http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
Autumn/Winter 2023
Volume 10, Number 2
124-138

Original Article **Open Access**

The comparison the effect of resistance training versus aerobic training on endothelial function in adults: a systematic review and meta-analysis

Musa Khalafi[*1], Pejman Taghibeikzadehbadr[2], Eisa Naebi Alamdari[3]

Receive 2023 May 01; Accepted 2023 June 04

Abstract

Aim: Exercise training leads to the improvement of endothelial function; however, the effect of resistance training versus aerobic exercise on endothelial function is unknown. Therefore, the purpose of this meta-analysis was to investigate the effect of resistance training versus aerobic training on endothelial function in adults.

Method: A search was performed in the electronic databases of PubMed, Scopus, Web of Science and Google Scholar until January 13, 2023 for studies of resistance training versus aerobic training on the FMD (flow-mediated dilation) index. The keywords used included "resistance training", "aerobic training" and "endothelial function". Weighted mean difference (WMD) and 95% confidence interval were calculated using CMA2 software in order to determine the effect size.

Results: A total of 12 studies with 473 participants were included to meta-analysis with age and BMI range 21 to 71 years and 24 to 32 kg/m2, respectively. The results of the present meta-analysis showed that both types of resistance and aerobic training lead to an improvement in FMD and there was no significant difference between the two types of training [-0.37 (CI: -1.17 to 0.43), p=0.549]. However, there was a high and significant heterogeneity (I2=61.65, p=0.001).

Conclusion: The results of the present study showed that both resistance and aerobic training protocols lead to improvement of endothelial function in adults, which may lead to improvement of cardiovascular function and, subsequently, reduction of cardiovascular diseases induced mortality.

Keywords: resistance training, aerobic training, endothelial function, FMD, cardiovascular disease**.**

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran. ***(corresponding author)** Email: mousa.khalafi@kashanu.ac.ir
2. Department of Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
3. MSc in Sports Physiology, Islamic Azad University, Marand Branch, Marand, Iran

Cite as: Khalafi, Mousa. Taghibeikzadehbadr, Pejman. Naebi Alamdari, Eisa. The comparison the effect of resistance training versus aerobic training on endothelial function in adults: a systematic review and meta-analysis. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2023; 10(2): 124-138.
Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University
Journal ISSN (online): 2676-6507
Access Type: Open Access
DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554
DOR: 20.1001.1.26766507.1402.10.2.10.2

Copyright ©The authors

Extended abstract

Background

Endothelial function is an important clinical indicator that endothelial dysfunction is known as the most important factor in the development of chronic cardiovascular diseases. FMD is the gold standard technique to assess vascular function and is widely used to measure endothelial health, and is an independent predictor of cardiovascular disease. Regardless of exercise type, intensity and duration, exercise training improves the risk factors of cardiovascular diseases such as inflammation, visceral fat, insulin resistance and endothelial function in different people, which leads to the prevention of cardiovascular diseases and the treatment of these diseases. On the other hand, regular exercise training play a significant role in reducing mortality from cardiovascular diseases (12-14). The beneficial effects of exercise training may be due to the improvement of endothelial function. Despite the beneficial effects of both types of aerobic and resistance training on improving endothelial function, there is no meta-analytical study in the field of direct comparison of resistance and aerobic exercise to determine which of resistance and aerobic exercises has a greater effect on endothelial function. Therefore, the aim of the present study is to investigate the effect of various types of resistance training against aerobic training in adult subjects.

Materials and Methods

The present study was carried out based on the Cochrane guidelines and the Preferred Items in the Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) articles.

Data sources and search method. A search was conducted from PubMed, Scopus and Web of Science electronic databases to extract original published articles using keywords from the inception to January 13, 2023.

Selection criteria. The criteria for including the research included the following: a) publication in English-language journals, b) conducting human research on subjects older than 18 years, c) comparing the effect of resistance training against aerobic training, with an intervention duration of more than 2 weeks, d) measurement of FMD value.

Data Extracting. The required data and information were extracted from each of the articles. These data and information included the following: a) characteristics of the research such as the type of study, randomness of groupings and sample size, b) characteristics of subjects such as data related to gender, health conditions, age and BMI, c) characteristics of the training protocols such as the type of training, training duration, number of sessions, intensity and duration of each training session, and d) FMD values.

Statistical analysis. The present meta-analysis was conducted to investigate the effect of resistance training against aerobic training on FMD. According to the reported FMD value, the effect size (WMD) and 95% confidence intervals (CIs) were calculated using the random effect model. The interpretation of the effect size was done based on the Cochrane formula as follows: zero to 0.19, 0.2 to 0.49, 0.5 to 0.79, and 0.8 and greater than 0.8 respectively indicate the mild, small, medium and large effect size. The I2 test was used to examine heterogeneity, which was interpreted based on the Cochrane guidelines. Publication bias was carried out using visual analysis of funnel plot (with or without adding studies to the left and right side of the curve) and Egger's test as a secondary determinant of publication bias. All the tests were done using CMA2 software

Results

Search. From the search conducted in electronic databases, 852 articles were obtained from PubMed, 592 articles from Soups and 886 articles from Web of Science. After reviewing the articles based on the title, keywords and abstract, 45 articles were selected for full text study. Finally, after reviewing the full text of the articles, 12 articles were included in the meta-analysis process and 33 other articles were excluded.

Main meta-analysis. A total of 12 studies were included in the present meta-analysis. The results showed that there is no significant difference between resistance and aerobic training in increasing FMD in adults [WMD:-0.37 (CI: -1.17 to 0.43), p=0.549]. There was a high and significant heterogeneity (I^2=61.65, p=0.001). Examination of publication bias using visual funnel plot analysis indicated publication bias, which added 4 studies to the right side of the plot. But, the results of Egger's test (p=0.74) did not confirm it.

Discussion

Endothelial dysfunction is related to the development of cardiovascular diseases, and FMD is known as the main indicator of endothelial function. Endothelial dysfunction leads to an increase in the risk of cardiovascular diseases in people with a history of vascular diseases and healthy people - both (27, 42). On the other hand, according to the researches, the

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554

increase in FMD can have positive effects on vascular endothelial parameters (43). Previous studies have shown that a 1% increase in FMD leads to a 13% decrease in events related to cardiovascular diseases (44). Regular exercise training in different people has led to the positive adaptations of endothelial fucntion, which greatly reduces the incidence of cardiovascular diseases (45). The findings of the present study also showed that both resistance and aerobic training lead to the improvement of endothelial function, which is consistent with the results of previous meta-analyses.

Article message

In general, the findings of the present study show that both aerobic and resistance training protocols lead to improvement of endothelial function in adults. These beneficial effects of exercise on endothelial function may lead to improved cardiovascular system function and reduced mortality from cardiovascular-related diseases in adults. The results of the present study prescribe the use of both types of aerobic and resistance training to improve endothelial function in adults.

