

The Effect of High Intensity Interval Training on Serum Levels of Liver Enzymes and Body Composition in Patients with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis

Omid Zafarmand^{1*}, Khadijeh Molaei², Asmah Taheri³, Mehdi Mogharnasi⁴, Mohsen Salesi⁵

1. MSc in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Science, School of Humanities, University of Yasouj, Yasouj, Iran
2. MSc in Exercise Physiology, Department of Sport Science, Faculty of Education and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Professor, Department of Sports Science, University of Birjand, Birjand, Iran
5. Associate Professor, Department of Sports Science, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 2024/04/15

Accepted: 2024/07/27

Abstract

Introduction: Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is a clinical and pathological syndrome associated with increased serum levels of liver enzymes. High-intensity interval training (HIIT) has the potential to effectively reduce liver fat. The aim of this study was to evaluate the effect of intense intermittent exercise on serum levels of liver enzymes and body composition in patients with NAFLD.

Materials and Methods: A systematic search of English and Persian articles published in PubMed, Web of Science, Scopus, SID, and Magiran databases was conducted until January 2024. Mean differences and 95% confidence intervals (CIs) were calculated using a random effects model. Heterogeneity was evaluated using the I^2 test, and publication bias was assessed through visual analysis of the funnel plot and Egger's test.

Results: The results showed that intense interval training caused a significant decrease in ALT [SMD = -1.91 (-1.47 to -0.94), $P = 0.001$], AST [SMD = -0.79 (-1.07 to -0.52), $P = 0.001$], and ALP [SMD = -1.37 (-1.96 to -0.78), $P = 0.001$]. Additionally, body fat percentage [SMD = -0.57 (-0.94 to -0.21), $P = 0.002$], BMI [SMD = -0.67 (-0.93 to -0.42), $P = 0.001$], and waist-to-hip ratio (WHR) [SMD = -0.77 (-1.13 to -0.40), $P = 0.001$] were significantly improved in patients with NAFLD compared to the control group.

Conclusion: The results indicate that high-intensity interval training has beneficial effects on ALT, AST, ALP, and body composition, making it a viable option for patients with non-alcoholic fatty liver disease. It is recommended that patients with NAFLD incorporate this type of exercise to improve liver enzyme levels.

***Corresponding Author:** Omid Zafarmand

Address: Department of Physical Education and Sports Science, School of Humanities, University of Yasouj, Yasouj, Iran

Tel: 09177422202

E-mail: omidzafarmand2202@gmail.com

Keywords: High intensity interval training, Liver enzymes, Body composition, Non-alcoholic fatty liver

How to cite this article: Zafarmand O., Molaei K, Taheri A, Mogharnasi M, Salesi M. The Effect of High Intensity Interval Training on Serum Levels of Liver Enzymes and Body Composition in Patients with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis, Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2025; 31(6):889-903.

Introduction

Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is an inflammatory condition of the liver characterized by excessive fat accumulation in liver tissue. This accumulation can disrupt normal liver function, potentially leading to complications such as liver failure or cirrhosis. Liver cells, being the most versatile metabolic cells, contain high levels of enzymes; specifically, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) serve as primary indicators of liver cell damage. When blood supply to the liver is compromised, liver cells experience metabolic disturbances, resulting in the release of these enzymes into the bloodstream, which leads to elevated plasma levels. Thus, increased levels of ALT, AST, and ALP are biomarkers used in diagnosing NAFLD.

The National Health and Nutrition Organization identifies the waist-to-hip ratio (WHR) as a measure of abdominal obesity associated with elevated ALT concentrations. Additionally, body mass index (BMI) is widely utilized in epidemiological studies to assess relative weight and obesity, correlating with various factors, including liver enzymes. Anthropometric measurements of abdominal obesity, such as waist circumference and WHR, are often employed to investigate the relationship between body fat distribution and metabolic and cardiovascular diseases, although their direct connection to liver enzyme activity is less frequently explored.

Inactivity and poor dietary habits are significant risk factors for NAFLD. The primary strategy for preventing and treating NAFLD involves weight loss and lifestyle modifications, including dietary changes and increased physical activity. High-intensity interval training (HIIT) consists of repeated bouts of high-intensity exercise lasting from 20 seconds to several minutes, interspersed with rest intervals of 1 to 5 minutes. This exercise modality, typically performed 3 to 4 times per week, is favored for its variety, appeal, and metabolic benefits.

Recent original research has demonstrated that HIIT can have beneficial effects on patients with NAFLD. A systematic review investigated the impacts of diet and exercise on liver function, indicating that weight loss through dietary changes may confer greater benefits for liver health compared to exercise alone. A meta-analysis of 36

studies involving 1,602 NAFLD patients reported significant reductions in ALT and AST levels due to exercise training. However, the effects of intense interval training on serum liver enzyme levels and body composition in NAFLD patients have not been comprehensively analyzed in previous meta-analytical studies. Therefore, the present meta-analysis aims to evaluate the effects of intense intermittent exercise on serum liver enzyme levels and body composition in patients with NAFLD.

Methodology

A systematic search for relevant studies was conducted across the following databases: PubMed, Web of Science, SID, and Magiran. Effect sizes and 95% confidence intervals (CIs) were calculated using a random effects model.

Results

A total of 10 studies and 227 subjects in patients with non-alcoholic fatty liver disease were meta-analyzed. The results showed that intense interval training caused a significant decrease in ALT [SMD=-1.91 (-1.47 To -0.94), $P=0/001$], AST [SMD=-0.79 (-1.07 To -0.52), $P=0/001$], ALP [SMD=-1.37 (-1.96 To -0.78), $P=0/001$], Body fat percentage [SMD=-0.57 (-0.94 To -0.21), $P=0/002$], BMI [SMD=-0.67 (-0.93 To -0.42), $P=0/001$], Whr [SMD=-0.77 (-1.13 To -0.40), $P=0/001$] compared to the control group in patients with non-alcoholic fatty liver disease.

Discussion

The primary aim of this meta-analysis was to investigate the effects of intense intermittent exercise on serum levels of liver enzymes and body composition in NAFLD patients. The analysis revealed that high-intensity interval training (HIIT) significantly decreased liver enzymes (ALT, AST, ALP) in these patients. For instance, Fakhrpour et al. (2022) noted reductions in ALT and AST levels following HIIT compared to the control group. Similarly, Khazuri and Shakrian (2020) reported decreased levels of ALT, AST, and ALP due to HIIT.

Several mechanisms may explain the exercise-induced reduction in liver enzymes, such as the positive regulation of antioxidant defenses, which mitigate oxidative damage. Additionally, physical activity may further lower AST and ALT levels by

reducing inflammation. HIIT enhances various physiological factors, including increased capillary density in muscle fibers, elevated myoglobin and hemoglobin levels, greater mitochondrial content and size, and enhanced aerobic energy system enzymes. These adaptations contribute positively to reducing liver fat and improving liver health indicators.

Moreover, the present study's findings indicated that HIIT training significantly improved body composition, including body fat percentage, BMI, and WHR in NAFLD patients. Irji et al. (2021) similarly reported that HIIT effectively decreased body fat percentage, BMI, and WHR compared to the control group. The mechanisms behind these improvements may include increased fat oxidation and elevated oxidative enzyme activity. HIIT has been shown to stimulate muscle PGC1- α , enhancing fat oxidation capacity. Although HIIT primarily operates anaerobically and may not always lead to high rates of free fatty acid oxidation, it significantly stimulates lipolysis due to increased catecholamine and growth hormone levels.

Furthermore, HIIT protocols often exhibit a favorable carbohydrate-to-fat ratio, which can enhance fat loss post-exercise by depleting muscle glycogen. Increased adipose tissue activity leads to elevated free fatty acids in circulation among NAFLD patients, serving as a primary source for intrahepatic triglycerides. Thus, while weight loss is crucial for managing fatty liver, regular and

appropriate exercise also improves insulin sensitivity and regulates plasma lipid profiles, providing multiple health benefits beyond weight loss.

Conclusion

The results of this study demonstrated that HIIT exercises significantly reduced liver enzymes (ALT, AST, ALP) and improved body composition (body fat percentage, BMI, WHR) in patients with non-alcoholic fatty liver disease. Therefore, HIIT appears to be a practical and non-pharmacological intervention for regulating liver enzymes and body composition in individuals with NAFLD. However, it is essential that any exercise regimen for special populations, such as those with cardiovascular issues, type 2 diabetes, or hypertension, be conducted under expert supervision. Proper management of exercise variables—such as intensity, duration, and frequency—is crucial to ensure safety and efficacy, as neglecting these factors may lead to adverse effects rather than positive outcomes.

Acknowledgment

The authors appreciate the respected reviewers for increasing the richness of the work.

