

## مقاله اصلی

# مقایسه پاسخ های حاد و مزمن فشار خون، PWV و ABI به دو پروتکل متفاوت تمرین تناوبی

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۱ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۱

### خلاصه

#### مقدمه

تحقیق حاضر به مقایسه پاسخ های حاد و مزمن فشار خون، سختی سرخرگی و بیماری عروق محیطی به ۱۱ هفته تمرین تناوبی با دو شیوه متفاوت پرداخت.

#### روش کار

تعداد ۳۱ نفر مبتلا به فشار خون بالا به شکل تصادفی به سه گروه کنترل (n=۱۰)، SDHIIT (n=۱۱) و LDHIIT (n=۱۰) تقسیم شدند. تمرین گروه SDHIIT شامل ۲۷ تناوب ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۸۰-۱۰۰ درصد  $VO_{2peak}$  و فواصل بازیابی ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۰-۲۰ درصد  $VO_{2peak}$  بود. گروه LDHIIT ۴ تناوب ۴ دقیقه‌ای با شدت ۷۵-۹۰ درصد  $VO_{2peak}$  و ۴ تناوب ۴ دقیقه‌ای بازیابی با شدت ۱۵-۳۰ درصد  $VO_{2peak}$  را انجام دادند. پاسخ های فشار خون، PWV و ABI قبل و بعد از یک جلسه تمرین در ابتدا و بعد از ۱۱ هفته تمرین اندازه گیری شد.

#### نتایج

بعد از یک جلسه فعالیت ورزشی، تفاوت معنی داری در PWV دو گروه دیده نشد ( $p \geq 0.05$ )، در حالی که فشارخون سیستول، دیاستول و ABI در دو گروه به طور معنی داری کاهش یافت ( $p \leq 0.05$ ). پاسخ حاد این متغیرها بعد از ۱۱ جلسه تمرین، کاهش معناداری در گروه LDHIIT در فشار خون سیستول ( $p = 0.03$ ) و متغیر ABI ( $p < 0.01$ ) در گروه SDHIIT نشان داد. PWV و فشار خون تغییر معناداری نداشتند. اثر مزمن دو مدل تمرین نشان داد همه‌ی متغیرها غیر از ABI در گروه LDHIIT تغییر معناداری داشتند.

#### نتیجه گیری

هر دو مدل تمرین در شکل حاد خود فشار خون و عوامل همودینامیک را بهبود بخشیدند. با این حال در طولانی مدت، SDHIIT در مقایسه با LDHIIT اثر گذاری نسبتاً بیشتری بر فشار خون و دیگر متغیرهای وابسته به آن نشان داد.

#### کلمات کلیدی

تمرین تناوبی - فشار خون - PWV (سرعت موج ضربه‌ای) - ABI (شاخص بازویی-مچ پای) پی نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

ندا آقایی بهمن بگلو<sup>۱</sup>  
خسرو ابراهیم\*<sup>۱</sup>  
سجاد احمدی زاد<sup>۱</sup>  
مجید ملکی<sup>۲</sup>  
اکبر نیک پزوه<sup>۲</sup>

۱- گروه علوم زیستی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و سلامتی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
۲- مرکز تحقیقات قلب و عروق شهید رجایی، مرکز آموزشی، تحقیقاتی و درمانی قلب و عروق شهید رجایی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

\* گروه علوم زیستی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و سلامتی دانشگاه شهید بهشتی، ولنجک، تهران، ایران.

تلفن: ۰۲۱۲۹۹۰۲۹۳۱

Email: K\_ebrahim@sbu.ac.ir

## مقدمه

پرفشار خونی سرخرگی عامل اصلی مرگ و میر بیماران قلبی می باشد که تقریباً بر یک بیلیون افراد کل دنیا اثر گذاشته و با هزینه های مراقبت اضافی همراه است (۱). افزایش سختی سرخرگ به عنوان شاخص پیش بینی کننده مهم و هدف درمانی بالقوه در بیماران پرفشارخون شناخته شده است. در افراد مبتلا به فشارخون بالا فرایند افزایش سن منجر به افزایش تدریجی سختی سرخرگ به خصوص در سرخرگ های بزرگ مرکزی می شود که این امر با افزایش فشار خون تسریع می گردد. به علاوه آزمودنی های جوان سالم با سابقه ی فامیلی خطر پرفشارخونی، افزایش در سختی سرخرگ را قبل از هرگونه افزایشی در فشارخون نشان دادند. این افزایش کاربرد بالینی مهمی دارد چون سختی مرکزی به عنوان شاخص پیش بینی کننده مستقل بیماری های قلبی-عروقی و تمام دلایل منجر به مرگ در بیماران پرفشارخون می باشد (۲). علاوه بر این؛ دستورالعمل های انجمن پرفشارخونی اروپا (۲۰۰۳) به منظور کنترل فشار خون بالا نقش بالقوه اندازه گیری سختی سرخرگی در کلینیک را تایید کرد (۳). اخیراً برای اندازه گیری سختی سرخرگی از PWV<sup>۱</sup> استفاده می شود که به عنوان "استاندارد طلایی" شناخته می شود. مشخص شده است که PWV با سن، جنسیت، فشارخون، ضربان قلب، مصرف نمک، عوامل ژنتیکی و موارد دیگر ارتباط دارد (۴). افزایش فشارخون و سختی سرخرگی همراه با عواملی نظیر دیس لیپیدمی، چاقی و عدم فعالیت بدنی منجر به افزایش خطر بیماری سرخرگ محیطی (PAD)<sup>۳</sup> می شوند (۵). شاخص بازویی زانویی (ABI)<sup>۴</sup> نیز که نشان دهنده نسبت فشار سیستول در اندام های تحتانی و فوقانی می باشد اطلاعات مفیدی در زمینه PAD می دهد (۶). استفاده از ABI پس از فعالیت بدنی روش مفیدی برای شناسایی ایسکمی شدید می باشد (۷).

