

تأثیر فعالیتهای ورزشی استقامتی بر گلوکز خون، انسولین و مقاومت به انسولین در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو: یک مرور نظاممند و فراتحلیل بر مطالعات صورت گرفته در داخل ایران

نسیم آذری^۱، مسعود رحمتی^{*}، محمد فتحی^۱

چکیده

مقدمه: تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر عوامل خطر ساز مرتبط با بیماری دیابت نوع دو در داخل ایران صورت گرفته است. لذا، هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی تأثیر فعالیتهای ورزشی استقامتی بر برخی متغیرهای وابسته به دیابت نوع دو به صورت مروری نظاممند و متآنالیز بر مطالعات صورت گرفته در داخل ایران بود.

روش‌ها: در این بررسی پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Embase، Cochrane، ISI، Scopus، Science direct، sid و magiran با هدف یافتن منابع مرتبط با موضوع مورد جستجو قرار گرفتند. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار STATA نسخه ۱۲ صورت گرفت. **یافته‌ها:** تعداد ۲۴۲ مقاله به‌طور نظاممند مرور شدند و از این میان، ۲۴ مقاله به‌صورت متآنالیز (در مجموع ۵۹۲ نفر؛ ۲۹۴ نفر به‌عنوان گروه کنترل (۹۶ نفر مرد، ۱۹۸ نفر زن) و ۲۹۸ نفر به‌عنوان گروه تمرین (۹۷ نفر مرد، ۲۰۱ نفر زن)) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میان ورزش استقامتی و سطوح گلوکز خون ($P=0/0001$ ؛ $0/656$ - الی $1/016$ - 95% CI)، ورزش استقامتی و انسولین ($P=0/0001$ ؛ $0/682$ - الی $1/042$ - 95% CI)، ورزش استقامتی و مقاومت به انسولین ($P=0/0001$ ؛ $0/217$ - الی $0/563$ - 95% CI) ارتباط معنی‌داری وجود دارد.

نتیجه‌گیری: مطالعه‌ی مرور سیستماتیک و متآنالیز پژوهش‌های صورت گرفته در داخل ایران نشان می‌دهد که ورزش استقامتی می‌تواند با بهبود سطوح گلوکز خون، انسولین و مقاومت به انسولین بیماران دیابتی نوع دو همراه باشد. لذا توصیه می‌شود که متخصصین درگیر در علوم ورزشی و پزشکی، از راهبرد غیردارویی ورزش استقامتی به‌عنوان یک مداخله‌ی درمانی در بیماران دیابتی نوع دو استفاده کنند.

واژگان کلیدی: دیابت نوع دو، انسولین، مقاومت به انسولین، گلوکز، ورزش استقامتی، مرور نظاممند

۱- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

***نشانی:** لرستان، خرم‌آباد، کیلومتر ۵ جاده بروجرد، دانشگاه لرستان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی.

تلفن: ۰۹۱۲۴۵۲۵۳۸، پست الکترونیک: Rahmati.mas@lu.ac.ir

مقدمه

دیابت یک بیماری متابولیک است که میزان شیوع آن روز به روز در حال افزایش است. مطالعات نشان داده‌اند که در سال ۲۰۱۳ تعداد ۳۸۲ میلیون نفر دیابتی در جهان وجود داشته است که انتظار می‌رود این میزان تا سال ۲۰۳۵ به ۵۹۲ میلیون نفر برسد [۱]. پیش‌بینی می‌شود که میزان شیوع دیابت در جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۲۱ درصد برسد [۲]. در ایران نیز میزان شیوع در مطالعات مختلف متفاوت است، اما در مجموع حدود ۱۴ درصد تخمین زده می‌شود [۳]. بیماری دیابت از جمله بیماری‌های متابولیک است که مشخصه‌ی اصلی آن افزایش مزمن قند خون و اختلال در متابولیسم کربوهیدرات، چربی و پروتئین می‌باشد. این بیماری در نتیجه‌ی وجود نقایص در ترشح انسولین، کارکرد انسولین و یا هر دو ایجاد می‌گردد [۴]. به‌طور کلی، دیابت نوع دو، ۹۵-۹۰ درصد موارد شیوع این بیماری را تشکیل می‌دهد و از ناتوانی سلول‌های عضلانی در پاسخ به انسولین (مقاومت به انسولینی) و عدم ترشح جبرانی انسولین به حد کافی ایجاد می‌شود [۵]. مقاومت به انسولین به‌عنوان مهم‌ترین عامل پیشرفت دیابت نوع دو و گسترش عوارض مرتبط با آن شناخته شده است که با کاهش عملکرد مطلوب سلول عضلانی برای جذب گلوکز در پاسخ به انسولین ترشحاتی از سلول‌های بتای پانکراس تعریف می‌شود. این عارضه به‌عنوان یکی از نشانه‌های اصلی پاتوبیولوژیک دیابت نوع دو شناخته می‌شود [۶]. در وضعیت مقاوم به انسولین، میزان انسولین نرمال خون، قادر به ایجاد پاسخ بیولوژیکی طبیعی نیست و در واقع پیام‌رسانی یا سیگنالینگ انسولین دچار اختلال می‌گردد [۷]. بدن برای مقابله با چالش مقاومت به انسولین، در ابتدا سلول‌های بتا را وادار می‌کند تا انسولین بیشتری ترشح کنند. اگر ظرفیت ترشح انسولین آنقدر کافی باشد تا مقاومت به انسولین را جبران کند، دیابت شدت نمی‌یابد [۸، ۹]. در غیر این صورت هایپرگلیسمی مزمن ایجاد خواهد شد که در نهایت منجر به بیان معیوب ژن انسولین و کاهش عملکرد سلول‌های بتا می‌شود [۱۰]. انسولین به‌عنوان یک هورمون پپتیدی که به‌طور معمول در پاسخ به افزایش سطح سوخت متابولیک در خون افزایش می‌یابد شناخته شده است [۱۱]. اختلال عملکرد انسولین علاوه بر تأثیر بر میزان برداشت گلوکز و دیگر سوبستراهای متابولیکی، عمل آنزیم‌های

