Archive of SID

پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی سال چهاردهم/شمارهٔ بیست و هفتم/بهار و تابستان ۱۳۹۷

دریافت:۹۶/۷/۲ پذیرش: ۹۶/۸/۲۸ ص ص:۲۹۹-۲۸۵

تاثیر دو شیوه‌ی متفاوت تمرین مقاومتی بر سختی شریانی در مردان جوان کم‌تحرک

محمد حسین نظری[۱]، دکتر رضا قراخانلو[۲]، دکتر علیرضا خوشدل[۳]

چکیده

مقدمه و هدف: برخی مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی به ویژه زمانی که میزان بار تمرینی در آنها زیاد باشد، می‌توانند باعث افزایش سختی شریان‌های مرکزی شوند. با این حال اثر پروتکل‌های تمرینی مختلف بر این شاخص هنوز کامل روشن نیست. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر دو شیوه‌ی تمرین مقاومتی بر سختی شریانی در مردان جوان کم‌تحرک بود.

مواد و روش‌ها: آزمودنی‌های (سن ۵/۲±۲۶/۴ سال، قد ۰/۰۵±۱/۷۸ متر، وزن ۶/۴±۷۹/۲ کیلوگرم، شاخص توده بدنی ۱/۵±۲۴/۹ کیلوگرم بر متر مربع) شرکت‌کننده در این تحقیق به طور تصادفی به سه گروهِ تمرین مقاومتی با بار کم (۵۰-۳۰ درصد یک تکرار بیشینه، ۳±۲۵ تکرار در هر ست، ۱۴ نفر) تا ناتوانی در ادامه هر ست (LLLF)، تمرین مقاومتی با بار زیاد (۸۵-۶۵ درصد یک تکرار بیشینه، ۳±۱۰ تکرار در هر ست، ۱۳ نفر) تا ناتوانی در ادامه هر ست (HLLF)، و گروه کنترل (۱۳ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه-های تمرینی هر جلسه تمرین مقاومتی که شامل اجرای ۲ ست از ۷ حرکت بود را ۳ روز در هفته به مدت ۱۰ هفته انجام دادند. آزمودنی‌های گروه کنترل در این مدت هیچ فعالیت ورزشی منظمی نداشتند. ارزیابی متغیرهای مورد نظر در دو مرحله قبل و بعد از ۱۰ هفته صورت گرفت.

یافته‌ها:سختی شریان‌های مرکزی بعد از ۱۰ هفته تمرین در گروه HLLF افزایش معنادار داشت (P=۰/۰۰۷)، با این وجود در گروه LLLF (P=۰/۱۲) و گروه کنترل (P=۰/۱۷۷) تغییر معناداری در این متغیر مشاهده نشد. به علاوه، مقایسه‌های بین‌گروهی نشان داد که تغییرات سختی شریانی مرکزی در گروه HLLF در مقایسه با گروه LLLF (P=۰/۰۰۱) و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) افزایش معنادار داشته است.

نتیجه‌گیری:در حالی که تمرینات HLLF باعث افزایش سختی شریان‌های مرکزی مردان جوان می‌شود، تمرینات LLLF چنین اثر ناخواسته‌ای را در پی ندارند.

واژه‌های کلیدی:تمرینات مقاومتی، سختی شریانی، سرعت موج نبض

۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تربیت مدرس

۲ استاد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول) ghara_re@modares.ac.ir

۳ دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ارتش

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بیماری‌های قلبی- عروقی همچنان مهم‌ترین علت مرگ و میر در ایران محسوب می‌شوند (۱،۲). از این رو اهمیتِ بررسی سریع و آسان وضعیتِ سلامت قلب و عروق کاملا روشن است. به منظور تشخیص زودهنگام و در عین حال آسانِ مشکلات قلبی-عروقی، در سال‌های اخیر شاخص‌ها و روش‌های مختلفی معرفی شده‌اند. سختی شریانی یکی از این شاخص‌هاست که اکنون به عنوان یک فاکتور خطر مستقل و قوی برای بیماری‌های قلبی- عروقی مورد قبول متخصصین قرار گرفته است (۵-۳). افزایش سختی شریانی از کاهش ویژگی‌های ارتجاعی دیواره عروق ناشی شده و ظرفیت ضربه‌گیری[1] آنها در مقابل برون‌ده ضربانی[2] قلب را کاهش می‌دهد (۶). بدین صورت، شریان‌های سخت‌تر، باعث افزایش حجمِ کار قلب برای مقابله با فشار نبضِ[3] افزایش‌یافته می‌شوند، و در نهایت می‌توانند به افزایش توده بطن چپ، نارسایی قلبی، افزایش احتمال حمله قلبی، و آسیب به شبکه عروقی اندام‌هایی نظیر مغز و کلیه منجر شوند (۵،۷).

در مورد اثر فعالیت‌های ورزشی بر سختی شریانی، نشان داده شده است که تمرینات هوازی در کنار بسیاری دیگر از شاخص‌های مختلف عملکردی و ساختاری شریان‌ها، سختی شریانی را نیز بهبود می‌بخشند (۹،۸). تمرینات مقاومتی نوعی دیگر از فعالیت‌های ورزشی هستند که انجامِ آنها به دلیل اثراتِ مفیدشان بر قدرت عضلانی، پیشگیری از پوکی استخوان، سارکوپنیا[4]، و عوامل خطرِ قلبی-عروقی مرتبط با سندرم متابولیک (۱۲-۱۰)، از طرف بسیاری از سازمان‌های مرتبط با سلامت از جمله انجمن قلب آمریکا و کالج طب ورزش آمریکا همواره توصیه شده است (۱۳). با این حال، پژوهش‌ها نتایج متناقضی در مورد اثر این تمرینات بر سختی شریانی نشان داده‌اند، بدین شکل که هم افزایش (۱۷-۱۴)، هم عدم تغییر (۲۰-۱۸)، و هم کاهش (۲۳-۲۱) آن به دنبال این تمرینات مشاهده شده است. علتِ اختلاف بین نتایج این مطالعات به عوامل مختلفی از جمله تفاوت بین پروتکل‌های تمرینی و روش اندازه‌گیری سختی شریانی نسبت داده شده است (۲۴). علاوه بر این، در مورد افزایش سختی شریانی در اثر این تمرینات، به طور خاص دو عامل اصلی یعنی سختی شریانیِ پایین به ویژه در افراد جوان و سالم، و همچنین استفاده از بارهای تمرینی زیاد به عنوانِ عواملی پیشنهاد شده‌اند که احتمال چنین سازگاری را در شریان‌ها افزایش می‌دهد. به طور دقیق‌تر، گفته شده است که افراد جوانی که پیش از شروع تمرینات مقاومتی سختی شریانی پایینی دارند بیشتر می‌توانند در معرضِ افزایش سختی شریانی به دنبالِ این تمرینات باشند (۱۴)، در حالی که آزمودنی‌های دیگر، مانند افراد مسن (۱۸) یا آنهایی که به علت بیماری‌های مختلف (۲۵،۲۶) در ابتدا سختی شریانی بالاتری نسبت به جوانان دارند، افزایشِ بیشتری در سختی شریانی خود بعد از این تمرینات تجربه نخواهند کرد. همچنین، پژوهشگران بسیاری معتقدند که تنها استفاده از بارهای سنگین است که باعث افزایش سختی شریانی می‌شود، و اگر میزان بار تمرینی برای افراد مختلف، کم تا متوسط در نظر گرفته شود، احتمالا افزایشی در سختی شریانی آنها مشاهده نخواهد شد (۲۷،۱۹).

