مطالعات المپیک
دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۴
ص ص : ۷۵- ۶۱

بررسی اثرات تمرین تناوبی شدید بر سازگاری‌های دستگاه قلبی-تنفسی و توان بی هوازی بازیکنان دختر کانوپولو

فرحناز امیرشقاقی* [۱] – فاطمه شب‌خیز [۲] – مهدیه شبانی [۳] – محسن پورمنتی [۴]

۱. استادیار گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۲. دانشیار گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۴. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

(تاریخ دریافت : ۱۴/ ۱۴۰۳/۱۱ ، تاریخ تصویب : ۱۵/ ۱۲/ ۱۴۰۳)

چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات شش هفته تمرین تناوبی شدید بر شاخص‌های قلبی تنفسی و توان بی هوازی بازیکنان نیمه حرفه‌ای کانوپولو بود. شانزده بازیکن نیمه‌حرفه‌ای زن با میانگین سنی ۴/۵ ± ۲۶ سال به‌صورت داوطلب در این پژوهش شرکت کردند. پس از سنجش اوج و میانگین توان بی هوازی با استفاده از دستگاه وینگیت بالاتنه، آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به دو گروه (**HIIT**) (شش هفته تمرین تناوبی شدید با الگوی پاروزنی توسط دستگاه ارگومتر کایاک با شدت معادل ۱۰۰ درصد اکسیژن مصرفی اوج، سه جلسه در هفته با شش تکرار در هر جلسه، و مدت هر تکرار معادل ۶۰، ۷۰، ۷۵، ۷۵، ۷۵، ۷۰، ۶۰ درصد مدت زمان توانایی تحمل در سرعت معادل اکسیژن مصرفی اوج) و گروه کنترل، تقسیم شدند. از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن و جهت برابری واریانس‌ها از آزمون لِوِن و برای تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس دو فاکتوری مختلط (۲×۲) استفاده شد. اثر تعاملی توسط آزمون تعقیبی توکی سنجیده شد. نتایج افزایش معنی‌داری در اکسیژن مصرفی اوج، سرعت در اکسیژن مصرفی اوج، نبض اکسیژن، تهویه بیشینه، تواتر تنفسی، اوج برونده توان، میانگین برونده توان را در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل نشان داد (p <۰/۰۵). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که یک دوره تمرین تناوبی شدید شش هفته‌ای با استفاده از ارگومتر شبیه‌ساز پاروزنی کایاک می‌تواند موجب بهبود سازگاری‌های قلبی-تنفسی و توان بی هوازی در قایق‌رانان نیمه حرفه‌ای زن در رشته کانوپولو شود.

واژه‌های کلیدی

اکسیژن مصرفی، پاروزنی، توان هوازی، تمرینات تخصصی، ورزش‌های آبی.

* نویسنده مسئول : پست الکترونیکی:famirshaghaghi@ut.ac.ir

مقدمه

مطالعهٔ مدل‌های تمرینی از ابعاد مختلف از قبیل عوامل فیزیولوژیک، حرکت‌شناسی، روانشناختی، عملکردی و تغذیه‌ای و همچنین کسب دانش به‌عنوان یک عامل کلیدی در جهت درک عملکرد جسمانی انسان به‌شمار می‌رود. داشتن دانش کافی از روش‌های مناسب برای رساندن ورزشکار به اوج عملکرد، بسیار حائز اهمیت بوده و پیروی از این روش‌ها از آسیب‌های فیزیکی و روانشناختی احتمالی نیز جلوگیری می‌کند.

تمرینات تناوبی شدید HIIT[1]یکی از زیر مجموعه‌های یک مدل تمرینی به‌نام "آماده‌سازی متابولیکی" [2]می‌باشد که با اختصار MetCon شناخته می‌شود که تقریباً تمام سیستم‌های انرژی را در زمان اجرا شدن درگیر می‌کند. و در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای بر روی آن انجام شده است. بر اساس مبانی نظری موجود، پنج روش اصلی شامل، HIIT با تناوب‌های بلند، تناوب‌های کوتاه، تکرارهای سرعتی کوتاه، تکرارهای سرعتی بلند و HIIT بر اساس بازی‌های گروهی (بازی در زمین‌ها یا محوطه‌های کوچک) وجود دارد (۱). پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که گونه های مختلف تمرینات تناوبی شدید (HIIT) می‌تواند برای بهبود عملکرد و سازگاری‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مؤثر باشد (۱). میزان این سازگاری‌ها متغیر بوده و به عواملی همچون حجم و شدت تمرین و همچنین فراوانی جلسات تمرینی بستگی دارد (۲). با اجرای HIIT به‌جای تمرینات تداوم، ورزشکار می‌تواند شدت بالای فعالیت‌های جسمانی را برای مدت طولانی‌تری حفظ کند و در عین حال انباشتگی فشار جسمانی کمتری را نسبت به تمرینات تداوم تجربه کرده و اگر این تمرینات به‌درستی و با دوره های استراحت مناسب طراحی شوند می‌توانند بهبود و پیشرفت سریع تری را در ابعاد مختلف فیزیولوژیکی و عملکرد موجب شوند (۱). همچنین، از نظر زمانی تمرینات HIIT در مقایسه با تمرینات تداومی استقامتی، یک استراتژی بهینه برای اعمال سازگاری‌های متابولیکی و ظرفیت عملکرد ورزشی به‌شمار می‌رود. به‌عبارت دیگر، HIIT باعث اعمال سازگاری‌های فیزیولوژیکی مختلفی می شود که با سازگاری‌های ناشی از تمرینات تداومی استقامتی مشابهت دارد. با این تفاوت که HIIT دارای حجم بسیار پایین‌تری نسبت به تمرینات تداومی استقامتی می‌باشد (۴،۳). مطالعات اثبات کرده‌اند که افزایش در توان هوازی می‌تواند بر اثر بهبود در اکسیژن‌رسانی (سازگاری‌های مرکزی) و یا افزایش در جذب و مصرف اکسیژن توسط عضلات فعال (سازگاری‌های محیطی) رخ دهد (۵،۳). عوامل محیطی که در افزایش برداشت اکسیژن (اختلاف در اکسیژن خون سرخرگ و سیاهرگ) نقش دارند عبارتند از افزایش چگالی مویرگ، چگالی میتوکندریایی و همچنین افزایش در فعالیت آنزیم‌هایی که در مسیرهای سوخت و ساز هوازی ایفای نقش می‌کنند (۶). از میان عوامل مرکزی که نقش مؤثری در افزایش توان هوازی دارند، برونده قلبی نقش پر رنگ‌تری ایفا می‌کند و به نظر می‌رسد احتمالاً در فعالیت‌های شدید، عدم افزایش در اکسیژن مصرفی به‌دلیل عدم توانایی بدن در افزایش برونده قلبی باشد (۷).