فعالیت منظم ورزشی به عنوان مداخله مناسبی به منظور پیشگیری و درمان بیماری های قلبی-عروقی از جمله فشار خون شناخته شده است. افرادی که دارای فشار خون استراحتی طبیعی می باشند اما پاسخ های فشارخونی بیش از حدی در طی فعالیت ورزشی یا پس از آن نشان می دهند، بیشتر در معرض ابتلا به بیماری فشار خون بالا می باشند (۸). پاسخ های فشارخونی بیش از حد بلافاصله بعد از تمرین می تواند در حوادث ایسکمیک قلبی، شامل سکته قلبی و حوادث عروق مغزی نقش داشته باشد (۸). نشان داده شده است که سطوح بالاتر فعالیت بدنی و آمادگی قلبی-عروقی باعث کاهش خطر پرفشارخونی حاد در افراد سالم می شود. به علاوه، تمرین می تواند باعث کاهش فشارخون در افراد پرفشارخون شود و نشان داده شده است که چندین عامل درگیر در پاتوفیزیولوژی پرفشارخونی را نیز بهبود می بخشد (۲). قابل توجه است که بیماران مبتلا به فشار خون بعد از یک جلسه ورزش هوازی کاهش فشار خون (هیپوتنشن) را نشان می دهند که به نظر می رسد ارتباط مثبتی با شدت فعالیت ورزشی دارد (۹). مدت هاست که تمرین مداوم برای مدت زمان ۳۰ دقیقه یا بیشتر برای بهبود بیماران مبتلا به فشار خون و نیز برای جلوگیری از ابتلا به این بیماری توصیه شده است (۲). این در حال است که در مطالعات اخیر گفته شده است که تمرینات HIIT<sup>۵</sup> ممکن است با روش های جدید درمان فشارخون سیستول و دیاستول- به ترتیب با کاهش معنادار ۱۲ و ۸ میلی متر جیوه- که در بیماران فشارخون بالا دیده شده است، رقابت کند (۱۰). برخی مطالعات نشان داده اند HIIT از اولویت بیشتری برای بهبود آمادگی قلبی عروقی، عملکرد اندوتلیال، مارکرهای فعالیت سمپاتیکی، سختی سرخرگی، لیپوپروتئین ها و گلوکز خون در افراد مبتلا به فشار خون و افراد سالم در خانواده هایی که سابقه بیماری فشارخون در آنها بالا است، برخوردار می باشد (۲).

1. European Society of Hypertension

2. Pulse Wave Velocity

3. Peripheral Arterial Disease

4. Ankle Brachial Index

5 - High Intensity Interval Training

آریتمی کنترل نشده، فشارخون کنترل نشده) بالاتر از ۱۸ میلیمترجیوه)، هر گونه مشکل مفصلی و حرکتی بودند همان ابتدا حذف می‌شدند. سپس افراد منتخب به پزشک متخصص قلب و عروق برای بررسی سوابق و چکاپ معرفی شدند. همه این افراد بنا به تشخیص پزشک و برای اطمینان از عدم تاثیر فشارخون بالا بر قلب، آزمایش اکوکاردیوگرافی و تست ورزش را انجام دادند و در صورت مشاهده هر گونه مشکل ساختاری در قلب و یا الکتروکاردیوگرام غیرطبیعی حین تست ورزش، از تحقیق کنار گذاشته شدند. پزشک متخصص ۶ هفته قبل از شروع دوره تمرین، تمام بیماران از نظر دارویی مورد یکسان- سازی قرار داد. افراد باقیمانده به صورت تصادفی و بر اساس فشارخون به سه گروه تمرین (تناوبی شدید کوتاه) SDHIIT<sup>۲</sup>، (تناوبی شدید طولانی) LDHIIT<sup>۳</sup> و کنترل تقسیم شدند.

#### اندازه گیری مشخصات آنروپومتریک و تعیین اوج اکسیژن مصرفی

فشار خون و ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها پس از ۳۰ دقیقه استراحت به حالت نشسته بر روی صندلی اندازه گیری شد. سپس قد و وزن آنها اندازه‌گیری و ثبت شد. همه اطلاعات بدست آمده و داروها و دوز مصرفی داروی هر فرد در برگه مشخصات فردی ثبت گردید. برای تعیین VO<sub>2</sub> peak از آزمون تعدیل شده بروس به وسیله دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفس (Start 2000 MES, Cracow, Poland) استفاده شد (۱۳). در طول اجرای آزمون گازهای تنفسی، ضربان قلب، الکتروکاردیوگرام، فشار خون و شاخص درک از فشار<sup>۴</sup> آزمودنی‌ها با حضور پرستار و متخصص بازتوانی قلب ثبت و کنترل گردید. اوج اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها با استفاده از معیارهای ACSM شامل درخواست آزمودنی برای پایان آزمون، نسبت تبادل تنفسی بالاتر از ۱/۱۵، رسیدن به فلات اکسیژن مصرفی با افزایش میزان بار و شاخص درک از فشار بالاتر از ۱۹ تعیین شد. علاوه بر این معیارها، در صورت مشاهده آریتمی در ضربان قلب یا اختلال در قطعه ST در نمودار

نتایج مطالعه امانوئل و همکارانش (۲۰۱۰) که دو نوع تمرین HIIT<sup>۱</sup> و MICT<sup>۱</sup> را در درمان فشار خون مورد بررسی قرار دادند نشان داد که شدت تمرین بر کاهش فشار خون اثری ندارد اما سختی سرخرگ را در گروه تمرین تناوبی کاهش داد (۱)، این در حالیست که ملمن هانسن و همکارانش (۲۰۱۲) کاهش معنادار ۱۲ میلی‌مترجیوه در فشار خون سیستولی گروه HIIT را نشان دادند (۱۱). بیشتر مطالعات انجام شده در این زمینه نشان دادند پروتکل ۴×۴ با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب اوج باعث بهبود قلبی عروقی و بیشترین تغییرات در VO<sub>2</sub>peak می‌شود (۱۰)، بنابراین یکی از پروتکل‌های اجرایی در این تحقیق این مدل تمرینی خواهد بود. از طرفی محققان دیگر که مدت زمان کمتری را برای تناوب‌ها در نظر گرفته‌اند (۳۰ تا ۹۰ ثانیه) بر این عقیده‌اند که این نوع تمرین با اعمال فشار کمتر بر آزمودنی (بر اساس شاخص بورگ) باعث کاهش میزان اکسی هموگلوبین با سرعت کمتری خواهد شد که این امر با سنتز میزان بیشتر فسفوریل کراتین باعث اکسیژن‌رسانی بهتر به عضلات خواهد شد (۱۲).

