‌های تمرینی مورد استفاده بستگی دارد [۳،۴]. اهمیت استقامت و قدرت و رابطه بین آن‌ها در فعالیت‌های ورزشی بسیار گسترده است و زمانی که از قدرت و استقامت صحبت می‌شود، مباحث فیزیولوژیکی و عملکردی نیز به میان می‌آید. آثار ورزش بر ساختار و عملکرد قلب به نوع، شدت و مدت‌زمان ورزش، میزان آمادگی جسمانی اولیه، وراثت و جنسیت بستگی دارد [۵]. در فعالیت‌های ورزشی که به طور دینامیک انجام می‌شوند، فشار خون سیستولی در حد

* **نویسنده مسئول:**
دکتر مهرداد فتحی
نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.
تلفن: ۳۸۸۳۳۹۱۰ (۵۱) ۹۸+
پست الکترونیکی: mfathei@um.ac.ir

قابل ملاحظه افزایش پیدا می‌کند، در حالی که فشار دیاستولی تغییر چشمگیری ندارد [۶، ۷]. علاوه بر تأثیر تمرینات مقاومتی و استقامتی بر عوامل فیزیولوژیکی چون ضربان قلب و فشار خون، می‌توان به تأثیر این تمرینات بر عوامل عملکردی چون توان هوازی، قدرت و استقامت عضلانی و تعادل نیز اشاره نمود. افزایش قدرت، سهم زیادی در ایجاد استقامت بدن دارد و تمرینات قدرتی و استقامتی لازم و ملزوم یکدیگر هستند [۸].

اثر تمرینات مقاومتی بر عملکرد استقامتی نیز موضوعی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. هرچند که تمرینات مقاومتی به طور معمول برای دوندگان استقامتی به کار گرفته نمی‌شود و به نظر می‌رسد که بیشتر از ۵۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی در تمرینات قدرتی وارد نمی‌شود [۹] و بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی از طریق این نوع تمرینات بعید باشد، ولی برخی شواهد نشان می‌دهد که افزودن تمرینات مقاومتی در برنامه تمرینی هوازی روی عملکرد ورزشکاران استقامتی تأثیر مثبتی دارد [۱۰]. تحقیقات در این زمینه نشان داده است که به دنبال تمرینات مقاومتی، ویژگی‌های عصبی‌عضلانی [۱۰، ۱۱]، توان هوازی و بی‌هوازی [۹، ۱۲]، کارایی حرکتی، حداکثر سرعت و عملکرد دوی پنج هزار متر در دوندگان تمرین کرده بهبود می‌یابد [۱۳].

براندون گزارش کرد دونده‌هایی که از نظر حداکثر اکسیژن مصرفی (Vo2max) و سرعت رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی (vVo2max) یکسان هستند، در ظرفیت بی‌هوازی و کارایی حرکتی از یکدیگر متمایز می‌شوند [۱۴]. در این زمینه، هانگ و همکاران، در تحقیقی به بررسی اثر تمرین مقاومتی بر قدرت عضلانی، استقامت و واحد حرکت طبق عوامل نوتروفیکی چندگانه در دانشجویان مرد پرداختند و این تمرینات را برای هشت هفته و هر هفته سه جلسه انجام دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد که پس از تمرینات مقاومتی، قدرت و استقامت عضلانی به طور قابل توجهی افزایش یافت، ولی بین دو گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد [۱۵]. آسانکائو و همکاران، به منظور بررسی اثر تمرینات مقاومتی با شدت پایین و بالا بر قدرت عضلانی، ۴۵ نوجوان دختر و پسر را در سه گروه با تکرار بیشینه پایین، تکرار بیشینه بالا و کنترل تقسیم کردند و تمرینات دوبار در هفته به مدت نُه هفته انجام شد. پس از تمرین، افزایش قابل توجهی در تکرار حرکات پرس سینه مشاهده شد، ولی بین دو گروه تکرار بیشینه بالا و پایین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. علاوه بر این استقامت عضلانی به طور قابل توجهی در گروه با تکرار بیشینه پایین افزایش یافت [۱۶]. لوپز ـ سگوویا و همکاران، با بررسی تأثیر چهار ماه تمرین بر توان هوازی، قدرت و سرعت در دو تیم فوتبال زیر ۱۹ سال را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که توان هوازی و قدرت آزمودنی‌ها بهبود قابل توجهی داشت، ولی تغییر در ظرفیت شتاب و سرعت ناچیز بود [۱۷].

