

تأثیر ۱۲ هفته تمرین مداوم با شدت متوسط و تمرین اینتروال با شدت بالا بر تغییر پذیری زمان محور ضربان قلب در جوانان کم تحرک سیگاری

آرمین بهمنش^۱، بهلول قربانیان^۲

چکیده

اهداف: بیماری قلبی در افراد سیگاری و کم تحرک زیاد است. تغییر پذیری ضربان قلب (HRV) به عنوان شاخص عملکرد سیستم عصبی خودمختار، شناخته می شود. هدف این پژوهش مقایسه تأثیر ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی شدید بر شاخص های زمان محور HRV در مردان جوان کم تحرک سیگاری بود.

روش مطالعه: این مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون روی ۳۰ دانشجوی مرد سیگاری کم تحرک (با فعالیت بدنی کمتر از ۹۰ دقیقه در هفته طبق پرسش نامه IPAQ) و مصرف حداقل ۵ نخ سیگار در روز انجام شد. آزمودنی ها در سه گروه تمرین با شدت متوسط و تداومی (MICT)، گروه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و گروه کنترل تقسیم شدند. تمرینات در ۱۲ هفته ۳۶ جلسه اجرا شد. گروه MICT دوییدن روی تردمیل را با شدت ۴۰-۶۵٪ HRmax برای ۳۰-۴۰ دقیقه داشتند. گروه HIIT تمرینات تناوبی شامل چرخه های یک دقیقه ای دوییدن روی تردمیل با شدت ۸۵-۹۵٪ HRmax و فواصل استراحت فعال یک دقیقه ای با شدت ۵۵-۶۰٪ HRmax انجام دادند. حجم تمرین در دو گروه از نظر مدت زمان کل فعالیت و بار تمرینی قلبی معادل سازی و از پولار برای کنترل شدت ها استفاده شد. HRV پیش و پس از دوره تمرینی در حالت استراحت با استفاده از هولتر، ۹۰ دقیقه اندازه گیری شد. تحلیل آماری با استفاده از آزمون ANOVA در سطح معناداری $p < 0.05$ انجام شد.

یافته ها: هر دو نوع تمرین HIIT و MICT باعث افزایش معنادار شاخص های زمان محور HRV از جمله SDNN، SDANN، RMSSD و توان کل TP نسبت به گروه کنترل شدند ($p < 0.05$) افزایش مقادیر SDNN، RMSSD و SDANN در گروه HIIT نسبت به MICT معنادارتر بود ($p < 0.05$) اما در شاخص TP، تفاوت بین گروه ها معنادار نبود.

نتیجه گیری: هر دو نوع تمرین موجب افزایش HRV در جوانان کم تحرک سیگاری شدند. با توجه به مزیت نسبی تمرینات HIIT در برخی شاخص های زمان محور، این نوع تمرین می تواند به عنوان روشی مؤثرتر برای بهبود عملکرد قلبی-عصبی در این گروه جمعیتی مطرح شود.

واژه های کلیدی: MICT، HIIT، تغییر پذیری ضربان قلب، سیستم اتونوم قلبی، حداکثر اکسیژن مصرفی، مردان جوان کم تحرک سیگاری

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

^۲ دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، نویسنده مسئول: b.ghorbanian@azaruniv.ac.ir

مقدمه

سلامت دستگاه قلبی-عروقی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت زندگی و طول عمر انسان است (McArdle, Katch, & Katch, 1996). شواهد متعددی نشان داده‌اند که عملکرد مطلوب سیستم قلبی عروقی ارتباط تنگاتنگی با کاهش مرگ‌ومیر دارد (Blair et al., 1996). در سال‌های اخیر با گسترش سبک زندگی و عادات ناسالم اجتماعی مانند مصرف دخانیات و کاهش فعالیت بدنی، سلامت قلبی-عروقی بیشتر به خطر افتاده است (Lawlor et al., 2005).

تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) به عنوان یک شاخص غیرتهاجمی برای ارزیابی فعالیت سیستم عصبی خودکار قلب اهمیت ویژه‌ای یافته است. HRV نشان‌دهنده میزان تطابق سیستم عصبی قلبی با تغییرات فیزیولوژیکی و محیطی است (Billman, 2011; Kleiger et al., 2005; Quiceno-Manrique et al., 2009). استفاده‌ی پزشکی تغییرپذیری ضربان قلب به عنوان یک فاکتور پایشی برای اختلالات کشنده و مرگ ناگهانی در وضعیت قلب می‌باشد (Gomes et al., 2016). تغییرپذیری، تغییرات سیگنال‌های قلبی که در طی ضربات متوالی قلب به صورت زمانی و فرکانسی ایجاد می‌شود را توصیف می‌نماید (Billman, 2011; Molina, et al., 2016). در رابطه با آنالیز در تغییرات زمانی، اساس کار فاصله زمانی بین امواج R به R است؛ پارامترهای زمان محور در تغییرپذیری ضربان قلب شامل: SDNN (انحراف معیار اینتروال‌های دو ضربان نرمال با واحد میلی ثانیه)، SDANN (انحراف معیار اینتروال‌های موج‌های فواصل نرمال تا نرمال در بخش‌های ۵ دقیقه‌ای)، r-MSSD (ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی) و TP توان کل یا واریانسی از تمامی اینتروال‌های ضربان قلب‌های نرمال با واحد ms^2 می‌باشند (Molina et al., 2016). کاهش تغییرپذیری ضربان قلب با بیماری‌های قلبی-عروقی مرتبط است، در حالی که افزایش آن به عنوان نشانه‌ای از سلامتی فرد تلقی می‌شود (Al Haddad et al., 2010; Van Boven et al., 1998).

مصرف سیگار یکی از عوامل خطر شناخته شده در بروز بیماری‌های قلبی عروقی، تنفسی، مرگ زودرس، بیماری‌های عروق کرونر، بیماری‌های شریانی محیطی، آنوریسم آئورت شکمی و سکنه مغزی ایسکمیک را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد (Gallucci et al., 2020; Goniewicz et al., 2020; JA 2004; Organization). نیکوتین، ماده اصلی موجود در سیگار، با فعال‌سازی بیش‌ازحد سیستم عصبی سمپاتیک و مهار نسبی فعالیت پاراسمپاتیک، منجر به کاهش شاخص‌های زمان محور HRV نظیر SDNN و RMSSD می‌شود (Benowitz 2003; Colberg et al., 1994; Cole et al., 1999; Myers, et al., 2007).

علاوه بر مصرف سیگار، کم‌ تحرکی نیز عامل خطر برای بروز بیماری‌های قلبی-عروقی محسوب می‌شود. طبق گزارشات، بی‌ تحرکی دومین عامل مهم مرگ‌ومیر در ایالات متحده پس از مصرف دخانیات است (Booth et al., 2002). عدم فعالیت فیزیکی با تضعیف عملکرد قلبی-ریوی و کاهش ظرفیت عملکردی بدن همراه بوده و تأثیرات مخربی مشابه مصرف دخانیات بر سلامت قلب و ریه دارد (Ch, 2008; Roberts & Barnard, 2005; Stamatakis & Hamer, 2012). افرادی که سبک زندگی غیر فعال دارند تغییر پذیری ضربان قلب پایینی دارند و احتمال مرگ ناگهانی در این گروه افزایش می‌یابد (Electrophysiology, 1996; Routledge et al., 2010).

بر اساس ادعای محققان، تمرینات ورزشی معمولاً با تنفس عمیق و فعال دیافراگمی همراه است که به ریلکس شدن بدن و افزایش تغییرپذیری ضربان قلب کمک می‌کند (Bastos et al., 2012). تمرینات ورزشی عملکرد ورزشی را از طریق مهار عملکرد اعصاب سمپاتیک و فعال کردن سیستم عصبی پاراسمپاتیک بهبود بخشیده (Rosenwinkel et al., 2001) و باعث تعادل در عملکرد سیستم عصبی اتونوم می‌شود (Carter, Banister, 2007; Vazir et al., 2003; & Blaber).