از آنجایی که نشان داده شده است پاسخ فشارخون به فعالیت بدنی پیش‌بینی کننده‌ی پیشرفت فشار خون در آینده می‌باشد (۸)، و با دیگر عوامل خطرزای قلبی عروقی نیز مرتبط می‌باشد (۹، ۱۱) و نیز به علت اهمیت و مزایای HIIT بر بیماری‌های قلبی-عروقی و فشارخون، مطالعه‌ی حاضر به بررسی و مقایسه پاسخ‌های حاد و مزمن فشارخون سیستول، دیاستول، PWV و ABI بیماران مبتلا به فشارخون بالا به ۱۱ هفته تمرینات HIIT با دو شیوه متفاوت پرداخته است.

#### جامعه آماری و نمونه تحقیق

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با اندازه‌گیری‌های پیش و پس آزمون در دو فاز حاد و مزمن در بازه‌ی زمانی مرداد ۱۳۹۵ لغایت آبان ۱۳۹۵ انجام شد. از بین بیماران مرد مبتلا به فشار خون بالا که به درمانگاه بیمارستان قلب شهید رجایی تهران مراجعه کرده بودند، تعداد ۳۵ نفر بر اساس سطح فشار خون (فشار خون سیستول ۱۶-۱۳) انتخاب شدند. افرادی که مبتلا به

2 - Short Duration High Intensity Interval Training

3 - Low Duration High Intensity Interval Training

4. Rate of Perceived Exertion (Borg scale: 6-10)

1 - Moderate intensity continues training

هفته زندگی عادی خود را دنبال کردند به صورتی که برنامه تمرینی منظمی نداشتند. آزمونگر به صورت منظم هفته ای یک بار و به صورت تلفنی از وضعیت آنها با خبر شد و تغییرات احتمالی در برنامه زندگی شامل ابتلا به بیماری خاص یا تغییر در روند درمانی و دارویی و غذایی آزمودنی‌ها را جویا شده و ثبت کرد. در پایان ۱۱ هفته از گروه کنترل نیز درخواست شد که برای گرفتن آزمون نهایی به آزمایشگاه مراجعه نمایند.

### برنامه تمرینی LDHIIT

طول دوره تمرین ۱۱ هفته بود که به صورت سه روز در هفته و روزی ۳۲ دقیقه برای پروتکل LDHIIT و ۲۷ دقیقه برای پروتکل SDHIIT انجام شد. هر دو گروه ابتدا دو هفته در تمرینات آمادگی برای انجام تمرینات HIIT شرکت کردند. سپس تمرینات پروتکل گروه تمرینی LDHIIT با ۱۰ دقیقه گرم کردن ابتدایی با تقریباً ۶۰٪ توان هوازی بیشینه و تناوب-های: دو هفته اول: ۷۵ درصد توان هوازی بیشینه با مدت زمان ۴ دقیقه فعالیت همراه با فواصل بازیابی فعال به مدت ۴ دقیقه با ۵٪ توان هوازی بیشینه؛ ماه دوم: ۸۵ درصد توان هوازی بیشینه با مدت زمان ۴ دقیقه فعالیت همراه با فواصل بازیابی فعال ۱۵٪ توان هوازی بیشینه به مدت ۴ دقیقه؛ و ماه سوم: ۹۰ درصد توان هوازی بیشینه با مدت زمان ۴ دقیقه فعالیت همراه با فواصل بازیابی فعال ۳۰٪ توان هوازی بیشینه به مدت ۴ دقیقه، و ۵ دقیقه سرد کردن با ۵۰٪ توان هوازی بیشینه انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماریات آزمون کولموگروف-اسمیرنف جهت تعیین طبیعی بودن توزیع داده ها استفاده شد. برای بررسی تغییرات گروه‌های مختلف از آزمون تحلیل واریانس یک سویه استفاده شد. در صورت مشاهده تفاوت معنادار بین گروه‌های مختلف، برای یافتن محل تفاوت‌ها به آزمون تعقیبی مقایسه‌ی زوج‌ها مراجعه شد. همچنین برای تعیین اثر تمرین بر تغییرات سطوح استراحتی متغیرها از آزمون تی همبسته استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه‌ی ۱۹ در سطح معناداری  $p < 0.05$  و رسم شکل به وسیله نرم افزار اکسل ۲۰۱۶ انجام شد.

الکتروکاردیوگرام، احساس درد متوسط تا شدید در ناحیه قفسه سینه، افزایش فشار خون بیش از ۱۰ میلی متر جیوه، علائم اختلال در خون رسانی مثل سیانوز یا رنگ پریدگی، علائم سیستم عصبی مثل سرگیجه آتاکسی یا سنکوپ، تاکی کاردی بطنی، تغییر غیر معمول ECG و تغییر ناگهانی ضربان قلب، آزمون سریعاً متوقف می شد.

اندازه‌گیری PWV و ABI و فشار خون سیستول و دیاستول PWV، ABI و فشارخون سیستول و دیاستول توسط دستگاه Vascular Explorer (ساخت شرکت Enverdis, Jena, Germany) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری بعد از ۵ دقیقه استراحت در وضعیت آرامش و در فضایی با درجه حرارت کنترل شده و در حالت به پشت دراز کشیده انجام شد. اندازه‌گیری‌های فشارخون، PWV، ABI با حسگرهای فوتوپلسیموگرافیک (PPG) و کاف‌های باد شدنی بالای بازو و پایین پا انجام شد که تغییرات حجم در کاف‌ها در نتیجه تغییرات فشار در سرخرگ‌های زیر آن بوسیله موج ضربه‌ای ثبت شد. PWV برای منحنی فشار در آئورت مرکزی با عملکرد انتقال مشخص محاسبه شد. همچنین ABI با تقسیم بالاترین فشار در پا بر بالاترین فشار در بازو توسط دستگاه محاسبه شد (۵،۱۴). زمان تمرین، فشار خون توسط دستگاه فشار سنج دیجیتال مدل ALBORZ B5 Patient Monitor ساخت کشور ایران و ضربان قلب توسط پالس اکسی‌متر مدل Marquette ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد.

