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

Comparing of 12 Weeks of High-Intensity Functional Training and Combined Aerobic-Resistance Training on Cardiometabolic Risk Factors in Obese Girls

Comparing of High-Intensity Functional Training and Combined Aerobic-Resistance Exercise on Cardiometabolic Risk Factors

Elaheh Piralaiy[1]✉, Saeid Nikoukheslat[2], Fariba Arbabi[3], Siamak Rahbar[4]

1. Corresponding Author, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: epiralaiy@tabrizu.ac.ir
2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: nikokheslat@tabrizu.ac.ir
3. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: arbabi.f@tabrizu.ac.ir
4. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: rahbar.s@tabrizu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research

Article history:
Received:
5 November 2023
Received in revised form:
20 January 2024
Accepted:
22 October 2024
Published online:
20 March 2024

Keywords:
Obesity,
High-Intensity Functional Training,
Aerobic-Resistance Exercise,
Insulin Resistance,
Lipid Profile.

ABSTRACT

Introduction: The most effective type of training to improve cardiometabolic parameters in obese subjects is unknown. Thus the aim was to compare the effects of 12 weeks of high-intensity functional training (HIFT) and combined aerobic-resistance exercise on cardiometabolic factors risk in overweight and obese girls.

Methods: 45 adolescent girls (age 15.1±3.16 years) with obesity (BMI 25.3±27.32 kg/m2) voluntarily participated in this semi-experimental pretest-posttest study and were randomly assigned to three groups: HIFT, combined aerobic-resistance exercise, and control. The exercise interventions consisted of 3 sessions per week for 12 weeks, with blood sampling performed 24 hours before the start and 48 hours after the end of the interventions. Within-group data analysis was performed using dependent t-tests, and between-group data analysis was conducted using analysis of covariance.

Results: HIFT and combined exercise had a significant effect on metabolic factors (fasting plasma glucose, fasting plasma insulin, insulin resistance) and cardiovascular risk factors (HDL, LDL, LDL/HDL ratio, triglycerides, and cholesterol) (p=0.001), and according to the effect size, HIFT was more effective than combined training in all factors except TG and LDL/HDL (P<0/05).

Conclusion: Our results suggest that both intensity and mode of intervention are fundamental factors to consider when designing and prescribing an exercise programs in obese people. Therefore, these results may guide fitness professionals and exercise physiologists on exercise prescription process in this population.

Cite this article: Piralaiy E, Nikoukheslat S, Arbabi F, Rahbar S. "Comparing of 12 Weeks of High Intensity Functional Training and Combined Aerobic-Resistance Training on Cardiometabolic Risk Factors in Obese Girl". *Journal of Sport Biosciences.* 2022; 16 (1): 31-47.
DOI: http//doi.org/10.22059/Jsb.2024.367713.1615

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:The University of Tehran Press.

University of Tehran Press

Journal of Sport Biosciences

Online ISSN: 2676-4148

Extended Abstract

Introduction

Obesity is accompanied by cardiometabolic disorders such as glucose intolerance, insulin resistance, high blood pressure, dyslipidemia, and inflammation. Lifestyle modification and increased physical activity are primary approaches to control obesity and its complications. Numerous studies demonstrate that a combination of aerobic and resistance exercises can improve lipid profile, glucose tolerance, insulin resistance, and body composition indices. This can be an effective strategy for reducing the risks associated with obesity and preventing chronic diseases such as diabetes and cardiovascular diseases. High Intensity Functional Training (HIFT) is a type of combined training (aerobic and resistance) that focuses on performing functional and multi-joint movements at high intensities. It is enjoyable, time-efficient despite low exercise volume, and associated with less injury. Based on this, the present study aims to compare the effects of 12 weeks of HIFT and combined aerobic-resistance exercise on metabolic factors including fasting plasma glucose, fasting plasma insulin, insulin resistance, and cardiovascular risk factors including HDL, LDL, LDL/HDL ratio, triglycerides, and total cholesterol in girls with obesity.

Methods

The present study was semi-experimental with pre-test and post-test design and a control group. Ethical principles of the study (IR.TABRIZU.REC.1402.0179) were considered in accordance with the principles of working with human subjects approved by Research Ethics Committees of University of Tabriz. Among the volunteers to participate in the research, 45 overweight and obese girls (16.1±51.5 years old with BMI=32.27±3.55) were selected and randomly assigned to three groups: HIFT, combined aerobic-resistance training and control. In the HIFT protocol the main functional exercise typically consisted of 4 rounds of 9 exercises. In each round, each exercise was performed at a very high intensity with the goal of maximum possible repetitions within 30 seconds, followed by a 15-second rest until the start of the next exercise. There was a one-minute rest between the first and second rounds, as well as the third and fourth rounds, and a two-minute rest between the second and third rounds. In the combined training group, two days per week was designated for performing a combination of resistance and aerobic exercises, and one day for performing only aerobic exercises. Aerobic exercises were performed on a treadmill with an intensity of 40% HRR in the first week to 70% HRR in the last week. The resistance exercises of the combined sessions included 3 sets of 15 repetitions of crunch exercises and 3 sets of certain movements, which increased from 15 repetitions at 50% 1RM in the first weeks to 10 repetitions at 70% 1RM in the final weeks. Warm-up and cool-down procedures were performed in all sessions. The training interventions included 12 weeks of 3 sessions, 24 hours before the start and 48 hours after the end of the interventions, blood sampling was done to investigate changes in fasting glucose, fasting plasma insulin and lipid profile including HDL, LDL, LDL/HDL, TG and cholesterol. Data analysis was performed using dependent t-test and covariance analysis.

Results

The mean, standard deviation, and percentage of changes in general characteristics, anthropometric variables and metabolic factors including fasting plasma glucose, fasting plasma insulin and insulin resistance and cardiovascular risk factors including HDL, LDL, LDL/HDL, TG and cholesterol in all three groups in pre-test and post-test, along with the results of dependent t-test and analysis of covariance, are presented in Table 1.Comparing of changes in variables between the pre-test and post-test in all three groups shows that both types of combined aerobic-resistance exercises and HIFT significantly reduced fasting plasma glucose, fasting plasma insulin, insulin resistance, LDL, LDL/HDL ratio, triglycerides, and total cholesterol, and significantly increased HDL ($p = 0.001$). Furthermore, the results of the covariance analysis show a significant difference in the amount of changes in metabolic factors and cardiovascular risk among the groups. The results of the Bonferroni post hoc test shows that the changes in both training groups were significant compared to the control group ($p = 0.001$). However, in terms of reducing fasting plasma insulin levels, HDL, LDL, LDL/HDL ratio, triglycerides, and total cholesterol, HIFT had a greater impact compared to combined exercise ($p < 0.05$).

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

Table 1. General characteristics of the participants and research variables in the pre-test and post-test

Variable	Group	Control	sig	Combined training	% changes	sig	HIFT	% changes	sig	F	P
Age		16.54±2.20	-	16.87±1.35	-	-	16.19±1.10	-	-	-	-
BMI		32.20±3.63	-	32.42±3.64	-	-	32.20±3.63	-	-	-	-
glucose (mg/dl)	Pre	94±3.6	0.547	92.67±4.57	-8.42	0.001 *	93±3.6	-14.25	0.001 *	17.488	0.001 #
	Post	93.74±4.66		85.47±5.84			81.4±7.26				
Insulin (mg/dl)	Pre	17.48±3.13	0.164	17.22±2.96	-35.37	0.001 *	17.46±3.13	-85.51	0.001 *	128.19	0.001 #
	Post	17.36±3.15		12.72±2.63			9.63±2.22				
HOMA-IR	Pre	4.11±0.53	0.098	4.18±0.46	-100.96	0.001 *	4.55±0.45	-207.43	0.001 *	77.36	0.001 #
	Post	4.38±0.48		2.08±0.92			1.48±0.32				
HDL (mg/dl)	Pre	45.2±3.55	0.451	45.15±3.6	3.93	0.001 *	44.28±5.55	9.63	0.001 *	2420.91	0.001 #
	Post	45±4.6		47±3.66			49±3.6				
LDL (mg/dl)	Pre	93.74±3.66	0.241	94±4.64	-2.17	0.001 *	93.74±6.49	-3.01	0.001 *	12200.5	0.001 #
	Post	93 ±4.6		92±4.5			91±5.71				
TG (mg/dl)	Pre	135.38±13.73	0.09	138.38±12.23	-15.8	0.001 *	138.4±17.57	-9.39	0.001 *	406.343	0.001 #
	Post	136.62±12.16		119.49±12.12			109.73±13.11				
cholesterol	Pre	210.87 ±15.37	0.09	216.45±9.78	-13.8	0.001 *	218.54±11.78	-22.23	0.001 *	62.33	0.001 #
	Post	218.87 ±9.78		190.02±10.66			178.78±8.07				
HDL / LDL	Pre	0.48±0.01	0.181	0.47±0.01	7.84	0.001 *	0.48±0.01	9.43	0.001 *	3100.74	0.001 #
	Post	0.48±0.02		0.51±0.01			0.53±0.01				

* Existence of significant intra-group difference between the pre-test and post-test.
# Existence of significant differences between groups in the amount of changes.

Conclusion

Our results suggest that both intensity and mode of intervention are fundamental factors to consider when designing and prescribing an exercise programs in obese people. Therefore, these results may guide fitness professionals and exercise physiologists on exercise prescription process in this population.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines:
This study followed the ethical standards and was approved by the Ethics Committee of the Sport Sciences and Research Institute with the ethical code: IR.TABRIZU.REC.1402.0179

Funding: No funding was received for this study.

