



The Relationship between Changes in Handgrip Strength and Glycemic/Inflammatory Markers after a Period of Exercise Training Intervention in Older Women with Type 2 Diabetes

Hamid Rajabi¹ , Shokoufeh Kheradmand² 

1. Corresponding Author, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: hrajabi@khu.ac.ir

2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: Umz.kheradmand@gmail.com

Received: 13 April 2025 ; Received: 06 June 2025; Accepted: 10 June 2025

ABSTRACT

Introduction: Aging is associated with the development of diabetes, sarcopenia, and inflammation. Although resistance training enhances the health status of elderly somewhat by improving muscular fitness, it appears that resistance training alone may not sufficiently ameliorate age-related diseases. Therefore, the aim of this study was to investigate the association between handgrip strength and glycemic/inflammatory indices following a period of exercise intervention in elderly with type 2 diabetes.

Methods: Twenty-six older women with type 2 diabetes (72 ± 5.5 years) were randomly assigned to a combined and an elastic band resistance training group (12-week). Fasting serum levels of glycemic indices, tumor necrosis factor- α , and handgrip strength were measured at baseline and 48 hours after the intervention. Pearson/Spearman correlation coefficients were used to determine the associations between the variables.

Results: A strong and significant inverse correlation was observed between changes in handgrip strength and tumor necrosis factor- α in total subjects but no significant correlation was found between changes in handgrip strength and glycemic indices in total subjects.

Conclusion: Handgrip strength, an indicator of muscular fitness, is associated with inflammatory status in older women with type 2 diabetes. Any exercise program capable of improving this index warrants consideration in the design of exercise protocols for elderly. Nevertheless, handgrip strength alone cannot serve as a suitable predictor for other aspects of health status, like glycemic control, in this population. Probably other fitness components, like cardiovascular fitness, also play a significant role in this regard.

Keywords: Exercise Training, Aging, Type 2 diabetes, Handgrip Strength, Tumor necrosis factor- α .

Cite this article: Cite this article: Rajabi, H., Kheradmand, S. (2025). The Relationship between Changes in Handgrip Strength and Glycemic/Inflammatory Markers after a Period of Exercise Training Intervention in Older Women with Type 2 Diabetes. Journal of Healthy ageing and exercise, 1 (1), 43-59. DOI: 10.22059/jhae.2025.399418.1003

Copyright © 2025: Journal of Healthy Ageing and Exercise. This open-access article is available under the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) International License, which allows for the copying and redistribution of the material only for noncommercial purposes, provided that the original work is properly cited.

Publisher: University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction: Aging is a complex and multifactorial process. The number of older adults has increased significantly over the past century, and the prevalence of type 2 diabetes mellitus among them has risen markedly in the last two decades. Furthermore, advancing age is associated with a reduction in muscle mass. Sarcopenia, characterized by reduced muscle strength and mass, is associated with type 2 diabetes mellitus. In addition to type 2 diabetes mellitus and aging, higher levels of pro-inflammatory cytokines are associated with sarcopenia. While aging itself leads to a decrease in muscle strength, particularly handgrip strength, tumor necrosis factor- α levels also increase with age and are higher in older adults with lower handgrip strength. On the other hand, exercise training generally reduces the incidence of type 2 diabetes mellitus in older adult. Both resistance and combined training improve body composition by reducing body mass index and lowering inflammatory factors such as tumor necrosis factor- α in older women. Resistance training is also associated with improved clinical status in terms of glycated hemoglobin levels and muscle strength in older adults with type 2 diabetes mellitus and in postmenopausal women. Implementation of elastic band resistance training, as a simple, low-cost exercise program for older adults, and combined exercise training, respectively, leads to improvement in muscular strength, physical function, and metabolic status in older adults with type 2 diabetes mellitus. Therefore, the aim of the present study was to investigate the relationship between changes in handgrip strength and changes in glycemic and inflammatory indicators in older women with type 2 diabetes mellitus following an elastic band resistance training and a combined training.

Methods: Twenty-six older women with type 2 diabetes mellitus (age: 72 ± 5.5 years; body mass index: 25.5 ± 2) were selected from daycare department in the Kahrizak charity foundation care center, Iran and then randomly assigned to 12-week exercise training interventions: 1) elastic band resistance training group (medium intensity elastic band resistance training/trice weekly/8 exercises/3 sets/10-15 reps/ ≈ 50 min; $n = 13$) and 2) combined training (a low intensity combined training ≈ 30 min; $n = 13$). Fasting serum levels of glycemic indices (insulin, glucose, glycated hemoglobin and insulin resistance), tumor necrosis factor- α , anthropometric indices (body weight and body mass index), and handgrip strength were measured using standard methods at baseline and 48 hours after the last session of interventions. Pearson/Spearman correlation coefficients ($p \leq 0.05$) were used to determine the associations between the variables.

Results: A strong and significant inverse correlation was observed between changes in handgrip strength and tumor necrosis factor- α ($r = -0.685$, $p = 0.002$) in total participants ($n = 26$) (Figure 1) and a strong and a significant positive correlation was also observed between changes in handgrip strength and insulin resistance in elastic band resistance training group ($r = 0.775$, $p = 0.04$; $n = 13$), but no significant correlation was found between changes in handgrip strength and changes in fasting serum insulin, glucose, glycated hemoglobin, body weight and body mass index in any groups ($p > 0.05$).

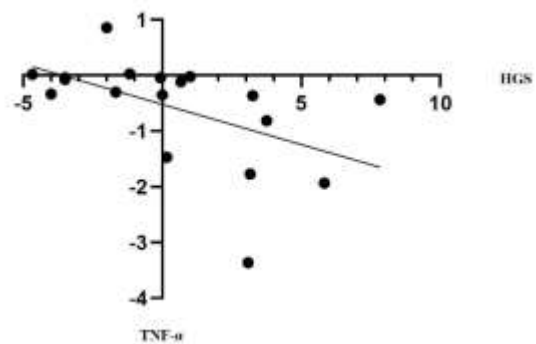


Figure 1. Correlation between changes in Handgrip strength (HGS) and changes in tumor necrosis factor- α (TNF- α) in the total of elderly women with type 2 diabetes mellitus ($n = 26$)

Conclusion: Handgrip strength, as an indicator of muscular fitness, is associated with inflammatory status in older women with type 2 diabetes. Any exercise program capable of improving this index warrants consideration in the design of exercise protocols for elderly. Nevertheless, handgrip strength alone cannot serve as a suitable predictor for other aspects of health status, like glycemic status, in older women with type 2 diabetes. Probably other fitness components, such as cardiovascular fitness, also play a significant role in this regard which should be considered in future studies.

Footnotes:

Ethical approval: This study was approved and registered by the Research Ethic Committees of Kharazmi University of Tehran. Iran ([IR.KHU.REC.1403.108](#)) and by Iranian Registry of Clinical Trials ([IRCT20241008063290N1](#)).

Compliance with ethical guidelines: The research followed the ethical standards of the Declaration of Helsinki Ethical Principles for clinical research involving human subjects.

Funding: This work is based upon research funded by Iran National Science Foundation (INSF) under project No.4026206.

Authors' contribution: Hamid Rajabi: Writing – review & editing, Writing - original draft, Supervision, Methodology, Conceptualization. Shokoufeh Kheradmand: Formal analysis, Conceptualization.

Conflict of interest: The authors declared no potential conflicts of interest relevant to this article.

Acknowledgments: The authors thank the participants



ارتباط بین تغییرات قدرت هندگریپ با شاخص‌های گلاسیمیک / التهابی پس از یک دوره مداخله تمرینی در زنان سالمند مبتلا به دیابت نوع ۲

حمید رجبی^۱✉، شکوفه خردمند^۲id

۱- نویسنده مسؤول، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: hrajabi@khu.ac.ir

۲- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: umz.kheradmand@gmail.com

دریافت: ۲۴ فروردین ۱۴۰۴؛ بازنگری: ۱۶ خرداد ۱۴۰۴؛ پذیرش: ۲۰ خرداد ۱۴۰۴

چکیده

مقدمه: سالمندی با ابتلا به دیابت، سارکوپنی و التهاب همراه می‌باشد. تمرینات مقاومتی با بهبود آمادگی عضلانی تا حدی به بهبود وضعیت تندرستی سالمندان کمک می‌کند اما به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی به تنهایی نمی‌تواند بیماری‌های دوران سالمندی را بهبود بخشد. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین قدرت هندگریپ با شاخص‌های گلاسیمیک/التهابی پس از یک دوره مداخله تمرینی در سالمندان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود.

