

The Effect of 12 Weeks of Resistance Training with Pilates Bands on Body Composition, Muscle Strength, and Liver Enzymes AST, ALT, ALP in Elderly Diabetic Women

Hamid Rajabi^{1*}, Shokoufeh Kheradmand², Azam Ahmadi²

1. Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2. PhD in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Background and Aim: Age-related decrease in physical abilities and muscle weakness are contributing factors to the development of metabolic disorders such as type II diabetes. Type II diabetes is characterized by impaired glucose metabolism and insulin resistance, frequently associates with non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD), and can lead to liver dysfunction. Early detection of liver disease in elderly diabetic patients carries significant clinical importance. Liver enzymes alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and Alkaline Phosphatase (ALP) are considered important indicators of liver injury in these patients (8, 9). Aerobic and resistance training have been shown to improve liver health indices in elderly diabetic patients. Resistance training, such as pilates band exercises, is an effective method for improving muscle function and increasing muscle mass in the elderly. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of 12 weeks of resistance training with pilates band on liver enzymes, body composition and, leg muscle strength, in elderly women with type II diabetes.

Materials and Methods: In this experimental study, 26 elderly women with T2DM (aged 65-80 years) were voluntarily enrolled and randomly assigned to a control group (n=13) and an exercise group (n=13). All stages of the research, including the research topic, objectives, exercise details, and its potential benefits, were explained to the volunteers before the start of the training period. All subjects completed the consent form. Measurement of the research variables was performed 24 hours before the start of the training period and 48 hours after the last training session for both groups. 8 to 12 hours of fasting blood samples were drawn to determine serum liver enzyme levels via standard enzymatic methods. The body weight of the subjects was measured using a Porsa dial scale, model ZT-120. The height of the subjects was measured without shoes against a wall using a wall stadiometer. Body composition (fat mass in kilograms and body fat percentage) was measured using an Omeron BF 302 body composition analyzer.

Dynamic leg strength was assessed using the 30-second Chair Stand Test (CST). In this test, subjects were instructed to sit on a chair with their back straight and their arms crossed over their chest. They were then asked to stand up completely and sit back down as many times as possible within 30 seconds. The number of completed repetitions was recorded.

The resistance training protocol in the present study was designed based on the American College of Sports Medicine (ACSM) guidelines for the elderly. The exercises were performed using resistance bands of different resistance levels (yellow, green, pink, and red colors). The training program was performed for 12 weeks, three sessions per week. Each session consisted of 10 minutes of warm-up, 40 minutes of resistance training (including upper body exercises: seated

*Author Corresponding Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. Email: hrajabi@khu.ac.ir

chest press, seated row, and seated shoulder press; and lower body exercises: knee extension, knee flexion, hip flexion, hip extension, and leg press), and 5 minutes of cool-down. Exercise intensity was progressively increased by changing the resistance band color (every two weeks) and increasing the number of repetitions. To control exercise intensity, the Borg rating of perceived exertion (RPE) scale was used, and the exercise intensity level was set based on a score of 13 on this scale (equivalent to moderate intensity). Data were analyzed using Analysis of Covariance (ANCOVA). To be eligible for the post-test phase, participants were required to complete at least 75% of all training sessions. During the training period, the elderly participants' general condition was monitored both visually and verbally to ensure the training program did not exceed their tolerance capacity.

Results: At the pre-test stage, the exercise and control groups were homogeneous in terms of mean age (72.08 ± 4.71 years vs. 72.3 ± 5.75 years) and height (167.68 ± 4.94 cm vs. 164.15 ± 6.3 cm) ($p > 0.05$). Based on the results of the Analysis of Covariance (ANCOVA), after controlling for the effect of the pre-test, a statistically significant between-group difference in weight was observed ($p = 0.004$, $F = 10.40$, $\eta^2 = 0.34$). However, for body fat weight, no statistically significant between-group difference was observed in the post-test ($p = 0.16$, $F = 2.07$, $\eta^2 = 0.09$). Furthermore, no significant differences were found between-groups in the post-test results for liver enzymes. AST decreased in both groups, but this decrease was not significant, and no difference was observed between the groups in the post-test ($p = 0.75$, $F = 0.005$, $\eta^2 = 0.005$). No significant difference was observed between the two groups in ALT levels ($p = 0.69$, $F = 0.16$, $\eta^2 = 0.008$). However, ALT increased significantly in both groups compared to the pre-test ($p < 0.05$), and this increase was greater in the exercise group. For the ALP enzyme, the Kruskal-Wallis test was used due to the violation of ANCOVA assumptions. The results of this test showed that the mean difference between the groups was not significant ($p = 0.81$, $H = 0.05$, $\eta^2 \approx 0$). Furthermore, this enzyme showed a non-significant increase in both groups compared to the pre-test ($p > 0.05$). In the functional test of dynamic leg strength a significant increase was observed in the exercise group ($p = 0.02$), and a non-significant decrease was observed in the control group ($p = 0.06$) compared to the pre-test. Additionally, the analysis of covariance (ANCOVA) showed that the means between the groups had a significant difference ($p = 0.004$, $F = 10.75$, $\eta^2 = 0.38$) (Table1).

Table 1: Description (mean $\pm$ SD) and comparison of dependent variables between groups

Variables	Group	Pre-test	Post-test	Changes (%)	p-value	Partial Eta ² (η^2) & F-value	Effect size (d)
Weight (kg)	Training	72.54 $\pm$ 5.94	71.21 $\pm$ 5.90	1.80% ↓	0.004	0.34 (10.40)*	0.84
	Control	67.73 $\pm$ 6.92	68.55 $\pm$ 7.37	6.19% ↑			-0.61
Fat Mass (kg)	Training	29.70 $\pm$ 4.38	28.76 $\pm$ 4.62	3.17% ↓	0.16	0.09 (2.07)	0.70
	Control	25.83 $\pm$ 4.18	26.15 $\pm$ 4.50	1.23% ↑			-0.15
AST (U/L)	Training	18.17 $\pm$ 4.82	17.17 $\pm$ 3.76	5.50% ↓	0.75	0.00 (0.10)	0.38
	Control	20.33 $\pm$ 5.82	17.91 $\pm$ 4.33	11.88% ↓			0.51
ALT (U/L)	Training	6.42 $\pm$ 3.00	10.08 $\pm$ 3.20	57.14% ↑	0.69	0.00 (0.16)	-1.82
	Control	10.75 $\pm$ 4.02	13.92 $\pm$ 4.70	29.46% ↑			-0.79
ALP (U/L)	Training	183.42 $\pm$ 44.17	192.67 $\pm$ 48.57	5.04% ↑	0.817#	≈ 0 (0.05)	-0.51
	Control	165.10 $\pm$ 24.03	175.83 $\pm$ 42.30	0.97% ↑			-0.07

Dynamic leg Strength	Training	9.92 ± 1.47	10.72 ± 1.94	8.14% ↑	0.004	0.39	-0.73
	Control	9.70 ± 1.96	8.98 ± 1.72	8.68% ↓		(10.75)*	0.77

For the ALK-P variable, the non-parametric Kruskal-Wallis test was used. ↓ decrease, ↑ increase, * significance at the $p < 0.05$. ALT: alanine aminotransferase; (AST): aspartate aminotransferase; (ALP): Alkaline Phosphatase.

Conclusion: The present study demonstrated that resistance training with pilates band, as a low-cost and accessible method, can contribute to improvements in body composition and muscle strength in elderly women with type II diabetes. Based on significant changes in liver enzymes were not observed in this study, it appears that the 12-week pilates resistance band training program may not have provided sufficient metabolic stimulus to induce changes in liver enzymes in elderly diabetic women. However, the improvements in body composition and muscular function suggest that these exercises may have a beneficial impact on liver health in the long term.

Keywords: Resistance training with Pilates bands, liver enzymes, type 2 diabetes, elderly women, body composition

Ethical Considerations: All stages of the present research were approved by the Ethics Committee of Kharazmi University, Tehran (Approval Code: IR.KHU.REC.1403.108) and the Iranian Registry of Clinical Trials (Trial ID: IRCT20241008063290N1).

Conflict of Interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: This research was supported by Grant No. 4026206 from the Iran National Science Foundation (INSF).



تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش پیلاتس بر ترکیب بدنی، قدرت عضلانی و آنزیم‌های کبدی AST، ALT، ALP زنان سالمند دیابتی

حمید رجبی^{۱*}، شکوفه خردمند^۲، اعظم احمدی^۲

۱. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲. دکترای فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: سالمندی با ضعف عضلانی و کاهش توانایی‌های حرکتی همراه است. تمرینات مقاومتی به عنوان روشی مؤثر برای بهبود عملکرد جسمانی معرفی شده‌اند، با توجه به نتایج متفاوت تحقیقات مختلف بر تأثیر این نوع تمرینات بر بیماری‌های متابولیک، به‌ویژه در سالمندان مبتلا به دیابت. هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش پیلاتس بر آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارات آمینوترانسفراز (AST)، آلکالین فسفاتاز (ALP)، ترکیب بدنی و قدرت عضلانی پا در زنان سالمند مبتلا به دیابت نوع II بود. روش تحقیق: در این مطالعه، ۲۶ زن سالمند دیابتی (۶۵ تا ۸۰ سال) به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرین (۱۳ نفر) و کنترل (۱۳ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرین به مدت ۱۲ هفته، سه جلسه در هفته، تمرینات مقاومتی با کش پیلاتس انجام داد و گروه کنترل بدون مداخله باقی ماند. پیش و پس از مداخله، آنزیم‌های کبدی، ترکیب بدنی و قدرت عضلانی پا ارزیابی شد. داده‌ها با تحلیل کوواریانس در سطح $p < 0.05$ تحلیل شدند. یافته‌ها: آزمون تحلیل کوواریانس تغییرات معنی دار بین گروهی وزن بدن ($p=0.004$)، BMI ($p=0.001$) و قدرت عضلانی پا ($p=0.004$) را نشان داد، اما وزن چربی ($p=0.166$) تفاوت معنی داری نداشت. از طرف دیگر، آنزیم‌های کبدی ALT ($p=0.049$)، AST ($p=0.025$) و ALP ($p=0.011$) و ALP تفاوت معنی داری بین گروه‌ها نداشتند. نتیجه‌گیری: تمرینات مقاومتی با کش پیلاتس، اگرچه اثر مستقیم بر آنزیم‌های کبدی نداشت، اما بهبود معنی دار در ترکیب بدنی و قدرت عضلانی ایجاد کرد و احتمالاً در بلندمدت بر سلامت کبد زنان سالمند دیابتی تأثیرگذار است.

کلمات کلیدی: تمرین مقاومتی با کش پیلاتس، آنزیم‌های کبدی، دیابت نوع II، زنان سالمند، ترکیب بدن

* آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی

مقدمه

سالمندی یک فرآیند پاتوفیزیولوژیک است که در آن توانایی بدن برای حفظ هومئوستاز کاهش یافته و تخریب تدریجی و برگشت ناپذیر سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها رخ می‌دهد. این تغییرات فرد را نسبت به استرس‌ها و محرک‌های خارجی آسیب‌پذیر می‌سازد (۱). در این راستا با افزایش سن، مرگ و میر ناشی از بیماری‌های غیر واگیر از جمله بیماری ایسکمیک قلبی، بیماری عروق مغزی، ناتوانی انسدادی مزمن، سرطان و دیابت افزایش می‌یابد (۲). در این میان، بیماری دیابت نوع II (T2DM) یکی از شایع‌ترین اختلالات متابولیک در جمعیت سالمندان است (۳) و از علل اصلی مرگ و میر این قشر در سطح جهان به شمار می‌رود (۴). همچنین، سالمندی با افزایش التهاب مزمن، استرس اکسیداتیو، آسیب DNA، اختلال عملکرد میتوکندری و پیری سلولی همراه است؛ فرایندهایی که در بروز اختلالات متابولیک نقش دارند. به ویژه، سطح سایتوکاین‌ها و ملکول‌های پیش‌التهابی مانند اینترلوکین ۱^۲ (IL-1)، اینترلوکین ۶ (IL-6)، پروتئین واکنشی C^۳ و عامل نکروز تومور α (TNF-α) در سالمندان افزایش می‌یابد (۵).

بیماری T2DM با اختلال در متابولیسم گلوکز و مقاومت به انسولین و همچنین التهاب همراه است که می‌تواند به آسیب‌های سیستمیک از جمله اختلال عملکرد کبدی منجر شود (۶). کبد، به عنوان یک ارگان مرکزی در تنظیم هومئوستاز گلوکز و متابولیسم چربی‌ها، نقش مهمی در پاتوژنز T2DM ایفا می‌کند (۷). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهند تا ۷۰٪ بیماران مبتلا به T2DM به بیماری کبد چرب غیرالکلی^۵ (NAFLD) مبتلا هستند، که در صورت پیشرفت می‌تواند به استئاتوهپاتیت غیرالکلی^۶ (NASH)، فیبروز و سیروز منجر شوند (۷). همچنین، این گروه از بیماران در مقایسه با جمعیت عمومی، با نرخ بالاتری از مرگ و میر ناشی از عوارض کبدی مواجه هستند (۷). بنابراین تشخیص و پایش زود هنگام بیماری‌های کبدی در سالمندان دیابتی از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از راه‌های ارزیابی کبد و در نتیجه تشخیص کبد چرب تست‌های عملکرد کبد^۷ (LFTs) می‌باشد. آنزیم‌های کبدی مانند آلانین آمینوترانسفراز^۸ (ALT)، آسپارات آمینوترانسفراز^۹ (AST)، آلکالین فسفاتاز^{۱۰} (ALP) و گاما گلوتامیل ترانسفراز^{۱۱} (GGT) که در تست‌های بیوشیمیایی سرولوژیکی کبد شناسایی شده‌اند، شاخص‌های مهم آسیب کبدی هستند و کمک می‌کنند تا تصویری از آنچه در کبد رخ می‌دهد فراهم شود و درجه آسیب سلولی را نشان دهد (۸، ۹). آنچه مسلم است، در بیماری

^۱ Type 2 diabetes

^۲ Interleukin1

^۳ Reactive protein-C

^۴ Tumor necrosis factor alpha

^۵ Nonalcoholic fatty liver disease

^۶ Nonalcoholic steatohepatitis

^۷ Liver function tests

^۸ Alanine aminotransferase

^۹ Aspartate aminotransferase

^{۱۰} Alkaline phosphatase

^{۱۱} Gama-glutamyl transferase



NAFLD و دیابت در اثر آسیب کبدی سطوح آنزیم‌های کبدی تغییر می‌کند. در تایید این موضوع، تغییرات در سطوح آنزیم‌های کبدی AST، ALT، GGT، ALP در بیماران NAFLD و دیابت مشاهده شده است، به طوری که افزایش این آنزیم‌ها در ارتباط با دیابت گزارش شده است (۱۰، ۱۱).

