Journal of Sport Biosciences
University of Tehran Press
Online ISSN: 2676-4148

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[1], Javad Nemati[2]✉, Mohammad Hemmatinafar[3], Mohsen Salesi[4], Elnaz Alizadeh[5], Peyman Izadpanah[6]

1. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: 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
3. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: 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
5. Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Shiraz, Iran. E-mail: alizadehelnaaz@gmail.com
6. Department of Cardiology, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran. E-mail: paymanizadpanah@gmail.com

Article Info

Article type:

Research

Article history:
Received:
8 December 2025
Received in revised form:
16 February 2026
Accepted:
18 February 2026
Published online:
21 February 2026

Keywords:
Concurrent Training,
Left Vein Ejection Fraction,
Heart Failure,
Disease Status.

ABSTRACT

Introduction: 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).

Methods: Twenty-one men with heart failure , with a left ventricular ejection fraction (LVEF) ≤ 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.

Results: 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.

Conclusion: 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. | Web site: https://jsb.ut.ac.ir/ | Email: jsb@ut.ac.ir.

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.

Journal of Sport Biosciences
University of Tehran Press
Online ISSN: 2676-4148

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) ≤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.

علوم زیستی ورزشی
انتشارات دانشگاه تهران
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۱۴۸

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

زهرا کریمی احمدآبادی[۱]، جواد نعمتی[۲]✉، محمد همتی‌نفر[۳]، محسن ثالثی[۳]، الناز علیزاده[۴]، پیمان ایزدپناه[۵]

۱. بخش علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: setarekarimi374@gmail.com

۲. بخش علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: jnemati@shirazu.ac.ir

۳. بخش علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: m.hemmatinafar@shirazu.ac.ir

۴. بخش علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: mhsnsls@gmail.com

۵. بخش علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: alizadehelnaaz@gmail.com

۶. بخش کاردیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: paymanizadpanah@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲

کلیدواژه‌ها:
تمرین موازی،
کسر تزریقی بطن چپ،
نارسایی قلبی،
وضعیت بیماری.

چکیده

مقدمه: هدف از این پژوهش مقایسهٔ تأثیر دو نوع تمرین موازی بر وضعیت بیماری و عوامل مرتبط با سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی (HF) بود.

روش پژوهش: ۲۱ مرد مبتلا به نارسایی قلبی با ۴۹≤کسر تزریقی بطن چپ (LVEF) و دامنهٔ سنی ۵۵ تا ۶۵ سال به‌صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و در سه گروه هفت‌نفری 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، به‌طوری‌که 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 مقایسهٔ بین‌گروهی از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج عدم افزایش معنادار LVEF و تودهٔ عضلانی اسکلتی ضمیمه‌ای (ASMI) را در گروه‌های تمرین نسبت به گروه کنترل و عدم تفاوت معنادار این دو متغیر را میان دو گروه تمرین نشان داد. قدرت هندگریپ، نیروی حداکثر انقباض ایزومتریک اختیاری (MVIC) عضلات بازکننده و خم‌کنندهٔ زانو و سرعت گام‌برداری در گروه‌های تمرین نسبت به گروه کنترل افزایش معنادار داشت. همچنین نتایج افزایش معنادار این متغیرها را در گروه DD نسبت به SD نشان داد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تمرین موازی می‌تواند عامل مهمی در بهبود قدرت هندگریپ، MVIC عضلات بازکننده و خم‌کنندهٔ زانو و سرعت گام‌برداری در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی باشد، درحالی‌که تمرین در روزهای متفاوت آثار مفیدتری بر عوامل ذکرشده داشت.

استناد: کریمی احمدآبادی، زهرا؛ نعمتی، جواد؛ همتی‌نفر، محمد؛ ثالثی، محسن؛ علیزاده، الناز؛ و ایزدپناه، پیمان. مقایسهٔ تأثیر دو نوع متفاوت تمرین موازی بر عملکرد قلبی و عوامل مرتبط با سارکوپنیا در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی. نشریهٔ *علوم زیستی ورزشی*.۱۴۰۲؛ ۱۷(۴): ۱۱۰-۹۳.
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 کریتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.| آدرس نشریه: https://jsb.ut.ac.ir/ | ایمیل: jsb@ut.ac.ir
© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