بنابراین شاید استفاده از تمرینات مقاومتی در کنار تمرینات متداول استقامتی به علت افزایش ظرفیت بی‌هوازی و بهبود کارایی حرکتی بتواند به ورزشکاران استقامتی کمک کند. از آنجایی که هدف ورزشکاران از شرکت در برنامه‌های تمرینی، بهبود عملکرد است، تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیولوژیکی در عملکرد استقامتی و چگونگی تأثیر انواع تمرینات بر این ویژگی‌ها در جهت ارائه برنامه‌های تمرینی مناسب از اهمیت و کاربرد خاصی برای مربیان و ورزشکاران برخوردار است. با توجه به محدودیت‌های پژوهشی در حیطه سازگاری‌های قلبی با تمرینات استقامتی و مقاومتی دوندگان نخبه و نیز عدم وجود پژوهشی در زمینه تأثیر این تمرینات بر فاکتورهای فیزیولوژیکی و عملکردی و رکورد دوندگان نخبه، انجام پژوهش حاضر ضروری می‌نماید و امید است انجام این پژوهش بتواند گام مؤثر و کوچکی در جهت شناخت و رفع مشکلات دوندگان برداشته و با ارائه نتایج این تحقیق به جامعه، در پیشگیری و کاهش مشکلات کمک شایانی کند. از این رو تحقیق حاضر به دنبال رسیدن به پاسخ این سؤال اصلی است که آیا دو برنامه تمرینی مقاومتی و استقامتی بر فاکتورهای فیزیولوژیکی، عملکردی و رکورد دوندگان نخبه تأثیر دارد؟ و آیا بین دو برنامه تمرینی تفاوتی وجود دارد؟

روش‌شناسی

در این تحقیق نیمه‌تجربی که در سال ۱۳۹۴ انجام شد، دو گروه آزمایش و کنترل با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد مقایسه قرار گرفتند. جامعه آماری این پژوهش را کلیه دوندگان نخبه مرد در سطح استان خراسان شمالی تشکیل دادند که دارای عضویت در تیم دو و میدانی شهرستان بجنورد بودند و از میان آن‌ها تعداد ۲۲ نفر به صورت داوطلبانه به روش نمونه‌گیری انتخابی دردسترس و هدف‌دار انتخاب شدند. در مرحله نخست افراد با ماهیت و نحوه اجرای پژوهش آشنا شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل شرکت در تمرینات دوی استقامتی حداقل به مدت یک سال و حداکثر به مدت سه سال، عدم حضوردر تمرینات منظم تداومی و تناوبی هوازی، عدم ابتلا به بیماری و عارضه جسمی و عضلانی، و عدم سابقه مصرف سیگار، الکل، دارو و آسیب بود. آزمودنی‌ها بر اساس شرایط تحقیق به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کرده و فرم رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند. سپس نمونه‌ها به طور تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی (یازده نفر) و تمرین استقامتی (یازده نفر) دسته‌بندی شدند.

برای ارزیابی ترکیبات بدن به ترتیب طول قد آزمودنی‌ها با قدسنج (سکا/ آلمان) با دقت ۵ میلی‌متر، محیط باسن و کمر با متر نواری (مابیس/ ژاپن) با حساسیت ۵ میلی‌متر، و درصد چربی بدن و وزن با حساسیت ۱۰۰ گرم و با استفاده از دستگاه بیوالکتریکال ایمپدنس (مدل In body-720/ کره جنوبی) اندازه‌گیری شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در حالی انجام شد که آزمودنی‌ها از چهار ساعت قبل از آزمون، از خوردن و آشامیدن خودداری کرده بودند و حتی‌الامکان

مثانه، معده و روده آن‌ها تخلیه شده بود. آزمودنی‌ها پس از معاینه قلبی ـ عروقی، اندازه‌گیری فشار خون و ثبت الکتروکاردیوگرام توسط پزشک متخصص، مجوز ورود به طرح را کسب کردند.

میزان فشار خون هرآزمودنی قبل از شروع فعالیت بدنی با استفاده از دستگاه MaximedExipres TD-3018 اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول فشار خون متوسط شریانی به فشار خون متوسط تبدیل شد (فرمول شماره ۱):

۱. *۳/ (فشار خون سیستولی + فشار خون دیاستولی×۲)= فشار خون متوسط*

به منظور برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی از روش پروتکل بروس[1] روی دستگاه تردمیل استفاده شد. نحوه اجرای آزمون بروس به این صورت بود که این آزمون در ده مرحله سه‌دقیقه‌ای اجرا شد و در مرحله اول که سرعت ۲/۷۴ کیلومتر در ساعت با شیب ۱۰ درصد بود، هر سه دقیقه هم سرعت و هم شیب دستگاه تا مرحله آخر افزایش یافت. حداکثر اکسیژن مصرفی (بر حسب میلی‌لیتر / کیلوگرم / دقیقه) در پروتکل بروس با استفاده از فرمول شماره ۲ محاسبه شد:

