

The Effect of Aquatic High-Intensity Interval Training (HIIT) and Detraining on Blood Pressure in Elderly Women with Resistant Hypertension

Received:

2025/10/13

Accepted:

2026/02/23

Online ISSN

3060-7078

Mahbanou Ghaderi¹

Masoomeh seif¹

1. Department of Sport Sciences, Nahavand Higher Education Complex, BU-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*Correspondence:

Mahbanou Ghaderi

Email: m.ghaderi@basu.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0003-3457-4697>

ABSTRACT

Introduction: This study aimed to investigate the effects of aquatic high-intensity interval training (HIIT) and detraining on blood pressure in elderly women with resistant hypertension.

Materials and Methods: This study was conducted on elderly women with resistant hypertension, including 22 participants in the exercise group and 8 in the control group. The aquatic interval training program included stationary running, cross-country skiing, jumping jacks, and frontal kicks to 90°. Training intensity progressively increased from 9–14 on the Borg Rating of Perceived Exertion scale during the first week to 17 by week 24. Resting blood pressure was measured before the start of the training program and 72 hours after the final training session at weeks 8, 12, 16, 20, and 24. After 12 weeks, the training group was divided into three subgroups: continuation, reduced-training, and detraining groups. A mixed-design repeated-measures ANOVA was used to examine both intra-group and inter-group differences, with the significance level set at $P < 0.05$.

Results: Twelve weeks of aquatic HIIT resulted in a significant reduction in both systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) ($P < 0.05$). Inter-group comparisons at week 24 showed that both the continuation and reduced-training groups had significantly lower SBP and DBP compared with the detraining group ($P < 0.05$). In intra-group comparisons, the continuation group demonstrated significant reductions in SBP and DBP at weeks 20 and 24 compared with earlier measurement points ($P < 0.05$).

Conclusion: Aquatic HIIT appears to be an effective non-pharmacological strategy for reducing blood pressure in elderly women with resistant hypertension. Moreover, the beneficial effects of this training modality are maintained throughout the training period and are partially preserved even after a period of detraining.

Keywords: Aquatic Exercise, High-Intensity Interval Training, Detraining, Resistant Hypertension, Hypertension

Extended Abstract

Introduction:

Resistant hypertension (RH) represents one of the most challenging forms of hypertension to manage effectively. Non-pharmacological strategies, such as lifestyle modification — particularly regular physical activity— play a crucial role in blood pressure (BP) management among patients with RH. Recent guidelines recommend high-intensity interval training (HIIT) as an alternative approach to improve aerobic capacity, cardiac function, and BP control. Eicher et al. (2010) reported that reductions in BP following HIIT were greater than those achieved through medication alone, referring to HIIT as “medical exercise.” However, its adoption in cardiac rehabilitation, especially among the elderly, remains controversial. Exercising in water provides buoyancy and reduces joint loading, making it a safe and effective environment for elderly individuals by minimizing pain and fall risk. Although several studies have demonstrated that both land-based and aquatic exercise training can reduce BP in hypertensive patients, evidence is limited regarding aquatic HIIT in individuals with resistant hypertension and the persistence of its effects after detraining. Therefore, this study aimed to investigate the effects of aquatic HIIT and detraining on BP in elderly women with resistant hypertension.

Methodology:

Thirty elderly women (mean age 70.98 ± 3.38 years) with a ≥ 5 -year history of resistant hypertension (SBP ≥ 140 mmHg, DBP ≥ 90 mmHg) participated in this study. Participants were divided into an exercise group ($n = 22$) and a control group ($n = 8$). The average number of antihypertensive medications per subject ranged from three to five. All participants completed informed consent and readiness questionnaires before study initiation.

The training program lasted 24 weeks and was conducted twice per week. Each session included a 10-minute aquatic warm-up, an interval training phase, and a 10-minute cool-down. The HIIT protocol comprised four aquatic exercises: stationary running with forward arm pushes, cross-country skiing, jumping jacks, and frontal kicks to 90° . Training intensity progressively increased from 9–14 on the Borg Rating of Perceived Exertion scale during the first week to 17 from week 12 onward. Each work phase lasted two minutes, followed by a two-minute rest.

After the initial 12-week phase, the exercise group was subdivided into continuation, reduced-training, and detraining subgroups. The continuation group maintained the same frequency and intensity for another 12 weeks; the reduced-training group performed sessions once per week; and the detraining group ceased exercise until week 24. Resting BP (SBP and DBP) was measured before the intervention and 72 hours after the final session at weeks 8, 12, 16, 20, and 24.

Data were analyzed using mixed-design repeated-measures ANOVA to assess both within-group and between-group effects. Statistical significance was set at $P < 0.05$, and all analyses were performed using SPSS.

Results:

After 12 weeks, aquatic HIIT significantly reduced SBP and DBP compared with pre-training values ($P = 0.001$ for both). Between weeks 8 and 12, further significant decreases were observed ($P = 0.001$). Between-group comparisons at week 12 showed significantly lower BP values in the exercise group than in the control group ($P = 0.001$ for both).

By week 24, the continuation group exhibited sustained improvements in SBP ($P = 0.001$) and DBP ($P = 0.02$) compared with the detraining group. Similarly, the reduced-training group demonstrated lower SBP ($P = 0.004$) and DBP ($P = 0.031$) than the detraining group. Within-group analysis indicated that the continuation group experienced progressive reductions in SBP ($P = 0.001$) and DBP ($P = 0.01$) at weeks 20 and 24 relative to prior weeks. In the reduced-training group, SBP declined significantly

at week 24 compared with weeks 12 ($P = 0.011$), 16 ($P = 0.028$), and 20 ($P = 0.012$), while DBP also showed significant reductions ($P = 0.001$). The detraining and control groups exhibited no significant within-group changes over time, though the control group consistently had higher BP values than all experimental subgroups at each measurement point ($P = 0.001$).

Discussion:

The findings indicate that water-based HIIT effectively reduces blood pressure even in patients with a low pharmacological response. The aquatic environment, by minimizing musculoskeletal stress, provides a safe and accessible exercise modality for elderly individuals with resistant hypertension. These results suggest that aquatic HIIT may serve as a valuable adjunct to pharmacological therapy. Moreover, the beneficial effects of this intervention appear to persist for at least the duration of the exercise period, with partial maintenance of improvement observed after detraining.

