

A Systematic Review of the Effects of Aerobic, Resistance, Endurance, and Combined Exercises on Fatty Liver

<p>Received: 2025/03/02</p> <p>Accepted: 2025/03/27</p> <p>Online ISSN 3060-7078</p> <p style="text-align: center;">Bagher Shoja Anzabi¹ Sayeh Ghasemzadeh¹ Reza Farzizadeh¹</p> <p style="text-align: center;">1- Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.</p> <p>*Correspondence: Reza Farzizadeh Email: r_farzizadeh@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-0213-1867</p>	<p style="text-align: center;">ABSTRACT</p> <p>Objectives and Study Background: Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is a common disorder characterized by fat accumulation in the liver, which can lead to serious complications. Currently, there are no approved pharmacological treatments for NAFLD; however, lifestyle changes, including exercise, have emerged as a promising therapeutic intervention. This systematic review aims to evaluate the effects of various types of exercise on NAFLD.</p> <p>Review Methods and Data Sources: Relevant articles were searched from various databases, including SID, Irandoc, Medline, PubMed, and Google Scholar, using keywords such as "fatty liver," "aerobic exercise," "resistance training," and their combinations. Selected articles were assessed based on predetermined inclusion and exclusion criteria, and relevant data were extracted.</p> <p>Findings: From an initial 140 relevant articles, 22 studies were included after removing duplicates, conducting thorough full-text screening, and reviewing predefined criteria. Endurance (aerobic) exercises reduced plasma levels of ceramide and increased pentraxin-3 (PTX-3) levels. A significant reduction in liver enzyme levels ALT and AST was observed in men with NAFLD. Resistance training also contributed to improved liver function and increased muscle strength in postmenopausal women with NAFLD. Combined exercises had a positive impact on the lipid profile of NAFLD patients, although aerobic exercises showed more pronounced benefits. The intensity and duration of exercise were also important, with moderate-intensity aerobic training (55-75% HRmax) for 45 minutes three times a week yielding positive results. The number of weekly exercise sessions was positively correlated with reduced liver fat content.</p> <p>Conclusion: Various types of exercise, particularly aerobic and resistance training, can have a positive impact on managing NAFLD. The intensity, duration, and type of exercise should be tailored to the individual characteristics of the patient. Exercise is recommended as an important non-pharmacological therapeutic strategy for managing NAFLD.</p> <p>Keywords: Non-alcoholic fatty liver disease, aerobic exercises, endurance training, resistance training, liver enzymes.</p>
---	---

Extended Abstract

Introduction:

Metabolic dysfunction-associated fatty liver disease (MAFLD) is a chronic condition characterized by fat accumulation in the liver and impaired metabolic function¹. Formerly known as non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD), it was redefined in October 2020 based on guidelines from the Asia-Pacific Association for the Study of the Liver. The new MAFLD definition relies on the presence of hepatic steatosis, confirmed via liver biopsy or imaging, along with blood biomarkers, and one of the following three criteria: overweight/obesity, type 2 diabetes, or metabolic dysfunction. This new definition emphasizes the pathogenesis of MAFLD and shifts study endpoints, excluding alcohol consumption, which was a distinction in NAFLD. MAFLD affects approximately a quarter of the global population and is not only associated with liver inflammation, fibrosis, and malignant tumors but is also frequently accompanied by various metabolic disorders leading to serious conditions such as gout, type 2 diabetes, hypertension, and atherosclerosis, imposing a significant burden on public health and community economies. Therefore, the need for an effective approach to combat this condition is urgently felt. To date, there is no approved treatment for MAFLD, and patient management is primarily based on promoting a healthy lifestyle, including appropriate diet and exercise, aiming for weight reduction. Sedentary behavior has not yet reached an agreed definition and usually refers to sitting time. In contrast, physical activity refers to any movement that requires energy. Physical fitness includes a set of characteristics that indicate the body's tolerance for activity and can be measured through specific tests. Exercise refers to planned, structured, and repetitive physical activity that involves specific intensity, frequency, and duration. Exercise intensity can be graded based on metabolic equivalents (METs); one MET is equivalent to the amount of oxygen consumed while sitting at rest and equals 3.5 milliliters of oxygen per kilogram of body weight per minute. Also, one MET is equivalent to 1 kilocalorie per kilogram of body weight per hour. For example, walking at a speed of 4.8 kilometers per hour is equivalent to 3 METs, while running at a speed between 6.4 to 8 kilometers per hour reaches 7 METs. Activities known as light exercise typically consume between 1.1 to 3.9 METs of energy, while moderate exercises consume between 4 to 6 METs, and vigorous or heavy exercises require more than 6 METs of energy. Another method for assessing physical activity intensity is using VO₂max, which represents the body's maximum capacity to consume oxygen in liters per minute (L/min). An activity that requires 40 to 60 percent of VO₂max is considered moderate, while activities that require at least 60 percent of VO₂max are considered intense. Consequently, the aim of this systematic review was to comprehensively examine and evaluate the impact of different types of exercise (aerobic, resistance, endurance, and combined) on fatty liver status and related indicators. This study aimed to collect, analyze, and synthesize the evidence available in scientific literature to provide a better understanding of the role and mechanism of action of each of these exercises in improving or controlling fatty liver disease and provide guidance for designing effective exercise programs in this field.

Methodology:

In this systematic review study, a precise and structured search strategy was used to comprehensively investigate the impact of aerobic, resistance, endurance, and combined exercises on fatty liver. Initially, relevant keywords including "fatty liver," "aerobic exercise," "resistance training," "endurance training," "combined training," "physical activity," and "exercise" were identified and defined. These keywords were then combined using Boolean operators (AND, OR) to search credible databases such as SID, Irandoc, Medline, PubMed, Magiran, Google Scholar, Noor Mags, and Civilica. For instance, combinations like "fatty liver" AND "aerobic exercise" or

("aerobic exercise" OR "resistance training" OR "endurance training" OR "combined training") AND "fatty liver" were utilized. The search timeframe was limited to the recent 10 years (from 2014 to the present), and precise inclusion and exclusion criteria were considered for selecting articles. Articles were required to include studies that directly examined the impact of the exercises of interest on fatty liver, while review articles, animal studies, and non-English or Persian articles were excluded from the study. Following the search, the related articles were evaluated based on abstracts and full texts, and the required data including the type, intensity, and duration of exercise, participant characteristics, and results regarding fatty liver indicators were extracted. After collection, duplicates were manually removed by comparing titles and abstracts. Then, two researchers independently reviewed the titles and abstracts and assessed the remaining articles based on predefined inclusion and exclusion criteria. In case of disagreement, a third researcher made the final decision. Finally, the required information from the selected studies was extracted and summarized using a table designed in Excel software. The quality of the selected studies was evaluated using standard tools such as the PRISMA checklist.

Findings:

The present systematic study, with an initial search in various databases, found 140 relevant articles on aerobic, resistance, and combined training on fatty liver. After that, duplicate cases were manually removed by comparing titles and abstracts, which led to an initial evaluation of 100 articles. These articles underwent a precise full-text screening, and 32 articles were selected for further review according to predetermined criteria. However, 14 articles were excluded because they did not provide the original data (systematic reviews or meta-analyses), did not comply with the quality assessment standards, or presented unclear results on resistance training or reported combined data. Finally, 22 articles met all the entry criteria and were included in the systematic review. The process of selecting articles was carried out in accordance with PRISMA guidelines and is depicted in Figure 1. Figure 1 Ultimately, twenty-two studies were included in this systematic review, all of which were randomized and controlled trials (RCTs). These studies used a pre-test and post-test design, including a control group to effectively evaluate the impact of aerobic, resistance, and combined exercises on fatty liver. The number of participants in these studies varied, from 8 to 103 people, reaching a total of 780 participants. This significant sample size increases the reliability of the findings and allows a more comprehensive analysis of the effects of training interventions. Table 1 provides details of the selected studies. Table 1... 4- Discussion NAFLD is a common disease characterized by the accumulation of fat in the liver. This disease can lead to cirrhosis, liver failure, and liver cancer. Currently, there is no approved drug treatment for NAFLD, but lifestyle changes, including exercise, have emerged as a promising therapeutic intervention.

Discussion:

1-4- Types of exercises and their effects on NAFLD Numerous studies have examined the effects of different types of exercise on NAFLD. Endurance exercises, also known as aerobic exercises, have been shown to reduce plasma ceramide levels and increase plasma pentraxin-3 (PTX-3) levels in men with NAFLD. These changes may help improve the condition of patients with NAFLD by reducing inflammation and regulating liver fat metabolism. In addition, aerobic exercise is associated with a significant reduction in liver enzyme levels ALT and AST in men with NAFLD1. Ghamarchehreh et al. (2019) also showed that aerobic exercises are more effective than resistance exercises in improving the blood lipid profile of the elderly with NAFLD and can play a role in the management of this disease. On the other hand, resistance exercises have also

shown their benefits in the management of NAFLD. Clarde et al. (2017) found that non-linear resistance training can help improve liver function and increase muscle strength in postmenopausal women with NAFLD. Similarly, Sadeghi et al. (2019) showed that TRX training can act as an effective intervention in improving liver fat content and reducing serum levels of liver enzymes in men with NAFLD. Recent studies have also examined the combined effects of aerobic and resistance exercises. These combined exercises can also have a positive impact on the lipid profile of patients with NAFLD, but the results showed that more positive effects were observed from aerobic exercises. Overall, the available evidence suggests that aerobic exercises can have a positive effect on the blood lipid profile of the elderly and this effect may be due to increased physical activity and weight loss, which leads to lower LDL and higher HDL levels....

2-4- Intensity and duration of exercise

The intensity and duration of exercise also play an important role in determining its effectiveness in the management of NAFLD. Mahmoudi et al. (2018) used a training program including running on a treadmill with an intensity of 55 to 75 percent of maximum heart rate (HR_{max}) for 45 minutes, three times a week¹. Ghamarchehreh et al. (2019) also used an aerobic exercise program including three 45-minute sessions per week with an intensity of 55-75% of heart rate reserve (HRR)¹. Vonchai et al. (2021) found that the number of weekly exercise sessions was positively associated with reduced liver fat content ($r = 0.52$; $P = 0.001$), and exercise training three sessions or more per week independently reduced liver fat accumulation regardless of weight loss. In addition to the type, intensity and duration of exercise, other factors may also affect its effectiveness in the management of NAFLD. These factors include gender, age, race, and underlying health status. For example, Park et al. (2019) found that the Silverrobics training program had no positive effect on liver enzymes, but given its positive effects on glucose metabolism, it may play an important role in preventing liver diseases. Mahmoudi et al. (2018) examined plasma changes in ceramide and pentraxin-3 (PTX3) after eight weeks of endurance training in men with non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD). In this study, 34 patients with NAFLD were randomly divided into two groups: endurance training group ($n=17$) and control group ($n=17$). The training program included running on a treadmill with an intensity of 55 to 75 percent of maximum heart rate (HR_{max}) for 45 minutes, three times a week. Fasting blood samples were collected before the start and at the end of the eighth week. The results showed that plasma ceramide levels decreased significantly in the endurance training group ($p=0.013$), and there was also a significant difference between the two groups after the end of the period ($p=0.002$). In contrast, plasma PTX3 levels increased significantly in the endurance training group ($p=0.001$) and there was also a significant difference between the two groups ($p=0.01$). These results show that eight weeks of endurance training leads to increased PTX3 levels and decreased ceramide levels in men with NAFLD. Overall, the findings of Mahmoudi et al.'s research show that endurance exercises can have a positive effect on plasma ceramide and PTX3 levels. These changes may help improve the condition of patients with NAFLD by reducing inflammation and regulating liver fat metabolism. Therefore, endurance exercises can be considered as an effective intervention for the management of non-alcoholic fatty liver disease. Various studies have examined the impact of exercise on inflammatory and metabolic markers. For example, Shams al-Dini et al. showed that eight weeks of aerobic exercise leads to a significant decrease in the values of liver enzymes ALT and AST in men with NAFLD. In another study, similar effects of endurance exercises on resistin levels and other inflammatory markers were observed. These results suggest that endurance exercises can improve the metabolic status of patients with NAFLD by reducing inflammatory factors and increasing anti-inflammatory factors such as PTX3. Bagheri et al. (2023) examined the effects of a 16-week high-protein diet combined with resistance or concurrent training on body composition, muscle strength, function, and liver markers in men. The study

included 48 men with an average age of 26 years and a body mass index of 25.6 kg/m² who performed four resistance training sessions per week for 16 weeks while consuming protein at a rate of 1.6 g per kg of body weight. Various assessments including endurance, vertical jump and pull-up were performed before, during and after the intervention. The results showed that all functional criteria, including lean mass, muscle strength and power, increased significantly after the intervention in all groups. However, the peak power increase in the RT2 group was greater than the RT1 and CT1 groups ($p < 0.05$). VO₂max also increased significantly in both CT groups ($p = 0.001$). The selection of biochemical indicators of kidney and liver function also had a significant increase in the RT2 and CT2 groups ($p < 0.05$), but no significant difference was observed between the groups ($p > 0.05$). In general, the conclusion of this study shows that except for peak power, a daily intake of 1.6 grams of protein per kilogram of body weight seems to be sufficient to maximize lean mass, muscle strength, function and aerobic capacity in both RT and CT groups and does not affect markers of kidney and liver function. This suggests that this amount of protein is tolerable for healthy young adults. Ghamarchehreh et al. (2019) conducted a study to investigate the effect of eight weeks of aerobic and resistance training on the blood lipid profile of elderly patients with NAFLD. In this study, 39 elderly patients with NAFLD were randomly divided into three groups: aerobic training group (AG, $n = 13$), resistance training group (RG, $n = 13$) and control group (CG, $n = 13$). The AG group participated in an eight-week aerobic training program consisting of three 45-minute sessions per week with an intensity of 55-75% of heart rate reserve (HRR). The RG group also participated in a similar resistance training program with an intensity of 70-50% of one repetition maximum (1RM). The blood lipid profile of patients was evaluated initially and after eight weeks. The results of this study showed that there was no difference between the two groups at the beginning. However, after eight weeks, cholesterol and LDL decreased in the aerobic training group with $p = 0.02$ and respectively. Also, HDL improved following aerobic exercise ($p = 0.008$). Instead, neither aerobic nor resistance exercises had an effect on triglycerides (TG). Overall, this study concludes that aerobic exercise is more effective than resistance training in improving the blood lipid profile of elderly patients with NAFLD and can play a role in the management of this disease. The conclusion of this study shows that aerobic exercises can have a positive effect on the blood lipid profile of the elderly with NAFLD. The reason for this effect may be due to increased physical activity and weight loss, which leads to lower LDL and higher HDL levels. Also, these findings are consistent with other research showing that sports activities can act as an effective intervention for the management of metabolic and liver diseases. The study by Hosseini et al. (2020) showed that combined exercises (aerobic and resistance) can also have a positive effect on the lipid profile of patients with NAFLD, but the results showed that more positive effects were observed from aerobic exercises. Compared to the results of Ghamarchehreh et al., the findings of these studies indicate the positive effect of physical activity on the lipid profile, although the exact results may vary depending on the type of exercise and demographic characteristics. In general, the available evidence suggests that aerobic exercises can have a positive effect on the blood lipid profile of the elderly and this effect may be due to increased physical activity and weight loss, which leads to lower LDL and higher HDL levels. Clarde et al. (2017) examined the effect of this type of exercise on the levels of alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (ALP), gamma glutamyl transferase (GGT), total bilirubin and platelet count in women with fatty liver. In this study, 23 postmenopausal women between 60 and 71 years of age with non-alcoholic fatty liver were randomly divided into two groups: a non-linear resistance training group (12 people) and a control group (11 people). The training group performed resistance exercises with different intensities for 12 weeks, 3 sessions per week, while the control group continued their normal lives.