Conflict of Interest: The authors declare that there are no conflict of interest regarding the publication of this manuscript.

تأثیر تمرینات تناوبی شدید بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و ترکیب بدنی در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی: یک مطالعه مرور نظام‌مند و فراتحلیل

امید ظفرمند^{۱*}، خدیجه ملایی^۲، اسماء طاهری^۳، مهدی مقرنسی^۴، محسن ثالثی^۵

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
۲. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
۳. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴. استاد، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۵. دانشیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: بیماری کبد چرب غیرالکلی، یک سندرم بالینی و پاتولوژیک می‌باشد که با افزایش سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی همراه است. تمرین تناوبی شدید، به‌طور بالقوه می‌تواند در کاهش چربی کبد مؤثر باشد. هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تمرینات تناوبی شدید (HIIT) بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و ترکیب بدنی در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی بود.

مواد و روش‌ها: جستجوی نظام‌مند مقالات انگلیسی و فارسی منتشر شده از پایگاه‌های اطلاعاتی Web، PubMed، Scopus، Sid و Magiran تا ژانویه سال ۲۰۲۴ انجام شد. تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. ناهمگونی با استفاده از آزمون (I^2) و سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات و آزمون Egger بررسی شدند.

یافته‌ها: در مجموع ۱۰ مطالعه و ۲۲۷ آزمودنی در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی فراتحلیل شدند. نتایج نشان داد که تمرینات تناوبی شدید سبب کاهش معنادار ALT [$WMD = -1/91$ (-۰/۹۴ الی -۱/۴۷)، $P = 0/001$]، AST [$WMD = -1/07$ (-۰/۵۲ الی -۰/۷۹)، $P = 0/001$]، ALP [$WMD = -1/96$ (-۰/۷۸ الی -۰/۳۷)، $P = 0/001$]، BMI [$WMD = -0/57$ (-۰/۲۱ الی -۰/۹۴)، $P = 0/002$] و درصد چربی بدن [$WMD = -0/67$ (-۰/۴۲ الی -۰/۹۳)، $P = 0/001$] شد. همچنین Whr [$WMD = -0/77$ (-۰/۴۰ الی -۱/۱۳)، $P = 0/001$] نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که تمرینات تناوبی شدید با اثرگذاری مؤثر بر ALT، AST، ALP و همچنین ترکیب بدن می‌تواند انتخاب مناسبی برای بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی باشد. پیشنهاد می‌شود که بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی از این نوع تمرین برای بهبود آنزیم‌های کبدی استفاده کنند.

* نویسنده مسئول: امید

ظفرمند

نشانی: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
تلفن: ۰۹۱۷۷۴۲۲۲۰۲

رایانامه:

omidzafarmand2202@gmail.com

شناسه ORCID: 0000-0002-8626-2346

شناسه ORCID نویسنده اول: 0000-0002-8626-2346

کلیدواژه‌ها:

تمرین تناوبی شدید، آنزیم‌های کبدی، ترکیب بدن، کبد چرب غیرالکلی

مقدمه

چاقی، بیماری شایعی است که با بیماری‌های مختلفی مانند سندرم متابولیک، دیابت نوع دو، بیماری‌های قلبی-عروقی و بیماری کبد چرب غیرالکلی^۱ (NAFLD) در ارتباط است (۱) و NAFLD یک بیماری التهاب کبدی است که بر اثر تجمع بیش از اندازه چربی در بافت کبد ایجاد می‌شود و گاهی باعث اختلال در فعالیت طبیعی بافت کبد از جمله نارسایی یا سیروز کبدی می‌گردد (۳). سلول‌های کبدی به عنوان همه‌کاره‌ترین سلول متابولیکی حاوی مقادیر بالایی از آنزیم هستند آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز^۲ (ALT)، اسپاراتات آمینوترانسفراز^۳ (AST) و آلکالین فسفاتاز^۴ (ALP) نشانگرهای اصلی آسیب سلول کبدی هستند (۴). وقتی که میزان خون‌رسانی به بافت کبد دچار اشکال می‌گردد، سلول دچار اختلال مواد می‌شود، آنزیم‌ها به بیرون می‌ریزند و در پلاسما زیاد می‌شوند، به عبارتی وقتی که سلول‌های کبدی آسیب می‌بینند، میزان این آنزیم‌های پلاسمایی به سرعت افزایش پیدا می‌کند (۵). بیومارکرهایی که به صورت تهاجمی در تشخیص مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارت هستند از: ALT، AST و ALP که افزایش سطوح بالاتر از دامنه نرمال این آنزیم‌ها در خون نشانه NAFLD است (۶). روش‌های مختلفی با اعتبارهای متفاوت برای تشخیص NAFLD توسعه یافته‌اند. این روش‌ها شامل نمونه‌برداری سوزنی، تصویربرداری‌های مختلف و شاخص‌های بیوشیمیایی و آنتروپومتریک هستند. اگرچه تصویربرداری و نمونه‌برداری سوزنی بهترین روش‌های تشخیص کبد چرب هستند ولی بسیار پرهزینه هستند و برخی نیز مانند نمونه‌برداری سوزنی به دلیل تهاجمی بودن چندان قابل اجرا نیستند. متداول‌ترین و قابل‌اجراترین روش ارزیابی برای تشخیص این بیماری نشانگرهای آنتروپومتریک و بیوشیمیایی شامل شاخص توده بدن^۵ (BMI) محیط شکم، غلظت پلاسمایی تری‌گلیسیرید^۶ (TG) و آنزیم‌های ALT، AST و ALP می‌باشد (۷، ۸، ۹ و ۱۰).

سازمان ملی بهداشت و تغذیه نسبت دور کمر به باسن^۷ (WHR) را به عنوان شاخص اندازه‌گیری چاقی شکمی مرتبط با افزایش غلظت ALT می‌داند (۱۱). از طرفی در تحقیقات اپیدمیولوژیک، BMI به طور گسترده‌ای برای ارزیابی وزن نسبی و وضعیت چاقی استفاده شده است و با چندین عامل از جمله آنزیم‌های کبدی در ارتباط بوده درحالی که اندازه‌گیری‌های

آنتروپومتري چاقی شکمی از جمله دور کمر، WHR، برآمدگی شکمی به منظور بررسی رابطه بین توزیع چربی بدن و بیماری‌های متابولیکی و قلبی-عروقی استفاده شده است و به ندرت با فعالیت آنزیم‌های کبدی در ارتباط هستند (۱۲).

بی‌حرکی و عادت‌های غذایی نادرست مهم‌ترین عوامل خطر برای بیماری NAFLD هستند (۱۳). اولین راهبرد در پیشگیری و درمان NAFLD کاهش وزن و تغییر شیوه زندگی همراه با رژیم غذایی و افزایش فعالیت بدنی توصیه می‌شود (۱۴). تمرینات تناوبی شدید^۸ (HIIT) دربرگیرنده وهله‌های فعالیت ورزشی تکراری با شدت بالا برای ۲۰ ثانیه تا چند دقیقه و فواصل استراحت ۱ تا ۵ دقیقه است (۱۵) و همچنین این نوع تمرین دارای تناوب فعالیت ورزشی با شدت بسیار زیاد و وهله‌های استراحتی فعال با شدت پایین می‌باشد. این تمرین به صورت ۳ یا ۴ جلسه در هفته انجام می‌شود که با توجه به تنوع تمرین، مقرون به صرفه بودن از نظر مدت زمان تمرین، جذابیت و سازگاری متابولیکی بیشتر، مورد استقبال بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (۱۶). بنابراین، مطالعات پژوهشی اصیل صورت گرفته نشان می‌دهند که تمرینات HIIT تأثیرات مفیدی بر بیماران کبدی NAFLD دارند (۱۷). بر همین اساس، نتایج مطالعات پژوهشی اصیل نشان می‌دهند که تمرینات HIIT سبب کاهش معناداری ALT، AST و ALP شد (۱۸ و ۱۹). در یک مطالعه مروری نظام‌مند تأثیرات رژیم غذایی و تمرین ورزشی بر عملکرد کبد بررسی و گزارش شده است که کاهش وزن ناشی از رژیم غذایی ممکن است مزایای بیشتری برای سلامت کبد نسبت به انجام تمرین‌های ورزشی داشته باشد (۲۰). پژوهشگران در یک مطالعه فراتحلیل ۳۶ مطالعه با ۱۶۰۲ بیمار مبتلا به NAFLD را بررسی کردند و گزارش دادند که تمرین ورزشی سبب کاهش معناداری ALT و AST می‌شود (۲۱).