گرچه بهبود در سازگاری‌های مرکزی می‌تواند موجب افزایش توان هوازی شود، اما یکی دیگر از عواملی که می تواند نقش به سزایی در این رابطه ایفا کند، بهبود سازگاری های محیطی است. افزایش چگالی مویرگ و در نتیجه افزایش دسترسی اکسیژن به‌واسطه این عامل یکی از موارد مهمی است که در اثر تمرینات ورزشی رخ می‌دهد. اما بعید به نظر می‌رسد که انجام تمرینات ورزشی در مدت زمان

[1] High-intensity interval training

[2] Metabolic conditioning

کوتاه بتواند موجب افزایش چگالی مویرگ و یا افزایش چگالی میتوکندری ایی شود (۸). اثرات گونه‌های متنوعی از تمرینات تناوبی شدید بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ورزشکاران رشته‌هایی از قبیل دوچرخه‌سواری، شنا، دو و میدانی، و قایق‌رانان رشته‌های بوئینگ و کانوپولو مورد پژوهش قرار گرفته است (۹،۱)، اما تاکنون هیچ پژوهشی اثرات یک دوره تمرین تناوبی شدید را بر سازگاری های هماتولوژیک، قلبی-تنفسی و توان بی هوازی قایقرانان زن نیمه حرفه‌ای در رشته کانوپولو بررسی نکرده است.

روش‌شناسی پژوهش

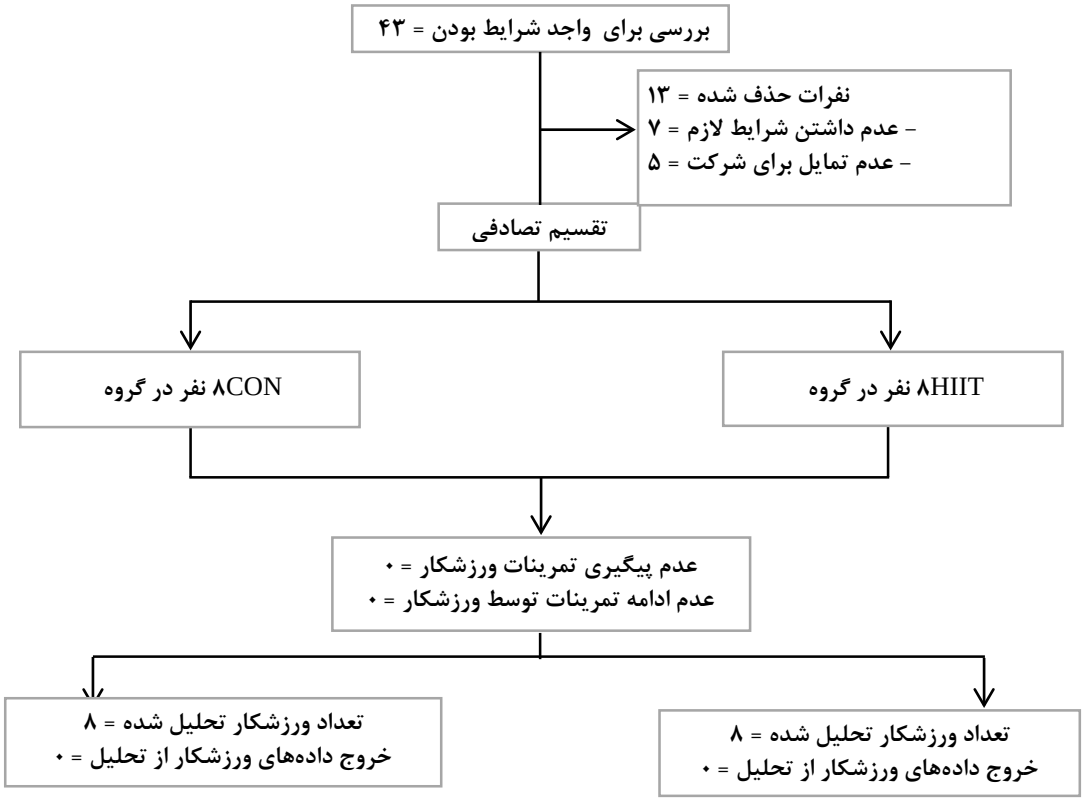
این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس آزمون با دو گروه (تمرینی و کنترل) بود. برای انتخاب نمونه آماری از میان ۴۳ آزمودنی زن که در دسترس بودند، ۱۶ آزمودنی (سن = ۴/۵ ± ۲۶ سال، قد = ۶/۹ ± ۱۷۰/۱ سانتی‌متر، وزن ۵/۳ ± ۶۳/۷ کیلوگرم، درصد چربی ۴/۵ ± ۲۳/۹) که سابقه‌ی ۴ سال تمرین کانوپلو را داشتند به‌طور هدفمند انتخاب شدند.

آزمودنی‌ها پس از پر کردن پرسش‌نامه سلامت به‌طور داوطلبانه آمادگی و رضایت خود را جهت شرکت در این پژوهش اعلام‌کردند و به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرینات تناوبی شدید (HIIT) و کنترل (CON) تقسیم شدند. پس از آشنایی با آزمون‌ها و برنامه‌های تمرینی و تجهیزات مورد استفاده در پژوهش، قبل و بعد از شرکت در دوره تمرینی و به‌منظور تعیین توان هوازی و بی هوازی و متغیرهای مرتبط با آن‌ها، آزمودنی‌ها در یک آزمون فزاینده و یک آزمون وینگیت بالاتنه با ۴۸ ساعت فاصله زمانی شرکت کردند. جلسات پیش‌آزمون و پس آزمون را در زمان مشابهی از روز و در شرایط آزمایشگاهی مشابه انجام شد. از آزمودنی ها خواسته شده بود تا ۲۴ ساعت قبل از شرکت در جلسات تمرینی هیچ‌گونه فعالیت جسمانی انجام ندهند و از مصرف مواد محرک و نیروزا خودداری کنند.

آزمودنی‌های پژوهش

حجم نمونه توسط نرم‌افزار G*Power محاسبه شد و برای دو گروه، تعداد ۱۶ آزمودنی قابل قبول نشان داده شد. از میان ۴۳ آزمودنی زن که در دسترس بودند، ۱۶ آزمودنی (سن = ۴/۵ ± ۲۶ سال، قد = ۶/۹ ± ۱۷۰/۱ سانتی‌متر، وزن ۵/۳ ± ۶۳/۷ کیلوگرم، درصد چربی ۴/۵ ± ۲۳/۹) به طور هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرینات تناوبی شدید و گروه کنترل تقسیم شدند. تمام فرآیندهای پژوهشی مطابق با موازین اخلاقی بیانیه هلسینکی[1] بود (شکل ۱).

