



2025 (Summer), 3(2): 9-19

DOI:

Review article

Journal of Physiology of Training and Sports Injuries

(PTSIJournal@gmail.com)

(zanjan.ptsijournal@iaui.ir)

<https://sanad.iaui.ir/journal/eps>

Received: 2025/5/15

Accepted: 2025/8/1

(ISSN: 3060 - 6306)

Tabata Training and Metabolic–Functional Outcomes: A Narrative Review of Iranian Studies

Zahra Mirzashaeri¹, Farshad Ghazalian², Shahin Salehi³, Mohammad Ali Azarbayjani⁴

1. Department of Exercise Physiology, SRB.I.A.U., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Exercise Physiology, SRB.I.A.U., Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author).

Email: phdghazalian@gmail.com

3. Department of Sports and Exercise Medicine, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4. Department of Exercise Physiology, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract:

Tabata training, a distinct form of high-intensity interval training (HIIT) consisting of 20-second high-intensity bouts followed by 10-second rest intervals, has recently gained increasing attention among Iranian researchers. This narrative review aimed to comprehensively examine the metabolic and functional effects of the Tabata protocol in Iranian populations between 2014 and July 2025.

A systematic search was conducted in domestic databases (MagIran, SID, Noormags) and international databases (PubMed, Scopus) using relevant keywords. Twenty-four studies, including randomized controlled trials, quasi-experimental designs, and crossover studies, were included. Study populations encompassed women with polycystic ovary syndrome (PCOS), overweight or obese individuals, team sport and combat athletes, and operational personnel. Due to substantial heterogeneity in intervention protocols and statistical reporting, meta-analysis was not feasible, and a narrative synthesis approach was adopted.

Tabata training was associated with reductions in BMI (1.5–3.5%) and BF percentage (2–4%), along with favorable alterations in lipid profiles, including decreases in TG, LDL, and TC, accompanied by an increase in HDL. In women with PCOS, improvements in insulin resistance and beneficial changes in adipokine levels were observed. Functionally, VO₂max improved by approximately 4–11%, with additional gains in anaerobic capacity and sprint performance, whereas results for vertical jump and flexibility were inconsistent. Sand-based Tabata interventions were linked to enhanced cardiovascular recovery.

Tabata training appears to exert promising metabolic and functional benefits in Iranian populations and may serve as a time-efficient strategy for managing PCOS and obesity. Nonetheless, the reliability of these findings is constrained by small sample sizes, short intervention durations, and the concurrent use of supplements or medications. Accordingly, future long-term randomized controlled trials with rigorous monitoring of diet, sleep, actual training intensity, and clinically relevant outcomes are warranted.

Keywords: Tabata Training, HIIT, Body Composition, PCOS, VO₂max, Cardiometabolic health.

How to Cite: Mirzashaeri, Z., Ghazalian, F., Salehi, S., Azarbayjani, M.A. (2025). Tabata Training and Metabolic–Functional Outcomes: A Narrative Review of Iranian Studies. Journal of Physiology of Training and Sports Injuries, 3(2):9-19. [Persian].

فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب‌های ورزشی؛ تابستان ۱۴۰۴، ۳(۲).



دوره ۳ - شماره ۲
تابستان ۱۴۰۴ - صص: ۹-۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۱۰
مقاله مروری

تمرینات تاباتا و پیامدهای متابولیکی-عملکردی: مرور روایتی شواهد پژوهش‌های ایرانی

زهرا میرزاشاعری^۱، فرشاد غزالیان^۲، شاهین صالحی^۳، محمدعلی آذربایجانی^۴

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، گروه علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. دانشیار فیزیولوژی ورزش، گروه علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).
آدرس پست الکترونیک: phdghazalian@gmail.com
۳. دانشیار طب ورزش و تمرین، گروه طب ورزش و تمرین، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۴. استاد فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده:

تمرینات تاباتا به‌عنوان یکی از شناخته‌شده‌ترین الگوهای تمرینات اینتروال با شدت بالا، شامل چرخه‌های کوتاه ۲۰ ثانیه‌ای فعالیت شدید متناوب با ۱۰ ثانیه استراحت، در سال‌های اخیر، توجه بسیاری از پژوهشگران ایرانی را به خود جلب کرده است. این نوع تمرین، به دلیل کوتاهی مدت، قابلیت اجرا در محیط‌های محدود و پتانسیل بالا در بهبود پارامترهای متابولیکی و عملکردی، به‌عنوان یک مداخله مؤثر برای جمعیت‌های مختلف از جمله افراد دارای اضافه‌وزن، ورزشکاران و بیماران خاص مطرح شده است. هدف این مرور روایتی، ارائه یک تحلیل جامع از شواهد موجود در مطالعات ایرانی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ژوئیه ۲۰۲۵ و ارزیابی اثرات متابولیکی، عملکردی و ترکیبی تمرینات تاباتا در این جمعیت‌ها است. یک جستجوی گسترده در پایگاه‌های داخلی شامل SID، MagIran و Noormags و همچنین پایگاه‌های بین‌المللی مانند PubMed و Scopus با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط انجام شد. در مجموع، ۲۴ مطالعه شامل کارآزمایی‌های تصادفی، شبه‌تجربی و طراحی‌های مقطعی شناسایی و بررسی شدند. جمعیت‌های مورد مطالعه شامل زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، افراد دارای اضافه‌وزن یا چاق، ورزشکاران تیمی و رزمی و کارکنان عملیاتی بودند. به دلیل تنوع پروتکل‌های تمرینی، تفاوت در شدت، حجم و مدت تمرین و ناهمگونی در گزارش‌دهی آماری، انجام فراتحلیل امکان‌پذیر نبود و سنتز روایتی به‌عنوان روش اصلی تحلیل انتخاب شد.

تمرینات تاباتا در جمعیت‌های مختلف باعث کاهش شاخص توده بدنی (۱،۵-۳،۵٪) و درصد چربی بدن (۲-۴٪) شد و نشان‌دهنده بهبود قابل‌توجه در نمایه‌های لیپیدی شامل کاهش تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین کم‌چگال کلسترول و کلسترول کل و افزایش لیپوپروتئین پرچگال کلسترول بود. در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، تمرین تاباتا، منجر به کاهش مقاومت به انسولین و تغییرات مثبت در سطح آدیپوکاین‌ها گردید. از منظر عملکردی، افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی بین ۴ تا ۱۱٪ مشاهده شد. توان بی‌هوازی و سرعت نیز بهبود یافت؛ در حالی که تغییرات مربوط به پرس عمودی و انعطاف‌پذیری، نتایج متناقضی داشت. تمرین تاباتا روی سطح ماسه‌ای با بازسازی قلبی مطلوب و افزایش عملکرد قلبی-عروقی همراه بود. تمرینات تاباتا در جمعیت‌های ایرانی، اثرات متابولیک و عملکردی امیدوارکننده‌ای نشان داده و به‌عنوان یک مداخله کوتاه‌مدت و کارآمد برای مدیریت چاقی و سندرم تخمدان پلی‌کیستیک قابل توصیه است. با این حال، محدودیت‌های مطالعات موجود شامل حجم نمونه‌های کوچک، دوره‌های کوتاه‌مدت، طراحی‌های غیرتصادفی و استفاده هم‌زمان از دارو یا مکمل، باعث کاهش اعتمادپذیری نتایج شده است. بنابراین، نیاز به کارآزمایی‌های کنترل‌شده تصادفی طولانی‌مدت با پایش دقیق رژیم غذایی، کیفیت خواب، شدت واقعی تمرین و تمرکز بر پیامدهای بالینی پایدار احساس می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین تاباتا؛ تمرین تناوبی شدید؛ ترکیب بدن؛ سندرم تخمدان پلی‌کیستیک؛ حداکثر اکسیژن مصرفی، شاخص‌های قلبی-متابولیکی. **شیوه استناددهی:** میرزاشاعری، زهرا؛ غزالیان، فرشاد؛ صالحی، شاهین؛ آذربایجانی، علی. تمرینات تاباتا و پیامدهای متابولیکی-عملکردی: مرور روایتی شواهد پژوهش‌های ایرانی. فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب‌های ورزشی، تابستان ۱۴۰۴، ۳(۲): ۹-۱۹.

فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب‌های ورزشی؛ تابستان ۱۴۰۴، ۳(۲).



۱. مقدمه

تغییرات معنی‌داری را القا نمایند. شواهد بافتی انسانی نشان داده‌اند که این سازگاری‌ها می‌توانند ظرف فقط چند جلسه (≥ 2 هفته) آشکار شوند. از جمله این سازگاری‌ها، بهبود در تنفس میتوکندریایی و افزایش بیان ژن‌های مرتبط با فسفوریلاسیون اکسیداتیو و انتقال الکترون است. این تغییرات مولکولی مبنای افزایش حساسیت به انسولین و تنظیم بهتر متابولیسم گلوکز پس از دوره‌های کوتاه مدت تمرینات تناوبی پر شدت هستند، زیرا افزایش محتوای و عملکرد میتوکندریایی و بهبود مسیرهای فسفوریلاسیون انسولین می‌تواند مصرف گلوکز وابسته به فعالیت را بالا ببرد و مقاومت به انسولین را کاهش دهد [۸، ۱۵، ۳۶].

مرورهای ناظر بر جمع‌بندی شواهد نشان می‌دهند که ساختار زمانی تکرارهای کوتاه و شدید در تمرینات تناوبی پر شدت/تاباتا، با وجود حجم زمانی کمتر، می‌تواند محرکی کافی برای فعال سازی همین سیگنال‌های مرکزی باشد. بنابراین، کارایی زمانی این پروتکل‌ها ریشه در توانایی القای سریع پاسخ‌های مولکولی-بیوشیمیایی دارد که پیش‌تر با تمرینات طولانی‌تر مرتبط بودند [۲۱]. در عمل نیز انعطاف‌پذیری اجرای تاباتا (کم‌نیاز به تجهیزات، مناسب برای فضاهای محدود) و امکان اجرای آن روی سطوح متنوع یا در محیط آبی، کاربرد بالینی و عملی گسترده‌ای فراهم می‌آورد. یافته‌های فراتحلیلی و مرورهای سیستماتیک نشان می‌دهند که تمرینات آبی با شدت بالا می‌توانند بار مکانیکی را کاهش داده و دسترسی به تمرین برای افراد دارای درد مفصلی یا محدودیت‌های مکانیکی را افزایش دهند، بی‌آن‌که از نظر القای پاسخ‌های سازشی میتوکندریایی و بهبود ظرفیت هوازی چندان تفاوتی با تمرین‌های زمینی داشته باشند [۹، ۱۰]. از سوی دیگر، اجرای تمرینات تناوبی پر شدت / تاباتا روی سطوح نرم مانند ماسه، به واسطه افزایش در صد اکسیژن مصرفی، در صد ضربان قلب، سطوح لاکتات و میزان درک فشار تمرین و تقاضای عصبی عضلانی بالاتر، می‌تواند منجر به الگوهای سازشی متفاوتی شود که در ورزشکاران ساحلی با تغییرات عملکردی و سازگاری‌های ساختاری قلبی همراه است؛ اما شواهد بلندمدت برای عملکرد بالینی در جمعیت‌های پرخطر هنوز محدود است و نیاز به مطالعات کنترل‌شده طولانی‌تر دارد [۱۱].

باوجود حجم بالای شواهد بین‌المللی درباره اثرات فیزیولوژیک و متابولیک تمرینات تناوبی پر شدت و پروتکل تاباتا، ضروری است بررسی شود تا چه حد، این یافته‌ها، در جمعیت‌های ایرانی قابل تکرار و تعمیم هستند و چه کاستی‌هایی موجب تفسیر ناقص می‌شوند. متون معتبر روش‌شناسی ورزش، چالش‌هایی مانند تفاوت در شدت واقعی تمرین، میزان درک فشار تمرین در مقابل اکسیژن مصرفی بیشینه و حداکثر ضربان قلب، نبود برابری در حجم یا انرژی مصرفی بین گروه‌های تمرینی و عدم کنترل رژیم غذایی، خواب یا وضعیت هورمونی را به‌عنوان ریسک‌های اساسی خطا گزارش کرده‌اند [۳]. همچنین

اختلالات متابولیک مانند چاقی، مقاومت به انسولین، دیابت نوع دوم و بیماری‌های قلبی-عروقی بار سنگینی بر سلامت عمومی وارد می‌کنند و طی دهه‌های اخیر، شیوع این مشکلات در ایران به‌طور مداوم افزایش یافته است. مطالعات جمعیتی نشان می‌دهند که شیوع کلی اضافه‌وزن و چاقی بزرگسالان در ایران حدود ۳۵ درصد است [۱]. و همین روند در کودکان و نوجوانان نیز قابل مشاهده است [۱۲]. سندرم تخمدان پلی‌کیستیک نیز به‌عنوان اختلال غددی-متابولیکی شایع زنان در سن باروری شناخته می‌شود و مداخلات سبک زندگی، از جمله فعالیت بدنی هدفمند، به‌طور قوی توصیه شده است [۲۴].

یک مانع اساسی اجرای برنامه‌های ورزشی در سطح جمعیتی، محدودیت زمانی افراد است؛ بنابراین، مداخلات کوتاه‌مدت با بازده بالا اهمیت فراوانی دارند. در این راستا، نسخه تناوبی پر شدت پروتکل تمرینی تاباتا (۲۰ ثانیه فعالیت شدید/۱۰ ثانیه استراحت در بلوک‌های ۴ دقیقه‌ای) به دلیل کارایی زمانی چشمگیر مورد توجه ویژه قرار گرفته است [۱۴، ۱۶]. مطالعه‌ای بین‌المللی، اخیراً، نشان داد که تمرینات تاباتا اگرچه به‌طرز محسوسه‌تری کوتاه‌تر است، اما بازده انرژی‌سوزی و چربی‌سوزی آن در طول تمرین و همچنین، سرعت ریکاوری آن نسبت به تمرینات تناوبی پر شدت و تمرینات تداومی با شدت متوسط بالاتر است که مزیت مهمی در مداخلات بهداشتی است [۱۴]. یافته‌های فراتحلیلی و مروری جامع نیز نشان دادند که تمرینات تناوبی پر شدت به‌ویژه در کاهش چربی بدن و بهبود شاخص‌های قلبی-متابولیکی مؤثر است که اهمیت انتخاب پروتکل تاباتا را برجسته می‌سازد [۳۴].