Before and after the 12-week period, blood samples were taken from the participants and liver enzyme levels were measured. The results of this study showed that after 12 weeks of non-linear resistance training, ALT ($p=0.013$) and AST ($p=0.000$) levels decreased significantly in the training group, while no significant change was observed in the control group ($p>0.05$). ALP, GGT, total bilirubin and platelet counts did not change significantly in either group. Also, muscle strength improved significantly in the resistance training group ($p=0.000$). Overall, the results of this study show that non-linear resistance training can help improve liver function and increase muscle strength in postmenopausal women with non-alcoholic fatty liver. Sadeghi et al. (2019) examined the effect of eight weeks of total body resistance training on liver function in patients with NAFLD. In this study, 22 men with NAFLD were randomly divided into two groups: the TRX training group (11 people) and the control group (11 people). The TRX group performed three sessions per week for eight weeks, and each.

Conclusion:

Exercise is recommended as an important non-pharmacological therapeutic strategy for managing NAFLD. Various types of exercise, particularly aerobic and resistance training, can have a positive impact on managing this disease. The intensity, duration, and type of exercise should be tailored to the individual characteristics of the patient.

بررسی تاثیر تمرینات هوازی، مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر کبد چرب: یک مطالعه مروری نظام‌مند

چکیده	تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۷ شاپا الکترونیکی ۳۰۶۰-۷۰۷۸
<p>اهداف و زمینه مطالعه: بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD) یک اختلال شایع است و با تجمع چربی در کبد مشخص می‌شود و می‌تواند منجر به عوارض جدی شود. در حال حاضر هیچ درمان دارویی تأیید شده‌ای برای NAFLD وجود ندارد، اما تغییرات سبک زندگی، از جمله ورزش، به عنوان یک مداخله درمانی امیدوار کننده مطرح شده است. هدف از این مطالعه مروری سیستماتیک بررسی اثرات انواع مختلف تمرینات ورزشی بر NAFLD است.</p>	<p>باقر شجاع انزابی^۱، سایه قاسم زاده^۱، رضا فرضی‌زاده^۱</p> <p>۱-گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.</p>
<p>روش‌های مرور و منابع داده‌ها: مقالات مرتبط از پایگاه‌های داده مختلف از جمله SID، Irandoc، Medline، PubMed و Google Scholar با استفاده از کلیدواژه‌هایی مانند "کبد چرب"، "تمرین هوازی"، "تمرین مقاومتی" و ترکیبات آن‌ها جستجو شدند. مقالات انتخاب شده بر اساس معیارهای ورود و خروج از پیش تعیین شده ارزیابی و داده‌های مربوطه استخراج شدند.</p> <p>یافته‌ها: از ۱۴۰ مقاله مرتبط اولیه، با حذف موارد تکراری، غربالگری دقیق متن کامل و بررسی معیارهای از پیش تعیین شده، ۲۲ مقاله وارد مطالعه شدند. تمرینات استقامتی (هوازی) سطوح پلاسمایی کمترین را کاهش و سطوح پنتراکسین-۳ (PTX-3) را افزایش دادند. همچنین، کاهش معناداری در مقادیر آنزیم‌های کبدی ALT و AST در مردان مبتلا به NAFLD مشاهده شد. تمرینات مقاومتی نیز به بهبود عملکرد کبد و افزایش قدرت عضلانی در زنان یا نسه مبتلا به NAFLD کمک کردند. تمرینات ترکیبی تأثیر مثبتی بر نیمرخ لیپیدی بیماران مبتلا به NAFLD داشتند، اگرچه اثرات مثبت بیشتری از تمرینات هوازی مشاهده شد. شدت و مدت ورزش نیز مهم بودند، با برنامه‌های تمرینی هوازی با شدت متوسط (55-75٪ HRmax) به مدت ۴۵ دقیقه، سه بار در هفته، نتایج مثبتی نشان دادند. تعداد جلسات ورزشی هفتگی با کاهش محتوای چربی کبدی ارتباط مثبت داشت.</p> <p>نتیجه‌گیری: انواع مختلف ورزش، به ویژه تمرینات هوازی و مقاومتی، می‌توانند تأثیر مثبتی بر مدیریت NAFLD داشته باشند. شدت، مدت و نوع ورزش باید با توجه به ویژگی‌های فردی بیمار تنظیم شود. ورزش به عنوان یک راهکار درمانی غیر دارویی مهم برای مدیریت NAFLD توصیه می‌شود.</p>	<p>* نویسنده مسئول: رضا فرضی‌زاده ایمیل: r_farzizadeh@uma.ac.ir https://orcid.org/0000-0003-0213-1867</p>
<p>واژگان کلیدی: بیماری کبد چرب غیرالکلی، تمرینات هوازی، تمرینات استقامتی، تمرینات مقاومتی، آنزیم‌های کبدی.</p>	

۱- مقدمه:

بیماری کبد چرب مرتبط با اختلالات متابولیک (MAFLD) یک اختلال مزمن است که با انباشت غیرطبیعی چربی در سلول‌های کبدی و اختلال در عملکرد متابولیک مشخص می‌شود [۱،۲]. این بیماری که پیش‌تر به عنوان بیماری کبد چرب غیر الکلی (NAFLD) شناخته می‌شد، در اکتبر ۲۰۲۰ بر اساس دستورالعمل‌های انجمن آسیا و اقیانوسیه بیماری‌های کبد مجدداً تعریف شد [۳]. تعریف جدید MAFLD بر اساس وجود کبد چرب که از طریق بیوپسی یا تصویربرداری کبدی و همچنین بیومارکرهای خونی تأیید می‌شود، همراه با یکی از سه وضعیت: اضافه وزن/چاقی، دیابت نوع ۲ و اختلال متابولیک است [۳].

این تعریف جدید به پاتوژنز MAFLD توجه ویژه‌ای دارد و نقاط پایانی مطالعه را تغییر می‌دهد، به گونه‌ای که در NAFLD مصرف الکل مستثنی شده است. MAFLD تقریباً یک چهارم جمعیت جهانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نه تنها موجب التهاب کبد، فیبروز و تومورهای بدخیم می‌شود، بلکه اغلب با انواع اختلالات متابولیک همراه است که منجر به بیماری‌های جدی مانند نقرس، دیابت نوع ۲، فشار خون بالا و تصلب شرایین می‌گردد و بار سنگینی بر سلامت عمومی و اقتصادی جوامع تحمیل می‌کند. لذا، نیاز به یک رویکرد مؤثر برای مقابله با این وضعیت فوری احساس می‌شود [۴،۵] تا به امروز، درمان تأیید شده‌ای برای MAFLD وجود ندارد و مدیریت این بیماران بیشتر بر اساس ترویج سبک زندگی سالم، شامل رژیم غذایی مناسب و ورزش، با هدف کاهش وزن است [۶]. تعریف بی‌حرکی هنوز به توافق نرسیده و معمولاً به زمان نشستن اشاره دارد. در مقابل، فعالیت بدنی به هر نوع حرکتی که نیازمند انرژی باشد اطلاق می‌شود. تناسب اندام جسمانی شامل مجموعه‌ای از ویژگی‌هاست که نشان‌دهنده تحمل بدن در برابر فعالیت است و می‌تواند از طریق آزمایش‌های خاص اندازه‌گیری شود.

ورزش به فعالیت بدنی برنامه‌ریزی شده‌ای اشاره دارد که ساختاریافته و تکراری است و شامل شدت، فراوانی و مدت زمان مشخص می‌باشد. شدت ورزش می‌تواند بر اساس معادل‌های متابولیک (MET) درجه‌بندی شود؛ یک MET معادل مقدار اکسیژن مصرف شده در هنگام نشستن در حالت استراحت است و برابر با ۳.۵ میلی‌لیتر اکسیژن به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه می‌باشد. همچنین، یک MET معادل ۱ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در ساعت است [۷]. به عنوان مثال، پیاده‌روی با سرعت ۴.۸ کیلومتر در ساعت معادل ۳ MET است، در حالی که دویدن با سرعتی بین ۶.۴ تا ۸ کیلومتر در ساعت به ۷ MET می‌رسد. فعالیت‌هایی که به عنوان ورزش سبک شناخته می‌شوند، معمولاً بین ۱.۱ تا ۳.۹ MET انرژی مصرف می‌کنند، در حالی که ورزش‌های متوسط بین ۴ تا ۶ MET و ورزش‌های شدید یا سنگین بیش از ۶ MET انرژی نیاز دارند. روش دیگری برای ارزیابی شدت فعالیت بدنی، استفاده از VO_{2max} است که نشان‌دهنده حداکثر ظرفیت بدن برای مصرف اکسیژن به صورت لیتر در دقیقه (L/min) می‌باشد [۸]. فعالیتی که نیاز به ۴۰ تا ۶۰ درصد از VO_{2max} دارد، به عنوان فعالیت متوسط در نظر گرفته می‌شود، در حالی که فعالیت‌هایی که حداقل ۶۰ درصد VO_{2max} را می‌طلبند، شدید تلقی می‌شوند [۸].

در نتیجه، هدف از این مطالعه مروری سیستماتیک، بررسی و ارزیابی جامع تاثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی (هوازی، مقاومتی، استقامتی و ترکیبی) بر وضعیت کبد چرب و شاخص‌های مرتبط با آن بود. این مطالعه با هدف جمع‌آوری، تحلیل و سنتز شواهد موجود در متون علمی انجام شد تا درک بهتری از نقش و مکانیسم اثر هر یک از این تمرینات ورزشی در بهبود یا کنترل بیماری کبد چرب ارائه دهد و راهنمایی برای طراحی برنامه‌های ورزشی موثر در این زمینه فراهم آورد.

۲- روش تحقیق:

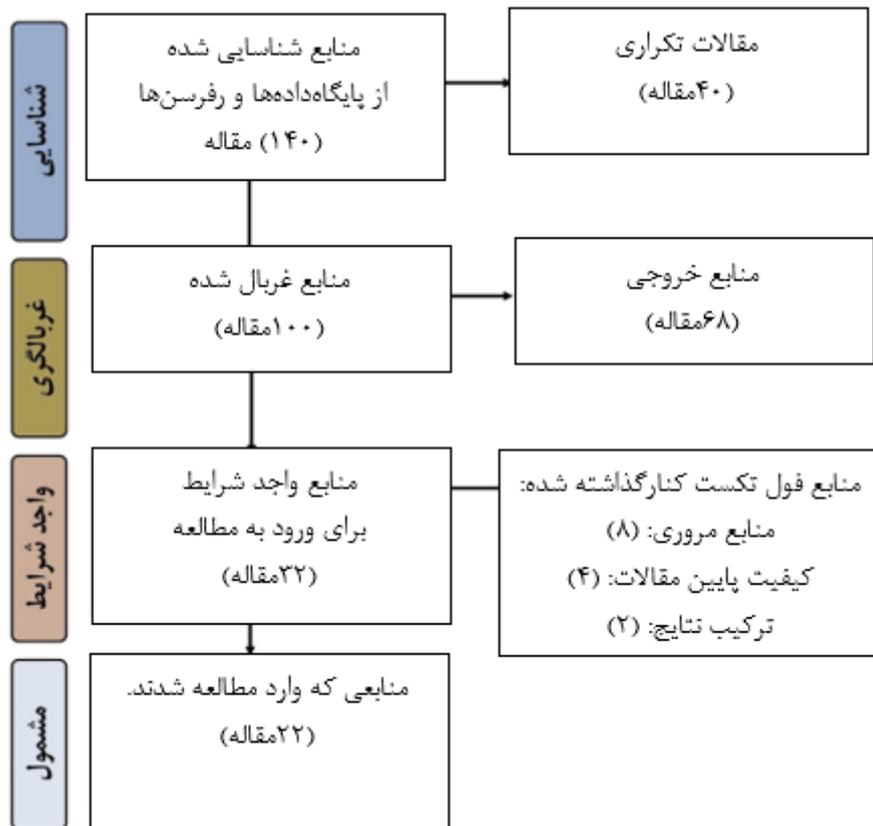
در این مطالعه مروری سیستماتیک، به منظور بررسی جامع تاثیر تمرینات ورزشی هوازی، مقاومتی، استقامتی و ترکیبی بر کبد چرب، از یک استراتژی جستجوی دقیق و ساختاریافته استفاده شد. ابتدا، کلیدواژه‌های مرتبط شامل "کبد چرب"، "تمرین

