

تأثیر ۸ هفته بازتوانی قلبی مبتنی بر تمرین تناوبی شدید با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال بر درصد چربی بدن، فشارخون و عملکرد اندوتلیال (FMD) در مردان مبتلا به بیماری عروق کرونر (CAD) و فشارخون بالا (HTN) پس از آنژیوپلاستی (PCI)

خلیل اله مُنیخ^{۱*}، حجت مردانه طالشمکائیل^۱، مجید کاشف^۲^۱ گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، ^۲ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ وصول: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲

شماره ثبت در مرکز کارآزمایی بالینی ایران: IRECT20160927030023N3

چکیده

زمینه و هدف: تمرین تناوبی شدید (HIIT) به عنوان جایگزینی کارآمد برای تمرینات تداومی با شدت متوسط (MICT)، مزایای بالقوه‌ای در بازتوانی قلبی نشان داده است. با این حال، اثرات پروتکل‌های HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال در این جمعیت خاص کمتر بررسی شده است. لذا هدف از این مطالعه تعیین و ارزیابی تأثیر ۸ هفته بازتوانی قلبی مبتنی بر HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال بر درصد چربی بدن، فشارخون و عملکرد اندوتلیال (FMD) در مردان مبتلا به بیماری عروق کرونر (CAD) و فشارخون بالا (HTN) پس از آنژیوپلاستی (PCI) بود.

روش بررسی: این یک مطالعه نیمه تجربی با طراحی پیش‌آزمون - پس‌آزمون و گروه کنترل می‌باشد که بر روی ۲۳ مرد ۴۵-۶۰ ساله مبتلا به پرفشاری خونی و تنگی عروق کرونر پس از آنژیوپلاستی انجام شد. شرکت‌کنندگان به دو گروه تمرین (۱۱ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرین، ۸ هفته (۳ جلسه در هفته) پروتکل HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال (۳۰ در ۳۰ ثانیه به مدت ۳۰ دقیقه) را روی دوچرخه کارسنج اجرا کرد و گروه کنترل فعالیت منظمی نداشت. درصد چربی بدن (InBody)، فشارخون (دیجیتال) و MD (اولتراسوند داپلر) قبل و بعد از مداخله اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از آزمون‌های آماری تی‌زوجی و آنالیز واریانس تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: در گروه تمرین، درصد چربی بدن ($p=0/006$)، فشارخون سیستولی ($p=0/004$) و دیاستولی ($p=0/011$) کاهش معنی‌دار و FMD افزایش معنی‌داری داشت ($p=0/002$). تغییرات بین‌گروهی نیز به نفع گروه تمرین معنی‌دار بود (درصد چربی بدن $p=0/018$ ، فشارخون سیستولی $p=0/007$ ، فشارخون دیاستولی $p=0/024$ و عملکرد اندوتلیال (FMD) ($p=0/003$)).

نتیجه‌گیری: بازتوانی قلبی مبتنی بر HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال، ترکیب بدن، فشارخون و عملکرد اندوتلیال را در بیماران مبتلا به CAD و HTN پس از PCI بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین تناوبی شدید، بیماری عروق کرونر، عملکرد اندوتلیال، فشارخون، درصد چربی بدن، بازتوانی قلبی

*نویسنده مسئول: خلیل اله مُنیخ، تهران، دانشگاه فرهنگیان، گروه آموزش تربیت بدنی

Email: kh.moonikh@cfu.ac.ir

"نشریه علمی پژوهشی ارمغان دانش وابسته به دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یک نشریه با دسترسی آزاد است و تمامی مقالات منتشر شده در این نشریه به صورت دسترسی آزاد منتشر می‌شوند."

مقدمه

آنژیوپلاستی عروق کرونر (PCI)^(۴) به عنوان

یک روش استاندارد برای بازگرداندن جریان خون در بیماران مبتلا به CAD به کار می‌رود، با این حال، این بیماران همچنان در معرض خطر عوارض ثانویه مانند فشارخون بالا و حوادث نامطلوب قلبی - عروقی قرار دارند^(۱). علاوه بر این، PCI می‌تواند به دیواره‌های اندوتلیال آسیب برساند، سیتوکین‌های التهابی را آزاد کند، آبشار لخته شدن را فعال کند و خطر تشدید تصلب شرایین و ترومبوز استنت را افزایش دهد^(۹).

بر اساس نتایج پژوهش‌های اخیر، شرکت در برنامه‌های توان‌بخشی قلبی مبتنی بر ورزش، یکی از مؤثرترین راهبردهای پیشگیری ثانویه پس از PCI محسوب می‌شود^(۱۰ و ۹). دبین و همکاران گزارش کرده‌اند که مشارکت در توان‌بخشی قلبی مبتنی بر تمرین موجب کاهش معنی‌دار مرگ و میر و خطر بروز مجدد حوادث قلبی می‌شود^(۱۰). همچنین، گزارش شده است فعالیت ورزشی پس از PCI، باعث بهبود اندوتلیوم آسیب دیده می‌شود^(۹). طبق توصیه‌های محققان بازتوانی قلبی، شروع زودهنگام ورزش بعد از PCI بسیار مهم است. زیرا هر هفته تأخیر در بازگشت به ورزش نیاز به یک ماه ورزش برای جبران مزایا دارد^(۹).

با این حال، میزان مشارکت بیماران در برنامه‌های بازتوانی قلبی به دلیل موانعی مانند کمبود زمان، انگیزه ناکافی و جذابیت کم برنامه‌های تمرینی

بیماری‌های قلبی عروقی (CVDs)^(۱)، همچنان عامل اصلی مرگ و میر و ناتوانی در سراسر جهان هستند^(۱). از این میان، بیماری عروق کرونر (CAD)^(۲) و پرفشاری خون (HTN)^(۳) دو بیماری شایع قلبی - عروقی هستند که اغلب به صورت هم‌زمان بروز کرده و بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند^(۲). شیوع بیماری عروق کرونر (CAD) در ایران به طور قابل توجهی بالا است و حدود ۳۲ درصد از بزرگسالان ایرانی دچار پرفشاری خون و ۶۳ درصد دارای وزن بالا (شاخص توده بدنی بالای ۲۵) می‌باشند^(۳).

پرفشاری خون با اختلال در عملکرد اندوتلیال، افزایش سفتی شریانی و مقاومت عروق محیطی همراه است که همگی در توسعه آترواسکلروز مؤثر هستند^(۴). به طور کلی عملکرد اندوتلیال در بیماران مبتلا به CAD مختل می‌شود که ممکن است خطر مرگ و میر را در این جمعیت افزایش دهد^(۵). همچنین عملکرد اندوتلیال عروقی با افزایش سن نیز مختل می‌شود و یک پیش‌بینی‌کننده مستقل برای بیماری‌های قلبی - عروقی است^(۶). از سوی دیگر، چربی اضافی بدن نیز می‌تواند باعث بیماری‌های مختلفی از جمله فشارخون بالا، کلسترول خون بالا، دیابت نوع ۲ و CAD شود^(۷). به طوری که درصد بالای چربی بدن با افزایش التهاب مزمن و مقاومت به انسولین و در نتیجه با افزایش خطر بیماری‌های قلبی - عروقی مرتبط است^(۸).

1-Cardiovascular Diseases
2-Coronary Artery Disease
3-Hypertension
4-Percutaneous Coronary Intervention

سنتی پایین است (۹ و ۱۱). به طور سنتی، تمرینات هوازی با شدت متوسط و پیوسته (MICT)^(۱) هسته اصلی برنامه های بازتوانی قلبی را تشکیل داده اند و رایج ترین روش تمرینی در این حوزه هستند (۱۱ و ۱). اگرچه اثربخشی این نوع تمرینات در بهبود وضعیت قلبی - عروقی ثابت شده است، اما به دلیل نیاز به صرف زمان نسبتاً زیاد و یکنواختی در اجرا، برای بسیاری از بیماران کسل کننده و کم جذابیت تلقی می شوند، مسئله ای که پایداری بیماران به برنامه را تحت تأثیر قرار می دهد (۱۱ و ۴).

در سال های اخیر، تمرین تناوبی شدید (HIIT)^(۲) به دلیل زمان کوتاه تر و اثر بخشی بالاتر به عنوان جایگزین نوید بخش برای تمرین مداوم با شدت متوسط مورد توجه قرار گرفته است (۱۱ و ۵، ۱). HIIT شامل دوره های کوتاه و متناوب فعالیت با شدت بالا همراه با دوره های ریکاوری با شدت پایین یا غیر فعال هستند (۱۱ و ۱). بررسی ها نشان داده اند که HIIT در بیماران مبتلا به CAD ایمن و مؤثر است (۱۱) و می تواند بهبودهای قابل توجهی در ترکیب بدن (۱۲)، عملکرد اندوتلیال عروقی (FMD)^(۳) (۱۳) و کنترل فشارخون (۱۴ و ۱۵) ایجاد کند. همچنین پژوهش های متعدد نشان داده اند که HIIT در مقایسه با MICT، در بهبود FMD (۶ و ۵)، فشار خون بالا (۱۷ و ۱) و توده چربی بدن (۱۸ و ۱۱)، در بیماران CVD مؤثرتر است و بهبودهای بیشتری ایجاد می کند.