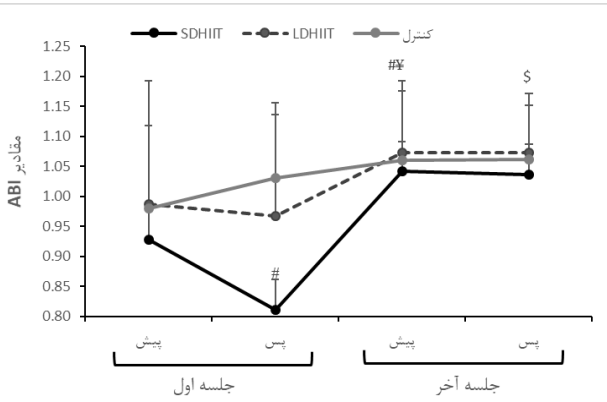
برنامه تمرینی SDHIIT پروتکل گروه تمرینی SDHIIT با ۱۱ دقیقه گرم کردن با ۴۰٪ توان هوازی بیشینه و سپس تناوب‌های: دو هفته اول: ۸۰٪ توان هوازی بیشینه با مدت زمان ۳۰ ثانیه فعالیت همراه با فواصل بازیابی غیرفعال با مدت زمان ۳۰ ثانیه؛ ماه دوم: ۹۰٪ توان هوازی بیشینه با مدت زمان ۳۰ ثانیه فعالیت همراه با فواصل بازیابی فعال ۱۰٪ توان هوازی بیشینه به مدت ۳۰ ثانیه؛ و ماه سوم: ۱۰۰٪ توان هوازی بیشینه با مدت زمان ۳۰ ثانیه فعالیت همراه با فواصل بازیابی فعال ۲۰٪ توان هوازی بیشینه و به مدت ۳۰ ثانیه، در نهایت ۵ دقیقه سرد کردن با ۵۰٪ توان هوازی بیشینه انجام شد. اما آزمودنی‌های گروه کنترل در این مدت ۱۱

نتایج

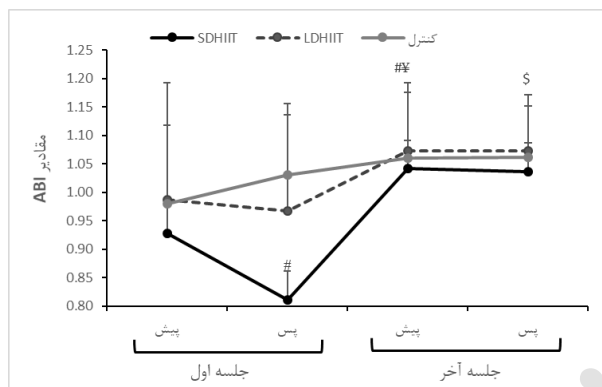
یافته‌های توصیفی در خصوص ویژگی‌های جسمانی، ترکیب بدنی و سن آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد بعد از یک جلسه تمرین تناوبی شدید در دو گروه SDHIIT و LDHIIT در متغیر PWV تفاوت معنی داری بعد از تمرین مشاهده نشد (شکل ۱). در حالیکه تفاوت معنی داری در متغیرهای فشار خون سیستول و ABI دیده شد (شکل ۲ و ۳).

جدول ۱. میانگین  $\pm$  انحراف معیار اطلاعات پایه آزمودنی‌ها

| مشخصات                                | LDHIIT          | SDHIIT          | گروه‌ها         | گروه کنترل |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| سن (سال)                              | ۴۹/۵ $\pm$ ۵    | ۴۸/۵ $\pm$ ۵    | ۴۹/۹ $\pm$ ۳    |            |
| وزن (کیلوگرم)                         | ۸۵/۷ $\pm$ ۱۱/۹ | ۸۷/۲ $\pm$ ۱۰/۹ | ۸۶/۴ $\pm$ ۱۱/۹ |            |
| قد (سانتیمتر)                         | ۱۷۴/۷ $\pm$ ۶/۹ | ۱۷۵/۲ $\pm$ ۷/۸ | ۱۷۶/۲ $\pm$ ۷/۸ |            |
| اکسیژن مصرفی اوج (لیتر/کیلوگرم/دقیقه) | ۲۷/۵۰ $\pm$ ۸/۶ | ۲۸/۵۰ $\pm$ ۶/۹ | ۲۶/۶۰ $\pm$ ۵/۷ |            |

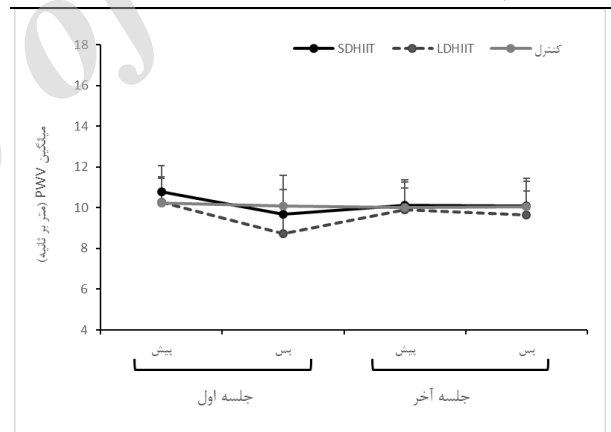


شکل ۳- تغییرات ABI. #تفاوت معنی دار با مقادیر پیش آزمون جلسه اول در گروه SDHIIT؛ ¥تفاوت معنی دار با مقادیر پیش آزمون جلسه اول در گروه LDHIIT؛ \$تفاوت معنی دار بین دو گروه تجربی.

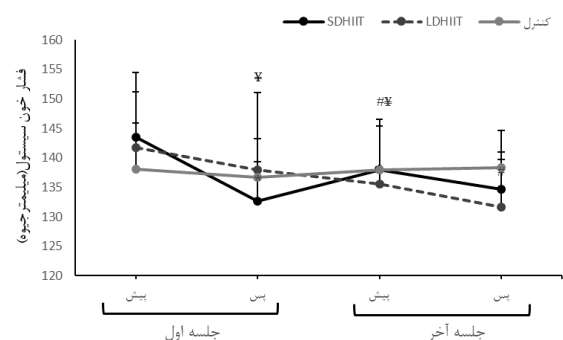


شکل ۴- تغییرات فشارخون دیاستولی. #تفاوت معنی دار با مقادیر پیش آزمون جلسه اول در گروه SDHIIT؛ ¥تفاوت معنی دار با مقادیر پیش آزمون جلسه اول در گروه LDHIIT.