در مطالعه فراتحلیل پیشین تأثیر تمرینات ورزشی بر آنزیم‌های کبدی و محتوی چربی کبد در بزرگسالان مبتلا به کبد چرب غیرالکلی بررسی شده است (۲۱). در مطالعه فراتحلیل پیشین به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی (هوازی، مقاومتی و ترکیبی) بر آنزیم‌های کبدی و محتوی چربی کبد در بزرگسالان مبتلا به کبد چرب غیرالکلی پرداخته است (۲۱). اما تاکنون مطالعه فراتحلیلی تأثیر تمرینات تناوبی شدید را با توجه به ویژگی‌ها و برتری خاص آن بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و ترکیب بدنی در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی بررسی نکرده است. از این رو، هدف

5. Body mass index
6. Triglyceride
7. Waist hip ratio
8. High intensity interval training

1. Non-alcoholic fatty liver disease
2. Alanin aminotransfrase
3. Aspartate aminotransfrase
4. Alkaline phosphatase

پژوهش حاضر بررسی تمرینات تناوبی شدید بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و ترکیب بدنی در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی است.

۲. مواد و روش

۱.۲. نوع مطالعه

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مرور نظام‌مند و فراتحلیل است که براساس دستورالعمل کاکرین^۱ و پریزما^۲ انجام شده است.

۲.۲. منابع داده‌ها و روش جستجوی

برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی پابمد^۳، اسکوپوس^۴ و وب آو ساینس^۵ تا ژانویه ۲۰۲۴ (بدون محدودکردن سال انتشار) برای مقالات انگلیسی با استفاده از کلمات کلیدی زیر انجام گرفت.

"Body composition"، "Non-alcoholic Fatty Liver"، "High-intensity interval"، "Liver enzymes"، "Nafld"، "training" دستور جستجو در پایگاه‌های پابمد، اسکوپوس و وب آو ساینس انجام گرفت. همچنین جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی^۶ و مگیران^۷ برای مقالات فارسی تا دی ۱۴۰۲ با استفاده از کلمات کلیدی «تمرین تناوبی (تمرین اینتروال)»، «آنزیم‌های کبدی»، «کبد چرب»، «ترکیب بدن»، «کبد چرب غیرالکلی» انجام شد. در ادامه، فهرست منابع مقالات استخراج شد و همچنین مقالات استنادکننده به آن‌ها به روش دستی در گوگل اسکولار^۸ مورد بررسی قرار گرفت. جستجو پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط هر پنج محقق انجام شد.

۳.۲. معیارهای ورود و خروج مقالات

برای انجام پژوهش فراتحلیل، مقالات با مشخصات زیر وارد مطالعه شدند: ۱- مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده^{۱۰} RCT، منتشرشده به زبان فارسی یا انگلیسی. ۲- مطالعات انجام‌شده بر روی بیماران کبد چرب غیرالکلی. ۳- مطالعات بررسی‌کننده اثر HIIT در برابر گروه کنترل. ۴- مطالعات اندازه‌گیری‌کننده بر روی سطوح آنزیم‌های کبدی از جمله (ALT، AST و ALP) و همچنین شاخص‌های ترکیب بدن از جمله (درصد چربی بدن، BMI و WHR). ۵- دارا بودن

داده‌های میانگین و انحراف استاندارد برای پس‌آزمون و پیش‌آزمون متغیرهای مذکور برای آزمودنی‌های هر دو نوع گروه (تمرین تناوبی و کنترل). معیارهای خروج شامل مطالعات حیوانی، چکیده مقالات ارائه‌شده در همایش‌ها، پایان‌نامه‌ها، مطالعات مقطعی (Crossover)، مطالعات مروری (Review)، مطالعات فراتحلیل (Meta-analysis) بود، از پژوهش فراتحلیل حاضر خارج شدند. بررسی اولیه مقالات به صورت مستقل توسط هر پنج محقق انجام گرفت و هرگونه اختلاف نظر با مشورت هر پنج محقق حل شد.

۴.۲. استخراج داده‌ها

اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده اول، سال انتشار، تصادفی یا غیرتصادفی بودن، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، ویژگی‌های آزمودنی‌ها شامل سن، جنسیت و پروتکل تمرین (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد. در صورت نبود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ایمیل با نویسنده مسئول مکاتبه صورت گرفت و داده‌های موردنیاز مطالعه فراتحلیل حاضر دریافت شد. همچنین در صورت پاسخگونی یا دریافت‌نشدن اطلاعات از نویسنده مسئول مقاله، استخراج داده‌ها از نمودار مقالات با استفاده از getdata یا تخمین انحراف استاندارد (SD^{11}) از خطای استاندارد میانگین (SEM^{12}) صورت گرفت (۲۲ و ۲۳).

۵.۲. بررسی کیفیت مقالات

بررسی کیفیت مقالات نیز توسط هر پنج محقق به طور مستقل انجام شد. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک‌لیست ۹ سؤالی Pedro انجام شد (۲۲ و ۲۴). معیارهای ارزیابی شامل موارد زیر می‌باشد: ۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها ۲- اختصاص شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به گروه‌های مختلف ۳- آشنایی نداشتن شرکت‌کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌هایشان ۴- یکسان بودن آزمودنی‌ها از نظر وزن بدن در گروه‌های مختلف مطالعه ۵- وجود ارزیابی یک‌سوکور برای متغیر اصلی پژوهش (Blinding of all assessors)، ۶- خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان از پژوهش، ۷- انجام تجزیه و تحلیل

7. SID
8. Magiran
9. Google Scholar
10. Randomized control trial
11. Standard deviation
12. Standard Error of the Mean

1. Cochrane
2. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
3. PubMed
4. Scopus
5. Web of Science
6. January

کامل مقاله، ۲ مطالعه به دلیل نبود گروه کنترل نداشتند. در نهایت، ۱۰ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند (شکل ۱). ۱۰ مطالعه برای متغیر ALT، ۹ مطالعه برای متغیر AST، ۳ مطالعه برای متغیر ALP، ۶ مطالعه برای متغیر درصد چربی بدن، ۱۰ مطالعه برای متغیر BMI و ۵ مطالعه برای متغیر WHR وجود داشت.

۱.۳. ویژگی آزمودنی‌ها

۲۲۷ آزمودنی وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند که همه شرکت‌کنندگان، بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی بودند (۱۸، ۱۹، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱ و ۳۲). ۱۳۲ آزمودنی در گروه HIIT با میانگین سنی ۴۲/۲۸-۴/۹۱ در گروه کنترل که ۹۵ آزمودنی با میانگین سنی ۴۲/۵۴-۵/۰۴ بودند. همه شرکت‌کنندگان پیش از شروع پروتکل ورزشی غیرفعال بودند و همچنین در تمام مطالعات گروه کنترل هیچ‌گونه فعالیت بدنی انجام ندادند (جدول ۱). تعداد آزمودنی‌های مطالعات با حداقل ۲۰ نفر (۱۹، ۲۶ و ۲۷) و حداکثر ۳۸ نفر (۳۳) بود.

۲.۳. ویژگی پروتکل‌های تمرین

۱۰ مطالعه وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند. حداقل ۱۴ تا ۱۶ دقیقه و حداکثر ۴۰ تا ۶۰ دقیقه مدت هر جلسه برای تمرینات تناوبی بود. دوره پروتکل‌های تمرینات تناوبی حداقل ۲ هفته و حداکثر ۱۲ هفته بود و شدت تمرین برای تمرینات تناوبی حداقل ۶۰ تا ۷۰ درصد و حداکثر ۹۰ تا ۱۱۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود.

۳.۳. یافته‌های فراتحلیل

ALT: تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۰ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادار ALT [$P=0/001$ ، $(-1/47)$ - الی $(-0/94)$] نسبت به گروه کنترل در بیماران کبد چرب غیرالکلی شد (شکل ۲). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالا و معناداری وجود ندارد ($P=0/9$ ، $I^2=90/00$).

AST: تجزیه و تحلیل داده‌های ۹ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادار AST [$P=0/001$ ، $(-1/07)$ - الی $(-0/52)$] نسبت به گروه کنترل در بیماران کبد چرب غیرالکلی شد (شکل ۴). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی پایین و معناداری وجود دارد ($P=0/3$ ، $I^2=18/00$).

به صورت Intention to treat (ITT) ۸- وجود گزارش تفاوت‌های آماری بین گروه‌ها برای متغیر اصلی پژوهش ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P value). به تمام سؤالات چک‌لیست Pedro، با دو گزینه‌ی بله ✓ و یا خیر × پاسخ داده شد. امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مطالعه بود (جدول ۲).