[1] Declaration of Helsinki



شکل ۱. فلو دیاگرام نحوه انتخاب آزمودنی‌ها

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد گزارش شدند. از آزمون شاپیرو-ویلک[۱] برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها ($p>0.05$) و برابری واریانس‌ها توسط آزمون لِوِن[۲] بررسی شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس دو فاکتوری مختلط (۲×۲) با فاکتور بین گروهی (HIIT و CON) و فاکتور تکرار (۲ سطح پیش‌آزمون و پس‌آزمون) استفاده شد. اثر تعاملی توسط آزمون تعقیبی توکی سنجیده شد. ارتباط بین آزمودنی‌ها توسط آزمون پیرسون[۳] مورد بررسی قرار گرفت. اندازه اثر توسط مجذور اِتا[۴] (η^2) محاسبه و سطح آلفا (α) برای تمام محاسبات ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

روش‌های اندازه‌گیری

روش تعیین $\dot{V}O_{2peak}$[۵]، اکسیژن مصرفی اوج[۶] و شاخص‌های تنفسی

آزمودنی‌ها در یک آزمون فزاینده بر روی شبیه‌ساز (ارگومتر) پاروزنی کایاک به‌همراه دستگاه سنجش گازهای تنفسی شرکت کردند و توان هوازی و متغیرهای فیزیولوژیکی مربوطه ارزیابی شد. سرعت اولیه فعالیت بر روی شش کیلومتر بر ساعت تنظیم شد و هر دقیقه یک کیلومتر به‌سرعت اضافه شد. در صورت بروز یکی از علائم مربوط به نقطه اکسیژن مصرفی بیشینه (الف: رسیدن به فلات در مصرف اکسیژن حتی با افزایش شدت فعالیت، ب:

۱. Shapiro-Wilk
2 . Leven
3 . Pearson
4 . Partial eta squared
5 peak oxygen uptake
۶. velocity at $\dot{V}O_{2peak}$

نسبت تبادل تنفسی ۱:۱، رسیدن به واماندگی، ضربان قلب در محدوده ضربان قلب بیشینه)، اکسیژن مصرفی اوج ثبت شد. شاخص‌های تنفسی نیز توسط دستگاه سنجش گازهای تنفسی ثبت شد. سرعت در اکسیژن مصرفی اوج ($v\dot{V}O_{2peak}$) نیز معادل سرعتی خواهد بود که $\dot{V}O_{2peak}$ فرد در آن سرعت ثبت شد (۱۰).

روش تعیین توان بی هوازی توسط آزمون وینگیت بالاتنه

اوج برونده توان[1] (PPO) و میانگین برونده توان[2] (APO) با آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه و توسط دستگاه ارگومتر بالاتنه با مقاومتی معادل ۵٪ وزن بدن هر ورزشکار اندازه‌گیری شد. ابتدا آزمودنی‌ها با تمام توان شروع به فعالیت در دستگاه ارگومتر بالاتنه کردند و پس از سه ثانیه بار کاری مورد نظر اعمال شد و آزمودنی‌ها به‌مدت ۳۰ ثانیه و با تمام توان فعالیت کردند. سپس PPO و MPO توسط نرم‌افزار دستگاه محاسبه شد (۱۱) .

پروتکل تمرینی

جزئیات پروتکل تمرینی مطابق با پروتکل استاندارد ارائه شده توسط لارسن و همکاران به شرح جدول یک اجرا شد (۱). پس از تعیین $v\dot{V}O_{2peak}$، مدت زمان تحمل آزمودنی در این شدت (Tmax) نیز محاسبه شد و سپس آزمودنی‌ها تمرین خود را با تکرارهایی معادل ۶۰ تا ۷۵ درصد Tmax و استراحت ۱ به ۲ انجام دادند.

جدول ۱. نمونه برنامه یک جلسه تمرینی HIIT توسط دستگاه ارگومتر کایاک

ردیف	نوع فعالیت	مدت فعالیت	شدت فعالیت	تکرار	استراحت بین ست‌ها	سرعت اجرای فعالیت
۱	پارو زنی نرم	۵ دقیقه	۵۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$	۱	-	کم
۲	حرکات کششی	۵ دقیقه	-	-	-	-
۳	پارو زنی نرم	۵ دقیقه	۶۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$	۱	-	کم
۴	اینتروال (تناوبی)	هفته اول: ۶۰ درصد Tmax هفته دوم: ۷۰ درصد Tmax هفته سوم: ۷۵ درصد Tmax هفته چهارم: ۷۵ درصد Tmax هفته پنجم: ۷۰ درصد Tmax هفته ششم: ۶۰ درصد Tmax	۱۰۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$	۶	۱:۲	بالا
۵	پارو زنی نرم	۵ دقیقه	۵۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$	۱	-	کم
۶	حرکات کششی	۱۰ دقیقه	-	-	-	-

[1]. Peak power output

[2]. Average power output

یافته‌ها

جدول ۲. بررسی وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها در گروه‌های تمرینی

ردیف	نام متغیر	گروه‌ها			
		گروه تمرینی		گروه کنترل	
		Statistic	Sig	Statistic	Sig
۱	اکسیژن مصرفی اوج	۰/۹۵	۰/۷۴	۰/۸۷	۰/۱۷
۲	سرعت در اکسیژن مصرفی اوج	۰/۸۶	۰/۱۱	۰/۸۵	۰/۱۱
۳	ضربان قلب در اکسیژن مصرفی اوج	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۷۲
۴	نبض اکسیژن	۰/۹۱	۰/۳۶	۰/۸۴	۰/۱۱
۵	تهویه بیشینه	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۹۴	۰/۶۵
۶	حجم جاری	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۳۸
۵	تواتر تنفسی	۰/۸۸	۰/۲۱	۰/۹۲	۰/۴۷
۶	توان بی هوازی بیشینه در وینگیت	۰/۹۳	۰/۶۱	۰/۹۳	۰/۵۳
۷	میانگین توان بی هوازی در وینگیت	۰/۸۲	۰/۱۳	۰/۹۶	۰/۸۳

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون شاپیرو - ویلک، ($p> ۰/۰۵$)توزیع داده‌ها در گروه‌های تمرینی برای تمام متغیرها نرمال می‌باشد.

