

## Comparison of the Effect of Two Different Modes of Concurrent Training on Heart Performance and Factors Associated with Sarcopenia in Patients with Heart Failure

Zahra Karimi Ahmadabadi<sup>1</sup>, Javad Nemati<sup>2✉</sup>, Mohammad Hemmatinafar<sup>3</sup>, Mohsen Salesi<sup>4</sup>, Elnaz Alizadeh<sup>5</sup>, Peyman Izadpanah<sup>6</sup>

1. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: [setarekarimi374@gmail.com](mailto:setarekarimi374@gmail.com)
2. Corresponding author, Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: [jnemati@shirazu.ac.ir](mailto:jnemati@shirazu.ac.ir)
3. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: [m.hemmatinafar@shirazu.ac.ir](mailto:m.hemmatinafar@shirazu.ac.ir)
4. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: [mhsnsls@gmail.com](mailto:mhsnsls@gmail.com)
5. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: [alizadehelnaaz@gmail.com](mailto:alizadehelnaaz@gmail.com)
6. Department of Cardiology, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran. E-mail: [paymanizadpanah@gmail.com](mailto:paymanizadpanah@gmail.com)

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research	<b>Introduction:</b> The aim of this study was to compare the effects of two types of concurrent training on disease status and factors related to sarcopenia in patients with heart failure (HF).
<b>Article history:</b> Received: 8 December 2025 Received in revised form: 16 February 2026 Accepted: 18 February 2026 Published online: 21 February 2026	<b>Methods:</b> Twenty-one men with heart failure, with a left ventricular ejection fraction (LVEF) $\leq 49\%$ and aged 55 to 65 years, voluntarily participated in this study and were assigned to three groups of seven: control, same-day training (SD), and different-day training (DD). Both training groups performed concurrent training for 12 weeks, with the SD group completing both aerobic and resistance sessions on the same day, while the DD group performed the sessions on separate days. Outcome measures were assessed before and after the intervention. An ANCOVA was used for between-group comparisons.
<b>Keywords:</b> Concurrent Training, Left Vein Ejection Fraction, Heart Failure, Disease Status.	<b>Results:</b> The results showed no significant increase in LVEF and appendicular skeletal muscle mass index (ASMI) in the training groups compared to the control group, and no significant differences were observed between the two training groups in these variables. However, handgrip strength, maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the knee extensor and flexor muscles, and gait speed showed significant increases in the training groups compared to the control group. Furthermore, the results indicated significantly greater improvements in these variables in the DD group compared to the SD group.
	<b>Conclusion:</b> The findings demonstrated that concurrent training can play an important role in improving handgrip strength, MVIC of the knee extensor and flexor muscles, and gait speed in patients with heart failure, with performing the training on different days producing more beneficial effects on these factors.

**Cite this article:** Karimi Ahmadabadi Z., Nemati J., Hemmatinafar M., Salesi M., Alizade E., & Izadpanah P. Comparison of the Effect of Two Different Modes of Concurrent Training on Heart Performance and Factors Associated with Sarcopenia in Patients with Heart Failure. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 17 (4):93-110.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JSB.2026.407972.1691>.



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). | Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: [jsb@ut.ac.ir](mailto:jsb@ut.ac.ir).

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

## Extended Abstract

### Introduction

Heart failure (HF) is an epidemic and a major clinical and public health problem associated with significant mortality, morbidity, and healthcare costs. Recently, discussions have emerged regarding the prevalence of sarcopenia in patients with HF. Therefore, efforts to reduce the progression of this condition are necessary. In this regard, regular physical activity, including concurrent training (a combination of aerobic and resistance exercise performed on the same day or on separate days), may help improve muscular function and fitness in patients with HF. However, evidence suggests that this training approach may reduce gains in muscle mass, strength, and power compared to resistance training alone, due to a phenomenon known as interference. Therefore, the aim of this study was to compare the effects of concurrent training performed on the same days versus different days on the prevention of sarcopenia in patients with heart failure.

### Methods

Twenty-one men with heart failure, with left ventricular ejection fraction (LVEF)  $\leq 49\%$  and aged 55–65 years, voluntarily participated in this study and were randomly assigned to three groups of seven: control, same-day training (SD), and different-day training (DD). Both training groups performed concurrent training for 12 weeks; the SD group completed both training sessions on the same day in a resistance–HIIT order, while the DD group performed their sessions on separate days with a 24-hour interval between the two. Tests were conducted before and after the training period. Statistical analysis was performed using SPSS version 27. ANCOVA was used for between-group comparisons, with a significance level of  $p < 0.05$ .

### Results

According to the results, LVEF and appendicular skeletal muscle mass index (ASMI) did not show significant changes in either training group compared to the control group, and no significant differences were observed between the two training groups in these variables. However, both SD and DD training led to significant improvements compared to the control group in handgrip strength ( $p < 0.001$  and  $p < 0.001$ ), knee extensor MVIC ( $p = 0.033$  and  $p < 0.001$ ), knee flexor MVIC ( $p = 0.047$  and  $p < 0.001$ ), and gait speed ( $p = 0.009$  and  $p < 0.001$ ) respectively. Furthermore, the DD group showed significantly greater improvements than the SD group in handgrip strength ( $p = 0.024$ ), knee

extensor MVIC ( $p = 0.04$ ), knee flexor MVIC ( $p = 0.025$ ), and gait speed ( $p = 0/009$ ).

### Conclusion

The findings indicate that concurrent training performed on both the same days and different days can be effective in improving handgrip strength, knee extensor and flexor MVIC, and gait speed, thereby contributing to the prevention of sarcopenia in patients with heart failure. However, training on different days demonstrated more beneficial effects on these variables. Therefore, it may more effectively prevent sarcopenia in patients with heart failure.

### Ethical Considerations

**Compliance with ethical guidelines:** The current study was conducted in full compliance with ethical standards and received approval under the ethics code IR.US.PSYEDU.REC.1402.080

**Funding:** This article is based on a PhD dissertation, and all expenses were funded by the authors.

**Authors' contribution:** All authors contributed to the study design and have read and approved the final manuscript.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgments:** We would like to express our gratitude to all the participants who contributed to this research.

## مقایسه تأثیر دو نوع متفاوت تمرین موازی بر عملکرد قلبی و عوامل مرتبط با سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی

زهرا کریمی احمدآبادی<sup>۱</sup>، جواد نعمتی<sup>۲</sup>، محمد همتی نفر<sup>۳</sup>، محسن ثالثی<sup>۴</sup>، الناز علیزاده<sup>۵</sup>، پیمان ایزدپناه<sup>۵</sup>

۱. بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: [setarekarimi374@gmail.com](mailto:setarekarimi374@gmail.com)

۲. بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: [jnemati@shirazu.ac.ir](mailto:jnemati@shirazu.ac.ir)

۳. بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: [m.hemmatinafar@shirazu.ac.ir](mailto:m.hemmatinafar@shirazu.ac.ir)

۴. بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: [mhsnsls@gmail.com](mailto:mhsnsls@gmail.com)

۵. بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: [alizadehelnaaz@gmail.com](mailto:alizadehelnaaz@gmail.com)

۶. بخش کاردیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: [paymanizadpanah@gmail.com](mailto:paymanizadpanah@gmail.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	<b>مقدمه:</b> هدف از این پژوهش مقایسه تأثیر دو نوع تمرین موازی بر وضعیت بیماری و عوامل مرتبط با سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی (HF) بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۸	<b>روش پژوهش:</b> ۲۱ مرد مبتلا به نارسایی قلبی با ۴۹ ککسر تزریقی بطن چپ (LVEF) و دامنه سنی ۵۵ تا ۶۵ سال به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و در سه گروه هفت نفری کنترل، تمرین در روزهای مشابه (SD) و تمرین در روزهای متفاوت (DD) قرار گرفتند. گروه‌های تمرینی به مدت ۱۲ هفته تمرین موازی را انجام دادند، به طوری که گروه SD هر دو تمرین را در یک روز و گروه DD تمرین را در روزهای مجزا انجام دادند. آزمون‌ها پیش و پس از مداخله اجرا شد. برای مقایسه بین گروهی از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷	<b>یافته‌ها:</b> نتایج عدم افزایش معنادر LVEF و توده عضلانی اسکلتی ضمیمه‌ای (ASMI) را در گروه‌های تمرین نسبت به گروه کنترل و عدم تفاوت معنادر این دو متغیر را میان دو گروه تمرین نشان داد. قدرت هندگریپ، نیروی حداکثر انقباض ایزومتریک اختیاری (MVIC) عضلات بازکننده و خم‌کننده زانو و سرعت گام‌برداری در گروه‌های تمرین نسبت به گروه کنترل افزایش معنادر داشت. همچنین نتایج افزایش معنادر این متغیرها را در گروه DD نسبت به SD نشان داد.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۹	<b>نتیجه‌گیری:</b> نتایج نشان داد که تمرین موازی می‌تواند عامل مهمی در بهبود قدرت هندگریپ، MVIC عضلات بازکننده و خم‌کننده زانو و سرعت گام‌برداری در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی باشد، در حالی که تمرین در روزهای متفاوت آثار مفیدتری بر عوامل ذکر شده داشت.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲	
<b>کلیدواژه‌ها:</b> تمرین موازی، کسر تزریقی بطن چپ، نارسایی قلبی، وضعیت بیماری.	