۲. *حداکثر اکسیژن مصرفی= ۱۴/۸-(۱/۳۷۹×T)+(۰/۴۵۱×T^2)-(۰/۰۱۲×T^3)*

قدرت بیشینه آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون 1RM (یک تکرار بیشینه) به روش مک‌گویگان و همکاران (۱۹۹۷) اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که قبل از انجام آزمون و پس از گرم کردن عمومی، پنج تکرار با ۳۰ درصد (۲ دقیقه استراحت)، چهار تکرار با ۵۰ درصد (۲ دقیقه استراحت)، سه تکرار با ۷۰ درصد (۳ دقیقه استراحت) و یک تکرار با ۹۰ درصد و (۳ دقیقه استراحت) به منظور گرم کردن انجام شد. پس از اجرای آخرین نوبت با ۹۰ درصد از 1RM تقریبی، در نوبت‌های بعدی با بازخوردی که از آزمودنی‌ها بر اساس مقدار وزنه جابه‌جا شده در نوبت‌های قبلی به دست آمده بود، برای به دست آوردن 1RM وزنه اضافه می‌شد (۲/۵ تا ۱۰ کیلوگرم پس از هر تلاش موفق). برای به دست آوردن 1RM بعد از تعیین ۹۰ درصد از 1RM سه مرحله آزمون انجام شد و بین هر تلاش چهار دقیقه استراحت در نظر گرفته شد [۱۸]. برای اندازه‌گیری استقامت عضلانی آزمودنی‌ها از آزمون‌های استقامت عضلانی تنه مک‌گیل در چهار جهت استفاده شد. آزمون‌های استقامت عضلانی تنه مک‌گیل در چهار جهت عبارت‌اند از: خم شدن تنه، باز شدن تنه، خم شدن به پهلوی راست، خم شدن به پهلوی چپ. در این پژوهش مجموع استقامت در هر چهار جهت در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری تعادل از آزمون تعادل لک‌لک بر اساس دستورالعمل استاندارد این آزمون استفاده شد. این آزمون روی پای اتکا و غیراتکا به صورت مجزا انجام شد [۱۹]. در پایان رکورد آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون دوی سه هزار متر ثبت شد. برای این منظور فرد ۷/۵ دور در پیست ۴۰۰ متری به دور زمین ورزشگاه می‌دود.

پروتکل تمرینی شامل تمرینات هوازی (استقامتی) همراه مقاومتی به مدت هشت هفته و در هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه بود. برنامه تمرین هوازی شامل دویدن روی نوارگردان به مدت ۲۱ دقیقه با شدتی معادل ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود. شدت تمرین به وسیله ضربان‌سنج (POLAR/ فنلاند) کنترل شد. همچنین برای تمرین مقاومتی از الگوی هرمی استفاده شد. در هر جلسه پس از ۱۵ دقیقه گرم کردن بدن، هر حرکت را در هفت ست تمرینی به ترتیب و به صورت (شش تکرار × ۸۰ درصد)، (سه تکرار × ۹۰ درصد)، (سه تکرار × ۹۰ درصد)، (سه تکرار × ۹۰ درصد)، (سه تکرار × ۹۰ درصد)، (سه تکرار × ۹۰ درصد) و (شش تکرار × ۸۰ درصد) با فاصله استراحتی ۵ دقیقه بین هر حرکت انجام دادند. ایستگاه‌ها به ترتیب شامل فلکشن ساق، اکستنشن ساق، پرس پا، اسکات، کشش زیربغل، پرس سینه، حرکت صلیب با دمبل، جلو بازو، پشت بازو و دراز و نشست بودند [۲۰].

داده‌های جمع‌آوری‌شده با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ تجزیه و تحلیل شدند. پس از کسب اطمینان از نرمال بودن توزیع نظری داده‌ها با استفاده از آزمون آماری شاپیرو ویلک و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لون از آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری برای مقایسه تغییرات واریانس درون گروهی و بین گروهی استفاده شد. سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

مشخصات آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل در جدول شماره ۱ آورده شده است.

نتایج جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی در متغیرهای ضربان قلب، فشار خون، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، تعادل و رکورد سه هزار متر در هر دو گروه تمرین مقاومتی و استقامتی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). تغییرات میانگین‌های بین‌گروهی نیز در متغیرهای ضربان قلب، فشار خون، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، تعادل و رکورد سه هزار متر در بین دو گروه آزمایش تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵).