Author'' contribution: All authors have equally contributed to the article.

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

Acknowledgments: The authors thank all the participants who supported us in this research.

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

مقایسهٔ دوازده هفته تمرین عملکردی شدید و تمرین ترکیبی هوازی–مقاومتی بر عوامل خطرزای کاردیومتابولیکی در دختران چاق

مقایسهٔ تمرین عملکردی شدید و تمرین هوازی–مقاومتی بر عوامل خطرزای کاردیومتابولیکی

الهه پیرعلائی[۱]✉، سعید نیکوخصلت[۲]، فریبا اربابی[۳]، سیامک رهبر[۴]

۱. نویسندهٔ مسئول، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: epiralaiy@tabrizu.ac.ir
۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: nikokheslat@tabrizu.ac.ir
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه:arbabi.f@tabrizu.ac.ir
۴. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: rahbar.s@tabrizu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/ ۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/ ۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/ ۱۱/۰۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تمرین عملکردی شدید،
تمرینات هوازی–مقاومتی،
چاقی،
مقاومت به انسولین،
نیمرخ لیپیدی.

چکیده

مقدمه: مؤثرترین نوع تمرین برای بهبود پوامل کاردیو متابولیکی در افراد چاق ناشناخته است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر مقایسهٔ تأثیر ۱۲ هفته تمرین عملکردی شدید (HIFT) و تمرین ترکیبی هوازی – مقاومتی بر عوامل خطرزای کاردیومتابولیکی در دختران دارای اضافه وزن و چاقی بود.

روش پژوهش: ۴۵ دختر نوجوان (۱/۵±۱۶/۵۳ سال)، مبتلا به چاقی (۳/۵۵ ± ۳۲/۲۷ =BMI کیلوگرم بر مترمربع)، داوطلبانه در مطالعهٔ نیمه‌تجربی حاضر، با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون شرکت کردند و به‌طور تصادفی در سه گروه HIFT، تمرین ترکیبی هوازی–مقاومتی و کنترل قرار گرفتند. مداخلات تمرینی شامل ۱۲ هفتهٔ سه‌جلسه‌ای بود که ۲۴ ساعت پیش از شروع و ۴۸ ساعت پس از پایان مداخلات خون‌گیری انجام شد. تحلیل داده‌های درون‌گروهی به روش تی وابسته و داده‌های بین‌گروهی به روش تحلیل کوواریانس انجام گرفت.

یافته‌ها: HIFT و تمرین ترکیبی بر عوامل متابولیکی شامل گلوکز ناشتا پلاسما، انسولین ناشتا پلاسما و مقاومت به انسولین و عوامل خطرزای قلبی- عروقی شامل HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول تأثیر معناداری داشتند (P=۰/۰۰۱)، و با توجه به اندازهٔ اثر، در تمامی شاخص‌ها به‌جز TG و LDL/HDL ، HIFT نسبت به تمرین ترکیبی مؤثرتر بود (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که هم شدت و هم نحوهٔ مداخله فاکتورهای اساسی‌اند که باید هنگام طراحی و تجویز برنامه‌های ورزشی در افراد دارای چاقی در نظر گرفته شوند. بنابراین، این نتایج ممکن است متخصصان تناسب اندام و فیزیولوژیست‌های ورزشی را در مورد فرایند تجویز ورزش در این جمعیت راهنمایی کند.

استناد: : پیرعلائی، الهه؛ نیکوخصلت، سعید؛ اربابی، فریبا؛ رهبر، سیامک. «مقایسهٔ ۱۲ هفته تمرین عملکردی شدید و تمرین ترکیبی هوازی–مقاومتی بر عوامل خطرزای کاردیومتابولیکی در دختران چاق». *نشریهٔ علوم زیستی ورزشی*. ۱۴۰۳، (۱)۱۶، ۴۷-۳۱.
DOI: http//doi.org/10.22059/Jsb.2024.367713.1615

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

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

چاقی به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم و رو به رشد در حوزهٔ سلامت، از سال ۱۹۷۵ تاکنون تقریباً سه برابر گسترش یافته و شیوع آن هم در کودکان و هم در بزرگسالان مشاهده شده است [۱،۲]، به‌طوری‌که حدود یک میلیارد نفر از افراد بالای پنج سال را درگیر کرده است [۳]. فراگیری چاقی در سنین پایین بسیار نگران‌کننده است، زیرا زمینه‌ساز بروز چاقی در بزرگسالی است [۴]. علاوه بر این چاقی با افزایش خطر مرگ‌ومیر همبستگی دارد [۵]، زیرا چاقی نقطهٔ شروع بیشتر بیماری‌های متابولیکی مانند دیابت، فشار خون بالا، نشانهٔ سوخت‌وسازی، آپنه خواب، کبد چرب غیرالکلی[1] و در نهایت بیماری‌های قلبی- عروقی است [۶] ، در واقع چاقی به‌ویژه چاقی شکمی با اختلالات کاردیومتابولیکی شامل عدم تحمل گلوکز، مقاومت به انسولین، فشار خون بالا، دیس‌لیپیدمی[2] و التهاب همراه است [۷، ۸]. مقاومت به انسولین یکی از اختلالات سوخت‌وسازی در افراد چاق است که به‌علت نقص در فعال شدن گیرنده‌های انسولین، اختلال در بیان ژن انسولین یا گیرندهٔ انسولین و اختلال در روند انتقال گلوکز به درون بافت‌های هدف (عضله، آدیپوز و کبد) رخ می‌دهد [۹]. مقاومت به انسولین، جزء اصلی سندروم متابولیک است که در توسعهٔ بیماری‌های قلبی- عروقی و مرگ‌ومیر دخیل بوده و مشخص شده است که در افراد چاق و کم‌تحرک، این وضعیت متابولیکی شیوع زیادی دارد. در حقیقت چاقی از طریق سازوکارهای مختلف از جمله مکانیسم‌های اندوکرینی، التهابی و مکانیسم داخل‌سلولی سبب القای مقاومت به انسولین شده و بدین‌ترتیب مانع جذب گلوکز در بافت‌های هدف می‌شود [۱۰]. از آنجا که عضلهٔ اسکلتی محل اصلی جذب گلوکز به‌دنبال تحریک انسولین است، اختلال در حساسیت به انسولین و کاهش میزان دسترسی به پروتئین انتقال‌دهندهٔ نوع ۴ گلوکز[3] که نقش اساسی در حساسیت انسولینی کل بدن و تحمل گلوکز دارد، می‌تواند به کاهش در جذب گلوکز و در نتیجه افزایش قند خون و در نهایت بروز دیابت نوع ۲ منجر شود[۱۱]. افزایش تمرکز بر روی سندروم متابولیک و چاقی، توجه را به شناسایی و درمان دیس لیپیدمی مرتبط با تجمع چربی شکمی جلب کرده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد مقاومت به انسولین با اختلال در نیمرخ لیپیدی و بروز بیماری‌های قلبی- عروقی همراه است [۱۲]، به‌طوری‌که به کاهش فعالیت لیپوپروتئین لیپاز (LPL)، افزایش ترشح لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم کبدی (VLDL)، افزایش سطح تری‌گلیسیرید پلاسما (TG)، کاهش سطح لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) و ظهور لیپوپروتئین‌های کوچک با چگالی کم (LDL) و در نهایت ایجاد نیمرخ لیپیدی غیرطبیعی منجر می‌شود [۱۳، ۱۴]. البته ارتباط بین مقاومت به انسولین و دیس لیپیدمی احتمالاً متقابل است و جهت علیت یکسویه نیست [۱۵]. از این گذشته چاقی خود عامل خطر مستقل و مهمی برای اختلال در نیمرخ لیپیدی است [۱۶] که با افزایش BMI، ناهنجاری در سطوح لیپیدی بیشتر می‌شود [۱۶، ۱۷] و این ناهنجاری‌های لیپیدی در بیماران چاق بیشتر شامل افزایش سطح TG، VLDL، Apo B و غیر HDL-C است که آنها را در معرض ابتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی قرار می‌دهد [۱۸].

چاقی محصول تعامل پیچیدهٔ بین عوامل ژنتیکی و محیطی است که به افزایش وزن بیش از حد در افراد مستعد ژنتیکی منجر می‌شود [۱۹] و با آنکه تأثیر عوامل ژنتیکی در بروز چاقی تا ۴۰-۵۰ درصد بیان شده است [۲۰] ، افزایش جهانی چاقی اغلب به عوامل محیطی مانند مصرف زیاد غذا، نوشیدنی‌های شیرین، فعالیت بدنی کمتر، تماشای تلویزیون و غیره نسبت داده می‌شود [۱۹]. ازاین‌رو درمان اولیهٔ چاقی به اصلاح سبک زندگی معطوف می‌شود [۲۱] ، که در این زمینه فعالیت بدنی از مهم‌ترین رویکردهای کنترل وزن محسوب می‌شود [۲۲] ، چراکه تحرک ناکافی خطر ابتلا به چاقی را تا دو برابر افزایش می‌دهد [۲۳]. از طرف دیگر آثار مثبت فعالیت منظم بر ترکیب بدن، سلامت عمومی، آمادگی قلبی- عروقی، کیفیت زندگی و کاهش خطر بیماری‌های قلبی- عروقی به‌خوبی مشخص شده است [۲۴-۲۷]. با این حال، موفقیت تمرین به مدت، شدت و نوع فعالیت بدنی بستگی دارد [۲۸]. بر همین اساس کالج آمریکایی پزشکی ورزشی حداقل ۱۵۰-۲۵۰ دقیقه در هفته فعالیت بدنی متوسط تا شدید را برای حفظ وزن مناسب و سلامت پیشنهاد کرده است [۲۹].