۶.۲. فراتحلیل

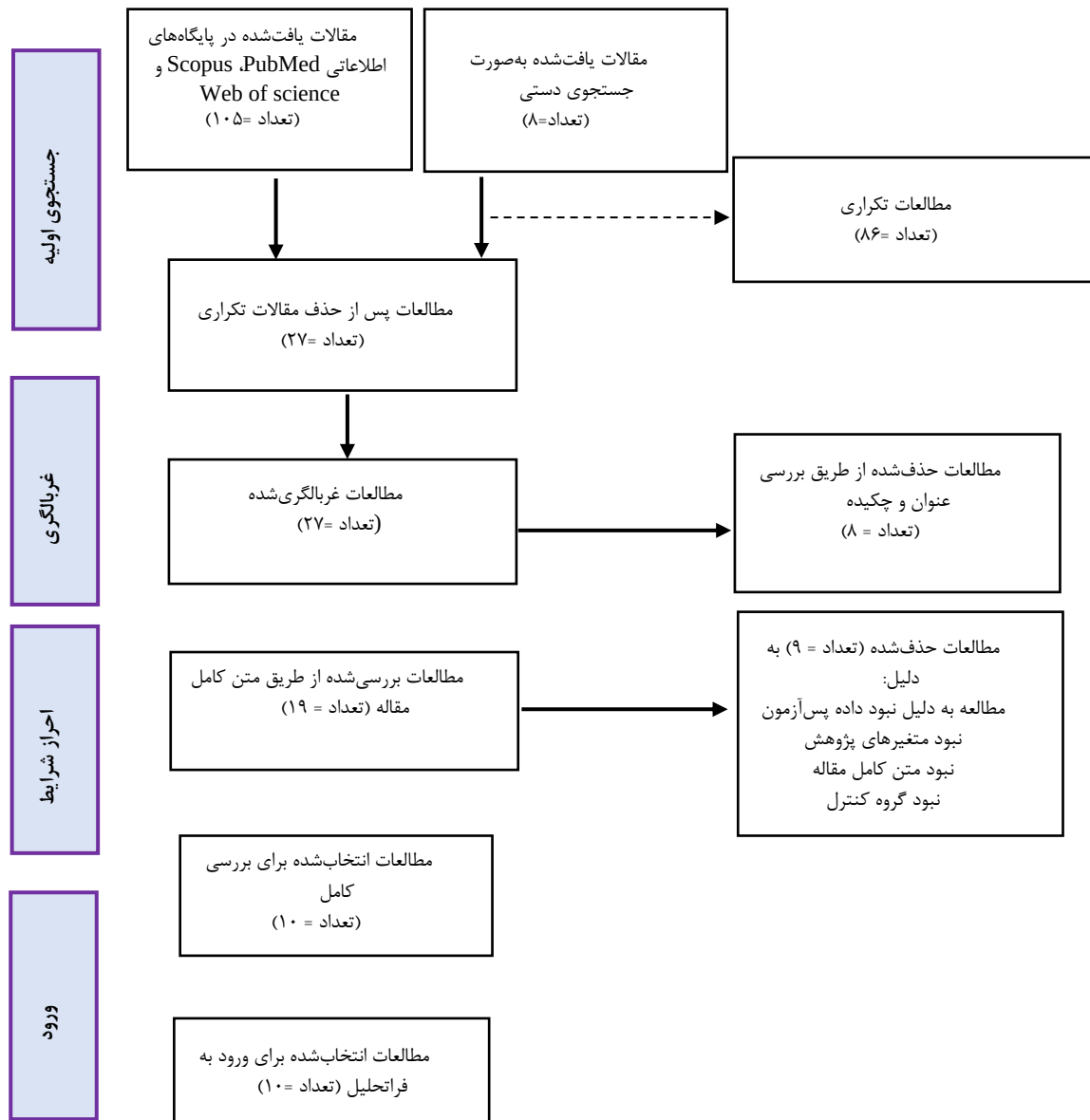
مطالعه فراتحلیل حاضر برای تعیین مقایسه اثر تمرینات HIIT بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و ترکیب بدنی در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی انجام گرفت. در این مطالعه، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل اثر تصادفی انجام شد و تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. برای تعیین عدم‌تجانس (ناهمگونی) مطالعات از آزمون (I^2) استفاده شد که طبق دستورالعمل کوکران مقدار ناهمگونی به ترتیب کمتر از ۲۵ درصد = ناهمگونی خفیف، ۲۵-۵۰ درصد = ناهمگونی خفیف، ۵۰-۷۵ درصد = ناهمگونی متوسط، بیشتر از ۷۵ درصد = ناهمگونی بالا تفسیر شد (۲۲). شایان ذکر است برای تحلیل داده‌ها از مدل اثر تصادفی استفاده شد. در صورت عدم ناهمگونی در ادامه تحلیل حساسیت^۲ از طریق روش یک به یک مطالعات^۳ با لحاظ کردن (I^2) کمتر از ۲۵ به عنوان ملاک لحاظ شد. سوگیری انتشار نیز با استفاده از تفسیر بصری فونل پلانت بررسی گردید که در صورت مشاهده سوگیری تست (Egger) به عنوان یک تست تعیین‌کننده ثانویه استفاده شد که در آن سطح معنی‌داری برابر با ۰/۱ به عنوان سوگیری انتشار معنی‌دار در نظر گرفته شد (۲۵).

۳. یافته‌ها

براساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعات علمی تا ژانویه ۲۰۲۴، تعداد ۱۱۳ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری ۲۷ مقاله و پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات، در نهایت ۱۹ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۹ مقاله از مطالعه حاضر خارج شدند. ۳ مطالعه به دلیل نبود داده پس‌آزمون، ۲ مطالعه به دلیل نبود متغیرهای پژوهش، ۲ مطالعه به دلیل نبود متن

غیرالکلی شد (شکل ۵). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی پایین و معناداری وجود دارد ($P=0/3$ ، $I^2=6/01$).

ALP: تجزیه و تحلیل داده‌های ۳ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادار ALP [$P=0/01$ ، $-1/96$ الی $-0/78$] نسبت به گروه کنترل در بیماران کبد چرب ($WMD=-1/37$)



شکل ۱. فلوچارت انتخاب مطالعات

گروه کنترل در بیماران کبد چرب غیرالکلی شد (شکل ۶). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی پایین و معناداری وجود دارد ($P=0/3$ ، $I^2=12/00$).

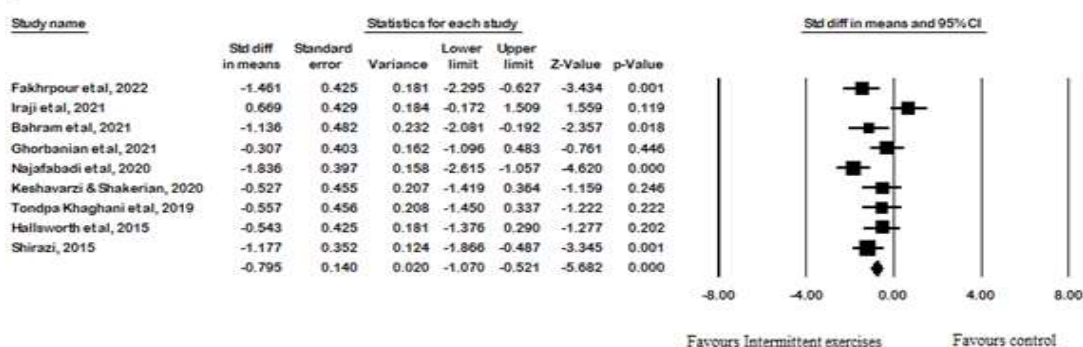
درصد چربی بدن: تجزیه و تحلیل داده‌های ۶ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادار درصد چربی بدن [$P=0/02$ ، $-0/94$ الی $-0/21$] نسبت به