اثر تمرین HIIT در آب و بی‌تمرینی بر فشار خون زنان میانسال مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان

چکیده	تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۴ شاپا الکترونیکی ۳۰۶۰-۷۰۷۸
<p>مقدمه: هدف این مطالعه بررسی اثر HIIT در آب و بی‌تمرینی بر فشار خون زنان سالمند مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان بود.</p>	<p>مهبانو قادری^۱ معصومه سیف^۱</p>
<p>روش تحقیق: مطالعه در زنان سالمند مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان (۲۲ نفر گروه تمرین و ۸ نفر گروه کنترل) انجام شد. برنامه‌ی تمرینی: دویدن درجا، جلو و عقب بردن پا همراه با دست، ابداکشن/اداکشن ران، زانو بلند در آب بود. شدت تمرین در هفته اول از ۹-۱۴ در مقیاس بورگ به ۱۷-۱۷ در هفته ۲۴ افزایش یافت. فشار خون استراحتی پیش از شروع تمرین و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (در هفته‌های ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴) اندازه‌گیری شد. پس از ۱۲ هفته، گروه تمرین به گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین و بی‌تمرین تقسیم شدند. برای مقایسه نتایج درون‌گروهی و بین‌گروهی آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر ترکیبی استفاده شد ($p \leq 0.05$).</p>	<p>۱- گروه علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا- مجتمع آموزش عالی نهاوند (ویژه دختران)- همدان- ایران</p>
<p>یافته‌ها: دوازده هفته HIIT در آب، منجر به کاهش معنی‌دار فشار خون سیستولیک و فشار خون دیاستولیک در مقایسه با سطوح پیش از تمرین شد ($p \leq 0.05$). در مقایسه‌ی بین‌گروهی، در هفته ۲۴، گروه‌های "ادامه تمرین" و "کاهش تمرین" تفاوت معنی‌داری در فشار خون سیستولیک و دیاستولیک نسبت به گروه "بی‌تمرین" داشتند ($p \leq 0.05$). در مقایسه درون‌گروهی، "ادامه تمرین" تغییرات معنی‌داری در فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در هفته‌های ۲۰ و ۲۴ نسبت به هفته‌های پیشین نشان داد ($p \leq 0.05$).</p>	<p>*نویسنده مسئول: مهبانو قادری ایمیل: m.ghaderi@basu.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-3457-4697</p>
<p>نتیجه‌گیری: HIIT در آب در کاهش فشار خون بیمارانی که پاسخ کمی به درمان دارویی دارند، موفقیت‌آمیز بوده‌است. همچنین اثرات مفید این نوع تمرینات در صورت بی‌تمرینی حداقل به مدت برابر تمرین حفظ می‌شود.</p> <p>واژگان کلیدی: تمرین در آب، تمرین تناوبی با شدت بالا، بی‌تمرینی، فشار خون بالا، فشار خون مقاوم به درمان</p>	

مقدمه:

بر اساس تعریف سازمان بهداشت جهانی، فشار خون بالا به فشار خون سیستولیک بالاتر از ۴۰ میلی‌متر جیوه، و فشار خون دیاستول بالاتر از ۹۰ میلی‌متر جیوه اطلاق می‌گردد، که یک وضعیت غیر طبیعی با افزایش مداوم فشار خون در شریان‌ها مشخص می‌شود. گاهی اوقات در افراد مسن با توجه به کاهش عملکرد بدن، افزایش فشار خون احساس نمی‌شود و تنها پس از بروز عوارض آن از قبیل بیماری‌های قلبی-عروقی، سکته مغزی و مرگ و میر زودرس تشخیص داده می‌شود به همین دلیل به‌عنوان قاتل خاموش شناخته شده‌است (۱، ۲). یکی از سخت‌ترین گروه‌ها برای کنترل فشار خون، بیماران مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان (RT) ۱ هستند که به درمان پاسخ ضعیفی می‌دهند و نیاز به استفاده از چندین دارو دارند (۳) براساس بیانیه علمی انجمن قلب آمریکا در سال ۲۰۰۸، فشار خون مقاوم، به فشار خون ۱۴۰/۹۰ میلی‌متر جیوه، علیرغم استفاده همزمان سه یا چهار داروی کاهنده فشار خون در دوزهای کافی از یک دیورتیک، یک مسدود کننده کانال کلسیمی طولانی اثر و یک مسدود کننده سیستم رنین-آنژیوتانسین در حداکثر دوز خوراکی قابل تحمل گفته می‌شود (۳). در حال حاضر فشار خون مقاوم یک مشکل پزشکی بدون راه حل بیان شده‌است، زیرا داروهای ضد فشار خون و حتی قطع عصب کلیه به‌عنوان گزینه‌های درمانی رایج برای کاهش فشار خون در این بیماران، اثربخشی کمی از خود نشان داده‌اند (۴). از آنجایی که مدیریت فشار خون مقاوم به درمان بر اساس داروهای موفقیت کمی داشته‌است و از سوی دیگر کاهش مصرف دارو با مرگ و میر کمتر در افراد مبتلا به RH همراه است (۵) بنظر می‌رسد استراتژی‌های غیر دارویی مانند تغییر سبک زندگی به ویژه فعالیت بدنی بتواند نقش مهمی در مدیریت BP در افراد مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان ایفا کند.

بسیاری از مطالعات از اثرات ضد فشار خون انواع مختلف تمرینات ورزشی شامل تمرینات هوازی (۶، ۷)، تمرینات مقاومتی (۷)، تمرینات ترکیبی (۸، ۹) و تمرین در آب (۱۰) در بزرگسالان مبتلا به فشار خون بالا و فشار خون مقاوم به درمان حمایت می‌کند. در این راستا مطالعاتی وجود دارد که بیان می‌کنند تمرینات هوازی باعث کاهش بیشتر فشار خون نسبت به تمرینات مقاومتی و انواع دیگر تمرینات می‌شود به همین دلیل تمرینات هوازی را برای کنترل فشار خون توصیه کرده‌اند (۱۱).

شدت ورزش عامل کلیدی در بهبود آمادگی قلبی ریوی، تغییرات هورمونی، متابولیسم و همچنین کاهش فشار خون ناشی از ورزش است (۱۲). آخرین دستورالعمل‌ها HIIT را به‌عنوان یک پروتکل جایگزین برای بهبود ظرفیت هوازی و عملکرد قلبی و کاهش فشار خون پیشنهاد می‌کنند (۱۲). قرار گرفتن طولانی مدت در معرض ورزش به خودی خود منجر به تسلط پاراسمپاتی در هنگام استراحت می‌شود (۱۳). علاوه بر این، HIIT با شدت‌های مختلف به طور مداوم و مکرر تنش برشی را افزایش می‌دهد، که یک محرک کلیدی برای سازگاری عروقی ناشی از ورزش و بهبود عملکرد اندوتلیال عروقی می‌باشد (۱۴). در مطالعه ایچر و همکاران (۲۰۱۰) کاهش فشار خون در اثر تمرین HIIT بیشتر از مصرف دارو بوده‌است به همین دلیل HIIT را یک تمرین پزشکی معرفی می‌کنند (۱۵).

با این حال، پذیرش HIIT در محیط توانبخشی قلبی خصوصاً در افراد سالمند در میان محققان بحث برانگیز است. تقریباً ۴۰ درصد از افراد مسن مبتلا فشار خون بالا دارای استئوآرتریت زانو و ۸۰ درصد دارای بیماری‌های همراه با محدودیت حرکتی هستند (۱۶) این حقایق تمرینات زمینی را محدود و گاهی اوقات منع می‌کند.

