

پاسخ حاد برخی عوامل همودینامیک به پیاده‌روی روی تردمیل با محدودیت جریان خون در دختران جوان غیرفعال

فائزه ناصرخانی^{۱*} - رحیمه مهدی‌زاده^۲

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. ۲. دانشیار فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۱، تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴)

چکیده

تغییر عوامل همودینامیک حین ورزش به نوع و حجم تمرین وابسته است. اما این تغییرات پس از ورزش با محدودیت جریان خون (BFR) کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق، بررسی پاسخ حاد برخی عوامل همودینامیک به یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR در دختران جوان بود. ۳۰ دختر جوان سالم با میانگین سنی $20/27 \pm 1/76$ سال و وزن $53/61 \pm 3/80$ کیلوگرم، که داوطلب شرکت در مطالعه بودند، به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در سه گروه: ۱. راه رفتن روی تردمیل با BFR (با شدت ۲ مایل بر ساعت، ۵ ست ۲ دقیقه‌ای با یک دقیقه استراحت بین هر ست)، ۲. راه رفتن روی تردمیل بدون BFR (با همان حجم گروه BFR) و ۳. کنترل (با BFR و بدون ورزش) قرار گرفتند. ضربان قلب (HR)، فشارخون سیستولیک (SBP)، فشارخون دیاستولیک (DBP)، فشار متوسط شریانی (MAP) و حاصل ضرب فشارخون سیستولیک در ضربان قلب (RPP) پیش از شروع جلسه ورزش و ۲۰ دقیقه پس از پایان جلسه اندازه‌گیری شد. برای محدود کردن جریان خون از دستگاه تورنیکت استفاده شد. MAP با استفاده از فرمول زیر برای هر فرد محاسبه شد: $MAP = (DBP + 0.33(SBP - DBP))$. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از ANOVA استفاده شد. سطح معناداری آماری $P < 0/05$ تعیین شد. تحلیل داده‌ها نشان داد هر دو برنامه ورزشی موجب افزایش معنادار HR، SBP و RPP در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین شد ($P < 0/05$). پس از یک جلسه ورزش، بین RPP، HR و SBP سه گروه تفاوت معناداری مشاهده شد ($P < 0/05$) و میزان افزایش در گروه BFR بیشتر از گروه بدون BFR بود. این در حالی است که بین مقادیر DBP و MAP در گروه‌های مختلف پس از یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با BFR تفاوت معناداری وجود نداشت ($P > 0/05$). نتایج نشان داد BFR موجب تغییر برخی عوامل همودینامیک می‌شود؛ که بیانگر افزایش نیازهای عضله قلب در پاسخ به ورزش BFR است.

واژه‌های کلیدی

حاصل ضرب فشارخون سیستولیک در ضربان قلب، ضربان قلب، فشار متوسط شریانی، فشارخون سیستولیک، محدودیت جریان خون.

مقدمه

فعالیت بدنی و ورزش منظم از راه‌های مؤثر، کم‌هزینه و کم‌خطر برای پیشگیری و درمان مشکلات قلبی-عروقی به‌شمار می‌رود (۱). این در حالی است که پاسخ‌های متفاوت قلبی-عروقی به انواع مختلف تمرینات ورزشی، از چالش‌های بحث‌برانگیز در بین محققان و متخصصان پزشکی-ورزشی است. پاسخ‌های قلبی-عروقی به انواع تمرینات ورزشی براساس سن، جنسیت، وضعیت سلامت فردی و ماهیت رشته‌های ورزشی تا حد زیادی متفاوت است (۲).

نتایج مطالعات بیانگر وجود ارتباط معنادار بین فعالیت فیزیکی و سطح آمادگی جسمانی افراد با شاخص‌های عملکردی قلب مانند فشارخون سیستولی، ضربان قلب و حاصل ضرب ضربان در فشار (RPP) (Rate Pressure Product) است (۱۸). این در حالی است که در زمینه نقش شدت و نوع ورزش در بهبود شاخص‌های عملکردی قلب، اتفاق نظر کلی وجود ندارد.

برخی محققان انجام ورزش با شدت متوسط تا شدید را در کاهش فشارخون سیستولی افراد جوان مؤثر می‌دانند و معتقدند انجام فعالیت بدنی و تمرینات با شدت پایین تأثیری در کاهش فشارخون سیستولی ندارد (۲۸). کاهش فشارخون سیستولی پس از تمرینات با شدت بالا احتمالاً به دلیل افزایش توده عضلانی اتفاق می‌افتد. ضربان قلب و فشارخون متغیرهای مهمی برای تعیین تغییرات اکسیژن مصرفی میوکارد به‌هنگام فعالیت ورزشی محسوب می‌شوند (۲۴). از این رو، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای حفظ تعادل (هوموستاز) بدن طی فعالیت ورزشی، افزایش نیاز عضله به اکسیژن است. مصرف اکسیژن میوکارد از طریق کنش متقابل بین گسترش تنش و انقباض پذیری میوکارد و ضربان قلب تعیین می‌شود. براساس شواهد پژوهشی، افزایش ضربان قلب مسئول ۵۰ تا ۷۰ درصد،