جدول ۱. ویژگی آزمودنیها

مطالعه - سال - کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی های آزمودنی ها	متغیرها	سن (سال)	BMI (kg/m ²)	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	شدت تمرین
فخرپور و همکاران ۲۰۲۲ (۱۸) ایران	۲۸ زن	کبد چرب غیرالکلی	BMI Whr AST ALT	تمرین HIIT (۱۴ نفر): ۴۹/۰۷ ± ۸/۶۹ کنترل (۱۴ نفر): ۴۸/۵۰ ± ۶/۱	تمرین HIIT : ۳۳/۸۵ ± ۱/۶۹ کنترل : ۲۹/۵۴ ± ۱/۰۹	۸ (۳)	تمرین HIIT : ۵۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۶۵ تا ۷۵٪ vo2max
ایرجی و همکاران ۲۰۲۱ (۲۸) ایران	۲۳ نوجوان	کبد چرب غیرالکلی	BMI Whr AST ALT	تمرین HIIT (۱۲ نفر): ۱۲/۸۱ ± ۱/۰۲ کنترل (۱۱ نفر): ۱۳/۳۹ ± ۰/۹۵	تمرین HIIT : ۲۶/۴۷ ± ۱/۷۴ کنترل : ۲۶/۴۵ ± ۲/۳۱	۸ (۳)	تمرین HIIT : ۳۲ تا ۳۶ دقیقه	تمرین HIIT : ۱۱۰٪ vo2max
بهرام و همکاران ۲۰۲۱ (۲۶) ایران	۲۰ مرد	کبد چرب غیرالکلی	BMI AST ALT ALP	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۴۴/۴ ± ۱/۲۷ کنترل (۱۰ نفر): ۴۱/۴ ± ۳/۰۸	تمرین HIIT : ۳۳/۹ ± ۱/۷۵ کنترل : ۳۳/۶ ± ۱/۸۰	۸ (۳)	تمرین HIIT : ۴۰ تا ۶۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۸۰ تا ۹۵٪ vo2max
قربانیان و همکاران ۲۰۲۱ (۲۹) ایران	۲۵ زن	کبد چرب غیرالکلی	BMI Whr AST ALT	تمرین HIIT (۱۳ نفر): ۴۱/۷۶ ± ۶/۱۷ کنترل (۱۲ نفر): ۴۲/۶۶ ± ۴/۷	تمرین HIIT : ۲۷/۸۵ ± ۱/۸۳ کنترل : ۲۷/۴۵ ± ۱/۵۲	۸ (۴)	تمرین HIIT : ۶۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۸۰ تا ۸۵٪ vo2max
عبدالباسط و همکاران ۲۰۲۰ (۳۱) عربستان سعودی	۳۲ مرد و زن	کبد چرب غیرالکلی و دیابت نوع ۲	BMI ALT	تمرین HIIT (۱۶ نفر): ۵۴/۴ ± ۵/۸ کنترل (۱۶ نفر): ۵۵/۲ ± ۴/۳	تمرین HIIT : ۳۶/۴ ± ۳/۵ کنترل : ۳۵/۹ ± ۵/۳	۸ (۳)	تمرین HIIT : ۲۸ دقیقه	تمرین HIIT : ۸۰ تا ۸۵٪ vo2max
نجف آبادی و همکاران ۲۰۲۰ (۳۰) ایران	۳۶ زن	کبد چرب غیرالکلی و دیابت نوع ۲	BMI Whr AST ALT	تمرین HIIT (۱۸ نفر): ۵۵/۳۶ ± ۵/۹۴ کنترل (۱۸ نفر): ۵۵/۷۱ ± ۶/۴۰	تمرین HIIT : ۲۹/۵۷ ± ۲/۷۷ کنترل : ۲۹/۷۰ ± ۴/۱۷	۸ (۳)	تمرین HIIT : ۳۰ دقیقه	تمرین HIIT : ۶۰ تا ۷۰٪ vo2max
کشاوری و شاکریان ۲۰۲۰ (۱۹) ایران	۲۰ مرد	کبد چرب غیرالکلی و چاق	BMI AST ALT ALP	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۴۹/۸ ± ۱/۵ کنترل (۱۰ نفر): ۴۸/۶ ± ۱/۴	تمرین HIIT : ۳۴/۳ ± ۱/۴ کنترل : ۳۵/۲ ± ۱/۲	۲ (۳)	تمرین HIIT : ۱۴ تا ۱۶ دقیقه	تمرین HIIT : ۸۵٪ vo2max

تندپا خانقاهی و همکاران ۲۰۱۹ (۲۷) ایران	۲۰ مرد	کبد چرب غیرالکلی	درصد چربی بدن BMI Whr AST ALT ALP	تمرین HIIT (۱۰ نفر): ۳۹/۵ ± ۶/۳ کنترل (۱۰ نفر): ۳۹/۵ ± ۶/۳	تمرین HIIT: ۲۷/۹ ± ۱/۶ کنترل: ۲۷/۶ ± ۱/۴	۶ (۳)	تمرین HIIT: ۱۷ تا ۴۷ دقیقه	تمرین HIIT: ۹۰ تا ۹۵٪ vo2max
هالسورت و همکاران ۲۰۱۵ (۳۲) انگلستان	۲۳ مرد و زن	کبد چرب غیرالکلی	درصد چربی بدن BMI AST ALT	تمرین HIIT (۱۱ نفر): ۵۴ ± ۱۰ کنترل (۱۲ نفر): ۵۲ ± ۱۲	تمرین HIIT: ۳۱ ± ۴ کنترل: ۳۱ ± ۵	۱۲ (۳)	تمرین HIIT: ۳۰ تا ۴۰ دقیقه	تمرین HIIT: ۸۰ تا ۹۵٪ vo2max
شیرازی ۲۰۱۵ (۳۳) ایران	۳۸ مرد	کبد چرب غیرالکلی و چاق و غیرفعال	BMI AST ALT	تمرین HIIT (۱۸ نفر): ۲۸/۵ ± ۶/۲ کنترل (۲۰ نفر): ۲۸/۵ ± ۶/۲	تمرین HIIT: ۳۳/۱ ± ۳/۲ کنترل: ۳۲/۲ ± ۳/۵	۱۲ (۳)	تمرین HIIT: ۳۰ دقیقه	تمرین HIIT: ۹۰ تا ۱۱۵٪ vo2max

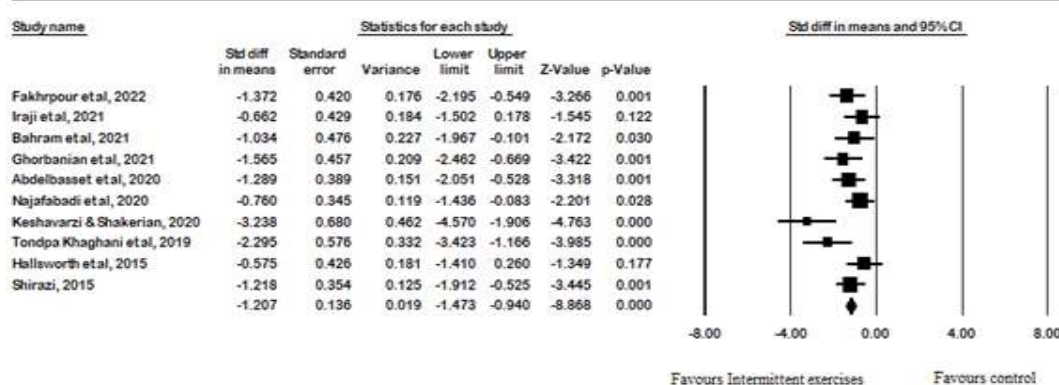
Meta Analysis



Meta Analysis

شکل ۲. نمودار انباشت (Forest plot) اثر HIIT بر میزان آنزیم اسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) در بیماران کبد چرب غیر الکلی

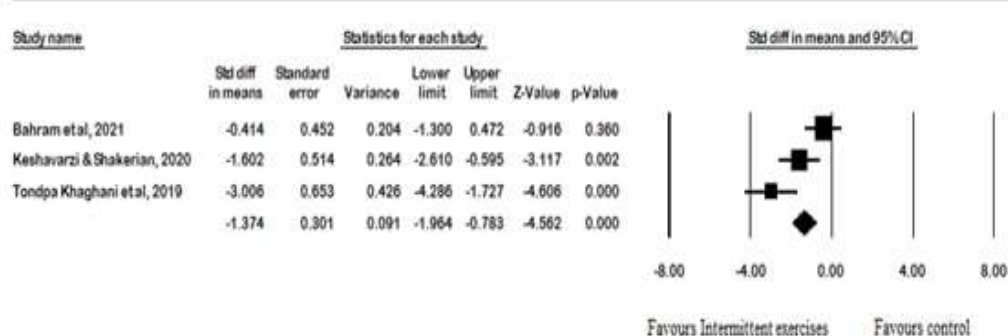
Meta Analysis



Meta Analysis

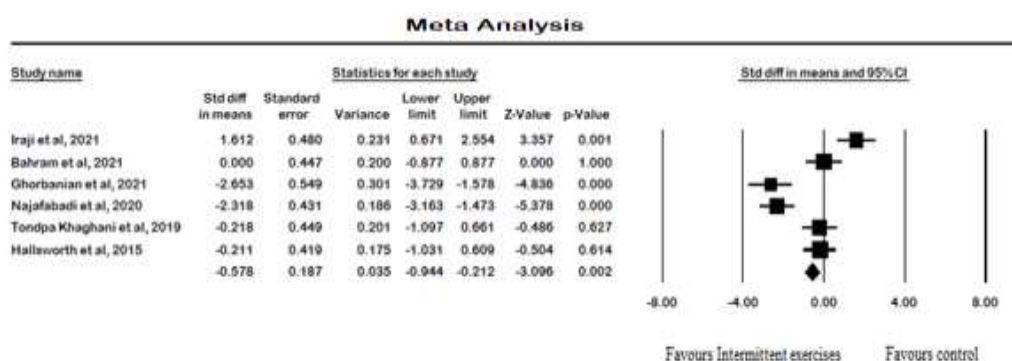
شکل ۳. نمودار انباشت (Forest plot) اثر HIIT بر میزان آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در بیماران کبد چرب غیر الکلی