با این حال با وجود شواهد فزاینده مبنی بر مزایای HIIT، بیشتر این بررسی ها بر پروتکل های

مرسوم و عمومی HIIT با نسبت کار به استراحت طولانی تر (مانند تناوب های ۴ دقیقه ای فعالیت، با ریکاوری فعال) یا مدل های به اصطلاح اسکاندیناوی تمرینات تناوبی شدید تمرکز کرده اند. این در حالی است که پایداری بیماران قلبی در این نوع پروتکل های HIIT، پایین گزارش شده است (۱۹). همچنین، بسیاری از این بررسی ها بر جمعیت عمومی بیماران کرونری یا نارسایی قلبی متمرکز بوده و پژوهش های اختصاصی در مردان مبتلا به فشارخون بالا و تنگی عروق کرونر پس از آنژیوپلاستی محدود است.^۲

پروتکل هایی با تناوب های کوتاه و دوره های استراحت غیرفعال در مقایسه با سایر اشکال HIIT دارای مزایایی همچون سادگی و سهولت اجرا، ایمنی بالا، افزایش میزان پایداری و تحمل بیشتر در بیماران هستند (۲۱ و ۲۰). این نوع پروتکل می تواند از نظر زمانی کارآمدتر بوده و پذیرش بیشتری در بیماران با ظرفیت ورزشی محدود داشته باشد. در چنین پروتکل هایی، بیماران می توانند در بازه های زمانی کوتاه به پاسخ های فیزیولوژیکی مطلوب دست یابند (۲۰). به طوری که ریکاوری غیرفعال بین تناوب ها به بدن فرصت بازگشت به شرایط اولیه را می دهد و امکان حداکثر تلاش در هر تناوب را فراهم می سازد. این امر موجب افزایش تجمعی شدت تمرین و ارتقای کیفیت آن می گردد. این موضوع به ویژه

1-Moderate-Intensity Continuous Training
2-High-intensity interval training
3-Flow-Mediated Dilatation

برای بیماران با سابقه آنژیوپلاستی اهمیت دارد، چرا که تمرین‌های شدید و پیوسته ممکن است منجر به خستگی زودرس یا افزایش ریسک حوادث قلبی گردد. بنابراین، توصیه می‌شود در بازتوانی قلبی مبتنی بر ورزش در بیماران قلبی با ریسک بالا، آمادگی جسمانی پایین و بیمارانی که ورزشکار نیستند و در فاز دوم بازتوانی قلبی (بازتوانی قلبی با ورزش) هستند، از این نوع پروتکل‌های HIIT (با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیر فعال) استفاده گردد. در حالی که انواع دیگر پروتکل‌های HIIT، برای فاز نگهداری (فاز سوم) و بیماران با ریسک پایین و آمادگی جسمانی بالا توصیه شده است (۲۱ و ۱۹). با این حال، بررسی‌های اندکی اثر بخشی پروتکل‌های تمرین تناوبی شدید با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیر فعال را بررسی کرده‌اند. مطالعه‌ای که اثرات این نوع پروتکل HIIT را بر درصد چربی بدن، فشار خون و عملکرد اندوتلیال در مردان مبتلا به پرفشاری خون و CAD پس از PCI بررسی نماید، یافت نشد.

بررسی هم‌زمان تأثیر این پروتکل بر سه متغیر درصد چربی، FMD و فشارخون، به ویژه در این جمعیت خاص، می‌تواند درک جامع‌تری از پاسخ‌های فیزیولوژیکی مرتبط با بازتوانی قلبی ارائه دهد. همچنین با توجه به شیوع بالای CAD و پرفشاری خون و تأثیر قابل توجه آن‌ها بر سلامت عمومی، نتایج این مطالعه می‌تواند به بهبود پیامدهای بالینی، افزایش پذیرش و پایبندی بیماران به برنامه‌های بازتوانی

ورزشی و در نهایت کاهش خطر بروز عوارض قلبی - عروقی ثانویه و ارتقای کیفیت زندگی بیماران کمک کند. لذا هدف از این مطالعه تعیین و ارزیابی تأثیر ۸ هفته بازتوانی قلبی مبتنی بر HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال بر درصد چربی بدن، فشار خون و عملکرد اندوتلیال (FMD) در مردان مبتلا به بیماری عروق کرونر (CAD) و فشار خون بالا (HTN) پس از آنژیوپلاستی (PCI) بود.

روش بررسی

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طراحی پیش‌آزمون - پس‌آزمون و همراه با گروه کنترل بود، جامعه آماری پژوهش را کلیه مردان مبتلا به پرفشاری خون و تنگی عروق کرونر پس از انجام آنژیوپلاستی تشکیل دادند که به کلینیک تخصصی بازتوانی قلبی بیمارستان فوق تخصصی بهمن شهر زنجان مراجعه کرده بودند. از میان این جامعه، ۲۴ نفر به صورت نمونه‌گیری در دسترس و بر اساس معیارهای ورود و خروج انتخاب شدند (جدول ۱).

معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: گذشت حداقل ۴ و حداکثر ۸ هفته از انجام عمل آنژیوپلاستی، دریافت استنت دارویی، مرد بودن و قرار گرفتن در دامنه سنی ۴۵ تا ۶۰ سال، عدم فعالیت ورزشی منظم پیش از مطالعه، نداشتن بیماری‌های زمینه‌ای و خاص دیگر مثل کلیوی، تنفسی، غددی، اختلالات انعقادی و غیره، ابتلا به فشارخون بالا با

فشارخون سیستولی در محدوده ۱۳۵ تا ۱۴۵ میلی‌متر جیوه، ابتدا به هایپرتروفی کانسنتریک بطن چپ (با نسبت توده بطنی به سطح رویه بدنی بیش از ۱۱۶ گرم بر متر مربع و نسبت ضخامت دیواره به قطر پایان دیاستولی بیش از ۰/۴۲)، قرار گرفتن در طبقه‌بندی خطر پایین قلبی بر اساس اطلاعات پرونده پزشکی (ظرفیت عملکردی بالاتر از ۷ مت، بدون بیماری‌های همراه شدید، پاسخ طبیعی ضربان قلب و نوار قلب در حالت استراحت و تست ورزش)، دریافت داروهای مشابه، و رضایت و تمایل آگاهانه برای مشارکت در مطالعه.

معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل این موارد بود: هرگونه تغییر در معیارهای ورود به مطالعه، عدم پایبندی به برنامه تمرینی و پروتکل ورزشی، شرکت در فعالیت‌های ورزشی خارج از برنامه پژوهش، تغییر غیرعادی در وضعیت سلامتی یا برنامه دارویی، سابقه نارسایی کلیوی، انفارکتوس قلبی یا جراحی دریچه‌های قلبی، ابتدا به تنگی آنورت، کاردیومیوپاتی متسع و کسر جهشی بطن چپ (EF) زیر ۳۰ درصد، بروز مکرر انقباضات زودرس بطنی (PVC) یا شروع فیبریلاسیون دهلیزی (AF) در طول جلسات تمرینی، داشتن محدودیت‌های حرکتی.

اطلاعات اولیه و بالینی از طریق مشاهده مستقیم، بررسی پرونده پزشکی، مصاحبه، پرسش‌نامه، انجام تست‌های عملکردی و معاینه بالینی گردآوری شد.

لازم به توضیح می‌باشد که، به دلیل عدم دسترسی هم‌زمان به تمامی آزمودنی‌ها با معیارهای مورد نظر، فرآیند نمونه‌گیری طی دو مرحله و به فاصله دو ماه انجام شد و در هر نوبت ۱۲ شرکت‌کننده به دو گروه همسان (۶ نفر گروه تمرین و ۶ نفر گروه کنترل) تقسیم شدند. به این ترتیب، در پایان دوره کلی پژوهش، تعداد کل نمونه‌ها به ۲۴ نفر (شامل دو گروه ۱۲ نفره) رسید. به دلیل عدم شرکت یک نفر از شرکت‌کنندگان در پس‌آزمون، پژوهش با ۲۳ نفر شرکت‌کننده به پایان رسید. پیش از ورود به دوره مداخله، تمام شرکت‌کنندگان به صورت کتبی رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند. حجم نمونه با توجه به در دسترس بودن بیماران واجد شرایط تعیین شد.