انقباض پذیری مسئول ۱۵ تا ۲۵ درصد و کار بطنی مسئول ۱۵ تا ۲۵ درصد افزایش در اکسیژن مصرفی میوکارد در جریان فعالیت ورزشی است (۲۴). RPP به‌عنوان شاخص نسبی کار قلب تا حد زیادی با اندازه گیری مستقیم اکسیژن مصرفی میوکارد ارتباط دارد و با افزایش بار کار قلب افزایش می‌یابد و به‌هنگام فعالیت، نیاز عضله قلبی را به خون کافی فراهم می‌کند. ضربان قلب و فشارخون از ساده‌ترین و در عین حال هشداردهنده‌ترین متغیرهای قلب و عروق هستند. فشار متوسط شریانی (MAP) (Mean Arterial Pressure) در طول سیکل قلبی تعیین‌کننده مقدار جریان خون در سیستم گردش عمومی است (۲۲). تغییرات فشارخون و ضربان قلب حین فعالیت ورزشی به شدت و حجم آن وابسته است، اما تغییرات این دو عامل پس از فعالیت ورزشی هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است. تأثیر متفاوت حجم فعالیت ورزشی بر ضربان قلب و فشارخون پس از فعالیت، به نقش مهم حجم تمرین در تنظیم عوامل همودینامیک، عوامل ترمودینامیک و واکنش‌های عصبی بدن در حین فعالیت نسبت داده می‌شود (۱۹). اخیراً نتایج پژوهش‌ها در زمینه آمادگی جسمانی و توانبخشی شکل تازه‌ای از تمرینات را ارائه کرده‌اند که محدودیت اجرایی کمتری در مقایسه با تمرینات شدت بالا دارد. در عین حال اهدافی را که از تمرینات با شدت بالا انتظار می‌رود، برآورده می‌سازد. این تمرینات که تمرین با جریان خون محدود شده (BFR) (Blood Flow Restricted) معروف به "تمرین کاتسو" نام دارد، در مدت زمان کوتاه موجب افزایش قدرت و توده عضله می‌شود که خود از دلایل احتمالی کاهش فشارخون سیستولی پس از تمرینات شناخته شده است (۲۶). در طول این تمرینات، افزایش فشارخون سیستولی متعاقب محدود شدن بازگشت وریدی که از طریق فشار یک کاف یا باند کشی

به‌وجود می‌آید، موجب متلاطم شدن جریان خون شریانی، افزایش فشار متابولیکی و همچنین افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی تندانقباض در عضلات اسکلتی می‌شود (۱۰). در پایان تمرین برقراری مجدد جریان خون، فشار منطقه‌ای را که با کاف محدود شده بود، تحریک می‌کند و اتساع عروقی و جریان خون افزایش می‌یابد. تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) و اوزاکی و همکاران نشان دادند که ضربان قلب و فشارخون در طول تمرین مقاومتی BFR به‌طور معناداری در مقایسه با تمرین مقاومتی بدون BFR بالاتر بود. محققان اظهار داشتند که تمرینات مقاومتی BFR احتمالاً با کاهش پیش‌بار قلب، پاسخ فاکتور رشد اندوتلیال عروقی را تحریک می‌کند (۱۶،۲۵). از سوی دیگر، براساس نتایج برخی مطالعات، ضربان قلب و فشارخون در طول تمرین مقاومتی BFR به‌طور معناداری در مقایسه با تمرین مقاومتی بدون BFR پایین‌تر بود. احتمالاً میزان توده عضلانی و تعداد جلسات تمرین از دلایل اصلی کاهش فشارخون پس از تمرینات مقاومتی کم‌شدت BFR است (۱۱،۱۹). اخیراً در بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرین BFR، پیاده‌روی به‌عنوان تمرینی با شدتی پایین‌تر از تمرینات مقاومتی مورد توجه قرار گرفته است. براساس نتایج پژوهش‌ها پیاده‌روی با جریان خون محدود شده می‌تواند موجب افزایش اندازه توده عضلانی شود (۱). به‌علاوه براساس نتایج مطالعات به لحاظ نظری تمرین BFR به‌همراه یکی از فعالیت‌های روزانه همچون راه رفتن، می‌تواند موجب افزایش توان هوازی می‌شود و به‌دلیل اهمیت ضعف توان هوازی به‌عنوان یک عامل خطرزا برای پیشرفت بیماری قلبی - عروقی بیانگر فواید بالقوه این تمرینات است. این در حالی است که بررسی ادبیات تحقیق نشان داد، تمرکز تحقیقات انجام‌گرفته اغلب بر تمرینات مقاومتی و به‌ویژه مردان بوده است و با وجود محدود شدن جریان خون در روش‌شناسی

تحقیقات از این دست، تغییرات شاخص‌های عملکردی قلب پس از این تمرینات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به‌علاوه، نتایج این تحقیقات اندک نیز در زمینه ضربان قلب و فشارخون متناقض است و تاکنون تحقیقات داخلی در این زمینه صورت نگرفته است. با وجود مدارک زیاد در مورد کارآمدی تمرین BFR با شدت پایین، ایمنی نسبی تمرین BFR هنوز به اثبات نرسیده است. این احتمال وجود دارد که ایسکیمی ناشی از BFR سبب افزایش فشارخون و نیاز به اکسیژن میوکاردیال شود که از طریق مقاومت عروق محیطی و سیستمیک و همین‌طور از طریق تجمع متابولیت‌ها و تحرک بعدی واکنش شیمیایی ایجاد می‌شود (۱۶).