روش پژوهش: ۲۶ زن سالمند مبتلا به دیابت نوع ۲ ($72 \pm 5/5$ سال) به طور تصادفی به دو گروه تمرین ترکیبی و مقاومتی با کش (۱۲ هفته) تقسیم شدند. در ابتدا و ۴۸ ساعت پس از مداخله مقادیر سرمی شاخص‌های گلاسیمیک، فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا و قدرت هندگریپ اندازه‌گیری شدند. برای تعیین ارتباط بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون/اسپیرمن استفاده شد.

یافته‌ها: بین تغییرات قدرت هندگریپ با فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا در مجموع آزمودنی‌ها همبستگی معکوس قوی و معنی‌داری مشاهده شد. اما بین تغییرات قدرت هندگریپ با شاخص‌های گلاسیمیک مجموع آزمودنی‌ها همبستگی معناداری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: قدرت هندگریپ، شاخصی از آمادگی عضلانی، با وضعیت التهابی در زنان سالمند مبتلا به دیابت نوع ۲ ارتباط دارد و هر برنامه تمرینی که بتواند این شاخص را بهبود بخشد، می‌تواند در طراحی برنامه‌های تمرینی سالمندان مورد توجه قرار بگیرد اما قدرت هندگریپ به تنهایی نمی‌تواند پیشگوی مناسبی برای وضعیت سایر جنبه‌های سلامتی نظیر وضعیت گلاسیمیک در آن‌ها باشد و احتمالاً سایر عوامل آمادگی مانند آمادگی قلبی عروقی در این زمینه موثر هستند.

کلید واژه‌ها: تمرین ورزشی، سالمندی، دیابت نوع ۲، قدرت هندگریپ، فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا.

استناد: رجبی، حمید؛ خردمند، شکوفه (۱۴۰۴). ارتباط بین تغییرات قدرت هندگریپ با شاخص‌های گلاسیمیک / التهابی پس از یک دوره مداخله تمرینی در زنان سالمند مبتلا به

دیابت نوع ۲. نشریه سالمندی سالم و ورزش، ۱(۱)، ۴۳-۵۹. DOI: 10.22059/jhae.2025.399418.1003

حق چاپ © ۱۴۰۴، نشریه سالمندی سالم و ورزش. این مقاله با دسترسی آزاد تحت مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) منتشر شده است. این مجوز اجازه کپی و بازتوزیع مطالب را تنها برای مقاصد غیرتجاری می‌دهد، به شرطی که به اثر اصلی به درستی استناد شود.
ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

سالمندی فرآیندی پیچیده و چند عاملی است و زنان به دلیل یائسگی و تغییرات ناشی از آن، بیشتر مستعد تغییرات ناشی از سالمندی می‌باشند (۱). مطالعات حاکی از آن است که تعداد افراد سالمند در قرن گذشته (۲) و شیوع دیابت ملیتوس نوع ۲ (T2DM) (۱) در آن‌ها در دو دهه‌ی اخیر افزایش چشمگیری یافته است (۳). T2DM با افزایش گلوکز خون از طریق مقاومت به انسولین و اختلال در ترشح انسولین مشخص می‌شود (۴) و در سالمندان با سارکوپنی^۱، کاهش قدرت و توده عضلانی، همراه است (۵) و موجب تسریع فرایند سالمندانی می‌شود (۶). به همین دلیل، سالمندان مبتلا به T2DM مستعد ضعف جسمانی مرتبط با دیابت هستند به طوری‌که اختلال در عملکرد جسمانی، کاهش قدرت عضلانی (۴) و خطر بالای افتادن و شکستگی (۷) در مردان (۴) و زنان (۴، ۷) سالمند مبتلا به T2DM گزارش شده است که می‌تواند منجر به کاهش استقلال عملکردی (۳) در سالمندان دیابتی شود. به هر حال، به نظر می‌رسد مدت زمان بیشتر در ابتلا به T2DM و ضعف در کنترل قند خون با میزان کاهش بیشتر کیفیت و قدرت عضلانی در سالمندان مرتبط است (۴). علاوه بر T2DM عوامل دیگری از جمله سن، شاخص توده بدن (BMI)^۲ (۸) و سطوح بالاتر سایتوکاین‌های التهابی^۳ (۹) با سارکوپنی مرتبط می‌باشد. به طوری‌که افزایش سن به تنهایی موجب کاهش قدرت عضلانی به ویژه قدرت هندگریپ (HGS)^۴ می‌شود (۱۰). در حقیقت، با افزایش سن HGS در مردان و زنان به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. هرچند کاهش قدرت HGS با افزایش سن در مردان بیشتر از زنان است اما حتی در مسن‌ترین گروه‌های سنی نیز، مقادیر کلی قدرت در مردان همچنان از زنان بالاتر است (۱۱).

ابتلا به T2DM همراه با افزایش سن، خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن را با بدتر شدن وضعیت التهابی افزایش می‌دهد. بر این اساس، سالمندان مبتلا به دیابت سطح بالاتری از فاکتورهای التهابی نظیر فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا (TNF- α)^۵ داشتند (۱۲). به طوری‌که hsTNF- α ^۶ بالاتر، عامل تعیین‌کننده‌ی مهمی برای سارکوپنی در نظر گرفته می‌شود (۸). بر همین اساس، TNF- α با افزایش سن نیز افزایش می‌یابد و سطوح آن در سالمندانی که HGS کمتری دارند، بیشتر است (۱۰). بنابراین به نظر می‌رسد که بین سطح التهاب سیستماتیک و قدرت و توده عضلانی ارتباط وجود داشته باشد و بر همین اساس هر گونه مداخله‌ای که بتواند قدرت عضلانی را بهبود بخشد احتمالاً می‌تواند سطح التهاب را کاهش دهد و شاید از این طریق بتواند به بهبود شاخص‌های گلاسمیک در سالمندان دیابتی کمک کند که باید مورد مطالعه دقیق قرار بگیرد.

در این میان مداخلات سبک زندگی از مؤثرترین راهبردهای درمانی به منظور پیشگیری و مدیریت بیماری دیابت هستند و به نظر می‌رسد انجام فعالیت ورزشی ابتلا به T2DM (۱۳) را در سالمندان کاهش می‌دهد. با این حال یافته‌های به دست آمده از مطالعات پیشین در خصوص تأثیر فعالیت ورزشی بر روی قدرت عضلانی و ریسک فاکتورهای ابتلا به T2DM و سارکوپنی در سالمندان نظیر شاخص‌های گلاسمیک^۷، BMI و التهاب متناقض است. مطالعات نشان داده‌اند فعالیت ورزشی مقاومتی (۱۴) و ترکیبی (CT)^۸ (۱۵) موجب بهبود ترکیب بدن از طریق کاهش BMI (۱۵) و کاهش فاکتورهای التهابی (۱۴) نظیر TNF- α و اینترلوکین-۶ (IL-6)^۹ در زنان سالمند (۱۵)

1. Type 2 diabetes mellitus

2. Sarcopenia

3. Body mass index

4. Inflammatory cytokines

5. Handgrip strength

6. Tumor necrosis factor- α

7. High-sensitive tumor necrosis factor- α

8. Glycemic indices

9. Concurrent training

10. Interleukin-6

می‌شود. مطالعات پژوهشی (۱) و فراتحلیل (۳) نیز نشان داده‌اند تمرینات مقاومتی با بهبود وضعیت بالینی در سطوح هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c)^۱ (۳، ۱) و قدرت عضلانی در سالمندان مبتلا به T2DM (۳) و یائسه (۱) همراه است. این در حالی است که سایر محققان نشان دادند فعالیت ورزشی مقاومتی با کش (ERT)^۲ و CT نتوانست تغییری در BMI زنان سالمند ایجاد نماید (۱۶).