Meta Analysis

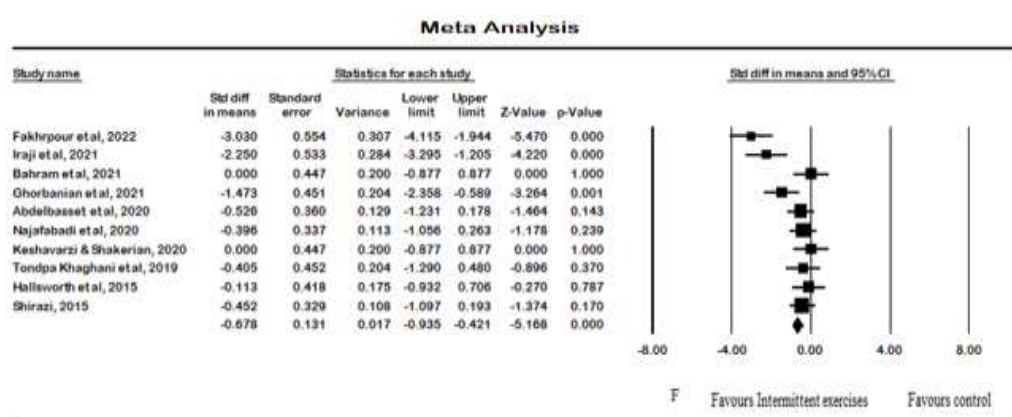


Meta Analysis

شکل ۴. نمودار انباشت (Forest plot) اثر HIIT بر میزان آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) در بیماران کبد چرب غیر الکلی

**Meta Analysis**

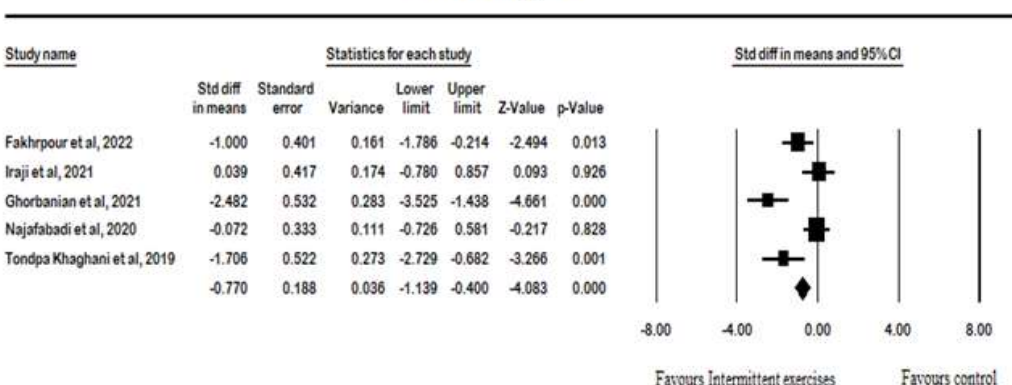
شکل ۵. نمودار انباشت (Forest plot). اثر HIIT بر درصد چربی بدن در بیماران کبد چرب غیرالکلی

**Meta Analysis**

شکل ۶. نمودار انباشت (Forest plot). اثر HIIT بر شاخص توده بدنی (BMI) در بیماران کبد چرب غیرالکلی

غیرالکلی شد (شکل ۷). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی پایین و معناداری وجود دارد ($P=0.04$, $I^2=18.00$).

BMI: تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۰ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادار BMI [$P=0.001$, -0.93 الی -0.42] نسبت به گروه کنترل در بیماران کبد چرب ($WMD=-0.67$)

Meta Analysis**Meta Analysis**

شکل ۷. نمودار انباشت (Forest plot). اثر HIIT بر نسبت دور کمر به لگن (Whr) در بیماران کبد چرب غیرالکلی

جدول ۲. بررسی کیفیت مطالعات

امتیاز	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	مطالعه - سال
۷	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	فخرپور و همکاران ۲۰۲۲ (۱۸)
۷	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	ایرجی و همکاران ۲۰۲۱ (۲۸)
۶	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	بهرام و همکاران ۲۰۲۱ (۲۶)
۶	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	قربانیان و همکاران ۲۰۲۱ (۲۹)
۸	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	عبدالباسط و همکاران ۲۰۲۰ (۳۱)
۶	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	نجف‌آبادی و همکاران ۲۰۲۰ (۳۰)
۶	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	کشاوری و شاکریان ۲۰۲۰ (۱۹)
۶	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	تندپا خانقاهی و همکاران ۲۰۱۹ (۲۷)
۶	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	هالسورت و همکاران ۲۰۱۵ (۳۲)
۶	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	شیرازی ۲۰۱۵ (۳۳)

AST، ALP در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی می‌باشد از این رو منطقی است انتظار داشته باشیم که در افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن اعم از چاقی، کبد چرب غیرالکلی، دیابت نوع دو، سندرم متابولیک و جز آن، تمرین HIIT می‌تواند در راستای کاهش آنزیم‌های کبدی متغیر مزبور در این جمعیت خاص نیز تأثیرات مثبت داشته باشد. در تأیید این مطلب می‌توان سازوکارهای فیزیولوژیکی کاهش آنزیم‌های کبدی ALT، AST، ALP این متغیر را از لحاظ نظری بررسی کرد. عوامل زمینه‌ای مختلفی در بروز کبد چرب مطرح است که ازجمله آنها می‌توان به افزایش وزن بدن و چاقی، اختلالات متابولیکی و اختلال در متابولیسم چربی‌ها، تغذیه نامناسب و بی‌حرکتی اشاره کرد. کاهش وزن و تغییر شیوه زندگی همراه با رژیم غذایی و افزایش فعالیت بدنی معمولاً به عنوان اولین قدم در درمان بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی توصیه می‌شود (۳۴). از مکانیسم‌های تأثیرگذار ورزش بر کاهش آنزیم‌های کبدی می‌توان به تنظیم مثبت دفاع آنتی‌اکسیدانی یا سازگاری‌های آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد که سرانجام باعث محدود شدن آسیب اکسیداتی و ناشی از ورزش می‌شوند (۳۵). همچنین فعالیت ورزشی ممکن است از طریق کاهش التهاب، موجب کاهش بیشتر سطوح AST و ALT گردد (۳۵). بنابراین چنین می‌توان بیان کرد بر اثر تمرینات HIIT تعداد مویرگ‌های تارهای عضلانی، میوگلوبین عضله و هموگلوبین خون، تعداد و اندازه میتوکندری‌ها، آنزیم‌های سیستم تأمین انرژی هوازی، سطح اکسیداسیون چربی‌ها و نیز آنزیم‌های تسهیل‌کننده اکسیداسیون افزایش می‌یابند که هرکدام عاملی مثبت بر کاهش چربی کبد و نیز بهبود شاخص‌های آسیب‌شناسی کبد هستند (۳۴).

تجزیه و تحلیل قسمت دیگر یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین HIIT سبب تغییر معناداری ترکیب بدن ازجمله درصد چربی بدن، BMI و Whr در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی بود. یافته این پژوهش، با یافته‌های پژوهش‌های ایرجی و همکاران (۲۰۲۱) و قربانیان و همکاران (۲۰۲۱) همخوان و هماهنگ است. در یک مطالعه پژوهشی ایرجی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند که تمرین HIIT موجب کاهش ترکیب بدنی ازجمله درصد چربی بدن، BMI و Whr نسبت به گروه کنترل شد (۲۸). در یک مطالعه دیگر گزارش دادند که تمرین HIIT موجب بهبود ترکیب بدنی نسبت به گروه کنترل شد (۲۹). نتایج مطالعات پیشین، حاکی از تأثیر تمرین HIIT در راستای کاهش ترکیب بدن در بیماران مبتلا

Whr: تجزیه و تحلیل داده‌های ۵ مداخله نشان داد که HIIT سبب کاهش معنادار Whr ($P=0.001$)، ($1/13$ - الی $0/40$) [WMD= $-0/77$] نسبت به گروه کنترل در بیماران کبد چرب غیرالکلی شد (شکل ۷). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی پایین و معناداری وجود دارد ($P=0/1$)، ($I^2=10/00$).