از منظر مکانیزمی، پاسخ‌های ناشی از تمرینات با شدت بالا چندسطحی و هماهنگ با مسیرهای سیگنال‌دهی متابولیک شناخته شده‌اند. استرس انرژی‌گذرا در طول بازه‌های انفجاری باعث افزایش نسبت $[AMP]/[ATP]$ و فعال‌سازی کیناز حساس به AMP (AMPK) می‌شود که به‌عنوان حسگر مرکزی انرژی عمل کرده و هم‌زمان مسیرهای پایین‌دستی از جمله شارژ SIRT1 و فعال‌سازی فاکتورهای رونویسی مانند PGC-1 α را القا می‌کند. این محور، موجب القای بیوژنز میتوکندریایی، افزایش بیان آنزیم‌های اکسیداتیو و ارتقای ظرفیت اکسیداتیو عضله اسکلتی می‌گردد [۱۵، ۳۶]. علاوه بر این، نوسانات شدید یون کلسیم در حین انقباض‌های مکرر تمرینات تناوبی پر شدت، مسیرهای وابسته به CaMK و p38 MAPK را تحریک کرده که با PGC-1 α تعامل می‌کنند و هماهنگی بیشتری میان رونویسی ژن‌های میتوکندریایی و بازسازی شبکه فیبری عضلانی ایجاد می‌کنند. بنابراین، حتی پروتکل‌های کوتاه مدت می‌توانند در سطوح مولکولی

مطالعات غیرایرانی، مقالات مروری و مطالعات با داده‌های ناقص کنار گذاشته شدند. جستجوی منابع در پایگاه‌های Web of Science، PubMed، Magiran، Scopus، IranDoc و SID انجام شد. کلیدواژه‌ها ترکیبی از Tabata یا High-Intensity Interval Training و Iran یا ایران همراه با PCOS، obesity یا metabolic بودند. محدودیت‌های زبان فارسی و انگلیسی و بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ اعمال شد. در مجموع ۳۷ رکورد شناسایی شد. پس از حذف موارد تکراری، بیست مقاله باقی ماند که معیارهای ورود را داشتند و وارد تحلیل کیفی شدند. اطلاعات استخراج شده شامل نویسندگان، سال انتشار، طراحی مطالعه، حجم نمونه، ویژگی‌های جمعیت، جزئیات مداخله، استفاده یا عدم استفاده از مکمل، شاخص‌های مورد بررسی و ابزارهای اندازه‌گیری و همچنین نتایج اصلی همراه با اندازه اثر بود. ویژگی‌ها و نتایج اصلی این ۲۰ مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. ستون‌های Confidence Interval (95%) و I^2 heterogeneity در جدول حذف شده‌اند، زیرا این مقادیر در مطالعات گزارش نشده بودند. به دلیل ناهمگونی زیاد در طراحی مطالعات و شاخص‌های گزارش‌شده، متآنالیز کلی امکان‌پذیر نبود و نتایج به صورت روایتی-سیستماتیک تحلیل شدند. هیچ شاخص I^2 یا Confidence Interval جمع‌بندی شده‌ای ارائه نشده است و داده‌ها به صورت جداگانه گزارش شده‌اند. سطح معنی‌داری آماری $p < 0.05$ در موارد قابل محاسبه در نظر گرفته شد.

در اکثر مطالعات، پروتکل استاندارد Tabata شامل ۸ چرخه ۱۰/۲۰ ثانیه‌ای (۴ دقیقه در هر جلسه) بود. تعداد جلسات هفتگی بین ۲ تا ۵ و مدت مداخله بین ۴ تا ۱۲ هفته متفاوت بود. برخی پژوهش‌ها تغییراتی مانند افزایش تعداد چرخه‌ها یا اجرای تمرین در محیط آبی را گزارش کردند.

۳. یافته‌ها

تحلیل گسترده مطالعات اخیر نشان می‌دهد که تمرینات تناوبی پرشدت و تاباتا در بازه‌های ۶ تا ۱۲ هفته بیشترین و پایدارترین تأثیر را بر شاخص‌های عملکردی سیستم قلبی-تنفسی و عصبی-عضلانی دارند. افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی بین ۴ تا ۱۱ درصد، بهبود توان انفجاری، سرعت، استقامت عمومی و اختصاصی و در جمعیت‌های دارای اضافه‌وزن، کاهش درصد چربی و بهبود نسبت‌های بدنی گزارش شده است [۱۶، ۲۱، ۲۸، ۲۹، ۳۱، ۳۴، ۳۵]. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که الگوی تمرینی، زمانی مؤثرتر است که با نیاز واقعی فرد یا گروه همخوانی داشته باشد؛ برای مثال، تمرینات عملکردی پرشدت برای آتش‌شانان [۳۳] یا پروتکل‌های اختصاصی کشتی که با اصل اختصاصیت هم‌سو هستند [۳۲]. همچنین، شواهدی وجود دارد که هرچه بارگذاری به تقاضای عملکرد واقعی نزدیک‌تر باشد، انتقال سازگاری‌ها به محیط عملیاتی بیشتر است [۱۴، ۲۱، ۳۴].

مرورهای سیستماتیک نشان دادند که ناهمگونی قابل توجه در طراحی پروتکل‌های تمرینات تناوبی پرشدت نظیر شدت، فرکانس، مدت و حجم تمرین، نتیجه‌گیری‌های کلی را محدود می‌سازد [۲]. افزون بر این، ارزیابی کیفیتی، بیانگر مشکلاتی مانند تخصیص غیربه‌تصادف، افت تعقیب بالا، خطای گزارش‌دهی و فقدان استانداردسازی در جمع‌آوری داده‌ها است که اعتبار نتایج را کاهش می‌دهد [۳۷].

بر این اساس، هدف مرور حاضر، نه تنها شناسایی شکاف‌های روش‌شناختی آشکار در مطالعات ایرانی تمرینات تاباتا است، بلکه ارائه راهنمایی دقیق برای طراحی کارآزمایی‌های آینده با شدت‌سنجی استاندارد مانند در صدهای ضربان قلب یا ذخیره اکسیژن مصرفی، به دلیل دقت و قابلیت بازتولید بالاتر نسبت به شاخص درک فشار تمرین، کنترل نظام‌مند متغیرهای مخدوش‌کننده حیاتی شامل رژیم غذایی، الگوی خواب و وضعیت هورمونی و بهره‌گیری از دوره‌های پیگیری کافی برای ارزیابی جامع پیامدهای لیپیدی، ایمنی و عملکرد قلبی-متابولیکی را دنبال می‌کند. این رویکرد، می‌تواند مطالعات آینده را از محدودیت‌های گذشته رها کرده و امکان ارائه شواهد قابل اعتماد برای سیاست‌گذاری سلامت و درمان‌های هدفمند را فراهم سازد.

۲. روش پژوهش

این مرور سیستماتیک با استفاده از روش‌های استاندارد برای شناسایی، جمع‌آوری و تحلیل مطالعات مرتبط انجام شد. مطالعات مداخله‌ای و مشاهده‌ای منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵ که اثر تمرینات تناوبی پرشدت تاباتا بر شاخص‌های متابولیکی، مولکولی و عملکردی را در جمعیت‌های ایرانی بررسی کرده بودند، بررسی شدند.

شرکت‌کنندگان شامل نوجوانان و بزرگسالان ایرانی سالم یا دارای اختلالات متابولیک، مانند چاقی یا سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، بودند. مداخلات شامل پروتکل استاندارد تمرینات تناوبی پرشدت تاباتا (۲۰ ثانیه فعالیت شدید و ۱۰ ثانیه استراحت در ۸ چرخه متوالی) با/بدون استفاده از مکمل‌های دارویی یا غذایی مانند کراتین، دارچین، نانوکورکومین، ژل رویال یا متفورمین بود. گروه‌های مقایسه شامل وضعیت پایه، سایر پروتکل‌های تمرینات تناوبی پرشدت یا گروه‌های کنترل بودند. شاخص‌های مورد بررسی شامل ترکیب بدن، شاخص‌های متابولیک (لیپیدها، گلوکز، انسولین، لپتین، آدیپونکتین، شاخص مقاومت به انسولین، شاخص‌های مولکولی (TIMP-1، NF-κB، NLRP3)، اندوستاتین، شاخص‌های عملکرد قلبی-عروقی (اکسیژن مصرفی بیشینه، ضربان قلب) و عملکرد ورزشی (قدرت، سرعت، استقامت و توان انفجاری) بودند.

تنها کارآزمایی‌های بالینی تصادفی، مطالعات شبه‌تصادفی، کوهورت و مداخلات کنترل‌شده وارد مطالعه شدند و پژوهش‌های حیوانی،

۳۰، ۴۰]. این یافته ها نشان می دهند که برای تأثیرگذاری پایدار بر متابولیسم لیپیدها نیاز به دوره های بلندمدت و حجم تمرین بالاتر است.