اگرچه کاهش توده عضلانی با افزایش سن مشاهده می‌شود (۱۷) اما کاهش HGS بسیار زودتر از کاهش توده عضلانی حادث می‌شود (۱۸). این درحالی است که اجرای تمرینات مقاومتی به عنوان یک شیوه‌ی تمرینی ایمن در سالمندان مبتلا به دیابت می‌تواند موجب بهبود قدرت عضلانی (۳) و وضعیت التهابی (۱۵) شود. در همین راستا پژوهشگران نشان داده‌اند اجرای ERT، به عنوان یک برنامه فعالیت ورزشی ساده و ارزان قیمت در سالمندان (۱۹)، و CT (۲۰) به ترتیب موجب بهبود قدرت عضلانی (۲۱)، عملکرد جسمانی و وضعیت متابولیکی (۲۰) در سالمندان (۲۰، ۲۱) مبتلا به T2DM (۲۰) می‌شود، بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین تغییرات HGS با تغییرات شاخص‌های گلایسیمیک و التهابی در زنان سالمند مبتلا به T2DM پس از انجام یک دوره مداخله تمرینی بود.

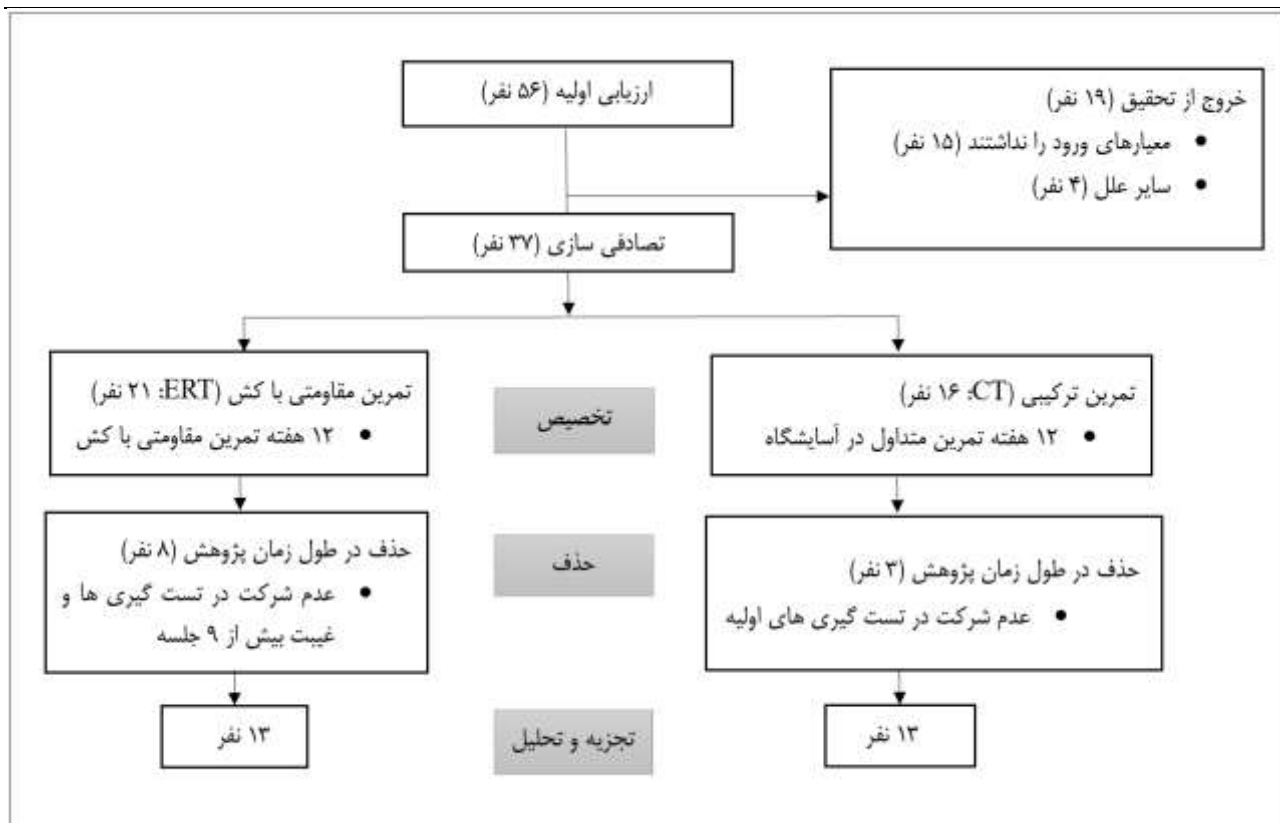
روش‌شناسی پژوهش

شرکت‌کنندگان

معیارهای ورود به مطالعه حاضر شامل سن ≤ 65 سال، سطح گلوکز ناشتا ≤ 126 mg/dL، $HbA1c \leq 6.5$ درصد و بیش از ۲ سال ابتلا به T2DM و معیارهای خروج از مطالعه شامل داشتن اختلالات عصبی-شناختی و اختلالات حاد قلبی-عروقی و ریوی که بر روند پژوهش تأثیر منفی می‌گذاشت، استعمال دخانیات و داشتن رژیم غذایی خاص، بود. در ابتدا تعداد ۵۶ آزمودنی تمایل خود را برای ورود به پژوهش اعلام داشتند که از این بین تنها تعداد ۳۷ نفر شرایط ورود به پژوهش را داشتند و به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. پس از آن که تمام آزمودنی‌ها فرم رضایت نامه آگاهانه را امضا نمودند، سپس به طور تصادفی در دو گروه مداخله تمرینی: ۱- تمرین ترکیبی (CT؛ ۱۶ نفر) که یک برنامه متداول در سرای سالمندان است و ۲- تمرین مقاومتی با کش (ERT؛ ۲۱ نفر) به عنوان یک مداخله با محوریت تمرین مقاومتی قرار گرفتند. در نهایت، تعداد ۳ شرکت‌کننده از گروه CT و ۸ شرکت‌کننده از گروه ERT به دلایل مختلف نظیر عدم توانایی در تحمل ناشتایی شبانه و یا شرکت در کمتر از ۷۵ درصد از کل جلسات تمرینی از روند مطالعه خارج شدند و داده‌های آنها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار نگرفت (شکل ۱). در نهایت، شرکت‌کنندگان این پژوهش را ۲۶ زن سالمند مبتلا به T2DM با میانگین سنی $5.5 \pm$ سال و $BMI = 25.5 \pm 2$ کیلوگرم بر مترمربع تشکیل دادند که همگی ساکن بخش روزانه آسایشگاه خیریه کهریزک بودند و طبق برنامه ریزی مرکز، میبایست به‌طور منظم در برنامه ورزشی متداول آسایشگاه (شامل تمرینات ترکیبی با شدت کم) شرکت می‌کردند. مشخصات آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

¹ Glycated hemoglobin

² Elastic bands resistance training group



شکل ۱. فرآیند شناسایی، ثبت نام و تخصیص آزمودنی‌ها

جدول ۱. ویژگی‌های آنترپومتریک، بیوشیمیایی و HGS در زنان سالمند مبتلا به T2DM در گروه‌های پژوهش

