

اثر هشت هفته تمرین تناوبی شدید با دو شیوهی متفاوت کنترل شدت بر توان هوازی و تغییرپذیری ضربان قلب دختران جوان فعال

مریم ربانی^۱، عفت بمبئی چی^{۲*}، فهیمه اسفرجانی^۳، علیرضا ربانی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲ و ۳- دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
* نشانی نویسنده مسئول: گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

وصول: ۹۴/۰۸/۰۱ اصلاح: ۹۴/۰۹/۱۴ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۷

چکیده

مقدمه و هدف: هدف از پژوهش حاضر مقایسه اثر ۸ هفته تمرین تناوبی شدید (HIT) با دو شیوه کنترل شدت با استفاده از ضربان قلب (مبتنی بر ضربان قلب) و یا سرعت دویدن (مبتنی بر سرعت) بر توان هوازی و تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) دختران جوان فعال بود.

روش‌شناسی: ۲۵ دانش‌آموز دختر هنرستان شکرانی اصفهان به صورت داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند. آزمودنی‌ها در دو گروه مبتنی بر سرعت (۱۳ نفر، سن $0/6 \pm 17/3$ ، وزن $7/78 \pm 60/15$ کیلوگرم، قد $166/15 \pm 6/08$ سانتی متر) و مبتنی بر ضربان قلب (۱۲ نفر، سن $0/2 \pm 17/1$ ، وزن $3/86 \pm 59/92$ کیلوگرم، قد $2/60 \pm 165/25$ سانتی متر) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها قبل و پس از ۸ هفته تمرین HIT با تواتر دو جلسه در هفته، در آزمون آمادگی تناوبی ۱۵-۳۰ (30-15IFT) برای اندازه‌گیری عملکرد بیشینه (VIFT) و برآورد اکسیژن مصرفی بیشینه (VO_{2max}) به عنوان شاخص‌های توان هوازی شرکت کردند. HRV استراحتی در هفته ابتدایی و انتهایی ثبت گردید. از آزمون‌های آماری تی همبسته و تحلیل کواریانس با سطح معناداری $P < 0.05$ برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

یافته‌ها: ۸ هفته تمرین HIT با هر دو روش افزایش‌های معناداری را در VO_{2max} و VIFT ایجاد کرد ($P < 0.05$). HRV تنها در گروه مبتنی بر ضربان قلب افزایش معناداری را نشان داد ($P < 0.05$). در بررسی بین گروهی، HRV در روش مبتنی بر ضربان قلب پیشرفت معنادار بیشتری را نشان داد ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد هر دو روش کنترل شدت در تمرینات HIT در پیشرفت توان هوازی موثر باشند اما ایجاد تغییر در HRV نیازمند بکارگیری روش مبتنی بر ضربان قلب است.

واژه‌های کلیدی: تغییرپذیری ضربان قلب، عملکرد بیشینه، آزمون آمادگی تناوبی ۱۵-۳۰، اکسیژن مصرفی بیشینه.

تناوبی شدید (HIT) است که به دلیل اثرگذاری قابل توجه در فرصت‌های آماده‌سازی کوتاه اخیراً مورد توجه دانشمندان علوم ورزشی و مربیان قرار گرفته است (۴). HIT شامل تکرار و هله‌های کوتاه تا بلند مدت فعالیت شدید بوده که با فواصل زمانی استراحتی برای بازگشت به حالت اولیه جداسازی می‌شود (۵). در مقایسه با تمرینات استقامتی طولانی مدت، روش HIT با وجود حجم کم‌تر تمرین، همزمان با ایجاد

مقدمه

آمادگی جسمانی از عوامل مهم برای داشتن زندگی سالم است و می‌تواند کیفیت زندگی فرد در آینده را پیش‌بینی کند (۱). آمادگی قلبی تنفسی و یا به عبارتی توان هوازی از عوامل پایه و ضروری آمادگی جسمانی به حساب می‌آید. اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی بیشینه، روشی معتبر برای ارزیابی توان هوازی بوده (۲) و از ارکان مهم موفقیت در ورزش‌های استقامتی است (۳). یکی از روش‌های توسعه توان هوازی، تمرینات

سازگاری‌هایی مشابه با تمرینات استقامتی، عملکرد جسمانی را نیز به صورت قابل توجهی بهبود می‌دهد (۶).

یکی از مهم‌ترین و تاثیرگذارترین متغیرها جهت طراحی تمرینات HIT، شدت و هله‌های کاری است (۶). روش‌های متنوعی برای کنترل و تجویز شدت فعالیت وجود دارند. تجویز شدت بر اساس درصدی از ضربان قلب بیشینه (مبتنی بر ضربان قلب) و یا بر اساس درصدی از یک سرعت دویدن مرجع (مبتنی بر سرعت)، دو رویکرد معمول در برنامه‌ریزی تمرینات HIT هستند (۶). استفاده از ضربان قلب برای برنامه‌ریزی HIT یکی از رایج‌ترین روش‌های کنترل شدت می‌باشد (۷). استفاده از ضربان سنج‌های الکترونیکی به عنوان یکی از ابزارهای معمول از دیرباز توسط دانشمندان علوم ورزشی برای پایش شدت تمرینات مورد استفاده قرار گرفته است (۸).

