Journal of Sport and Exercise Physiology
2024, 17(3): 56-70

Orginal Article

The effect of eight-week total-body resistance training (TRX) on hemodynamic parameters and body composition in overweight and obese pre-hypertensive women

Fatemeh Movaghar, Ali Samadi*, Amin Isanejad, Maryaam Khalesi

Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanities, Shahed University, Tehran, Iran

Abstract

Background and Purpose: High blood pressure is a serious yet modifiable risk factor for cardiovascular diseases. High blood pressure is a multifactorial condition, closely related to sedentary lifestyle. Overweight and obesity are main risk factors for this condition and exercise training is believed to be helpful in managing obesity and high blood pressure. However, few studies have investigated the potential impacts of resistance training especially isometric resistance training on body composition and hemodynamic parameters in overweight and obese women with high blood pressure.

Materials and Methods: The study included 22 pre-hypertensive women, with an average age of 38.41±4.96 years, body mass index 30.09±2.71 kg/m^2, systolic blood pressure 127.09±4.94, and diastolic pressure 86.77±6.76 mmHg. The participants were randomly assigned to either the control group (n=10) or the total resistance exercise (TRX, n = 12) group. The exercise program lasted 8 weeks, 3 sessions per week on alternate days. Each session involved 12 total body exercises using the TRX strap, focusing on static contractions of core muscles. Hemodynamic parameters and body composition were measured before and after the intervention under identical conditions. The paired samples t-test was used to analyze the within-group changes and the independent samples t-test with the gain scores method was used between-group comparisons ($p<0.05$).

Results: The results showed that eight weeks of TRX training led to significant improvement in body mass ($p=0.004$), body mass index ($p=0.006$), body fat percentage ($p=0.001$), waist circumference ($p=0.001$) and waist to hip ratio ($p=0.008$). Additionally, resting heart rate (7.44 %), systolic blood pressure (5.24 %), rate pressure product (12.25 %) and mean arterial pressure (6.67 %) all showed significant improvements in the intervention group ($p<0.05$). Between-group comparisons revealed that compared to the control group all body composition indices (body weight, body mass index, body fat percentage, waist circumference and waist to hip ratio) and hemodynamic variables (resting heart rate, diastolic blood pressure, double product and mean arterial pressure) were significantly improved in the TRX group, except for systolic blood pressure ($p=0.138$) and pulse pressure ($p=0.158$).

* Corresponding Author's E-mail: a.samadi@shahed.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.235981.1266
Received: 09/06/2024 Revised: 23/07/2024 Accepted: 30/07/2024

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Conclusions: TRX training has a positive effect on body composition and hemodynamic parameters, except for systolic blood pressure, in overweight and obese women with pre-hypertension. Therefore, it seems that TRX training is a safe and useful approach for weight control and blood pressure management in these individuals.

Keywords: Suspension Training, Isometric Contractions, High Blood Pressure, Overweight and Obesity

How to cite this article: Movaghar F, Samadi A, Isanejad A, Khalesi M. The effect of eight-week total-body resistance training (TRX) on hemodynamic parameters and body composition in overweight and obese women with pre-hypertension. J Sport Exerc Physiol. 2024;17(3):56-70.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۳، صفحه‌های ۵۶-۷۰

مقاله پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی تعلیقی (TRX) بر پارامترهای همودینامیک و ترکیب بدنی زنان اضافه وزن و چاق مبتلا به پیش‌پرفشارخونی

فاطمه موقر، علی صمدی*، امین عیسی‌نژاد، مریم خالصی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: فشارخون بالا عامل خطر عمده و در عین حال قابل پیشگیری بیماری‌های قلبی- عروقی است. این بیماری چندعاملی است و همبستگی نزدیکی با سبک زندگی غیرفعال دارد. اضافه وزن و چاقی از اصلی‌ترین علل بروز این بیماری به‌شمار می‌رود و تمرینات ورزشی می‌تواند به مدیریت پرفشارخونی کمک کند. با این همه، پژوهش‌های کمی آثار نهفتهٔ تمرینات مقاومتی به‌ویژه تمرینات با انقباضات ایستا را بر ترکیب بدنی و متغیرهای همودینامیک زنان مبتلا به فشارخون بالا بررسی کرده‌اند.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر روی ۲۲ زن مبتلا به پیش پرفشارخونی با سن ۴/۹۶ ± ۳۸/۴۱ سال، شاخص تودهٔ بدنی ۲/۷۱ ± ۳۰/۰۹ کیلوگرم بر مترمربع، فشارخون سیستولیکی ۴/۹۴ ± ۱۲۷/۰۹ و فشار دیاستولیکی ۶/۷۶ ± ۷۷/۸۶ میلی‌متر جیوه انجام گرفت. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی در دو گروه کنترل (n=۱۰) و تمرین مقاومتی تعلیقی (TRX) (n=۱۲) جایگزین شدند و مداخلهٔ تمرین به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و به‌صورت یک روز در میان انجام گرفت. هر جلسهٔ تمرین شامل ۱۲ حرکت کل بدن با بند TRX بود که مستلزم انقباض ایستای عضلات مرکزی بدن بودند. پارامترهای همودینامیک و شاخص‌های ترکیب بدن در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون در شرایطی کاملاً مشابه سنجیده شد. از آزمون آماری تی زوجی برای مقایسهٔ درون‌گروهی و از آزمون تی مستقل به روش gain score برای مقایسهٔ بین‌گروهی استفاده شد (P<۰/۰۵).

نتایج: نتایج بررسی درون‌گروهی نشان داد وزن بدن (P=۰/۰۰۴)، شاخص تودهٔ بدنی (P=۰/۰۰۶)، درصد چربی بدن (P=۰/۰۰۱)، دور کمر (P=۰/۰۰۱) و نسبت دور کمر به لگن (P=۰/۰۰۸) در حد معناداری در گروه تمرین TRX بهبود پیدا کرد. همچنین ضربان قلب استراحتی (۷/۴۴ درصد)، فشارخون سیستولیکی (۵/۲۴ درصد)، حاصل‌ضرب دوگانه (۱۲/۲۵ درصد) و میانگین فشار شریانی (۶/۶۷ درصد) در گروه TRX بهبود معناداری یافت (P<۰/۰۵). نتایج مقایسهٔ بین‌گروهی نیز نشان داد در مقایسه با گروه کنترل تمامی شاخص‌های ترکیب بدنی (وزن بدن، شاخص تودهٔ بدنی، درصد چربی بدن، دور کمر و نسبت دور کمر به لگن) و متغیرهای همودینامیک (ضربان قلب استراحتی، فشارخون دیاستولیکی، حاصل‌ضرب دوگانه و میانگین فشار شریانی)، به‌جز فشارخون سیستولیکی (P=۰/۱۳۸) و فشار نبض (P=۰/۱۵۸) در گروه تمرین TRX در حد معناداری بهبود یافت.