نارسایی قلبی[1](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 عضلهٔ قلبی مشخص می‌شود و به افزایش فشار داخل قلب یا برون‌ده قلبی[2]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 زمینهٔ بروز سارکوپنیا[3]در بیماران مبتلا به HF مباحثی مطرح شده است. سارکوپنیا به وضعیت کاهش قدرت و تودهٔ عضلانی و عملکرد جسمانی جهت تعیین میزان شدت آن گفته می‌شود [۳]. به‌نظر می‌رسد که سارکوپنیا و HF چندین مسیر پاتوژنتیک مشابه دارند، به‌صورتی که چندین سازوکار آنابولیک[4] و کاتابولیک[5] مرتبط با HF از جمله افزایش استرس اکسیداتیو[6] التهاب سیستمیک[7]، گلوکوکورتیکوئیدها[8]و میوستاتین[9] و در نتیجه تحریک مسیرهای کاتابولیک از جمله سیستم پروتئازوم یوبیکوئیتین[10](UPS) و تغییر پاسخ‌های انسولین[11]و فاکتور رشد شبه‌انسولین-۱[12] (IGF-1)، کاهش محتوای میوگلوبین[13] تولید آدنوزین تری فسفات[14](ATP) و تستوسترون[15]می‌تواند به اختلال عملکرد عضلات اسکلتی منجر شود [۴]. طبق پژوهش‌های صورت‌گرفته در زمینهٔ 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 وHF مشترک‌اند، ممکن است فعالیت ورزشی به بهبود عملکرد عضلهٔ 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[16]است که می‌تواند موجب افزایش توان هوازی[17]و بهبود ساختار و عملکرد قلب شود [۷]. لیاوینا[18]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[19](VO2 peak)، کسر تزریقی بطن چپ[20]و تحمل ورزش نشان دادند. آنها در مجموع بیان کردند که اثر مفید ورزش‌درمانی در بیماران HF حداقل تا حدی به بهبود عملکرد فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی عضلهٔ اسکلتی بستگی دارد [۸]. همچنین لنک[21] 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 تودهٔ 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[۱]موجب بهبود قدرت عضلات بالا و پایین‌تنه، VO2 peak، مسافت ۶ دقیقه پیاده‌روی[۲](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[۳](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 برنامهٔ تمرینی انجام می‌شوند [۱۱]. در زمینهٔ 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، برنامهٔ توانبخشی که شامل فعالیت ورزشی مقاومتی نیز است، می‌تواند به افزایش بیشتری در تودهٔ 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[۴]توصیف شده است. در واقع فعالیت ورزشی استقامتی، پروتئین کیناز فعال‌شده با آدنوزین مونو فسفات[۵](AMPK) را فعال می‌کند که موجب مهار آبشار سیگنالی پروتئین کیناز B[۶](PKB) – هدف راپامایسین در پستانداران[۷](mTOR) می‌شود. اثر تداخلی بیان‌شده در تمرین موازی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله تواتر، شدت، حجم، ترتیب تمرینی (ترتیب درون‌جلسه‌ای) و مدت زمان استراحت (استراحت بین‌جلسه‌ای) 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[۸](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[۹]و همکاران اندازهٔ 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 مقایسهٔ 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 کمیتهٔ 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 ردهٔ 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[1](هفت نفر) و گروه تمرین موازی در روزهای متفاوت[2](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