تداومی با شدت متوسط و تمرینات تناوبی شدید، دو شیوه رایج تمرین هوازی هستند که تأثیرات قابل توجهی بر بهبود HRV دارند (Iellamo et al., 2013). مطالعات مقطعی و طولی مختلف نشان داده‌اند که تمرینات ورزشی می‌توانند موجب افزایش تغییرپذیری ضربان قلب HRV شوند (Al-Ani et al. 1996; Dixon et al., 1992; Smith et al., 1989). هرچند برخی تحقیقات تفاوتی بین افراد فعال و غیر فعال در مقادیر پارامترهای HRV مشاهده نکرده‌اند (Bonaduce et al., 1998; Boutcher & Stein, 1995). به عنوان مثال، نتایج یک مطالعه روی بیماران پس از عمل پیوند عروق کرونری نشان داد که شش هفته تمرین تناوبی به طور معنی‌داری پارامترهای SDNN و RMSSD را افزایش می‌دهد (Ghardashi-Afousi et al., 2018). همچنین، مطالعه‌ای دیگر روی مردان غیرفعال نشان داد که دو هفته تمرینات HIIT به بهبود معنی‌دار پارامترهای HRV منجر می‌شود (Alansare, et al., 2018). با این حال، در یک تحقیق دیگر، سه ماه تمرین در بزرگسالان کم‌تحرک با اضافه‌وزن، علی‌رغم بهبود در شاخص‌هایی مانند ترکیب بدن و VO_{2max} ، تغییرات معنی‌داری در HRV ایجاد نکرد (Nève, 2018). در یک مطالعه دیگر روی مردان غیرفعال، مشاهده شد که ۱۲ هفته تمرین تناوبی باعث تغییرات معنی‌دار در SDNN می‌شود، اما سایر پارامترهای HRV مانند RMSSD بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشتند (Ramírez-Vélez et al., 2020). بنابراین با توجه به عدم تشابه نتایج مطالعات مختلف، بررسی و مقایسه اثرات این دو پروتکل تمرینی بر شاخص‌های زمانی HRV، و بررسی این موضوع که کدام نوع تمرینات با صرف کمترین زمان بیشترین بازدهی را دارد، برای استفاده در جمعیت‌های در معرض خطر مانند جوانان سیگاری کم‌تحرک، می‌تواند در طراحی برنامه‌های پیشگیرانه و توان‌بخشی قلبی مؤثر باشد. پس با توجه به اهمیت موضوع، هدف مطالعه حاضر بررسی و مقایسه تأثیر ۱۲ هفته تمرینات تداومی با شدت متوسط و تمرینات تناوبی شدید بر شاخص‌های زمان محور HRV در جوانان کم‌تحرک سیگاری می‌باشد.

روش‌شناسی تحقیق

مطالعه حاضر پس از اخذ تاییدیه از کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان و با کد اخلاق IR.AZARUNIV.REC.1403.006 انجام شد. کلیه شرکت‌کنندگان قبل از شروع پژوهش، فرم رضایت‌نامه آگاهانه را تکمیل نمودند.

این مطالعه از نوع نیمه‌تجربی مداخله‌ای با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون، شامل دو گروه تجربی و یک گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل دانشجویان کم‌تحرک سیگاری در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال بود که به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. در مجموع، ۳۰ آزمودنی که واجد شرایط ورود به مطالعه بودند، انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه ۱۰ نفره تقسیم شدند: گروه تمرین با شدت متوسط و تداومی (MICT)، گروه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) و گروه کنترل.

معیارهای ورود به مطالعه شامل کم‌ تحرکی (با فعالیت بدنی کمتر از ۹۰ دقیقه در هفته طبق پرسش‌نامه IPAQ، عدم شرکت در فعالیت‌های ورزشی منظم در شش ماه گذشته)، مصرف حداقل ۵ نخ سیگار در روز طی ۲ سال گذشته، سن بین ۲۰ تا ۳۰ سال و نداشتن بیماری‌های خاص نظیر بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، بیماری‌های کلیوی یا کبدی بود. معیارهای خروج نیز شامل عدم مشارکت منظم در جلسات تمرینی، شرکت نکردن در حداکثر ۳ جلسه تمرینی، ناتوانی در انجام تمرینات، عدم پیروی از برنامه تمرینات، یا ابتلا به بیماری‌های جدی در طول دوره مطالعه در نظر گرفته شد.

در آغاز، آزمودنی‌ها طی سه جلسه به آزمایشگاه مراجعه کرده و تحت ارزیابی‌های آنتروپومتریک شامل قد، وزن، درصد چربی بدن و سایر شاخص‌های بدنی قرار گرفتند. برای ارزیابی تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)، از دستگاه هولتر مانیتورینگ مدل My Patch & Holter استفاده شد. این ارزیابی در دو مرحله انجام گرفت: یک بار پیش از شروع برنامه تمرینی (پیش‌آزمون) و بار دیگر ۷۲ ساعت پس از پایان آخرین جلسه تمرین (پس‌آزمون)، این ۷۲ ساعت به منظور جلوگیری از تأثیرات حاد آخرین تمرین بر نتایج اندازه‌گیری رعایت شد.

به منظور ثبت داده‌های دقیق و استاندارد HRV، از شرکت‌کنندگان خواسته شد قبل از هر مرحله ثبت، به مدت ۱۵ دقیقه در محیطی ساکت، با نور کم و دمای کنترل شده در حالت درازکش (طاق باز) استراحت کنند. این پیش استراحت به تثبیت وضعیت فیزیولوژیکی بدن کمک کرده و از بروز تغییرات ناخواسته در داده‌های اولیه جلوگیری نمود. سپس ضربان قلب آزمودنی‌ها به مدت ۹۰ دقیقه به صورت پیوسته توسط دستگاه هولتر مانیتور ثبت شد.

قبل از اتصال الکترودها، محل اتصال (ناحیه قفسه سینه) تراشیده و با الکل ضدعفونی گردید تا کیفیت ثبت سیگنال به حداکثر برسد. برای اتصال، از لیدهای استاندارد Dormo/Ag/AgCl با کیفیت بالا استفاده شد که دارای ژل رسانا و فوم بودند، تا مقاومت الکتریکی در محل اتصال به حداقل برسد. همچنین اطمینان حاصل شد که آزمودنی‌ها هیچ وسیله فلزی نظیر گردنبند یا دستبند به همراه نداشته باشند و تلفن‌های همراه خاموش و در فاصله حداقل سه متری قرار داده شوند تا از تداخلات الکترومغناطیسی احتمالی جلوگیری شود. در هنگام اتصال لیدها، توجه ویژه‌ای به عدم اعمال فشار بیش از حد به هسته مرکزی لیدها صورت گرفت تا از آسیب به کیفیت سیگنال جلوگیری شود. علاوه بر این، در تمامی مراحل اندازه‌گیری، از دستورالعمل‌های رسمی ارائه شده توسط شرکت سازنده دستگاه هولتر مانیتور تبعیت شد. پس از اتمام ثبت سیگنال‌های قلبی، داده‌ها به نرم‌افزار اختصاصی دستگاه منتقل شدند و تحلیل‌های لازم بر روی سیگنال‌ها انجام گرفت. تحلیل داده‌ها شامل آنالیز زمانی پارامترهای HRV شامل SDNN، انحراف معیار تمام فواصل R تا R، RMSSD، ریشه دوم میانگین مربعات اختلاف متوالی فواصل R تا R، SDANN، انحراف معیار میانگین‌های ۵ دقیقه‌ای فواصل R تا R و TP (توان کل طیفی) بود. این تحلیل‌ها به صورت خودکار و تحت نظارت محقق از طریق نرم‌افزار مربوطه صورت گرفت و فایده نتایج برای هر آزمودنی به صورت جداگانه ذخیره شد.