از این‌رو با توجه به اینکه ورزش و فعالیت بدنی موجب تسریع جریان خون، تقویت عضله قلب و بهبود عملکرد آن می‌شود و از این‌رو اهمیت عوامل همودینامیک در ورزش، پژوهش حاضر با محدود کردن جریان خون به‌عنوان یک روش جدید، به بررسی پاسخ حاد یک جلسه راه رفتن روی تردمیل با محدودیت جریان خون (با شدتی معادل ۲ مایل بر ساعت، این شدت تمرین تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه بوده و برای افراد با ویژگی‌های جسمانی متفاوت، قابل تحمل است)، بر برخی عوامل همودینامیک در دختران جوان، درصدد پاسخ به این پرسش‌هاست که آیا محدود شدن جریان خون می‌تواند به‌عنوان یک محرک در تغییر عوامل همودینامیک پس از یک جلسه ورزش راه رفتن کم‌شدت BFR عمل کند؟ و اینکه آیا محدود شدن جریان خون می‌تواند جایگزین شدت بالای تمرینات مقاومتی شود و عملکرد و اجرای ورزشی را تحت تأثیر قرار دهد؟

روش‌شناسی

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و طرح تحقیق از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری تحقیق حاضر دانشجویان دختر ترم اول تربیت بدنی دوره کارشناسی دانشگاه شاهرود بودند. شرایط حضور در تحقیق، نداشتن سابقه فشارخون بالا، اضافه‌وزن و سایر عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی-عروقی به تشخیص پزشک متخصص و براساس مدارک پزشکی بود. همچنین آزمودنی‌ها حداقل شش ماه پیش از شروع تحقیق، به‌صورت منظم در تمرینات مقاومتی شرکت نداشتند (۵). بر این اساس، پس از بررسی سوابق پزشکی، ۳۰ نفر که داوطلب شرکت در تحقیق حاضر شدند، به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. در ابتدا طی جلسه‌ای، آزمودنی‌ها با نوع طرح، اهداف و روش اجرای آن به‌طور کتبی و شفاهی آشنا شدند. به آزمودنی‌ها اطمینان داده شد که اطلاعات دریافتی از آنها کاملاً محرمانه خواهد ماند. همچنین به آنها اجازه داده شد تا در صورت عدم تمایل به ادامه همکاری، در هر مرحله از تمرین انصراف دهند. در تحقیق حاضر اصول مندرج در اعلامیه هلسینکی و ضوابط اخلاق پزشکی به‌طور کامل رعایت شد و از آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه آگاهانه گرفته شد. پس از تکمیل و دریافت پرسشنامه‌های اطلاعات شخصی، سوابق پزشکی و ورزشی، طی چند جلسه پیش از شروع برنامه ورزشی، اندازه‌های آنتروپومتریک شامل سن، قد، وزن، نمایه توده بدن (BMI) و عوامل همودینامیک شامل ضربان قلب زمان استراحت (HR)، فشارخون سیستولی (SBP) و دیاستولی (DBP) قبل و ۲۰ دقیقه پس از اجرای پروتکل ورزشی اندازه‌گیری شد. پس از اخذ مجوز از ریاست بیمارستان امام حسین (ع) شهر شاهرود و هماهنگی با واحدهای پزشکی هسته‌ای و اتاق عمل (جهت خروج دستگاه تورنیکت از اتاق عمل و انتقال آن به

واحد پزشکی هسته‌ای)، دانشجویان برای اجرای پروتکل ورزشی به بیمارستان منتقل شدند. سپس آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی در سه گروه: ۱. راه رفتن روی تردمیل با BFR (۱۰ نفر)، ۲. گروه راه رفتن روی تردمیل بدون BFR (۱۰ نفر) و ۳. گروه کنترل BFR و بدون ورزش (۱۰ نفر) قرار گرفتند. پس از اتمام جلسه ورزش، کلیه اندازه‌گیری‌ها به‌جز قد مجدداً تکرار شد. فشارخون پیش و ۲۰ دقیقه پس از اجرای پروتکل با استفاده از فشارسنج عقربه‌ای و گوشی پزشکی مدل ALPK2 (ساخت ژاپن) توسط یک فرد مجرب اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری ضربان قلب آزمودنی‌ها قبل و بعد از ورزش، از دستگاه ضربان سنج پولار مدل T31 (ساخت فنلاند) استفاده شد (۳). برای هر فرد سنسور این ضربان‌سنج بر روی سینه بسته شد و تعداد ضربان قلب فرد بر روی مانیتور مچی ثبت شد. RPP از حاصل ضرب ضربان قلب در فشارخون سیستولی محاسبه شد. فشار متوسط شریانی (MAP) با استفاده از فرمول زیر برای هر فرد محاسبه شد (۲۲).

$$MAP=(DBP+0.33(SBP-DBP))$$

برنامه ورزش راه رفتن با BFR، شامل پنج مرحله ۲ دقیقه‌ای راه رفتن بر روی تردمیل با سرعت ۲ مایل بر ساعت و ۱ دقیقه استراحت بین هر مرحله با محدودیت جریان خون بود (۲۰).

نحوه محدود کردن جریان خون

برای محدود کردن جریان خون بخش انتهایی فوقانی عضله ران در طول تمرین، توسط دستگاه تورنیکت جراحی مدل TK101a (ساخت ایران) با فشار ۱۴۰ میلی‌متر جیوه بسته شد (۴). میزان کشش دستگاه طوری بود که سبب محدودیت جریان خون وریدی می‌شد. برای اطمینان از محدود شدن جریان خون وریدی و تعیین میزان محدودیت جریان خون، از دستگاه سونوگرافی

سلامتی آزمودنی‌ها، فشارخون پیش و پس از جلسه ورزش و همچنین ۲۴ ساعت پس از پایان ورزش توسط پزشک اندازه‌گیری شد. برای مقایسه تفاوت‌ها قبل و بعد از ورزش از آزمون t همبسته و برای مقایسه تفاوت میانگین‌ها در پایان ورزش بین سه گروه از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. سطح معناداری در کلیه آزمون‌ها $P < 0.05$ در نظر گرفته شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده گردید.