با وجود پیشرفت‌های درمانی، دیابت و NAFLD را می‌توان از طریق روش‌های غیردارویی مانند رژیم غذایی و فعالیت بدنی نیز کنترل کرد (۱۲). کاهش وزن بدن از طریق رژیم غذایی و افزایش فعالیت بدنی به میزان ۵ تا ۱۰ درصد می‌تواند چربی انباشته شده در داخل کبد را تقریباً ۴۰ درصد کاهش داده و هیپرلیپیدمی، فشار خون بالا و مقاومت به انسولین را بهبود بخشد (۱۳-۱۵). در همین راستا تحقیقات انسانی (۱۶) و حیوانی (۱۷) اثرات مثبت فعالیت‌های ورزشی هوازی را بر کاهش شاخص گلاسمیک، کاهش آنزیم‌های کبدی و چربی کبدی نشان داده‌اند. همچنین، اثرات تمرین هوازی و مقاومتی در کاهش دیابت، آنزیم‌های کبدی و افزایش حساسیت انسولین مورد مقایسه قرار گرفته است و نتایج متفاوتی گزارش شده است (۱۸، ۱۹). اگرچه هر دو مدل تمرین ورزشی در کاهش ALT مؤثر هستند، اما در یک مطالعه، تنها تمرین مقاومتی به کاهش معنی‌ارسطوح AST منجر شد (۱۷). با این حال، بهبود مقاومت به انسولین عمدتاً پس از تمرینات هوازی مشاهده شده و اثرات تمرینات مقاومتی در این زمینه کمتر بوده است (۲۲). مطالعات دیگر نیز حاکی از آن است که دو الی سه ماه تمرین هوازی و مقاومتی می‌تواند به کاهش قابل توجه سطوح AST و ALT در بیماران چاق (۲۰) و بهبود NAFLD حتی بدون تغییر در وزن بدن بیانجامد. به نظر می‌رسد، مکانیسم‌های تغییر در چربی کبد پس از تمرین ورزشی احتمالاً تغییر در حساسیت به انسولین و تعادل چربی‌های گردش خون و انرژی است، بنابراین هر نوع تمرینی که بتواند حساسیت به انسولین و نیمرخ چربی خون را بهتر کند می‌تواند باعث تعدیل کبد چرب را موجب شود (۲۱). برخی پژوهش‌ها مانند مطالعه شمس‌الدین و دیگران (۲۰۱۵) نشان داده‌اند که کاهش آنزیم‌های کبدی پس از تمرینات هوازی مستقل از کاهش وزن است، در حالی که این تأثیر در تمرینات مقاومتی وابسته به کاهش BMI و وزن بدن بوده است (۲۲). یعنی به نظر می‌رسد که تمرین مقاومتی به شرطی که دارای حدی از فشار متابولیکی باشد که کاهش وزن را به همراه داشته باشد، می‌تواند روی کبد چرب اثر داشته باشد. به همین دلیل ترکیب تمرین هوازی و مقاومتی اثر بخشی بیشتری روی کبد چرب داشته است (۲۳). یک متا تحلیل توسط ژوو^۱ و همکاران (۲۳) روی ۱۶۲۷ بیمار NAFLD مشخص کرد که تمرینات ترکیبی (هوازی و مقاومتی) در مقایسه با هر یک از مدل‌های تمرینی به‌تنهایی، تأثیر مطلوب‌تری بر بهبود پروفایل لیپیدی (کلسترول تام) و آنزیم‌های کبدی دارد. از طرفی تمرینات مقاومتی با کش به عنوان روشی مؤثر برای بهبود عملکرد عضلانی و افزایش حجم عضلات در سالمندان ضعیف مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع تمرین نه تنها به دلیل سادگی و راحتی، بلکه به دلیل توانایی در تقویت سیستم عضلانی-اسکلتی که به نوبه خود تحرک جسمانی را بهبود می‌بخشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نشان داده شده که این نوع تمرینات از چاقی و سارکوپنی پیشگیری می‌کنند (۲۴).

مطالعات متعدد اثرات مثبت تمرینات هوازی و مقاومتی سنتی (با وزنه یا دستگاه) بر کنترل دیابت و بهبود شاخص‌های سلامت کبدی بیماران دیابتی سالمند را نشان داده‌اند. با این حال، بسیاری از سالمندان به دلیل محدودیت‌های حرکتی، هزینه، یا عدم تمایل به حضور در باشگاه‌های ورزشی، قادر به استفاده از این روش‌ها نیستند. از سوی دیگر سالمندی که با تحلیل عضلانی

^۱ Zhou

(سارکوپنی) و کاهش قدرت عضلات همراه است می تواند اثرات بیماری‌های مزمنی مثل T2DM را تشدید کند. لذا از آنجایی که تمرینات مقاومتی از تحلیل عضلات جلوگیری می‌کند برای افراد سالمند گزینه تمرینی مناسب تری به نظر می‌رسد. در چنین شرایطی، تمرینات مقاومتی با کش های ورزشی به عنوان روشی ساده، کم‌هزینه، ایمن و در دسترس، می‌تواند جایگزین مناسبی برای این گروه سنی باشد و به حفظ توده عضلانی و بهبود سلامت متابولیک آنان کمک نماید. با وجود این مزایا، تحقیقاتی که به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی با کش پیلاتس بر کنترل دیابت و شاخص‌های کبدی در سالمندان زن دیابتی پرداخته‌اند کم هستند. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش پیلاتس بر ترکیب بدنی، قدرت عضلانی و سطوح آنزیم‌های کبدی AST، ALT، ALP در زنان سالمند مبتلا به دیابت است.

روش تحقیق:

طرح پژوهش: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون و یک‌سوکور بود که در مرکز آموزش علمی کاربردی آسایشگاه معلولین و سالمندان کهریزک-ایران با رعایت کامل موازین اخلاقی اجرا شد. نمونه‌گیری آماری پژوهش حاضر از طریق فراخوان و به صورت داوطلبانه از میان زنان سالمند مبتلا به T2DM در محدوده سنی ۶۵ تا ۸۰ سال، حاضر در بخش روزانه مرکز سالمندان کهریزک البرز که داوطلب شرکت در این پژوهش بودند، انجام شد. تمام مراحل پژوهش شامل موضوع پژوهش، اهداف پژوهش، جزئیات تمرین و مزایای احتمالی آن پیش از شروع دوره تمرین برای داوطلبان توضیح داده شد. در نهایت بر اساس معیارهایی مثل عدم استعمال دخانیات و الکل، داشتن سلامت عمومی و سوابق بیماری و پزشکی (ابتلا به T2DM با سابقه بیش از دو سال بر اساس معیار گلوکز ناشتا بیشتر از ۱۲۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، سطح هموگلوبین A1c^۱ (HbA1c) بیش‌تر از ۶/۵ درصد بود (۲۵)، ۳۷ زن سالمند مبتلا به دیابت انتخاب شدند. از سوی دیگر، افرادی با بیماری قلبی عروقی شناخته شده حاد، رژیم‌های غذایی خاص؛ یا عدم ثبات وزن (± 5 کیلوگرم) در ۳ ماه گذشته و هر وضعیت پزشکی جدی که شرکت طولانی مدت در فعالیت بدنی را منع می‌کرد معیار ورود به پژوهش را نداشتند (۲۶، ۲۷). همه آزمودنی‌ها رضایت نامه آگاهانه را تکمیل کردند.

افراد منتخب به طور تصادفی به دو گروه کنترل (۱۶ نفر) و گروه تمرین مقاومتی با کش پیلاتس (۳۱ نفر) تقسیم شدند. نمونه‌گیری خونی، اندازه‌گیری ترکیب بدنی، ۲۴ ساعت پیش از شروع پروتکل و همچنین ۴۸ ساعت پس از جلسه آخر تمرین، انجام شد. به دلیل امتناع ۱۱ نفر از خون‌گیری و غیبت زیاد در جلسات تمرین (۳ نفر گروه کنترل و ۸ نفر گروه تمرین) داده‌های نهایی مربوط به ۲۶ آزمودنی تحلیل شد. با توجه به محدودیت در دسترسی به جمعیت مسن در آسایشگاه‌ها، حجم نمونه این پژوهش بر اساس مطالعات انجام شده در گذشته تعیین شد (۲۸-۳۰). پژوهش حاضر که بخشی از طرح شماره (۴۰۲۶۲۰۶) ثبت شده در بنیاد ملی علم ایران (INSF) می‌باشد در کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه خوارزمی تهران (با شناسه IR.KHU.REC.1403.108) و مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران (با شناسه IRCT20241008063290N1) تأیید و به ثبت رسیده است.

^۱ Hemoglobin A1C



روش جمع آوری داده ها: اندازه گیری متغیرهای پژوهش ۲۴ ساعت قبل از شروع دوره تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین از هر دو گروه به صورت خونگیری پس از ۸ الی ۱۲ ساعت در حالت ناشتا، ارزیابی ترکیب بدنی و آزمون عملکردی انجام شد.

وزن بدن آزمودنی ها بدون کفش و با کمترین لباس با استفاده از ترازوی عقربه ای پورسا^۱ مدل ZT-120 و قد آزمودنی ها بدون کفش کنار دیوار از طریق قدسنج دیواری اندازه گیری شد. ترکیب بدن (توده چربی به کیلوگرم و درصد چربی بدن) با استفاده از دستگاه ترکیب بدن Omeron BF 302 ساخت کشور هلند اندازه گیری شد. قدرت پویای پا با استفاده از آزمون بلند شدن و نشستن بر روی صندلی (CST)^۲ به مدت ۳۰ ثانیه سنجیده شد. در این آزمون از آزمودنی ها خواسته شد با پشت صاف بر روی یک صندلی بنشینند و دستان خود را از جلو به شکل ضربدر بر روی سینه قرار دهند. سپس به مدت ۳۰ ثانیه از جای خود برخاسته و مجدد بنشینند. تعداد تکرار در اجرا ثبت گردید (۳۱، ۳۲).