مهم دخیل در روند متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها را دچار اختلال می‌کند و حتی بیان ژن‌های بسیاری از این آنزیم‌ها را نیز با اشکال مواجه می‌کند [۱۲]. کمبود مزمن انسولین و عدم حساسیت انسولینی از علل عمده‌ی کاهش مصرف گلوکز و افزایش تولید آن در کبد است، زیرا انسولین می‌تواند سبب افزایش سنتز گلیکوژن و گلیکولیز و ممانعت از گلوکوژنولیز در کبد شود [۱۳].

از سوی دیگر، ورزش هوازی به‌عنوان یک عامل اساسی در راستای درمان بیماری دیابت نوع دو، در کنار مداخلات دیگری نظیر کنترل رژیم غذایی و راهبردهای دارویی در نظر گرفته می‌شود [۱۴]. ورزش هوازی به‌طور سنتی بهترین مدل تمرینی مورد مطالعه در مداخلات مرتبط با بیماران دیابتی نوع دو بوده است. این مدل تمرینی، با به‌کارگیری گروه‌های عضلانی بزرگ می‌تواند بسیاری از عوارض جانبی مرتبط با این بیماری را نظیر نوروپاتی محیطی، مشکلات قلبی عروقی، کلیوی و میوپاتی عضلانی و عوارض مرتبط با درد نوروپاتیک را بهبود بخشد [۱۵، ۱۶]. این در حالی است که دانشکده‌ی آمریکایی طب ورزش توصیه کرده است بیماران که دیابت نوع دو دارند باید حداقل ۱۰۰۰ کیلوکالری در هفته توسط فعالیت جسمانی مصرف کنند [۱۷]. به‌طور کلی، نتایج مطالعات متآنالیز انجام شده در خارج از ایران نشان داده است که تمرین هوازی یا مقاومتی می‌تواند موجب بهبود معنی‌دار کنترل شاخص‌های گلیسمیک در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو گردد [۲۰-۱۸]. برای مثال، در مطالعه‌ی Boule و همکاران (۲۰۰۱) ۱۴ مقاله به‌صورت سیستماتیک مرور شدند و مورد متآنالیز قرار گرفتند که ۱۲ مورد آن از تمرین هوازی و دو مورد نیز از تمرین مقاومتی استفاده کرده بودند. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که ورزش می‌تواند موجب کنترل قند خون و کاهش هموگلوبین A1c در بیماران دیابتی نوع دو گردد. همچنین نتایج مطالعه‌ی متآنالیز این محققین نشان داد که ورزش می‌تواند کاهش چاقی شکمی و نمایه‌ی توده‌ی بدن در بیماران دیابتی نوع دو را به همراه داشته باشد [۱۸]. با این وجود که اثر بخشی تمرینات ورزشی مختلف در راستای بهبود کنترل سطوح قند خون، نیمرخ لیپیدی و دیگر عوامل مرتبط با این بیماری به‌خوبی به اثبات رسیده است، اما تاکنون در داخل ایران مطالعه‌ای در زمینه‌ی جمع‌بندی تمام تحقیقات انجام شده