در خصوص نوع تمرین، برای افزایش تناسب اندام عضلانی، یک برنامهٔ تمرینی ورزشی مبتنی بر تمرینات مقاومتی (با هدف حفظ و بهبود تودهٔ بدون چربی) به‌تنهایی یا همراه با تمرینات هوازی (با هدف کاهش تودهٔ چربی به‌ویژه چربی احشایی) توصیه شده است [۳۰، ۳۱]. پژوهش‌های انجام‌گرفته با هدف تعیین روش‌های تمرینی اثربخش در این زمینه نشان می‌دهد که هر کدام از مداخلات تمرینی هوازی و مقاومتی موجب بهبود

[1]. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD)

[2]. Dyslipidemia

[3]. Glucose transporter type 4 (GLUT4)

نیمرخ لیپیدی، سلامت کبد، حساسیت و مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی می‌شود [۳۲-۳۵] و انجام تمرینات ترکیبی (هوازی-مقاومتی) با بهبود نیمرخ لیپیدی، تحمل گلوکز، مقاومت به انسولین و شاخص‌های ترکیب بدنی می‌تواند راهکار مؤثری در راستای کاهش خطرهای مرتبط با چاقی و پیشگیری از برخی بیماری‌ها مانند دیابت و بیماری‌های قلبی- عروقی باشد [۳۶، ۳۷]. با این حال عدم مشارکت افراد چاق و بی‌تحرک در فعالیت‌های ورزشی مرسوم به دلایل مختلفی همچون عدم لذت بخشی تمرینات، می‌تواند پیروی از یک برنامهٔ ورزشی را دشوارتر کند [۳۸] ، ازاین‌رو شرکت در فعالیت‌های ورزشی غیریکنواخت و لذت‌بخش همچون تمرین عملکردی شدید (HIFT) به‌عنوان یک راهبرد در حفظ علاقه‌مندی و پایبندی به تمرین مؤثر است [۳۹، ۴۰].

HIFT یک سبک تمرینی است که بر حرکات عملکردی (الگوهای حرکتی مرسوم در زندگی روزمره) و چندمفصلی از طریق ترکیب تمرینات هوازی و قدرتی تأکید دارد [۴۱] که با شدت بالا انجام شده و با هدف بهبود عوامل تندرستی و عملکردی آمادگی جسمانی طراحی شده است که متغیرهای تمرینی آن می‌تواند بر اساس سطح آمادگی جسمانی افراد تعدیل شود [۴۲]. HIFT تمرینات هوازی و مقاومتی عملکردی را در یک تمرین با زمان کارامد ترکیب می‌کند. جزء هوازی HIFT شبیه HIIT است که تمرین هوازی تک‌وجهی را توصیف می‌کند که به‌صورت انفجارهای شدید و متناوب کوتاه و متناوب با دوره‌های استراحت انجام می‌شود [۴۳]. تمرین مقاومتی، جزء دیگر HIFT است که نتایج هیپرتروفیک بهتری را در مقایسه با تمرینات همسان حجمی نشان داده است [۴۴، ۴۵]. از دیگر ویژگی‌های HIFT کاهش حجم تمرین و متعاقباً کاهش آسیب است [۴۶]. علاوه بر این HIFT جزو تمرینات کل بدن است و فراخوانی بیشتر عضلات در HIFT در مقایسه با تمرینات هوازی، می‌تواند موجب بهبود استقامت قلبی-عروقی، قدرت و انعطاف‌پذیری شود [۴۲] ، ازاین‌رو به‌عنوان جایگزینی محبوب و کارامد برای استراتژی‌های ورزشی سنتی مطرح شده است[۴۳]. همچنین تأثیر این نوع تمرینات در کاهش تودهٔ چربی و بهبود ترکیب بدنی مشاهده شده است [۴۱، ۴۷]. علاوه بر این پژوهشگران افزایش معناداری را در حساسیت به انسولین (۱۵ درصد)، کاهش مقاومت به انسولین و عوامل خطرزای کاردیو متابولیکی در پی هشت هفته تمرین HIFT در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ گزارش کردند [۴۸]. هرچند فیتو[1] و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی که برای مقایسهٔ اثر مداخلات تمرینی ترکیبی هوازی-قدرتی و HIFT (هشت هفته مداخله) بر درصد چربی بدن، گلوکز خون ناشتا و تست دو ساعت تحمل گلوکز در افراد چاق انجام دادند، تأثیر معناداری را حتی در نتایج درون‌گروهی مشاهده نکردند که دلیل این امر را ناشی از محدودیت‌های تمرین از جمله دورهٔ کوتاه مداخلات تمرینی بیان کردند [۴۹]. از طرفی در تحقیقی که اخیراً به بررسی تأثیر تمرینات عملکردی شدید بر عوامل نیمرخ لیپیدی در افراد دارای اضافه وزن و چاق پرداخته است، نشان داده شد که چهار هفته تمرین کراسفیت[2](از انواع تمرینات عملکردی) سبب کاهش معنادار عوامل نیمرخ لیپیدی (LDL، VLDL، LDL/HDL و TG) شد [۲۸].

اگرچه تمرین ورزشی به‌عنوان یک استراتژی درمانی برای بهبود عوامل خطرزای کاردیومتابولیکی گزارش شده است، تأثیر برنامه‌های مداخلهٔ ورزشی مختلف بر این عوامل در افراد کم‌تحرک و چاق به‌ندرت بررسی شده است و این پژوهش‌های محدود نتایج متناقضی را به‌همراه داشته است [۲۳]. همچنین با توجه به نقش چاقی در بروز بیماری‌های مزمن قلبی و متابولیکی و تأکید منابع علمی بر لزوم کنترل وزن با تأکید بر بهبود ترکیب بدن و حفظ تودهٔ بدون چربی با استفاده از ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی و وجود شکاف تحقیقاتی در زمینهٔ تأثیرات HIFT در گروه سنی نوجوان و جوان کمتر از ۱۸ سال و پیشینهٔ محدود و غیرقابل اعتماد در ارتباط با مقایسهٔ اثر تمرینات HIFT و هوازی- مقاومتی بر عوامل خطرزای قلبی-متابولیکی، هدف از پژوهش حاضر این بود که آیا ۱۲ هفته HIFT و تمرین ترکیبی هوازی- مقاومتی می‌تواند موجب بهبود در عوامل متابولیکی شامل گلوکز ناشتا پلاسما، انسولین ناشتا پلاسما و مقاومت به انسولین و عوامل خطرزای قلبی- عروقی شامل HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول در دختران مبتلا به چاقی شود و اینکه کدام نوع از تمرینات می‌تواند مؤثرتر باشد؟

[1]. Feito

[2]. CrossFit

روش‌شناسی پژوهش

طرح تحقیق

پژوهش حاضر نیمه‌تجربی، کاربردی و به‌صورت پیش‌آزمون- پس‌آزمون همراه با گروه کنترل انجام شد که پس از اندازه‌گیری اولیهٔ متغیرها، شرکت‌کنندگان (به‌جز گروه کنترل) مداخلات تمرینی ۱۲ هفته‌ای را گذراندند و پس از پایان آن پس‌آزمون انجام شد.

جامعه و نمونهٔ آماری

۴۵ دانش‌آموز دختر واجد شرایط با توان آزمون ۰/۸ و سطح معناداری ۰/۰۵ و ضریب تأثیر ۰/۷ با استفاده از برنامهٔ G*Power ،با میانگین سنی ۱/۵±۱۶/۵۳ سال، مبتلا به چاقی با BMI ۳/۵۵± ۳۲/۲۷ کیلوگرم بر مترمربع، به‌صورت داوطلبانه از بین دانش‌آموزان دختر مدارس شهر تبریز در این تحقیق شرکت کردند. معیارهای ورود به تحقیق شامل سن بین ۱۴-۱۸ سال، شاخص تودهٔ بدنی بین ۲۵ تا ۴۰ کیلوگرم بر مترمربع، سلامت جسمانی و عدم ابتلا به بیماری، نداشتن سابقهٔ هر نوع فعالیت ورزشی منظم در شش ماه اخیر، نداشتن سابقهٔ مصرف سیگار و همچنین نداشتن تغییرات وزنی شدید (کمتر از ۵ درصد تغییرات وزنی در شش ماه اخیر) و معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل ابتلا به دیابت یا علائم افسردگی بالینی، اختلالات شناختی، بیماری یا ناتوانی فیزیکی یا هر محدودیتی که مانع از اجرای فعالیت‌های بدنی یا کاهش وزن شود، مثل استئوپروسیس بود. شرکت‌کنندگان پیش از هرگونه مداخله، از تمام مراحل و خطرهای احتمالی روند تحقیق آگاه شدند و رضایت‌نامهٔ کتبی شرکت در تحقیق را امضا کردند و پس از همگن‌سازی بر اساس BMI و مقادیر پری تست‌ها به‌صورت تصادفی در سه گروه ۱۵ نفری تمرین ترکیبی هوازی- مقاومتی، HIFT و کنترل قرار گرفتند. گروه کنترل فقط در دوره‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارزیابی شدند و از آنان خواسته شد در طول دورهٔ پژوهش از انجام هرگونه تمرین ورزشی منظم و فعالیت بدنی سنگین خودداری کنند، اما گروه‌های HIFT و تمرین ترکیبی، علاوه بر پیش‌آزمون و پس‌آزمون، مداخلات تمرینی ۱۲ هفته‌ای را انجام دادند. با توجه به تمرکز پژوهش بر تأثیر تمرین، مطالعه فاقد ارائهٔ دستورالعمل‌های تغذیه‌ای مرتبط با مدیریت وزن بود، اما برای کنترل عادات غذایی و کالری دریافتی به‌ویژه در روزهای پیش از خون‌گیری، پرسشنامهٔ یادآمد غذایی ۲۴ ساعته شرکت‌کنندگان ثبت و از آنان خواسته شد در طول دورهٔ پژوهش عادات غذایی‌شان را تغییر ندهند. شایان ذکر است که خون‌گیری در دورهٔ فولیکولی عادت ماهانهٔ آزمودنی‌ها انجام گرفت. علاوه بر این تمام مراحل تحقیق توسط کمیتهٔ اخلاق دانشگاه تبریز (IR.TABRIZU.REC.1402.079) تأیید شد و در زمان تمرینات مراقبت‌های لازم از آزمودنی‌ها به‌منظور جلوگیری از آسیب‌های احتمالی توسط محقق و دستیار پزشک صورت پذیرفت.