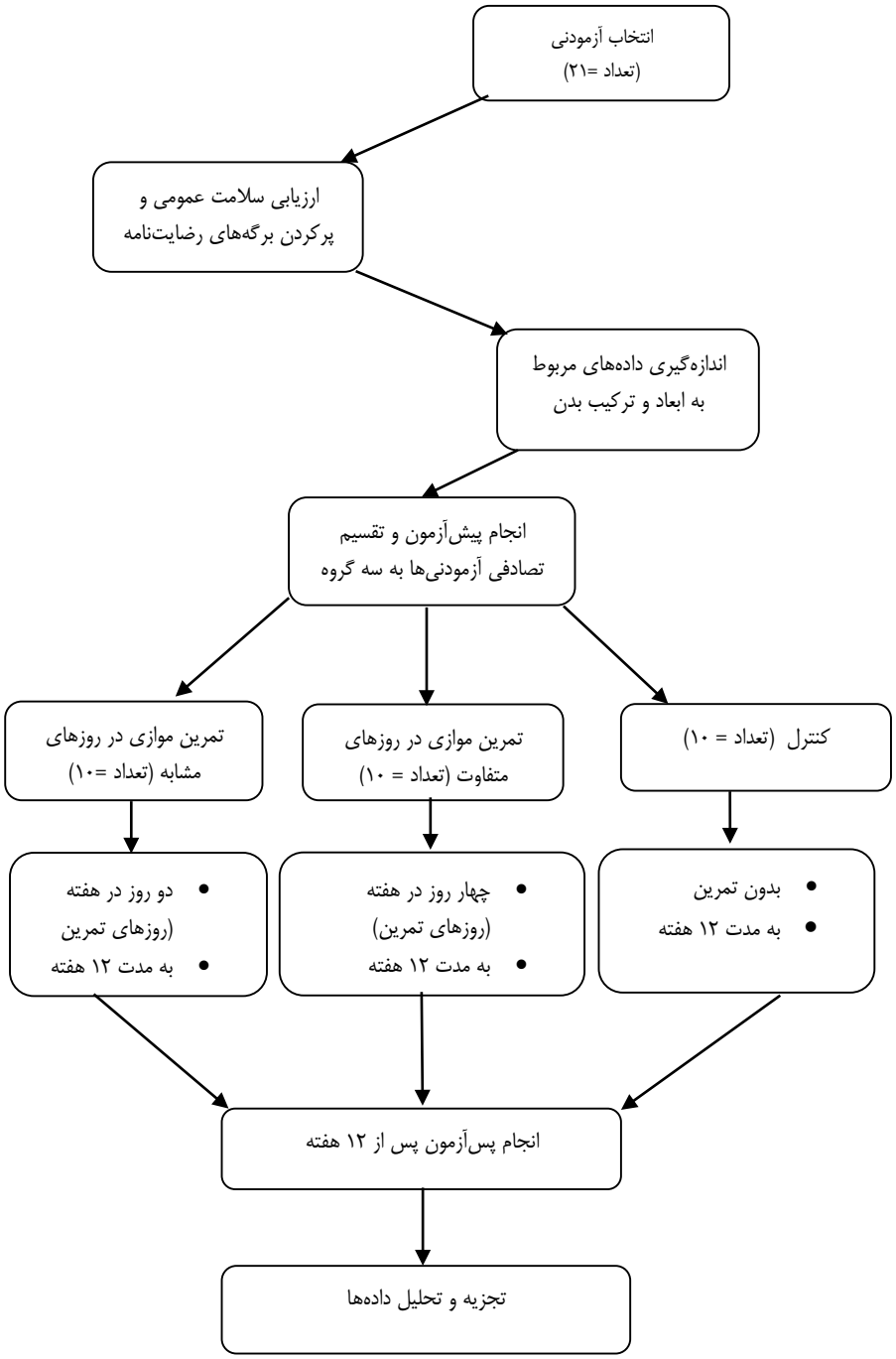
- ترازوی دیجیتال Sinocare مدل BL-2675 با دقت ۱۰ گرم (ساخت ایران)
- قدسنج دیجیتالی Seca264 با دقت ۱ میلی‌متر (ساخت ایران)
- دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی Cortex مدل Metalyzer3B (ساخت آلمان)
- دستگاه اسکن DEXA شرکت Norland مدل XR-800 model 435A101 (ساخت آمریکا)
- دینامومتر دستی SAEHAN JAMAR مدل SH5001 (ساخت کرهٔ جنوبی)
- دستگاه ایزوکنتیک 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

[1]. Same days
[2]. 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 مداخلهٔ تمرینی، دو جلسهٔ دیگر با فاصلهٔ ۴۸ ساعت از آخرین جلسهٔ تمرینی به‌منظور 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. نمایی از روند مراحل مختلف پژوهش