پیش از آغاز دوره اصلی، تمام شرکت‌کنندگان (گروه تمرین و گروه کنترل) طی دو هفته آماده‌سازی (با هدف آشنایی شرکت‌کنندگان با نحوه انجام تمرینات، بهبود اولیه آمادگی جسمانی و تعیین اوج بار کار)، سه جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ دقیقه، تمرین تداومی با شدت ۵۰ درصد از اوج بار کار روی دوچرخه کارسنج انجام دادند. ۴۸ ساعت پس از پایان این مرحله و پیش از شروع مداخله، اندازه‌گیری‌های اولیه شامل: قد، وزن، فشارخون، درصد چربی بدن، بار کاری اوج، و FMD انجام شد.

قد آزمودنی‌ها در حالت ایستاده و وزن آن‌ها با حداقل پوشش، به ترتیب با استفاده از قدسنج و ترازوی کالیبره شده مدل SECA (ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی (BMI) نیز با استفاده از فرمول وزن (کیلوگرم) تقسیم بر مجذور قد (متر) محاسبه گردید. فشارخون استراحتی پس از ۲۰ دقیقه استراحت در حالت نشسته، با دستگاه دیجیتال Mamiso Set S1800 اندازه‌گیری شد. درصد چربی بدن با تحلیل‌گر ترکیب بدن InBody مدل X-CONTACT 356 ساخت کشور کره جنوبی محاسبه گردید. بار کار اوج از طریق آزمون پیش‌رونده استورر-دیویس (۲۲) با استفاده از دوچرخه کارسنج مونارک (مدل 839E، سوئد) تعیین شد. این آزمون به منظور تعیین حداکثر توان مکانیکی قابل تحمل به وسیله آزمودنی برای تنظیم شدت‌های تمرینی به کار رفت. شاخص FMD شریان بازویی، پس از ۱۲ ساعت ناشتایی کامل، به وسیله پزشک متخصص و با استفاده از دستگاه اولتراسوند داپلر مدل M-Turbo (Sonosite, USA) ارزیابی گردید. این اندازه‌گیری بر اساس دستورالعمل‌های انجمن قلب آمریکا و با استفاده از معادله (۱) انجام شد:

$$100 \times \left(\frac{\text{قطر اولیه سرخرگ}}{\text{قطر ثانویه سرخرگ}} - 1 \right) = \text{FMD}(\%)$$

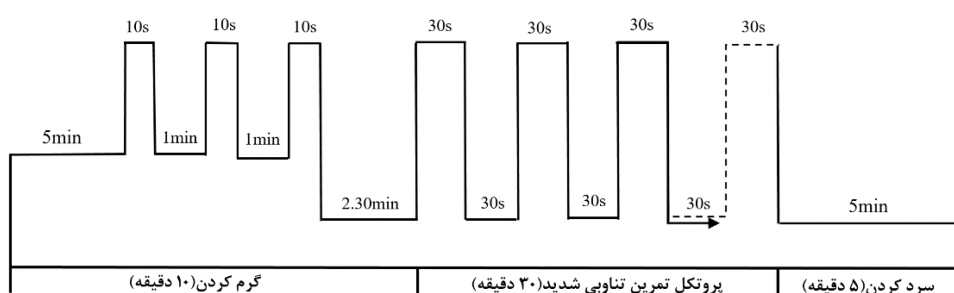
شرکت‌کنندگان گروه تمرین، برنامه تمرین تناوبی شدید با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال (۱۹) را به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته، با نظارت فیزیولوژیست ورزشی و طبق جدول ۱ اجرا

کردند. جلسات شامل گرم‌کردن (۵ دقیقه پدال زدن مداوم با ۵۰ درصد اوج بار کار، ۳ تناوب ۱۰ ثانیه‌ای در ۸۰ درصد اوج بار کار با ریکاوری ۱ دقیقه‌ای با ۵۰ درصد اوج بار کار و سپس ۵ دقیقه ریکاوری غیرفعال)، تناوب‌های ۳۰ ثانیه‌ای با شدت متغیر (از ۸۰ درصد اوج بار کار در دو هفته اول شروع و به ۱۰۰ درصد اوج بار کار در هفته آخر رسید)، ریکاوری غیرفعال و سرد کردن (۵ دقیقه بدون بار) بود که در مجموع هر جلسه ۴۵ دقیقه طول می‌کشید. جزئیات شدت و پیشرفت پروتکل در جدول ۱ و خلاصه یک جلسه آن در شکل ۱ نشان داده شده است. شرکت‌کنندگان گروه کنترل طی دوره مطالعه هیچ‌گونه فعالیت ورزشی منظمی نداشتند. با این حال، به منظور رعایت اصول اخلاقی، پس از پایان پژوهش به برنامه بازتوانی متداول بیمارستان فوق تخصصی بهمن معرفی شدند. از تمامی شرکت‌کنندگان خواسته شد تا الگوی تغذیه و فعالیت‌های روزمره خود را تا پایان مطالعه تغییر ندهند.

۴۸ ساعت پس از پایان آخرین جلسه تمرینی، اندازه‌گیری‌های فشارخون، درصد چربی بدن و FMD مشابه با مرحله پیش‌آزمون تکرار شد. داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و آمار استنباطی تحلیل شدند. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های آماری شاپیرو-ویلک، تی زوجی و کوواریانس تجزیه و تحلیل شدند.

جدول ۱: پروتکل تمرین (دو هفته دوره آماده سازی + هشت هفته دوره مداخله اصلی)

هفته ها	مدت گرم کردن (دقیقه)	مدت فعالیت	(درصد اوج بار کار) فعالیت	مدت ریکاوری (ثانیه)	(درصد اوج بار کار) ریکاوری	سرعت رکاب زدن (دور در دقیقه)	مدت پروتکل (دقیقه)	مدت سرد کردن (دقیقه)	مدت کل فعالیت (دقیقه)
دو هفته (دوره آماده سازی)	۱۰	۳۰ دقیقه تمرین تداومی	۵۰	---	---	۵۰-۶۰	۳۰	۵	۴۵
اول و دوم	۱۰	۳۰ ثانیه	۸۰	۳۰ ثانیه	استراحت غیرفعال	۵۰-۶۰	۳۰	۵	۴۵
سوم و چهارم	۱۰	۳۰ ثانیه	۹۰	۳۰ ثانیه	استراحت غیرفعال	۵۰-۶۰	۳۰	۵	۴۵
پنجم و ششم	۱۰	۳۰ ثانیه	۱۰۰	۳۰ ثانیه	استراحت غیرفعال	۵۰-۶۰	۳۰	۵	۴۵
هفتم و هشتم	۱۰	۳۰ ثانیه	۱۰۰	۳۰ ثانیه	۱۰	۵۰-۶۰	۳۰	۵	۴۵



شکل ۱: خلاصه یک جلسه پروتکل تمرین تناوبی شدید

یافته‌ها

مشخصات پایه دو گروه تمرین و کنترل در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی مشخصات پایه دو گروه در پیش آزمون نشان داد که، تفاوت معنی‌داری در سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (BMI) در بین گروه‌ها وجود ندارد ($p > 0.05$).

تحلیل داده‌ها نشان داد که در گروه تمرین پس از اجرای پروتکل بازتوانی قلبی مبتنی بر تمرین تناوبی شدید با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال، درصد چربی بدن به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p = 0.006$). میانگین درصد

چربی بدن از 24.0 ± 5.3 درصد در پیش‌آزمون به 21.4 ± 7.7 درصد در پس‌آزمون رسید. در مقابل، در گروه کنترل تغییر معنی‌داری در این شاخص مشاهده نشد ($p = 0.721$). تفاوت بین‌گروهی نیز به نفع گروه تمرین معنی‌دار بود ($p = 0.018$) (جدول ۳).

در گروه تمرین، میانگین فشار خون سیستولی از 143.7 ± 10.23 میلی‌متر جیوه در مرحله پیش‌آزمون به 132.4 ± 9.36 میلی‌متر جیوه در مرحله پس‌آزمون کاهش یافت که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار بود ($p = 0.004$). در گروه کنترل در این متغیر تغییر معنی‌داری

مشاهده نشد ($p=0/653$). مقایسه بین دو گروه پس از مداخله نیز تفاوت معنی‌داری را به نفع گروه تمرین نشان داد ($p=0/007$). میانگین فشارخون دیاستولی نیز در گروه تمرین به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که از $86/54 \pm 4/82$ میلی‌متر جیوه در پیش‌آزمون به $82/47 \pm 4/13$ میلی‌متر جیوه در پس‌آزمون رسید ($p=0/011$) در حالی که تغییرات در گروه کنترل معنی‌دار نبود ($p=0/492$). مقایسه بین گروهی در این متغیر نیز تفاوت معنی‌داری به نفع گروه تمرین نشان داد ($p=0/024$) (جدول ۳).