هوازی"، "تمرین مقاومتی"، "تمرین استقامتی"، "تمرین ترکیبی"، "فعالیت بدنی" و "ورزش" شناسایی و تعریف شدند. سپس، این کلیدواژه‌ها با استفاده از عملگرهای بولی (AND, OR) به صورت ترکیبی برای جستجو در بانک‌های اطلاعاتی معتبر نظیر SID، Jrandoc، Medline، PubMed، Magiran، Google Scholar، Noor Mags و Civilica به کار گرفته شدند. برای مثال، ترکیباتی نظیر "کبد چرب" AND "تمرین هوازی" یا ("تمرین هوازی" OR "تمرین مقاومتی" OR "تمرین استقامتی" OR "تمرین ترکیبی") AND "کبد چرب" مورد استفاده قرار گرفتند. محدوده زمانی جستجو به ۱۰ سال اخیر (از سال ۲۰۱۴ تا کنون) محدود شد و معیارهای ورود و خروج دقیقی برای انتخاب مقالات در نظر گرفته شد. مقالات باید شامل مطالعاتی می‌بودند که به طور مستقیم تاثیر تمرینات ورزشی مورد نظر را بر کبد چرب بررسی کرده‌اند، در حالی که مقالات مروری، مطالعات حیوانی و مقالات غیر انگلیسی یا فارسی از مطالعه خارج شدند. پس از جستجو، مقالات مرتبط بر اساس چکیده و متن کامل بررسی شده و داده‌های مورد نیاز شامل نوع، شدت و مدت تمرین، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان و نتایج مربوط به شاخص‌های کبد چرب استخراج شدند. پس از جمع‌آوری، موارد تکراری با نرم‌افزار EndNote حذف شدند. سپس، دو محقق به‌طور مستقل عناوین و چکیده‌ها را بررسی کردند و مقالات باقی‌مانده را بر اساس معیارهای ورود و خروج از پیش تعیین‌شده ارزیابی نمودند. در صورت وجود اختلاف نظر، محقق سومی تصمیم‌گیری نهایی را انجام داد. در نهایت، اطلاعات مورد نیاز از مطالعات منتخب با استفاده از یک جدول طراحی‌شده در نرم‌افزار Excel استخراج و خلاصه گردید. کیفیت مطالعات انتخاب شده با استفاده از ابزارهای استاندارد مانند چک لیست پریزما (PRISMA)^۱ ارزیابی شد.

۳- یافته‌ها:

مطالعه سیستماتیک حاضر با جستجوی اولیه در پایگاه‌های داده مختلف، تعداد ۱۴۰ مقاله مرتبط تمرین هوازی، تمرین مقاومتی و ترکیبی بر کبد چرب. پس از آن، موارد تکراری به صورت دستی از طریق مقایسه عناوین و چکیده‌ها حذف شدند، که منجر به ارزیابی اولیه ۱۰۰ مقاله گردید. این مقالات تحت غربالگری دقیق متن کامل قرار گرفتند و با معیارهای از پیش تعیین‌شده، ۳۲ مقاله برای بررسی بیشتر انتخاب شدند. با این حال، ۱۴ مقاله به دلیل ارائه ندادن داده‌های اصلی (مرورهای سیستماتیک یا متآنالیز)، عدم رعایت استانداردهای ارزیابی کیفیت، یا ارائه نتایج نامشخص در مورد تمرین مقاومتی یا گزارش داده‌های ترکیبی، حذف شدند. در نهایت، ۲۲ مقاله با تمام معیارهای ورود مطابقت داشتند و در بررسی نظام‌مند گنجانده شدند. فرآیند انتخاب مقالات مطابق با دستورالعمل‌های PRISMA انجام شده و در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است.

¹. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses



شکل ۱. فرایند انتخاب مقاله مطابق با دستورالعمل‌های PRISMA

نهایتاً بیست و دو مطالعه در این مرور سیستماتیک گنجانده شد که همه آنها کارآزمایی تصادفی‌سازی و کنترل شده (RCT²) بودند. این مطالعات با استفاده از یک طرح پیش آزمون و پس آزمون، شامل یک گروه کنترل برای ارزیابی موثر تاثیر تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی بر کبد چرب بود. تعداد شرکت کنندگان در این مطالعات متفاوت بود، از ۸ تا ۱۰۳ نفر، که در مجموع ۷۸۰ شرکت کننده به اوج خود رسید. این حجم نمونه قابل توجه، قابلیت اطمینان یافته‌ها را افزایش می‌دهد و امکان تجزیه و تحلیل جامع تری از اثرات مداخلات آموزشی را فراهم می‌کند. در جدول شماره ۱ جزئیات مطالعات انتخاب شده ارائه شده است.

²Randomized controlled trial

جدول ۱. جزئیات مقالات وارد شده به مطالعه

نویسندگان (رفرنس)	کشور	سال	نوع مطالعه	حجم نمونه	نوع ورزش	یافته‌های	جمع بندی
محمودی و همکاران (۹)	ایران	۲۰۱۸	RCT	۳۴	استقامتی	این نتایج نشان می‌دهد که هشت هفته تمرین استقامتی منجر به افزایش سطوح PTX3 و کاهش سطوح کمربین در مردان مبتلا به NAFLD می‌شود	این تغییرات ممکن است از طریق کاهش التهاب و تنظیم متابولیسم چربی کبد، به بهبود وضعیت بیماران مبتلا به NAFLD کمک کند.
باقری و همکاران (۱۲)	ایران	۲۰۲۳	RCT	۴۸	مقاومتی	نتایج نشان داد که تمام معیارهای عملکردی، از جمله توده بدون چربی، قدرت عضلانی و قدرت، به طور قابل توجهی پس از مداخله در تمامی گروه‌ها افزایش یافت.	این مطالعه نشان می‌دهد که جز اوج قدرت، مصرف روزانه ۱.۶ گرم پروتئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن برای حداکثر کردن توده بدون چربی، قدرت عضلانی، عملکرد و ظرفیت هوازی در هر دو گروه RT و CT کافی به نظر می‌رسد و تأثیری بر نشانگرهای عملکرد کلیه و کبد ندارد. این امر نشان می‌دهد که این مقدار پروتئین برای بزرگسالان جوان و سالم قابل تحمل است.
قمارچهره و همکاران (۱۳)	ایران	۲۰۱۹	RCT	۳۹	هوازی و مقاومتی	این مطالعه نتیجه‌گیری می‌کند که تمرین هوازی نسبت به تمرینات مقاومتی در بهبود نبرخ چربی خون سالمندان مبتلا به NAFLD مؤثرتر بوده و می‌تواند در مدیریت این بیماری نقش داشته باشد.	این تحقیق نشان می‌دهد که تمرینات هوازی می‌توانند تأثیر مثبتی بر پروفایل لیپیدی خون سالمندان مبتلا به NAFLD داشته باشند. دلیل این تأثیر ممکن است ناشی از افزایش فعالیت بدنی و کاهش وزن باشد که منجر به کاهش سطح LDL و افزایش HDL می‌شود.
کلارده و همکاران (۱۵)	ایران	۲۰۱۷	RCT	۲۳	مقاومتی	نتایج این پژوهش نشان داد که پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی غیرخطی، سطوح ALT (p=0.013) و AST (p=0.000) در گروه تمرین به طور معناداری کاهش یافت، در حالی که در گروه کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد (p>0.05). سطوح ALP، GGT، بیلی روبین تام و شمارش پلاکت در هر دو گروه تغییر معناداری نداشت.	این تحقیق نشان می‌دهد که تمرین مقاومتی غیرخطی می‌تواند به بهبود عملکرد کبد و افزایش قدرت عضلانی در زنان یائسه مبتلا به کبد چرب غیرالکلی کمک کند
صادقی و همکاران (۱۶)	ایران	۲۰۱۹	RCT	۲۲	مقاومتی	نتایج نشان داد که میزان چربی کبد در گروه TRX به طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل بود (P=0.001). همچنین، سطوح سرمی ALT، AST و ALP در گروه	تمرین TRX می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر در بهبود محتوای چربی کبد و کاهش سطح سرمی آنزیم‌های کبدی در مردان مبتلا به NAFLD

عمل کند.	TRX نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). علاوه بر این، تمرین TRX تأثیر مثبتی بر کاهش وزن بدن، شاخص توده بدنی (BMI)، درصد چربی و نسبت دور کمر به باسن داشت ($P < 0.05$).					
این مطالعه نشان می‌دهد که هر دو نوع تمرین ورزشی می‌توانند به بهبود سلامت بیماران مبتلا به NAFLD کمک کنند، اما تمرین هوازی در کاهش آنزیم‌های کبدی و چربی خون مؤثرتر است. این یافته‌ها اهمیت ورزش منظم را به عنوان یک راهکار درمانی غیر دارویی برجسته می‌کند.	تمرین مقاومتی، افزایش معنادار HDL و تأثیر کمتری بر کاهش ALT و TG نسبت به تمرین هوازی. گروه کنترل، تغییری در پارامترهای مورد بررسی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد تمرین هوازی، تأثیر بیشتری بر کاهش آنزیم‌های کبدی و لیپیدهای خون دارد، که نشان‌دهنده نقش آن در بهبود عملکرد متابولیکی کبد است. همچنین تمرین مقاومتی، هرچند تأثیر کمتری بر ALT و TG دارد، اما افزایش HDL را تسهیل می‌کند، که برای سلامت قلب و عروق مهم است. هر دو نوع تمرین برای بیماران NAFLD مفید هستند، اما تمرین هوازی اثرات گسترده‌تری بر بهبود وضعیت متابولیکی دارد.	هوازی و مقاومتی	۱۰۳	RCT	۲۰۱۸	چین یائو و همکاران (۱۷)
اگرچه برنامه تمرینی Silverrobics تأثیر مثبتی بر آنزیم‌های کبدی نداشت، اما با توجه به تأثیرات مثبت آن بر متابولیسم گلوکز، ممکن است نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌های کبدی ایفا کند. می‌توان از این تحقیق نتیجه گرفت که یکی از دلایل عدم تغییرات معنادار در آنزیم‌های کبدی، زمان‌بر بودن تأثیرات ناشی از ورزش است که ممکن است نیاز به دوره‌های طولانی‌تری برای مشاهده اثرات بر روی این آنزیم‌ها داشته باشد. همچنین، نوع و شدت تمرینات ممکن است به اندازه کافی قوی نبوده باشند تا تغییرات قابل توجهی در آنزیم‌ها ایجاد کنند. علاوه بر این، عوامل ژنتیکی و وضعیت سلامتی اولیه شرکت‌کنندگان نیز می‌توانند بر نحوه واکنش بدن به تمرینات تأثیر بگذارند.	نتایج نشان داد که پس از برنامه تمرینی، کاهش معناداری در گلوکز، هموگلوبین گلیکوزیله A1c، ۱.۵-آنهایدروگلوکوسیتول و سطوح انسولین مشاهده شد. با این حال، هیچ اثر قابل توجهی بر روی آنزیم‌های کبدی به جز آلکالین فسفاتاز وجود نداشت که سطح آن پس از برنامه افزایش یافت.	هوازی	۸	RCT	۲۰۱۹	کره پارک و همکاران (۱۹)
این نتایج حاکی از آن است که تمرینات پیلاتس می‌توانند به بهبود	نتایج نشان داد که پس از هشت هفته تمرین پیلاتس، میزان چربی کبد در گروه پیلاتس	مقاومتی	۲۰	RCT	۲۰۲۰	ایران کیماسی و همکاران

محتوای چربی کبد و کاهش سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی در مردان مبتلا به NAFLD کمک کنند و نقش مؤثری در مدیریت این بیماری ایفا نمایند.	به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل بود تمرینات پیلاتس موجب کاهش وزن بدن، شاخص توده بدنی (BMI)، درصد چربی و نسبت دور کمر به باسن در بیماران شد، در حالی که در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد.						(۲۰)
این مطالعه تأکید می‌کند که ترکیب ورزش‌های هوازی و مقاومتی همراه با اصلاح رژیم غذایی می‌تواند رویکرد مؤثری برای مدیریت بیماری NAFLD باشد. فعالیت‌های ورزشی منظم نه تنها به کاهش چربی کبد کمک می‌کند، بلکه می‌تواند کیفیت زندگی بیماران را نیز بهبود بخشد. بنابراین، توصیه می‌شود که بیماران مبتلا به NAFLD برنامه‌های ورزشی منظم را در کنار مشاوره‌های تغذیه‌ای دنبال کنند تا از مزایای سلامتی بیشتری بهره‌مند شوند.	نتایج نشان داد که هر دو گروه به‌طور مشابه کاهش قابل توجهی در میزان چربی کبد داشتند ($P < 0.001$). میانگین کاهش چربی کبد در گروه هوازی ۱۰.۳٪ و در گروه مقاومتی ۱۲.۶٪ بود. همچنین، استئاتوز کبد در ۵۰٪ از گروه هوازی و ۵۳٪ از گروه مقاومتی ناپدید شد. بهبودهایی در حساسیت به انسولین و کاهش دور کمر نیز در هر دو گروه مشاهده شد.	هوازی و مقاومتی	-	RCT	۲۰۲۱	تایلند	فونجایی و همکاران (۲۱)
این نتایج حاکی از اهمیت ترکیب ورزش و مکمل‌های غذایی در مدیریت سلامت کبد زنان چاق و دارای اضافه وزن است.	نتایج نشان داد که سطوح آنزیم‌های AST و ALT (P -value: 0.004 و P -value: 0.005) به‌طور معنی‌داری در گروه RTCUR کاهش یافت. با این حال، تغییرات معنی‌داری در سطوح ALP (P -value: 0.2) و GGT (P -value: 0.3) مشاهده نشد. یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده همزمان از تمرین مقاومتی و مکمل کورکومین می‌تواند بهبودهایی در سطوح آنزیم‌های ALT و AST، دور کمر نسبت به لگن و درصد چربی بدن ایجاد کند.	مقاومتی	۳۱	RCT	۲۰۱۶	ایران	امیرخانی و همکاران (۲۲)
نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که هر دو نوع تمرین HIIT و SBE تأثیر مثبتی بر پارامترهای سلامت در نوجوانان چاق دارند. با این حال، HIIT به‌طور خاص در بهبود برخی از متغیرها مانند VO_{2peak} و سطوح لیپوپروتئین با چگالی بالا مؤثرتر بود. این یافته‌ها تأکید می‌کند که فعالیت بدنی منظم می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر برای مدیریت کبد چرب و بهبود وضعیت متابولیک در نوجوانان مورد استفاده قرار گیرد.	نتایج نشان داد که BMI، نسبت دور کمر به باسن و درصد چربی بدن شرکت‌کنندگان کاهش یافته و VO_{2peak} به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. گروه HIIT نسبت به گروه SBE بهبود بیشتری را نشان داد ($P < 0.01$). همچنین، کاهش قابل توجهی در سطوح مقاومت به انسولین، تری‌گلیسیرید، کلسترول کل، ALT و AST در هر دو گروه مشاهده شد، اگرچه تنها گروه HIIT کاهش معناداری در سطوح لیپوپروتئین با چگالی بالا داشت ($P < 0.01$).	استقامتی و مقاومتی	۳۴	RCT	۲۰۲۱	ایران	ایرجی و همکاران (۲۳)
این مطالعه نشان می‌دهد که ورزش	نتایج نشان داد که سطح سرمی CK18	مقاومتی	۵۰	RCT	۲۰۲۰	ژاپن	تاکاهاشی و همکاران