برای برنامه‌ریزی تمرینات HIT مبتنی بر سرعت، می‌توان از سرعت اکسیژن مصرفی بیشینه ($v\dot{V}O_{2max}$) (حداقل سرعتی که ورزشکار در طی آن به اکسیژن مصرفی بیشینه می‌رسد) استفاده کرد (۹). بالاترین سرعت کسب شده در آزمون آمادگی جسمانی تناوبی ۳۰-۱۵ (VIIFT) یکی از سرعت‌های مرجع کاربردی برای تجویز شدت تمرینات HIT است که جهت سنجش عملکرد بیشینه نیز استفاده می‌شود (۱۰). نشان داده شده است که VIIFT جایگزین مناسبی برای $v\dot{V}O_{2max}$ و معیار مناسبی برای تجویز تمرینات HIT به ویژه در زمان‌های کوتاه و فرابیشینه است (۱۰).

VIIFT نه تنها به توان هوازی مرتبط است بلکه به سرعت ذخیره بی‌هوازی، ظرفیت بازگشت به حالت اولیه بین و هله‌ها، افزایش شتاب، کاهش شتاب و توانایی‌های تغییر مسیر نیز حساس است (۱۱، ۱۰). برنامه‌ریزی تمرینات HIT با استفاده از VIIFT موجب یکسان‌سازی شدت تمرین برای ورزشکاران مختلف با قابلیت‌های جسمانی متفاوت شده و به نظر می‌رسد روش کنترل شدت بهتری در ورزشکاران به صورت فردی باشد (۱۱). علی‌رغم این برتری‌های تئوریک، مطالعات اندکی در زمینه مقایسه این دو روش معمول کنترل و تجویز شدت تمرینات HIT (مبتنی بر سرعت و مبتنی بر ضربان قلب) صورت گرفته است و با توجه به دانسته‌های ما، تنها مطالعه ربانی و بوچیت (۲۰۱۵) (۱۱) به مقایسه مستقیم دو شیوه برنامه‌ریزی تمرینات HIT بر روی توان هوازی ورزشکاران مرد جوان پرداخته و نشان داده‌اند استفاده از VIIFT نسبت به

روش‌های مبتنی بر ضربان قلب برتری داشته است. به علاوه، در مطالعه ربانی و بوچیت (۲۰۱۵) (۱۱)، تنها اثر این شیوه‌های تمرینی بر متغیرهای عملکردی مورد بررسی قرار گرفته و تغییرات همزمان در یک شاخص فیزیولوژیک گزارش نشده است. اگرچه در ورزشکاران، پیشرفت در عملکرد جسمانی اهمیت بسزایی دارد اما دانستن متغیرهای فیزیولوژیکی تعیین‌کننده این تغییرات برای بررسی دقیق‌تر مکانیزم‌های مسئول ضروری به نظر می‌رسد. ضمن اینکه آزمودنی‌های پژوهش ربانی و بوچیت (۲۰۱۵) (۱۱) مردان جوان بوده و مطالعه‌ای در این راستا بر روی دختران صورت نگرفته است.

تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)، به نوعی بازتاب‌کننده سازگاری‌های سیستم عصبی خودکار (شامل سمپاتیک و پاراسمپاتیک) در تنظیم ضربان قلب بوده و اشاره به اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط به فاصله زمانی و فرکانسی ضربان‌های قلب در محدوده زمانی معین دارد (۱۲). HRV بالا با اکسیژن مصرفی بیشینه بالا و HRV پایین با افزایش میزان مرگ و میر به هر دلیلی ارتباط دارد (۷). اثر تمرین HIT بر HRV در مطالعات بسیار کمی بررسی شده و نتایج نشان می‌دهد تمرینات HIT منجر به بهبود HRV خواهد شد. برای مثال رنی و دیگران (۲۰۰۳) (۱۳) در تحقیقی با هدف بررسی تاثیر فعالیت بدنی متوسط یا شدید بر تغییرپذیری ضربان قلب در شهروندان کارمند انگلیسی دریافتند که فعالیت شدید با پیشرفت در تغییرپذیری ضربان قلب همراه بود. بنابراین، پیشنهاد دادند که فعالیت بدنی شدید موجب کاهش احتمالی بیماری‌های قلبی کرونری خواهد بود (۱۳). هم‌چنین شفیعی و دیگران (۲۰۱۶) (۱۴) به انجام تحقیقی با هدف بررسی تاثیر ۴ هفته تمرین تناوبی بر ضربان قلب دوره استراحت و تغییرپذیری ضربان قلب پس از عمل بای‌پس عروق کرونر پرداختند و مشاهده کردند که چهار هفته تمرینات تناوبی تاثیرات سودمندی در پارامترهای HRV دارد. بنابراین، با توجه به این که هنوز بررسی همزمان تغییرات عملکردی و سازگاری‌های فیزیولوژیکی مانند HRV در پاسخ به پروتکل‌های تمرینی HIT با دو شیوه مبتنی بر سرعت و مبتنی بر ضربان قلب صورت نگرفته است، هدف از انجام پژوهش حاضر مقایسه تاثیر ۸ هفته تمرین HIT با شیوه مبتنی بر سرعت و مبتنی بر ضربان قلب بر HRV و توان هوازی دختران جوان فعال بود.

روش‌شناسی

۳۰ دانش‌آموز دختر هنرستان تربیت بدنی شکرانی اصفهان، داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کرده و در دو گروه ۱۵ نفری تقسیم شدند. عواملی مانند بیماری، عدم شرکت در جلسات تمرینی بیش از ۳ جلسه، و یا عدم شرکت در پیش‌آزمون یا پس‌آزمون موجب حذف داده‌های ۵ نفر از آزمودنی‌ها شد. در نهایت داده‌های ۱۳ نفر در گروه مبتنی بر سرعت و ۱۲ نفر در گروه مبتنی بر ضربان قلب مورد استفاده قرار گرفت. ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد. آزمودنی‌ها و والدین‌شان فرم رضایت‌نامه را جهت همکاری در این تحقیق تکمیل کردند. آزمودنی‌ها قبل و بعد از ۸ هفته مداخله تمرینی، در آزمون 30-15IFT به منظور ارزیابی در عملکرد بیشینه (VIFT) و برآورد توان هوازی شرکت کردند. از آزمودنی‌ها خواسته شد، تا ۴-۳ ساعت مانده به اجرای آزمون از خوردن وعده غذایی پر حجم اجتناب کرده و ۷۲ ساعت پیش از اجرای آزمون‌ها نیز فعالیت جسمانی متوسط تا شدیدی نداشته باشند.

