DOI: 10.48305/jims.v41.i742.0988

مجله دانشکده پزشکی اصفهان | سال چهل و یکم/شماره‌ی ۷۴۲/هفته‌ی دوم دی ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۲۹ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۹ | تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۱۰/۱۴

اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی، به تنهایی، بر هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) و گلوکز ناشتا در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک: مطالعه‌ی مرور نظام‌مند فراتحلیل

فاطمه کاظمی نسب[۱]، سعیده احمدی نژاد[۲]

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: بیماری دیابت نوع یک (Type 1 Diabetes) T1D، یک بیماری خودایمنی است. بهترین راه کنترل T1D، کنترل سطح قند خون، تغییر سبک زندگی از جمله رژیم غذایی مناسب و فعالیت بدنی است. هدف از مطالعه‌ی حاضر، بررسی اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی، به تنهایی، بر هموگلوبین گلیکوزیله (glycated hemoglobin, HbA1c) و گلوکز ناشتا در بیماران T1D بود.

روش‌ها: جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science، Scopus و Google Scholar برای مقالات انگلیسی منتشر شده تا اکتبر ۲۰۲۲ انجام شد. فراتحلیل برای بررسی اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی، به تنهایی، بر HbA1c و گلوکز ناشتا در بیماران مبتلا به T1D انجام گردید. تفاوت میانگین استاندارد شده (Standardized mean difference) SMD، تفاوت میانگین وزنی (Weighted mean difference) WMD و فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج ۱۴ مطالعه با ۶۳۷ دختر و پسر مبتلا به T1D نشان داد که تمرین ورزشی، سبب کاهش معنی‌دار HbA1c (P = ۰/۰۳، SMD = −۰/۵۵) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد شد. اما تمرین ورزشی، سبب کاهش معنی‌دار گلوکز ناشتا (P = ۰/۰۷، WMD = −۲۸/۱۴ mg/dL) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد نشد. همچنین رژیم غذایی باعث کاهش معنی‌دار HbA1c (P = ۰/۶، SMD = −۰/۰۴) و گلوکز ناشتا (P = ۰/۱، WMD = −۱۸/۵۲ mg/dL) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد نشد.

نتیجه‌گیری: مطالعه‌ی حاضر نشان داد که تمرین ورزشی به عنوان یک راهکار غیردارویی برای کاهش HbA1c برای بیماران T1D پیشنهاد می‌شود. با توجه به نتایج فراتحلیل حاضر، مناسب‌ترین شیوه‌ی تمرین برای کاهش HbA1c، تمرین ترکیبی است. اما رژیم غذایی به تنهایی اثری بر HbA1c در بیماران T1D ندارد.

واژگان کلیدی: تمرین ورزشی؛ رژیم غذایی؛ هموگلوبین گلیکوزیله؛ گلوکز؛ دیابت نوع یک

ارجاع: کاظمی نسب فاطمه، احمدی نژاد سعیده. **اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی، به تنهایی، بر هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) و گلوکز ناشتا در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک: مطالعه‌ی مرور نظام‌مند فراتحلیل.** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۲؛ ۴۱ (۷۴۲): ۱۰۰۳-۹۸۸

مقدمه

دیابت نوع یک (Type 1 diabetes) T1D، یک بیماری خود ایمنی پیچیده است که در گذشته به عنوان دیابت نوجوانان یا دیابت وابسته به انسولین شناخته شده است. در این بیماری، انسولین به علت تخریب خود ایمنی سلول‌های پانکراس ترشح نمی‌شود (۱). کودکان مبتلا به دیابت نوع یک، در معرض خطر کتواسیدوز دیابتی و هیپوگلیسمی شدید هستند که ناشی از کمبود انسولین یا سطوح پایین گلوکز خون است. کتواسیدوز دیابتی در موقعیت‌هایی که میزان انسولین خون کمتر از نیاز بدن است ایجاد می‌شود، این شرایط شامل فراموش کردن دوز انسولین یا دریافت ناکافی دوز انسولین در وضعیت‌های استرس همچون بیماری و جراحی است (۲). در این شرایط وقتی انسولین کافی برای استفاده از قند موجود در خون ترشح نشود، سلول‌ها به جای قند از چربی به‌عنوان سوخت استفاده می‌کنند. در اثر سوزاندن چربی‌ها، کتون تولید می‌شود که یک ماده‌ی اسیدی بوده و در طولانی‌مدت می‌تواند اسیدیته خون را بالا ببرد (۳). در نتیجه نیاز مداوم به شناسایی استراتژی‌های رفتاری مؤثر برای مدیریت

۱- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: فاطمه کاظمی نسب: استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

Email: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

قندخون در این مرحله‌ی زندگی، ازجمله سبک زندگی فعال، انجام تمرینات ورزشی و تغذیه‌ی مناسب در کنار درمان پزشکی و دارویی برای مدیریت قند خون در بیماران دیابت نوع یک اهمیت دارد. استراتژی‌های درمانی مطرح شده در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک، شامل استراتژی ایمونوتراپی با هدف کاهش یا حذف حمله‌ی خود ایمنی (٤)، استراتژی بازسازی سلول‌های بتای باقی مانده در پانکراس با القای تکثیر آن‌ها در داخل بافت پانکراس است (٥). علاوه بر این، درمان‌هایی با هدف جبران، بازگرداندن و یا جایگزینی سلول‌های بتای از دست رفته در پانکراس (مانند پیوند بافت پانکراس) انجام می‌شود (٦).

هموگلوبین، یکی از پروتئین‌های گلبول‌های قرمز است و وظیفه‌ی حمل اکسیژن در خون را بر عهده دارد. در واقع زنجیره‌های هموگلوبین مانند بسیاری از پروتئین‌ها در بدن در اثر یک سری واکنش‌های غیرآنزیمی با ملکول‌های گلوکز ترکیب شده و به هموگلوبین قندی شده پایدار تبدیل می‌گردند. بطوری‌که هر چقدر غلظت گلوکز و مدت زمان مواجهه‌ی آن با هموگلوبین بیشتر باشد، درصد بالاتری از هموگلوبین قندی می‌شود که تا پایان عمر گلبول‌های قرمز در آن باقی می‌مانند که این هموگلوبین قندی شده، هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) نامیده می‌شود (٧، ٨). سنجش HbA1c، یک تست بسیار رایج برای غربالگری بیماران مبتلا به دیابت نوع یک برای سنجش غلظت گلوگز خون است. هرچقدر درصد HbA1c بیشتر باشد، نشان‌دهنده‌ی عدم یا ضعف کنترل میزان قند خون بیمار در دو یا سه ماه گذشته می‌باشد (٢).

از روش‌های توصیه شده برای مدیریت بیماری دیابت نوع یک می‌توان به مداخلات دارویی مانند تزریق انسولین و تغییر سبک زندگی از جمله انجام فعالیت بدنی و تغذیه مناسب اشاره کرد (٦، ٩-١١). تمرینات ورزشی منظم (تمرینات هوازی و یا تمرینات مقاومتی) دارای تأثیرات مثبت متعددی است. مزایای انجام تمرینات ورزشی برای بیماری دیابت نوع یک شامل، بهبود خلق و خو و کاهش استرس، کاهش شرایط حاد کتو اسیدوز دیابتی، کاهش سطوح گلوگز خون و حفظ سطوح ایمن HbA1c، بهبود پروفایل لیپیدی و کاهش وزن بدن، افزایش ظرفیت هوازی، بهبود ضربان قلب استراحتی و بهبود عوامل خطر متابولیک قلبی است که اهمیت بسیاری برای پیشگیری نسبی از عوارض ناشی از دیابت دارد (٩، ١٢، ١٣). تمرینات ورزشی توصیه شده شامل تمرین هوازی با شدت کم تا شدید، حرکات انعطاف‌پذیری، حرکات تعادلی و تمرینات مقاومتی است (١٤، ١٥).

در یک مطالعه گزارش کردند که انجام فعالیت بدنی در کاهش اندک HbA1c بیماران مبتلا به دیابت نوع یک مؤثر بوده است (١٦). در پژوهش فراتحلیل Shorey و همکاران در سال ٢٠٢٢، اثر تمرین ورزشی بر HbA1c در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک بررسی شد و نتایج ٩ مطالعه با ٢٤٧ آزمودنی نشان داد که تمرین ورزشی سبب کاهش معنی‌دار HbA1c نمی‌شود (٢).

همچنین، در مطالعه‌ی García-Hermoso و همکاران، گزارش کردند که برنامه‌های تمرینی طولانی‌تر از ٢٤ هفته با حداقل ٦٠ دقیقه در هر جلسه با شدت بالا و تمرینات کانکارنت (همزمان) ممکن است به عنوان یک درمان حمایتی برای کنترل متابولیک در بیماران T1D عمل کند (١٧).

از سوی دیگر، تغذیه و رژیم غذایی مناسب برای بیماران مبتلا به دیابت نوع یک معمولاً بر اجتناب از هایپرگلیسمی و دستیابی به سطوح طبیعی گلوکز خون متمرکز است (١٨-٢٠). مداخلات تغذیه‌ای برای دستیابی به کنترل قند خون اغلب آموزشی هستند و شامل شمارش کربوهیدرات‌ها (یک روش خودمراقبتی است که به افراد آموزش داده می‌شود تا میزان کربوهیدرات مصرفی در وعده‌های غذایی و میان وعده‌ها را بتوانند شمارش کنند)، مشاوره‌ی تغذیه و تنظیم رژیم غذایی با استفاده از برنامه‌های غذایی فردی است. اجزای رژیم غذایی شامل میزان کالری، محتوای کربوهیدرات، و مقادیر گلوکز خون به عنوان جنبه‌های اصلی رژیم، در حالی که شاخص گلیسمی، نوع کربوهیدرات (ساده در مقابل پیچیده)، و میزان فیبر موجود در غذا به عنوان جنبه‌های جزئی رژیم بودند (٢١). به طور کلی، مداخلات مبتنی بر تغذیه که کودکان و نوجوانان را با مهارت‌های لازم برای مدیریت بهتر دیابت نوع یک آموزش می‌دهند، پایبندی آن‌ها به رژیم‌های مخصوص دیابت مانند خود نظارتی بر قند خون و پیروی از داروهای تجویز شده را افزایش می‌دهند (٢٢).