برنامهٔ تمرین

برنامهٔ HIFT: کل دورهٔ تمرینی ۱۲ هفته‌ای HIFT ، شامل ۳۶ جلسهٔ حدوداً ۵۰ دقیقه‌ای بود که بین جلسات تمرین حداقل یک روز فاصله وجود داشت. تمام جلسات HIFT توسط پژوهشگر نظارت و رهبری شد. جلسات اول و دوم به‌عنوان جلسات آشنایی با حرکات عمومی و رایج HIFT (شامل اسکات، انواع پرس و لیفت با هالتر و دمبل، ددلیفت[1] پرتاب مدیسین بال[2] بارفیکس، چرخاندن کتل بل[3] پرش روی جعبه[4] بورپی[5] دوی ۱۰ متری تکراری و ...) طراحی شد و هیچ تمرین اضافهٔ دیگری در این دو روز انجام نشد. از روز سوم، هر جلسهٔ HIFT شامل ۱۰ تا ۱۵ دقیقه حرکات کششی و گرم کردن، ۱۰ تا ۱۵ دقیقه آموزش و تمرین حرکات و تکنیک‌ها، ۲۰ تا۳۰ دقیقه تمرین اصلی عملکردی و ۵ دقیقه سرد کردن بود. تمرین اصلی عملکردی به‌طور معمول شامل ۴ دور از ۹ حرکت تمرینی بود که در هر دور، هر حرکت تمرینی در مدت ۳۰ ثانیه با شدت بسیار بالا انجام شده و ۱۵ ثانیه استراحت بین هر تمرین و ۲ دقیقه استراحت نیز بین دورهای ۲ و ۳ گنجانده شده بود. تعداد تکرارها، وزن وزنه‌های استفاده‌شده و دورهای تکمیل‌شده و نیز توان و درک فشار آزمودنی‌ها در هر جلسه برای همهٔ شرکت‌کنندگان ثبت و بر اساس آن برنامهٔ تمرینی جلسهٔ بعد به‌صورت کاملاً فردی طراحی شده و از افزایش سرعت اجرای تکرارها و در نتیجه افزایش تعداد تکرارها برای اعمال شدت و حجم تمرین استفاده می‌شد. شدت تمرین در اسکات‌ها، لیفت‌ها و پرس‌ها حدود ۶۵٪ 1RM بود که برای این منظور طی جلسهٔ جداگانه‌ای، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا چندین ست (۲-۴) ۸

[1]. Deadlifts
[2]. Wall-ball shots
[3]. Kettlebell Swing
[4]. Box jumps
[5]. Burpees

تکراری را با ۴ دقیقه استراحت انجام دهند تا بتوانند ۸ تکرار صحیح با حداکثر وزنه را اجرا کنند. سپس 1RM از بار 8RM بر اساس ادبیات مربوطه برآورد شد [۵۰] و بدین‌ترتیب ۶۵٪1RM نهایی محاسبه شد. اجزای اصلی تمرین شامل فعالیت‌های هوازی (دویدن و طناب زدن)، فعالیت‌های با وزن بدن (کشش بارفیکس و اسکات) و حرکات با وزنه (اسکات از جلو و چرخاندن کتل بل) بود.

برنامهٔ تمرین ترکیبی هوازی-مقاومتی: تمرینات هوازی-مقاومتی بر اساس دستورالعمل‌های آکادمی تغذیه و رژیم غذایی و کالج پزشکی ورزشی آمریکا[1] برای برآورده کردن ۱۵۰ دقیقه فعالیت بدنی هوازی با شدت متوسط به علاوهٔ حداقل دو روز تمرینات قدرتی در هفته بود [۲۸]. شرکت‌کنندگان سه جلسه تمرین هفتگی را در روزهای شنبه (۵۰ دقیقه تمرین هوازی و مقاومتی تمام بدن)، دوشنبه (مشابه شنبه) و چهارشنبه (۵۰ دقیقه تمرین هوازی) انجام می‌دادند. شرکت‌کنندگان در هر جلسهٔ تمرینی یک برنامهٔ تمرینی فردی و نیز یک ضربان‌سنج برای اجرای هرچه بهتر تمرینات دریافت می‌کردند. فعالیت‌های هوازی روی دستگاه (مانند تردمیل یا دوچرخهٔ ثابت) انجام می‌شد و شدت تمرین در هفته‌های اول تا چهارم ۴۰-۵۰٪HRR[2] و در هفته‌های پنجم تا هشتم ۵۰-۶۰٪HRR و در هفته‌های نهم تا دوازدهم ۶۰-۷۰٪HRR تجویز شد.

برای طراحی تمرینات مقاومتی گروه تمرین ترکیبی، شرکت‌کنندگان آزمون یک تکرار بیشینه (1RM) را در هر تمرین با استفاده از دستگاه اسمیت اجرا کردند و بر اساس آن شدت تمرینات و تعداد تکرارها تعیین شد. تمرینات مقاومتی تمام بدن تقریباً ۲۰ دقیقه طول می‌کشید که بین تمام نوبت‌ها و تمرینات یک دقیقه زمان استراحت وجود داشت. تمرینات روزهای شنبه شامل تمرینات دوسر بازو[3] پرس‌های نظامی[4] کشش لت[5] و کشش پا[6] و روزهای دوشنبه شامل کشش سه‌سر بازویی[7]، پرس نیمکت[8] کشش معکوس پا[9] و پرس‌های نشسته پا[10] بود و حرکت کرانچ شکم (به‌صورت ۳ نوبت ۱۵ تایی)، تمرین مشترک در تمام جلسات تمرینات ترکیبی بود. اعمال اضافه بار تمرینات مقاومتی بر اساس طرح تکرار پیش‌رونده صورت گرفت، به‌طوری‌که سه نوبت از هر تمرین در هفته‌های دوم تا چهارم به‌صورت ۱۵ تکرار با ۵۰٪1RM، هفته‌های پنجم تا هشتم ۱۲ تکرار با ۶۰٪1RM و هفته‌های نهم تا دوازدهم ۱۰ تکرار با ۷۰٪1RM اجرا شد.

از تمامی شرکت‌کنندگان خواسته شد که در طول تحقیق، رژیم غذایی معمول خود را داشته باشند و بسته به گروهی که در آن بودند، فعالیت بدنی خود را تغییر ندادند و در فعالیت‌های ورزشی دیگر شرکت نکنند.

نمونه‌گیری خونی

به‌منظور اندازه‌گیری گلوکز ناشتا، انسولین ناشتا پلاسما و نیمرخ لیپیدی شامل HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول در هر سه گروه تحقیق، خون‌گیری توسط کارشناس مجرب علوم آزمایشگاهی در دو مرحلهٔ پیش از تمرینات و ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرینی جمع‌آوری شد. بدین‌ترتیب از تمامی آزمودنی‌ها درخواست شد که دو روز پیش از نمونه‌گیری از انجام فعالیت‌های بدنی سنگین بپرهیزند و به‌صورت ناشتا در آزمایشگاه حضور یابند. در هر جلسهٔ خون‌گیری نمونهٔ خونی به اندازهٔ ۵ سی‌سی از ورید پیش آرنجی اخذ شد و بلافاصله درون لوله‌های محتوی EDTA ریخته شد. نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، با سرعت ۳۰۰۰ rpm و به مدت ۱۲ دقیقه توسط دستگاه سانتریفیوژ ساخت شرکت هتیش (Hettich آلمان) سانتریفیوژ شدند. سپس پلاسما و سرم به‌طور جداگانه در لوله‌های علامت‌گذاری‌شده ریخته شده و برای اندازه‌گیری متغیرهای خونی در فریزر منهای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. گلوکز خون با استفاده از کیت شرکت پارس‌آزمون و سطوح انسولین خون با روش الایزا و کیت انسانی Monobind آمریکا با حساسیت ۰/۴ میکروواحد بین‌المللی بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد و به‌منظور ارزیابی انسولین از کیت شرکت کریستال دی ساخت چین (میزان دقت درونی کمتر از ۱۰ درصد و برای دقت بیرونی کمتر از ۱۲ درصد با طول موج ۴۵۰ نانومتر) استفاده شد. مقاومت به انسولین با روش ارزیابی مدل همئوستازی (IR-HOMA) و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{HOMA-IR} = \text{FBS (mmol/lit)} \times \text{insulin (microunit/lit)} / 22.5$$

که در اینجا HOMA-IR مدل هومئوستازی مقاومت انسولینی، FBS مقادیر گلوکز خون ناشتا و FBI مقادیر انسولین خون ناشتایی است.