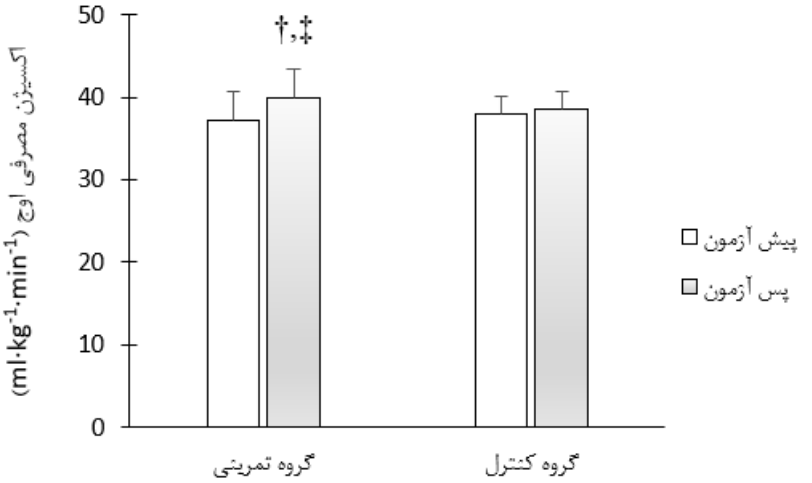
جدول ۳. نتایج مربوط به بررسی احتمال وجود تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها در پیش‌آزمون برای متغیرهای مختلف

ردیف	نام متغیر	آزمون لون		آزمون t مستقل		
		F	Sig	t	df	Sig
۱	اکسیژن مصرفی اوج	۱/۷	۰/۲	-۰/۵۸	۱۴	۰/۵۷
۲	سرعت در اکسیژن مصرفی اوج	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۳۳	۱۴	۰/۷۴
۳	ضربان قلب در اکسیژن مصرفی اوج	۲/۵	۰/۱۳	۱/۱۴	۱۴	۰/۱۸
۴	نبض اکسیژن	۰/۱	۰/۷	-۰/۲۸	۱۴	۰/۷۷
۵	تهویه بیشینه	۰/۸	۰/۳	-۱/۰۹	۱۴	۰/۱۱
۶	حجم جاری	۰/۴	۰/۵	۰/۰۶	۱۴	۰/۹۱
۷	تواتر تنفسی	۰/۳	۰/۶	۰/۱۱	۱۴	۰/۹۳
۸	توان بی هوازی بیشینه در وینگیت	۰/۱	۰/۷	-۰/۳۷	۱۴	۰/۷۱
۹	میانگین توان بی هوازی در وینگیت	۰/۱	۰/۸	-۰/۹۸	۱۴	۰/۳۴

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون t مستقل، هیچ تفاوت معنی‌داری در پیش‌آزمون برای هیچ‌کدام از متغیرها در بین گروه‌ها وجود ندارد.

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری برای VO_{2peak} نشان می‌دهد شش هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر تغییرات VO_{2peak} دارد ($P=۰/۰۰۱$) .

همچنین میزان تغییرات VO_{2peak} در گروه تمرینی به طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر است ($P=۰/۰۰۲$) (نمودار ۱).

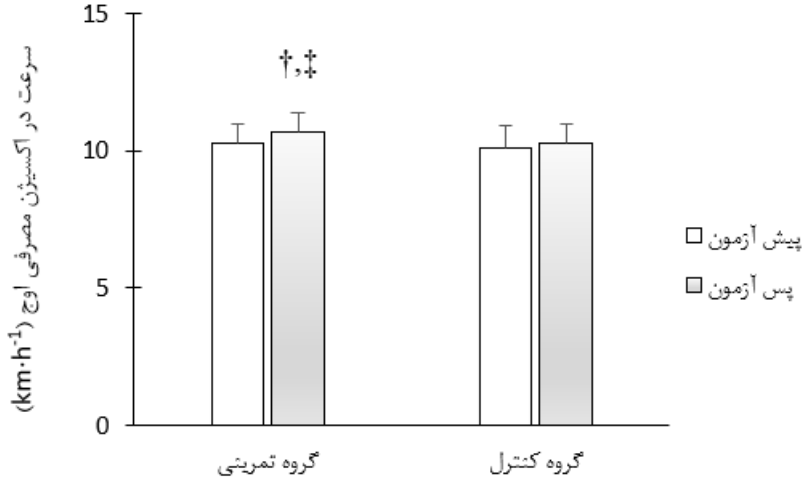


نمودار ۱. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر اکسیژن مصرفی اوج ($\dot{V}O_{2peak}$).

علامت † نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به پیش‌آزمون می‌باشد.

علامت ‡ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به گروه کنترل می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری برای $v\dot{V}O_{2peak}$ نشان‌می‌دهد شش هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات $v\dot{V}O_{2peak}$ دارد (۰/۰۲ = p). همچنین، میزان تغییرات $v\dot{V}O_{2peak}$ در گروه تمرینی به‌طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر است (۰/۰۵ = p) (نمودار ۲)

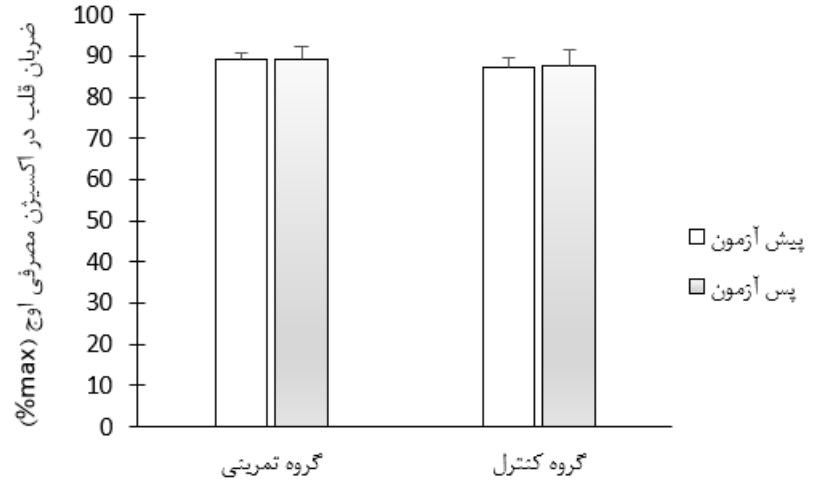


نمودار ۲. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر سرعت در اکسیژن مصرفی اوج ($v\dot{V}O_{2peak}$).

علامت † نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به پیش‌آزمون می‌باشد.

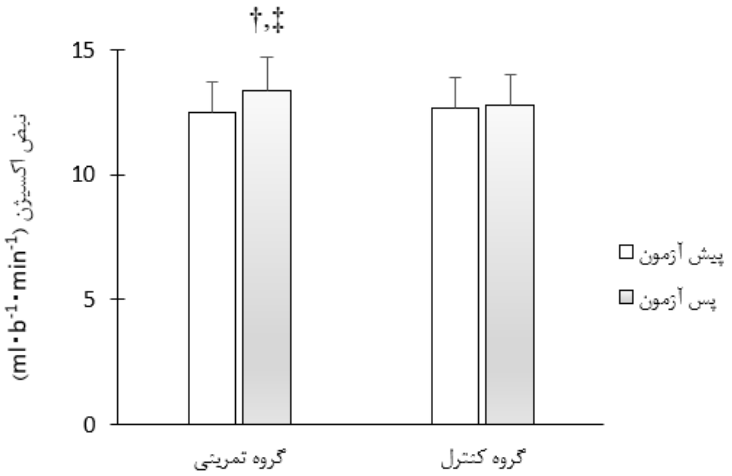
علامت ‡ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به گروه کنترل می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری بر $HR@\dot{V}O_{2peak}$ نشان‌می‌دهد ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات $HR@\dot{V}O_{2peak}$ ندارد ($p>$ ۰/۰۵) (نمودار ۳) .