به دنبال استفاده از آزمون تعقیبی مقایسه زوج‌ها مشخص شد که فشار خون سیستول در دو گروه تفاوت معنی داری نداشته است ( $p \geq 0/05$ ) اما در گروه SDHIIT به شکل معنی داری کاهش داشت ( $p = 0/01$ ). فشار خون دیاستول در هر دو گروه به شکل معناداری کاهش یافت ( $p \leq 0/05$ ) (شکل ۴). ABI تنها در گروه SDHIIT به طور معناداری کاهش یافت ( $p = 0/01$ ) و تغییرات دو گروه با هم تفاوت معنی داری نداشت ( $p \geq 0/05$ ). بعد از ۱۰ هفته تمرین وقتی اثر تمرین بر پاسخ حاد متغیرهای ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت، فشار خون سیستول در گروه LDHIIT کاهش معناداری را در پاسخ به یک جلسه تمرین نشان داد ( $0/03$ ). همچنین متغیر ABI بعد از تمرین تفاوت معنی داری را نشان داد که بعد از استفاده از آزمون مقایسه‌ی زوج‌ها مشخص شد دو گروه با هم تفاوت معنی داری در پاسخ به تمرین داشته



شکل ۱- تغییرات PWV.



شکل ۲- تغییرات فشار خون سیستولی. #تفاوت معنی دار با مقادیر پیش آزمون جلسه اول در گروه SDHIIT؛ ¥تفاوت معنی دار با مقادیر پیش آزمون جلسه اول در گروه LDHIIT.

نداشته است. برای تایید این نتیجه نیاز به انجام تحقیقات بیشتری در زمینه موارد اثرگذار سلولی-مولکولی بر پاسخ عروق می-باشد.

مقادیر PWV بعد از یک دوره ۱۱ هفته‌ای تمرین در هر دو گروه تمرینی به شکل معنی داری کاهش یافت. الیورا و همکارانش (۲۰۱۴) بعد از ۸ هفته تمرین HIIT ۴ دقیقه‌ای تفاوت معناداری در PWV بیماران فشارخونی مشاهده نکردند (۲۰). آنها به طول دوره‌ی تمرین به عنوان یک علت مهم و اثرگذار بر این نتیجه اشاره کردند (۱۲). لاسکی و همکارانش (۲۰۱۳) به دنبال ۲۰ هفته تمرین توانبخشی قلبی کاهش معنی-داری در PWV بیماران قلبی عروقی مشاهده کردند (۲۱). این در حالیکه سیولاک (۲۰۱۲) در تحقیق خود نشان داد که سختی سرخرگی آزمودنی‌های پر فشارخون بعد از ۱۶ هفته HIIT کاهش یافت اما در گروه تمرین تداومی با شدت متوسط تغییر معنی داری نداشت (۲). همچنین دیلان الور و همکاران (۲۰۱۶) بعد از ۶ هفته تمرین انفجاری تناوبی تغییری در PWV مشاهده نکردند. با توجه به نتایج تحقیق‌های انجام شده بنظر می-رسد شدت تمرین انتخاب شده (۱۶، ۱) و نیز طول دوره‌ی تمرینی (۲۰) از مهمترین عوامل اثرگذار تمرینات منتخب بر سختی عروق بوده است. محققان تایید کرده‌اند که اگرچه اثر یک جلسه تمرین بر کاهش فشار خون کم است اما دوره‌های تمرینی طولانی مدت نتایج مثبتی را بر سختی سرخرگی نشان می‌دهد و تکرار کاهش سریع در سختی سرخرگی باعث کاهش سطوح اولیه (مقادیر پایه) سختی سرخرگی می‌شود (۱۵). همچنین به نظر می‌رسد تمرین شدیدتر، شیر استرس را بیشتر افزایش می-دهد که با افزایش رهایش NO همراه است. افزایش NO در طولانی مدت باعث بهبود اندوتلیال در عروق شده و اثرات مثبتی برای بیماران فشارخونی به همراه دارد (۲۲).

به دنبال یک جلسه فعالیت فشار خون متوسط ۵ تا ۱۰ میلی لیتر جیوه در افراد بی تحرک و ورزشکاران استقامتی کاهش می‌یابد (۲۳، ۲۴)، با این وجود کاهش در فشار خون سرخرگی در افراد مبتلا به بیماری فشار خون بالا به طور معنی داری در مقایسه

اند ( $p=0/03$ ) و گروه SDHIIT کاهش معنی داری را بعد از تمرین نشان داد ( $p=0/01$ ). فشار خون دیاستول در هر دو گروه تغییر معناداری نداشت ( $p\geq 0/05$ ). نتایج تی همبسته مقایسه متغیرها در حالت استراحت قبل از ۱۰ هفته تمرین و بعد از آن تفاوت معنی داری را در هر دو گروه تمرینی و در همه متغیرها غیر از ABI در گروه LDHIIT نشان داد.