مقاومتی ساده می‌تواند به کاهش سطوح CK18 و FGF21 در بیماران مبتلا به NAFLD کمک کند و به نظر می‌رسد که تمرینات مقاومتی شامل حرکات فشاری و اسکات می‌تواند به پیشگیری از پیشرفت بیماری کبد چرب غیر الکلی کمک کند. این یافته‌ها اهمیت فعالیت بدنی منظم را در مدیریت بیماری‌های متابولیک و کبدی تأکید می‌کند و نشان می‌دهد که ورزش می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر برای کاهش عوارض ناشی از NAFLD مورد استفاده قرار گیرد.	M65) در گروه تمرین مقاومتی به طور معناداری کاهش یافت اما تفاوت معنی‌داری در شاخص توده بدنی یا حجم عضلانی مشاهده نشد. همچنین، تغییرات سطح M65 در گروه تمرین با تغییرات سطح آلانین آمینوترانسفراز همبستگی معناداری داشت	همکاران (۲۴)
نتیجه‌گیری این مطالعه نشان می‌دهد که هیچ‌یک از تمرینات مقاومتی و ترکیبی تأثیر معنی‌داری بر سطوح ALT و AST نداشتند، اما تمرین مقاومتی باعث بهبود شاخص‌های ALP و آمادگی جسمانی شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی می‌توانند به عنوان بخشی از برنامه درمانی برای بهبود عملکرد کبدی و آمادگی جسمانی در زنان مبتلا به کبد چرب غیر الکلی مورد استفاده قرار گیرند	نتایج مطالعه نشان داد که تمرینات مقاومتی به طور معنی‌داری سطح ALP را کاهش داد ($p=0.03$) و می‌تواند در بهبود عملکرد کبدی مؤثر باشد. سطوح AST و ALT تغییر معنی‌داری نداشتند ($p>0.05$), آنزیم‌ها ممکن است نیاز به برنامه‌های طولانی‌تر باشد. نسبت ALT/AST در گروه تمرین مقاومتی افزایش یافت ($p=0.04$), که ممکن است نشان‌دهنده بهبود عملکرد کبدی باشد. همچنین، تمرینات مقاومتی باعث افزایش معنی‌دار انعطاف‌پذیری، حداکثر اکسیژن مصرفی، قدرت عضلانی و قدرت گرفتن شد، که نشان‌دهنده تأثیر مثبت آن‌ها بر آمادگی جسمانی است.	بارانی و همکاران (۲۵) RCT ۲۰۱۴ ایران
این مطالعه نشان می‌دهد که زنان مبتلا به بیماری کبد چرب غیر الکلی می‌توانند از تمرینات ترکیبی با شدت‌های متفاوت برای کاهش درصد چربی بدن و بهبود شاخص‌های عملکرد فیزیکی استفاده کنند، بدون اینکه نیاز به کاهش وزن باشد، و این نوع تمرینات می‌تواند به عنوان یک درمان کمکی غیردارویی برای جلوگیری از مرگ سلولی مورد استفاده قرار گیرد.	نتایج نشان داد که بین دو گروه تمرین در سطح CK18 تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p<0.001$) و گروه تمرین ترکیبی ۱ کاهش بیشتری در سطح CK18 داشتند. همچنین، هر دو نوع تمرین ترکیبی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش قدرت ماکزیمم بالا و پایین، استقامت عضلانی، VO2max و کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن شدند ($p<0.001$). با این حال، هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر وزن و BMI مشاهده نشد	مقامتی استقامتی ترکیبی ۳۳ RCT ۲۰۲۰ ایران رجبی و همکاران (۲۶)
به طور کلی مصرف خرفه و تمرینات ترکیبی می‌تواند منجر به کاهش سطح سرمی آنزیم‌های کبدی در زنان مبتلا به NAFLD شود که این امر	نتایج نشان داد که ورزش ترکیبی و مصرف مکمل خرفه به‌طور معنی‌داری باعث کاهش سطح آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارات آمینوترانسفراز (AST)	علی‌نیا و همکاران (۲۷) RCT ۲۰۲۰ ایران

در گروه‌های ورزش + مکمل، ورزش و مکمل شد.	می‌تواند در درمان بیماران مبتلا به این بیماری مؤثر باشد.						
طاهری و همکاران (۲۸)	ایران	۲۰۲۰	RCT	۴۴	ترکیبی	. نتایج نشان داد که سطح سرمی آنزیم‌های کبدی در هر سه گروه تجربی نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشت در گروه آزمایش، ورزش ترکیبی همراه با مصرف قهوه باعث کاهش آلانین آمینوترانسفراز شد، اما در سایر موارد تفاوت معناداری مشاهده نشد.	به‌طور کلی، این مداخله ورزشی ترکیبی با مصرف قهوه در کاهش آنزیم‌های کبدی مؤثر بوده و برای افراد میانسال کم‌تحرك مبتلا به کبد چرب که در آستانه پیری هستند، قابل استفاده است.
گودرزی و همکاران (۲۹)	ایران	۲۰۲۴	RCT	۲۰	ترکیبی	. نتایج نشان داد که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی شامل HIIT و مقاومتی منجر به افزایش سطح نسفاتین-۱ و کاهش آنزیم‌های کبدی ALT، AST و ALP در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل و همچنین نسبت به وضعیت قبل از شروع تمرین ($P < 0.05$) گردید. همچنین افزایش VO_{2max} و کاهش وزن، BMI، درصد چربی بدن و LDL در گروه تمرین نسبت به قبل از مداخله مشاهده شد	. بر اساس نتایج این مطالعه، انجام تمرینات ورزشی ترکیبی به مدت دوازده هفته باعث افزایش سطح پپتید نسفاتین-۱ و کاهش آنزیم‌های کبدی می‌شود که این می‌تواند به عنوان یک روش درمانی مقرون‌به‌صرفه برای بیماران مبتلا به NAFLD پیشنهاد شود
اسماعیلی و همکاران (۳۰)	ایران	۲۰۲۰	RCT	۲۹	مقاومتی ترکیبی	نتایج نشان داد که پس از هشت هفته تمرینات CRIT، کاهش معناداری در سطح فاکتورهای بیوشیمیایی مانند fetuin-A، HOMA-IR، LDL، HDL و افزایش HDL و فاکتور رشد فیبروبلاست ۲۱ مشاهده شد. همچنین سطح آنزیم‌های کبدی شامل ALT، AST و ALP نیز کاهش یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی می‌تواند به بهبود آنزیم‌های کبدی، ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی و سطوح سرمی دو هپاتوکین (fetuin-A و FGF-21) در زنان چاق مبتلا به NAFLD کمک کند.	این مطالعه نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی مقاومتی و تناوبی می‌تواند یک استراتژی درمانی غیرپزشکی مؤثر برای کاهش عوامل خطر NAFLD و اختلالات ناشی از چاقی باشد. به عنوان مثال، کاهش سطح LDL و افزایش HDL می‌تواند بهبود قابل توجهی در سلامت کبد و متابولیسم چربی‌ها ایجاد کند.
مهربانی و همکاران (۳۱)	ایران	۲۰۲۱	RCT	۳۳	ترکیبی	. نتایج نشان داد که شاخص HOMA-IR و سطح سرمی FGF-21 در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشت ($p < 0.05$). همچنین، هیچ تفاوت معنی‌داری در سطح آنزیم‌های ALT و AST مشاهده نشد، اما درصد چربی بدن به‌طور معناداری کاهش یافت.	این مطالعه نشان می‌دهد که زنان مبتلا به NAFLD می‌توانند از تمرینات ترکیبی مقاومتی و اینتروال با شدت متوسط تا شدید به‌عنوان یک راهکار غیردارویی برای کاهش درصد چربی بدن و بهبود مقاومت به انسولین و FGF-21 بهره‌مند شوند.
ورمازیار و همکاران (۳۲)	ایران	۲۰۲۴	RCT	۴۰	مقاومتی	نتایج نشان داد که گروه‌های تمرینی بهبود قابل توجهی در ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی، کنترل قند خون و شاخص‌های RM_1 نسبت به گروه‌های کنترل داشتند ($p < 0.05$). همچنین سطوح ALT و AST در همه	این مطالعه تأثیر مثبت تمرینات مقاومتی را بر پارامترهای مختلف سلامت در بیماران NAFLD نشان می‌دهد. افزودن مکمل ویتامین E به تمرینات مقاومتی باعث کاهش

<p>بیشتری در سطوح آمینوترانسفرازها شد، اما تأثیر بیشتری بر سایر متغیرها نداشت. به علاوه، افزایش در ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی و کنترل قند خون احتمالاً با کاهش سطوح CTRPs مرتبط بود.</p>	<p>گروه‌ها نسبت به گروه دارونما کاهش یافت ($p < 0.05$). تفاوت معنی‌داری بین گروه VES + RT و دو گروه دیگر VES و PLB + RT مشاهده شد ($p < 0.05$). سطوح CTRP-2 و CTRP-9 نیز در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه‌های بدون ورزش کاهش یافت ($p < 0.05$) و تغییرات این سطوح همبستگی معناداری با ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی و کنترل قند خون نشان داد.</p>
<p>نتیجه‌گیری این مطالعه نشان می‌دهد که پروتکل تمرینی منجر به کاهش BMI شد که این کاهش در ژنوتیپ TT بیشتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بود. همچنین، کاهش چربی احشایی پس از این تمرینات همراه با BMI پایین‌تر می‌تواند به بهبود عملکرد کبد در بیماران مبتلا به NAFLD کمک کند.</p>	<p>نتایج نشان داد که در پایان پروتکل تمرینی هشت هفته‌ای، کاهش معناداری در BMI در گروه ژنوتیپ TT نسبت به ژنوتیپ‌های CC ($p = 0.023$) و CT ($p = 0.031$) مشاهده شد. همچنین، چربی احشایی در گروه با ژنوتیپ TT نسبت به گروه‌های CT ($p = 0.039$) و CC ($p = 0.034$) و همچنین در گروه ژنوتیپ CT نسبت به گروه ژنوتیپ CC ($p = 0.046$) کاهش معناداری داشت. هرچند روند کاهشی در نسبت دور کمر به باسن در همه گروه‌ها مشاهده شد، اما این کاهش در بین گروه‌های ژنوتیپی معنی‌دار نبود.</p>

۴- بحث

NAFLD یک بیماری شایع است که با تجمع چربی در کبد مشخص می‌شود. این بیماری می‌تواند منجر به سیروز، نارسایی کبد و سرطان کبد شود. در حال حاضر، هیچ درمان دارویی تایید شده‌ای برای NAFLD وجود ندارد، اما تغییرات سبک زندگی، از جمله ورزش، به عنوان یک مداخله درمانی امیدوار کننده ظهور کرده است.

۴-۱- انواع ورزشها و تاثیرات آنها بر NAFLD

مطالعات متعددی اثرات انواع مختلف ورزش بر NAFLD را بررسی کرده‌اند. تمرینات استقامتی، که به عنوان تمرینات هوازی نیز شناخته می‌شوند، نشان داده شده است که سطوح پلاسمایی کمرین را کاهش می‌دهد و سطوح پلاسمایی پنتراکسین-۳ (PTX-3) را در مردان مبتلا به NAFLD افزایش می‌دهد. این تغییرات ممکن است به بهبود وضعیت بیماران مبتلا به NAFLD از طریق کاهش التهاب و تنظیم متابولیسم چربی کبد کمک کند. علاوه بر این، تمرینات هوازی با کاهش معنادار مقادیر آنزیم‌های کبدی ALT و AST در مردان مبتلا به NAFLD مرتبط است. قمارچهره و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که تمرینات هوازی در مقایسه با تمرینات مقاومتی در بهبود نیمرخ چربی خون سالمندان مبتلا به NAFLD موثرتر است و می‌تواند در مدیریت این بیماری نقش داشته باشد.