برای اطمینان از ثبات شرایط، به شرکت‌کنندگان توصیه شد که ۷۲ ساعت قبل از انجام آزمون‌های HRV از انجام هرگونه فعالیت ورزشی شدید، مصرف نوشیدنی‌های کافئین‌دار، الکل، داروها و مکمل‌های تغذیه‌ای خودداری کنند. همچنین رژیم غذایی آزمودنی‌ها از طریق یادداشت‌های غذایی تحت کنترل قرار گرفت و در صورت نیاز، توصیه‌های لازم جهت یکنواختی رژیم در طول مطالعه ارائه شد.

پیش از آغاز برنامه اصلی تمرینی، یک جلسه آموزشی جهت آشنایی آزمودنی‌ها با نحوه صحیح اجرای تمرینات برگزار گردید. در این جلسه، نحوه صحیح گرم کردن، تکنیک‌های دویدن، تنظیم شدت تمرین و اصول سرد کردن آموزش داده شد تا از اجرای ایمن و مؤثر پروتکل تمرینی اطمینان حاصل شود. برای اجرای پروتکل تمرینی گروه تمرینات هوازی تداومی با شدت متوسط (MICT)، از دستگاه تردمیل برای دویدن استفاده شد. در این برنامه، آزمودنی‌ها به مدت ۳۰ تا ۴۰ دقیقه به طور تداومی بر روی تردمیل با شدت ۴۰ تا ۶۵ درصد از حداکثر ضربان قلب فردی خود فعالیت دویدن را انجام می‌دادند. شدت و مدت تمرینات به صورت تدریجی و برنامه‌ریزی شده در طول دوره تمرینی افزایش یافت تا اصل اضافه بار تدریجی رعایت شود و سازگاری‌های فیزیولوژیکی به صورت مؤثر ایجاد گردد. شدت تمرینات به طور مستمر توسط مانیتور ضربان قلب پولار پایش شده و در محدوده مورد نظر نگه داشته شد (با حاشیه خطای ± 5 ضربه در دقیقه نسبت به هدف تعیین شده). پس از اتمام هر جلسه تمرینی، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه به انجام حرکات کششی ایستا پرداختند تا فرآیند سرد کردن کامل شده و به بازبایی مطلوب کمک شود. این پروتکل تمرینی در سه جلسه در هفته، به صورت چرخشی در نوبت‌های صبح، ظهر و عصر، به مدت ۱۲ هفته متوالی انجام گردید (Afrasyabi et al., 2019; Cuddy, Ramos, & Dalleck, 2019).

تمرینات گروه HIIT به صورت متناوب در دو فاز یک دقیقه‌ای شامل فاز فعال و فاز ریکاوری اجرا شد. در فاز فعال، آزمودنی‌ها به مدت ۶۰ ثانیه با شدت بالا، معادل ۸۵ تا ۹۵ درصد از حداکثر ضربان قلب خود، بر روی تردمیل می‌دویدند. بلافاصله پس از این مرحله، وارد فاز ریکاوری شده و به مدت ۶۰ ثانیه با شدت پایین‌تر، در محدوده ۵۵ تا ۶۰ درصد از حداکثر ضربان قلب، به دویدن سبک یا راه رفتن می‌پرداختند. این چرخه‌های تمرینی به صورت متوالی در طول هر جلسه اجرا می‌شد. در هفته‌های اول تا چهارم، آزمودنی‌ها هشت نوبت این چرخه تمرینی را انجام دادند؛ در هفته‌های پنجم تا هشتم تعداد تکرارها به ده نوبت افزایش یافت و در نهایت، در هفته‌های نهم تا دوازدهم، آزمودنی‌ها دوازده نوبت از این پروتکل تمرینی را کامل کردند. شدت تمرینات در طول دوره به طور منظم پایش شده و با استفاده از دستگاه پولار (Polar) بر اساس ضربان قلب لحظه‌ای تنظیم می‌گردید تا اطمینان حاصل شود که افراد در محدوده‌های تعیین شده تمرینی فعالیت می‌کنند. به منظور حفظ ایمنی و کارایی بیشتر، قبل از شروع هر جلسه تمرینی، آزمودنی‌ها یک مرحله گرم کردن اولیه شامل ۱۰ تا ۱۵ دقیقه فعالیت هوازی سبک با شدت ۴۵ تا ۵۵ درصد از حداکثر اکسیژن مصرفی را انجام می‌دادند. همچنین پس از پایان پروتکل تمرینی، مرحله سرد کردن به وسیله انجام حرکات کششی ایستا به مدت ۱۰ دقیقه اجرا می‌شد تا روند بازگشت به حالت اولیه به درستی مدیریت شود (Afrasyabi et al., 2019; Cuddy et al., 2019).

طی ۱۲ هفته، سه جلسه تمرین در هفته (صبح، ظهر یا عصر به صورت چرخشی) برگزار شد و در مجموع ۳۶ جلسه تمرین برای گروه‌های تجربی انجام گردید. از گروه کنترل خواسته شد طی این مدت از هرگونه فعالیت ورزشی پرهیز کرده و تنها فعالیت‌های روزمره خود را ادامه دهند. تمامی داده‌های فیزیولوژیکی جمع‌آوری شده پس از پایان دوره تمرینی و در شرایط مشابه مرحله پیش‌آزمون مجدداً اندازه‌گیری شد. داده‌ها پس از استخراج از حافظه دستگاه‌های ثبت، به نرم‌افزار کامپیوتری منتقل شده و تحلیل‌های آماری انجام گرفت.

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک بهره گرفته شد. همگنی واریانس‌ها نیز با استفاده از آزمون لون مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از تأیید مفروضه‌های نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها،

برای مقایسه میانگین متغیرها در گروه‌های مختلف، از تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) در سطح معناداری ($p < 0.05$) استفاده گردید. کلیه تحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام پذیرفت.

جدول ۱: برنامه تمرینی دویدن روی تردمیل گروه HIIT

هفته	مدت فعالیت (ثانیه)	مدت استراحت فعال (ثانیه)	شدت تمرین (درصد حداکثر ضربان قلب)	تعداد تکرار استارت‌های یک دقیقه‌ای	مدت زمان پروتکل (دقیقه)	مدت زمان کل فعالیت (دقیقه)
اول و دوم	۶۰	۶۰	۸۵٪ الی ۹۰٪	۸	۱۶	۲۶
سوم و چهارم	۶۰	۶۰	۹۰٪ الی ۹۵٪	۸	۱۶	۲۶
پنجم و ششم	۶۰	۶۰	۸۵٪ الی ۹۰٪	۱۰	۲۰	۳۰
هفتم و هشتم	۶۰	۶۰	۹۰٪ الی ۹۵٪	۱۰	۲۰	۳۰
نهم و دهم	۶۰	۶۰	۸۵٪ الی ۹۰٪	۱۲	۲۴	۳۴
یازدهم و دوازدهم	۶۰	۶۰	۹۰٪ الی ۹۵٪	۱۲	۲۴	۳۴

نتایج

متغیرهای وزن، شاخص توده بدن، $Vo2max$ و $Spo2$ آزمودنی‌ها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. یافته‌های متغیرهای وزن، شاخص توده بدن، $Vo2max$ و $Spo2$ آزمودنی‌ها

متغیر	مرحله	HIIT	MICT	CON
وزن (kg)	پیش آزمون	$75/05 \pm 10/75$	$79/14 \pm 8/51$	$78/24 \pm 9/34$
	پس آزمون	$71/97 \pm 10/65$	$77/59 \pm 8/28$	$78/75 \pm 9/59$
BMI (kg/m^2)	پیش آزمون	$23/06 \pm 1/62$	$23/23 \pm 0/95$	$23/06 \pm 1/62$
	پس آزمون	$22/10 \pm 1/67$	$22/77 \pm 0/91$	$23/56 \pm 1/23$
$Vo2max$ ($ml/kg/min$)	پیش آزمون	$41/27 \pm 3/94$	$42/03 \pm 2/53$	$40/6 \pm 1/93$
	پس آزمون	$49/17 \pm 3/19$	$47/24 \pm 0/42$	$40/43 \pm 1/68$
$Spo2$	پیش آزمون	$0/20 \pm 0/02$	$0/21 \pm 0/01$	$0/2 \pm 0/01$
	پس آزمون	$0/25 \pm 0/01$	$0/24 \pm 0/01$	$0/2 \pm 0/01$