متغیر	M ± Sd					
	ERT (۱۳ نفر)		CT (۱۳ نفر)		مجموع (۲۶ نفر)	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
سن (سال)	۷۱ ± ۴	-	۷۲ ± ۶	-	۷۲ ± ۵/۵	-
قد (سانتی متر)	۱۶۵ ± ۵	-	۱۶۴ ± ۶	-	۱۶۴ ± ۵/۵	-
وزن بدن (کیلوگرم)	۷۲ ± ۶	۷۱ ± ۶	۶۶ ± ۸	۶۸ ± ۷	۷۰ ± ۷	۷۰ ± ۶
BMI (کیلوگرم/متر مربع)	۲۶/۵ ± ۲	۲۶ ± ۲	۲۴/۵ ± ۳	۲۵ ± ۳	۲۵/۵ ± ۲	۲۶ ± ۲
انسولین ناشتا (μIU/ml)	۲۳ ± ۱۹	۹ ± ۳	۲۰ ± ۱۴	۹ ± ۴	۲۰ ± ۱۴	۹ ± ۳
گلوکز ناشتا (mg/dl)	۱۴۹ ± ۳۸	۱۴۱ ± ۳۷	۱۴۵ ± ۳۵	۱۵۴ ± ۳۸	۱۴۷ ± ۳۶	۱۴۴ ± ۳۸
مقاومت به انسولین	۸ ± ۶	۳ ± ۱	۷/۵ ± ۶	۴ ± ۳	۷/۵ ± ۵/۵	۳/۲ ± ۱/۷
HbA1c (درصد)	۷ ± ۱	۷ ± ۱	۷ ± ۱	۷ ± ۱	۶/۹ ± ۰/۹	۷ ± ۱
TNF-α (pg/ml)	۸۳ ± ۶/۵	۷۹ ± ۵	۷۸/۵ ± ۸	۷۹ ± ۸	۸۰ ± ۷	۸۰ ± ۸
HGS (کیلوگرم)	۱۵ ± ۳	۱۸ ± ۳	۱۵ ± ۳	۱۳ ± ۳	۱۵ ± ۳	۱۶ ± ۴

CT: گروه تمرین ترکیبی؛ ERT: گروه تمرین مقاومتی با کش؛ BMI: شاخص توده بدن؛ HbA1c: هموگلوبین گلیکوزیله؛ TNF-α: فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا؛ HGS: قدرت هندگریپ؛ Δ: تغییرات

ابزار

قدرت ایستای اندام فوقانی از طریق HGS غالب با استفاده از دینامومتر عقربه ای (YAGAMI؛ ۸۱۰۶۶۱) اندازه‌گیری شد. این آزمون ۳ مرتبه تکرار و هر بار مقدار قدرت ثبت شد و میانگین نتایج ۳ تکرار برای هر شرکت کننده در نظر گرفته شد. پس از اجرای هر آزمون از آزمودنی‌ها خواسته شد استراحت نموده و در صورت رفع خستگی آزمون را مجدد تکرار کنند به طوریکه حدوداً بین ۳۰ ثانیه الی ۱ دقیقه بین آزمون‌ها استراحت وجود داشت.

روند اجرای پژوهش

این پژوهش در مرکز آموزش علمی کاربردی آسایشگاه معلولین و سالمندان کهریزک - ایران با رعایت کامل موازین اخلاقی اجرا شد و در کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه خوارزمی تهران (IR.KHU.REC.۱۴۰۳.۱۰۸) و مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران (IRCT۲۰۲۴۱۰۰۸۰۶۳۲۹۰N۱) تأیید و به ثبت رسیده است. آزمودنی‌های گروه ERT در پروتکل فعالیت ورزشی مقاومتی فزاینده با استفاده از کش با شدت متوسط/ ≈ 45 دقیقه/ ۳ روز در هفته/ ۳ ست/ ۱۵-۱۰ تکرار/ به مدت ۳ ماه شرکت کردند (جدول ۲). رنگ کش‌ها نشان دهنده‌ی درجه کشسانی و سطح مقاومت کش بود. به منظور درجه‌بندی تلاش ادراک شده (RPE)^۱ در طول جلسات تمرینی از مقیاس بورگ^۲ و معادل $RPE = 13$ استفاده شد (جدول ۳)، در حالی که آزمودنی‌های CT طبق سابقه‌ای که در آسایشگاه در خصوص این مدل تمرین وجود داشت و یک برنامه با شدت پایین بود به شرکت در برنامه فعالیت ورزشی ترکیبی متداول آسایشگاه شامل تمرین مقاومتی با دستگاه، تمرین هوازی، تمرین انعطاف‌پذیری و تمرینات عضلات کف لگن با شدت پایین/ ≈ 30 دقیقه/ ۳ روز در هفته پرداختند. به علاوه به آزمودنی‌های هر دو گروه توصیه شد که فعالیت بدنی و رژیم غذایی معمول خود را در طول دوره پژوهش حفظ نمایند و مصرف داروهای خود را زیر نظر پزشک آسایشگاه ادامه دهند.

ارزیابی پارامترهای سرمی، آنترپومتریک و HGS

تمامی ارزیابی‌ها در دو مرحله پیش و پس آزمون (در ابتدا و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) صورت گرفت. به منظور خونگیری از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در روز خونگیری در ساعت ۷:۳۰ دقیقه صبح در محل آسایشگاه حاضر شوند. سپس از ورید بازویی تمامی آزمودنی‌ها در حالت ناشتا (به مدت ۱۲-۸ ساعت ناشتایی شبانه) به میزان ۱۰ سی‌سی نمونه خون گرفته شد. به منظور جداسازی سرمی، نمونه‌های خون با سرعت ۳۰۰۰ دور در ثانیه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سطوح HbA1c (کیت Pishtazteb ساخت ایران با حساسیت 1 mg/dl و $1.73 = \text{CV}\%$) و سطوح سرمی گلوکز ناشتا (کیت Bionik ساخت ایران با حساسیت 1 mg/dl و $0.1 \text{ } \mu\text{mg/l}$ و $0.85 = \text{CV}\%$) و سطوح سرمی $\text{TNF-}\alpha$ (کیت Elabscience ساخت ایران با حساسیت 469 pg/ml و $6.22 = \text{CV}\%$) و انسولین ناشتا (کیت Monobind Inc ساخت آمریکا با حساسیت $0.1 \text{ } \mu\text{IU/ml}$ و $0.93 = \text{CV}\%$) به روش الایزا^۳ (الایزایدر) اندازه‌گیری شدند. به علاوه مقاومت به انسولین نیز از فرمول $[4.05 / (\text{mg/dl}) \times \text{انسولین ناشتا} (\text{ } \mu\text{IU/ml})] = \text{شاخص مقاومت به انسولین}$ (HOMA.IR)^۴ محاسبه شد (۲۲).

¹ Rating of perceived exertion

² Borg scale

³ Elisa

⁴ Homeostatic Model Assessment for Insulin Resistance

جدول ۲. برنامه تمرین فعالیت ورزشی مقاومتی با کش

مدت (دقیقه)	گروه عضلانی هدف	شدت (تکرار/ست)	
		-	گرم کردن
۱۰	بازکننده‌ها و خم‌کننده‌های فوقانی بازکننده‌ها و خم‌کننده‌های تحتانی		تمرینات موبیلیتی گردن، اندام فوقانی و پشت خم کردن-باز کردن اندام تحتانی
۱۵-۲۰			بخش فوقانی
	بازکننده‌های بخش فوقانی	۱۰-۱۵/۳	پرس سینه نشسته
	خم‌کننده‌های بخش فوقانی	۱۰-۱۵/۳	قایقی نشسته
	گروه عضلانی کمربند شانه‌ای	۱۰-۱۵/۳	پرس شانه نشسته
۱۵-۲۰			بخش تحتانی
	گروه عضلانی کمربند لگنی	۱۰-۱۵/۳	کانستریک-اکسنتریک ران
	بازکننده‌ها و خم‌کننده‌های تحتانی بازکننده‌های	۱۰-۱۵/۳	کانستریک-اکسنتریک زانو
	بخش تحتانی	۱۰-۱۵/۳	پرس پا
۵	کشش عضلات فوقانی و تحتانی	-	سرد کردن

جدول ۳. افزایش شدت تمرین براساس رنگ کش و تعداد تکرار

هفته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
زرد	✓	✓										
سبز			✓	✓								
صورتی					✓	✓						
قرمز							✓	✓	✓	✓	✓	✓
تکرار	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
ست							۳					
RPE*							۱۰-۱۳					