ورزش در محیط‌های آبی را می‌توان به‌عنوان روشی مناسب برای این جمعیت در نظر گرفت. یکی از راه‌های جایگزین برای کنترل تعادل، ورزش در آب است که به دلیل خاصیت شناوری که دارد باعث کاهش وزن و کاهش فشار مفصلی می‌شود و در نتیجه به

¹ Resistance Hypertension

² High Intensity Interval Training

سالمند اجازه می‌دهد تا در یک محیط بدون درد و ایمن از افتادن، فعالیت ورزشی را انجام دهد (۱۶، ۱۷). علیرغم تایید بسیاری از مطالعات مبنی بر پتانسیل تمرینات ورزشی و تمرین در آب بر کاهش فشار خون در افراد مبتلا به فشار خون بالا، شواهد کمیاب‌تری در خصوص اثر تمرینات HIIT در آب بر فشار خون مقاوم به درمان به طور خاص و پایداری این اثرات در دسترس است. تعیین پایداری کاهش فشار خون در نتیجه‌ی تمرینات HIIT در آب می‌تواند بینش ارزشمندی را در مورد پتانسیل این نوع تمرینات به‌عنوان یک رویکرد غیردارویی برای مدیریت فشار خون افراد مبتلا ارائه دهد. به همین منظور مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تمرین تناوبی با شدت بالا در آب و بی‌تمرینی بر فشار خون زنان سالمند مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان انجام شد.

روش تحقیق:

جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان مراجعه کننده به مراکز درمانی شهرستان نهاوند تشکیل دادند. پس از کسب اجازه از مسئولین و درج آگهی، ۴۶ بیمار، داوطلب شرکت در پژوهش شدند. با تایید پزشک، ۳۵ نفر از افراد دارای شرایط ورود به تحقیق به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند و بصورت تصادفی در دو گروه کنترل (۱۱ نفر) و تمرین (۲۴ نفر) قرار گرفتند. افراد واجد شرایط تحقیق زنان سالمند ۶۵ تا ۸۰ سال مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان با سابقه حداقل پنج سال بودند، تغییر داروی ضد فشارخون شش ماه قبل از تحقیق نداشتند، فشار خون سیستولیک ≤ 140 میلی‌متر و فشار خون دیاستولیک ≤ 90 میلی‌متر جیوه داشتند (۳)، همچنین فاقد نارسایی کلیوی، دیابت، آپنه خواب، آریتمی قلبی و انجام فعالیت بدنی منظم بودند. همه آزمودنی‌ها رضایت‌نامه شرکت در پژوهش و پرسشنامه سلامت و آمادگی شرکت در تحقیق را تکمیل کردند. تعداد متوسط داروهای ضد فشار خون برای هر بیمار از ۳ تا ۵ مورد بود. به بیماران تاکید شد تعداد و دوز داروها را تا پایان پژوهش بدون تغییر نگهدارند. سه آزمودنی از گروه کنترل (به دلیل تجویز پزشک به تغییر دارو) و دو آزمودنی از گروه تمرین به دلیل حساسیت پوستی و ریوی از پژوهش خارج شدند. در نهایت ۸ آزمودنی در گروه کنترل و ۲۲ آزمودنی در گروه تمرین، مطالعه را ادامه دادند. مشخصات بدنی آزمودنی‌ها (قد، وزن و شاخص توده بدنی) اندازه‌گیری شد.

فشار خون استراحتی آزمودنی‌ها قبل از شروع برنامه تمرینی و ۷۲ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین (هفته ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴) در حالی که ۱۵ دقیقه به راحتی روی صندلی نشسته بودند. توسط فشارسنج جیوه‌ای استاندارد و گوشی پزشکی (ALPK2، ژاپن) و بر اساس اولین و پنجمین صدای کورتکوف به ترتیب به‌عنوان فشار خون سیستولیک و دیاستولیک اندازه‌گیری شد. میانگین سه بار اندازه‌گیری به فاصله‌ی یک دقیقه به‌عنوان فشار خون ملاک ثبت گردید (۱۸) اندازه‌گیری‌های فشار خون در تمام مراحل از بازوی چپ در سطح قلب و بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ انجام شد.

پس از دوازده هفته تمرین به منظور بررسی میزان پایداری اثرات تمرین، گروه تمرین به سه زیر گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین و بی‌تمرین تقسیم شد. گروه ادامه تمرین، فعالیت خود را با شدت و مدت هفته دوازدهم تا هفته بیست و چهار ادامه دادند، گروه کاهش تمرین، با همان شدت، یک روز در هفته، تمرین را انجام دادند و گروه بی‌تمرین فعالیت ورزشی خود را تا هفته آخر حذف کردند.

پروتکل تمرین در آب

به منظور آشنایی با تمرین در آب، آزمودنی‌ها قبل از شروع تمرین، سه جلسه در استخر حاضر شدند و به مدت ۳۰ دقیقه راه رفتن و انجام حرکات جنبشی در آب و شناوری را تمرین کردند.

برنامه تمرین دو جلسه در هفته به مدت ۲۴ هفته اجرا شد. هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن در آب (راه رفتن به جلو و عقب،

کشش عضلات پایین تنه و بالاتنه)، اجرای تمرین تناوبی و ۱۰ دقیقه سرد کردن (تکرار مرحله گرم کردن بعلاوه تنفس عمیق و آرام سازی) بود (۱۸). تمرین تناوبی از ۴ حرکت دویدن درجا- جلو و عقب بردن پا همراه با دست (یچی)- ابداکشن اداکشن ران همراه با دست- زانو بلند همراه با حرکت دست، تشکیل شده بود (۱۸، ۱۹). هفته اول و دوم شدت تمرین در هر تناوب به ترتیب ۹ و ۱۴ (در مقیاس بورگ)، هفته سوم تا پنجم ۱۴ و ۱۷، از هفته ششم به بعد ۱۷ و ۱۷ بود. مدت تمرین در تمام تلاش‌ها دو دقیقه و مدت استراحت برابر با مدت تمرین در نظر گرفته شد (۲۰) (جدول ۱). عمق آب بین کمر تا سینه و دمای آب بین ۲۶-۲۹ درجه سانتی‌گراد بود.

از آنجایی که ضربان قلب هنگام ورزش در آب پایین‌تر از خشکی است استفاده از ضربان قلب به عنوان معیار شدت تمرین خصوصاً در افراد سالمند احتیاط زیادی را می‌طلبد. بنابراین در پژوهش حاضر شدت تمرینات طبق مقیاس درک فشار بورگ و همچنین توانایی صحبت کردن افراد حین تمرینات در سطح شدید کنترل شد (۱۹).

جدول ۱. برنامه تمرین در آب طی ۲۴ هفته

Table 1. Water Training Program during 24 Weeks

هفته ۶-۱۲-۲۴		هفته ۵-۸		هفته ۱-۴		نوع حرکت Type of Exercise
Weeks 6-12-24		Weeks 5-8		Weeks 1-4		
مدت (دقیقه) Duration (min)	شدت (بورگ) Intensity (Borg)	مدت (دقیقه) Duration (min)	شدت (بورگ) Intensity (Borg)	مدت (دقیقه) Duration (min)	شدت (بورگ) Intensity (Borg)	
2	17	2	14	2	9	دویدن درجا
2	17	2	27	2	14	Jogging in place
2	17	2	14	2	9	حرکت پروانه
2	17	2	27	2	14	Jumping jacks
2	17	2	14	2	9	حرکت قیچی (حرکت همزمان دست و پا)
2	17	2	27	2	14	Scissor movement (simultaneous arm and leg movement)
2	17	2	14	2	9	زانو بلند همراه با دست دونه
2	17	2	27	2	14	High knees with runner's arm movement
2	17	2	14	2	9	دویدن درجا
2	17	2	27	2	14	Jogging in place
2	17	2	14	2	9	حرکت پروانه
2	17	2	27	2	14	Jumping jacks
2	17	2	14	2	9	حرکت قیچی (حرکت همزمان دست و پا)
2	17	2	27	2	14	Scissor movement (simultaneous arm and leg movement)
2	17	2	14	2	9	زانو بلند همراه با دست دونه
2	17	2	27	2	14	High knees with runner's arm movement

توزیع طبیعی داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک بررسی شد. به منظور مقایسه گروه‌ها در ابتدای پژوهش از آزمون T مستقل و مقایسه نتایج درون گروهی و بین گروهی در مرحله اول و دوم پژوهش از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر ترکیبی استفاده شد. تمام تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS و در سطح $(p \leq 0.05)$ انجام شد.