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش
سال دهم، شماره دوم ؛
پاییز و زمستان ۱۴۰۲؛ صفحات ۱۲۴-۱۳۸

Open Access

مقاله پژوهشی

مقایسه تاثیر تمرین مقاومتی در برابر تمرین هوازی بر عملکرد اندوتلیال در بزرگسالان: مروری نظام مند و فراتحلیل

موسی خلفی[*۱]، پژمان تقی بیک زاده بدر[۲]، عیسی نائبی علمداری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۴

چکیده

هدف: تمرینات ورزشی منجر به بهبود عملکرد اندوتلیال می‌شود، با این حال تاثیر تمرین مقاومتی در برابر هوازی بر عملکرد اندوتلیال ناشناخته است. از این رو، هدف فراتحلیل حاضر بررسی تاثیر تمرین مقاومتی در برابر تمرین هوازی بر عملکرد اندوتلیال در افراد بزرگسال بود. **روش شناسی:** جستجو در پایگاه‌های اطلاعات الکترونیکی PubMed، Scopus، Web of science و Google scholar تا تاریخ ۲۳ دی ۱۴۰۱ (۱۳ ژانویه ۲۰۲۳) برای مطالعات تمرین مقاومتی در برابر تمرین هوازی بر روی شاخص اتساع عروقی حاصل از جریان خون (FMD) صورت گرفت. کلمات کلیدی استفاده شده شامل کلید واژه‌های "تمرین مقاومتی"، "تمرین هوازی" و "عملکرد اندوتلیال" بودند. تفاوت میانگین وزنی (WMD) و فاصله اطمینان ۹۵٪ با استفاده از نرم افزار CMA2 به منظور تعیین اندازه اثر محاسبه شد. **یافته‌ها:** در مجموع ۱۲ مطالعه با ۴۷۳ آزمودنی با دامنه سنی و شاخص توده بدنی به ترتیب از ۲۱ تا ۷۱ سال و ۲۴ تا ۳۲ کیلوگرم بر مترمربع وارد پژوهش حاضر شدند. نتایج فراتحلیل حاضر نشان داد هر دو نوع تمرین مقاومتی و هوازی منجر به بهبود افزایش FMD می‌شوند و تفاوت معنی‌داری بین دو نوع تمرین وجود ندارد [p=۰/۵۴۹، (۱/۱۷- الی ۰/۳۷-؛CI۰/۴۳)]. با این وجود، ناهمگونی بالا و معنی داری وجود داشت (I^2=۶۱/۶۵, p=۰/۰۰۱). **نتیجه‌گیری:** نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هر دو پروتکل تمرین مقاومتی و هوازی منجر به بهبود عملکرد اندوتلیال در بزرگسالان می‌شود که ممکن است منجر به بهبود عملکرد قلبی-عروقی و به دنبال آن کاهش مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی شود.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، تمرین هوازی، عملکرد اندوتلیال، FMD، بیماری قلبی-عروقی.

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/. مشاهده کنید

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران (نویسنده مسئول) mousa.khalafi@kashanu.ac.ir
۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرند، مرند، ایران

نحوه ارجاع: خلفی، موسی. تقی بیک زاده بدر، پژمان. نائبی علمداری، عیسی." مقایسه تاثیر تمرین مقاومتی در برابر تمرین هوازی بر عملکرد اندوتلیال در بزرگسالان: مروری نظام مند و فراتحلیل ". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۲: ۱۰ (۲)،۱۲۴-۱۳۸.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۶۵۰۷
نوع دسترسی: آزاد
DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554
DOR: 20.1001.1.26766507.1402.10.2.10.2

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

مقدمه

اختلال در عملکرد اندوتلیال به عنوان مهمترین عامل در توسعه بیماری-های مزمن قلبی–عروقی شناخته شده است (۱). اندوتلیوم سطح داخلی رگ‌های خونی را تشکیل می‌دهد که منجر به تنظیم تنش عروقی و حفظ ساختار رگ می‌شود (۲). افزایش دسترسی زیستی نیتریک اکساید به منظور حفظ سلامت و ساختار اندوتلیال حیاتی بوده و اختلال در عملکرد اندوتلیال را کاهش می‌دهد (۳). اتساع عروقی حاصل از جریان خون (FMD[۱]) به عنوان شناخته شده‌ترین شاخص برای بررسی عملکرد اندوتلیال می‌باشد که وابسته به عملکرد نیتریک اکساید می‌باشد (۳). به طوری که، شاخص FMD به عنوان یک مارکر اصلی برای پیش بینی بیماری‌های قلبی–عروقی نیز شناخته شده است که نشان دهنده اختلال در عملکرد اندوتلیال می‌باشد (۴, ۵).

تمرینات ورزشی صرف نظر از نوع، شدت و مدت آن، عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی–عروقی مانند التهاب، چربی احشایی، مقاومت به انسولین و عملکرد اندوتلیال را در افراد مختلف بهبود می‌دهند (۶–۱۱) که منجر به پیش‌گیری از ابتلا به بیماری‌های قلبی–عروقی و همچنین درمان این بیماری‌ها می‌شود. از سویی تمرینات منظم ورزشی در کاهش مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی–عروقی تاثیر بسزایی ایفا می‌کند (۱۲–۱۴). آثار مفید تمرینات ورزشی ممکن است به واسطه بهبود عملکرد اندوتلیال باشد. در مطالعات مختلفی نشان داده شده است که تمرینات ورزشی منجر به بهبود عملکرد اندوتلیال و همچنین افزایش در دسترس بودن نیتریک اکساید می‌شود (۱۵, ۱۶). با این، وجود آثار تمرینات ورزشی وابسته به نوع تمرین می‌باشد. در این زمینه، تمرینات هوازی بیشتر با اهداف کاهش وزن به ویژه کاهش توده چربی و تمرینات مقاومتی با اهداف افزایش قدرت و توده عضلانی به کار گرفته می شوند. با این وجود، به خوبی مشخص شده است که انواع مختلف تمرین شامل تمرین مقاومتی و هوازی به منظور کاهش عوارض مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی–عروقی می‌شود (۱۵, ۱۶). البته در برخی مطالعات نشان داده شده است که تمرین مقاومتی بر روی عملکرد اندوتلیال بی‌تاثیر بوده (۱۷–۲۱) و یا حتی اثرات منفی بر روی آن داشته است (۲۲, ۲۳). از سویی با توجه به چندین مطالعه انجام شده، تمرین هوازی اثرات مثبت بیشتری بر روی افزایش FMD در مقایسه با انواع مختلف تمرین (مقاومتی و ترکیبی) دارد (۲۴–۲۷). با وجود این مطالعات، فراتحلیل‌های انجام شده نشان داده‌اند که هر دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی ممکن است منجر به بهبود عملکرد اندوتلیال می‌شوند (۲۴–۲۷). در همین راستا، فراتحلیل قبلی توسط خلفی و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که تمرینات تناوبی با شدت بالا منجر به افزایش FMD و بهبود عملکرد اندوتلیال در بزرگسالان می‌شود که اثرات بیشتری در افراد با بیماری‌های کاردیومتابولیک مشاهده شد (۱۱). همچنین، در فراتحلیل دیگر، تاو و همکاران (۲۰۲۳) نیز اثرات مفید تمرین هوازی را بر بهبود عملکرد اندوتلیال اندازه‌گیری شده با FMD را گزارش کردند (۲۸). در ارتباط با تمرین مقاومتی نیز، فراتحلیل قبلی توسط سیلوا و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که تمرین مقاومتی منجر به بهبود علمکرد اندوتلیال در بزرگسالان می‌شود (۲۷). با وجود آثار مفید هر دو نوع تمرینات ورزشی هوازی و مقاومتی بر بهبود عملکرد اندوتلیال، مطالعه فراتحلیلی در زمینه مقایسه مستقیم تمرین مقاومتی با هوازی وجود ندارد تا مشخص شود کدامیک از تمرینات مقاومتی و هوازی اثر گذاری بیشتری بر عملکرد اندوتلیال دارد. در ارتباط با مقایسه مستقیم آثار تمرین هوازی و مقاومتی، فراتحلیل‌هایی در مورد فاکتورهای سلامت قلبی– عروقی و متابولیکی مانند چربی احشایی و مارکرهای گلایسمی وجود دارد (۲۹). این رویکرد مقایسه مستقیم پروتکل‌های تمرین ورزشی منجر به شفاف سازی اثرات مفید تمرین خواهد داشت. از این رو هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر انواع تمرینات مقاومتی در مقابل تمرینات هوازی در آزمودنی‌های بزرگسال می-باشد.

روش پژوهش

نوع مطالعه

مطالعه حاضـر بر پایه راهنمای کاکرین و دستورالعمل موارد ترجیحی در گزارش مقالات مرور نظام مند و فراتحلیل (***PRISMA***) انجام شـــده است.