**استناد:** کریمی احمدآبادی، زهرا؛ نعمتی، جواد؛ همتی نفر، محمد؛ ثالثی، محسن؛ علیزاده، الناز؛ و ایزدپناه، پیمان. مقایسه تأثیر دو نوع متفاوت تمرین موازی بر عملکرد قلبی

و عوامل مرتبط با سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۲؛ ۱۷(۴): ۹۳-۱۱۰.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JSB.2026.407972.1691>

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت (CC BY-NC 4.0)

به نویسندگان واگذار کرده است. آدرس نشریه: <https://jsb.ut.ac.ir/> | ایمیل: [jsb@ut.ac.ir](mailto:jsb@ut.ac.ir)

© نویسندگان.



ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

## مقدمه

نارسایی قلبی<sup>۱</sup> (HF) یک اپیدمی و مشکل بالینی و سلامتی عمومی است که با مرگومیر، بیماری و هزینه‌های مراقبت بهداشتی شایان توجهی، به‌ویژه در افراد ۶۵ سال و بیشتر همراه است [۱]. HF یک وضعیت بالینی است که با نقایص ساختاری یا عملکردی عضله قلبی مشخص می‌شود و به افزایش فشار داخل قلب یا برون‌ده قلبی<sup>۲</sup> ناکافی در حالت استراحت و یا فعالیت بدنی می‌انجامد [۲]. این بیماری علاوه بر آثار مخربی که بر عملکرد قلبی دارد می‌تواند به عوارضی در سایر سیستم‌های بدن منجر شود.

اخیراً در زمینه بروز سارکوپنیا<sup>۳</sup> در بیماران مبتلا به HF مباحثی مطرح شده است. سارکوپنیا به وضعیت کاهش قدرت و توده عضلانی و عملکرد جسمانی جهت تعیین میزان شدت آن گفته می‌شود [۳]. به نظر می‌رسد که سارکوپنیا و HF چندین مسیر پاتوفیزیولوژیک مشابه دارند، به‌صورتی که چندین سازوکار آنابولیک<sup>۴</sup> و کاتابولیک<sup>۵</sup> مرتبط با HF از جمله افزایش استرس اکسیداتیو<sup>۶</sup>، التهاب سیستمیک<sup>۷</sup>، گلوکوکورتیکوئیدها<sup>۸</sup> و میوستاتین<sup>۹</sup> و در نتیجه تحریک مسیرهای کاتابولیک از جمله سیستم پروتازوم یوبیکوئیتین<sup>۱۰</sup> (UPS) و تغییر پاسخ‌های انسولین<sup>۱۱</sup> و فاکتور رشد شبه‌انسولین<sup>۱۲</sup> (IGF-1)، کاهش محتوای میوگلوبین<sup>۱۳</sup>، تولید آدنوزین تری فسفات<sup>۱۴</sup> (ATP) و تستوسترون<sup>۱۵</sup> می‌تواند به اختلال عملکرد عضلات اسکلتی منجر شود [۴]. طبق پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه شیوع این وضعیت در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی مزمن، شیوع سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی ۲۰ درصد بیش از افراد سالم با سن مشابه است [۵]. با توجه به شیوع بالای سارکوپنیا در بیماران مبتلا به HF، تلاش برای کاهش پیشرفت این فرایند، امری ضروری است. شواهد فزاینده‌ای نشان می‌دهند که عوامل قابل تغییر در سبک زندگی، به‌ویژه فعالیت ورزشی منظم ممکن است به بهبود عملکرد عضلانی و تناسب اندام بیماران مبتلا به HF کمک کند. از آنجا که به‌طور بالقوه سازوکارهای اساسی سارکوپنیا و HF مشترک‌اند، ممکن است فعالیت ورزشی به بهبود عملکرد عضله قلب و در نتیجه کاهش علائم HF و در پی آن کاهش پیشرفت سارکوپنیا در این بیماران منجر شود. با این حال فرایندهای مرتبط با چنین پیشرفت‌هایی نامشخص است [۶].

در این زمینه از انواع مختلف فعالیت ورزشی استفاده شده است. یکی از انواع فعالیت‌های ورزشی که بسیار در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی مورد توجه قرار گرفته است، فعالیت ورزشی هوازی<sup>۱۶</sup> است که می‌تواند موجب افزایش توان هوازی<sup>۱۷</sup> و بهبود ساختار و عملکرد قلب شود [۷]. لیاوینا<sup>۱۸</sup> و همکاران (۲۰۱۹) اثر ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی را در بیماران مبتلا به HF بررسی کردند و افزایش معناداری را در اوج اکسیژن مصرفی<sup>۱۹</sup> (VO<sub>2</sub> peak)، کسر تزریقی بطن چپ<sup>۲۰</sup> و تحمل ورزش نشان دادند. آنها در مجموع بیان کردند که اثر مفید ورزش درمانی در بیماران HF حداقل تا حدی به بهبود عملکرد فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی عضله اسکلتی بستگی دارد [۸]. همچنین لنک<sup>۲۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که ۱۲ هفته فعالیت ورزشی هوازی به تغییرات مولکولی برگشت‌پذیری در عضلات اسکلتی منجر می‌شود که ممکن است روند کاهش توده عضلانی در نارسایی قلبی مزمن را متوقف کند [۹]. علاوه بر فعالیت ورزشی هوازی، در سوابق پژوهشی تا حدودی از فعالیت ورزشی مقاومتی به‌منظور بهبود قدرت عضلانی، توانایی عملکردی و کیفیت زندگی استفاده شده است [۱۰]. برای مثال

1. Heart Failure  
2. Cardiac output  
3. Sarcopenia  
4. Anabolic  
5. Catabolic  
6. Oxidative stress  
7. Systemic inflammation

8. Glucocorticoids  
9. Myostatin  
10. Ubiquitin Proteasome System  
11. Insulin  
12. Insulin-like Growth Factor-1  
13. Myoglobin  
14. Adenosine triphosphate

15. Testosterone  
16. Aerobic exercise  
17. Aerobic power  
18. Lelyavina  
19. Peak oxygen consumption  
20. Left Vein Ejection Fraction  
21. Lenk