---

1. American College of Sports Medicine(ACSM)
2. Heart rate reserve
3. Bicep curls
4. Military presses
5. Lat pulldowns
6. Leg extensions
7. Tricep pulldowns
8. Bench presses
9. Reverse leg curls
10. Seated leg presses

شاخص‌های نیمرخ لیپیدی نیز شامل HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول به روش آنزیماتیک و با استفاده از کیت‌های شرکت پارس‌آزمون با حساسیت بالا اندازه‌گیری شد.

روش آماری

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبهٔ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شد. از آزمون شاپیروویلک برای بررسی وضعیت طبیعی بودن داده‌ها و از آزمون لون برای بررسی برابری واریانس متغیرهای موردنظر استفاده شد. در بخش آمار استنباطی، از آزمون کوواریانس با آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی نیز از آزمون تی وابسته استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۲ در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌های پژوهش

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های عمومی و عوامل متابولیکی شامل گلوکز ناشتا پلاسما، انسولین ناشتا پلاسما و مقاومت به انسولین و عوامل خطرزای قلبی- عروقی شامل HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول در سه گروه کنترل، تمرین ترکیبی هوازی-مقاومتی و HIFT در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌همراه نتایج حاصل از آزمون تی وابسته و تحلیل کوواریانس در جدول ۱ ارائه شده است. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون تی وابسته برای مقایسهٔ تغییرات متغیرها بین دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر سه گروه نشان داد که هر دو نوع تمرینات ترکیبی هوازی-مقاومتی و HIFT موجب کاهش معنادار گلوکز ناشتا پلاسما، انسولین ناشتا پلاسما و مقاومت به انسولین و LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول، و افزایش معنادار HDL شدند (P=۰/۰۰۱). علاوه بر این نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که در رابطه با میزان تغییرات عوامل متابولیکی و خطرزای قلبی- عروقی در بین گروه‌ها تفاوت معنادار وجود دارد که نتایج حاصل از آزمون تعقیبی بنفرونی (ارائه‌شده در جدول ۲) نشان داد که تغییرات در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل معنادار بود (P=۰/۰۰۱). اما در خصوص کاهش سطوح انسولین ناشتا پلاسما، HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول، تأثیر HIFT نسبت به تمرین ترکیبی بیشتر بود (P<۰/۰۵).

جدول ۱. ویژگی‌های عمومی شرکت‌کنندگان و متغیرهای پژوهش در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	گروه	کنترل	sig	تمرین ترکیبی	درصد تغییرات	sig	HIFT	درصد تغییرات	sig	F	P
سن (سال)		۱۶/۵۴ ± ۲/۲	–	۱۶/۸۷ ± ۱/۳۵	–	–	۱۶/۱۹ ± ۱/۱	–	–	–	–
شاخص تودهٔ بدنی BMI (kg/m²)		۳۲/۲ ± ۳/۶۳	–	۳۲/۴۲ ± ۳/۶۴		–	۳۲/۲ ± ۳/۶۳		–	–	–
گلوکز (mg/dl)	پیش‌آزمون	۹۴ ± ۳/۶	۰/۵۴۷	۹۲/۶۷ ± ۴/۵۷	−۸/۴۲	۰/۰۰۱ *	۹۳ ± ۳/۶	−۱۴/۲۵	۰/۰۰۱ *	۱۷/۴۸۸	۰/۰۰۱ #
	پس‌آزمون	۹۳/۷۴ ± ۴/۶۶		۸۵/۴۷ ± ۵/۸۴			۸۱/۴ ± ۷/۲۶				
انسولین (mg/dl)	پیش‌آزمون	۱۷/۴۸ ± ۳/۱۳	۰/۱۶۴	۱۷/۲۲ ± ۲/۹۶	−۳۵/۳۷	۰/۰۰۱ *	۱۷/۴۶ ± ۳/۱۳	−۸۱/۵۱	۰/۰۰۱ *	۱۲۸/۱۹	۰/۰۰۱#
	پس‌آزمون	۱۷/۳۶ ± ۳/۱۵		۱۲/۷۲ ± ۲/۶۳			۹/۶۳ ± ۲/۲۲				
HOMA-IR	پیش‌آزمون	۴/۱۱ ± ۰/۵۳	۰/۰۹۸	۴/۱۸ ± ۰/۴۶	−۱۰۰/۹۶	۰/۰۰۱ *	۴/۵۵ ± ۰/۴۵	−۲۰۷/۴۳	۰/۰۰۱ *	۷۷/۳۶	۰/۰۰۱ #
	پس‌آزمون	۴/۳۸ ± ۰/۴۸		۲/۰۸ ± ۰/۹۲			۱/۴۸ ± ۰/۳۲				

HDL (mg/dl)	پیش‌آزمون	۴۵/۲ ± ۳/۵۵	۰/۴۵۱	۴۵/۱۵ ± ۳/۶	۳/۹۳	۴۴/۲۸ ± ۵/۵۵	۹/۶۳	* ۰/۰۰۱	۲۴۲۰/۹۱	# ۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۴۵ ± ۴/۶		۴۷ ± ۳/۶۶		۴۹ ± ۳/۶				
LDL (mg/dl)	پیش‌آزمون	۹۳/۷۴ ± ۳/۶۶	۰/۲۴۱	۹۴ ± ۴/۶۴	− ۲/۱۷	۹۳/۷۴ ± ۶/۴۹	− ۳/۰۱	* ۰/۰۰۱	۱۲۲۰۰/۵	# ۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۹۳ ± ۴/۶		۹۲ ± ۴/۵		۹۱ ± ۵/۷۱				
TG (mg/dl)	پیش‌آزمون	۱۳۵/۳۸ ± ۱۳/۷۳	۰/۰۹	۱۳۸/۳۸ ± ۱۲/۲۳	−۱۵/۸	۱۳۸/۴ ± ۱۷/۵۷	−۹/۳۹	* ۰/۰۰۱	۴۰۶/۳۴۳	# ۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۱۳۶/۶۲ ± ۱۲/۱۶		۱۱۹ /۴۹ ± ۱۲/۱۲		۱۰۹/۷۳ ± ۱۳/۱۱				
کلسترول (mg/dl)	پیش‌آزمون	۲۱۰/۸۷ ± ۱۵/۳۷	۰/۰۹	۲۱۶/۴۵ ± ۹/۷۸	−۱۳/۸	۲۱۸/۵۴ ± ۱۱/۷۸	−۲۲/۲۳	* ۰/۰۰۱	۶۲/۳۳	# ۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۲۱۸/۸۷± ۹/۷۸		۱۹۰/۰۲ ± ۱۰/۶۶		۱۷۸/۷۸ ± ۸/۰۷				
HDL / LDL	پیش‌آزمون	۰/۴۸ ± ۰/۰۱	۰/۱۸۱	۰/۴۷ ± ۰/۰۱	۷/۸۴	۰/۴۸ ± ۰/۰۱	۹/۴۳	* ۰/۰۰۱	۳۱۰۰/۷۴	# ۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۰/۴۸ ± ۰/۰۲		۰/۵۱ ± ۰/۰۱		۰/۵۳ ± ۰/۰۱				

* وجود اختلاف معنادار درون‌گروهی بین مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

وجود اختلاف معنادار بین‌گروهی در میزان تغییرات

جدول ۲. نتایج حاصل از آزمون بنفرونی برای متغیرهای مورد پژوهش به‌منظور مقایسهٔ دوبه‌دو گروه‌های پژوهش

گروه‌ها		HDL	LDL	TG	Cholesterol	HDL/LDL	Glucose	Insulin	HOMA-IR
کنترل	تمرینات ترکیبی	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱
	HIFT	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱
تمرینات ترکیبی	HIFT	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۱	۰/۱۷۹	* ۰/۰۰۱	۰/۰۷۶

* وجود معناداری بین گروه‌ها

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف مقایسهٔ تأثیر ۱۲ هفته تمرین عملکردی شدید و تمرین ترکیبی هوازی – مقاومتی بر عوامل متابولیکی شامل گلوکز ناشتا پلاسما، انسولین ناشتا پلاسما و مقاومت به انسولین و عوامل خطرزای قلبی– عروقی شامل HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول در دختران دارای اضافه وزن و چاقی انجام شد و نتایج نشان داد که هر دو نوع مداخلات ۱۲ هفته‌ای تمرین HIFT و تمرین ترکیبی هوازی–مقاومتی موجب کاهش معنادار عوامل متابولیکی مرتبط با گلوکز خون (گلوکز ناشتا پلاسما، انسولین ناشتا پلاسما و مقاومت به انسولین) و عوامل خطرزای قلبی عروقی مرتبط با نیمرخ لیپیدی (HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول) شدند، با این حال در زمینهٔ کاهش سطوح انسولین ناشتا پلاسما، HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول، تأثیر HIFT نسبت به تمرین ترکیبی بیشتر بود، اما در خصوص گلوکز و انسولین ناشتا پلاسما بین گروه‌های تمرینی اختلاف معناداری وجود نداشت.