از طرف دیگر، تمرینات مقاومتی نیز مزایای خود را در مدیریت NAFLD نشان داده است. کلارده و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که تمرین مقاومتی غیرخطی می‌تواند به بهبود عملکرد کبد و افزایش قدرت عضلانی در زنان یائسه مبتلا به NAFLD کمک

کند. به طور مشابه، صادقی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تمرین TRX می‌تواند به عنوان یک مداخله موثر در بهبود محتوای چربی کبد و کاهش سطح سرمی آنزیم‌های کبدی در مردان مبتلا به NAFLD عمل کند. مطالعات اخیر، اثرات ترکیبی تمرینات هوازی و مقاومتی را نیز بررسی کرده‌اند. این تمرینات ترکیبی نیز می‌توانند تأثیر مثبتی بر نیمرخ لیپیدی بیماران مبتلا به NAFLD داشته باشند، اما نتایج نشان داد که اثرات مثبت بیشتری از تمرینات هوازی مشاهده شد. به طور کلی، شواهد موجود نشان می‌دهد که تمرینات هوازی می‌توانند تأثیر مثبتی بر پروفایل لیپیدی خون سالمندان داشته باشند و این تأثیر ممکن است ناشی از افزایش فعالیت بدنی و کاهش وزن باشد که منجر به کاهش سطح LDL^3 و افزایش HDL^4 می‌شود.

۴-۲- شدت و مدت ورزش

شدت و مدت ورزش نیز نقش مهمی در تعیین اثربخشی آن در مدیریت NAFLD دارد. محمودی و همکاران (۲۰۱۸) از یک برنامه تمرینی شامل دویدن روی تردمیل با شدت ۵۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب (HR_{max}) به مدت ۴۵ دقیقه، سه بار در هفته استفاده کردند. قمارچهره و همکاران (۲۰۱۹) نیز از برنامه تمرین هوازی شامل سه جلسه ۴۵ دقیقه‌ای در هفته با شدت ۷۵-۵۵٪ از ذخیره ضربان قلب (HRR) استفاده کردند. فونچای و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که تعداد جلسات ورزشی هفتگی با کاهش محتوای چربی کبدی ارتباط مثبت دارد ($P = 0.001$; $r = 0.52$)، و تمرینات ورزشی سه جلسه‌ای یا بیشتر در هفته به طور مستقل از کاهش وزن، تجمع چربی کبد را کاهش داد.

علاوه بر نوع، شدت و مدت ورزش، عوامل دیگری نیز ممکن است بر اثربخشی آن در مدیریت NAFLD تأثیر بگذارند. این عوامل شامل جنسیت، سن، نژاد و وضعیت سلامتی زمینه‌ای است. به عنوان مثال، پارک و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که برنامه تمرینی Silverrobics تأثیر مثبتی بر آنزیم‌های کبدی نداشت، اما با توجه به تأثیرات مثبت آن بر متابولیسم گلوکز، ممکن است نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌های کبدی ایفا کند.

محمودی و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات پلاسمایی کمرین و پنتراکسین-۳ ($PTX3$) را پس از هشت هفته تمرین استقامتی در مردان مبتلا به بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD) بررسی کردند. در این مطالعه، ۳۴ بیمار مبتلا به NAFLD به‌طور تصادفی به دو گروه تمرین استقامتی ($n=17$) و گروه کنترل ($n=17$) تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل دویدن روی تردمیل با شدت ۵۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب (HR_{max}) به مدت ۴۵ دقیقه، سه بار در هفته بود. نمونه‌های خون ناشتا قبل از شروع و در پایان هفته هشتم جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که سطوح پلاسمایی کمرین در گروه تمرین استقامتی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p=0.013$)، و همچنین تفاوت معناداری بین دو گروه پس از پایان دوره مشاهده شد ($p=0.002$). در مقابل، سطوح پلاسمایی $PTX3$ به‌طور قابل توجهی در گروه تمرین استقامتی افزایش یافت ($p=0.001$) و بین دو گروه نیز تفاوت معناداری وجود داشت ($p=0.01$). این نتایج نشان می‌دهد که هشت هفته تمرین استقامتی منجر به افزایش سطوح $PTX3$ و کاهش سطوح کمرین در مردان مبتلا به NAFLD می‌شود به طور کلی، یافته‌های پژوهش محمودی و همکاران نشان می‌دهد که تمرینات استقامتی می‌توانند تأثیر مثبتی بر سطوح پلاسمایی کمرین و $PTX3$ داشته باشند. این تغییرات ممکن است از طریق کاهش التهاب و تنظیم متابولیسم چربی کبد، به بهبود وضعیت بیماران مبتلا به NAFLD کمک کند. بنابراین، تمرینات استقامتی می‌توانند به عنوان یک مداخله موثر برای مدیریت بیماری کبد چرب غیرالکلی در نظر گرفته شوند [۹]. مطالعات مختلفی تأثیر

³ Low-density lipoprotein

⁴ High-density lipoprotein

تمرینات ورزشی بر نشانگرهای التهابی و متابولیک را بررسی کرده‌اند. به عنوان مثال، شمس‌الدینی و همکاران نشان دادند که هشت هفته تمرین هوازی منجر به کاهش معنادار مقادیر آنزیم‌های کبدی ALT و AST در مردان مبتلا به NAFLD می‌شود [۱۰]. در مطالعه‌ای دیگر، اثرات مشابهی از تمرینات استقامتی بر سطوح رزیستین و سایر نشانگرهای التهابی مشاهده شد این نتایج حاکی از آن است که تمرینات استقامتی می‌توانند با کاهش عوامل التهابی و افزایش عوامل ضدالتهابی مانند PTX3، وضعیت متابولیکی بیماران مبتلا به NAFLD را بهبود بخشند [۱۱].

باقری و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات ۱۶ هفته‌ای دو نوع رژیم غذایی با پروتئین بالا در کنار تمرین مقاومتی یا همزمان بر روی ترکیب بدن، قدرت عضلانی، عملکرد و نشانگرهای کبدی در مردان پرداختند. این تحقیق شامل ۴۸ مرد با میانگین سنی ۲۶ سال و شاخص توده بدنی ۲۵.۶ کیلوگرم بر متر مربع بود که به مدت ۱۶ هفته چهار جلسه تمرین مقاومتی در هفته را با مصرف پروتئین به میزان ۱.۶ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن انجام دادند. ارزیابی‌های مختلفی از جمله استقامت، پرش عمودی و کشش قبل، در حین و بعد از مداخله انجام شد. نتایج نشان داد که تمام معیارهای عملکردی، از جمله توده بدون چربی، قدرت عضلانی و قدرت، به طور قابل توجهی پس از مداخله در تمامی گروه‌ها افزایش یافت. با این حال، اوج افزایش قدرت در گروه RT2 بیشتر از گروه‌های RT1 و CT1 بود ($p < 0.05$). همچنین VO_{2max} به طور معناداری در هر دو گروه CT افزایش یافت ($p = 0.001$). انتخاب نشانگرهای بیوشیمیایی عملکرد کلیه و کبد نیز در گروه‌های RT2 و CT2 افزایش معناداری داشت ($p < 0.05$)، اما هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد ($p > 0.05$). به طور کلی نتیجه‌گیری این مطالعه نشان می‌دهد که جز اوج قدرت، مصرف روزانه ۱.۶ گرم پروتئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن برای حداکثر کردن توده بدون چربی، قدرت عضلانی، عملکرد و ظرفیت هوازی در هر دو گروه RT و CT کافی به نظر می‌رسد و تأثیری بر نشانگرهای عملکرد کلیه و کبد ندارد. این امر نشان می‌دهد که این مقدار پروتئین برای بزرگسالان جوان و سالم قابل تحمل است [۱۲].

قمارچهره و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی بر نیمرخ لیپیدی خون سالمندان مبتلا به NAFLD پرداختند. در این تحقیق، ۳۹ بیمار سالمند مبتلا به NAFLD به‌طور تصادفی به سه گروه تقسیم شدند: گروه تمرین هوازی (AG، $n = 13$)، گروه تمرین مقاومتی (RG، $n = 13$) و گروه کنترل (CG، $n = 13$). گروه AG در یک برنامه تمرین هوازی هشت هفته‌ای شرکت کرد که شامل سه جلسه ۴۵ دقیقه‌ای در هفته با شدت ۵۵-۷۵٪ از ذخیره ضربان قلب (HRR) بود. گروه RG نیز در یک برنامه تمرین مقاومتی مشابه با شدت ۷۰-۵۰ درصد یک تکرار حداکثر (RM_{1}) شرکت کرد. پروفایل لیپیدی خون بیماران در ابتدا و پس از هشت هفته ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در ابتدا هیچ تفاوتی بین دو گروه وجود نداشت. اما پس از هشت هفته، کلسترول و LDL در گروه تمرین هوازی به ترتیب با $p = 0.02$ و کاهش یافت. همچنین، HDL نیز به دنبال تمرین هوازی بهبود یافت ($p = 0.008$). در عوض، هیچ‌یک از تمرینات هوازی یا مقاومتی تأثیری بر تری‌گلیسیرید (TG) نداشتند. به‌طور کلی، این مطالعه نتیجه‌گیری می‌کند که تمرین هوازی نسبت به تمرینات مقاومتی در بهبود نیمرخ چربی خون سالمندان مبتلا به NAFLD مؤثرتر بوده و می‌تواند در مدیریت این بیماری نقش داشته باشد. نتیجه‌گیری این تحقیق نشان می‌دهد که تمرینات هوازی می‌توانند تأثیر مثبتی بر پروفایل لیپیدی خون سالمندان مبتلا به NAFLD داشته باشند. دلیل این تأثیر ممکن است ناشی از افزایش فعالیت بدنی و کاهش وزن باشد که منجر به کاهش سطح LDL و افزایش HDL می‌شود [۱۳]. همچنین، این یافته‌ها با تحقیقات دیگر همخوانی دارد که نشان می‌دهند فعالیت‌های ورزشی می‌توانند به عنوان یک مداخله مؤثر برای مدیریت بیماری‌های متابولیکی و کبدی عمل کنند. مطالعه حسینی و همکاران (۲۰۲۰) این تحقیق نشان داد که تمرینات ترکیبی (هوازی و مقاومتی) نیز می‌توانند تأثیر مثبتی بر نیمرخ لیپیدی بیماران مبتلا به NAFLD داشته باشند، اما نتایج نشان داد که اثرات مثبت بیشتری از تمرینات هوازی مشاهده شد [۱۴]. در مقایسه با نتایج قمارچهره و همکاران،

یافته‌های این مطالعات نشان‌دهنده تأثیر مثبت فعالیت بدنی بر پروفایل لیپیدی است، هرچند ممکن است نتایج دقیق بسته به نوع تمرینات و ویژگی‌های جمعیتی متفاوت باشد. به طور کلی، شواهد موجود نشان می‌دهد که تمرینات هوازی می‌توانند تأثیر مثبتی بر پروفایل لیپیدی خون سالمندان داشته باشند و این تأثیر ممکن است ناشی از افزایش فعالیت بدنی و کاهش وزن باشد که منجر به کاهش سطح LDL و افزایش HDL می‌شود.

کلارده و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر این نوع تمرینات بر سطوح آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارات آمینوترانسفراز (AST)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، گاما گلوتامیل ترانسفراز (GGT)، بیلی روبین کل و شمارش پلاکت در زنان مبتلا به کبد چرب پرداختند. در این مطالعه، ۲۳ زن یائسه بین ۶۰ تا ۷۱ سال که مبتلا به کبد چرب غیرالکلی بودند، به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: یک گروه تمرین مقاومتی غیرخطی (۱۲ نفر) و یک گروه کنترل (۱۱ نفر) گروه تمرین به مدت ۱۲ هفته، ۳ جلسه در هفته، تمرینات مقاومتی با شدت‌های مختلف را انجام دادند، در حالی که گروه کنترل به زندگی عادی خود ادامه دادند. قبل و بعد از دوره ۱۲ هفته‌ای، نمونه‌های خون از شرکت‌کنندگان گرفته شد و سطوح آنزیم‌های کبدی اندازه‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی غیرخطی، سطوح ALT ($p=0.013$) و AST ($p=0.000$) در گروه تمرین به طور معناداری کاهش یافت، در حالی که در گروه کنترل تغییر معناداری مشاهده نشد ($p>0.05$). سطوح ALP، GGT، بیلی روبین تام و شمارش پلاکت در هر دو گروه تغییر معناداری نداشت. همچنین، قدرت عضلانی در گروه تمرین مقاومتی به طور قابل توجهی بهبود یافت ($p=0.000$). به طور کلی نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که تمرین مقاومتی غیرخطی می‌تواند به بهبود عملکرد کبد و افزایش قدرت عضلانی در زنان یائسه مبتلا به کبد چرب غیرالکلی کمک کند [۱۵].

صادقی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی کل بدن بر عملکرد کبد در بیماران مبتلا به NAFLD را بررسی کردند. در این تحقیق، ۲۲ مرد مبتلا به NAFLD به طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: گروه تمرین TRX (۱۱ نفر) و گروه کنترل (۱۱ نفر). گروه TRX به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه در برنامه تمرینی TRX شرکت کردند.

نتایج نشان داد که میزان چربی کبد در گروه TRX به طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل بود ($P=0.001$). همچنین، سطوح سرمی ALT، AST و ALP در گروه TRX نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت ($P<0.05$). علاوه بر این، تمرین TRX تأثیر مثبتی بر کاهش وزن بدن، شاخص توده بدنی (BMI)، درصد چربی و نسبت دور کمر به باسن داشت ($P<0.05$). در مقابل، در گروه کنترل تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0.05$). به طور کلی تمرین TRX می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر در بهبود محتوای چربی کبد و کاهش سطح سرمی آنزیم‌های کبدی در مردان مبتلا به NAFLD عمل کند [۱۶]. تحقیقات نشان می‌دهد که نوع تمرین، تمرینات مقاومتی تأثیر بیشتری بر کاهش سطح آلکالین فسفاتاز (ALP) نسبت به تمرینات هوازی دارند. مدت زمان، بیشتر مطالعات به مدت هشت هفته انجام شده‌اند که اهمیت طول دوره تمرینی را برای مشاهده نتایج مثبت تأیید می‌کند. جمعیت مورد مطالعه، برخی از مطالعات بر روی مردان و برخی دیگر بر روی زنان متمرکز شده‌اند، که ممکن است تأثیر جنسیت را بر نتایج نشان دهد. این یافته‌ها می‌توانند در طراحی برنامه‌های درمانی برای بیماران مبتلا به NAFLD مؤثر باشند.