به هر جهت، با توجه به نگرانی‌هایی که در مورد اثر افزایش سختی شریانی به دنبالِ تمرینات مقاومتی بر سلامت قلب و عروق مطرح شده است (۱۴)، اهمیت ارائه راهکارهایی در زمینه نحوه تجویز این تمرینات به منظور جلوگیری از این سازگاری ناخواسته، کاملا روشن می‌باشد (۱۴). به طور دقیق‌تر، شناخت بهتر از چگونگی

1 Buffering
2 Pulsatile
3 Pulse Pressure
4 Sarcopenia

www.SID.ir

Archive of SID

تغییرات سختی شریانی در پی اجرای تمرینات مقاومتی با شیوه‌های مختلف، کمک خواهد کرد که این تمرینات طوری طراحی شوند تا ضمن ایجاد سازگاری‌های مفیدشان بر دستگاه‌ها و اندام‌های مختلف بدن، افزایش احتمالی سختی شریانی را به دنبال نداشته باشند.

برای این منظور، راهکارهای مختلفی از جمله انجامِ تمرینات هوازی در کنار تمرینات مقاومتی (۲۸)، انجام تمرینات ترکیبی هوازی–مقاومتی (۲۹)، توقف متناوب تمرینات (۲ هفته بی‌تمرینی بین هر ۴ هفته تمرین) (۳۰)، و همچنین استفاده از پروتکل‌های مختلفِ تمرینات مقاومتیِ با بار کم (۲۳–۲۱، ۳۱) پیشنهاد شده است.

همانطور که اشاره شد استفاده از بار یا شدت‌های بالای تمرینات مقاومتی، از مهمترین عوامل افزایش سختی شریانی عنوان شده است. از طرف دیگر، بر خلاف اینکه سال‌ها تصور میشد تنها تمرینات مقاومتی با بار زیاد (بیش از ۶۵٪ یک تکرار بیشینه) قادرند حجم و قدرت عضلانی را افزایش دهند (۳۲) و بارهای سبک‌تر تقریبا بی‌اثر شناخته میشدند (۳۳)، در سال‌های اخیر نشان داده شده است که روش‌هایی از تمرینات مقاومتی با بار کم، می‌توانند اثراتی مشابه با تمرینات با بار زیاد بر حجم و قدرت عضلانی داشته باشند (۳۷–۳۴). بدین سبب، راهکارِ استفاده از پروتکل‌های تمرینات مقاومتی با بار کم، به منظور جلوگیری از افزایش سختی شریانی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (۲۳–۲۱، ۳۱).

در یکی از انواع این تمرینات مقاومتی با بار کم، ضمن استفاده از بارهای سبک (حدود ۵۰–۳۰ درصد یک تکرار بیشینه)، هر ست تا رسیدن به ناتوانی در ادامه تکرارها اجرا می‌شود (۳۷). به تازگی نشان داده شده است این روش تمرینی می‌تواند حجم و قدرت عضلانی را به اندازه تمرینات با بار زیاد افزایش دهد (۳۹–۳۷). با این حال، اثر این روش تمرینی بر سختی شریانی به روشنی شناخته شده نیست، و با توجه به اینکه میزان بار در این شیوه کم است، ممکن است افزایش سختی شریانی را در پی نداشته باشد. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ۱۰ هفته تمرین مقاومتی با بار کم تا رسیدن به ناتوانی (LLLF)[1]، و مقایسه آن با تمرین مقاومتی با بار زیاد تا رسیدن به ناتوانی (HLLF)[2] در مردان جوان کم‌تحرک است.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها: در این پژوهش از روش نمونه‌گیری در دسترس برای جذب آزمودنی‌های مورد نظر استفاده شد. به طور دقیق‌تر، با استفاده از فراخوان در سطح شهر و شبکه‌های اجتماعی مجازی، از مردان جوان کم‌تحرکی که حائز شرایط بودند برای شرکت در پژوهش حاضر دعوت به همکاری شد. ضوابط ورود به تحقیق عبارت بودند از: داشتن سن بین ۳۵–۱۸ سال، عدم شرکت در تمرینات ورزشی منظم حداقل در مدت ۶ ماه پیش از شروع تحقیق، عدم ابتلا به چاقی (شاخص توده بدنی بیش از ۳۰ کیلوگرم/ مترمربع)، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن یا حاد، عدم استعمال سیگار حداقل در مدت ۱ سال پیش از شروع تحقیق، عدم مصرف مواد الکلی، عدم استفاده از هرگونه دارو، و همچنین دارا بودن فشار خون طبیعی (کمتر از ۱۴۰/۹۰ میلی‌مترجیوه). از طریق پرسشنامه پیشینه پزشکی و انجام معاینات لازم توسط پزشک، این معیارها در داوطلبان مورد ارزیابی قرار گرفت.

در نهایت با استناد به تعداد آزمودنی‌ها در مطالعات گذشته، ۴۵ داوطلب حائز شرایط به عنوان آزمودنی انتخاب شدند، و پس از امضا رضایت‌نامه شرکت در پژوهش، به طور تصادفی به سه گروهِ ۱۵ نفری ۱) تمرینات مقاومتی با بار کم و اجرا تا ناتوانی در ادامه تکرارها (LLLF)، ۲) تمرینات مقاومتی با بار زیاد و اجرا تا ناتوانی در ادامه

1 Low-load Resistance Training to Lifting Failure
2 High-load Resistance Training to Lifting Failure

www.SID.ir

Archive of SID

تکرارها (HLLF)، و ۳) گروه کنترل که هیچ فعالیت منظم ورزشی در طول دوره تحقیق انجام نمی‌دادند، تقسیم شدند.

کلیه‌ی این افراد آموزش دیدند تا فعالیت‌های بدنی و رژیم غذایی قبلیِ خود را در سرتاسرِ طول دوره‌ی پژوهش بدون تغییر حفظ کنند. ارزیابی‌های متغیرهای مختلف مورد پژوهش، در دو مرحله یعنی پیش از شروع تمرینات و بعد از ۱۰ هفته تمرین صورت گرفت.