یافته‌ها

توصیف متغیرهای سن، قد، وزن، شاخص توده‌بدنی آزمودنی‌ها در دو گروه تمرین و کنترل در جدول ۲ ارائه شده‌است.

جدول ۲. توصیف مشخصات آزمودنی‌ها گروه تمرین و کنترل

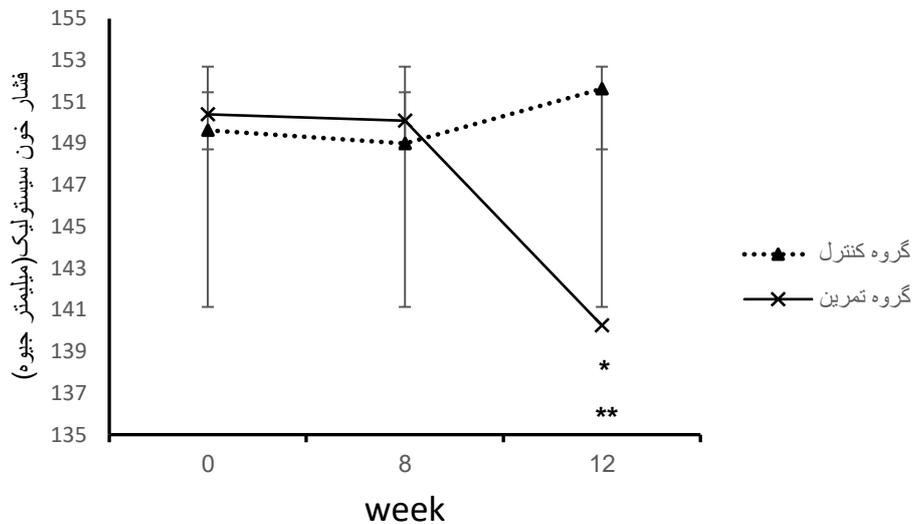
Table 2: Demographic Characteristics of Participants in the Training and Control Groups

Variable/متغیر	گروه کنترل (n=۲۲)	گروه تمرین (n=۸)
	Control Group (n=22)	Training Group (n=8)
سن (سال)/Age (years)	71.25 ± 4.46	70.88 ± 3.02
قد (سانتی‌متر)/Height (cm)	153.25 ± 3.76	156.00 ± 4.91
وزن (کیلوگرم)/Weight (kg)	64.16 ± 6.29	65.68 ± 4.76
شاخص توده‌بدنی (کیلوگرم بر مترمربع) Body Mass Index (kg/m ²)	27.24 ± 2.09	26.20 ± 2.13

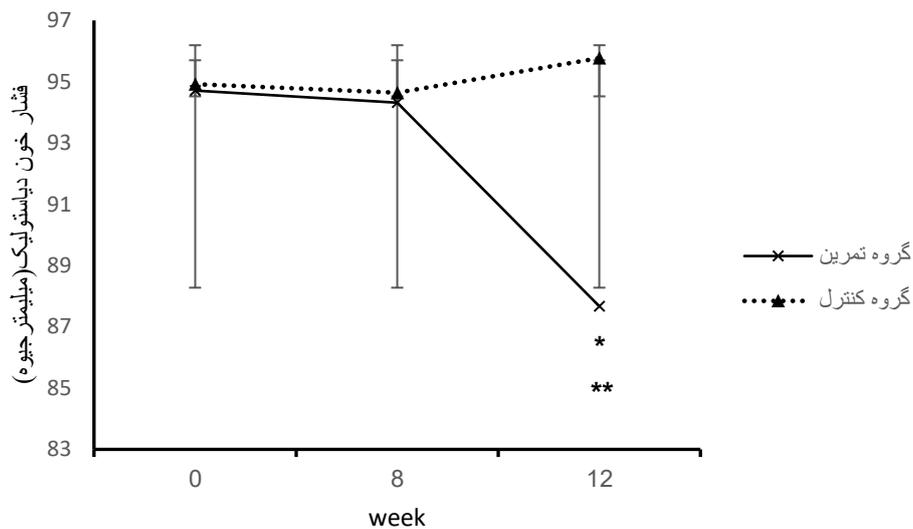
با توجه به نتایج حاصل از T مستقل در میانگین، سن ($P=0/93$)، قد ($P=0/121$)، وزن ($P=0/15$) و شاخص توده‌بدنی ($P=0/91$) آزمودنی‌های دو گروه تفاوت معنی‌داری مشاهده‌نشده.

نتایج آزمون شاپیروویلک نشان داد متغیرهای پژوهش از توزیع نرمالی برخوردار هستند. نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر ترکیبی، نشان داد هشت هفته HIIT در آب تغییر معنی‌داری در فشار خون سیستولیک ($P=0/172$) و فشار خون دیاستولیک ($P=0/558$) ایجاد نکرد. اما ۱۲ هفته تمرین کاهش معنی‌دار فشار خون سیستولیک ($P=0/001$) و فشار خون دیاستولیک ($P=0/001$) را نسبت به قبل از تمرین به همراه داشت. همچنین در گروه تمرین تغییرات فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بین هفته ۸ و ۱۲ معنی‌دار بود ($P=0/001$). در گروه کنترل، تغییرات درون‌گروهی فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در قبل، هفته هشتم و دوازدهم معنی‌دار نبود ($P \geq 0/05$).