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و استقامتی بر فاکتورهای فیزیولوژیکی، عملکردی و رکورد دوندگان نخبه بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات مقاومتی و استقامتی منجر به افزایش معنی‌دار فشار خون دوندگان نخبه شد؛ که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های پارک و همکاران هم‌خوانی ندارد [۲۱]. پارک و همکاران با مطالعه

1. Borus

جدول ۱. ویژگی‌های آنتروپومتریک بیماران همودیالیزی شرکت‌کننده در مطالعه

گروه‌ها	میانگین±انحراف استاندارد			
	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	نمایه توده بدن (کیلوگرم / مترمربع)
مقاومتی (۱۱ نفر)	۲۲/۶۰±۱/۷۱	۱۷۸/۰۱±۴/۰۸	۶۴/۳۶±۱۰/۰۵	۲۰/۳۱±۳/۹۲
استقامتی (۱۱ نفر)	۲۳/۱۰±۱/۵۹	۱۸۲/۰۳±۴/۰۳	۶۹/۵۷±۸/۶۵	۲۱/۰۰±۳/۵۲

مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۲. مقایسه تغییرات واریانس درون‌گروهی و بین‌گروهی در شاخص‌های فیزیولوژیکی، عملکردی و رکورد دوندگان نخبه

متغیرها	گروه‌ها	میانگین± انحراف استاندارد		تغییرات			
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درون گروه		بین گروه	
				t	سطح معنی‌داری	F	سطح معنی‌داری
ضربان قلب (دقیقه)	مقاومتی	۷۲/۸±۹/۸	۱۳۷/۸±۲۶/۲	۰/۶۹	۰/۰۴†	۴/۶۶۱	۰/۰۳۴†
	استقامتی	۷۲/۳±۹/۰	۱۴۷/۷±۲۴/۷	۲/۲۳	۰/۰۴†		
فشار خون (میلی‌متر جیوه)	مقاومتی	۷۵/۴۳±۷/۶۲	۸۳/۹۲±۲/۶۴	۰/۱۵	۰/۰۰۷†	۶/۶۱۰	۰/۰۱۲†
	استقامتی	۷۲/۵۷±۱۲/۰۷	۹۵/۰۷±۹/۶۶	۲/۲۰	۰/۰۰۸†		
توان هوازی (میلی‌گرم /کیلوگرم/دقیقه)	مقاومتی	۶۸/۱۱±۹/۶۰	۷۳/۸۵±۹/۰۰	۰/۵۰۲	۰/۶۲۸	۰/۹۵۶	۰/۳۳۲
	استقامتی	۶۵/۳۲±۷/۷۶	۶۹/۳۲±۷/۶۰	۰/۷۰	۰/۵۰۲		
قدرت عضلانی (کیلوگرم)	مقاومتی	۱۲/۶۱±۳/۲۷	۱۳/۷۸±۳/۷۳	−۱/۵۰۰	۰/۰۱۶†	۲/۵۴۴	۰/۰۳۷†
	استقامتی	۱۳/۵۱±۳/۲۵	۱۴/۶۵±۳/۷۰	−۶/۰۹۱	۰/۰۰۱†		
استقامت عضلانی (کیلوگرم)	مقاومتی	۱۸/۴۳±۴/۱۵	۳۸/۰۰±۲/۳۶	۰/۵۷۹	۰/۰۴†	۴۲/۶۷۲	۰/۰۰۱†
	استقامتی	۱۷/۴۵±۵/۳۰	۴۱/۰۴±۴/۱۷	۳/۷۵۳	۰/۰۰۵†		
تعادل (ثانیه)	مقاومتی	۴۱/۰۸±۱۳/۵۲	۴۹/۲۵±۳/۲۵	−۰/۶۹۶	۰/۰۲۵†	۰/۹۹۱	۰/۰۰۹†
	استقامتی	۴۵/۱۲±۱۳/۱۲	۵۲/۲۵±۵/۱۳	۰/۹۹۲	۰/۰۰۳†		
رکورد (سه هزار متر) (صدم ثانیه)	مقاومتی	۳۲۰۲±۴/۷۴	۲۷۸۰±۱۳/۱۲	−۰/۱۲۹	۰/۰۰۹†	۴/۱۷۰	۰/۰۴۵†
	استقامتی	۴۱۶۸±۰/۲۶	۳۴۲۰±۵/۱۳	−۰/۵۵۶	۰/۰۳۴†		

† معنی‌داری در سطح کمتر از ۰/۰۵.