پژوهشی (۲۰۲۲) نتایج پژوهش‌های صورت‌گرفته در این زمینه را جمع‌بندی کرد و نشان داد که فعالیت ورزشی مقاومتی<sup>۱</sup> موجب بهبود قدرت عضلات بالا و پایین‌تنه، VO<sub>2</sub> peak، مسافت ۶ دقیقه پیاده‌روی<sup>۲</sup> (6MWD) و شاخص‌های عملکرد جسمانی و عدم تغییر شاخص‌های بطن چپ می‌شود. آنها در نهایت گزارش کردند که تمرین مقاومتی در بیماران HF بی‌خطر است و شاخص‌های عملکرد فیزیکی و کیفیت زندگی را بهبود می‌بخشد. اگرچه آثار سودمند فعالیت ورزشی هوازی و مقاومتی به‌تنهایی در بزرگسالان مسن به‌خوبی ثابت شده است، توصیه‌های فعلی ترکیبی از هوازی و مقاومتی را تحت عنوان تمرین موازی<sup>۳</sup> (CT) پیشنهاد می‌دهند. این نوع از تمرین شامل ترکیبی از فعالیت ورزشی هوازی و مقاومتی است که در یک روز یا روزهای متفاوت از یک برنامه تمرینی انجام می‌شوند [۱۱]. در زمینه تأثیر تمرین موازی در بیماران مبتلا به HF نیز نتایج نشان داد که استفاده از ترکیب فعالیت ورزشی هوازی و مقاومتی در برنامه‌های توانبخشی قلبی مؤثرتر از هر کدام از آنها به‌تنهایی است [۱۲]. علاوه بر این، در مقایسه با فعالیت ورزشی هوازی به‌تنهایی، برنامه توانبخشی که شامل فعالیت ورزشی مقاومتی نیز است، می‌تواند به افزایش بیشتری در توده عضلانی و میزان سوخت‌وساز استراحتی منجر شود که این موضوع می‌تواند پاسخ به فعالیت ورزشی هوازی را بهینه ساخته و آثار مفید بیشتری را در تناسب اندام قلبی عروقی ایجاد کند [۱۳]. با این حال بر اساس برخی شواهد این رویکرد تمرینی ممکن است افزایش توده، قدرت و توان عضلانی را در مقایسه با انجام فعالیت ورزشی مقاومتی به‌تنهایی کاهش دهد. این موضوع به‌عنوان اثر تداخلی<sup>۴</sup> توصیف شده است. در واقع فعالیت ورزشی استقامتی، پروتئین کیناز فعال شده با آدنوزین مونوفسفات<sup>۵</sup> (AMPK) را فعال می‌کند که موجب مهار آبشار سیگنالی پروتئین کیناز B (PKB) - هدف راپامایسین در پستانداران<sup>۶</sup> (mTOR) می‌شود. اثر تداخلی بیان شده در تمرین موازی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله تواتر، شدت، حجم، ترتیب تمرینی (ترتیب درون جلسه‌ای) و مدت زمان استراحت (استراحت بین جلسه‌ای) است و با دستکاری این متغیرها می‌توان اثر تداخلی تمرین موازی را کاهش یا افزایش داد. در این زمینه تصور می‌شود که فعالیت ورزشی استقامتی با حجم بالا، شدت متوسط و تداومی و مکرر تأثیر منفی بر سازگاری‌های ناشی از فعالیت ورزشی مقاومتی دارد. در مقابل، به‌نظر می‌رسد که دوره‌های کوتاه تمرین HIIT یا تمرین تناوبی سرعتی<sup>۸</sup> (SIT) آثار منفی تمرین موازی را به حداقل می‌رساند [۱۴]. همچنین نتایج نشان داده‌اند که ترتیب اجرای دو نوع تمرین مقاومتی و هوازی در یک جلسه می‌تواند آثار متفاوتی داشته باشد، به این صورت که تقدم هر کدام از دو نوع تمرین بر دیگری می‌تواند سازگاری‌های فیزیولوژیک را به سمت آن نوع از تمرین سوق دهد. همچنین نشان داده شده است که انجام تمرینات هوازی و قدرتی در روزها یا جلسات تمرینی متناوب، ممکن است به سازگاری‌های بیشتری در هر دو بخش تمرین موازی (هوازی و مقاومتی) منجر شود [۱۵]. احتمالاً انجام جلسات تمرینی جداگانه برای هر بخش از تمرین موازی از هرگونه همپوشانی احتمالی در فعال‌سازی حداکثری آبشار مولکولی سنتز پروتئین میوفیبری و میتوکندریایی جلوگیری می‌کند و در نهایت به سازگاری بیشتر در پاسخ به هر دو بخش تمرین موازی منجر می‌شود [۱۶]. برای مثال ویلسون<sup>۹</sup> و همکاران اندازه اثر بیشتر (البته غیرمعنادار) را برای هایپرتروفی در پاسخ به جلسات تمرین موازی در روزهای متناوب نسبت به روزهای مشابه گزارش کردند [۱۷]. با این حال دیگران دستاوردهای مشابهی را در اندازه و قدرت عضلانی، صرف‌نظر از اینکه جلسات در روزهای مشابه یا متفاوت انجام شده است، نشان دادند [۱۸]. بنابراین با توجه به محدود و متناقض بودن نتایج پژوهش‌های موجود، پژوهش حاضر به بررسی و مقایسه تأثیر اجرای تمرین مقاومتی و HIIT در یک روز و در روزهای متفاوت بر عملکرد قلبی و عوامل مرتبط با سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی پرداخته است.

1. Resistance exercise

2. 6 Minute Walk Distance

3. Concurrent Training

4. Interference effect

5. AMP-activated protein kinase

6. Protein Kinase B

7. Mammalian Target of Rapamycin

8. Sprint Interval Training

9. Wilson

## روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر روش جمع‌آوری اطلاعات کمی و از لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی است. طرح پژوهش نیمه‌تجربی است و به‌صورت پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. این پژوهش پس از تأیید کمیته اخلاق دانشگاه شیراز با کد اخلاق IR.US.PSYEDU.REC.1402.080 در دانشگاه شیراز انجام شد.

## شرکت‌کنندگان

از بین بیماران دچار نارسایی قلبی مرد شهر شیراز ۲۱ نفر با رده سنی ۵۵ تا ۶۵ سال با LVEF کمتر یا مساوی ۴۹ درصد به‌صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و به‌طور تصادفی به سه گروه کنترل (هفت نفر)، گروه تمرین موازی در روزهای مشابه<sup>۱</sup> (هفت نفر) و گروه تمرین موازی در روزهای متفاوت<sup>۲</sup> (هفت نفر) تقسیم شدند.

بیماران در صورت ثبات همودینامیکی حداقل سه ماه پیش از مشارکت در پژوهش حاضر شرکت کردند. همچنین در صورت عفونت، محدودیت ریوی، سیگار کشیدن، آریتمی قلبی شایان توجه، محدود شدن و منع فعالیت ورزشی به‌علت آنژین یا بیماری انسداد شریان محیطی از پژوهش حاضر خارج شدند.

## ابزار

- ترازوی دیجیتال Sinocare مدل BL-2675 با دقت ۱۰ گرم (ساخت ایران)
- قدسنج دیجیتالی Seca264 با دقت ۱ میلی‌متر (ساخت ایران)
- دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی Cortex مدل Metalyzer3B (ساخت آلمان)
- دستگاه اسکن DEXA شرکت Norland مدل XR-800 model 435A101 (ساخت آمریکا)
- دینامومتر دستی SAEHAN JAMAR مدل SH5001 (ساخت کره جنوبی)
- دستگاه ایزوکتیک Biodex مدل System4 (ساخت آمریکا)
- کرنومتر Q&Q مدل HS43 (ساخت ژاپن)
- نوار گردان h/p/comos (ساخت آلمان)
- بلت پولار Polar مدل H10 (ساخت فنلاند)
- نرم‌افزار Polar beat
- دستگاه پرس سینه، جلو پا و پشت پا

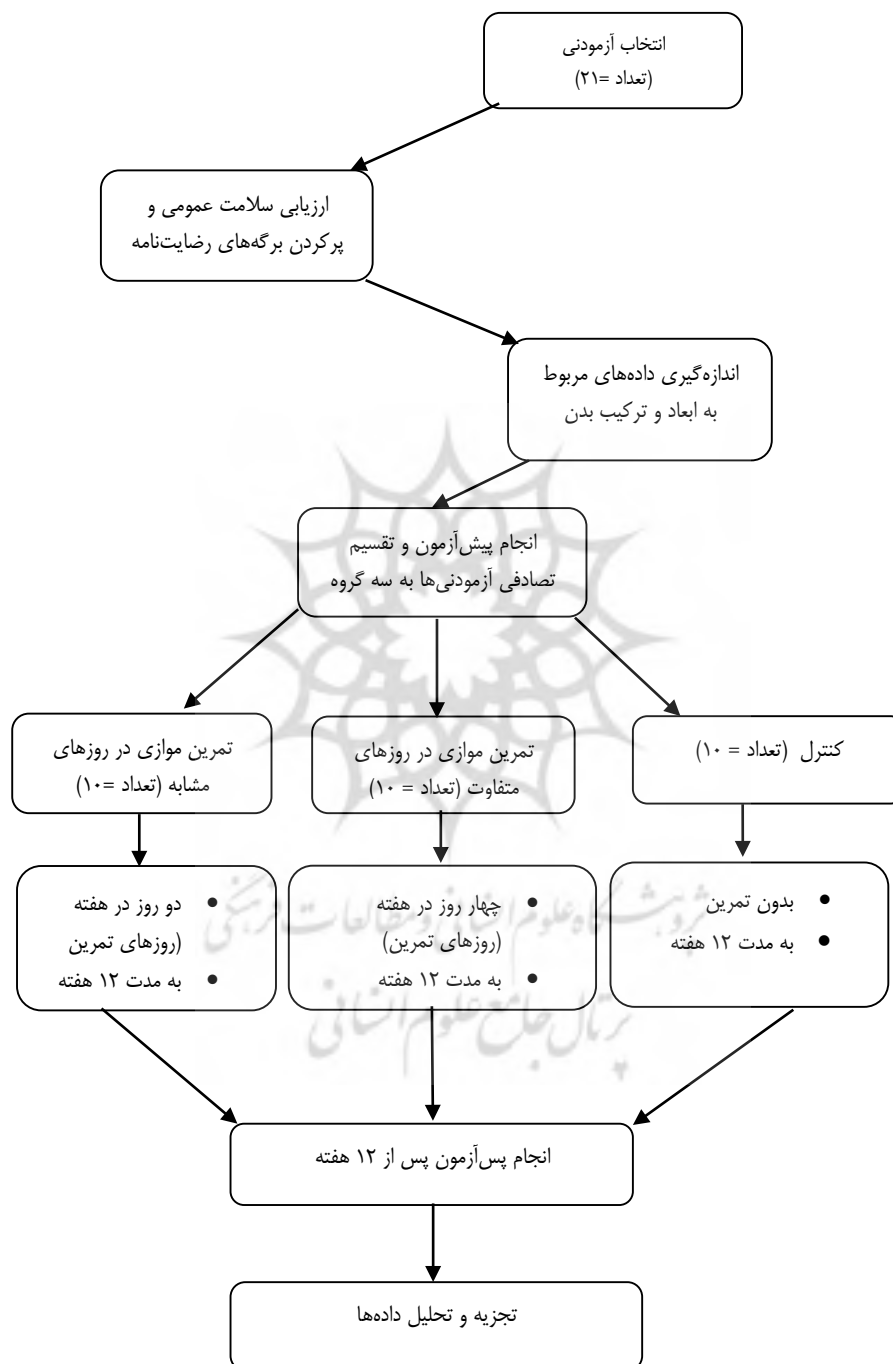
## پروتکل اجرایی

به‌منظور آشنایی با روند اجرای پژوهش، تکمیل رضایت‌نامه و سنجش اولیه دو جلسه برگزار شد. سپس بیماران در ۱۲ هفته از دو روش تمرینی موازی مشارکت کردند. گروه تمرین در روزهای مشابه تمرین را در روزهای یکشنبه و چهارشنبه و گروه تمرین در روزهای مجزا

