Journal of Sport and Exercise Physiology
2024, 17(1): 92-112

Orginal Article

The effect of 4 weeks of virtual reality, interval nordic walking and ambient music interventions on cardiorespiratory recovery in the elderly patients with HFrEF in response to cardiopulmonary exercise test

Ardavan Taheri[1], Maede Makaremi[2], Valiollah Dabidi Roshan[1*]

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
2. Cardiology Department, Sayyad Shirazi Hospital, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

Abstract

Background and Purpose: Heart failure patients with reduced left ventricular ejection fraction (HFrEF) have cardiac autonomic dysfunction that cause mortality. Poor heart rate (HR) and rate-pressure product (RPP) recovery immediately after a cardiopulmonary exercise test (CPET) is due in part to a reduction in vagal tone. There are limited studies evaluating the recovery of hemodynamic (HR, SBP and RPP) indices after moderate-term exercise and in response to a standard exercise protocol in patients with HF. The aim of current study was to determine whether 4 weeks of non-pharmacological interventions such as virtual reality (VR), interval nordic walking (INW) and ambient music (AM) improves the cardiovascular hemodynamic recovery (1 and 3 minutes) in response to a standard CPET in patients with HF.

Materials and Methods: Forty-two stable HF patients (mean±SD; age, 60.36±4.13 years; EF, 30-55%) were randomly assigned into four groups of VR training, INW, AM and control. VR, INW and AM groups performed the defined protocol for 4 weeks, 5 days a week. HR, SBP, RPP and cardiorespiratory function (VO_2peak, O2 pulse and time-to-exhaustion (TTE) were measured using a 12-lead ECG system, immediately after and at 1st and 3rd minute of recovery following an incremental CPET, before and after 4 weeks of interventions. Multivariate analysis of variance was used to determine the effect of interventions and CPET at different times.

Results: CPET caused increases in hemodynamic parameters at baseline and after 4 weeks of non-pharmacological interventions. After 4 weeks of interventions, heart rate recovery after one minute (HRR1) and heart rate recovery after 3 minutes (HRR3), TTE and VO_2peak were insignificantly higher in the INW and VR groups, when compared with the control group ($P<0.05$). After 4 weeks of intervention, interestingly, the RPP values immediately after CPET showed an non-significant increase in the INW and VR groups, as compared to the control and music groups, which was in line with increase in TTE. Four weeks of music had no significant effect on hemodynamic recovery and cardiorespiratory function of men with HF.

Conclusion: Improved recovery of HRR3 and SBP in response to CPET and a positive trends of VO_2peak and TTE after 4 weeks of INW and VR interventions may be a factor for increased vagal tone in patients with HFrEF. Both INW and VR are suitable training methods for improving hemodynamic recovery in patients with HF. However, faster recovery probably requires longer duration training and may be a way to improve cardiorespiratory fitness and thus prevent cardiac events in the elderly individuals with HF. Future research should focus on other training methods, including high intensity interval training along with nutritional interventions. Moreover, understanding the mechanisms responsible for the potential

* Corresponding Author Email Address: v.dabidi@umz.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.235696.1253
Received: 13/05/2024 Revised: 04/06/2024 Accepted: 07/06/2024

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/).

improvements warrant further study.

Keywords: Cardiopulmonary Exercise Test, Virtual rReality Exercise, Interval Nordic Walking, Ejection Fraction, Heart Rate Recovery, Heart Failure, Music

How to cite this article: Taheri A, Makaremi M, Dabidi Roshan V. The effect of 4 weeks of virtual reality, interval nordic walking and ambient music interventions on cardiorespiratory recovery in the elderly patients with HFrEF in response to cardiopulmonary exercise test. J Sport Exerc Physiol. 2024;17(1):92-112.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۱، صفحه‌های ۹۲-۱۱۲

مقاله پژوهشی

اثر یک دوره مداخله‌های تمرینات واقعیت مجازی، پیاده‌روی نوردیک تناوبی و موسیقی امبینت بر ریکاوری قلبی -تنفسی سالمندان مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی در پاسخ به آزمون ورزشی قلبی -ریوی

اردوان طاهری[۱]، مائده مکارمی[۲]، ولی‌اله دبیدی روشن[۱*]

۱ .گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدۀ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۲. گروه بیماری‌های قلب و عروق، بیمارستان شهید صیاد شیرازی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: بیماران نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی بطن چپ (HFrEF)، دارای اختلالات اتونوم قلبی هستند که این موضوع سبب مرگ‌ومیر آنان می‌شود. ریکاوری ضعیف ضربان قلب (HR) و نرخ حاصل‌ضرب فشار (RPP) بلافاصله پس از آزمون ورزشی قلبی -ریوی (CPET) تا حدی به‌دلیل کاهش تون واگ است. پژوهش‌های محدودی به ارزیابی ریکاوری شاخص‌های همودینامیک (HR، SBP و RPP) متعاقب یک دوره تمرین میان مدت و در پاسخ به یک پروتکل ورزشی استاندارد در بیماران مبتلا به HF پرداخته‌اند. هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر چهار هفته مداخله‌های غیردارویی مانند تمرین واقعیت مجازی (VR)، پیاده‌روی نوردیک تناوبی ((interval Nordic walking(INW)) و شنیدن موسیقی امبینت ((Ambient music (AM) در بهبود ریکاوری همودینامیک قلبی -عروقی (یک و سه دقیقه) در پاسخ به یک CPET استاندارد در بیماران مبتلا به HF بود.

مواد و روش: ۴۲ بیمار با HF پایدار (میانگین سنی ۴/۱۳± ۶۰/۳۶ سال و کسر جهشی ۵۵-۳۰ درصد) به‌طور تصادفی به چهار گروه تمرین واقعیت مجازی، پیاده‌روی نوردیک، شنیدن موسیقی امبینت ضبط‌شده و کنترل تقسیم شدند. سه گروه VR، INW و AM به مدت چهار هفته و هر هفته پنج روز پروتکل تعریف‌شده را انجام دادند. اندازه‌گیری‌ها شامل HR، SBP، RPP و عملکرد قلبی -تنفسی (VO_2peak)، پالس اکسیژن و زمان تا خستگی (TTE)) با استفاده از یک الکتروکاردیوگرام 12 لید در لحظۀ پایان تست و دقایق ۱ و ۳ ریکاوری متعاقب پروتکل فزایندۀ CPET در قبل و پس از چهار هفته مداخله انجام گرفت. برای بررسی اثر مداخله‌ها و CPET در زمان‌های مختلف از آنالیز واریانس چندعاملی استفاده شد.

نتایج: CPET موجب افزایش شاخص‌های همودینامیک قلبی- تنفسی در قبل و پس از چهار هفته مداخله‌های غیردارویی شد. پس از چهار هفته مداخله، ریکاوری یک و سه‌دقیقه‌ای ضربان قلب، فشار خون سیستول، TTE و VO_2peak در گروه‌های INW و VR در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود، اما تغییر معنی داری نداشت (P< ۰/۰۵). متعاقب چهار هفته مداخله، مقادیر RPP بلافاصله پس از CPET، در گروه‌های INW و VR در مقایسه با گروه کنترل افزایش داشت که معنی دار نبود و البته با افزایش TTE همسو بود. چهار هفته موسیقی تأثیر معناداری بر ریکاوری همودینامیک و عملکرد قلبی -تنفسی مردان مبتلا به HF نداشت.

نتیجه‌گیری: بهبود ریکاوری HRR3 و SBP در پاسخ به CPET و روند مثبت VO_2peak و TTE پس از چهار هفته مداخله‌های INW و VR، ممکن است عاملی برای افزایش تون واگی در بیماران مبتلا به HFrEF باشد. هر دو روش تمرینی INW و VR برای بهبود ریکاوری همودینامیکی قلبی -تنفسی در مبتلایان به HF مناسب است، اما ریکاوری سریع‌تر احتمالاً مستلزم انجام تمرینات با طول دورۀ طولانی‌تر است و ممکن است راهی برای بهبود آمادگی قلبی -تنفسی و ازاین‌رو پیشگیری از بروز حوادث قلبی در سالمندان

* رایانامه نویسنده مسئول: v.dabidi@umz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۸

مبتلا به نارسایی قلبی باشد. تحقیقات آینده باید متمرکز بر سایر روش‌های تمرینی از جمله تمرینات HIIT همراه با مداخلات غذایی باشد. علاوه بر این، درک سازوکارهای مسئول بهبودهای بالقوه، مستلزم بررسی بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: آزمون ورزشی قلبی -ریوی، تمرینات واقعیت مجازی، پیاده‌روی نوردیک، ریکاوری ضربان قلب، کسر جهشی، نارسایی قلبی، موسیقی.

نحوه استناد به این مقاله: طاهری ا، مکارمی م، دبیدی روشن و. اثر یک دوره مداخله‌های تمرینات واقعیت مجازی، پیاده‌روی نوردیک تناوبی و موسیقی امبینت بر ریکاوری قلبی -تنفسی سالمندان مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی در پاسخ به تست ورزشی قلبی -ریوی. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۳؛۱۷(۱):۹۲-۱۱۲.

مقدمه

نارسایی قلبی (HF) یک مسئلهٔ مهم بهداشت جهانی است که بیش از ۲۳ میلیون بزرگسال را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد و شیوع آن با افزایش سن جمعیت جهانی همچنان در حال افزایش است (۱). نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی بطن چپ (Heart failure with reduced left (HFrEF) ventricular ejection fraction) وضعیتی مزمن رو به وخامت است که با اختلال مکرر در عملکرد اتونوم قلب (فعالیت بیش‌ازحد عصب سمپاتیک و کاهش تون واگ) ظاهر شده و به افزایش عوارض و مرگ‌ومیر منجر می‌شود (۳،۲). با وجود درک علمی از HF و پیشرفت در مدیریت آن از طریق رویکردهایی مانند درمان دارویی و دستگاهی (۲)، بسیاری از این رویکردها به لحاظ اقتصادی و همین‌طور سهولت اجرا در دامنهٔ گسترده‌ای از افراد جامعه عملی نیست. تاکنون عملکرد اتونوم قلب با استفاده از تست‌های استانداردی که نیاز به تجهیزات تخصصی و نظارت پزشک دارند، ارزیابی می‌شود. ازاین‌رو بهره‌گیری از روش‌های ساده، ارزان و در دسترس عموم در خارج از محیط بالینی برای جلوگیری از پیشرفت HF ضروری است و می‌تواند به پیشگیری از حوادث قلبی -عروقی کمک کند.