### بحث و بررسی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد بعد از یک جلسه تمرین تناوبی شدید تغییر معنی داری در PWV دو گروه تمرینی وجود نداشت. سختی سرخرگی با قابلیت ارتجاعی عروق رابطه‌ی عکس دارد. افزایش در سختی سرخرگی عامل خطرزایی برای بیماری‌های قلبی عروقی و آترواسکلروزیس می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری آن بعد از تمرین اهمیت دارد (۱۵). برخی از مطالعاتی که به اثر حاد تمرین بر سختی سرخرگی پرداختند کاهش PWV بعد از یک جلسه تمرین را نشان دادند (۱۶، ۱۷). آنها علت این کاهش در سختی سرخرگی را اتساع بستر عروق عضلات درگیر در تمرین احتمال دادند. در هر صورت آنها مکانیسم‌های مسئول برای تغییرات در اتساع عروق را مرتبط با تغییرات فشار خون ندانستند (۱۷، ۱۸). سوگوارا و همکارانش (۲۰۰۴) به بررسی فرضیه کاهش سختی سرخرگی ناشی از تمرین به دلیل افزایش تولید NO از اندوتلیال عروقی پرداختند اما تولید NO بعد از یک جلسه تمرینی معنی دار نبود (۱۹). دیلان الور و همکارانش (۲۰۱۶) نشان دادند با اینکه PWV در اثر تمرین انفجاری تناوبی<sup>۱</sup> کاهش یافت اما تغییرات حاد ناشی از تمرین بر عواملی نظیر شیر استرس یا رهایش فاکتورهای تولیدکننده خون بر سختی عروق اثر نداشت (۱۶). پاسخ حاد PWV در مطالعه حاضر بعد از گذشت یازده هفته تمرین نیز تغییری را در دو گروه نشان نداد با این حال سطوح استراحتی آن بعد از گذشت ده هفته تمرین در هر دو گروه تغییر معناداری داشت. بنابراین به نظر می‌رسد یک جلسه فعالیت تناوبی با شدت‌های در نظر گرفته شده در پژوهش حاضر اثری بر رهایش NO و دیگر مکانیسم‌های مسئول بر تغییرات PWV

1. Sprint Interval Training

مطالعه ما یافته‌ی سانتوز و همکارانش (۲۰۱۶) و ناسکیمتو (۲۰۱۷) را تایید کرد که نشان دادند فشار خون سیستولی و فشار خون دیاستولی بعد از شدت های تمرینی متفاوت کاهش یافت (۹، ۳۰). آنها نتیجه گرفتند شدت های تمرینی متفاوت به کار گرفته شده (بالا تر از نقطه جبران تنفسی و ۱۰٪ پایین تر از آستانه‌ی بی‌هوایی) در شکل حاد و نیز به صورت مزمن می‌توانند به عنوان یک روش درمانی برای این بیماران در کلینیک های تمرینی تجویز شود (۹، ۳۰). مطالعاتی که به بررسی HIIT و تمرین استقامتی تداومی در موش ها پرداختند پاسخ های متفاوتی را در متغیرهای قلب و عروق گزارش کردند. تمرین شدید بر تحریک آدرنرژیک اثر گذاشته و ترشح اپی نفرین و نوراپی نفرین در پاسخ به شدت تمرین افزایش می‌یابد. به علاوه تون پاراسمپاتیک بعد از تمرین شدید ضعیف می‌شود که خود قادر است اثر تمرین بر فعالیت سمپاتیکی را محدود کند (۹).

مطالعاتی که بر روی جمعیت های بزرگ انجام شده نشان دادند که کاهش بیش از حد ABI (کمتر از ۰/۹)، حوادث قلبی عروقی و مرگ و میر ناشی از مشکلات قلبی عروقی را در همه سطوح نمره ی خطر فرمیگهام دو برابر می‌کند (۳۱). همچنین مقادیر بالای ABI (بالا تر از ۱/۳) نشان دهنده ی سختی عروق در بیماری های کلیوی و دیابت می‌باشد. بیمارانی که مبتلا به PAD هستند به طور قابل توجهی از کیفیت سلامتی کمتری در زندگی برخوردار هستند و کاهش فعالیت بدنی در زندگی روزمره آنها باعث افزایش مرگ و میر در این بیماران می‌شود (۳۲). نتایج تحقیقات بر روی اثر تمرین و جراحی در بیماران PAD، نشان دادند تمرین، بهبودهایی را به وجود می‌آورد که به نظر می‌رسد گزینه بهتری برای درمان بیماران PAD با توجه به نتایج بنیادی آن باشد. با این حال بهبود ABI در اثر آنژیوپلاستی زودتر رخ می‌دهد و اثرات تمرین در مدت زمان طولانی تری مشخص می‌شود (۳۳). هامبورگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تمرین با بهبود ترشح نیتریک اکساید بر عملکرد معیوب اندوتلیال در بیماران PAD اثر مثبت می‌گذارد (۳۲). نتایج تحقیق حاضر نشان داد بعد از آزمون حاد

با افراد سالم بیشتر است و به ۲۰ میلی متر جیوه بعد از فعالیت می‌رسد (۲۵-۲۳).

فشار خون سیستول در بیماران گروه SDHIIT بعد از یک جلسه فعالیت حاد به میزان ۷/۵۱ درصد و به دنبال ۱۰ هفته تمرین، به میزان ۲/۴۲ درصد کاهش داشت که از نظر بالینی می‌تواند نشان دهنده ی سازگاری های بیشتر این گروه به تمرین باشد. یافته های اخیر نشان می‌دهد که شدت بالای تمرین عامل مهمی در اثرگذاری تمرین بر کاهش فشار خون می‌باشد (۲۶). این محققان ادعا کردند هر چه شدت تمرین بیشتر باشد کاهش فشار خون بیشتری مشاهده خواهد شد (۲۷). از آنجایی که میانگین شدت تمرین در گروه SDHIIT برابر با ۹۰ درصد و در گروه LDHIIT برابر با ۸۳/۳۳ درصد بود شاید این علت اصلی سازگاری بیشتر فشار خون گروه SDHIIT در پاسخ به فشار خون در پاسخ به یک جلسه فعالیت حاد باشد. با این حال احمدی زاد و همکارانش (۲۰۱۶) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که تنها به شدت به عنوان عامل اثرگذار در تمرینات HIIT نباید توجه کرد و عوامل دیگری نظیر مدت تمرین و نسبت کار به استراحت نیز به همان اندازه در فشار خون و فاکتورهای خونی اثرگذار است (۲۸).

کاهش فشار خون دیاستول بعد از دوره تمرینی در هر دو گروه و عدم تغییر آن در پاسخ به یک جلسه فعالیت حاد بعد از ۱۰ هفته تمرین نشان دهنده ی اثرگذاری مثبت تمرین های منتخب بر این فاکتور می‌باشد. بر اساس مطالعات قلب فرمیگهام و نیز نتایج مطالعه کیم و همکاران (۲۰۰۷) در آزمودنی های کمتر از ۵۰ سال فشار خون دیاستولی نشان دهنده ی بسیار مهم بیماری عروق کرونر می‌باشد (۴). میانگین سن آزمودنی های ما در هر دو گروه تمرینی ۴۸ سال بود، در نتیجه این مدل تمرین می‌تواند به عنوان الگویی برای بهبود وضعیت عروق کرونر در بیماران فشار خونی در این دامنه ی سنی مورد توجه قرار گیرد.