منابع داده ها و روش جستجو. جستجو از پایگاه‌های اطلاعات الکترونیکی PubMed، Scopus و Web of Science و برای استخراج مقالات اصیل چاپ شده با استفاده از کلمات کلیدی از زمان شروع تا تاریخ ۲۳ دی ۱۴۰۱ (۱۳ ژانویه ۲۰۲۳) انجام شد. محدودیت جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی شامل مطالعات انسانی، مقالات پژوهشی (اصیل) و همچنین زبان انگلیسی بود. کلمات کلیدی استفاده شده و روش دقیق

[۱] Flow-mediated dilation

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554

جستجو به منظور استخراج مقالات از پایگاه‌های مدلاین از طریق پاب مد به شکل زیر بود:

("Strength training" OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR "strength exercise" OR "weight training") AND ("aerobic training" OR "endurance training" OR "aerobic exercise" OR "endurance exercise" OR "interval training") AND ("brachial artery," "brachial artery dilation," "flow mediated dilation," "endothelial function," "endothelium," "artery blood flow," "artery dilation," "flow-mediated," "flow-mediated," "vascular," "vascular endothelium," "vascular reactivity," and "vasodilation")

همچنین، جستجویی در Google Scholar برای اطمینان از دست نرفتن مطالعه‌ای صورت گرفت. علاوه بر این، فهرست منابع مقالات استخراج شده نیز مورد جستجوی دستی قرار گرفت. تمامی فرایند جستجوی مقالات توسط دو نفر از نویسندگان (م.خ و پ.ت) به شکل مستقل صورت گرفت و هر گونه اختلاف نظر از طریق تعامل و مشورت با یکدیگر حل شد.

معیارهای انتخاب مقاله. معیارهای ورود به پژوهش شامل موارد زیر بود: الف) چاپ در مجلات انگلیسی زبان، ب) انجام پژوهش انسانی بر روی آزمودنی‌های با سن بیشتر از ۱۸ سال، ج) مقایسه تاثیر تمرین مقاومتی در مقابل تمرین هوازی، با طول مداخله بیشتر از ۲ هفته، د) اندازه گیری مقدار *FMD*. در مورد نوع مطالعات، مطالعات تصادفی دارای گروه تمرین مقاومتی با گروه تمرین هوازی به پژوهش حاضر وارد شدند. آزمودنی‌های بالای ۱۸ سال بدون هیچ محدودیتی وارد پژوهش حاضر شدند. در ارتباط با تمرین ورزشی، تمرینات مختلف مقاومتی نظیر ایزومتریک، وزنه‌های آزاد و هر نوع تمرین هوازی نظیر تمرینات اینتروال و تداومی بر روی دوچرخه کارسنج، نوارگردان و غیره وارد پژوهش حاضر شدند. تمرینات مقاومتی که در آنها از ویبریشن استفاده شده بود از پژوهش حاضر کنار گذاشته شدند. در مورد شدت تمرینات انجام شده هیچگونه محدودیتی در پژوهش حاضر در نظر گرفته نشد. با این حال، مطالعاتی که در آنها از محدودیت جریان خون و مداخلات دارویی استفاده شده بود از مطالعه کنار گذاشته شدند. در مقابل، معیارهایی که برای خروج از پژوهش حاضر در نظر گرفته شد، شامل مطالعات انجام شده بر روی نمونه‌های غیر انسانی و مقالات مروری و فرا تحلیل بود. مراحل بررسی مقالات بر اساس عنوان، چکیده و همچنین بررسی متن کامل مقالات با توجه به معیارهای ورود و خروج پژوهش به صورت مستقل توسط دو نویسنده (م.خ و پ.ت) انجام گرفت و هر نوع اختلاف نظر از طریق تعامل با یکدیگر حل شد.

استخراج داده ها. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از هر یک از مقالات استخراج شد. این داده‌ها و اطلاعات شامل موارد زیر بود: الف) ویژگی پژوهش نظیرنوع مطالعه، تصادفی بودن گروه بندی‌ها و حجم نمونه، ب) ویژگی آزمودنی‌ها نظیرداده‌های مرتبط با جنسیت، شرایط سلامتی، سن و *BMI*، ج) ویژگی برنامه تمرین مقاومتی و هوازی نظیرنوع تمرین، طول تمرین، تعداد جلسات، شدت و مدت هر جلسه تمرین، و د) مقادیر *FMD*. همچنین برای محاسبه اندازه اثر، اطلاعات مربوط به *FMD* نظیر میانگین و انحراف استاندارد برای گروه تمرین مقاومتی و هوازی – هر دو –در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون، استخراج شدند. در صورت عدم وجود داده‌های پیش آزمون و پس آزمون، از میانگین تغییرات (پس آزمون _ پیش آزمون) و انحراف استاندارد مرتبط استفاده شد. با این حال، در صورت عدم دسترسی به اطلاعات و عدم استخراج آنها از نمودار، با نویسنده مسئول برای دریافت داده‌ها مکاتبه انجام پذیرفت. استخراج اطلاعات به صورت مستقل به وسیله دو نویسنده (م.خ و پ.ت) صورت گرفت و هر نوع اختلاف نظر از طریق تعامل با یکدیگر حل شد.

بررسی کیفیت مطالعات. برای سنجش کیفیت پژوهش‌های وارد شده به مطالعه حاضراز چک لیست *Pedro* استفاده گردید. این ابزار، شامل ۱۱ معیار می‌شود. نظر به این که معیار کور کردن آزمودنی‌ها و کور کردن مداخله گر برای مداخلات ورزشی قابل اجرا نبودند، از چک لیست مطالعه حاضر حذف شدند. به همین دلیل با استفاده از ۹ معیار، سنجش کیفیت مطالعات انجام گردید که دامنه امتیاز صفر تا ۹ به ترتیب بیانگر کیفیت پایین و کیفیت بالا برای پژوهش‌های انجام شده بود. معیارهای سنجش در جدول ۱ آورده شده است. سنجش کیفیت پژوهش‌ها به صورت مستقل به وسیله دو نویسنده (م.خ و پ.ت) انجام گردید و هر نوع اختلاف نظر از طریق تعامل با یکدیگر حل شد.

روش های آماری. فراتحلیل حاضر به منظور بررسی اثر تمرین مقاومتی در مقابل تمرین هوازی بر *FMD* صورت پذیرفت. با توجه به گزارش مقدار *FMD* ، اندازه اثر (*WMD*) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (*CIs*) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. تفسیر اندازه اثر بر پایه دستور العمل کاکرین به شرح زیر انجام شد: صفر تا ۰/۱۹، ۰/۲ تا ۰/۴۹، ۰/۵ تا ۰/۷۹ و ۰/۸ و بزرگتر از ۰/۸ به ترتیب بیانگر اندازه اثر خفیف، کوچک، متوسط و بزرگ بود (۳۰). از آزمون *I2*، برای بررسی ناهمگونی (عدم تجانس) استفاده گردید که تفسیر آن بر پایه دستورالعمل کاکرین به شکل زیر انجام گردید: کمتر از ۲۵ درصد، بیشتر از ۲۵ درصد، بیشتر از ۵۰ درصد و بیشتر از ۷۵ درصد به ترتیب بیانگر ناهمگونی خفیف، ناهمگونی کم، ناهمگونی متوسط و ناهمگونی بالا بود (۳۰). بررسی سوگیری انتشار با استفاده از تحلیل بصری فونل پلات (با اضافه شدن یا نشدن مطالعات به

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

سمت چپ و راست منحنی) و همچنین آزمون *Egger* به عنوان تعیین کننده ثانویه بررسی سوگیری انتشار انجام شد که سطح معنی‌داری $p<۰/۱۰$ در نظر گرفته شد (۳۱). روش trim and fill برای اصلاح سوگیری انتشار استفاده شد. تمامی آزمون‌ها با استفاده از نرم افزار *CMA2* صورت گرفت.