یافته‌های تحقیق

میانگین و انحراف استاندارد اندازه‌های آنترپومتریکی آزمودنی‌ها در جدول ۱ و میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای همودینامیک قبل و بعد از ورزش در جدول ۲ گزارش شده است. داده‌های تحلیل‌شده مربوط به ۳۰ نفر از آزمودنی‌هایی است که به‌طور منظم و تا پایان مطالعه با محقق همکاری کردند. MAP با استفاده از فرمول زیر برای هر فرد محاسبه و در جدول ۲ گزارش شد (۲۲):

$$MAP = (DBP + 0.33(SBP - DBP))$$

عمومی کالر داپلر پزشکی مدل DC-6 MINDREY Co (ساخت چین) استفاده شد. ارزیابی توسط سونوگرافی داپلر پس از ۱۰ دقیقه استراحت (به‌منظور برقراری تعادل در سیستم گردش خون) در وضعیت ناشتا و به حالت درازکشیده به پشت صورت گرفت. بررسی شریان در وضعیت طولی و در افراد لاغر و دارای جثه کوچک توسط پروب ۵ و در سایر افراد توسط پروب ۳/۵ مگاهرتز انجام گرفت (۱۷). سونوگرافی داپلر برای اندازه‌گیری جریان خون و فشارخون استفاده می‌شود. طی این سونوگرافی از امواج صوتی با فرکانس بالا (اولتراسوند) استفاده می‌شود تا با گلبول‌های قرمز خون برخورد کنند و پس از بازگشت آن را به‌صورت سونوگرافی داپلر نشان دهند. سونوگرافی داپلر می‌تواند سرعت جریان خون را اندازه‌گیری کند (۱۷). برنامه ورزش راه رفتن با BFR در پژوهش حاضر، با تغییرات جزئی از مطالعه رنزی و همکاران (۲۰۱۰) گرفته شده است (۲۰). برنامه ورزش راه رفتن بدون BFR، شامل ۵ مرحله ۲ دقیقه‌ای راه رفتن روی تردمیل با سرعت ۲ مایل بر ساعت و ۱ دقیقه استراحت بین هر مرحله بدون محدودیت جریان خون بود. برای اطمینان از

جدول ۱. اندازه‌های آنترپومتریکی آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف

گروه	گروه ورزش با BFR (تعداد-۱۰)	گروه ورزش بدون BFR (تعداد-۱۰)	گروه کنترل (تعداد-۱۰)
وزن بدن (کیلوگرم)	۵۳/۱۰±۶/۱۷	۵۴/۹۳±۲/۹۰	۵۲/۸۰±۲/۳۴
نمایه توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۱۹/۳۱±۱/۴۵	۲۰/۱۹±۱/۷۰	۱۹/۲۴±۱/۰۸

ضربان قلب گروه بدون BFR با گروه کنترل ($P = 0.63$) و گروه BFR ($P = 0.20$) اختلاف معناداری مشاهده نشد.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد بین ضربان قلب زمان استراحت ($P = 0.03$) و فشارخون سیستولیک ($P = 0.03$) سه گروه در پایان مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد. براساس نتایج آزمون تعقیبی بین

جدول ۲. مقایسه میانگین عوامل همودینامیک آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف

گروه	گروه تمرین BFR (تعداد-۱۰)		گروه تمرین بدون BFR (تعداد-۱۰)		گروه کنترل (تعداد-۱۰)	
متغیر	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
SBP (mmHg)	101/30±6/76 ^{††}	117/90±9/01 ^{*†}	102/20±10/08 ^{††}	104/60±8/88	109/10±5/46	107/20±10/02
DBP (mmHg)	74/80±7/91	75/70±7/74	77/40±8/15	76/10±9/32	71/50±5/79	72/90±4/35
HR (bpm)	76/10±5/54 ^{††}	87/80±5/92 [*]	75/60±10/41 ^{††}	82/60±7/54	79/90±6/29	79/90±6/20
RPP (bpm.mm Hg)	7720/60±904/56 [†]	10336/10±884/79 ^{*†}	7732/10±1386/51 ^{††}	86520±1304/54	8729/70±938/48	8604/40±1364/83
MAP (mmHg)	83/63±6/71 ^{††}	89/76±6/71	85/66±7/61	85/60±8/17	84/03±4/37	84/33±5/11

تفاوت معنادار بین گروه BFR با گروه بدون BFR بعد از تمرین ($P < 0/05$)، تفاوت معنادار بین گروه‌ها قبل و بعد از تمرین ($P < 0/05$)، تفاوت معنادار بین گروه‌ها قبل و بعد از تمرین ($P < 0/01$)، تفاوت معنادار بین گروه BFR با گروه کنترل بعد از تمرین ($P < 0/05$)

عضله چهارسر توسط یک تورنیکت جراحی محدود شده بود، سبب افزایش معنادار مقادیر SBP، HR، MAP و RPP دختران جوان در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین شد. تفاوت تمام این متغیرها به جز MAP در گروه ورزشی که بر روی تردمیل بدون BFR راه رفتند، نیز در مقایسه با مقادیر پیش از تمرین معنادار بود. این موضوع بیانگر آن است که الگوی تغییرات عوامل همودینامیک در هر دو گروه مشابه بوده و محدود شدن جریان خون سبب تغییر الگوی این متغیرها در گروه BFR نشد.

این نتایج با یافته پژوهش‌های تاکانو و همکاران (۲۰۰۵)، رنزی و همکاران (۲۰۱۰)، روسو و همکاران (۲۰۱۱)، اوزاکی و همکاران (۲۰۱۲)، نتو و همکاران (۲۰۱۶) و بازگیر و همکاران (۲۰۱۶)، همخوانی دارد (۲۷، ۲۶، ۱۶، ۲۰، ۲۱، ۲۵).