در جدول ۳، نتایج تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد هر دو نوع تمرین HIIT و MICT موجب افزایش معنادار در شاخص‌های SDANN، $rMSSD$ و SDANN و توان کل (TP) نسبت به گروه کنترل شدند ($p < 0.05$). در متغیر SDNN، گروه HIIT با افزایش میانگین از $75/05$ به $90/30$ و گروه MICT از $69/40$ به $83/90$ ، به‌طور معنادار نسبت به گروه کنترل بهبود یافتند ($p = 0.001$). همچنین، تفاوت بین HIIT و MICT نیز معنادار

بود ($p = 0.001$)، که بیانگر تأثیر قوی تر HIIT در این شاخص است. گروه کنترل تغییرات معناداری در این فاکتور نداشت و در مقایسه با گروه های HIIT و MICT عملکرد ضعیف تری از خود نشان داد.

در rMSSD نیز گروه HIIT از $41/4$ به $57/4$ ($p = 0.001$) و MICT از $46/65$ به $58/6$ ($p = 0.001$) افزایش داشتند. تفاوت میان دو گروه تمرینی در این شاخص نیز معنادار بود ($p = 0.019$) و HIIT برتری آماری نسبی داشت.

در شاخص SDANN، گروه HIIT از $32/1$ به $42/8$ و MICT از $34/80$ به $42/6$ افزایش یافتند ($p = 0.001$)، و تفاوت بین دو گروه نیز از نظر آماری معنادار گزارش شد ($p = 0.001$).

در شاخص TP نیز هر دو گروه تمرینی افزایش معنادار نسبت به گروه کنترل داشتند: HIIT از $4173/6$ به $5650/05$ ، MICT از $4321/4$ به $5423/9$ ($p = 0.001$) ولی در مقایسه ی بین دو گروه تمرینی، تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p = 0.3$).

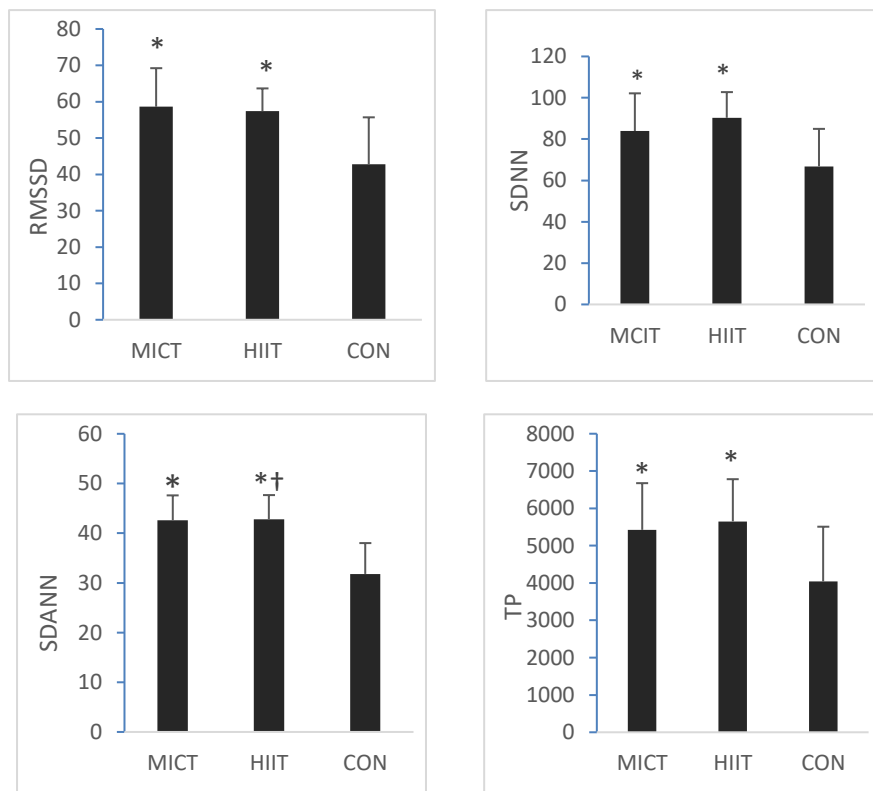
جدول ۳. نتایج آزمون واریانس مقایسه های برون گروهی متغیرهای تحقیق

P	F	میانگین و انحراف استاندارد		گروه	متغیر
		پس آزمون	پیش آزمون		
۰/۰۱	۵/۴۲	$90/30 \pm 12/44$	$75/05 \pm 14/45$	HIIT	SDNN
		$83/90 \pm 18/24$	$69/40 \pm 18/85$	MICT	
		$66/80 \pm 18/14$	$67/10 \pm 18/39$	CON	
۰/۰۰۳	۷/۲۸	$57/40 \pm 6/25$	$41 \pm 7/40$	HIIT	rMSSD
		$58/60 \pm 10/62$	$46 \pm 8/65$	MICT	
		$42/80 \pm 12/90$	$43/20 \pm 12/92$	CON	
۰/۰۰۱	۱/۵۸	$42/80 \pm 4/87$	$32/10 \pm 5/13$	HIIT	SDANN
		$42/60 \pm 5/01$	$34/80 \pm 5/09$	MICT	
		$31/8 \pm 6/21$	$32/10 \pm 6/67$	CON	
۰/۰۰۲	۴/۵۵	$5650/06 \pm 1131/05$	$4173/6 \pm 849/70$	HIIT	TP
		$5423/9 \pm 1251/11$	$4321/4 \pm 1299/74$	MICT	
		$4040/7 \pm 1467/69$	$4151/5 \pm 1213/82$	CON	

۰/۰۰۵ $p <$ بعنوان سطح معنادار در نظر گرفته شده است.

با توجه به نتایج آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی، می توان نتیجه گرفت که هر دو نوع تمرین HIIT و MICT تأثیرات مثبتی بر متغیرهای SDNN، rMssd، SDANN و TP داشتند. گروه های HIIT و MICT در مقایسه با گروه کنترل در تمامی این فاکتورها به طور معناداری پیشرفت کردند. این نشان می دهد که تمرینات تناوبی با شدت بالا و تداومی با شدت متوسط به طور چشمگیری می توانند باعث بهبود کیفیت ضربان قلب و انعطاف پذیری سیستم قلبی عروقی شوند. با این حال، تفاوت های میان گروه های HIIT و MICT در برخی

متغیرها مانند SDNN، rMSSD و SDANN وجود داشت، که به طور مشخص نشان‌دهنده تأثیر مثبت‌تر تمرینات HIIT در این فاکتورها نسبت به گروه MICT بود. اما در فاکتور TP، تفاوت معناداری میان گروه‌های MICT و HIIT مشاهده نشد.



شکل ۱: مقایسه میانگین تغییرات متغیرها در گروه‌های پژوهشی

* نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل. † نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه MICT

بحث و بررسی:

هدف مطالعه حاضر، ارزیابی تأثیر ۱۲ هفته تمرین تداومی با شدت متوسط و تمرین تناوبی با شدت بالا بر تغییرپذیری زمان‌محور ضربان قلب در جوانان کم‌تحرك سیگاری بود. نتایج این تحقیق نشان داد که مردان جوان ۲۰ تا ۳۰ ساله کم‌تحرك سیگاری پس از ۱۲ هفته تمرینات تداومی با شدت متوسط و تناوبی با شدت بالا، در پارامترهای زمان‌محور تغییرپذیری ضربان قلب شامل SDNN، RMSSD، SDANN و TP افزایش معناداری نسبت به پیش‌آزمون داشتند. در حالی که در گروه کنترل، هیچ تفاوت معنی‌داری در مقادیر این پارامترها مشاهده نشد. این یافته‌ها با نتایج مطالعه‌های پیشین هم‌راستا است که نشان می‌دهند تمرینات ورزشی، به ویژه انواع تمرینات HIIT و MICT، می‌توانند تأثیر مثبتی بر افزایش HRV در افراد کم‌تحرك و سیگاری داشته باشند.