شاخص FMD به‌عنوان نمایه‌ای از عملکرد اندوتلیال، در گروه تمرین به طور معنی‌داری افزایش یافت. میانگین این شاخص از $6/12 \pm 3/23$ درصد در مرحله پیش‌آزمون به $8/62 \pm 2/65$ درصد در پس‌آزمون افزایش یافت ($p=0/002$). در گروه کنترل تغییر معنی‌داری در این متغیر مشاهده نشد ($p=0/589$). علاوه بر این، مقایسه تغییرات بین دو گروه نشان داد تفاوت بین گروهی در FMD معنی‌دار است ($p=0/003$) (جدول ۳).

جدول ۲: مشخصات شرکت کنندگان در مطالعه

متغیر گروه	تمرین تعداد=۱۱	کنترل تعداد=۱۲	سطح معنی‌داری
سن (سال)	$56/00 \pm 4/38$	$56/22 \pm 4/17$	$0/750$
قد (سانتی متر)	$170/60 \pm 3/83$	$171/30 \pm 4/89$	$0/656$
وزن (کیلوگرم)	$77/22 \pm 7/12$	$76/84 \pm 9/62$	$0/747$
شاخص توده بدن (مترمربع/کیلوگرم)	$26/56 \pm 2/16$	$26/18 \pm 4/11$	$0/976$

جدول ۳- مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرهای وابسته در دو گروه تمرین و کنترل.

متغیرها	گروه تمرین	گروه کنترل	سطح معنی‌داری بین گروهی	اندازه اثر
درصد چربی بدن (درصد)	پیش آزمون پس آزمون	$24/02 \pm 5/3$ $21/48 \pm 4/7$	$23/5 \pm 5/2$ $22/7 \pm 5/7$	$0/18^*$
فشار خون سیستولی (میلی متر جیوه)	سطح معنی‌داری درون گروهی پیش آزمون پس آزمون	$0/006^*$ $143/7 \pm 10/23$ $132/04 \pm 9/36$	$0/721$ $144/2 \pm 11/19$ $143/9 \pm 12/21$	$0/007^*$
فشار خون دیاستولی (میلی متر جیوه)	سطح معنی‌داری درون گروهی پیش آزمون پس آزمون	$0/004^*$ $86/54 \pm 4/82$ $82/47 \pm 4/13$	$0/653$ $87/5 \pm 2/96$ $86/9 \pm 4/18$	$0/024^*$
FMD (درصد)	سطح معنی‌داری درون گروهی پیش آزمون پس آزمون سطح معنی‌داری درون گروهی	$0/011^*$ $6/12 \pm 3/23$ $8/62 \pm 2/65$ $0/002^*$	$0/492$ $5/89 \pm 2/94$ $6/02 \pm 2/28$ $0/589$	$0/003^*$

* اختلاف معنی‌دار ($p < 0/05$)

بحث

تمرین HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال به دلیل سادگی، ایمنی بالا و پذیرش بهتر بیماران، گزینه‌ای مناسب برای فاز دوم بازتوانی قلبی مطرح شده است (۲۹ و ۲۱، ۲۰). با این حال، تأثیر هم‌زمان این پروتکل بر درصد چربی بدن، فشار خون و عملکرد اندوتلیال (FMD) در مردان مبتلا به CAD و پرفشاری خون پس از PCI هنوز به طور کامل بررسی نشده است. این شکاف علمی به ویژه بادر نظر گرفتن تعامل بین پارامترهای متابولیکی، همودینامیکی و اندوتلیالی، مانعی برای تجویز شخصی‌سازی شده و مبتنی بر شواهد در برنامه‌های بازتوانی قلبی می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه تعیین و ارزیابی تأثیر ۸ هفته بازتوانی قلبی مبتنی بر HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال بر درصد چربی بدن، فشار خون و عملکرد اندوتلیال (FMD) در مردان مبتلا به بیماری عروق کرونر (CAD) و فشار خون بالا (HTN) پس از آنژیوپلاستی (PCI) بود.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد پروتکل تمرین تناوبی شدید با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته، منجر به کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن، فشارخون سیستولی و دیاستولی و افزایش عملکرد اندوتلیال (FMD) در مردان مبتلا به فشارخون بالا و تنگی عروق کرونر پس از آنژیوپلاستی شد. این تغییرات در گروه کنترل

مشاهده نشد، تفاوت‌های بین گروهی نیز از نظر آماری معنی‌دار بود.

نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن در گروه تمرین تناوبی شدید، با نتایج پژوهش‌های پیشین همسو است (۲۴ و ۲۳، ۱۸، ۱۱). به عنوان مثال، مطالعه‌ای که به وسیله گونسالوز و همکاران انجام شد، نشان داد اجرای ۶ هفته HIIT در بیماران CAD کاهش معنی‌دار بیشتری نسبت به MICT در درصد چربی بدن (۴/۵ درصد در مقابل ۳/۲ درصد) ایجاد کرد (۱۱). به طور مشابه، در مطالعه دان و همکاران در بیماران پس از سکته قلبی، کاهش در درصد چربی بدن در گروه HIIT بیشتر از گروه MICT بود (۱۸). همچنین، دلگادو-فلودی و همکاران و تورنبولد و همکاران نیز در مطالعه کارآزمایی بالینی به ترتیب ۱۶ و ۸ هفته‌ای در بیماران مبتلا به فشارخون بالا، کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن را پس از تمرینات تناوبی شدید گزارش کردند (۲۴ و ۲۳).^۳

مکانیسم‌های متعددی برای کاهش چربی بدن در اثر HIIT پیشنهاد شده است. HIIT باعث افزایش مصرف اکسیژن پس از ورزش (EPOC)^(۱) می‌شود که تا ۲۴ ساعت پس از تمرین بالا باقی می‌ماند. این عمر موجب اکسیداسیون چربی در ساعات پس از ورزش می‌گردد (۲۵). این تمرینات همچنین حساسیت سلول‌ها به انسولین را

1-Excess Post-exercise Oxygen Consumption

افزایش می‌دهند که منجر به بهبود تنظیم قندخون و به کارگیری بهتر چربی می‌شود (۲۶ و ۲۵). علاوه بر این، گزارش شده است که HIIT باعث تغییر در سطوح آدیپوکاین‌ها مانند کاهش لپتین و افزایش آدیپونکتین می‌شود که به بهبود متابولیسم چربی و سیگنال‌دهی متابولیک کمک می‌کند (۲۶). طوری که HIIT با کاهش توده و التهاب بافت چربی، ترشح لپتین را کم و آدیپونکتین را افزایش می‌دهد، آدیپونکتین از طریق فعال‌سازی مسیرهای AMPK و PPAR- α در عضله و کبد، اکسیداسیون اسیدهای چرب، مصرف گلوکز و حساسیت انسولینی را بالا می‌برد، در حالی که کاهش لپتین مزمن، مقاومت به لپتین و التهاب را کم می‌کند و در مجموع متابولیسم چربی و سیگنال‌دهی متابولیک بهبود می‌یابد (۲۶). در نهایت، HIIT با تحریک بیان ژن‌های مرتبط با بیوسنتز میتوکندری و افزایش ظرفیت اکسیداتیو عضله، قابلیت بیشتری برای استفاده از انرژی فراهم می‌کند و به کاهش ذخایر چربی بدن می‌انجامد (۲۵). از نظر بالینی، کاهش درصد چربی بدن برای بیماران مبتلا به CAD بسیار مهم است، زیرا چربی اضافی با افزایش التهاب، مقاومت به انسولین، و دیس‌لیپیدمی مرتبط است که همگی به پیشرفت آترواسکلروز کمک می‌کنند (۲۷). کاهش معنی‌دار مشاهده‌شده در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که HIIT می‌تواند استراتژی مؤثری برای کاهش این عوامل خطر در بیماران قلبی - عروقی باشد.