براساس نتایج تحقیق حاضر، ۲۰ دقیقه پس از ورزش، میزان SBP در هر دو گروه ورزش در مقایسه با پیش از ورزش افزایش معناداری یافت؛ همچنین در پایان ورزش، مقدار SBP در گروه ورزش BFR در مقایسه با گروه بدون BFR و کنترل بیشتر بود. براساس اطلاعات محقق،

این در حالی است که تفاوت بین ضربان قلب گروه پیاده‌روی BFR با کنترل ($P = 0/03$) به لحاظ آماری معنادار بود. نتایج آزمون تعقیبی همچنین نشان داد که بین فشارخون سیستولی گروه پیاده‌روی BFR با گروه بدون BFR ($P = 0/01$) و کنترل ($P = 0/04$) اختلاف معناداری مشاهده شد؛ اما تفاوت بین فشارخون سیستولی گروه پیاده‌روی بدون BFR با کنترل ($P = 0/80$) به لحاظ آماری معنادار نبود. نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد پس از یک جلسه ورزش، بین فشارخون دیاستولی، مقادیر RPP و MAP گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P = 0/58$). (جدول ۲). براساس اطلاعات جدول ۲، هر دو پروتکل پیاده‌روی سبب افزایش معنادار RPP و MAP در مقایسه با پیش از ورزش شد. این در حالی است که مقادیر هر دو متغیر در گروه کنترل تقریباً بدون تغییر یا کاهش غیرمعنادار بود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که یک جلسه راه رفتن روی تردمیل درحالی‌که جریان خون در فوقانی‌ترین بخش

اگرچه تحقیقات محدودی پاسخ عوامل همودینامیک را به تمرینات BFR بررسی اما به دلیل ماهیت تمرینات BFR که جریان خون با بستن کاف محدود می‌شود، محققان به منظور بررسی خطرهای احتمالی، عوامل همودینامیک را در حین تمرین کنترل می‌کنند. یافته قابل تأمل تحقیق حاضر، بیشتر بودن مقدار SBP در گروه ورزش BFR در مقایسه با گروه بدون BFR بود. افزایش فشارخون در پاسخ به فعالیت ورزشی یک جلسه‌ای یک تأثیر فیزیولوژیک مورد انتظار محسوب می‌شود. افزایش میزان SBP و نیز حداکثر ضربان قلب در زمان اوج فعالیت، بیانگر عملکرد بهینه قلب در زمان فعالیت، خون‌رسانی بهتر و در نتیجه برآورده شدن مطلوب نیاز اکسیژنی عضله قلب در حین فعالیت است (۲۰). در این زمینه، تاکانو و همکاران (۲۰۰۵) و رنزی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که HR و SBP زمان تمرین، به‌طور چشمگیری در تمرینات BFR افزایش می‌یابد (۲۰،۲۵). به‌طور کلی، افزایش فشارخون ناشی از انجام تمرینات بدنی، تابعی از مقدار خون تخلیه‌شده به داخل گردش خون سرخرگی یا افزایش برون‌ده قلب است. علاوه بر آن، تغییرات شدید HR به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اساسی برون‌ده قلب می‌تواند در حین انجام تمرینات ورزشی و به دلیل افزایش تحریکات سمپاتیکی یا کاهش اثر پاراسمپاتیکی در افزایش فشار وارده به قلب مؤثر باشد (۱). شواهدی وجود دارد دال بر اینکه تراکم و فشردگی دستگاه سرخرگی پیرامونی در حین انجام ورزش نیز می‌تواند موجب افزایش چشمگیر و سریع مقاومت عروقی و فشارخون سرخرگی (سیستولی) شود. این افزایش به‌همراه ضربان قلب بالا حین ورزش می‌تواند در افزایش حاصل‌ضرب ضربان در فشار (RPP) یا فشار وارده به عضله قلب مؤثر باشد (۲۱). عامل احتمالی دیگر برای توجیه افزایش SBP به‌هنگام فعالیت ورزشی، افزایش تحریک عصب سمپاتیکی متناسب با

افزایش شدت فعالیت است. تحریک سمپاتیکی در طول ورزش سبب افزایش ترشح کاتکولامین‌ها متناسب با شدت فعالیت می‌شود (۹). براساس برخی شواهد موجود، تجمع مواد حاصل از متابولیسم و کمبود اکسیژن طی ورزش BFR، پاسخ غدد درون‌ریز به تمرین ورزشی را افزایش می‌دهد (۱۲). افزایش ترشح کاتکولامین‌ها که موجب افزایش ضربان و انقباض‌پذیری قلب و همچنین افزایش برون‌ده قلبی می‌شود، از جمله این پاسخ‌ها هستند که سبب افزایش فشار شریانی می‌شود (۱۶،۲۰). بر این اساس، در ورزش با شدت پایین و با محدودیت جریان خون این احتمال وجود دارد که ایسکمی ناشی از BFR، از طریق افزایش مقاومت عروق محیطی و سیستمیک سبب افزایش نیاز عضله قلب به اکسیژن و در نهایت افزایش SBP شود (۱۴،۱۲). کاهش شدید جریان خون عضله هنگام پیاده‌روی BFR اغلب به دلیل تغییر سطح عوامل شیمیایی موضعی است که به‌طور مستقیم بر آرتریول‌های عضله تأثیر می‌گذارد و موجب اتساع آنها می‌شود (۲۰). کاهش اکسیژن ناشی از محدود کردن جریان خون در بافت عضلانی از مهم‌ترین عوامل شیمیایی است که نیاز به اکسیژن را تا دو برابر نسبت به حالت معمول افزایش می‌دهد. در این زمینه ترموتو اظهار داشت که تجمع محصولات متابولیکی از جمله یون‌های هیدروژن ناشی از افزایش غلظت پلاسمایی اسید لاکتیک تولیدشده طی ورزش BFR، سبب تحریک اعصاب سمپاتیکی می‌شود و گیرنده‌های مکانیکی مربوط به عضلات مخطط را تحریک و فعال می‌کند. فعال شدن گیرنده‌های متابولیکی که به گیرنده‌های منعکس‌کننده متابولیسم معروفاند، موجب افزایش فعالیت عصب سمپاتیکی در عضلات مخطط می‌شود که خود به تحریک مراکز قلبی-عروقی و افزایش SBP می‌انجامد (۱۵،۱۶).