مجله بیومکانیک ورزشی

تأثیر ۳۶ هفته تمرینات استقامتی در زنان تمرین نکرده، کاهش معنی‌داری را در فشار خون سیستولی و دیاستولی مشاهده کردند [۲۱]. میزان فشار خون به برون‌ده قلبی و مقاومت عروقی بستگی دارد. تمرینات استقامتی در نتیجه کاهش مقاومت عروقی سبب کاهش فشار خون می‌شود. با این حال، در خلال تمرینات قدرتی فشار خون در پی حبس نفس و افزایش مقاومت عروقی افزایش می‌یابد. استرس سیستولی شاخص مناسبی از اکوکاردیوگرافی در ارزیابی عملکرد سیستولیکی بطن چپ است که در پاسخ به افزایش بسیار و مقاومت عروقی ناشی از انجام تمرینات قدرتی افزایش می‌یابد. اندازه‌گیری این متغیر در گروه‌ها حاکی از افزایش آن در گروه‌های استقامتی و قدرتی است و در گروه تمرینات استقامتی افزایش معنی‌دارتر بوده است [۲۳،۲۲]. مغایرت این نتایج با یافته پژوهش حاضر ممکن است به دلیل شدت و مدت فعالیت آزمودنی‌ها باشد، چون قرار گرفتن درازمدت در معرض تمرینات قدرتی منجر به افزایش فشار خون استراحتی نمی‌شود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات مقاومتی و استقامتی منجر به افزایش معنی‌دار تعادل دوندگان نخبه شد. در بیان نتایج مشابه با این یافته می‌توان به نتایج تحقیق هول‌ویالا و همکاران

که افزایش در تعادل ورزشکاران را به دنبال تمرینات قدرتی و استقامتی و ترکیبی در مردان مسن گزارش کردند، اشاره کرد [۲۴]. افزایش تعادل در گروه‌های تمرینات قدرتی و استقامتی را می‌توان به دلیل فعال‌سازی گیرنده‌های حسی عمقی، آماده‌سازی نرون‌های حرکتی در گروهی از عضلات و مفاصل برای انجام حرکت، افزایش هماهنگی و یکپارچگی واحدهای حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار و افزایش بازدارندگی عضلات مخالف دانست. تمرینات قدرتی روی تغییرات عصبی عضلانی ورزشکاران تأثیر می‌گذارد و موجب بهبود و توسعه هماهنگی عصبی عضلانی می‌شود. در تمرینات قدرتی ورزشکار بیشتر به تعادل نیاز دارد و از یکپارچگی گیرنده‌های حسی عمقی و هماهنگی عضلات در فعالیت‌های هم‌انقباضی بهره می‌گیرد [۲۵].

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات مقاومتی و استقامتی منجر به افزایش معنی‌دار استقامت عضلانی دوندگان نخبه شد. یافته‌های این پژوهش با نتایج مک‌کالا و همکاران هم‌خوانی دارد [۲۶]. اما با یافته‌های پیردوستی و همکاران هم‌خوانی ندارد [۲۷]. مک‌کالا و همکاران با بررسی اثر تمرین تنفسی بر عملکرد قلبی و تنفسی مردان فوتبالیست به این نتیجه رسیدند که هشت هفته تمرین باعث افزایش معنی‌دار استقامت عضلانی می‌شود [۲۶]. در مطالعه‌ای که توسط پیردوستی و همکاران انجام شد، نتایج نشان داد تمرینات هوازی باعث افزایش استقامت عضلانی نوجوانان دوازده تا چهارده‌ساله نشده است. که نتایج آن با مطالعه حاضر مغایر است. شاید دلیل این موضوع این باشد که اولاً در سنین دوازده تا چهارده‌ساله به علت هم‌زمانی با اوج سرعت قد، بین رشد قدی و افزایش قدرت عضلانی تعادلی وجود ندارد [۲۷].