مطالعه حاضر نتایج مطالعاتی که تغییرات همسوی فشار خون با PWV در پاسخ به تمرین را نشان دادند تایید نکرد (۲۹). بنابراین بنظر می‌رسد فشار خون می‌تواند سختی سرخرگی را به طور ملایم و نه به طور معنادار، تحت تاثیر قرار دهد (۲۹). نتایج

پاسخ های سازگاری بیشتری را در عروق افراد مبتلا به PAD به دلیل ایجاد ایسکمی عضلانی بیشتر تحریک می کند (۷). به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که دو مدل تمرینی منتخب HIIT با اثرات مثبت حاد و مزمن بر سختی سرخرگی، فشارخون و سرخرگ های محیطی باعث بهبود وضعیت عروق در بیماران مبتلا به فشار خون بالا می شود. با این حال تمرینات SDHIIT با اثربخشی بیشتر بر فشار خون سیستول بعد از دوره ی تمرینی شاید گزینه ی بهتری برای انتخاب تمرین توانبخشی در بیماران مبتلا به فشار خون بالا باشد. به نظر می رسد در آینده نیاز به مطالعات بیشتری در زمینه ی اثرات سلولی- مولکولی این تمرینات و نیز انتخاب بهترین مدل تمرینی HIIT برای این بیماران می باشد.

مرحله ی اول ABI تنها در گروه SIHIIT تغییر معنی داری را نشان داد و در گروه LDHIIT تفاوت معنی دار نبود. به نظر می رسد این تغییر معنی دار که کاهش غیرطبیعی در نتایج ABI بود با شدت بالای تمرین مرتبط باشد. هر چه پروتکل تمرینی، شدت بالاتری داشته باشد افت بیشتری در فشار سیستول زانو مشاهده می شود (۳۴). همچنین آموور و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند در افراد سالم، فشار سیستول گردش خون مرکزی با تمرین افزایش یافت در حالی که فشار سیستول زانو در نتیجه ی اتساع عروق عضلات در حال تمرین کاهش یافت. در بیماران PAD فشارخون زانو بیش از افراد سالم کاهش یافت و زمان طولانی تری برای ریکاوری طول کشید (۳۵). بعد از ۱۱ هفته تمرین، ABI بهبود معناداری را در گروه ۳۰ ثانیه ای نشان داد. مطالعات قبلی تایید کرده اند که تفاوت در شدت تمرین علاوه بر انجام تمرین منظم ممکن است در تغییر مشاهده شده در اثر مداوم و رسیدگی موثر باشد (۳۲). بنظر می رسد شدت های بالاتر فعالیت و تعداد دفعات تمرینات HIIT

## References

- Guimaraes GV, Ciolac EG, Oliveira VO, Carvalho VM, Bortolotto LA, Alcides EA. Effects of continuous vs. interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension (Pre-print version). *Hypertens Res* 2010; 33:627-32.
- Ciolac EG. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise. *Am J Cardiovasc Dis* 2012; 2:102-10.
- Guidelines Committee. European society of hypertension-european society of cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. *J Hypertens* 2007; 25:1101-87.
- Kim EJ, Park CG, Park JS, Suh SY, Choi CU, Kim JW, et al. Relationship between blood pressure parameters and pulse wave velocity in normotensive and hypertensive subjects: invasive study. *J Hum Hypertens* 2007; 21:141-8.
- Haas TL, Lloyd PG, Yang HT, Terjung RL. Exercise training and peripheral arterial disease. *New York: Comprehensive Physiology*; 2012.
- Ivy JL. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Sports Med* 1997; 24:321-36.
- Adams J, Ogola G, Stafford P, Koutras P, Hartman J. High-intensity interval training for intermittent claudication in a vascular rehabilitation program. *J Vasc Nurs* 2006; 24:46-9.
- Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36:533-53.
- Santos LP, Moraes RS, Vieira PJ, Ash GI, Waclawovsky G, Pescatello LS, et al. Effects of aerobic exercise intensity on ambulatory blood pressure and vascular responses in resistant hypertension: a crossover trial. *J Hypertens* 2016; 34:1317-24.
- Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014; 48:1227-34.
- Molmen-Hansen HE, Stolen T, Tjonna AE, Aamot IL, Ekeberg IS, Tyldum GA, et al. Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *Eur J Prev Cardiol* 2012; 19:151-60.
- Oliveira NL, Ribeiro F, Silva G, Alves AJ, Silva N, Guimarães JT, et al. Effect of exercise-based cardiac rehabilitation on arterial stiffness and inflammatory and endothelial dysfunction biomarkers: a randomized controlled trial of myocardial infarction patients. *Atherosclerosis* 2015; 239:150-7.