طی دههٔ اخیر، بازیابی همودینامیک قلبی متعاقب استرس‌های مختلف، از جمله ریکاوری ضربان قلب (HRR) و فشار خون سیستول (SBP) و ازاین‌رو بار کار وارده به قلب (RPP)، به‌عنوان یک رویکرد سادهٔ غیرتهاجمی و یک استاندارد طلایی برای ارزیابی عملکرد اتونوم قلبی- عروقی، پیش‌بینی مستقل برای آسیب میوکارد CAD، CVD و پیش‌آگهی قابل توجه پس از ورزش وامانده‌ساز مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است (۵،۴)، به‌گونه‌ای که پژوهش‌های متعددی ارتباط تضعیف HRR با مرگ‌ومیر و افزایش خطر بیماری قلبی- عروقی، یعنی بیماری عروق کرونر قلب، انفارکتوس میوکارد و سکته را نشان داده‌اند (۶). در همین زمینه شواهد متعددی وجود دارد که رویکردهایی مانند فعالیت‌های منظم بدنی از طریق تحریک عصب واگ (VNS) به‌عنوان روش‌های درمانی غیردارویی در بهبود تعادل اتونومیک اثرگذار بوده‌اند (۸،۷). شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که برخلاف کاهش سریع همودینامیک قلبی- عروقی در ورزشکاران زبده، HRR در افراد مبتلا به نارسایی قلبی ضعیف است (۴)، به‌گونه‌ای که ریکاوری تأخیری ضربان قلب کمتر از ۱۲ ضربه در دقیقه پس از ورزش و یا ریکاوری تأخیری فشار خون سیستولیک (SBP) با حوادث قلبی -عروقی و مرگ‌ومیر همراه است (۹-۱۱). سوکاس و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که کاهش ضربان قلب در یک دقیقه پس از شروع ریکاوری دقیق‌ترین و قابل تکرارترین پارامتر به‌شمار می‌رود، این در حالی است که با اجرای منظم برنامه‌های توانبخشی ورزشی قلبی - عروقی و حتی با کاهش وزن می‌توان HRR را بهبود بخشید (۵). در مقابل، ابولیمیتی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند اکسیژن مصرفی اوج (VO_2peak) که به‌طور گسترده برای تست ورزشی قلبی -ریوی (Cardiopulmonary exercise test (CPET)) و دستیابی به اطلاعات پیش‌آگهی برای بیماران مبتلا به بیماری‌های قلبی -عروقی استفاده می‌شود، با انجام تمرینات ورزشی منظم بهبود می‌یابد (۱۲).

در دهه‌های گذشته، تأثیر فعالیت منظم بدنی بر سلامت دستگاه‌های مختلف بدن کاملاً تأیید شده است. با وجود این سازمان بهداشت جهانی گزارش داد تقریباً ۲۵ درصد بزرگسالان و ۸۰ درصد نوجوانان در سراسر جهان، به‌دلیل تغییرات اجتماعی و سبک زندگی، تا حدودی از نظر بدنی غیرفعال‌اند (۱۳). تمرین و فعالیت بدنی برنامه‌ریزی‌شده، ساختاریافته و تکراری، اغلب خسته‌کننده و سخت تلقی می‌شود، در نتیجه سبب

می‌شود که بزرگسالان و دانش‌آموزان پس از روزهای طولانی کار و یا مدرسه از رفتارهای مرتبط با فعالیت بدنی دوری کنند. در عوض، افراد بیشتر به فعالیت‌های اوقات فراغت، مانند بازی‌های ویدئویی علاقه دارند. بنابراین، ترکیبی از بازی‌های ویدئویی و شرکت در فعالیت بدنی ممکن است باعث علاقهٔ آنها شود و رفتار فعالیت بدنی آنها را بهبود بخشد (۱۴). در سال‌های اخیر، ورزش واقعیت مجازی (VR) به‌عنوان رویکردی جدید برای ارتقای رفتارهای بی‌تحرک و بهبود سلامتی شناخته شده است و به‌طور فزاینده‌ای در ارتقای سلامت به‌کار می‌رود. پژوهش‌های پیشین اثربخشی تمرینات VR را بر نتایج فیزیولوژیکی، روانی یا توانبخشی بررسی کرده‌اند. برای مثال محققان بیان کرده‌اند که VR می‌تواند عملکرد اندام تحتانی بیمارانی را که از سکتهٔ مغزی رنج می‌برند، بهبود بخشد (۱۵). جوهانسن و همکاران (۲۰۲۳)، میتچل و همکاران (۲۰۲۲) و گارسیا-براوو و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از رویکرد و فناوری جدیدی موسوم به واقعیت مجازی (VR)، بهبود شاخص‌های قلبی -عروقی را در مبتلایان به بیماری‌های قلبی-عروقی گزارش داده‌اند (۱۶). به همین ترتیب، تأثیرات مثبت موسیقی، سبب شده است که پژوهشگران از اثربخشی موسیقی در افزایش انطباق با فعالیت بدنی و نتایج آن در میان شرکت‌کنندگان ظاهراً سالم و همچنین افرادی که فعالیت بدنی را به‌عنوان بخشی از یک برنامهٔ توانبخشی انجام می‌دهند، چشم‌پوشی نکنند (۱۷). برای نمونه در پژوهشی، سمفونی چهلم موتزارت، تأثیر زیادی در کاهش ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک داشته است (۱۸). همچنین نتایج تحقیقی دیگر از تأثیر سه ژانر موسیقی بر فرایندهای شناختی حمایت ، البته این تحقیق، اثر فیزیولوژیکی افزایش فعالیت پاراسمپاتیک را نیز نشان داد (۱۹). کولینسکی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی نتیجه گرفتند که سرعت موسیقی ممکن است به‌طور مستقیم با تغییرات HR، RR (respiratory rate) و BP مرتبط باشد (۲۰). با وجود اطلاعات مذکور، تحقیقات اندکی اثر یک دوره برنامهٔ موسیقی را به‌همراه سایر روش‌های تمرینی بر ریکاوری (یک تا سه‌دقیقه‌ای) شاخص‌های قلبی -تنفسی به‌ویژه در سالمندان مبتلا به نارسایی قلبی با کسر جهشی کاهش‌یافته بررسی کرده‌اند.

پیاده‌روی نوردیک (NW) یک روش تمرینی توانبخشی قلبی در دسترس، ایمن و مؤثر است که به‌نظر می‌رسد به‌ویژه برای افراد با ظرفیت‌های عملکردی و انگیزشی محدود مناسب باشد. وایسک و همکاران (۲۰۲۳) و ناگیوا و همکاران (۲۰۲۰) اظهار کردند که اجرای یک برنامهٔ تمرینی NW تأثیرات بالینی مؤثری بر عملکرد قلبی- عروقی، عصبی عضلانی و عملکردی در بیماران قلبی- عروقی دارد و موجب بهبود VO_2peak می‌شود (۲۲,۲۱). سبولا و همکاران (۲۰۲۰) اثر شش هفته NW را بر بهبود ضربان قلب و فشارهای خونی در زنان پس از یائسگی گزارش دادند (۲۳). با وجود اطلاعات مذکور، پژوهش‌های اندکی به بررسی تأثیر یک پروتکل ورزشی قلبی ریوی (CPET) در قبل و بعد از چهار هفته مداخله‌های غیردارویی مانند پیاده‌روی نوردیک به روش تناوبی (INW) و یا VR و موسیقی امبینت (Ambient music) بر ریکاوری پارامترهای همودینامیکی و VO_2peak در مردان سالمند مبتلا به HFrEF پرداخته‌اند.

با توجه به دانش ما، هیچ گزارش منتشرشده‌ای در خصوص ریکاوری شاخص‌های همودینامیکی مانند ضربان قلب، فشارهای خونی، حاصل‌ضرب دوگانه (RPP) به‌عنوان شاخصی از بار کار روی قلب، متعاقب تست ورزشی قلبی ریوی در قبل و بعد از چهار هفته مداخله‌های غیردارویی (VR، INW و AM) در سالمندان مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی بطن چپ وجود ندارد. فرض بر آن است که بهبود VO_2peak

متعاقب چهار هفته مداخله، موجب ریکاوری بهتر همودینامیک قلبی- عروقی و همین‌طور بهبود کسر جهشی طی دوره‌های یک تا سه دقیقه پس از تست ورزشی قلبی ریوی در این افراد می‌شود. بنابراین، هدف اصلی تحقیق حاضر آن است که اجرای چهار هفته مداخله‌های غیردارویی (پیاده‌روی نوردیک تناوبی، واقعیت مجازی و موسیقی امبینت) چه تأثیری بر مقادیر ریکاوری (یک و سه‌دقیقه‌ای) شاخص‌های همودینامیکی شامل ضربان قلب (HR)، فشار خون سیستول (SBP)، فشار خون دیاستول (DBP)، فشار خون متوسط شریانی (MAP) و میزان فشار وارده به عضلهٔ قلبی (RPP) و همین‌طور شاخص‌های عملکرد قلبی -تنفسی مانند نبض یا پالس اکسیژن (O_2 pulse)، VO_2peak و زمان رسیدن به واماندگی (TTE) در مردان سالمند مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی (HFrEF) بطن چپ متعاقب تست ورزشی قلبی -ریوی (CPET) دارد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: در تحقیق حاضر، در مجموع ۴۸ مرد داوطلب ۵۰ تا ۷۵ سالهٔ مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی (HFrEF) بطن چپ شرکت داشتند که طی مراحل مختلف و بر اساس معیارهای خاص (بخش بعدی را ببینید) از بین بیماران مراجعه‌کننده به بیمارستان شهید صیاد شیرازی و کلینیک فوق‌تخصصی دزیانی گرگان انتخاب شدند و به‌طور تصادفی به چهار گروه تمرین پیاده‌روی نوردیک به روش تناوبی (INW)، موسیقی امبینت (AM)، تمرین واقعیت مجازی (VR) و گروه کنترل تقسیم شدند و پنج روز در هفته به مدت چهار هفته تحت مداخله‌های سه‌گانه قرار گرفتند. اصلی‌ترین دلیل مداخلهٔ کوتاه‌مدت چهارهفته‌ای، حفظ آزمودنی‌های با نارسایی قلبی تا انتهای دورهٔ تحقیق بود. ازاین‌رو هر اندازه طول دورهٔ مداخله بیشتر می‌شد، احتمال افت آزمودنی و امکان ادامه و پایبندی آزمودنی‌ها به دلایل شرایط خاص آنها از جمله «بیماری قلبی» بیشتر می‌شد. افزون بر این با توجه به تأثیر عوامل مختلف از جمله شرایط تغذیه‌ای و مصرف آنتی‌اکسیدانت‌ها و تأثیرات احتمالی آنها بر عملکرد قلبی -عروقی، امکان کنترل متغیرهای مزاحم نیز به حداقل می‌رسید. شاخص‌های موردنظر در تحقیق حاضر در دو مرحلهٔ قبل و بعد از چهار هفته مداخله‌های غیردارویی و هر مرحله در شرایط استراحتی، بلافاصله پس از اجرای تست تمرین قلبی -ریوی (CPET) و همین‌طور در دقیقهٔ یک و دقیقهٔ سه، پس از اتمام تست CPET ارزیابی شد. جدول ۱ ویژگی‌های دموگرافیک، آنتروپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌های تحقیق حاضر را در ابتدای تحقیق نشان می‌دهد.