این آزمون در بررسی بین‌گروهی نشان داد، در قبل از تمرین و هفته هشتم تمرین، بین گروه کنترل و تمرین در فشار خون سیستولیک ($P=0/710$) ($P=0/59$) و دیاستولیک ($P=0/59$) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. اما این تفاوت بین دو گروه در هفته‌ی دوازدهم در هر دو متغیر معنی‌دار بود ($P=0/001$). (نمودار ۱ و نمودار ۲)



نمودار (۱) تغییرات فشار خون سیستولیک گروه تمرین و کنترل، قبل، هفته ۸ و ۱۲ * تفاوت معنی دار با قبل از تمرین ** تفاوت معنی دار با هفته هشتم ($P \leq 0.05$)



نمودار (۲) تغییرات فشار خون دیاستولیک گروه تمرین و کنترل، قبل، هفته ۸ و ۱۲ * تفاوت معنی دار با قبل از تمرین ** تفاوت معنی دار با هفته هشتم ($P \leq 0.05$)

به منظور اندازه‌گیری میزان پایداری تغییرات فشار خون در نتیجه‌ی HIIT در آب، بعد از ۱۲ هفته، گروه تمرین بصورت تصادفی به ۳ زیر گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین و بی‌تمرین تقسیم شدند و مجدد اندازه‌گیری در هفته‌های ۱۶، ۲۰ و ۲۴ انجام شد. نتایج بین گروهی از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر ترکیبی نشان داد: گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین و بی‌تمرین در شروع مرحله دوم تمرین تفاوت معنی داری در فشار خون سیستولیک و فشار خون دیاستولیک نداشتند ($P \geq 0.05$). در هفته شانزدهم و بیستم تفاوت فشار خون سیستولیک و فشار خون دیاستولیک بین سه گروه ادامه تمرین، قطع تمرین و بی‌تمرین

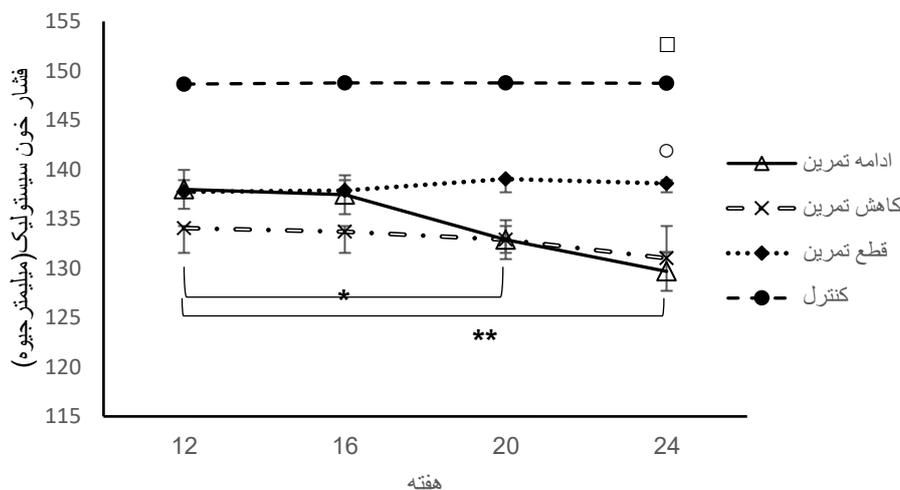
معنی‌دار نبود ($P \geq 0/005$). اما در هفته‌ی بیست و چهارم، گروه ادامه تمرین و بی‌تمرین، تفاوت معنی‌داری در فشار خون سیستولیک ($P=0/001$) و فشار خون دیاستولیک ($P=0/002$) داشتند. همین نتیجه بین گروه کاهش تمرین و بی‌تمرین در فشار خون سیستولیک ($P=0/004$) و فشار خون دیاستولیک ($P=0/031$) مشاهده شد (نمودار ۳ و نمودار ۴).

مقایسه درون گروهی نشان داد، در گروه ادامه تمرین، کاهش فشار خون سیستولیک ($P=0/001$) و دیاستولیک ($P=0/001$) در هفته ۲۰ و ۲۴ نسبت به هفته‌های قبل معنی‌دار بود. اما این کاهش در هفته شانزدهم نسبت به هفته دوازدهم مشاهده نشد (نمودار ۳ و نمودار ۴).

در گروه کاهش تمرین، فشار خون سیستولیک تنها در هفته بیست و چهارم نسبت به هفته دوازدهم ($P=0/011$)، شانزدهم ($P=0/028$) و بیستم ($P=0/012$) کاهش معنی‌دار داشت. این روند کاهشی در فشار خون دیاستولیک نیز مشاهده شد ($P=0/001$) اما کاهش بین هفته بیستم و دوازدهم نیز معنی‌دار بود ($P=0/008$) (نمودار ۳ و نمودار ۴).

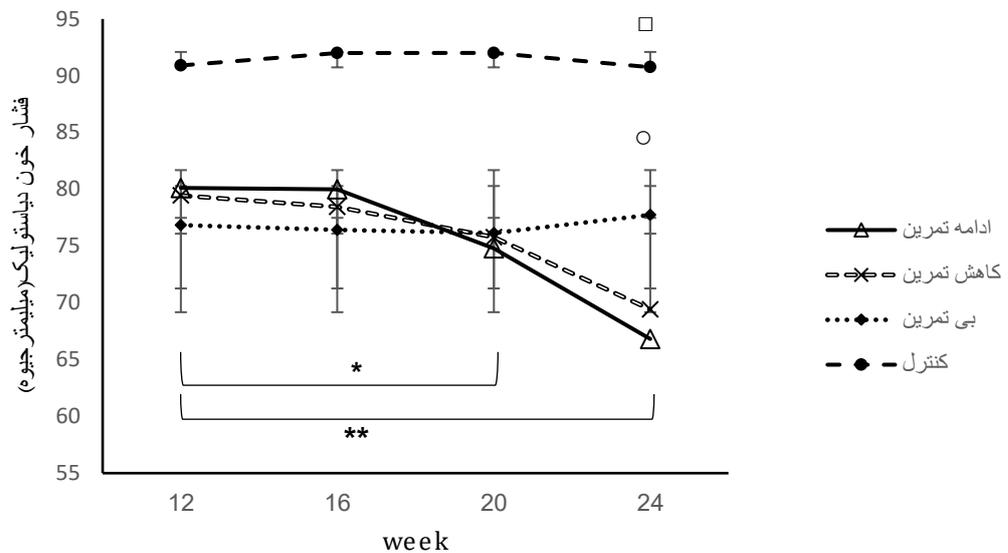
در گروه بی‌تمرین تغییر معنی‌داری در فشار خون سیستولیک و فشار خون دیاستولیک بین هفته‌ها مشاهده نشد. در گروه کنترل تغییرات درون گروهی بین هفته‌ها (۱۲ تا ۲۴) معنی‌دار نبود اما در تمام هفته‌های اندازه‌گیری، گروه کنترل با گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین و بی‌تمرین تفاوت معنی‌دار داشت ($P=0/001$) (نمودار ۳ و نمودار ۴).

در بررسی آزمون‌ها شرط عدم برابری واریانس‌ها (تست لون) رعایت شده‌است.