پروتکل آزمایشی

۴۸ ساعت پیش از اولین جلسهٔ تمرینی و همچنین ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرینی به‌ترتیب تحت عنوان پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو جلسه برای تکمیل فرم رضایت‌نامه، آشنایی با روند پژوهش و اجرای آزمون‌ها برگزار شد. به‌منظور ارزیابی VO2 peak آزمون بالک[۱] تا زمان خستگی اختیاری با دستگاه تجزیه‌وتحلیل 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]. به‌منظور تنظیم شدت تمرین HIIT هر چهار هفته VO2 peak سنجیده شد. تودهٔ عضلانی اسکلتی ضمیمه‌ای[۲] از طریق دستگاه اسکن DEXA سنجیده شد. در نهایت با استفاده از فرمول ASMI = appendicular lean mass/ (height)2 گزارش شد. به‌منظور ارزیابی قدرت هندگریپ[۳] از دینامومتر دستی استفاده شد و شرکت‌کنندگان با دست برتر و زاویهٔ آرنج ۹۰ درجه (آرنج خم‌شده) در وضعیت ایستاده، سه تکرار را با فاصلهٔ زمانی ۳۰ ثانیه انجام دادند و در نهایت بیشترین عدد گزارش شد [۲۱]. حداکثر انقباض ایزومتریک اختیاری[۴](MVIC) عضلات بازکننده و خم‌کنندهٔ زانو از طریق دستگاه ایزوکنتیک[۵] در زاویهٔ ۶۰ درجه که به‌عنوان زاویهٔ تولید حداکثر نیروی ایزومتریک شناخته شده است، سنجیده شد. شیوهٔ اجرای آزمون به این شکل بود که دو انقباض ایزومتریک باز کردن و خم کردن به‌صورت 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[۶] 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 طی‌شده از لحظهٔ شروع تا پایان این مسافت با استفاده از زمان‌سنج ثبت شد و در نهایت سرعت گام‌برداری (راه رفتن) با تقسیم مسافت تعیین‌شده (چهار متر) بر زمان طی‌شده به‌صورت متر بر ثانیه ثبت شد [۲۳]. LVEF نیز از طریق اکوکاردیوگرافی[۷] توسط تکنسین بیمارستان سنجیده شد.

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

پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینی شامل یک دورهٔ 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[۹](HR peak) (معادل ۸۰ تا ۹۰ درصد VO2 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[۱۰](RPE) هر یک دقیقه یک بار ثبت می‌شد. تمرین مقاومتی شامل تمرینات به‌ترتیب پرس سینه دستگاه، جلوپا دستگاه و پشت‌پا دستگاه بود. تمرین مقاومتی به‌صورت 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 بلت 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

به‌منظور 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 فاصلهٔ 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

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از نرم‌افزار نسخهٔ ۲۷ و برای محاسبهٔ میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی استفاده شد. برای مقایسهٔ پس‌آزمون‌های گروه‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس با در نظر گرفتن پیش‌آزمون به‌عنوان کووریت و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به‌ترتیب از آزمون شاپیروویلک و لون استفاده شد. سطح معناداری نیز $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن و شاخص تودهٔ بدنی[1](BMI) شرکت‌کنندگان در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	۵۸/۹۰	۳/۳۳
قد (متر)	۱/۷۷	۰/۵۵
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۰۶	۱۱/۱۱
BMI (kg/m2)	۲۴/۵۶	۲/۴۳

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

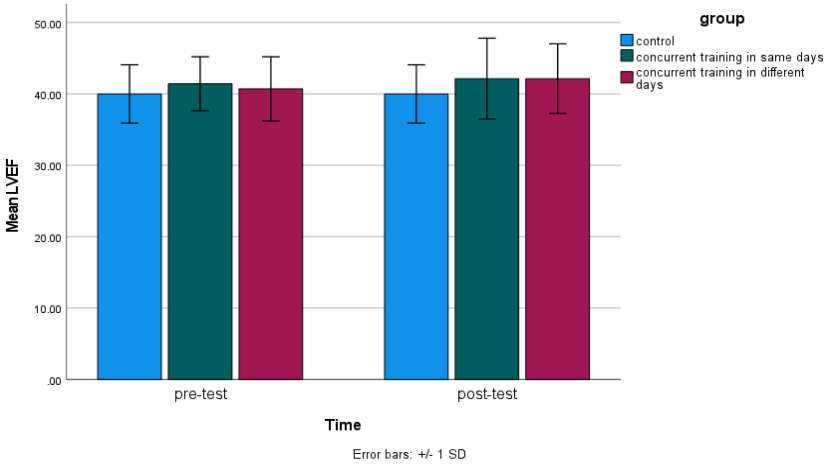
جدول ۴. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در هر گروه در زمان‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون

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	۴۱/۴۳ ± ۳/۷۸	۴۲/۱۴ ± ۵/۶۷	۴۰/۷۱ ± ۴/۵۰	۴۲/۱۴ ± ۴/۸۸
ASMI	۸/۳۵ ± ۱/۰۹	۸/۲۳ ± ۰/۹۱	۷/۹۲ ± ۰/۸۳	۸/۰۲ ± ۰/۸۵	۷/۴۴ ± ۰/۹۸	۷/۶۳ ± ۱/۰۲
Handgrip strength	۳۴/۱۳ ± ۶/۳۳	۳۳/۲۹ ± ۷/۰۲	۳۷/۶۸ ± ۵/۲۱	۴۲/۹ ± ۴/۲۵	۳۱/۷۱ ± ۶/۶۳	۴۰/۹۵ ± ۶/۶۲
Knee extensor MVIC	۱۳۸/۰۴ ± ۲۴/۵	۱۳۵/۹۶ ± ۲۶/۴۶	۱۵۰/۱۶ ± ۲۳/۲۱	۱۶۴/۱۷ ± ۱۸/۲۱	۱۳۶/۵۴ ± ۲۶/۷۸	۱۷۶/۰۰ ± ۱۳/۱۴
Knee flexor MVIC	۵۵/۱۶ ± ۱۲/۹۱	۵۵/۲۷ ± ۱۳/۵۵	۵۴/۶۹ ± ۹/۴۱	۶۴/۶۱ ± ۷/۰۹	۵۰/۹۹ ± ۹/۸۴	۷۲/۹۰ ± ۱۰/۲۴
GS	۱/۱۱ ± ۰/۱۵	۱/۱۲ ± ۰/۱۲	۱/۰۸ ± ۰/۱۴	۱/۱۷ ± ۰/۱۳	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 (ηp2=۰/۰۳، p=۰/۷۵۲، F (۲ و ۱۷)=۰/۲۸۹) (شکل ۲).

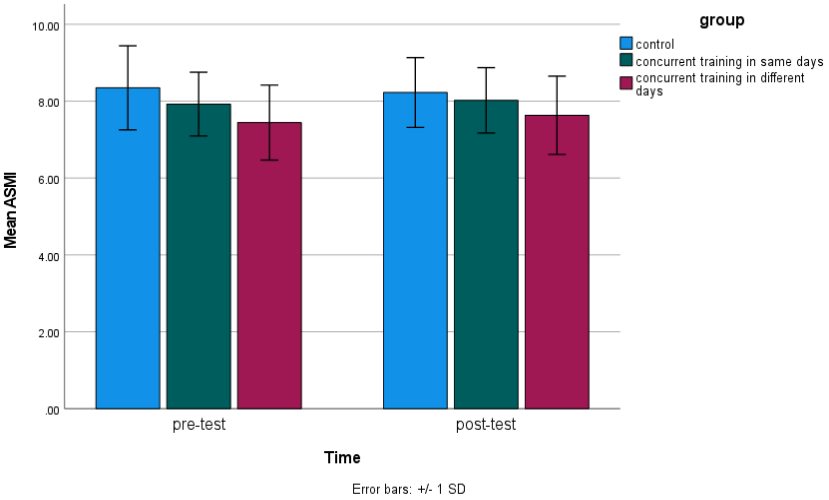
[1] Body Mass Index



شکل ۲. میانگین و انحراف معیار LVEF در گروه کنترل و گروه‌های تمرین در پیش‌آزمون (pre-test) و پس از ۱۲ هفته مداخلهٔ تمرینی (post-test).
*** نشان‌دهندهٔ 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 (ηp2=۰/۱۱، p=۰/۳۶۶، F (۲ و ۱۷)=۱/۰۷). در واقع تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد (شکل ۳).