به طور کلی در اثر تمرینات استقامتی تعداد مویرگ‌های موجود در سطح مقطع عضله افزایش می‌یابد. این تمرینات باعث افزایش تراکم مویرگی شده و در نتیجه وضعیت بهتری را برای جریان خون داخل و خارج تارهای عضلانی فعال فراهم می‌کنند [۲۸]. از آنجا که این مویرگ‌های جدید به طور کامل نمی‌توانند فقط با تارهای عضلانی کند انقباض ارتباط برقرار کنند، لذا این سازگاری باعث می‌شود محیط کوچک غنی از اکسیژن در دسترس تارهای تند انقباض معین قرار گیرد و در نتیجه تنفس میتوکندریایی در بین تارها به مقدار بیشتری امکان‌پذیر می‌شود. همچنین در افراد، تمرینات ویژه گسترش استقامت عضلانی باعث تغییراتی در ترجمان ژنتیکی میوزین ATPase، اجزای ساختاری معین از مولکول میوزین و عملکرد انقباض میوزین در مجموعه‌ای منتخب از تارهای عضلانی می‌شود [۲۹]. همان‌طور که در ابتدای بحث گفته شد قدرت عضلانی رابطه مستقیمی با استقامت عضلانی دارد. تاکاردا و همکاران معتقدند که افزایش در استقامت عضلانی در ابتدا با سازگاری در عضله به وسیله افزایش در متابولسیم انرژی اکسیداتیو، ظرفیت بافری ـ اسیدی و افزایش در مقاومت به خستگی در سیستم عصبی ایجاد می‌شود [۳۰].

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات مقاومتی و استقامتی منجر به افزایش معنی‌دار قدرت عضلانی دوندگان نخبه شد. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های آسانکائو و همکاران [۱۶]، هاف و هلگرود [۳۱] و هلگرود و همکاران [۳۲] هم‌خوانی دارد، اما با یافته‌های هول‌ویالا و همکاران [۲۴] هم‌خوانی ندارد. آسانکائو و همکاران نیز افزایش معنی‌دار قدرت را در گروه تمرینات استقامتی گزارش کردند [۱۶]. هلگرود و همکاران به بررسی اثرات تمرینات مقاومتی و هوازی بر مردان فوتبالیست نخبه پرداختند. آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته و هفته‌ای دو جلسه تمرینات را انجام دادند. تمرین مقاومتی حرکت اسکات بود که با حداکثر بار در چهار تکرار و چهار ست انجام می‌شد و تمرین هوازی متشکل از چهار تکرار ۴ دقیقه‌ای دویدن روی تردمیل با ۹۰ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب بود و آزمودنی‌ها بین هر ست سه دقیقه با ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب می‌دویدند. نتایج نشان داد توان هوازی و قدرت عضلانی آزمودنی‌ها به طور معنی‌داری افزایش داشته است [۳۲].

هاف و هلگرود در مطالعه‌ای تحت عنوان تمرینات استقامتی و قدرتی برای بازیکنان فوتبال به بررسی اثرات تمرینات قدرتی و استقامتی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد انجام ترکیبی تمرینات هوازی و قدرتی اثر منفی بر توان هوازی آزمودنی‌ها نداشته است بلکه باعث بهبود توان هوازی آزمودنی‌ها شده است [۳۱]. در تحقیق هول‌ویالا و همکاران کاهش معنی‌داری در قدرت عضلانی آزمودنی‌ها دیده شد [۲۴]. قدرت و توان عضلانی، مهم‌ترین پیش‌فاکتورهای اجرای بهینه فعالیت‌های روزمره زندگی، شغلی و به‌ویژه مؤثر در عملکرد ورزشکاران به شمار می‌روند. کسب قدرت میزان آسیب‌پذیری را در ورزشکاران کاهش می‌دهد. انجام تمرینات هوازی به صورت ترکیب با تمرینات دیگر احتمالاً اثر منفی بر توان هوازی آزمودنی‌ها ایجاد نمی‌کند. در بعضی موارد انجام ترکیبی تمرینات هوازی با نوع دیگری از تمرینات باعث افزایش بیشتری در توان هوازی نسبت به زمانی که آزمودنی‌ها فقط به انجام تمرینات هوازی می‌پرداختند، شده است. تمرینات هوازی می‌توانند از طریق افزایش در آنزیم‌های اکسیداتیو، چگالی مویرگی و محتوای گلیکوژن در عضله و افزایش در حجم ضربه‌ای و کاهش در ضربان قلب باعث بهبود توان هوازی شوند [۳۳]. نتایج متضاد احتمالاً ناشی از اختلاف در شرایط فیزیولوژیکی افراد شرکت‌کننده، سلامتی، مدت، نوع و شدت تمرین و وضعیت تغذیه‌ای است. با توجه به اینکه این مطالعه با محدودیت‌های زیادی از جمله رژیم غذایی متنوع، پاسخ‌های سازگاری گوناگون به فعالیت بدنی، تعداد کم آزمودنی‌ها به دلیل انصراف بعضی از آن‌ها از شرکت در تحقیق حاضر و تفاوت‌های فردی روبه‌رو بود، در نتیجه جانب احتیاط را باید بیشتر رعایت کرد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ضربان قلب و فشار خون دوندگان بعد از تمرینات مقاومتی و استقامتی افزایش یافته

