

The effect of eight weeks of non-linear resistance training with radio frequency on respiratory function and body composition in obese men

Hasan Naghizadeh ^{1*}

Receive 2023 July 25; Accepted 2023 October 16

Abstract

Aim: Obesity appears to be associated with respiratory problems, and respiratory function is affected by various factors such as physical exercise. For this purpose, the aim of this study was to investigate the effect of eight weeks of non-linear resistance training and radio frequency (RF) on respiratory function and body composition in obese men. **Methods:** The current research is semi-experimental. The statistical population included obese men (mean age 30.12 ± 2.62 years and weight 92.18 ± 3.01 kg), and 60 people participated in this research. Subjects were randomly divided into four groups: non-linear resistance training, non-linear resistance training + RF, RF and control. Training and RF intervention was implemented three sessions a week for eight weeks. Respiratory function, body composition and VO₂max were measured before and after training. Data was analysed using factorial variance analysis (2x2) with repeated measures and Tukey's post hoc test at a significant level of $p < 0.05$. **Results:** Interactive effects of training and RF significantly decreased body weight ($P = 0.002$, 3.08 %), BMI ($P = 0.011$, 3.08 %), body fat percentage ($P = 0.0001$, 10.16 %), and significantly increased VO₂max ($P = 0.017$, 4.52%), FVC ($P = 0.0001$, 12.71%), FEV₁ ($P = 0.0001$, 14.96%) and FEF 75-25% ($P = 0.018$, 5.86%). Training alone caused significant changes in all dependent variables ($p < 0.05$), but RF alone did not cause significant changes ($P > 0.05$). **Conclusions:** Therefore, the combined effect of non-linear resistance training and RF led to further improvement of respiratory function, body composition and aerobic capacity in obese men.



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

1. Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities and Social, Ardakan University, Ardakan-Iran.
***(corresponding author)**
(naghizadeh2011@ardakan.ac.ir)

Keywords: Non-linear resistance training, RF, Pulmonary function, Body composition.

Cite as: Naghizadeh, Hasan. The effect of eight weeks of non-linear resistance training with radio frequency on respiratory function and body composition in obese men. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2024, 11, 1: 157-172

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28873.1575

DOR:



Extended abstract

Background

Metabolic and physiological changes in body systems due to the increase of fat tissue lead to the formation of chronic diseases. Today, obesity and overweight are spreading worldwide as an epidemic phenomenon. Obesity and overweight are a serious problem for public health and an important risk factor for many diseases, especially respiratory problems. Obesity is considered as one of the risk factors for respiratory function. Obesity has a negative effect on lung function by reducing the strength of respiratory muscles, increasing airway resistance and reducing lung volume. Today, various invasive and high-risk methods such as surgery and non-invasive methods such as ultrasound cavitation (UC), radio frequency (RF), low-calorie diets, dehydration, and anti-fat absorption drugs are used to lose weight. Also, exercise is one of the effective ways to increase calorie consumption and reduce complications caused by overweight and obesity. Physical activity is an important non-invasive intervention in the rehabilitation program of patients with pulmonary function disorders. RF is a type of electromagnetic energy to heat and tighten tissue to increase blood flow and break down cellulite and fats. RF waves generate heat in the target tissue by creating an oscillating magnetic field and the movement of electrically charged particles. The amount of heat production in the target tissue depends on the resistance of that tissue. RF waves change the shape and regenerate collagen fibers by heating the skin and increasing blood circulation in the skin. These changes lead to skin tightening and cellulite improvement. RF also affects fat cell metabolism, apoptosis, and fat cell volume reduction. The combined effect of RF with resistance training on body composition and pulmonary function of obese men has not been studied. Therefore, the purpose of this research was to investigate the effect of eight weeks of non-linear resistance training with radio frequency on respiratory function and body composition in obese men.

Materials and Methods

The research was applied and semi-experimental research in terms of the method. The statistical population included obese men (mean age 30.12 ± 2.62 years and weight 92.18 ± 3.01 kg), and 60 people participated in this research. Subjects were randomly divided into four groups: non-linear resistance training (n=15), non-linear resistance training + RF (n=15), RF (n=15) and control (n=15). The non-linear resistance training program was implemented based on the model proposed by Kramer and Fleck (2007) for eight weeks and three sessions per week. Resistance exercises were performed in a circle and by applying the principle of overload. In the present study, RF intervention was performed using the Mono-Polar Nemesis RF 360w device. A frequency of 8 to 9 Hz (150 W) was applied to maintain the skin temperature between 40 and 42 degrees. The penetration depth of the waves in this device is higher compared to other similar devices and it reaches about 25 mm and it easily targets the excess fats in the hypoderm layer. Respiratory function (FVC, FEV1, FEF 75-25%, FEV1/FVC), body composition and VO₂max were measured before and after training. Respiratory function index was measured with BTL Spiro pro spirometry device made in England. Body composition indices were measured using the InBody 770 body analyzer. VO₂max was measured using the Fox protocol with a Ergometric.

Statistical analysis

After collecting data and calculating the mean and standard deviation of data using descriptive statistics, Shapiro Wilk test was used to determine the normal distribution of data. In the related variables, factorial variance analysis (2x2) with repeated measures was used for comparison between groups and within the group and then Tukey's post hoc test was used to compare the differences between groups.

Results

Based on the results of statistical analysis in all four groups in relation to body composition variables and measured respiratory performance indicators, all of them had normal distribution. Interactive effects of training and RF significantly decreased body weight (P=0.002, 3.08 %), BMI (P=0.011, 3.08 %), body fat percentage (P=0.0001, 10.16 %), and significantly increased VO₂max (P=0.017, 4.52%), FVC (P=0.0001, 12.71%), FEV1 (P=0.0001, 14.96%) and FEF 75-25% (P=0.018, 5.86%). Training alone caused significant changes in all dependent variables (p<0.05), but RF alone did not cause significant changes (P>0.05).

Discussion

Obesity and overweight are the main causes of disorders in the vital organs of the body such as the respiratory system. Appropriate non-invasive interventions to improve body composition and strengthen respiratory function have high priority over invasive treatment methods. The results of this research showed that the effect of eight weeks of non-linear resistance training with RF significantly increased FVC, FEV1 and FEF 25-75%. Also, doing eight weeks of exercise



alone caused a significant increase in FVC, FEV1 and FEF 25-75%. However, following eight weeks of RF intervention in obese men, respiratory indices did not change significantly. By taking a close look at the percentage of significant changes, we find that the combined effect of non-linear resistance training with RF caused more improvement in the functional indices of the lungs of obese men than the main effect of each one alone. These results indicate that the intervention of non-linear resistance training and RF combined had a positive synergistic and interactive effect in improving the respiratory function of obese men. In relation to the evaluation of body composition indices and VO₂max in the present research, the results of eight weeks of non-linear resistance training and RF intervention indicate that training together with RF as well as training alone causes a significant reduction in body composition indices (body weight, mass index body and body fat percentage) and a significant increase in VO₂max.

Article message

In general, the findings of the present study showed that eight weeks of non-linear resistance training combined with RF and alone significantly decrease body composition indices and increased VO₂max. Also, respiratory performance indicators were associated with a significant increase. Therefore, obese men can benefit from the intervention of non-linear resistance training with RF to increase the efficiency of pulmonary function following the reduction of excess fat mass and increase VO₂max in training programs and consider this intervention method as a non-pharmacological treatment solution.

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال یازدهم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۴۰۳؛ صفحات ۱۵۷-۱۷۲

Open Access

مقاله پژوهشی

تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی همراه با رادیو فرکانسی بر عملکرد تنفسی و ترکیب بدنی

در مردان چاق

حسن نقی زاده^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

چکیده

هدف: به نظر می‌رسد چاقی با مشکلات تنفسی مرتبط است؛ و عملکرد تنفسی تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند تمرینات بدنی قرار می‌گیرد. بدین منظور، هدف از این پژوهش بررسی اثر هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی و رایو فرکانسی (RF) بر عملکرد تنفسی و ترکیب بدنی در مردان چاق بود. **روش شناسی:** پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری شامل مردان چاق با میانگین سنی $30/12 \pm 2/62$ سال و میانگین وزنی $92/18 \pm 3/01$ کیلوگرم بود که ۶۰ نفر در این پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به چهار گروه، تمرین مقاومتی غیرخطی، تمرین مقاومتی غیرخطی + RF، RF و کنترل تقسیم شدند. مداخله تمرینی و RF سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته اجرا شد. قبل و بعد از تمرین شاخص‌های عملکرد تنفسی، ترکیب بدنی و $VO2max$ سنجش شدند. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس عاملی (2×2) اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری $P < 0/05$ تجزیه و تحلیل شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد اثر توام تمرین و RF موجب کاهش معنی‌دار در وزن بدن ($P = 0/002$)، BMI ($P = 0/011$)، $VO2max$ (درصد) و درصد چربی بدن ($P = 0/0001$)، $FEV1$ (درصد)؛ و افزایش معنی‌دار در $VO2max$ ($P = 0/017$)، FVC (درصد) ($P = 0/0001$)، $FEV1$ (درصد) ($P = 0/0001$)، FVC (درصد) ($P = 0/0001$) و $FEF 25-75\%$ ($P = 0/018$)، $FEF 25-75\%$ (درصد) ($P = 0/018$) شد. تمرین به تنهایی باعث تغییرات معنی‌دار در تمام متغیرهای وابسته شد، ولی RF به تنهایی باعث تغییرات معنی‌دار نشد ($P > 0/05$). **نتیجه‌گیری:** بنابراین، اثر توام تمرین مقاومتی غیرخطی و RF، منجر به بهبود بیشتر عملکرد تنفسی، ترکیب بدنی و ظرفیت هوازی در مردان چاق شد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی غیرخطی، رادیو فرکانسی، عملکرد ریوی، ترکیب بدن

نحوه ارجاع: نقی زاده، حسن. "تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی همراه با رادیو فرکانسی بر عملکرد تنفسی و ترکیب بدنی در مردان چاق". مطالعات کاربردی

تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۳؛ ۱۱ (۱)، ۱۵۷-۱۷۲.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28873.1575

DOR: 20.1001.