جستجو. از جستجوی انجام شده در پایگاه‌های الکترونیکی اطلاعاتی، تعداد ۸۵۲ مقاله از PubMed مد،۵۹۲ مقاله از Soups و ۸۸۶ مقاله از web of Science بدست آمد که پس از حذف مقالات تکراری، ۱۷۸۷ مقاله به منظور بررسی‌های بیشتر وارد پژوهش حاضر شدند. بعد از بررسی مقالات بر پایه عنوان، کلمات کلیدی و چکیده، ۴۵ مقاله برای مطالعه متن کامل انتخاب شدند.

یافته‌ها

جدول ۱- ویژگی آزمودنی ها و پروتکل تمرین

مطالعه (سال)	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	توصیف مداخلات تمرینی و کنترل	طول مداخله (جلسه در هفته)
آلمنینگ و همکاران (۲۰۱۵) (۳۲)	۱۶(زن)	سندرم تخمدان پلی کیستیک	۲۷/۲±۵/۵	۲۶/۷±۶	تمرین مقاومتی: ۳ست، ۸ تکرار با ۷۵ درصد شدت بیشینه و ۱ دقیقه استراحت بین ست ها (۸ دستگاه) تمرین هوازی: ۴ ست ۴ دقیقه ای با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد حدکثر ضربان قلب، که با ست های ۳ دقیقه ای با شدت ۷۰ درصد حدکثر ضربان قلب جدا میشد(۲ جلسه درهفته) و ۱۰ ست ۱ دقیقه ای با حداکثر شدت با ۱ دقیقه ریکاوری بین ست ها (۱ جلسه در هفته)	۱۰ هفته (۳)
بک و همکاران (۲۰۱۳) (۳۳)	۲۸(زن،مرد)	سالم	تمرین مقاومتی ۲۱/۱±۲/۵ تمرین هوازی ۲۱/۲±۲/۵	تمرین مقاومتی ۲۷/۴±۵/۱ تمرین هوازی ۲۸/۷±۵/۵	تمرین مقاومتی : ۲ ست با ۸ تا ۱۲ تکرار تا خستگی ارادی، (۷ دستگاه) تمرین هوازی: تمرین اینتروال بر روی تردمیل (دویدن و راه رفتن) با ۶۵ تا ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه	۸ هفته (۳جلسه)
بوئنو و همکاران (۲۰۲۰) (۳۴)	۳۰(زن،مرد)	فشار خون بالا	۳۰-۵۹	تمرین مقاومتی ۳۱/۵±۴/۵ تمرین هوازی ۳۲/۹±۴/۵	تمرین مقاومتی: ۲ تا ۳ ست با ۸ تا ۲۰ تکرار زیر بیشینه(۸ دستگاه) تمرین هوازی: دویدن بر روی تردمیل با شدت پشیرونده، شروع با شدت ۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره، هر ۴ هفته ۱۰ درصد به شدت کار اضافه شد تا شدت ۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره	۱۲ هفته (۳جلسه)

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554

بویدن و همکاران (۲۰۲۱) (۳۵)	۳۴(مرد)	سالم	تمرین مقاومتی ۲±۲۱ تمرین هوازی ۲±۲۱	تمرین مقاومتی ۳±۲۴/۱ تمرین هوازی ۳±۲۴/۱	تمرین مقاومتی: ۴ ست ، ۱۰ تکرار، ۸۰ درصد تکرار بیشینه، بین ست ها ۲ دقیقه ریکاوری تمرین هوازی : ۳۰ دقیقه ورزش تدامی با ۷۰ درصد ضربان قلب حداکثر(جلسه ۲،۱ و ۳)- ۵ ست شامل ۵ دقیقه با شدت ۷۰ درصد ضربان قلب حداکثر و ۱ دقیقه با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب حداکثر(جلسه ۵،۴ و ۶)- ۳۰ دقیقه تمرین تداومی با شدت ۸۰ درصد ضربان قلب حداکثر(جلسه ۸،۷ و ۹)- ۵ ست شامل ۵ دقیقه با شدت ۸۰ درصد ضربان قلب حداکثر و ۱ دقیقه با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب حداکثر(جلسه ۱۰ و ۱۱)- ۳۰ دقیقه ورزش تدامی با ۷۰ درصد ضربان قلب حداکثر(جلسه ۱۲)	۴ هفته (۳ جلسه)
کیسی و همکاران (۲۰۰۷) (۲۰)	۲۳(زن)	یائسه	تمرین مقاومتی ۴/۵±۵۸/۷ تمرین هوازی ۶/۵±۵۹/۷	تمرین مقاومتی ۳/۲±۲۵/۵ تمرین هوازی ۴/۹±۲۷/۱	تمرین مقاومتی: ۱ ست با ۱۲ تکرار در شدت ۵۰ درصد حداکثر یک تکرار تمرین هوازی: ۳۰ تا ۴۰ دقیقه راه رفتن بر روی تردمیل با شدت ۶۵ تا ۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره	۱۸ هفته (۲جلسه)
کی وون و همکاران (۲۰۱۱) (۳)	۲۵(زن)	دیابت نوع ۲	تمرین مقاومتی ۶/۱±۵۶/۳ تمرین هوازی ۸/۶±۵۵/۵	تمرین مقاومتی ۲/۱±۲۷/۴ تمرین هوازی ۲/۶±۲۶/۷	تمرین مقاومتی: ۳ ست ، ۱۰ تا ۱۵ تکرار با بندهای مقاومتی تمرین هوازی: ۶۰ دقیقه راه رفتن در هر جلسه، با شدت متوسط (۳،۶ تا ۳ مت)	۱۲ هفته (۳ جلسه)
لکاویچ و همکاران (۲۰۲۱) (۳۶)	۲۱(زن،مرد)	چاق	تمرین مقاومتی ۱۲/۳±۴۷ تمرین هوازی ۶/۴±۵۳/۱	تمرین مقاومتی ۲/۳±۲۹/۳ تمرین هوازی ۳/۴±۳۱/۲	تمرین مقاومتی: ۳ ست، ۱۲ تا ۱۵ تکرار، ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه تمرین هوازی: آرمودنی ها ۲۰۰۰ کیلوکالری را در مدت ۱ هفته با شدت ۶۵ تا ۸۰ اکسیژن مصرفی اوج را در چند نوع تمرین هوازی مانند الپتیکال، دوچرخه و...مصرف کردند	۶ ماه (۳ جلسه)
مک درموت و همکاران (۲۰۰۹) (۳۷)	۱۰۳(زن،مرد)	بیماری شریانی محیطی	تمرین مقاومتی ۸/۷±۷۱/۲	تمرین مقاومتی ۷±۳۰/۴	تمرین مقاومتی: ۳ ست ، ۸ تکرار(جلوپا، پرس پا و پشت پا)	۲۴ هفته (۳ جلسه)

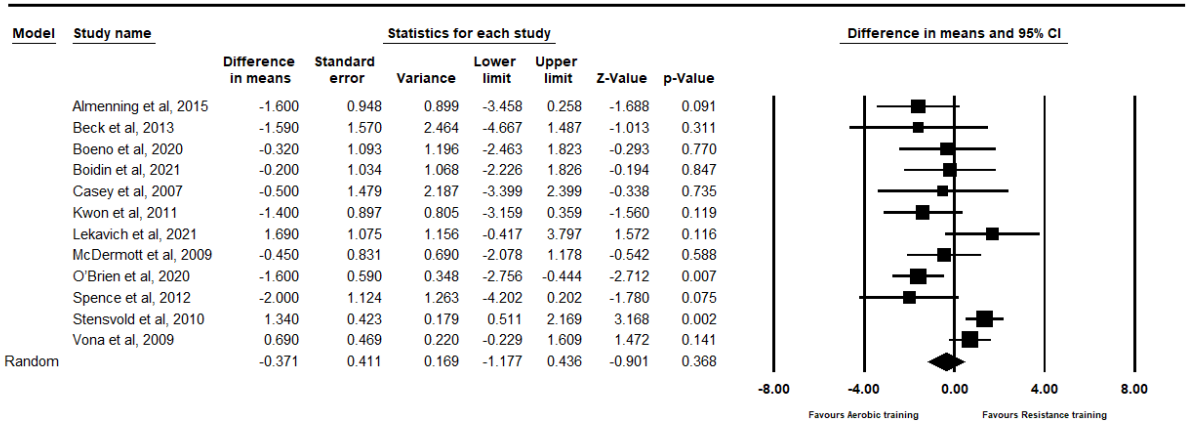
Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