نتیجه‌گیری: تمرین TRX تأثیر مثبتی بر ترکیب بدنی و شاخص‌های همودینامیک زنان اضافه وزن و چاق مبتلا به پیش پرفشار خونی دارد. ازاین‌رو گمان می‌رود این نوع تمرین می‌تواند راهکار ایمن و مفیدی برای مدیریت وزن و فشارخون در این افراد باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی تعلیقی، انقباض‌های ایستا، فشارخون بالا، اضافه وزن، چاقی

نحوه استناد به این مقاله: موقر ف، صمدی ع، عیسی‌نژاد ا، خالصی م. تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی تعلیقی (TRX) بر پارامترهای همودینامیک و ترکیب بدنی زنان اضافه وزن و چاق مبتلا به پیش پرفشارخونی. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۳؛۱۷(۳):۵۶-۷۰.

* رایانامه نویسنده مسئول: a.samadi@shahed.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹

مقدمه

فشارخون زیاد یک عامل خطر بدون علامت اما پیشرو در بروز مرگ زودرس در سراسر جهان شناخته می‌شود. طبق آمار این بیماری عامل ۱۰/۸ میلیون مرگ مستقیم در سال ۲۰۱۹ بوده و در چهار دهۀ گذشته، تعداد افراد مبتلا به این بیماری ۹۰ درصد افزایش یافته است (۱). امروزه فشارخون بالا یک‌چهارم جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار داده است که این افراد بیشتر در کشورهای با درآمد کم و متوسط زندگی می‌کنند (۲). فشارخون سیستولیکی/ دیاستولیکی بالاتر از ۱۲۰/۸۰ و کمتر از ۱۴۰/۹۰ میلی‌متر جیوه به پیش‌پرفشارخونی موسوم است. با توجه به اینکه به‌تازگی، در تعریف فشارخون ارائه‌شده توسط کالج قلب و عروق و انجمن قلب آمریکا فشارخون بالای ۱۳۰/۸۰ میلی‌متر جیوه نیز جزو گروه فشارخون بالا دسته‌بندی شده است، ازاین‌رو طبق این معیار گسترش فشارخون بالا شاید بسیار بیشتر از آن چیزی است که گزارش شده است (۲).

داده‌های کنونی در خصوص همه‌گیری جهانی پرفشارخونی نشان می‌دهد اضافه وزن و چاقی اصلی‌ترین عامل خطر بروز این بیماری است (۳). افزایش وزن بدن به میزان پنج درصد با افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی احتمال بروز فشارخون بالا همراه است (۴). یک پژوهش پیگیر ۱۴ ساله روی ۸۲۸۸۲ زن بزرگسال نشان داد شاخص تودۀ بدنی (BMI) قوی‌ترین عامل خطر ابتلا به فشارخون بالا بود. در این پژوهش زنان چاق نزدیک پنج برابر بیشتر از زنان با BMI کمتر از ۲۳ به پرفشارخونی مبتلا بودند (۵). در مقابل، گزارش شده است که کاهش وزن حتی در حد متوسط تأثیرات مثبتی بر کاهش فشارخون در بیماران مبتلا به فشارخون بالا دارد (۶) و حتی در مقایسه با درمان دارویی، می‌تواند تأثیر بیشتری بر کاهش فشارخون داشته باشد (۲). روی‌هم‌رفته کاهش وزن بیشتر، با نتایج بهتری از نظر کاهش خطر بیماری‌های قلبی همبستگی دارد (۶). با اینکه اضافه وزن و چاقی عامل خطر قابل تعدیل برای فشارخون بالا شناخته می‌شود، طبق آمار گسترش اضافه وزن و چاقی در دنیا رو به افزایش است. بنابراین پیشگیری و مدیریت اضافه وزن و چاقی باید از اقدامات اولیه برای کاهش گسترش پرفشارخونی در نظر گرفته شود. کاهش وزن ابتدا از طریق رویکردهای غیردارویی مانند تغییر سبک زندگی انجام می‌شود و اساس درمان اضافه وزن و چاقی اصلاح سبک زندگی با هدف محدودیت کالری و افزایش فعالیت بدنی و ورزشی است (۷).

تمرینات مقاومتی (RE) جزء جدایی‌ناپذیری از برنامه‌های ورزشی با هدف بهبود سلامت است. در سال‌های اخیر، تمرینات مقاومتی افزون بر بهبود ظرفیت عملکردی عضلانی به‌طور گسترده در پژوهش‌های بالینی با هدف پیشگیری و درمان بیماری‌های مزمن مورد توجه قرار گرفته است (۸، ۹). این نوع تمرینات در درجۀ اول فشار مکانیکی بیشتری به عضلات وارد می‌کنند و موجب ایجاد سازگاری‌های عضلانی افزایش قدرت، تودۀ عضلانی و بهبود ترکیب بدنی می‌شوند. پژوهش‌های نشان داده‌اند این نوع تمرینات می‌توانند آثار مثبتی بر سوخت‌وساز گلوکز و چربی و حساسیت به انسولین داشته باشند (۱۰، ۱۱). افزون بر این، بسته به متغیرهای برنامۀ تمرینی، شدت و نوع انقباض‌های عضلانی استفاده‌شده این تمرینات دستگاه قلبی-عروقی را نیز به چالش می‌کشند و می‌توانند موجب ایجاد سازگاری‌های مرکزی و محیطی مانند تغییرات ساختاری و مورفولوژیکی در قلب و بهبود عملکرد اندوتلیال شوند (۱۲). الگوهای گوناگون جریان خون هنگام انقباض‌های پویا و ایستا و همچنین تفاوت در

مصرف اکسیژن (افزایش در انقباض‌های پویا) و مقاومت محیطی (افزایش در انقباض‌های ایستا) طی این تمرینات میزان فشارخون و سایر پاسخ‌های قلبی- عروقی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. ازاین‌رو به‌طور سنتی نگرانی‌هایی در زمینهٔ پاسخ‌های قلبی-عروقی به تمرین مقاومتی ایستا وجود دارد که شاید ریشه در ترس از پاسخ‌های قلبی- عروقی بیش‌ازحد و به‌ویژه افزایش زیاد در فشارخون دارد، که به لحاظ نظری خطری برای حوادث نامطلوب عروق مغزی و قلبی محسوب می‌شود (۱۳). در نتیجه تأیید اثربخشی و تجویز تمرینات مقاومتی ایستا، به همان اندازهٔ تمرین مقاومتی پویا، از سوی انجمن‌های پزشکی و ورزشی هنوز مورد تردید است.