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

۱. استادیار فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه اردکان- اردکان، ایران.
(نویسنده مسئول):
(naghizadeh2011@ardakan.ac.ir)

مقدمه

تغییرات متابولیسی و فیزیولوژیکی در دستگاه‌های بدن به دنبال افزایش بافت چربی، به شکل‌گیری بیماری‌های مزمن منجر می‌شود. امروزه چاقی و اضافه وزن به عنوان یک پدیده همه‌گیر در سراسر جهان در حال گسترش است. چاقی و اضافه وزن یک عامل خطر مهم برای سلامت عمومی و عملکرد تنفسی است (۱) و به عنوان یک عامل تعدیل‌کننده در ایجاد آسم، آپنه خواب، سندرم تهویه چاقی و افزایش فشار ریه قلمداد می‌گردد و در نهایت، ممکن است با بیماری مزمن انسدادی ریه^۱ (COPD) مرتبط باشد. بیان شده است که چاقی باعث افزایش عفونت‌های ریوی می‌شود (۲). چاقی با کاهش قدرت عضلات تنفسی، افزایش مقاومت راه هوایی، کاهش حجم ریه و عوامل دیگر بر عملکرد ریه تأثیر منفی می‌گذارد. این پدیده همچنین باعث افزایش التهاب در بدن به ویژه بافت ریه می‌شود. چاقی احتمالاً باعث اختلال در عملکرد مکانیکی راه‌های هوایی و عملکرد عصبی-عضلانی تنفس می‌شود، به طوری که سندرم کاهش حجم هوای تنفسی یا پیک ویکن^۲ (هیپووتیلایسیون چاقی (OHS)) در این افراد مشاهده شده است. علاوه بر این، از نظر بافت‌شناسی، مشاهده شده است که رسوب چربی در بافت ریه باعث کاهش حجم آلونولی و در نهایت حجم ریه می‌شود. (۳). تحقیقات نشان داده است که مکانیک حرکتی قفسه سینه و ریه‌ها به دلیل تجمع چربی در اطراف شکم در افراد دارای اضافه وزن و چاق تغییر می‌کند، این تغییرات باعث کاهش برگشت‌پذیری ریه‌ها می‌شود (۴). به دنبال افزایش سختی ریه‌ها و کاهش برگشت‌پذیری الگوی تنفس دچار تغییر اساسی می‌شود. هوا به دلیل فشار منفی داخل ریه‌ها و آلونول‌ها وارد ریه‌ها می‌شود. با این حال، فشارهای داخل ریوی و شکمی به آرامی افزایش می‌یابد زیرا حرکت رو به پایین دیافراگم و حرکت بیرونی قفسه سینه به دلیل تجمع چربی در ناحیه شکم و پشت محدود می‌شود. تغییر الگوی تنفس باعث کاهش قابل توجه ذخیره بازدمی (حجم باقیمانده ریه) می‌گردد. کاهش حجم ذخیره بازدمی مستقل از پدیده آسم در افراد دارای اضافه وزن (۱۰ درصد)، در افراد چاق (۲۲ درصد) و در افراد خیلی چاق (۳۳ درصد) گزارش شده است (۵). بنابراین افراد چاق برای جبران این کاهش باید تعداد تنفس خود را افزایش دهند، به همین دلیل تعداد تهویه دقیقه‌ای در این افراد بیشتر از افراد سالم است (۴). علاوه بر مطالعات علمی تحقیقاتی، مطالعات اپیدمیولوژیک نیز بیان کرده‌اند که چاقی یک عامل خطر برای آسم و مشکلات تنفسی است، به طوری که رسوب چربی در دیواره شکم و قفسه سینه افراد چاق باعث محدودیت در شاخص‌های ریوی می‌شود. بنابراین، در افراد چاق عملکرد مطلوب ریه دچار اختلال

می‌گردد، این یافته توسط برخی از محققان تایید شده است (۵، ۶). اگر چاقی و اضافه وزن از عوامل اصلی تخریب الگوی تنفسی هستند (۳)، کاهش وزن دلیل اصلی معکوس کردن اثرات چاقی است (۱). اثر مثبت و معنی‌دار کاهش وزن بر حداکثر جریان بازدمی و شاخص‌های اسپرومتری^۳ پس از کاهش وزن در بیماران چاق مبتلا به آسم و غیر آسم تایید شده است (۷). مشخص شده است که کاهش وزن و بهبود ترکیب بدن ارتباط مستقیمی با عملکرد ریه دارد (۵). امروزه از روش‌های مختلف تهاجمی مانند جراحی و غیرتهاجمی مانند کوبیتیشن اولتراسوند^۴ (UC)، رادیو فرکانسی^۵ (RF)، رژیم‌های کم‌کالری، کم‌آبی و داروهای ضد جذب چربی برای کاهش وزن استفاده می‌شود. علاوه بر روش‌های ذکر شده، تمرینات ورزشی و فعالیت‌های بدنی یکی از راه‌های موثر افزایش مصرف کالری و کاهش اضافه وزن و چاقی است. همچنین فعالیت بدنی یک مداخله غیرتهاجمی بسیار کارآمد در برنامه توانبخشی بیماران مبتلا به اختلالات ریوی است. بنابراین، فعالیت بدنی هم از طریق بهبود ترکیب بدن و تغییرات مکانیکی در حرکت قفسه سینه و هم از طریق تقویت عضلات تنفسی بر عملکرد تنفسی تأثیر مثبت دارد (۸). وین^۶ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای نشان دادند که فعالیت ورزشی منظم عملکرد ریه را بهبود می‌بخشد، خس خس سینه را کاهش می‌دهد، تنگی نفس و سرفه را بهبود می‌بخشد (۹). در واقع چاقی و اضافه وزن ناشی از کم تحرکی و عدم تعادل کالری مصرفی است. یکی از راه‌های مفید برای افزایش مصرف کالری، انجام برنامه‌های منظم فعالیت بدنی است. از آنجایی که روش‌های تمرینی مختلفی برای کاهش وزن و درصد چربی پیشنهاد می‌شود، شناسایی روش‌هایی که می‌توانند تأثیر بهینه بر متابولیسم چربی و ذخایر آن داشته باشند، مهم و ضروری به نظر می‌رسد. در میان انواع روش‌های تمرینی، تمرینات مقاومتی از محبوبیت خاصی در بین افراد جامعه برخوردار است. فلور-روفینو^۷ و همکاران (۲۰۲۳) به دنبال بررسی تأثیر شش ماه تمرین مقاومتی با شدت بالا^۸ (HIRT) - دو جلسه ۶۵ دقیقه‌ای در هفته به شکل دایره‌ای - بر عملکرد تنفسی زنان سارکوپنیک با سن ۷۰ سال و بیشتر، گزارش کردند که حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول^۹ (FEV1) کاهش معنی‌دار و ظرفیت حیاتی با فشار^{۱۰} (FVC) کاهش غیر معنی‌دار داشت، ولی EV1/FVC و جریان بازدمی میانه^{۱۱} (FEF25-75) افزایش غیر معنی‌دار داشت. همچنین این محققین اظهار داشتند که HIRT قدرت عضلات تنفسی را بهبود بخشید و بدتر شدن عملکرد ریه مرتبط با سن را کاهش داد. لذا بیان کردند که این نتایج با روند کاهشی وضعیت سارکوپنی تنفسی در زنان مسن سارکوپنیک همراه است و تمرین مقاومتی، علاوه بر

^۷ Flor-Ruffino^۸ High-intensity resistance training^۹ one-second Forced Expiratory Volume^{۱۰} Forced Vital Capacity^{۱۱} Forced mid-Expiratory Flow^۱ Chronic obstructive pulmonary disease^۲ Pickwickian^۳ Spirometric^۴ Ultrasound Cavitation^۵ Radio frequency^۶ Wayne