(Fronchetti, et al., 2007). همچنین، مقادیر پارامترهای (HRV) شامل SDNN, RMSSD, SDANN و TP در گروه‌های تمرینی به‌طور معناداری نسبت به گروه کنترل افزایش داشتند که نشان دهنده تاثیر مثبت ورزش بر بهبود عملکرد سیستم عصبی خودکار و توانایی قلبی-عروقی است. این بهبود در HRV می‌تواند به کاهش استرس، بهبود عملکرد عروق و افزایش فعالیت پاراسمپاتیک اشاره داشته باشد. در خصوص تفاوت‌های میان گروه‌های تمرینی، همچنین نتایج این مطالعه نشان دادند که در پارامترهای SDNN، rMSSD و SDANN گروه HIIT نسبت به گروه MICT افزایش معنی‌دار دارد. تمرینات HIIT می‌توانند به‌طور ویژه تأثیر بیشتری در افزایش فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک داشته باشند. همچنین تمرینات HIIT به دلیل افزایش شدت و بار فیزیکی، ممکن است موجب تحریک بیشتر سیستم عصبی پاراسمپاتیک شده و بهبود سریع‌تر در HRV ایجاد کند. با این حال، در پارامتر TP، دو گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. این نشان‌دهنده این است که شاید تمرینات با شدت متوسط نیز می‌توانند در افزایش توان کلی تغییرپذیری ضربان قلب مؤثر باشند، اگرچه تمرینات HIIT در برخی شاخص‌های HRV تأثیر بیشتری دارند.

نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه جی کیم (Kim et al., 2017)، رامیز و همکاران (Ramírez-Vélez et al., 2020)، پیر علایی و همکاران (Piralai et al., 2019)، الانصار و همکاران (Alansare et al., 2018)، راموس و همکاران (Ramos et al., 2017)، کوفاک و همکاران (Koufaki et al., 2014)، گارداشی (Ghardashi Afousi et al., 2018)، پیراس و همکاران (Piras et al., 2015)، مانک و همکاران (Munk et al., 2010) و روتکل و همکاران (Routledge et al., 2010) انجام شده همسو می‌باشد.

پارامترهای زمان‌محور تغییرپذیری ضربان قلب به‌عنوان شاخص‌های مهم وضعیت سیستم عصبی خودکار و پیش‌آگهی در بیماری‌های قلبی عروقی شناخته می‌شوند. این پارامترها می‌توانند به‌طور مستقیم به وضعیت بالینی بیماران و ظرفیت تطبیق سیستم عصبی اتونوم در مقابل استرس‌های فیزیکی و محیطی اشاره کنند. SDNN: این پارامتر به‌طور کلی نمایانگر نوسانات کلی ضربان قلب و عملکرد سیستم عصبی خودکار است. کاهش SDNN اغلب به اختلالات در تنظیم خودکار ضربان قلب و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی اشاره دارد. در افراد سیگاری و کم‌تحرک، به‌ویژه، سیستم عصبی خودکار دچار عدم تعادل می‌شود که منجر به کاهش SDNN و در نتیجه افزایش احتمال ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی می‌گردد. بر اساس مطالعات متعدد، SDNN به‌عنوان یک عامل پیش‌آگهی در بیماری‌های قلبی عروقی شناخته شده است، به‌طوری که کاهش آن می‌تواند با افزایش خطر ابتلا به مرگ‌های ناگهانی قلبی ارتباط داشته باشد. Rmssd: این پارامتر، که تغییرات کوچکی در فاصله‌های ضربانی را اندازه‌گیری می‌کند، به‌ویژه نشان‌دهنده عملکرد پاراسمپاتیک سیستم عصبی خودکار است. به عبارت دیگر، rMSSD منعکس‌کننده فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک و توانایی بدن در مدیریت استرس است. افزایش rMSSD به‌طور معمول بهبود عملکرد قلبی-عروقی و افزایش ظرفیت تطبیق بدن را نشان می‌دهد. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تمرینات ورزشی، به‌ویژه تمرینات تناوبی با شدت بالا، می‌توانند تأثیرات مثبتی بر این پارامتر داشته باشند، به‌طوری که باعث افزایش فعالیت پاراسمپاتیک و بهبود تنظیم ضربان قلب در پاسخ به استرس‌های فیزیکی می‌شوند. SDANN: این شاخص تغییرپذیری ضربان قلب در بازه‌های زمانی طولانی‌تر را نشان می‌دهد و بنابراین می‌تواند به وضعیت سلامت بلندمدت سیستم قلبی-عروقی اشاره کند. افزایش SDANN معمولاً به‌معنای بهبود عملکرد کلی سیستم عصبی خودکار است و نشان دهنده کاهش استرس مزمن بر سیستم

قلبی عروقی است. در این راستا، تمرینات تداومی با شدت متوسط و تناوبی با شدت بالا می‌توانند باعث افزایش SDANN و بهبود تعادل بین سیستم‌های سمپاتیک و پاراسمپاتیک شوند. TP: این پارامتر نشان‌دهنده توان کل تغییرپذیری ضربان قلب است و به‌طور کلی، افزایش TP به‌معنای بهبود عملکرد سیستم عصبی خودکار و کاهش استرس است. TP از طریق افزایش تغییرپذیری ضربان قلب می‌تواند به تعادل بهتر عملکردهای سمپاتیک و پاراسمپاتیک کمک کند. به‌ویژه، تمرینات HIIT به دلیل شدت بالا، می‌تواند باعث تحریک بیشتر سیستم عصبی پاراسمپاتیک و بهبود وضعیت کلی قلب و عروق شوند.

تمرینات ورزشی، به‌ویژه HIIT و MICT، به‌طور قابل توجهی تأثیرات مثبتی بر سیستم عصبی خودکار دارند. این تأثیرات عمدتاً به‌دلیل تغییرات در فعالیت سمپاتیک و پاراسمپاتیک هستند. تمرینات با شدت متوسط معمولاً باعث بهبود عملکرد سیستم پاراسمپاتیک می‌شوند، در حالی که تمرینات تناوبی با شدت بالا می‌توانند همزمان باعث کاهش فعالیت سیستم سمپاتیک و افزایش فعالیت سیستم پاراسمپاتیک شوند. این تغییرات منجر به کاهش استرس مزمن و بهبود عملکرد عروقی و قلبی می‌گردد. در نتیجه، این تغییرات در پارامترهای HRV، مانند SDNN، rMSSD، TP و SDANN، بهبود عملکرد سیستم قلبی-عروقی و افزایش ظرفیت بدن برای مقابله با استرس‌های فیزیکی و روانی را نشان می‌دهند (Piralaity et al., 2019; Picard et al., 2021). این تغییرات در HRV نشان‌دهنده بهبود وضعیت تنظیم خودکار ضربان قلب است، که به نوبه خود می‌تواند به بهبود وضعیت قلبی و عروقی کمک کند. در حقیقت، HRV بالا معمولاً به‌عنوان یک نشانگر سلامت قلبی و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی شناخته می‌شود. در بیمارانی که تمرینات ورزشی به‌طور منظم انجام می‌دهند، مشاهده شده است که این افراد به‌طور قابل توجهی در پارامترهای HRV مانند SDNN، rMSSD و SDANN بهبود داشته‌اند، که همه این‌ها نشانه‌هایی از افزایش فعالیت پاراسمپاتیک و بهبود عملکرد سیستم عصبی خودکار هستند. مکانیزم‌های بهبودی فعالیت سیستم خودکار قلبی و HRV در اثر تمرینات ورزشی به‌طور کامل درک نشده است. با این حال، مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات تناوبی می‌توانند منجر به کاهش سطوح کاتکولامین‌ها، کاهش تراکم گیرنده‌های بتا آدرنرژیک و کاهش سطوح آنژیوتنسین II شوند. همچنین، تمرینات اینتروال با افزایش قابلیت در دسترس بودن نیتریک اکساید همراه هستند که در تمرینات ورزشی هوازی تولید شده و باعث بهبودی فعالیت سیستم خودکار قلبی می‌شود (Ciolac et al., 2010; Izadi, et al., 2018).