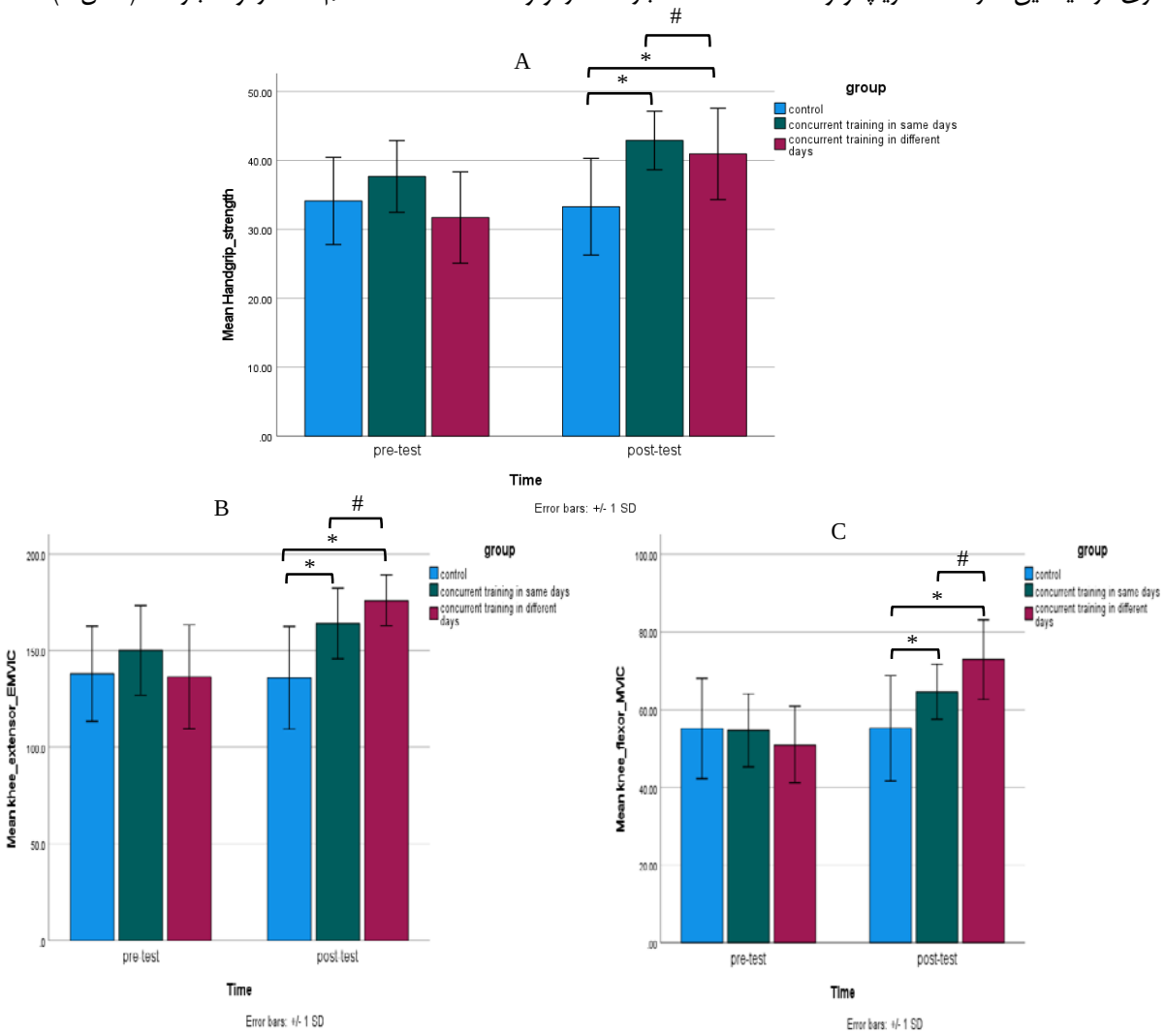


شکل ۳. میانگین و انحراف معیار ASMI در گروه کنترل و گروه‌های تمرین در پیش‌آزمون (pre-test) و پس از ۱۲ هفته مداخلهٔ تمرینی (post-test).
*** نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین گروه‌های تمرین و کنترل. # بیانگر تفاوت معنادار بین دو گروه تمرین**

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

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که اثر گروه در سه متغیر قدرت هندگریپ (ηp2=۰/۸۹، P<۰/۰۰۱، F (۲ و ۱۷)=۳۹/۷۷)، MVIC عضلات بازکنندهٔ زانو (ηp2=۰/۶۶، P<۰/۰۰۱، F (۲ و ۱۷)=۱۶/۶۲) و MVIC عضلات خم‌کنندهٔ زانو (ηp2=۰/۷۴، P<۰/۰۰۱، F (۲ و ۱۷)=۲۴/۷۲) معنادار است. آزمون بونفرونی نشان داد که به‌ترتیب هر دو نوع تمرین SD و DD نسبت به گروه کنترل به افزایش معناداری در متغیرهای قدرت هندگریپ (P<۰/۰۰۱ و P<۰/۰۰۱)، MVIC عضلات بازکنندهٔ زانو (P=۰/۰۳۳ و P<۰/۰۰۱) و MVIC عضلات خم‌کنندهٔ زانو (P=۰/۰۴۷ و P<۰/۰۰۱) منجر شده‌اند. همچنین تفاوت معناداری میان دو گروه تمرین در متغیرهای قدرت هندگریپ