مطالعه به غیر از بیماری دیابت نوع دو، از هیچ‌گونه بیماری دیگری برخوردار نبودند؛ (۵) مقالاتی که صرفاً پاسخ بلندمدت فعالیت‌های ورزشی را بدون مصرف هرگونه مکمل غذایی و حداقل برای هشت هفته بررسی کرده بودند و (۶) مقالاتی که تمام داده‌های مربوط به حساسیت انسولینی، انسولین ناشتا، گلوکز خون ناشتا را در زمان پیش آزمون و پس آزمون دو گروه تجربی و کنترل بررسی کرده بودند. در نهایت، انتخاب مقالات نیز براساس نظر مستقل سه محقق که در زمینه‌ی موضوع تخصص داشتند انجام گرفت. این روند بدین صورت بود که شرط ورود مقالات به مطالعه‌ی حاضر، ابتدا زیر نظر تخصص این سه محقق بودند و در نهایت نیز توسط محقق دیگری تمام این موارد مورد کنترل قرارگرفت. مقالاتی که از ویژگی‌های زیر برخوردار بودند، نیز از ورود به مطالعه‌ی حاضر حذف شدند: (۱) مطالعاتی که به‌صورت مروری انجام شده بودند [۲۱، ۲۲]، (۲) مطالعاتی که تأثیر ورزش را به همراه مصرف یک داروی خاص یا یک مکمل غذایی خاص بررسی کرده بودند، (۳) برنامه‌ی تمرینی استفاده شده از کیفیت‌های لازم فیزیولوژیک برخوردار نبود [۲۳-۲۶]، (۴) مطالعاتی که فاقد گروه کنترل بودند [۳۱-۲۷]، (۵) نمونه‌های ارزیابی شده یکسان یا تکرار مطالعاتی بودند که با داده‌های قبلی صورت گرفته بودند [۳۲-۴۱]. در نهایت ۲۴ مقاله [۴۲-۶۵] که واجد شرایط بودند برای انجام متاآنالیز انتخاب شدند (شکل ۱).

استخراج داده‌ها و ارزیابی کیفیت مطالعات

اطلاعات مربوط به نام نویسنده‌ی اول مقاله، سال انتشار، شهر محل اجرای مطالعه، حجم نمونه، سن و جنس شرکت‌کنندگان، میزان کمی متغیرهای حساسیت انسولینی، انسولین، گلوکز خون ناشتا، از گروه‌های کنترل و تجربی، نوع تمرین به همراه شدت، مدت و تواتر آن در هفته، روش نمونه‌گیری و دوره‌ی ابتلا به دیابت (در صورت گزارش) از مقالات استخراج شدند (جدول ۱).

صورت نگرفته است و به‌طور قطع نمی‌توان درباره‌ی تأثیر ورزش استقامتی بر بهبود عوامل خطرزای مرتبط با این بیماری در جامعه‌ی ایرانی صحبت به میان آورد. بنابراین، در مطالعه‌ی متاآنالیز حاضر جهت دستیابی به نتایج کامل‌تر و با قدرت آماری بیشتر به بررسی مرور سیستماتیک و متاآنالیز مطالعاتی پرداخته شد که تأثیر ورزش استقامتی بر کنترل سطوح قند خون، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین را در داخل ایران بر روی بیماران دیابتی نوع دو بررسی کرده بودند.