برای نمونه گیری خون، آزمودنی ها ساعت ۷:۴۵ دقیقه صبح در محل آسایشگاه حاضر شدند. از ورید بازویی ۱۰ میلی لیتر خون در ۸ الی ۱۲ ساعت ناشتا گرفته شد. سرم خون، با استفاده از سانتریفیوژ (سرعت ۳۰۰۰ دور در ثانیه به مدت ۱۵ دقیقه) جدا شد و در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد تا زمان اندازه گیری آنزیم های کبدی ALT، AST، ALP نگهداری شد. در انتها با روش اندازه گیری آنزیماتیک، AST (کیت Bionik با حساسیت ۰/۰۰۱ U/L)، ALT (کیت Bionik با حساسیت ۳/۹ U/L) و ALP (کیت Bionik با حساسیت ۴ U/L) و با استفاده از دستگاه Hitachi مدل ۷۱۸۰ اندازه گیری شد.

پروتکل تمرین اجرا شده: پروتکل تمرین مقاومتی در مطالعه حاضر بر اساس دستورالعمل کالج آمریکایی پزشکی ورزشی^۳ (ACSM) برای سالمندان طراحی شد. تمرینات با کش های مقاومتی در سطوح مقاومتی مختلف (رنگ های زرد، سبز، صورتی و قرمز) اجرا گردید. لازم به ذکر است که با تغییر رنگ کش ها، میزان مقاومت آن ها افزایش می یابد. جهت کنترل شدت تمرین از مقیاس درک فشار بورگ^۴ (RPE) استفاده شد و سطح فشار تمرین بر اساس نمره ۱۳ این مقیاس (معادل شدت متوسط) تنظیم گردید (جدول یک).

تمرینات به مدت ۱۲ هفته، در قالب ۳ جلسه در هفته (در مجموع ۳۶ جلسه) انجام شد. ساختار هر جلسه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۴۰ دقیقه تمرینات مقاومتی (شامل تمرینات بالاتنه: پرس سینه نشسته^۵، قایقی نشسته^۶ و پرس شانه نشسته^۷ و تمرینات پایین تنه: اکستنشن زانو^۸، فلکشن زانو^۱، فلکشن ران^۲ و اکستنشن ران^۳، پرس پا^۴) و پنج دقیقه سرد کردن بود (۲۴).

^۱ Porsa

^۲ Chair-stand test

^۳ American college of sports medicine

^۴ Rating of perceived exertion

^۵ Seated chest press

^۶ Seated row

^۷ Seated shoulder press

^۸ Knee extension

(جدول دو). پس از طراحی برنامه تمرین، اجرایی بودن تمرین و نداشتن عواقبی از جمله درد غیر متعارف، نوسان غیر متعارف قند خون، اختلال خواب و هر گونه علائمی که نشان دهد این مقدار از تمرین باعث اختلالات زندگی روزمره سالمندان گردد، بعنوان مطالعه راهنما مورد بررسی قرار گرفت.

افزایش تدریجی شدت تمرین از طریق تغییر رنگ کش‌ها (هر دو هفته یک بار) و افزایش تعداد تکرارها صورت پذیرفت (۲۴) تا شدت تمرین در محدوده متوسط (RPE=۱۳) حفظ شود. شایان ذکر است که جهت ورود به مرحله پس‌آزمون، شرکت‌کنندگان می‌بایست حداقل ۷۵٪ از کل جلسات تمرینی را تکمیل می‌نمودند. در طول دوره تمرین نیز وضعیت عمومی سالمندان بصورت دپداری و شفاهی مورد پایش قرار گرفت تا اطمینان حاصل شود که برنامه تمرین از ظرفیت تحمل آنها فراتر نبوده است.

جهت کنترل متغیرهای مداخله‌گر، تمامی جلسات تمرینی در بازه زمانی مشخصی و با فاصله ۱/۳۰ تا ۲ ساعت پس از مصرف صبحانه انجام می‌شد تا از تغییرات سطح گلوکز خون جلوگیری شود. همچنین در صورت لزوم (رنگ پریدگی، بی حالی و ...) پایش قند خون در حین تمرین انجام می‌گرفت و به منظور پیشگیری از هیپوگلیسمی، مواد غذایی حاوی کربوهیدرات در دسترس قرار داشت. برای رعایت نکات ایمنی، کلیه جلسات تمرینی تحت نظارت مستقیم یک فیزیولوژیست ورزشی و با حضور پزشک یا پرستار مرکز نگهداری سالمندان اجرا می‌شد.

جدول ۱. افزایش شدت تمرین بر اساس رنگ کش پیلاتس و تعداد تکرارها

هفته ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
رنگ کش	زرد	زرد	سبز	سبز	صورتی	صورتی	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز	قرمز
تکرار	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
تعداد ست	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
RPE	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

RPE: شاخص فشار درک شده

جدول ۲. برنامه تمرین مقاومتی با کش

مرحله	تمرین	شدت	گروه عضلانی هدف	مدت (دقیقه)
-------	-------	-----	-----------------	-------------

^۱ Knee flexion

^۲ Hip flexion

^۳ Hip extension

^۴ Leg press



(تکرار/ست)				
۱۰	بازکننده‌ها و خم‌کننده‌های فوقانی بازکننده‌ها و خم‌کننده‌های تحتانی	-	تمرینات موبیلیتی گردن، اندام فوقانی و پشت خم-کردن-بازکردن اندام تحتانی	گرم کردن
۲۰-۱۵	بازکننده‌های بخش فوقانی خم‌کننده‌های بخش فوقانی گروه عضلانی کمر بند شانه‌ای	۱۵-۱۰/۳ ۱۵-۱۰/۳ ۱۵-۱۰/۳	پرس سینه نشسته قایقی نشسته قایقی نشسته پرس شانه نشسته	بخش فوقانی
۲۰-۱۵	گروه عضلانی کمر بند لگنی بازکننده‌ها و خم‌کننده‌های تحتانی بازکننده‌های بخش تحتانی	۱۵-۱۰/۳ ۱۵-۱۰/۳ ۱۵-۱۰/۳	کانسنتریک-اکسنتریک ران کانسنتریک-اکسنتریک زانو پرس پا	بخش تحتانی
۵	کشش عضلات فوقانی و تحتانی	-		سرد کردن

روش آماری: داده‌های پژوهش با استفاده از روش آماری توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و استنباطی مورد تحلیل قرار گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک ارزیابی شد. در صورت تایید پیش‌فرض‌های آماری (نرمال بودن توزیع داده‌ها، برابری واریانس‌ها و همگنی شیب‌های رگرسیون)، از تحلیل کوواریانس^۱ (ANCOVA) برای مقایسه میانگین‌ها و کنترل اثر پیش‌آزمون استفاده شد. در غیر این صورت، از آزمون کروسکال-والیس^۲ استفاده گرفته شد. سطح معنی داری آزمون‌ها $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام شد.

یافته‌ها

در مرحله پیش‌آزمون دو گروه تمرین مقاومتی با کش پیلاتس و کنترل از نظر میانگین سنی (47.71 ± 72.08 در برابر 47.75 ± 72.03 سال) و قد (167.68 ± 4.94 در برابر 164.15 ± 6.3 سانتی‌متر) همگن بودند ($p > 0.05$). هرچند وزن پیش‌آزمون در گروه تمرین به طور معنی داری (72.54 ± 5.94 در مقابل 67.73 ± 6.92 کیلوگرم) بیشتر بود، اما بر اساس نتایج آزمون تحلیل کوواریانس پس از کنترل اثر پیش‌آزمون کاهش وزن در گروه تمرین مقاومتی (72.54 ± 5.94 به 71.21 ± 5.94 کیلوگرم؛ $p = 0.01$) در مقایسه با افزایش وزن در گروه کنترل (67.73 ± 6.92 به 68.55 ± 7.37 کیلوگرم، $p = 0.07$) مشاهده شد. این تفاوت بین گروهی از نظر آماری معنی‌دار بود ($F=10.40$ ، $p = 0.004$ ، $\eta^2=0.34$).