جدول ۱: مشخصات توصیفی آزمودنی‌ها (انحراف معیار ± میانگین)

گروه	تعداد	وزن (Kg)	قد (cm)	سن (سال)
مبتنی بر سرعت	۱۳	۶۰/۱۵±۷/۷۸	۱۶۶/۱۵±۶/۰۸	۰/۶±۳/۱۷
مبتنی بر ضربان قلب	۱۲	۵۹/۹۲±۳/۸۶	۱۶۵/۲۵±۲/۶۰	۱۷/۱±۰/۲

متغیرهای مستقل در دو گروه، روش تمرینی بکار گرفته شده در طول ۸ هفته پژوهش شامل روش مبتنی بر سرعت و مبتنی بر ضربان قلب بود. متغیرهای وابسته در این تحقیق شامل شاخص لگاریتم طبیعی ریشه میانگین مجموع مربعات فاصله موج‌های R-R ضربان قلب (Ln rMSSD) نمایان‌کننده تغییرپذیری ضربان قلب و اکسیژن مصرفی بیشینه برآوردی و VIFT آزمون 30-15IFT به‌عنوان شاخص‌هایی از توان هوازی بودند.

آزمون 30-15IFT یک آزمون بیشینه میدانی شامل دویدن‌های رفت و برگشت ۳۰ ثانیه‌ای است که با فواصل ۱۵ ثانیه‌ای استراحت غیرفعال جدا می‌شود. سرعت تنظیم شده برای شروع آزمون ۸ کیلومتر بر ساعت است که متعاقب هر مرحله‌ی ۴۵ ثانیه‌ای، ۵/۰ کیلومتر بر ساعت افزایش سرعت دارد. شرکت‌کنندگان باید به صورت رفت و برگشت بین دو خطی اصلی که به میزان ۴۰ متر از یکدیگر فاصله دارند با

سرعتی مطابق با یک هشدار صوتی بدونند. آزمودنی‌ها باید مطابق با هشدارهای فایل صوتی از پیش ضبط شده آزمون، در زمان مشخص به خطوط اصلی (۴۰ متری) یا مابین (۲۰ متری) برسند. آزمون زمانی پایان می‌یابد که فرد نتواند سرعت دویدنش را حفظ کند و یا ۳ بار متوالی قادر به رسیدن به ناحیه‌ی ۳ متری که در محدوده‌ی هر خط قرار دارد، مطابق با هشدار صوتی، نباشد. سرعت کسب شده در حین آخرین مرحله‌ای که به صورت کامل اجرا شده است به عنوان سرعت بیشینه‌ی آزمون (VIFT) در نظر گرفته شد (۱۰). هم‌چنین اکسیژن مصرفی بیشینه به عنوان شاخصی از توان هوازی که با استفاده از VIFT به‌دست آمده است با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (۱۰).

معادله (۱):

$$(V_{IFT} \times 0.23/1) + (0.586 \times \text{سن}) + (0.357 \times \text{وزن}) - (0.741 \times \text{سن}) - (\text{جنسیت} \times 1.5/2) - 3.28 = VO_{2max} \text{ (میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)}$$

جنسیت: مردان = ۱ و زنان = ۲

Ln rMSSD به مدت ۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه در حالت

درازکش صبح‌ها پس از بیدار شدن و قبل از هر گونه فعالیت توسط آزمودنی‌ها در هفته ابتدایی و انتهایی دوره تمرینی توسط سنسور ضربان سنج بلوتوث دار (H7)، شرکت پلار ساخت کشور فنلاند) و اپلیکیشن گوشی تلفن همراه هوشمند (Elite HRV) ویژه اندازه‌گیری HRV به‌دست آمد. مدت زمان ثبت فواصل R-R ضربان قلب برای اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب در پژوهش حاضر (۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه) بر اساس پیش‌فرض اپلیکیشن و در دامنه زمانی مورد استفاده محققان پیشین (۱ تا ۵ دقیقه) قرار داشت (۱۶، ۱۵). با توجه به اینکه هنوز روایی اپلیکیشن Elite HRV در ادبیات پژوهشی گزارش نشده است، داده‌های خام (فواصل R-R دریافتی از سنسور H7 بر روی اپلیکیشن) استخراج شده و در نرم‌افزار Kubios مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۱۷). با این روش تنها ملاک دقت اندازه‌گیری، روایی سنسور H7 برای ثبت فواصل R-R ضربان قلب بود که در پژوهش‌های پیشین به عنوان ابزاری بسیار روا گزارش شده است (۱۸). پایایی شاخص Ln rMSSD نیز طبق مطالعه مروری اخیر مناسب و با ضریب تغییر ۱۲ درصد گزارش شده است (۱۹). به منظور افزایش دقت و روایی اطلاعات میانگین هفتگی Ln rMSSD در هفته ابتدایی و انتهایی دوره آزمایش مطابق با توصیه پژوهش‌های پیشین محاسبه و در تحلیل آماری استفاده گردید (۱۹). بعد از اندازه‌گیری‌های اولیه،