			تمرین هوازی ۷۱/۷±۸/۷		تمرین هوازی: دویدن شروع با ۱۵ و در ادامه افزایش به ۴۰ دقیقه با شدت ۱۲ تا ۱۴ بورگ	تمرین هوازی ۳۰/۴±۶/۲	
اوبرین و همکاران (۲۰۱۹) (۳۸)	۳۸(زن، مرد)	سالم	۶±۶۷	تمرین مقاومتی:۸ دستگاه، ۲ ست، ۱۰ تکرار تمرین هوازی: ۲ ست ۲۰ دقیقه ای با شدت ۱۰۰ درصد توان خروجی اوج با ۱۵ استراحت بین ست ها		گزارش نشده
اسپنس و همکاران (۲۰۱۲) (۳۹)	۲۷(مرد)	سالم	۵±۲۷	تمرین مقاومتی : افراد در سطح قهرمانی تمرین مقاومتی انجام دادند تمرین هوازی: در سطح قهرمانی تمرین هوازی انجام دادند	گزارش نشده	۶ ماه تمرین
استنس ولد و همکاران (۲۰۱۰) (۴۰)	۲۲(زن،مرد)	سندرم متابولیکی	تمرین مقاومتی ۵۰/۹±۷/۶ تمرین هوازی ۴۹/۹±۱۰/۱	تمرین مقاومتی: ۲ ست، ۱۵ تا ۲۰ تکرار، ۴۰ تا ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه تمرین هوازی: ۴ اینتروال ۴ دقیقه ای ، با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب اوج		۱۲هفته تمرین (۴ جلسه)
وونا و همکاران (۲۰۰۹) (۴۱)	۱۰۶(زن،مرد)	قلبی–عروقی	تمرین مقاومتی ۸±۵۷ تمرین هوازی ۶±۵۶	تمرین مقاومتی: ۴ ست، ۱۰ تا ۱۲ تکرار، ۴۵ ثانیه تا ۱ دقیقه استراحت بین ست ها تمرین هوازی: دوچرخه سواری بر روی دستگاه ارگومتر، با شدت ۷۵ درصد ضربان قلب اوج		۴هفته تمرین (۴ جلسه)

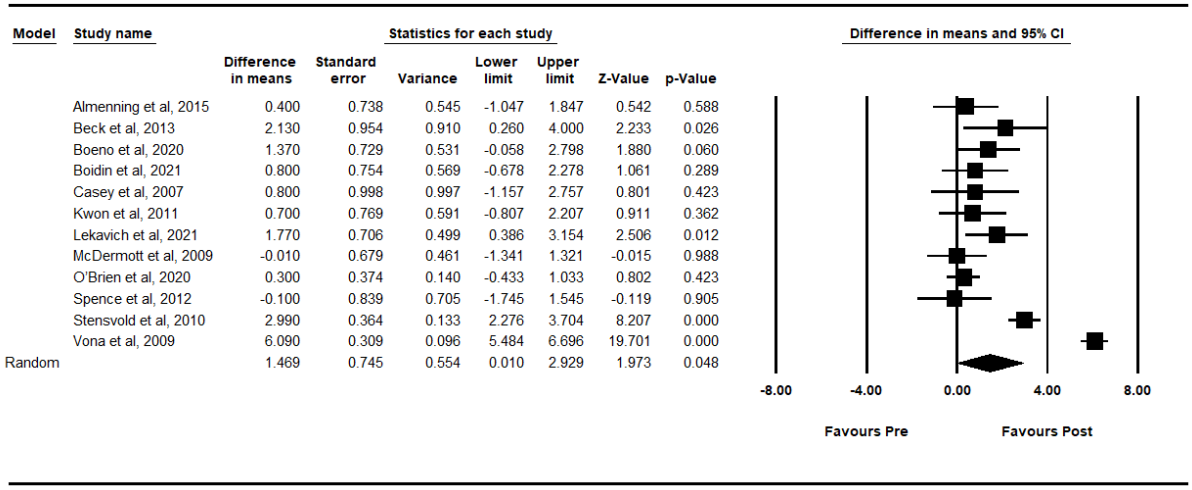
علامت * تفاوت معنادار در مقایسه با گروه سالین، علامت # تغییرات معنادار را در مقایسه با گروه H_2O_2

Copyright ©The authors

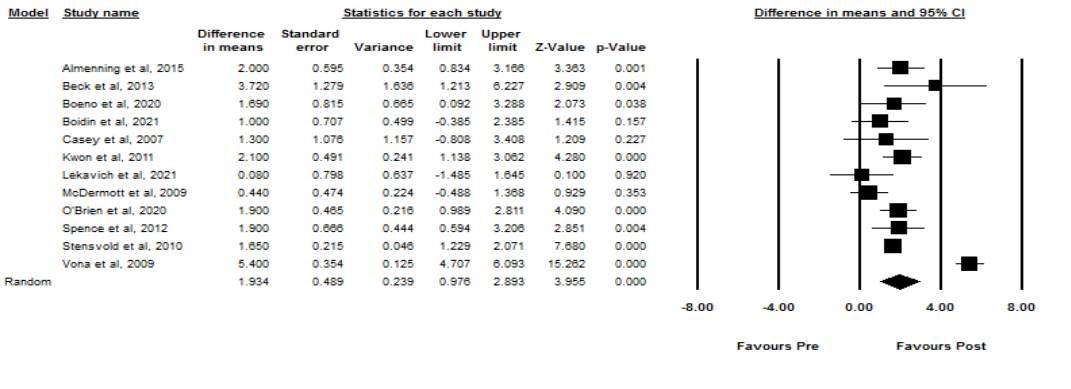
http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554



نمودار۲. نمودار انباشت (Forest Plot) تاثیر تمرین مقاومتی در برابر هوازی بر FMD



نمودار۳. نمودار انباشت (Forest Plot) تاثیر تمرین مقاومتی بر FMD

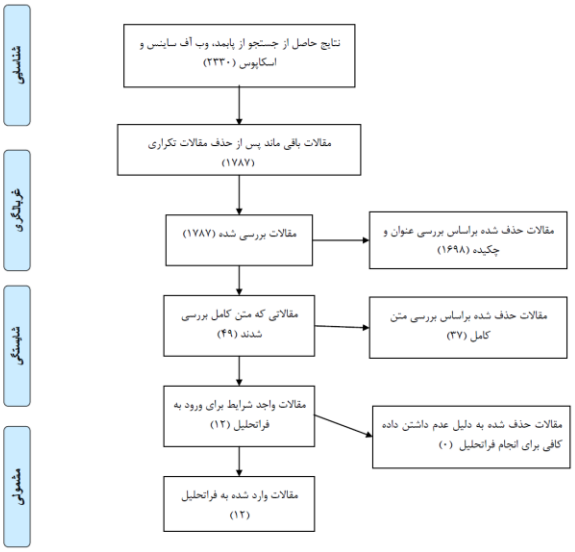


Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

نمودار۴. نمودار انباشت (Forest Plot) تاثیر تمرین هوازی بر FMD

در نهایت بعد از بررسی متن کامل مقالات، ۱۲ مقاله وارد فرایند فراتحلیل شـدند و ۳۳ مقاله دیگر حذف شـدند. فرایند انتخاب مطالعات در نمودار۱ آورده شده است. تمامی مطالعات وارد شده به پژوهش دارای گروه تمرین مقاومتی و گروه تمرین هوازی بودند. اطلاعات کامل مطالعات وارد شـده به پژوهش حاضر در جدول ۱ ارائه شده است.