^۱ Analyze of covariance

^۲ Kruskal-Wallis

در متغیر وزن چربی بدن (FAT W)، کاهش معنی داری تنها در گروه تمرین نسبت به پیش‌آزمون مشاهده شد ($p=0/04$)، ولی تفاوت بین گروه‌ها در پس‌آزمون از نظر آماری معنی‌ار نبود ($\eta^2=0/09$, $F=2/0$, $p=0/16$). همچنین در رابطه با آنزیم‌های کبدی، AST در هر دو گروه کاهش داشت، اما این کاهش معنی‌دار نبود و تفاوتی بین گروه‌ها در پس‌آزمون مشاهده نشد ($\eta^2=0/005$, $F=0/005$, $p=0/75$). اختلاف معنی‌داری بین دو گروه در سطح آنزیم ALT مشاهده نشد ($\eta^2=0/008$, $F=0/16$, $p=0/69$). همچنین ALT در هر دو گروه افزایش معنی‌داری نسبت به پیش‌آزمون داشت ($p<0/05$)، اما این افزایش در گروه تمرین بیشتر بود. در رابطه با آنزیم ALK-P با توجه به عدم رعایت پیش‌فرض‌های آزمون آنکووا از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که تفاوت میانگین بین گروه‌ها معنی‌دار نبود ($H=0/05$, $p=0/81$). همچنین این آنزیم در هر دو گروه افزایش غیر معنی‌داری را نسبت به پیش‌آزمون نشان داد ($p>0/05$). در آزمون عملکردی قدرت پویای پا افزایش معنی‌ار در گروه تمرین ($p=0/02$) و کاهش غیر معنی‌ار در گروه کنترل ($p=0/06$) نسبت به پیش‌آزمون مشاهده شد. همچنین آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که میانگین بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری دارد ($\eta^2=0/38$, $F=10/75$, $p=0/004$) (جدول سه).

جدول ۳. توصیف (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) و مقایسه متغیرهای وابسته بین گروه‌های شرکت‌کننده در تحقیق

متغیرها	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	سطح معنی‌داری (p)	آماره جزئی (η^2) و F	اندازه اثر d
وزن (کیلوگرم)	تمرین	۷۲/۵۴ $\pm$ ۵/۹۴	۷۱/۲۱ $\pm$ ۵/۹۰	↓۱۸/۰٪	۰/۰۰۴	۰/۳۴ (۱/۰۴۰)*	۰/۸۴
	کنترل	۶۷/۷۳ $\pm$ ۶/۹۲	۶۸/۵۵ $\pm$ ۷/۳۷	↑۶/۱۹٪			-۰/۶۱
وزن چربی (کیلوگرم)	تمرین	۲۹/۷۰ $\pm$ ۴/۳۸	۲۸/۷۶ $\pm$ ۴/۶۲	↓۳/۱۷٪	۰/۱۶	۰/۰۹ (۲/۰۷)	۰/۷۰
	کنترل	۲۵/۸۳ $\pm$ ۴/۱۸	۲۶/۱۵ $\pm$ ۴/۵۰	↑۱/۲۳٪			-۰/۱۵
AST (واحد در لیتر)	تمرین	۱۸/۱۷ $\pm$ ۴/۸۲	۱۷/۱۷ $\pm$ ۳/۷۶	↓۵/۵۰٪	۰/۷۵	۰/۰۰ (۰/۱۰)	۰/۳۸
	کنترل	۲۰/۳۳ $\pm$ ۵/۸۲	۱۷/۹۱ $\pm$ ۴/۳۳	↓۱۱/۸۸٪			۰/۵۱
ALT (واحد در لیتر)	تمرین	۶/۴۲ $\pm$ ۳/۰۰	۱۰/۰۸ $\pm$ ۳/۲۰	↑۵۷/۱۴٪	۰/۶۹	۰/۰۰ (۰/۱۶)	-۱/۸۲
	کنترل	۱۰/۷۵ $\pm$ ۴/۰۲	۱۳/۹۲ $\pm$ ۴/۷۰	↑۲۹/۴۶٪			-۰/۷۹



ALP (واحد در لیتر)	تمرین	$183/42 \pm 44/17$	$192/67 \pm 48/57$	$\uparrow 5/04\%$	$0/817^{\#}$	≈ 0	$-0/51$
	کنترل	$165/10 \pm 24/03$	$175/83 \pm 42/30$	$\uparrow 0/97\%$		$(0/05)$	$-0/07$
قدرت پویای پا	تمرین	$9/92 \pm 1/47$	$10/72 \pm 1/94$	$\uparrow 8/14\%$	$0/004$	$0/39$	$-0/73$
	کنترل	$9/70 \pm 1/96$	$8/98 \pm 1/72$	$\downarrow 8/68\%$		$*(10/75)$	$0/77$

در متغیر ALP به دلیل عدم رعایت پیش فرض های تحلیل کوواریانس، از آزمون ناپارامتریک کروسکال-والیس استفاده شد.

↓ کاهش، ↑ افزایش، *معنی داری در سطح 0/05

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای یک دوره ۱۲ هفته ای تمرین مقاومتی با کش پیلاتس در زنان سالمند مبتلا به T2DM تأثیرات قابل توجهی بر بهبود ترکیب بدن و قدرت عضلانی داشته، اما بر سطوح آنزیم های کبدی تأثیری نداشت. تغییرات وابسته به سن در ترکیب بدن، نظیر افزایش توده چربی به ویژه در ناحیه احشایی و کاهش توده عضلانی، یکی از عوامل موثر در بروز مقاومت به انسولین و در نهایت T2DM محسوب می شود. افزایش سن با اختلال در ترشح انسولین از سلول های β پانکراس و کاهش حساسیت به انسولین همراه است که در نهایت می تواند به مرگ سلول های بتا و بروز دیابت منجر می شود (۵). در مقاومت به انسولین، ترشح اسیدهای چرب آزاد به دلیل لیپولیز در بافت های چربی افزایش می یابد، در حالی که سنتز چربی خنثی در کبد با افزایش مصرف اسیدهای چرب آزاد تشدید می شود (۱۴، ۳۳-۳۵) و به دنبال آن شایع ترین بیماری مزمن کبد، بیماری کبد چرب غیر الکلی (NAFLD) با تجمع بیش از حد چربی در سلول های کبدی ایجاد می شود که با T2DM مرتبط است (۳۳، ۳۶). در این مطالعه، تمرینات مقاومتی با کش پیلاتس منجر به تغییرات معنی دار وزن (کاهش معنی دار ۱/۸ درصدی گروه تمرین در برابر افزایش غیر معنی دار ۶/۱۹ درصدی گروه کنترل) و وزن چربی بدن (کاهش معنی دار ۳/۱۷ درصدی گروه تمرین در برابر افزایش غیر معنی دار ۱/۲۳ درصدی گروه کنترل) و BMI (کاهش معنی دار ۱/۶۱ درصدی گروه تمرین در برابر افزایش غیر معنی دار ۱/۰۳ درصدی گروه کنترل) زنان سالمند دیابتی شد. این نتایج با یافته های پیشین که تمرینات مقاومتی را روشی موثر در کاهش وزن، افزایش مصرف انرژی و بهبود متابولیسم معرفی کرده اند، همسو می باشد (۳۷-۳۹). همچنین، افزایش توده عضلانی ناشی از تمرینات مقاومتی احتمالاً منجر به افزایش نرخ متابولیسم پایه شده و در بلند مدت به کاهش چربی و وزن کمک می کند (۴۰). همچنین پژوهش ها نشان داده اند که تمرین مقاومتی با تغییرات مثبت در ادیپوکاین هایی مثل ادپونکتین و لپتین و بهبود مسیر لیپولیز از طریق افزایش لیپاز حساس به هورمون HSL باعث کاهش توده چربی شود (۴۱). از طرفی برخی پژوهش ها نیز تغییرات چشمگیر در وزن به دنبال تمرینات مقاومتی را نشان ندادند هرچند کاهش چربی احشایی و بهبود پروفایل متابولیکی را مشاهده کردند (۲۱).