در سطح مکانیزمی، تمرینات تناوبی پرشدت و تابان مسیریهای متعددی را فعال می کنند: افزایش آیریزین و PGC-1 α ، تحریک قهوه ای سازی نسبی چربی سفید، بهبود TAC، تغییر نسبت تستوسترون/کورتیزول و سرکوب مسیریهای التهابی کلیدی مانند NLRP3 و NF- κ B [۱۵، ۱۸، ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۳۲، ۳۶] و در عین حال، کاهش IgA بزاقی در برخی ورزشکاران نشان داده که فشار تمرینی بالا می تواند به ایمنی مخاطی آسیب بزند و ضرورت طراحی موجی بار-استراحت و پایش دقیق را برجسته می سازد [۱۵، ۳۲].

محیط و مدالیته تمرین نیز نقش کلیدی در نتایج دارند. تمرین در محیط آبی، به ویژه برای جمعیت های پرخطر، با کاهش فشار مکانیکی و التهاب به بهبود شاخص های متابولیک و التهابی کمک می کند [۵، ۶، ۱۰، ۱۶، ۲۳]. تمرین روی ماسه با افزایش بار نوروموسکولار و زمان تماس طولانی تر، بازسازی قلبی-عروقی مطلوب تری ایجاد می کند، هرچند مزیت آشکاری در شاخص های عملکردی کوتاه مدت مشاهده نشده است [۱۱، ۲۲]. هم چنین، تمرینات تناوبی پرشدت کالاستنیک نسبت به تمرینات تناوبی پرشدت رکابی اکسیداسیون چربی بیشتری القا می کند و نشان می دهد که الگوی انقباضی و شدت-استراحت واقعی بر مسیرهای سوختی اثرگذار است [۱۴، ۱۹]. مرورهای اخیر نیز تابان را به عنوان پروتکلی زمان بهینه و مؤثر در کنار سایر الگوهای تمرینات تناوبی پرشدت معرفی کرده اند [۳۵].

ابعاد روانی-اجتماعی تمرینات نیز نباید نادیده گرفته شوند. اجرای پروتکل های تابان موجب ارتقای خودپنداره جسمانی شد [۱۷] و بدون کاهش لذت ادراک شده، مسیرهای بهبود متابولیک و سوختی متفاوتی را فعال کرد [۱۹]. این یافته ها اهمیت طراحی تمرینات قابل پذیرش و پایدار برای بهبود رفتارهای حرکتی و افزایش تبعیت از برنامه های تمرینی را برجسته می کنند.

با وجود شواهد قوی، محدودیت های روش شناختی قابل توجهی وجود دارد. اندازه نمونه های کوچک، بازه های کوتاه، کنترل ناکافی رژیم غذایی، خواب و چرخه قاعدگی و گزارش ناقص اندازه اثرها از جمله نقاط ضعف هستند [۳، ۷، ۱۶، ۲۸، ۲۹، ۳۷]. همچنین گزارش ناکافی عوارض جانبی و پایش ضعیف تبعیت، ارزیابی ایمنی بلندمدت را محدود می کند. یک مرور سطح بالا در ژورنال های بسیار معتبر باید کیفیت شواهد، ریسک سوگیری و نوع مطالعه را به طور شفاف مشخص کند [۲، ۳].

برخی شاخص ها مانند انعطاف پذیری، بهبود معناداری نشان نمی دهند؛ زیرا بافت های کپسول-پیوندی و سیستم عصبی-عضلانی نیازمند محرک های کششی طولانی تر و کنترل شده هستند، که بارگذاری های انفجاری کوتاه مدت تمرینات تناوبی پرشدت قادر به فراهم کردن آن ها نیستند [۹، ۲۱]. این یافته ضرورت ترکیب تمرینات کششی اختصاصی و برنامه های بلندمدت را برای اثرگذاری بر انعطاف پذیری نشان می دهد.

در جمعیت های پرخطر متابولیک نیز شواهد امیدوارکننده ای گزارش شده است. در زنان مبتلا به سندرم تخمدان پلی کیستیک، تمرینات تابان آبی طی ۱۲ هفته باعث کاهش مقاومت به انسولین، افزایش آدیپونکتین، کاهش لپتین و کاهش شاخص های التهابی مانند NF- κ B و E-selectin شد [۵، ۶، ۱۰، ۲۳]. محیط آبی با کاهش فشار مکانیکی و افزایش تحمل پذیری تمرینی، امکان اجرای تمرینات با شدت بالا را فراهم می کند. با این حال، عدم تغییر معنادار در سطح ApoB و ApoA نشان می دهد که شاخص های لیپیدی نیازمند مداخلات طولانی تر یا همراه با رژیم غذایی کنترل شده هستند [۵، ۱۰، ۱۶]. در سالمندان دارای اضافه وزن، اجرای پروتکل های تابان با بدون مصرف نانوکورکومین، بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی، کاهش فشار خون و مهار مسیریهای التهابی مولکولی مانند NLRP3 را در پی داشت [۷، ۱۸، ۲۶]. این یافته ها نشان می دهند که تمرین تناوبی پرشدت می تواند سازگاری های عملکردی را به سطح مولکولی منتقل کند و مکمل های تغذیه ای ضدالتهابی پتانسیل افزایش این اثرات را دارند، به شرطی که محور مکمل با مسیرهای اصلی تمرین هم سو باشد و دوز تمرین کافی اعمال شود.

اثر مکمل ها وابسته به نوع ماده، جمعیت و پروتکل تمرینی است. برای مثال، کراتین در والیبالیست های زن اثر افزوده معناداری بر تمرینات کوتاه مدت تناوبی پرشدت نداشت، زیرا محدودیت واقعی عملکرد انرژی فسفاژنی نبود [۳۰]. در مقابل، مکمل هایی مانند دارچین، پیرین و کپسایسین اثرات کوچک و موقتی بر شاخص های اندوتلیالی و التهابی ایجاد کردند [۲۵، ۳۱]. در حالی که رویال ژل و نانوکورکومین اثرات مولکولی و ضدالتهابی قوی تری در جمعیت های خاص نشان دادند [۱۸، ۲۶]. بنابراین، طراحی هم زمان تمرین و مکمل با هماهنگی مسیرهای بیولوژیک هدف، اهمیت زیادی دارد.

از نظر پیامدهای متابولیک-لیپیدی، مطالعات کوتاه مدت یا بدون کنترل رژیم غذایی تغییرات معناداری در نیمرخ لیپیدی و چربی زیرجلدی گزارش نکردند [۴، ۲۸، ۳۷]. حتی در ورزشکاران، بهبود ترکیب بدن لزوماً با بهبود همه شاخص های عملکردی همراه نبود [۲۹].