با این حال، برخی بررسی‌ها متناقض با یافته‌های مطالعه حاضر را گزارش کرده‌اند. به عنوان مثال، گارسیا سوارز و همکاران (۲۸) و رنتریا و همکاران (۲۹) در بررسی‌های خود پس از چهار هفته تمرینات تناوبی شدید (۳ جلسه در هفته) تأثیری معنی‌داری بر درصد چربی بدن به ترتیب در دانشجویان کارشناسی و زنان سالم مشاهده نکردند. همچنین در مطالعه استاورینو و همکاران تمرین تناوبی شدید به مدت ۸ هفته، ۲ جلسه در هفته و هر جلسه ۱۰ تناوب ۶۰ ثانیه‌ای فعالیت روی دوچرخه ثابت با شدت ۸۳ درصد حداکثر توان با ۶۰ ثانیه ریکاوری در شدت ۳۰ درصد تأثیری بر درصد چربی بدن (اندازه‌گیری با کالیپر) در بزرگسالان سالم و غیرفعال نداشت، در حالی که تمرین با ۳ جلسه در هفته باعث کاهش درصد چربی بدن شد (۳۰). در مطالعه سانیدو و همکاران، نیز ۸ هفته تمرین تناوبی شدید به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه (۶ تناوب ۱ دقیقه ای فعالیت روی چرخ کارسنج با شدت ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب و به دنبال آن ۲ دقیقه ریکاوری غیر فعال که هر هفته ۱ تناوب اضافه می‌شود) تأثیری بر درصد چربی بدن در بزرگسالان چاق و غیر فعال نداشت (۳۱). این ناهم‌سویی نتایج را می‌توان به تفاوت در جمعیت‌های مورد مطالعه (بیماران پس از آنژیوپلاستی در مطالعه حاضر در مقابل افراد کم‌تحرك سالم و یا چاق در پژوهش‌های دیگر)،

مدت زمان مداخله (۸ هفته در مقابل ۴ هفته در مطالعه گارسیا-سووارز و همکاران و رنتریا و همکاران)، تعداد جلسات تمرین در هفته (۳ جلسه در هفته در مطالعه حاضر در مقابل ۲ جلسه در هفته در مطالعه استاورینو و همکاران)، مدت زمان تناوب‌ها (۳۰ ثانیه در مطالعه حاضر در مقابل بیشتر از ۱ دقیقه در دیگر بررسی‌ها) نسبت داد. در حمایت از این ادعا، نتایج یک متآنالیز اخیر نشان داد که پروتکل‌های HIIT بیشتر از ۸ هفته، با حداقل ۳ جلسه در هفته و تناوب‌های کمتر از ۶۰ ثانیه، بیشترین کاهش را در چربی بدن ایجاد می‌کنند (۱۲). زیرا چنین الگویی از یک‌طرف موجب تحریک کافی برای کاهش چربی بدن از طریق افزایش اکسیداسیون چربی و پاسخ‌های هورمونی (کاتکولامین‌ها و β -آدرنرژیک)، و از طرفی دیگر زمینه‌ساز بازسازی و ارتقای توده بدون چربی از طریق درگیری مکرر گروه‌های عضلانی بزرگ و فشار متابولیکی بهینه می‌شود (۱۲).

نتایج مطالعه حاضر، که نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار فشارخون سیستولی و دیاستولی در گروه تمرین بود با نتایج بسیاری از پژوهش‌ها در این حوزه هم‌خوانی دارد (۳۲-۳۴ و ۲۴، ۱۴). برای نمونه کاریز و همکاران در متآنالیز خود در افراد مسن گزارش کردند که HIIT به طور متوسط فشارخون سیستولی و دیاستولی را به ترتیب حدود ۷/۳۶ و ۶/۴۸ میلی‌لیتر جیوه کاهش

می‌دهد (۳۲). در همین راستا، متآنالیز اخیر دیگری نشان داد افراد مبتلا به فشارخون بالا که تحت مداخله HIIT قرار گرفتند در مقایسه با گروه کنترل به طور میانگین ۴/۷ میلی‌متر جیوه کاهش در فشار خون سیستولی و ۴/۴ میلی‌متر جیوه کاهش در فشار خون دیاستولی داشته اند (۳۳). همچنین متآنالیز کاستا و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد که HIIT و MICT اثر مشابهی بر کاهش فشار خون در افراد مبتلا به فشار خون بالا دارند، به بیان دیگر، هر دو نوع تمرین به یک اندازه فشار خون را کاهش می‌دهند (۳۴). دلگادو-فلودی و همکاران (۲۰۲۰) نیز در یک مطالعه کارآزمایی بالینی ۱۶ هفته‌ای در بیماران مبتلا به پیش فشار خونی و فشار خون بالا، کاهش معنی‌دار فشار خون سیستولی و دیاستولی هر دو را پس از تمرینات تناوبی شدید گزارش کردند (۲۴).

از نظر مکانیسم، طبق نتایج مطالعه اهلرز و همکاران، ۶ هفته تمرین تناوبی شدید باعث کاهش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک و در پی آن کاهش فشار خون در مردان مبتلا به فشارخون بالا شد (۳۵). بررسی‌های اخیر نشان می‌دهند فعالیت‌های ورزشی سطح آنزیم‌های آلدسترون و نوراپی نفرین را کاهش می‌دهد که منجر به کاهش فشار خون می‌گردد (۳۶). به طور کلی HIIT با بهبود تنظیم عصبی - عضلانی و تعدیل هورمون‌های مؤثر بر فشارخون می‌تواند

به عنوان یک راهبرد موثر در کنترل فشارخون باشد (۳۶ و ۳۵). در مطالعه حاضر فشارخون سیستولی در اثر ۸ هفته تمرین تناوبی شدید ۱۱/۶۶ میلی‌متر جیوه کاهش یافت. این کاهش از نظر بالینی اهمیت بالایی دارد، چرا که یافته‌های بالینی نشان می‌دهد حتی کاهش ۵ تا ۶ میلی‌متر جیوه در فشارخون سیستولیک، می‌تواند خطر حوادث قلبی - عروقی را تا حدود ۱۰ درصد کاهش دهد (۳۷). توانایی HIIT با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال در دستیابی به این کاهش‌ها در یک دوره کوتاه هشت هفته‌ای، پتانسیل آن را به عنوان یک مداخله کارآمد از نظر زمانی برجسته می‌کند.

با این حال، برخی پژوهش‌ها نتایج متناقضی را گزارش کرده‌اند. یک متاآنالیز اخیر تأثیر اندک HIIT بر کاهش فشارخون سیستولیک (حدود ۳ میلی‌متر جیوه) و عدم تأثیر معنی‌دار بر فشارخون دیاستولیک را نشان داد (۳۸). در همین راستا، در مطالعه تورنبولد و همکاران تمرین تناوبی شدید مبتنی بر پیاده‌روی به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین ۴۵ دقیقه‌ای (۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴ تناوب ۴ دقیقه‌ای فعالیت با شدت ۸۰ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب با ۳ دقیقه ریکاوری فعال با ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب و ۱۰ دقیقه سرد کردن) در بیماران مبتلا به فشارخون بالا بر کاهش فشار خون سیستولی و دیاستولی مؤثر نبود (۲۳). در

مطالعه لینز- فیلو و همکاران نیز ۴ جلسه تمرین تناوبی شدید (۵ تناوب ۲ دقیقه‌ای فعالیت با شدت ۸۰ تا ۸۵ درصد و با ریکاوری ۲ دقیقه‌ای با ۴۰ تا ۵۰ درصد اکسیژن مصرفی اوج) تأثیری بر فشار خون سیستولی و دیاستولی در زنان مسن مبتلا به فشار خون بالا نداشت (۳۹). همچنین در یک کارآزمایی بالینی تصادفی شده به وسیله کایسر و همکاران یک دوره ۸ تا ۱۰ هفته‌ای تمرین هوازی (۳۰ جلسه و با شدت ۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره) در بزرگسالان مبتلا به پرفشاری خون درمان نشده، هیچ تأثیر معنی‌داری بر کاهش فشارخون سرپایی ۲۴ ساعته در مقایسه با گروه کنترل نشان نداد (۴۰). این نتایج متناقض احتمالاً به تفاوت در نوع تمرین (MICT در مطالعه کایسر و همکاران در مقابل HIIT در مطالعه حاضر)، نوع فعالیت (پیاده‌روی در مطالعه تورنبولد و همکاران، در مقابل دوچرخه کارسنج در مطالعه حاضر)، مدت مداخله (۴ جلسه در مطالعه فیلو و همکاران در مقابل ۲۴ جلسه در مطالعه حاضر)، جمعیت مورد مطالعه (زنان و هر دو جنس در تمام بررسی‌ها ذکر شده در مقابل فقط مردان در مطالعه حاضر)، طول تناوب‌ها (در مطالعه حاضر تناوب‌های فعالیت و ریکاوری ۳۰ ثانیه و متفاوت از مطالعات مذکور بود) و شدت واقعی اعمال شده (شدت در مطالعه حاضر بالاتر از تمام بررسی‌های ذکر شده بود) بستگی دارد. طوری که گزارش شده است به ویژه مردان از مداخلات

ورزشی برای کاهش سطح فشارخون خود بیشتر سود می‌برند. علاوه بر این، مداخلات با شدت بالا در مقایسه با شدت‌های پایین تمرین، در کاهش فشارخون مؤثرتر هستند (۲۳). این یافته نشان می‌دهد که اثربخشی تمرینات ورزشی می‌تواند به نوع پروتکل، شدت تمرین و ویژگی‌های خاص جمعیت مورد مطالعه وابسته باشد.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های مطالعه حاضر افزایش معنی‌دار FMD (که نشان‌دهنده بهبود عملکرد اندوتلیال است) در پی ۸ هفته HIIT بود که با بررسی‌های پیشین هم‌خوانی دارد. به طوری که HIIT عملکرد اندوتلیال (FMD) را در بیماران پس از انفارکتوس میوکارد (۱۳)، مبتلا به بیماری عروق کرونر (۱۶)، دیابت نوع ۲ (۴۱)، بزرگسالان چاق و دارای اضافه وزن (۴۲)، بیماران سرطانی (۴۳) و جوانان کم تحرک (۴۴) بهبود می‌بخشد. متاآنالیز فوئرتس - کنالی و همکاران نیز نشان داد که HIIT در بهبود FMD در بیماران قلبی - عروقی مؤثرتر از MICT است (۵). از آنجایی که هر یک درصد افزایش در FMD با کاهش ۸ تا ۱۳ درصدی خطر حوادث قلبی - عروقی در آینده مرتبط است (۵)، افزایش ۲/۵ درصدی FMD در مطالعه حاضر، اثرات تقویتی مهمی بر سلامت عروق دارد.