<sup>1</sup>. Same days

<sup>2</sup>. Different days

تمرین را در روزهای یکشنبه، دوشنبه، چهارشنبه و پنجشنبه انجام می‌دادند. گروه کنترل نیز در این ۱۲ هفته هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشتند. پس از گذشت ۱۲ هفته مداخله تمرینی، دو جلسه دیگر با فاصله ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرینی به منظور سنجش ثانویه برگزار شد. شایان ذکر است که تمامی آزمون‌های اولیه و ثانویه و همچنین جلسات تمرین در حضور پزشک انجام شد. تمامی داروهای مصرفی و مواد غذایی مصرفی بیماران نیز در طول پژوهش ثبت شد (شکل ۱).



شکل ۱. نمای از روند مراحل مختلف پژوهش

## پروتکل آزمایشی

۴۸ ساعت پیش از اولین جلسه تمرینی و همچنین ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی به ترتیب تحت عنوان پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو جلسه برای تکمیل فرم رضایت‌نامه، آشنایی با روند پژوهش و اجرای آزمون‌ها برگزار شد. به منظور ارزیابی  $VO_2$  peak آزمون بالک<sup>۱</sup> تا زمان خستگی اختیاری با دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی اجرا شد، به این صورت که با سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت شروع شد و هر ۲ دقیقه ۲/۵ درجه به شیب آن بدون تغییری در سرعت افزوده شد [۱۹، ۲۰]. به منظور تنظیم شدت تمرین HIIT هر چهار هفته  $VO_2$  peak سنجیده شد. توده عضلانی اسکلتی ضمیمه‌ای<sup>۲</sup> از طریق دستگاه اسکن DEXA سنجیده شد. در نهایت با استفاده از فرمول  $ASMI = \frac{\text{appendicular lean mass}}{(\text{height})^2}$  گزارش شد. به منظور ارزیابی قدرت هندگریپ<sup>۳</sup> از دینامومتر دستی استفاده شد و شرکت‌کنندگان با دست برتر و زاویه آرنج ۹۰ درجه (آرنج خم‌شده) در وضعیت ایستاده، سه تکرار را با فاصله زمانی ۳۰ ثانیه انجام دادند و در نهایت بیشترین عدد گزارش شد [۲۱]. حداکثر انقباض ایزومتریک اختیاری<sup>۴</sup> (MVIC) عضلات بازکننده و خم‌کننده زانو از طریق دستگاه ایزوکنتیک<sup>۵</sup> در زاویه ۶۰ درجه که به‌عنوان زاویه تولید حداکثر نیروی ایزومتریک شناخته شده است، سنجیده شد. شیوه اجرای آزمون به این شکل بود که دو انقباض ایزومتریک باز کردن و خم کردن به صورت متناوب انجام شد. از بیمار خواسته شد که حداکثر نیروی خود را به سرعت اعمال کند و سپس انقباض را به مدت چهار تا پنج ثانیه نگه دارد [۲۲]. سرعت گام‌برداری<sup>۶</sup> از طریق آزمون سرعت راه رفتن سنجیده شد، به این صورت که یک مسافت چهارمتری مشخص شد و بیمار با راحت‌ترین سرعت خود شروع به راه رفتن در این مسیر کرد و زمان طی شده از لحظه شروع تا پایان این مسافت با استفاده از زمان‌سنج ثبت شد و در نهایت سرعت گام‌برداری (راه رفتن) با تقسیم مسافت تعیین شده (چهار متر) بر زمان طی شده به صورت متر بر ثانیه ثبت شد [۲۳]. LVEF نیز از طریق اکوکاردیوگرافی<sup>۷</sup> توسط تکنسین بیمارستان سنجیده شد.

برای ارزیابی شدت تمرین مقاومتی تست یک تکرار بیشینه<sup>۸</sup> (IRM) پیش از شروع دوره تمرین با استفاده از فرمول  $IRM = W/10278 - 0.0278R$  (W وزنه و R تعداد تکرار) برای هر گروه عضلانی اجرا شد [۲۴]. به منظور تنظیم شدت تمرین مقاومتی هر چهار هفته 1RM سنجیده شد.

## پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینی شامل یک دوره ۱۲ هفته‌ای تمرین موازی HIIT و مقاومتی (با تواتر دو جلسه در هفته برای گروه اول و چهار جلسه در هفته برای گروه دوم) بود. تمرین HIIT فردی‌سازی شده و با توجه به ظرفیت عملکردی هر فرد تجویز شد، به این صورت که تمرین HIIT شامل چهار تکرار چهاردقیقه‌ای با شدت ۸۵ تا ۹۵ درصد ضربان قلب اوج<sup>۹</sup> (HR peak) (معادل ۸۰ تا ۹۰ درصد  $VO_2$  peak) روی نوار گردان بود که با سه استراحت فعال سه‌دقیقه‌ای با شدت ۶۰ درصد HR peak همراه بود [۲۵] (جدول ۱). در طول انجام تمرین HIIT ضربان قلب و میزان درک فشار (RPE) هر یک دقیقه یک بار ثبت می‌شد. تمرین مقاومتی شامل تمرینات به ترتیب پرس سینه دستگاه، جلوپا دستگاه و پشت‌پا دستگاه بود. تمرین مقاومتی به صورت سه ست ۱۰ تا ۱۲ تکراری با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد 1RM بود که استراحت بین ست‌ها یک دقیقه و حرکات دو دقیقه بود [۲۶] (جدول ۲). در تمام جلسات تمرینی بِلت پولار برای بیماران بسته می‌شد. گروه SD

1. Balk test

2. Appendicular Skeletal Muscle Index

3. Handgrip strength

4. Maximal Voluntary Isometric

Contraction

5. Isokinetic

6. Gait speed

7. Echocardiography

8. One-repetition maximum

9. Peak heart rate

10. Rate of Perceived Exertion

به منظور گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه با شدت ۶۰ درصد HR peak روی نوار گردان می‌رفتند. ضربان قلب و RPE در ابتدای گرم کردن، و به فواصل دودقیقه‌ای ثبت می‌شد. سپس برای تمرین مقاومتی، گرم کردن پویا مفاصل انجام می‌شد. پس از انجام مراحل گرم کردن، آزمودنی‌ها تمرین مقاومتی و پس از دو دقیقه استراحت و برگشتن به حداقل ۶۰ درصد HR peak، تمرین HIIT را انجام می‌دادند و در نهایت برای سرد کردن سه دقیقه با شدت ۶۰ درصد HR peak روی نوار گردان می‌رفتند و سپس حرکات کششی ایستا انجام می‌دادند. گروه DD تمرین مقاومتی و HIIT را در روزهای متفاوت از تمرین مقاومتی و با فاصله ۲۴ ساعت انجام می‌دادند. آنها گرم کردن پویا و سرد کردن ایستا را تنها در روزهای تمرین مقاومتی، اما گرم و سرد کردن روی نوار گردان را در هر چهار روز انجام می‌دادند.

جدول ۱. پروتکل تمرین HIIT

جلسات	تعداد تکرار	شدت فعالیت (%VO2peak)	مدت فعالیت (دقیقه)	شدت استراحت (%VO2peak)	مدت استراحت (دقیقه)
۱-۸	۴	۸۵	۴	۶۰	۳
۹-۱۶	۴	۹۰	۴	۶۰	۳
۱۷-۲۴	۴	۹۵	۴	۶۰	۳

جدول ۲. پروتکل تمرین مقاومتی

جلسات	تعداد ست	تعداد تکرار	شدت فعالیت (1RM)	مدت استراحت بین ست (دقیقه)
۱-۳	۳	۱۰	۶۰	۱
۴-۶	۳	۱۲	۶۰	۱
۷-۹	۳	۱۰	۶۵	۱
۱۰-۱۲	۳	۱۲	۶۵	۱
۱۳-۱۵	۳	۱۰	۷۰	۱
۱۶-۱۸	۳	۱۲	۷۰	۱
۱۹-۲۱	۳	۱۰	۷۵	۱
۲۲-۲۴	۳	۱۲	۷۵	۱

## روش آماری

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزار نسخه ۲۷ و برای محاسبه میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی استفاده شد. برای مقایسه پس‌آزمون‌های گروه‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس با در نظر گرفتن پیش‌آزمون به عنوان کووریت و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب از آزمون شاپیروویلیک و لون استفاده شد. سطح معناداری نیز  $P \leq 0.05$  در نظر گرفته شد.