به خوبی اثبات شده که تمرینات مقاومتی به کاهش فشار خون، افزایش تراکم مواد معدنی استخوان، بهبود شاخص های سلامت متابولیک و بهبود عملکرد جسمانی در سالمندان کمک می کند. در این میان تمرینات مقاومتی با استفاده از باندهای کشی اغلب به

عنوان یک روش درمانی به کار می‌رود و رویکردی ایمن برای تقویت عضلات در سالمندان محسوب می‌شود. همچنین نتایج مطالعات نشان می‌دهد که فعال‌سازی عضلات و کارآمدی این تمرینات مشابه با تمرینات مقاومتی با وزنه آزاد است (۲۴، ۴۲). در پژوهش حاضر، ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش پیلاتس با افزایش معنی دار ۹ درصدی در گروه تمرین و کاهش معنی دار ۷ درصدی در گروه کنترل در قدرت پویای پا CST همراه شد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت تمرین مقاومتی با کش بر عملکرد جسمانی سالمندان است. افزایش معنی‌ار نتایج آزمون بلند شدن و نشستن روی صندلی به مدت ۳۰ ثانیه نشان‌دهنده بهبود قدرت و استقامت عضلانی است که برای سالمندان مبتلا به دیابت بسیار حائز اهمیت است. این بهبود می‌تواند کیفیت زندگی و استقلال عملکردی آن‌ها را افزایش دهد (۲۴). به طور خاص، کاهش قدرت عضلانی می‌تواند پیش‌بینی کننده‌ی محدودیت‌های حرکتی آینده، خطر سقوط و شکستگی‌ها، باشد و با کاهش عملکرد جسمانی مرتبط است. نکته حائز اهمیت این است که قدرت عضلانی بالا ارتباط قوی و مستقیمی با کاهش خطر مرگ‌ومیر به هر علتی دارد (۴۳). هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر لیاو^۱ و دیگران ۲۰۱۸ افزایش معنی‌دار توده عضلانی، کیفیت عضلانی و بهبود آمادگی عملکردی را به دنبال ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش را با شدت متوسط در زنان سالمند گزارش کردند. آن‌ها برای ارزیابی عملکرد از تست بلند شدن و نشستن روی صندلی (CST) استفاده کردند (۲۴). همچنین اوسن^۲ و دیگران ۲۰۱۵ نشان دادند یک دوره سه ماه تمرین با کش با شدت متوسط و دو بار در هفته آمادگی عملکردی را افزایش می‌دهد. این در حالی بود که بسیاری از پارامترهای قدرت تغییری نشان نداد (۴۴). از طرفی اخیرا باردوستو^۳ و دیگران ۲۰۲۰ (۴۵) به دنبال ۴ ماه تمرینات مقاومتی با کش با شدت متوسط و حجم کم (دو بار در هفته) تغییر معنی‌داری را در نتایج تست CST مشاهده نکردند هر چند در برخی آزمون‌های عملکردی دیگر مثل بالا رفتن از پله بهبود ۱۸ درصدی مشاهده شد. سن آزمودنی‌های پژوهش آن‌ها ۸۰ الی ۹۰ بود و همچنین تعداد تکرار تمرین‌های مقاومتی با کش ۵ تکرار بود در حالی که آزمودنی‌های پژوهش حاضر ۷۲ سال بود و تعداد تکرارها ۱۰ الی ۱۵ تکرار بود که باعث می‌شود نتایج این پژوهش‌ها متفاوت شود. به طور کلی، شواهد حاصل از مطالعه‌ی حاضر و سایر مطالعات نشان می‌دهد که تمرین با باند الاستیک روشی مؤثر برای بهبود آمادگی عملکردی در زنان سالمند است، اما تفاوت‌هایی در میزان اثرگذاری بین مطالعات مختلف مشاهده می‌شود. تفاوت‌های مرتبط با شدت تمرین بین مطالعات می‌تواند حداقل بخشی از دلیل نتایج ناهمگن باشد، چرا که شدت تمرین به صورت کمی (مثلاً بر اساس درصد 1RM) توصیف نشده است. علاوه بر این، تفاوت‌ها در حجم و مدت تمرین، و همچنین تفاوت‌های موجود در آزمودنی‌ها (وضعیت سلامتی و سابقه‌ی تمرینی) احتمالاً در نتایج متناقض مطالعات نقش دارند.

به دنبال ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش پیلاتس در این پژوهش سطوح آنزیم کبدی ALT در گروه تمرین و کنترل افزایش معنی‌دار یافت، در حالی که تغییرات در AST و ALP در هر دو گروه به ترتیب کاهشی و افزایشی بود که از نظر آماری معنی‌دار نبود. در همین رابطه شری زاده و دیگران (۱۴۰۰) بعد از ۱۲ هفته تمرینات معلق بر زنان چاق جدای از کاهش وزن و بهبود شاخص توده بدنی تأثیری بر سطوح آنزیم‌های کبدی مشاهده نکردند (۳۹). همچنین نژاد سلیم و دیگران ۱۳۹۸ به دنبال هشت هفته تمرینات مقاومتی کاهش AST و ALT را مشاهده کردند در صورتی که تغییرات ALP معنی‌دار نبود (۴۶). شمس‌الدین و دیگران

^۱ Liao

^۲ Oesen

^۳ bardstu



۲۰۱۵ به دنبال هر دوی تمرینات مقاومتی و هوازی کاهش معنی‌دار آنزیم‌های کبدی را مشاهده کردند. همچنین آن‌ها این تغییرات را بدون تغییر در وزن بدن به دنبال تمرینات هوازی گزارش کردند (۴۷). آن‌ها بیان کردند که کاهش آنزیم‌های کبدی ALT و AST در اثر تمرین مقاومتی، وابسته به کاهش وزن و کاهش BMI بود. از طرفی پژوهش‌های زیادی به دنبال تمرینات هوازی کاهش آنزیم‌های کبدی و بهبود NAFLD را گزارش کرده‌اند (۴۸، ۴۹). همین‌طور پینو^۱ ۲۰۱۲ و دیگران تأثیر تمرینات ترکیبی مقاومتی و هوازی را با ورزش هوازی در نوجوانان چاق مبتلا به NAFLD مقایسه کردند. در کسانی که تمرینات ترکیبی انجام دادند، سطح ALT پس از مداخله در مقایسه با گروه هوازی به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر بود (۵۰). مطالعه‌ی هاوتون^۲ ۲۰۱۷ و دیگران نشان داد که انجام انواع تمرینات مقاومتی کل بدن^۳ (TRX) به مدت ۱۲ هفته منجر به کاهش چربی کبد و آنزیم‌های کبدی مانند ALT و AST در بیماران مبتلا به NAFLD می‌شود (۵۱). علاوه بر این، تاکاهاشی^۴ ۲۰۱۵ و دیگران پیشنهاد کردند که تمرینات مقاومتی به مدت ۱۲ هفته باعث کاهش قابل‌توجه درجه استئاتوز کبدی و آنزیم‌های کبدی مانند ALT و AST در بیماران مبتلا به NAFLD می‌شود (۵۲). مکانیزم‌های احتمالی تغییرات در کبد به دنبال تمرین ورزشی احتمالاً به دلیل تغییر در حساسیت به انسولین، لیپیدهای در گردش خون و تعادل انرژی باشد (۲۱)، حساسیت انسولین نقش مهمی در هوموستاز چربی کبدی دارد. نشان داده شده که تمرین ورزشی می‌تواند خطر مقاومت به انسولین، سطح آمینوترانسفرازها، دیس‌لیپیدمی و اختلال قند خون ناشتا را کاهش دهد و برای متابولیسم گلوکز-لیپید مفید باشد (۵۳). ورزش‌های هوازی و مقاومتی می‌توانند با افزایش مصرف انرژی، بهبود اکسیداسیون لیپید در عضلات اسکلتی، کاهش چربی کلی و چربی شکمی، کاهش چربی زیرپوستی و جریان اسیدهای چرب آزاد به کبد، در کاهش رسوب چربی کبدی درمانگر باشند (۲۱، ۴۸، ۴۹، ۵۴). تغییرات افزایشی ALT در گروه تمرین هرچند معنی‌دار نبود اما ممکن است نشان‌دهنده استرس موقت بر کبد در اثر فعالیت بدنی باشد، اما این تغییر لزوماً به معنای آسیب کبدی نیست. مطالعات دیگر نیز گزارش کرده‌اند که تمرینات مقاومتی می‌توانند به‌طور موقت سطوح آنزیم‌های کبدی را افزایش دهند، اما در بلندمدت منجر به بهبود عملکرد کبد می‌شوند (۲۰). همچنین افزایش غیر معنی‌دار ALT در گروه کنترل در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که دیگر عوامل مانند داروها، رژیم غذایی و یا نوسانات متابولیکی و سندرم متابولیک می‌توانند در تغییر این شاخص نقش داشته باشند. در همین راستا نشان داده شده است که سطوح ALT بیماران دیابتی سالمند بدون هیچ مداخله‌ای به دلیل افزایش مقاومت به انسولین، لیپولیز و در نهایت تجمع چربی و التهاب کبدی به تدریج افزایش می‌یابد (۹). برخی از محدودیت‌ها مثل حجم نمونه کوچک و محدود شدن به زنان سالمند که تعمیم‌پذیری نتایج را به جامعه بزرگتر محدود می‌کند، همچنین مدت زمان مطالعه (۱۲ هفته) ممکن است برای مشاهده تغییرات پایدار در آنزیم‌های کبدی در بیماران که سال‌ها با بیماری دیابت همراه بوده‌اند کافی نباشد (۵۵) و در نهایت عدم کنترل دقیق رژیم غذایی و داروهای مصرفی آزمودنی‌ها که از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود می‌تواند بر نتایج تأثیر گذاشته باشد.