یافته‌ها

طبق بررسی‌های آماری کلیه متغیرهای بررسی شده در تحقیق حاضر توزیع طبیعی داشتند ($P > 0.05$). تحلیل آماری درون‌گروهی با استفاده از آزمون تی زوجی نشان داد ۸ هفته تمرین HIT با هر دو شیوه مبتنی بر سرعت و مبتنی بر ضربان قلب، موجب پیشرفت معنادار توان هوازی و عملکرد بیشینه شده است ($P < 0.05$). تغییرپذیری ضربان قلب تنها در گروه مبتنی بر ضربان قلب پیشرفت کرد ($P < 0.05$). هم‌چنین، بر اساس تجزیه و تحلیل آماری کواریانس، مشاهده گردید که تفاوت معناداری در تغییرپذیری ضربان قلب بین دو گروه وجود دارد، به طوری که شیوه مبتنی بر ضربان قلب، پیشرفت معنادار بیشتری را نسبت به شیوه مبتنی بر سرعت ایجاد کرده بود ($P < 0.05$). نتایج آماری و مقادیر متغیرهای وابسته قبل و بعد از ۸ هفته تمرین HIT در هر گروه در جدول ۲ آورده شده است.

آزمودنی‌های گروه تجربی در ۸ هفته تمرین HIT با تواتر دو جلسه در هفته شرکت کردند. پروتکل تمرینی اجرا شده در تحقیق حاضر شامل سه نوبت سه دقیقه‌ای با فرمت ۱۵-۱۵ ثانیه و استراحت ۳ دقیقه غیر فعال ما بین نوبت‌ها بود (۲۰).

شدت به‌کارگرفته شده در دو گروه به منظور ایجاد پاسخ‌های حاد ضربان قلب یکسان (۹۰-۹۵٪ از ضربان قلب بیشینه و VIFT) مطابق با نتایج مطالعات پیشین (۱۰) و پایش آزمودنی‌های پژوهش حاضر در چندین جلسه ابتدایی تنظیم گردید. در روش تمرینی مبتنی بر سرعت، شدت و هله‌های کار HIT بر اساس ۹۰ تا ۹۵ درصد از VIFT به‌دست آمده در پیش آزمون محاسبه شد. سرعت دویدن در ۴ هفته ابتدایی با شدت ۹۰، ۲ هفته بعدی با شدت ۵/۹۲ درصد و ۲ هفته انتهایی با شدت ۹۵ درصد از VIFT محاسبه شد. سرعت در این گروه به واسطه هشدار صوتی تنظیم می‌گردید. تفاوت‌های فردی هر گروه توسط مسافت تنظیم شده انفرادی تا نواختن هشدار صوتی بعدی تعدیل شد. آزمودنی‌ها می‌بایست مسافت مشخص شده را در هر ۱۵ ثانیه بر اساس سطح آمادگی جسمانی اولیه (VIFT) طی می‌کردند. با این تفاوت که مسافت پژوهش حاضر به دلیل نیاز به تغییر مسیر در هر ۴۰ متر تعدیل شد.

در روش تمرینی مبتنی بر ضربان قلب، علی‌رغم تشابه همه متغیرهای تمرینی HIT با گروه مبتنی بر سرعت و حتی مکان‌های تغییر مسیر، شدت فعالیت توسط خود آزمودنی‌ها و کنترل پاسخ حاد ضربان قلب بر روی گوشی هوشمند تلفن همراه و گرفتن اطلاعات از سنسور ضربان‌سنج پلار (H7) انجام می‌شد. البته محقق به صورت مرحله‌ای پاسخ ضربان قلب هر کدام از آزمودنی‌ها را پایش و از فعالیت آن‌ها در محدوده تجویزی اطمینان حاصل می‌کرد. شدت تمرین از ابتدا تا انتهای دوره تمرینی در این گروه مابین ۹۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه بوده و در این روش نیازی به افزایش شدت به صورت مرحله‌ای مشابه با گروه دیگر نبود.

در تحقیق حاضر توزیع طبیعی داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک و همگونی واریانس‌ها توسط آزمون لوین بررسی گردید. جهت بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی و برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد. معناداری تحلیل‌های آماری در سطح $P < 0.05$ استفاده شده است. کلیه محاسبات آماری از طریق نرم‌افزار آماری SPSS 17 انجام شد.

جدول ۲. تغییرات میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش در گروه های مورد بررسی

متغیر	گروه	مراحل	انحراف معیار ± میانگین	تحلیل تی همبسته درون گروهی		تحلیل کواریانس بین گروهی			
				درجه آزادی	مقدار T	مقدار P	درجه آزادی	مقدار F	مقدار P
تغییر پذیری ضربان قلب (Ln rMSSD)	مبتنی بر سرعت	پیش آزمون	۳/۹۷±۰/۵۴	۱۲	-۰/۶۴۷	۰/۵۳	۱	۶/۸۵	۰/۰۱۶
	مبتنی بر ضربان قلب	پس آزمون	۴/۰۳±۰/۷۰	۱۱	-۴/۶	* ۰/۰۰۱			
		پیش آزمون	۳/۹۶±۰/۷۸	۱۲	-۷/۲	* ۰/۰۰۱			
توان هوازی VO2max (ml/kg/min)	مبتنی بر سرعت	پیش آزمون	۳۶/۸±۲/۰	۱۱	-۹/۲	* ۰/۰۰۱	۱	۰/۰۶۷	۰/۷۹۸
	مبتنی بر ضربان قلب	پس آزمون	۳۹/۱±۲/۳	۱۲	-۷/۰۳	* ۰/۰۰۱			
عملکرد بیشینه (V _{IFT}) (Km/h)	مبتنی بر سرعت	پیش آزمون	۱۳/۷±۱/۰	۱۱	-۹/۲	* ۰/۰۰۱	۱	۰/۰۶۴	۰/۸۰۲
	مبتنی بر ضربان قلب	پس آزمون	۱۴/۹±۱/۱	۱۲	-۹/۲	* ۰/۰۰۱			