مطالعات محدودی در خصوص اثربخشی تمرین ورزشی و رژیم غذایی در کنترل دیابت و شاخص‌های گلایسمی از جمله HbA1c و گلوکز ناشتا در بیماران T1D وجود دارد (٩، ٢٣-٢٧)، اما در خصوص مؤثرترین شیوه‌های تمرینی از لحاظ نوع و مدت مداخله‌ی تمرینی توافق کلی وجود ندارد. از سویی دیگر، با توجه به مزایای فعالیت بدنی و مداخلات مبتنی بر تغذیه برای بیماران T1D، یک بررسی و بازنگری برای تأثیر مداخلات فعالیت بدنی و رژیم غذایی بر سلامت جسمی بیماران مبتلا به دیابت نوع یک به شیوه‌ی مطالعه‌ی نظام‌مند و فراتحلیل ضروری است. همچنین، مطالعات نظام‌مند و فراتحلیل خلاصه‌ای از اثرات مفید تمرین ورزشی به تنهایی و رژیم غذایی به تنهایی بر میزان HbA1c را در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو ارائه داده‌اند، اما یک مطالعه‌ی نظام‌مند-فراتحلیل جامع که تأثیر تمرین ورزشی و رژیم غذایی به تنهایی بر میزان HbA1C و گلوکز ناشتا را در بیماران T1D را بررسی کرده باشد، وجود ندارد. بنابراین، هدف مطالعه‌ی فراتحلیل حاضر، بررسی اثر تمرین ورزشی و رژیم

غذایی (هر مداخله به تنهایی) بر HbA1c و گلوکز ناشتا در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک بود.

روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه‌ی مرور سیستماتیک-فراتحلیل است که بر اساس دستورالعمل Cochrane و (Preferred Reporting Items PRISMA (for Systematic Reviews and Meta-Analyses انجام شد.

جستجو برای مقالات انگلیسی در پایگاه‌های اطلاعاتی Web of Science، Scopus و PubMed بدون محدود کردن سال انتشار تا اکتبر سال ۲۰۲۲ با استفاده از کلمات انگلیسی "Adolescent"، "Child"، "T1D"، "Type 1diabetes"، "Glycated hemoglobin"، "HbA1c"، "Infant"، "Pediatrics"، "Exercise training"، "Exercise"، "Nutrition"، "Diet"، "Training" و "Physical activity" انجام شد. همچنین، با استفاده از کلیدواژه‌های اشاره شده، جستجو به روش دستی در Google Scholar انجام گردید. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی توسط دو محقق به صورت مستقل صورت گرفت.

برای انجام پژوهش فراتحلیل، مقالات با مشخصات زیر وارد مطالعه شدند: ۱- مطالعات انجام شده بر روی بیماران مبتلا به دیابت نوع یک با رده‌ی سنی ۸ تا ۱۸ سال؛ ۲- مطالعات منتشر شده به زبان انگلیسی؛ ۳- مطالعات بررسی کننده‌ی اثر انواع تمرین ورزشی (تمرین هوازی، تمرین مقاومتی، تمرین ترکیبی، تمرین همزمان و تمرین پیلاتس) در برابر گروه شاهد (بی‌تحرک)؛ ٤- مطالعات بررسی کننده‌ی اثر رژیم غذایی در برابر گروه شاهد (بی‌تحرک)؛ ۵- مطالعات اندازه‌گیری کننده‌ی هموگلوبین گلیکوزیله؛ ۵- مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی‌سازی شده و مطالعات متقاطع (Crossover). معیارهای خروج شامل پایان‌نامه‌ها، مقالات در همایش‌ها، مقالات حیوانی و مطالعاتی که بر روی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو انجام شده بود. همچنین مطالعاتی که اثر ترکیبی تمرین ورزشی و رژیم غذایی را سنجیده بودند، از مطالعه مروری نظام‌مند حاضر خارج شدند. بنابراین، فقط مطالعات با گروه‌های کنترل مستقل وارد فراتحلیل حاضر شدند. بررسی اولیه مقالات به صورت مستقل توسط دو پژوهشگر انجام شد.

استخراج داده‌ها: متن کامل همه‌ی مقالات وارد شده، بررسی شدند و در نهایت داده‌ی هموگلوبین گلیکوزیله توسط دو نویسنده به صورت مستقل استخراج شد. اطلاعات مربوط به نویسنده‌ی اول، سال انتشار، تعداد نمونه در هر گروه، نوع مطالعه و کشور، ویژگی‌های آزمونی‌ها شامل: سن، جنسیت، پروتکل تمرین ورزشی (نوع تمرین ورزشی، شدت و مدت هر جلسه تمرین، تعداد جلسات در هفته و مدت کل تمرین) و مداخله‌ی رژیم غذایی (نوع رژیم غذایی و مدت آن) بررسی و استخراج شد. برای مطالعاتی که داده‌ها را به صورت نمودار گزارش کرده بودند، استخراج داده‌ها با استفاده از Getdata از نمودار مقالات صورت گرفت. همچنین انحراف استاندارد با استفاده از فرمول حاصل ضرب جذر تعداد آزمودنی‌ها در خطای استاندارد میانگین، تخمین زده شد (۲۸، ۲۹).

فراتحلیل: فراتحلیل حاضر برای بررسی اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی بر هموگلوبین گلیکوزیله (به عنوان یک متغیر اصلی) و اولیه و گلوکز ناشتا (به عنوان یک متغیر ثانویه) در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک انجام شد. برای این منظور، اندازه‌ی اثر با استفاده از تفاوت میانگین استاندارد شده (Standardized mean differences) SMD و تفاوت میانگین وزنی (Weighted mean difference) WMD گزارش و فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد (CI) در نظر گرفته شد. همچنین، اندازه‌ی اثر با استفاده از مدل اثر تصادفی (Random) محاسبه گردید (۲۸). برای تعیین ناهمگونی (عدم تجانس) مطالعات، از آزمون I^2 استفاده شد که مقدار ناهمگونی طبق دستورالعمل کوکران به شرح زیر کمتر از ۲۵٪ = ناهمگونی کم، ۲۵-۵۰٪ = ناهمگونی متوسط، ۵۰-۷۵٪ = ناهمگونی زیاد و بیشتر از ۷۵٪ = ناهمگونی بسیار زیاد تفسیر شد (۳۰). در صورت وجود ناهمگونی، با استفاده از تحلیل حساسیت (Sensitivity analysis) از طریق روش خارج کردن یک به یک مطالعات (Leave one-out method) با لحاظ کردن I^2 کمتر از ۵۰ به عنوان ملاک انجام شد (۳۱). سوگیری انتشار نیز با استفاده از تفسیر بصری از فونل پلات بررسی شد و تست Egger به عنوان یک تست تعیین‌کننده‌ی ثانویه استفاده شد که در آن P = ۰/۱ به عنوان وجود سوگیری انتشار معنی‌دار در نظر گرفته شد (۳۲). تحلیل زیرگروه بر اساس نوع تمرین (تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی) و طول مدت مداخله (≥۱۲ هفته و <۱۲ هفته) انجام شد. لازم به ذکر است یک مطالعه دارای مداخله، تمرین پیلاتس بود و امکان انجام تحلیل زیرگروه برای یک مطالعه فراهم نشد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار CMA2 انجام گردید.

بررسی کیفیت مطالعات: بررسی کیفیت مقالات توسط دو پژوهشگر به طور مستقل انجام شد. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک‌لیست ۹ سؤالی Pedro انجام شد (۳۳). معیارهای بررسی کیفیت مطالعات شامل موارد زیر بود: ۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها، ۲- اختصاص شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به گروه‌های مختلف، ۳- آشنایی نداشتن شرکت‌کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌های‌شان، ٤- یکسان بودن

آزمودنی‌ها در شرایط پایه (قبل از اعمال مداخله) در گروه‌های مختلف مطالعه، ۵- وجود ارزیابی یک‌سوکور برای متغیر اصلی پژوهش، ٦- خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان از پژوهش، ۷- انجام تجزیه و تحلیل به صورت ITT (Intention to treat)، ۸- وجود گزارش تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی پژوهش، ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معنی‌داری. به تمام سؤالات چک‌لیست Pedro، با دو گزینه‌ی بله و یا خیر پاسخ داده شد. امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مطالعه بود (جدول ۱).

یافته‌ها

بر اساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعات علمی تا مارس ۲۰۲۲، تعداد ٤۷۰ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری (۱۱۲ مقاله) و پس از بررسی عناوین و چکیده‌ی مقالات، در نهایت ۵۱ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۳۷ مقاله از مطالعه‌ی حاضر خارج گردید (شکل ۱). در نهایت، ١٤ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند (شکل ۱). ۸ مطالعه (۹ مداخله) بررسی اثر تمرین ورزشی و ۷ مطالعه (۸ مداخله) برای بررسی اثر رژیم غذایی بر هموگلوبین گلیکوزیله بود. لازم به ذکر است که مطالعه‌ی Mohammed و همکاران، دارای هر دو نوع مداخله‌ی تمرین ورزشی و رژیم غذایی بود (٦). همچنین، از میان ١٤ مطالعه‌ی وارد شده که با هدف بررسی متغیر اصلی (هموگلوبین گلیکوزیله) وارد فراتحلیل حاضر شدند، ۳ مطالعه، اثر تمرین ورزشی بر میزان گلوکز ناشتا و ۳ مطالعه، اثر رژیم غذایی بر میزان گلوکز ناشتا را بررسی کرده بودند.

ویژگی آزمودنی‌ها: ٦۳۷ کودک دختر و پسر مبتلا به T1D با رده‌ی سنی ۸ تا ۱۸ سال و شاخص توده‌ی بدنی ۱۷-۲۲ کیلوگرم بر متر مربع وارد مطالعه‌ی فراتحلیل حاضر شدند که همه‌ی آزمودنی‌ها، بیماران مبتلا به دیابت نوع یک بودند (۱، ٦، ۹-۱۱، ۱٦، ۲٤-۲۷، ۳۵-۳۸). ۲۳۵ آزمودنی با میانگین سن ۱/۵۱ ± ۱۳/٤۱و میانگین شاخص توده‌ی بدنی ۲/۱۳ ± ۱۳/٦۸ در گروه‌های تمرین ورزشی و ۱۳۲ آزمودنی با میانگین سن ۸٤/۱۳ ± ۱۲/۲ و میانگین شاخص توده‌ی بدنی ۲/٤۲ ± ۱۵/٦٤ در گروه‌های شاهد بودند (٦، ۹، ۱۰، ۱٦، ۲۷، ۳۵، ۳٦، ۳۸). ۱۵۱ آزمودنی با میانگین سن ۲/۳٤ ± ۱۳/٤۷ و میانگین شاخص توده‌ی بدنی ۳/۷۱ ± ۲۰/۵۳ در گروه‌های رژیم غذایی و ۱۲۹ آزمودنی با میانگین سن ۳٦/۰۷ ± ۱۳/۳ و میانگین شاخص توده‌ی بدنی ۳/۵٤ ± ۲۵/۲۸ در گروه‌های شاهد بودند (۱، ٦، ۱۱، ۲٤-۲٦، ۳۷) (جدول ۲). حداقل تعداد آزمودنی‌های مطالعات ۱۳ نفر (۲۵) و حداکثر ۱۹٦ نفر (۳۵) بود. لازم به ذکر است که آزمودنی‌ها از کشورهای آمریکا، بلژیک، ترکیه، انگلیس، عربستان صعودی، ایران، اتریش و مصر بودند.