نمودار ۳. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر ضربان قلب در اکسیژن مصرفی اوج ($HR@\dot{V}O_{2peak}$)

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری برای O_2pulse ($\dot{V}O_2/HR$)[1] نشان‌می‌دهد ۶ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات O_2pulse دارد (p = ۰/۰۰۴). همچنین، میزان تغییرات O_2pulse در گروه تمرینی به‌طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر است (p = ۰/۰۳) (نمودار ۴).



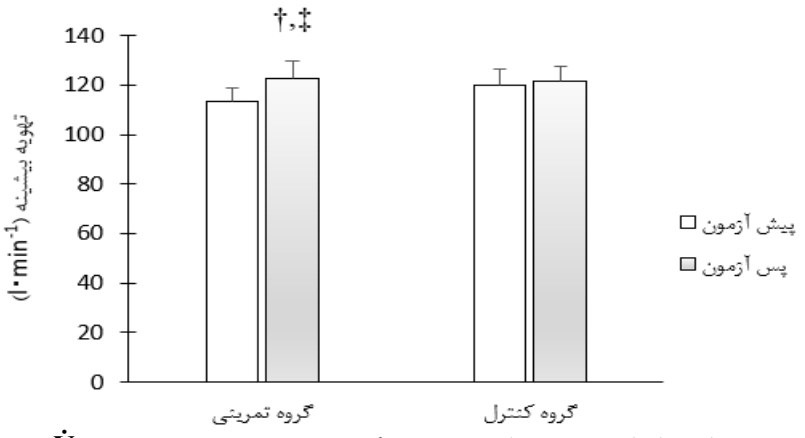
نمودار ۴. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر نبض اکسیژن (O_2pulse).

علامت † نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۵) نسبت به پیش‌آزمون می‌باشد.

‡ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۵) نسبت به گروه کنترل می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری برای $\dot{V}_E$ نشان‌می‌دهد ۶ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات $\dot{V}_E$ دارد (p = ۰/۰۰۱). همچنین، میزان تغییرات $\dot{V}_E$ در گروه تمرینی به‌طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر است (p = ۰/۰۰۱) (نمودار ۵).

[1]. Oxygen pulse

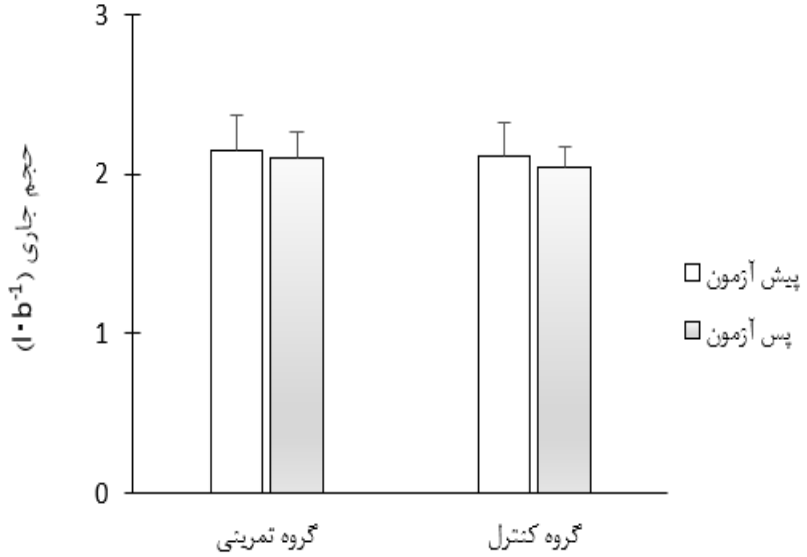


نمودار ۵. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر تهویه بیشینه ($\dot{V}_E$).

علامت † نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به پیش‌آزمون می‌باشد.

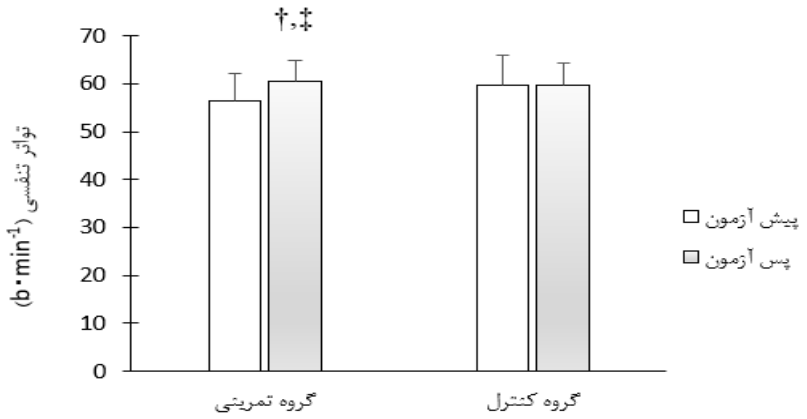
علامت ‡ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به گروه کنترل می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری بر $\dot{V}_T$ نشان‌می‌دهد ۶ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات $\dot{V}_T$ ندارد ($p = ۰/۸$) (نمودار ۶).



نمودار ۶. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر حجم جاری ($\dot{V}_T$).

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری بر R_f نشان می‌دهد ۶ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات R_f ندارد ($p = ۰/۰۱$). همچنین، میزان تغییرات R_f در گروه تمرینی به‌طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر است ($p = ۰/۰۰۹$) (جدول ۴-۱۱ و نمودار ۷).

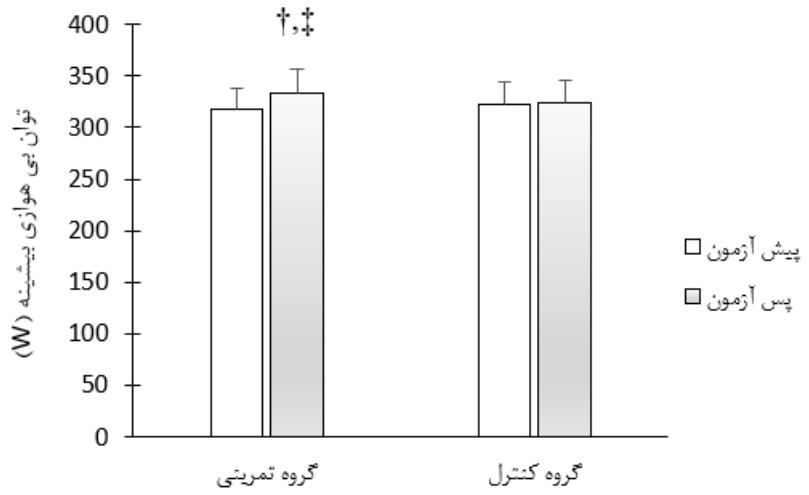


نمودار ۷. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر تواتر تنفسی (R_f).