۴.۳. سوگیری انتشار

نتیجه تست آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار معناداری برای ALT ($P=0/2$)، AST ($P=0/1$)، ALP ($P=0/1$)، BMI ($P=0/5$) و Whr ($P=0/4$) بود اما وجود سوگیری انتشار غیرمعناداری برای درصد چربی بدن ($P=0/8$) بود.

۵.۳. کیفیت مطالعات

نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از Pedro نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۶ و حداکثر امتیاز ۸ بود (جدول ۲).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش فراتحلیل حاضر، بررسی تأثیر تمرینات تناوبی شدید بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و ترکیب بدنی در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی بود. نتایج ۱۰ مطالعه با ۲۲۷ آزمودنی حاکی از این بود که HIIT سبب کاهش معنادار ALT، AST، ALP نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی شد. همچنین HIIT سبب کاهش درصد چربی بدن، BMI و Whr نسبت به گروه کنترل در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی شد.

تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد تمرین HIIT منجر به کاهش آنزیم‌های کبدی ALT، AST، ALP در بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی می‌شود. یافته این پژوهش، با یافته‌های پژوهش‌های فخرپور و همکاران (۲۰۲۲) و کشاورزی و شاکریان (۲۰۲۰) همخوان و هماهنگ است. در یک مطالعه پژوهشی فخرپور و همکاران (۲۰۲۲) گزارش دادند که تمرین HIIT موجب کاهش آنزیم‌های کبدی ALT و AST نسبت به گروه کنترل شد (۱۸). کشاورزی و شاکریان (۲۰۲۰) در یک مطالعه دیگر گزارش کردند که تمرین HIIT موجب کاهش آنزیم‌های کبدی ALT، AST، ALP نسبت به گروه کنترل شد (۱۹). نتایج مطالعات پیشین، حاکی از تأثیر مثبت تمرین HIIT در راستای کاهش آنزیم‌های کبدی ALT،

کاهش وزن، در بهبود حساسیت انسولینی، تنظیم نیمرخ چربی پلاسما مؤثر و دارای فواید سودمند دیگری نیز می‌باشد (۴۰).

نتایج نشان می‌دهد که تمرینات تناوبی شدید با اثرگذاری مؤثر بر ALT، AST، ALP و همچنین ترکیب بدن می‌توانند انتخاب مناسبی برای بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی باشند. پیشنهاد می‌شود که بیماران مبتلا به کبد چرب غیرالکلی از این نوع تمرین برای بهبود آنزیم‌های کبدی استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از داوران محترم برای افزایش غنای اثر قدردانی می‌کنند.

سهم نویسندگان

نویسندگان در این فراتحلیل به صورت مساوی مشارکت داشته‌اند.

ملاحظات اخلاقی

در این مقاله مروری کلیه ملاحظات اخلاقی در خصوص جستجوی مقالات و نگارش نتایج تحقیق انجام شده است.

حمایت مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

تضاد در منافع

در این مطالعه، تضاد منافی وجود ندارد.

به کبد چرب غیرالکلی می‌باشد بنابراین منطقی است انتظار داشته باشیم که در افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن اعم از چاقی، کبد چرب غیرالکلی، دیابت نوع دو، سندرم متابولیک و جز آن، تمرین HIIT می‌تواند در راستای کاهش ترکیب بدن متغیر مزبور در این جمعیت خاص نیز تأثیرات مثبت داشته باشد. در تأیید این مطلب می‌توان سازوکارهای فیزیولوژیکی کاهش ترکیب بدن از جمله درصد چربی بدن، BMI و Whr را از لحاظ نظری بررسی کرد. یکی از مکانیسم‌های کاهش شاخص‌های ترکیب بدن، افزایش اکسیداسیون چربی و آنزیم‌های اکسایشی می‌باشد. زیرا گزارش شده است تمرینات HIIT روی بافت چربی تأثیر می‌گذارد و باعث تحریک PGC1^α آلفا عضلانی می‌شود که قابلیت ظرفیت اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد (۲۶). HIIT در کاهش چربی از طریق مکانیسم‌های تغییرات در متابولیسم و افزایش مصرف بیش‌ازحد اکسیژن پس از ورزش عمل می‌کند. HIIT با نرخ بالای لیپولیز چربی همراه است اما به دلیل کوتاه‌تربودن تمرین لزوماً با نرخ بالای اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد همراه نیست زیرا عمدتاً ماهیت بی‌هوازی دارد و باعث افزایش کاتکولامین‌ها (اپی نفرین^۲ و نوراپی نفرین^۳) و هورمون رشد^۴ می‌شود که لیپولیز را تحریک می‌کند (۳۷ و ۳۸). همچنین پروتکل‌های HIIT سهم قابل توجهی از کربوهیدرات را در برابر چربی دارند. بنابراین از آنجایی که HIIT باعث افزایش لیپولیز یا اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌شود؛ پتانسیل بیشتری برای کاهش گلیکوژن عضلانی دارد و ممکن است کاهش چربی در دوره پس از ورزش رخ دهد (۳۹). افزایش فعالیت بافت چربی سبب افزایش اسیدهای چرب آزاد گردش خون در بیماران کبد چرب غیرالکلی می‌شود که این اسیدهای چرب منبع اصلی برای گلیسیریدهای درون کبدی خواهند بود (۴۰) بنابراین اگرچه کاهش وزن برای کنترل کبد چرب اهمیت دارد اما فعالیت‌های ورزشی منظم و مناسب ضمن

References

- [1]. Kazeminasab F, Marandi SM, Ghaedi K, Safaeinejad Z, Esfarjani F, Nasr-Esfahani MH. A comparative study on the effects of high-fat diet and endurance training on the PGC-1 α -FND5/irisin pathway in obese and nonobese male C57BL/6 mice. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2018;43(7):651-62. DOI: 10.1139/apnm-2017-0614.
- [2]. Kazeminasab F, Marandi SM, Baharlooie M, Nasr-Esfahani MH, Ghaedi K. Modulation and bioinformatics screening of hepatic mRNA-lncRNAs (HML) network associated with

insulin resistance in prediabetic and exercised mice. *Nutr Metab (Lond)*. 2021;18(1):75. (Persian). DOI: 10.1186/s12986-021-00600-0.

- [3]. Houghton D, Thoma C, Hallsworth K, Cassidy S, Hardy T, Burt AD, et al. Exercise Reduces Liver Lipids and Visceral Adiposity in Patients With Nonalcoholic Steatohepatitis in a Randomized Controlled Trial. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2017;15(1):96-102.e3. DOI: 10.1016/j.cgh.2016.07.031.