یائو و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تمرینات هوازی و مقاومتی بر آنزیم‌های کبد و لیپیدهای خون در بیماران چینی مبتلا NAFLD را بررسی کردند. در این مطالعه، ۱۰۳ بیمار به سه گروه تقسیم شدند: تمرین هوازی (۳۴ نفر)، تمرین مقاومتی (۳۴ نفر)، و گروه کنترل بدون ورزش (۳۵ نفر). مداخله شامل ۲۲ هفته تمرینات منظم همراه با آموزش رژیم غذایی بود. نتایج نشان داد تمرین هوازی، کاهش معنادار سطح آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و تری‌گلیسیرید (TG) ($P=0.007$; $P=0.046$). همچنین افزایش

قابل توجه HDL نسبت به خط پایه ($P=0.049$). تمرین مقاومتی، افزایش معنادار HDL ($P=0.027$). تأثیر کمتری بر کاهش ALT و TG نسبت به تمرین هوازی. گروه کنترل، تغییری در پارامترهای مورد بررسی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد تمرین هوازی، تأثیر بیشتری بر کاهش آنزیم‌های کبدی و لیپیدهای خون دارد، که نشان‌دهنده نقش آن در بهبود عملکرد متابولیکی کبد است. همچنین تمرین مقاومتی، هرچند تأثیر کمتری بر ALT و TG دارد، اما افزایش HDL را تسهیل می‌کند، که برای سلامت قلب و عروق مهم است. هر دو نوع تمرین برای بیماران NAFLD مفید هستند، اما تمرین هوازی اثرات گسترده‌تری بر بهبود وضعیت متابولیکی دارد. به طور کلی این مطالعه نشان می‌دهد که هر دو نوع تمرین ورزشی می‌توانند به بهبود سلامت بیماران مبتلا به NAFLD کمک کنند، اما تمرین هوازی در کاهش آنزیم‌های کبدی و چربی خون مؤثرتر است. این یافته‌ها اهمیت ورزش منظم را به عنوان یک راهکار درمانی غیر دارویی برجسته می‌کند [۱۷].

تانایگوچی و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر ورزش استقامتی بر کاهش محتوای چربی کبد و سطح فاکتور رشد فیبروبلاست سرم ۲۱ (FGF21) در مردان مسن را بررسی کردند. در این مطالعه، ۳۳ مرد سالخورده ژاپنی شرکت کردند. نتایج نشان داد که یک برنامه تمرینی استقامتی ۵ هفته‌ای توانست محتوای چربی کبد و سطوح سرمی FGF21 را بدون کاهش وزن کاهش دهد و تغییرات در دوره تمرین نسبت به دوره کنترل بیشتر بود (به ترتیب $P=0.021$ و $P=0.026$). تجزیه و تحلیل همبستگی نیز نشان داد که تغییرات محتوای چربی کبد به طور معنی‌داری با سطوح سرمی FGF21 همبستگی مثبت دارد ($P = 0.006$, $r = 0.366$). نتیجه‌گیری این مطالعه نشان می‌دهد که یک برنامه تمرینی استقامتی ۵ هفته‌ای می‌تواند به کاهش محتوای چربی کبد و سطوح سرمی FGF21 در مردان مسن کمک کند، بدون اینکه نیاز به کاهش وزن باشد. کاهش چربی کبدی ناشی از ورزش به کاهش سطح سرمی FGF21 منجر می‌شود. همچنین تمرینات استقامتی با افزایش متابولیسم چربی و بهبود حساسیت به انسولین، می‌توانند منجر به کاهش محتوای چربی کبد شوند. این فرآیندها همچنین به کاهش سطح سرمی FGF21 کمک می‌کنند، که خود نشان‌دهنده وضعیت متابولیکی بدن است. بنابراین، ورزش نه تنها برای کنترل وزن بلکه برای مدیریت بیماری‌های مرتبط با کبد نیز اهمیت دارد [۱۸].

پارک و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی هوازی بر عوامل خطر بیماری‌های کبدی در زنان سالمند مبتلا به چاقی و اختلال قند ناشتا پرداختند. در این تحقیق، ۸ زن سالمند با این شرایط در برنامه تمرینی Silverrobics شرکت کردند که شامل ۶۰ دقیقه تمرین به مدت پنج بار در هفته برای ۸ هفته بود. شدت تمرینات در هفته‌های اول تا دوم ۵۰ تا ۶۰ درصد و در هفته‌های سوم تا هشتم ۶۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره تعیین شد. آنالیز خون قبل و بعد از تمرین برای بررسی تأثیر این برنامه بر متابولیسم گلوکز و آنزیم‌های کبدی انجام شد. نتایج نشان داد که پس از برنامه تمرینی، کاهش معناداری در گلوکز، هموگلوبین گلیکوزیله A1c، ۱،۵-آنهیدروگلوکوسیتول و سطوح انسولین مشاهده شد. با این حال، هیچ اثر قابل توجهی بر روی آنزیم‌های کبدی به جز آلکالین فسفاتاز وجود نداشت که سطح آن پس از برنامه افزایش یافت. نتیجه‌گیری کلی اگرچه برنامه تمرینی Silverrobics تأثیر مثبتی بر آنزیم‌های کبدی نداشت، اما با توجه به تأثیرات مثبت آن بر متابولیسم گلوکز، ممکن است نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌های کبدی ایفا کند. می‌توان از این تحقیق نتیجه گرفت که یکی از دلایل عدم تغییرات معنادار در آنزیم‌های کبدی، زمان‌بر بودن تأثیرات ناشی از ورزش است که ممکن است نیاز به دوره‌های طولانی‌تری برای مشاهده اثرات بر روی این آنزیم‌ها داشته باشد. همچنین، نوع و شدت تمرینات ممکن است به اندازه کافی قوی نبوده باشند تا تغییرات قابل توجهی در آنزیم‌ها ایجاد کنند. علاوه بر این، عوامل ژنتیکی و وضعیت سلامتی اولیه شرکت‌کنندگان نیز می‌توانند بر نحوه واکنش بدن به تمرینات تأثیر بگذارند [۱۹].

کیماسی و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر تمرینات پیلاتس بر میزان چربی کبد و آنزیم‌های کبدی در مردان مبتلا به NAFLD

پرداختند. در این مطالعه، ۲۰ مرد مبتلا به NAFLD به‌طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: یک گروه شامل ۱۰ نفر که به مدت هشت هفته سه جلسه ۶۰ دقیقه‌ای در هفته تمرینات پیلاتس انجام دادند و گروه کنترل که هیچ فعالیت بدنی منظمی نداشتند. در این تحقیق، متغیرهای ترکیب بدن، شاخص‌های آنتروپومتریک، محتوای چربی کبد و سطوح سرمی آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) قبل و بعد از دوره تمرین اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که پس از هشت هفته تمرین پیلاتس، میزان چربی کبد در گروه پیلاتس به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل بود ($P=0.001$). همچنین، سطوح سرمی ALT، AST و ALP در گروه پیلاتس نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشت (به ترتیب $P=0.05$ ، $P=0.05$ و $P=0.02$). علاوه بر این، تمرینات پیلاتس موجب کاهش وزن بدن، شاخص توده بدنی، درصد چربی و نسبت دور کمر به باسن در بیماران شد، در حالی که در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. این نتایج حاکی از آن است که تمرینات پیلاتس می‌توانند به بهبود محتوای چربی کبد و کاهش سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی در مردان مبتلا به NAFLD کمک کنند و نقش مؤثری در مدیریت این بیماری ایفا نمایند [۲۰].

فونچای و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به مقایسه تأثیر ورزش هوازی با شدت متوسط و ورزش مقاومتی همراه با اصلاح رژیم غذایی بر بیماران مبتلا به NAFLD پرداختند. در این مطالعه، بیماران به‌طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: یک گروه ۱۲ هفته تحت برنامه تمرینی نظارت شده شامل ورزش هوازی و گروه دیگر ورزش مقاومتی را همراه با مشاوره تغذیه ماهانه دریافت کردند. در ابتدا و در پایان دوره، متغیرهای مختلفی از جمله الاستوگرافی گذرا، آنتروپومتري، ترکیب بدن، آمادگی قلبی-تنفسی، بیوشیمی و تحمل گلوکز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که هر دو گروه به‌طور مشابه کاهش قابل توجهی در میزان چربی کبد داشتند ($p<0.001$). میانگین کاهش چربی کبد در گروه هوازی ۱۰.۳٪ و در گروه مقاومتی ۱۲.۶٪ بود. همچنین، استئاتوز کبد در ۵۰٪ از گروه هوازی و ۵۳٪ از گروه مقاومتی ناپدید شد. بهبودهایی در حساسیت به انسولین و کاهش دور کمر نیز در هر دو گروه مشاهده شد. تعداد جلسات ورزشی هفتگی با کاهش محتوای چربی کبدی ارتباط مثبت داشت ($p=0.001$ ؛ $r=0.52$) و تمرینات ورزشی سه جلسه یا بیشتر در هفته به‌طور مستقل از کاهش وزن، تجمع چربی کبد را کاهش داد. به‌طور کلی این مطالعه تأکید می‌کند که ترکیب ورزش‌های هوازی و مقاومتی همراه با اصلاح رژیم غذایی می‌تواند رویکرد مؤثری برای مدیریت بیماری NAFLD باشد. فعالیت‌های ورزشی منظم نه تنها به کاهش چربی کبد کمک می‌کند، بلکه می‌تواند کیفیت زندگی بیماران را نیز بهبود بخشد. بنابراین، توصیه می‌شود که بیماران مبتلا به NAFLD برنامه‌های ورزشی منظم را در کنار مشاوره‌های تغذیه‌ای دنبال کنند تا از مزایای سلامتی بیشتری بهره‌مند شوند [۲۱].

امیرخانی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر ترکیب تمرین مقاومتی و مکمل کورکومین بر آنزیم‌های کبدی در زنان چاق و دارای اضافه وزن غیرفعال پرداخته است. در این مطالعه، ۳۱ زن غیرفعال (با شاخص توده بدنی ۲۸-۳۲ و سن ۲۰-۳۵ سال) به چهار گروه همگن تقسیم شدند: گروه کورکومین (CUR)؛ ($n=9$) که روزانه ۸۰ میلی‌گرم نانومیسسل کورکومین به مدت ۸ هفته مصرف کردند، گروه کورکومین به همراه تمرین مقاومتی (RTCUR)؛ ($n=9$)، گروه دارونما (PL)؛ ($n=7$) و گروه تمرین مقاومتی به همراه دارونما (RTPL)؛ ($n=7$). تمرین مقاومتی سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته انجام شد. نتایج نشان داد که سطوح آنزیم‌های ALT (P-value: 0.005) و AST (P-value: 0.004) به‌طور معنی‌داری در گروه RTCUR کاهش یافت. با این حال، تغییرات معنی‌داری در سطوح ALP (P-value: 0.2) و GGT (P-value: 0.3) مشاهده نشد. یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده همزمان از تمرین مقاومتی و مکمل کورکومین می‌تواند بهبودهایی در سطوح آنزیم‌های ALT و AST، دور کمر نسبت به لگن و درصد چربی بدن ایجاد کند. این نتایج حاکی از اهمیت ترکیب ورزش و مکمل‌های غذایی در مدیریت سلامت کبد زنان چاق و دارای اضافه وزن است [۲۲].

ایرجی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تغییرات آنزیم‌های کبدی و مشخصات متابولیک در نوجوانان مبتلا به کبد چرب پس از انجام ورزش پرداختند. در این مطالعه، ۳۴ نوجوان مرد چاق با بیماری کبد چرب غیر الکلی (NAFLD) به دو گروه HIIT (تمرینات تناوبی با شدت بالا) و SBE (تمرینات مدرسه محور) تقسیم شدند و یک گروه شاهد نیز در نظر گرفته شد. مواد شرکت‌کنندگان شامل نوجوانانی با میانگین سنی ۱۲.۸۱ سال و شاخص توده بدنی (BMI) 26.68 کیلوگرم بر متر مربع بودند. درجه NAFLD از طریق سونوگرافی، حداکثر جذب اکسیژن (VO_{2peak})، پروفایل لیپیدی، مقاومت به انسولین و سطوح آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) قبل و بعد از مداخلات ورزشی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که BMI، نسبت دور کمر به باسن و درصد چربی بدن شرکت‌کنندگان کاهش یافته و VO_{2peak} به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. گروه HIIT نسبت به گروه SBE بهبود بیشتری را نشان داد ($P < 0.01$). همچنین، کاهش قابل توجهی در سطوح مقاومت به انسولین، تری‌گلیسیرید، کلسترول کل، ALT و AST در هر دو گروه مشاهده شد، اگرچه تنها گروه HIIT کاهش معناداری در سطوح لیپوپروتئین با چگالی بالا داشت ($P < 0.01$). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که هر دو نوع تمرین HIIT و SBE تأثیر مثبتی بر پارامترهای سلامت در نوجوانان چاق دارند. با این حال، HIIT به‌طور خاص در بهبود برخی از متغیرها مانند VO_{2peak} و سطوح لیپوپروتئین با چگالی بالا مؤثرتر بود. این یافته‌ها تأکید می‌کند که فعالیت بدنی منظم می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر برای مدیریت کبد چرب و بهبود وضعیت متابولیک در نوجوانان مورد استفاده قرار گیرد [۲۳].