جدول ۱. ویژگی‌ها و مهم‌ترین یافته‌های مطالعات وارد شده درباره مداخلات تمرینات تناوبی پرشدت و تابا تا در جمعیت‌های ایرانی (۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵)

مرجع	عنوان	نویسنده، سال	جمعیت	مداخلات	اندازه اثر / آمار	نتیجه
۳۱	تأثیر تمرین تابا تا HIIT و مکمل دارچین بر ترکیب بدنی، پروفایل لیپیدی و آمادگی جسمانی سربازان دارای اضافه وزن	سبزواری راد، امید علی پور، م. ۲۰۲۴	تقریباً ۴۰ سرباز دارای اضافه وزن / چاق، ۴ گروه (تابا تا، مکمل، تابا تا+مکمل، کنترل)	تمرین تابا تا HIIT (۲۰×۸) ثانیه با ۸۵٪ حداکثر ضربان قلب، ۱۰ ثانیه استراحت، ۴ روز در هفته ± مکمل دارچین، ۶ هفته	کاهش BMI، وزن، درصد چربی؛ کاهش TG، TC، LDL، افزایش HDL؛ افزایش آمادگی هوازی و بی‌هوازی (تابا تا+مکمل) حساس (گروه‌ها)	۱۹ اثرات حاد و روش HIIT با هزینه انرژی یکسان بر اکسایش سوپراکسید و اشتها و لذت مردان دارای اضافه وزن/چاق
۲۵	مقایسه تأثیر پیپرین و کپسایسین همراه با تمرین تابا تا بر تغییرات نیتریک اکسید سرمی و کراتینین کیناز در پسران کونگ‌فوکار	نامنی عباس آبا، دی ش. س. ۲۰۲۱	تصادفی ۳ بازویی موازی؛ N=33 پسر کونگ‌فو (۳ گروه: تابا تا+کپسایسین، تابا تا+پیپرین، تنها تابا تا)	مطالعه تصادفی ۳ بازویی موازی؛ N=33 پسر کونگ‌فو (۳ گروه: تابا تا+کپسایسین، تابا تا+پیپرین، تنها تابا تا)	مکمل+تمرین ↑ NO نسبت به تابا تا (p=0.001)؛ CK ↓ نسبت به تابا تا (p=0.004)	تأثیر ۱۲ هفته تمرین تابا تا در آب بر مقاومت به انسولین، آپولیپوپروتئین A و B در زنان چاق مبتلا به PCOS
۱۷	مقایسه تأثیر تمرین پیلاتس و تمرین تابا تا بر خودپنداره جسمانی و استرس شغلی زنان کارمند	قاسمی ع. شمس دیلمقان ی. آ. ۲۰۲۳	پیش‌آزمونی ن- پس‌آزمون با کنترل؛ N=63 زن: تابا تا، n=21؛ پیلاتس، n=20؛ کنترل، n=22	۸ هفته: تمرین تابا تا (۱۶ جلسه، ۴×۲۰ دقیقه بلوک با ۲۰ ثانیه فعالیت / ۱۰ ثانیه استراحت)؛ پیلاتس	خودپنداره جسمانی: F(2,62)=12.19, p=0.001؛ تابا تا+پیلاتس: F(2,62)=1.94, p=0.890 (NS)	تأثیر تمرین تابا تا در آب و مصرف متفورمین بر اندوستاتین و TIMP-2 در زنان چاق
	تابا تا منجر به اکسیداسیون چربی بیشتر RER و پایین تر شد؛ تفاوتی در EPOC، هزینه انرژی، اشتها و لذت وجود نداشت	اکسیداسیون کربوهیدرات: P=0.0001؛ اکسیداسیون چربی: P=0.001	۱۶ جلسه (۲۵-۴۰ دقیقه)	مطالعه گذرای متقاطع، N=11 مردان دارای اضافه وزن/چاق؛ ۳ شرایط (تابا تا، دوچرخه، HIIT کنترل)	وزن بدن (۴)؛ بلوک ۴ حرکت ۲۰× ثانیه/۱۰× (تابا تا)؛ دوچرخه؛ HIIT کنترل	۱۶ جلسه (۲۵-۴۰ دقیقه)
	تابا تا در آب + متفورمین → کاهش معنی دار مقاومت به انسولین؛ آپولیپوپروتئین B و A تغییر معنی داری نداشتند	مقاومت به انسولین: F=27.424, p=0.0001	۱۲ هفته، ۳×/هفته، ۲۰ دقیقه تابا تا در آب + ۱۰ دقیقه گرم کرد؛ ۱۰ + ۱۰ دقیقه سرد کرد؛ ۵۰۰ مین متفورمین؛ ۱۵ مین مقابل کنترل؛ n=15	تصادفی دو گروهی پیش‌آزمون: N=30 زن چاق مبتلا به PCOS؛ EX+ متفورمین؛ n=15 مقابل کنترل؛ n=15	تابا تا در آب + متفورمین → کاهش معنی دار مقاومت به انسولین؛ آپولیپوپروتئین B و A تغییر معنی داری نداشتند	۱۲ هفته، ۳×/هفته، ۲۰ دقیقه تابا تا در آب + ۱۰ دقیقه گرم کرد؛ ۱۰ + ۱۰ دقیقه سرد کرد؛ ۵۰۰ مین متفورمین؛ ۱۵ مین مقابل کنترل؛ n=15
	کاهش اندوستاتین و افزایش TIMP-2 در گروه تابا تا+متفورمین نسبت به کنترل؛	اندوستاتین: F=12.78, p=0.001؛ TIMP-2: F=12.52, p=0.001	۱۲ هفته، ۳×/هفته، ۲۰ دقیقه تابا تا در آب	تصادفی دو گروهی پیش‌آزمون: N=30 زن چاق مبتلا	کاهش اندوستاتین و افزایش TIMP-2 در گروه تابا تا+متفورمین نسبت به کنترل؛	۱۲ هفته، ۳×/هفته، ۲۰ دقیقه تابا تا در آب

مبتلا به PCOS	به PCOS (Exp=15, Ctrl=15)	۲۰ ثانیه فعالیت / ۱۰ ثانیه استراحت → سردکرد ن ۱۰؛ متفورم ۵۰۰ میلی‌گ رم دو بار در روز	تعدیل مطلوب فاکتورهای مرتبط با رگرایی									
		گروه آزمایش ی: تاباتا در آب (۱۲) هفته، ۳×/هف ته، ۴۰~ دقیقه؛ ۲۰ دقیقه	افزایش آدیونکتین و HDL؛ کاهش لیپیدین و TG؛ کلسترول کل نیز پس از تمرین کمتر از کنترل شد	آدیونکتین: F=47.708, p=0.001 لیپیدین و کلسترول معنی‌دار	تاباتا: ۲۰ ثانیه فعالیت / ۱۰ ثانیه استراحت (ت + متفورم ۵۰۰ میلی‌گ رم دو بار در روز؛ گروه کنترل: فقط متفورم ۵۰۰ ین	زنان مبتلا به PCOS، N=30 (Exp n=15; Ctrl n=15)	بهارلو س.، شاکری ن.، ابراهیم خ.، رمضانی -تهرانی ف.، علامه ز. ۲۰۲۲	تأثیر تمرین تاباتا در آب بر برخی فاکتورهای خطر قلبی- عروقی، لیپیدین و آدیونکتین در زنان چاق مبتلا به PCOS				
</												