تعداد تنفس‌ها افزایش می‌یابد و عضلات تنفسی فعال‌تر می‌شوند، بنابراین به احتمال زیاد قدرت و استقامت عضلات تنفسی افزایش می‌یابد. لذا، ممکن است علاوه بر رابطه بین کاهش وزن و بهبود عملکرد ریه که به دلیل کاهش چربی اطراف تنه اتفاق می‌افتد، تقویت عضلات تنفسی نیز به عنوان مکملی برای افزایش عملکرد ریه عمل کند (۱۷). کاهش غیر تهاجمی چربی زیر جلدی شکم در دهه گذشته رایج شد (۱۸). RF دستگاه میدان انتخابی بدون تماس برای تحریک انتخابی گرمای بافت چربی عمیق برای کاهش بافت چربی ناحیه دور کمر ساخته شده است. RF نوعی انرژی الکترومغناطیسی برای گرم کردن و سفت کردن بافت جهت افزایش جریان خون و شکستن سلولیت و چربی‌ها می‌باشد. امواج RF با ایجاد میدان مغناطیسی نوسانی و حرکت ذرات باردار الکتریکی باعث تولید گرما در بافت هدف می‌گردد. میزان تولید گرما در بافت هدف به مقاومت آن بافت بستگی دارد (۱۸). امواج RF با گرم کردن موضعی اضافی پوستی و افزایش گردش خون در پوست باعث تغییر شکل و بازسازی فیبرهای کلاژن می‌شود. این تغییرات منجر به سفت شدن پوست و بهبود سلولیت می‌شود. همان‌طور که بیان شد RF از طریق فعالسازی گرما و با القای تولید پروتئین‌ها و آنزیم‌های خاص سلول (لیپاز حساس به هورمون) بر متابولیسم سلول‌های چربی، آپوپتوز و کاهش حجم سلول‌های چربی تأثیر دارد (۱۹). کاهش غیرتهاجمی چربی توسط بسیاری از سازندگان دستگاه ادعا شده است، اما اثبات اثربخشی آن دشوار بوده است. تأثیر مداخلات RF بر بهبود متغیرهای ترکیب بدنی و آنتروپومتریک در چندین مطالعه گزارش شده است. پومپرلا^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۵)، ۲۰ نفر از افراد مبتلا به سندرم متابولیک را یک هفته (چهار جلسه) تحت درمان با RF قرار دادند. نتایج حاکی از کاهش چربی زیر جلدی شکمی بود (۲۰). همچنین، در تحقیق دیگری به دنبال چهار هفته RF (یک جلسه در هفته) کاهش قابل توجهی در وزن بدن، توده چربی، چربی زیرپوستی شکم، چربی زیرپوستی فوقانی تاج خصره و دور شکم مردان گزارش شد (۲۱). نتایج تحقیقات نشان داده است که تمرینات مقاومتی می‌تواند به طور موثر بر ترکیب بدن تأثیر بگذارد، درصد چربی بدن را کاهش دهد و توده خالص بدن را افزایش دهد. رویکرد انجام تمرین مقاومتی همراه با RF می‌تواند یک مداخله بسیار موثر برای از بین بردن چربی‌های اضافی بدن باشد. واله^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۹) در یک مطالعه به بررسی اثر چهار جلسه تمرین هوازی همراه با RF بر شاخص‌های آنتروپومتریک ۲۸ زن سالم پرداختند. نتایج این مطالعه کاهش قابل توجه در شاخص‌های دور کمر، ضخامت چربی زیر جلدی شکمی و چین افقی شکمی در گروه تجربی را نشان داد (۱۸). امروزه کاربرد سودمند دستگاه‌های غیرتهاجمی پیکرتراشی مانند RF به واسطه

بهبود ترکیب بدن در تقویت عضلات تنفسی به ویژه دیافراگم موثر است (۱۰). مهدی‌زاده و حاصلی (۲۰۱۶) تمرین مقاومتی را عاملی مؤثر در بهبود ترکیب بدن و افزایش کارایی ظرفیت عملکردی ریه معرفی کردند (۱۱). غلامی و صالحی (۲۰۱۸) در بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی با کش ترابند و دمبل بر ترکیب بدن و قدرت عضلانی زنان چاق میانسال نشان دادند که هر دو روش تمرینی باعث تغییر معنی‌دار در درصد چربی و افزایش توده بدون چربی شد و تمرین مقاومتی مستقل از نوع روش تمرینی توانست ترکیب بدن را بهبود بخشد (۱۲). هوکل^{۱۳} و همکاران (۲۰۲۲) اظهار داشتند برنامه توانبخشی ریوی و عملکردی (تمرین عضلانی دمی، تمرین هوازی و تمرین قدرتی عضلات محیطی) در مدت ۱۶ جلسه در بیماران بهبود یافته از کووید-۱۹، موجب افزایش معنی‌دار FEV1 و FVC شد ولی تغییرات (افزایش) EVI/FVC معنی‌دار نشد. همچنین قدرت عضلات تنفسی برای فشار دمی و بازدمی افزایش داشت. وزن بدن و درصد چربی بدن نیز کاهش معنی‌دار داشتند (۱۳). بنابراین، برنامه تمرین مقاومتی و توانبخشی ریوی مداخلات مناسب در جهت بهبود ظرفیت عملکرد ریوی و قدرت عضلات تنفسی هستند (۱۴). بهراد و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیر یک دوره تمرین مقاومتی دایره‌ای و تناوبی شدید بر عملکرد تنفسی و ترکیب بدن دختران دارای اضافه وزن را بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که درصد چربی در هر دو گروه تمرین به طور معنی‌داری کاهش یافت، توده خالص بدن تنها در گروه تمرین مقاومتی به طور معنی‌داری افزایش یافت و FVC در گروه تمرین مقاومتی نسبت به حالت پایه به طور معنی‌داری افزایش یافت. EVI/FVC، FEF25-75 و VO2max کاهش غیرمعنی‌دار داشتند (۱۵). این محققین بیان کردند انجام تمرینات تناوبی شدید یا مقاومتی دایره‌ای تأثیر معنی‌داری بر اغلب شاخص‌های تنفسی پویا نداشت؛ اما به نظر می‌رسد تمرین مقاومتی به بهبود بیشتری در FVC و ترکیب بدنی منجر می‌شود. کرمانی‌زاده و همکاران (۲۰۱۸)، تأثیر سه برنامه تمرین مقاومتی با شدت‌های مختلف را بر عملکرد ریوی، عملکرد فیزیکی و ترکیب بدن زنان دارای اضافه وزن مورد مطالعه قرار دادند. ۹ هفته تمرین مقاومتی با شدت‌های سبک (۶۵-۵۵ درصد)، متوسط (۷۵-۶۵ درصد) و سنگین (۸۵-۷۵ درصد) اثر معنی‌داری بر شاخص‌های تنفسی، وزن بدن، شاخص توده بدن، استقامت عضلانی بالاتنه و VO2max نداشت. درصد چربی در گروه تمرینی سبک نسبت به گروه‌های تمرینی متوسط و شدید کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین قدرت عضلانی بالاتنه در گروه تمرینی شدید نسبت به گروه‌های تمرینی سبک و متوسط افزایش بیشتری نشان داد (۱۶). در تمرینات مقاومتی، عضلات بزرگ در فرآیند انقباض دخالت دارند، بنابراین

^{۱۳} Vale^{۱۳} Hockele^{۱۳} Pumplra

طول مطالعه حجم نمونه برابر با ۶۰ نفر در نظر گرفته شد. بر اساس یک برنامه‌ی زمان بندی شده داوطلبان شرکت کننده در تحقیق حاضر (۱۲۷ نفر) در باشگاه ورزشی حضور یافتند و در ادامه بر اساس معیارهای ورود به تحقیق تحت بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت، ۷۷ نفر حائز شرایط ورود به تحقیق شدند. سپس به روش نمونه گیری تصادفی ساده تعداد ۶۰ نفر به عنوان نمونه تحقیق انتخاب و به طور تصادفی در یکی از چهار گروه ۱۵ نفره شامل گروه تمرین مقاومتی غیرخطی (میانگین سنی $29/07 \pm 2/43$ و میانگین قد $170/17 \pm 2/17$)، گروه RF (میانگین سنی $29/05 \pm 2/05$ و میانگین قد $169/63 \pm 2/09$)، گروه تمرین مقاومتی غیرخطی + RF (میانگین سنی $29/27 \pm 3/01$ و میانگین قد $167/46 \pm 3/46$) و کنترل (میانگین سنی $29/26 \pm 3/11$ و میانگین قد $165/96$) جایگزین شدند. گروه تمرین مقاومتی غیرخطی به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته مطابق جداول ۱ و ۲ برنامه تمرینی را اجرا کردند. گروه RF طبق دستورالعمل برنامه RF را اجرا کردند. گروه تمرین مقاومتی غیرخطی + RF ابتدا از دستگاه RF استفاده نمودند و سپس برنامه تمرین مقاومتی غیرخطی را اجرا کردند. گروه کنترل در هیچ فعالیت خاصی شرکت نکردند و توصیه شد که فعالیت‌های عادی روزانه خود را به مانند سابق داشته باشند. وضعیت تغذیه‌ای شرکت کنندگان توسط متخصص تغذیه با ثبت غذاهای مورد استفاده طی دو روز قبل از شروع تمرین و بعد از اتمام هشت هفته تمرین با استفاده از آلبوم غذایی و نرم افزار (N4 Nutrition Four)؛ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر مصرف درشت مغذی‌ها و کالری دریافتی قبل از مطالعه و پس از مطالعه مشاهده نشد. یک هفته قبل از شروع پژوهش، آزمودنی‌ها در جلسه توجیهی با تمام مراحل اجرایی تحقیق آشنا شدند. در ادامه فرم رضایتنامه شرکت در پژوهش توسط آزمودنی‌ها تکمیل و امضاء شد. متغیرهای تحقیق در دو مرحله پیش از آزمون و پس از آزمون تحت شرایط دمایی (۲۷-۲۶ درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (۵۵-۵۰ درصد) و مکانی یکسان سنجش شدند. قد و وزن آزمودنی‌ها با استفاده از ترازوی پزشکی دنا توزین مدل HBMI، بدون کفش و جوراب با حداقل لباس اندازه‌گیری شد. شاخص‌های ترکیب بدنی با استفاده از دستگاه بادی آنالیز InBody 770 اندازه‌گیری شد. حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) از طریق اجرای پروتکل فاکس بر روی دوچرخه کارسج به مدت ۵ دقیقه، با شدت ۱۵۰ وات و سرعت ۶۰ دور در دقیقه و ثبت ضربان قلب در پایان دقیقه‌ی پنجم (HR_5) و جایگزینی در فرمول (HR_5) $19/26 - VO_{2max} 6300 = (ml \cdot min^{-1})$ محاسبه شد. با تقسیم عدد بدست آمده بر وزن بدن، VO_{2max} بر حسب میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه ($ml/kg/min$) بیان شد (۲۳).