## یافته‌های پژوهش

میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (BMI) شرکت کنندگان در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

انحراف معیار	میانگین	
۳/۳۳	۵۸/۹۰	سن (سال)
-/۵۵	۱/۷۷	قد (متر)
۱۱/۱۱	۷۷/۰۶	وزن (کیلوگرم)
۲/۴۳	۲۴/۵۶	BMI (kg/m <sup>2</sup> )

همچنین میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه و زمان در جدول ۴ آورده شده است.

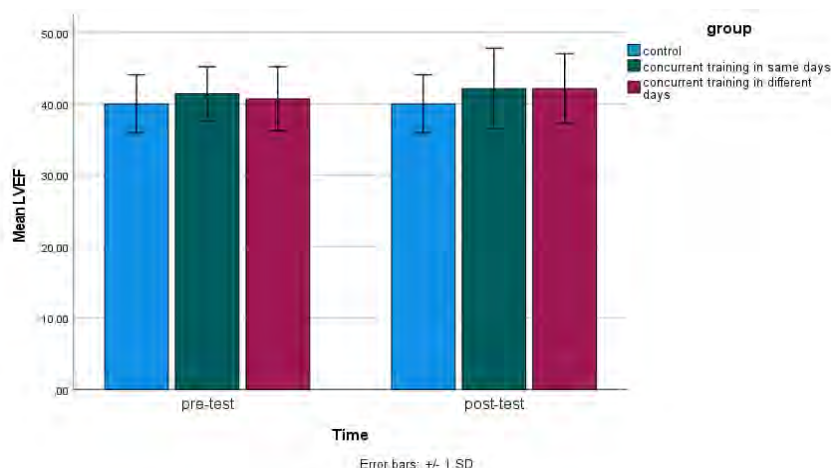
جدول ۴. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در هر گروه در زمان‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	گروه کنترل (میانگین ± انحراف معیار)		تمرین در روزهای مشابه (میانگین ± انحراف معیار)		تمرین در روزهای مجزا (میانگین ± انحراف معیار)	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
LVEF	۴۰/۰۰ ± ۴/۰۸	۴۰/۰۰ ± ۴/۰۸	۴۲/۱۴ ± ۵/۶۷	۴۱/۴۳ ± ۳/۷۸	۴۰/۷۱ ± ۴/۵۰	۴۲/۱۴ ± ۴/۸۸
ASMI	۸/۲۳ ± ۰/۹۱	۸/۲۳ ± ۰/۹۱	۸/۰۲ ± ۰/۸۵	۷/۹۲ ± ۰/۸۳	۷/۴۴ ± ۰/۹۸	۷/۶۳ ± ۱/۰۲
Handgrip strength	۳۴/۱۳ ± ۶/۳۳	۳۳/۲۹ ± ۷/۰۲	۴۲/۹ ± ۴/۲۵	۳۷/۶۸ ± ۵/۲۱	۳۱/۷۱ ± ۶/۶۳	۴۰/۹۵ ± ۶/۶۲
Knee extensor MVIC	۱۳۸/۰۴ ± ۲۴/۵	۱۳۵/۹۶ ± ۲۶/۴۶	۱۶۴/۱۷ ± ۱۸/۲۱	۱۵۰/۱۶ ± ۲۳/۲۱	۱۳۶/۵۴ ± ۲۶/۷۸	۱۷۶/۰۰ ± ۱۳/۱۴
Knee flexor MVIC	۵۵/۱۶ ± ۱۲/۹۱	۵۵/۲۷ ± ۱۳/۵۵	۶۴/۶۱ ± ۷/۰۹	۵۴/۶۹ ± ۹/۴۱	۵۰/۹۹ ± ۹/۸۴	۷۲/۹۰ ± ۱۰/۲۴
GS	۱/۱۱ ± ۰/۱۵	۱/۱۲ ± ۰/۱۲	۱/۱۷ ± ۰/۱۳	۱/۰۸ ± ۰/۱۴	۰/۹۹ ± ۰/۰۹	۱/۱۶ ± ۰/۱۱

### کسر تزریقی بطن چپ

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که اثر گروه در متغیر EF معنادار نیست ( $F(2, 17) = 0.289, p = 0.752, \eta^2 = 0.03$ ) (شکل ۲).

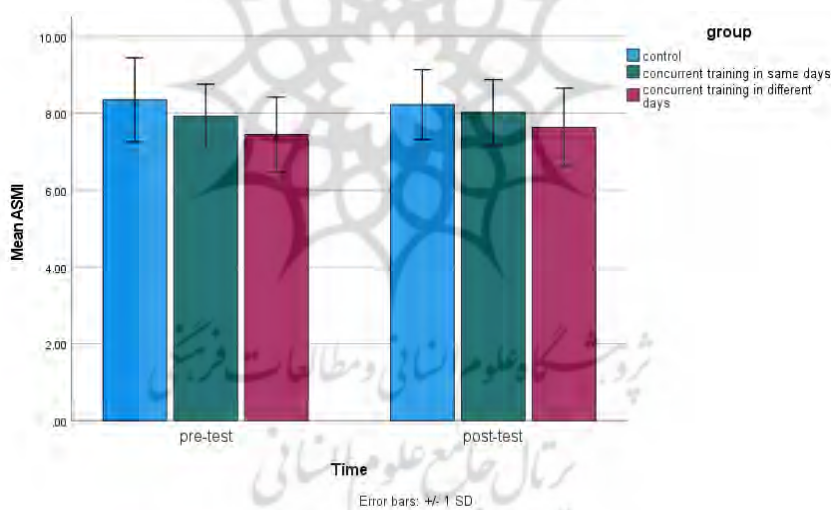
<sup>1</sup> Body Mass Index



شکل ۲. میانگین و انحراف معیار LVEF در گروه کنترل و گروه‌های تمرین در پیش‌آزمون (pre-test) و پس از ۱۲ هفته مداخله تمرینی (post-test). \* نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرین و کنترل. # بیانگر تفاوت معنادار بین دو گروه تمرین

### توده عضلانی اسکلتی ضمیمه‌ای

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که اثر گروه در متغیر ASMI معنادار نیست ( $F(2, 17) = 1.07, p = 0.366, \eta^2 = 0.11$ ). در واقع تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد (شکل ۳).