جدول ۱. آمارهٔ ویژگی‌های دموگرافیک، آنتروپومتریک و فیزیولوژیک مردان سالمند در ابتدای دورهٔ تحقیق

شاخص	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حداکثر	دامنهٔ تغییرات
سن (سال)	۶۰/۳۶ ± ۴/۱۳۷	۵۴	۶۷	۱۳
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۱۶ ± ۹/۵۸	۵۹	۹۱	۳۲
قد (متر)	۱/۷۴ ± ۰/۰۶	۱/۶۰	۱/۸۳	۰/۲۳
BMI (کیلوگرم/ مترمربع)	۲۵/۱۶ ± ۲/۰۳	۲۰/۴۱	۲۸/۷۳	۸/۳۲
WHR	۰/۸۹ ± ۰/۰۴	۰/۸۱	۰/۹۶	۰/۱۵
LVEF (٪)	۴۱/۷۹ ± ۶/۶۰	۳۰	۵۵	۲۵

*** شاخص تودهٔ بدن (BMI)، نسبت کمر به لگن (WHR)، کسر جهشی بطن چپ (LVEF)**

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که در پاییز ۱۴۰۲ در دانشگاه علوم پزشکی گلستان انجام گرفت. تمام مراحل جمع‌آوری اطلاعات زیر نظر متخصص بیماری‌های قلب و عروق و متعاقب تأیید طرح مطالعاتی توسط کمیتهٔ اخلاق زیستی ملی با کد اخلاق به شماره IR.UMZ.REC.1402.017 و همچنین کمیتهٔ اخلاق دانشگاه علوم پزشکی گلستان و بر اساس آخرین نسخهٔ دستورالعمل هلسینکی در بیمارستان شهید صیاد شیرازی گرگان اجرا شد. بر اساس این دستورالعمل، محققان موظف شدند تا ضمن استفاده از تجهیزات سالم و ایمن برای ارزیابی افراد، به آزمودنی فرصت دهند تا در هر مرحله‌ای از فرایند پژوهش، در صورت عدم رعایت حقوق آنها و احساس ناخوشایند از شرایط جمع‌آوری داده‌ها و عدم تمایل به ادامهٔ پروتکل پژوهش، انصراف دهند.

در تحقیق حاضر از معیارهایی برای ورود افراد به فرایند تحقیق استفاده شد که برخی از این معیارها عبارت‌اند از: ابتلای آزمودنی‌ها به نارسایی قلبی < ۵۵% LVEF < ۳۰%، عدم مشکلات اسکلتی و مفصلی که موجب ناتوانی در اجرای پروتکل تمرینی و CPET شود، عدم آنژین صدری پایدار، عدم سابقه Percutaneous Coronary Intervention (PCI) (کمتر از سه ماه)، رضایت برای انجام برنامه‌های مداخله‌ای توان‌یابی قلبی -عروقی، معادل متابولیکی کمتر از پنج مت در تحمل بار تمرینی روی تست تردمیل در قبل از اجرای مداخله‌ها.

در مقابل، افرادی که بر اساس فرمول «تعداد جلسات تمرینی مورد انتظار، تقسیم بر کل جلسات تمرینی، ضربدر ۱۰۰»، در کمتر از ۷۵ درصد برنامه‌های تمرینی شرکت کردند، از برنامهٔ مداخله‌ای و آنالیز خارج شدند. سایر معیارهای خروج افراد از فرایند تحقیق نیز عبارت‌اند از: وجود موارد منع تمرینات توان‌یابی و حالت‌های بیماری که اجرای برنامه‌های مداخله‌ای قلبی -عروقی را غیرممکن می‌کند. بی‌نظمی‌های قلبی تهدیدکنندهٔ زندگی، بلاک دهلیزی بطنی پیشرفته، فیبریلاسیون دهلیزی یا فلوتر تازه تشخیص داده‌شده، پریکاردیت یا میوکاردیت، بیماری شدید علامت‌دار دریچهٔ قلب؛ از جمله تنگی علامت‌دار آئورت، کاردیومیوپاتی هیپرتروفیک شدید، پرفشاری خونی ریوی کلاس II، III، IV مطابق با طبقه‌بندی عملکردی سازمان بهداشت جهانی، آترواسکلروز انسدادی مرحلهٔ II، III، IV طبق طبقه‌بندی فونتین، فشار خون شریانی کنترل‌نشده، دیابت قندی کنترل‌نشده، ترومبوآمبولی حاد وریدی یا سابقه‌دار در یک سال قبل، پیوند عروق کرونر (Coronary artery bypass graft (CABG)) یا انفارکتوس قلبی (Myocardial infarction(MI)) در سال گذشته، نارسایی تنفسی و بیماری انسدادی مزمن ریوی پیشرفته یا آسم پیشرفته، بیماری‌های سیستمیک حاد و بیماری نئوپلاستیک فعال نیز از جمله موارد منع شرکت در این طرح پژوهشی بود.

روش اجرای پژوهش: پیش از اجرای تحقیق با انجام مطالعهٔ اولیه روی چند آزمودنی، امکان اجرایی بودن پروتکل بررسی و مسافت ۳۰۰۰ گام با استفاده از پدومتر (گام‌شمار) مدل Walking style II ساخت شرکت OMRON به‌عنوان تعداد گام پایه در نظر گرفته شد. گروه پیاده‌روی نوردیک تناوبی پنج روز در هفته به مدت چهار هفته با افزایش جلسه‌ای ۱۰۰ گام در هفتهٔ اول، ۲۰۰ گام در هفتهٔ دوم، ۳۰۰ گام در هفتهٔ سوم و ۴۰۰ گام در هفتهٔ چهارم با پنج ست در هفتهٔ اول و چهار ست در هفته‌های دوم تا چهارم و با ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل حرکات کششی و تحرک‌پذیری و ۱۰ دقیقه سرد کردن شامل پیاده‌روی با شدت کم (۵۰ درصد حداکثر ضربان) و حرکات کششی تمرین کردند (۲۴). اصل اضافه بار فزاینده طی روزها و هفته‌های متوالی با تغییر تعداد ست‌های

تمرینی، استراحت بین تکرارها و دوره‌های تمرینی و همین‌طور تعداد گام در نظر گرفته شد. تعداد گام از ۳۰۰۰ گام در جلسهٔ اول به ۷۹۰۰ گام در آخرین جلسهٔ هفتهٔ چهارم رسید، این در حالی بود که مدت زمان خالص برای طی این تعداد گام‌ها، ۴۰ دقیقه ثابت نگه‌داشته شد. آزمودنی‌ها در هفتهٔ اول پنج ست با استراحت سه‌دقیقه‌ای بین ست‌ها، در هفتهٔ دوم چهار ست با استراحت سه‌دقیقه‌ای بین ست‌ها، در هفتهٔ سوم چهار ست با استراحت چهاردقیقه‌ای بین ست‌ها و در هفتهٔ چهارم چهار ست با استراحت پنج‌دقیقه‌ای بین ست‌ها را انجام دادند. هر جلسهٔ تمرین علاوه بر بخش اصلی، شامل پنج تا ۱۰ دقیقه گرم و سرد کردن همراه با حرکات کششی بود. برای هماهنگی در اندازه‌گیری گام‌شمار، همهٔ آزمودنی‌ها در جلسات مختلف، پدومتر را به کمربند خود بستند.

پیش از انجام مرحلهٔ اصلی تمرینات چهارهفته‌ای VR، در جلسهٔ مجزایی شیوهٔ اجرای پروتکل و کار با دستگاه واقعیت مجازی به مدت حداکثر یک ساعت، به هریک از آزمودنی‌ها آموزش داده شد. آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه نمایشگر نصب‌شده روی سر (Head mounted Display(HMD)) بی‌سیم Meta Quest 2 به اجرای تمرینات VR پرداختند. برای نظارت بر اجرای صحیح فرایند اجرای بازی ورزشی موردنظر، عینک واقعیت مجازی متا کوئست به‌صورت بی‌سیم با تبلت هشت‌اینچی شرکت سامسونگ از طریق فضای میزبان ابری (Cloud Server) متعلق به شرکت متا متصل شد؛ بدین‌صورت امکان نظارت در لحظه (real time) بر عملکرد آزمودنی، همچون تمرینات در دنیای واقعی برای گروه پژوهش مهیا شد. با توجه به سن آزمودنی‌ها و میزان آشنایی کم تا متوسط افراد مورد پژوهش و به دلایل زیر بازی ورزشی (Exergame) معروف Beat Saber برای انجام این پژوهش انتخاب شد:

- در رده‌بندی سه‌گانهٔ بازی‌های متاورس (Metaverse) اکزرگیم Beat Saber در ردهٔ اول، یعنی ساده قرار می‌گیرد و افراد حتی بدون آشنایی با رایانه و گوشی‌های هوشمند، امکان انجام این اکزرگیم را دارند.
- در Beat Saber با توجه به وجود قطعات موسیقی متعدد با سرعت (Tempo) و مدت متفاوت و نیز درجه‌بندی بازی بر اساس رده‌بندی پنج‌گانه Easy, Normal, Hard, Expert & Expert+ امکان رعایت اصل اضافه بار با ست‌بندی و تعداد تکرارها به‌سهولت در اختیار محقق قرار می‌گیرد.