شاخص‌های عملکرد تنفسی با دستگاه اسپیرومتری BTL مدل Spiro pro ساخت انگلستان توسط متخصص ریه اندازه‌گیری شدند.

اثرات گرمایی آن به عمق بافت چربی و افزایش لیپولیز در حذف یا کاهش چربی‌های موضعی در نواحی شکم، ران و پهلو مشخص و تایید شده است (۲۲). در تبیین ضرورت و اهمیت انجام تحقیق حاضر می‌توان بیان داشت که اگرچه آزمایش‌های بالینی اولیه نتایج امیدوارکننده‌ای را برای بسیاری از کاربردهای RF نشان داده‌اند، اما مطالعه علمی طولانی مدت برای اطمینان بخشی مورد نیاز است. همچنین اثر توام RF با تمرین مقاومتی بر ترکیب بدن و عملکرد ریوی مردان چاق مطالعه نشده است. حتی مطالعه‌ای که در آن اثر RF به تنهایی بر شاخص‌های ترکیب بدن و عملکرد ریوی بررسی شده باشد، یافت نشد و این موضوع با توجه به مبانی نظری موجود در زمینه اثربخشی سودمند RF بر شاخص‌های ترکیب بدنی و ارتباط معکوس توده چربی اضافی با عملکرد تنفسی، اهمیت و ضرورت انجام تحقیقات در این زمینه را نشان می‌دهد. از این رو، از یک طرف با در نظر گرفتن تاثیر سودمند تمرینات بدنی و RF بر بافت چربی و عملکرد تنفسی و از طرف دیگر با توجه به بررسی پیشینه تحقیق حاضر مشخص شد که تاکنون در تحقیقی اثر توام تمرین مقاومتی غیرخطی و RF بر عملکرد تنفسی و ترکیب بدنی در مردان چاق بررسی و مطالعه نشده است. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر توام تمرین مقاومتی غیرخطی با RF بر عملکرد تنفسی و ترکیب بدنی مردان چاق، اجرا شد و امید است با بهره‌گیری از نتایج تحقیق حاضر بتوان تا حدی پاسخ سوالات مبهم در این زمینه را آشکار ساخت و دید علمی وسیع‌تری برای محققان آتی متصور ساخت.

روش پژوهش

پژوهش حاضر کاربردی به روش نیمه تجربی بود که با طرح پیش آزمون و پس آزمون اجرا شد. جامعه آماری تحقیق حاضر شامل مردان داوطلب سالم و چاق بودند که پس از فراخوان و اطلاع رسانی در سطح باشگاه‌های ورزشی فعال و سازمان‌های دولتی و خصوصی شهر یزد در مرحله اول تعداد ۱۲۷ نفر داوطلبانه آمادگی خود را برای شرکت در تحقیق حاضر اعلام کردند. معیارهای ورود به تحقیق حاضر عبارت بود از شاخص توده بدن مساوی یا بزرگتر از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، نداشتن فعالیت بدنی منظم حداقل شش ماه قبل از شروع مطالعه (بررسی از طریق پرسشنامه بین المللی فعالیت بدنی^{۱۵} یا IPAQ)، عدم ابتلا به بیماری‌های خاص مفصلی (آرتروز، روماتیسم، نقرس) و فیزیولوژیکی، عدم مصرف دخانیات و مشروبات الکلی، عدم مصرف مکمل و مولتی ویتامین. معیارهای خروج از تحقیق نیز عبارت بودند از پرداختن به فعالیت بدنی دیگر، مصرف مکمل و تغییر رژیم غذایی، غیبت بیش از دو جلسه در طول برنامه و ابتلا به بیماری‌های خاص. حجم نمونه بر اساس مطالعات قبلی (۱۸) و بر اساس توان آزمون ۸۵ درصد و میزان اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم افزار PASS، ۵۴ نفر برآورد شد. با در نظر گرفتن احتمال ریزش آزمودنی‌ها در

¹⁵ International physical activity questionnaire

واریانس یک راهه استفاده شد. در ادامه، برای تعیین تاثیر هر یک از متغیرهای مستقل (تمرین، RF و یا اثر متقابل آنها) بر متغیرهای وابسته، از تحلیل واریانس عاملی (۲×۲) اندازه‌گیری مکرر استفاده شد و مقایسات جفتی با استفاده از آزمون تعقیبی توکی انجام گردید. تمام تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS27 در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد انجام گرفت.

یافته‌ها

بر اساس نتایج تحلیل آماری داده‌ها مشخص شد در هر چهار گروه متغیرهای ترکیب بدنی و شاخص‌های عملکرد تنفسی سنجش شده، همگی دارای توزیع نرمال بودند ($P > 0.05$). مشخصات ترکیب بدنی و VO_{2max} آزمودنی‌ها به صورت میانگین و انحراف استاندارد در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج جدول ۳ حاکی از آن است که در متغیرهای فوق بین چهار گروه در مرحله پیش آزمون تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($P > 0.05$). از نظر دریافت کالری دریافتی و درشت مغذی‌ها قبل از مطالعه تفاوت معنی‌داری بین چهار گروه تمرین = ۲۵۳۴ کیلوکالری، RF = ۲۵۲۸ کیلوکالری، تمرین + RF = ۲۵۳۸ کیلوکالری و کنترل = ۲۵۲۶ کیلوکالری ($F = 9.3/1.2$ و $p = 0.132$) وجود نداشت. پس از مطالعه نیز تفاوت معنی‌داری بین چهار گروه تمرین = ۲۵۴۱ کیلوکالری، RF = ۲۵۳۳ کیلوکالری، تمرین + RF = ۲۵۴۴ کیلوکالری و کنترل = ۲۵۲۹ کیلوکالری ($F = 12.2/0.7$ ، $p = 0.114$) مشاهده نشد.

نتایج تحلیل واریانس عاملی (۲×۲) اندازه‌گیری مکرر در طول مداخله نشان داد که اثر اصلی زمان در ارتباط با متغیرهای FVC ($F = 110/26$) و FEF 25-75% ($p = 0.001$)، FEV1 ($F = 299/0.8$) و ($p = 0.001$) و FEF 25-75% ($F = 51/54$) و ($p = 0.001$) معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل زمان*تمرین در ارتباط با متغیرهای FVC ($F = 152/79$) و ($p = 0.001$)، FEV1 ($F = 368/63$) و ($p = 0.001$)، FEF 25-75% ($F = 61/87$) و ($p = 0.001$) معنی‌دار بود. اثر متقابل زمان*RF در متغیرهای وابسته FVC ($F = 22/35$) و ($p = 0.001$)، FEV1 ($F = 62/0.7$) و ($p = 0.001$) و FEF 25-75% ($F = 15/58$) و ($p = 0.001$) معنی‌دار بود. اثر متقابل سه عامل زمان*تمرین*RF فقط در مورد متغیر FEV1 ($F = 5/98$) و ($p = 0.018$) معنی‌دار شد.

همچنین نتایج نشان داد که اثر اصلی تمرین در ارتباط با متغیرهای FVC ($F = 22/26$) و ($p = 0.001$)، FEV1 ($F = 12/89$) و ($p = 0.001$) و FEF 25-75% ($F = 9/73$) و ($p = 0.002$) معنی‌دار است. به عبارتی، یعنی تمرین در مقایسه با بی‌تمرینی عامل اثرگذار بر متغیرهای وابسته فوق‌الذکر است. اثر اصلی RF در ارتباط با تمام متغیرها معنی‌دار نشد ($P > 0.05$). با وجود این، اثر متقابل تمرین*RF در ارتباط با متغیرهای FVC ($F = 58/13$) و

اندازه‌گیری‌ها شامل ظرفیت حیاتی با فشار (FVC) (حجم هوایی که در ۱ تا ۴ ثانیه بازدم عمیق و سریع از ریه‌ها خارج می‌شود)، حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول (FEV1) مقدار هوایی است که پس از یک نفس کامل و با شدت از ریه‌ها در ثانیه اول بازدم خارج می‌شود، و جریان بازدمی میانه (FEF 25-75%) نشان دهنده میانگین جریان هوای بازدمی نیرومند در مدت زمانی که ۲۵ الی ۷۵ درصد حجم ریه خالی شده است. به نحوی که پس از آموزش عملی آزمودنی‌ها و تأکید بر حفظ تمرکز و جدیت در اعمال حداکثر تلاش به هنگام آزمایش آزمون‌های ربوی برای هر نفر سه بار با فاصله دو دقیقه، آزمون اسپرومتری (منحنی جریان-حجم) و بعد از پنج دقیقه استراحت دو بار با فاصله دو دقیقه آزمون اسپرومتری (حداکثر تهویه ارادی) به عمل آمد و بهترین عملکردهای تنفسی اعلام، ثبت و داده‌ها ذخیره شدند. در پژوهش حاضر مداخله RF با استفاده از دستگاه Mono-Polar Nemesis RF 360w صورت گرفت. فرکانس ۸ تا ۹ هرتز (۱۵۰ وات) که دمای پوست را بین ۴۰ تا ۴۲ درجه حفظ کند، اعمال شد. عمق نفوذ امواج در این دستگاه در مقایسه با سایر دستگاه‌های مشابه بالاتر است و تا حدود ۲۵ میلی‌متر می‌رسد و به سهولت چربی‌های اضافی موجود در لایه هایپودرم را هدف قرار می‌دهد. در پژوهش حاضر، ابتدا ۲۰ دقیقه دستگاه RF حرارتی بر روی کل نقاط شکم به صورت دایره‌ای کوچک از دور ناف و دایره‌های بزرگتر تا پهلوها بکار برده شد و سپس ۱۰ دقیقه از وکیوم به شکل لوزی استفاده شد.