است که علت این افزایش به دلیل طول مدت تمرینات، ماهیت تمرینات و سنگین بودن تمرینات با فواصل استراحتی کوتاه بین دوره‌های تمرین بوده است. بدین منظور پیشنهاد بر این است که تمرینات متعادل شوند تا از خستگی عضلانی دوندگان بکاهد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

به تمام آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش داده شد که پس از تکمیل آن و کسب اطلاع از ماهیت و نحوه همکاری، وارد پژوهش شدند. همچنین به تمامی آزمودنی‌ها این اطمینان داده شد که اطلاعات شخصی آنان به صورت محرمانه و مخفی باقی خواهد ماند و در صورت بروز مشکل یا نارضایتی در هر مرحله از پژوهش با هماهنگی انجام شده از قبل، اجازه خروج از پژوهش را دارند.

حامی مالی

این پژوهش هیچگونه کمک مالی از سازمانیهای دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

اجرای پروتکل: علی‌اصغر صابری و مهرداد فتحی، بازبینی نهایی مقاله: همه نویسندگان؛ ایده اصلی: مهرداد فتحی؛ آنالیز داده‌ها: کیوان حجازی؛ اجرای مطالعه و تدوین دست‌نوشته: کیوان حجازی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

[1] Kenefick RW, Mattern CO, Mahood NV, Quinn TJ. Physiological variables at lactate threshold under-represent cycling time-trial intensity. J Sports Med Phys Fitness. 2002; 42(4):396-402. [PMID]

[2] Coyle EF. Physiological determinants of endurance exercise performance. J Sci Med Sport. 1999; 2(3):181-9. [DOI:10.1016/S1440-2440(99)80172-8]

[3] Mujika I, Goya A, Ruiz E, Grijalba A, Santisteban J, Padilla S. Physiological and performance responses to a 6-day taper in middle-distance runners: influence of training frequency. Int J Sports Med. 2002; 23(5):367-73. [DOI:10.1055/s-2002-33146] [PMID]

[4] Evans SL, Davy KP, Stevenson ET, Seals DR. Physiological determinants of 10-km performance in highly trained female runners of different ages. J Appl Physiol. 1995; 78(5):1931-41. [DOI:10.1152/jappl.1995.78.5.1931] [PMID]

[5] Jerry J, Moya M, Kravitz LA. A review of the acute cardiovascular responses to resistance exercise of healthy young and adults. J Strength Cond Res. 1999; 13(1):90-6. [DOI:10.1519/00124278-199902000-00016]

[6] Langdeau JB, Blier L, Turcotte H, O'Hara G, Boulet LP. Electrocardiographic findings in athletes: the prevalence of left ventricular hypertrophy and conduction defects. Can J Cardiol. 2001; 17(6):655-9. [PMID]

[7] Vinereanu D, Florescu N, Sculthorpe N, Tweddel AC, Stephens MR, Fraser AG. Left ventricular long-axis diastolic function is augmented in the hearts of endurance-trained compared with strength-trained athletes. Clin Sci. 2002; 103(3):249-57. [DOI:10.1042/cs1030249] [PMID]

[8] Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. Champaign: Human kinetics; 1994. https://books.google.com/books/about/Physiology_of_Sport_and_Exercise.html?id=ABdrAAAAMAAJ

[9] Jung AP. The impact of resistance training on distance running performance. Sports Med. 2003; 33(7):539-52. [DOI:10.2165/00007256-200333070-00005] [PMID]

[10] Creer AR, Ricard MD, Conlee RK, Hoyt GL, Parcell AC. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. Int J Sports Med. 2004; 25(2):92-8. [DOI:10.1055/s-2004-819945] [PMID]

[11] Paavolainen L. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of running performance in endurance athletes: With special reference to explosive-strength training. Finland: University of Jyväskylä; 1999. https://books.google.com/books/about/Neuromuscular_Characteristics_and_Muscle.html?id=_QhZAAAAYAAJ

[12] Marcinik EJ, Potts J, Schlabach G, Will S, Dawson P, Hurley BF. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. Med Sci Sports Exerc. 1991; 23(6):739-43. [DOI:10.1249/00005768-199106000-00014] [PMID]

[13] Overend TJ, Paterson DH, Cunningham DA. The effect of interval and continuous training on the aerobic parameters. Can J Sport Sci. 1992; 17(2):129-34. [PMID]

[14] Brandon LJ. Physiological factors associated with middle distance running performance. Sports Med. 1995; 19(4):268-77. [DOI:10.2165/00007256-199519040-00004] [PMID]