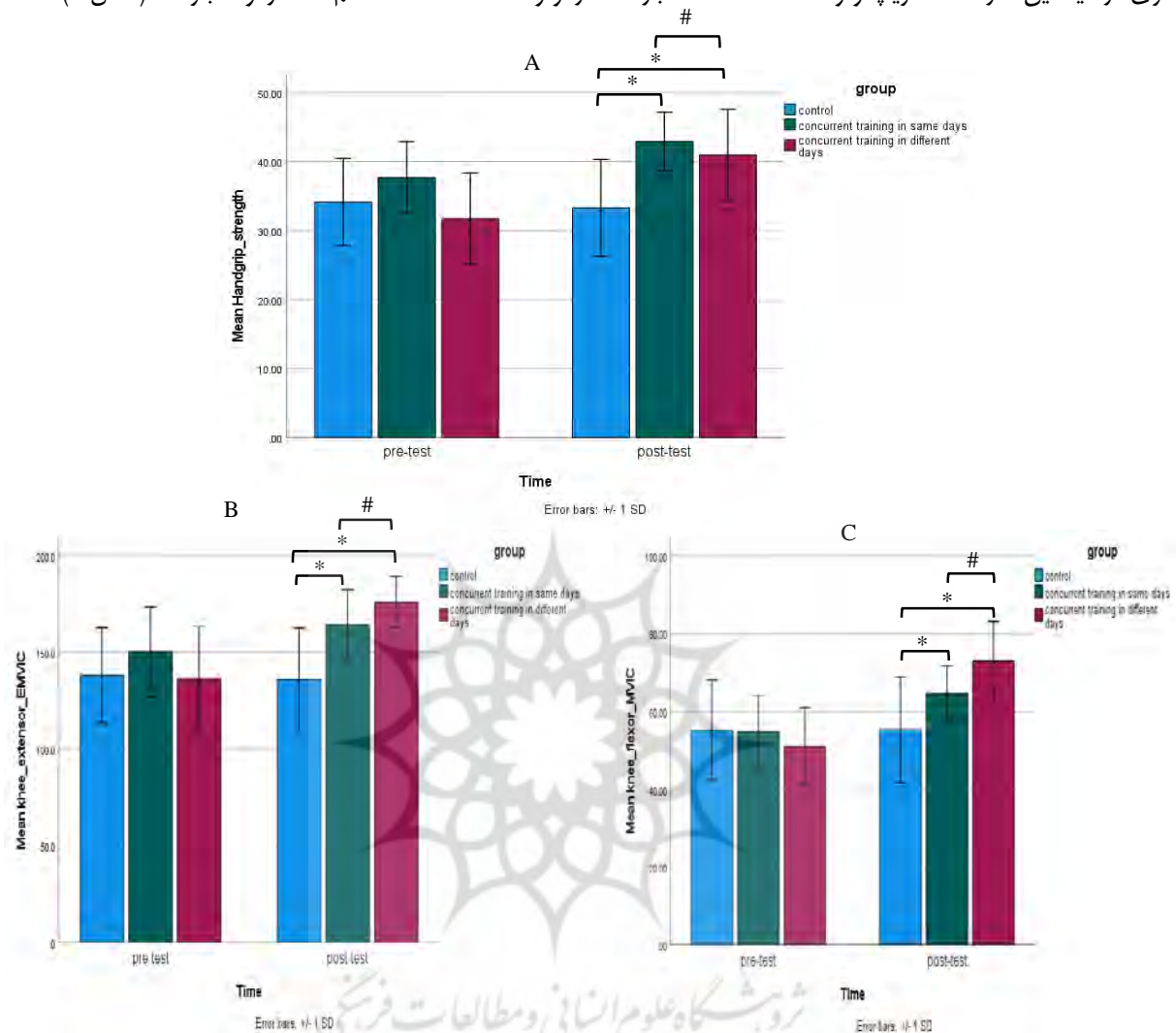


شکل ۳. میانگین و انحراف معیار ASMI در گروه کنترل و گروه‌های تمرین در پیش‌آزمون (pre-test) و پس از ۱۲ هفته مداخله تمرینی (post-test). \* نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرین و کنترل. # بیانگر تفاوت معنادار بین دو گروه تمرین

### قدرت هندگریپ، حداکثر انقباض ایزومتریک اختیاری عضلات بازکننده و خم‌کننده زانو

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که اثر گروه در سه متغیر قدرت هندگریپ ( $F(2, 17) = 3.97, P < 0.001, \eta^2 = 0.189$ )، MVIC عضلات بازکننده زانو ( $F(2, 17) = 16.62, P < 0.001, \eta^2 = 0.66$ ) و MVIC عضلات خم‌کننده زانو ( $F(2, 17) = 24.72, P < 0.001, \eta^2 = 0.74$ ) معنادار است. آزمون بونفرونی نشان داد که به ترتیب هر دو نوع تمرین SD و DD نسبت به گروه کنترل به افزایش معناداری در متغیرهای قدرت هندگریپ ( $P < 0.001$  و  $P < 0.001$ )، MVIC عضلات بازکننده زانو ( $P < 0.001$  و  $P = 0.033$ ) و MVIC عضلات خم‌کننده زانو ( $P < 0.001$  و  $P = 0.047$ ) منجر شده‌اند. همچنین تفاوت معناداری میان دو گروه تمرین در متغیرهای قدرت هندگریپ

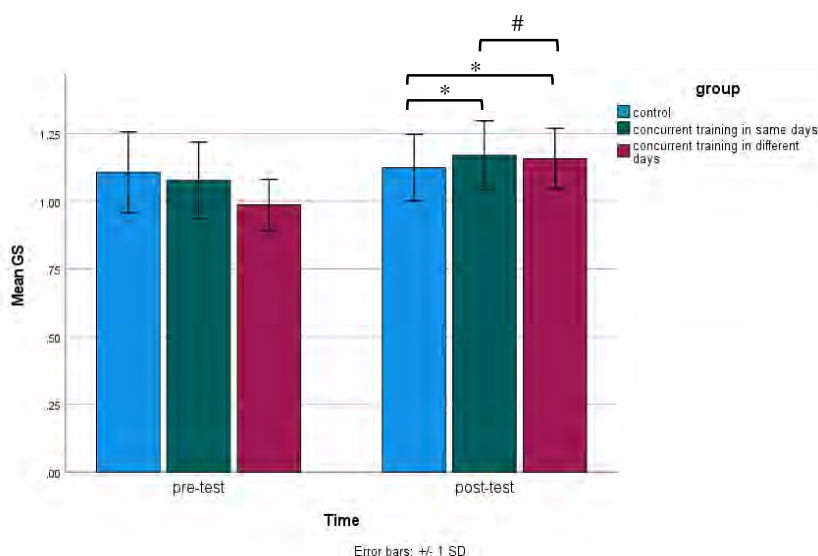
( $P=0/024$ )، MVIC عضلات بازکننده زانو ( $P=0/04$ ) و MVIC عضلات خم کننده زانو ( $P=0/025$ ) مشاهده شد و تمرین DD به افزایش بیشتری در میانگین قدرت هندگریپ و MVIC عضلات بازکننده زانو و MVIC عضلات خم کننده زانو منجر شد (شکل ۴).



شکل ۴. میانگین و انحراف معیار قدرت هندگریپ (A)، MVIC عضلات بازکننده زانو (B) و MVIC عضلات خم کننده زانو (C) در گروه کنترل و گروه‌های تمرین در پیش‌آزمون (pre-test) و پس از ۱۲ هفته مداخله تمرینی (post-test). \* نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرین و کنترل. # بیانگر تفاوت معنادار بین دو گروه تمرین

### سرعت گام‌برداری

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که اثر گروه در متغیر سرعت گام‌برداری معنادار بوده است ( $\eta^2=0/74$ ،  $P<0/001$ ،  $F(2, 17)=23/94$ ) و (F) آزمون بونفرونی نشان داد که این متغیر در هر دو نوع تمرین DD ( $P<0/001$ ) و SD ( $P=0/009$ ) نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته است. همچنین تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین مشاهده شد ( $P=0/009$ ) و تمرین DD به افزایش بیشتری در میانگین سرعت گام‌برداری منجر شد (شکل ۵).



شکل ۵. میانگین و انحراف معیار GS در گروه کنترل و گروه‌های تمرین در پیش‌آزمون (pre-test) و پس از ۱۲ هفته مداخله تمرینی (post-test). \* نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرین و کنترل. # بیانگر تفاوت معنادار بین دو گروه تمرین

## بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تأثیر دو نوع متفاوت تمرین موازی بر سلامت قلبی و عوامل مرتبط با سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی بررسی شد. نتایج اصلی شامل افزایش معنادار LVEF در هر دو گروه تمرین بدون تفاوت معناداری میان دو گروه تمرین، عدم افزایش معنادار توده عضلانی در دو گروه تمرین و افزایش معنادار قدرت هندگریپ، MVIC عضلات بازکننده و خم‌کننده زانو و سرعت گام‌برداری در هر دو گروه تمرین با افزایش بیشتر در گروه تمرین در روزهای متفاوت بود.

همان‌طور که بیان شد ۱۲ هفته تمرین موازی در پژوهش حاضر به افزایش LVEF منجر شد، با این حال این افزایش معنادار نبود. در همین زمینه توکر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹) طی یک مقاله مروری بیان کردند که تمرین مقاومتی هم به‌تنهایی و هم در ترکیب با تمرین هوازی (تمرین تداومی با شدت متوسط و HIIT) به تغییر معنادار LVEF منجر نمی‌شود و علت آن را افزایش پس‌بار<sup>۲</sup> به سبب تمرین مقاومتی بیان کردند [۲۷]. با این حال تمرین هوازی خود به‌تنهایی می‌تواند از طریق افزایش پیش‌بار<sup>۳</sup> انقباض میوکارد و ذخیره عروقی<sup>۴</sup> به بهبود LVEF منجر شود [۲۸]. زمانی که تمرین هوازی و مقاومتی در ترکیبی یا موازی در کنار یکدیگر انجام می‌شوند، افزایش استرس دیواره بطن چپ و کاهش ذخیره انقباضی و پیش‌بار<sup>۵</sup> می‌تواند به کاهش اثر مثبت تمرین هوازی بینجامد و همین موضوع می‌تواند عدم افزایش معنادار LVEF را در این پژوهش توجیه کند [۲۹].