کاهش آنژیوتنسین II یکی از محتمل‌ترین مکانیزم‌ها برای بهبودی سیستم عصبی خودکار می‌باشد. آنژیوتنسین II پپتیدی است که سبب افزایش خروجی سمپاتیکی و فعالیت واگی می‌شود. نتایج یک مطالعه نشان داد که سطوح آنژیوتنسین II در مدل‌های حیوانی در اثر تمرینات تناوبی کاهش می‌یابد (Holloway et al., 2015).

مطالعه‌های دیگر در بیماران دارای فشار خون بالا نشان داد که تمرینات هوازی سبب بهبودی فعالیت خودکار قلبی بدون تأثیرگذاری بر مهارکننده آنزیم تغییر دهنده آنژیوتنسین شد (Chowdhary & Townend, 1999). بنابراین، به نظر می‌رسد تمرینات ورزشی هوازی از طریق سایر مکانیزم‌ها نیز مانند قابلیت در دسترس بودن NO فسفریلاسیون آنزیم نیتریک اکساید سنتاز اندوتلیالی (eNOS) و کاهش تجزیه نیتریک اکساید (NO) می‌تواند به طور غیرمستقیم در مهار فعالیت سمپاتیکی و افزایش تون واگی دخالت کند. مطالعات بر روی مدل‌های انسانی و حیوانی نشان داده‌اند که افزایش بیان NO با افزایش فعالیت واگی همراه است (Massion et al., 2004; Munk, et al., 2009).

ویسلوف و همکاران در مطالعات خود نشان دادند که تمرینات ورزشی تناوبی شدید از طریق ایجاد نوسانات بین شدت‌های زیاد و کم تمرینی، تنش برشی زیادی ایجاد می‌کنند که منجر به پاسخ‌های سلولی و مولکولی می‌شود (Wisløff et al., 2007). تنش برشی ایجاد شده در اثر تمرینات هوازی، ضمن افزایش فسفریلاسیون و فعال‌سازی آنزیم eNOS، باعث افزایش بیان آن نیز می‌شود که در نهایت موجب افزایش NO در دسترس می‌گردد. علاوه بر این، این تمرینات با افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، باعث کاهش گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند.

گونه‌های فعال اکسیژن می‌توانند با نیتریک اکساید واکنش نشان دهند و مقادیر آن را کاهش دهند. کاهش تولید اکسیژن فعال در اثر سازگاری ناشی از تمرینات اینتروال، سبب کاهش واکنش‌های مذکور می‌شود که منجر به مهار کاهش NO در اثر واکنش با اکسیژن فعال می‌گردد. بنابراین، افزایش سطوح NO ناشی از تنش برشی در اثر تمرینات اینتروال که با دوره‌های متوالی فعالیت شدید همراه است، با کاهش فعالیت سمپاتیکی و افزایش تون واگی، به بهبودی سیستم اتونوم قلبی کمک می‌کند (Smith & Fernhall, 2023). با وجود مطالعات مختلف در ادبیات پژوهشی که نشان‌دهنده بهبودی سیستم اتونوم قلبی در اثر تمرینات ورزشی است، نتایج برخی دیگر از مطالعات در این زمینه متفاوت می‌باشند. نتایج مطالعه حاضر با نتایج به‌دست آمده از برخی مطالعات غیرهمسو است. احتمالاً تفاوت در مدت، شدت، پروتکل آزمودنی‌ها و سایر فاکتورها می‌تواند دلایل این تفاوت‌ها باشد. بطور مثال در مطالعه‌ای تأثیر تمرینات مقاومتی را در کودکان و نوجوانان ۶-۱۸ ساله که دچار بیماری سیستمیک فیروز بودند، بررسی شد که با پروتکل ورزشی هوازی اینتروال و آزمودنی‌های مطالعه حاضر متفاوت می‌باشد (Estévez-González et al., 2021). همچنین، لاندرام در مطالعه خود تأثیر شدت تمرینی متوسط را به مدت یک ماه در HRV زنان سالم با میانگین سنی ۳۶ ساله مورد بررسی قرار داد (Landram et al., 2019) که در مقایسه با مطالعه حاضر، مدت و شدت تمرین کمتر بود. با این حال، تفاوت معنی‌داری در پارامترهای زمان محور و فرکانس محور در تغییرپذیری ضربان قلب آزمودنی‌هایشان مشاهده نکردند.

محققان نشان دادند که برای حصول نتیجه مطلوب در بهبودی پارامترهای فرکانس محور HRV، شدت تمرینی باید بالاتر از ۸۰ درصد ضربان قلب ماکزیمم باشد و در شدت‌های پایین‌تر از آن، تغییر معنی‌داری به وجود نمی‌آید (Ariningsih, 2021). با این حال، در مطالعه‌ای اثرات ۳ ماه تمرین تناوبی با شدت بالا با شدت ۹۰-۸۰ درصد ضربان قلب ماکزیمم در افراد کم‌تحرک ۵۰-۸۰ ساله بررسی شد و تفاوت معنی‌داری در مقادیر پارامترهای زمان محور و فرکانس محور مشاهده نشد (Nève, 2018). با توجه به نتایج، هر دو پروتکل تمرینی به افراد سیگاری پیشنهاد می‌شود. اما به نظر می‌رسد با توجه به زمان کم‌تر تمرینات تناوبی با شدت بالا نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط و اثر گذاری بیشتر تمرینات تناوبی با شدت بالا بهتر باشد از تمرینات تناوبی با شدت بالا استفاده شود. این مطالعه نیز دارای محدودیت‌هایی بود که توصیه می‌شود در مطالعات آتی در نظر گرفته شوند. این محدودیت‌ها شامل رژیم غذایی، خواب آزمودنی‌ها مربوط می‌شود که احتمال دارد عدم کنترل این موارد بر پارامترهای تغییر پذیری ضربان قلب و عملکرد سیستم عصبی خودکار قلب تأثیرگذار باشد.

نتیجه‌گیری

در اثر ۱۲ هفته تمرین گروه تداومی با شدت متوسط و گروه تناوبی با شدت بالا در مقایسه با گروه کنترل در مردان جوان کم‌تحرک سیگاری پارامترهای زمان محور تغییر پذیری ضربان قلب SDNN، Rmssd، SDANN و TP

بهبود معنی‌داری داشته‌اند. در ادامه با توجه به نتایج تحلیل آماری در فاکتورهای SDANN و SDNN، rMSSD گروه تمرینات تناوبی با شدت بالا در مقایسه با گروه تمرینات تداومی با شدت متوسط افزایش معنی‌داری داشته‌اند. اما در فاکتور TP بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر هر دو نوع تمرینات مداوم با شدت متوسط و تمرینات تناوبی با شدت بالا به افراد سیگاری کم تحرک توصیه می‌شود؛ اما با توجه به تفاوت‌هایی که در بین دو پروتکل تمرینی وجود داشت، توصیه می‌شود از تمرینات تناوبی با شدت بالا، با توجه به صرف زمان کمتر و باز دهی بهتر و بیشتر در افراد سیگاری کم تحرک استفاده شود.