در این اکزرگیم، آزمودنی با شمشیرهای لیزری به دو رنگ قرمز و آبی باید مکعب‌های قرمز و آبی متحرکی را که با ضرباهنگ مشخص موسیقی به طرف او می‌آیند، با ضربات شمشیر همرنگ و در جهت مشخص‌شده روی مکعب برش بزند. در هر ضربه برای دریافت امتیاز کامل باید پیش از برخورد شمشیر لیزری با مکعب، شمشیر حداقل ۹۰ درجه با محل برخورد زاویه داشته باشد و پس از برخورد هم حرکت باید دست‌کم ۶۰ درجه از محل اصابت ادامه داشته باشد. در ضمن دقت بیشتر در ضربه به مرکز فلش تعیین جهت روی مکعب‌ها نیز در کسب امتیاز بالاتر مؤثر است. با توجه به اینکه در پروتکل‌های مقالات مطالعه‌شدهٔ مرتبط با مداخلات VR توسط گروه تحقیق، اصل اضافه بار و جزئیات طراحی تمرین بر اساس اطلاعات هر اکزرگیم در متاورس به‌منظور بررسی دقیق علل اثربخشی به‌طور دقیق رعایت نشده است (۲۵،۱۶)، لازم بود تا پروتکل به‌صورت کامل طراحی و اجرا شود. با حرکت بالاتنه برای ضربات و حرکات پایین‌تنه برای فرار از سازه‌های بنفش رنگ، آزمودنی‌ها در این گروه به مدت چهار هفته و پنج جلسه در هفته از ۲۰ دقیقه در هر جلسه در هفتهٔ اول تا ۳۰ دقیقه در هفتهٔ چهارم پروتکل تمرینات را اجرا

کردند. در هفتهٔ اول هر جلسهٔ تمرین شامل پنج دقیقه گرم کردن و ۵ دقیقه سرد کردن و ۲۰ دقیقه تمرین تناوبی اگزرگیم با قطعهٔ موسیقی Beat Saber با سرعت ۱۶۶ ضربه در دقیقه اثر یاروسلاو بک (Jaroslav Beck) بود. هر تکرار شامل یک دور بازی به مدت ۱۱۰ ثانیه و ۱۲۰ ثانیه استراحت بود که با احتساب زمان ۱۰ ثانیه‌ای انجام تنظیمات دستگاه، در مجموع ۲۴۰ ثانیه، معادل چهار دقیقه شد. این ست پنج مرتبه تکرار شد که زمان کل تمرین اصلی ۲۰ دقیقه به طول انجامید. در هفتهٔ دوم با همان جزئیات هفتهٔ اول، تعداد ست‌ها به شش مرتبه و زمان تمرین به ۲۴ دقیقه رسید. در هفتهٔ سوم استراحت بین تکرارها از ۱۲۰ ثانیه به ۶۰ ثانیه تقلیل یافت و تعداد ست‌ها به هشت مرتبه رسید و زمان کل تمرین همان ۲۴ دقیقه باقی ماند. در هفتهٔ چهارم، با همان استراحت ۶۰ ثانیه‌ای بین هر تکرار، تنها تعداد ست‌ها به ۱۰ مرتبه و در مجموع زمان کل تمرین به ۳۰ دقیقه رسید.

با توجه به اینکه بر اساس پروتکل‌های پژوهش‌های انجام‌گرفته در خصوص تأثیرات موسیقی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، اطلاعات دقیق فنی از قطعات موسیقی استفاده شده و نیز شیوه و فناوری پخش موسیقی برای آزمودنی‌ها در دسترس نیست (۱۸–۲۰)، ازاین‌رو امکان کنترل متغیرهای مزاحم وجود نداشت. به همین دلیل برای این پژوهش، هم قطعهٔ اختصاصی ساخته شد و هم ابزار و شیوهٔ پخش به‌صورت تخصصی انتخاب و اعمال و هم اصل افزایش بار رعایت شد. بدین‌ترتیب گروه موسیقی امبینت پنج روز در هفته به مدت چهار هفته، روزی یک بار در هفتهٔ اول، روزی دو بار (صبح و شب) در هفتهٔ دوم و روزی دو بار (شب و پشت سر هم) و در هفته‌های سوم و چهارم روزی سه بار (شب و پشت سر هم) موسیقی امبینت ساخته‌شده به‌صورت اختصاصی برای این پژوهش را گوش کردند. افراد موسیقی موردنظر در پژوهش حاضر را که با Virtual Instruments اجرا و با نرم‌افزار Cubase 12 ضبط و میکس شده بود، به مدت هفت دقیقه و ۵۱ ثانیه و با فرکانس کوک پایه La=۴۴۰ با هدفون AKG مدل K240 Studio در شرایط استراحتی (۱۰ دقیقه پس از دراز کشیدن) گوش دادند.

تمام آزمودنی‌ها به‌منظور نصب راحت لیدهای ECG با لباس جلوباز نخی و کفش راحت یا ورزشی روی نوار گردان قرار گرفتند و پیش از انجام آزمایش، فعالیت بدنی انجام نداده بودند. برای آشنایی آزمودنی با نحوهٔ راه رفتن و دویدن روی نوار گردان و گرم شدن، ابتدا هریک از آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه با سرعت یک مایل در ساعت روی نوار گردان بدون شیب تمرین کردند. آزمودنی‌ها پس از گرم کردن بدن به مدت پنج دقیقه، تست قلبی- ریوی (بروس اصلاح‌شده) را بر اساس دستورالعمل استاندارد تا زمان واماندگی و یا قطع فعالیت روی دستگاه System Test Stress Cardiac مدل AST-3000 شرکت اَوس سینا با قابلیت نمایش و چاپ ۱۲ کانال ECG ادامه دادند. در تمام زمان اجرای پروتکل، ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک، درد قفسهٔ سینه و تغییرات ECG در هر آزمودنی با دستگاه فشارسنج دیجیتال بازویی مدل LD-588 ساخت شرکت Scian و ECG کنترل شد. افزون بر این در پژوهش حاضر از چندین شاخص مانند دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب پیشگویی‌شده یا به‌عبارتی دستیابی فرد به حداکثر ضربان قلب در دامنهٔ ۱۲± از ضربان پیشگویی‌شده با فرمول ۲۲۰ منهای سن، آنژین صدری متوسط تا جدی، نشانه‌های پرفوزیون ضعیف، افزایش فشار خون سیستول بیش از ۱۰ میلی‌متر جیوه از سطح پایه، افزایش نشانه‌های دستگاه عصبی (مانند آتاکسی و سرگیجه)، تمایل فرد به ختم آزمون و افزایش قطعه

ST بیشتر از یک میلی‌متر (۰/۱ میلی ولت) در دو یا بیش از دو اشتقاق سینه برای ختم پروتکل استفاده شد (۲۶).

روش‌های آزمایشگاهی: شاخص‌های قلبی -تنفسی در پژوهش حاضر شامل فشارهای خونی سیستول، دیاستول، میانگین فشار خون شریانی، ضربان قلب و میزان فشار وارده بر قلب (RPP) در دو مرحلهٔ قبل و بعد از چهار هفته مداخله‌های تمرینی و هر مرحله نیز چهار وهلهٔ استراحتی، بلافاصله پس از پروتکل CPET و دورهٔ ریکاوری یک و سه‌دقیقه‌ای پس از اتمام این پروتکل پیاده‌روی و دویدن روی دستگاه ECG دستگاه System Test Stress Cardiac مدل AST-3000 شرکت آوس سینا ارزیابی شد. آنگاه پارامتر RPP نیز از حاصل‌ضرب ضربان قلب در فشار خون سیستول در هریک از مقاطع زمانی برآورد شد. افزون بر این اوج اکسیژن مصرفی (VO_2peak) نیز با استفاده از فرمول زیر و بر اساس داده‌های حاصل از تست CPET روی نوار گردان در دو مرحلهٔ قبل و بعد از دورهٔ چهارهفته‌ای مداخله ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی اوج برحسب میلی‌لیتر کیلوگرم در دقیقه، از فرمول‌های رایج، از جمله معادلهٔ متابولیکی کالج آمریکایی طب ورزشی به شرح ذیل استفاده شد (۲۷). به همین ترتیب، مقادیر نبض یا پالس اکسیژن (O_2 pulse) نیز با استفاده از مقادیر VO_2peak و بر اساس فرمول واسرمن و همکاران (۲۸) به شرح زیر برآورد شد. بدین‌ترتیب که نسبت اکسیژن مصرفی به ضربان قلب ورزشی، محاسبه و عدد موردنظر ثبت شد:

VO2peak (ml/kg/min) = ۱۴/۷۶- (۱/۳۷۹× T) + (۰/۴۵۱× T^2) - (۰/۰۱۲× T^3)

ضربان قلب/اکسیژن مصرفی = نبض اکسیژن (میلی‌لیتر/کیلوگرم بر ضربان قلب)

تحلیل آماری: با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها که با آزمون شاپیرو ویلک مشخص شد، برای بررسی تفاوت تغییرات شاخص‌های قلبی- تنفسی در چهار مرحلهٔ قبل و بعد از پروتکل استاندارد CPET، در قبل و بعد از اجرای چهار هفته مداخله‌ها در گروه‌های مختلف از آنالیز واریانس در اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. در صورت مشاهدهٔ تغییرات معناداری نیز از آزمون بنفرونی به‌منظور تعیین تفاوت بین گروه‌های چهارگانه استفاده شد. تمامی تجزیه‌وتحلیل‌های آماری این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۸ انجام گرفت. مقدار معناداری نیز سطح ۰/۰۵ ≥P تعیین شد.

نتایج

الف) اثر چهار هفته مداخله‌های VR، INW و AM بر پاسخ ریکاوری شاخص‌های قلبی- تنفسی متعاقب تست ورزشی قلبی ریوی (CPET)

داده‌های جدول ۲، تغییرات ریکاوری شاخص‌های قلبی- عروقی را بعد از تست ورزشی قلبی- ریوی (CPET) متعاقب چهار هفته تمرینات واقعیت مجازی (VR)، پیاده‌روی نوردیک تناوبی (INW) و موسیقی امبینت (AM) در سالمندان مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی نشان می‌دهد. همان‌گونه‌که در جدول نیز مشخص است، اگرچه کاهشی در مقادیر ریکاوری ضربان قلب طی یک دقیقه پس از اتمام تست CPET مشاهده شد که معنی دار نبود (P> ۰/۰۵)، اما با تداوم ریکاوری تا دقیقهٔ سه، میزان کاهش معناداری در ریکاوری ضربان قلب مشاهده شد (P> ۰/۰۵). تفاوت تغییرات مقادیر ریکاوری ضربان پس از سه دقیقه در مقایسه با مرحلهٔ بلافاصله بعد از اتمام CPET در گروه‌های INW و VR مشهود بود، به‌گونه‌ای که کاهش در گروه‌های INW، VR، موسیقی و کنترل به‌ترتیب ۳۹، ۳۷، ۴۲، و ۲۱ ضربه در دقیقه در قبل از اجرای چهار هفته مداخله در مقایسه با ۶۹، ۷۰،۵۶ و

۵۱ ضربه در دقیقه بعد از چهار هفته مداخله دیده شد. اگرچه تغییرات ریکاوری ضربان قلب متعاقب چهار هفته مداخلهٔ VR و INW مشهودتر از موسیقی بود، اما این تفاوت در مقادیر ریکاوری ضربان قلب بین گروه‌های مداخله و همچنین کنترل، به لحاظ آماری معنادار نبود (مقدار p برابر با ۰/۱۷۰ و اندازهٔ اثر برابر با ۰/۱۲۲).