3. Norepinephrine
4. Growth Hormone

1. Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator
2. Epinephrine

- [4]. Park EY, Lim MK, Oh JK, Cho H, Bae MJ, Yun EH, et al. Independent and supra-additive effects of alcohol consumption, cigarette smoking, and metabolic syndrome on the elevation of serum liver enzyme levels. *PLoS One*. 2013;8(5):e63439. DOI: 10.1371/journal.pone.0063439.
- [5]. Loomba R, Bettencourt R, Barrett-Connor E. Synergistic association between alcohol intake and body mass index with serum alanine and aspartate aminotransferase levels in older adults: the Rancho Bernardo Study. *Aliment Pharmacol Ther*. 2009;30(11-12):1137-49. DOI: 10.1111/j.1365-2036.2009.04141.x.
- [6]. Freidoony L, Kong ID. Practical approaches to the nutritional management of nonalcoholic fatty liver disease. *Integr Med Res*. 2014;3(4):192-7. DOI: 10.1016/j.imr.2014.09.003.
- [7]. Balducci S, Cardelli P, Pugliese L, D'Errico V, Haxhi J, Alessi E, et al. Volume-dependent effect of supervised exercise training on fatty liver and visceral adiposity index in subjects with type 2 diabetes The Italian Diabetes Exercise Study (IDES). *Diabetes Res Clin Pract*. 2015;109(2):355-63. DOI: 10.1016/j.diabres.2015.05.033.
- [8]. Skrypnik D, Ratajczak M, Karolkiewicz J, Mądry E, Pupek-Musialik D, Hansdorfer-Korzon R, et al. Effects of endurance and endurance-strength exercise on biochemical parameters of liver function in women with abdominal obesity. *Biomed Pharmacother*. 2016; 80: 1-7. DOI: 10.1016/j.biopha.2016.02.017.
- [9]. Slentz CA, Bateman LA, Willis LH, Shields AT, Tanner CJ, Piner LW, et al. Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE AT/RT. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2011;301(5):E1033-9. DOI: 10.1152/ajpendo.00291.2011.
- [10]. Zelber-Sagi S, Nitzan-Kaluski D, Goldsmith R, Webb M, Zvibel I, Goldiner I, et al. Role of leisure-time physical activity in nonalcoholic fatty liver disease: a population-based study. *Hepatology*. 2008;48(6):1791-8. DOI: 10.1002/hep.22525.
- [11]. Ruhl CE, Everhart JE. Determinants of the association of overweight with elevated serum alanine aminotransferase activity in the United States. *Gastroenterology*. 2003;124(1):71-9. DOI: 10.1053/gast.2003.50004.
- [12]. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev*. 2008;36(2):58-63. DOI: 10.1097/JES.0b013e318168ec1f.
- [13]. Poon ET, Sun FH, Chung AP, Wong SH. Post-Exercise Appetite and Ad Libitum Energy Intake in Response to High-Intensity Interval Training versus Moderate- or Vigorous-Intensity Continuous Training among Physically Inactive Middle-Aged Adults. *Nutrients*. 2018;10(10). DOI: 10.3390/nu10101408.
- [14]. Yamatani K, Marubashi S, Wakasugi K, Saito K, Sato N, Takahashi K, et al. Catecholamine-induced cAMP response in streptozotocin-induced diabetic rat liver. *Tohoku J Exp Med*. 1994;173(3):311-20. DOI: 10.1620/tjem.173.311.
- [15]. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo O, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008;118(4):346-54. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772822.
- [16]. Gillen JB, Percival ME, Skelly LE, Martin BJ, Tan RB, Tarnopolsky MA, et al. Three minutes of all-out intermittent exercise per week increases skeletal muscle oxidative capacity and improves cardiometabolic health. *PLoS One*. 2014;9(11):e111489. DOI: 10.1371/journal.pone.0111489.
- [17]. Clark JM, Brancati FL, Diehl AM. Nonalcoholic fatty liver disease. *Gastroenterology*. 2002;122(6):1649-57. DOI: 10.1053/gast.2002.33573.
- [18]. Fakhrpour R, Esmaeili S, Khoshbaten M. The effect of high intensity interval training on serum levels of fibroblast growth factor 21, liver enzymes, lipid profile and insulin resistance in women with fatty liver. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2022;10(23):64-76. (Persian). <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.4098.1614>.
- [19]. Keshavarzi E, Shakerian S. Effect of HIIT Exercises with Thyme Supplement on Plasma Lipoproteins and Liver Enzymes of Men with Fatty Liver: A Semi-experimental Study. *Navid No*. 2020;23(75):51-61. (Persian). DOI: 10.22038/nnj.2020.48734.1209.
- [20]. Thoma C, Day CP, Trenell MI. Lifestyle interventions for the treatment of non-alcoholic fatty liver disease in adults: a systematic review. *J Hepatol*. 2012;56(1):255-66. DOI: 10.1016/j.jhep.2011.06.010.
- [21]. Kazeminasab F, Shojaei M, Khalafi M. The impact of exercise training on liver enzymes and liver fat content in adults with NAFLD: A systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Diabetes and Lipid Disorders*. 2023;22(6):342-60. (Persian). <http://ijld.tums.ac.ir/article-1-6191-en.html>.
- [22]. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK, Ravasi AA. Effect of resistance training with and without caloric restriction on visceral fat: A systemic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2021;22(9):e13275. (Persian). DOI: 10.1111/obr.13275.
- [23]. Kazeminasab F, Sharafifard F, Miraghajani M, Behzadnejad N, Rosenkranz SK. The effects of exercise training on insulin resistance in children and adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*. 2023; 14: 1178376. (Persian). DOI: 10.3389/fendo.2023.1178376.
- [24]. Khalafi M, Alamdari KA, Symonds ME, Nobari H, Carlos-Vivas J. Impact of acute exercise on immediate and following early post-exercise FGF-21 concentration in adults: systematic review and meta-analysis. *Hormones (Athens)*. 2021; 20(1): 23-33. (Persian). DOI: 10.1007/s42000-020-00245-3.
- [25]. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Bmj*. 1997;315(7109):629-34. DOI: 10.1136/bmj.315.7109.629.
- [26]. Bahram ME, Afroundeh R, Ghiyami Taklimi SH, Sadeghi A, Gholamhosseini M. Effect of High-Intensity Interval Training and Loquat Leaf Extract Consumption on Liver Enzymes in Obese Men With Non-alcoholic Fatty Liver Disease. *Complementary Medicine Journal*. 2021;11(2):102-15. (Persian). DOI: 10.32598/cmja.11.2.631.3
- [27]. Tondpa Khaghani B, Dehkhoda MR, Amani Shalamzari S. Improvement of Aerobic Power and Health Status in Overweight Patients with Non-Alcoholic Fatty Liver Disease with High Intensity Interval Training. *Payavard Salamat*. 2019;13(1):71-80. (Persian). <http://payavard.tums.ac.ir/article-1-6700-en.html>.
- [28]. Iraj H, Minasian V, Kelishadi R. Effect of HIIT exercises on liver fat, liver Enzymes, and insulin resistance in children and adolescents with non-alcoholic fatty liver. *Pejouhesh dar Pezeshki (Research in Medicine)*. 2021; 45(1): 1-7. (Persian). <http://pejouhesh.sbm.ac.ir/article-1-2186-en.html>.
- [29]. Ghorbanian B, Saberi Y, Babaloyan S. The effect of eight weeks of high-intensity interval training on changes in atherogenic parameters and liver enzymes in patients with non-alcoholic fatty liver. *EBNESINA*. 2021; 23(3): 23-32. (Persian). <http://ebnesina.ajau.ac.ir/article-1-976-en.html>.
- [30]. Fazel Najafabadi Z, Azamian Jazi A, Banitalebi E. Effect of Eight Weeks High Intensity Interval Training (HIIT) and Combined Training on Serum Liver Enzymes and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetes. *North*

- Khorasan University of Medical Sciences. 2020;11(4):28-35. (Persian). DOI: 10.29252/nkjmd-110405.
- [31]. Abdelbasset WK, Tantawy SA, Kamel DM, Alqahtani BA, Elnegamy TE, Soliman GS, et al. Effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous aerobic exercise on diabetic obese patients with nonalcoholic fatty liver disease: A comparative randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(10): e19471. DOI: 10.1097/MD.00000000000019471.
- [32]. Hallsworth K, Thoma C, Hollingsworth KG, Cassidy S, Anstee QM, Day CP, et al. Modified high-intensity interval training reduces liver fat and improves cardiac function in non-alcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Clin Sci (Lond)*. 2015;129(12):1097-105. DOI: 10.1042/CS20150308.
- [33]. Rezaee Shirazi R. Effects of 12 weeks high intensity interval training on plasma Adiponectin, Leptin and insulin resistance in obese males with non-alcoholic fatty liver. *Metabolism and Exercise*. 2015;5(1):23-34. (Persian). https://jme.guilan.ac.ir/article_1692.html?lang=en.
- [34]. Oh S, So R, Shida T, Matsuo T, Kim B, Akiyama K, et al. High-Intensity Aerobic Exercise Improves Both Hepatic Fat Content and Stiffness in Sedentary Obese Men with Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Sci Rep*. 2017;7:43029. DOI: 10.1038/srep43029.
- [35]. Nyambuya TM, Dlodla PV, Mxinwa V, Nkambule BB. Obesity-induced inflammation and insulin resistance: A mini-review on T-cells. *Metabol Open*. 2019;3:100015. DOI: 10.1016/j.metop.2019.100015.
- [36]. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34(11): 1801-7. DOI: 10.1097/00005768-200211000-00017.
- [37]. Mora-Rodriguez R, Coyle EF. Effects of plasma epinephrine on fat metabolism during exercise: interactions with exercise intensity. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2000; 278(4): E669-76. DOI: 10.1152/ajpendo.2000.278.4.E669
- [38]. Williams CB, Zelt JG, Castellani LN, Little JP, Jung ME, Wright DC, et al. Changes in mechanisms proposed to mediate fat loss following an acute bout of high-intensity interval and endurance exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;38(12):1236-44. DOI: 10.1139/apnm-2013-0101.
- [39]. Keating SE, Johnson NA, Mielke GI, Coombes JS. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obes Rev*. 2017;18(8):943-64. DOI: 10.1111/obr.12536.
- [40]. Lomonaco R, Ortiz-Lopez C, Orsak B, Webb A, Hardies J, Darland C, et al. Effect of adipose tissue insulin resistance on metabolic parameters and liver histology in obese patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2012;55(5):1389-9. DOI: 10.1002/hep.25539.