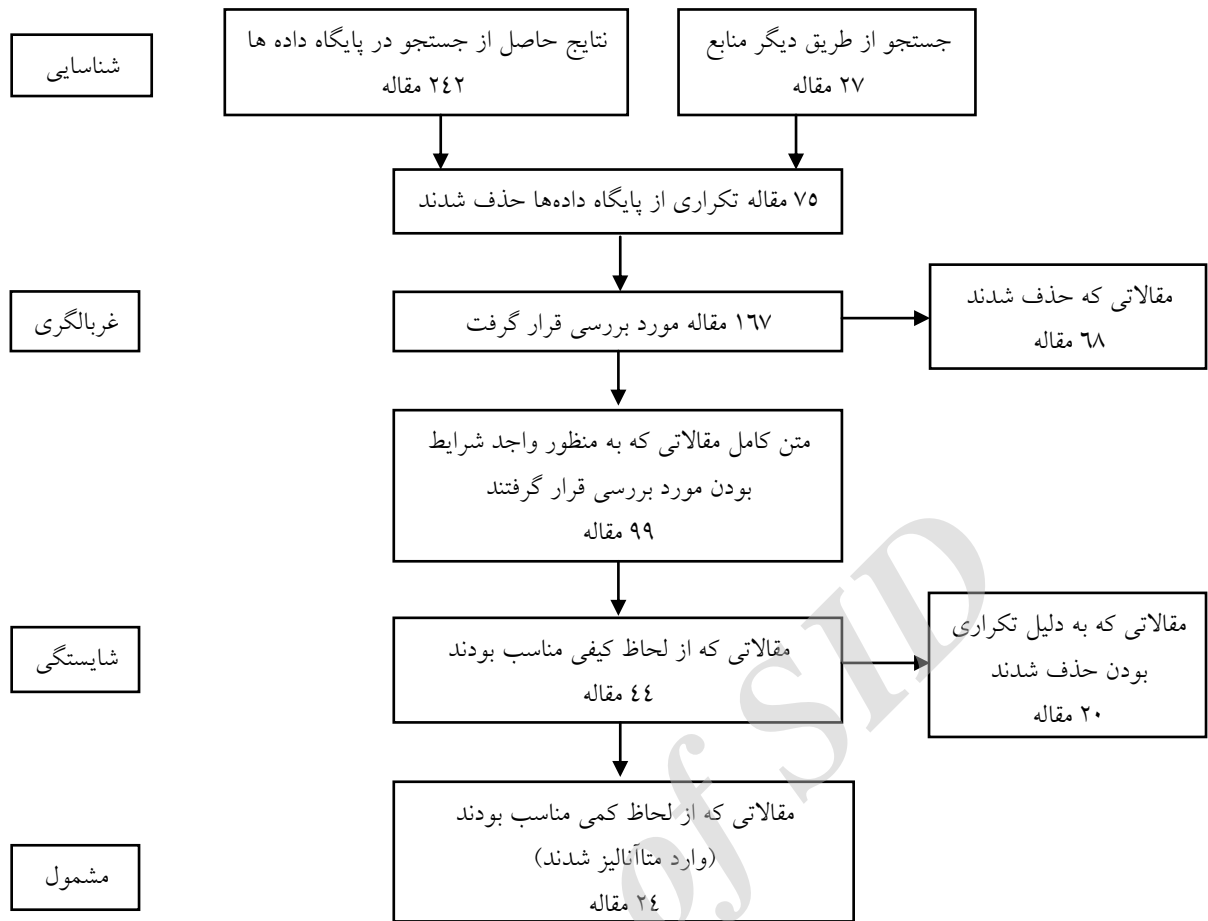
روش‌ها

روش جستجوی مقالات

در این بررسی پایگاه‌های اطلاعاتی sid.ir و magiran.com و همچنین سامانه‌ی نشریات علمی مورد تأیید وزارت علوم و وزارت بهداشت به‌عنوان جامعه آماری از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ با هدف یافتن منابع فارسی مرتبط با موضوع مورد جستجو قرارگرفتند. همچنین به‌منظور پیدا کردن مقالاتی که نویسندگان ایرانی در مجلات لاتین مقالات خود را چاپ کرده بودند، پایگاه‌های اطلاعاتی ISI، Cochrane، Embase، PubMed، Science direct، Scopus، sid و magiran نیز مورد جستجو قرار گرفتند. به‌علاوه، جستجوی اضافی برای ادبیات قدیمی (grey literature) نیز در پایگاه داده‌های مرتبط انجام پذیرفت. فهرست منابع مورد استفاده در تمامی مقالات و گزارش‌های مرتبطی که در جستجوی الکترونیک فوق یافت شدند، به شکل دستی مورد ارزیابی قرار گرفتند تا سایر منابع احتمالی نیز پیدا شوند. کلید واژه‌های مورد استفاده برای جستجو عبارت بودند از: دیابت نوع دو در ترکیب با "دیابت" یا "تمرین استقامتی" یا "تمرین هوازی" یا "فعالیت ورزشی" یا "حساسیت انسولینی" یا "انسولین" یا "گلوکز خون ناشتا".

معیار ورود و خروج مقالات

مقالات با ویژگی‌های زیر برای انجام فراتحلیل انتخاب شدند: (۱) مقالات اصیل علمی- پژوهشی؛ (۲) نمونه آن‌ها از میان افراد ۱۸ سال به بالا انتخاب شده بود؛ (۳) مقالاتی که نمونه آنها صرفاً از نمونه‌های انسانی گرفته شده بود؛ (۴) نمونه‌های مورد



شکل ۱- دیگرام چگونگی انتخاب مقالات

جدول ۱- خصوصیات مطالعات بررسی شده در پژوهش حاضر.