* نشانه معناداری آماری درون گروهی، † نشانه معناداری آماری بین گروهی

بحث و نتیجه گیری

هدف اصلی این پژوهش مقایسه تاثیر ۸ هفته تمرین HIT به شیوه مبتنی بر سرعت و مبتنی بر ضربان قلب، بر HRV و توان هوازی دختران جوان فعال بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین HIT با روش مبتنی بر ضربان قلب موجب افزایش معنادار تغییرپذیری ضربان قلب می شود، روش تمرینی مبتنی بر سرعت، افزایش معناداری را در تغییرپذیری ضربان قلب ایجاد نکرد. در مقایسه بین گروهی نیز روش مبتنی بر ضربان قلب نسبت به روش مبتنی بر سرعت برتری معناداری را در بهبود تغییرپذیری ضربان قلب نشان داد. به علاوه ۸ هفته تمرین HIT با هر دو روش مبتنی بر ضربان قلب و مبتنی بر سرعت، پیشرفت معناداری را در توان هوازی و عملکرد بیشینه (V_{IFT}) ایجاد کرد و تفاوتی میان این دو روش در بهبود این قابلیت ها نبود.

بهبود Ln rMSSD نشان دهنده افزایش فعالیت تون واگی، غلبه پاراسمپاتیکی و به طور کلی بهبود تغییرپذیری ضربان قلب است. اگرچه مکانیزم های مسئول بهبود تون واگی کاملاً مشخص نیستند ولیکن آنژیوتانسین II و نیتریک اکساید (NO) تعدیل کننده های بالقوه می باشند. آنژیوتانسین II به عنوان مهارکننده فعالیت واگی قلبی شناخته می شود (۲۱). بوج و دیگران (۲۰۰۲) (۲۲) پیشنهاد می کنند که تمرین احتمالاً موجب سرکوب بیان آنژیوتانسین II می شود. پژوهش ها نشان داده اند که سطوح فعالیت رنین پلازما در دوندهای استقامت

نسبت به افراد بی تمرین یا غیر ورزشکار پایین تر است (۲۳، ۲). این یافته از این نظر حایز اهمیت است که ورزشکاران با سطح فعالیت کمتر رنین پلازما احتمالاً آنژیوتانسین II کمتری داشته و سطوح بالایی از فعالیت واگی قلب را دارا هستند. بنابراین، امکان دارد که سرکوب آنژیوتانسین II بواسطه تمرین تا اندازه ای موجب افزایش تون واگی قلب شود (۲۲). نیتریک اکساید نیز ممکن است در افزایش فعالیت تون واگی نقش داشته و به طور غیرمستقیمی آثار سمپاتیکی را مهار کند (۲۴). به هرحال، مکانیزم های مسئول پیشنهادی در تغییرات تغییرپذیری ضربان قلب در حال حاضر قطعی نبوده و در حد گمانه زنی است و نیاز به مطالعات بیشتری احساس می شود.

نتایج تحقیق حاضر در مورد تأثیر معنادار تمرین HIT بر تغییرپذیری ضربان قلب دختران جوان فعال با نتایج به دست آمده از بوجیت و دیگران (۲۰۱۰) (۲۵)، گملین و دیگران (۲۰۰۷) (۲۶)، گیراد و دیگران (۲۰۱۳) (۲۷)، کیومینی و دیگران (۲۰۱۴) (۲۸)، رنی و دیگران (۲۰۰۳) (۱۳)، لوی و دیگران (۱۹۹۸) (۲۹)، شفیع و دیگران (۱۳۹۴) (۱۴) همراستا است. این مطالعات به بررسی اثرگذاری پروتکل های تمرینی مختلف بر تغییرپذیری ضربان قلب پرداخته و نتایج مثبتی را گزارش کردند.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعات پژوهش کوری و دیگران (۲۰۱۳) (۳۰)، فورت و ویو (۲۰۰۳) (۳۱)، گملین و دیگران (۲۰۰۹) (۳۲) مغایرت دارد. به نظر می رسد دلیل این

مغایرت عدم یکسانی سطح آمادگی جسمانی و جنس آزمودنی‌ها، پروتکل‌های تمرینی متفاوت بکارگرفته شده، روش اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل تغییرپذیری ضربان قلب و همین‌طور بار و تواتر تمرینات به‌کار گرفته شده باشد.

نکته قابل توجه عدم پیشرفت معنادار $\ln rMSSD$ در گروه مبتنی بر سرعت در تحقیق حاضر بود. در مقایسه بین گروهی نیز، روش مبتنی بر ضربان قلب برتری معناداری در بهبود تغییرپذیری ضربان قلب داشت. در حالی که در روش تمرینی مبتنی بر ضربان قلب، درصدی از ضربان قلب بیشینه به عنوان مرجع مد نظر قرار گرفته و صرفاً این شاخص در برنامه‌ریزی و کنترل تمرین استفاده می‌شود. در تمرینات مبتنی بر سرعت بر اساس حداکثر سرعت به‌دست آمده در آزمون 15-30 IFT (V_{IFT})، شاخص‌های دیگر جسمانی (شامل سرعت حداکثر، سرعت ذخیره بی‌هوازی، توانایی تغییر مسیر، افزایش و کاهش شتاب) نیز در سرعت مرجع لحاظ می‌شوند. به همین دلیل اگرچه هر دو روش ارتباط بالایی با vVO_{2max} دارند (۶)، اما ویژگی بیشتر تمرینات مبتنی بر ضربان قلب و ارتباط احتمالی بیشتر با vVO_{2max} نسبت به روش مبتنی بر سرعت با استفاده از V_{IFT} به عنوان سرعت مرجع که عوامل دیگر جسمانی دیگری را نیز مطالبه می‌کند، ممکن است دلیل این تفاوت‌ها باشد. در واقع بر اساس نتایج پژوهش‌ها، افزایش فعالیت واگی و متعاقب آن افزایش فعالیت پاراسمپاتیکی اغلب با تغییرات در عملکرد قلبی تنفسی همراه است (۱۲). به همین دلیل اگرچه به نظر می‌رسد استفاده از هر دو روش برای پیشبرد قابلیت‌های جسمانی هوازی و بی‌هوازی مؤثر هستند (۶)، به دلیل ارتباط خطی ضربان قلب و vVO_{2max} (۳۳)، روش مبتنی بر ضربان قلب به دلیل داشتن ویژگی بیشتر به اکسیژن مصرفی بیشینه، برتری قابل توجهی در ایجاد سازگاری‌های کنترل سیستم عصبی خودکار (سمپاتیکی و پاراسمپاتیکی) دارد.