علامت † نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به پیش‌آزمون می‌باشد.

علامت ‡ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به گروه کنترل می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری برPPO نشان‌می‌دهد ۶ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات PPO ندارد ($p = ۰/۰۰۱$). همچنین، میزان تغییرات PPO در گروه تمرینی به‌طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر است ($p = ۰/۰۰۷$) (نمودار ۸)

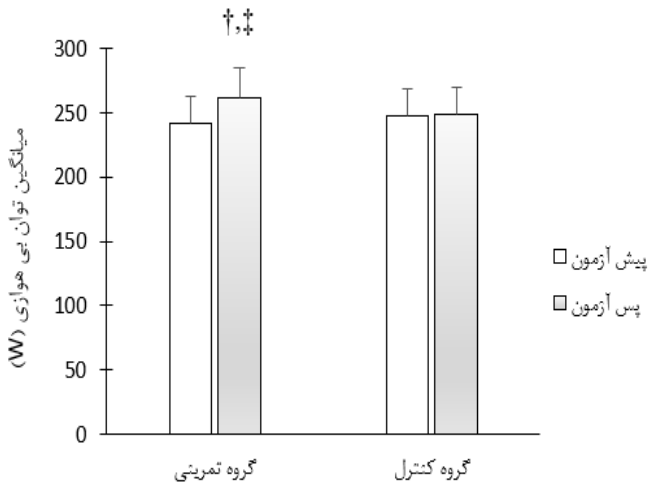


نمودار ۸. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر (PPO).

علامت † نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به پیش‌آزمون می‌باشد.

علامت ‡ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به گروه کنترل می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل آماری بر APO در نمودار ۸ نشان‌می‌دهد ۶ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات APO ندارد ($p = ۰/۰۰۳$). همچنین، میزان تغییرات APO در گروه تمرینی به‌طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر است ($p = ۰/۰۰۱$) (نمودار ۹).



نمودار ۹. اثرات تمرین تناوبی شدید و گروه کنترل بر (APO)

علامت † نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به پیش‌آزمون می‌باشد.

علامت ‡ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) نسبت به گروه کنترل می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

توان هوازی که با شاخص $\dot{V}O_{2peak}$ و یا $\dot{V}O_{2max}$ بیان می‌شود، یکی از فاکتورهای اصلی و اثرگذار در عملکردهای هوازی به‌شمار می‌رود. پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که توان هوازی می‌تواند در پاسخ به HIIT به‌طور معنی داری افزایش یابد (۱۲). همسو با مطالعات پیشین، نتایج پژوهش حاضر نشان‌می‌دهد که $\dot{V}O_{2peak}$ می‌تواند در پاسخ به HIIT انجام شده با ارگومتر کایاک بهبود یابد.

نتایج این پژوهش در رابطه با اثرات HIIT بر $\dot{V}O_{2peak}$ با پژوهش‌های مختلف همسو می‌باشد (۱۲،۲). در همین راستا، کیچِنبِرگر[۱] و همکارانش اثرات یک دوره هشت هفته ای تمرین تناوبی شدید را بر توان هوازی ورزشکاران رشته قایقرانی در ماده روئینگ مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که HIIT با تکرارهای دو دقیقه‌ای و استراحت‌های ۶۰ ثانیه‌ای بین تکرارها می‌تواند $\dot{V}O2peak$ را حدود ۶/۴ درصد افزایش دهد (۱۴). در پژوهشی دیگر، شیخلووند و همکارانش اثرات یک دوره هشت هفته‌ای HIIT را بر سازگاری قلبی تنفسی و ساختار و عملکرد قلبی بررسی کردند و نشان دادند که سه جلسه HIIT در هفته با شدت ۱۰۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$ می‌تواند موجب بهبود توان هوازی و شاخص‌های مرتبط با آن شود (۸). در مطالعه‌ای دیگر، همین پژوهشگران اثرات چهار هفته HIIT را بر شاخص های توان هوازی و بی هوازی بازیکنان نخبه کانوپولو بررسی کردند و نشان دادند تکرارهای یک دقیقه‌ای با شدت ۱۰۰ تا ۱۳۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$ می‌تواند موجب بهبود سازگاری های قلبی-تنفسی و افزایش توان هوازی (۶/۷ تا ۷/۶ درصد) شود (۱۱). همچنین آن‌ها نشان دادند که تمرینات SIT (ست‌های ۵ تکراری با تمام توان و استراحت‌های غیر فعال ۱۰ ثانیه‌ای مابین تکرارها) نیز نقش مؤثری در بهبود $\dot{V}O_{2peak}$ (۷/۱ تا ۷/۶ درصد) دارد (۱۱). در پژوهشی دیگر که بر روی ورزش‌کاران رشته روئینگ انجام شد، دریلِر و همکارانش نشان دادند که یک دوره چهار هفته‌ای HIIT (۲/۵ دقیقه پارو زنی با شدت ۹۰ درصد میانگین توان اوج در قالب تکرارهای هشت‌تایی) می‌تواند $\dot{V}O_{2max}$ را در ورزش‌کاران تمرین کرده تا حدود هفت درصد افزایش دهد

۱ Kirchenberger

(۱۲). به نظر می‌رسد افزایش در توان هوازی می‌تواند در اثر بهبود در اکسیژن‌رسانی (سازگاری مرکزی) و یا جذب و مصرف اکسیژن توسط عضلات فعال رخ دهد.). فاکتورهای مرکز که بهبود در این شاخص‌ها می‌تواند باعث ارتقای $\dot{V}O_{2max}$ شود عبارتند از حجم ضربه‌ای (مقدار خونی که در هر ضربه از قلب خارج می‌شود)، ضربان قلب، برونده قلبی که خود نتیجه حجم ضربه‌ای و ضربان قلب است، حجم خون و ظرفیت انتقال اکسیژن توسط خون، فشار و جریان خون می‌باشد (۶).