هرچند انقباض‌های ایستا شدید و طولانی‌مدت می‌تواند به افزایش زیاد فشارخون منجر شود، گمان می‌رود استفاده از انقباض‌های ایستا با شدت متوسط به‌ویژه در کنار انقباض‌های عضلانی پویا می‌تواند پاسخ‌های قلبی- عروقی متعادل‌تری را در پی داشته باشد. همچنین بر اساس برخی یافته‌ها تمرین ورزشی ایستا در بزرگسالان دست‌کم تأثیرات مشابهی (اگر نه بیشتر) در کاهش فشارخون نسبت به تمرینات مقاومتی پویا دارد (۱۴، ۱۵). تمرین مقاومتی تعلیقی (TRX: Total Resistance Exercises) یکی از جدیدترین روش‌های تمرین مقاومتی است که شرایط منحصربه‌فردی برای اجرای انقباض کل بدن و به‌ویژه ناحیهٔ ثبات‌دهندهٔ مرکزی فراهم می‌کند. این روش تمرینی با تکیه بر یک سطح ناپایدار انجام می‌شود، به‌طوری‌که نیروی مقاوم، همان وزن خود شخص است. ازاین‌رو با توجه به ویژگی‌های این نوع تمرین افزون بر گروه‌های عضلانی اصلی که درگیر انقباض‌های پویا هستند، عضلات تثبیت‌کننده به‌ویژه عضلات ناحیهٔ مرکزی بدن برای حفظ وضعیت درست بدنی هنگام اجرای حرکات همواره به‌طور ایستا فعال‌اند (۱۶). این نوع تمرین در درجهٔ اول با هدف درمان و توانبخشی انجام می‌گرفت، اما آثار فیزیولوژیکی آن سبب شد تا به‌سرعت طرفداران خود را در تمامی گروه‌ها به‌ویژه در زنان پیدا کند که نوعاً تمایل چندانی به انجام شیوه‌های رایج تمرینات مقاومتی مثل کار با دستگاه و وزنه‌های آزاد ندارند. در تمرینات TRX همزمان با بهبود آمادگی عضلانی، به‌دلیل زیاد بودن تودهٔ عضلانی درگیر در حرکات صرف انرژی و کالری‌سوزی نیز به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (۱۷) که به لحاظ نظری می‌تواند برای مدیریت وزن کمک‌کننده باشد، ضمن اینکه به‌دلیل ترکیب انقباض‌های پویای اندام‌های انتهایی با انقباض‌های ایستا عضلات مرکزی بدن، می‌تواند پاسخ‌های قلبی-عروقی متعادل‌تری نسبت به سایر انواع تمرینات مقاومتی در پی داشته باشد. با اینکه پژوهش‌های اندکی دربارهٔ آثار قلبی-عروقی و سوخت‌وسازی این نوع تمرینات به‌ویژه در جمعیت‌های خاص انجام گرفته است، ازاین‌رو هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرین مقاومتی تعلیقی یا TRX بر پارامترهای همودینامیک و ترکیب بدنی زنان اضافه وزن و چاق مبتلا به پیش‌پرفشارخونی بود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: روش اجرای پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون است که روی نمونه‌های انسانی در دو گروه تجربی و کنترل انجام گرفت. در این پژوهش که به مدت هشت هفته به طول انجامید، تأثیر تمرین مقاومتی تعلیقی TRX بر عوامل همودینامیک و ترکیب بدنی بررسی شد. آزمودنی‌های پژوهش ۲۲ زن مبتلا به پیش‌پرفشارخونی با سن ۴/۸۱±۳۷/۴۲ سال، قد ۶/۶۹±۱۶۱/۶سانتی‌متر، وزن ۹/۴۸±۷۹/۲۹ کیلوگرم،

شاخص تودۀ بدنی ۲/۳۹±۳۰/۲۲ کیلوگرم بر متر مربع بودند که به روش هدفمند و از طریق فراخوان از شبکۀ بهداشت ساوه وارد پژوهش شدند. معیار ورود به پژوهش ابتلا به پیش‌پرفشارخونی (فشارخون سیستولیکی ۱۲۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر جیوه یا فشار دیاستولی ۸۰ تا ۹۰ میلی‌متر جیوه بود)، شاخص تودۀ بدنی ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع، نداشتن سایر بیماری‌های قلبی-عروقی، چربی خون بالا، دیابت، مشکل ارتوپدیکی یا وضعیت مزمن دیگری که مانع از توانایی انجام تمرینات شود، شرکت نکردن در برنامۀ فعالیت ورزشی منظم در شش ماه گذشته و مصرف نکردن سیگار بود. پیشینۀ پزشکی و وضعیت سلامت افراد و توانایی شرکت در پژوهش بر اساس پروندۀ سلامت موجود در مرکز بهداشت و فرم پیشینۀ سلامت (HHQ) و فرم آمادگی برای انجام فعالیت بدنی (PAR-Q) (۱۸) بررسی شد. عدم تمایل برای ادامۀ شرکت در پژوهش، بروز علائمی مبنی بر نوسان فشارخون، نیاز به شروع استفاده از داروهای تأثیرگذار بر نتایج پژوهش، غیبت بیشتر از سه جلسه یا عدم همکاری لازم در جلسات تمرین به‌عنوان معیار خروج از پژوهش در نظر گرفته شد.

روش اجرای پژوهش: در جلسۀ توجیهی پیش از شروع پژوهش، روند انجام کار، سنجش‌ها و ... برای آزمودنی‌ها تشریح و به پرسش‌های آنان پاسخ داده شد و رضایت‌نامۀ کتبی آگاهانه برای شرکت در پژوهش از آنان اخذ شد. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی در دو گروه تمرین (n=۱۲) و کنترل (n=۱۰) جایگزین شدند. سنجش‌های ترکیب بدنی (شامل وزن، دور کمر، شاخص تودۀ بدن، درصد چربی و نسبت دور کمر به لگن) و پارامترهای همودینامیک (فشارخون سیستولیکی، فشارخون دیاستولیکی، ضربان قلب استراحتی و حاصل‌ضرب دوگانه) در دو مرحلۀ پیش‌آزمون و پس‌آزمون (دو روز پس از آخرین جلسۀ تمرینی) در شرایط و محیط کاملاً یکسان و توسط پژوهشگر انجام گرفت. پیش از شروع پژوهش توصیه‌های عمومی تغذیه‌ای مبتنی بر رژیم غذایی برای زمان‌بندی و مدیریت کالری، درشت‌مغذی‌ها و سدیم دریافتی به همۀ آزمودنی‌ها ارائه شد. برای کنترل تغذیه و محاسبۀ کالری، از فرم یادآمد و بسامد غذایی استفاده شد. فرم یادآمد و بسامد غذایی به مدت سه روز هنگام اجرای تمرین (یک هفته پس از شروع برنامۀ تمرینی،) توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. روش کار به این صورت بود که افراد در مدت این سه روز (یک روز تعطیل و دو روز غیر تعطیل) هر مادۀ غذایی را دکه استفاده کرده بودند، ثبت کردند. سپس موارد ثبت‌شده به واحدهای موجود در نرم‌افزار Nutrition4 تبدیل و وارد محیط شد و تحلیل غذایی انجام گرفت. در نهایت خروجی مقدار درصد چربی، کربوهیدرات و مقدار کالری مصرفی و مقدار سدیم و املاح معدنی دیگر تحلیل و برآورد شد.