بهبود و کاهش معنادار عوامل متابولیکی مرتبط با گلوکز و خطرزای قلبی– عروقی مرتبط با نیمرخ لیپیدی در تحقیق حاضر با نتایج جامکا[1] و همکاران (۲۰۲۲) که در مطالعهٔ متاآنالیز خود عنوان کردند تمرینات استقامتی و استقامتی– قدرتی نسبت به تمرینات قدرتی در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق تأثیر مطلوب‌تری بر هموستاز گلوکز و انسولین و پروفایل لیپیدی دارند [۵۱]؛ باتراکولیس[2] و همکاران (۲۰۲۲) که در مطالعهٔ مروری خود تمرین ترکیبی را نسبت به تمرین استقامتی مداوم و تمرین تناوبی، مؤثرترین روش در بهبود عوامل مرتبط با سلامت کاردیومتابولیکی در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق عنوان کردند [۵۲] ؛ لی[3] و همکاران (۲۰۲۰) که با مطالعه روی دانشجویان پسر چاق به این نتیجه رسیدند که تمرین ترکیبی ممکن است با بهبود مصرف انرژی و حساسیت به انسولین و ایجاد تغییرات مثبت در سوخت‌وساز گلوکز و لیپید از بیماری‌های ناشی از چاقی جلوگیری کند [۵۳] ؛ دیانتی‌نصب و همکاران (۲۰۲۰) که با مقایسهٔ سه نوع تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی روی زنان مبتلا به سندرم متابولیک نتیجه‌گیری کردند که تمرینات ترکیبی تأثیرات مفیدتری بر

[1]. Jamka [2]. Batrakoulis [3]. Li

عوامل خطر MetS دارد [۵۴] ؛ جرج[1]و همکاران (۲۰۱۱) که تأثیرات تمرین ترکیبی هوازی- مقاومتی را نسبت تمرینات هوازی و مقاومتی بر عوامل متابولیکی و خطرزای قلبی- عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ مؤثرتر دانسته بودند [۵۵] ؛ و نیز با نتایج تحقیقات فیلی[2]و همکاران (۲۰۱۸) [۴۸] و بیگی و همکاران (۲۰۲۲) [۵۶] که تأثیرات HIFT بر متغیرهای مذکور را بررسی کرده و HIFT را نسبت به تمرینات سنتی مؤثرتر دانسته بودند، همسوست، اما با نتایج تحقیقات روسی[3]و همکاران (۲۰۱۵) که بین مداخلات تمرینی هوازی و تمرین ترکیبی هوازی و مقاومتی تفاوت معناداری را مشاهده نکردند، در تقابل است [۵۷].

به‌طور کلی تأثیر تمرینات ترکیبی بر نیمرخ لیپیدی ضد و نقیض گزارش شده است که دلیل این امر بیشتر تفاوت در برنامه‌های تمرین ترکیبی [۵۸] و ویژگی‌های جمعیت مورد بررسی (جنس، سن و یائسگی) [۵۷] عنوان شده است. با وجود این بیان شده است ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی می‌تواند موجب بهبود نیمرخ لیپیدی شود، اما سازوکار این اثرگذاری به‌طور دقیق مشخص نشده است[۵۱]. بالا بودن حجم تمرینات ترکیبی نسبت به تمرینات جداگانه، افزایش هزینهٔ انرژی در اثر تمرین، بهبود روند سوخت‌وساز منابع انرژی به‌ویژه چربی‌ها و کاهش چربی احشایی، افزایش تودهٔ بدون چربی بدن و متعاقب آن افزایش سوخت‌وساز پایه و همچنین بهبود وضعیت ضداکسایشی از دلایل این اثرگذاری بیان شده است [۵۱، ۵۲].

مشاهده شده است که ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی برای بهبود حساسیت به انسولین و کنترل قند خون نسبت به تمرینات هوازی یا مقاومتی به‌تنهایی برتری دارد [۵۹] و اضافه شدن تمرینات قدرتی به تمرینات هوازی می‌تواند با بهبود تودهٔ بدون چربی بدن موجب افزایش انتقال گلوکز، بهبود ظرفیت اکسایشی میتوکندری، بهبود ظرفیت ضدالتهابی و بهبود سوخت و ساز گلوکز شود [۶۰]. علاوه بر این با توجه به ارتباط بین چربی احشایی و مقاومت به انسولین، کاهش چربی احشایی با بهبود سوخت‌وساز گلوکز و حساسیت به انسولین همراه است [۵۲].

با توجه به نوظهور بودن HIFT، اطلاعات محدودی در خصوص سازوکارهای اثرگذاری این تمرینات بر عوامل متابولیکی و عوامل خطرزای مرتبط با نیمرخ لیپیدی وجود دارد. با این حال فیلی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی که به بررسی تأثیر شش هفته HIFT در بیماران دیابتی پرداختند، بهبود ترکیب بدنی و تأثیر حفظ تودهٔ بدون چربی را عامل تأثیرگذاری HIFT برای بهبود حساسیت به انسولین عنوان کرده و افزایش سطوح آدیپونکتین HMW[4] (یکی از حساس‌کننده‌های انسولین و افزایش‌دهنده‌های ظرفیت اکسایشی) و کاهش رزیستین پلاسما را از عوامل بهبود نیمرخ لیپیدی تحت تأثیر HIFT بیان کردند که خود این افزایش ظرفیت اکسایشی به‌ویژه اکسیداسیون چربی با بهبود حساسیت به انسولین رابطهٔ مستقیم دارد[۴۸]. با این حال عدم معناداری در نتایج درون‌گروهی در متغیرهای گلوکز خون ناشتا و تست دو ساعت تحمل گلوکز در مطالعه فیتو و همکاران (۲۰۱۹) به محدودیت‌های تمرین از جمله دورهٔ کوتاه مداخلات تمرینی نسبت داده شده بود [۴۹].

مهم‌ترین یافتهٔ تحقیق حاضر اثربخشی معنادار HIFT نسبت به تمرین ترکیبی هوازی- مقاومتی در رابطه با بهبود سطوح انسولین ناشتا پلاسما، HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول است که این یافته با نتایج تحقیق مروری باتراکولیس و همکاران (۲۰۲۲) که به مقایسهٔ اثربخشی پنج روش تمرینی بر معیارهای سلامت قلبی و متابولیکی در افراد دارای اضافه وزن و چاق پرداختند، همسوست [۵۲]. وجود رابطهٔ دوز-پاسخ خطی که بین شدت فعالیت و بهبود سطح HDL و کاهش سطوح LDL و تری‌گلیسرید به‌ویژه در تمرینات هوازی و سرعتی [۶۱] یکی از عوامل برتری HIFT نسبت تمرینات ترکیبی هوازی- مقاومتی در بهبود نیمرخ لیپیدی است که در رابطه با پاکسازی LDL و تری‌گلیسرید شدت بالاتری از تمرین مورد نیاز است، بر همین اساس کاتابولیسم و پاکسازی LDL و تری‌گلیسرید در طول جلسات HIFT سریع‌تر از تمرینات ترکیبی رخ می‌دهد. از طرف دیگر مشخص شده است که در زمینهٔ انجام تمرینات مقاومتی، افزایش حجم تمرین از طریق افزایش تعداد نوبت‌ها و/یا تکرار، نسبت به افزایش شدت (برای مثال از طریق تمرین با وزن بالا با تکرار کم) تأثیر بیشتری بر بهبود نیمرخ لیپیدی دارد [۶۲، ۶۳] که در تحقیق حاضر نیز این امر یعنی بالا بودن حجم فعالیت‌های مقاومتی در برنامهٔ HIFT

[1]. Jorge
[2]. Fealy
[3]. Rossi
[4]. High molecular weight adiponectin

نسبت به برنامهٔ تمرین ترکیبی هوازی- مقاومتی دیده می‌شود، زیرا در برنامهٔ HIFT، تمرینات مقاومتی در تمام جلسات اجرا می‌شد که بیشتر از نوع تمرینات متکی بر وزن بدن در تعداد تکرارهای بالا بود، اما در برنامهٔ تمرین ترکیبی تمرینات مقاومتی در دوسوم جلسات اجرا می‌شد که از نوع تمرینات با وزنه یا دستگاه با تعداد تکرارهای کمتر بود. علاوه بر این افزایش تدریجی شدت در فعالیت‌های مقاومتی در برنامهٔ HIFT بر افزایش سرعت اجرای حرکات و تعداد تکرارها تمرکز داشت، درحالی‌که در برنامهٔ تمرینات ترکیبی، روند افزایش شدت تمرینات مقاومتی بر افزایش وزن وزنه‌ها و کاهش تکرارها تأکید داشت. از طرف دیگر با توجه به ارتباط بین نیمرخ لیپیدی و مقاومت به انسولین بهبود در نیمرخ لیپیدی می‌تواند به‌واسطهٔ بهبود سوخت‌وساز چربی و توزیع مجدد و مطلوب‌تر آن و همچنین کاهش سطوح اکسیژن‌های فعال و نیز بهبود سوخت‌وساز گلوکز موجب افزایش حساسیت به انسولین شود [۵۲ ، ۶۴]. از طرف دیگر ماهیت تناوبی HIFT می‌تواند انعطاف‌پذیری متابولیکی که توانایی جابه‌جایی بین منابع مختلف سوخت (مانند گلوکز و اسیدهای چرب) است را بر اساس نیازهای انرژی افزایش دهد که این انعطاف‌پذیری متابولیکی بهبودیافته می‌تواند به حساسیت بهتر به انسولین کمک کند[۶۵].