ویژگی پروتکل‌های تمرین: ١٤ مطالعه (۱۷ مداخله) وارد فراتحلیل حاضر شدند که بر اساس نوع مداخله به ۹ مداخله‌ی تمرین ورزشی (۳ مداخله‌ی تمرین هوازی (٦، ۳۵، ۳۸)، ۲ مداخله‌ی تمرین مقاومتی (۱۰، ۲۵)، ۳ مداخله‌ی تمرین ترکیبی (۹، ۱٦، ۳۵) و ۱ مداخله‌ی تمرین پیلاتس (۲٦)) و ۷ مداخله‌ی رژیم غذایی (۱، ٦، ۱۱، ۲۳-۲۵، ۳٦) طبقه‌بندی شدند. حداقل مدت هر جلسه تمرین هوازی ۳۰ و حداکثر ۹۰ دقیقه و شدت این تمرینات متوسط بود. همچنین تمرین ترکیبی شامل تمرین مقاومتی و هوازی بود (جدول ۲).

نتایج فراتحلیل

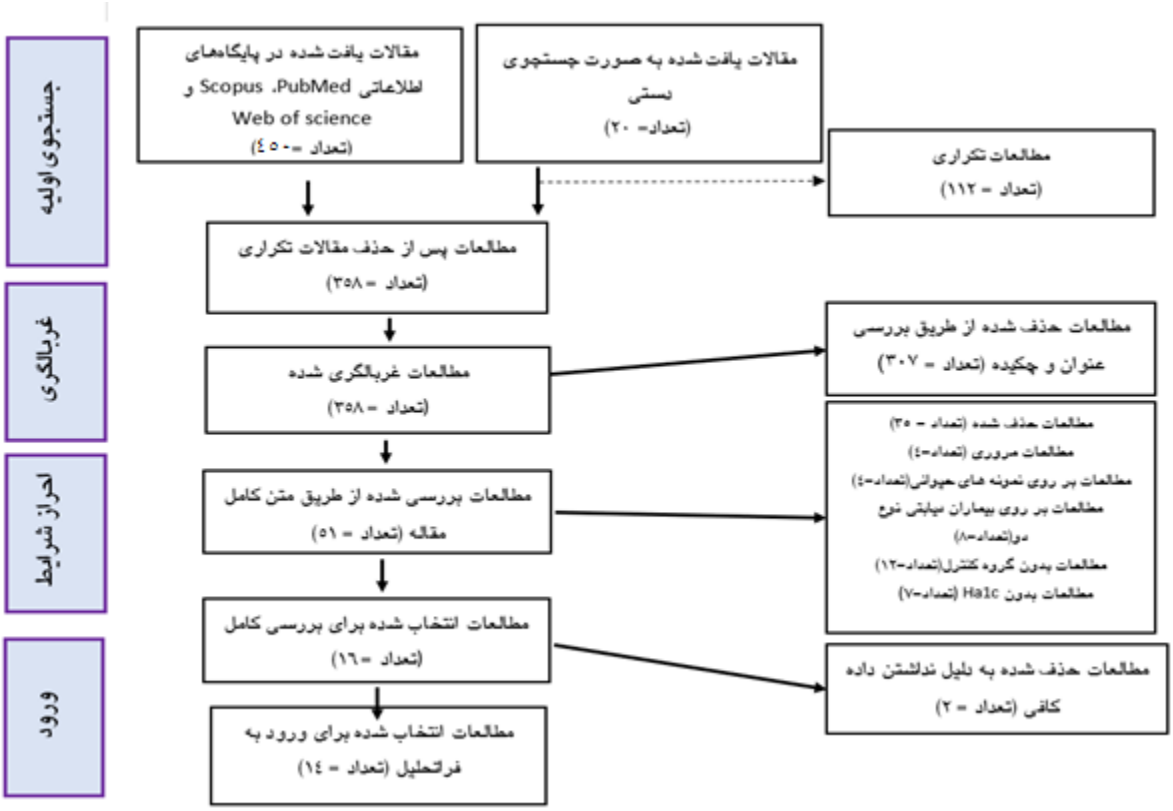
تحلیل اصلی

اثر تمرین ورزشی بر هموگلوبین گلیکوزیله: تجزیه و تحلیل داده‌های ۹ مداخله نشان داد که تمرین ورزشی، سبب کاهش معنی‌دار هموگلوبین گلیکوزیله (P = ۰/۰۳، ۱/۰۷- الی ۰/۰۳- SMD = ۰/۵۵) با اندازه‌ی اثر متوسط در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد شد (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی بالایی وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۷۸/٤۲). نتایج تحلیل زیرگروه بر اساس نوع تمرین نشان داد که تمرین ترکیبی، سبب کاهش معنی‌دار هموگلوبین گلیکوزیله (P = ۰/۰۲، ۱/۳۷- الی ۰/۰۹- SMD = ۰/۷٦-) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد شد. اما تمرین هوازی سبب کاهش معنی‌دار هموگلوبین گلیکوزیله (P = ۰/۱، ۱/۹۹- الی ۰/۳ SMD = ۰/۸٤-) و تمرین مقاومتی (P = ۰/۷، ۲/۲٦- الی ۱/٦۱ SMD = ۰/۳۲-) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد نشد. همچنین نتایج تحلیل زیرگروه بر اساس طول مدت مداخله نشان داد که تمرین ورزشی با مدت ≥۱۲ هفته (P = ۰/۲، ۱/٤٤- الی ۰/۳٦ SMD = ۰/۵٤-) و مدت <۱۲ هفته (P = ۰/۰۸، ۱/۲۳- الی ۰/۰۷ SMD = ۰/۵۷-) سبب کاهش معنی‌دار هموگلوبین گلیکوزیله در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد نشد.

اثر تمرین ورزشی بر گلوکز ناشتا: تجزیه و تحلیل داده‌های ۳ مداخله (از ١٤ مطالعه‌ی اولیه وارد شده که میزان هموگلوبین گلیکوزیله را به عنوان یک متغیر اصلی سنجیده‌اند) نشان داد که تمرین ورزشی، سبب کاهش معنی‌دار میزان گلوکز ناشتا (P = ۰/۰۷، ۵۹/۲۸- الی ۲۸/۱٤- mg/dL WMD =) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد نشد (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی وجود ندارد (P = ۰/۰۸، I^2 = ٦۰/۲۲).

جدول ۱. بررسی کیفیت مطالعات

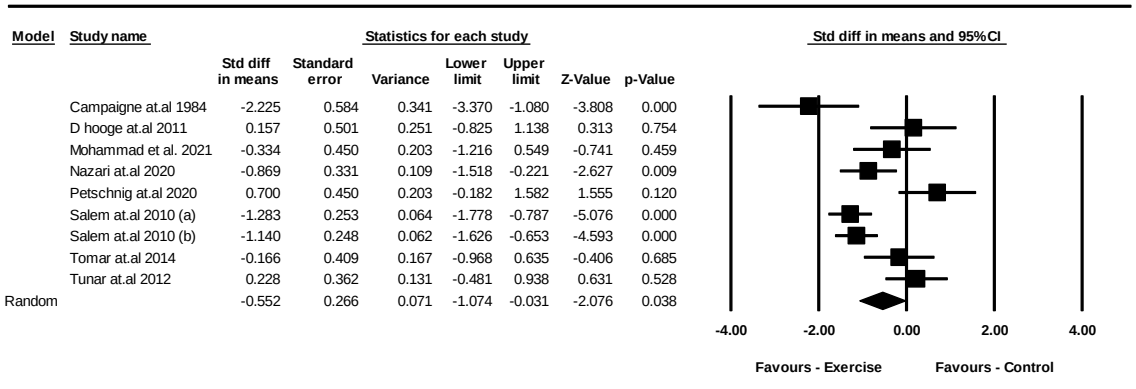
مطالعه- سال	۱ (مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها)	۲ (اختصاص شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به گروه‌های مختلف)	۳ (آشنایی نداشتن شرکت‌کنندگان نسبت به گروه بندی‌های‌شان)	٤ (یکسان بودن آزمودنی‌ها در شرایط پایه (قبل از اعمال مداخله) در گروه‌های مختلف مطالعه)	٥ (وجود ارزیابی یک‌سوکور برای متغیر اصلی پژوهش)	٦ (خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان از پژوهش)	۷ (انجام تجزیه و تحلیل به صورت Intention to (treat	۸ (وجود گزارش تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی پژوهش)	۹ (وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معنی‌داری)	امتیاز کل
Campaigne و همکاران ۱۹۸۴(۳۴)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۶
D'hooge و همکاران ۲۰۱۱ (۹)	✓	✓	×	✓	✓	×	×	✓	✓	۶
Gökşen و همکاران ۲۰۱۴ (۲۳)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
Knox و همکاران ۲۰۱۹ (۲۴)	✓	✓	×	✓	✓	×	×	✓	✓	۶
Mohammed و همکاران ۲۰۲۱ (۶)	✓	✓	×	✓	✓	×	×	✓	✓	۶
Nazari و همکاران ۲۰۲۰ (۱۶)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۶
Petschnig و همکاران ۲۰۲۰ (۱۰)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
Salem و همکاران ۲۰۱۰ (۳۵)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
Tomar و همکاران ۲۰۱۴ (۳۷)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Tunar و همکاران ۲۰۱۲ (۲۶)	×	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۵
Spiegel و همکاران ۲۰۱۲ (۱۱)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵
Schwingshandl و همکاران ۱۹۹۴ (۳۶)	✓	×	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۵
Quirk و همکاران ۲۰۱۸ (۲۵)	×	✓	×	✓	✓	×	×	✓	✓	۵
Abdulrhman و همکاران ۲۰۱۳ (۱)	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓	۵



شکل ١. فلوچارت انتخاب مطالعات

اثر رژیم غذایی بر هموگلوبین گلیکوزیله: تجزیه و تحلیل داده‌های ٨ مداخله نشان داد که رژیم غذایی، سبب کاهش معنی‌دار هموگلوبین گلیکوزیله (P = ٠/٦، SMD = -٠/٠٤ (٠/٢٨- الی ٠/١٩) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد نشد (شکل ٤). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی وجود ندارد (P = ٠/٤، I^2 = ٠/٠١).