نمودار (۳) تغییرات بین گروهی و درون گروهی SBP هفته ۱۲ تا ۲۴، گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین، بی‌تمرین و کنترل

تفاوت بین گروهی معنی‌دار، گروه ادامه تمرین و کاهش تمرین با گروه بی‌تمرین در هفته ۲۴ ($P \leq 0/05$) * تفاوت معنی‌دار درون گروهی، گروه ادامه تمرین در هفته ۲۰ با هفته ۱۶ و ۱۲، ($P \leq 0/05$) ** تفاوت معنی‌دار درون گروهی، گروه ادامه تمرین و کاهش تمرین در هفته ۲۴ با هفته ۱۲، ۱۶ و ۲۰ ($P \leq 0/05$). □ تفاوت معنی‌دار گروه کنترل در تمامی هفته‌ها و تمامی گروه‌ها ($P \leq 0/05$)



نمودار (۴) تغییرات بین گروهی و درون گروهی DBP هفته ۱۲ تا ۲۴، گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین، بی تمرین و کنترل
 ○ تفاوت بین گروهی معنی دار، گروه ادامه تمرین و کاهش تمرین با گروه بی تمرین در هفته ۲۴ ($P \leq 0/05$) * تفاوت معنی-
 دار درون گروهی، گروه ادامه تمرین در هفته ۲۰ با هفته ۱۶ و ۱۲، ($P \leq 0/05$) * * تفاوت معنی دار درون گروهی، گروه ادامه
 تمرین و کاهش تمرین در هفته ۲۴ با هفته ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ($P \leq 0/05$) و کاهش معنی دار هفته ۲۰ نسبت به هفته ۱۲ در گروه
 کاهش تمرین. □ تفاوت معنی دار گروه کنترل در تمامی هفته‌ها در تمامی گروه‌ها ($P \leq 0/05$)

بحث:

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تمرین HIIT در آب بر فشار خون زنان سالمند مبتلا به پرفشار خون مقاوم به درمان و همچنین میزان پایداری اثرات ناشی از تمرین انجام شد.

نتایج این پژوهش نشان داد ۱۲ هفته تمرین HIIT در آب به ترتیب منجر به ۶/۷۴ و ۷/۳۳ درصد کاهش در فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در زنان مبتلا فشار خون مقاوم به درمان می شود که همراستا با نتایج مطالعاتی است که نشان دادند تمرین ورزشی می تواند تغییرات مفیدی در فشار خون افراد مبتلا به فشار خون بالا (۷، ۸) و پر فشار خون مقاوم به درمان (۳، ۱۱، ۲۱) ایجاد کند. در مطالعه دیمئو و همکاران (۲۰۱۲) در افراد ۶۲ سال دویدن تناوبی با شدت ۶ تا ۲۰ در مقیاس بورگ به مدت ۸ تا ۱۲ هفته به ترتیب کاهش ۶ و ۳ میلی متر جیوه در فشار خون سیستولیک و دیاستولیک به همراه داشته است (۲۱).

کارواله و همکاران (۲۰۱۹) در مقایسه اثر ۱۲ تمرین هوازی الپتیکال و تمرین مقاومتی بر تغییرات فشار خون زنان و مردان ۱۱±۵۸ سال مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان به ترتیب کاهش ۱۴، ۷ و ۱۰ میلی متر جیوه در فشار خون سیستولیک، فشار دیاستولیک و فشار خون میانگین را تنها در نتیجه تمرینات هوازی گزارش کردند (۱۱)

میزان کاهش فشار خون ناشی از ورزش از مطالعه‌ای به مطالعه دیگر متفاوت است. بنابر اصل وایلدن " ورزش اثرات بزرگتری را در بیمارانی با فشار خون بالاتر ایجاد می کند" (۱۶)، انتظار می رفت در پژوهش حاضر میزان کاهش فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بیشتر باشد. مطالعه گویی ماراس و همکاران (۲۰۱۴) دوازده هفته تمرین هوازی در آب با شدت ۱۱ تا ۱۳ مقیاس بورگ به ترتیب کاهش تقریبی ۳۶/۵ mmHg و ۱۱/۹ mmHg فشار خون سیستولیک و دیاستولیک را در بیماران مبتلا به فشار خون مقاوم به همراه داشته است (۲۲). کاهش بیشتر فشار خون در مطالعه گویی ماراس نسبت به مطالعه حاضر احتمالاً به غوطه‌ور شدن

در آب گرمتر، دمای ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی گراد نسبت به دمای آب در مطالعه حاضر (۲۶-۲۹ درجه سانتی گراد) باشد. دمای آبی که برای ورزش استفاده می‌شود از طریق افزایش حجم خون در گردش (۲۳) همچنین تولید گشاد کننده های عروقی دورنژاد و در نهایت کاهش مقاومت محیطی، در مکانیسم کاهش فشار خون نقش دارد (۲۲، ۲۴). در مطالعه حاضر دمای آب استخر جزو محدودیتهای مطالعه بود.

مکانیسم‌های احتمالی کاهش فشار خون در نتیجه‌ی تمرین ورزشی داخل آب ممکن است، اثر فشار هیدرواستاتیک بر تحریک گیرنده فشار باشد. در واقع فشار هیدرواستاتیک مسئول تسهیل بازگشت وریدی است که منجر به افزایش برون ده قلبی از طریق افزایش حجم پایان دیاستول می‌شود. توزیع مجدد حجم خون در زمان غوطه‌وری ممکن است BP را افزایش دهد، که رفلکس بارورسپتور را تحریک می‌کند. در نتیجه، ضربان قلب و فشار خون کاهش می‌یابد (۱۶، ۲۳). اثر دیگر فشار هیدرواستاتیک تسهیل انتقال مایع از اندام‌های محیطی به مرکزی است که به افزایش آدار و دفع سدیم کمک می‌کند و در نتیجه موجب کاهش حجم مایع و فشار خون می‌شود (۱۶).

علاوه‌براین، کاهش فشار خون ممکن است به دلیل کاهش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک، افزایش فعالیت عصب واگ (۲۲) و مکانیسم‌های سازگاری مانند کاهش ترشح رنین، آنژیوتانسین II، آلدوسترون و پپتید ناتیوریتیک دهلیزی باشد (۱۶) دیگر نتیجه این مطالعه نشان داد هفته ۸ تمرین HIIT در آب تغییری در فشار خون سیستولیک و دیاستولیک ایجاد نمی‌کند. این نتایج با مطالعاتی که بیان می‌کند تمرینات بیش از ۸ هفته تمرین در آب منجر به کاهش فشار خون در افراد مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان می‌شود (۲۵، ۲۶) مطابقت دارد. مطالعاتی نیز وجود دارد که کاهش فشار خون افراد مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان را بعد از ۴ هفته و برخی ۸ هفته تمرین نشان دادند (۴، ۲۲). اختلاف نتایج مطالعه حاضر باین مطالعات را می‌توان به ویژگی آزمودنی‌ها، پروتکل تمرین (نوع، شدت، مدت، تجهیزات) و محیط آب (عمق دما و سطح غوطه‌وری) نسبت داد. این یافته‌ها نتایج امیدوار کننده‌ای از اثر HIIT در آب بر تغییرات فشار خون افراد مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان نشان می‌دهد که می‌تواند از نقش این تمرینات به عنوان یک درمان کمکی موثر در کنترل این بیماری حمایت کند. با این حال، هیچ یک از مطالعات، برای روشن شدن پایداری اثرات تمرین HIIT در آب و یا اینکه اثرات این تمرینات تا چه مدتی می‌تواند حفظ شود، نتایجی ارائه نداده‌اند. بدین منظور در مطالعه حاضر بعد ۱۲ هفته تمرین آزمودنی‌های گروه تمرین به سه گروه ادامه تمرین، کاهش تمرین و بی‌تمرین تقسیم شدند.

در گروه ادامه تمرین روند کاهش فشار خون ($8/31 \text{ mmHg}$ = فشار خون سیستولیک و $13/29$ = فشار خون دیاستولیک) از هفته ۱۶ تا ۲۴ ادامه داشت ($P \leq 0/05$). این نتیجه با مطالعاتی که کاهش فشار خون را در تمرینات به مدت طولانی نشان دادند همخوانی دارد (۲۵-۲۷).