^۱ de Piano^۲ Houghton^۳ TRX (total body resistance exercise)^۴ Takahashi

نتیجه‌گیری: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات مقاومتی با کش پیلاتس به عنوان یک روش کم‌هزینه و قابل دسترس می‌تواند به بهبود ترکیب بدن و قدرت عضلانی در زنان سالمند مبتلا به دیابت نوع ۲ کمک کند. اگرچه تغییرات در آنزیم‌های کبدی در این مطالعه مشاهده نشد. بنابراین به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی با کش پیلاتس در دوره ۱۲ هفته‌ای این مطالعه فشار متابولیکی لازم برای تغییرات آنزیم‌های کبدی زنان سالمند دیابتی را نداشته است، اما با توجه به بهبود ترکیب بدن و عملکرد عضلانی ممکن است این تمرینات در بلند مدت بر سلامت کبد اثرگذار باشد.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تضاد منافی در این پژوهش وجود ندارد

قدردانی و تشکر: از همه سالمندان محترمی که در این پژوهش شرکت نمودند کمال تشکر را داریم.

منابع

1. Consortium AB, Jiang M, Zheng Z, Wang X, Chen Y, Qu J, et al. A biomarker framework for liver aging: the Aging Biomarker Consortium consensus statement. *Life Medicine*. 2024;3(1). <https://doi.org/10.1093/lifemedi/lnae004>
2. Kim IH, Kisseleva T, Brenner DA. Aging and liver disease. *Current opinion in gastroenterology*. 2015;31(3):184-91. doi: 10.1097/MOG.000000000000176
3. Organization WH. Global report on diabetes. 2016.
4. Zhang T, Tian J, Fan J, Liu X, Wang R. Exercise training-attenuated insulin resistance and liver injury in elderly pre-diabetic patients correlates with NLRP3 inflammasome. *Frontiers in Immunology*. 2023;14:1082050. doi: 10.3389/fimmu.2023.1082050
5. Longo M, Bellastella G, Maiorino MI, Meier JJ, Esposito K, Giugliano D. Diabetes and aging: from treatment goals to pharmacologic therapy. *Frontiers in Endocrinology*. 2019;10:45. doi: 10.3389/fendo.2019.00045
6. ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, Bannuru RR, Brown FM, Bruemmer D, et al. Summary of Revisions: Standards of Care in Diabetes—2023. *Diabetes Care*. 2022;46(Supplement_1):S5-S9. doi: 10.2337/dc23-Srev
7. Morling J, Strachan M, Hayes P, Butcher I, Frier B, Reynolds R, et al. Prevalence of abnormal plasma liver enzymes in older people with Type 2 diabetes. *Diabetic medicine*. 2012;29(4):488-91. doi: 10.1111/j.1464-5491.2011.03492.x
8. Bi Y, Yang Y, Yuan X, Wang J, Wang T, Liu Z, et al. Association between liver enzymes and type 2 diabetes: a real-world study. *Frontiers in Endocrinology*. 2024;15:1340604. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1340604>
9. Liu C-F, Zhou W-N, Lu Z, Wang X-T, Qiu Z-H. The associations between liver enzymes and the risk of metabolic syndrome in the elderly. *Experimental gerontology*. 2018;106:132-6. doi: 10.1016/j.exger.2018.02.026
10. Noroozi Karimabad M, Khalili P, Ayoobi F, Esmaeili-Nadimi A, La Vecchia C, Jamali Z. Serum liver enzymes and diabetes from the Rafsanjan cohort study. *BMC Endocrine Disorders*. 2022;22(1):127. doi: 10.1186/s12902-022-01042-2
11. Hoekstra LT, de Graaf W, Nibourg GA, Heger M, Bennink RJ, Stieger B, et al. Physiological and biochemical basis of clinical liver function tests: a review. *Annals of surgery*. 2013;257(1):27-36. doi: 10.1097/SLA.0b013e31825d5d47
12. Ceriello A, Prattichizzo F, Phillip M, Hirsch IB, Mathieu C, Battelino T. Glycaemic management in diabetes: old and new approaches. *The lancet Diabetes & endocrinology*. 2022;10(1):75-84. doi: 10.1016/S2213-8587(21)00245-X
13. Mahrouf-Yorgov M, de l'Hortet AC, Cosson C, Slama A, Abdoun E, Guidotti J-E, et al. Increased susceptibility to liver fibrosis with age is correlated with an altered inflammatory response. *Rejuvenation Research*. 2011;14(4):353-63. doi: 10.1089/rej.2010.1146
14. Su W, Mao Z, Liu Y, Zhang X, Zhang W, Gustafsson J-A, et al. Role of HSD17B13 in the liver physiology and pathophysiology. *Molecular and cellular endocrinology*. 2019;489:119-25. doi: 10.1016/j.mce.2018.10.014