هر دو نوع تمرین در پژوهش حاضر به افزایش ASMI منجر شد، اگرچه معنادار نبود. نتایج در افراد سالمند و بیماران مبتلا به سارکوپنیا نشان داده‌اند که تمرین به‌ویژه تمرین مقاومتی می‌تواند موجب کاهش پیشرفت افت توده عضلانی از طریق تحریک تجمع پروتئین عضلانی، بهبود سنتز پروتئین عضلانی و ارتقای کیفیت عضله، قدرت، تعادل و استقامت شود. در واقع تمرین ورزشی مسیر AKT/mTOR را فعال می‌کند و بیان FOXO<sup>۶</sup> و MuRF1<sup>۷</sup> را کاهش می‌دهد که به سوخت‌وساز پروتئین کمک می‌کند و تجزیه عضلات را کاهش می‌دهد [۳۰]. بای<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۲۵) طی یک مقاله مروری بیان کردند که تمرین ترکیبی بهترین نوع تمرین جهت افزایش توده عضلانی، قدرت

1. Tucker

2. Afterload

3. Preload

4. Vascular reserve

5. Contractile and preload reserve

6. Forkhead box

7. Muscle Ring-finger protein-1

8. Bae et al.

عضلانی و عملکرد جسمانی در بیماران مبتلا به سارکوپنیا است [۳۱]. از آنجا که در این پژوهش توده عضلانی بیماران پایین تر از مرز تشخیصی سارکوپنیا در مردان ( $ASMI < 0.7 \text{ kg/m}^2$ ) [۳] نبود، بنابراین عدم افزایش معنادار توده عضلانی توجیه شدنی است. همچنین احتمالاً به علت محدودیت ظرفیت آنابولیک عضلات در بیماران قلبی و وجود پدیده مقاومت آنابولیک افزایش توده عضلانی معنادار نبوده است [۳۲]. در همین زمینه باقری و همکاران (۲۰۲۰) در پاسخ به هشت هفته از دو ترتیب تمرینی درون جلسه ای متفاوت، افزایش معنادار قدرت عضلات بالا و پایین تنه و توده عضلانی را در هر دو گروه تمرین ترکیبی گزارش کردند [۳۳] که بر خلاف نتایج پژوهش حاضر است و علت آن همان طور که بیان شد، می تواند این موضوع باشد که پژوهش مذکور روی افراد سالمند سالم انجام گرفته، در حالی که پژوهش حاضر روی بیماران بوده است.

نتایج پژوهش حاضر افزایش معنادار قدرت هندگریپ، MVIC عضلات بازکننده و خم کننده زانو و همچنین GS را در گروه های تمرین نسبت به گروه کنترل نشان داد. بر اساس پژوهش های صورت گرفته قدرت عضلانی به ویژه قدرت هندگریپ شاخص مهمی در بیماران قلبی است و به عنوان پیش بینی کننده بقا و کاهش مرگومیر گزارش شده است [۳۴]. مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی نشان داده اند که افزودن تمرین مقاومتی به HIIT بهبود بیشتری در قدرت اندام فوقانی و تحتانی و همچنین سرعت گام برداری ایجاد می کند [۳۵]. در واقع تمرین مقاومتی یک راهکار شناخته شده و معتبر جهت سازگاری های عصبی عضلانی [۳۶] و همچنین پیشگیری و بهبود ضعف عضلانی در افراد سالمند است [۳۷]. این نوع تمرین از طریق افزایش سنتز پروتئین عضلانی و بزرگ تر کردن سطح مقطع تارهای عضلانی تندانقباض آموچ هیپرتروفی (افزایش حجم عضله) و در نتیجه تقویت قدرت عضلانی می شود [۳۸]. از سوی دیگر، تمرین هوازی تولید ATP میتوکندریایی را در عضلات اسکلتی افزایش دهد و همچنین سنتز پروتئین عضلانی را بالا ببرد. افزون بر این، تمرین هوازی با بهبود ظرفیت متابولیک هوازی و افزایش استقامت قلبی-تنفسی، عملکرد ورزشی کلی بدن را ارتقا می دهد [۳۹]. در این پژوهش از تمرین HIIT به عنوان جزء هوازی از تمرین موازی استفاده شد و نشان داده شده است که تمرین HIIT با افزایش تحریک سیستم عصبی مرکزی<sup>۳</sup> (CNS) به بهبود هماهنگی عصبی و افزایش ظرفیت عملکردی عضلات منجر می شود [۴۰]. بنابراین می توان گفت که اجرای تمرین مقاومتی و HIIT در کنار یکدیگر به بهبود بیشتر قدرت عضلانی و ظرفیت عملکردی عضلات منجر شده است. مرور نظام مند و فراتحلیل ها نیز این یافته ها را تأیید کرده و نشان داده اند که تمرین ترکیبی نسبت به تمرین هوازی صرف بر عملکرد فیزیکی و کیفیت زندگی بیماران نارسایی قلبی اثربخش تر است [۴۱]. سونگ<sup>۴</sup> و همکاران نیز طی یک مطالعه مروری بیان کردند که اجرای همزمان تمرین هوازی و مقاومتی بهترین روش برای حفظ قدرت هندگریپ و جلوگیری از سارکوپنیا است [۴۲]. از آنجا که در پژوهش حاضر ASMI که مجموع توده عضلانی دست و پا است، افزایش داشته (اگر چه معنادار نبوده است)، افزایش قدرت هندگریپ و MVIC عضلات خم کننده و بازکننده پا کاملاً توجیه پذیر است. در واقع می توان گفت که افزایش توده عضلانی یکی از دلایل افزایش قدرت عضلانی در این پژوهش بوده است. علاوه بر این، همان طور که بیان شد نتایج تفاوت معنادار قدرت هندگریپ و MVIC عضلات بازکننده و خم کننده زانو را میان دو گروه SD و DD نشان دادند. تأثیر تمرین ترکیبی بر سازوکار مولکولی پیچیده است و شامل برهمکنش های مسیرهای آنابولیک و کاتابولیک می شود. در واقع می توان گفت که تمرین مقاومتی موجب فعال سازی مسیر mTORC1 و افزایش فسفوریلاسیون پروتئین هایی مانند P70S6K می شود که اساس سنتز پروتئین است. از طرف دیگر تمرین هوازی و HIIT مسیر AMPK را فعال می کند که می تواند فعالیت mTORC1 را مهار کند. این پدیده (اثر تداخلی) می تواند تفاوت معنادار این عوامل را میان دو گروه تمرینی توضیح دهد [۴۳]. در همین زمینه پیتر<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۱) طی یک مطالعه مروری بیان کردند که تمرین موازی در روزهای متفاوت به افزایش بیشتری در قدرت عضلانی منجر می شود [۴۴]. به نظر می رسد که اجرای تمرین موازی در روزهای متفاوت با کاهش اثر تداخل شرایط مطلوب تری برای بهبود عملکرد ایجاد می کند.

1. Anabolic resistance

2. Fast twitch muscle fiber

3. Central Nervous System

4. Sung

5. Petre

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، ۱۲ هفته تمرین موازی به بهبود قدرت هندگریپ، MVIC عضلات بازکننده و خم‌کننده زانو و همچنین سرعت گام‌برداری در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی منجر شد. همچنین بهبود در فاکتورهای بیان‌شده در اثر تمرین موازی در روزهای متفاوت بیش از تمرین موازی در روزهای مشابه بود. بنابراین می‌توان گفت که تمرین موازی به‌ویژه در روزهای مجزا می‌تواند در پیشگیری از سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی مفید باشد.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی روبه‌رو بود. در ابتدا بیماران زن نیز در این پژوهش شرکت کردند، اما با توجه به کم بودن تعداد زنان و ریزش آنها در طول پژوهش، حذف شدند. پیشنهاد می‌شود که در آینده پژوهشی مشابه با پژوهش حاضر روی بیماران مبتلا به نارسایی قلبی زن نیز انجام شود. همچنین در کنار فعالیت ورزشی از مکمل برای بررسی هم‌افزایی تمرین و مکمل استفاده شود.

## تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری رساندند، سپاسگزاریم.

## References

- [1]. Roger VL. Epidemiology of heart failure. *Circulation research*. 2013;113(6):646-59. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.113.300268
- [2]. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European heart journal*. 2021;42(36):3599-726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368
- [3]. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*. 2019;48(1):16-31. DOI: 10.1093/ageing/afz046
- [4]. Prokopidis K, Isanejad M, Akpan A, Stefil M, Tajik B, Giannos P, et al. Exercise and nutritional interventions on sarcopenia and frailty in heart failure: a narrative review of systematic reviews and meta-analyses. *ESC Heart Failure*. 2022;9(5):2787-99. DOI: 10.1002/ehf2.14052
- [5]. Fülster S, Tacke M, Sandek A, Ebner N, Tschöpe C, Doehner W, et al. Muscle wasting in patients with chronic heart failure: results from the studies investigating co-morbidities aggravating heart failure (SICA-HF). *European heart journal*. 2013;34(7):512-9. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs381
- [6]. Cho J, Choi Y, Sajgalik P, No M-H, Lee S-H, Kim S, et al. Exercise as a therapeutic strategy for sarcopenia in heart failure: insights into underlying mechanisms. *Cells*. 2020;9(10):2284. DOI: 10.3390/cells9102284
- [7]. Mandic S, Myers J, Selig SE, Levinger I. Resistance versus aerobic exercise training in chronic heart failure. *Current heart failure reports*. 2012;9(1):57-64. DOI: 10.1007/s11897-011-0078-0
- [8]. Lelyavina TA, Galenko VL, Ivanova OA, Komarova MY, Ignatieva EV, Bortsova MA, et al. Clinical response to personalized exercise therapy in heart failure patients with reduced ejection fraction is accompanied by skeletal muscle histological alterations. *International journal of molecular sciences*. 2019;20(21):5514. DOI: 10.3390/ijms20215514