توضیح دیگر عدم تغییر در تغییرپذیری ضربان قلب در گروه مبتنی بر سرعت این است که اگرچه در برخی تحقیقات گذشته استفاده از این روش نسبت به روش سرعت‌های تکراری در افزایش تون واگی مؤثر بوده است (۳۴)، ولیکن بیشتر بودن احتمالی تجمع متابولیت‌ها در اثر تمرین مبتنی بر سرعت در پژوهش حاضر که تاکید بیشتری بر شاخص‌های بی‌هوازی داشته می‌تواند دلیل مغایرت این نتایج باشد. اگرچه در پژوهش حاضر لاکتات خون یا غلظت پلاسمایی اپی نفرین اندازه‌گیری نشد، می‌توان احتمال داد که فعالیت سمپاتیکی و

متابولیت‌های سیستم استرسی افزایش بیشتری در اثر تمرین مبتنی بر سرعت نسبت به روش مبتنی بر ضربان قلب داشته‌اند (۳۵). در همین راستا غلبه سیستم عصبی پاراسمپاتیکی در حالت استراحت تقلیل یافته و به طور معناداری مؤثر نبوده است.

نکته قابل توجه دیگر، تغییرات شدت تمرین HIT در طول مدت تمرینی پژوهش حاضر است. اگرچه سعی بر آن بود تا به مرور در گروه مبتنی بر سرعت شدت تمرین افزایش یابد ولیکن به نظر می‌رسد افزایش شدت در طول مدت تمرینی نمی‌توانست با تجویز شدت در گروه مبتنی بر ضربان قلب برابری کند. در واقع، در گروه مبتنی بر ضربان قلب همزمان با سازگاری‌ها، شدت تمرین تجویزی تعدیل و بر اساس پیشرفت ورزشکار افزایش می‌یافت اما در گروه مبتنی بر سرعت، شدت بر اساس سرعت به‌دست آمده در آزمون اولیه (V_{IFT}) تنظیم و افزایش یافت. به نظر می‌رسد پیشرفت‌های فردی ورزشکار که در طول مدت تمرین بسته به عوامل بسیار می‌تواند متفاوت از سطح پیش‌بینی‌ها باشد، در گروه مبتنی بر سرعت پنهان می‌ماند (۳۶). این عدم شفافیت شدت انفرادی در هر جلسه و همین‌طور پیشرفت احتمالی ورزشکاران به سطوحی بالاتر از آزمون اولیه، احتمالاً موجب کاهش شدت نسبی در گروه مبتنی بر سرعت شده است. بنابراین به نظر می‌رسد طبق یافته‌های پژوهش‌گران پیشین، شدت تمرین عاملی ضروری برای ایجاد سازگاری‌های دستگاه عصبی خودکار باشد (۳۷، ۱۲).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین HIT با روش مبتنی بر سرعت و یا مبتنی بر ضربان قلب موجب افزایش معنادار V_{IFT} و اکسیژن مصرفی بیشینه برآوردی به عنوان شاخص‌های توان هوازی شد. ۸.۴ و ۸.۷ درصد پیشرفت در V_{IFT} به عنوان عملکرد بیشینه آزمودنی‌ها در آزمون 15-30 IFT مشابه با درصد پیشرفت مطالعات گذشته در این شاخص پس از انجام تمرینات HIT است (۳۸، ۱۱). نتایج تحقیق حاضر در مورد تأثیر معنادار ۸ هفته تمرین HIT بر توان هوازی دختران جوان فعال با نتایج به‌دست آمده از پژوهش بوچیت و دیگران (۲۰۰۸) (۱۰)، ربانی و بوچیت (۲۰۱۵) (۱۱) و بوچیت و ربانی (۲۰۱۴) (۳۸) همراستا است. البته تنها مطالعه‌ای که مشابه با پژوهش حاضر به مقایسه دو شیوه مبتنی بر ضربان قلب و مبتنی بر سرعت در پیشرفت توان هوازی پرداخت، مطالعه ربانی و بوچیت (۲۰۱۵) (۱۱) بود که در مقایسه بین گروهی، برتری روش مبتنی بر سرعت را به طور پرننگی نشان