تمرین تناوبی شدید از طریق مجموعه‌ای از مکانیسم‌های سلولی و مولکولی، به بهبود عملکرد اندوتلیوم عروقی کمک می‌کند. مطالعه‌ی

و همکاران نشان می‌دهد که ۸ هفته HIIT عملکرد اندوتلیال را با افزایش سطح نیتریک اکساید (NO)^(۱) و کاهش اندوتلین (یک عامل تنگ‌کننده عروق) بهبود می‌بخشد (۴۵). HIIT با افزایش‌های شدید و متناوب در جریان خون، باعث اعمال تنش برشی^(۲) بالایی بر روی سلول‌های اندوتلیال می‌شود که قوی‌ترین محرک برای فعال‌سازی آنزیم eNOS^(۳) (تولید کننده نیتریک اکساید) است (۴۶). به طور کلی این نوع تمرین با افزایش تعداد و بهبود عملکرد سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال، کاهش استرس اکسیداتیو، التهاب و تقویت تولید نیتریک اکساید (NO) به بهبود عملکرد اندوتلیال کمک می‌کند (۴۷ و ۴۵، ۱۳، ۴).^۴

در مقابل برخی بررسی‌ها نتایج متناقض را گزارش کرده‌اند. در مطالعه تورنبولد و همکاران تمرین تناوبی شدید مبتنی بر پیاده‌روی به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین ۴۵ دقیقه‌ای (۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴ تناوب ۴ دقیقه‌ای فعالیت با شدت ۸۰ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب با ۳ دقیقه ریکاوری فعال با ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب و ۱۰ دقیقه سرد کردن) در بیماران مبتلا به فشار خون بالا تأثیر معنی‌داری بر FMD نداشت (۲۳). دلایل تناقض در نتایج می‌تواند به علت تفاوت در پروتکل تمرین (۴ تناوب

1-Nitric Oxide

2-Shear Stress

3-Endothelial Nitric Oxide Synthase

۴ دقیقه‌ای در مقابل ۳۰ تناوب ۳۰ ثانیه‌ای در مطالعه حاضر)، شدت تمرین (۸۰ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب در مقابل ۸۰ تا ۱۰۰ درصد اوج بار کار در مطالعه حاضر) و جمعیت مورد مطالعه (مردان و زنان مبتلا به فشارخون بالا در مقابل فقط مردان پس از آنژیوپلاستی در مطالعه حاضر) باشد. در مطالعه دیگری، ۸ هفته تمرین تناوبی شدید (۴ جلسه در هفته و هر جلسه ۴۰ دقیقه فعالیت روی دوچرخه ثابت با تناوب‌های ۴ در ۴ دقیقه با شدت‌های متناوب ۹۰ و ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب) در زنان مسن و یائسه هیچ تأثیری بر FMD نداشت (۴۸). جمعیت (زنان در مقابل مردان)، پروتکل تمرین (۴ در ۴ دقیقه در مقابل تناوب‌های ۳۰ ثانیه‌ای) و شدت تمرین این پژوهش با مطالعه حاضر متفاوت است. همچنین دال و همکاران نیز در بیماران پس از پیوند قلب گزارش کردند که تمرین تناوبی شدید (به مدت ۱۲ هفته و هر هفته ۳ جلسه، هر جلسه ۳۰ دقیقه با اینتروال‌های ۱، ۲ و ۴ دقیقه‌ای فعالیت روی چرخ کارسنج با بیش تر از ۸۰ درصد اکسیژن مصرفی اوج با تناوب‌های ریکاوری ۲ دقیقه‌ای با شدت ۶۰ درصد اوج اکسیژن مصرفی) بهبود معنی‌داری در FMD (اندازه گیری شده با دستگاه EndoPAT2000 در نوک انگلستان) ایجاد نکرد (۴۹). این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در جمعیت (مردان و زنان پس از پیوند قلب در مقابل بیماران مرد پس از آنژیوپلاستی در مطالعه حاضر)، شدت، پروتکل

تمرین (تناوب‌های ۳۰ ثانیه با ریکاوری غیر فعال در مطالعه حاضر)، یا اندازه گیری FMD (دستگاه اولتراسوند داپلر مدل M-Turbo از شریان بازویی در مطالعه حاضر در مقابل دستگاه EndoPAT2000 در نوک انگلستان) و کنترل دارویی باشد. به طور مشابه در مطالعه توری - سیلوا و همکاران، ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید (۳ جلسه در هفته، هر جلسه ۴ تناوب ۳ دقیقه‌ای دویدن روی تردمیل با شدت ۱۰ درصد بالای ضربان قلب هدف با ریکاوری‌های ۴ دقیقه‌ای با شدت ۱۰ درصد پایین‌تر از ضربان قلب هدف) در بیماران نارسایی قلبی بر FMD مؤثر نبود (۵۰). اختلاف در نتایج احتمالاً به دلیل تفاوت در جمعیت مورد مطالعه (بیماران نارسایی قلبی در مقابل بیماران پس از آنژیوپلاستی در مطالعه حاضر)، نوع فعالیت (دویدن روی تردمیل در مقابل پدال زدن روی دوچرخه ثابت در مطالعه حاضر)، پروتکل (تناوب‌های طولانی در مقابل تناوب‌های کوتاه در مطالعه حاضر) و شدت تمرین می‌باشد.

با وجود نتایج مثبت، این مطالعه دارای محدودیت‌هایی از جمله حجم نمونه کوچک (۲۳ نفر) و محدودیت به مردان ۴۵ تا ۶۰ ساله بود، که قابلیت تعمیم نتایج را کاهش می‌دهد. همچنین، دوره مداخله کوتاه و عدم وجود دوره پیگیری، پایداری بلندمدت تغییرات را نامشخص می‌سازد. علاوه بر این، کنترل دقیق رژیم غذایی و برنامه دارویی صورت نگرفته که می‌تواند به عنوان یک

عامل مخدوش‌کننده احتمالی در نظر گرفته شود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی برای افزایش اعتبار و تعمیم‌پذیری نتایج، بر روی حجم نمونه بزرگتر و گروه‌های جنسیتی متنوع‌تر (از جمله زنان) تمرکز کنند. همچنین، برای حذف اثرات مخدوش‌کننده، کنترل دقیق رژیم غذایی، برنامه دارویی و فعالیت بدنی خارج از مداخله شرکت‌کنندگان در طول دوره مطالعه ضروری است.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که یک برنامه هشت هفته‌ای تمرین تناوبی شدید با تناوب‌های کوتاه و ریکاوری غیرفعال، به طور معنی‌داری باعث بهبود ترکیب بدن، کاهش فشار خون و ارتقاء عملکرد اندوتلیال در مردان مبتلا به بیماری‌های قلبی - عروقی می‌شود. این یافته‌ها، پروتکل مورد استفاده در مطالعه حاضر را به عنوان یک راهبرد درمانی مؤثر در برنامه‌های بازتوانی قلبی تایید می‌کنند. این پروتکل ممکن است از نظر کارایی زمانی و پایداری بیمار، نسبت به پروتکل‌های تمرینی دیگر دارای مزیت‌های بیشتری باشد. با وجود محدودیت‌های روش‌شناختی، نتایج این مطالعه، مسیرهای جدیدی را برای طراحی مداخلات ورزشی ایمن و کارآمد در این جمعیت بالینی هموار می‌سازد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند دست اندرکاران و مسئولان مرکز بازتوانی قلبی بیمارستان فوق تخصصی بهمن زنجان و تمام کسانی که در انجام این مطالعه یاری نمودند نهایت تشکر و قدردانی را به عمل آورند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منفعی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

حمایت مالی

این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران به انجام رسیده است.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله بر گرفته از پایان نامه مقطع دکترای تخصصی فیزیولوژی ورزشی قلب - عروق و تنفس با کد اخلاق IR.SSRI.REC.1397.373 از پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

خلیل اله مُنیخ نقش اصلی را در تمامی مراحل پژوهش از جمله مفهوم‌سازی اولیه، طراحی روش تحقیق، اجرای میدانی، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نهایی یافته‌ها، تدوین پیش‌نویس اولیه مقاله و همچنین نگارش نسخه نهایی ایفا کرد. همچنین مسئولیت اصلی ارسال، پیگیری و مدیریت فرآیند داوری مقاله در مجله را بر عهده داشت. مجید کاشف (استاد راهنما) در نظارت بر روند کلی پژوهش، ارائه مشاوره‌های تخصصی و ویراستاری نهایی متن مقاله مشارکت داشتند. حجت مردانه طالشمیکائیل نیز در جمع‌آوری داده‌ها، کمک به نگارش بخش یافته‌ها و ویرایش نهایی متن مقاله همکاری نمودند.