در گروه کاهش تمرین، کاهش فشار خون سیستولیک و دیاستولیک بین هفته ۲۴ و هفته‌های قبل (۱۲، ۱۶ و ۲۰) معنی دار بود ($P \leq 0/05$). بطوری که تفاوت فشار خون بین هفته ۱۲ و $24/06 \text{ mmHg}$ = فشار خون سیستولیک و $10/03$ = فشار خون دیاستولیک بود که روندی کندتر از گروه ادامه تمرین داشت نمودار ۳ و نمودار ۴).

از سوی دیگر مقایسه بین گروه‌ها نشان داد، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در هیچ‌یک از زمان‌های اندازه‌گیری (هفته ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴) بین گروه ادامه تمرین و کاهش تمرین، تفاوت معنی‌دار وجود ندارد ($P \geq 0/05$). این نتیجه نشان می‌دهد کاهش تمرین HIIT در آب به یک جلسه در هفته می‌تواند به اندازه ادامه تمرین به حفظ مزایای ورزش برای افراد مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان مفید باشد (نمودار ۳ و نمودار ۴).

دیگر نتیجه این مطالعه نشان داد بی‌تمرینی، تفاوت معناداری در هیچ یک از متغیرهای فشار خون ایجاد نکرده است ($P \geq 0/05$). در واقع ۱۲ هفته بی‌تمرینی اثر کاهش فشار خون در نتیجه ۱۲ هفته تمرین HIIT در آب را حفظ کرد (نمودار ۳ و نمودار ۴). فشار

خون سیستولیک و دیاستولیک در گروه بی‌تمرین در مقایسه با گروه کنترل به ترتیب $10/68 \text{ mmHg}$ و 58.14 mmHg پایین‌تر بود ($P \leq 0/05$) (نمودار ۳ و نمودار ۴).

این نتایج نشان می‌دهد بی‌تمرینی در مدت مشابه تمرین اثرات مفید تمرین در آب را از بین نمی‌برد این نتایج با مطالعه سیلورا کازویگ و همکاران (۲۰۲۰) (۲۸) و باروس و همکاران (۲۰۲۲) (۲۹) مطابقت دارد. ما در ادبیات این تحقیق، مطالعه ای نیافتیم که تغییرات فشار خون را در پاسخ به تمرین HIIT در آب و به دنبال آن بی‌تمرینی در افراد مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان بررسی کند.

مورائس و همکاران (۲۰۱۲) روندهای مشابهی را با مطالعه حاضر با استفاده از تمرینات مقاومتی مرسوم گزارش کردند که بعد از ۱۲ هفته تمرین هیچ‌گونه اثر پسرفتی پس از ۴ هفته بی‌تمرینی برای SBP و DBP در حالت استراحت، مشاهده نکردند (۳۰). یانگ جی و همکاران همین نتیجه را بعد از ۱۰ هفته بی‌تمرینی بعد از ورزش شنا در موش نشان دادند و بیان کردند تمرینات هوایی کاهش فشار خون پایدارتر و بلندمدت‌تری را فراهم می‌کند (۳۱).

از سوی دیگر این نتایج با مطالعاتی که معکوس شدن اثرات تمرین در اثر بی‌تمرینی را گزارش می‌کنند (۲۶، ۳۲) مغایرت دارد. نولان و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود بر تمرینات طولانی موثر بر سازگاری‌های تمرینی و اهمیت ادامه تمرینات برای حفظ مزایای سلامت قلبی مرتبط با ورزش اشاره دارند (۲۶). اختلاف این مطالعات با مطالعه حاضر ممکن است تا حدی ناشی از ویژگی‌های شرکت‌کنندگان باشد. در مطالعه نولان آزمودنی‌ها هیچ‌گونه داروی کاهنده فشار خون استفاده نمی‌کردند در صورتی که در مطالعه حاضر آزمودنی‌ها مقاوم به درمان بودند و حداقل ۳ داروی کاهنده فشار خون استفاده می‌کردند. هر چند در هر سه مطالعه مدت بی‌تمرینی کوتاه‌تر از مطالعه حاضر بود.

فرض بر این است که طول مدت برنامه تمرینی می‌تواند بر مکانیزم‌های مسئول کاهش فشار خون تأثیر بگذارد (۳۳) به گونه‌ای که سازگاری‌های عروقی به صورت دو فازی دیده می‌شود. پیشنهاد شده‌است که تمرین‌های کم‌مدت (۴ هفته یا کمتر) عمدتاً با سازگاری‌های عملکردی همراه است، در حالی که دوره‌های تمرینی بیشتر سازگاری‌های ساختاری ایجاد می‌کند (۳۳). بنابراین، تفاوت در مکانیزم‌های عروقی مرتبط با کاهش فشار خون ناشی از ورزش می‌تواند مسئول تفاوت در روند زمانی پاسخ‌های فشار خون پس از دوره‌های بی‌تمرینی باشد.

یکی از محدودیت‌های این مطالعه در نظر نگرفتن دوز داروهای مورد استفاده توسط هر فرد بود، که ممکن است بر پاسخ‌های مشاهده‌شده تأثیر بگذارد. با این حال، با توجه به اینکه افرادی که کلینیک‌های ورزشی ورزش می‌کنند، استفاده از داروهای خود را برای انجام فعالیت‌های بدنی قطع نمی‌کنند، این رویکرد اعتبار خارجی بیشتری دارد. اما مطالعاتی جهت بررسی اینکه آیا تمرین ورزشی در هر دوره اجازه کاهش تعداد و/یا دوز داروها را می‌دهد، مورد نیاز است. زیرا کاهش مصرف دارو با مرگ و میر کمتر افراد مبتلا به RH همراه است.

نتیجه‌گیری:

بطور کلی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد تمرین HIIT مبتنی بر آب در کاهش فشار خون در شرایطی که پاسخ‌دهی کم به درمان دارویی وجود دارد، موفقیت‌آمیز بوده‌است و از آنجایی که در محیط آبی فشار کمتری بر سیستم اسکلتی عضلانی وارد می‌شود برای سالمندان ایمن‌تر و مناسب‌تر است، احتمالاً می‌تواند یک درمان کمکی در کنار دارو برای بهبود فشار خون در افراد مبتلا به فشار خون مقاوم به درمان در نظر گرفته شود. همچنین در صورت بی‌تمرینی، اثرات مفید این نوع تمرین، حداقل به مدت برابر تمرین پایدار باقی می‌ماند.

ملاحظات اخلاقی:

این مطالعه دارای تاییدیه اخلاق با شماره IR.SJAU.REC.1403.006 می باشد.

تضاد منافع:

این مطالعه تعارض منافع ندارد و با هزینه شخصی انجام شد.

تشکر و قدردانی:

از تمام مادران عزیز (آزمودنی‌های پژوهش) و تمام کسانی که یاریگر ما در انجام این کار بودند کمال تشکر و قدردانی داریم.