تاکاهاشی و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات ورزش مقاومتی بر سطوح سیتوکراتین ۱۸ (CK18) و فاکتور رشد فیبروبلاست ۲۱ (FGF21) در بیماران مبتلا به بیماری کبد چرب غیر الکلی (NAFLD) پرداختند. این مطالعه شامل ۵۰ بیمار مبتلا به NAFLD بود که به مدت ۱۲ هفته در دو گروه، یکی گروه تمرین مقاومتی (۲۳ نفر) و دیگری گروه کنترل (۲۷ نفر)، تقسیم شدند. گروه تمرین مقاومتی دو نوع تمرین شامل فشار و اسکات را سه بار در هفته انجام دادند، در حالی که گروه کنترل تنها فعالیت‌های بدنی منظم را تحت یک رژیم غذایی محدود دنبال کردند. نتایج نشان داد که سطح سرمی CK18 (M65) در گروه تمرین مقاومتی به طور معناداری کاهش یافت (503.6 ± 880.0 در مقابل 648.9 ± 450.2 U/L؛ $P < 0.01$). در مقابل، گروه کنترل نیز کاهش قابل توجهی در سطوح CK18 (231.1 ± 354.7 در مقابل 56.2 ± 375.0 U/L؛ $P = 0.02$) و FGF21 (41.7 ± 98.2 در مقابل 33.2 ± 127.6 pg/mL) داشتند، اما تفاوت معنی‌داری در شاخص توده بدنی یا حجم عضلانی مشاهده نشد. همچنین، تغییرات سطح M65 در گروه تمرین با تغییرات سطح آلانین آمینوترانسفراز همبستگی معناداری داشت ($r = 0.618, P < 0.01$). این مطالعه نشان می‌دهد که ورزش مقاومتی ساده می‌تواند به کاهش سطوح CK18 و FGF21 در بیماران مبتلا به NAFLD کمک کند و به نظر می‌رسد که تمرینات مقاومتی شامل حرکات فشاری و اسکات می‌تواند به پیشگیری از پیشرفت بیماری کبد چرب غیر الکلی کمک کند. این یافته‌ها اهمیت فعالیت بدنی منظم را در مدیریت بیماری‌های متابولیک و کبدی تأکید می‌کند و نشان می‌دهد که ورزش می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر برای کاهش عوارض ناشی از NAFLD مورد استفاده قرار گیرد [۲۴].

بارانی و همکاران (۲۰۱۴) پژوهشی را انجام دادند که به بررسی تأثیر ورزش مقاومتی و ترکیبی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص‌های آمادگی جسمانی زنان مبتلا به کبد چرب غیر الکلی پرداخت. در این مطالعه، ۳۷ زن به سه گروه کنترل، تمرین مقاومتی و ترکیبی تقسیم شدند. برنامه تمرین مقاومتی شامل ۸ حرکت، ۳ ست، ۸ تا ۱۰ تکرار با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه بود که به مدت ۸ هفته، سه بار در هفته انجام شد. تمرین ترکیبی شامل ۴ حرکت مقاومتی در نیمه اول و تمرین هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب در نیمه دوم بود. آنزیم‌های ALT، AST و ALP با استفاده از روش‌های بیوشیمیایی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد سطح ALP تنها در گروه تمرین مقاومتی به طور معنی‌داری کاهش یافت

($p=0.03$) این کاهش نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی می‌توانند در بهبود عملکرد کبدی و کاهش التهاب کبدی موثر باشند. سطوح AST و ALT در هیچ‌یک از گروه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت. ($p>0.05$) این نتیجه نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی و ترکیبی بر این آنزیم‌ها تأثیر معنی‌داری ندارند و ممکن است برای بهبود این شاخص‌ها نیاز به برنامه‌های تمرینی طولانی‌تر یا با شدت بیشتر باشد.

میانگین نسبت ALT/AST در گروه تمرین مقاومتی به طور معنی‌داری افزایش یافت، ($p=0.04$) اما در گروه کنترل و ترکیبی تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. این افزایش می‌تواند نشان‌دهنده بهبود نسبی در عملکرد کبدی باشد، اما نیاز به تحقیقات بیشتر برای درک بهتر این یافته وجود دارد. میانگین انعطاف‌پذیری، ($p=0.001$) حداکثر اکسیژن مصرفی، ($p=0.02$) قدرت عضلانی ($p=0.003$) و قدرت گرفتن ($p=0.001$) پس از تمرین مقاومتی به طور معنی‌داری افزایش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی نه تنها بر عملکرد کبدی بلکه بر بهبود کلی آمادگی جسمانی نیز موثر هستند. نتیجه‌گیری این مطالعه نشان می‌دهد که هیچ‌یک از تمرینات مقاومتی و ترکیبی تأثیر معنی‌داری بر سطوح AST و ALT نداشتند، اما تمرین مقاومتی باعث بهبود شاخص‌های ALP و آمادگی جسمانی شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی می‌توانند به عنوان بخشی از برنامه درمانی برای بهبود عملکرد کبدی و آمادگی جسمانی در زنان مبتلا به کبد چرب غیر الکلی مورد استفاده قرار گیرند [۲۵].

رجبی و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیق خود به بررسی تأثیر تمرینات تناوبی مقاومتی با دو شدت متفاوت بر سیتوکراتین ۱۸ و برخی پارامترهای عملکردی زنان مبتلا به کبد چرب پرداختند. این مطالعه بر روی ۳۳ زن مبتلا به NAFLD در شهرستان شاهرود در سال ۱۳۹۷ انجام شد. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه آموزشی و کنترل تقسیم شدند. تمرینات شامل دو نوع بود: تمرین ترکیبی ۱ که شامل تمرین تناوبی هوازی (AIT) همراه با تمرین مقاومتی و تمرین ترکیبی ۲ که شامل تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) به همراه تمرین مقاومتی بود، و به مدت ۱۲ هفته اجرا شد. آزمون‌های عملکردی شامل قدرت و استقامت بالا و پایین و توان هوازی، قبل و بعد از دوره ۱۲ هفته‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که بین دو گروه تمرین در سطح CK18 تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p<0.001$) و گروه تمرین ترکیبی ۱ کاهش بیشتری در سطح CK18 داشتند. همچنین، هر دو نوع تمرین ترکیبی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش قدرت ماکزیمم بالا و پایین، استقامت عضلانی، VO_{2max} و کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن شدند ($p<0.001$). با این حال، هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر وزن و BMI مشاهده نشد ($p>0.05$). نتیجه‌گیری این مطالعه نشان می‌دهد که زنان مبتلا به بیماری کبد چرب غیرالکلی می‌توانند از تمرینات ترکیبی با شدت‌های متفاوت برای کاهش درصد چربی بدن و بهبود شاخص‌های عملکرد فیزیکی استفاده کنند، بدون اینکه نیاز به کاهش وزن باشد، و این نوع تمرینات می‌تواند به عنوان یک درمان کمکی غیردارویی برای جلوگیری از مرگ سلولی مورد استفاده قرار گیرد [۲۶].

علی‌نیا و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی واکنش آنزیم‌های کبدی نسبت به ورزش و مصرف مکمل خرفه در زنان چاق یا نرسه مبتلا به NAFLD پرداختند. در این تحقیق، ۴۰ زن چاق مبتلا به NAFLD پس از امضای فرم رضایت آگاهانه به‌طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند: مکمل ($n=10$)، ورزش ترکیبی ($n=10$)، دارونما ($n=10$) و مکمل + ورزش ($n=10$). مکمل خرفه به‌صورت کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی روزانه قبل از ناهار و شام مصرف می‌شد. تمرین ترکیبی به مدت ۱۲ هفته، هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۹۰ دقیقه انجام شد. آنزیم‌های کبدی قبل و بعد از مداخله اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که ورزش ترکیبی و مصرف مکمل خرفه به‌طور معنی‌داری باعث کاهش سطح آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) در گروه‌های ورزش + مکمل، ورزش و مکمل شد. همچنین بین گروه تمرین + مکمل و دارونما و نیز بین گروه دارونما و ورزش تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید ($P<0.05$). به طور کلی مصرف خرفه و تمرینات ترکیبی می‌تواند منجر به کاهش

سطح سرمی آنزیم‌های کبدی در زنان مبتلا به NAFLD شود که این امر می‌تواند در درمان بیماران مبتلا به این بیماری مؤثر باشد [۲۷].

طاهری و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر تمرینات ترکیبی با رویکرد نهایت تناسب و مصرف قهوه بر آنزیم‌های کبدی در مردان میانسال مبتلا به کبد چرب غیر الکلی پرداختند. در این مطالعه، ۴۴ مرد میانسال مبتلا به کبد چرب به‌طور هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند: ورزش ترکیبی (۱۱ نفر)، مصرف قهوه (۱۱ نفر)، ورزش ترکیبی + مصرف قهوه (۱۱ نفر) و گروه کنترل (۱۱ نفر). برای ارزیابی آنزیم‌های کبدی قبل و بعد از پروتکل تحقیق، سونوگرافی و آزمایش خون انجام شد. گروه‌های تمرینی برنامه ترکیبی را به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته اجرا کردند. آزمودنی‌های گروه قهوه و گروه ترکیبی قهوه + ورزش، هر روز ۱۰ گرم قهوه دریافت کردند. نتایج نشان داد که سطح سرمی آنزیم‌های کبدی در هر سه گروه تجربی نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشت ($p > 0.05$). در گروه آزمایش، ورزش ترکیبی همراه با مصرف قهوه باعث کاهش آلانین آمینوترانسفراز شد، اما در سایر موارد تفاوت معناداری مشاهده نشد. به‌طور کلی، این مداخله ورزشی ترکیبی با مصرف قهوه در کاهش آنزیم‌های کبدی مؤثر بوده و برای افراد میانسال کم‌تحرک مبتلا به کبد چرب که در آستانه پیری هستند، قابل استفاده است [۲۸].

گودرزی و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر ۱۲ هفته تمرین ترکیبی بر سطوح سرمی نسفاتین-۱ و برخی آنزیم‌های کبدی در مردان مبتلا به NAFLD را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، ۲۰ مرد میانسال مبتلا به NAFLD به‌صورت تصادفی انتخاب و به دو گروه تمرین و کنترل تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل ۱۲ هفته تمرین ترکیبی بود که شامل دو جلسه تمرین مقاومتی و یک جلسه تمرین با شدت بالا (HIIT) در هفته بود. وزن بدن، شاخص توده بدنی (BMI)، پیتید نسفاتین-۱، آنزیم‌های کبدی (ALT، AST و ALP)، پروفایل لیپیدی، VO_{2max} و درصد چربی بدن در ابتدا و پس از ۱۲ هفته ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی شامل HIIT و مقاومتی منجر به افزایش سطح نسفاتین-۱ و کاهش آنزیم‌های کبدی ALT، AST و ALP در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل و همچنین نسبت به وضعیت قبل از شروع تمرین ($P < 0.05$) گردید. همچنین افزایش VO_{2max} و کاهش وزن، BMI، درصد چربی بدن و LDL در گروه تمرین نسبت به قبل از مداخله مشاهده شد ($P < 0.05$). بر اساس نتایج این مطالعه، انجام تمرینات ورزشی ترکیبی به مدت دوازده هفته باعث افزایش سطح پیتید نسفاتین-۱ و کاهش آنزیم‌های کبدی می‌شود که این می‌تواند به عنوان یک روش درمانی مقرون‌به‌صرفه برای بیماران مبتلا به NAFLD پیشنهاد شود [۲۹].

اسماعیلی و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تمرین ترکیبی مقاومتی و تناوبی بر زنان مبتلا به NAFLD پرداختند. این تحقیق شامل ۲۹ زن با میانگین سنی ۴۹.۹۲ سال بود که به دو گروه CRIT (۱۷ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. گروه CRIT به مدت هشت هفته، سه بار در هفته و هر جلسه به مدت ۴۰ دقیقه، تمرینات مقاومتی با وزن بدن و تمرینات تناوبی را انجام دادند. در مقابل، گروه کنترل فعالیت‌های روزمره خود را ادامه دادند. نتایج نشان داد که پس از هشت هفته تمرینات CRIT، کاهش معناداری در سطح فاکتورهای بیوشیمیایی مانند fetuin-A، HOMA-IR، LDL و افزایش HDL و فاکتور رشد فیبروبلاست ۲۱ مشاهده شد. همچنین سطح آنزیم‌های کبدی شامل ALP، ALT و AST نیز کاهش یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی می‌تواند به بهبود آنزیم‌های کبدی، ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی و سطوح سرمی دو هپاتوکین (FGF-21 و fetuin-A) در زنان چاق مبتلا به NAFLD کمک کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی مقاومتی و تناوبی می‌تواند یک استراتژی درمانی غیرپزشکی مؤثر برای کاهش عوامل خطر NAFLD و اختلالات ناشی از چاقی باشد. به عنوان مثال، کاهش سطح LDL و افزایش HDL می‌تواند بهبود قابل توجهی در سلامت کبد و متابولیسم چربی‌ها

ایجاد کند [۳۰].

مهربانی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر تمرینات ترکیبی (اینتروال هوازی و مقاومتی) با دو شدت بر روی FGF-21، آنزیم‌های کبدی، مقاومت به انسولین و ترکیب بدن در زنان مبتلا به NAFLD پرداختند. در این مطالعه، ۳۳ زن با میانگین سنی ۴۵.۴۳ ± ۵۷.۷ سال و شاخص توده بدنی ۸۴.۳۲ kg/m² به‌طور تصادفی به سه گروه تقسیم شدند: تمرینات اینتروال هوازی (AIT)، تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT)، و گروه کنترل. برنامه تمرینی به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته اجرا شد و متغیرها قبل و بعد از دوره آموزشی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که شاخص HOMA-IR و سطح سرمی FGF-21 در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشت ($p < 0.05$). همچنین، هیچ تفاوت معنی‌داری در سطح آنزیم‌های ALT و AST مشاهده نشد، اما درصد چربی بدن به‌طور معناداری کاهش یافت ($p < 0.05$). این مطالعه نشان می‌دهد که زنان مبتلا به NAFLD می‌توانند از تمرینات ترکیبی مقاومتی و اینتروال با شدت متوسط تا شدید به‌عنوان یک راهکار غیردارویی برای کاهش درصد چربی بدن و بهبود مقاومت به انسولین و FGF-21 بهره‌مند شوند [۳۱].