برنامه تمرین مقاومتی غیرخطی طبق جداول ۱ و ۲، بر اساس مدل پیشنهادی کرامر و فلک^{۱۶} (۲۰۰۷) (۲۴، ۲۵) به مدت هشت هفته و هفته-ای سه جلسه اجرا شد. تمرینات مقاومتی به شکل دایره‌ای و به صورت اصل اضافه بار انجام شد. بدین صورت که IRM آزمودنی‌ها دو هفته یک بار تعیین و هفته‌های سوم و چهارم، پنجم و ششم، هفتم و هشتم پروتکل تمرینی بر اساس IRM جدید و بکارگیری اصل اضافه بار انجام گردید. همچنین ۱۰ دقیقه برنامه گرم کردن در ابتدای شروع تمرین و ۱۰ دقیقه سرد کردن در انتهای هر جلسه در نظر گرفته شد.

در تحقیق حاضر محققان سعی کردند که رضایت آگاهانه، رازداری، رعایت حریم خصوصی شرکت کنندگان، حراست آزمودنی‌ها در برابر فشارها، آسیب‌ها و خطرهای جسمی و روانی و آگاهی از نتیجه در نظر گرفته شود.

تجزیه و تحلیل آماری

در بخش آمار توصیفی داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شدند. نرمال بودن توزیع داده‌ها و تجانس واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و لون تأیید شد. برای اطمینان از عدم وجود تفاوت بین گروهی در مورد متغیرهای مورد بررسی در پیش آزمون از تحلیل

^{۱۶} Kramer and Felk

معنی‌دار در شاخص‌های شاخص‌های ترکیب بدنی، VO2max و شاخص-های عملکرد تنفسی همراه نبود ($P > 0.05$). بیشترین تغییرات (کاهش) معنی‌دار در وزن بدن (۳/۰۸ درصد)، BMI (۳/۰۸ درصد) و درصد چربی بدن (۱۰/۱۶ درصد) و بیشترین درصد تغییرات (افزایش) معنی‌دار در VO2max (۴/۵۲ درصد)، FVC (۱۲/۷۱ درصد)، FEV1 (۱۴/۹۶ درصد)، FEF 25-75% (۵/۸۶ درصد) و FEV1/FVC (۲/۱۶ درصد) به گروه تمرین با RF اختصاص داشت (جدول ۳ و ۴). نتایج جدول ۵ در ارتباط با مقایسه بین گروهی در متغیرهای وابسته تحقیق نشان می‌دهد که در تمام متغیرها به جز شاخص FEV1/FVC در بین چهار گروه تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). بر اساس نتایج آزمون توکی محل این تفاوت‌های بین گروهی در جدول ۵ نشان داده شده است.

FEV1 ($p = 0.001$ و $F = 121/32$) و FEF 25-75% ($p = 0.014$ و $F = 15/27$) معنی‌دار شد که این نتیجه دلالت بر آن دارد که عامل تمرین و RF به صورت توأم اثر تعاملی معنی‌دار بر تغییرات متغیرهای وابسته داشتند.

نتایج مقایسه‌های درون گروهی در جداول ۳ و ۴ و نتایج بین گروهی در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج جدول ۳ و ۴ نشان می‌دهد که هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی به تنهایی و همچنین همراه با RF باعث ایجاد تغییرات (کاهش) معنی‌دار در وزن بدن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن؛ و تغییرات (افزایش) معنی‌دار در VO2max، FVC، FEV1، FEF 25-75% ($P < 0.05$)، به جز FEV1/FVC ($P > 0.05$)، شد. همچنین نتایج جدول ۳ و ۴ گویای آنست که هشت هفته RF با ایجاد تغییرات

جدول ۱. برنامه تمرین مقاومتی غیر خطی

شدت حرکات	خیلی سبک	سبک	متوسط	سنگین
پرس پا	۱ × ۲۰/۴۰°	۲ × ۱۵/۱۶	۳ × ۱۰/۷۵	۳ × ۴/۹۰
پرس سینه	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۳ × ۱۰/۷۵	۳ × ۴/۹۰
پرس سینه شیبدار	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	-	-
پارویی نشسته	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۳ × ۱۰/۷۵	۳ × ۴/۹۰
لیفت مرده	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۳ × ۱۰/۷۵	۳ × ۴/۹۰
شکم با زانوی خمیده	۱ × ۲۰	۲ × ۲۰	۳ × ۱۵	۳ × ۱۸
کشش از بالا	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۲ × ۱۰/۷۵	-
بلند شدن روی پنجه پا	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۲ × ۱۰/۷۵	۲ × ۴/۹۰
پشت ران	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۲ × ۱۰/۷۵	۲ × ۴/۹۰
پرس شانه	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۲ × ۱۰/۷۵	۲ × ۴/۹۰
کشش هالتر تا چانه	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۲ × ۱۰/۷۵	۲ × ۴/۹۰
جلو بازو هالتر	۱ × ۲۰/۴۰	۲ × ۱۵/۱۶	۲ × ۱۰/۷۵	۲ × ۴/۹۰

* ۲۰ تکرار/۴۰ درصد یک تکرار بیشینه، ۱ نوبت. استراحت بین حرکات و نوبت‌ها ۱، ۱-۲، ۳-۵ به ترتیب برای شدت‌های خیلی سبک، سبک و متوسط، سنگین

جدول ۲. ترتیب جلسات در برنامه تمرین مقاومتی غیر خطی

هفته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
جلسه اول	L	L	M	VL	M	L	VL	H
جلسه دوم	M	VL	H	H	M	M	M	VL
جلسه سوم	L	H	L	L	L	L	H	M

شدت تمرینات: خیلی سبک (VL)، سبک (L)، متوسط (M)، سنگین (H).

جدول ۳. نتایج مقایسه درون گروهی شاخص‌های ترکیب بدنی و VO2max در طول مداخله

متغیرها	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	درصد تغییرات	Sig
وزن بدن (kg)	تمرین	۹۰/۹۳ ± ۲/۷۹	۸۹/۲۷ ± ۲/۶۳	%-۱/۸۷	*۰/۰۳۹
	RF	۹۳/۲۰ ± ۳/۴۴	۹۲/۹۳ ± ۳/۳۴	%-۰/۲۸	۰/۰۹۳
	تمرین + RF	۹۱/۴۷ ± ۲/۹۲	۸۸/۷۳ ± ۲/۸۱	%-۳/۰۸	*۰/۰۰۲
BMI (kg/m ²)	تمرین	۳۱/۵۹ ± ۱/۲۵	۳۱/۰۱ ± ۱/۱۳	%-۱/۸۷	*۰/۰۴۵
	RF	۳۲/۴۰ ± ۱/۵۷	۳۲/۳۱ ± ۱/۵۴	%-۰/۲۸	۰/۰۷۶
	تمرین + RF	۳۲/۶۶ ± ۱/۶۵	۳۱/۶۸ ± ۱/۵۲	%-۳/۰۸	*۰/۰۱۱
چربی بدن (%)	تمرین	۳۰/۴۰ ± ۲/۶۷	۲۸/۳۷ ± ۲/۳۸	%-۷/۱۶	*۰/۰۰۰۱
	RF	۳۱/۶۵ ± ۲/۰۰	۳۱/۴۱ ± ۱/۹۶	%-۰/۷۸	۰/۴۱۸
	تمرین + RF	۲۹/۸۰ ± ۲/۱۸	۲۷/۰۶ ± ۲/۰۱	%-۱۰/۱۶	*۰/۰۰۰۱
VO2max (ml.kg.min)	تمرین	۳۱/۲۰ ± ۲/۱۱	۳۲/۱۱ ± ۲/۲۵	%۲/۱۸۲	*۰/۰۲۶
	RF	۳۱/۴۳ ± ۲/۴۱	۳۱/۷۷ ± ۲/۴۷	%۱/۰۱	۰/۳۱۸
	تمرین + RF	۳۲/۲۷ ± ۲/۰۵	۳۳/۸۰ ± ۲/۱۴	%۴/۱۵۲	*۰/۰۱۷
	کنترل	۳۰/۵۳ ± ۲/۶۱	۳۰/۴۶ ± ۲/۵۸	%-۰/۱۶	۰/۴۱۶

* تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵). داده‌ها بر حسب میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