15. Smart N, King N, McFarlane J, Graham P, Dieberg G. Effect of exercise training on liver function in adults who are overweight or exhibit fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2018;52(13):834-43. doi: 10.1136/bjsports-2016-096197
16. Hoseini R, Rahim HA, Ahmed JK. Decreased inflammatory gene expression accompanies the improvement of liver enzyme and lipid profile following aerobic training and vitamin D supplementation in T2DM patients. *BMC Endocrine Disorders*. 2022;22(1):245.
17. Hoseini R, Damirchi A, Babaei P. Vitamin D increases PPAR γ expression and promotes beneficial effects of physical activity in metabolic syndrome. *Nutrition*. 2017;36:54-9. doi: 10.1016/j.nut.2016.06.010
18. Association AD. 4. Lifestyle management: standards of medical care in diabetes—2018. *Diabetes care*. 2018;41(Supplement_1):S38-S50. <https://doi.org/10.2337/dc18-S004>
19. Mcleod JC, Stokes T, Phillips SM. Resistance exercise training as a primary countermeasure to age-related chronic disease. *Frontiers in physiology*. 2019;10:645. doi: 10.3389/fphys.2019.00645
20. 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. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2016;80:1-7. doi: 10.1016/j.biopha.2016.02.017
21. Hallsworth K, Fattakhova G, Hollingsworth KG, Thoma C, Moore S, Taylor R, et al. Resistance exercise reduces liver fat and its mediators in non-alcoholic fatty liver disease independent of weight loss. *Gut*. 2011;60(9):1278-83. doi: 10.1136/gut.2011.242073
22. Shamsoddini A, Sobhani V, Chehreh MEG, Alavian SM, Zaree A. Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in Iranian men with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatitis monthly*. 2015;15(10). doi: 10.5812/hepatmon.31434
23. Zhou B-J, Huang G, Wang W, Zhu L-H, Deng Y-X, He Y-Y, et al. Intervention effects of four exercise modalities on nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review and Bayesian network meta-analysis. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*. 2021;25(24). doi: 10.26355/eurrev_202112_27615
24. Liao C-D, Tsao J-Y, Huang S-W, Ku J-W, Hsiao D-J, Liou T-H. Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: A randomized controlled trial. *Scientific reports*. 2018;8(1):2317. doi: 10.1038/s41598-018-20677-7
25. Chatterjee S, Khunti K, Davies MJ. Type 2 diabetes. *The lancet*. 2017;389(10085):2239-51. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30058-2
26. Kobayashi Y, Long J, Dan S, Johannsen NM, Talamo R, Raghuram S, et al. Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes: A randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2023;66(10):1897-907. doi: 10.1007/s00125-023-05958-9
27. Bönhof GJ, Strom A, Apostolopoulou M, Karusheva Y, Sarabhai T, Pesta D, et al. High-intensity interval training for 12 weeks improves cardiovascular autonomic function but not somatosensory nerve function and structure in overweight men with type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2022;65(6):1048-57. doi: 10.1007/s00125-022-05674-w
28. Fatouros I, Tournis S, Leontsini D, Jamurtas A, Sxina M, Thomakos P, et al. Leptin and adiponectin responses in overweight inactive elderly following resistance training and detraining are intensity related. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2005;90(11):5970-7. <https://doi.org/10.1210/jc.2005-0260>
29. Markofski MM, Carrillo AE, Timmerman KL, Jennings K, Coen PM, Pence BD, et al. Exercise training modifies ghrelin and adiponectin concentrations and is related to inflammation in older adults. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 2014;69(6):675-81. doi: 10.1093/gerona/glt132
30. Coker RH, Williams RH, Kortebein PM, Sullivan DH, Evans WJ. Influence of exercise intensity on abdominal fat and adiponectin in elderly adults. *Metabolic syndrome and related disorders*. 2009;7(4):363-8. doi: 10.1089/met.2008.0060
31. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of aging and physical activity*. 1999;7(2):129-61. <https://doi.org/10.1123/japa.7.2.129>

32. Cho KH, Bok SK, Kim Y-J, Hwang SL. Effect of lower limb strength on falls and balance of the elderly. *Annals of rehabilitation medicine*. 2012;36(3):386-93. doi: 10.5535/arm.2012.36.3.386
33. Shah K, Stufflebam A, Hilton TN, Sinacore DR, Klein S, Villareal DT. Diet and exercise interventions reduce intrahepatic fat content and improve insulin sensitivity in obese older adults. *Obesity*. 2009;17(12):2162-8. <https://doi.org/10.1111/jgh.13264>. doi: 10.1038/oby.2009.126
34. Villareal DT, Chode S, Parimi N, Sinacore DR, Hilton T, Armamento-Villareal R, et al. Weight loss, exercise, or both and physical function in obese older adults. *New England Journal of Medicine*. 2011;364(13):1218-29. doi: 10.1056/NEJMoa1008234
35. Angulo P. Nonalcoholic fatty liver disease. *New England Journal of Medicine*. 2002;346(16):1221-31. doi: 10.1056/NEJMra011775
36. Ballestri S, Zona S, Targher G, Romagnoli D, Baldelli E, Nascimbeni F, et al. Nonalcoholic fatty liver disease is associated with an almost twofold increased risk of incident type 2 diabetes and metabolic syndrome. Evidence from a systematic review and meta-analysis. *Journal of gastroenterology and hepatology*. 2016;31(5):936-44. <https://doi.org/10.1111/jgh.13264>
37. Bahari S, Faramarzi M, AZAMIAN JA, CHERAGH CM. The effect of 8 week resistance training on resting level of liver inflammatory markers and insulin resistance of type 2 diabetic women. 2014.
38. Sadeghi S, Asad M, Ferdowsi M. The effect of twelve weeks endurance training on liver enzymes levels in Iranian obese women. *Research in Sport Medicine and Technology*. 2017;15(13):49-60.
39. Sherizade H, Rahimi M, Banitalebi E. The effect of TRX suspension resistance training on liver enzymes in obese women. *EBNESINA*. 2022;24(4):31-42.
40. Strasser B, Schobersberger W. Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity. *Journal of obesity*. 2011;2011(1):482564. doi: 10.1155/2011/482564
41. Kang S, Park K-M, Sung K-Y, Yuan Y, Lim S-T. Effect of resistance exercise on the lipolysis pathway in obese pre-and postmenopausal women. *Journal of Personalized Medicine*. 2021;11(9):874. doi: 10.3390/jpm11090874
42. Kirk A, Steele J, Fisher JP. Machine-based resistance training improves functional capacity in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2024;9(4):239. <https://doi.org/10.3390/jfmk9040239>
43. Tøien T, Berg OK, Modena R, Brobakken MF, Wang E. Heavy Strength Training in Older Adults: Implications for Health, Disease and Physical Performance. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2025;16(2):e13804. doi: 10.1002/jcsm.13804
44. Oesen S, Halper B, Hofmann M, Jandrasits W, Franzke B, Strasser E-M, et al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on physical performance of institutionalised elderly—A randomized controlled trial. *Experimental gerontology*. 2015;72:99-108. doi: 10.1016/j.exger.2015.08.013
45. Bardstü HB, Andersen V, Finland MS, Aasdahl L, Raastad T, Cumming KT, et al. Effectiveness of a resistance training program on physical function, muscle strength, and body composition in community-dwelling older adults receiving home care: a cluster-randomized controlled trial. *European review of aging and physical activity*. 2020;17(1):11.
46. Gholami M. Effect of Eight Weeks Resistance Training on Serum Levels of Hepatic Enzymes Including AST, ALT and ALP in Overweight Mens with Nonalcoholic Fatty Liver Disease. 2018.
47. Shamsoddini A, Sobhani V, Chehreh MEG, Alavian SM, Zaree A. Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in Iranian men with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatitis monthly*. 2015;15(10):e31434. doi: 10.5812/hepatmon.31434
48. Davoodi M, Moosavi H, Nikbakht M. The effect of eight weeks selected aerobic exercise on liver parenchyma and liver enzymes (AST, ALT) of fat liver patients. 2012.



49. Baba CS, Alexander G, Kalyani B, Pandey R, Rastogi S, Pandey A, et al. Effect of exercise and dietary modification on serum aminotransferase levels in patients with nonalcoholic steatohepatitis. *Journal of gastroenterology and hepatology*. 2006;21(1):191-8. doi: 10.1111/j.1440-1746.2005.04233.x
50. de Piano A, de Mello MT, Sanches PdL, da Silva PL, Campos RM, Carnier J, et al. Long-term effects of aerobic plus resistance training on the adipokines and neuropeptides in nonalcoholic fatty liver disease obese adolescents. *European journal of gastroenterology & hepatology*. 2012;24(11):1313-24. doi: 10.1097/MEG.0b013e32835793ac
51. 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. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2017;15(1):96-102. e3. doi: 10.1016/j.cgh.2016.07.031
52. Takahashi A, Abe K, Usami K, Imaizumi H, Hayashi M, Okai K, et al. Simple resistance exercise helps patients with non-alcoholic fatty liver disease. *International journal of sports medicine*. 2015;94(10):848-52. doi: 10.1055/s-0035-1549853
53. Kistler KD, Brunt EM, Clark JM, Diehl AM, Sallis JF, Schwimmer JB, et al. Physical activity recommendations, exercise intensity, and histological severity of nonalcoholic fatty liver disease. *Official journal of the American College of Gastroenterology| ACG*. 2011;106(3):460-8. doi: 10.1038/ajg.2010.488
54. Damor K, Mittal K, Bhalla AS, Sood R, Pandey RM, Guleria R, et al. Effect of progressive resistance exercise training on hepatic fat in Asian Indians with non-alcoholic fatty liver disease. *Br J Med Med Res*. 2014. doi: 10.9734/BJMMR/2014/4845
55. Wang S-t, Zheng J, Peng H-w, Cai X-l, Pan X-t, Li H-q, et al. Physical activity intervention for non-diabetic patients with non-alcoholic fatty liver disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC gastroenterology*. 2020;20(1):66. doi: 10.1186/s12876-020-01204-3

مجله علمی ورزش و اندام