- [9]. Lenk K, Erbs S, Höllriegel R, Beck E, Linke A, Gielen S, et al. Exercise training leads to a reduction of elevated myostatin levels in patients with chronic heart failure. *European journal of preventive cardiology*. 2012;19(3):404-11. DOI: 10.1177/1741826711402735
- [10]. Levinger I, Bronks R, Cody DV, Linton I, Davie A. The effect of resistance training on left ventricular function and structure of patients with chronic heart failure. *International journal of cardiology*. 2005;105(2):159-63. DOI: 10.1016/j.ijcard.2004.11.022
- [11]. Khalafi M, Sakhaei MH, Rosenkranz SK, Symonds ME. Impact of concurrent training versus aerobic or resistance training on cardiorespiratory fitness and muscular strength in middle-aged to older adults: A systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*. 2022;254:113888. DOI: 10.1016/j.physbeh.2022.113888
- [12]. Jewiss D, Ostman C, Smart N. The effect of resistance training on clinical outcomes in heart failure: a systematic review and meta-analysis. *International journal of cardiology*. 2016;221:674-81. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.07.046
- [13]. 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. DOI: 10.1177/1741826710393197
- [14]. Methenitis S. A brief review on concurrent training: from laboratory to the field. *Sports*. 2018;6(4):127. DOI: 10.3390/sports6040127
- [15]. Methenitis S. A brief review on concurrent training: From laboratory to the field. *Sports*, 6 (4), 127. DOI; 2018. DOI: 10.3390/sports6040127
- [16]. Makanae Y, Ogasawara R, Fujita S. Skeletal muscle signaling response to concurrent endurance and resistance exercise. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2015;4(2):217-21. DOI: 10.7600/jpfsm.4.217
- [17]. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(8):2293-307. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d
- [18]. Schumann M, Feuerbacher JF, Sünkel M, Freitag N, Rønnestad BR, Doma K, et al. Compatibility of concurrent aerobic and strength training for skeletal muscle size and function: an updated systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2022;52(3):601-12. DOI: 10.1007/s40279-021-01587-7
- [19]. Glass S, Whaley M, Wegner M. Ratings of perceived exertion among standard treadmill protocols and steady state running. *International journal of sports medicine*. 1991;12(01):77-82. DOI: 10.1055/s-2007-1024660
- [20]. Ozemek C, Bonikowske A, Christle J, Gallo P. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins; 2025.
- [21]. Han D-S, Chang K-V, Li C-M, Lin Y-H, Kao T-W, Tsai K-S, et al. Skeletal muscle mass adjusted by height correlated better with muscular functions than that adjusted by body weight in defining sarcopenia. *Scientific reports*. 2016;6(1):19457. DOI: 10.1038/srep19457
- [22]. Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension

- and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clinical physiology and functional imaging*. 2007;27(6):346-53. DOI: 10.1111/j.1475-097X.2007.00758.x
- [23]. Maggio M, Ceda GP, Ticinesi A, De Vita F, Gelmini G, Costantino C, et al. Instrumental and non-instrumental evaluation of 4-meter walking speed in older individuals. *PloS one*. 2016;11(4):e0153583. DOI: 10.1371/journal.pone.0153583
- [24]. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of physical education, recreation & dance*. 1993;64(1):88-90. DOI: 10.1080/07303084.1993.10606684
- [25]. Donelli da Silveira A, Beust de Lima J, da Silva Piardi D, dos Santos Macedo D, Zanini M, Nery R, et al. High-intensity interval training is effective and superior to moderate continuous training in patients with heart failure with preserved ejection fraction: a randomized clinical trial. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2020;27(16):1733-43. DOI: 10.1177/2047487319901206
- [26]. Delis D, Linardatou V, Karatzanos E, Kourek C, Philippou A, Vagionas D, et al. ADDITION OF STRENGTH TRAINING MODIFIES THE AEROBIC EXERCISE INFLAMMATORY RESPONSE IN HEART FAILURE PATIENTS--COMMENTS ON THE UNDERLYING PATHOPHYSIOLOGY. *Health & Research Journal*. 2022;8(2). DOI: 10.12681/HEALTHRESJ.29806
- [27]. Tucker WJ, Beaudry RI, Liang Y, Clark AM, Tomczak CR, Nelson MD, et al. Meta-analysis of exercise training on left ventricular ejection fraction in heart failure with reduced ejection fraction: a 10-year update. *Progress in cardiovascular diseases*. 2019;62(2):163-71. DOI: 10.1016/j.pcad.2018.08.006
- [28]. Haykowsky MJ, Liang Y, Pechter D, Jones LW, McAlister FA, Clark AM. A meta-analysis of the effect of exercise training on left ventricular remodeling in heart failure patients: the benefit depends on the type of training performed. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;49(24):2329-36. DOI: 10.1016/j.jacc.2007.02.055
- [29]. Cheatham C, Green D, Collis J, Dembo L, O'Driscoll G. Effect of aerobic and resistance exercise on central hemodynamic responses in severe chronic heart failure. *Journal of applied physiology*. 2002;93(1):175-80. DOI: 10.1152/jappphysiol.01240.2001
- [30]. Estébanez B, Huang C-J, Cuevas MJ. Molecular mechanisms underlying exercise-alleviated sarcopenic obesity. *Frontiers Media SA*; 2024. p. 1498615. DOI: 10.3389/fendo.2024.149861
- [31]. Bae S, Kong S, Kim C-H, Kim J-S, Koh J-H, Lee SK, et al. Position statement: Evidence-Based Exercise Guidelines for Sarcopenia in Older Adults: Insights from the Korean Working Group on Sarcopenia. *Annals of Geriatric Medicine and Research*. 2025;29(3):278. DOI: 10.4235/agmr.25.0052
- [32]. Lee C-T, Chen L-W, Chien M-Y. Effects of exercise training on anabolic and catabolic markers in patients with chronic heart failure: a systematic review. *Heart Failure Reviews*. 2017;22(6):723-30. DOI: 10.1007/s10741-017-9639-y
- [33]. Bagheri R, Moghadam BH, Church DD, Tinsley GM, Eskandari M, Moghadam BH, et al. The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. *Experimental gerontology*. 2020;133:110869. DOI: 10.1016/j.exger.2020.110869
- [34]. Schnohr P, O'Keefe JH, Lavie CJ, Suetta C, Jensen GB, Marott JL, editors. Comparison of Muscle Strength and Cardiorespiratory Fitness in Relation to Cardiovascular and All-Cause Mortality: The

- Copenhagen City Heart Study. *Mayo Clinic Proceedings*; 2025: Elsevier. DOI: 10.1016/j.mayocp.2024.08.013
- [35]. Alshamari M, Kourek C, Sanoudou D, Delis D, Dimopoulos S, Rovina N, et al. Does the addition of strength training to a high-intensity interval training program benefit more the patients with chronic heart failure. *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2023;24(1):29. DOI: 10.31083/j.rcm2401029
- [36]. Bao W, Sun Y, Zhang T, Zou L, Wu X, Wang D, et al. Exercise programs for muscle mass, muscle strength and physical performance in older adults with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *Aging and disease*. 2020;11(4):863. DOI: 10.14336/AD.2019.1012
- [37]. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing research reviews*. 2010;9(3):226-37. DOI: 10.1016/j.arr.2010.03.004
- [38]. Heo J-W, No M-H, Min D-H, Kang J-H, Kwak H-B. Aging-induced Sarcopenia and Exercise. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*. 2017;19(2):43-59. DOI: 10.15758/jkak.2017.19.2.43
- [39]. Erlich AT, Tryon LD, Crilly MJ, Memme JM, Moosavi ZSM, Oliveira AN, et al. Function of specialized regulatory proteins and signaling pathways in exercise-induced muscle mitochondrial biogenesis. *Integrative medicine research*. 2016;5(3):187-97. DOI: 10.1016/j.imr.2016.05.003
- [40]. Hung C-H, Su C-H, Wang D. The Role of High-Intensity Interval Training (HIIT) in Neuromuscular Adaptations: Implications for Strength and Power Development—A Review. *Life*. 2025;15(4):657. DOI: 10.3390/life15040657
- [41]. Gomes-Neto M, Duraes AR, Conceição LSR, Roever L, Silva CM, Alves IGN, et al. Effect of combined aerobic and resistance training on peak oxygen consumption, muscle strength and health-related quality of life in patients with heart failure with reduced left ventricular ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *International journal of cardiology*. 2019;293:165-75. DOI: 10.1016/j.ijcard.2019.02.050
- [42]. Sung JH, Son SR, Baek S-H, Kim B-J. The association of aerobic, resistance, and combined exercises with the handgrip strength of middle-aged and elderly Korean adults: a nationwide cross-sectional study. *BMC geriatrics*. 2022;22(1):676. DOI: 10.1186/s12877-022-03293-z
- [43]. Fyfe JJ, Bishop DJ, Stepto NK. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports medicine*. 2014;44(6):743-62. DOI: 10.1007/s40279-014-0162-1
- [44]. Petré H, Hemmingsson E, Rosdahl H, Psilander N. Development of maximal dynamic strength during concurrent resistance and endurance training in untrained, moderately trained, and trained individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2021;51(5):991-1010. DOI: 10.1007/s40279-021-01426-9