نمودار ۱. دیاگرام جستجو و انتخاب مقالات

ویژگی آزمودنی ها. در مجموع ۱۲ مطالعه با ۴۷۳ با آزمودنی زن (۳ مطالعه)، مرد (۲ مطالعه) و زن و مرد (۷ مطالعه) وارد پژوهش حاضرشدند. دامنه سـنی و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها به ترتیب تقریبا از ۲۱ تا ۷۱ سـال و ۲۴ تا ۳۲ کیلوگرم بر مترمربع بود. افراد حاضر در پژوهش دارای اختلالات متابولیکی، بیماری‌های قلبی-عروقی و همچنین افراد سـالم بودنـد بودنـد. جزئیـات تکمیلی ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

پروتکل‌های تمرین مقاومتی و تمرین هوازی. پژوهش‌های وارد شـده به فراتحلیل حاضـر، از دو نوع تمرین مقاومتی و تمرین هوازی اسـتفاده کرده بودند. مدت مداخله‌های انجام شده از ۴ هفته تا ۶ ماه بود که بیشـترین مدت تمرین انجام شده ۱۲هفته بود. تعداد جلسات تمرینی در بیشـتر پژوهش‌ها ۳ جلسـه در هفته را شـامل می‌شـد. جزئیات کامل برنامه های تمرینی در جدول ۱ آورده شده است.

فراتحلیل

تحلیل اصلی. در مجموع ۱۲ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند. نتایج بین گروهی نشان داد، تفاوت معنی‌داری بین تمرین مقاومتی و هوازی در افزایش FMD در بزرگسالان وجود ندارد [p=۰/۵۴۹ ،(۱/۱۷- الی CI:۰/۴۳) ۰/۳۷-] (نمودار۲). بررسی ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 نشان داد که ناهمگونی بالا و معنی‌داری وجود دارد (۰/۰۰۱ , I^2=۶۱/۶۵p=). بررسی سوگیری انتشار با استفاده از تحلیل بصری فونل پلات نشان دهنده سوگیری انتشار بود که ۴ مطالعه به سمت راست منحنی اضافه کرد. در حالیکه نتایج آزمون Egger (p=۰/۷۴) آن را تایید نکرد. پس از اصلاح سوگیری انتشار با اضافه شدن مقالات گم شده، نتایج به صورت [p=۰/۵۴۹ ،(۰/۵۳- الی CI:۱/۰۳) ۰/۲۴] تغییر یافت.

تحلیل فرعی. نتایج تحلیل درون گروهی نشان داد که هر دو پروتکل تمرین مقاومتی [p=۰/۰۴ ،(۰/۰۱ الی CI:۲/۹۲) ۱/۴۶] (نمودار۳) و هوازی [p=۰/۰۰۱ ،(۰/۹۷۶ الی CI:۲/۸۹۳) ۱/۹۳۴] (نمودار۴) – هر دو- اثر معنی داری بر افزایش FMD دارند. در مورد تمرین مقاومتی بررسی ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 نشان داد که ناهمگونی بالا و معنی‌داری بود (I^2=۹۴/۹۹, p=۰/۰۰۱). بررسی سوگیری انتشار با استفاده از تحلیل بصری فونل پلات نشان دهنده سوگیری انتشار بود که ۴ مطالعه به سمت راست منحنی اضافه کرد. در حالیکه نتایج آزمون Egger (p=۰/۳۷) آن را تایید نکرد. از سویی در مورد تمرین هوازی، بررسی ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 نشان داد که ناهمگونی بالا و معنی‌داری وجود دارد (I^2=۹۰/۴۴۵, p=۰/۰۰۱). بررسی سوگیری انتشار با استفاده از تحلیل بصری فونل پلات نشان دهنده سوگیری انتشار بود که ۳ مطالعه به سمت راست منحنی اضافه کرد. در حالیکه نتایج آزمون Egger (p=۰/۷۲) آن را تایید نکرد.

بحث

اختلال در عملکرد اندوتلیال با توسعه بیماری‌های قلبی-عروقی ارتباط دارد که *FMD* به عنوان نشانگر اصلی عملکرد اندوتلیال شناخته شده است. اختلال در عملکرد اندوتلیال منجر به افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی در افراد با سابقه بیماری‌های عروقی و افرادسالم – هر دو- می‌شود (۲۷, ۴۲). از سویی با توجه به پژوهش‌های انجام شده، افزایش *FMD*می‌تواند تاثیرات مثبتی بر روی شاخصه‌های اندوتلیال عروقی در افراد سالم و بیمار داشته باشد (۴۳). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که افزایش ۱ درصدی در *FMD* منجربه کاهش ۱۳ درصدی مشکلات مرتبط با بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شود (۴۴). تمرینات ورزشی منظم در افراد مختلف منجر به ایجاد سازگاری‌های مثبت عروق اندوتلیال شده که میزان ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2023.28623.1554

(۴۵). یافته‌های مطالعه حاضر نیز نشان داد که هر دو تمرین مقاومتی و هوازی منجر به بهبود عملکرد اندوتیال می‌شود که با نتایج فراتحلیل‌های پیشین همخوانی دارد. برای مثال در فراتحلیلی سیلوا و همکاران (۲۰۲۱) پس از بررسی ۲۳ مطالعه با شرکت ۷۸۵ آزمودنی گزارش کردند که گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل شاخص FMD را به میزان ۲/۳۹ درصد افزایش داد (۲۷). در ارتباط با تمرین هوازی، بریسلان و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با ۹ مطالعه و ۱۸۲ آزمودنی نشان دادند تمرین هوازی FMD را در زنان یائسه افزایش می‌دهد (۴۶). در فراتحلیلی دیگر خلفی و همکاران (۲۰۲۲) با ۳۶ مطالعه و ۱۴۳۷ آزمودنی با یا بدون بیماری قلبی متابولیکی گزارش کردند که تمرین تناوبی با شدت بالا در برابر گروه کنترل منجر به افزایش FMD به مقدار ۳/۸۰ درصد می‌شود (۱۱). به طور کلی به نظر می رسد که تمرین ورزشی صرف نظر از نوع آن ممکن است باعث بهبود در عملکرد اندوتلیال شود. اگرچه مکانیسم های احتمالی در گیر در این سازگاری ها و همچنین میزان بهبود عملکرد اندوتلیال ممکن است متفاوت باشد و با وجود مطالعات گسترده در این زمینه همچنان نیازمند بررسی های بیشتری می باشد.

به نظر می رسد که مکانیزم‌های بالقوه‌ای که می‌تواند بهبود شاخصه‌های اندوتلیال را توضیح دهند، در چندین بخش تقسیم بندی می‌شوند. تمرین ورزشی می‌تواند نیتریک اکساید در دسترس را افزایش داده که این موضوع موجب افزایش بیان آنزیم سنتز نیتریک اکساید و یا کاهش تجزیه نیتریک اکساید توسط رادیکال‌های آزاد شود (۴۷). همچنین تمرین ورزشی علاوه بر افزایش بیان آنزیم‌های آنتی اکسیدانی موجب کاهش آنزیم‌های اکسیدانی شده که این موضوع سبب بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی (۴۸, ۴۹). از سویی دیگر، تمرین ورزشی منجر به افزایش تعداد سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال شده که این موضوع رگ‌زایی و بازتولید عروق را افزایش می‌دهد (۵۰). در نهایت تمرین ورزشی می‌تواند با افزایش موقت فشار خون و ایسکمی موضعی FMD را افزایش داده، منجر به بهبود شاخصه-های اندوتلیال شود (۵۱).