درحالی‌که تأثیر چهار هفته مداخله‌های VR، INW و AM در مقایسه با گروه کنترل بر ریکاوری مقادیر فشار خون سیستولیک (SBP) و ریکاوری فشار متوسط خون شریانی (MAP) به لحاظ آماری معنادار نبود، اما بسیار به سطح معناداری نزدیک بود (مقدار p معادل با ۰/۰۷۹ و اندازهٔ اثر ۰/۱۶۲ برای SBP و مقدار p معادل با ۰/۰۶۸ و اندازه اثر ۰/۱۶۹ برای MAP). با وجود این، میزان ریکاوری فشار خون سیستولیک متعاقب سه دقیقه ریکاوری پس از اجرای پروتکل CPET در قبل و بعد از چهار هفته مداخله تفاوت معناداری را در تمام گروه‌ها نشان نداد (کاهش ۱۸ میلی‌متر جیوه در هر دو مرحله در گروه INW، کاهش ۱۷ میلی‌متر جیوه در قبل از مداخله در برابر ۲۰ میلی‌متر جیوه در بعد از مداخله در گروه VR، کاهش ۱۲ میلی‌متر جیوه در قبل از مداخله در برابر ۱۳ میلی‌متر جیوه در بعد از مداخله در گروه موسیقی و کاهش ۲۶ میلی‌متر جیوه در قبل از مداخله در برابر ۲۵ میلی‌متر جیوه در بعد از مداخله در گروه کنترل با سطح معناداری ۰/۰۵ >P). در مقابل، اگرچه در مقادیر RPP متعاقب سه دقیقه ریکاوری پس از اجرای CPET و در مرحلهٔ قبل از چهار هفته مداخله‌های غیرداروییی تفاوتی در گروه‌ها دیده شد که معنی دار نبود (۰/۰۵ >P)، اما مقادیر RPP در گروه‌های موسیقی و کنترل بیشتر از گروه‌های INW و VR بود (مقادیر RPP در گروه‌های INW، VR، موسیقی و کنترل به‌ترتیب ۷۵۲۱، ۷۱۳۳، ۷۱۰۳ و ۷۷۲۹ در قبل از اجرای چهار هفته مداخله در مقایسه با ۱۱۵۵۳، ۱۱۴۰۱، ۸۷۴۸ و ۹۰۵۹ پس از چهار هفته مداخله). با وجود این تفاوت آماری معناداری بین گروه‌های مداخله و کنترل در قبل و بعد از چهار هفته مداخله دیده نشد (مقدار p برابر با ۰/۵۶۰ و اندازهٔ اثر برابر با ۰/۰۵۲).

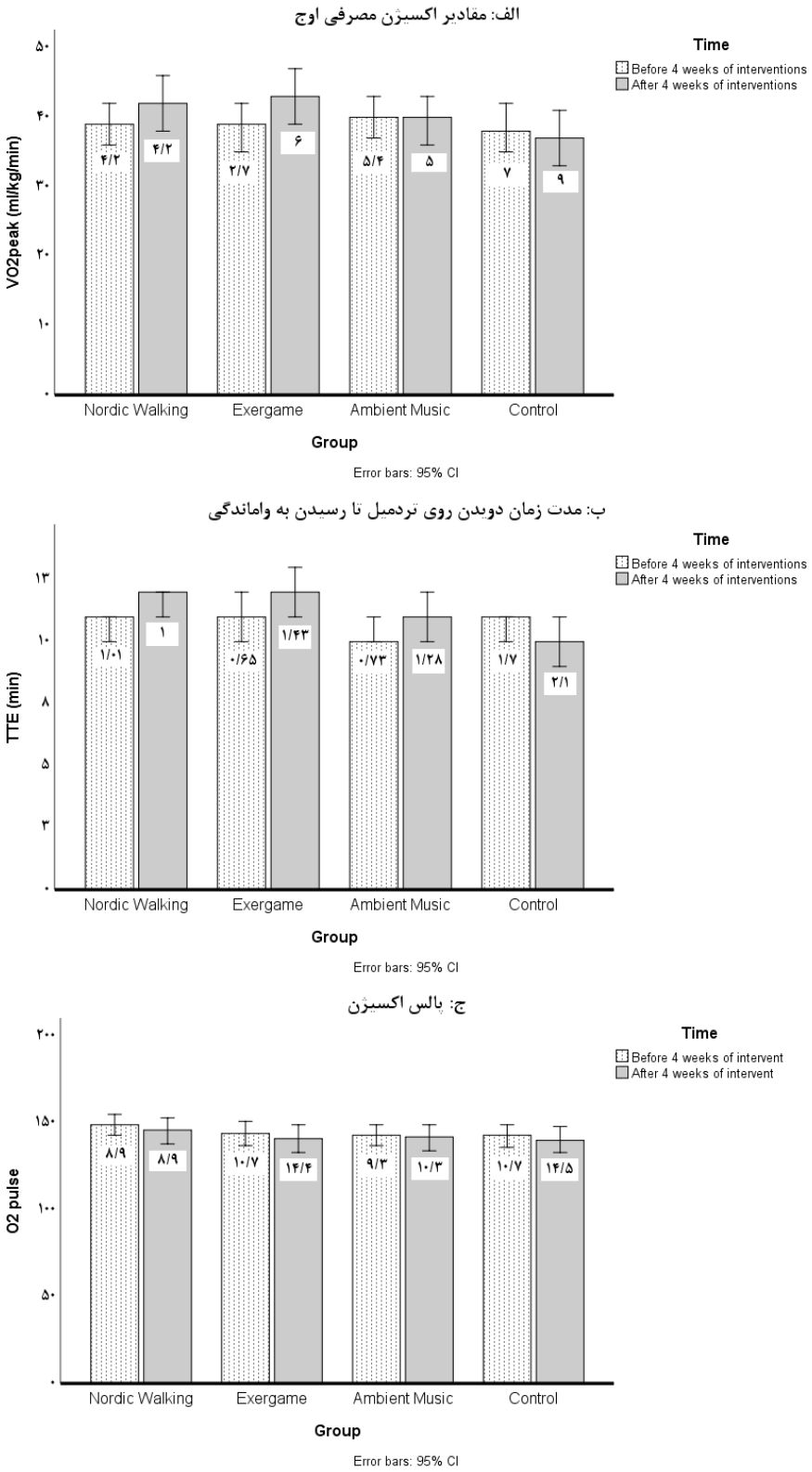
ب) اثر چهار هفته مداخله‌های VR، INW و AM بر عملکرد قلبی -تنفسی در طی تست ورزشی قلبی -ریوی (CPET)

تغییرات مقادیر پالس اکسیژن (O2pulse)، اکسیژن مصرفی اوج (VO_2peak) و زمان دویدن روی نوار گردان تا مرز واماندگی (TTE) طی اجرای پروتکل CPET در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه‌که در نمودار نیز مشخص است اجرای چهار هفته مداخله‌های INW، VR و موسیقی تأثیر معناداری بر مقادیر پالس اکسیژن نداشته است (مقدار p برابر با ۰/۵۹۴ و اندازهٔ اثر برابر با ۰/۰۴۸). با وجود این، اجرای چهار هفته مداخله موجب افزایش مقادیر VO_2peak در مردان سالمند مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی شد (مقدار VO_2peak در گروه‌های INW، VR، موسیقی و کنترل در قبل از مداخله به‌ترتیب برابر با ۳۹/۴۷، ۳۹/۳۷، ۴۰/۱ و ۳۸/۸۲ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه در برابر ۴۲/۶۱، ۴۳/۳۵، ۴۰/۱۵ و ۳۷/۶۸ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه متعاقب چهار هفته مداخله) که در مقایسه با گروه کنترل معنادار نبود (۰/۰۵ <P). افزایش اندک در مقادیر TTE در گروه‌های مختلف در تحقیق حاضر متعاقب چهار هفته مداخله دیده شد که معنی دار نبود (مدت زمان دویدن روی نوار گردان تا مرز واماندگی در گروه‌های INW، VR، موسیقی و کنترل در قبل از مداخله به‌ترتیب معادل با ۱۱/۲۹، ۱۱/۲۷، ۱۰/۸۹ و ۱۱/۱۱ دقیقه در برابر ۱۲/۰۴، ۱۲/۲، ۱۱/۴۵ و ۱۰/۸۱ دقیقه متعاقب چهار هفته مداخله) (۰/۰۵ <P).

جدول ۲. تغییرات ریکاوری شاخص‌های قلبی عروقی بعد از تست ورزشی قلبی - ریوی (CPET) متعاقب چهار هفته مداخله‌های غیرداروییی واقعیت مجازی (VR)، پیاده‌روی نوردیک تناوبی (INW) و موسیقی امبینت (AM) در سالمندان مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی

شاخص	مراحل و گروه‌ها	مراحل ریکاوری پیش از ۴ هفته مداخله ¥				مراحل ریکاوری پس از ۴ هفته مداخله ¥				مقدار P و اندازه اثر (Eta)	
		۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	عامل زمان ریکاوری	عامل گروه
										۱ دقیقه	۳ دقیقه
HR (B/min)	INW	۷۴ ± ۶	۱۴۰ ± ۹	۱۲۵ ± ۱۱	۱۰۱ ± ۷	۶۹ ± ۹	۱۵۶ ± ۹	۱۱۱ ± ۸	۸۷ ± ۹	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	VR	۷۵ ± ۶	۱۴۳ ± ۸	۱۲۴ ± ۷	۱۰۶ ± ۷	۷۰ ± ۷	۱۵۱ ± ۱۰	۱۰۶ ± ۸	۸۱ ± ۷	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	AM	۷۲ ± ۶	۱۴۱ ± ۱۲	۱۱۷ ± ۱۲	۹۹ ± ۱۱	۷۰ ± ۹	۱۴۵ ± ۱۰	۱۱۳ ± ۹	۸۹ ± ۱۱	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	CO	۷۱ ± ۱۰	۱۳۳ ± ۱۶	۱۱۲ ± ۱۰	۹۷ ± ۸	۷۳ ± ۱۱	۱۴۰ ± ۱۹	۹۹ ± ۱۰	۹۲ ± ۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
SBP (mmHg)	INW	۱۳۷ ± ۵	۱۵۰ ± ۹	۱۴۰ ± ۸	۱۳۲ ± ۸	۱۳۰ ± ۸	۱۴۶ ± ۹	۱۳۴ ± ۹	۱۲۸ ± ۶	۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	VR	۱۲۶ ± ۹	۱۴۴ ± ۱۱	۱۳۶ ± ۹	۱۲۷ ± ۸	۱۲۲ ± ۷	۱۴۱ ± ۱۴	۱۳۰ ± ۸	۱۲۱ ± ۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶
	AM	۱۳۰/۵ ± ۹	۱۴۳ ± ۹	۱۳۷ ± ۸	۱۳۱ ± ۹	۱۲۵± ۱۰	۱۴۲ ± ۱۰	۱۳۴ ± ۱۰	۱۲۹ ± ۱۰	۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	CO	۱۲۶ ± ۱۴	۱۴۳ ± ۱۱	۱۲۷ ± ۱۲	۱۱۷ ± ۱۵	۱۲۵± ۱۵	۱۴۱ ± ۱۴	۱۲۶ ± ۱۳	۱۱۶ ± ۱۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱
DBP (mmHg)	INW	۸۴ ± ۷	۸۸ ± ۶	۸۵ ± ۶	۸۳ ± ۶	۸۱ ± ۵	۸۵ ± ۴	۸۴ ± ۴	۸۲ ± ۳	۱/۰۰۰	۰/۰۵۳
	VR	۸۳ ± ۷	۸۶ ± ۷	۸۴ ± ۷	۸۲ ± ۷	۷۹ ± ۴	۸۲ ± ۵	۸۰ ± ۳	۷۸ ± ۴	۰/۲۷۳	۰/۰۱۲
	AM	۸۱ ± ۶	۸۵ ± ۶	۸۲ ± ۴	۸۱ ± ۵	۸۰ ± ۴	۸۴ ± ۵	۸۲ ± ۵	۸۲ ± ۵	۰/۰۵۷	۰/۰۰۹
	CO	۸۳ ± ۸	۹۲ ± ۶	۸۴ ± ۹	۷۷ ± ۹	۸۳ ± ۱۰	۸۶ ± ۴۵	۷۷ ± ۱۰	۷۲ ± ۱۰	۰/۰۳۴	۰/۰۰۹
MAP (mmHg)	INW	۱۰۱/۷ ± ۵	۱۰۸/۲ ± ۵	۱۰۳/۴ ± ۵	۹۹/۳ ± ۴	۹۸ ± ۵	۱۰۵ ± ۵	۱۰۰/۶ ± ۴	۹۷/۳ ± ۷	۰/۰۱۰	≤۰/۰۰۱
	VR	۹۷/۱ ± ۷	۱۰۵/۳ ± ۸	۱۰۱/۳ ± ۷	۹۷ ± ۶	۹۳/۶ ± ۵	۱۰۲ ± ۶	۹۶/۷ ± ۴	۹۲/۵ ± ۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۱
	AM	۶۷/۵ ± ۴	۱۰۴/۷ ± ۷	۱۰۰/۲ ± ۵	۹۷/۶ ± ۶	۹۴/۷ ± ۶	۱۰۳ ± ۸	۹۹/۵ ± ۶	۹۷/۸ ± ۶	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	CO	۹۷/۲ ± ۸	۱۰۸/۸ ± ۶	۹۸/۳ ± ۹	۹۰/۶ ± ۹	۹۷ ± ۱۰	۱۰۴/۳ ± ۸	۹۳/۲ ± ۱۱	۸۷ ± ۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲
RPP	INW	۱۰۰۸۸ ± ۹۰۲	۲۰۹۳۴ ± ۱۸۶۶	۱۷۴۵۰ ± ۱۹۷۲	۱۳۴۱۳ ± ۵۹۲	۹۰۳۹ ± ۱۲۲۹	۲۲۷۳۷ ± ۲۱۲۱	۱۴۸۹۲ ± ۱۳۴۶	۱۱۱۸۴ ± ۱۲۶۳	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	VR	۹۴۹۱ ± ۸۷۱	۲۰۶۷۶ ± ۲۰۸۶	۱۶۹۲۷ ± ۱۳۹۴	۱۳۵۴۳ ± ۱۰۷۸	۸۶۳۳ ± ۱۲۳۸	۲۱۲۲۵ ± ۱۹۷۹	۱۳۸۲۱ ± ۹۴۷	۹۸۲۴ ± ۱۱۷۶	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	AM	۹۴۰۷ ± ۱۱۳۰	۲۰۱۲۱ ± ۱۸۵۷	۱۶۰۶۶ ± ۱۹۹۹	۱۳۰۱۸ ± ۱۶۳۲	۸۷۵۱ ± ۱۳۰۳	۲۰۵۸۰ ± ۱۷۴۴	۱۵۱۸۹ ± ۱۸۷۶	۱۱۸۳۲ ± ۱۸۳۴	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱
	CO	۸۹۴۵/ ± ۱۲۸۸/	۱۹۱۳۷/ ± ۲۹۷۱	۱۴۰۹۳ ± ۱۸۳۳	۱۱۴۰۸ ± ۱۷۱۵	۹۰۱۷ ± ۱۲۵۲	۱۹۸۲۷ ± ۳۹۰۵	۱۲۵۷۵ ± ۲۲۹۵	۱۰۷۶۸ ± ۲۱۲۹/	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱

¥ داده‌ها به‌صورت میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده‌اند. * اعداد ۱ تا ۴ به‌ترتیب نشانهٔ مقادیر استراحتی قبل (۱)، بلافاصله بعد (۲)، یک دقیقه ریکاوری بعد (۳) و سه دقیقه ریکاوری بعد (۴) از تست ورزشی قلبی ریوی است.



شکل ۱. مقادیر الف: اوج اکسیژن مصرفی (VO_2peak)؛ ب: مدت زمان دویدن روی نوار گردان تا رسیدن به واماندگی (TTE)؛ و ج: پالس اکسیژن (O_2 pulse) متعاقب اجرای تست ورزشی قلبی ریوی (CPET) در پیش و پس از چهار هفته مداخله‌های غیر دارویی شامل تمرینات پیاده‌روی نوردیک تناوبی (INW) تمرینات واقعیت مجازی (VR) و شنیدن موسیقی امبینت (AM) در مردان سالمند مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی. اعداد روی ستون‌ها، انحراف معیار است.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر در زمرهٔ اولین تحقیقاتی است که در آن اثر چهار هفته مداخله‌های غیردارویی (پیاده‌روی نوردیک تناوبی، VR و موسیقی امبینت) بر ریکاوری (یک و سه دقیقه‌ای) شاخص‌های همودینامیکی (ضربان قلب، فشار خون سیستول، فشارخون دیاستول، فشار خون متوسط شریانی و میزان فشار وارده به عضلهٔ قلبی) و همین‌طور شاخص‌های عملکرد قلبی -تنفسی مانند نبض یا پالس اکسیژن (O2 pulse)، VO_2peak و زمان رسیدن به واماندگی (TTE) متعاقب تست ورزشی قلبی -ریوی (CPET) در مردان سالمند مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی (HFrEF) بطن چپ بررسی شد. یافتهٔ اصلی تحقیق حاضر این است که اجرای چهار هفته مداخله تأثیر معناداری بر کاهش شاخص‌های همودینامیکی قلبی- تنفسی (HR، BP و RPP) طی یک دقیقه ریکاوری ندارد. با وجود این با تداوم ریکاوری تا دقیقهٔ سه پس از اتمام تست CPET، کاهش معناداری در مقادیر ضربان قلب (HR) فقط در گروه‌های VR و INW دیده شد. افزون بر این اگرچه چهار هفته مداخله‌های غیردارویی تأثیر معناداری بر مقادیر ریکاوری فشار خون سیستولیک (SBP) و ریکاوری فشار متوسط خون شریانی (MAP) در مقایسه با گروه کنترل نداشت، اما به سطح معناداری بسیار نزدیک بود. مقادیر RPP در گروه‌های موسیقی و کنترل بیشتر از گروه‌های INW و VR بود، اما به لحاظ آماری معنادار نبود. همچنین مشخص شد اجرای چهار هفته مداخله موجب افزایش مقادیر VO_2peak و مدت زمان دویدن روی نوار گردان تا مرز واماندگی (TTE) در مردان سالمند مبتلا به نارسایی قلبی با کاهش کسر جهشی در مقایسه با گروه کنترل شد که البته این افزایش معنی دار نبود.

شواهد بسیاری نشان می‌دهد که بهبود ریکاوری ضربان قلب (HRR) با نتایج مطلوب قلبی- عروقی همراه است (۶، ۲۹، ۳۰). یافته‌های تحقیق مک کروری و همکاران (۲۰۱۶) حاکی از آن است که سرعت ریکاوری ضربان قلب (RHR) متعاقب یک چالش اتخاذ یک وضعیت ایستاده (ارتواستاتیک)، مرگ‌ومیر را پیش‌بینی می‌کند و این خطر را بین گروه‌های سنی مختلف و افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی -عروقی متمایز می‌سازد (۳۱). این محققان اظهار کردند به موازات ریکاوری ضربان قلب پس از توقف ورزش، سرعت آهسته‌تر ریکاوری ضربان قلب ۱۰ تا ۲۰ ثانیه پس از ایستادن (که در آن نقطه به‌طور معمول حداکثر ضربان قلب به‌دست می‌آید) با خطر بیشتر مرگ‌ومیر طولانی‌مدت همراه است و در جمعیت عمومی افراد بالای ۵۰ سال، ریکاوری آهستهٔ ضربان قلب با کاهش امید به زندگی همراه است که منعکس‌کنندهٔ اختلال در سیستم عصبی پاراسمپاتیک است. به‌نظر می‌رسد که مهار پاراسمپاتیک سبب افزایش اندک ضربان قلب پس از اتخاذ وضعیت ایستاده می‌شود (۴). ریکاوری قلب پس از ورزش را می‌توان به مراحل کاهش سریع و آهسته تقسیم کرد. مرحلهٔ کاهش سریع به‌طور معمول حدود یک دقیقه طول می‌کشد و به‌دنبال آن مرحلهٔ آهسته ادامه می‌یابد تا ضربان قلب به مقدار استراحت برسد. یک رویکرد رایج برای مشخص کردن مرحلهٔ کاهش سریع این است که تفاوت بین ضربان قلب در شروع بهبودی و ضربان قلب در ۳۰ ثانیه، یک دقیقه یا دو دقیقه در نظر گرفته شود (۳۲). با در نظر گرفتن اهمیت بالینی، در تحقیق حاضر نقطهٔ مرجع در یک دقیقه پس از اتمام تست CPET انتخاب شد. پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که کاهش HR≤۱۲ در دقیقهٔ یک متعاقب فعالیت بیشینه‌ای، پیش‌بینی‌کنندهٔ مستقل مرگ‌ومیر قلبی- عروقی و مرگ‌ومیر ناشی از همهٔ علل است (۳۳).

کاهش ضربان قلب پس از پنج دقیقه شروع کاهش ضربان قلب، یکی دیگر از شاخص‌های مورد بررسی گسترده است که به هر دو فاز سریع و کند می‌پردازد (۳۴، ۳۵).