جدول ۴. نتایج مقایسه درون گروهی شاخص‌های عملکرد تنفسی در طول مداخله

متغیرها	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	درصد تغییرات	Sig
FVC (L)	تمرین	۳/۲۶ ± ۰/۶۶	۳/۵۷ ± ۰/۶۸	%۹/۲۳	*۰/۰۰۱
	RF	۳/۲۴ ± ۰/۵۷	۳/۳۰ ± ۰/۵۷	%۱/۹۰	۰/۱۰۸
	تمرین + RF	۳/۲۳ ± ۰/۶۱	۳/۷۰ ± ۰/۶۳	%۱۲/۷۱	*۰/۰۰۰۱
FEV1 (L)	تمرین	۳/۱۸ ± ۰/۷۱	۳/۴۹ ± ۰/۷۳	%۹/۰۰	*۰/۰۰۰۱
	RF	۳/۲۰ ± ۰/۶۱	۳/۲۴ ± ۰/۶۱	%۱/۳۱	۰/۲۱۴
	تمرین + RF	۳/۱۷ ± ۰/۵۹	۳/۷۲ ± ۰/۶۲	%۱۴/۹۶	*۰/۰۰۰۱
FEF 25-75% (L/S)	تمرین	۳/۲۳ ± ۰/۵۴	۳/۴۷ ± ۰/۵۵	%۴/۰۸	*۰/۰۲۷
	RF	۳/۲۰ ± ۰/۵۰	۳/۳۵ ± ۰/۵۱	%۱/۵۱	۰/۰۹۶
	تمرین + RF	۳/۲۲ ± ۰/۶۰	۳/۵۳ ± ۰/۶۲	%۵/۸۶	*۰/۰۱۸
FEV1/FVC (%)	تمرین	۱/۰۳ ± ۰/۳۸	۱/۰۲ ± ۰/۳۵	%-۰/۵۰	۰/۵۱۵
	RF	۱/۰۰ ± ۰/۱۸	۰/۹۹ ± ۰/۱۸	%-۰/۶۲	۰/۱۲۶
	تمرین + RF	۱/۰۱ ± ۰/۲۵	۱/۰۳ ± ۰/۲۳	%۲/۱۶	۰/۴۶۴
	کنترل	۱/۰۱ ± ۰/۲۴	۱/۰۱ ± ۰/۲۵	%-۰/۰۷	۰/۸۱۸

* تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵). داده‌ها بر حسب میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.



جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس برای مقایسه بین گروهی مقدار تغییرات متغیرهای مورد بررسی در طول مداخله

نتایج آزمون تعقیبی توکی		نتایج تحلیل واریانس		مقدار تغییرات متغیرها
sig	مقایسه در بین	sig	F	در طول مداخله
*.001	تمرین + RF با RF	*.001	۱۱/۹۶	وزن بدن (kg)
.058	تمرین + RF با تمرین			
*.006	تمرین با RF			
*.021	تمرین + RF با RF	*.001	۱۴/۲۵	BMI (kg.m ²)
.0536	تمرین + RF با تمرین			
*.047	تمرین با RF			
*.001	تمرین + RF با RF	*.019	۱۷/۰۱	چربی بدن (/.)
.0366	تمرین + RF با تمرین			
*.002	تمرین با RF			
*.030	تمرین + RF با RF	*.002	۵/۵۱	VO2max (ml.kg.min)
.0187	تمرین + RF با تمرین			
*.041	تمرین با RF			
*.023	تمرین + RF با RF	*.044	۲/۴۷	FVC (L)
.0109	تمرین + RF با تمرین			
*.034	تمرین با RF			
*.001	تمرین + RF با RF	*.021	۲/۴۶	FEV1 (L)
.096	تمرین + RF با تمرین			
*.002	تمرین با RF			
*.017	تمرین + RF با RF	*.042	.070	FEF 25-75% (L/S)
.0320	تمرین + RF با تمرین			
*.037	تمرین با RF			
.073	تمرین + RF با RF	.0980	۸/۰۶	FEV1/FVC (%)
.0104	تمرین + RF با تمرین			
.092	تمرین با RF			

* تفاوت معنی‌دار (P<.05).

و ۵/۸۶ درصد)، شد. همچنین انجام هشت هفته تمرین به تنهایی نیز موجب افزایش معنی‌دار FVC (۹/۲۳ درصد)، FEV1 (۹ درصد) و FEF 25-75% (۴/۰۸ درصد)، گردید. با این حال به دنبال هشت هفته مداخله RF در مردان چاق، شاخص‌های تنفسی تغییرات معنی‌دار نداشتند. با نگاهی دقیق به درصد تغییرات معنی‌دار در می‌یابیم که اثر توأم تمرین مقاومتی غیرخطی با RF نسبت به اثر اصلی هر کدام به تنهایی، باعث بهبودی بیشتر در شاخص‌های عملکردی ریه مردان چاق شد و این نتایج دلالت بر آن دارد که مداخله تمرین مقاومتی غیرخطی و RF به صورت ترکیبی

بحث

چاقی و اضافه وزن از عوامل اصلی پیدایش اختلالات در دستگاه‌های حیاتی بدن مانند دستگاه تنفسی است و مداخله‌های مناسب و اصولی جهت بهبود وضعیت ترکیب بدنی و تقویت عملکرد تنفسی نسبت به روش‌های درمانی تهاجمی از اولویت بالایی برخوردارند. بدین سبب در پژوهش حاضر، بررسی تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی و RF بر برخی شاخص‌های عملکردی ریه و ترکیب بدنی در مردان چاق صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر توأم هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی با RF باعث افزایش معنی‌دار FVC (۱۲/۷۱ درصد)، FEV1 (۱۴/۹۶ درصد)



احتمالاً دلایل مغایرت نتایج سایر تحقیقات با یافته‌های تحقیق حاضر را به نوع و شیوه تمرین (تمرین مقاومتی خطی در برابر غیرخطی، تمرین هوایی در برابر تمرین مقاومتی، شدت تمرین کمتر از ۷۰ درصد VO_{2max} در برابر شدت تمرین بیشتر از ۸۰ درصد VO_{2max})، ویژگی‌های آزمودنی-های مورد مطالعه (سال‌ها در برابر بیمار، درجه چاقی، دامنه سنی بزرگسال و سالمند)، جنسیت آزمودنی‌ها (مردان در برابر زنان)، روش‌های ارزیابی شاخص‌های عملکردی با دستگاه‌های مختلف اسپرومتری، مداخلات ترکیبی و طول دوره مطالعه نسبت داد. با این حال، یکی از دلایل انجام تحقیقات گسترده با هدف تعمیم هر چه صحیح‌تر نتایج به جوامع هدف، وجود همین نتایج متناقض است. همان‌طور که بیان شد FEV_1 آزمونی منحصر به فرد از عملکرد تنفسی است که با بهبود قدرت عضلات تنفسی افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه FEV_1 شاخص قدرت عضلات تنفسی است، به نظر می‌رسد ورزش‌هایی که قدرت عضلات تنفسی را بهبود بخشند، باعث افزایش عملکرد تنفسی به ویژه شاخص FEV_1 می‌شوند. در پژوهش حاضر با توجه به هدف مطالعه، قدرت عضلات تنفسی ارزیابی نشده است و این موضوع یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر است که نیازمند بررسی در مطالعات آتی است؛ اما وجود شواهد کافی دلالت بر آن دارد که بافت چربی پیرامون قفسه سینه و شکم فشار وارده بر دیواره‌ی قفسه سینه را زیاد کرده و باعث ایجاد اختلال در عملکرد تنفسی می‌شود و کاهش وزن اضافی و توده چربی می‌تواند اختلال در عملکرد تنفسی، در نتیجه چاقی را معکوس کند (۳۲). از این رو، احتمالاً افزایش شاخص‌های عملکرد تنفسی در تحقیق حاضر را می‌توان به بهبود و کاهش معنی‌دار شاخص‌های ترکیب بدنی نسبت داد.

در ارتباط با ارزیابی شاخص‌های ترکیب بدنی و VO_{2max} در تحقیق حاضر، نتایج هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی و مداخله RF بیانگر آن است که تمرین همراه با RF و همچنین تمرین به تنهایی باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های ترکیب بدنی (وزن بدن، شاخص توده بدن و درصد چربی بدن) و افزایش معنی‌دار VO_{2max} شدند. از حیث اثرگذاری متغیرهای مستقل در تحقیق حاضر، بررسی درصد تغییرات ایجاد شده در طول هشت هفته، به خوبی مشخص شد که اثر توأم تمرین مقاومتی غیرخطی با RF نسبت به اثر اصلی تمرین به تنهایی، بیشترین سودمندی در کاهش معنی‌دار شاخص‌های ترکیب بدنی و افزایش معنی‌دار VO_{2max} داشت. شاید این نتایج تحقیق حاضر از دیدگاه لیپولیزی و از منظر سوخت و ساز، هزینه انرژی و آمادگی قلبی-تنفسی تا حدی به دنبال تمرین مقاومتی دور از انتظار باشد، ولی الگوی تمرینی استفاده شده در تحقیق حاضر دارای ویژگی استقامت عضلانی (استقامت در قدرت) است و به شکل دایره‌ای اجرا شد که چنین ساختار