پروتکل تمرین: آزمودنی‌های گروه‌های تمرین، ۳ روز در هفته برای مدت ۱۰ هفته تمرین داده شدند. در ابتدای هر جلسه گرم‌کردن عمومی با ۵ دقیقه پیاده‌روی تند یا دو نرم روی تردمیل انجام میشد. بعد از گرم‌کردن، تمرینات مقاومتی که حرکاتِ آن به ترتیب عبارت بودند از پرس پا نشسته، پرس سینه دستگاه نشسته، پشت پا خوابیده، زیربغل سیم‌کش، پرس سرشانه دستگاه، جلو بازو سیم‌کش و پشت بازو سیم‌کش انجام می‌شدند.
هر یک از حرکات ابتدا یک ستِ ۸ تا ۱۰ تکراری با بار کم (۲۰ تا ۳۰ درصدِ یک تکرار بیشینه) به منظورِ گرم-کردن اجرا می‌شدند. پس از انجامِ ستِ گرم‌کردن، گروهِ LLLF هر یک از حرکات را در ۳±۲۵ تکرار (با حدود ۵۰–۳۰ درصدِ یک تکرار بیشینه) و گروهِ HLLF در ۳±۱۰ تکرار (با حدود ۸۵–۶۵ درصد یک تکرار بیشینه) برای ۲ ست تا رسیدن به ناتوانی در ادامه تکرارها اجرا می‌کردند. به طور دقیق‌تر، آزمودنی‌ها هر ست را تا جایی ادامه می‌دادند که دیگر توانایی ادامه بخشِ درون‌گرای حرکت با شیوه صحیح و کنترلِ لازم را نداشتند. بعد از انجام هر ست، وزنه برای ستِ دوم طوری تعدیل میشد که آنها توانایی انجام حرکت در دامنه تکرارهای مورد نظر را داشته باشند. با گذشتِ جلسات تمرینی و افزایش قدرت عضلانی آزمودنی‌ها، میزان بار به میزانی افزایش داده میشد که دامنه تکرارها در محدوده تعیین شده باقی بماند. میزان استراحتِ بین هر ست و هر حرکت نیز به صورت کاملا کنترل شده ۱ دقیقه در نظر گرفته شده بود. در ضمن، افراد حاضر در گروه کنترل از شرکت در هر گونه فعالیت ورزشی در طول این ۱۰ هفته منع شده بودند (۳۷).

شیوه سنجش متغیرها: آزمودنی ها قبل از شروع تمرینات ۳ بار به منظور اندازه‌گیری‌های اولیه فراخوانده شدند. در روز اول، بعد از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی ترکیب بدنیِ آنها مورد سنجش قرار گرفت. در جلسه‌ی دوم، فشار خون محیطی و شاخص‌های مربوط به سختی شریانی در حالی اندازه‌گیری شدند که حداقل ۲۴ ساعت قبل از آن از مصرف کافئین اجتناب کرده بودند و حداقل ۵ ساعت از مصرف آخرین وعده‌ی غذایی‌شان گذشته بود. نهایتا در جلسه آخر، قدرت بیشینه‌ی آنها اندازه‌گیری شد. برای هر نمونه، تمام این آزمون‌ها با همین ترتیب و در همین ساعاتِ روز، بعد از ۱۰ هفته تمرین تکرار شدند، تا بدین ترتیب از تفاوت‌های ناشی از تغییر در ترتیب آزمایش‌ها یا تغییر در ساعات سنجشِ آنها جلوگیری شود.

سنجش سختی شریانی: این آزمایش بعد از حداقل ۲۰ دقیقه استراحت در حالت نشسته انجام شد. در این روش ویژگی‌های بازتابی موج شریانی با استفاده از سیستمِ اسفیگموکور[1] مورد اندازه‌گیری قرار گرفته و سختی شریانی از طریق سرعت موجِ نبض (PWV)[2] نشان داده می‌شود. به طور دقیق‌تر، با به کارگیری میکرومانومترِ خودکاری[3] به وسیله‌ی اپلینیشن تونومتری[4] از نبضِ رادیال، شکل‌های موج[5] فشار شریانِ رادیال به دست آمده، و

1 SphygmoCor
2 Pulse Wave Velocity
3 Pencil-type micromanometer
4 Applanation Tonometry
5 Waveform

www.SID.ir

Archive of SID

شکل‌های با کیفیت ضبط می‌شوند. همچنین با استفاده از ترانسفر فانکشن[1]، به وسیله‌ی اپلینیشن تونومتری شکلِ موج فشار آئورت به صورت غیرتهاجمی از نبضِ رادیال به دست می‌آید.

به منظور تعیینِ مقادیرِ سرعت موج نبض، آزمودنی‌ها به پشت خوابیده، و سرعت موج نبضِ مرکزی از نبضِ کاروتید راست به نبضِ فمورال راست و سرعت موج نبضِ محیطی از نبضِ کاروتید راست به نبضِ رادیال راست اندازه‌گیری شدند. مسافت‌های انتقال خون برای سرعت موج نبض مرکزی و محیطی با استفاده از یک متر نواری بر روی سطح بدن به دست آمدند. برای محاسبه‌ی سرعت موج نبض مرکزی مسافت بین فرورفتگی بالای جناغ و محل گرفتنِ نبض کاروتید از مسافت بین فرورفتگی بالای جناغ و محل گرفتن نبض فمورال کم شد. به منظور محاسبه‌ی سرعت موج نبض محیطی نیز مسافت بین فرورفتگی بالای جناغ و محل گرفتن نبض کاروتید از مسافت بین فرورفتگی بالای جناغ و محل گرفتن نبض رادیال کم شدند. زمان رسیدن موج نبض بین هر یک از این نقاط با استفاده از تونومتری و رابطه‌ی موج نبض‌ها با موج R در الکتروکاردیوگرامی که به طورِ همزمان ضبط می‌شود، به دست آمد. در نهایت سرعت موج نبض و یا همان PWV از تقسیم مسافت بین دو نقطه بر زمان تاخیر موج نبض بین آنها به دست آمده و با واحد متر برثانیه گزارش شد (۲۹).

سنجش فشار خون محیطی و ضربان قلب: بعد از حداقل ۲۰ دقیقه استراحت، فشار خون به وسیله‌ی یک اسفیگمومانومترِ استاندارد از دست چپ سه بار با فواصلِ ۳ دقیقه‌ای اندازه‌گیری شد، و میانگین این سه اندازه‌گیری به عنوان فشار خون سیستولیک، فشار خون دیاستولیک ثبت شد. میزان ضربان قلب نیز از روی نتایجِ الکتروکاردیوگرافِ سه اشتقاقی بدست آمد.

سنجش شاخص‌های ترکیب بدن: وزن و قد، در حالی که آزمودنی حداقلِ پوشش را داشت، اندازه‌گیری شد. سپس شاخص توده‌ی بدنی از تقسیمِ وزن با واحد کیلوگرم بر توانِ دومِ قد با واحد متر، محاسبه شد. کل توده‌ی چربی و کلِ توده‌ی بدون چربی با استفاده از روش دگز[2]ا توسط دستگاه لونار[3]ساخت کشور آمریکا به دست آمدند. در این روش، تصویربرداری از تمام بدن از طریق تابش اشعه ایکس خفیف‌شده صورت می‌گیرد (۴۰).