در تحقیق حاضر، مشاهده شد که متعاقب چهار هفته مداخله مقدار HRR طی یک و سه دقیقه پس از اتمام تست CPET تفاوت آماری معناداری را بین گروه‌های مداخله و همین‌طور بین گروه‌های مداخله و تمرین نشان نداد. با وجود این، کاهش در مقادیر HR متعاقب سه دقیقه ریکاوری (HRR3) در گروه‌های VR و INW دیده شد که معنی دار نبود و البته این تفاوت آماری طی یک دقیقه ریکاوری (HRR1) دیده نشد (جدول ۲). یکی از دلایل احتمالی آن تحمل بالاتر بار تمرینی متعاقب چهار هفته سازگاری به تمرینات ورزشی است، زیرا مدت زمان دویدن بین گروه‌های مداخله به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل بود. ازاین‌رو برگشت ضربان به وضعیت اولیه مستلزم طول دورهٔ طولانی‌تر خواهد بود. ازاین‌رو ردیابی ریکاوری ضربان قلب متعاقب پنج دقیقه پس از تست CPET در پژوهش‌های آتی می‌تواند به پاره‌ای از این ابهامات پاسخ دهد. سازوکار دقیقی که توسط آن رخ می‌دهد، نیاز به توضیح بیشتری دارد. می‌توان تصور کرد که ریکاوری آهسته‌تر ضربان قلب، وضعیت تاکی کاردی نسبی را برای مدت طولانی پس از ورزش حفظ می‌کند، که ممکن است بیانگر کاهش ذخیرهٔ همودینامیک قلبی باشد.

در تحقیق حاضر، با وجود افزایش بار کار فعالیت روی نوار گردان طی تست CPET، مشاهده شد که پاسخ SBPبه استرس تمرینی در گروه‌های مداخله کمتر از گروه کنترل بود (مدت زمان دویدن روی نوار گردان تا مرز واماندگی در گروه‌های INW، VR، موسیقی و کنترل در قبل از مداخله به‌ترتیب معادل با ۱۱/۲۹، ۱۱/۲۷، ۱۰/۸۹ و ۱۱/۱۱ دقیقه در برابر ۱۲/۰۴، ۱۲/۲، ۱۱/۴۵ و ۱۰/۸۱ دقیقه متعاقب چهار هفته مداخله)، اما تفاوت آماری معناداری بین گروه‌های مداخله، به‌ویژه بین دو گروه VR و INW دیده نشد. بنابراین عدم افزایش SBP در پاسخ به تست CPET متعاقب چهار هفته مداخله‌های غیردارویی، احتمالاً نشان‌دهندهٔ کاهش مقاومت شریانی محیطی است و این پاسخ محیطی گشادکنندهٔ بهینه عروقی ممکن است به‌طور معکوس با خطر HF مرتبط باشد (۱). به همین ترتیب، ریکاوری سریع‌تر SBP طی یک و سه دقیقه پس از اتمام تست CPET می‌تواند ناشی از سازگاری درون‌قلبی و برون‌قلبی در گروه‌های مداخله در تحقیق حاضر باشد. جست‌وجوهای انجام‌گرفته توسط محققان نشان می‌دهد رابطهٔ بین بازیابی کندتر SBP پس از تمرین زیربیشینه‌ای و وقوع HF قبلاً توسط محققان زیادی گزارش نشده است و در این زمینه کانیرو و همکاران (۲۰۲۱) اظهار کردند ریکاوری آهسته‌تر SBP در سه دقیقهٔ پس از فعالیت با خطر بالاتر HF و HFrEF همراه است. در مقابل، می‌توان تصور کرد که ترمیم سریع SBP پس از ورزش، بار کلی روی LV را پس از یک دوره تمرین کاهش می‌دهد (۱).

موضوع دیگری که در تحقیق حاضر ارزیابی شد، تعیین تأثیر چهار هفته مداخله‌های تمرینی (VR، INW و موسیقی امبینت) بر RPP طی ریکاوری یک و سه دقیقه‌ای در مردان مبتلا به HF بود. نتیجهٔ تحقیق نشان داد اگرچه سه دقیقه ریکاوری پس از اجرای CPET و پس از چهار هفته، تفاوت آماری معناداری را بین گروه‌ها ایجاد نکرد، اما مقادیر RPP در گروه‌های موسیقی و کنترل بیشتر از گروه‌های INW و VR بود؛ این موضوع به‌منزلهٔ کاهش فشار وارده به سیستم قلبی -عروقی متعاقب چهار هفته مداخله‌های تمرینیINW و VR بود. در دهه‌های اخیر، اثربخشی تمرینات هوازی به‌عنوان رویکرد مفیدی که موجب افزایش ظرفیت عملکردی و برادی کاردی سینوسی ضربان قلب یا حاصل‌ضرب دوگانه یا بار کار پایین عضله (ضربان قلب

ضربدر فشار خون سیستولیک) در بارهای کاری زیربیشینه‌ای می‌شود، پذیرفته شده است (۳۶). شواهد پژوهشی مؤید آن است که کندی ضربان استراحتی و کاهش حاصل‌ضرب دوگانه طی فعالیت زیربیشینه‌ای، موجب کاهش اکسیژن مصرفی مورد نیاز میوکارد برای دستیابی به یک بار کاری خارجی می‌شود. بنابراین کاری که پیش از تمرین سبب آنژین صدری یا سایر تظاهرات ایسکمی میوکارد شود، ممکن است پس از تمرین دیگر این کار را انجام ندهد. سازوکارهای تولید این مزیت به‌طور گسترده بررسی شده است و شامل بهبود کارایی عضلانی محیطی از طریق افزایش تودهٔ میتوکندری و برداشت اکسیژن، کاهش کاتکولامین‌های در گردش در بارهای کاری زیربیشینه‌ای و همین‌طور بهبود عملکرد بطن چپ است که مورد اخیر از طریق شاخص‌هایی مانند کسر جهشی (EF) ارزیابی می‌شود (۳۶). در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که اجرای چهار هفته تمرین، موجب افزایش معنادار مقادیر کسر جهشی در مردان با کسر جهشی کاهش یافته شد، به‌گونه‌ای که میانگین کسر جهشی بطن چپ (LVEF) در گروه‌های INW، VR و موسیقی امبینت متعاقب اجرای پروتکل CPET در ابتدای تحقیق به‌ترتیب ۴۰، ۴۷ و ۴۰ درصد بود که این مقادیر متعاقب اجرای پروتکل CPET در انتهای چهار هفته مداخله به‌ترتیب افزایش ۱۱، ۴ و ۴ درصدی LVEF را نشان داد، این در حالی است گروه کنترل از میزان ۴۰ درصد در ابتدای تحقیق با کاهش دودرصدی مواجه شدند.

سازوکارهای بالقوه برای بهبود عملکرد همودینامیک قلب از طریق سیستم عصبی اتونومیک قلبی شامل محافظت از میوسیت‌های قلبی از طریق کاهش استرس اکسیداتیو، کاهش آپوپتوز و پاسخ التهابی، و بهبود پیامدهای مسمومیت قلبی ناشی از سطوح اضافی کاتکولامین‌های ناشی از گیرندهٔ موسکارینی است (۳۷). به همین ترتیب، VO_2peak به‌طور گسترده برای ارزیابی ظرفیت ورزش استفاده می‌شود و اطلاعات پیش‌آگهی را برای بیماران مبتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی فراهم می‌کند. ظرفیت ورزش از طریق تعامل پیچیده بین سیستم‌های قلبی- عروقی، تنفسی و عضلانی ایجاد می‌شود. با این حال، اختلال در ظرفیت ورزش و همچنین افزایش مرگ‌ومیر کلی ممکن است به‌دلیل شرایط فیزیولوژیکی مانند افزایش سن و شرایط پاتولوژیک از جمله ضعف و خستگی عضلانی رخ دهد. هنگامی‌که یک انسان سالم حداکثر تمرینات هوازی را انجام می‌دهد، VO_2 تقریباً ۷/۷ برابر افزایش می‌یابد. این افزایش با افزایش ۲/۵ برابری ضربان قلب، افزایش ۲/۵ برابری اختلاف اکسیژن شریانی وریدی و افزایش ۱/۴ برابری در حجم ضربه‌ای به‌دست می‌آید. بنابراین، افزایش ضربان قلب یکی از قوی‌ترین عوامل در توانایی فرد برای حفظ ورزش هوازی است (۱۲). در تحقیق حاضر مشخص شد که اجرای چهار هفته مداخلهٔ VR ، INW و موسیقی امبینت به‌ترتیب موجب افزایش ۹/۱۸ ، ۷/۳۷ و ۰/۱۲ درصدی مقادیر VO_2peak شد، این در حالی است که مقادیر VO_2peak گروه کنترل، کاهش سه‌درصدی را در انتهای هفتهٔ چهارم در مقایسه با ابتدای دورهٔ بررسی نشان می‌دهد.

نقطهٔ قوت تحقیق حاضر، جمع‌آوری داده‌ها به روش استاندارد و تحت کنترل کیفیت دقیق بود. با وجود این تحقیق حاضر محدودیت‌هایی نیز دارد. محدودیت‌های اصلی تحقیق ما حجم نمونهٔ نسبتاً کوچک آزمودنی‌ها (بین ۹ تا ۱۲ نفر در هر گروه) بود که با توجه به تفاوت فردی شایان توجه به لحاظ ژنتیکی، شخصیتی و سایر موارد می‌تواند یافته‌های مطالعه و تعمیم آن را تحت تأثیر قرار دهد. افزون بر این طول دورهٔ مداخله نسبتاً کوتاه بود. یکی از دلایل کم بودن طول دورهٔ مداخله، احتمال عدم همراهی آزمودنی‌های انسانی سالمند با

نارسایی قلبی با کسر جهشی کاهش‌یافته بود که البته به‌شدت تحت رصد فرزندان نیز بودند. به همین ترتیب، دستیابی به نتایج مطلوب تأثیر متغیر مستقل بر وابسته در تحقیقات نیمه‌تجربی مستلزم کنترل شدید متغیرهاست که در آزمودنی‌های انسانی با شرایط خاص به لحاظ اخلاقی شایسته به‌نظر نمی‌رسد. با وجود این، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی تأثیر دورهٔ تمرینی بیشتر (برای مثال هشت تا ۱۲ هفته) مورد عنایت محققان قرار گیرد.