اثر هم‌افزایی و تعاملی مثبت در جهت بهبود عملکرد تنفسی مردان چاق داشته است. تمرینات مقاومتی با افزایش قدرت در عضلات بین‌دنده‌ای و عضلات تنفسی می‌تواند باعث افزایش دم عمیق، افزایش نیروی بازدمی، بهبود FEF_{25-75} و افزایش FVC گردد. به دنبال تقویت عضلات سینه‌ای می‌توان مقدار هوایی را که پس از یک دم عمیق و در ثانیه اول بازدم از ریه‌ها خارج می‌گردد (FEV_1) را نیز افزایش داد. احتمالاً شواهد موجود در تحقیق حاضر بر این موضوع صحت می‌گذارد که برنامه تمرین مقاومتی غیرخطی همراه با RF در تقویت عضلات موثر بر عملکرد تنفسی نیز موثر بوده‌اند. چرا که RF با فعالسازی گرما و افزایش روند لیپولیز در نواحی تنه و در موقعیت عضلات تنفسی موجود در آن ناحیه، وضعیت مطلوب برای افزایش عملکرد ریوی ایجاد کرده باشد. در این راستا، نتایج تحقیقات بیانگر آن است که افزایش حجم قفسه سینه و به دنبال آن افزایش قدرت عضلات این ناحیه در تمرینات مقاومتی به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد تنفسی می‌شود و این تغییرات منجر به افزایش میزان FEV_1 و FVC می‌گردد (۲۶، ۲۷). نتایج تحقیقات دال بر آن است که برنامه تمرین مقاومتی می‌تواند به عنوان روش درمانی مناسب در جهت بهبود عملکرد ریوی افراد مبتلا به برونشیت مزمن مورد استفاده قرار گیرد. نتایج برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی باعث بهبود نورو-های عضلات تنفسی می‌گردد (۲۶، ۲۸، ۲۹). در تحقیق سینگ^۱ و همکاران (۲۰۱۱) که سنجش عملکرد ریوی مردان سیگاری بی‌تحرک مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاکی از آن است که چهار هفته تمرین مقاومتی بالاتنه و سه جلسه در هفته منجر به افزایش معنی‌دار مقادیر FEV_1 و FEV_1/FVC شد، اما تغییرات FVC معنی‌دار نشد (۳۰). با این وجود تغییرات FEV_1 همسو و تغییرات FEV_1/FVC و FVC ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر است. گزارش شده است که تمرین مقاومتی با افزایش قدرت عضلات تنفسی و کاهش پرهوایی دینامیکی^۲ باعث افزایش حجم جاری و افزایش ظرفیت دمی و کاهش تعداد تنفس می‌شود (۳۱). نتایج تحقیق فلور-روفینو و همکاران (۲۰۲۳) حاکی از آن است که به دنبال انجام شش ماه تمرین HIRT (دو جلسه ۶۵ دقیقه‌ای در هفته به شکل دایره‌ای) در زنان سارکوپنیک سالمند شاخص‌های FEV_1 و FVC کاهش داشتند و با نتایج تحقیق حاضر همسو نیست؛ اما در بخش دیگری از این تحقیق EV_1/FVC و FEF_{25-75} افزایش داشتند و این نتیجه با نتایج تحقیق حاضر همسو است. در توجیه این نتایج می‌توان به این نکته اشاره کرد که افزایش قدرت عضلات تنفسی موجب بهبود عملکرد ریوی می‌شود و این بهبودی منجر به کاهش وضعیت سارکوپنی تنفسی در زنان مسن سارکوپنیک می‌گردد (۱۰).

^۱ hyperinflation Dynamic^۲ Singh

شاخص‌های دور کمر، ضخامت چربی زیر جلدی شکمی و چین افقی شکمی در گروه تجربی را نشان داد (۱۸). در تحقیق حاضر هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی به تنهایی و همراه با RF وزن بدن، شاخص توده بدن و درصد چربی بدن را در مردان چاق به طور معنی‌داری کاهش داد و همچنین باعث افزایش معنی‌دار VO_{2max} و شاخص‌های عملکردی تنفسی شد. رسوب چربی شکمی در افراد چاق، کار دیافراگم را به نسبت افزایش چربی شکمی یا افزایش وزن روی دیواره‌ی قفسه سینه کاهش می‌دهد؛ بنابراین افراد چاق نمی‌توانند عملکرد ریوی مطلوب داشته باشند و این موضوع علاوه بر تحقیق حاضر در مطالعات (۳۵، ۳۶) نیز گزارش داده شد. همچنین مهدی‌زاده و حاصلی (۲۰۱۶) گزارش دادند که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی (۴۰ تا ۸۰ درصد IRM) در زنان چاق و دارای اضافه وزن، به طور معنی‌داری وزن بدن، شاخص توده بدن، دور کمر، نسبت دور کمر به لگن را کاهش داد و شاخص‌های FEV_1 ، FVC و FEV_1/FVC افزایش معنی‌داری داشتند (۱۱). فعالیت ورزشی به دلیل نیاز بیشتر به اکسیژن و دفع دی‌اکسید کربن باعث تحریک مکرر ریه‌ها برای تنفس می‌شود و با کاهش انقباض عضلات صاف ریه‌ها باعث کاهش مقاومت راه‌های هوایی و بهبود عملکرد ریوی می‌شود. تمرینات بدنی در دراز مدت باعث کاهش التهاب راه‌های هوایی می‌شود، در نتیجه علائم ریوی و تنگی نفس را بهبود می‌بخشد همچنین، فعالیت مقاومتی با افزایش اثر سمپاتیک سیستم اتونومیک و کاتکول آمین‌های ترشح شده از غده فوق کلیوی می‌تواند منجر به گشاد شدن راه‌های هوایی در حین ورزش شود (۸). با توجه به واقعیت انکارناپذیر رشد و توسعه تکنولوژی در حوزه سلامت و بکارگیری دستگاه‌های غیرتهاجمی پیکرتراشی مانند RF در افزایش لیپولیز نواحی مختلف بدن، نیاز است که مطالعات علمی دقیق در این باره انجام شود تا با اطمینان خاطر بیشتری کاربرد سلامت محور این دستگاه‌ها را به جوامع هدف معرفی گردد، البته تحقیق حاضر یکی از معدود تحقیقاتی است که در این زمینه انجام شد و مسلماً تحقیقات بیشتری جهت پاسخگویی به سوالات مبهم در این زمینه نیاز است.

مطالعه حاضر هم به مانند تحقیقات دیگر مستثنی از محدودیت نیست. مهمترین محدودیت تحقیق حاضر عدم بکارگیری مستقیم عضلات تنفسی دمی و بازدمی بود. زیرا تمرین این عضلات نقش موثری بر عملکرد ریوی دارد. همچنین مقایسه تاثیر تمرینات مقاومتی و هوازی همراه با RF در تحقیقات آتی می‌تواند روشنگری درست در تعمیم نتایج به جوامع هدف داشته باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد هشت هفته تمرین مقاومتی غیرخطی همراه با RF و به تنهایی به طور معنی‌داری شاخص‌های ترکیب بدنی را کاهش و VO_{2max} را افزایش داد. همچنین

تمرینی و البته همراه با مداخله RF (شیوه‌ای نوین در لیپولیز بافت چربی)، شرایط فیزیولوژیکی حاکم بر بدن را تا حد زیادی به سمت افزایش سوخت و ساز بافت چربی و افزایش ظرفیت آمادگی قلبی-تنفسی سوق می‌دهد (۲۴، ۲۵) و نتایج تحقیق حاضر هم موید این موضوع است. در رابطه با بهبود ترکیب بدن و درصد چربی، تحقیقات نشان داده است که پس از تمرین مقاومتی، اکسیداسیون چربی حتی تا ۱۵ ساعت بعد افزایش می‌یابد (۳۳). تمرینات مقاومتی با افزایش متابولیسم و مصرف انرژی و کاهش توده چربی ترکیب بدن را بهبود می‌بخشد. بعد از اینکه تمرین مقاومتی باعث افزایش هورمون رشد و تاثیر بر لیپولیز می‌شود، تمرینات مقاومتی می‌تواند متابولیسم توده چربی بدن افراد چاق و دارای اضافه وزن را تغییر دهد. احتمالاً افزایش هورمون‌های آنابولیک مانند هورمون رشد و تستوسترون که در رشد و بازسازی بافت عضلانی مهم و حیاتی هستند، در حین و بعد از فعالیت مقاومتی اتفاق می‌افتد (۳۳). دلایل مطالعه شاخص‌های عملکردی تنفسی همراه با شاخص‌های ترکیب بدنی و VO_{2max} در مردان چاق، بر این واقعیت استوار است که همبستگی معکوس بین چاقی با شاخص‌های عملکرد تنفسی وجود دارد و این فرضیه در تحقیقات قبلی به تایید رسیده است (۳۴). هوکل و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند برنامه توانبخشی ریوی و عملکردی تنفسی در مدت ۱۶ جلسه موجب بهبود شاخص‌های عملکردی تنفسی (FEV_1 ، FEV_1/FVC ، FVC) و ترکیب بدنی (وزن بدن و درصد چربی بدن) شد و همچنین قدرت عضلات تنفسی برای فشار دمی و بازدمی افزایش داشت. این محققین اظهار کردند برنامه تمرین مقاومتی و توانبخشی ریوی مداخله مناسبی جهت بهبود ظرفیت عملکردی ریوی و ترکیب بدن است (۱۳). نتایج این مطالعه با یافته‌های ما همسو است. همچنین همسو با نتایج تحقیق حاضر، بهراد و همکاران (۲۰۱۰)، گزارش کردند که تمرین مقاومتی دایره‌ای در مقایسه با تمرین تناوبی شدید باعث بهبودی بیشتر در FVC و ترکیب بدنی شد؛ اما ناهمسو با نتایج تحقیق ما، شاخص‌های FEV_1/FVC ، FEF_{25-75} و VO_{2max} کاهش غیرمعنی‌دار داشتند (۱۵). با بررسی پیشینه تحقیق، بررسی اثر RF بر عملکرد تنفسی یافت نشد و فقط به مطالعات اندک در زمینه ترکیب بدنی محدود می‌شود. در این راستا، نتایج تحقیق پومپرا و همکاران (۲۰۱۵) و همسو با نتایج تحقیق حاضر، حاکی از آن است که در افراد مبتلا به سندرم متابولیک مداخله RF در مدت یک هفته (چهار جلسه) موجب کاهش چربی زیر جلدی شکمی شد (۲۰). همچنین، گزارش شده است چهار هفته RF (یک جلسه در هفته) باعث کاهش قابل توجهی در وزن بدن، توده چربی، چربی زیرپوستی شکم، چربی زیرپوستی فوقانی تاج خاصره و دور شکم مردان گردید (۲۱). واله و همکاران (۲۰۱۹) نیز اظهار داشتند که اثر توأم چهار جلسه تمرین هوازی همراه با RF کاهش قابل توجه در

بدین وسیله از کلیه شرکت کنندگانی که در انجام تحقیق حاضر نویسندگان را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله، هیچگونه تضاد منافی با انتشار این مقاله ندارند.