سنجش قدرت عضلانی: برای برآورد قدرت عضلانی از آزمون یک تکرار بیشینه برای تمام حرکاتِ برنامه‌ی تمرینی با همان ترتیبِ ذکر شده در برنامه استفاده شد. پیش از اجرای آزمون، آزمودنی‌ها با نحوه‌ی انجام حرکات و دامنه‌ی صحیح هر حرکت آشنا شدند. در ابتدای جلسه آزمون، به منظور گرم‌کردن عمومی آزمودنی‌ها ۵ دقیقه پیاده‌روی تند یا دو نرم انجام دادند. پیش از شروع هر یک از حرکات، ابتدا آن حرکت در یک ستِ ۱۰ تکراری با مقاومتی سبک به منظور گرم‌کردن اختصاصی توسط آزمودنی انجام میشد. سپس میزان بار با توجه به نوع حرکت افزایش می‌یافت تا آزمودنی انجام ست‌های تک‌تکراری را شروع کند. با انجام موفق هر یک از ست‌های تک-تکراری، مجدد میزان بار را بر اساس نوع حرکت و قابلیت آزمودنی افزایش می‌دادیم. این روند تا رسیدن به میزان مقاومتی که آزمودنی دیگر با آن قادر به اجرای یک تکرار از آن حرکت نبود ادامه می‌یافت. میزان آخرین مقاومتی که آزمودنی با آن موفق به اجرای یک ست تک‌تکراری شده بود، به عنوان یک تکرار بیشینه‌ی او برای آن حرکت ثبت میشد. در ضمن، میزانِ استراحت بین هر ست و حرکت ۲ تا ۳ دقیقه در نظر گرفته شده بود.

1 Transfer Function
2 Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA)
3 Lunar DPX

www.SID.ir

Archive of SID

در نهایت از نتایجِ پیش‌آزمون‌های قدرت عضلانی برای تعیین میزان بار در شروع تمرینات استفاده شد. همچنین، بررسی تغییراتِ قدرت عضلانی پایین‌تنه و بالاتنه در طول ۱۰ هفته مدت پژوهش، از طریق تجزیه-تحلیل نتایج یک تکرار بیشینه در دو حرکتِ پرس پا و پرس سینه دستگاه صورت گرفت.

روش‌های آماری: از آمار توصیفی برای محاسبه آماره‌های میانگین و انحراف معیار و از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای اطمینان از طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. برای بررسی تفاوت‌های میان گروه‌ها تحلیل کوواریانس، و در صورت معناداریِ آن، از آزمونِ تعقیبی LSD به منظور مقایسه جفتی گروه‌ها استفاده گردید. به منظور بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی نیز از آزمون t همبسته استفاده شد. کلیه این محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ صورت گرفت و سطحِ معناداری P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

یک آزمودنی از گروه تمرین LLLF، ۲ آزمودنی از گروه تمرین HLLF و ۲ آزمودنی از گروه کنترل نتوانستند به طور کامل در مراحل پژوهش شرکت کنند و از تحقیق کنار گذاشته شدند. جدول ۱ شاخص‌های توصیفی مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های این گروه‌ها را نشان می‌دهد.

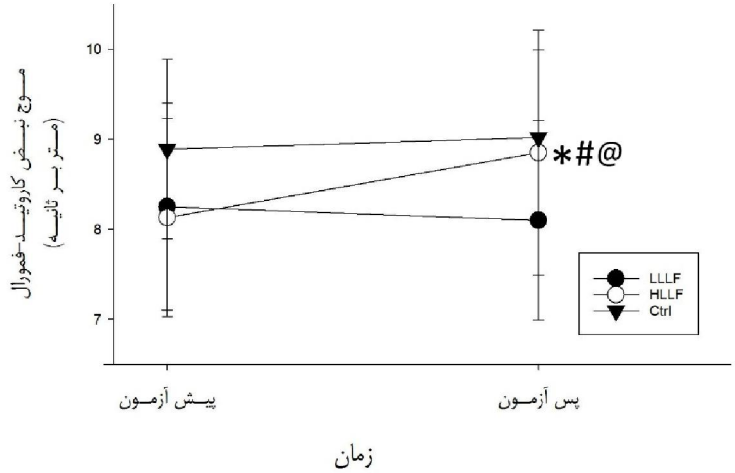
جدول ۱. خصوصیاتِ توصیفی آزمودنی‌ها

خصوصیت	گروه	میانگین±انحراف استاندارد
سن (سال)	گروه تمرینِ LILF	۲۵/۹۳±۵/۷۴
	گروه تمرینِ HILF	۲۷/۱۵±۵/۴۳
	کنترل	۲۶/۳۸±۵/۰۹
قد (متر)	گروه تمرینِ LILF	۱/۷۶±۰/۰۷
	گروه تمرینِ HILF	۱/۸۰±۰/۰۳
	کنترل	۱/۷۸±۰/۰۵

بررسی تغییرات درون‌گروهی نشان داد که سرعت موج نبض کاروتید-فمورال در گروه HLLF به طور معناداری افزایش یافته است (P=۰/۰۰۷)، در حالی که تغییرات این متغیر در گروه‌های تمرینِ LLLF (P=۰/۱۲) و کنترل (P=۰/۱۷۷) معنادار نبود (نمودار ۱). نتایج تحلیل کوواریانس برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی در مورد سرعت موج نبض کاروتید-فمورال تفاوت معنادار نشان داد (P=۰/۰۰۱). در ادامه، مقایسه دوبه‌دوی گروه‌ها توسط آزمون تعقیبی، نشان داد که بین گروه تمرینِ HLLF و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، و همچنین گروه تمرینِ HLLF و گروه تمرینِ LLLF (P=۰/۰۰۱) تفاوت معناداری وجود دارد، در حالی که تفاوت معناداری بین گروه تمرینِ LILF و گروه کنترل دیده نشد (P=۰/۸۱۲).

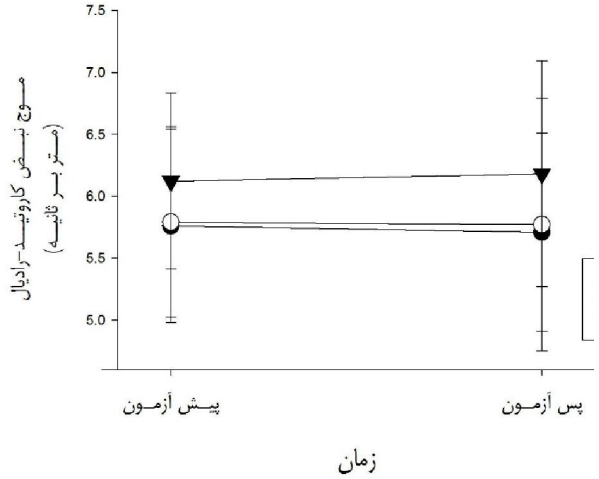
www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱. تغییرات سرعت موج نبض کاروتید-فمورال در گروه تمرین با بار زیاد (HLLF)، تمرین با بار کم (LLLF)، و گروه کنترل (Ctrl). داده‌ها بر اساس میانگین±انحراف معیار بیان شده‌اند. * اختلاف معنادار در مقایسه با پیش‌آزمون. # اختلاف معنادار در مقایسه با گروه کنترل. @ اختلاف معنادار در مقایسه با گروه LLLF. سطح معناداری P ≤ ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

در مورد سرعت موج نبض کاروتید-رادیال، تغییرات درون‌گروهی در هر سه گروهِ تمرین HLLF (P=۰/۹۴۰)، گروه تمرین LLLF (P=۰/۹۶۷) و گروه کنترل (P=۰/۵۹۹) غیرمعنادار بود (نمودار۲). همچنین، نتایج بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی نیز تفاوت معناداری (P=۰/۹۲۱) در مورد این شاخص نشان نداد.