روش نمونه‌گیری	شدت تمرین	محرار تمرین (حلسه د، هفته)	مدت تمرین (هفته)	نوع تمرین	گروه تجربی (نفر)	گروه کنترل (نفر)	تعداد کل (نفر)	دوره پیابند (سال)	دامنه سنی (سال)	جنسیت	مکان	نویسنده (سال) (منبع)
تصادفی	V02max ۷۰-۴۰٪	۳	۸	تمرین هوازی تداومی	۱۲	۱۲	۲۴	۲	۵۰-۳۵	مرد	اهواز	[۴۲] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	V02max ۵۵-۵۰٪	۳	۱۰	تمرین هوازی متناوب	۱۲	۱۲	۲۴	۲	۶۱-۴۰	زن و مرد	تهران	[۵۷] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	V02max ۸۰-۶۵٪	۳	۸	تمرین هوازی متناوب	۱۵	۱۵	۳۰	۲	۳۵-۲۳	زن	اهواز	[۵۹] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	V02max ۵۵-۵۰٪	۳	۱۰	تمرین هوازی تداومی	۸	۸	۱۶	۳	۵۵-۴۹	زن	زاهدان	[۶۰] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	HRMax ۷۰-۵۵٪	۳	۱۲	تمرین هوازی تداومی	۱۴	۱۴	۲۸	۳	۶۰-۴۵	زن	بهبهان	[۶۱] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	V02max ۱۵۰-۱۰۰٪	۳	۱۶	تمرین تناوبی شدید	۸	۸	۱۶	۳	۵۵-۴۰	زن	تهران	[۵۲] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	۱۵-۱۲ شاخص درک فشار	۳	۸	تمرینات پیلاتس	۱۲	۱۲	۲۴	۳	۵۰-۴۰	زن	آبادان	[۵۶] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	V02max ۸۰-۶۵٪	۳	۸	تمرین هوازی تداومی	۱۷	۱۸	۳۵	۲	۶۰-۴۵	زن	محلات	[۵۵] (۱۳۹۵) همکاران
تصادفی	HRMax ۸۰-۵۰٪	۴	۶	تمرین هوازی تداومی	۱۲	۸	۲۰	۵	۵۵-۳۵	زن	اهواز	[۴۴] (۱۳۹۴) همکاران
تصادفی	HRMax ۷۰-۶۰٪	۳	۸	تمرین هوازی تداومی	۸	۸	۱۶	۲	۵۵-۳۵	مرد	مشهد	[۴۶] (۱۳۹۴) همکاران
تصادفی	HRMax ۷۰-۵۰٪	۳	۱۰	تمرین هوازی تداومی	۱۲	۱۰	۲۲	۳	۶۰-۴۵	زن	زاهدان	[۴۳] (۱۳۹۴) همکاران
تصادفی	HRMax ۷۰-۵۰٪	۳	۱۲	تمرین هوازی تداومی	۱۹	۱۸	۴۰	۵	۶۵-۵۵	زن	ارومیه	[۴۹] (۱۳۹۳) همکاران
تصادفی	HRMax ۸۵-۷۵٪	۳	۱۲	تمرین هوازی تداومی	۱۰	۱۰	۲۰	۵	۴۵-۴۰	زن	بیرجند	[۶۲] (۱۳۹۳) همکاران
تصادفی	HRMax ۷۰-۵۰٪	۳	۱۲	تمرین هوازی تداومی	۱۵	۱۵	۳۰	۴	۵۰-۳۸	مرد	اسلام‌شهر	[۴۷] (۱۳۹۲) همکاران

ادامه‌ی جدول در صفحه‌ی بعد

ادامه‌ی جدول صفحه‌ی قبل

تصادفی	HRMax ۷۰-۶۰٪	۳	۸	۹	۹	۱۸	۵	۶۰-۵۰	زن	رشت	محبی و همکاران (۱۳۹۲) [۵۸]
تصادفی	HRMax ۸۰-۶۰٪	۳	۱۰	۱۲	۱۲	۲۴	۴	۴۸-۴۰	زن	بهار	سوری و همکاران (۱۳۹۲) [۵۳]
تصادفی	HRMax ۷۰-۶۰٪	۳	۱۲	۲۰	۲۰	۴۰	۴	۴۵-۳۵	مرد	مشهد	بقرآبادی و همکاران (۱۳۹۱) [۴۵]
تصادفی	HRMax ۷۰-۶۰٪	۴	۱۰	۱۲	۱۲	۲۴	۳	۶۰-۴۰	زن	سبزوار	حامدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۱) [۵۰]
تصادفی	HRMax ۸۰-۷۰٪	۵	۸	۱۳	۱۳	۲۶	۸	۵۸-۴۰	زن	تهران	سوری و همکاران (۱۳۹۰) [۵۱]
تصادفی	HRMax ۷۰-۶۰٪	۳	۸	۱۵	۱۵	۳۰	۶	۶۵-۵۵	مرد	اصفهان	شوندی و همکاران (۱۳۹۰) [۵۴]
تصادفی	HRMax ۷۵-۶۰٪	۳	۱۶	۱۰	۱۰	۲۰	۲	۶۰-۵۰	زن	مرند	توفیقی و همکاران (۱۳۹۰) [۴۸]
تصادفی	HRMax ۶۰-۵۰٪	۳	۱۲	۱۲	۱۵	۲۷	۲	۶۰-۴۵	زن	شیراز	امینی لاری و همکاران (۲۰۱۷) [۶۴]
تصادفی	HRMax ۸۰-۵۰٪	۳	۸	۱۰	۱۰	۲۰	۵	۵۰-۴۰	مرد	اهواز	علیزاده و همکاران (۲۰۱۵) [۶۳]
تصادفی	HRMax ۵۶-۵۰٪	۳	۱۰	۱۱	۱۰	۲۱	۱۰	۵۰-۴۰	مرد	تهران	متین همایی و همکاران (۲۰۱۲) [۶۵]

V02max: حداکثر توان هوازی؛ HRMax: حداکثر ضربان قلب ذخیره.

خاصی قرار دارند، مورد استفاده قرار گرفت. همچنین سوء‌گیری در چاپ مقالات با استفاده از ارزیابی چگونگی نمودارهای funnel رسم شده مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی‌های funnel plot نامتقارن به وسیله آزمون رگرسیون نامتقارن Egger's و آزمون Begg's انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری STATA (نسخه‌ی ۱۲) صورت گرفت. معناداری نیز $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

ارتباط میان ورزش استقامتی و گلوکز خون

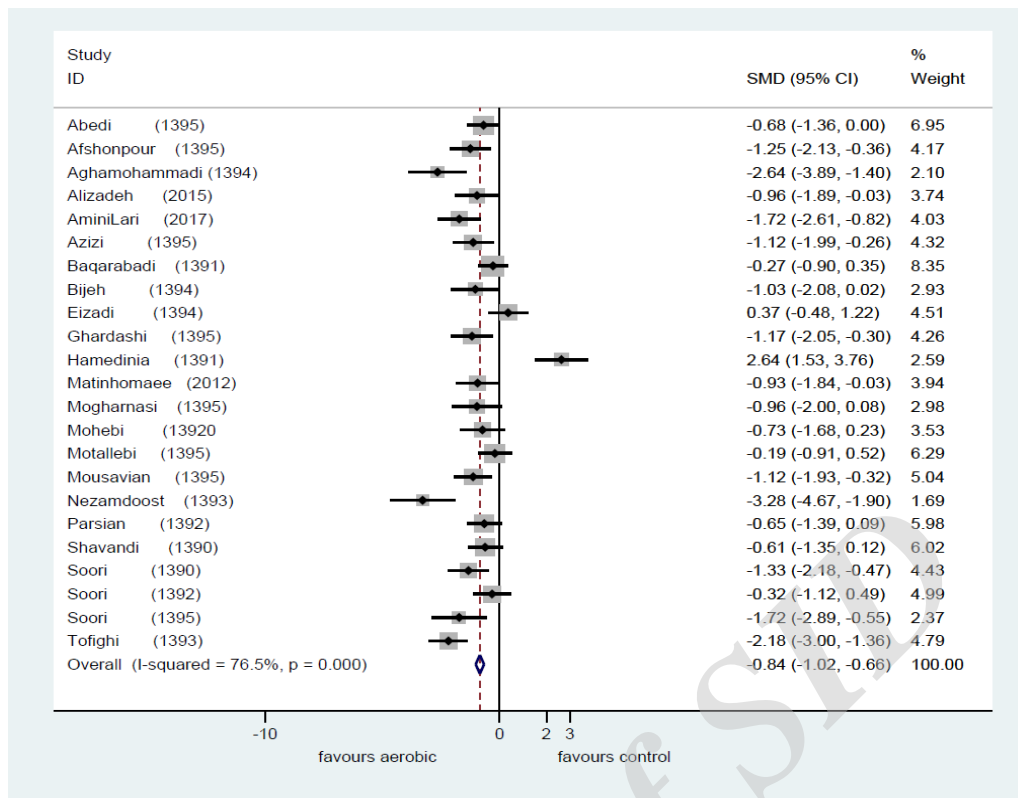
میزان تغییرات گلوکز خون در مطالعاتی که در پژوهش حاضر وارد متآنالیز شدند از دامنه‌ی $-۷/۵۲$ درصد ($-۱۱/۵۸$ mg/dl) [۶] تا دامنه $-۴۸/۲۳$ درصد ($-۳۲/۵$ mg/dl) [۱۱] متفاوت بود. به‌طور کلی مجموع درصد کاهش گلوکز در مطالعاتی که در پژوهش حاضر وارد متآنالیز شدند ($-۲۰/۵۸$ درصد) بود. همان‌گونه که اطلاعات نمودار نشان می‌دهد، میان ورزش استقامتی و گلوکز ارتباط معنی‌داری در مطالعات انجام گرفته در داخل کشور وجود دارد ($P=۰/۰۰۰۱$ ؛ $OR=۰/۶۵۶$ ؛ $CI=۰/۱۶-۱/۰۹۵$)؛ $OR=-۰/۸۳۶$). با توجه به شاخص χ^2 و I^2 ناهمگنی بین مطالعات معنی‌دار نبود ($P=۰/۰۰۰۱$ ؛ $I^2=۰/۷۶۵$). با توجه به همگن بودن مطالعات از مدل اثرات ثابت استفاده شد.