REFERENCES

1. Gao C, Yue Y, Wu D, Zhang J, Zhu S. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory and exercise capacity in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *PloS One* 2025; 20(2): e0314134.
2. Chen Y, Zhou ZF, Han JM, Jin X, Dong ZF, Liu L, et al. Patients with comorbid coronary artery disease and hypertension: a cross-sectional study with data from the NHANES. *Ann Transl Med* 2022; 10(13): 745.
3. Sarebanhassanabadi M, Mirjalili SR, Marques-Vidal P, Kraemer A, Namayandeh SM. Coronary artery disease incidence, risk factors, awareness, and medication utilization in a 10-year cohort study. *BMC Cardiovasc Disord* 2024; 24(1): 101.
4. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med* 2022; 9: 1046560.
5. Fuertes-Kenneally L, Blasco-Peris C, Casanova-Lizón A, Baladzhaeva S, Climent V, Sarabia JM, et al. Effects of high-intensity interval training on vascular function in patients with cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol* 2023; 14: 1196665.
6. Yoo JK, Pinto MM, Kim HK, Hwang CL, Lim J, Handberg EM, et al. Sex impacts the flow-mediated dilation response to acute aerobic exercise in older adults. *Exp Gerontol* 2017; 91: 57–63.
7. Simon JE, Docherty CL. The impact of previous athletic experience on current physical fitness in former collegiate athletes and noncollegiate athletes. *Sports Health* 2017; 9(5): 462–8.
8. Tian X, Chen S, Wang P, Xu Q, Zhang Y, Luo Y, et al. Insulin resistance mediates obesity-related risk of cardiovascular disease: a prospective cohort study. *Cardiovasc Diabetol* 2022; 21(1): 289.
9. Adam CA, Erskine J, Akinci B, Kambic T, Conte E, Manno G, et al. Exercise training and cardiac rehabilitation in patients after percutaneous coronary intervention: comprehensive assessment and prescription. *J Clin Med* 2025; 14(5): 1607.
10. Dibben GO, Faulkner J, Oldridge N, Rees K, Thompson DR, Zwisler AD, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: a meta-analysis. *Eur Heart J* 2023; 44(6): 452–69.
11. Gonçalves C, Raimundo A, Abreu A, Pais J, Bravo J. Effects of high-intensity interval training vs moderate-intensity continuous training on body composition and blood biomarkers in coronary artery disease patients: a randomized controlled trial. *Rev Cardiovasc Med* 2024; 25(3): 102.
12. Khodadadi F, Bagheri R, Negaresh R, Moradi S, Nordvall M, Camera DM, et al. The effect of high-intensity interval training type on body fat percentage, fat and fat-free mass: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Clin Med* 2023; 12(6): 2291.
13. Aispuru-Lanche R, Jayo-Montoya JA, Maldonado-Martín S. Vascular-endothelial adaptations following low and high volumes of high-intensity interval training in patients after myocardial infarction. *Ther Adv Cardiovasc Dis* 2024; 18: 17539447241286036.
14. Ko JM, So WY, Park SE. Narrative review of high-intensity interval training: positive impacts on cardiovascular health and disease prevention. *J Cardiovasc Dev Dis* 2025; 12(4): 158.
15. Domaradzki J, Popowczak M, Kochan-Jacheć K, Szkudlarek P, Murawska-Ciałowicz E, Koźlenia D. Effects of two forms of school-based high-intensity interval training on body fat, blood pressure, and cardiorespiratory fitness in adolescents: randomized control trial with eight-week follow-up-the PEER-HEART study. *Front Physiol* 2025; 16: 1530195.
16. Taylor JL, Keating SE, Holland DJ, Green DJ, Coombes JS, Bailey TG. Comparison of high intensity interval training with standard cardiac rehabilitation on vascular function. *Scand J Med Sci Sports* 2022; 32(3): 512–20.
17. Leal JM, Galliano LM, Del Vecchio FB. Effectiveness of High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training in hypertensive patients: a systematic review and meta-analysis. *Curr Hypertens Rep* 2020; 22(3): 26.
18. Dun Y, Thomas RJ, Medina-Inojosa JR, Squires RW, Huang H, Smith JR, et al. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: impact on fat mass in myocardial infarction patients. *Mayo Clin Proc* 2019; 94(9): 1718–30.
19. Keech A, Holgate K, Fildes J, Indraratna P, Cummins L, Lewis C, et al. High-intensity interval training for patients with coronary artery disease: Finding the optimal balance. *Int J Cardiol* 2020; 298: 8–14.
20. Dun Y, Smith JR, Liu S, Olson TP. High-Intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Clin Geriatr Med* 2019 ; 35(4): 469–87.

21. Wewege MA, Ahn D, Yu J, Liou K, Keech A. High-intensity interval training for patients with cardiovascular disease—is it safe? a systematic review. *J Am Heart Assoc* 2018; 7(21): e009305.
22. Storer TW, Davis JA, Caiozzo VJ. Accurate prediction of VO₂max in cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc* 1990 ; 22(5): 704–12.
23. Twerenbold S, Hauser C, Gander J, Carrard J, Gugleta K, Hinrichs T, et al. Short-term high-intensity interval training improves micro- but not macrovascular function in hypertensive patients. *Scand J Med Sci Sports* 2023; 33(7): 1231–41.
24. Delgado-Floody P, Izquierdo M, Ramírez-Vélez R, Caamaño-Navarrete F, Moris R, Jerez-Mayorga D, et al. Effect of high-intensity interval training on body composition, cardiorespiratory fitness, blood pressure, and substrate utilization during exercise among prehypertensive and hypertensive patients with excessive adiposity. *Front Physiol [Internet]* 2020 Oct 19 [cited 2025 Aug 18];11. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2020.558910/full>
25. Kolnes KJ, Petersen MH, Lien-Iversen T, Højlund K, Jensen J. Effect of Exercise training on fat loss—energetic perspectives and the role of improved adipose tissue function and body fat distribution. *Front Physiol* 2021; 12: 737709.
26. Ouerghi N, Fradj MKB, Duclos M, Bouassida A, Feki M, Weiss K, et al. Effects of high-intensity interval training on selected adipokines and cardiometabolic risk markers in normal-weight and overweight/obese young males—a pre-post test trial. *Biology* 2022; 11(6): 853.
27. Lavie CJ, Milani RV, Ventura HO. Obesity and cardiovascular disease: risk factor, paradox, and impact of weight loss. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53(21): 1925–32.
28. García-Suárez PC, Rentería I, García Wong-Avilés P, Franco-Redona F, Gómez-Miranda LM, Aburto-Corona JA, et al. Hemodynamic adaptations induced by short-term run interval training in college students. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(13): 4636.
29. Rentería I, García-Suárez PC, Martínez-Corona DO, Moncada-Jiménez J, Plaisance EP, Jiménez-Maldonado A. Short-term high-Intensity interval training increases systemic brain-derived neurotrophic factor(BDNF) in healthy women. *Eur J Sport Sci* 2020; 20(4): 516–24.
30. Stavrinou PS, Bogdanis GC, Giannaki CD, Terzis G & Hadjicharalambous M. High-intensity Interval Training Frequency: Cardiometabolic Effects and Quality of Life. *International Journal of Sports Medicine* 2018; 39(3): 210–17.
31. Sañudo B, Muñoz T, Davison GW, Lopez-Lluch G, Del Pozo-Cruz J. High-Intensity interval training combined with vibration and dietary restriction improves body composition and blood lipids in obese adults: a randomized trial. *Dose-Response Publ Int Hormesis Soc* 2018; 16(3): 1559325818797015.
32. Carpes L, Costa R, Schaarschmidt B, Reichert T, Ferrari R. High-intensity interval training reduces blood pressure in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol* 2022; 158: 111657.
33. de Souza Mesquita FO, Gambassi BB, de Oliveira Silva M, Moreira SR, Neves VR, Gomes-Neto M, et al. Effect of high-intensity interval training on exercise capacity, blood pressure, and autonomic responses in patients with hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Sports Health* 2023; 15(4): 571–8.
34. Costa EC, Hay JL, Kehler DS, Boreskie KF, Arora RC, Umpierre D, et al. Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on blood pressure in adults with pre- to established hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Sports Med Auckl NZ* 2018; 48(9): 2127–42.
35. Ehlers TS, Sverrisdottir Y, Bangsbo J, Gunnarsson TP. High-intensity interval training decreases muscle sympathetic nerve activity in men with essential hypertension and in normotensive controls. *Front Neurosci* 2020; 14: 841.
36. Baffour-Awuah B, Man M, Goessler KF, Cornelissen VA, Dieberg G, Smart NA, et al. Effect of exercise training on the renin-angiotensin-aldosterone system: a meta-analysis. *J Hum Hypertens* 2024; 38(2): 89–101.
37. Pinho-Gomes AC, Azevedo L, Copland E, Canoy D, Nazarzadeh M, Ramakrishnan R, et al. Blood pressure-lowering treatment for the prevention of cardiovascular events in patients with atrial fibrillation: An individual participant data meta-analysis. *PLoS Med* 2021; 18(6): e1003599.
38. Romero-Vera L, Ulloa-Díaz D, Araya-Sierralta S, Guede-Rojas F, Andrades-Ramírez O, Carvajal-Parodi C, et al. Effects of high-intensity interval training on blood pressure levels in hypertensive patients: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Life* 2024; 14(12): 1661.