همچنین سنجش فشارخون سیستولیکی، دیاستولیکی و ضربان قلب توسط فشارسنج دیجیتال بازویی سی‌تی‌زن مدل CH-456 و در حالت استراحت انجام شد. برای ایجاد حالت استراحت کامل از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پنج دقیقه روی صندلی آرام بنشینند و بازوی خود را در سطح قلب روی دستۀ صندلی تکیه دهند، سپس سنجش انجام گرفت. فشار نبض (PP) تفاوت بین سیستول و دیاستول فشارخون است. حاصل‌ضرب دوگانه از حاصل‌ضرب فشارخون سیستولیکی در ضربان قلب استراحتی به‌دست آمد. میانگین فشار شریانی (MAP) نیز با فرمول زیر محاسبه شد (۱۹):

۱/۳ فشارخون دیاستولی + (MAP) میانگین فشار شریانی
(فشارخون دیاستولی – فشارخون سیستولی)

برآورد درصد چربی بدن نیز با استفاده از کالیپر (با

دقت ۰/۵ میلی‌متر) و به روش سه‌نقطه‌ای جکسون و پولاک، و سنجش ضخامت چین پوستی در نواحی سینه، شکم و ران، انجام گرفت. با هدف افزایش دقت، تمام اندازه‌گیری‌ها از سمت راست بدن آزمودنی‌ها انجام گرفت و در هر نقطه سه مرتبه تکرار شد. میانگین سه اندازهٔ به‌دست‌آمده به‌عنوان رقم هر نقطه ثبت شد. برای محاسبهٔ درصد چربی کل بدن از فرمول زیر استفاده شد (۱۸):

درصد چربی بدن =

[(۴/۹۵ ÷ چگالی بدن) − ۴/۵] × ۱۰۰

چگالی بدن (BD) = ۰/۰۰۹۳۸ − (۰/۰۰۰۸۲۶۷ × S) + (۰/۰۰۰۰۰۱۶ × S۲) − (۰/۰۰۰۲۵۷۴ × سن)

S = ناحیهٔ سینه + ناحیهٔ شکم + ناحیهٔ ران

سپس، سنجش دیگر شاخص‌های ترکیب بدنی شامل قد، وزن، BMI، دور کمر (WC) و نسبت دور کمر به لگن (WHR) بر اساس استانداردهای ارزیابی‌های آنتروپومتریکی (ISAK) انجام گرفت (۲۰). برای این سنجش‌ها از قدسنج دیواری و ترازوی دیجیتالی امرن مدل Bf 511 و متر نواری استفاده شد. وزن‌کشی آزمودنی‌ها با لباس سبک و سنجش قد بدون کفش و در وضعیت ایستاده و صاف انجام شد. اندازه‌گیری دور کمر دو و نیم سانتی‌متر بالای ناف و در پایان یک بازدم طبیعی انجام شد. دور لگن نیز در پهن‌ترین بخش باسن، به‌صورت عرضی و بدون فشردگی پوست اندازه‌گیری شد. تمام سنجش‌ها دو بار تکرار شد و در صورت بروز اختلاف بین اندازه‌ها، میانگین اعداد به‌دست‌آمده به‌عنوان عدد نهایی ثبت شد. BMI از تقسیم وزن به مجذور قد و WHR از تقسیم دور کمر به محیط لگن محاسبه شد. جدول ۱ شامل مشخصات ظاهری و ویژگی‌های آنتروپومتریک گروه‌های مورد پژوهش است. شایان ذکر است که پژوهش حاضر پیش از شروع و انجام تمرین توسط کمیتهٔ اخلاق دانشگاه شاهد با شناسهٔ IR.SHAHED.REC.1397.016 تأیید شد.

گام بعدی آشناسازی آزمودنی‌ها با روش تمرین، نحوهٔ انجام صحیح حرکات بود. روش اصلی تمرین شامل هشت هفته تمرین TRX بود که سه روز در هفته، به‌صورت یک روز در میان، برگزار شد. جزئیات دقیق تمرین در جدول ۱ ارائه شده است. این روش با هدف درگیری کل بدن (حرکات بالاتنه، میان‌تنه و پایین‌تنه) و انجام حرکات در همهٔ صفحات حرکتی (سهمی، تاجی و افقی) طراحی شده بود. اعمال اضافه بار بر اساس سه اصل پایه‌ای تمرینات TRX شامل اصل آونگی (تغییر موقعیت نسبت به تکیه‌گاه) و اصل مقاومت بُرداری (تغییر زاویهٔ بدن) و اصل پایداری (اندازه و موقعیت قرارگیری مرکز ثقل بدن) اعمال شد. هر جلسهٔ تمرین با ۱۰ دقیقه گرم کردن آغاز می‌شد و با پنج دقیقه سرد کردن خاتمه می‌یافت. گرم کردن به‌صورت عمومی و کل بدن با حرکات هوازی و تخصصی با حرکات کششی با بند TRX انجام می‌شد. طی پژوهش آزمودنی‌های گروه کنترل به زندگی عادی خود پرداختند و از آن‌ها خواسته شد تغییری در سبک زندگی معمول خود ایجاد نکنند.

تحلیل آماری: داده‌های توصیفی به شکل میانگین و انحراف معیار بیان شده است. برای بررسی تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد. همچنین تغییرات بین‌گروهی با استفاده از آزمون تی به روش gain-score انجام گرفت. همهٔ تحلیل‌های آماری از طریق نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۶ و در سطح معناداری P< ۰/۰۵ انجام شد.

جدول ۱. روش تمرین TRX

ماه اول											
نوع حرکت	پرس سینه	دراز و نشست کمکی	لانژ کمکی	پرس سینهٔ تک‌پا	اسکات بالای سر	اسکات	پشت‌بازو	بالا بردن پا مورب	لانژ تعادلی	فلای دلتوید پایینی	پلانک روی آرنج	پشت‌پا
تکرار حرکت (ثانیه)	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
استراحت بین تکرارها (ثانیه)	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
تعداد نوبت‌ها	۳ نوبت											
استراحت بین نوبت	۶۰-۹۰ ثانیه											
ماه دوم												
نوع حرکت	پرس سینه (شیب)	دراز و نشست مقاومتی	لانژ از عقب	پارویی بالایی	رها کردن باسن ایستاده	اسکات	پشت‌بازو کیک بک	بالا بردن پا با بند	لانژ از جانب	فلای دلتوئید T	پلانک روی دست‌ها	پشت‌پا (بالا کشیدن باسن)
تکرار حرکت (ثانیه)	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
استراحت بین تکرارها (ثانیه)	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
تعداد نوبت‌ها	۳ نوبت											
استراحت بین نوبت‌ها	۳۰-۶۰ ثانیه											

نتایج

نتایج توصیفی آزمودنی به تفکیک گروه در جدول ۲ ارائه شده است. بررسی داده‌ها در مرحلهٔ پیش‌آزمون نشان داد تفاوت معناداری بین گروه‌های کنترل و تمرین TRX وجود ندارد (P >۰/۰۵).