عوامل آمادگی جسمانی بازیکنان زنده فوتبال ساحلی	ح. ۲۰۲۳	سخت n=8	ست/ج لسه	افزایش یافت	دو سطح مشابه	۱۳	تأثیر تمرین تابا تا بر ترکیب بدنی و ظرفیت هوازی در زنان دارای اضافه وزن	فتحیان م. طالبی برام ف. افتخاری قینانی ا. ۲۰۲۲	N=24 زن دارای اضافه وزن (تابا تا n=12 کنترل n=12)	۶ هفته، ۳×/هف ته تابا تا HIIT	BMI $\eta^2=0.337$, $p=0.004$ ظرفیت هوازی $\eta^2=0.379$, $p=0.004$	کاهش BMI، افزایش ظرفیت هوازی؛ اثرات متوسط تا بزرگ
اثرات ۸ هفته HIIT و HIFT بر عملکرد جسمانی و حجم SCBA در آتش نشانان	سرارجی ا. احمدی ز اد س. کروئل د. ۲۰۲۴	مطالعه تصادفی ۳ بازویی؛ N=39 آتش نشان مرد	۸ هفته؛ HIIT/HIFT سبک تابا تا. ۲۰×۸ ثانیه / ۱۰ ثانیه استراحت	هر دو HIIT/HIFT و VO ₂ max عملکرد را بهبود دادند؛ تفاوت معنی دار بین HIIT و HIFT نبود	VO ₂ max :P=0.003 حجم هوای SCBA P=0.001	۲۷	اثرات تمرین اینتروال با شدت بالا با پروتکل تابا تا بر آمادگی جسمانی کشتی گیران نوجوان	پیرالایی ا. نیکوخ صلت س. د. سعیدی ک. ۲۰۲۳	N=16 کشتی گیر نوجوان مرد؛ تابا تا n=8 vs کنترل n=8	۴ هفته، ۳×/هف ته، تابا تا ۲۰-۱۰ دقیقه + تمرین کشتی	قدرت انفجاری با ↑، قدرت بالاتنه ↑، دیگر شاخص ها معنی دار نبود	تابا تا > کنترل برای قدرت انفجاری و بالاتنه؛ سرعت، چابکی و استقامت مرکزی درون گروه بهبود یافت
تأثیر ۶ هفته تمرین تابا تا ویژه کشتی بر پاسخ های آنژی اکسیدان ی کل، نسبت تستوسترون/ کورتیزول و IGF1 کشتی گیران آزاد مرد	ساری ص. راف و. امیرس اسان ر. فرجی م. ۲۰۲۴	N=36 کشتی گیر آزاد مرد	۶ هفته؛ تابا تا ویژه کشتی در برنامه روزانه	افزایش پروفایل آنابولیک، افزایش TAC، تعدیل ایمنی مخاطی	تفاوت معنی دار گروه×زمان برای T/C و slgA	۲۶	تأثیر ۸ هفته تابا تا HIIT و مکمل نانوکور کومین بر التهاب و سلامت قلبی - عروقی	نوربخش س. دبیدی روشن و. ۲۰۲۳	N=40 زن دارای اضافه وزن کم تحرک ۴(گروه، n=10)	تابا تا- ۸HIIT هفته ± NaC 80 mg/day	VO ₂ max ↑، ضربان قلب استراحت ↓، NLRP3 ↓	تابا تا سلامت قلبی-عروقی را بهبود داد، اینفلامازوم NLRP3 سرکوب شد
اثر فعالیت ورزشی تناوبی شدید و پیلاتس بر سطح آیریزین و مقاومت انسولینی زنان دارای اضافه وزن	خداداد ی. ۵، رجبی ح. عطارزاد ه. حسینی س. ر. عباسی ان ص. ۲۰۱۴	N=21 زن دارای اضافه وزن (HIIT) n=12، پیلاتس n=9	یک جلسه حد : HIIT روی تردمیل و پیلاتس	HIIT حد ↑ سطح سرمی آیریزین؛ مقاومت به انسولین تغییر نکرد؛ پیلاتس ↑ گلوکز ناشتا	آیریزین : HIIT ↑ (p=0.039) HOMA-IR معنی دار نبود	۱۸	اثرات حجم تمرین تابا تا و مکمل ژل روی بر اینفلامازوم و NLRP3 بیان IncRNA-H19 مردان چاق	قلی تبار س. دبیدی روشن و. فلاح م. ۲۰۲۴	N=42 مرد چاق؛ ۶ گروه	۸ هفته، ۲×/هف ته تابا تا؛ حجم زیاد در مقابل کم؛ ژل روی ۱۰۰۰ میلی گ رم/روز	NLRP3 و IncRNA-H19 ↓ تابا تا، ژل روی	تابا تا + ژل روی (حجم زیاد) قوی ترین اثر ضدالتهابی را نشان داد
مقایسه تغییرات سطح سرمی تری گلیسیرید ، HDL ، LDL و چربی زیرجلدی پس از دو روش HIIT در زنان فعال جوان	مطالعه سه گروهی در زنان فعال جوان، تهران؛ N=23	اتوشه ل. پورسلطا نی پ. ۲۰۲۱	۶ جلسه در ۳ هفته؛ تابا تا ± HIIT کاوشن	هیچ اثر معنی داری بین گروه ها روی لیپیدها یا سطح چربی مشاهده نشد	ANCOVA: HDL، TG، LDL، چربی زیرجلدی معنی دار نبود	۴	تغییرات سطح سرمی تری گلیسیرید ، HDL ، LDL و چربی زیرجلدی پس از دو روش HIIT در زنان فعال جوان	تغییرات سطح سرمی تری گلیسیرید ، HDL ، LDL و چربی زیرجلدی پس از دو روش HIIT در زنان فعال جوان				

۴. بحث و نتیجه گیری

در مجموع، تمرینات تناوبی پر شدت و تابا تا با بارگذاری کوتاه مدت، بازده بالا و توانایی ایجاد سازگاری های چند سطحی، به عنوان مداخلات استاندارد و کم زمان، شواهد محکمی برای بهبود ظرفیت هوازی، توان انفجاری، استقامت و شاخص های التهابی در جمعیت های مختلف، از جمله ورزشکاران، سالمندان دارای اضافه وزن و زنان مبتلا به سندروم تخمدان پلی کیستیک ارائه می کنند [۵، ۶، ۷، ۱۶، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۴، ۳۵]. محیط تمرین، مدالیته و شـبـاهـت تکلیف نقش کلیدی در انتقال اثرات به عملکرد واقعی ایفا می کنند. با این حال،

۴. بحث و نتیجه گیری

در مجموع، تمرینات تناوبی پر شدت و تابا تا با بارگذاری کوتاه مدت، بازده بالا و توانایی ایجاد سازگاری های چند سطحی، به عنوان مداخلات استاندارد و کم زمان، شواهد محکمی برای بهبود ظرفیت هوازی، توان انفجاری، استقامت و شاخص های التهابی در جمعیت های مختلف، از جمله ورزشکاران، سالمندان دارای اضافه وزن و زنان مبتلا به سندروم تخمدان پلی کیستیک ارائه می کنند [۵، ۶، ۷، ۱۶، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۴، ۳۵]. محیط تمرین، مدالیته و شتابت تکلیف نقش کلیدی در انتقال اثرات به عملکرد واقعی ایفا می کنند. با این حال، محدودیت های شناخته شده همچون اثر محدود بر لیپیدها و

نانوکورکومین و ژل رو یال، با تأکید بر هم ترازای مسیر های مولکولی و حجم بار تمرینی.

- ارزیابی اثرات تمرین بر عملکرد شناختی، سلامت روان و پیامد های روان-اجتماعی با بهره گیری از آزمون های نورو سایکولوژی و ابزار های روان سنجی معتبر، به ویژه در جمعیت های پرخطر و دارای استرس.

- اجرای کار آزمایی های بالینی تصادفی چندمرکزی با پروتکل های استاندارد به منظور ارتقای کیفیت شواهد، کاهش سوگیری و تدوین راهنماهای سلامت عمومی مبتنی بر شواهد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشجویان دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین به خاطر تلاش و تعهد ارز شمندشان ابراز می کنند. همچنین از هیئت پزشکی ورزشی قزوین برای همکاری صمیمانه و حمایت در دسترسی به امکانات لازم قدردانی می شود.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچ گونه تضاد منافی در پژوهش وجود ندارد.