با وجود این، به نظر می‌رسد این مطالعه اولین فراتحلیل در مقایسه مستقیم بین تمرین مقاومتی و هوازی می‌باشد که نتایج حاکی از عدم تفاوت معنی-دار بین دو پروتکل تمرین می‌باشد. اگرچه به وضوح مشخص نیست هر کدام یک از این عوامل با چه نوع تمرینی ممکن است بیشتر تحت تاثیر قرار بگیرند، با این حال، یافته‌های مطالعه حاضر با فراتحلیل‌های قبلی همخوانی دارد. در همین راستا، آشور و همکاران (۲۰۱۴) در یک فراتحلیل از۵۱ مطالعه با ۲۲۶۰ آزمودنی با کمک تحلیل زیر گروهی آثار تمرین مقاومتی و هوازی را مقایسه کردند (۲۶). علی رغم تفاوت در روش تحلیل بین مطالعه حاضر با مطالعه آشور و همکاران (۲۰۱۴)، همسو با نتایج مطالعه حاضر گزارش کردند که هر دو تمرین مقاومتی و هوازی منجر به افزایش در FMD شده، تفاوت معناداری بین دو گروه تمرین مقاومتی و هوازی در افزایش FMD وجود ندارد (۲۶). در پژوهشی دیگر داوسون و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تمرین مقاومتی و تمرین هوازی تاثیر مشابهی در افزایش FMD در افراد سالم و جوان دارند (۴۵). علی رغم نیاز به پژوهش‌های بیشتری برای درک بهتر شواهد مستقیم سازگاری‌های متمایز درون افراد با انواع مختلف تمرین، استفاده از تمرینات هوازی و مقاومتی می‌توانند روشی کارآمد برای بهبود عملکرد اندوتلیال در بزرگسالان باشد. به نظر می‌رسد که تمرین مقاومتی و هوازی ممکن است از مسیرهای متفاوتی منجر به افزایش FMD شوند. تمرین هوازی با افزایش طولانی مدت جریان خون به سمت بافت‌های فعال منجر به افزایش تنش برشی بر روی عروق شده و به دنبال آن منجر به افزایش تولید نیتریک اکساید، افزایش آنتی اکسیدان و کاهش نشانگرهای استرس اکسداتیود می‌شود (۴۵). این تغییرات مرتبط با تمرین هوازی محرک‌های اصلی برای بهبود عملکرد اندوتلیال را فراهم می‌کنند. در مقابل تمرین مقاومتی با افزایش گذرا در فشار خون و ایسکمی موضعی و همچنین نوسانات در تنش برشی همراه است که این تغییرات همودینامیکی ممکن است محرک اصلی برای افزایش FMD در نتیجه تمرین مقاومتی باشد (۴۵). با این حال، شناخت مکانیسم‌های ناشی از انواع تمرین در بهبود عملکرد اندوتلیال می‌تواند موضوعی برای مطالعات بالینی آینده باشد.

با وجود یافته‌های بالینی مهم مطالعه حاضر، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که می بایست در نظر گرفته شود. تعداد محدود و با حجم نمونه کم مطالعه وجود داشت که به طور مستقیم تمرین مقاومتی را در برابر تمرین هوازی بررسی کرده بودند. ناهمگونی بالایی بین مطالعات وارد شده وجود داشت که احتمالا به دلیل تفاوت در ویژگی آزمودنی‌ها از جمله سن و وضعیت سلامتی آن‌ها بود. همچنین، به دلیل تعداد محدود مطالعات، امکان بررسی های زیر گروهی برای بررسی نقش مداخله گرهای احتمالی مانند سن و وضعیت سلامت آزمودنی‌ها فراهم نشد. در مطالعات آینده این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

نتیجه گیری

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

به طور کلی یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که هر دو پروتکل تمرین هوازی و مقاومتی منجر به بهبود عملکرد اندوتلیال در بزرگسالان می‌شود. این آثار مفید تمرین بر عملکرد اندوتلیال ممکن است منجر به بهبود عملکرد سیستم قلبی–عروقی و کاهش مرگ و میر ناشی از بیماری های مرتبط با قلبی– عروقی در بزرگسالان می‌شود. نتایج مطالعه حاضر استفاده از هر دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی برای بهبود عملکرد اندوتلیال در بزرگسالان تجویز می‌کند.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

Reference

1. Perticone F, Ceravolo R, Pujia A, Ventura G, Iacopino S, Scozzafava A, et al. Prognostic significance of endothelial dysfunction in hypertensive patients. Circulation. 2001;104(2):191-6.
2. Ross R. The pathogenesis of atherosclerosis: a perspective for the 1990s. Nature. 1993;362(6423):801-9.
3. Kwon HR, Min KW, Ahn HJ, Seok HG, Lee JH, Park GS, et al. Effects of aerobic exercise vs. resistance training on endothelial function in women with type 2 diabetes mellitus. Diabetes & metabolism journal. 2011.٧٣-٣٦٤:(٤)٣٥;
4. Holder SM, Bruno RM, Shkredova DA, Dawson EA, Jones H, Hopkins ND, et al. Reference intervals for brachial artery flow-mediated dilation and the relation with cardiovascular risk factors. Hypertension. 2021;77(5):1469-80.
5. Heiss C, Rodriguez-Mateos A, Bapir M, Skene SS, Sies H, Kelm M. Flow-mediated dilation reference values for evaluation of endothelial function and cardiovascular health. Cardiovascular research. 2023;119(1):283-93.
6. Khalafi M, Symonds ME. The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2020;30(11):2020-36.
7. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK. The impact of exercise training on inflammatory markers in postmenopausal women: A systemic review and meta-analysis. Experimental Gerontology. 2021;150:111398.
8. Khalafi M, Symonds ME, Akbari A. The impact of exercise training versus caloric restriction on inflammation markers: a systemic review and meta-analysis. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2022;62(15):4226-41.
9. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK, Ravasi AA. Effect of resistance training with and without caloric restriction on visceral fat: A systemic review and meta-analysis. Obesity Reviews. 2021;22(9):e13275.
10. Khalafi M, Ravasi AA, Malandish A, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on postprandial glucose and insulin: A systematic review and meta-analysis. Diabetes Research and Clinical Practice. 202.٢:١٠٩٨١٥
11. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2022:1.
12. Eijsvogels TM, Molossi S, Lee D-c, Emery MS, Thompson PD. Exercise at the extremes: the amount of exercise to reduce cardiovascular events. Journal of the American College of Cardiology. 2016;67(3):316-29.
13. Eijsvogels TM, Thompson PD. Exercise is medicine: at any dose? Jama. 2015;314(18):1915-6.
14. Smart N, Marwick TH. Exercise training for patients with heart failure: a systematic review of factors that improve mortality and morbidity. The American journal of medicine. 2004;116(10):693-706.
15. Bloor CM. Angiogenesis during exercise and training. Angiogenesis. 2005;8(3):263-71.
16. Franzoni F, Ghiadoni L, Galetta F, Plantinga Y, Lubrano V, Huang Y, et al. Physical activity, plasma antioxidant capacity, and endothelium-dependent vasodilation in young and older men.

Copyright ©The authors

hypertension: a systematic review with meta-analysis. Journal of the American Society of Hypertension. 2018;12(12):e65-e75.