جدول ۳ شامل داده‌های وضعیت تغذیه‌ای آزمودنی‌های دو گروه شامل درصد کربوهیدرات، چربی و پروتئین رژیم غذایی و همچنین، مقدار سدیم و کالری دریافتی روزانه توسط آزمودنی‌ها در گروه کنترل و تمرین TRX است. همان‌طورکه مقدار P نشان می‌دهد، بین گروه‌ها تفاوت معناداری از نظر کالری و سدیم دریافتی و همچنین درصد کربوهیدرات، پروتئین و چربی در رژیم غذایی‌شان وجود نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها (n=۲۲)

متغیر	کنترل	تمرین TRX	مقدار P
سن (سال)	۳۷/۴۲ ± ۴/۸۱	۳۹/۶۰ ± ۵/۱۲	۰/۳۱۶
قد (متر)	۱/۶۲ ± ۰/۰۷	۱/۶۰ ± ۰/۶۷	۰/۶۶۴
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۲۷ ± ۱۱/۹۸	۷۹/۲۹ ± ۹/۴۸	۰/۶۶۳

جدول ۳. وضعیت کالری، درشت‌مغذی و سدیم دریافتی آزمودنی‌ها در گروه‌های مورد پژوهش

گروه	کنترل	تمرین TRX	مقدار P
کالری دریافتی (Kcal)	۲۰۹۳/۰۵±۳۳۰/۰۵	۲۲۲۲/۰۴±۲۷۲/۵	۰/۱۰۴
سدیم دریافتی (mg)	۱۱۷۶/۰۱±۱۰۹۵/۷	۱۲۷۵/۰۶±۱۰۹۱/۸	۰/۷۲۷
پروتئین (٪)	۱۶/۳±۲/۹	۱۷/۳±۴/۰۶	۰/۳۱۶
کربوهیدرات (٪)	۶۲/۲±۱۱/۷	۶۶/۲±۸/۹	۰/۱۵۰
چربی (٪)	۲۱/۲ ±۱۱/	۱۶/۸ ±۶/۶۳	۰/۰۶۹

یافته‌های مربوط به تأثیر تمرین TRX بر شاخص‌های ترکیب بدن (شامل وزن، شاخص تودهٔ بدنی، درصد چربی، دور کمر و نسبت دور کمر به لگن) در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج آزمون تی جفتی در دو گروه مورد پژوهش نشان داد همهٔ شاخص‌های ترکیب بدنی سنجیده‌شده از مرحلهٔ پیش‌آزمون به پس‌آزمون در آزمودنی‌های گروه TRX در حد معناداری بهبود یافت (P<۰/۰۵)، ولی در گروه کنترل تغییر معناداری دیده نشد (P>۰/۰۵). همچنین مقایسهٔ تغییرات بین‌گروهی نشان‌دهندهٔ آن بود که مداخلهٔ تمرین TRX به کاهش معنادار وزن بدن (P=۰/۰۳۱)، BMI (P=۰/۰۳۹)، درصد چربی بدن (P=۰/۰۰۱)، دور کمر (P=۰/۰۱۸) و WHR (P=۰/۰۳۲) در آزمودنی‌های گروه تمرین نسبت به گروه کنترل منجر شد.

جدول ۴. مقایسهٔ درون و بین‌گروهی شاخص‌های ترکیب بدنی آزمودنی‌ها

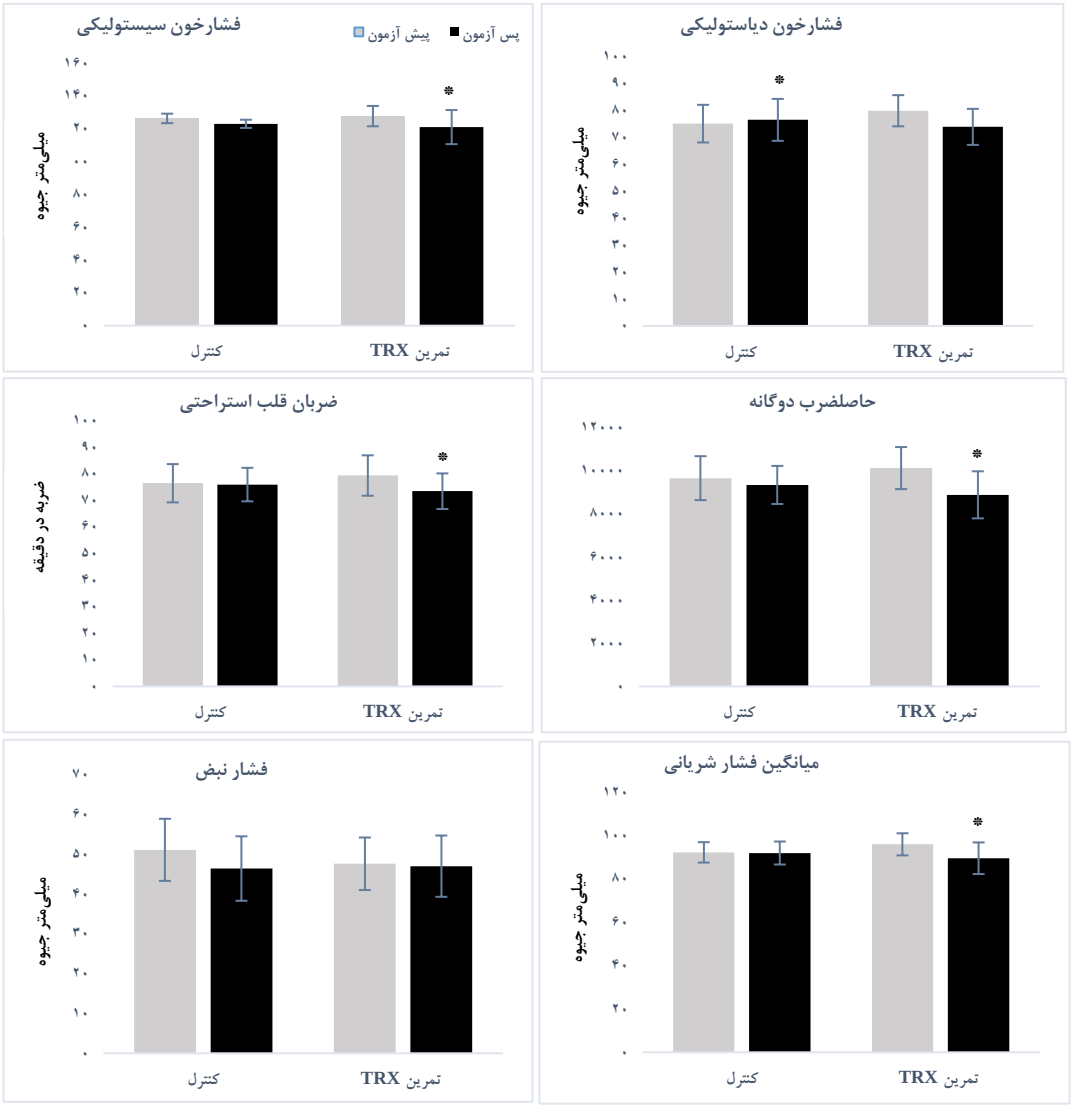
گروه / متغیرها	تمرین TRX				مقدار P بین‌گروهی	کنترل			
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	مقدار P		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	مقدار P
وزن بدن	۷۹/۲ ± ۹/۴	۷۶/۴ ± ۹/۹	- ۳/۵۳	۰/۰۰۴*	۰/۰۳۱#	۷۷/۲ ± ۱۱/۹	۷۶/۵ ± ۱۱/۸	- ۰/۹۰	۰/۰۸۰
BMI (kg/m^2)	۳۰/۲ ± ۲/۴	۲۹/۱ ± ۲/۴	- ۳/۶۴	۰/۰۰۶*	۰/۰۳۹#	۲۹/۹ ± ۳/۲	۲۹/۶ ± ۳/۲	- ۱	۰/۰۹۲
PBF (٪)	۳۸/۸ ± ۳	۳۵/۷ ± ۳/۹	- ۷/۹۹	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱#	۳۸/۶ ± ۳/۸	۳۸/۳ ± ۳/۸	- ۰/۷۷	۰/۲۱۶
WHR	۰/۹۲ ± ۰/۰۵	۰/۸۹ ± ۰/۰۵	- ۳/۲۶	۰/۰۰۸*	۰/۰۳۲#	۰/۹۰ ± ۰/۰۵	۰/۸۹ ± ۰/۰۶	- ۱/۱۱	۰/۱۶۸
WC (cm)	۱۰۱ ± ۶/۹	۹۶/۴ ± ۶/۹	- ۴/۵۵	۰/۰۰۱*	۰/۰۱۸#	۹۸/۶ ± ۱۱/۱	۹۷/۴ ± ۱۱/۹	- ۱/۲۱	۰/۱۴۷