منابع:

1. Dwi Kurnia A, Aprilyan D, Melizza N, Bekti Prasetyo Y, editors. The effect of hydrotherapy on blood pressure in patients with hypertension: a literature review. *The International Conference of Medicine and Health (ICMEDH)*; 2022: KnE Medicine.
2. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, Falkner BE, Graves J, Hill MN, et al. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Circulation*. 2005;111(5):697-716.
3. Lopes S, Mesquita-Bastos J, Alves AJ, Ribeiro F. Exercise as a tool for hypertension and resistant hypertension management: current insights. *Integrated Blood Pressure Control*. 2018:65-71.
4. Dassanayake S, Sole G, Wilkins G, Gray E, Skinner M. Effectiveness of physical activity and exercise on ambulatory blood pressure in adults with resistant hypertension: a systematic review and meta-analysis. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*. 2022;29(3):275.
5. Saco-Ledo G, Valenzuela PL, Ruilope LM, Lucia A. Physical exercise in resistant hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022;9:893811.
6. Whelton SP, Chin A, Xin X, He J. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Annals of Internal Medicine*. 2002;136(7):493-503.
7. Igarashi Y, Nogami Y. The effect of regular aquatic exercise on blood pressure: A meta-analysis of randomized controlled trials. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2018;25(2):190-9.
8. Pires NF, Coelho-Júnior HJ, Gambassi BB, de Faria APC, Ritter AMV, de Andrade Barboza C, et al. Combined aerobic and resistance exercises evokes longer reductions on ambulatory blood pressure in resistant hypertension: a randomized crossover trial. *Cardiovascular Therapeutics*. 2020;2020(1):8157858.
9. Marzolini S, Oh PI, Brooks D. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in individuals with coronary artery disease: a meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2012;19(1):81-94.
10. Arca EA, Martinelli B, Martin LC, Waisberg CB, Franco RJdS. Aquatic exercise is as effective as dry land training to blood pressure reduction in postmenopausal hypertensive women. *Physiotherapy Research International*. 2014;19(2):93-8.

11. Carvalho CJd, Marins JCB, Lade CGd, Castilho PdR, Reis HHT, Amorim PRdS, et al. Aerobic and resistance exercise in patients with resistant hypertension. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2019;25(2):107-11.
12. Pimenta FC, Montrezol FT, Dourado VZ, da Silva LFM, Borba GA, de Oliveira Vieira W, et al. High-intensity interval exercise promotes post-exercise hypotension of greater magnitude compared to moderate-intensity continuous exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2019;119(5):1235-43.
13. Pescatello LS, MacDonald HV, Lamberti L, Johnson BT. Exercise for hypertension: a prescription update integrating existing recommendations with emerging research. *Current Hypertension Reports*. 2015;17(11):87.
14. Ciolac EG. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *American Journal of Cardiovascular Disease*. 2012;2(2):102.
15. Eicher JD, Maresh CM, Tsongalis GJ, Thompson PD, Pescatello LS. The additive blood pressure lowering effects of exercise intensity on post-exercise hypotension. *American Heart Journal*. 2010;160(3):513-20.
16. Ruangthai R, Phoemsapthawee J, Makaje N, Phimpaphorn P. Comparative effects of water-and land-based combined exercise training in hypertensive older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2020;90:104164.
17. Simas V, Hing W, Pope R, Climstein M. Effects of water-based exercise on bone health of middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2017:39-60.
18. Gomes SG, Da Silva FF, Souza PM, Coelho DB, Oliveira EC, Nascimento-Neto RM, et al. The effects of aquatic and land exercise on resting blood pressure and post-exercise hypotension response in elderly hypertensives. *Cardiovascular Journal of Africa*. 2020;31(3):116-22.
19. Krueel LFM, Posser MS, Alberton CL, Pinto SS, Oliveira AdS. Comparison of energy expenditure between continuous and interval water aerobic routines. *International Journal of Aquatic Research and Education*. 2009;3(2):9.
20. Uken B, Lee M, Wright G, Feito Y. High-Intensity Interval Training for Hypertension: Program Design and Application. *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2021;25(5):28-34.
21. Dimeo F, Pagonas N, Seibert F, Arndt R, Zidek W, Westhoff TH. Aerobic exercise reduces blood pressure in resistant hypertension. *Hypertension*. 2012;60(3):653-8.
22. Guimaraes GV, de Barros Cruz LG, Fernandes-Silva MM, Dorea EL, Bocchi EA. Heated water-based exercise training reduces 24-hour ambulatory blood pressure levels in resistant hypertensive patients: a randomized controlled trial (HEX trial). *International Journal of Cardiology*. 2014;172(2):434-41.
23. Park S-Y, Wong A, Son W-M, Pekas EJ. Effects of heated water-based versus land-based exercise training on vascular function in individuals with peripheral artery disease. *Journal of Applied Physiology*. 2020;128(3):565-75.
24. Ruangthai R, Phoemsapthawee J. Combined exercise training improves blood pressure and antioxidant capacity in elderly individuals with hypertension. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2019;17(2):67-76.
25. Agarwal D, Dange RB, Vila J, Otamendi AJ, Francis J. Detraining differentially preserved beneficial effects of exercise on hypertension: effects on blood pressure, cardiac function, brain inflammatory cytokines and oxidative stress. *PLoS One*. 2012;7(12):e52569.
26. Nolan PB, Keeling SM, Robitaille CA, Buchanan CA, Dalleck LC. The effect of detraining after a period of training on cardiometabolic health in previously sedentary individuals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(10):2303.

27. Ávila-Gandía V, Ramos-Campo DJ, García-Sánchez E, Luque-Rubia AJ, López A, López-Román FJ. Training, detraining and retraining effects of moderate vs. high intensity exercise training programme on cardiovascular risk factors. *Journal of Hypertension*. 2023;41(3):411-9.
28. Coswig VS, Barbalho M, Raiol R, Del Vecchio FB, Ramirez-Campillo R, Gentil P. Effects of high vs moderate-intensity intermittent training on functionality, resting heart rate and blood pressure of elderly women. *Journal of Translational Medicine*. 2020;18(1):88.
29. Baross A, Kay A, Baxter BA, Wright B, McGowan C, Swaine IL. Effects of isometric resistance training and detraining on ambulatory blood pressure and morning blood pressure surge in young normotensives. *Frontiers in Physiology*. 2022;13:958135.
30. Moraes MR, Bacurau RF, Casarini DE, Jara ZP, Ronchi FA, Almeida SS, et al. Chronic conventional resistance exercise reduces blood pressure in stage 1 hypertensive men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(4):1122-9.
31. Jae SY, Choi TG, Kim HJ, Kunutsor SK. Comparison of inspiratory muscle strength and aerobic exercise training and detraining on blood pressure in hypertensive patients. *Clinical Hypertension*. 2025;31:e15.
32. Mora-Rodríguez R, Ortega JF, Hamouti N, Fernandez-Elias VE, Garcia-Prieto JC, Guadalupe-Grau A, et al. Time-course effects of aerobic interval training and detraining in patients with metabolic syndrome. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2014;24(7):792-8.
33. Baross AW, Wiles JD, Swaine IL. Effects of the intensity of leg isometric training on the vasculature of trained and untrained limbs and resting blood pressure in middle-aged men. *International Journal of Vascular Medicine*. 2012;2012(1):964697.