همان گونه که ذکر شده‌است، دستگاه تنفسی نیز یک نقش کلیدی در اکسیژن‌رسانی به بدن ایفا می‌کند. در زمان فعالیت بدنی، دستگاه قلبی و عروق و تنفس در قالب یک تعامل و یک سیستم یکپارچه عمل می‌کنند و طی فرآیندهای مختلف اکسیژن را به بافت‌های مصرف کننده رسانده و دی‌اکسید کربن را از آن خارج می‌کنند (۱۴،۶،۱). طی فرآیند تنفس خارجی، اکسیژن موجود در محیط پیرامون به‌واسطه تهویه ریوی ($\dot{V}_E$) وارد بدن می‌شود و پس از انتقال به خون، از طریق دستگاه قلب و عروق به بافت‌های فعال رسانده می‌شود. $\dot{V}_E$ که با واحد لیتر بر دقیقه شناخته می‌شود حاصل تواتر تنفسی (R_f) و حجم جاری ($\dot{V}_T$[2]) می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شش هفته HIIT با شدت ۱۰۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$ اجرا می‌شود، می‌تواند موجب افزایش میزان $\dot{V}_E$ در $\dot{V}O_{2peak}$ شود. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های پژوهش‌های پیشین همسو بود (۱۲،۱۰). فرشتیان[3] و همکارانش (۲۰۱۸) اثرات یک دوره سه هفته‌ای HIIT (۱۰-۶ تکرار ۶۰ ثانیه‌ای با ۱۱۵٪$v\dot{V}O_{2peak}$ و استراحت‌های ۳ دقیقه‌ای) را بر سازگاری‌های قلبی-تنفسی دختران اسکیت سرعت بررسی کردند و نشان دادند این پروتکل تمرینی می‌تواند میزان $\dot{V}_E$ در $\dot{V}O_{2peak}$ را تا حدود ۴/۹ درصد افزایش دهد(۱۵). در پژوهشی دیگر، شیخلووند و همکارانش اثرات یک دوره چهار هفته‌ای HIIT (تکرارهای یک دقیقه‌ای با ۱۳۰-۱۰۰٪$v\dot{V}O_{2peak}$ و استراحت‌های ۳ دقیقه‌ای) با استفاده از ارگومتر کایاک را بر سازگاری‌های قلبی-تنفسی قایقرانان مرد نخبه در رشته کانوپولو بررسی کردند و نشان دادند که میزان $\dot{V}_E$ در $\dot{V}O_{2peak}$ می‌تواند در پاسخ به HIIT ارائه شده حدود ۱۱/۵ الی ۱۵/۲ درصد افزایش یابد (۱۱).

افزایش در R_f و افزایش در $\dot{V}_T$ هر کدام به‌تنهایی می توانند موجب افزایش در میزان $\dot{V}_E$ شوند. گفته‌می‌شود، بهبود در میزان تهویه اثر مثبتی بر برونده قلب دارد و این تأثیر زمانی رخ می‌دهد که افزایش در $\dot{V}_E$ بر اثر افزایش در $\dot{V}_T$ رخ دهد، نه افزایش در R_f. به نظر می‌رسد، افزایش در میزان $\dot{V}_T$ می‌تواند باعث ورود حجم بالاتری از اکسیژن به ریه‌ها شود و در نتیجه فشار وارد شده به قلب افزایش یافته و به پمپاژ خون کمک می‌کند. از آنجایی که قلب در قفسه سینه قرار دارد، دیواره قفسه سینه و همچنین دیافراگم می توانند به‌عنوان عوامل کمکی و با افزایش فشار وارد شده به قلب، بر برونده قلبی تأثیرگذار باشند (۱۶). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دلیل افزایش تهویه در اکسیژن مصرفی اوج پس از تمرینات تناوبی، ریشه در افزایش تواتر تنفسی دارد. زیرا در مقایسه با پیش‌آزمون، حجم جاری تغییر معنی داری نشان نداد و این نتیجه‌گیری با یافته‌های مطالعات پیشین همسو می‌باشد (۳ ، ۶ ، ۸ ، ۱۰). با اینکه در زمان فعالیت بدنی با شدت پایین عضلات تنفسی مشارکت قابل توجهی ندارند، اما در شدت‌های بالاتر عضلات تنفسی به طور بالقوه در فرآیند تنفس مشارکت می‌کنند که این عامل موجب خستگی عضلات تنفسی می‌شود (۱۷). خستگی عضلات تنفسی باعث می‌شود که تنفس سطحی‌تر شود و

[1]. Puimonary ventilation
[2]. Tidal volume
[3]. Fereshtian

در نتیجه به‌منظور تأمین اکسیژن و ایجاد تهویه کافی، تعداد تنفس افزایش می‌یابد تا کاهش در حجم جاری را جبران کند (۱۸).

متغیر دیگری که گفته‌می‌شود نیازهای هوازی را به صورت کاربردی برآورده می‌کند و یکی از فاکتورهای نشان دهنده سطح عملکرد ورزشی به‌شمار می‌رود، سرعت پارو زنی در $\dot{V}O_{2peak}$ می‌باشد ($v\dot{V}O_{2peak}$). همسو با مطالعات پیشی(۲، ۱۱ ،۱۲ ، ۱۴). پژوهش حاضر نشان داد که یک دوره شش هفته‌ای HIIT با ارگومتر کایاک که با شدت ۱۰۰ درصد$v\dot{V}O_{2peak}$ انجام‌می‌شود، می‌تواند $v\dot{V}O_{2peak}$ را به‌طور معنی داری افزایش دهد. شیخلووند و همکارانش نشان داده‌اند که $v\dot{V}O_{2peak}$ ارتباط بالایی با درصد $\dot{V}O_{2peak}$در آستانه لاک تات دارد و لذا به نظر می‌رسد بهبود در $v\dot{V}O_{2peak}$ می‌تواند در بخشی به‌دلیل بهبود آستانه لاک تات باشد(۲۴). در سال ۱۹۹۶ بیلات[1] و همکارانش اثرات HIIT را بر $v\dot{V}O_{2peak}$ و اقتصاد حرکت بررسی کردند و چنین نتیجه‌گیری کردند که بهبود در اقتصاد حرکت می‌تواند یکی از عوامل اثرگذار بر بهبود $v\dot{V}O_{2peak}$ باشد (۲۳). در پژوهشی دیگر نیز اسفرجانی و لارسن اثرات یک دوره HIIT را بر دوندگان حرفه‌ای بررسی کردند و عنوان کردند که سازگاری‌های عصبی ایجاد شده بر اثر HIIT می‌تواند بر بهبود $v\dot{V}O_{2peak}$ اثرگذار باشد (۲۰). با توجه به این یافته‌ها، می‌توان بهبود در توان هوازی، سازگاری‌های عصبی عضلانی، و همچنین بهبود در اقتصاد حرکت در نتیجه HIIT را دلایل احتمالی بهبود در $v\dot{V}O_{2peak}$ دانست.