برآورد خطر سوء‌گیری نیز براساس ابزار سوء‌گیری خطر کاکران^۱ انجام شد [۶۶]. مواردی که در ابزار سوء‌گیری خطر کاکران مورد بررسی قرار گرفت شامل: سلسله مراتب قراردادن افراد در گروه‌های تجربی و کنترل، عدم اطلاع شرکت کنندگان، محققین و پرسنل آزمایشگاه از روند اجرای مطالعه، گزارش نتایج انتخابی و دیگر منابع احتمالی سوء‌گیری بود. استخراج داده‌ها و ارزیابی کیفیت مطالعات نیز توسط دو نفر از نویسندگان انجام شد (دکتر مسعود رحمتی و دکتر محمد فتاحی) و هرگونه اختلاف نظر میان این دو نویسنده توسط یک محقق بی طرف کنترل شد (دکتر رحیم میرنصوری).

تجزیه و تحلیل آماری

در این متآنالیز ارتباط میان فعالیت‌های ورزشی استقامتی و گلوکز خون ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین در مطالعات صورت گرفته در داخل ایران مورد بررسی قرار گرفت. کلیه متغیرهای بین افراد گروه تجربی و گروه کنترل با استفاده از نسبت شانس (OR) با ضریب اطمینان ۹۵٪ بررسی شدند. جهت تعیین ناهمگنی (عدم تجانس) مطالعات از آزمون‌های χ^2 و I^2 استفاده شد (شواهد برای عدم تجانس $P < 0/05$ ، $I^2 > 50\%$) در صورت مشاهده‌ی ناهمگنی بین مطالعات از مدل اثرات تصادفی (Random-effects model) و در غیر این صورت از مدل اثرات ثابت (Fixed-effects model) استفاده شد. آنالیز حساسیت (Sensitivity Analyze) برای ارزیابی اینکه آیا نتایج فراتحلیل تحت تأثیر مطالعه یا مطالعات

¹Cochrane Risk of Bias tool



نمودار ۱- نمودار انباشت (Forest plot) ارتباط میان ورزش استقامتی و گلوکز

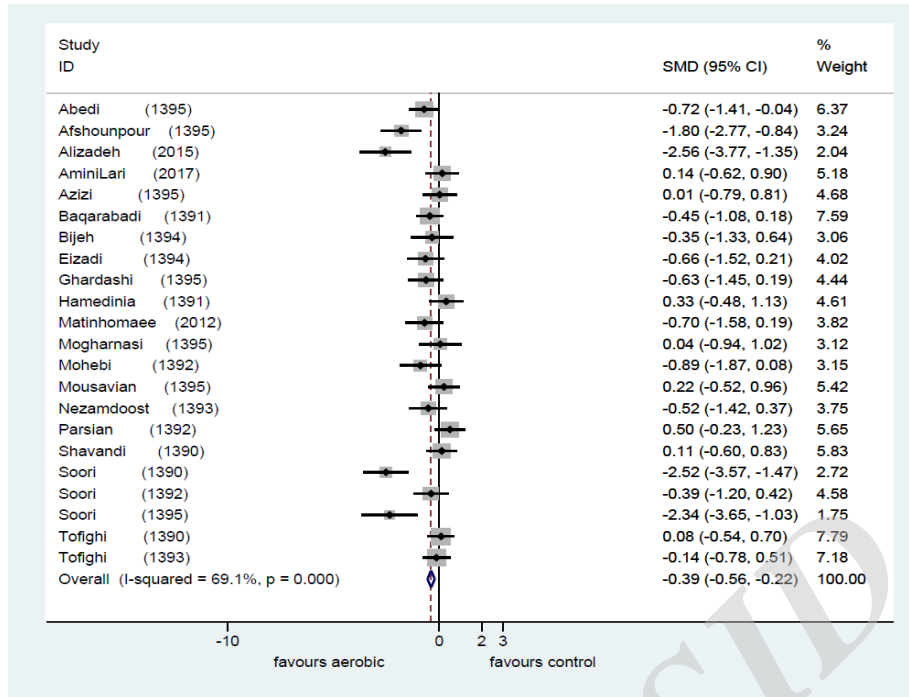
ارتباط میان ورزش استقامتی و سطوح انسولین

میزان تغییرات انسولین در مطالعاتی که در پژوهش حاضر وارد متآنالیز شدند از دامنه‌ی $-7/55$ درصد ($-0/79$ mU/l) [۹] تا دامنه‌ی $-61/24$ درصد ($-18/88$ mU/l) [۲۷] متفاوت بود. به‌طور کلی مجموع درصد کاهش انسولین در مطالعاتی که در پژوهش حاضر وارد متآنالیز شدند ($-27/33$ درصد) بود. همان‌گونه که اطلاعات نمودار ۲ نشان می‌دهد، میان ورزش استقامتی و انسولین ارتباط معنی‌داری در مطالعات انجام گرفته در داخل کشور وجود دارد ($P=0/0001$; $OR=-0/217$; $CI= -0/563$ - $0/95$). با توجه به شاخص I^2 و $chi-square$ ناهمگنی بین مطالعات معنی‌دار نبود ($P=0/0001$; $I^2=76/1$). با توجه به همگن بودن مطالعات از مدل اثرات ثابت استفاده شد.