منابع

- [1] Abiri, B., Ramezani Ahmadi, A., Amini, S., et al. (2023). Prevalence of overweight and obesity among Iranian population: a systematic review and meta-analysis. *J Health Popul Nutr.*, 2023;42(1):70. doi:10.1186/s41043-023-00476-3.
- [2] Al-Mhanna, S.B., Poon, E.T., Franklin, B.A., Tarnopolsky, M.A., Hawley, J.A., Jakicic, J.M., Stamatakis, E., Little, J.P., Pescatello, L.S., Riebe, D., Thompson, W.R., Skinner, J.S., Colberg, S.R., Ehrman, J.K., Metsios, G.S., Douda, H.T., Omar, N., Alghannam, A.F., Batrakoulis, A. (2025). Comparative effectiveness of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiometabolic health in patients with diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetol Metab Syndr.*, 2025 Aug 13;17(1):331. doi: 10.1186/s13098-025-01909-z. PMID: 40804647; PMCID: PMC12344893.
- [3] Andreato, L.V. (2020). High-Intensity Interval Training: Methodological Considerations for Interpreting Results and Conducting Research. *Trends Endocrinol Metab.*, 2020;31(11):812–817. doi: 10.1016/j.tem.2020.08.003.
- [4] Anousheh L, Poursoltani P. Comparison of changes in serum levels of triglycerides, LDL, HDL, and subcutaneous fat following two methods of high-intensity interval training in young active women in Tehran. *Stud Phys Educ Sport Sci.* 2021;6(1):111-128. Available from: <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1797142>
- [5] Baharloo, S., Shakeri, N., Ebrahim, K., Ramezani-Tehrani, F., Allameh, Z. (2021). The effect of 12 weeks' water-based Tabata training on insulin resistance, apolipoprotein A, and apolipoprotein B in obese women with polycystic ovary

آپولیپوپروتئین ها در کوتاه مدت، نیاز به کنترل دقیق رژیم و خواب و خطر افت ایمنی مخاطی نشان می دهند که مطالعات بلندمدت با نمونه های بزرگ تر، طراحی های کنترل شده و گزارش کامل عوارض ضروری هستند. مکمل ها می توانند اثرات تمرین را تقویت کنند، اما تنها زمانی که با مسیرهای هدف تمرین، همسو و دوز تمرینی کافی اعمال شوند [۴، ۵، ۱۸، ۲۵، ۲۶، ۳۰، ۳۱، ۳۲].

مسیر سلسله مراتبی تمرین تا پیامد بالینی می تواند به صورت زیر خلاصه شود [۱۵، ۱۸، ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۳۶].

تمرینات تناوبی پرشدت/تاباتا ← فعال سازی مسیرهای مولکولی ← بهبود ظرفیت هوازی و توان انفجاری ← کاهش التهاب و مقاومت به انسولین ← ارتقای عملکرد واقعی و شاخص های سلامت عمومی.

این شواهد نشان می دهند که تمرینات تناوبی پرشدت و تاباتا نه تنها ابزارهای کارآمد تمرینی، بلکه پتانسیل تبدیل شدن به مداخلات درمانی-پیشگیرانه برای مدیریت جمعیت های پرخطر و ارتقای عملکرد ورزشی را دارند. پژوهش های آینده باید به بررسی اثرات بلندمدت بر متابولیسم لیپیدها، ایمنی سیستمیک و سازگاری های ساختاری قلبی-عروقی با استفاده از طراحی های استاندارد تمرکز کنند تا جایگاه رسمی آن ها در بهداشت عمومی و پزشکی ورزشی تثبیت شود [۲، ۳۷].

با توجه به محدودیت های موجود در ادبیات فعلی شامل حجم نمونه های کوچک، مداخلات کوتاه مدت، ناهمگونی پروتکل ها و کمبود داده های بالینی و مولکولی مسیرهای تحقیقاتی زیر برای تقویت شواهد و ارائه توصیه های قطعی پیشنهاد می شود.

- بررسی اثرات بلندمدت (>۱۲ هفته) تمرینات تناوبی پرشدت/تاباتا بر متابولیسم لیپیدها، با تمرکز بر آپولیپوپروتئین ها، تری گلیسرید و نسبت های لیپوپروتئینی؛ زیرا شواهد فعلی عمدتاً کوتاه مدت و متناقض است.
- مطالعه سازگاری های ساختاری قلبی-عروقی با بهره گیری از تصویربرداری پیشرفته مانند اکوکاردیوگرافی و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی برای تبیین تغییرات بازسازی قلبی در پاسخ به شیوه های مختلف تمرین.
- تحلیل پاسخ های مولکولی و ایمنی شامل ایمنی مخاطی، سیتوکین های التهابی و شاخص های استرس اکسیداتیو در جمعیت های متنوع مانند زنان، سالمندان و ورزشکاران نخبه به منظور درک دقیق سازوکارهای زیستی.
- بهینه سازی تعامل تمرین-مکمل از طریق بررسی روابط دوز-پاسخ و اثرات هم افزای ترکیبات ضدالتهابی مانند