25. Pedralli ML, Marschner RA, Kollet DP, Neto SG, Eibel B, Tanaka H, et al. Different exercise training modalities produce similar endothelial function improvements in individuals with prehypertension or hypertension: A randomized clinical trial. Scientific reports. 2020.۹-۱:(۱)۱۰;
26. Ashor AW, Lara J, Siervo M, Celis-Morales C, Oggioni C, Jakovljevic DG, et al. Exercise modalities and endothelial function: a systematic review and dose–response meta-analysis of randomized controlled trials. Sports medicine. 2015;45(2):27.۹۶-۹
27. Silva JKT, Menêses AL, Parmenter BJ, Ritti-Dias RM, Farah BQ. Effects of resistance training on endothelial function: a systematic review and meta-analysis. Atherosclerosis. 2021;333:91-9.
28. Tao X, Chen Y, Zhen K, Ren S, Lv Y, Yu L. Effect of continuous aerobic exercise on endothelial function: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Frontiers in Physiology. 2023;14:210.
29. Ismail I, Keating S, Baker M, Johnson N. A systematic review and meta-analysis of the effect of aerobic vs. resistance exercise training on visceral fat. Obesity reviews. 2012;13(1):68-91.
30. Higgins JP, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions: John Wiley & Sons; 2019.
31. Egger M, Smith GD, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. Bmj. 1997;315(7109):629-34.
32. Almenning I, Rieber-Mohn A, Lundgren KM, Shetelig Løvvik T, Garnaes KK, Moholdt T. Effects of high intensity interval training and strength training on metabolic, cardiovascular and hormonal outcomes in women with polycystic ovary syndrome: a pilot study. Plos one. 2015;10(9):e0138793.
33. Beck DT, Casey DP, Martin JS, Emerson BD, Braith RW. Exercise training American journal of hypertension. 2005;18(4):510-6.
17. DeVallance E, Fournier S, Lemaster K, Moore C, Asano S, Bonner D, et al. The effects of resistance exercise training on arterial stiffness in metabolic syndrome. European journal of applied physiology. 2016;116(5):899-910.
18. Fernandez-del-Valle M, Gonzales JU, Kloiber S, Mitra S, Klingensmith J, Larumbe-Zabala E. Effects of resistance training on MRI-derived epicardial fat volume and arterial stiffness in women with obesity: a randomized pilot study. European journal of applied physiology. 2018;118(6):1231-40.
19. Rakobowchuk M, McGowan C, De Groot P, Bruinsma D, Hartman J, Phillips S, et al. Effect of whole body resistance training on arterial compliance in young men. Experimental physiology. 2005;90(4):645-51.
20. Casey DP, Pierce GL, Howe KS, Mering MC, Braith RW. Effect of resistance training on arterial wave reflection and brachial artery reactivity in normotensive postmenopausal women. European journal of applied physiology. 2007;100(4.۸-٤۰۳:(
21. Casey DP, Beck DT, Braith RW. Progressive resistance training without volume increases does not alter arterial stiffness and aortic wave reflection. Experimental biology and medicine. 2007;232(9):1228-35.
22. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J ,Takahashi K, Hayashi K, Yamazaki K, et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. Circulation. 2004;110(18):2858-63.
23. Collier S, Kanaley J, Carhart R, Frechette V, Tobin M, Hall A, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre-and stage-1 hypertensives. Journal of human hypertension. 2008;22(10):678-86.
24. Pedralli ML, Eibel B, Waclawovsky G, Schaun MI ,Nisa-Castro-Neto W, Umpierre D, et al. Effects of exercise training on endothelial function in individuals with

Copyright ©The authors

dependent dilation in patients with recent myocardial infarction. Circulation. 2009;119(12):1601-8.
42. Fathi R, Haluska B, Isbel N, Short L, Marwick TH. The relative importance of vascular structure and function in predicting cardiovascular events. Journal of the American College of Cardiology. 2004;43(4):616-23.
43. Xu Y, Arora RC, Hiebert BM, Lerner B, Szwajcer A, McDonald K, et al. Non-invasive endothelial function testing and the risk of adverse outcomes: a systematic review and meta-analysis. European Heart Journal–Cardiovascular Imaging. 2014;15(7):736-46.
44. van Sloten TT, Henry RM, Dekker JM, Nijpels G, Unger T, Schram MT, et al. Endothelial dysfunction plays a key role in increasing cardiovascular risk in type 2 diabetes: the Hoorn study. Hypertension. 2014;64(6):1299-305.
45. Dawson EA, Sheikhsaraf B, Boidin M, Erskine RM, Thijssen DH. Intra-individual differences in the effect of endurance versus resistance training on vascular function: A cross-over study. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2021;31(8):1683-92.
46. Brislane Á, Sculthorpe NF, Davenport MH, Beaumont A. Exercise training and vascular function in postmenopausal individuals: a systematic review and meta-analysis. Menopause. 2022;29(8):982-92.
47. Newcomer SC ,Thijssen DH, Green DJ. Effects of exercise on endothelium and endothelium/smooth muscle cross talk: role of exercise-induced hemodynamics. Journal of applied physiology. 2011;111(1):311-20.
48. Belardinelli R, Lacalaprice F, Faccenda E, Purcaro A, Perna G .Effects of short-term moderate exercise training on sexual function in male patients with chronic stable heart failure. International journal of cardiology. 2005;101(1):83-90.
49. Gielen S, Schuler G, Adams V. Cardiovascular effects of exercise training : molecular mechanisms. Circulation. 2010;122(12):1221-38.
50. Ribeiro F, Ribeiro IP, Alves AJ, do Céu Monteiro M, Oliveira NL, Oliveira J, et al. Effects of exercise training on endothelial improves endothelial function in young prehypertensives. Experimental biology and medicine. 2013;238(4):433-41.
34. Boeno FP, Ramis TR, Munhoz SV, Farinha JB, Moritz CE, Leal-Menezes R, et al. Effect of aerobic and resistance exercise training on inflammation, endothelial function and ambulatory blood pressure in middle-aged hypertensive patients. Journal of Hypertension. 2020;38(12):2501-9.
35. Boidin M, Erskine RM, Thijssen DH, Dawson EA. Exercise modality, but not exercise training, alters the acute effect of exercise on endothelial function in healthy men. Journal of Applied Physiology. 2021;130(6):1716-23.
36. Lekavich CL, Allen JD, Bensimhon DR, Bateman LA, Slentz CA, Samsa GP, et al. Aerobic versus resistance training effects on ventricular-arterial coupling and vascular function in the STRRIDE-AT/RT trial. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2021;8:638929.
37. McDermott MM, Ades P, Guralnik JM, Dyer A, Ferrucci L, Liu K, et al. Treadmill exercise and resistance training in patients with peripheral arterial disease with and without intermittent claudication: a randomized controlled trial. Jama. 2009;301(2):165-74.
38. O'Brien MW, Johns JA, Robinson SA, Bungay A, Mekary S, Kimmerly DS. Impact of High-Intensity Interval Training, Moderate-Intensity Continuous Training, and Resistance Training on Endothelial Function in Older Adults. Medicine and science in sports and exercise. 2020;52(5):1057-67.
39. Spence AL, Carter HH, Naylor LH, Green DJ. A prospective randomized longitudinal study involving 6 months of endurance or resistance exercise. Conduit artery adaptation in humans. The Journal of physiology. 2013;591(5):1265-75.
40. Stensvold D, Tjønna AE, Skaug E-A, Aspenes S, Stølen T, Wisløff U, et al. Strength training versus aerobic interval training to modify risk factors of metabolic syndrome. Journal of applied physiology. 2010;108(4):804-10.
41. Vona M, Codeluppi G, Iannino T, Ferrari E, Bogousslavsky J, Von Segesser L. Effects of different types of exercise training followed by detraining on endothelium-

Copyright ©The authors

progenitor cells in cardiovascular disease: a systematic review .American journal of physical medicine & rehabilitation. 2013;92(11):1020-30.

51. Collier SR, Diggle MD, Heffernan KS, Kelly EE, Tobin MM, Fernhall B. Changes in arterial distensibility and flow-mediated dilation after acute resistance vs. aerobic exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010;24(10):2846-52.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University