شاخص‌های عملکرد تنفسی با افزایش معنی‌دار همراه شد. لذا مردان چاق می‌توانند از مداخله تمرین مقاومتی غیرخطی همراه با RF جهت افزایش کارایی عملکرد ریوی متعاقب کاهش توده چربی اضافی و افزایش VO2max در برنامه‌های تمرینی بهره‌مند شوند و این شیوهی مداخله‌ای را به عنوان یک راهکار درمانی غیردارویی در نظر بگیرند.

تشکر و قدردانی

without asthma. *Journal of Asthma*. 2018;55(8):868-76.

10. Flor-Rufino C, Barrachina-Igual J, Pérez-Ros P, Pablos-Monzó A, Martínez-Arnau FM. Resistance training of peripheral muscles benefits respiratory parameters in older women with sarcopenia: Randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2023;104:104799.

11. Mehdizadeh R, Haseli S. The Effect of Resistance Training on Indices of Lung and Body Composition in Obese and Overweight Women with Type 2 Diabetes. *Journal of Sport Biosciences*. 2015;7(4):563-78. [In Persian]

12. Gholami M, Salehi N. The Effect of Eight Weeks of Resistance Training with Dumbbell and Theraband on the Body Composition and Muscular Strength in the Middle-aged Obese Women: a Clinical Trial. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2018;17(9):829-42. [In Persian]

13. Hockele LF, Sachet Affonso JV, Rossi D, Eibel B. Pulmonary and functional rehabilitation improves functional capacity, pulmonary function and respiratory muscle strength in post COVID-19 patients: pilot clinical trial. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(22):14899.

14. Khosravi M, Tayebi SM, Ghorban-Nezhad N. Effects of eight weeks circuit resistance training on pulmonary function of inactive women. *Annals of Applied Sport Science*. 2013;1(2):11-8. [In Persian]

15. Behrad A, Askari R, Hamedinia MR. The effect of high intensity interval training and circuit resistance training on respiratory function and body composition in overweight females. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2016;4(7):89-101. [In Persian]

Reference

- Mehrabi E, Kargarfard M, Kelishadi R, Mojtahedi H. Effects of obesity on pulmonary function in obese, overweight, and normal students. *Journal of Isfahan Medical School*. 2012;30(183). [In Persian]
- Guerra S, Sherrill DL, Bobadilla A, Martinez FD, Barbee RA. The relation of body mass index to asthma, chronic bronchitis, and emphysema. *Chest*. 2002;122(4):1256-63.
- Gordshekan G, Ghazalian F. The effect of 6 weeks of body weight exercises on the respiratory function of overweight women. *Advancement in Yoga and Physical Therapy*. 2023;1(1):15-21.
- Kwon H, Kim D, Kim JS. Body fat distribution and the risk of incident metabolic syndrome: a longitudinal cohort study. *Scientific reports*. 2017;7(1):10955.
- Jetzke M, Mutz M. Sport for pleasure, fitness, medals or slenderness? Differential effects of sports activities on well-being. *Applied Research in Quality of Life*. 2020;15:1519-34.
- Jones RL, Nzekwu M-MU. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006;130(3):827-33.
- Burki N, Baker RW. Ventilatory regulation in eucapnic morbid obesity. *The American review of respiratory disease*. 1984;129(4):538-43.
- Hakala K, Stenius-Aarniala B, Sovija A. Effects of weight loss on peak flow variability, airways obstruction, and lung volumes in obese patients with asthma. *Chest*. 2000;118(5):1315-21.
- Winn C, Mackintosh K, Eddolls W, Stratton G, Wilson A, Rance J, et al. Perceptions of asthma and exercise in adolescents with and



capacity in non-active healthy men. 2006. [In Persian]

24. Nikseresht M, Agha-Alinejad H, Azarbayjani MA, Ebrahim K. Effects of nonlinear resistance and aerobic interval training on cytokines and insulin resistance in sedentary men who are obese. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(9):2560-8.

25. Kraemer WJ, Fleck SJ. Optimizing strength training: designing nonlinear periodization workouts: *Human Kinetics*; 2007.

26. Bradley J, Moran F. Pulmonary rehabilitation improves exercise tolerance in patients with bronchiectasis. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2006;52(1):65.

27. Vempati R, Bijlani RL, Deepak KK. The efficacy of a comprehensive lifestyle modification programme based on yoga in the management of bronchial asthma: a randomized controlled trial. *BMC pulmonary medicine*. 2009;9(1):1-12.

28. de Lima FF, Pinheiro DHA, Carvalho CRFd. Physical training in adults with asthma: An integrative approach on strategies, mechanisms, and benefits. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*. 2023;4:1115352.

29. Xiong T, Bai X, Wei X, Wang L, Li F, Shi H, et al. Exercise Rehabilitation and Chronic Respiratory Diseases: Effects, Mechanisms, and Therapeutic Benefits. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. 2023:1251-66.

30. Singh V, Jani H, John V, Singh P, Joseley T. Effects of upper body resistance training on pulmonary functions in sedentary male smokers. *Lung India: official organ of Indian Chest Society*. 2011;28(3):169.

31. Sheel AW, Guenette JA. Mechanics of breathing during exercise in men and women: sex versus body size differences? *Exercise and sport sciences reviews*. 2008;36(3):128-34.

32. van Huisstede A, Cabezas MC, Birnie E, van de Geijn G-JM, Rudolphus A, Mannaerts G, et al. Systemic inflammation and lung function impairment in morbidly obese subjects with the metabolic syndrome. *Journal of obesity*. 2013;2013.

16. Kermanizadeh R, Haghghi A, Askari R. Effect of three resistance training programs with different intensities on pulmonary function, physical function and body composition in overweight females. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2018;20(2):69-76. [In Persian]

17. Chen H-T, Wu H-J, Chen Y-J, Ho S-Y, Chung Y-C. Effects of 8-week kettlebell training on body composition, muscle strength, pulmonary function, and chronic low-grade inflammation in elderly women with sarcopenia. *Experimental gerontology*. 2018;112:112-8.

18. Vale AL, Pereira AS, Morais A, Noites A, Mendonça AC, Martins Pinto J, et al. Effects of radiofrequency on adipose tissue: A systematic review with meta-analysis. *Journal of cosmetic dermatology*. 2018;17(5):703-11.

19. Jacob C, Kent D, Ibrahim O. Efficacy and safety of simultaneous application of HIFEM and synchronized radiofrequency for abdominal fat reduction and muscle toning: a multicenter magnetic resonance imaging evaluation study. *Dermatologic Surgery*. 2021;47(7):969-73.

20. Pumplra J, Howorka K, Kolackova Z, Sovova E. Non-contact radiofrequency-induced reduction of subcutaneous abdominal fat correlates with initial cardiovascular autonomic balance and fat tissue hormones: safety analysis. *F1000Research*. 2015;4.

21. Arpini M, Pochmann D, da Silva I, Arpini R, Dorneles G, Peres A, et al. Acute and chronic non-invasive radiofrequency intervention modulates inflammatory but non epigenetic makers in physically active women. *Comparative Exercise Physiology*. 2020;16(3):169-78.

22. Pahlavani N, Nattagh-Eshtivani E, Amanollahi A, Ranjbar G, Aghdaei HA, Navashenaq JG, et al. Effects of microwave technology on the subcutaneous abdominal fat and anthropometric indices of overweight adults: A clinical trial. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2022;21(4):1482-8.

23. Afzalpour M, Gharakhanlou R, Gaeini A, MOHEBI H, Hedayati S. The effects of vigorous and moderate aerobic exercise on the serum arylesterase activity and total antioxidant

33. Mirzakhani M, Ghasemi G, Sadeghi M, Ghasemi R. The effects of modified Pilates training on quality of life and clinical symptoms in female asthmatic patients. *J Res Sport Rehabil.* 2015;3(5):43-50. [In Persian]
34. PARASTESH M. The effect of 12 weeks of aerobic activity on lung function and serum leptin levels in obese men. 2014. [In Persian]
35. Hong Y, Ra SW, Shim TS, LIM CM, Koh Y, Lee SD, et al. Poor interpretation of pulmonary function tests in patients with concomitant decreases in FEV1 and FVC. *Respirology.* 2008;13(4):569-74.
36. Ochs-Balcom HM, Grant BJ, Muti P, Sempos CT, Freudenheim JL, Trevisan M, et al. Pulmonary function and abdominal adiposity in the general population. *Chest.* 2006;129(4):853-62.