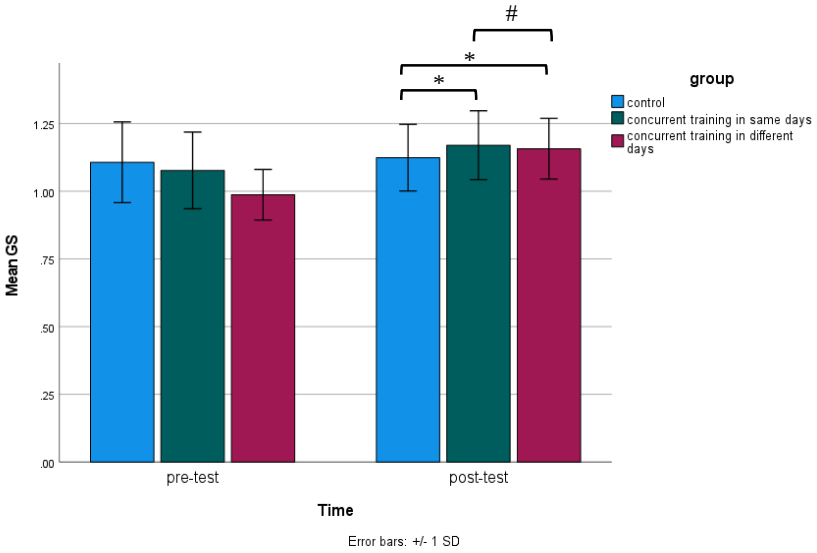
(P=۰/۰۲۴)، MVIC عضلات بازکنندهٔ زانو (P=۰/۰۴) و MVIC عضلات خم‌کنندهٔ زانو (P=۰/۰۲۵) مشاهده شد و تمرین DD به افزایش بیشتری در میانگین قدرت هندگریپ و و MVIC عضلات بازکنندهٔ زانو و MVIC عضلات خم‌کنندهٔ زانو منجر شد (شکل ۴).



شکل ۴. میانگین و انحراف معیار قدرت هندگریپ (A)، MVIC عضلات بازکنندهٔ زانو (B) و MVIC عضلات خم‌کنندهٔ زانو (C) در گروه کنترل و گروه‌های تمرین در پیش‌آزمون (pre-test) و پس از ۱۲ هفته مداخلهٔ تمرینی (post-test). * نشان‌دهندهٔ 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 (ηp2=۰/۷۴، P<۰/۰۰۱، ۲۳/۹۴=(۱۷ و ۲) F). آزمون بونفرونی نشان داد که این متغیر در هر دو نوع تمرین SD (P=۰/۰۰۹) و DD (P<۰/۰۰۱) نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته است. همچنین تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین مشاهده شد (P=۰/۰۰۹) 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 مداخلهٔ تمرینی (post-test). * نشان‌دهندهٔ 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 تودهٔ عضلانی در دو گروه تمرین و افزایش معنادار قدرت هندگریپ، MVIC عضلات بازکننده و خم‌کنندهٔ 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[1] و همکاران (۲۰۱۹) طی یک مقالهٔ 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[2] به‌سبب تمرین مقاومتی بیان کردند [۲۷]. با این حال تمرین هوازی خود به‌تنهایی می‌تواند از طریق افزایش پیش‌بار[3]، انقباض میوکارد و ذخیرهٔ عروقی[4] به بهبود LVEF منجر شود [۲۸]. زمانی‌که تمرین هوازی و مقاومتی در تمرین ترکیبی یا موازی در کنار یکدیگر انجام می‌شوند، افزایش استرس دیوارهٔ بطن چپ و کاهش ذخیرهٔ انقباضی و پیش‌بار[5] ناشی از تمرین مقاومتی 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 تودهٔ 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[6]/MuRF1[7] را کاهش می‌دهد که به سوخت‌وساز پروتئین کمک می‌کند و تجزیهٔ عضلات را کاهش می‌دهد [۳۰]. بای[8] و همکاران (۲۰۲۵) طی یک مقالهٔ مروری بیان کردند که تمرین ترکیبی بهترین نوع تمرین جهت افزایش تودهٔ 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 تودۀ عضلانی بیماران پایین‌تر از مرز تشخیصی سارکوپنیا در مردان (ASMI <۰/۷ kg/m2 [۳]) نبود، بنابراین عدم افزایش معنادار تودۀ عضلانی توجیه‌شدنی است. همچنین احتمالاً به‌علت محدودیت ظرفیت آنابولیک عضلات در بیماران قلبی و وجود پدیدۀ مقاومت آنابولیک[1]افزایش تودۀ عضلانی معنادار نبوده است [۳۲]. در همین زمینه باقری و همکاران (۲۰۲۰) در پاسخ به هشت هفته از دو ترتیب تمرینی درون‌جلسه‌ای متفاوت، افزایش معنادار قدرت عضلات بالا و پایین تنه و تودۀ عضلانی را در هر دو گروه تمرین ترکیبی گزارش کردند [۳۳] که بر خلاف نتایج پژوهش حاضر است و علت آن همان‌طور که بیان شد، می‌تواند این موضوع باشد که پژوهش مذکور روی افراد سالمند سالم انجام گرفته، درحالی‌که پژوهش حاضر روی بیماران بوده است.