[15] Hong A-R, Hong S-M, Shin Y-A. Effects of resistance training on muscle strength, endurance, and motor unit according to ciliary neurotrophic factor polymorphism in male college students. J Sports Sci Med. 2014; 13(3):680-8. [PMCID]

[16] Assuncao AR, Bottaro M, Ferreira-Junior JB, Izquierdo M, Cadore EL, Gentil P. The chronic effects of low-and high-intensity resistance training on muscular fitness in adolescents. PloS One. 2016; 11(8) :e0160650. [DOI:10.1371/journal.pone.0160650] [PMID] [PMCID]

[17] López-Segovia M, Andrés JMP, González-Badillo JJ. Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. J Strength Cond Res. 2010; 24(10):2705-14. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181cc237d] [PMID]

[18] McGuigan MR, Winchester JB. The relationship between isometric and dynamic strength in college football players. J Sports Sci Med. 2008; 7(1):101-5. [PMCID] [PMID]

[19] Nourizadeh S, Mirjani M, Naserpour H. [The relationship between core stability, muscular endurance, and static balance, and shooting function in military soldiers (Persian)]. J Sport Biomech. 2019; 5(1):62-71. [DOI:10.32598/biomechanics.5.1.6]

[20] Assarzade Noushabadi M, Abedi B. [Effects of combination training on insulin resistance index and some inflammatory markers in inactive men (Persian)]. Horizon Med Sci. 2012; 18(3):95-105. http://hms.gmu.ac.ir/article-1-1302-en.html

[21] Park S-K, Park J-H, Kwon Y-C, Yoon M-S, Kim C-S. The effect of long-term aerobic exercise on maximal oxygen consumption, left ventricular function and serum lipids in elderly women. J Physiol Anthropol Appl Human Sci. 2003; 22(1):11-7. [DOI:10.2114/jpa.22.11] [PMID]

[22] Julius S. Transition from high cardiac output to elevated vascular resistance in hypertension. Am Heart J. 1988; 116(2):600-6. [DOI:10.1016/0002-8703(88)90557-1]

[23] Axelsson M, Nilsson S. Blood pressure control during exercise in the Atlantic cod, Gadus morhua. J Exp Biol. 1986; 126:225-36. [PMID]

[24] Holviala J, Kraemer WJ, Sillanpää E, Karppinen H, Avela J, Kauhanen A, et al. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. Eur J Appl Physiol. 2012; 112(4):1335-47. [DOI:10.1007/s00421-011-2089-7] [PMID]

[25] Khataei T, Harding AMS, Janahmadi M, El-Geneidy M, Agha-Alinejad H, Rajabi H, et al. ASICs are required for immediate exercise-induced muscle pain and are downregulated in sensory neurons by exercise training. J Appl Physiol. 2020; 129(1):17-26. [DOI:10.1152/japplphysiol.00033.2020] [PMID]

[26] Mackała K, Kurzaj M, Okrzymowska P, Stodółka J, Coh M, Rożek-Piechura K. The effect of respiratory muscle training on the pulmonary function, lung ventilation, and endurance performance of young soccer players. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17(1):234. [DOI:10.3390/ijerph17010234] [PMID] [PMCID]

[27] Nazari Pirdosti S, Ramezani A, Lotfi G. [The effect of 8-weeks an aerobic and anaerobic training on the physical abilities of 12-14 years boys (Persian)]. J Phys Educ. 2014; 3(1):19-28. http://jtpe.sru.ac.ir/article_264_en.html

[28] Macpherson REK, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PWR. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. Med Sci Sports Exerc. 2011; 43(1):115-22. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181e5eacd] [PMID]

[29] Hazell TJ, MacPherson REK, Gravelle BMR, Lemon PWR. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. Eur J Appl Physiol. 2010; 110(1):153-60. [DOI:10.1007/s00421-010-1474-y] [PMID]

[30] Takarda Y, Ishii N. Effects of low-intensity resistance exercise with short interset rest period on muscular function in middle-aged women. J Strength Cond Res. 2002; 16(1):123-8. [DOI:10.1519/00124278-200202000-00019]

[31] Hoff J, Helgerud J. Endurance and strength training for soccer players. Sports Med. 2004; 34(3):165-80. [DOI:10.2165/00007256-200434030-00003] [PMID]

[32] Helgerud J, Rodas G, Kemi OJ, Hoff J. Strength and endurance in elite football players. Int J Sports Med. 2011; 32(9):677-82. [DOI:10.1055/s-0031-1275742] [PMID]

[33] Sundberg CJ. Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. Acta Physiol Scand Suppl. 1994; 615:1-50. [PMID]