13. McInnis KJ, Balady GJ, Weiner DA, Ryan TJ. Comparison of ischemic and physiologic responses during exercise tests in men using the standard and modified Bruce protocols. *Am J Cardiol* 1992; 69:84-9.
14. Rabkin SW, Chan SH, Sweeney C. Ankle-brachial index as an indicator of arterial stiffness in patients without peripheral artery disease. *Int J Angiol* 2012; 63:150-4.
15. Seo JB, Chung WY, Kim SH, Kim MA, Zo JH. Immediate impact of exercise on arterial stiffness in humans. *World J Cardiovasc Dis* 2013; 3:40.
16. Olver TD, Reid SM, Smith AR, Zamir M, Lemon PW, Laughlin MH, et al. Effects of acute and chronic interval sprint exercise performed on a manually propelled treadmill on upper limb vascular mechanics in healthy young men. *Physiol Rep* 2016; 4:e12861.
17. Kingwell BA, Berry KL, Cameron JD, Jennings GL, Dart AM. Arterial compliance increases after moderate-intensity cycling. *Am J Physiol* 1997; 273:H2186-91.
18. Belz GG. Elastic properties and Windkessel function of the human aorta. *Cardiovasc Drugs Ther* 1995; 9:73-83.
19. Sugawara J, Maeda S, Otsuki T, Tanabe T, Ajisaka R, Matsuda M. Effects of nitric oxide synthase inhibitor on decrease in peripheral arterial stiffness with acute low-intensity aerobic exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2004; 287:H2666-9.
20. Oliveira NL, Ribeiro F, Alves AJ, Campos L, Oliveira J. The effects of exercise training on arterial stiffness in coronary artery disease patients: a state-of-the-art review. *Clin Physiol Funct Imag* 2014; 34:254-62.
21. Laskey W, Siddiqi S, Wells C, Lueker R. Improvement in arterial stiffness following cardiac rehabilitation. *Int J Cardiol* 2013; 167:2734-8.
22. Ashor AW, Lara J, Siervo M, Celis-Morales C, Mathers JC. Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PloS One* 2014; 9:e110034.
23. MacDonald JR, MacDougall JD, Hogben CD. The effects of exercising muscle mass on post exercise hypotension. *J Hum Hypertens* 2000; 14:317-20.
24. Kenney MJ, Seals DR. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension* 1993; 22:653-64.
25. Brandao Rondon MU, Alves MJ, Braga AM, Teixeira OT, Barretto AC, Krieger EM, et al. Postexercise blood pressure reduction in elderly hypertensive patients. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39:676-82.
26. Eicher JD, Maresh CM, Tsongalis GJ, Thompson PD, Pescatello LS. The additive blood pressure lowering effects of exercise intensity on post-exercise hypotension. *Am Heart J* 2010; 160:513-20.
27. Pescatello LS. Effects of exercise on hypertension from cells to physiological systems. Berlin, Germany: Springer; 2015.
28. Ahmadizad S, Bassami M, Hadian M, Eslami M. Influences of two high intensity interval exercise protocols on the main determinants of blood fluidity in overweight men. *Clin Hemorheol Microcirc* 2016; 64:827-35.
29. Sung J, Choi SH, Choi YH, Kim DK, Park WH. The relationship between arterial stiffness and increase in blood pressure during exercise in normotensive persons. *J Hypertens* 2012; 30:587-91.
30. Nascimento LS, Santos AC, Lucena JM, Silva LG, Almeida AE, Brasileiro-Santos MS. Acute and chronic effects of aerobic exercise on blood pressure in resistant hypertension: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2017; 18:250.
31. Ankle Brachial Index Collaboration, Fowkes FG, Murray GD, Butcher I, Heald CL, Lee RJ, et al. Ankle brachial index combined with Framingham Risk Score to predict cardiovascular events and mortality: a meta-analysis. *JAMA* 2008; 300:197-208.
32. Hamburg NM, Balady GJ. Exercise rehabilitation in peripheral artery disease. *Circulation* 2011; 123:87-97.
33. Perkins J, Collin J, Creasy TS, Fletcher EW, Morris PJ. Exercise training versus angioplasty for stable claudication. Long and medium term results of a prospective, randomised trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996; 11:409-13.
34. Tarumi T, Sugawara J, Tanaka H. Association between ankle blood pressure and central arterial wave reflection. *J Hum Hypertens* 2011; 25:539-44.
35. Narula A, Benenstien RJ, Duan D, Zaghera D, Li L, Choy-Shan A, et al. Ankle-brachial index testing at the time of stress testing in patients without known atherosclerosis. *Clin Cardiol* 2016; 39:24-9.

## Original Article

# Comparison of Acute and Chronic Responses of Blood Pressure, Pulse Wave Velocity, and Ankle-brachial Index to Two Different High-intensity Interval Training Protocols

Received: 22/06/2017 - Accepted: 23/07/2017

Neda Aghaei Bahmanbeglou<sup>1</sup>  
Khosrow Ebrahim<sup>1\*</sup>  
Sajad Ahmadizad<sup>1</sup>  
Majid Maleki<sup>2</sup>  
Akbar Nikpajouh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Cardiovascular Intervention Research Center, Rajaie Cardiovascular Medical and Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

\* Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Tel: 0098-21-29902931  
Email: k\_ebrahim@sbu.ac.ir

### Abstract

**Introduction** The present study aimed to compare the acute and chronic responses of blood pressure, arterial stiffness, and peripheral arterial disease to 11 weeks of two different high-intensity interval training (HIIT) protocols in hypertensive patients.

**Methods:** This study was conducted on 31 hypertensive patients who were randomly assigned into SDHIIT (n=10), LDHIIT (n=11), and control (n=10) groups. The patients in the SDHIIT group were subjected to HIIT protocol, including 27 repetitions of 30 sec at 80-100%  $VO_{2peak}$  with 30-sec recovery intervals at  $VO_{2peak}$  of 10-20%. On the other hand, the LDHIIT group performed four repetitions of 4 min at 75-90%  $VO_{2peak}$  interspersed by four 4-min recovery repetitions at the  $VO_{2peak}$  of 15-30%. Systolic and diastolic blood pressure, pulse wave velocity (PWV), and ankle-brachial index (ABI) were measured before and after the first and last exercise sessions.

**Results:** There was no significant differences between the two groups in terms of PWV after one session of training ( $P>0.05$ ). However, the SBP, DBP, and ABI significantly decreased in the two groups ( $P<0.05$ ). Considering the acute responses, a significant reduction was observed in the SBP ( $P=0.03$ ) and ABI ( $P<0.01$ ) in the LDHIIT and SDHIIT groups, respectively, after 11 weeks of training. Nonetheless, no significant difference was detected in PWV and blood pressure. Regarding the chronic effect of the two training protocols, the LDHIIT group showed a significant difference in all variables, except for ABI ( $P>0.05$ ).

**Conclusion:** Based on the findings of the study, both HIIT protocols improved blood pressure and hemodynamic factors in acute forms. However, SDHIIT was more effective than LDHIIT in the improvement of blood pressure and other variables in the long run.

**Keywords:** Interval training, Hypertension, Pulse wave velocity (PWV), Ankle-brachial index (ABI)

**Acknowledgement:** There is no conflict of interest.