نمودار ۲. تغییرات سرعت موج نبض کاروتید-رادیال در گروه تمرین با بار زیاد (HLLF)، تمرین با بار کم (LLLF)، و گروه کنترل (Ctrl).

داده‌ها بر اساس میانگین±انحراف معیار بیان شده‌اند. سطح معناداری P ≤ ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی تغییرات درون‌گروهی در ارتباط با فشار خون سیستولی و دیاستولی بازویی تفاوت معناداری را در هیچ یک از گروه‌ها نشان نداد (جدول ۱). تفاوت‌های بین گروهی نیز در مورد این متغیرها غیرمعنادار بود (جدول ۲). بررسی‌های درون‌گروهی ضربان قلب تنها در گروه تمرین HLLF تغییر معنادار نشان داد (جدول ۱)، با این حال تفاوت بین گروهی این شاخص غیرمعنادار بود (جدول ۲).

جدول ۱. نتایج مقایسه درون‌گروهی سایر متغیرهای تحقیق

شاخص	زمان و سطح معناداری	گروه تمرینِ LLLF	گروه تمرینِ HLLF	گروه کنترل
فشار خون سیستولی براکیال (میلی‌متر جیوه)	پیش‌آزمون	۱۱۶±۷	۱۱۳±۹	۱۱۵±۸
	پس‌آزمون	۱۱۵±۶	۱۱۱±۹	۱۱۴±۹
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۳۳	۰/۰۱۵	۰/۳۹۱
فشار خون دیاستولی براکیال (میلی‌متر جیوه)	پیش‌آزمون	۷۱±۸	۷۶±۱۱	۷۲±۷
	پس‌آزمون	۷۰±۷	۷۵±۱۰	۷۱±۸
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۳۷	۰/۰۳۶	۰/۸۲۰
ضربان قلب (تپش در دقیقه)	پیش‌آزمون	۶۵±۵	۶۷±۴	۶۶±۴
	پس‌آزمون	۶۳±۷	۶۵±۴	۶۵±۴
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۵۵۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲۱
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۷۶/۶۳±۸/۷۴	۸۲/۴۸±۴/۱۲	۷۸/۵۹±۴/۸۳
	پس‌آزمون	۷۷/۳۹±۸/۱۷۳	۸۳/۶۲±۴/۰۲	۷۸/۶۱±۴/۸۴
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۸۷۰
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	پیش‌آزمون	۲۴/۷۱±۲/۰۸	۲۵/۶۷±۰/۹۲	۲۴/۴۶±۱/۵۶
	پس‌آزمون	۲۵/۱۸±۲/۵۷	۲۵/۸۵±۰/۸۱	۲۴/۷۶±۱/۳۳
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۳۹	۰/۲۴۸	۰/۳۸۲
کل توده چربی بدن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۱۹/۴۷±۴/۷۵	۲۲/۲۳±۲/۶۰	۲۰/۳۳±۲/۷۴
	پس‌آزمون	۱۹/۱۱±۴/۶۵	۲۱/۷۸±۲/۶۳	۲۰/۳۴±۲/۷۸
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۸۸۶

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص	زمان و سطح معناداری	گروه تمرینِ LLLF	گروه تمرینِ HLLF	گروه کنترل
کل توده بدون چربی بدن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۵۷/۱۲±۶/۱۶	۶۰/۲۲±۲/۶۵	۵۸/۲۶±۳/۳۱
	پس‌آزمون	۵۸/۱۶±۶/۱۲	۶۱/۴۵±۲/۸۴	۵۹/۳۲±۴/۵۵
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۹۶
قدرت بیشینه پرس پا (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۱۰۱/۸۶±۴/۹۳	۱۰۴/۱۵±۵/۳۸	۱۰۱/۳۸±۴/۵۰
	پس‌آزمون	۱۳۹/۷۱±۶/۶۰	۱۴۵/۸۵±۸/۱۸	۱۰۴/۳۱±۵/۴۱
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷
قدرت بیشینه پرس سینه دستگاه (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۷۸/۲۹±۴/۷۰	۸۰/۹۲±۵/۰۷	۷۹/۳۸±۵/۰۶
	پس‌آزمون	۹۳/۰۰±۷/۰۱	۹۶/۹۲±۷/۰۵	۸۰/۳۱±۶/۴۷
	سطح معناداری درون-گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۹۰

داده‌ها بر اساس میانگین±انحراف معیار بیان شده‌اند. سطح معناداری $P \leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شده است.

جدول ۲. نتایج مقایسه تفاوت‌های بین‌گروهی بر اساس تحلیل کوواریانس

شاخص	سطح معناداری بین‌گروهی بر اساس تحلیل کوواریانس
فشار خون سیستولیک بازویی	۰/۳۱۴
فشار خون دیاستولیک بازویی	۰/۲۲۷
ضربان قلب	۰/۵۶۴
وزن	۰/۰۰۱
شاخص توده بدنی	۰/۷۶۷
کل توده چربی بدن	۰/۰۰۱
کل توده بدون چربی بدن	۰/۹۵۱
قدرت بیشینه پرس پا	۰/۰۰۱
قدرت بیشینه پرس سینه دستگاه	۰/۰۰۱

سطح معناداری $P \leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شده است.

بررسی تغییرات درون‌گروهی نشان داد که وزن در گروه‌های تمرینی کاهش معنادار داشته است، در حالی که در گروه کنترل تغییر معناداری نشان نداد (جدول ۱). تفاوت بین‌گروهی در مورد این متغیر معنادار بود، که در ادامه

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون تعقیبی تفاوت معنادار بین گروه تمرینِ HLLF و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، گروه تمرینِ LLLF و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، و همچنین گروه تمرینِ HLLF و گروه تمرینِ LLLF (P=۰/۰۰۶) نشان داد (جدول ۲). با این حال، تغییرات درون‌گروهی و تفاوت‌های بین‌گروهی شاخص توده بدنی معنادار نبود (جدول ۱ و ۲). همچنین، بررسی تغییرات درون‌گروهی کل توده چربی حاکی از کاهش معنادار آن در گروه تمرین HLLF و گروه تمرین LLLF، اما تغییر غیرمعنادار آن در گروه کنترل بود (جدول ۱). نتیجه بررسی تفاوت بین‌گروهی در مورد این متغیر معنادار بود (جدول ۲). ، که در ادامه آزمون تعقیبی نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه تمرین HLLF و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، و همچنین بین گروه LLLF و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) وجود دارد، اما تفاوتی بین گروه تمرین HLLF و گروه تمرینِ LLLF (P=۰/۰۰۱) دیده نشد. در مورد کل توده بدون چربی، بررسی تغییرات درون‌گروهی نشان داد که این شاخص در گروه تمرین HLLF و گروه تمرین LLLF افزایش معنادار داشته ، اما در گروه کنترل تغییر معناداری نداشته است (جدول ۱). با این حال نتیجه بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی در مورد این متغیر معنادار نبود (جدول ۲). بررسی تغییرات درون‌گروهی قدرت بیشینه در هر دو حرکتِ پرس پا و پرس سینه دستگاه، افزایش معنادار در هر دو گروهِ تمرینی نشان داد، اما تغییر معناداری در این مورد در گروه کنترل دیده نشد (جدول ۱). تفاوت بین‌گروهی در مورد قدرت بیشینه هر دو این حرکات معنادار بود (جدول ۲)، و در ادامه بررسی دوبه‌دوی گروه‌ها نشان داد که هر یک از گروه‌های تمرینی با گروه کنترل تفاوت معنادار دارند (P=۰/۰۰۱)، اما تفاوت معناداری بین گروه‌های تمرینی در پرس پا (P=۰/۰۵۸) و پرس سینه دستگاه (P=۰/۵۷۵) وجود ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه‌ی حاضر، مقایسه تاثیر دو شیوه‌ی متفاوتِ تمرینات مقاومتی بر سختی شریانی مردانِ جوان کم-تحرک بود. نتایج پژوهش نشان داد که تمرینات HLLF باعث افزایش معنادار سختی شریان‌های مرکزی در این آزمودنی‌ها می‌شود، در حالی که تمرینات LLLF تغییری در سختی شریانی مرکزی آنها ایجاد نمی‌کند.