✓=رنگ کش‌های مورد استفاده

* شاخص درک فشار براساس مقیاس بورگ (RPE)

روش آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۷ استفاده شد. در ابتدا، پس از شناسایی داده‌های پرت^۱ از طریق نمودار جعبه‌ای و حذف آنها، با استفاده از آزمون آماری شاپیروویلک به بررسی طبیعی بودن توزیع تغییرات (مقادیر پیش آزمون - مقادیر پس آزمون) متغیرهای وزن، BMI، انسولین و گلوکز ناشتا، مقاومت به انسولین، HbA1c و TNF- α به تفکیک گروه و در مجموع آزمودنی‌ها پرداخته شد. در صورتی که توزیع داده‌ها طبیعی بود از آزمون پارامتریک ضریب همبستگی پیرسون^۲ و در غیر این صورت از آزمون

^۱ Outlier^۲ Pearson correlation test

ناپارامتریک ضریب همبستگی اسپیرمن^۱ به منظور بررسی ارتباط بین تغییرات متغیرها استفاده شد. ضریب همبستگی در سطح $(0.05) \leq P$ معنادار در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

همبستگی تغییرات HGS با تغییرات عوامل آنروپومتری

پژوهش حاضر نشان داد بین تغییرات HGS با تغییرات وزن بدن و با تغییرات BMI در هیچ یک از گروه‌های پژوهش در زنان سالمند مبتلا به T2DM همبستگی معناداری وجود ندارد $(P > 0.05)$ (جدول ۴).

جدول ۴. همبستگی بین تغییرات عوامل آنروپومتری با تغییرات HGS در زنان سالمند مبتلا به T2DM

متغیر	ERT (n= ۱۳)		CT (n= ۱۳)		مجموع (n= ۲۶)	
	Δ وزن بدن	BMI Δ	Δ وزن بدن	BMI Δ	Δ وزن بدن	BMI Δ
HGS Δ	$r_s = 0.65$	$r_s = -0.546$	$r_p = -0.175$	$r_p = -0.181$	$r_p = -0.371$	$r_p = -0.330$
	$p = 0.06$	$p = 0.12$	$p = 0.63$	$p = 0.61$	$p = 0.08$	$p = 0.12$

یادداشت: ERT: تمرین مقاومتی با کش؛ CT: تمرین ترکیبی؛ HGS: قدرت هندگریپ؛ BMI: شاخص توده بدن؛ Δ: تغییرات؛ r_s : ضریب همبستگی اسپیرمن؛ r_p : ضریب همبستگی پیرسون

همبستگی تغییرات HGS با تغییرات شاخص‌های گلاسمیک

پژوهش حاضر نشان داد تنها بین تغییرات HGS با تغییرات مقاومت به انسولین در گروه ERT همبستگی مثبت معنادار وجود دارد اما بین تغییرات HGS با تغییرات سایر شاخص‌های گلاسمیک در هیچ یک از گروه‌های پژوهش در زنان سالمند مبتلا به T2DM همبستگی معناداری مشاهده نشد $(P > 0.05)$ (جدول ۵).

جدول ۵. همبستگی بین تغییرات شاخص‌های گلاسمیک با تغییرات HGS در زنان سالمند مبتلا به T2DM

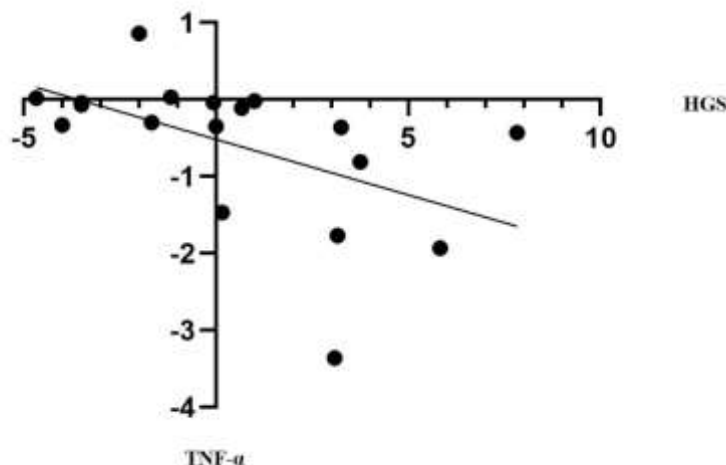
متغیر	انسولین ناشتا		Δ گلوکز ناشتا		Δ مقاومت به انسولین		HbA1c Δ
	انسولین ناشتا	Δ انسولین ناشتا	Δ گلوکز ناشتا	Δ مقاومت به انسولین	Δ مقاومت به انسولین	Δ مقاومت به انسولین	HbA1c Δ
HGS Δ (ERT: ۱۳ نفر)	$r_s = 0.467$	$r_s = -0.55$	$r_s = -0.55$	$r_s = 0.775$	$r_s = 0.775$	$r_s = 0.775$	$r_s = -0.454$
	$p = 0.24$	$p = 0.09$	$p = 0.09$	$p = 0.04^*$	$p = 0.04^*$	$p = 0.04^*$	$p = 0.22$
HGS Δ (CT: ۱۳ نفر)	$r_p = 0.098$	$r_p = -0.131$	$r_p = -0.131$	$r_s = -0.115$	$r_s = -0.115$	$r_s = -0.115$	$r_p = -0.379$
	$p = 0.8$	$p = 0.75$	$p = 0.75$	$p = 0.75$	$p = 0.75$	$p = 0.75$	$p = 0.28$
HGS Δ (مجموع: ۲۶ نفر)	$r_s = 0.344$	$r_p = -0.19$	$r_p = -0.19$	$r_s = 0.218$	$r_s = 0.218$	$r_s = 0.218$	$r_p = -0.224$
	$p = 0.12$	$p = 0.41$	$p = 0.41$	$p = 0.33$	$p = 0.33$	$p = 0.33$	$p = 0.34$

یادداشت: ERT: تمرین مقاومتی با کش؛ CT: تمرین ترکیبی؛ HGS: قدرت هندگریپ؛ HbA1c: هموگلوبین گلیکوزیله؛ Δ: تغییرات؛ r_s : ضریب همبستگی اسپیرمن؛ r_p : ضریب همبستگی پیرسون؛ * ضریب همبستگی در سطح $p \leq 0.05$ معنادار است.

همبستگی تغییرات HGS با تغییرات شاخص التهابی $TNF-\alpha$

¹ Spearman correlation test

پژوهش حاضر نشان داد بین تغییرات HGS با تغییرات $TNF-\alpha$ در مجموع زنان سالمند مبتلا به T2DM همبستگی معکوس قوی و معناداری وجود دارد (شکل ۲) اما این ارتباط در گروه ERT و CT به صورت جداگانه مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۶).



شکل ۲. همبستگی بین تغییرات HGS با تغییرات شاخص التهابی $TNF-\alpha$ در مجموع زنان سالمند مبتلا به T2DM

جدول ۶. همبستگی بین تغییرات شاخص التهابی $TNF-\alpha$ با تغییرات HGS در زنان سالمند مبتلا به T2DM

متغیر	ERT (n= ۱۳)	CT (n= ۱۳)	مجموع (n= ۲۶)
HGS Δ	$r_s = 0.541$	$r_p = -0.305$	$r_s = -0.685$
	$p = 0.1$	$p = 0.5$	$p = 0.003^*$

یادداشت: ERT: تمرین مقاومتی با کش؛ CT: تمرین ترکیبی؛ HGS: قدرت هندگریپ؛ $TNF-\alpha$: فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا؛ Δ : تغییرات؛ r_s : ضریب همبستگی