BMI: شاخص تودهٔ بدنی؛ PBF: درصد چربی بدنی؛ WHR: نسبت دور کمر به لگن؛ WC: دور کمر

* نشان‌دهندهٔ تغییرات معنادار درون‌گروهی

نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین‌گروهی

تغییرات پارامترهای همودینامیک (فشارخون سیستولیکی و دیاستولیکی، ضربان قلب استراحتی، حاصل‌ضرب دوگانه، فشار نبض و میانگین فشار شریانی) در آزمودنی‌های گروه تمرین و کنترل در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این یافته‌ها تغییرات مثبت و معناداری در تمامی متغیرهای همودینامیک آزمودنی‌های گروه تمرین TRX، به‌جز فشارخون دیاستولیکی (P=۰/۰۶۶) و فشار نبض (P=۰/۷۷۲)، پس از هشت هفته تمرین TRX دیده شد. مقایسهٔ بین‌گروهی نیز نشان داد شاخص‌های همودینامیک ضربان قلب استراحتی (P=۰/۰۰۲)، فشارخون دیاستولیکی (P=۰/۰۰۵)، حاصل‌ضرب دوگانه (P=۰/۰۰۶) و میانگین فشار شریانی (P=۰/۰۰۴) آزمودنی‌ها پس از هشت هفته تمرین TRX در حد معناداری در مقایسه با آزمودنی‌های گروه کنترل کاهش یافت.



شکل ۱. تغییر پارامترهای همودینامیک شامل فشارخون سیستولیکی، فشارخون دیاستولیکی، ضربان قلب استراحتی، حاصلضرب دوگانه، فشار نبض و میانگین فشار شریانی در گروه تمرین TRX و کنترل

*** نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون**

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی تعلیقی/ TRX بر برخی عوامل همودینامیک و ترکیب بدنی زنان اضافه وزن و چاق مبتلا به پیش پرفشارخونی انجام گرفت. نتایج نشان داد هشت هفته تمرین TRX پارامترهای همودینامیک (ضربان قلب استراحتی و حاصلضرب دوگانه، فشارخون دیاستولیکی و میانگین فشار شریانی) و همچنین، شاخص‌های ترکیب بدن (BMI، درصد چربی، WC و WHR) زنان دارای اضافه وزن و چاق مبتلا به پیش‌پرفشارخونی را به‌طور معناداری بهبود بخشید. پژوهش‌های زیادی از این دیدگاه حمایت می‌کنند که فشارخون بالا پیامد ثانویهٔ چاقی است و چربی اضافی بدن عامل ۶۵ تا ۷۸ درصد از ابتلای افراد به فشارخون اولیه است (۵). این پژوهش‌ها درصد چربی بدن و شاخص‌های آنتروپومتریکی مانند BMI، WC و WHR را معیاری قدرتمند و قابل قبول برای پیش‌بینی پرفشارخونی گروه‌های گوناگون معرفی می‌کنند (۲۱). ازاین‌رو

کاهش وزن ناشی از مداخلات ورزشی به‌عنوان راهکاری غیردارویی و کارامد در کنترل فشارخون بالا مطرح است. بیشتر پژوهش‌های انجام‌گرفته در این زمینه بر مداخلات تمرینی استقامتی و هوازی با هدف کاهش وزن و در نتیجه مدیریت و کنترل فشارخون بالا در افراد دارای اضافه وزن و چاق تأکید دارند. با اینکه در پژوهش حاضر نشان داده شد تمرینات مقاومتی TRX که مستلزم انقباض ایستای تنه ضمن انقباض‌های پویای اندام‌های انتهایی فعال در هر حرکت تمرینی است، به بهبود شاخص‌های آنتروپومتریکی و پارامترهای همودینامیک زنان چاق مبتلا به چاقی انجامید. طبق این یافته‌ها، در آزمودنی‌های گروه تمرین درصد چربی بدن ۷/۹۹، ضربان قلب استراحتی ۷/۴۴ درصد، فشارخون دیاستولیکی ۷/۵ درصد، فشارخون سیستولیکی ۵/۲۴ درصد و حاصل‌ضرب دوگانه ۱۲/۲۵ درصد کاهش یافت. این یافته‌ها همسو با پژوهش‌هایی است که تمرینات مقاومتی را به‌عنوان راهبرد مداخله‌ای ارزشمند برای کنترل پرفشارخونی وابسته به چاقی معرفی می‌کنند (۲۲، ۲۳). تمرینات مقاومتی با بهبود ترکیب بدنی می‌تواند در مدیریت فشارخون مؤثر باشد و اگر کل بدن همراه با طولانی شدن انقباضات ایستا و یا انقباض عضلات مرکزی را موجب شود، آثار مثبت بیشتری می‌تواند به‌همراه داشته باشد. پژوهش مروری انجام‌گرفته در این زمینه نشان داد تمرینات مقاومتی روش تمرینی بسیار مؤثری برای افزایش تودهٔ بدون چربی به‌همراه کاهش درصد چربی و تودهٔ چربی کل بدن است (۲۴). همسو با یافته‌های پژوهش حاضر پالوچ و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند که تمرینات مقاومتی به‌تنهایی می‌تواند در بزرگسالان مبتلا به اضافه وزن یا چاقی موجب افزایش تودهٔ بدون چربی بدن، کاهش درصد و تودهٔ چربی کل بدن در مقایسه با گروه کنترل شود (۲۵).