نتایج بیشتر مطالعاتی که در آنها نیز از بار زیاد، مشابه با گروه تمرینی HLLF در پژوهش فعلی، استفاده شده است با این نتایج همخوانی دارد (۴۲،۴۱،۱۵،۱۴). گفته می‌شود افزایش بالای فشار خون مرکزی در حین انجام تمرینات مقاومتی با بار زیاد می‌تواند از طریق فیبروز تغییراتی در دیواره شریانی ایجاد کند، و در نهایت منجر به سخت‌تر شدنِ آنها شود (۴۳). لازم به ذکر است که مشابه با مطالعه حاضر، در دیگر پژوهش‌ها نیز تغییر معناداری در سختی شریانی محیطی در اثر تمرینات ورزشی دیده نشده است (۴۴،۱۵،۱۴).

افزایش سختی شریان‌های مرکزی زمانی که از طریق سرعتِ موج نبضِ کاروتید–فمورال اندازه‌گیری شود، به طور مستقل با افزایش خطر بیماری‌های قلبی–عروقی همراه است (۴۵)، به طوری که با افزایش آن به میزان یک متر در ثانیه، ۷٪ به میزان خطر این بیماری‌ها افزوده خواهد شد (۴۶). بنابراین، مهم است تا تمهیداتی در زمینه نحوه تجویز تمرینات مقاومتی دیده شود، تا هنگام انجام منظمِ آنها، از افزایش سختی شریان‌های مرکزی جلوگیری شود (۱۴). برای این منظور، راهکارهای مختلفی پیشنهاد شده است که استفاده از پروتکل‌های تمرینی که در آنها از بارهای سبک استفاده می‌شود، از مهمترین آنهاست (۴۹،۲۲،۲۱). با این حال، همانگونه که ذکر شد، نباید اجازه داد دستکاری متغیرهای این تمرینات به منظور جلوگیری از افزایش سختی شریانی، باعث کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

اثرات مفید آنها بر تندرستی و آمادگی جسمانی به ویژه بهبود قدرت و حجم عضلانی شود. در این زمینه، در مورد تمرین با بار کم (حدود ۵۰٪-۳۰٪ یک تکرار بیشینه)، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است، تا با وجود استفاده از بارهای سبک، این تمرینات بتوانند تحریکات لازم جهت افزایش قدرت و حجم عضلانی که همواره دو هدف اصلی انجام تمرینات مقاومتی هستند، را اعمال کنند. به طور دقیق‌تر، روش‌هایی که تاکنون در مطالعات بررسی شده‌اند عبارتند از محدود کردن جریان خون اندام‌ها در حین تمرین (۴۹)، استراحت‌های کوتاه بین ست‌ها (۲۲)، و کاهش سرعت انجام تکرارها (به ۳ ثانیه در هر یک از بخش‌های درون و برون‌گرا) (۲۱). نتایج این پژوهش‌ها نشان داده است که تمرینات همراه با محدودیت در جریان خون تغییری در سختی شریانی ایجاد نمی‌کنند (۴۹)، اما جالب آنکه، تمرینات با بار کم و استراحت‌های کوتاه بین ست‌ها (۲۲) و همچنین تمرین با بار کم و اجرای آهسته تکرارها (۲۱)، حتی ممکن است باعث کاهش سختی شریانی شوند. با این وجود باید توجه داشت که در دو مطالعه آخر که کاهش سختی شریانی در پی تمرین دیده شده است، این متغیر از طریق سرعت موج نبضِ شریان بازویی به مچپا ارزیابی شده بود، که بر خلافِ سرعت موج نبض کاروتید-فمورال شاخصی از سختی شریانی سیستمیک است و نه مرکزی (۴۵).

در مطالعه حاضر نیز روش دیگری از تمرینات مقاومتی با بار کم که در آن هر ست تا رسیدن به ناتوانی ادامه می‌یابد مورد بررسی قرار گرفت و نشان داده شد که انجام این نوع تمرین برخلاف تمرینات با بار زیاد افزایشی در سختی شریانی افراد جوان و کم‌تحرک ایجاد نمی‌کند. اثر این شیوه تمرینی بر سختی شریانی، تنها در یک مطالعه دیگر اخیرا مورد بررسی قرار گرفته است (۲۳). در این مطالعه برخلاف تحقیقات گذشته (۴۲،۴۱،۱۵،۱۴) و همچنین پژوهش حاضر، سختی شریانی مرکزی هم در پی تمرینات با بار کم تا رسیدن به ناتوانی و هم در پی تمرینات با بار زیاد تا رسیدن به ناتوانی کاهش یافت. البته باید توجه داشت که آنها از آزمودنی‌های تمرین‌کرده، یعنی افرادی که تا پیش از شروع تحقیق حداقل دو سال به طور منظم تمرینات مقاومتی انجام می‌دادند، استفاده کرده بودند. به گفته این پژوهشگران، علت اصلی اختلاف بین نتایج مشاهده شده با سایر مطالعات می‌تواند سطح متوسط (و نه پایین) سختی شریانی آزمودنی‌ها در شروع تحقیق بوده باشد. با این حال، نباید دو عامل احتمالی دیگر، یعنی تغییر پروتکل تمرینی آزمودنی‌ها در هنگام شروع تحقیق و همچنین مصرف مکمل پروتئینی در گروه‌های تمرینی این پژوهش را در مشاهده چنین نتیجه‌ای از نظر دور داشت. به عبارت دیگر، ممکن است تفاوت برخی متغیرهای تمرینی بین پروتکل‌های استفاده شده در تحقیق با نوع تمریناتی که آزمودنی‌ها پیش از ورود به تحقیق انجام می‌دادند بر این مشاهدات تاثیرگذار بوده باشد. به علاوه، مکمل‌های پروتئینی تنها در گروه-های تمرینی و نه گروه کنترل مصرف میشدند. از این رو نقش احتمالی این مکمل‌ها در تغییرات سختی شریانی مشاهده شده مشخص نیست (۲۳).