اثر رژیم غذایی بر گلوکز ناشتا: تجزیه و تحلیل داده‌های ٣ مداخله (از ١٤ مطالعه‌ی اولیه وارد شده که میزان هموگلوبین گلیکوزیله را به عنوان یک متغیر اصلی سنجیده‌اند) نشان داد که تمرین ورزشی، سبب کاهش معنی‌دار میزان گلوکز ناشتا (P = ٠/١، WMD = -١٨/٥٢ mg/dL (٤١/١١- الی ٤/٠٦) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد نشد (شکل ٥). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی وجود ندارد (P = ٠/٢، I^2 = ١٨/٧٥).



Model	Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Campaigne at.al 1984	-2.225	0.584	0.341	-3.370	-1.080	-3.808	0.000
	D hooge at.al 2011	0.157	0.501	0.251	-0.825	1.138	0.313	0.754
	Mohammad et al. 2021	-0.334	0.450	0.203	-1.216	0.549	-0.741	0.459
	Nazari at.al 2020	-0.869	0.331	0.109	-1.518	-0.221	-2.627	0.009
	Petschnig at.al 2020	0.700	0.450	0.203	-0.182	1.582	1.555	0.120
	Salem at.al 2010 (a)	-1.283	0.253	0.064	-1.778	-0.787	-5.076	0.000
	Salem at.al 2010 (b)	-1.140	0.248	0.062	-1.626	-0.653	-4.593	0.000
	Tomar at.al 2014	-0.166	0.409	0.167	-0.968	0.635	-0.406	0.685
	Tunar at.al 2012	0.228	0.362	0.131	-0.481	0.938	0.631	0.528
Random		-0.552	0.266	0.071	-1.074	-0.031	-2.076	0.038

شکل ٢. نمودار انباشت (Forest plot). اثر تمرین ورزشی بر میزان هموگلوبین گلیکوزیله در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک

جدول ۲. ویژگی آزمودنی‌ها و طراحی مداخله

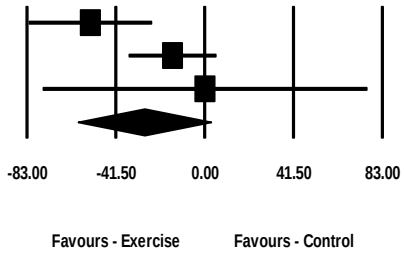
مطالعه - سال	نوع مطالعه- کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی ها	سن (سال) (انحراف استاندارد ± میانگین)	شاخص توده‌ی بدنی (Kg/m^2) (انحراف استاندارد ± میانگین)	طول مداخله به هفته	طراحی مداخله (تمرین ورزشی یا رژیم غذایی)
Campaigne و همکاران ۱۹۸۴ (۳۴)	RCT - آمریکا	۱۹ دختر و پسر (۷ دختر و ۱۲ پسر)	کودک مبتلا به دیابتی نوع یک	گروه تمرین هوازی (۹ نفر): ۰/۴۷ ± ۹ گروه شاهد (۱۰ نفر): ۰/۵۷ ± ۸/۵	گروه تمرین هوازی: در مقاله اشاره نشده است. گروه شاهد: در مقاله اشاره نشده است.	۱۲	تمرین هوازی: ۳۰ دقیقه دویدن، بازی و حرکات با موسیقی (۳ جلسه در هفته)
D'hooge و همکاران ۲۰۱۱ (۹)	RCT - بلژیک	۱۶ دختر و پسر (۹ دختر و ۷ پسر)	کودک مبتلا به دیابت نوع یک	گروه تمرین ترکیبی (۸ نفر): ۲/۳۳ ± ۱۳/۷۷ گروه شاهد (۸ نفر): ۱/۸۱ ± ۱۲/۹۵	گروه تمرین ترکیبی: ۴/۷۴ ± ۲۱/۵ گروه شاهد: ۴/۴ ± ۲۰/۶	۲۰	تمرین ترکیبی (تمرین هوازی و قدرتی): ۷۰ دقیقه تمرین ورزشی (۲ جلسه در هفته) تمرین هوازی با شدت ۷۵-۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب
Gökşen و همکاران ۲۰۱۴ (۲۳)	RCT - ترکیه	۸۴ دختر و پسر	کودک و نوجوان مبتلا به دیابت نوع یک	گروه رژیم غذایی (۵۲ نفر): ۴/۵۹ ± ۱۶/۴۴ گروه شاهد (۳۲ نفر): ۵/۰۱ ± ۱۷/۰۹	گروه رژیم غذایی: ۳/۲۲ ± ۱۹/۶۱ گروه شاهد: ۳/۳۱ ± ۲۰/۸۹	شمارش کربوهیدرات دو هفته و ۲ سال پیگیری	رژیم غذایی: اولین هفته‌ی آشنایی با محتویات غذا و مقدار کربوهیدرات روزانه معادل ۵۰-۵۵ درصد کل کالری دریافتی و تخمین مقدار کربوهیدرات در هر وعده‌ی غذایی، دومین هفته: یادگیری مدیریت کربوهیدرات ساده و میان وعده و تنظیم دوز انسولین
Knox و همکاران ۲۰۱۹ (۲۴)	RCT - انگلیس	۴۹ دختر و پسر	کودک مبتلا به دیابت نوع یک	گروه رژیم غذایی (۲۴ نفر): ۱/۱ ± ۱۰/۴ گروه شاهد (۲۵ نفر): ۰/۹ ± ۱۰/۸۹	گروه رژیم غذایی: ۳/۶ ± ۲۰/۶۹ گروه شاهد: ۰/۲ ± ۱۷/۰۹	۲۴	رژیم غذایی: تعیین هدف فعالیت بدنی، بازخورد و افزایش دانش با هدف افزایش خودکارآمدی شرکت‌کنندگان برای خود مدیریتی دیابت (به عنوان مثال، اعتماد به نفس در مورد مدیریت فعالیت بدنی در کنار رژیم غذایی و خودمراقبتی و پایش منظم قند خون توسط بیمار)، ج: مراقبت معمول
Mohammed و همکاران ۲۰۲۱ (۶)	RCT – عربستان صعودی	۳۰ پسر	نوجوان مبتلا به دیابت نوع یک	گروه تمرین هوازی (۱۰ نفر): ۰/۴۲ ± ۱۷/۸ گروه رژیم غذایی (۱۰ نفر): ۱/۸ ± ۱۵/۶ گروه شاهد (۱۰ نفر): ۲/۰ ± ۱۴/۴	گروه تمرین هوازی: در مقاله اشاره نشده است. گروه رژیم غذایی: در مقاله اشاره نشده است. گروه شاهد: در مقاله اشاره نشده است.	۱۲	تمرین هوازی: فوتبال به مدت ۹۰ دقیقه (۲ جلسه در هفته) رژیم غذایی: رژیم کنترل کالری را از متخصص تغذیه دریافت کرده‌اند که از تعداد کالری توصیه شده‌ی روزانه تجاوز نکند.
Nazari و همکاران ۲۰۲۰ (۱۶)	RCT – ایران	۴۰ دختر و پسر	کودک مبتلا به دیابت نوع یک	گروه تمرین همزمان (هوازی و مقاومتی) (۲۰ نفر): ۱/۹۰ ± ۱۱/۲۲ گروه شاهد (۲۰ نفر): ۲/۶۷ ± ۱۱/۰	گروه تمرین ترکیبی: ۴/۱۱ ± ۱۸/۹۶ گروه شاهد: ۱/۸۷ ± ۱۷/۲۸	۱۶	تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی): تمرین همزمان (Concurrent) به مدت ۶۰ دقیقه (۳ جلسه در هفته) تمرین هوازی با شدت ۵۰-۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب
Petschnig و همکاران ۲۰۲۰ (۱۰)	RCT – اتریش	۲۱ (در مقاله به جنسیت اشاره نشده است)	کودک مبتلا به دیابت نوع یک	گروه تمرین مقاومتی (۱۱ نفر): ۰/۸ ± ۱۱ گروه شاهد (۱۰ نفر): ۰/۷ ± ۱۱/۳۰	گروه تمرین مقاومتی: ۲/۴ ± ۱۹/۲۶ گروه شاهد: ۴/۲ ± ۱۹/۵۵	۳۲	تمرین مقاومتی: تمرین دایره‌ای به مدت ۵۰ دقیقه (۲ جلسه در هفته)

ادامه جدول ۲. ویژگی آزمودنی‌ها و طراحی مداخله

مطالعه - سال	نوع مطالعه- کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی ها	سن (سال) (انحراف استاندارد ± میانگین)	شاخص توده‌ی بدنی (Kg/m^2) (انحراف استاندارد ± میانگین)	طول مداخله به هفته	طراحی مداخله (تمرین ورزشی یا رژیم غذایی)
Salem و همکاران ۲۰۱۰ (۳۵)	RCT - مصر	۱۹۶ دختر و پسر	نوجوان مبتلا به دیابت نوع یک	گروه تمرین ترکیبی (۷۵ نفر): ۱۴/۷ ± ۲/۲ گروه تمرین مقاومتی (۷۳ نفر): ۱۴/۵ ± ۲/۴ گروه شاهد (۴۸ نفر): ۱۵ ± ۲/۳۵	گروه تمرین ترکیبی: در مقاله اشاره نشده است. گروه تمرین مقاومتی: در مقاله اشاره نشده است. گروه شاهد: در مقاله اشاره نشده است.	۲۴	تمرین هوازی: تمرین هوازی یا دوچرخه سواری یا تردمیل، تمرین تناوبی بی‌هوازی روی تردمیل، تمرین مقاومتی فزاینده و تمرین انعطاف‌پذیری به مدت ۳۰ دقیقه (یک جلسه در هفته) تمرین مقاومتی: تمرین ورزشی تعادلی و مقاومتی (۳ جلسه در هفته)
Tomar و همکاران ۲۰۱۴ (۳۷)	RCT – عربستان صعودی	۲۴ پسر	نوجوان مبتلا به دیابت نوع یک	گروه تمرین هوازی (۱۲ نفر): ۱۴/۲۷ ± ۱/۷۳ گروه شاهد (۱۲ نفر): ۱۴/۲۷ ± ۱/۹۵	گروه تمرین هوازی: ۲۰/۸ ± ۳/۳۰ گروه شاهد: ۲۲/۰۵ ± ۳/۱۸	۱۲	تمرین هوازی: تمرین بر روی تردمیل و دوچرخه ثابت به مدت ۶۰ دقیقه با شدت ۴۰-۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۶۰ دقیقه (۳ جلسه در هفته)
Tunar و همکاران ۲۰۱۲ (۲۶)	RCT - ترکیه	۳۱ دختر و پسر	کودک مبتلا به دیابت نوع یک	گروه تمرین پیلاتس (۱۷ نفر): ۱۴/۲ ± ۲/۲ گروه شاهد (۱۴ نفر): ۱۴/۳ ± ۱/۸	گروه تمرین پیلاتس: در مقاله اشاره نشده است. گروه شاهد: در مقاله اشاره نشده است.	۱۲	تمرین پیلاتس: ۸ تمرین پیلاتس به مدت ۴۵ دقیقه، ۳ ست ۶ تا ۱۰ تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت فعال همراه با حرکات کششی (۳ جلسه در هفته)
Spiegel و همکاران ۲۰۱۲ (۱۱)	RCT - آمریکا	۶۶ دختر و پسر	جوان مبتلا به دیابت نوع یک	گروه رژیم غذایی (۳۳ نفر): ۱۵/۷ ± ۳/۴ گروه شاهد (۳۳ نفر): ۱۴/۵ ± ۱/۸	گروه رژیم غذایی: ۲۲/۳ ± ۳/۷ گروه کنترل: ۲۱/۹ ± ۳/۸	۱۲	رژیم غذایی: کلاس با شمارش کربوهیدرات ۹۰ دقیقه‌ای، ۱ روزه: فرم رکورد غذا را در ۲ هفته و ۸ هفته بعد از کلاس تکمیل و از متخصصان تغذیه بازخورد دریافت کردند. دریافت جزوه در مورد محتوای کربوهیدرات و شمارش کربوهیدرات با ۳ تا ۴ ماه پیگیری
Schwingshandl و همکـــاران ۱۹۹۴ (۳۶)	RCT – اتریش	۲۸ دختر و پسر (۱۴ دختر و ۱۴ پسر)	نوجوان مبتلا به دیابت نوع یک	گروه رژیم غذایی (۱۴ نفر): ۱۵ ± ۵/۴ گروه شاهد (۱۴ نفر): ۱۶/۰ ± ۵/۷	گروه رژیم غذایی: ۲۰/۲±۲/۷ گروه شاهد: ۲۱/۲ ± ۴/۵	۱۱	رژیم غذایی: مدت زمان نامشخص (میانگین ۷۷ روز مشاهده). رژیم غذایی شامل ۵ درصد کل کالری از ساکارز، مصرف ساکارز نباید از ۵ درصد از کل کالری تجاوز کند. توصیه‌های غذایی در گروه شاهد برای انواع رژیم انسولین یکسان بود، اما افزودن ساکارز کاملاً محدود شد.
Quirk و همکاران ۲۰۱۸ (۲۵)	تصادفی - انگلیسی	۱۳ دختر و پسر	کودک مبتلا به دیابت نوع یک	گروه رژیم غذایی (۸ نفر): ۱۰/۱۳ ± ۰/۸۴ گروه شاهد (۵ نفر): ۱۰ ± ۱/۰	گروه رژیم غذایی: ۱۹/۵۱ ± ۳/۷۹ گروه شاهد: ۲۰/۴۹ ± ۳/۳۶	۶	رژیم غذایی: آموزش، راهبردهای رفتاری، شناختی رفتاری (تغذیه سالم اما نه شمارش کربوهیدرات، مدیریت هایپوگلیسمی، پایش گلوکز خون)
Abdulrhman و همکاران ۲۰۱۳ (۱)	متقاطع - مصر	۲۰ دختر و پسر	کودک و نوجوان مبتلا به دیابت نوع یک	گروه رژیم غذایی یک (۵ نفر): ۱۲ ± ۳/۳ گروه رژیم غذایی دو (۵ نفر): ۱۲ ± ۳/۳ گروه شاهد (۱۰ نفر): ۱۰/۷ ± ۵/۱	گروه رژیم غذایی یک: ۲۰/۷ ± ۴/۵ گروه رژیم غذایی دو: ۲۰/۷ ± ۴/۵ گروه شاهد: ۲۱/۴ ± ۶/۱	گروه رژیم غذایی یک: ۱۲ گروه رژیم غذایی دو: ۲۴	رژیم غذایی: مصرف عسل با دوز ۰/۵ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم وزن بدن در روز بود که این عسل دارای pH ۳/۷، رطوبت ۱۸/۸ درصد و محتوای کربوهیدرات ۷۸/۴ گرم در ۱۰۰ گرم بود.

http://jims.mui.ac.ir

Model	Study name	Difference in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Campaigne at.al 1984	-53.350	14.693	215.878	-82.147	-24.553	-3.631	0.000
	D hooge at.al 2011	-15.000	10.443	109.053	-35.468	5.468	-1.436	0.151
	Mohammad et al. 2021	0.180	38.690	1496.883	-75.650	76.010	0.005	0.996
Random		-28.142	15.889	252.454	-59.283	3.000	-1.771	0.077



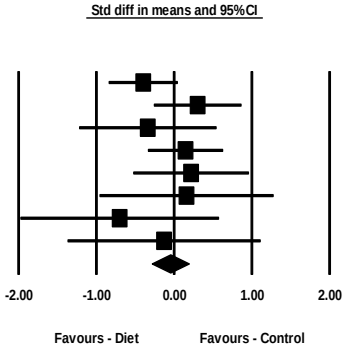
شکل ۳. نمودار انباشت (Forest plot). اثر تمرین ورزشی بر میزان گلوکز ناشتا در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک به تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر تمرین ورزشی و اندازه‌ی اثر رژیم غذایی برای هموگلوبین گلیکوزیله و گلوکز ناشتا، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

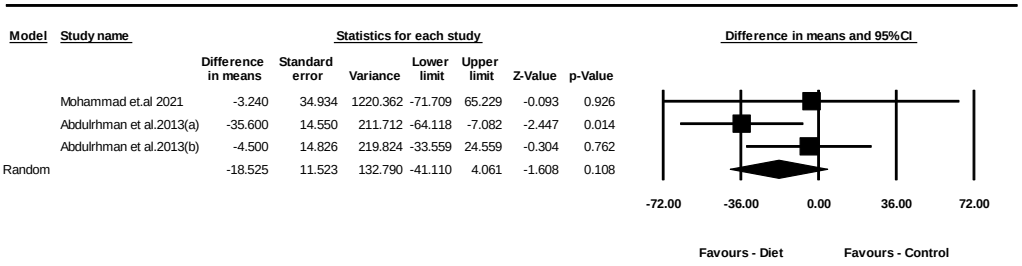
سوگیری انتشار: نتیجه‌ی تست آزمون Egger، نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای اثر تمرین ورزشی بر HbA1c (P = ۰/۲) و میزان گلوکز ناشتا (P = ۰/۹) و همچنین برای اثر رژیم غذایی بر HbA1c (P = ۰/۸) و میزان گلوکز ناشتا (P = ۰/۷) در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک بود. نتایج فونل پلات عدم وجود سوگیری انتشاررا نشان می‌دهد (شکل‌های پیوست ۱-٤).

کیفیت مطالعات: نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از Pedro نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۵ و حداکثر امتیاز ۷ بود. در آیتم ۱ (مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها) ۱۲ مطالعه (۱، ٦، ۹-۱۱، ۱٦، ۲۳، ۲٤، ۳٤-۳۷)، آیتم ۲ (اختصاص شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به گروه‌های مختلف) ۱۳ مطالعه (۱، ٦، ۹-۱۱، ۱٦، ۲۳-۲٦، ۳٤، ۳۵، ۳۷)، آیتم ٤ (یکسان بودن آزمودنی‌ها در شرایط پایه (قبل از اعمال مداخله) در گروه‌های مختلف مطالعه) ۱٤ مطالعه (۱، ٦، ۹-۱۱، ۱٦، ۲۳-۲٦، ۳٤-۳۷)، آیتم ۵ (وجود ارزیابی یک‌سوکور برای متغیر اصلی پژوهش) ۵ مطالعه (٦، ۹، ۲۵، ۲٦، ۳۸)، آیتم ٦ (خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان از پژوهش) ۵ مطالعه (۱٦، ۲٦، ۳٤، ۳٦، ۳۷)، آیتم ۸ (وجود گزارش تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی پژوهش) ۱٤ مطالعه (۱، ٦، ۹-۱۱، ۱٦، ۲۳-۲٦، ۳٤-۳۷) و آیتم ۹ (وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معنی‌داری) ۱٤ مطالعه (۱، ٦، ۹-۱۱، ۱٦، ۲۳-۲٦، ۳٤-۳۷)، امتیاز لازم را به دست آورند. همچنین در آیتم ۳ (آشنایی نداشتن شرکت‌کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌ها) و آیتم ۷ (انجام تجزیه و تحلیل به صورت ITT هیچ مطالعه امتیاز لازم را کسب نکرد (جدول ۱).

Model	Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Goksen et.al 2014	-0.397	0.227	0.051	-0.842	0.047	-1.751	0.080
	Knox et.al 2019	0.303	0.287	0.083	-0.261	0.866	1.053	0.292
	Mohammad et.al 2021	-0.338	0.450	0.203	-1.221	0.544	-0.751	0.453
	Spiegel et.al 2012	0.147	0.247	0.061	-0.337	0.630	0.595	0.552
	Schwingshandl et.al 1994	0.218	0.379	0.144	-0.525	0.961	0.576	0.565
	Qoirk et.al 2018	0.160	0.571	0.326	-0.959	1.279	0.280	0.780
	Abdulrhman et.al 2013 (a)	-0.700	0.652	0.425	-1.977	0.577	-1.074	0.283
	Abdulrhman et.al 2013 (b)	-0.129	0.633	0.401	-1.370	1.112	-0.204	0.838
Random		-0.048	0.121	0.015	-0.286	0.190	-0.398	0.691



شکل ٤. نمودار انباشت (Forest plot). اثر رژیم غذایی بر میزان هموگلوبین گلیکوزیله در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک



شکل ۵. نمودار انباشت (Forest plot). اثر رژیم غذایی بر میزان گلوکز ناشتا در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک

بحث

هدف پژوهش فراتحلیل حاضر، بررسی اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی، به تنهایی، بر میزان HbA1c در بیماران T1D بود. یافته‌های اصلی مطالعه نشان داد که تمرین ورزشی، سبب کاهش معنی‌دار میزان هموگلوبین گلیکوریله با اندازه‌ی اثر متوسط (۰/۵۵-) در بیماران T1D نسبت به گروه شاهد می‌شود. همچنین، تمرین ورزشی، سبب کاهش گلوکز ناشتا با WMD برابر با ۲۸/۱٤ mg/dL- و نزدیک به سطح معنی‌داری (P = ۰/۰۷) در این بیماران می‌شود. در صورتی که رژیم غذایی با اندازه‌ی اثر خیلی پایین (۰/۰٤-) بر میزان هموگلوبین گلیکوزیله در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک اثر معنی‌داری نداشت. همچنین رژیم غذایی، سبب کاهش گلوکز ناشتا با WMD برابر با ۱۸/۵۲- و نزدیک به سطح معنی‌داری (P = ۰/۱) در این بیماران می‌شود. به طور کلی تمرینات ورزشی و رژیم غذایی در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک، باعث کاهش جذب مونوساکاریدها، کاهش سطح گلوکز خون و محدود کردن نوسانات گلوکز خون می‌شود که نشان‌دهنده‌ی تنظیم مثبت متابولیسم گلوکز است. این کاهش گلوگز در خون باعث می‌شود، گلوگز کمتری اطراف هموگلوبین قرار گیرد و درصد اتصال گلوگز به هموگلوبین و تشکیل هموگلوبین گلیکوزیله کاهش پیدا کند (۲۵، ۲٦).

نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات پیشین که اثر تمرین ورزشی بر کاهش HbA1c را گزارش کردند، همسو بود (۱٦، ۳٤، ۳۵). برای مثال، D'hooge و همکاران گزارش کردند که پس از انجام تمرینات مقاومتی و هوازی به مدت ۲۰ هفته، نیاز روزانه‌ی بیماران به تزریق انسولین کاهش پیدا می‌کند (۹).

همچنین در مطالعه‌ی Tunar و همکاران، با ۱۲ هفته تمرین پیلاتس مشاهده شد که ارتباط مثبتی بین فعالیت بدنی و کنترل قند خون در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک وجود دارد. این نکته نشان می‌دهد که افزایش ظرفیت هوازی بیماران که به دنبال تمرین ورزشی به وجود می‌آید، سبب کنترل قند خون می‌شود (۲٦).

همچنین Petschnig و همکاران مشاهده کردند که انجام تمرین مقاومتی به مدت ۵۰ دقیقه، دو جلسه در هفته باعث بهبود آمادگی جسمانی، کاهش قند خون و کاهش HbA1c (کنترل مزمن قند خون) می‌شود (۱۰). از سویی دیگر، نتایج فراتحلیل حاضر با نتایج مطالعه‌ی فراتحلیل پیشین که در سال ۲۰۲۲ انجام شد، ناهمسو بود (۲). یافته‌های آن مطالعه نشان داد که تمرین ورزشی، سبب کاهش معنی‌دار هموگلوبین گلیکوزیله نمی‌شود (۲).

علاوه بر این، شواهد بررسی شده نشان می‌دهد که مدت زمان طولانی‌تر (٦ ماه) و تکرار بیشتر تمرین ورزشی در هر هفته (حداقل سه بار در هفته با مجموع ۲٤۰ دقیقه در هفته) در کاهش سطح HbA1c مؤثرتر است (۳۵). در مطالعه‌ی Salem و همکاران نشان داده شد، بیمارانی که تمرین ورزشی به صورت منظم سه بار در هفته و به مدت ۲٤ هفته انجام دادند، نسبت به کسانی که فعالیت ورزشی یک بار در هفته داشتند، HbA1c آن‌ها به طور قابل توجهی کمتر و اندازه‌ی اثر تمرین ورزشی بر HbA1c برابر با ۱/۲- (بالا) بود (۳۵). بنابراین، تمرینات طولانی‌مدت به عنوان یکی از بهترین سبک‌های تمرینی برای کاهش سطح HbA1c توصیه می‌شود. نتایج تحلیل زیرگروه در مطالعه‌ی حاضر حاکی از آن بود که مناسب‌ترین شیوه‌ی تمرینی برای بیماران T1D تمرینات ترکیبی (هوازی و مقاومتی) است.

همچنین در این بررسی نشان داده شد که طبق مطالعات قبلی، رژیم غذایی تأثیر چندانی روی HbA1c ندارد. در مطالعه‌ی Gökşen و همکاران نشان داده شد، در بین بیمارانی که از انسولین گلارژین با دو مدل تغذیه متفاوت (برنامه‌ی غذایی کم کربوهیدرات و شمارش کربوهیدرات) استفاده می‌کنند، وضعیت و عوارض بیماری دیابت در گروه شمارش کربوهیدرات کاهش یافته است، اما تفاوتی در تغییرات HbA1c وجود ندارد (۲۳).

همچنین در مطالعه‌ی Abdulrhman و همکاران با مصرف عسل با دوز ۰/۵ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم وزن بدن در روز به مدت ۲٤-۱۲ هفته کاهش معنی‌داری در میزان HbA1c مشاهده نشد (۱). در مطالعه‌ی Schwingshand و همکاران با مصرف رژیم غذایی که شامل ۵ درصد کالری از ساکارز بود، کاهشی در میزان HbA1c

مشاهده نگردید (۳۶). مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که اگر میزان HbA1c از ۷ درصد بیشتر شود، عوارض زیادی را به دنبال دارد. یکی از عوارض، بالا بودن نتیجه‌ی تست HbA1c، افزایش خطر بیماری قلبی و سکته‌ی مغزی است. زمانی‌که میزان قند خون از حد نرمال بالاتر رود، به اعصاب و عروق خونی که کنترل قلب را به عهده دارند، آسیب وارد می‌کند. همچنین طبق تحقیقات مشخص شده است افرادی که در سنین جوانی به دیابت مبتلا شده‌اند، نسبت به افراد بدون سابقه‌ی دیابت، بیشتر به بیماری قلبی مبتلا می‌شوند (۲).

افرادی که درصد هموگلوبین گلیکوزیله بالاتر از ۷ دارند، باید حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته ورزش کنند. در پژوهشی دیگر گزارش شد که فعالیت بدنی منظم با شدت بالا می‌تواند منجر به بهبود کنترل متابولیک و آمادگی قلبی- عروقی در کودکان خردسال مبتلا به دیابت نوع یک شود. در نتیجه، کودکان مبتلا به دیابت نوع یک می‌توانند با حداقل خطر در تمرینات ورزشی شرکت کنند و از انجام فعالیت بدنی لذت ببرند. بنابراین، تمرینات ورزشی از طریق کاهش مقاومت سلول‌ها نسبت به عملکرد انسولین و افزایش اثر انسولین در بدن (یعنی افزایش ورود گلوکز به داخل سلول‌های بدن بخصوص سلول‌های عضلانی) باعث کاهش قند خون می‌شود و این اثر خود را با کم کردن قند خون ناشتا و کاهش مقدار HbA1c که بیانگر وضعیت درازمدت قند خون بیمار در طول ۳-۲ ماه گذشته است، نشان خواهد داد.

همچنین انجام تمرینات ورزشی منجر به مصرف بیشتر گلیکوژن عضلانی شده که به دنبال آن گلوکز خون برای بازسازی مجدد گلیکوژن، وارد سلول‌های عضلانی می‌شود. به واسطه‌ی همین عمل، انتقال‌دهنده‌ی گلوکز ٤ GLUT4 (Glucose transporter type 4) افزایش می‌یابد که موجب افزایش حساسیت به انسولین می‌شود (۳٤). نکته‌ی قابل توجه این است که درمان و مدیریت سبک زندگی بیماران مبتلا به دیابت نوع یک، در سنین کودکی و نوجوانی به این دلیل حائز اهمیت است که در سنین بزرگسالی می‌توان از عوارض حاد و مزمن بیماری دیابت نوع یک از جمله مشکلات مربوط به بینایی، مشکلات عصبی، آسیب کلیوی، حمله قلبی، مشکلات گوارشی نظیر اسهال، استفراغ و یبوست جلوگیری کرد (۳۸).

نقاط قوت و محدودیت‌ها: مطالعه‌ی حاضر دارای چند نقطه قوت است. این مطالعه فراتحلیل تنها بر روی بیماران مبتلا به دیابت نوع یک در رده‌ی سنی کودک و نوجوان (۸ تا ۱۸ سال) انجام شد و بیماران مبتلا به دیابت نوع دو از مطالعه‌ی فراتحلیل حاضر خارج شدند. همچنین، با توجه به اینکه اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی به صورت جداگانه بر میزان هموگلوبین گلیکوزیله و گلوکز ناشتا در بیماران مبتلا به دیابت نوع یک در یک مطالعه‌ی فراتحلیل مورد بررسی قرار نگرفته بود، در این مطالعه‌ی نظام‌مند و فراتحلیل اثر هر دو نوع مداخله به تنهایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

از طرف دیگر، مطالعه دارای محدودیت‌هایی بود. با توجه به تعداد کم مطالعات، امکان انجام فراتحلیل زیرگروهی بر اساس نوع رژیم غذایی و مؤلفه‌های تمرینی (شدت تمرین ورزشی و تعداد جلسات تمرینی) وجود نداشت. بنابراین، بهتر است با افزایش تعداد مطالعات اولیه در پژوهش‌های آتی تحلیل زیرگروهی بر اساس نوع پروتکل تمرینی (مدت تمرین، شدت تمرین و تعداد جلسات در هفته) و نوع رژیم غذایی انجام شود. همچنین، با توجه به اینکه تعداد مطالعاتی که به بررسی اثر تمرین ورزشی و رژیم غذایی به تنهایی بر گلوکز ناشتا پرداخته‌اند محدود بود (۳ مطالعه برای تمرین ورزشی و ۳ مطالعه برای رژیم غذایی)، نمی‌توان یک توجیه علمی و قطعی برای نتیجه‌گیری قند خون در فراتحلیل حاضر بیان کرد. بنابراین، لازم است با افزایش تعداد مطالعات پژوهشی اولیه یک فراتحلیل جدید انجام داد تا بهتر بتوان در این زمینه نتیجه‌گیری کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که تمرین ورزشی به عنوان یک راهکار غیردارویی برای کاهش HbA1c برای بیماران مبتلا به دیابت نوع یک پیشنهاد می‌شود. با توجه به نتایج فراتحلیل حاضر، مناسب‌ترین شیوه‌ی تمرین برای کاهش HbA1c، تمرین ترکیبی است. اما رژیم غذایی به تنهایی اثری بر هموگلوبین گلیکوزیله در بیماران T1D نداشت.