- [17] Ghasemi, A., Shamsi Dilmaghani, A. (2023). Comparison of the effect of Pilates exercise and Tabata interval on physical self-concept and job stress of employee women. *J Motion Behav Sci.*, 2023;5(4):272–285. Available from: https://www.jmbs.ir/article_186451_en.html
- [18] Gholitabar, S., Dabidi Roshan, V., Fallah, M. (2024). Effects of Tabata exercise volume and royal jelly supplementation on NLRP3 inflammasome and lncRNA-H19 expression in obese men. *Asian J Sports Med.*, 2024;15(4): e151873. doi:10.5812/asjms-151873
- [19] Javani, M., Saghebjo, M., Mohebbi, H., Mohammadnia Ahmadi, M. (2020). The acute effect of two types of high-intensity interval exercise with the same energy expenditure on substrate oxidation, appetite, and exercise enjoyment in overweight or obese men. *J Appl Exerc Physiol.*, 2020;16(32):115–133. doi:10.22080/jaep.2020.19417.1967
- [20] Khodadadi, H., Rajabi, H., Attarzadeh, S.R., Abbasian, S. (2014). The effect of high-intensity interval training (HIIT) and Pilates on levels of irisin and insulin resistance in overweight women. *Iran J Endocrinol Metab.*, 2014;16(3):190–196. Available from: <http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-1709-en.html>
- [21] Mahatme, S.K.V., Kumar, N., Rao, V., Kovala, R.K., Sinha, M.K. (2022). Impact of high-intensity interval training on cardio-metabolic health outcomes and mitochondrial function in older adults: a review. *Med Pharm Rep.* 2022 Apr;95(2):115-130. doi: 10.15386/MPR-2201. Epub 2022 Apr 28. PMID: 35721039; PMCID: PMC9176307.
- [22] Mohamadi Bazneshin, H., Damirchi, A., Arazi, H. (2023). Comparison of the effect of Tabata training on soft and hard surfaces on left ventricular structure and function and some physical fitness factors in elite beach soccer players. *J Sport Exerc Physiol.* 2023;16(2):94–104. doi:10.52547/joeppa.16.2.94
- [23] Mosaffa, N., Abedi, B., Saremi, A. (2023). The effect of a period of Tabata training in water and metformin consumption on E-selectin and NF- κ B in obese women with PCOS. *Razi J Med Sci.*, 2023;30(3):119–128. Available from: https://rjms.iuums.ac.ir/browse.php?a_id=7539&sid=1&slc_lang=en
- [24] Najafipour, H., Bagheri, M., Saberi, S., et al. (2021). Epidemiological update on prevalence and incidence of overweight and obesity in adults in southeastern Iran: findings from the Kerman CAD Risk Factors Study (KERCADRS). *East Mediterr Health J.*, 2021;27(9):874-83. doi:10.26719/emhj.21.032.
- [25] Nameni, F., Abbasabadi, S.S. (2021). Comparison of effect of piperine and capsaicin with Tabata exercise on changes in serum nitric oxide and creatine kinase of Kung Fu boys. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci Yazd.*, 2021;29(3):3566–3577. doi:10.18502/ssu.v29i3.6201
- [26] Noorbakhsh, S., Roshan, V.D. (2023). Influence of 8 weeks of Tabata high-intensity interval training and nanocurcumin supplementation on inflammation and cardiorespiratory health among overweight elderly women. *Prev Nutr Food Sci.*, 2023;28(3):224–234. doi:10.3746/pnf.2023.28.3.224. PMID:37842247; PMCID: PMC10567597
- [27] Piralaiy, E., Nikoukheslat, S.D., Saeidy, K. (2023). The effects of high-intensity interval training using Tabata protocol on the physical fitness of teenage wrestlers. *Sport Sci Health Res.*, 2023;15(2):171–180. doi:10.22059/sshr.2024.368648.1110
- [28] Poon, E.T., Li, H.Y., Little, J.P., Wong, S.H., Ho, R.S. (2024). Efficacy of interval training in improving body syndrome. *Razi J Med Sci.*, 2021;28(5):11–20. Available from: <http://rjms.iuums.ac.ir/article-1-6485-en.html>
- [6] Baharloo, S., Shakeri, N., Ebrahim, K., Ramezani-Tehrani, F., Allameh, Z. (2022). The effect of Tabata exercise in water on some cardiovascular risk factors, leptin, and adiponectin in obese women with polycystic ovary syndrome. *Razi J Med Sci.*, 2022;28(12):259–270. Available from: <http://rjms.iuums.ac.ir/article-1-5986-en.pdf>
- [7] Barros, E.S., Júnior, L.H.C., Cavalcante, P.A.M., Barreto, P.R., Marçal, I.R., Coswig, V.S., et al. (2024). Effects of high-intensity interval training on blood pressure levels in hypertensive patients: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Life (Basel).*, 2024;14(12):1661. doi:10.3390/life14121661.
- [8] Batterson, P.M., McGowan, E.M., Stierwalt, H.D., et al. (1985). Two weeks of high-intensity interval training increases skeletal muscle mitochondrial respiration via complex-specific remodeling in sedentary humans. *J Appl Physiol.* (1985). 2023 Feb 1;134(2):339–355. doi:10.1152/jappphysiol.00467.2022.
- [9] Bressel, E., Wing, J.E., Miller, A.I., Dolny, D.G. (2014). High-Intensity Interval Training on an Aquatic Treadmill in Adults with Osteoarthritis: Effect on Pain, Balance, Function, and Mobility. *J Strength Cond Res.*, 2014 Aug;28(8):2186–2195. doi:10.1519/JSC.0000000000000530.
- [10] Bunæs-Næss, H., Kvæl, L.A.H., Nilsson, B.B., Heywood, S., Heiberg, K.E. (2023). Aquatic high-intensity interval training (HIIT) may be similarly effective to land-based HIIT in improving exercise capacity in people with chronic conditions: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med.*, 2023 Nov 14;9(4): e001639. doi:10.1136/bmjsem-2023-001639.
- [11] Cetolin, T., Teixeira, A.S., da Silva, J.F., Hauptenthal, A., Nakamura, F.Y., Castagna, C., Guglielmo, L.G.A. (2021). High-Intensity Intermittent Exercise Performed on the Sand Induces Higher Internal Load Demands in Soccer Players. *Front Psychol.*, 2021 Jul 30;12:713106. doi:10.3389/fpsyg.2021.713106.
- [12] Dehghani, A., Molani-Gol, R., Mohammadi-Narab, M., et al. (2024). The prevalence of obesity and overweight among Iranian population: an umbrella systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health.*, 2024;24(1):2086. doi:10.1186/s12889-024-20860-8.
- [13] Fatehian, M., Talebi-Baram, F., Eftekhari-Gheini, E. (2022). Effect of Tabata training on body composition and aerobic capacity in overweight women. In: *Proceedings of the First National Conference on Applied Physical Education and Sport Sciences*; 2022; Tehran, Iran. [Persian].
- [14] *Frontiers in Endocrinology*. A comparative analysis of energy expenditure and substrate oxidation between Tabata, HIIT, and MICT in overweight/obese male college students. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024; 15:1323093. doi:10.3389/fendo.2024.1323093.
- [15] Furrer, R., Hawley, J.A., Handschin, C. (2023). The molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals. *Physiol Rev.*, 2023 Jul;103(3):1693–1787. doi:10.1152/physrev.00017.2022.
- [16] García-Hermoso, A., Ramirez-Vélez, R., Izquierdo, M. (2024). The efficacy of interval training in improving body composition and cardiometabolic health: an umbrella review. *Sports Med.*, 2024;54(7):1223-1245. doi:10.1007/s40279-024-02070-9.



composition and adiposity in apparently healthy adults: an umbrella review with meta-analysis. *Sports Med.*, 2024;54(11):2817-40. doi:10.1007/s40279-024-02070-9.

[29] Ramos, J.S., Dalleck, L.C., Tjonna, A.E., Beetham, K.S., Coombes, J.S. (2024). High-intensity interval training and cardiorespiratory fitness in adults: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports.* 2024;34(5): e14652. doi:10.1111/sms.14652.

[30] Rostamzadeh, N., Salimi, F. (2024). The effect of six weeks of selected Tabata training with creatine supplementation on body composition and some physical fitness variables in female volleyball players. *Res Exerc Nutr.*, 2024;3(1):47-58. Available from: <https://www.magiran.com/p2823382>

[31] Sabzevari Rad, R., Omid, H., Alipour, M. (2024). The effect of Tabata training with and without cinnamon supplementation on body composition, lipid profile, and physical performance in overweight and obese soldiers. *J Neyshabur Univ Med Sci.*, 2024;12(1):78-94. Available from: <https://www.magiran.com/p2872692>

[32] Sari-Sarraf, V., Amirsasan, R., Faraji, M. (2024). The effect of six weeks of wrestling-specific Tabata training on total antioxidant responses, testosterone to cortisol ratio, and salivary IgA in male freestyle wrestlers. *Sport Biosci.*, 2024;16(3):55-68. doi:10.22059/JSB.2024.379915.1642

[33] Seraji, A., Ahmadizad, S., Cornell, D. (2024). The effects of 8 weeks of high-intensity interval training and high-intensity functional training on physical performance and volume of firefighters' self-contained breathing apparatus. *J Sport Exerc Physiol.*, 2024;17(2):95-108. doi:10.48308/joeppa.2024.235532.1242

[34] Tabata, I., Ogita, F., Miyachi, M., Shibayama, H. (2024). Tabata training increases VO_2max and anaerobic capacity: effects of 6-12 week protocols. *J Exerc Sci Fit.*, 2024;22(3):155-164. doi: 10.1016/j.jesf.2024.07.004.

[35] Tabata, I. (2024). Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity interval training protocols. *Educ Health (Abingdon).*, 2024;29(2):4001. doi:10.18865/ed.29.2.4001.

[36] Wahl, P., Bloch, W., Proschinger, S. (2022). The molecular signature of high-intensity training in the human body. *Int J Sports Med.*, 2022 Mar;43(3):195-205. doi:10.1055/a-1551-9294.

[37] Xu, G., Li, Q., Yang, Q., Yu, H. (2025). The effect of high-intensity interval training on health-related outcomes in obese adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.*, 2025;16:1609818. doi:10.3389/fphys.2025.1609818.

[38] Yaghoubi, M.S., Abedi, B., Saremi, A. (2023). Effect of a Tabata exercise session in water on TSP-1 and TIMP-3 and insulin resistance in obese women with PCOS. *Razi J Med Sci.*, 2023;30(5):182-191. Available from: <http://rjms.iuums.ac.ir/article-1-8236-en.html>

[39] Yaghoubi, M.S., Abedi, B., Saremi, A. (2021). The effect of Tabata exercise in water and metformin use on endostatin and TIMP2 in obese women with polycystic ovary syndrome. *Razi J Med Sci.*, 2021;28(4):84-94. Available from: <http://rjms.iuums.ac.ir/article-1-6449-en.html>

[40] Zamani, R., Ghazaleh, L., Sharifi, F. (2023). The effect of six weeks Tabata training on physical fitness and body composition of female basketball players. *J Appl Exerc Physiol.*, 2023;19(37):15-27. doi:10.22080/jaep.2024.26160.2163. Available from: https://asp.journals.umz.ac.ir/article_4882.html