در مورد علت تفاوت مشاهده شده در پژوهش حاضر بین سازگاری‌های سختی شریانی در پی دو نوع شیوه تمرینی LLLF و HLLF، همانگونه که پیش‌تر نیز پیشنهاد شده است (۲۲،۲۳)، احتمالا عامل اصلی به تفاوت در پاسخ فشار خون در حینِ این تمرینات باز می‌گردد. در این پژوهش پاسخ فشار خون به تمرینات اندازه‌گیری نشد، با این حال مطالعات گذشته به خوبی نشان داده‌اند که تمرین با بیش از ۸۰٪ حداکثر انقباضِ ارادی، افزایش بیشتری در فشار خون نسبت به تمرینات با بار کمتر ایجاد می‌کنند (۴۸،۴۷). در حقیقت، تمرینات مقاومتی با بار زیاد ممکن است فشار خون را تا ۳۲۰/۲۵۰ میلی‌متر جیوه بالا ببرند (۴۹). همانگونه که اشاره شد، این افزایش-

www.SID.ir

Archive of SID

های پی‌درپی فشار خون می‌تواند دیواره شریان‌ها را به سمتِ سخت‌تر شدن از طریق فیبروز سوق دهد (۴۳). همچنین، باید توجه داشت که آزمودنی‌ها در هر دو پروتکل تمرینی LLLF و HLLF ست‌ها را تا رسیدن به ناتوانی ادامه می‌دادند و بعد از دوره تمرینی افزایش مشابه در قدرت عضلانی بین این دو گروه مشاهده شد. از این رو هر دو پروتکل را می‌توان تمرین "با شدت بالا" نامید و عدم مشاهده افزایش سختی شریانی در اثر تمرین LLLF را نمی‌توان به اعمال ناکافی تحریک و عدم کارایی این روش تمرینی در ایجاد سازگاری‌های تمرینات مقاومتی نسبت داد (۲۳).

در کنار عدم مشاهده افزایش سختی شریانی در اثر تمرینات LLLF، در این پژوهش نشان داده شده که این تمرینات قادرند در سطح تمرینات HLLF باعث افزایش قدرت عضلانی و کاهش توده چربی مردان کم‌تحرک شوند. پیش‌تر نیز نشان داده شده بود که تمرینات LLLF قابلیت افزایش قدرت و توده عضلانی در سطح تمرینات مقاومتی با بار زیاد را دارند (۳۹-۳۷). بنابراین، به نظر می‌رسد این شیوه تمرینی، به ویژه برای افرادی که تحت خطر بیماری‌های قلبی-عروقی قرار دارند، می‌تواند روش مناسبی جهت بهبود آمادگی جسمانی بدون افزایش همزمان سختی شریان‌های مرکزی باشد. البته، واضح است که در این زمینه باید پژوهش‌های بیشتر برای بررسی اثر این تمرینات در این گروه‌های پرخطر از جمله افراد مسن، بیماران پرفشار خون، و افراد دارای اضافه وزن یا چاق صورت گیرد.

در پژوهش حاضر محدودیت‌هایی نیز وجود داشت که باید به آنها توجه داشت. ما تنها از آزمودنی‌های مرد استفاده کردیم، در حالی که ممکن است در زنان نتایج متفاوتی نسبت به این یافته‌ها حاصل شود. به علاوه، رژیم غذایی به طور دقیق کنترل نشد، اما از طریق آموزش‌های لازم به آزمودنی‌ها، آنها را از هرگونه تغییر در رژیم غذایی نسبت به رژیم طبیعی خود پیش از شروع تحقیق، و همچنین در طول ۱۰ هفته دوره پژوهش، منع شدند.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که با وجود اثر مشابه تمرینات LLLF و HLLF بر قدرت عضلانی و توده چربی بدن، افزایش سختی شریان‌های مرکزی تنها به دنبال تمرینات HLLF مشاهده می‌شود، و تمرینات LLLF چنین اثر ناخواسته‌ای بر این شاخصِ مهم قلبی-عروقی ندارند. بنابراین، تمرینات LLLF می‌توانند روش تمرینی مناسبی برای مردان جوان و سالم باشند، با این حال بهتر است در پژوهش‌های آینده اثر این روش تمرینی در افرادی که تحت خطر بیماری‌های قلبی-عروقی قرار دارند و تغییرات سختی شریانی برای سلامت آنها اهمیت بیشتری دارد مورد بررسی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

1. Mehrdad R. 2009. Health system in Iran. JAMA. 52(1):69-73.
2. Saadat S, Yousefifard M, Asady H, Jafari AM, Fayaz M, Hosseini M. 2015. The most important causes of death in Iranian population; a retrospective cohort study. Emerg. 3(1):16-21.
3. Hodes RJ, Lakatta EG, McNeil CT. 1995. Another modifiable risk factor for cardiovascular disease? Some evidence points to arterial stiffness. J Am Geriatr Soc. 43:581–582.
4. Kaess BM, Rong J, Larson MG, Hamburg NM, Vita JA, Levy D, Benjamin EJ, Vasan RS, Mitchell GF. 2012. Aortic stiffness, blood pressure progression, and incident hypertension. J Am Med Assoc. 308(9):875–81
5. Safar ME, London GM. 2000. Therapeutic studies and arterial stiffness in hypertension: recommendations of the European Society of Hypertension. The Clinical Committee of Arterial Structure and Function. J Hypertens. 18:1527–1535.
6. Mozos I, Malainer C, Horbanczuk J, Gug C, Stoian D, Luca CT, Atanasov AG. 2017. Inflammatory markers for arterial stiffness in cardiovascular diseases. Front Immunol. 31(8):1058.
7. Hughes TM, Craft S, Lopez OL. 2015. Review of 'the potential role of arterial stiffness in the pathogenesis of Alzheimer's disease'. Neurodegener Dis Manag. 5(2):121–135
8. Guimarães GV, Ciolac EG, Carvalho VO, D'Avila VM, Bortolotto LA, Bocchi EA. 2010. Effects of continuous vs. interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension. Hypertens Res. 33(6):627–32.
9. Seals DR, DeSouza CA, Donato AJ, Tanaka H. 2008. Habitual exercise and arterial aging. J Appl Physiol. 105:1323-1332.
10. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, Limacher M, Pina IL, Stein RA, Williams M, Bazzarre T. 2000. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. Circulation. 101:828–833.
11. Jorge MLMP, de Oliveira VN, Resende NM, Paraiso LF, Calixto A, Diniz AL, Resende ED, Ropelle ER, Carvalheira JB, Espindola FS, Jorge PT, Geloneze B. 2011. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. Metabolis. 60(9):1244–52.
12. Feigenbaum MS, Pollock ML. 1999. Prescription of resistance training for health and disease. Med Sci Sports Exerc. 31(1):38-45.
13. Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. 2007. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Circulation. 116(9):1081–93.
14. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, Takahashi K, Hayashi K, Yamazaki K, Tabata I, Tanaka H. 2004. Unfavorable Effects of Resistance Training on Central Arterial Compliance: A Randomized Intervention Study. Circulation. 110(18):2858–63.
15. Cortez-Cooper MY, DeVan AE, Anton MM, Farrar RP, Beckwith KA, Todd JS, Tanaka H. 2005. Effects of high intensity resistance training on arterial stiffness and wave reflection in women. Am J Hypertens. 18:930–934.
16. Kawano H, Tanaka H, Miyachi M. 2006. Resistance training and arterial compliance: keeping the benefits while minimizing the stiffening. J Hypertens. 24:1753-1759.
17. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. 2006. Effects of eccentric and concentric resistance