سرعت در توسعه عملکرد نمی‌توان به استدلال در مشابهت یا مغایرت با مطالعه حاضر پرداخته و انجام مطالعات بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، با توجه به نتایج پژوهش حاضر، علی‌رغم برتری غیرقابل انکار تمرینات HIT با روش مبتنی بر سرعت در سهولت برنامه‌ریزی و کنترل شدت فعالیت‌ها (۱۱)، به نظر می‌رسد در صورت اولویت ایجاد سازگاری در سیستم عصبی خودکار در تنظیم ضربان قلب، روش مبتنی بر ضربان قلب برتری داشته باشد. این یافته‌ها از لحاظ سلامتی نیز اهمیت ویژه‌ای داشته و با توجه به نتایج تحقیقات در زمینه ارتباط تغییرپذیری ضربان قلب و میزان مرگ و میر (۳۹)، تنظیم روش‌های تمرینی HIT با روش مبتنی بر ضربان قلب، برای افرادی که با اهداف سلامتی تمرین می‌کنند، پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان است. نویسندگان نهایت قدردانی و تشکر خود را از مسئولین هنرستان تربیت بدنی دکتر شکرانی اصفهان و آژمودنی‌های شرکت‌کننده در این مطالعه ابراز می‌کنند.

داد. تناقض در یافته‌های مطالعه حاضر با مطالعه مرتبط اخیر، می‌تواند ناشی از اثرگذاری عواملی مانند جنس، سطح آمادگی جسمانی و پروتکل‌های تمرینی متفاوت به‌کار گرفته شده باشد. همچنین یکی از محدودیت‌های پژوهش ربانی و بوچیت (۲۰۱۵) (۱۱) مربوط به عدم مقایسه گروه‌ها در یک زمان (دو گروه آزمودنی در دو فصل متفاوت بررسی شدند) بود. به نظر می‌رسد برتری قابل توجه روش مبتنی بر سرعت در مطالعه پیشین (۱۱) ناشی از عدم کنترل دقیق پاسخ‌های فیزیولوژیکی تمرین باشد. البته عدم یکسانی در اعمال اضافه بار V_{IFT} در مطالعه حاضر با این مطالعه (۱۱) شاید تا حدی پیشرفت در گروه مبتنی بر سرعت را تقلیل داده باشد.

به هر حال نتایج مطالعه حاضر هم‌چنان پیشنهاد می‌کند که به دلیل سهولت در برنامه‌ریزی و کنترل شدت تمرینات HIT با استفاده از V_{IFT} ، روش مبتنی بر سرعت جایگزین روش مبتنی بر ضربان قلب شود. در مقایسه با پژوهش‌های گذشته، تنها مطالعه ربانی و بوچیت (۲۰۱۵) (۱۱) به مقایسه روش‌های تمرینی مبتنی بر سرعت و مبتنی بر ضربان قلب پرداخته‌اند اما تغییرپذیری ضربان قلب در مطالعه آن‌ها اندازه‌گیری نشده است. لذا علی‌رغم نتایج این مطالعه مبنی بر برتری مبتنی بر

منابع

1. Artero EG, Lee D-c, Lavie CJ, España-Romero V, Sui X, Church TS, et al. Effects of muscular strength on cardiovascular risk factors and prognosis. *J Cardiopulm Rehabil Prev*; 2012; 32(6): 351-58.
2. Gurd BJ, Peters SJ, Heigenhauser GJ, LeBlanc PJ, Doherty TJ, Paterson DH, et al. O₂ uptake kinetics, pyruvate dehydrogenase activity, and muscle deoxygenation in young and older adults during the transition to moderate-intensity exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*; 2008; 294(2):R577-R84.
3. Boone MJ, Bourgeois J. The oxygen uptake response to incremental ramp exercise. *Sports Med*; 2012; 42(6):511-26.
4. Rodas G, Ventura JL, Cadefau JA, Cussó R, Parra J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *Eur J Appl Physiol*; 2000; 82(5-6):480-6.
5. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. *Sports Med*; 2001; 31(1):13-31.
6. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Med*; 2013; 43(5):313-38.
7. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring. *Sports Med*; 2003; 33(7):517-38.
8. Alexandre D, Da Silva CD, Hill-Haas S, Wong DP, Natali AJ, De Lima JR, et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*; 2012; 26(10):2890-906.
9. Midgley A, McNaughton L, Carroll S. Reproducibility of time at or near VO₂max during intermittent treadmill running. *Int J Sports Med*; 2007; 28(1):40-7.
10. Buchheit M. The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res*; 2008; 22(2):365-74.
11. Rabbani A, Buchheit M. Heart rate-based versus speed-based high-intensity interval training in young soccer players. In book: *International Research in Science and Soccer II*, 2015, Chapter 13.
12. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med*; 2003; 33(12):889-919.
13. Rennie KL, Hemingway H, Kumari M, Brunner E, Malik M, Marmot M. Effects of moderate and vigorous physical activity on heart rate variability in a British study of civil servants. *Am J Epidemiol*; 2003; 158(2):135-43.
14. Shafie A, Goharimoghadam A, Nabavi Zadeh M S. The effects of interval exercise training on heart rate recovery and heart rate variability after coronary artery bypass grafting. *RJMS*. 2016; 23 (147) :91-98 (in persian)
15. Esco MR, Flatt AA. Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: evaluating the agreement with accepted recommendations. *J Med Sci Sports*. 2014 Sep; 13(3):535.
16. Flatt AA, Esco MR, Nakamura FY. Individual heart rate variability responses to preseason training in high level female soccer players. *J Strength Cond Res*. 2016 May 23.