تضاد منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

منابع

- Afrasyabi, S., Marandi, S. M., & Kargarfard, M. (2019). The effects of high intensity interval training on appetite management in individuals with type 2 diabetes: Influenced by participants' weight. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 18, 107–117.
- Al-Ani, M., Munir, S., White, M., Townend, J., & Coote, J. (1996). Changes in RR variability before and after endurance training measured by power spectral analysis and by the effect of isometric muscle contraction. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74(5), 397–403.
- Al Haddad, H., Laursen, P. B., Chollet, D., Lemaitre, F., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2010). Effect of cold or thermoneutral water immersion on post-exercise heart rate recovery and heart rate variability indices. *Autonomic Neuroscience*, 156(1–2), 111–116.
- Alansare, A., Alford, K., Lee, S., Church, T., & Jung, H. C. (2018). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1508.
- Ariningsih, D. (2021). The effectiveness of high intensity interval training on heart rate variability in overweight and obesity. *Sport and Fitness Journal*, 9(2), 96.
- Bastos, F., Vanderlei, L., Nakamura, F., Bertollo, M., Godoy, M., Hoshi, R., ... Pastre, C. (2012). Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. *International Journal of Sports Medicine*, 33(11), 873–879.
- Benowitz, N. L. (2003). Cigarette smoking and cardiovascular disease: Pathophysiology and implications for treatment. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 46(1), 91–111.
- Besnier, F., Labrunée, M., Richard, L., Faggianelli, F., Kerros, H., Soukarié, L., ... Gales, C. (2019). Short-term effects of a 3-week interval training program on heart rate variability in chronic heart failure: A randomised controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 62(5), 321–328.
- Billman, G. E. (2011). Heart rate variability—a historical perspective. *Frontiers in Physiology*, 2, 86.

- Blair, S. N., Kampert, J. B., Kohl, H. W., Barlow, C. E., Macera, C. A., Paffenbarger, R. S., & Gibbons, L. W. (1996). Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA*, 276(3), 205–210.
- Bonaduce, D., Petretta, M., Cavallaro, V., Apicella, C., Ianniciello, A., Romano, M., ... Marciano, F. (1998). Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), 691–696.
- Booth, F. W., Chakravarthy, M. V., Gordon, S. E., & Spangenburg, E. E. (2002). Waging war on physical inactivity: Using modern molecular ammunition against an ancient enemy. *Journal of Applied Physiology*.
- Boutcher, S. H., & Stein, P. (1995). Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(1), 75–80.
- Carter, J. B., Banister, E. W., & Blaber, A. P. (2003). The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1333–1340.
- Ch, H. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 58–65.
- Chowdhary, S., & Townend, J. N. (1999). Role of nitric oxide in the regulation of cardiovascular autonomic control. *Clinical Science*, 97(1), 5–17.
- Ciolac, E. G., Bocchi, E. A., Bortolotto, L. A., Carvalho, V. O., Greve, J., & Guimaraes, G. V. (2010). Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertension Research*, 33(8), 836–843.
- Colberg, S. R., Casazza, G. A., Horning, M. A., & Brooks, G. A. (1994). Increased dependence on blood glucose in smokers during rest and sustained exercise. *Journal of Applied Physiology*, 76(1), 26–32.
- Cole, C. R., Blackstone, E. H., Pashkow, F. J., Snader, C. E., & Lauer, M. S. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *New England Journal of Medicine*, 341(18), 1351–1357.
- Cuddy, T. F., Ramos, J. S., & Dalleck, L. C. (2019). Reduced exertion high-intensity interval training is more effective at improving cardiorespiratory fitness and cardiometabolic health than traditional moderate-intensity continuous training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 483.
- Dixon, E. M., Kamath, M. V., McCartney, N., & Fallen, E. L. (1992). Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovascular Research*, 26(7), 713–719.
- Electrophysiology, T. F. o. t. E. S. o. C. t. N. A. S. o. P. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, 93(5), 1043–1065.

- Estévez-González, A. J., Donadio, M. V. F., Cobo-Vicente, F., Fernández-Luna, Á., Sanz-Santiago, V., Villa Asensi, J. R., ... Larumbe-Zabala, E. (2021). Effects of a short-term resistance-training program on heart rate variability in children with cystic fibrosis: A randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*, 12, 652029.
- Fronchetti, L., Nakamura, F. Y., De-Oliveira, F. R., Lima-Silva, A. E., & De Lima, J. R. (2007). Effects of high-intensity interval training on heart rate variability during exercise. *Journal of Exercise Physiology Online*, 10(4).
- Gallucci, G., Tartarone, A., Leroise, R., Lalinga, A. V., & Capobianco, A. M. (2020). Cardiovascular risk of smoking and benefits of smoking cessation. *Journal of Thoracic Disease*, 12(7), 3866–3877.
- Ghardashi-Afousi, A., Holisaz, M. T., Shirvani, H., & Pishgoo, B. (2018). The effects of low-volume high-intensity interval versus moderate intensity continuous training on heart rate variability, and hemodynamic and echocardiography indices in men after coronary artery bypass grafting: A randomized clinical trial study. *ARYA Atherosclerosis*, 14(6), 260.
- Ghardashi Afousi, A., Izadi, M. R., Rakhshan, K., Mafi, F., Biglari, S., & Gandomkar Bagheri, H. (2018). Improved brachial artery shear patterns and increased flow-mediated dilatation after low-volume high-intensity interval training in type 2 diabetes. *Experimental Physiology*, 103(9), 1264–1276.
- Gomes, S. G., Silva, L. G., Santos, T. M., Totou, N. L., Souza, P. M., Pinto, K., ... Becker, L. K. (2016). Elderly hypertensive subjects have a better profile of cardiovascular and renal responses during water-based exercise. *Journal of Exercise Physiology Online*, 19(4).
- Goniewicz, M. L., Miller, C. R., Sutanto, E., & Li, D. (2020). How effective are electronic cigarettes for reducing respiratory and cardiovascular risk in smokers? A systematic review. *Harm Reduction Journal*, 17, 1–9.
- Holloway, T. M., Bloemberg, D., da Silva, M. L., Simpson, J. A., Quadrilatero, J., & Spriet, L. L. (2015). High intensity interval and endurance training have opposing effects on markers of heart failure and cardiac remodeling in hypertensive rats. *PLoS One*, 10(3), e0121138.
- Iellamo, F., Manzi, V., Caminiti, G., Vitale, C., Castagna, C., Massaro, M., ... Volterrani, M. (2013). Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. *International Journal of Cardiology*, 167(6), 2561–2565.
- Izadi, M. R., Ghardashi Afousi, A., Asvadi Fard, M., & Babae Bigi, M. A. (2018). High-intensity interval training lowers blood pressure and improves apelin and NOx plasma levels in older treated hypertensive individuals. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 74, 47–55.
- JA, A. (2004). The pathophysiology of cigarette smoking and cardiovascular disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 43, 1731–1737.