در تحقیق حاضر میزان ضربان قلب پس از تمرین نیز در هر دو گروه ورزش در مقایسه با قبل از ورزش افزایش معناداری یافت؛ این در حالی است که پس از یک جلسه ورزش، بین ضربان قلب دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد. از آنجا که پاسخ HR تحت تأثیر ترکیبی از اطلاعات صادره از دستگاه قلبی-عروقی، دستگاه عضلانی و عصبی مرکزی قرار می‌گیرد، انقباضات مکرر، فعال‌سازی اعصاب آوران ناشی از کشش و افزایش متابولیت‌های ناشی از فعالیت سلولی می‌توانند در طول ورزش BFR باعث افزایش HR و SBP شوند (۲۰،۲۵). در شروع فعالیت تحریک اعصاب سمپاتیک و رفلکس گیرنده‌های فشاری و در طول ورزش افزایش ترشح کاتکولامین‌ها مسئول این تغییرات شناخته شده‌اند (۱۹). تحریک گیرنده‌های مکانیکی موجود در عضلات نیز در تحریک و فراخوانی واحدهای حرکتی و در نهایت ارسال پیام به دستگاه عصبی مرکزی، موجب مهار فعالیت اعصاب پاراسمپاتیک و افزایش HR می‌شوند (۸،۲۰). علاوه بر آن گزارش شده است که در ورزش BFR، برخلاف سایر ورزش‌ها، میزان افزایش حجم ضربه‌ای کمتر است؛ زیرا محدود کردن جریان خون عضلات به‌ویژه عضلات اندام تحتانی سبب کاهش بازگشت وریدی و افزایش مقاومت عروقی می‌شود. از این رو برای جبران کاهش حجم ضربه‌ای و حفظ برون ده قلبی، HR افزایش می‌یابد (۸،۲۵).

یکی از عوامل همودینامیک که در تحقیق حاضر بررسی شد، حاصل ضرب فشارخون در ضربان قلب (RPP)، به‌عنوان شاخص میزان تقاضای اکسیژن قلب بود. براساس یافته‌های تحقیق حاضر، RPP به هنگام ورزش در گروه BFR در مقایسه با قبل از تمرین و همچنین در مقایسه با گروه بدون BFR به‌طور معناداری افزایش یافت. از آنجا که RPP همبستگی بالایی با برون‌ده قلبی دارد (۱۱)، احتمالاً افزایش SBP در حین

ورزش عامل اصلی افزایش RPP باشد. با این حال، به‌دلیل اینکه کاهش جریان خون به سمت عضلات اسکلتی در ورزش‌های BFR با افزایش HR نیز همراه است (۲۰،۲۵)، از این رو به‌نظر می‌رسد هر دو عامل HR و SBP در افزایش RPP نقش داشته باشند. در تحقیق حاضر همچنین MAP به‌عنوان تعیین‌کننده مقدار جریان خون در سیستم گردش عمومی بررسی شد. براساس یافته‌ها، مقدار MAP فقط در گروه ورزش BFR نسبت به قبل از ورزش به‌طور معناداری افزایش یافت. اگرچه MAP به عوامل فیزیولوژیکی متعددی مانند برون‌ده قلب، حجم خون، مقاومت در برابر جریان خون و ویسکوزیته خون بستگی دارد (۲۲)، اما نمی‌توان افزایش آن در گروه BFR را صرفاً به محدود شدن جریان خون نسبت داد، زیرا این عوامل در پاسخ به تمرینات ورزشی بخصوص تمرینات مقاومتی با هر شدت تا حدودی افزایش می‌یابند. در زمینه عوامل همودینامیک، یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج مطالعات اوراند و همکاران (۲۰۰۰)، اوکاموتو و همکاران (۲۰۰۶)، هوگت و همکاران (۲۰۰۴) و سومای و همکاران (۲۰۰۹) همسو نیست (۷،۱۱،۲۳،۲۸). به‌دلیل محدود بودن مطالعات در زمینه تأثیر تمرینات BFR بر عوامل همودینامیک، دلایل تفاوت در نتایج مطالعات، بروشنی شناخته نشده است. اما تفاوت در جنسیت آزمودنی‌ها، نوع و شدت فعالیت انجام‌گرفته می‌تواند از دلایل تناقض بین نتایج تحقیقات باشد. به‌علاوه سطح آمادگی بدنی آزمودنی‌ها، دقت در شیوه‌های اندازه‌گیری، نوع کاف محدودکننده جریان خون (از نظر اندازه و جنس)، فشار کاف و مدت زمان استفاده از کاف نیز که می‌تواند بر میزان محدودیت جریان خون در طی ورزش تأثیر بگذارد (۲۹،۴،۱۲)، از علل تناقض در نتایج تحقیقات از این دست به‌شمار می‌رود. به‌طور کلی، براساس یافته‌های پژوهش حاضر افزایش عوامل همودینامیک ۲۰ دقیقه