اسپیرمن؛ r_p : ضریب همبستگی پیرسون؛ * ضریب همبستگی در سطح $p \leq 0.05$ معنادار است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین تغییرات HGS با تغییرات شاخص‌های گلاسیسمیک و التهابی در زنان سالمند مبتلا به T2DM پس از انجام یک دوره مداخله تمرین مقاومتی با کش و تمرین ترکیبی بود. پس از بررسی داده‌های به دست آمده نشان دادیم بین تغییرات HGS با تغییرات فاکتور التهابی $TNF-\alpha$ در مجموع آزمودنی‌ها همبستگی معکوس قوی و معناداری وجود دارد و بین تغییرات HGS با تغییرات مقاومت به انسولین تنها در گروه ERT همبستگی مثبت مشاهده شد. به طور کلی کاهش قدرت عضلانی در سالمندان بسیار بیشتر از کاهش توده عضلانی است که نشان می‌دهد کیفیت بافت عضلانی باقی مانده با افزایش سن کاهش می‌یابد (۱۸) و یکی از علل آن می‌تواند به سطوح بیشتر بافت چربی درون عضلانی (IMAT)^۱ در سالمندان بازگردد که با عملکرد عضلانی پایین‌تر همراه است (۲۳). علاوه بر این حقیقت که IMAT ممکن است بر معماری عضله و در نتیجه تولید نیرو توسط عضله تأثیر بگذارد، همچنین واسطه‌های التهابی متنوعی را آزاد می‌کند که منجر به التهاب موضعی و سیستماتیک می‌شود (۲۴، ۲۵).

¹. Intermuscular adipose tissue

یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد تنها بین تغییرات HGS (۰/۸) با تغییرات $TNF-\alpha$ (۰/۵-) در مجموع زنان سالمند مبتلا به T2DM همبستگی معکوس قوی و معناداری وجود داشت. این یافته با یافته‌های کامپر^۱ (۱۰) و همکاران (۲۰۲۱)، بیون^۲ (۸) و همکاران (۲۰۱۷) و ویسر^۳ (۹) و همکاران (۲۰۰۲) همسو است. بیون و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند همبستگی معکوسی بین HGS و شاخص توده عضله اسکلتی با $hsTNF-\alpha$ در بیماران میانسال و سالمند مبتلا به بیماری مزمن انسدادی ریه وجود دارد (۸). کامپر و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند سطوح بالاتر نشانگرهای التهابی نظیر hsCRP با HGS کمتر در زنان سالمند ارتباط دارد (۱۰). ویسر و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند غلظت‌های بالاتر پلاسمایی IL-6 و $TNF-\alpha$ با توده عضلانی و قدرت عضلانی کمتر در مردان و زنان سالمند که عملکرد خوبی داشتند مرتبط هستند (۹). از آنجایی که همبستگی مثبتی بین HGS و شاخص توده عضله اسکلتی وجود دارد (۸)، ممکن است سطح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی تا حدی از طریق تأثیر بر توده عضلانی، بر قدرت عضلات تأثیر بگذارند (۹). با توجه به آنکه آزمودنی‌های پژوهش حاضر زنان سالمند مبتلا به T2DM بودند که حداقل به مدت ۳ ماه فعالیت ورزشی منظم انجام داده بودند و انجام تمرینات هوازی (۲۳) و مقاومتی (۲۶) منظم در سالمندان موجب کاهش IMAT (۲۳)، افزایش توده بدون چربی، کاهش توده چربی و کاهش بیان ژن فاکتورهای التهابی نظیر $TNF-\alpha$ (۲۶) که یک فاکتور التهابی بالقوه در پروتئولیز عضلات اسکلتی به واسطه تحریک فعال‌سازی مسیر یوبیکوئیتین-پروتئازوم^۴ می‌باشد (۲۷)، می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد تغییر در ترکیب بدن آزمودنی‌های پژوهش حاضر از طریق انجام فعالیت ورزشی با افزایش HGS و متعاقباً کاهش $TNF-\alpha$ همراه بوده است. از طرفی در پژوهش‌هایی که همبستگی چشمگیری را بین HGS با فاکتورهای التهابی نشان دادند تعداد آزمودنی‌ها بالا بود (۸-۱۰) که می‌تواند تا حدودی علت وجود همبستگی معنادار بین تغییرات HGS با تغییرات $TNF-\alpha$ در مجموع آزمودنی‌های پژوهش حاضر (۱۶ نفر) را برخلاف دیگر گروه‌های مورد پژوهش (ERT و CT: ۱۳ نفر) نشان دهد.

از آنجاییکه عضلات اسکلتی بافت اصلی در برداشت و پاکسازی گلوکز از خون هستند، بنابراین کاهش توده عضلانی ممکن است مقاومت به انسولین را در افراد سالمند تشدید نماید (۳). به علاوه گلوکز خون یک ماده‌ی ضروری در متابولیسم است که در صورت عدم تنظیم می‌تواند بر HGS تأثیر بگذارد (۲۸). یافته‌های بدست آمده از پژوهش حاضر نشان داد بین تغییرات HGS با تغییرات مقاومت به انسولین در گروه ERT همبستگی مثبتی وجود داشت اما بین تغییرات آن با تغییرات سایر شاخص‌های گلیسمیک در هیچ یک از گروه‌های مورد پژوهش در زنان سالمند مبتلا به T2DM همبستگی معناداری مشاهده نشد. این یافته‌ها با یافته‌های پارک^۵ (۴) و همکاران (۲۰۰۶) و جو^۶ (۲۹) و همکاران (۲۰۲۱) ناهمسو و با یافته‌های کالیانی (۳۰) و همکاران (۲۰۱۵) همسو است. پارک و همکاران (۲۰۰۶) یک روند خطی بین سطوح کنترل قند خون با کیفیت و قدرت عضلانی نشان دادند. به طوریکه افراد دیابتی با کنترل ضعیف قند خون (۸ درصد $HbA1c >$) کمترین کیفیت و یا قدرت عضلانی را بدون توجه به جنسیت و گروه‌های عضلانی مورد بررسی، داشتند (۴). جو و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند HGS نسبی پایین‌تر با افزایش خطر مقاومت به انسولین در مردان سالمند بدون دیابت ارتباط معکوس داشت (۲۹) که با یافته‌های پژوهش حاضر ناهمسو است. درحالیکه کالیانی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند ارتباط معکوس معناداری بین گلوکز ناشتا و HGS در مردان وجود دارد اما در زنان اینطور نیست. به طوریکه هیچ ارتباطی بین گلوکز ناشتا و قند خون ۲ ساعته با HGS در زنان سالمند مشاهده نشد که با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است (۳۰). در پژوهش حاضر نشان دادیم تغییرات HGS (۲/۴ کیلوگرم) و $HbA1c$ (۰/۲ درصد) پس از یک دوره ERT مثبت و تغییرات مقاومت به انسولین در گروه ERT (۱-) از گروه