بنابر آنچه گفته شد می‌توان نتیجه گرفت که ۱۲ هفته ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی به‌ویژه در قالب HIFT می‌تواند برای بهبود عوامل متابولیکی شامل گلوکز ناشتا پلاسما، انسولین ناشتا پلاسما و مقاومت به انسولین و عوامل خطرزای قلبی- عروقی شامل HDL، LDL، LDL/HDL، TG و کلسترول استفاده شود که در این میان HIFT می‌تواند در بهبود حساسیت به انسولین و نیمرخ لیپیدی اثربخش‌تر باشد که می‌تواند به‌دلیل ماهیت تناوبی و افزایش انعطاف‌پذیری متابولیکی و در نتیجه بهبود حساسیت به انسولین و همچنین ناشی از وجود رابطهٔ دوز-پاسخ خطی بین شدت HIFT و بهبود سطح HDL و نیز تسریع شروع پاکسازی LDL و TG باشد.

محدودیت‌ها

با اینکه سعی شد تا حد امکان مداخلات تمرینی به‌کاررفته از لحاظ زمان و مدت اجرا یکسان باشند، اما با توجه به ماهیت متفاوت تمرینات، امکان برابری حجم، بار و هزینهٔ انرژی تمرینات میسر نبود. علاوه بر این نبود پیشینهٔ کافی در زمینهٔ مقایسهٔ HIFT و تمرینات ترکیبی هوازی- مقاومتی و نیز تأثیر این مداخلات تمرینی بر عوامل متابولیکی مرتبط با گلوکز و عوامل خطرزای قلبی- عروقی مرتبط با نیمرخ لیپیدی، عدم امکان بررسی مسیرهای احتمالی تأثیرگذاری مداخلات تمرینی بر متغیرهای مورد بررسی از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر بودند که می‌توانند در پژوهش‌های آتی مدنظر قرار گیرند.

تقدیر و تشکر

از تمامی آزمودنی‌ها و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

References

[1]. Sarwar R, Pierce N, Koppe S. Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: current perspectives. Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy. 2018;11:533. doi: 10.2147/DMSO.S146339.

[2]. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128· 9 million children, adolescents, and adults. The lancet. 2017;390(10113):2627-42. doi: 10.1016/S0140-6736(17)32129-3.

[3]. Sørensen TIA, Martinez AR, Jørgensen TSH. Epidemiology of Obesity. In: Eckel J, Clément K, editors. From Obesity to Diabetes. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 3-27.

[4]. Simmonds M, Llewellyn A, Owen CG, Woolacott N. Predicting adult obesity from childhood

obesity: a systematic review and meta-analysis. Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 2016;17(2):95-107. doi: 10.1111/obr.12334. Epub 2015 Dec 23.

[5]. Bendor CD, Bardugo A, Pinhas-Hamiel O, Afek A, Twig G. Cardiovascular morbidity, diabetes and cancer risk among children and adolescents with severe obesity. Cardiovascular diabetology. 2020;19(1):1-14. doi: 10.1186/s12933-020-01052-1.

[6]. Rhee E-J. The influence of obesity and metabolic health on vascular health. Endocrinology and Metabolism. 2022;37(1):1-8. doi: 10.3803/EnM.2022.101.

[7]. Bakhtiyari M, Kazemian E, Kabir K, Hadaegh F, Aghajanian S, Mardi P, et al. Contribution of obesity and cardiometabolic risk factors in developing cardiovascular disease: a population-based cohort study. Scientific reports. 2022;12(1):1544. doi: 10.1038/s41598-022-05536-w.

[8]. Piché M-E, Tchernof A, Després J-P. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases. Circulation research. 2020;126(11):1477-500. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.120.316101.

[9]. Ye J. Mechanisms of insulin resistance in obesity. Frontiers of medicine. 2013;7:14-24. doi: 10.1007/s11684-013-0262-6. Epub 2013 Mar 9.

[10]. Barazzoni R, Gortan Cappellari G, Ragni M, Nisoli E. Insulin resistance in obesity: an overview of fundamental alterations. Eating and Weight disorders-studies on Anorexia, Bulimia and Obesity. 2018;23:149-57. doi: 10.1007/s40519-018-0481-6.

[11]. Chadt A, Al-Hasani H. Glucose transporters in adipose tissue ,liver, and skeletal muscle in metabolic health and disease. Pflügers Archiv-European Journal of Physiology. 2020;472:1273-98. doi: 10.1007/s00424-020-02417-x.

[12]. Ormazabal V, Nair S, Elfeky O, Aguayo C, Salomon C, Zuñiga FA. Association between insulin resistance and the development of cardiovascular disease. Cardiovascular Diabetology. 2018;17(1):122. doi: 10.1186/s12933-018-0762-4.

[13]. Huhtala M, Rönnemaa T, Tertti K. Insulin Resistance Is Associated with an Unfavorable Serum Lipoprotein Lipid Profile in Women with Newly Diagnosed Gestational Diabetes. Biomolecules . 2023;13(3):470. doi: 10.3390/biom13030470.

[14]. Steinberger J, Moorehead C, Katch V, Rocchini AP. Relationship between insulin resistance and abnormal lipid profile in obese adolescents. The Journal of Pediatrics. 1995;126(5):690-5. doi: 10.1016/s0022-3476(95)70394-2.

[15]. Bjornstad P, Eckel RH. Pathogenesis of Lipid Disorders in Insulin Resistance: a Brief Review. Current diabetes reports. 2018;18(12):127. doi: 10.1007/s11892-018-1101-6.

[16]. Kuwabara M, Kuwabara R, Niwa K, Hisatome I, Smits G, Roncal-Jimenez CA, et al. Different risk for hypertension, diabetes, dyslipidemia, and hyperuricemia according to level of body mass index in Japanese and American subjects. Nutrients. 2018;10(8):1011. doi: 10.3390/nu10081011.

[17]. Tang N, Ma J, Tao R, Chen Z, Yang Y, He Q, et al. The effects of the interaction between BMI and dyslipidemia on hypertension in adults. Scientific reports .2022;12(1):927. doi: 10.1038/s41598-022-04968-8.

[18]. Bays HE, Toth PP, Kris-Etherton PM, Abate N, Aronne LJ, Brown WV, et al. Obesity, adiposity, and dyslipidemia: a consensus statement from the National Lipid Association. Journal of clinical lipidology. 2013;7(4):304-83. doi: 10.1016/j.jacl.2013.04.001.

[19]. Albuquerque D, Nóbrega C, Manco L, Padez C. The contribution of genetics and environment to obesity. British Medical Bulletin. 2017;123(1):159-73. doi: 10.1093/bmb/ldx022.

[20]. Bouchard C. Genetics of obesity: what we have learned over decades of research. Obesity.

2021;29(5):802-20. doi: 10.1002/oby.23116.

[21]. Chopra S, Malhotra A, Ranjan P, Vikram NK, Singh N. Lifestyle-related advice in the management of obesity: A step-wise approach. Journal of education and health promotion. 2020;9:239. doi: 10.4103/jehp.jehp_216_20.

[22]. Alexander L, Christensen SM, Richardson L, Ingersoll AB, Burridge K ,Golden A, et al. Nutrition and physical activity: An Obesity Medicine Association (OMA) Clinical Practice Statement 2022. Obesity Pillars. 2022;1:100005. doi: 10.1016/j.obpill.2021.100005

[23]. Friedenreich CM, Ryder-Burbidge C, McNeil J. Physical activity, obesity and sedentary behavior in cancer etiology: epidemiologic evidence and biologic mechanisms. Molecular Oncology. 2021;15(3):790-800. doi: 10.1002/1878-0261.12772.

[24]. Bellicha A, van Baak MA, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. Obesity Reviews. 2021;22:e13256. doi: 10.1111/obr.13256.

[25]. Warburton DE, Bredin SS. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. Current opinion in cardiology. 2017;32(5):541-56. doi: 10.1097/HCO.0000000000000437.

[26]. Medrano-Ureña MdR, Ortega-Ruiz R, Benítez-Sillero JdD. Physical fitness, exercise self-efficacy, and quality of life in adulthood: a systematic review. International journal of environmental research and public health. 2020;17(17):6343. doi: 10.3390/ijerph17176343.

[27]. Sanchis-Gomar F, Lavie CJ, Marín J, Perez-Quilis C, Eijsvogels TM, O'Keefe JH, et al. Exercise effects on cardiovascular disease: from basic aspects to clinical evidence. Cardiovascular Research. 2022;118(10):2253-66. doi: 10.1093/cvr/cvab272.

[28]. Dehghanzadeh Suraki R, Mohsenzade M, Tibana RA, Ahmadizad S. Effects of CrossFit training on lipid profiles, body composition and physical fitness in overweight men. Sport Sciences for Health. 2021;17(4):855-62.

[29]. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2009;41(2):459-71. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181949333.

[30]. Oppert JM, Bellicha A, van Baak MA, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, et al. Exercise training in the management of overweight and obesity in adults: Synthesis of the evidence and recommendations from the European Association for the Study of Obesity Physical Activity Working Group. Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 2021;22 Suppl 4(Suppl 4):e13273. doi: 10.1111/obr.13273.