www.SID.ir

Archive of SID
training on arterial stiffness. J Hum Hypertens. 20(5):348–54.
18. Cortez-Cooper MY, Anton MM, DeVan AE, Neidre DB, Cook JN, Tanaka H. 2008. The effects of strength training on central arterial compliance in middle-aged and older adults. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 15:149–55.
19. Yoshizawa M, Maeda S, Miyaki A, Misono M, Sito Y, Tanabe K, Kuno S, Ajisaka R. 2009. Effect of 12 weeks of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness: a randomised controlled trial in women aged 32-59 years. Brit J Sport Med. 43(8):615–618.
20. Heffernan KS, Fahs CA, Iwamoto GA, Jae SY, Wilund KR, Woods JA, Fernhall B. 2009. Resistance exercise training reduces central blood pressure and improves microvascular function in African American and white men. Atherosclerosis. 207(1):220–226.
21. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. 2008. Effects of low-intensity resistance training with slow lifting and lowering on vascular function. J Hum Hypertens. 22:509-511.
22. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. 2011. Effect of low-intensity resistance training on arterial function. Eur J Appl Physiol. 111(5):743-748.
23. Au JS, Oikawa SY, Morton RW, Macdonald MJ, Phillips SM. 2017. Arterial Stiffness Is Reduced Regardless of Resistance Training Load in Young Men. Med Sci Sports Exerc. 49(2):342-348.
24. Li Y, Hanssen H, Cordes M, Rossmeissl A, Endes S, Schmidt-Trucksass A. 2014. Aerobic, resistance and combined exercise training on arterial stiffness in normotensive and hypertensive adults: A review. Eur J Sport Sci. 15(5):443–57.
25. Greenwood SA, Koufaki P, Mercer TH, Rush R, O'Connor E, Tuffnell R, Lindup H, Haggis L, Dew T, Abdulnassir L, Nugent E, Goldsmith D, Macdougall IC. 2017. Aerobic or Resistance Training and Pulse Wave Velocity in Kidney Transplant Recipients: A 12-Week Pilot Randomized Controlled Trial (the Exercise in Renal Transplant [ExeRT] Trial). Am J Kidney Dis. 66(4):689-698.
26. DeVallance E, Fournier S, Lemaster K, Moore C, Asano S, Bonner D, Donley D, Olfert IM, Chantler PD. 2016. The effects of resistance exercise training on arterial stiffness in metabolic syndrome. Eur J Appl Physiol. 2016: 116(5):899-910.
27. Miyachi M. 2013. Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis. Brit J Sport Med. 47(6):393–396.
28. Montero D, Vinet A, Roberts CK. 2014. Effects of combined aerobic and resistance training versus aerobic training on arterial stiffness. Int J Cardio. 178:69-76.
29. Burr JF, Beck JL, Durocher JJ. 2017. The relationship of high-intensity cross-training with arterial stiffness. JSHS. In press.
30. Okamoto T, Sakamaki MS, Yoshida S, Min SK, Watanabe Y, Ogasawara R. 2015. Repeated cessation and resumption of resistance training attenuates increases in arterial stiffness. Int J Sports Med. 36:440-445.
31. Kim SJ, Sherk VD, Bemben MG, Bemben DA. 2009. Effects of short-term, low-intensity resistance training with vascular restriction on arterial compliance in untrained young men. Int J KAATSU Training RES. 5: 1-8.
32. Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE, Harman E, Dziados JE, Mello R, Frykman P, McCurry D, Fleck SJ. 1990. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. J Appl Physiol. 69(4):1443-1150.
33. Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, Ragg KE, Ratamess NA, Kraemer WJ, Staron RS. 2002. Muscular adaptations in response to three different resistance training regimens: specificity of repetition maximum training zones. Eur J Appl Physiol. 88:50-60.
34. Abe t, Kearns CF, Sato Y. 2006. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training.
www.SID.ir

Archive of SID
100(5):1460-1466.
35. Tanimoto M, Sanada K, Yamamoto K, Kawano H, Gando Y, Tabata I, Ishii N, Miyachi M. 2008. Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. J Strength cond res. 22(6):1926-1938.
36. Takarada Y, Ishii N. 2002. Effects of low-intensity resistance exercise with short interset rest period on muscular function in middle-aged women. J Strength Cond Res. 16:123–128.
37. Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. 2015. Effects of Low- Versus High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. J Strength Cond Res. 29(10):2954–2963.
38. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DWD, Burd NA, Breen L, Baker SK, Phillips ST. 2012. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. J Appl Physiol. 113(1):71–77.
39. Morton RW, Oikawa SY, Wavell CG, Mazara N, McGlory C, Quadrillatero J, Baechler BL, Baker SK, Phillips SM. 2016. Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. J Appl Physiol. 121:129–138.
40. Albanese CV, Diessel E, Genant HK. 2003. Clinical applications of body composition measurements using DXA. J Clin Densitom. 6(2):75-85.
41. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. 2009. Effects of muscle contraction timing during resistance training on vascular function. J Hum Hypertens. 23:470-478.
42. Okamoto T, Masuhare M, Ikuta K. 2006. Effects of eccentric and concentric resistance training on arterial stiffness. J Hum Hypertens. 20:348-354.
43. Nichols WW, O'Rourke MF. 2005. McDonald's Blood Flow in Arteries: Theoretical, experimental and clinical principles. 5 ed. London: Hodder Arnold. 54-57.
44. Tanaka H, DeSouza CA, Seals DR. 1998. Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 18:127–132.
45. Van Bortel LM, Laurent S, Boutouyrie P, Cruicksahnk JK, Filipvsky J, Huybrechts S, Protogerou AD, Schillaci G, Segers P, Vermeersch S, Weber T. 2012. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. J Hypertens. 30(3):445–448.
46. Ben-Shlomo Y, Spears M, Boustred C, May M, Anderson SG, Benjamin EJ, Boutouyrie P, Cameron J, Hwang SJ, Newman AB, Ohishi M, Pannier B, Vasan RS. 2014. Aortic pulse wave velocity improves cardiovascular event prediction: an individual participant meta-analysis of prospective observational data from 17,635 subjects. J Am Coll Cardiol. 63(7):636–46.
47. MacDougall JD, McKelvie RS, Moroz DE, Sale DG, McCartney N, Buick F. 1992. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. J Appl Physiol. 73(4):1590-1597.
48. Tanimoto M, Ishii N. 2006. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. J Appl Physiol. 100:1150–1157.
49. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. 1985. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. J Appl Physiol. 58:785–790.
www.SID.ir