پس از پایان ورزش، بیانگر پاسخ عوامل همودینامیک به یک جلسه ورزش است که یک تأثیر فیزیولوژیک مورد انتظار است. تغییر بیشتر این عوامل پس از ورزش BFR در مقایسه با ورزش‌های سنتی، بیانگر آن است که محدود شدن جریان خون خود به‌عنوان یک بار اضافی، قلب را بیشتر به چالش می‌کشد. از این رو، قلب برای حفظ عملکرد و برآورده کردن نیازهای اکسیژنی عضله خود، با افزایش بیشتر ضربان قلب و فشارخون شریانی در حین ورزش و ۲۰ دقیقه پس از آن به این چالش پاسخ می‌دهد. از محدودیت‌های تحقیق حاضر، عدم اندازه‌گیری عوامل همودینامیک در حین تمرین بود. اگرچه براساس یافته‌های تحقیق رنزی و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات ایجادشده در عوامل همودینامیک در حین ورزش تا ۲۰ دقیقه پس از ورزش نیز در همان سطح باقی می‌ماند (۲۰)، بررسی این عوامل در حین ورزش می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری در این زمینه در اختیار محققان قرار دهد. از نظر کاربردی، پیاده‌روی با شدت پایین همراه با محدود شدن جریان خون، می‌تواند تأثیرات مطلوبی بر شاخص‌های مرتبط با خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی بگذارد و برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی مؤثر باشد. از آنجا که زنان برای ابتلا به برخی بیماری‌های وابسته به طول عمر و سالمندی، از جمله بیماری‌های قلبی-عروقی حساس‌تر و مستعدتر از مردان هستند، لزوم تحقیقات داخلی در این زمینه بر روی زنان احساس

می‌شد. اما به‌دلیل اینکه هنوز مکانیسم تغییرات همودینامیک در ورزش‌های کم‌شدت BFR به‌طور دقیق مشخص نشده و تقریباً تمام مطالعات در این زمینه با تعداد آزمودنی‌های کمتر و سالم انجام گرفته است، برای نتیجه‌گیری دقیق در زمینه چگونگی تغییر عوامل همودینامیک پس از تمرینات BFR تحقیقات گسترده-تری لازم است. با توجه با اینکه برنامه تمرینی ارائه‌شده روشی ساده و کاربردی برای افراد بیمار، سالمند و بی‌تحرک است، پیشنهاد می‌شود در طراحی و برنامه‌ریزی برنامه‌های تمرینی برای این گروه افراد از این نوع تمرین استفاده شود. همچنین از سایر پروتکل‌های ورزشی کم‌شدت که همراه با محدودیت جریان خون باشد، نیز استفاده شود و نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر مقایسه شود. به‌علاوه پیشنهاد می‌شود تأثیر پیاده‌روی کم‌شدت BFR بر عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی-عروقی مطالعه شود.

تقدیر و تشکر

از ریاست و کارکنان محترم بیمارستان امام حسین (ع) شهر شاهرود، کلیه دانشجویان ترم اول کارشناسی تربیت بدنی دانشگاه صنعتی شاهرود و خانم دکتر مهدیه مظاهریان و سایر عزیزانی که در انجام این تحقیق با ما همکاری کردند، کمال تشکر را داریم.

منابع و مأخذ

1. Abe, T., Sakamaki, M., Fujita, S., et al. (2010). "Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults". *J Geriatr Phys Ther*; 33(1): 34-40.
2. Akdur, H., Yigit, Z., Arabaci, O., et al. (2002). "Comparison of cardiovascular responses to isometric and isotonic exercise tests in chronic atrial fibrillation". *Jpn Heart J*; 43(6): 621-29.

3. Almeida, WS., Lima, LCJ., Cunha, RR., Simoes, HG., et al. (2010). **“Post-exercise blood pressure responses to cycle and arm-cranking”**. Med Sci Sport Exerc: 74-80.
4. Christopher, AF., Loenneke, JP., Rossow, LM., et al. (2012). **“Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise”**. Journal of Trainology; 1(3): 14-22.
5. Fleck, S., Kraemer, WJ., (2004). **“Resistance training and exercise prescription”**. In:Fleck SJ, Kraemer WJ,Editors. Designing resistance training programs. Champaign: Human Kinetics.. 179-181.
6. Ghiasy, A., (2011). **“On blood pressure, heart rate and myocardial oxygen cost of resistive activities upper extremities,lower extremities and whole body”**. MS Thesis Univ Guilan: 23-96.
7. Huggett, DL., Elliott, ID., Overend, TJ., et al. (2004). **“Comparison of heart-rate and blood-pressure increases during isokinetic eccentric versus isometric exercise in older adults”**. Journal of Aging and Physical Activity; 12(2): 157.
8. Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., et al. (2010). **“The effects of low intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men”**. Eur J Appl Physiol; 108(1): 147-155.
9. Macdonald, JR. (2002). **“Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension”**. Journal of Human Hypertension; 16: 225-236.
10. Manini, TM., Clark, BC.(2009). **“Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health”**. Exerc Sport Sci Rev; 37(2): 78-85.
11. Okamoto, T., Masuhara, M., Ikuta, K. (2006). **“Cardiovascular responses induced during high-intensity eccentric and concentric isokinetic muscle contraction in healthy young adults”**. Clinical Physiology and Functional Imaging; 26(1): 39-44.
12. Otsuki, T., Maeda, S., Iemitsu, M., et al. (2007). **“Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength- and endurance-trained men”**. Am J Physiol Heart Circ Physiol; 292(2): 786-791.
13. Overend, TJ., Versteegh, ThH., Thompson, E., et al. (2000). **“Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults”**. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences ;55(4): 177-82.
14. Ozaki, H., Miyachi, M., Nakajima, T., et al. (2011). **“Effects of 10 weeks walk training with leg blood flow reduction on carotid arterial compliance and muscle size in the elderly adults”**. Angiology; 62(1): 81-86.
15. Ozaki, H., Sakamaki, M., Yasuda, T, et al. (2011). **“Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants”**. J Gerontol A Biol Sci Med Sci; 66(3): 257-263.
16. Ozaki, H., Yasuda, T., Ogasawara, R., (2013). **“Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions”**. Eur J Appl Physiol; 113(1): 167-74.