[31]. Oppert J-M, Ciangura C, Bellicha A. Physical activity and exercise for weight loss and maintenance in people living with obesity. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders. 2023:1-13. doi: 10.1007/s11154-023-09805-5.

[32]. Shamsoddini A, Sobhani V, Ghamar Chehreh ME, Alavian SM, Zaree A. Effect of Aerobic and Resistance Exercise Training on Liver Enzymes and Hepatic Fat in Iranian Men With Nonalcoholic Fatty Liver Disease. Hepatitis monthly. 2015;15(10):e31434. doi: 10.5812/hepatmon.31434.

[33]. Mohammad Rahimi GR, Attarzadeh Hosseini SR. Effect of Aerobic Exercise Alone or in Conjunction With Diet on Liver Function, Insulin Resistance and Lipids in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. Biological research for nursing. 2022;24(2):259-76. doi: 10.1177/10998004211068026.

[34]. Hejazi K, Hackett D. Effect of Exercise on Liver Function and Insulin Resistance Markers in Patients with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of

Randomized Controlled Trials. Journal of clinical medicine. 2023;12(8). doi: 10.3390/jcm12083011.

[35]. Fu L, Zhang W, Ao Y, Zheng Z, Hu H. Efficacy of aerobic and resistance exercises in improving visceral adipose in patients with non-alcoholic fatty liver: a meta-analysis of randomized controlled trials. Zeitschrift fur Gastroenterologie. 2022;60(11):1644-58. doi: 10.1055/a-1742-4257.

[36]. Da Silva Menezes A, de Oliveira ALV, Borges MA, Taia TAM, Martinelle MFS, Brito JR, et al. The effects of combined physical training on insulin resistance and muscle function in metabolic syndrome: a systematic review. European Journal of Molecular & Clinical Medicine.9(06):2022.

[37]. Ho SS, Dhaliwal SS, Hills AP, Pal S. The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. BMC public health. 2012;12(1):1-10. doi: 10.1186/1471-2458-12-704.

[38]. Li P-J, Jin T, Luo D-H, Shen T, Mai D-M, Hu W-H, et al. Effect of prolonged radiotherapy treatment time on survival outcomes after intensity-modulated radiation therapy in nasopharyngeal carcinoma. PloS one. 2015;10(10):e0141332. doi: 10.1371/journal.pone.0141332.

[39]. Heinrich KM, Patel PM, O'Neal JL, Heinrich BS. High-intensity compared to moderate-intensity training for exercise initiation, enjoyment, adherence, and intentions: an intervention study. BMC public health. 2014;14(1):1-6. doi: 10.1186/1471-2458-14-789.

[40]. Fisher J, Sales A, Carlson L, Steele J. A comparison of the motivational factors between CrossFit participants and other resistance exercise modalities: a pilot study. The Journal of sports medicine and physical fitness. 2017;57(9):1227-34. doi: 10.23736/S0022-4707.16.06434-3.

[41]. Heinrich KM, Becker C, Carlisle T, Gilmore K, Hauser J, Frye J, et al. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. European journal of cancer care .2015;24(6):812-7. doi: 10.1111/ecc.12338.

[42]. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-intensity functional training (HIFT): Definition and research implications for improved fitness. Sports. 2018;6(3):76. doi: 10.3390/sports6030076.

[43]. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. The Journal of physiology. 2012;590(5):1077-84. doi: 10.1113/jphysiol.2011.224725.

[44]. Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinica B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2018;48:1207-20. doi: 10.1007/s40279-018-0872-x.

[45]. Schoenfeld BJ, Grgic J, Krieger J. How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. Journal of sports sciences. 2019;37(11):1286-95. doi: 10.1080/02640414.2018.1555906.

[46]. Haddock CK, Poston WS, Heinrich KM, Jahnke SA, Jitnarin N. The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. Military medicine. 2016;181(11):e1508-e14. doi: 10.7205/MILMED-D-15-00503.

[47]. Feito Y, Hoffstetter W, Serafini P, Mangine G. Changes in body composition, bone metabolism, strength, and skill-specific performance resulting from 16-weeks of HIFT. PloS one. 2018;13(6):e0198324. doi: 10.1371/journal.pone.0198324.

[48]. Fealy CE, Nieuwoudt S, Foucher JA, Scelsi AR, Malin SK, Pagadala M, et al. Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. Experimental physiology. 2018;103(7):985-94. doi: 10.1113/EP086844.

[49]. Feito Y, Patel P, Sal Redondo A, Heinrich KM. Effects of eight weeks of high intensity functional training on glucose control and body composition among overweight and obese adults. Sports. 2019;7(2):51. doi: 10.3390/sports7020051.

[50]. Morales J, Sobonya S. Use of submaximal repetition tests for predicting 1-RM strength in class athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1996;10(3):186-9.

[51]. Jamka M, Makarewicz-Bukowska A, Bokayeva K, Śmidowicz A, Geltz J, Kokot M, et al. Comparison of the Effect of Endurance, Strength and Endurance-Strength Training on Glucose and Insulin Homeostasis and the Lipid Profile of Overweight and Obese Subjects: A Systematic Review and Meta-Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(22):14928. doi: 10.3390/ijerph192214928.

[52]. Batrakoulis A, Jamurtas AZ, Metsios GS, Perivoliotis K, Liguori G, Feito Y, et al. Comparative Efficacy of 5 Exercise Types on Cardiometabolic Health in Overweight and Obese Adults: A Systematic Review and Network Meta-Analysis of 81 Randomized Controlled Trials. Circulation Cardiovascular quality and outcomes. 2022;15(6):e008243. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.121.008243.

[53]. Li S, Kim JY, Sim YJ. Effects of 10-week combined training on lipid metabolic regulatory hormones and metabolic syndrome index according to exercise dose in obese male college students. J Exerc Rehabil. 2020;16(1):101-7. doi: 10.12965/jer.2040008.004.

[54]. Dianatinasab A, Koroni R, Bahramian M, Bagheri-Hosseinabadi Z, Vaismoradi M, Fararouei M, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined exercises on the plasma irisin levels, HOMA-IR , and lipid profiles in women with metabolic syndrome: A randomized controlled trial. Journal of Exercise Science & Fitness. 2020;18(3):168-76. doi: 10.1016/j.jesf.2020.06.004.

[55]. Jorge MLMP, de Oliveira VN, Resende NM, Paraiso LF, Calixto A, Diniz ALD, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. Metabolism. 2011;60(9):1244-52. doi: 10.1016/j.metabol.2011.01.006.

[56]. Beigi S, Shabkhiz F, Kordi M, Haghi-Ashtiani B, Hashemi-Madani N. The 10-week of aerobic-functional training improves fasting blood sugar, insulin resistance, and lipid profile in patients with diabetic peripheral neuropathy: A randomized controlled trial. Biomedical Human Kinetics. 2022;14(1):177-82. doi: 10.2478/bhk-2022-022

[57]. Rossi FE, Fortaleza AC, Neves LM, Buonani C, Picolo MR, Diniz TA, et al. Combined Training (Aerobic Plus Strength) Potentiates a Reduction in Body Fat but Demonstrates No Difference on the Lipid Profile in Postmenopausal Women When Compared With Aerobic Training With a Similar Training Load. Journal of strength and conditioning research. 2016;30(1):226-34. doi: 10.1519/JSC.0000000000001020.

[58]. Tambalis K, Panagiotakos DB, Kavouras SA, Sidossis LS. Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence. Angiology. 2009;60(5):614-32. doi: 10.1177/0003319708324927.

[59]. Collins KA, Ross LM, Slentz CA, Huffman KM, Kraus WE. Differential effects of amount, intensity, and mode of exercise training on insulin sensitivity and glucose homeostasis: a narrative review. Sports Medicine-Open. 2022;8(1):1-23. doi: 10.1186/s40798-022-00480-5.

[60]. Pesta DH, Goncalves RL, Madiraju AK, Strasser B, Sparks LM. Resistance training to improve type 2 diabetes: working toward a prescription for the future. Nutrition & metabolism. 2017;14(1):11-10. doi: 10.1186/s12986-017-0173-7.

[61]. Mann S, Beedie C, Jimenez A. Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. Sports medicine (Auckland, NZ). 2014;44(2):211-21. doi: 10.1007/s40279-013-0110-5.

[62]. Lira FS, Yamashita AS, Uchida MC, Zanchi NE, Gualano B, Martins E, Jr., et al. Low and moderate, rather than high intensity strength exercise induces benefit regarding plasma lipid profile. Diabetol Metab Syndr. 2010;2:31. doi: 10.1186/1758-5996-2-31.

[63]. Fett CA, Fett WC ,Marchini JS. Circuit weight training vs jogging in metabolic risk factors of overweight/obese women. Arquivos brasileiros de cardiologia. 2009;93(5):519-25. doi: 10.1590/s0066-782x2009001100013.

[64]. Ormazabal V, Nair S, Elfeky O, Aguayo C, Salomon C, Zuñiga FA. Association between insulin resistance and the development of cardiovascular disease. Cardiovascular diabetology. 2018;17:1-14. doi: 10.1186/s12933-018-0762-4.

[65]. Matos MAd, Vieira DV, Pinhal KC, Lopes JF, Dias-Peixoto MF, Pauli JR, et al. High-intensity interval training improves markers of oxidative metabolism in skeletal muscle of individuals with obesity and insulin resistance. Frontiers in Physiology. 2018;9:1451. doi: 10.3389/fphys.2018.01451.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی