



Therapeutic Effects of Exercise on Blood Sugar Control in Type 2 Diabetes: A Systematic Review

Sayed Hussain Amiri^{*1}

1. Para-clinic department, Curative Medicine, Shafa University, Kabul, Afghanistan

Email address: amirihussain706@gmail.com Contact: 093748572008

Abstract

This systematic review and meta-analysis aimed to evaluate the therapeutic effects of exercise on glycemic control in individuals with type 2 diabetes mellitus (T2DM). A comprehensive search of electronic databases identified studies that included randomized controlled trials (RCTs) focusing on various exercise interventions lasting more than eight weeks. A total of 52 studies involving 6,842 participants were included in the analysis. The findings demonstrated that regular physical activity significantly reduced glycated hemoglobin (HbA1c) levels, fasting blood sugar (FBS), and insulin resistance markers. Specifically, combined aerobic and resistance training interventions yielded the most substantial improvements in glycemic control, with reductions in HbA1c ranging from 0.5% to 0.9%. Additionally, exercise was associated with improvements in body mass index (BMI) and waist circumference, contributing to overall metabolic health. The results underscore the importance of incorporating structured exercise regimens into diabetes management protocols, highlighting exercise as a vital non-pharmacological intervention for optimizing glycemic control and enhancing the quality of life in T2DM patients. Future research should focus on long-term effects and the integration of exercise with dietary and behavioral modifications to further improve diabetes management strategies.

Keywords: Type 2 diabetes, exercise, blood sugar control, meta-analysis, exercise interventions

اثرات ورزش بر کنترل قند خون در دیابت نوع دو:

یک مرور نظام مند و سیستماتیک

سید حسین امیری^{۱*}

۱. دیپارتمنت پاراکلینیک، دانشکده طب معالجوی، پوهنتون شفا، کابل، افغانستان

ایمیل آدرس: amirihussain706@gmail.com شماره تماس: ۰۰۹۳۷۴۸۵۷۲۰۰۸

چکیده

این مرور نظام مند با هدف بررسی جامع اثرات ورزش و فعالیت بدنی منظم بر کنترل قند خون و شاخص های متابولیک در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شده است. دیابت نوع ۲ یکی از شایع ترین امراض مزمن متابولیک در سراسر جهان است که با مقاومت به انسولین، افزایش سطح گلوکز خون و بروز عوارض جدی قلبی-وعایی، کلیوی و عصبی همراه می باشد. با توجه به افزایش شیوع این اختلال و محدودیت های تداوی دواپی، شناسایی مداخلات غیردوایی مؤثر، به ویژه ورزش، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مطالعه، جستجوی نظام مند در پایگاه های اطلاعاتی معتبر از جمله PubMed، Scopus، Web of Science و Cochrane Library انجام شد. مطالعاتی وارد مرور شدند که شامل کارآزمایی های تصادفی کنترل شده (RCTs) با مداخلات ورزشی حداقل به مدت هشت هفته بودند. در مجموع، ۵۲ مطالعه با ۶۸۴۲ شرکت کننده واجد شرایط در تحلیل نهایی گنجانده شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که ورزش منظم به طور معناداری موجب کاهش سطح هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c)، قند خون ناشتا (FBG) و شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در افراد دیابتی می شود. مداخلات ترکیبی شامل تمرینات هوازی و مقاومتی بیشترین اثربخشی را در کنترل گلیسمی داشتند، به گونه ای که کاهش HbA1c در محدوده ۰/۵ تا ۰/۹٪ گزارش شد. همچنین، تمرینات منظم ورزشی منجر به کاهش شاخص توده بدنی (BMI)، دور کمر و بهبود حساسیت به انسولین گردید که در مجموع به بهبود سلامت متابولیک و عملکرد قلبی-وعایی کمک می کند. به طور کلی، نتایج بر اهمیت گنجاندن برنامه های ورزشی ساختارمند و منظم در پروتکل های تداوی مریضان مبتلا به دیابت نوع ۲ تأکید می کنند. ورزش باید به عنوان یک مؤلفه کلیدی در کنار تداوی دواپی و اصلاح سبک زندگی مورد توجه قرار گیرد. مطالعات آینده باید اثرات بلندمدت، دوز بهینه ورزش، و تعامل آن با رژیم غذایی، عوامل روانی و رفتارهای سلامت محور را بررسی کنند تا راهبردهای جامع تری برای پیشگیری و کنترل دیابت ارائه شود.

کلمات کلیدی: ورزش، دیابت نوع ۲، کنترل قند خون.

۱. مقدمه

دیابت نوع دو یک اختلال متابولیک مزمن است که با افزایش قند خون، اختلال در عملکرد حجرات بتا و مقاومت به انسولین مشخص می‌شود. این اختلال با بروز عوارض متعدد از جمله امراض قلبی-وعایی، نفروپاتی، رتینوپاتی و نیوروپاتی همراه است و بار اقتصادی و اجتماعی سنگینی بر سیستم‌های سلامت وارد می‌کند (۱). شیوع دیابت نوع دو در جهان به سرعت در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰۰ میلیون نفر تحت تأثیر این اختلال قرار گیرند (۲). عوارض ناشی از دیابت نوع دو شامل امراض قلبی-وعایی، نفروپاتی، رتینوپاتی و نیوروپاتی است که هر یک به نوبه خود می‌توانند کیفیت زندگی مریضان را به شدت تحت تأثیر قرار دهند (۳). به‌عنوان مثال، حدود ۲۵٪ از مریضان دیابتی به نفروپاتی مبتلا می‌شوند و تقریباً ۵۰٪ از مریضان دچار نیوروپاتی هستند. این عوارض نه تنها به مشکلات جسمی منجر می‌شوند، بلکه می‌توانند به افزایش هزینه‌های تداوی و کاهش بهره‌وری اقتصادی نیز منجر شوند (۴). کنترل قند خون به‌عنوان یک استراتژی کلیدی در پیشگیری از عوارض و کاهش مرگ و میر مریضان دیابتی شناخته می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که بهبود کنترل قند خون می‌تواند به کاهش هزینه‌های تداوی و بهبود کیفیت زندگی مریضان منجر شود (۵). بنابراین، توجه به روش‌های پیشگیری و درمان دیابت نوع دو، به ویژه در جوامع در حال توسعه، از اهمیت ویژه‌ای

برخوردار است (۶). مدیریت دیابت نوع دو نیازمند یک رویکرد چندبعدی است که شامل رژیم غذایی، تداوی دوائی، تغییر سبک زندگی و مداخلات غیردوائی می‌شود. در این میان، فعالیت بدنی منظم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مداخلات غیردوائی شناخته شده و می‌تواند نقش مؤثری در بهبود کنترل گلیسمی داشته باشد. ورزش موجب افزایش مصرف گلوکز توسط عضلات، افزایش انتقال‌دهنده گلوکز نوع ۴ (GLUT-4)، بهبود سیگنالینگ انسولین، کاهش مقاومت به انسولین و کاهش چربی احشایی می‌شود (۷). به طور خاص، فعالیت بدنی منظم به بهبود حساسیت به انسولین و تحمل گلوکز کمک می‌کند و در نتیجه کنترل قند خون را بهبود می‌بخشد. تحقیقات نشان داده‌اند که افرادی که به طور منظم ورزش می‌کنند، به طور قابل توجهی در کنترل قند خون خود موفق‌تر هستند و این امر می‌تواند به کاهش خطر بروز عوارض ناشی از دیابت نوع دو منجر شود (۸). در این میان، ورزش به‌عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت دیابت نوع ۲ شناخته می‌شود. ورزش به طرق مختلف بر کنترل قند خون تأثیر می‌گذارد. یکی از اصلی‌ترین مکانیزم‌ها، افزایش حساسیت به انسولین است. فعالیت بدنی منظم باعث افزایش تعداد و فعالیت حامل‌های گلوکز (GLUT4) در حجرات عضلانی می‌شود که به جذب بهتر گلوکز از خون کمک می‌کند (۹). همچنین، ورزش می‌تواند به بهبود ترکیب بدن، کاهش چربی‌های احشایی و افزایش توده عضلانی منجر شود که همه این عوامل

به بهبود کنترل قند خون کمک می‌کنند (۱۰). انواع مختلفی از ورزش‌ها می‌توانند برای افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ مفید باشند. ورزش‌های هوازی، مانند پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و شنا، به بهبود تناسب اندام قلبی و وعایی و کنترل قند خون کمک می‌کنند. همچنین، تمرینات مقاومتی، مانند وزنه‌برداری، می‌توانند به افزایش توده عضلانی و بهبود متابولیسم کمک کنند (۱۰، ۱۱). ترکیب این دو نوع ورزش می‌تواند اثرات مثبت بیشتری بر کنترل قند خون داشته باشد. به‌عنوان مثال، نشان داده شده است که ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی باعث کاهش بیشتر سطح HbA1c نسبت به هر یک از این تمرینات به تنهایی می‌شود (۱۲). علاوه بر مزایای جسمی، ورزش همچنین مزایای روانی و اجتماعی برای افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ دارد. فعالیت بدنی منظم می‌تواند به بهبود خلق و خو، کاهش اضطراب و افزایش کیفیت زندگی کمک کند (۱۲). شرکت در برنامه‌های ورزشی گروهی می‌تواند ارتباطات اجتماعی را تقویت کند و حمایت اجتماعی را فراهم آورد که برای پایداری به تغییرات سبک زندگی ضروری است (۱۳).

با وجود مزایای مستند ورزش، بسیاری از افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ با موانعی برای فعالیت بدنی منظم مواجه هستند. این موانع ممکن است شامل محدودیت‌های جسمی، عدم انگیزه و دسترسی ناکافی به تسهیلات ورزشی باشد. برای غلبه بر این موانع، مشاوره‌های ورزشی فردی و برنامه‌های حمایت

اجتماعی می‌توانند مؤثر باشند (۱۴). همچنین، گنجاندن فعالیت‌های کم‌فشار، مانند پیاده‌روی یا باغبانی، می‌تواند ورزش را برای افرادی که ممکن است با برنامه‌های ورزشی سنتی مشکل داشته باشند، قابل دسترس‌تر کند (۱۵). بر اساس شواهد موجود، افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ باید حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته فعالیت بدنی با شدت متوسط انجام دهند. این فعالیت‌ها می‌توانند شامل تمرینات هوازی و مقاومتی باشند. همچنین، توصیه می‌شود که این افراد از نشستن طولانی‌مدت خودداری کنند و به طور منظم فعالیت‌های کوتاه‌مدت انجام دهند (۷). هدف این مطالعه، ارزیابی تأثیرات ورزش بر کیفیت زندگی و کاهش عوارض مرتبط با دیابت نوع دو است. با توجه به اینکه دیابت نوع دو می‌تواند منجر به عوارض جدی مانند امراض قلبی و وعایی شود، این تحقیق به دنبال ارائه شواهدی برای تأکید بر اهمیت ورزش به‌عنوان یک مداخله غیر دوائی در مدیریت این اختلال است.

۲. روش‌ها

این تحقیق به صورت یک مرور نظاممند و سیستماتیک و براساس دستورالعمل‌های PRISMA 2020 انجام شد. جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های اطلاعاتی مانند PubMed، Scopus، Google، Cochrane Library و Web of Science Scholar انجام شد. عبارات جستجو بر اساس ترکیبی از کلمات کلیدی و عملگرهای بولی (AND، OR) طراحی شدند تا حداکثر پوشش اطلاعاتی را تضمین کنند. عبارات جستجو شامل مفاهیم معادل

۲-۲. استخراج اطلاعات

اطلاعات از مطالعات انتخاب شده با استفاده از یک فرم استاندارد استخراج داده که قبلاً طراحی و پایلوت شده بود، جمع‌آوری شد. جزئیات استخراج شده شامل نام نویسنده، سال انتشار، کشور، نوع و شدت ورزش، مدت مداخله، تعداد شرکت‌کنندگان، ویژگی‌های پایه و پیامدهای بالینی مرتبط با قند خون بود.

۲-۳. ارزیابی کیفیت مطالعات

کیفیت مقالات توسط دو محقق مستقل با استفاده از ابزار Cochrane Risk of Bias نسخه ۲ ارزیابی شد. در موارد عدم توافق، توافق نهایی از طریق بحث مشترک حاصل شد. سطح کلی شواهد با استفاده از روش GRADE برای افزایش اطمینان به کیفیت و اعتبار نتایج تعیین شد.

۲-۴. تحلیل آماری

نرم‌افزارهای RevMan نسخه ۵,۴ و Stata نسخه ۱۷ برای تحلیل آماری استفاده شدند. یک مدل اثرات تصادفی برای ترکیب نتایج، با در نظر گرفتن تفاوت‌های بین مطالعات، به کار گرفته شد. ناهمگونی بین مطالعات با استفاده از آماره I^2 ارزیابی شد. سوگیری انتشار با استفاده از نمودار قیفی (funnel plot) و آزمون اگر (Egger's test) ارزیابی شد (مقدار p کمتر از ۰,۰۵ به عنوان نشانه‌ای از سوگیری در نظر گرفته شد). (در موارد ناهمگونی بالا، تحلیل حساسیت برای بررسی پایداری نتایج انجام شد.

"دیابت نوع ۲"، "ورزش یا فعالیت بدنی" و "کنترل گلیسمیک" بودند. جستجو بدون محدودیت زبانی اما در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ انجام شد. کلمات کلیدی بر اساس اصطلاحات استاندارد MeSH و مرور مطالعات قبلی انتخاب شدند تا جامع‌ترین پوشش مفهومی را در مورد دیابت نوع ۲ و ورزش به دست آورند. مطالعات در این مرور سیستماتیک در صورتی وارد شدند که کارآزمایی‌های کلینیکی تصادفی‌سازی شده (RCTs) بودند، بر مریضان مبتلا به دیابت نوع ۲ تمرکز داشتند، شامل یک مداخله ورزشی (هوازی، مقاومتی یا ترکیبی) بودند، و شاخص‌های قند خون مانند HbA1c، FBS یا HOMA-IR را گزارش کرده بودند. مطالعات حیوانی، مطالعات فاقد گروه مقایسه، یا مطالعاتی که شامل جمعیت غیردیابتی بودند، حذف شدند. شاخص‌های جمعیتی مورد علاقه شامل سن ۳۰ تا ۷۰ سال، شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع و عدم وجود امراض مزمن همراه بود.

۲-۱. فرآیند انتخاب مطالعه

تمام مقالات با استفاده از نرم‌افزار EndNote X9 مدیریت شدند. پس از حذف موارد تکراری، دو محقق مستقل به طور جداگانه عناوین و چکیده‌ها را بررسی کردند. در صورت عدم توافق، تصمیم نهایی توسط داور سوم از طریق اجماع گرفته شد. مراحل غربالگری، انتخاب و حذف مطالعات در یک نمودار جریان PRISMA 2020 برای اطمینان از شفافیت فرآیند ارائه شد.

۲-۵. تحلیل‌های زیرگروهی

تحلیل‌های زیرگروهی بر اساس نوع ورزش (هوازی، مقاومتی، ترکیبی)، شدت فعالیت (سبک، متوسط، شدید) و مدت مداخله (کمتر از ۱۲ هفته یا بیشتر) انجام شد. این معیارها قبل از تحلیل آماری برای جلوگیری از سوگیری تحلیلی تعیین شدند.

۲-۶. پیامدهای اولیه و ثانویه

HbA1c و FBS به‌عنوان پیامدهای اولیه و HOMA-IR به‌عنوان پیامد ثانویه تعریف شدند.

۳. نتایج

جستجوی اولیه مجموعاً ۳۴۵ مقاله را به دست آورد. پس از حذف مقالات تکراری و بررسی دقیق عناوین و چکیده‌ها، ۸۰ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب شدند. پس از این ارزیابی دقیق، ۵۲ مطالعه که شامل ۶۸۴۲ شرکت‌کننده بودند، در این مطالعه گنجانده شدند. دامنه سنی شرکت‌کنندگان بین ۳۵ تا ۷۵ سال بود و مدت زمان مداخلات ورزشی از ۸ هفته تا ۲۴ ماه متغیر بود. انواع مداخلات ورزشی شامل تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی بودند که تمرینات ترکیبی

بیشترین تأثیر را بر سطوح HbA1c و FBS نشان دادند. ارزیابی کیفیت مطالعات شامل کیفیت مطالعات با استفاده از یک ابزار استاندارد ارزیابی شد. از میان ۵۲ مطالعه، ۳۴ مطالعه به‌عنوان دارای خطر پایین سوگیری، ۱۲ مطالعه به‌عنوان نامشخص و ۶ مطالعه به‌عنوان دارای خطر بالا سوگیری شناسایی شدند.

تحلیل‌های زیرگروه نشان داد که مداخلات ورزشی ترکیبی، آن‌هایی که ۱۲ هفته یا بیشتر طول کشیدند و آن‌هایی که در شدت متوسط تا شدید انجام شدند، بیشترین تأثیر را بر نتایج اصلی داشتند. این نشان می‌دهد که مدت زمان و نوع ورزش نقش حیاتی در اثربخشی مداخلات برای بهبود کنترل قند خون ایفا می‌کند.

نتایج تحلیل حساسیت برای ارزیابی پایداری نشان داد که سوگیری انتشار حداقل است، همان‌طور که از تحلیل نمودار کیفی و نتایج آزمون‌های اگر و بگ مشخص است، که پایداری نتایج را در شرایط مختلف مطالعه تأیید می‌کند.

جدول ۱. خلاصه مطالعات شامل FBS، کاهش HbA1c، مدت زمان، نوع مداخله، دامنه سنی و اندازه نمونه را نشان می‌دهند.

کاهش FBS	کاهش HbA1c (%)	مدت زمان (هفته)	نوع مداخله	دامنه سنی (سال)	اندازه نمونه	شناسه مطالعه
۱۵/۰	۰/۵۰	۱۲	هوازی	۳۵-۶۵	۱۵۰	۱
۲۰/۰	۷۰/۰	۲۴	مقاومتی	۴۰-۷۰	۲۰۰	۲
۲۵/۰	۰/۹۰	۱۶	ترکیبی	۵۰-۷۵	۱۰۰	۳
۱۸/۰	۰/۶۰	۲۰	هوازی	۳۵-۷۵	۲۵۰	۴
۲۲/۰	۰/۸۰	۲۴	ترکیبی	۴۰-۸۰	۳۰۰	۵

۴. بحث

نتایج اخیر نشان می‌دهند که ورزش به‌طور مؤثر می‌تواند سطوح HbA1c، هموگلوبین، FBS و HOMA-IR (مدل ارزیابی هموستاتیک انسولین) را کاهش دهد و در عین حال به بهبود BMI (شاخص توده بدنی) و ظرفیت هوازی کمک کند. این نتایج به‌ویژه در مورد ورزش ترکیبی، که شامل ترکیبی از تمرینات هوازی و مقاومتی است، بیشتر مشهود است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مداخلات ورزشی با مدت زمان حداقل ۱۲ هفته و با شدت متوسط تا شدید، تأثیر بیشتری بر این پارامترها دارند (۱۶، ۱۷). ورزش به‌عنوان یک مداخله مؤثر در مدیریت دیابت نوع ۲ شناخته می‌شود. به‌ویژه، تمرینات ترکیبی که شامل فعالیت‌های هوازی و مقاومتی هستند، به‌طور قابل توجهی می‌توانند به بهبود کنترل قند خون و کاهش مقاومت به انسولین کمک کنند. به‌عنوان مثال، یک مطالعه نشان داد که ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی در یک دوره ۱۲ هفته‌ای منجر به کاهش معنی‌دار در سطوح HbA1c و HOMA-IR در مریضان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد (۱۸). این نتایج نشان‌دهنده اهمیت ورزش ترکیبی در بهبود وضعیت متابولیک این مریضان است.

مکانیزم‌های بیولوژیکی که در پس این اثرات قرار دارند، شامل افزایش انتقال‌دهنده GLUT-4 در عضلات، بهبود سیگنالینگ انسولین از طریق مسیر PI3K/Akt، کاهش چربی احشایی، کاهش التهاب و بهبود عملکرد اندوتلیال هستند. این مکانیزم‌ها به‌طور

مستقیم با بهبود حساسیت به انسولین و کنترل قند خون مرتبط هستند (۱۹). به‌علاوه، ورزش می‌تواند به کاهش التهاب و بهبود وضعیت قلبی-وعایی کمک کند که این امر به نوبه خود می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی مریضان مبتلا به دیابت نوع ۲ منجر شود (۲۰، ۲۱). این نتایج با نتایج مطالعات قبلی مانند Boulé 2001، Umpierre 2011 و Grace 2017 همسو هستند. شواهد جدید نشان می‌دهند که ورزش نه تنها اثرات قابل توجهی بر کنترل گلیسمی دارد، بلکه شاخص‌های ثانویه مانند BMI، وزن بدن و ظرفیت هوازی را نیز بهبود می‌بخشد. به‌عنوان مثال، در یک مطالعه، ورزش منجر به کاهش معنی‌دار در سطوح HbA1c و BMI در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ شد (۲۲).

از نظر کلینیکی، ورزش باید بخشی جدایی‌ناپذیر از تداوی دیابت نوع دو باشد. برنامه‌های ترکیبی هوازی و مقاومتی با شدت متوسط تا شدید و مدت ≥ 12 هفته توصیه می‌شوند. این برنامه‌ها به‌طور خاص طراحی شوند تا به بهبود کنترل قند خون و افزایش حساسیت به انسولین کمک کنند. مزایای ورزش شامل کاهش خطر عوارض قلبی-وعایی، بهبود کیفیت زندگی و کاهش بار اقتصادی دیابت است. به‌علاوه، ورزش می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ کمک کند و به‌طور کلی به بهبود سلامت عمومی آن‌ها منجر شود (۲۳). تحقیقات نشان داده‌اند که فعالیت بدنی منظم می‌تواند تأثیرات مثبتی بر روی کنترل قند خون و کاهش سطح HbA1c داشته باشد. به‌ویژه، ترکیب

تمرینات هوازی و مقاومتی می‌تواند به بهبود عملکرد متابولیک و کاهش چربی‌های احشایی کمک کند (۲۳، ۲۴). همچنین، ورزش منظم می‌تواند به کاهش خطر ابتلا به امراض قلبی و وعایی، که یکی از عوارض شایع دیابت نوع ۲ است، کمک کند (۲۴). علاوه بر این، ورزش به بهبود سلامت روانی و کاهش استرس نیز کمک می‌کند (۲۵). بسیاری از افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ با مشکلات روانی مانند افسردگی و اضطراب مواجه هستند و فعالیت بدنی می‌تواند به کاهش این مشکلات کمک کند (۲۶).

در بررسی تأثیر ورزش بر مدیریت دیابت نوع ۲، محدودیت‌هایی وجود دارد که باید به آن‌ها توجه شود. یکی از این محدودیت‌ها، کیفیت پایین برخی از مطالعات است. بسیاری از تحقیقات در این زمینه به دلیل طراحی نامناسب، اندازه نمونه کوچک و عدم کنترل دقیق متغیرهای مزاحم، نتایج قابل اعتمادی ارائه نمی‌دهند. به عنوان مثال، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که تفاوت‌هایی در نوع و شدت ورزش‌ها وجود دارد که می‌تواند تأثیرات متنوعی بر نتایج داشته باشد و به همین دلیل، تفسیر نتایج را دشوار می‌کند (۲۷، ۲۸).

علاوه بر این، تمرکز بیشتر مطالعات بر روی کشورهای توسعه‌یافته ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را محدود کند. عوامل فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی در کشورهای در حال توسعه می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر روی نتایج ورزش و مدیریت دیابت داشته باشند. به عنوان مثال، در جوامع با

فرهنگ‌های مختلف، نگرش‌ها و رفتارهای مرتبط با ورزش و تغذیه ممکن است به طور قابل توجهی متفاوت باشد (۲۹). این موضوع می‌تواند به عدم تطابق نتایج مطالعات با واقعیت‌های موجود در کشورهای در حال توسعه منجر شود.

برای غلبه بر این محدودیت‌ها، مطالعات آینده باید شامل RCT (مطالعات تصادفی کنترل‌شده) طولانی‌مدت و با کیفیت بالا باشند و انواع ورزش‌های جدید بررسی شوند. این مطالعات می‌توانند به شناسایی بهترین شیوه‌های ورزشی برای مدیریت دیابت نوع ۲ کمک کنند و به درک بهتری از تأثیرات مختلف ورزش بر روی این اختلال منجر شوند (۳۰). همچنین، اثر ترکیبی ورزش با رژیم غذایی و تغییر رفتار نیز باید مورد مطالعه قرار گیرد، زیرا این عوامل می‌توانند به طور همزمان بر کنترل قند خون و بهبود سلامت عمومی تأثیرگذار باشند (۳۱). در نهایت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ورزش به عنوان یک مداخله مؤثر در مدیریت دیابت نوع ۲ شناخته می‌شود و باید به عنوان بخشی از برنامه تداوی این مریضان در نظر گرفته شود. با توجه به شواهد موجود، توصیه می‌شود که مریضان مبتلا به دیابت نوع ۲ به طور منظم ورزش کنند و از برنامه‌های ورزشی ترکیبی بهره‌مند شوند تا به بهبود وضعیت سلامت خود کمک کنند (۳۲). این برنامه‌ها نه تنها می‌توانند به کنترل قند خون کمک کنند، بلکه به بهبود کیفیت زندگی و کاهش خطر عوارض مرتبط با دیابت نیز منجر خواهند شد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مرور سیستماتیک تأکید بر تأثیرات قابل توجه ورزش بر کنترل قند خون در مریضان مبتلا به دیابت نوع ۲ دارند. فعالیت بدنی منظم، به‌ویژه ترکیبی از تمرینات هوازی و مقاومتی، نشان داده است که به‌طور مؤثری می‌تواند شاخص‌های کلیدی قند خون مانند HbA1c، FBS و HOMA-IR را کاهش دهد. به‌طور خاص، مداخلات ورزشی که به مدت ۱۲ هفته یا بیشتر و با شدت متوسط تا بالا انجام

می‌شوند، بیشترین مزایا را به همراه دارند. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهند که ورزش نه تنها به بهبود کنترل قند خون کمک می‌کند، بلکه به کاهش BMI و بهبود تناسب اندام کلی نیز کمک می‌کند. این بهبودها برای مدیریت دیابت و پیشگیری از عوارض مرتبط با آن حیاتی هستند. بنابراین، گنجاندن برنامه‌های ورزشی ساختارمند در پروتکل‌های درمانی برای مریضان مبتلا به دیابت نوع ۲ ضروری است.

Reference

1. Meeuwisse-Pasterkamp SH, Van Der Klauw MM, Wolffenbuttel BH. Type 2 diabetes mellitus: prevention of macrovascular complications. Expert review of cardiovascular therapy. 2008;6(3):323-41.
2. Ogurtsova K, da Rocha Fernandes J, Huang Y, Linnenkamp U, Guariguata L, Cho NH, et al. IDF Diabetes Atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. Diabetes research and clinical practice. 2017;128:40-50.
3. Faselis C, Katsimardou A, Imprialos K, Deligkaris P, Kallistratos M, Dimitriadis K. Microvascular complications of type 2 diabetes mellitus. Current vascular pharmacology. 2020;18(2):117-24.
4. Iatcu CO, Steen A, Covasa M. Gut Microbiota and Complications of Type-2 Diabetes. Nutrients. 2021;14.(^١)
5. Selvarajan R, Subramanian R. A Peptide in a Pill—Oral Semaglutide in the Management of Type 2 Diabetes. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity. 2023;1709-20.
6. Selvarajan R, Subramanian R. A Peptide in a Pill - Oral Semaglutide in the Management of Type 2 Diabetes. Diabetes Metab Syndr Obes. 2023;16:1709-20.
7. Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, et al. Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. Diabetes care. 2016;39(11):2065.
8. .[^] Gesinde B. Could Physical Activity Have an Impact on the Incidence or prevention of diabetes-related complications? A Review of the Evidence. Physical Activity and Health. 2019;3.(^١)
9. O'gorman D, Karlsson H, McQuaid S, Yousif O, Rahman Y, Gasparro D, et al. Exercise training increases insulin-stimulated glucose disposal and GLUT4 (SLC2A4) protein content in patients with type 2 diabetes. Diabetologia. 2006;49(12):2983-92.
10. Praet SF, van Loon LJ. Optimizing the therapeutic benefits of exercise in type 2 diabetes. Journal of applied physiology. 2007;103(4):1113-20.
11. Motahari-Tabari N, Shirvani MA, Shirzad-e-Ahoodashty M, Yousefi-Abdolmaleki E, Teimourzadeh M. The effect of 8 weeks aerobic exercise on insulin resistance in type 2 diabetes: a randomized clinical trial. Global journal of health science. 2014;7(1):115.
12. Boule N, Haddad E, Kenny G, Wells G, Sigal R. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2002;12(1):60-1.
13. Colberg SR. Physical activity: the forgotten tool for type 2 diabetes management. Frontiers in endocrinology. 2012;3:70.
14. Kirk A, Mutrie N, MacIntyre P, Fisher M. Increasing physical activity in people with type 2 diabetes. Diabetes care. 2003;26(4):1186-92.
15. Hamasaki H. Daily physical activity and type 2 diabetes: A review. World journal of diabetes. 2016;7(12):243.
16. Amaravadi SK, Maiya GA, K V, Shastry B. Effectiveness of structured exercise program on insulin resistance and quality of life in type 2 diabetes mellitus—A randomized controlled trial. PLoS One. 2024;19(5):e0302831.
17. Amare F, Kiflu A, Taddese A. Effects of concurrent continuous aerobic and short rest resistance exercise training on metabolic biomarkers in type 2 diabetes patients: a systematic review and meta-analysis. Diabetology & Metabolic Syndrome. 2025;17(1):290.
18. Lu D. Comparative effectiveness of various combined interventions for type 2 diabetes and obesity: a systematic review and network meta-analysis. Frontiers in Endocrinology. 2025;16:1462104.
19. Taghizadeh M, Kargarfard M, Braune S, Jung F, Naderi M. Long-term aerobic exercise training in type two diabetic patients alters the expression of miRNA-223 and its corresponding target, the P2RY12 receptor, attenuating platelet function. Clinical Hemorheology and Microcirculation. 2022;80(2):107-16.

20. Zeng Y, Zhang X, Luo W, Sheng Y. Effect of exercise intervention on clinical parameters in patients with non-alcoholic fatty liver disease and type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomized controlled trials. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*. 2024;36(1):1-12.
21. Miskiv V, Kogut A, Zhurakivska O, Kulinich-Miskiv M, Antimis O, Dutchak U, et al. Morphofunctional transformation of pancreatic islets in immature rats on the 70-th day of experimental diabetes. *The Ukrainian Scientific Medical Youth Journal*. 2025;152(1):61-8.
22. Gallardo-Gómez D, Salazar-Martínez E, Alfonso-Rosa RM, Ramos-Munell J, del Pozo-Cruz J, del Pozo Cruz B, et al. Optimal dose and type of physical activity to improve glycemic control in people diagnosed with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Care*. 2024;47(2):295-303.
23. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes care*. 2010;33(12):e147-e67.
24. Eves ND, Plotnikoff RC. Resistance training and type 2 diabetes: considerations for implementation at the population level. *Diabetes care*. 2006;29(8):1933-41.
25. Kirwan JP, Sacks J, Nieuwoudt S. The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes. *Cleveland Clinic journal of medicine*. 2017;84(7 Suppl 1):S15.
26. Fricke S. Semantic scholar. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*. 2018;106(1):145.
27. Orozco LJ, Buchleitner AM, Gimenez-Perez G, i Figuls MR, Richter B, Mauricio D. Exercise or exercise and diet for preventing type 2 diabetes mellitus. *Cochrane database of systematic reviews*. 2008.(3)
28. Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of Different Modes of Exercise Training on Glucose Control and Risk Factors for Complications in Type 2 Diabetic Patients: a Meta-Analysis: Response to Balducci et al. *Diabetes care*. 2007;30(4):e26-e.
29. Brown SA, Perkison WB, García AA, Cuevas HE, Velasquez MM, Winter MA, et al. The starr county border health initiative: Focus groups on diabetes prevention in Mexican Americans. *The Diabetes Educator*. 2018;44(3):293-306.
30. Ghosh S, Golbidi S, Werner I, Verchere BC, Laher I. Selecting exercise regimens and strains to modify obesity and diabetes in rodents: an overview. *Clinical Science*. 2010;119(2):57-74.
31. De Feo P, Schwarz P. Is physical exercise a core therapeutic element for most patients with type 2 diabetes? *Diabetes Care*. 2013;36(Suppl 2):S149.
32. Group DPPR. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *New England journal of medicine*. 2002;346(6):393-403.