تشکر و قدردانی

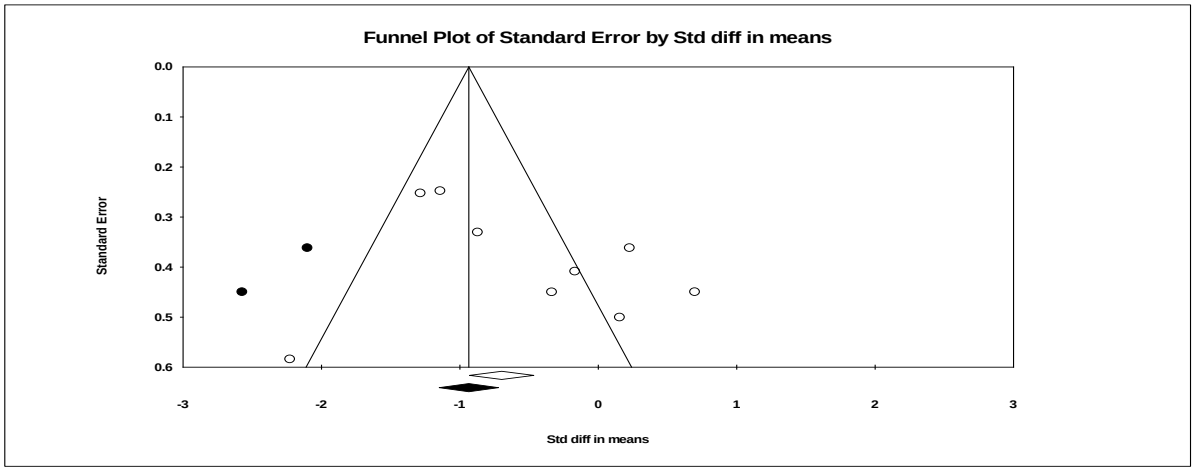
بدین‌وسیله از محققانی که با ارائه‌ی داده‌های کمی به تکمیل مطالعه فراتحلیل حاضر کمک کردند، سپاسگزاری می‌شود.

References

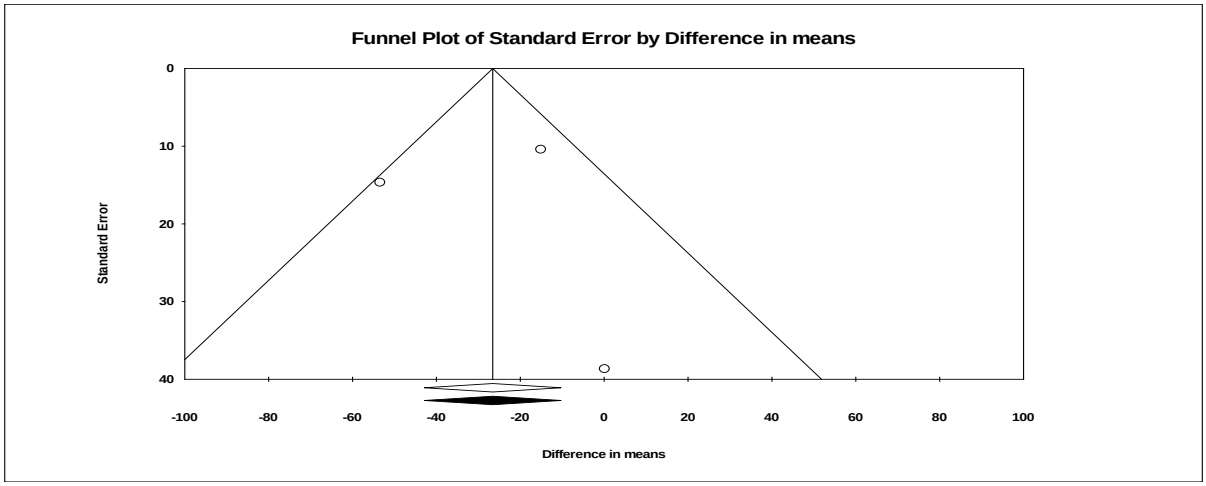
1. Abdulrhman MM, El-Hefnawy MH, Aly RH, Shatla RH, Mamdouh RM, Mahmoud DM, et al. Metabolic effects of honey in type 1 diabetes mellitus: a randomized crossover pilot study. J Med Food 2013; 16(1): 66-72.
2. Shorey S, Ng ED, Law EC, Wong J, Loke KY, Tam WW. Physical activity and nutrition interventions for Type 1 diabetes: A meta-analysis. Pediatrics 2022; 150(3): e2022056540.
3. Hamud AA, Mudawi K, Shamekh A, Kadri A, Powell C, Abdelgadir I. Diabetic ketoacidosis fluid management in children: systematic review and meta-

analyses. Arch Dis Child 2022; 107(11): 1023-8.
4. Coppieters K, Von Herrath M. The development of immunotherapy strategies for the treatment of type 1 diabetes. Front Med (Lausanne) 2018; 5: 283.
5. Aguayo-Mazzucato C, Bonner-Weir S. Pancreatic β cell regeneration as a possible therapy for diabetes. Cell Metab 2018; 27(1): 57-67.
6. Mohammed MHH, Al-Qahtani MHH, Takken T. Effects of 12 weeks of recreational football (soccer) with caloric control on glycemia and cardiovascular health of adolescent boys with type 1 diabetes. Pediatric Diabetes 2021; 22(4): 625-37.
7. Beraki Å, Magnuson A, Särnblad S, Åman J, Samuelsson U. Increase in physical activity is associated with lower HbA1c levels in children and adolescents with type 1 diabetes: results from a cross-sectional study based on the Swedish pediatric diabetes quality registry (SWEDIABKIDS). Diabetes Res Clin Pract 2014; 105(1): 119-25.
8. Gomez-Peralta F, Choudhary P, Cosson E, Irace C, Rami-Merhar B, Seibold A. Understanding the clinical implications of differences between glucose management indicator and glycated haemoglobin. Diabetes Obes Metab 2022; 24(4): 599-608.
9. D'hooge R, Hellinckx T, Van Laethem C, Stegen S, De Schepper J, Van Aken S, et al. Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. Clin Rehabil 2011; 25(4): 349-59.
10. Petschnig R, Wagner T, Robubi A, Baron R. Effect of strength training on glycemic control and adiponectin in diabetic children. Med Sci Sports Exerc 2020; 52(10): 2172-8.
11. Spiegel G, Bortsov A, Bishop FK, Owen D, Klingensmith GJ, Mayer-Davis EJ, et al. Randomized nutrition education intervention to improve carbohydrate counting in adolescents with type 1 diabetes study: is more intensive education needed? J Acad Nutr Diet 2012; 112(11): 1736-46.
12. Doewes RI, Gharibian G, Zaman BA, Akhavan-Sigari R. An updated systematic review on the effects of aerobic exercise on human blood lipid profile. Curr Probl Cardiol 2023; 48(5): 101108.
13. Huerta-Uribe N, Ramírez-Vélez R, Izquierdo M, García-Hermoso A. Association between physical activity, sedentary behavior and physical fitness and glycated hemoglobin in youth with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Sports Med 2023; 53(1): 111-23.
14. Reusch JE, Regensteiner JG, Stewart KJ, Veves A. Diabetes and exercise: From pathophysiology to clinical implementation. 2nd ed. Humana Press: Totowa, NJ; 2017.
15. Adolfsson P, Riddell MC, Taplin CE, Davis EA, Fournier PA, Annan F, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. Pediatr Diabetes 2018; 19: 205-26.
16. Nazari M, Shabani R, Dalili S. The effect of concurrent resistance-aerobic training on serum cortisol level, anxiety, and quality of life in pediatric type 1 diabetes. J Pediatr Endocrinol Metab 2020; 33(5): 599-604.
17. García-Hermoso A, Ezzatvar Y, Huerta-Uribe N, Alonso-Martínez AM, Chueca-Guindulain MJ, Berrade-Zubiri S, et al. Effects of exercise training on glycaemic control in youths with type 1 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Eur J Sport Sci 2023; 23(6): 1056-67.
18. Bantle JP, Wylie-Rosett J, Albright AL, Apovian CM, Clark NG, Franz MJ. Nutrition recommendations and interventions for diabetes-2006: a position statement of the American Diabetes Association. Diabetes Care 2006; 29(9): 2140-57.
19. Igudesman D, Crandell J, Corbin KD, Zaharieva DP, Addala A, Thomas JM, et al. Weight management in young adults with type 1 diabetes: The advancing care for type 1 diabetes and obesity network sequential multiple assignment randomized trial pilot results. Diabetes Obes Metab 2023; 25(3): 688-99.
20. Syed FZ. Type 1 diabetes mellitus. Ann Intern Med 2022; 175(3): ITC33-48.
21. Rani KS, Bhadada SK. Medical nutrition therapy in type 1 diabetes mellitus. Indian J Endocrinol Metab 2017; 21(5): 649-51.
22. Jiang X, Wang J, Lu Y, Jiang H, Li M. Self-efficacy-focused education in persons with diabetes: a systematic review and meta-analysis. Psychol Res Behav Manag 2019; 12: 67-79.
23. Gökşen D, Altınok YA, Ozen S, Demir G, Darcan Ş. Effects of carbohydrate counting method on metabolic control in children with type 1 diabetes mellitus. J Clin Res Pediatr Endocrinol 2014; 6(2): 74-8.
24. Knox E, Glazebrook C, Randell T, Leighton P, Guo B, Greening J, et al. SKIP (Supporting Kids with diabetes In Physical activity): Feasibility of a randomised controlled trial of a digital intervention for 9-12 year olds with type 1 diabetes mellitus. BMC Public Health 2019; 19(1): 1-14.
25. Quirk H, Glazebrook C, Blake H. A physical activity intervention for children with type 1 diabetes-steps to active kids with diabetes (STAK-D): a feasibility study. BMC Pediatr 2018; 18(1): 37.
26. Tunar M, Ozen S, Goksen D, Asar G, Bediz CS, Darcan S. The effects of Pilates on metabolic control and physical performance in adolescents with type 1 diabetes mellitus. J Diabetes Complications 2012; 26(4): 348-51.
27. Lu X, Zhao C. Exercise and type 1 diabetes. Adv Exp Med Biol 2020; 1228: 107-21.
28. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Rosenkranz SK, Symonds ME. Exercise training, dietary intervention, or combined interventions and their effects on lipid profiles in adults with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Nutr Metab Cardiovasc Dis 2023; 33(9): 1662-83.
29. Kazeminasab F, Baharlooie M, Khalafi M. The impact of exercise on serum levels of leptin and adiponectin in obese children and adolescents: A systematic review and meta-analysis [in Persian]. Iran J Endocrinol Metab 2022; 23(6): 409-25.
30. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG.