ورمازبار و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و مکمل ویتامین E بر سطوح آمینوترانسفرازها، CTRP-2 و CTRP-9 در مردان مبتلا به NAFLD پرداختند. این تحقیق شامل ۴۰ شرکت‌کننده با میانگین سنی ۳۲.۴ سال بود که به‌طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند: دارونما (PLB)، ویتامین E (VES)، PLB + تمرین مقاومتی (RT) و VES + RT. مکمل ویتامین E به میزان ۸۰۰ واحد بین‌المللی در روز به‌صورت دوسوکور تجویز شد. برنامه تمرینی شامل هشت نوع تمرین با شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد حداکثر یک تکرار (RM۱)، با سه ست ۸ تا ۱۲ تکرار، سه بار در هفته انجام می‌شد. ارزیابی‌ها قبل و بعد از مداخله شامل ترکیب بدن، سطوح اسپاراتات آمینوترانسفراز (AST)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، پروفایل لیپیدی، کنترل قند خون، و اندازه‌گیری‌های CTRP-2، CTRP-9 و RM۱ بود. نتایج نشان داد که گروه‌های تمرینی بهبود قابل توجهی در ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی، کنترل قند خون و شاخص‌های RM۱ نسبت به گروه‌های کنترل داشتند ($p < 0.05$). همچنین سطوح AST و ALT در همه گروه‌ها نسبت به گروه دارونما کاهش یافت ($p < 0.05$). تفاوت معنی‌داری بین گروه VES + RT و دو گروه دیگر VES و PLB + RT مشاهده شد ($p < 0.05$). سطوح CTRP-2 و CTRP-9 نیز در گروه‌های تمرینی نسبت به گروه‌های بدون ورزش کاهش یافت ($p < 0.05$) و تغییرات این سطوح همبستگی معناداری با ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی و کنترل قند خون نشان داد ($p < 0.05$). این مطالعه تأثیر مثبت تمرینات مقاومتی را بر پارامترهای مختلف سلامت در بیماران NAFLD نشان می‌دهد. افزودن مکمل ویتامین E به تمرینات مقاومتی باعث کاهش بیشتری در سطوح آمینوترانسفرازها شد، اما تأثیر بیشتری بر سایر متغیرها نداشت. به علاوه، افزایش در ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی و کنترل قند خون احتمالاً با کاهش سطوح CTRPs مرتبط بود [۳۲].

فلاح نژاد و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر هشت هفته تمرینات ترکیبی را بر روی بدن مردان چاق مبتلا به کبد چرب غیر الکلی، با تأکید بر متیلن تتراهیدروفولات بررسی کردند. این مطالعه نیمه تجربی شامل ۶۰ شرکت‌کننده مبتلا به NAFLD درجه ۱ بود که به شش گروه (سه گروه کنترل و سه گروه آزمایش) با سه ژنوتیپ (CC، CT، TT) تقسیم شدند. شرکت‌کنندگان مردان چاق در بازه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال (با BMI بین ۳۰ تا ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع) بودند. نتایج نشان داد که در پایان پروتکل تمرینی هشت هفته‌ای، کاهش معناداری در BMI در گروه ژنوتیپ TT نسبت به ژنوتیپ‌های CT ($p = 0.031$) و CC ($p = 0.023$) مشاهده شد. همچنین، چربی احشایی در گروه با ژنوتیپ TT نسبت به گروه‌های CT ($p = 0.039$) و CC ($p = 0.034$) و همچنین در گروه ژنوتیپ CT نسبت به گروه ژنوتیپ CC ($p = 0.046$) کاهش معناداری داشت. هرچند روند کاهشی در نسبت دور کمر به باسن در همه گروه‌ها مشاهده شد، اما این کاهش در بین گروه‌های ژنوتیپی معنی‌دار نبود. نتیجه‌گیری این مطالعه نشان می‌دهد

که پروتکل تمرینی منجر به کاهش BMI شد که این کاهش در ژنوتیپ TT بیشتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بود. همچنین، کاهش چربی احشایی پس از این تمرینات همراه با BMI پایین‌تر می‌تواند به بهبود عملکرد کبد در بیماران مبتلا به NAFLD کمک کند [۳۳].

۵- نتیجه‌گیری:

مطالعه مروری حاضر به بررسی تاثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی بر بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD) پرداخت. یافته‌ها نشان داد که هر دو نوع تمرینات هوازی و مقاومتی می‌توانند در بهبود وضعیت این بیماری موثر باشند. تمرینات هوازی با کاهش سطوح پلاسمایی کمرین، افزایش سطوح پنتراکسین-۳ (PTX-3) و کاهش آنزیم‌های کبدی (ALT) و (AST) مرتبط هستند و به نظر می‌رسد در بهبود پروفایل چربی خون سالمندان مبتلا به NAFLD موثرتر از تمرینات مقاومتی باشند. از طرف دیگر، تمرینات مقاومتی می‌توانند به بهبود عملکرد کبد و افزایش قدرت عضلانی در زنان یائسه کمک کنند. شدت و مدت ورزش نیز نقش مهمی در اثربخشی آن ایفا می‌کنند و برنامه‌های تمرینی با شدت متوسط و حداقل سه جلسه در هفته می‌توانند مفید باشند. همچنین، عواملی مانند جنسیت، سن و وضعیت سلامتی زمینه‌ای نیز می‌توانند بر نتایج تاثیر بگذارند. با توجه به نتایج این مطالعه مروری، ورزش به عنوان یک راهکار درمانی غیر دارویی مهم برای مدیریت NAFLD توصیه می‌شود. با این حال، نوع، شدت و مدت تمرین باید با توجه به ویژگی‌های فردی بیمار و تحت نظر متخصص تعیین شود. تحقیقات بیشتری برای بررسی اثرات طولانی‌مدت ورزش و تعیین بهترین نوع و میزان تمرین برای گروه‌های مختلف بیماران مبتلا به NAFLD مورد نیاز است.

تضاد

هیچ تضاد منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

تشکر و قدردانی^۵

از کلیه افرادی که در گردآوری مطالب و تدوین این مقاله همکاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

حامی مالی^۶

این مطالعه هیچ‌گونه حامی مالی نداشته است.

مشارکت نویسندگان^۷

نویسنده اول: گردآوری مطالب، تحلیل داده‌ها و نگارش پیش‌نویس مقاله.
نویسنده دوم: طراحی مطالعه، نظارت بر گردآوری داده‌ها و ویرایش مقاله.
نویسنده سوم: تحلیل آماری، تفسیر یافته‌ها و بازنگری نهایی مقاله.

⁵ Acknowledgments

⁶ Funding

⁷ Author Contributions

استفاده اخلاقی از ابزار مبتنی بر هوش مصنوعی

من از Consensus (<https://consensus.app/search/>) برای یافتن ادبیات دانشگاهی مرتبط، بازنویسی و/یا کاهش سرقت ادبی و ExplainPaper (<https://www.explainpaper.com/dashboard>) برای کمک به درک استدلال‌های موجود در منابع استفاده کردم.

منابع:

- CHALASANI, Naga, et al. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology*, 2018, 67.1: 328-357.
- ESLAM, Mohammed, et al. A new definition for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease: An international expert consensus statement. *Journal of hepatology*, 2020, 73.1: 202-209.
- FAZEL, Yousef, et al. Epidemiology and natural history of non-alcoholic fatty liver disease. *Metabolism*, 2016, 65.8: 1017-1025.
- YOUNOSSI, Zobair, et al. Global perspectives on nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis. *Hepatology*, 2019, 69.6: 2672-2682.
- TARGHER, Giovanni, et al. Non-alcoholic fatty liver disease and risk of incident cardiovascular disease: a meta-analysis. *Journal of hepatology*, 2016, 65.3: 589-600.
- GOLABI, Pegah, et al. Effectiveness of exercise in hepatic fat mobilization in non-alcoholic fatty liver disease: Systematic review. *World journal of gastroenterology*, 2016, 22.27: 6318.
- MAHMOUDI, Asghar, et al. Plasma changes of chemerin and pentraxin-3 following eight weeks of endurance exercise in men with non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*, 2018, 17.4: 476-86.
- KITADE, Hironori, et al. Nonalcoholic fatty liver disease and insulin resistance: new insights and potential new treatments. *Nutrients*, 2017, 9.4: 387.
- SLUSHER, Aaron L., et al. Exercise reduced pentraxin 3 levels produced by endotoxin-stimulated human peripheral blood mononuclear cells in obese individuals. *Experimental Biology and Medicine*, 2017, 242.12: 1279-1286.
- BAGHERI, Reza, et al. Effects of 16 weeks of two different high-protein diets with either resistance or concurrent training on body composition, muscular strength and performance, and markers of liver and kidney function in resistance-trained males. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2023, 20.1: 2236053.
- GHAMARCHEHREH, Mohammad Ebrahim; SHAMSODDINI, Alireza; ALAVIAN, Seyed Moayed. Investigating the impact of eight weeks of aerobic and resistance training on blood lipid profile in elderly with non-alcoholic fatty liver disease: a randomized clinical trial. *Gastroenterology and hepatology from bed to bench*, 2019, 12.3: 190.
- HOSSEINI, S. A., et al. The effect of volume and intensity changes of exercises on lipid profile of elderly men. *Journal of Gerontology*, 2017, 2.1: 38-46.
- KELARDEH, Baharak Moradi, et al. Effects of Nonlinear Resistance Training on Liver Biochemical Marker Levels in Postmenopausal Women with Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *J Rehabil Med*, 2017, 5.4: 136-145.
- SADEGHI, Abbas; POURRAZI, Hassan; YAZDI, Hamid-Reza. The Effect of Eight-Week Total Body Resistance Exercise on Liver Functional Parameters in Patients with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *Hormozgan Medical Journal*, 2019, 23.4: 0-0.
- YAO, Jinlan, et al. Effect of aerobic and resistance exercise on liver enzyme and blood lipids in Chinese patients with nonalcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Int J Clin Exp Med*, 2018, 11.5: 4867-4874.
- TANIGUCHI, Hirokazu, et al. Endurance exercise reduces hepatic fat content and serum fibroblast growth factor 21 levels in elderly men. *The Journal of Clinical Endocrinology*, 2016, 101.1: 191-198.
- PARK, Jae Ho, et al. Effects of aerobic exercise training on the risk factors for liver diseases in elderly women with obesity and impaired fasting glucose: A pilot study. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 2019, 23.1: 21.
- KEYMASI, Ziba; SADEGHI, Abbas; POURRAZI, Hassan. Effect of pilates training on hepatic fat content and liver enzymes in men with non-alcoholic fatty liver disease in Qazvin. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*, 2020, 22.1: 22-28.
- CHARATCHAROENWITTHAYA, Phunchai, et al. Moderate-intensity aerobic vs resistance exercise and dietary modification in patients with nonalcoholic fatty liver disease: a randomized clinical trial. *Clinical*

- and *Translational Gastroenterology*, 2021, 12.3: e00316.
- AMIRKHANI, Zohre, et al. Effect of combining resistance training and curcumin supplementation on liver enzyme in inactive obese and overweight females. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*, 2016, 8.3: 107-114.
- IRAJI, Hamdollah; MINASIAN, Vazgen; KELISHADI, Roya. Changes in liver enzymes and metabolic profile in adolescents with fatty liver following exercise interventions. *Pediatric Gastroenterology, Hepatology & Nutrition*, 2021, 24.1: 54.
- TAKAHASHI, Atsushi, et al. Simple resistance exercise decreases cytokeratin 18 and fibroblast growth factor 21 levels in patients with nonalcoholic fatty liver disease: A retrospective clinical study. *Medicine*, 2020, 99.22: e20399.
- ZELBER-SAGI, Shira, et al. Effect of resistance training on non-alcoholic fatty-liver disease a randomized-clinical trial. *World journal of gastroenterology: WJG*, 2014, 20.15: 4382.
- RAJABI, Somayeh, et al. Effect of resistance-interval training with two different intensities on cytokeratin18 and some functional parameters in women with fatty liver. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*, 2020, 23.3: 68-81.
- ALINIYA, Narges; ELMIEH, Alireza; FADAEI CHAFY, Mohammad Reza. Interaction effect of combined exercise and supplementation with portulaca oleracea on liver enzymes in obese postmenopausal women with non-alcoholic fatty liver disease. *Complementary Medicine Journal*, 2020, 10.1: 68-79.
- TAHERI, Alireza; TALEBI, Nahid; BABAEI KHORZOGHI, Mojtaba. The effect of combined exercises with the approach of ultimate-fit and coffee consumption on liver enzymes of middle-aged men with non-alcoholic fatty liver. *Daneshvar Medicine*, 2021, 29.3: 93-103.
- GOUDARZI, Hadi; HEIDARIANPOUR, Ali; KESHVARI, Maryam. Effect of 12 Weeks of Combined Training on the Serum Levels of Nsfatin-1 and Some Liver Enzymes in Men with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, 2024, 27.2: 106-114.
- ESMAEILI, Sima. Effects of combined resistance and interval training in females with nonalcoholic fatty liver disease. 2022.
- MEHRABANI, Fahimeh, et al. The effect of combined training (aerobic interval and resistive) with two intensity on FGF-21, liver enzymes, insulin resistance and body composition in women with non-alcoholic fatty liver. *Metabolism and Exercise*, 2021, 11.1: 19-35.
- VARMAZYAR, Irfan, et al. Effects of 12-weeks resistance training and vitamin E supplementation on aminotransferases, CTRP-2, and CTRP-9 levels in males with nonalcoholic fatty liver disease: a double-blind, randomized trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2024, 16.1: 185.
- FALAHNEZHAD MOJARAD, Amir, et al. Effect of Eight Weeks of Compound Exercises on Human Body in Obese Males with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease with Emphasis on Methylenetetrahydrofolate Reductase Gene Polymorphism. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 2021, 31.197: 12-23.