سازوکارهای فیزیولوژیکی مسئول کاهش فشارخون پس از ورزش مقاومتی هنوز به‌طور دقیق مشخص نشده است. یکی از سازوکارهای مطرح‌شدهٔ کاهش ذخایر چربی، به‌ویژه چربی نابجا، ناشی از این نوع تمرینات است (۲۶). سازوکارهای پاتوفیزیولوژیکی که بافت چربی را با فشارخون بالا مرتبط می‌کند، پیچیده است و شامل فعال شدن بیش‌ازحد دستگاه عصبی سمپاتیک، تحریک دستگاه رنین-آنژیوتانسین-آلدوسترون، تغییرات در سایتوکاین‌های مشتق از چربی مانند لپتین، مقاومت به انسولین و تغییرات ساختاری و عملکردی کلیه است (۵). بیش‌فعالی دستگاه عصبی سمپاتیک، به‌ویژه در کلیه‌ها، به‌همراه هیپرانسولینمی ناشی از مقاومت به انسولین باعث تحریک بازجذب سدیم، افزایش احتباس سدیم و افزایش حجم پلاسمای خون می‌شود. هیپرانسولینمی همچنین دستگاه رنین-آنژیوتانسین-آلدوسترون و بیش‌فعالی سمپاتیکی را تحریک می‌کند و در نتیجه سبب تسریع آترواسکلروز از طریق هایپرتروفی سلول‌های عضلهٔ صاف عروق می‌شود که به افزایش مقاومت عروق محیطی کمک می‌کند. افزایش فعالیت دستگاه رنین-آنژیوتانسین-آلدوسترون همچنین اضافه بار حجمی را در افراد چاق موجب می‌شود (۲۷).

یکی دیگر از سازوکارهای کاهش فشارخون در پی تمرینات مقاومتی، افزایش تودهٔ عضلات اسکلتی است که می‌تواند به بهبود در مدولاسیون خودکار و عملکرد اندوتلیال منجر شود (۸). یک پژوهش مقطعی آینده‌نگر، ۱۵۰۶ مرد مبتلا به فشارخون بالای ۴۰ سال را به مدت دو دهه بررسی کرد. یافته‌ها نشان داد سطوح بالاتر تودهٔ عضلانی خطر مرگ ناشی از همهٔ علل از جمله پرفشارخونی را کاهش می‌دهد. بر اساس این نتایج تودهٔ عضلانی ناشی از تمرینات مقاومتی عامل مهمی است که باید در افراد با فشارخون بالا مورد توجه قرار گیرد (۲۸). اگرچه داده‌های قبلی تأثیر بیشتر ورزش را، زمانی‌که با کاهش وزن همراه بوده است، نشان داده‌اند، اما سازوکارهایی مطرح شده است که می‌تواند کاهش

فشارخون را مستقل از تغییرات وزنی ناشی از مداخلات ورزشی نیز توجیه کند. شماری از این سازوکارها عبارت‌اند از: بهبود عملکرد اندوتلیال، کاهش مقاومت عروق محیطی، کاهش ضربان قلب استراحتی و سفتی شریانی. یکی از سازوکارهای شناخته‌شده آن است که تمرینات مقاومتی بیوسنتز و فعالیت نیتریک اکساید سنتاز اندوتلیال را بهبود می‌بخشد و به افزایش سطوح فیزیولوژیکی نیتریک اکساید منجر می‌شود. نیتریک اکساید نقش برجسته‌ای در کنترل تون عروق دارد و سبب کاهش فشارخون می‌شود (۲۸). فرضیهٔ دیگر کاهش فعالیت سمپاتیکی در دورهٔ پس از فعالیت ورزشی است. پژوهش‌هایی که با استفاده از تمرینات قدرتی در بیماران مبتلا به فشارخون بالا انجام شده است، کاهش سطح آدرنالین و سطح گلوکز خون و LDL را گزارش کرده‌اند (۱۲). این تمرینات همچنین با افزایش میزان آدیپونکتین موجب کاهش سطح پلاسمایی مولکول چسبان بین‌سلولی-۱(ICAM-1) می‌شود (۲۹). چسبندگی و مهاجرت مونوسیت با واسطهٔ ICAM-1 نقش مهمی در افزایش فشارخون شریانی ناشی از Ang II و اختلال عملکرد عروقی دارد (۳۰).

بخش دیگر یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد در مقایسهٔ بین‌گروهی شاخص‌های ضربان قلب استراحت، فشارخون دیاستولیکی، حاصل‌ضرب دوگانه و میانگین فشار شریانی زنان مبتلا به پیش‌پرفشارخونی پس از هشت هفته تمرین به‌طور معناداری یافت. این یافته‌ها همسو با نتایج پژوهش‌هایی است که کاهش ضربان قلب استراحتی را در پی تمرینات مقاومتی با جزء ایستا گزارش کرده‌اند. از دلایل و سازوکارهای فیزیولوژیکی می‌توان به آنزیمی به نام دوپامین بتا هیدروکسیلاز اشاره کرد که احتمالاً در هیپوتالاموس کاهش می‌یابد. کاهش این آنزیم فعالیت محیطی اپی‌نفرین را در پاسخ به تحریک‌ها کاهش می‌دهد و به کاهش ضربان قلب استراحتی کمک می‌کند (۳۱). در مقابل، برخی گزارش‌ها عدم تأثیر تمرینات مقاومتی بر تغییرپذیری ضربان قلب و حتی کاهش تعدیل پاراسمپاتیکی پس از تمرینات مقاومتی حاد را گزارش کرده‌اند (۱۲، ۳۲). طبق برنامهٔ آموزش فشارخون کانادا مزایای ورزش مقاومتی بر فشارخون به تنظیم متغیرهای تمرین (شدت، تعداد نوبت‌ها و تکرارها، استراحت بین نوبت‌ها و تمرینات، دفعات و سرعت و ترتیب تمرینات) بستگی دارد (۲۸). ازاین‌رو در توجیه یافته‌های متناقض پژوهش‌ها عوامل بی‌شماری باید دیده شوند. این عوامل شامل ویژگی‌های روش تمرین مقاومتی (شدت، حجم، بسامد و مدت تمرین) و همچنین وضعیت سلامتی (فشارخون نرمال یا بالاتر از حد طبیعی) و وضعیت آمادگی شرکت‌کنندگان است.

روی‌هم‌رفته بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت گمان می‌رود تمرین مقاومتی تعلیقی/TRX راهکار مناسبی برای مدیریت وزن و ترکیب بدنی در زنان مبتلا به چاقی و پیش پرفشارخونی است. همچنین این نوع تمرینی، به‌واسطهٔ ترکیب انقباضات ایستای میان‌تنه و انقباض‌های پویای اندام‌های انتهایی نه‌تنها در افراد مبتلا به پیش پرفشارخونی ایمن است، بلکه می‌تواند به مدیریت فشارخون آن‌ها نیز کمک کند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین‌وسیله از تمام شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌کنند. همچنین از خانم غزاله مشتاق برای کمک در ارزیابی و تحلیل تغذیه‌ای کمال تشکر را داریم.