17. Palmer, PES. **“Manual of diagnostic ultrasound. First edition, Geneva WHO”**. (1995). 49-51.
18. Petruzzello, SJ., Landers, DM., Hatfield, BD., et al. (1991). **“A metaanalysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise”**. Int J Sports Med; 11(5): 143-82.
19. Polito, MD., Farinatti, PTV. (2006). **“Blood pressure behavior after counter resistance exercise: a systematic review on determining variables and possible mechanism”**. Int J Sport Med: 345-350.
20. Renzi, CP., Tanaka, H., Sugawara, J. (2010). **“Effects of Leg Blood Flow Restriction during Walking on Cardiovascular Function”**. Med Sci Sports Exerc; 42(4): 726-732.
21. Rossow, LM., Fahs, Ch. A., Sherk, VD., et al. (2011). **“The effect of acute blood-flow-restricted resistance exercise on postexercise blood pressure”**. Clin Physiol Funct Imaging; 31: 429-434.
22. Sesso, HD., Stampfer, MJ., Rosner, B., et al. (2000). **“Systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, and mean arterial pressure as predictors of cardiovascular disease risk in Men”**. Hypertension; 36(5): 801-7.
23. Sowmya, R., Gupta, MKNR,. (2009). **“Cardiovascular autonomic responses to whole body isotonic exercise in normotensive healthy young adult males with parental history of hypertension”**. Indian J Physiol Pharmacol; 54(1): 37-44.
24. Taghizadeh, M., Ahmadizad, S., Hovanloo, F., Akbarinia, A. (2013). **“Hemodynamic changes in response to concentric and eccentric isokinetic contractions and subsequent recovery period”**. Cardiovascular Nursing Journal; 2(2): 48-56. [in Persian]
25. Takano, H., Morita, T., Iida, H., et al. (2005). **“Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow”**. Eur J Appl Physiol; 95: 65-73.
26. Bazgir, B., Rezazadeh Valojerdi, M., Rajabi, H., Fathi, R., Ojaghi, M., Emami Meybodi, MK., Gabriel, R., and et al. (2016) **“Acute Cardiovascular and Hemodynamic Responses to Low Intensity Eccentric Resistance Exercise with Blood Flow Restriction”**. Asian J Sports Med; 7(4): e38458.
27. Neto, GR., Sousa, MS., Costa e Silva, GV., Gil, AL., Salles, BF., Novaes JS. (2016) **“Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion”**. Clin Physiol Funct Imaging; 36(1):53–9.
28. Veloso, J., Polito, MD., Riera, T., (2010). **“Effects of Rest Interval between Exercise Sets on Blood Pressure after Resistance Exercises”**. Arq Bras Cardiology: 482-87.
29. Takarada, Y., Sato, Y., Ishii, N,. (2002). **“Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes”**. Eur J Appl Physiol; 86(5): 308-14.
30. Thompson, PD., Franklin, BA., Balady, GJ., et al. (2007). **“Exercise and acute cardiovascular events”**. Circulation; 115(17): 2358-68.

The Acute Response of Hemodynamic Parameters to Walking on a Treadmill with Blood Flow Restriction in Sedentary Young Girls

Faezeh Naserkhani^{1*} - Rahimeh Mahdizadeh²

1. MSc of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran 2. Associate Professor of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

(Received: 2016/5/21; Accepted: 2017/1/23)

Abstract

Changes in hemodynamic parameters during exercise is dependent on the type and volume of exercise. But these changes after exercise with blood flow restriction (BFR) are less considered. The aim of this study was to investigate the acute response of some hemodynamic parameters to a session of walking on a treadmill with BFR in young girls. 30 healthy young girls (mean age 20.27 ± 1.76 years and weight 53.61 ± 3.80 kg) who volunteered to participate in the study were selected as the sample and randomly assigned to 3 groups: 1-walking on a treadmill with BFR (intensity: 2 miles/hour, 5 sets of 2 minutes with one minute of rest between each set), 2-walking on a treadmill without BFR (with the same volume of BFR group) and 3-control (with BFR and without exercise). The heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP) and rate pressure product (RPP) were measured before and 20 minutes after the session. For blood flow restriction, Tourniquet device was used. MAP was calculated using the following formula for each person: $MAP = (DBP + 0.33(SBP - DBP))$. Data were analyzed by ANOVA test. Level of statistical significance was set at $P < 0.05$. The results showed that both BFR and non-BFR exercises increased HR, SBP, RPP significantly compared with pre-exercise amounts ($P < 0.05$). After one session of exercise, a significant difference was observed in RPP, HR and SBP among the three groups ($P < 0.05$). This increase was greater in BFR group than without BFR group while there was no significant difference in MAP and DBP among different groups after a session of walking on the treadmill with BFR ($P > 0.05$). The results showed that BFR changes some hemodynamic parameters which shows that the heart muscle needs increase in response to BFR exercises.

Keywords

Rate Pressure Product, Heart Rate, Mean Arterial Pressure, systolic blood pressure, Blood Flow Restriction.

* Corresponding Author: Email: Faezeh.naserkhani@yahoo.com ; Tel: +989155716114