نتایج پژوهش حاضر افزایش معنادار قدرت هندگریپ، MVIC عضلات بازکننده و خم‌کنندۀ زانو و همچنین GS را در گروه‌های تمرین نسبت به گروه کنترل نشان داد. بر اساس پژوهش‌های صورت‌گرفته قدرت عضلانی به‌ویژه قدرت هندگریپ شاخص مهمی در بیماران قلبی است و به‌عنوان پیش‌بینی‌کنندۀ بقا و کاهش مرگ‌ومیر گزارش شده است [۳۴]. مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی نشان داده‌اند که افزودن تمرین مقاومی به HIIT بهبود بیشتری در قدرت اندام فوقانی و تحتانی و همچنین سرعت گام‌برداری ایجاد می‌کند [۳۵]. در واقع تمرین مقاومتی یک راهکار شناخته‌شده و معتبر جهت سازگاری‌های 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 بزرگ‌تر کردن سطح مقطع تارهای عضلانی تندانقباض[2]موجب هیپرتروفی (افزایش حجم عضله) و در نتیجه تقویت قدرت عضلانی می‌شود [۳۸]. از سوی دیگر، تمرین هوازی تولید ATPمیتوکندریایی 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 می‌دهد [۳۹]. در این پژوهش از تمرین HIIT به‌عنوان جزء هوازی از تمرین موازی استفاده شد و نشان داده شده است که تمرین HIIT با افزایش تحریک سیستم عصبی مرکزی[3] (CNS) به بهبود هماهنگی عصبی و افزایش ظرفیت عملکردی عضلات منجر می‌شود [۴۰]. بنابراین می‌توان گفت که اجرای تمرین مقاومتی و HIIT در کنار یکدیگر ر به بهبود بیشتر قدرت عضلانی و ظرفیت عملکردی عضلاتمنج شده است. مرور نظام‌مند و فراتحلیل‌ها نیز این یافته‌ها را تأیید کرده و نشان داده‌اند که تمرین ترکیبی نسبت به تمرین هوازی صرف بر عملکرد فیزیکی و کیفیت زندگی بیماران نارسایی قلبی اثربخش‌تر است [۴۱]. سونگ[4]و همکاران نیز طی یک مطالعۀ 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 تودۀ عضلانی دست و پاست، افزایش داشته (اگر چه معنادار نبوده است)، افزایش قدرت هندگریپ و MVIC عضلات خم‌کننده و بازکنندۀ پا کاملاً توجیه‌پذیر است. در واقع می‌توان گفت که افزایش تودۀ عضلانی یکی از دلایل افزایش قدرت عضلانی در این پژوهش بوده است. علاوه بر این، همان‌طور که بیان شد نتایج تفاوت معنادار قدرت هندگریپ و MVIC عضلات بازکننده و خم‌کنندۀ زانو را میان دو گروه SD و DD نشان دادند. تأثیر تمرین ترکیبی بر سازوکار مولکولی پیچیده است و شامل برهمکنش‌های مسیرهای آنابولیک و کاتابولیک می‌شود. در واقع می‌توان گفت که تمرین مقاومتی موجب فعال‌سازی مسیر mTORC1 و افزایش فسفوریلاسیون پروتئین‌هایی مانند P70S6K می‌شود که اساس سنتز پروتئین است. از طرف دیگر تمرین هوازی و HIIT مسیر AMPK را فعال می‌کند که می‌تواند فعالیت mTORC1 را مهار کند. این پدیده (اثر تداخلی) می‌تواند تفاوت معنادار این عوامل را میان دو گروه تمرینی توضیح دهد [۴۳]. در همین زمینه پیتر[5]و همکاران (۲۰۲۱) طی یک مطالعۀ مروری بیان کردند که تمرین موازی در روزهای متفاوت به افزایش بیشتری در قدرت عضلانی منجر می‌شود [۴۴]. به‌نظر می‌رسد که اجرای تمرین موازی در روزهای متفاوت با کاهش اثر تداخل شرایط مطلوب‌تری برای بهبود عملکرد ایجاد می‌کند.

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 خم‌کنندهٔ 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 مار ا 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, Sünkeler 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]. Cheetham 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/japplphysiol.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