حمایت مالی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ فیزیولوژی ورزشی و تندرستی دانشگاه شاهد است و حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

مقالهٔ حاضر مستخرج از پایان‌نامهٔ دانشجویی است و نویسندگان در نقش مجری، استاد راهنما و مشاور در اجرا و نگارش آن نقش داشتند.

تضاد منافع

طبق اعلام همهٔ نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Schutte AE, Jafar TH, Poulter NR, Damasceno A, Khan NA, Nilsson PM, et al. Addressing global disparities in blood pressure control: perspectives of the International Society of Hypertension. Cardiovascular research. 2023;119(2):381-409.

2. Hinton TC, Adams ZH, Baker RP, Hope KA, Paton JF, Hart EC, et al. Investigation and treatment of high blood pressure in young people: too much medicine or appropriate risk reduction? Hypertension. 2020;75(1):16-22.

3. Wijaya LN. Body Mass Index Status With Hypertension. International Journal Of Nursing And Midwifery Science (IJNMS). 2023;7(2):136-41.

4. Gouda TMHG. The effect of reducing consumption of carbohydrate foods on the high blood pressure level for people with obesity and hypertension. Journal of Research in the fields of Specific Education. 2024;10(50):93-110.

5. Shariq OA, McKenzie TJ. Obesity-related hypertension: a review of pathophysiology, management, and the role of metabolic surgery. Gland surgery. 2020;9(1):80.

6. Fantin F, Giani A, Zoico E, Rossi AP, Mazzali G, Zamboni M. Weight loss and hypertension in obese subjects. Nutrients. 2019;11(7):1667.

7. Gallo S, Cheskin LJ. Treatment of obesity: Beyond the diet. Gastroenterology Clinics. 2021;50(1):113-25.

8. Abou Sawan S, Nunes EA, Lim C, McKendry J, Phillips SM. The health benefits of resistance exercise: beyond hypertrophy and big weights. Exercise, Sport, and Movement. 2023;1(1):e00001.

9. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Nunes JP. Large and small muscles in resistance training: Is it time for a better definition? Strength & Conditioning Journal. 2017;39(5):33-5.

10. Kobayashi Y, Long J, Dan S, Johannsen NM, Talamoa R, Raghuram S, et al. Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes: a randomised controlled trial. Diabetologia. 2023;66(10):1897-907.

11. Jangjo-Borazjani S, Dastgheib M, Kiyamarsi E, Jamshidi R, Rahmati-Ahmadabad S, Helalizadeh M, et al. Effects of resistance training and nigella sativa on type 2 diabetes: implications for metabolic markers, low-grade inflammation and liver enzyme production. Archives of Physiology and Biochemistry. 2023;129(4):913-21.

12. Correia RR, Veras ASC, Tebar WR, Rufino JC, Batista VRG, Teixeira GR. Strength training for arterial hypertension treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Scientific reports. 2023;13(1):201.

13. Kounoupis A, Papadopoulos S, Galanis N, Dipla K, Zafeiridis A. Are blood pressure and cardiovascular stress greater in isometric or in dynamic resistance exercise? Sports. 2020;8(4):41.

14. Kelley GA, Kelley KS, Stauffer BL. Isometric exercise and inter-individual response differences on resting systolic and diastolic blood pressure in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. Blood Pressure. 2021;30(5):310-21.

15. Millar PJ, Smart NA. Isometric Exercise Training for Blood Pressure Management: A Systematic Review and Meta-analysis. 2014.

16. Khoshmaram F, Sadeghi H, Eftekhari F. Comparison of electromyographic activity of selected core muscles while performing selected core stability exercises using TRX. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019;8(3):140-9.

17. Akbarpour Beni M, Alishirazi M. The Effects of TRX and Traditional Resistance Training on Some of Cardiovascular Risk Factors in Sedentary Women. Journal of Vessels and Circulation. 2021;2(2):85-92.

18. Pescatello LS, Editor. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 9th edition: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.

19. Tien LY, Morgan WH, Cringle SJ, Yu D-Y. Optimal calculation of mean pressure from pulse pressure. American Journal of Hypertension. 2023;36(6):297-305.

20. Norton KI. Standards for anthropometry assessment. Kinanthropometry and exercise physiology: Routledge; 2018. p. 68-137.

21. Borges LL, de Lima TR, Silva DAS. Accuracy of anthropometric indicators of obesity to identify high blood pressure in adolescents—systematic review. PeerJ. 2022;10:e13590.

22. MacDonald HV, Johnson BT, Huedo-Medina TB, Livingston J, Forsyth KC, Kraemer WJ, et al. Dynamic resistance training as stand-alone antihypertensive lifestyle therapy: a meta-analysis. Journal of the American Heart Association. 2016;5(10):e003231.

23. Casonatto J, Goessler KF, Cornelissen VA, Cardoso JR, Polito MD. The blood pressure-lowering effect of a single bout of resistance exercise: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. European journal of preventive cardiology. 2016;23(16):1700-14.

24. Wewege MA, Desai I, Honey C, Coorie B, Jones MD, Clifford BK, et al. The effect of resistance training in healthy adults on body fat percentage, fat mass and visceral fat: a systematic review and meta-analysis. Sports medicine. 2022;52(2):287-300.

25. Paluch AE, Boyer WR, Franklin BA, Laddu D, Lobelo F, Lee D-c, et al. Resistance exercise training in individuals with and without cardiovascular disease: 2023 update: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2024;149(3):e217-e31.

26. Battista F, Ermolao A, van Baak MA, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of exercise on cardiometabolic health of adults with overweight or obesity: Focus on blood pressure, insulin resistance, and intrahepatic fat—A systematic review and meta-analysis. Obesity Reviews.

2021;22:e13269.

27. Tanaka M. Improving obesity and blood pressure. Hypertension Research. 2020;43(2):79-89.

28. De Sousa EC, Abrahin O, Ferreira ALL, Rodrigues RP, Alves EAC, Vieira RP. Resistance training alone reduces systolic and diastolic blood pressure in prehypertensive and hypertensive individuals: meta-analysis. Hypertension Research. 2017;40(11):927-31.

29. Swati S, Sonia SK. Effects of aerobic versus resistance training on blood pressure in hypertensive patients. J Anesth Crit Care Open Access. 2015;3(3):1-6.

30. Lang P-P, Bai J, Zhang Y-L, Yang X-L, Xia Y-L, Lin Q-Y, et al. Blockade of intercellular adhesion molecule-1 prevents angiotensin II-induced hypertension and vascular dysfunction. Laboratory investigation. 2020;100(3):378-86.

31. Hall JE, Hildebrandt DA, Kuo J. Obesity hypertension: role of leptin and sympathetic nervous system. American journal of hypertension. 2001;14(S3):103S-15S.

32. Kingsley JD, Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. Clinical physiology and functional imaging. 2016;36(3):179-87.