17. Tarvainen, Mika P., et al. "Kubios HRV—heart rate variability analysis software." *Computer methods and programs in biomedicine* 113.1 (2014): 210-220.
18. Giles, D., Draper, N., & Neil, W. (2016). Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *Eur J Appl Physiol*, 116(3), 563-571.
19. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol*; 2014; 5:73.
20. Buchheit M. Individualizing high-intensity interval training in intermittent sport athletes with the 30-15 Intermittent Fitness Test. NSCA Hot Topic 2011.
21. Townend JN, Al-Ani M, West JN, Littler WA, Coote JH. Modulation of cardiac autonomic control in humans by angiotensin II. *Hypertension*. 1995; 25(6):1270-5.
22. Buch AN, Coote JH, Townend JN. Mortality, cardiac vagal control and physical training-what's the link? *Exp Physiol*; 2002; 87(04):423-35.
23. Fagard R, Grauwels R, Groeseneken D, Lijnen P, Staessen J, Vanhees L, et al. Plasma levels of renin, angiotensin II, and 6-ketoprostaglandin F1 alpha in endurance athletes. *J Appl Physiol*; 1985; 59(3):947-52.
24. Chowdhary S, Townend JN. Role of nitric oxide in the regulation of cardiovascular autonomic control. *Clin Sci (Lond)*; 1999; 97(1):5-17.
25. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen P, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol*; 2010; 108(6):1153-67.
26. Gamelin F, Berthoin S, Sayah H, Libersa C, Bosquet L. Effect of training and detraining on heart rate variability in healthy young men. *Int J Sports Med*; 2007; 28(07):564-70.
27. Guiraud T, Labrunee M, Gaucher-Cazalis K, Despas F, Meyer P, Bosquet L, et al. High-intensity interval exercise improves vagal tone and decreases arrhythmias in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc*. 2013; 45(10):1861-7.
28. Kiviniemi AM, Tulppo MP, Eskelinen JJ, Savolainen AM, Kapanen J, Heinonen I, et al. Cardiac autonomic function and high-intensity interval training in middle-age men. *Med Sci Sports Exerc*. 2014; 46(10):1960-7.
29. Levy WC, Cerqueira MD, Harp GD, Johannessen K-A, Abrass IB, Schwartz RS, et al. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. *Am J Cardiol*; 1998; 82(10):1236-41.
30. Currie KD, Rosen LM, Millar PJ, McKelvie RS, MacDonald MJ. Heart rate recovery and heart rate variability are unchanged in patients with coronary artery disease following 12 weeks of high-intensity interval and moderate-intensity endurance exercise training. *Appl Physiol Nutr Metab*; 2013; 38(6):644-50.
31. Forte R, De Vito G, Figura F. Effects of dynamic resistance training on heart rate variability in healthy older women. *Eur J Appl Physiol*; 2003; 89(1):85-9.
32. Gamelin F-X, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, et al. Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol*; 2009; 105(5):731-8.
33. Lemura LM, von Dullivard SP, Carlonas R, Andreacci J. Can exercise training improve maximal aerobic power (VO2max) in children: a meta-analytic review. *J Exerc Physiol*. 1999; 2(3):1-22.
34. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*; 2007; 293(1):H133-H41.
35. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-sprint ability—Part II. *Sports Med*; 2011;41(9):741-56.
36. Mann TN, Lamberts RP, Lambert MI. High responders and low responders: factors associated with individual variation in response to standardized training. *Sports Med*; 2014; 44(8):1113-24.
37. Earnest CP, Lavie CJ, Blair SN, Church TS. Heart rate variability characteristics in sedentary postmenopausal women following six months of exercise training: the DREW study. *PLoS One*. 2008; 3(6):e2288.
38. Buchheit M, Rabbani A. The 30-15 intermittent fitness test versus the yo-yo intermittent recovery test level 1: relationship and sensitivity to training. *Int J Sports Physiol Perform*; 2014; 9(3):522-4.
39. Galinier M, Pathak A, Fourcade J, Androdias C, Curnier D, Varnous S, et al. Depressed low frequency power of heart rate variability as an independent predictor of sudden death in chronic heart failure. *Eur Heart J*; 2000; 21(6):475-82.

Effects of 8 weeks of high-intensity interval training with two different intensity control methods on aerobic power and heart rate variability in young active girls

Rabbani M¹, Bambaiechi E², Esfarjani F², Rabbani A³

1- MSc, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

3- PhD Student, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 2015/10/23 Revised: 2015/12/05 Accepted: 2016/02/16

Abstract

Introduction: The aim of the present study was to compare the effects of 8 weeks of high-intensity interval training (HIT) based on heart rate (HR-based) or speed (Speed-based) on aerobic power and heart rate variability (HRV) in young active girls.

Method: 25 girls from Shokrani school of Isfahan voluntarily participated in this study. The subjects were divided into Speed-based (Number: 13; Age: 17.3 ± 0.6 yrs, Weight: 60.1 ± 7.7 kg, Height: 166.1 ± 6.0 cm) or HR-based (Number: 12; Age: 17.1 ± 0.2 yrs, Weight: 59.9 ± 3.8 kg, Height: 165.2 ± 2.6 cm) groups. Subjects underwent the 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15IFT) before and after 8 weeks of HIT, to measure the maximal performance (VIFT) and estimate maximal oxygen uptake (VO₂max) as aerobic power indices. Resting HRV was also recorded in the first and last weeks. Dependent t-test and analyses of covariate (ANCOVA) with the significant level of P<0.05 were used in statistical analyses.

Results: 8 weeks of HIT with both methods elicited significant increases in VO₂max and VIFT (P<0.05). HRV showed a significant increase only in HR-based group (P<0.05). In between-group analyses, just HRV elicited a more significant improvement through HR-based method (P<0.05).

Conclusion: It seems that both HIT intensity controlling methods are effective in improving aerobic power but eliciting changes in HRV needs implementing HR-based approach.

Key Words: Heart rate variability, Maximal performance, 30-15 Intermittent Fitness Test, Maximal oxygen uptake.

*Correspondence:

University of Isfahan

Email:

e.bambaiechi@yahoo.com