- 39.Lins-Filho OL, Ritti-Dias RM, Santos TM, Silva JF, Leite GF, Gusmão LS, et al. Affective responses to different prescriptions of high-intensity interval exercise in hypertensive patients. *J Sports Med Phys Fitness* 2020; 60(2): 308–13.
- 40.Kaiser BW, Comrada LN, Gibson BM, Reed EL, Abbotts KSS, Larson EA, et al. No effect of either heat therapy or aerobic exercise training on blood pressure in adults with untreated hypertension: a randomized clinical trial. *J Appl Physiol* 2025; 138(6): 1600–14.
- 41.Hwang CL, Lim J, Yoo JK, Kim HK, Hwang MH, Handberg E, et al. High-Intensity interval training and moderate-intensity continuous training improve endothelial function similarly in adults with type 2 diabetes. *FASEB J* [Internet]. 2019 [cited 2025 Aug 19];33. Available from: <https://consensus.app/papers/high%E2%80%90intensity-interval-training-and-lim-lapierre/20ac61121e745820b11f9f562844df67/>
- 42.Sabouri M, Amirshaghaghi F, Hesari MM. High-intensity interval training improves the vascular endothelial function comparing moderate-intensity interval training in overweight or obese adults: A meta-analysis. *Clin Nutr ESPEN* 2022; 53: 100–6.
- 43.Lee K, Kang IM, Mack W, Mortimer J, Sattler F, Salem G, et al. Effects of high-intensity interval training on vascular endothelial function and vascular wall thickness in breast cancer patients receiving anthracycline-based chemotherapy: a randomized pilot study. *Breast Cancer Res Treat* 2019; 177: 477–85.
- 44.Liu Z, Huang J, Hu M, Cui X, Leng L, Wang K, et al. Acute high-intensity interval exercise is superior to moderate-intensity continuous exercise in enhancing endothelial function and its associated biomarkers in sedentary young individuals: the possible involvement of lactate. *J Exerc Sci Fit* 2024; 23: 60–8.
- 45.He H, Wang C, Chen X, Sun X, Wang Y, Yang J, et al. The effects of HIIT compared to MICT on endothelial function and hemodynamics in postmenopausal females. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2022 [cited 2025 Aug 19]; Available from: <https://consensus.app/papers/the-effects-of-hiit-compared-to-mict-on-endothelial-wang-yang/6e531db7737657f395415785a96f6e84/>
- 46.Matos MA de, Vieira DV, Pinhal KC, Lopes JF, Dias-Peixoto MF, Pauli JR, et al. High-Intensity Interval training improves markers of oxidative metabolism in skeletal muscle of individuals with obesity and insulin resistance. *Front Physiol* [Internet]. 2018 Oct 31 [cited 2025 Aug 19];9. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2018.01451/full>
- 47.Schmederer Z, Rolim N, Bowen T, Linke A, Wisløff U, Adams V. Endothelial function is disturbed in a hypertensive diabetic animal model of HFpEF: Moderate continuous vs. high intensity interval training. *Int J Cardiol* 2018; 273: 147–54.
- 48.Yoo JK, Hwang MH, Kim HK, Hwang E, Handberg E, Christou DD. Effect of High-intensity Interval Training on Endothelial Function in Older Postmenopausal Women: a Randomized Controlled Trial. *FASEB J* [Internet]. 2016 [cited 2025 Aug 19];30. Available from: <https://consensus.app/papers/effect-of-high%E2%80%90intensity-interval-training-on-handberg-yoo/7bc976ddb3ea5ef1902cfca583f26944/>
- 49.Dall CH, Gustafsson F, Christensen SB, Dela F, Langberg H, Prescott E. Effect of moderate-versus high-intensity exercise on vascular function, biomarkers and quality of life in heart transplant recipients: A randomized, crossover trial. *J Heart Lung Transplant* 2015 Aug;34(8):1033–41.
- 50.Turri-Silva N, Vale-Lira A, Verboven K, Quaglioti Durigan JL, Hansen D, Cipriano G. High-intensity interval training versus progressive high-intensity circuit resistance training on endothelial function and cardiorespiratory fitness in heart failure: A preliminary randomized controlled trial. *PLoS ONE* 2021; 16(10): e0257607.

Effects of Short-Interval High-Intensity Interval Training with Passive Recovery on Body Composition, Blood Pressure, and Endothelial Function in Men with Coronary Artery Disease Post-PCI: A Quasi-Experimental Study

Moonikh KH^{1*}, Mardaneh Taleshmekael H¹, Kashef M²

¹Department of Physical education, Farhangian University, Tehran, Iran, ²Department of Exercise Physiology, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Received Date: 21 Aug 2025 Accepted Date: 04 Oct 2025

Abstract

Background & aim: High-intensity interval training (HIIT) is an effective alternative to moderate-intensity continuous training (MICT) for cardiac rehabilitation. However, the specific effects of short-interval HIIT protocols utilizing passive recovery on patients with coronary artery disease (CAD) and hypertension (HTN) following percutaneous coronary intervention (PCI) remain underexplored. This study aimed to evaluate the impact of an 8-week short-interval HIIT program on body fat percentage, blood pressure, and flow-mediated dilation (FMD) in this population.

Methods: This quasi-experimental study employed a pretest-posttest design with a control group. Twenty-three male participants (aged 45–60 years) with HTN and CAD post-PCI were randomized into an exercise group (n=11) and a control group (n=12). The exercise group underwent an 8-week intervention (3 sessions/week) consisting of short-interval HIIT on a cycle ergometer (30 seconds high intensity:30 seconds passive recovery) for 30 minutes per session. The control group maintained their usual lifestyle without structured exercise. Primary outcomes included body fat percentage (assessed via bioimpedance analysis), blood pressure (digital sphygmomanometer), and endothelial function measured by FMD using Doppler ultrasound. Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) and paired t-tests.

Results: The exercise group demonstrated significant post-intervention improvements compared to baseline: reductions in body fat percentage ($P=0.006$), systolic blood pressure ($P=0.004$), and diastolic blood pressure ($P=0.011$), alongside a significant increase in FMD ($P=0.002$). Between-group comparisons (ANCOVA) confirmed that these changes were significantly greater in the exercise group compared to the control group (body fat: $P=0.018$; SBP: $P=0.007$; DBP: $P=0.024$; FMD: $P=0.003$).

Conclusion: An 8-week short-interval HIIT protocol with passive recovery effectively improves body composition, lowers blood pressure, and enhances endothelial function in men with CAD and hypertension following PCI. These findings support the safety and efficacy of short-interval HIIT as a viable component of cardiac rehabilitation programs for this patient population.

Keywords: High-intensity interval training; Coronary artery disease; Endothelial function; Flow-mediated dilation; Blood pressure; Cardiac rehabilitation.

***Corresponding author:** Moonikh KH, Department of Physical education, Farhangian University, Tehran, Iran

Email: kh.moonikh@cfu.ac.ir

Please cite this article as follows: Moonikh KH, Mardaneh Taleshmekael H, Kashef M. Effects of Short-Interval High-Intensity Interval Training with Passive Recovery on Body Composition, Blood Pressure, and Endothelial Function in Men with Coronary Artery Disease Post-PCI: A Quasi-Experimental Study. *Armaghane-danesh* 2025; 30(6): 815- 834.

The scientific research journal *Armaghan Danesh*, affiliated with Yasuj University of Medical Sciences, is an open-access publication. All articles published in this journal