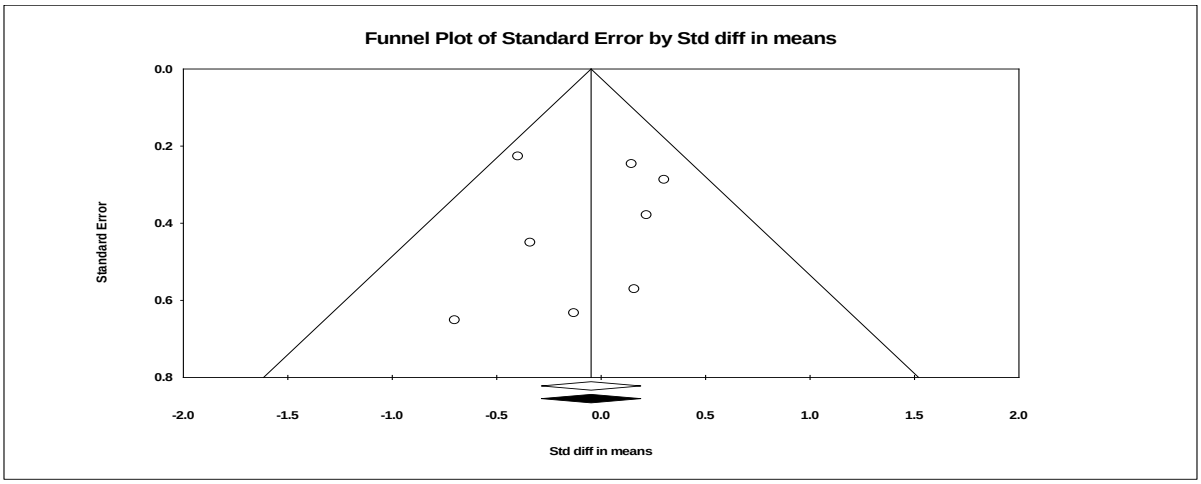
Measuring inconsistency in meta-analyses. BMJ 2003; 327(7414): 557-60.
31. Copas J, Shi JQ. Meta-analysis, funnel plots and sensitivity analysis. Biostatistics 2000; 1(3): 247-62.
32. Egger M, Smith GD, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. BMJ 1997; 315(7109): 629-34.
33. De Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. Aust J Physiother 2009; 55(2): 129-33.
34. Campaigne BN, Gilliam TB, Spencer ML, Lampman RM, Schork MA. Effects of a physical activity program on metabolic control and cardiovascular fitness in children with insulin-dependent diabetes mellitus. Diabetes Care 1984; 7(1): 57-62.
35. Salem MA, AboElAsrar MA, Elbarbary NS, ElHilaly RA, Refaat YM. Is exercise a therapeutic tool for improvement of cardiovascular risk factors in adolescents with type 1 diabetes mellitus? A randomised controlled trial. Diabetol Metab Syndr 2010; 2(1): 47.
36. Schwingshandl J, Rippel S, Unterluggauer M, Borkenstein M. Effect of the introduction of dietary sucrose on metabolic control in children and adolescents with type I diabetes. Acta Diabetol 1994; 31)4): 205-9.
37. Tomar R, Hamdan M, Al-Qahtani MH. Effect of low to moderate intensity walking and cycling on glycaemic and metabolic control in type 1 diabetes mellitus adolescent males: A randomized controlled trial. Isokinet Exerc Sci 2014; 22(3): 237-43.
38. Writing Team for the Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications Research Group. Effect of intensive therapy on the microvascular complications of type 1 diabetes mellitus. JAMA 2002; 287(19): 2563-9.



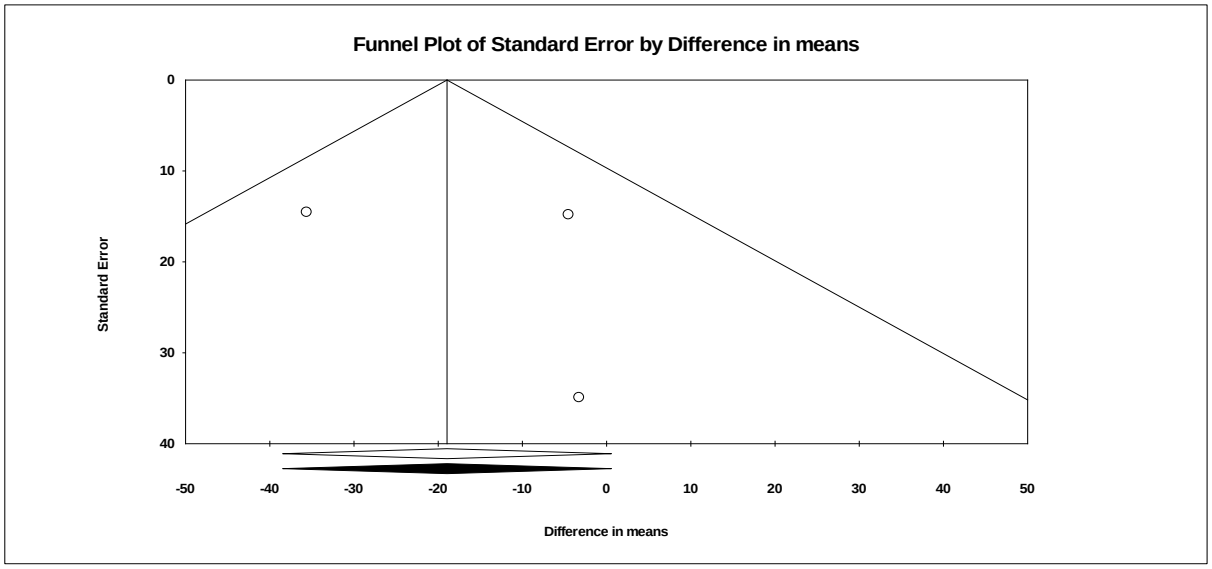
شکل ۱ پیوست. نمودار فونل پلات (**Funnel plot**). عدم وجود سوگیری انتشار مربوط به اثر تمرین ورزشی بر هموگلوبین گلیکوزیله در کودکان مبتلا به دیابت نوع یک



شکل ۲ پیوست. نمودار انباشت (**Forest plot**). عدم وجود سوگیری انتشار مربوط به اثر تمرین ورزشی بر میزان گلوکز ناشتا در کودکان مبتلا به دیابت نوع یک



شکل ۳ پیوست. نمودار فونل پلات (**Funnel plot**). عدم وجود سوگیری انتشار مربوط به اثر رژیم غذایی بر هموگلوبین گلیکوزیله در کودکان مبتلا به دیابت نوع یک



شکل ٤ پیوست. نمودار انباشت (**Forest plot**). عدم وجود سوگیری انتشار مربوط به اثر رژیم غذایی بر میزان گلوکز ناشتا در کودکان مبتلا به دیابت نوع یک

DOI: *10.48305/jims.v41.i742.0988*

Journal of Isfahan Medical School **Vol. 41, No. 742, 2nd Week, January 2024**

Received: 21.10.2023 Accepted: 30.12.2023 Published: 04.01.2024

The Effect of Exercise Training and Diet, Alone, on Glycosylated Hemoglobin (HbA1c) and Fasting Glucose in Patients with Type 1 Diabetes: A Meta-Analysis Systematic Review

Fatemeh Kazeminasab[1], Saeideh Ahmadinejad[2]

Review Article

Abstract

Background: Type 1 diabetes (T1D) is an autoimmune disease. The best way to control T1D is to control blood sugar levels and change lifestyle, including proper diet and physical activity. This study aimed to investigate the effect of exercise and diet alone on glycated hemoglobin (HbA1c) and fasting glucose in patients with T1D.

Methods: A systematic search was conducted in PubMed, Web of Science, Scopus, and Google Scholar databases for English articles published until October 2022. A meta-analysis was performed to investigate the effect of exercise and diet, alone, on HbA1c and fasting glucose in patients with T1D. Standardized mean difference (SMD), weighted mean difference (WMD), and 95% confidence interval were calculated using a random effect model.

Findings: The results of 14 studies with 637 boys and girls with T1D showed that exercise caused a significant decrease in HbA1c (P = 0.03, SMD = -0.55) in T1D patients compared to the control group. However, exercise did not significantly reduce fasting glucose (P = 0.07, WMD = -28.14 mg/dL) in T1D patients compared to the control group. Also, the diet did not significantly reduce HbA1c (SMD-0.04, P = 0.6) and fasting glucose (WMD-18.52 mg/dL, P = 0.1) in patients with T1D compared to the control group.

Conclusion: The present study shows that exercise training is suggested as a non-pharmacological solution to reduce HbA1c for T1D patients. According to the results of the present meta-analysis, the most appropriate exercise method to reduce HbA1c is combined exercise. However, diet alone does not affect HbA1c in patients with T1D.

Keywords: Exercise; Diet; Glycosylated hemoglobin; Glucose; Type 1 diabetes

Citation: Kazeminasab F, Ahmadinejad S. **The Effect of Exercise Training and Diet, Alone, on Glycosylated Hemoglobin (HbA1c) and Fasting Glucose in Patients with Type 1 Diabetes: A Meta-Analysis Systematic Review.** J Isfahan Med Sch 2024; 41(742): 988-1003.

1- Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran

2- MSc Student, Department of Physical Education and Sport Sciences, Facultyof Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran

Corresponding Author: Fatemeh Kazeminasab, Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran; Email: fkazeminasab@kashanu.ac.ir