اجرای چهار هفته مداخله‌های غیردارویی موجب افزایش معنی دار مقادیر VO_2peak و زمان رسیدن به واماندگی (TTE) و همچنین کاهش شاخص‌های همودینامیکی قلبی- عروقی (ضربان قلب، فشارخون سیستولیک، بار کار روی عضلهٔ قلبی) در مردان مبتلا به نارسایی قلبی با کسر جهشی کاهش‌یافتهٔ بطن چپ معنی دار نبود. افزون بر این اجرای چهارهفته‌ای این مداخله‌ها تأثیر معناداری بر ریکاوری این شاخص‌ها حتی سه دقیقه پس از تست ورزشی قلبی ریوی (CPET) نداشت و تنها گروه‌های INW و VR ریکاوری نسبتاً سریعی را متعاقب سه دقیقه پس از اوج تمرین روی نوار گردان نشان دادند. این مشاهدات مؤید آن است که ریکاوری سریع شاخص‌های همودینامیکی در پاسخ به یک تست استرس ورزشی قلبی- تنفسی، احتمالاً مستلزم انجام تمرینات با طول دورهٔ طولانی‌تر است و ممکن است راهی برای بهبود آمادگی قلبی -تنفسی و ازاین‌رو پیشگیری از بروز حوادث قلبی در سالمندان مبتلا به نارسایی قلبی باشد.

تشکر و قدردانی

محققان بر خود واجب می‌دانند که از حمایت‌های دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه مازندران و همین‌طور دانشگاه علوم پزشکی گلستان، به‌خصوص معاونت تحقیقات و فناوری، حراست، کارکنان درمانگاه تخصصی بیمارستان شهید صیاد شیرازی و پلی‌کلینیک فوق‌تخصصی دزیانی گرگان و مدیر گروه بیماری‌های قلب و عروق، جناب آقای دکتر حمیدرضا عظیمی و فلوشیپ اکوکاردیوگرافی، سرکار خانم دکتر مهکامه فرمنش، آزمایشگاه پیوند شهر گرگان و همچنین از همهٔ آزمودنی‌هایی که صادقانه ما را در انجام این پژوهش همراهی کردند، سپاسگزاری کنند.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان سهم یکسانی داشتند.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

1. Carneiro HA, Song RJ, Lee J, Schwartz B, Vasan RS, Xanthakis V. Association of Blood Pressure and Heart Rate Responses to Submaximal Exercise With Incident Heart Failure: The Framingham Heart Study. J Am Heart Assoc Cardiovasc Cerebrovasc Dis. 2021 Mar 24;10(7):e019460.

2. Nearing BD, Libbus I, Carlson GM, Amurthur B, KenKnight BH, Verrier RL. Chronic vagus nerve stimulation is associated with multi-year improvement in intrinsic heart rate recovery and left ventricular ejection fraction in ANTHEM-HF. Clin Auton Res. 2021;31(3):453–62.

3. Zhang DY, Anderson AS. The Sympathetic Nervous System and Heart Failure. Cardiol Clin. 2014 Feb;32(1):33–vii.

4. Older P. Heart rate recovery after orthostatic challenge and cardiopulmonary exercise testing in older individuals: prospective multicentre observational cohort study. – CPX International Inc. [Internet]. 2023 [cited 2024 May 11]. Available from: https://cpxinternational.com/pubs/heart-rate-recovery-after-orthostatic-challenge-and-cardiopulmonary-exercise-testing-in-older-individuals-prospective-multicentre-observational-cohort-study/

5. Sokas D, Petrėnas A, Daukantas S, Rapalis A, Paliakaitė B, Marozas V. Estimation of Heart Rate Recovery after Stair Climbing Using a Wrist-Worn Device. Sensors. 2019 Jan;19(9):2113.

6. Qiu S, Cai X, Sun Z, Li L, Zuegel M, Steinacker JM, et al. Heart Rate Recovery and Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. J Am Heart Assoc Cardiovasc Cerebrovasc Dis. 2017 May 9;6(5):e005505.

7. Gourine AV, Ackland GL. Cardiac Vagus and Exercise. Physiology. 2019 Jan 1;34(1):71–80.

8. Kai S, Nagino K, Ito T, Oi R, Nishimura K, Morita S, et al. Effectiveness of Moderate Intensity Interval Training as an Index of Autonomic Nervous Activity. Rehabil Res Pract. 2016;2016:6209671.

9. Taylor AJ, Beller GA. Postexercise systolic blood pressure response: Association with the presence and extent of perfusion abnormalities on thallium-201 scintigraphy. Am Heart J. 1995 Feb 1;129(2):227–34.

10. Taylor AJ, Beller GA. Postexercise Systolic Blood Pressure Response: Clinical Application to the Assessment of Ischemic Heart Disease. Am Fam Physician. 1998 Oct 1;58(5):1126–30.

11. Heart Rate Recovery after Submaximal Exercise Testing as a Predictor of Mortality in a Cardiovascularly Healthy Cohort | Annals of Internal Medicine [Internet]. [cited 2024 May 11]. Available from: https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/0003-4819-132-7-200004040-00007?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed

12. Abulimiti A, Nishitani-Yokoyama M, Shimada K, Kunimoto M, Matsubara T, Fujiwara K, et al. Prognostic impact of peak oxygen uptake and heart rate reserve in patients after off-pump coronary artery bypass grafting. Clin Cardiol. 2021 Feb 25;44(4):580–7.

13. Physical activity [Internet]. [cited 2024 May 11]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity

14. Qian J, McDonough DJ, Gao Z. The Effectiveness of Virtual Reality Exercise on Individual's Physiological, Psychological and Rehabilitative Outcomes: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2020 Jun;17(11):4133.

15. Imam B, Jarus T. Virtual Reality Rehabilitation from Social Cognitive and Motor Learning Theoretical Perspectives in Stroke Population. Rehabil Res Pract. 2014;2014:594540.

16. García-Bravo S, Cano-de-la-Cuerda R, Domínguez-Paniagua J, Campuzano-Ruiz R, Barreñada-Copete E, López-Navas MJ, et al. Effects of Virtual Reality on Cardiac Rehabilitation Programs for Ischemic Heart

Disease: A Randomized Pilot Clinical Trial. Int J Environ Res Public Health. 2020 Nov;17(22):8472.

17. Terry PC, Karageorghis CI, Curran ML, Martin OV, Parsons-Smith RL. Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. Psychol Bull. 2020 Feb;146(2):91–117.

18. Trappe HJ, Voit G. The Cardiovascular Effect of Musical Genres. Dtsch Arzteblatt Int. 2016 May 20;113(20):347–52.

19. Kirk U, Ngnoumen C, Clausel A, Purvis CK. Effects of Three Genres of Focus Music on Heart Rate Variability and Sustained Attention. J Cogn Enhanc. 2022 Jun 1;6(2):143–58.

20. Kulinski J, Ofori EK, Visotcky A, Smith A, Sparapani R, Fleg JL. Effects of music on the cardiovascular system. Trends Cardiovasc Med. 2022 Aug 1;32(6):390–8.

21. Wiacek M, Natora J, Zubrzycki IZ, Tomasiuk R. Physiological Responses Associated with Nordic-Walking and Walking in Middle-age Women. Int J Sports Med. 2023 Sep 26;44(12):865–70.

22. Effects of Nordic walking on cardiovascular performance and quality of life in coronary artery disease - European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine 2020 October;56(5):616-24 [Internet]. [cited 2024 May 11]. Available from: https://www.minervamedica.it/en/journals/europa-medicophysica/article.php?cod=R33Y2020N05A0616

23. Cebula A, Tyka AK, Tyka A, Pałka T, Pilch W, Luty L, et al. Physiological response and cardiorespiratory adaptation after a 6-week Nordic Walking training targeted at lipid oxidation in a group of post-menopausal women. PLoS ONE. 2020 Apr 1;15(4):e0230917.

24. Reed JL, Terada T, Cotie LM, Tulloch HE, Leenen FH, Mistura M, et al. The effects of high-intensity interval training, Nordic walking and moderate-to-vigorous intensity continuous training on functional capacity, depression and quality of life in patients with coronary artery disease enrolled in cardiac rehabilitation: A randomized controlled trial (CRX study). Prog Cardiovasc Dis. 2022 Jan;70:73–83.

25. Klompstra L, Jaarsma T, Strömberg A. Exergaming to increase the exercise capacity and daily physical activity in heart failure patients: a pilot study. BMC Geriatr. 2014 Nov 18;14:119.

26. Kim KH, Jeon KN, Kang MG, Ahn JH, Koh JS, Park Y, et al. Prognostic value of computed tomographic coronary angiography and exercise electrocardiography for cardiovascular events. Korean J Intern Med. 2016 Sep;31(5):880–90.

27. Medicine AC of S. ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual. Lippincott Williams & Wilkins; 2013. 191 p.

28. García-Bravo S, Cuesta-Gómez A, Campuzano-Ruiz R, López-Navas MJ, Domínguez-Paniagua J, Araújo-Narváez A, et al. Virtual reality and video games in cardiac rehabilitation programs. A systematic review. Disabil Rehabil. 2021 Feb 13;43(4):448–57.

29. Dewar A, Kass L, Stephens RCM, Tetlow N,

Desai T. Heart Rate Recovery Assessed by Cardiopulmonary Exercise Testing in Patients with Cardiovascular Disease: Relationship with Prognosis. Int J Environ Res Public Health. 2023 Mar 7;20(6):4678.

30. Jae SY, Kurl S, Laukkanen JA, Yoon ES, Choi YH, Fernhall B, et al. Relation of heart rate recovery after exercise testing to coronary artery calcification. Ann Med. 2017 Jul 4;49(5):404–10.

31. McCrory C, Berkman LF, Nolan H, O'Leary N, Foley M, Kenny RA. Speed of Heart Rate Recovery in Response to Orthostatic Challenge. Circ Res. 2016 Aug 19;119(5):666–75.

32. Coote JH. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. Exp Physiol. 2010 Mar;95(3):431–40.

33. Autonomic Recovery after Exercise in Trained Athletes: Inten... : Medicine & Science in Sports & Exercise [Internet]. [cited 2024 May 11]. Available from: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2007/08000/autonomic_recovery_after_exercise_in_trained.20.aspx

34. Peçanha T, Prodel E, Bartels R, Nasario-Junior O, Paula RB, Silva LP, et al. 24-h cardiac autonomic profile after exercise in sedentary subjects. Int J Sports Med. 2014 Mar;35(3):245–52.

35. Johnson NP, Goldberger JJ. Prognostic Value of Late Heart Rate Recovery After Treadmill Exercise. Am J Cardiol. 2012 Jul;110(1):45–9.

36. Rodrigues Junior LF, Moreira BR, Duque AP, de Oliveira JR, Figueiredo PHS, de Oliveira CR, et al. Double Product and Autonomic Function as Predictors of Quality of Life in Heart Transplant Recipients: A Cross-Sectional Study. Braz J Cardiovasc Surg. 2022;37(4):454–65.

37. De Ferrari GM, Crijns HJGM, Borggrefe M, Milasinovic G, Smid J, Zabel M, et al. Chronic vagus nerve stimulation: a new and promising therapeutic approach for chronic heart failure. Eur Heart J. 2011 Apr 1;32(7):847–55.