یکی دیگر از شاخص‌هایی که نقش مؤثری در بازی کانوپولو ایفا می‌کند، توان بی هوازی می‌باشد. همان گونه که در بخش‌های قبلی اشاره‌شده، فعالیت‌های انفجاری، استارت‌ها و پارو زنی‌های سریع، درگیری‌های نفر به نفر برای ایجاد موقعیت و همچنین حرکات مختلف ریشه در توان بی هوازی دارند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که HIIT با الگوی پارو زنی با شدت ۱۰۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$ می‌تواند پس از شش هفته موجب بهبود اوج و میانگین برونده توان شود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های پیشین همسو بود(۳، ۱۱ ، ۲۰). گِنگ[2]دو و همکارانش (۲۰۲۳) در پژوهشی که بر روی ورزشکاران کانو اسپرینت انجام دادند، نشان دادند که HIIT با شدت ۱۰۰ درصد $v\dot{V}O_{2peak}$ می‌تواند موجب بهبود اوج و برونده توان پارو زنان رشته کانو اسپری نت شود (۲۱). در پژووهشی مشابه، شیخلووند و همکارانش نشان دادند که هم HIIT با ارگومتر کایاک (۸) و هم SIT با قایقرانی در آب (۱۱)، هر دو می توانند موجب بهبود اوج و برونده توان شوند. فرزاد و همکارانش نشان دادند که یک دوره چهار هفته‌ای SIT (شش تکرار ۳۵ متری دویدن با تمام توان و استراحت‌های ۱۰ ثانیه‌ای بین تکرارها) می‌تواند موجب بهبود PPO و APO شود (۲۲). همچنین لارسن نشان داد که توان بی هوازی می‌تواند پس از انجام تنها دو هفته HIIT با شدت $v\dot{V}O_{2peak}$ موجب بهبود توان بی هوازی شود (۳). افزایش در میزان تخلیه الکتریکی و تحریک و به کار گرفتن واحدهای حرکتی با آستانه تحریک بالا (۱۰)، افزایش در محتوای کراتین فسفات عضلات فعال (۲۳)، و بهبود در ظرفیت با فری (۱۲) عوامل احتمالی پیشنهاد شده‌ای هستند که می‌توانند در افزایش برونده توان ایفای نقش کنند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که یک هفته تمرین تناوبی شدید با ارگومتر کایاک، با شدت ۱۰۰ درصد و ۶۵ تا ۷۵ درصد مدت‌زمانی که می‌توان شدت را تحمل کرد،

[1]. Billat LV

[2] Geng Du

(Tmax) می‌تواند موجب بهبود اکسیژن مصرفی اوج، سرعت در اکسیژن مصرفی اوج، میزان تهویه در اکسیژن مصرفی اوج و همچنین اوج و میانگین برونده تواند در قایق رانان زن نیمه حرفه‌ای در رشته کانوپولو شود. افزایش در اکسیژن مصرفی اوج در بخشی می‌تواند به‌دلیل افزایش در نبض اکسیژن باشد. همچنین، میزان تهویه بیشینه می‌تواند به‌واسطه افزایش در تواتر تنفسی، افزایش یابد.

تشکر و قدردانی

از تمامی مربیان، بازیکان کانوپلو و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافع بین نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

References

1. Laursen PB, Buchheit M. Science and Application of High-Intensity Interval Training. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2019, pp 10-135.
2. Laursen, PB and Jenkins, DG. The scientific basis for high-intensity interval training. J Sport Med, 2002; 32: 53–73.
3. Laursen, PB. Training for intense exercise performance: High intensity or high-volume training? Scand J Med Sci Sports,2010;2:1–10.
4. Little, JP, Safdar, A, Wilkin, GP, Tarnopolsky, MA, and Gibala, MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. J Physiol 588: 1011–1022, 2010.
5. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. 7th ad. Champaign, IL: Human Kinetics; 2019.
6. Bhambhani, Y. N. Prediction of stroke volume during upper and lower body exercise in men and women. Arch. Phys. Med. Rehabil,1995;76:713–718.
7. Sheykhlouvand, M., Arazi, H., Astorino, T. A., and Suzuki, K. Effects of a new form of resistance-type high-intensity interval training on cardiac structure, hemodynamics, and physiological and performance adaptations in well-trained kayak sprint athletes. Front. Physiol.2022;13, 850-868.
8. Sheykhlouvand M, Gharaat M, Khalili E, Agha-Alinejad H, Rahmaninia F, Arazi H. Low-Volume High-intensity interval versus continuous endurance training: effects on hematological and cardiorespiratory system adaptations in professional canoe polo athletes. Journal of Strength and Conditioning Research. 2018a;32(7):1852–1860.
9. Forbes, SC, Kennedy, MD, Boule, NB, and Bell, G. Determination of the optimal load setting for arm crank anaerobic testing in men and women. Int J Sports Med 35: 835–839, 2014.
10. Dolci, F., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B., and Hart, N. H. HighIntensity interval training shock microcycle for enhancing sport performance: A brief review. J. Strength. Cond. Res.2020;34,1188–1196

11.Sheykhlouvand M, Khalili E, Gharaat M, Arazi H, Khalafi, M, Tarverdizadeh B. Practical model of low-volume paddling-based sprint interval training improves aerobic and anaerobic performances in professional female canoe polo athletes. Journal of Strength and Conditioning Research. 2018b;32(8): 2375–2382.
12.Driller MW, Fell JW, Gregory JR, Shing CM, Williams AD. The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2009;4(1):110-21.
13.Fereshtian S, Sheykhlouvand M, Forbes S, Agha-Alinejad H, Gharaat M. Physiological and performance responses to high-intensity interval training in female inline speed skaters. Apunts Med Esport. 2017;59(196):131–138.
14.Kirchenberger T, Ketelhut S, and Ketelhut R G. Kirchenberger, T.; Ketelhut, S.; Ketelhut, R.G. Effects of Moderate-versus Mixed-Intensity Training onVO2peak in Young Well-TrainedRowers. Sports 2021,9, 92.
15.Fereshtian S, Sahebi-Sharifabadi M, Sheykhlouvand M, Agha-Alinejad H. High-intensity interval training (HIIT) versus traditional endurance training (TET): effects on aerobic power and respiratory system adaptations in female inline speed skaters. 11th International congress on sport science. May, 2018, Tehran, Iran.
16.Klabunde RE. Cardiovascular physiology concepts. 3rd ed. Wolters Kluwer Health: Philadelphia, PA, USA, 2020.
17.Gallagher CG, Hof VI, Younes M. Effect of inspiratory muscle fatigue on breathing pattern. Journal of Applied Physiology. 1985; 59: 1152–1158.
18.Mador MJ. Respiratory muscle fatigue and breathing pattern. Chest. 1991; 100: 1430–1435.
19.Sheikhlouvand M, Forbes SC. Aerobic capacities, anaerobic power, and anthropometric characteristics of elite female canoe polo players based on playing position. Sport Sci Health, 2018; 14(1):19–24.
20.Esfarjani, F and Laursen, PB. Manipulating high-intensity interval training: Effects on V_ O2max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. J Sci Med Sport.2007;10: 27–35.
21.Geng Du and Tao Tao. Effects of a paddling-based high-intensity interval training prescribed using anaerobic speed reserve on sprint kayak performance. Front Physiol. 2023; 13:1077172.
22.Farzad B, Gharakhanlou R, Agha Alinejad H, Curby DG, Bayati M, Bahraminejad M, AND Maestu J. Physiological and Performance Changes From The Addition of a Sprint Interval Program to Wrestling Training. Journal of Strength and Conditioning Research.2011; 25(9)/2392–2399
23.Billat LV. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. Sports Medicine. 2001;1(31):13-31.