1. Kamper

2. Byun

3. Visser

4. Ubiquitin-proteasome pathway

5. Park

6. Joo

CT (-۲) کمتر منفی بود. پیش‌تر همبستگی مثبت بین HbA1c با مقاومت به انسولین (۳۱) و بین HGS با شاخص توده عضله اسکلتی (۸) و همبستگی معکوس بین HbA1c با سطح مقطع عضلانی پس از یک دوره فعالیت ورزشی مقاومتی (۳۲) گزارش شده است. اگرچه گزارش‌ها حاکی از وجود همبستگی قوی بین افزایش توده عضلانی و بهبود وضعیت گلیسمیک پس از یک دوره تمرینات مقاومتی است (۳۲) اما علاوه بر ویژگی‌های پروتکل تمرین مقاومتی نظیر شدت (۳۳) و فرکانس تمرین، رژیم غذایی و دارودرمانی (۳۴) نیز تأثیر بسزایی در تعدیل شاخص‌های گلیسمیک ایفا می‌کنند. با این حال یک دوره تمرین ERT نتوانسته بود تفاوت چشمگیری در قدرت و توده عضلانی در سالمندان ایجاد نماید (۳۵). بنابراین ممکن است افزایش قدرت عضلانی در پژوهش حاضر نیز مستقل از افزایش توده عضلانی و احتمالاً ناشی از سازگاری عصبی-عضلانی نظیر به کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر (۳۶) باشد. بنابراین به نظر می‌رسد همبستگی مشاهده شده بین HGS با مقاومت به انسولین پس از یک دوره ERT در این پژوهش مستقل از افزایش توده عضلانی و احتمالاً متأثر از سایر علل نظیر سازگاری عصبی و عدم کنترل رژیم غذایی باشد. با این حال ارزیابی توده عضلانی و بررسی میزان فراخوانی تارهای عضلانی پس از مداخله ورزشی و همچنین کنترل رژیم غذایی در حین مداخله در پژوهش‌های آتی می‌تواند در بررسی این موضوع یاری دهنده باشد. از طرفی ممکن است تفاوت در ترکیب بدن (بافت بدون چربی و قدرت بالاتنه بیشتر (۳۷) و تارهای عضلانی بزرگتر در اندام‌های فوقانی و تحتانی در مردان (۳۸) و تفاوت‌های هورمونی (از دست دادن بیشتر توده عضلانی به دلیل کاهش هورمون رشد و آندروژن‌ها با افزایش سن در مردان) (۳۹) از جمله علل اثرگذار ناشی از تفاوت‌های جنسیتی باشد که می‌تواند در ارتباط بین سطح گلوکز ناشتا با HGS دخیل باشد (۳۰). به علاوه محققان نشان دادند تمرینات مقاومتی موجب افزایش قدرت در سالمندان مبتلا به و بدون T2DM می‌شود اما وضعیت متابولیکی را در سالمندان بدون ابتلا به T2DM بهتر بهبود می‌بخشد (۴۰). بنابراین احتمالاً عدم وجود همبستگی بین تغییرات HGS با تغییرات بیشتر شاخص‌های گلیسمیک در پژوهش حاضر نیز تا حدودی می‌تواند به جنسیت آزمودنی‌های ما و ابتلای آن‌ها به T2DM بازگردد.

به علاوه محققان نشان دادند مقادیر میانگین BMI در زنان نسبت به مردان سالمند به طور قابل توجهی بالاتر است (۴۱). از طرفی عملکرد جسمانی در سالمندانی که قدرت عضلانی اندک و BMI بالا دارند نسبت به سایرین ضعیف است (۴۲). یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد بین تغییرات HGS با تغییرات وزن بدن و با تغییرات BMI در هیچ یک از گروه‌های پژوهش در زنان سالمند مبتلا به T2DM همبستگی معناداری وجود نداشت. یافته‌های پژوهش حاضر با یافته‌های هاردی^۱ (۴۲) و همکاران (۲۰۱۳) و سیلوا^۲ (۴۱) و همکاران ناهمسو است. هاردی (۴۲) و همکاران، نشان دادند BMI بالاتر با HGS بالاتر فقط در مردان، نه زنان، سالمند ارتباط دارد درحالیکه سیلوا و همکاران (۲۰۱۳) همبستگی ضعیف و مثبتی بین HGS با BMI تنها در زنان سالمند، نه مردان، نشان دادند (۴۱). با این حال یافته‌های ما با یافته‌های ویرینگ^۳ (۱۱) و همکاران و با یافته‌های شهیدا^۴ (۴۳) و همکاران همسو است. شهیدا (۴۳) و همکاران نشان دادند هیچگونه همبستگی بین HGS با وزن بدن در سالمندان وجود ندارد که با یافته‌های ما همسو است. ویرینگ (۱۱) و همکاران نیز نشان دادند که HGS با BMI در سالمندان همبستگی نداشت و بیان داشتند که احتمالاً این عدم همبستگی به دلیل مقادیر همگن BMI در بین جنس‌ها و گروه‌های سنی باشد. از طرفی محققان نشان دادند یک دوره فعالیت ورزشی موجب افزایش قدرت در سالمندان مبتلا به T2DM می‌شود (۴۴) درحالیکه نمی‌تواند تغییر چشمگیری در وزن و BMI در زنان سالمند چاق ایجاد نماید (۴۵). بنابراین احتمالاً وزن بدن مازاد که توسط BMI تأیید می‌شود، عامل تعیین‌کننده‌ای برای قدرت عضلانی بیشتر در سالمندان نباشد (۴۱). از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم وجود دستگاه‌های پیشرفته نظیر دستگاه بادی کامپوزیشن به منظور اندازه‌گیری تغییرات

1. Hardy

2. Silva

3. Wearing

4. Shahida

توده‌ی عضلانی و ترکیب بدن در محل آسایشگاه و عدم امکان خروج آزمودنی‌ها از محیط آسایشگاه به منظور ارزیابی‌های دقیق‌تر بود، که می‌توانست در بررسی دقیق‌تر تغییرات HGS و ارتباط آن با فاکتورهای مورد ارزیابی یاری دهنده باشد.

به طور کلی یافته‌های به دست آمده از این پژوهش نشان داد قدرت هندگریپ با وضعیت التهابی در زنان سالمند مبتلا به T2DM ارتباط دارد. بنابراین به نظر می‌رسد انجام فعالیت ورزشی از طریق افزایش قدرت هندگریپ با کاهش نشانگرهای التهابی نقش مهمی در بهبود وضعیت سلامت زنان سالمند مبتلا به T2DM داشته باشد. با این حال قدرت هندگریپ به تنهایی نمی‌تواند پیشگوی مناسبی برای وضعیت سایر جنبه‌های سلامتی نظیر وضعیت گلاسمیک در زنان سالمند مبتلا به T2DM باشد و به نظر می‌رسد عوامل دیگری نظیر آمادگی قلبی-عروقی، جنسیت و ترکیب بدن در این حوزه موثراند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی به بررسی ارتباط همزمان این عوامل پرداخته شود.

پی‌نوشت

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در پژوهش حاضر هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

تأییدیه اخلاق

پژوهش حاضر در کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه خوارزمی تهران (IR.KHU.REC.۱۴۰۳.۱۰۸) و مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران (IRCT۲۰۲۴۱۰۰۸۰۶۳۲۹۰N۱) تأیید و به ثبت رسیده است.

حمایت مالی

این اثر تحت حمایت مادی بنیاد ملی علم ایران (INSF)^۱ برگرفته شده از طرح به شماره ۴۰۲۶۲۰۶ انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

حمید رجبی: بازبینی و ویرایش متن، نگارش پیش‌نویس اولیه، سرپرستی پژوهش، طراحی روش‌شناسی و مفهوم پردازی. شکوفه خردمند: تجزیه و تحلیل داده‌ها و مفهوم پردازی.

تقدیر و تشکر

از شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر که در انجام این مطالعه با نویسندگان همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

References

1. Almeida JN, Prado WL, Terra CM, Oliveira MG, Garcia RA, Pinfildi CE, et al. Effects of photobiomodulation on muscle strength in post-menopausal women submitted to a resistance training program. *Lasers in medical science*. 2020;35:355-63.