- Kim, C. S., Kim, M. K., Jung, H. Y., & Kim, M. J. (2017). Effects of exercise training intensity on cardiac autonomic regulation in habitual smokers. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 22(5), e12434.
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., & Bigger Jr, J. T. (2005). Heart rate variability: Measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 10(1), 88–101.
- Koufaki, P., Mercer, T. H., George, K. P., & Nolan, J. (2014). Low-volume high-intensity interval training vs continuous aerobic cycling in patients with chronic heart failure: A pragmatic randomised clinical trial of feasibility and effectiveness. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 46(4), 348–356.
- Landram, M., McAnulty, S., Utter, A., Baldari, C., Guidetti, L., & Collier, S. (2019). Effects of continuous vs discontinuous aerobic training on cardiac autonomic remodeling. *International Journal of Sports Medicine*, 40(3), 180–185.
- Lawlor, D. A., O’Callaghan, M. J., Mamun, A. A., Williams, G. M., Bor, W., & Najman, J. M. (2005). Socioeconomic position, cognitive function, and clustering of cardiovascular risk factors in adolescence: Findings from the Mater University Study of Pregnancy and its outcomes. *Psychosomatic Medicine*, 67(6), 862–868.
- Massion, P. B., Dessy, C., Desjardins, F., Pelat, M., Havaux, X., Belge, C., ... Janssens, S. (2004). Cardiomyocyte-restricted overexpression of endothelial nitric oxide synthase (NOS3) attenuates β -adrenergic stimulation and reinforces vagal inhibition of cardiac contraction. *Circulation*, 110(17), 2666–2672.
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (1996). *Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance*.
- Molina, G. E., Fontana, K. E., Porto, L. G. G., & Junqueira, L. F. (2016). Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Clinical Autonomic Research*, 26, 415–421.
- Munk, P. S., Staal, E. M., Butt, N., Isaksen, K., & Larsen, A. I. (2009). High-intensity interval training may reduce in-stent restenosis following percutaneous coronary intervention with stent implantation: A randomized controlled trial evaluating the relationship to endothelial function and inflammation. *American Heart Journal*, 158(5), 734–741.
- Myers, J., Tan, S. Y., Abella, J., Aleti, V., & Froelicher, V. F. (2007). Comparison of the chronotropic response to exercise and heart rate recovery in predicting cardiovascular mortality. *European Journal of Preventive Cardiology*, 14(2), 215–221.
- Nève, G. (2018). The effects of high-intensity interval training on autonomic function in elderly people with increased cardiovascular risk. *University of Basel*.
- Organization, W. H. (2011). *WHO report on the global tobacco epidemic, 2011: Warning about the dangers of tobacco: Executive summary*.

- Papathanasiou, G., Mamali, A., Papafloratos, S., & Zerva, E. (2014). Effects of smoking on cardiovascular function: The role of nicotine and carbon monoxide. *Health Science Journal*, 8(2), 274.
- Picard, M., Tauveron, I., Magdasy, S., Benichou, T., Bagheri, R., Ugbole, U. C., ... Duthiel, F. (2021). Effect of exercise training on heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 16(5), e0251863.
- Pirala, E., Siahkuhan, M., Nikokheslat, S., Bolboli, L., Aslan Abadi, N., Sheikhalizadeh, M., & Fathollahi, S. (2019). Efficacy of the moderate intensity aerobic training on heart rate variability (HRV) in patients with type-2 diabetic neuropathy. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences*, 41(3), 44–52.
- Piras, A., Persiani, M., Damiani, N., Perazzolo, M., & Raffi, M. (2015). Peripheral heart action (PHA) training as a valid substitute to high intensity interval training to improve resting cardiovascular changes and autonomic adaptation. *European Journal of Applied Physiology*, 115, 763–773.
- Quiceno-Manrique, A., Alonso-Hernandez, J., Travieso-Gonzalez, C., Ferrer-Ballester, M., & Castellanos-Dominguez, G. (2009). Detection of obstructive sleep apnea in ECG recordings using time-frequency distributions and dynamic features. Paper presented at the 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.
- Ramírez-Vélez, R., Tordecilla-Sanders, A., Téllez-T, L. A., Camelo-Prieto, D., Hernández-Quinonez, P. A., Correa-Bautista, J. E., ... Izquierdo, M. (2020). Effect of moderate-versus high-intensity interval exercise training on heart rate variability parameters in inactive Latin-American adults: A randomized clinical trial. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(12), 3403–3415.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Beetham, K. S., Mielke, G. I., Dias, K. A., ... Coombes, J. S. (2017). High-intensity interval training and cardiac autonomic control in individuals with metabolic syndrome: A randomised trial. *International Journal of Cardiology*, 245, 245–252.
- Roberts, C. K., & Barnard, R. J. (2005). Effects of exercise and diet on chronic disease. *Journal of Applied Physiology*, 98(1), 3–30.
- Rosenwinkel, E. T., Bloomfield, D. M., Arwady, M. A., & Goldsmith, R. L. (2001). Exercise and autonomic function in health and cardiovascular disease. *Cardiology Clinics*, 19(3), 369–387.
- Routledge, F. S., Campbell, T. S., McFetridge-Durdle, J. A., & Bacon, S. L. (2010). Improvements in heart rate variability with exercise therapy. *Canadian Journal of Cardiology*, 26(6), 303–312.
- Smith, D. L., & Fernhall, B. (2023). *Advanced cardiovascular exercise physiology*. Human Kinetics.

- Smith, M. L., Hudson, D. L., Graitzer, H. M., & Raven, P. B. (1989). Exercise training bradycardia: The role of autonomic balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(1), 40–44.
- Stamatakis, E., & Hamer, M. (2012). The extent to which adiposity markers explain the association between sedentary behavior and cardiometabolic risk factors. *Obesity*, 20(1), 229–232.
- Van Boven, A. J., Jukema, J. W., Haaksma, J., Zwinderman, A. H., Crijns, H. J., Lie, K. I., & Group, R. S. (1998). Depressed heart rate variability is associated with events in patients with stable coronary artery disease and preserved left ventricular function. *American Heart Journal*, 135(4), 571–576.
- Vazir, A., Hastings, P., Dayer, M., McIntyre, H., Henein, M., Poole-Wilson, P., ... Simonds, A. (2007). A high prevalence of sleep disordered breathing in men with mild symptomatic chronic heart failure due to left ventricular systolic dysfunction. *European Journal of Heart Failure*, 9(3), 243–250.
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P. M., ... Lee, S. J. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: A randomized study. *Circulation*, 115(24), 3086–3094.

The Effects of 12 Weeks of Continuous Moderate-Intensity and High-Intensity Interval Training on Time-Domain Heart Rate Variability in Sedentary Young Smokers

Armin Behmanesh, Bahloul Ghorbanian *

1 Department of Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.

*Corresponding author: b.ghorbanian@azaruniv.ac.ir

Abstract

Objectives: Cardiovascular disease is highly prevalent among smokers and physically inactive individuals. Heart rate variability (HRV), particularly time-domain measures, is recognized as an indicator of autonomic nervous system function. This study aimed to compare the effects of 12 weeks of moderate-intensity continuous training (MICT) and high-intensity interval training (HIIT) on time-domain HRV indices in young sedentary male smokers.

Methods: This semi-experimental study employed a pre-test–post-test design and included 30 young sedentary male students who smoked at least 5 cigarettes per day and engaged in less than 90 minutes of physical activity per week, as assessed by the IPAQ questionnaire. Participants were randomly assigned to three groups: moderate-intensity continuous training (MICT), high-intensity interval training (HIIT), and control. Training was conducted over 12 weeks, totaling 36 sessions. The MICT group performed treadmill running at 40–65% HRmax for 30–40 minutes. The HIIT group completed interval running cycles consisting of 1-minute bouts at 85–95% HRmax, interspersed with 1-minute active recovery periods at 55–60% HRmax. Training volume was equated between groups in terms of total activity duration and cardiac workload, with intensity monitored using Polar heart rate devices. Resting HRV was measured for 90 minutes using Holter monitoring before and after the intervention. Data were analyzed using ANOVA at a significance level of $p < 0.05$.

Results: Both HIIT and MICT significantly increased time-domain HRV indices, including SDNN, RMSSD, SDANN, and total power (TP), compared to the control group ($p < 0.05$). Increases in RMSSD, SDNN, and SDANN were significantly greater in the HIIT group compared to the MICT group ($p < 0.05$), whereas no significant difference was observed between groups for TP.

Conclusion: Both HIIT and MICT improved HRV in young sedentary smokers. Considering the relative advantage of HIIT in some time-domain indices, this training modality may serve as a more effective approach for enhancing cardiac–autonomic function in this population.

Key words: HIIT, MICT, Heart Rate Variability, Cardiac Autonomic System, Maximal Oxygen Consumption, Young Sedentary Male Smokers