¹ Iran National Science Foundation

2. Angulo J, El Assar M, Álvarez-Bustos A, Rodríguez-Mañas L. Physical activity and exercise: Strategies to manage frailty. *Redox biology*. 2020;35:101513.
3. Lee J, Kim D, Kim C. Resistance training for glycemic control, muscular strength, and lean body mass in old type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Therapy*. 2017;8:459-73.
4. Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, de Rekeneire N, Harris TB, Schwartz AV, et al. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes*. 2006;55(6):1813-8.
5. Bellary S, Kyrou I, Brown JE, Bailey CJ. Type 2 diabetes mellitus in older adults: clinical considerations and management. *Nature Reviews Endocrinology*. 2021;17(9):534-48.
6. Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, Kuller LH, Broudeau R, Kammerer C, et al. Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes care*. 2007;30(6):1507-12.
7. Schwartz AV, Hillier TA, Sellmeyer DE, Resnick HE, Gregg E, Ensrud KE, et al. Older women with diabetes have a higher risk of falls: a prospective study. *Diabetes care*. 2002;25(10):1749-54.
8. Byun MK, Cho EN, Chang J, Ahn CM, Kim HJ. Sarcopenia correlates with systemic inflammation in COPD. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2017;669-75.
9. Visser M, Pahor M, Taaffe DR, Goodpaster BH, Simonsick EM, Newman AB, et al. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor- α with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2002;57(5):M326-M32.
10. Kamper RS, Alcazar J, Andersen LL, Haddock B, Jørgensen NR, Hovind P, et al. Associations between inflammatory markers, body composition, and physical function: the Copenhagen Sarcopenia Study. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2021;12(6):1641-52.
11. Wearing J, Konings P, Stokes M, de Bruin ED. Handgrip strength in old and oldest old Swiss adults—a cross-sectional study. *BMC geriatrics*. 2018;18(1):266.
12. Mendoza-Núñez VM, Rosado-Pérez J, Santiago-Osorio E, Ortiz R, Sanchez-Rodriguez MA, Galván-Duarte RE. Aging linked to type 2 diabetes increases oxidative stress and chronic inflammation. *Rejuvenation research*. 2011;14(1):25-31.
13. Mcleod JC, Stokes T, Phillips SM. Resistance exercise training as a primary countermeasure to age-related chronic disease. *Frontiers in physiology*. 2019;10:645.
14. Calle MC, Fernandez ML. Effects of resistance training on the inflammatory response. *Nutrition research and practice*. 2010;4(4):259-69.
15. Bachi AL, Rocha GA, Sprandel MC, Ramos LR, Gravina CF, Pithon-Curi TC, et al. Exercise training improves plasma lipid and inflammatory profiles and increases cholesterol transfer to high-density lipoprotein in elderly women. 2015.
16. Marques E, Carvalho J, Soares J, Marques F, Mota J. Effects of resistance and multicomponent exercise on lipid profiles of older women. *Maturitas*. 2009;63(1):84-8.
17. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2011;12(4):249-56.
18. Suetta C, Haddock B, Alcazar J, Noerst T, Hansen OM, Ludvig H, et al. The Copenhagen Sarcopenia Study: lean mass, strength, power, and physical function in a Danish cohort aged 20–93 years. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*. 2019;10(6):1316-29.
19. Motalebi SA, Iranagh JA, Mohammadi F, Cheong LS. Efficacy of elastic resistance training program for the institutionalized elderly. *Topics in Geriatric Rehabilitation*. 2018;34(2):105-11.
20. Zhang J, San Tam WW, Hounsri K, Kusuyama J, Wu VX. Effectiveness of combined aerobic and resistance exercise on cognition, metabolic health, physical function, and health-related quality of life in middle-aged and older adults with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2024;105(8):1585-99.
21. Martins WR, de Oliveira RJ, Carvalho RS, de Oliveira Damasceno V, da Silva VZM, Silva MS. Elastic resistance training to increase muscle strength in elderly: a systematic review with meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2013;57(1):8-15.

22. Ryu H-E, Lee JH, Park B, Heo S-J, Kwon Y-J. Impact of Meal Frequency on Insulin Resistance in Middle-Aged and Older Adults: A Prospective Cohort Study. *Diabetes & Metabolism Journal*. 2025;49(2):311-20.
23. Konopka AR, Wolff CA, Suer MK, Harber MP. Relationship between intermuscular adipose tissue infiltration and myostatin before and after aerobic exercise training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2018;315(3):R461-R8.
24. Calvani R, Marini F, Cesari M, Buford TW, Manini TM, Pahor M, et al. Systemic inflammation, body composition, and physical performance in old community-dwellers. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*. 2017;8(1):69-77.
25. Zoico E, Rossi A, Di Francesco V, Sepe A, Oliosio D, Pizzini F, et al. Adipose tissue infiltration in skeletal muscle of healthy elderly men: relationships with body composition, insulin resistance, and inflammation at the systemic and tissue level. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 2010;65(3):295-9.
26. Macêdo Santiago LÂ, Neto LGL, Borges Pereira G, Leite RD, Mostarda CT, de Oliveira Brito Monzani J, et al. Effects of Resistance Training on Immunoinflammatory Response, TNF-Alpha Gene Expression, and Body Composition in Elderly Women. *Journal of aging research*. 2018;2018(1):1467025.
27. Buford TW, Anton SD, Judge AR, Marzetti E, Wohlgemuth SE, Carter CS, et al. Models of accelerated sarcopenia: critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy. *Ageing research reviews*. 2010;9(4):369-83.
28. Ojulari LS, Agodirin OS, Sulaiman SE, Amali M. Systematic Review of the Relationship Between Handgrip Strength and Blood Glucose Levels in Young Adults and the Elderly. *Pan-African Journal of Health and Environmental Science*. 2024;3(2):132-46.
29. Joo K-C, Son D-H, Park J-M. Association between relative handgrip strength and insulin resistance in Korean elderly men without diabetes: findings of the 2015 Korea national health nutrition examination survey. *Korean journal of family medicine*. 2022;43(3):199.
30. Kalyani RR, Kim C, Ferrucci L, Laughlin GA, Kritz-Silverstein D, Kong S, et al. Sex differences in the association of fasting and postchallenge glucose levels with grip strength among older adults: the Rancho Bernardo Study. *BMJ open diabetes research & care*. 2015;3(1).
31. Saha S, Schwarz PE. Impact of glycated hemoglobin (HbA1c) on identifying insulin resistance among apparently healthy individuals. *Journal of public health*. 2017;25(5):505-12.
32. Eriksson J, Taimela S, Eriksson K, Parviainen S, Peltonen J, Kujala U. Resistance training in the treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *International journal of sports medicine*. 1997;18(04):242-6.
33. Lee J, Kim D, Kim C. Resistance training for glycemic control, muscular strength, and lean body mass in old type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Therapy*. 2017;8(3):459-73.
34. Feng M, Gu L, Zeng Y, Gao W, Cai C, Chen Y, et al. The efficacy of resistance exercise training on metabolic health, body composition, and muscle strength in older adults with type 2 diabetes: A systematic review and Meta-Analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2025;112079.
35. Martins WR, Safons MP, Bottaro M, Blasczyk JC, Diniz LR, Fonseca RMC, et al. Effects of short term elastic resistance training on muscle mass and strength in untrained older adults: a randomized clinical trial. *BMC geriatrics*. 2015;15(1):99.
36. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports medicine*. 2006;36(2):133-49.
37. Bf H. Age, gender, and muscular strength. *J Gerontol Biol Sci Med Sci*. 1995;50:41-4.
38. Miller AEJ, MacDougall J, Tarnopolsky M, Sale D. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1993;66(3):254-62.
39. Doherty TJ. The influence of aging and sex on skeletal muscle mass and strength. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2001;4(6):503-8.
40. Shabkhiz F, Khalafi M, Rosenkranz S, Karimi P, Moghadami K. Resistance training attenuates circulating FGF-21 and myostatin and improves insulin resistance in elderly men with and without type 2 diabetes mellitus: A randomised controlled clinical trial. *European journal of sport science*. 2021;21(4):636-45.

41. de Almeida Silva N, de Menezes TN, de Melo RLP, Pedraza DF. Handgrip strength and flexibility and their association with anthropometric variables in the elderly. *Revista da Associação Médica Brasileira (English Edition)*. 2013;59(2):128-35.
42. Hardy R, Cooper R, Aihie Sayer A, Ben-Shlomo Y, Cooper C, Deary IJ, et al. Body mass index, muscle strength and physical performance in older adults from eight cohort studies: the HALCYON programme. *PloS one*. 2013;8(2):e56483.
43. Shahida MN, Zawiah MS, Case K. The relationship between anthropometry and hand grip strength among elderly Malaysians. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2015;50:17-25.
44. Ibañez J, Izquierdo M, ARGuelles I, Forga L, Larrión JL, García-Unciti M, et al. Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes care*. 2005;28(3):662-7.
45. Roh H-T, Cho S-Y, So W-Y. A cross-sectional study evaluating the effects of resistance exercise on inflammation and neurotrophic factors in elderly women with obesity. *Journal of clinical medicine*. 2020;9(3):842.