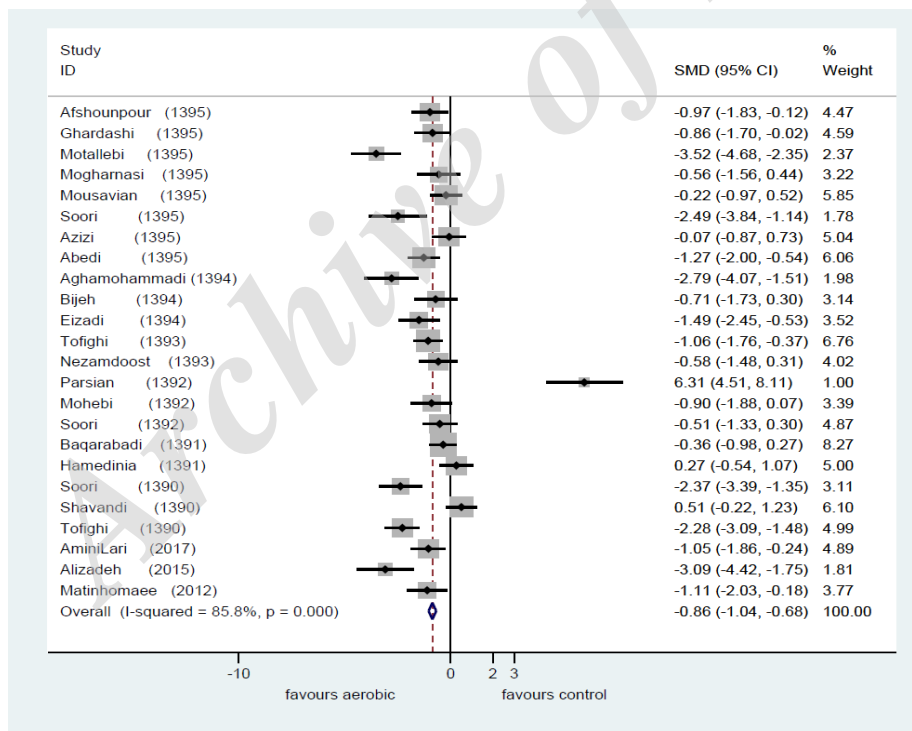
ارتباط میان ورزش استقامتی و مقاومت به انسولین

میزان تغییرات مقاومت به انسولین در مطالعاتی که در پژوهش حاضر وارد متآنالیز شدند از دامنه $-11/95$ درصد ($-0/65$) [۲۶] تا دامنه $-71/52$ درصد ($-3/29$) [۳] متفاوت بود. به‌طور کلی مجموع درصد کاهش مقاومت به انسولین در مطالعاتی که در

پژوهش حاضر وارد متآنالیز شدند ($34/85$ - درصد) بود. همان‌گونه که اطلاعات نمودار ۳ نشان می‌دهد، میان ورزش استقامتی و مقاومت به انسولین ارتباط معنی‌داری در مطالعات انجام گرفته در داخل کشور وجود دارد ($P=0/0001$; $OR=-0/862$; $CI= -1/042$ - $0/95$). با توجه به شاخص I^2 و $chi-square$ ناهمگنی بین مطالعات معنی‌دار نبود ($P=0/0001$; $I^2=76/8$). با توجه به همگن بودن مطالعات از مدل اثرات ثابت استفاده شد. نمودارهای انباشت (Forest plot) (نمودارهای ۳-۱) ارتباط میان فعالیت‌های ورزشی استقامتی و گلوکز خون ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین را در فاصله اطمینان ۹۵ درصد بر اساس مدل اثرات ثابت نشان می‌دهند. نقطه‌ی وسط هر پاره خط برآورد میزان شیوع و طول پاره خط فاصله اطمینان ۹۵ درصدی در هر مطالعه را نشان می‌دهد. علامت لوزی نشان‌دهنده فاصله اطمینان برای مجموع مطالعات می‌باشد. با توجه به این‌که لوزی خط صفر را قطع نمی‌کند، می‌توان نتیجه گرفت که بین ورزش استقامتی و گلوکز خون، ورزش استقامتی و انسولین، ورزش استقامتی و مقاومت به انسولین در مطالعات انجام شده در داخل کشور ارتباط معناداری وجود دارد.



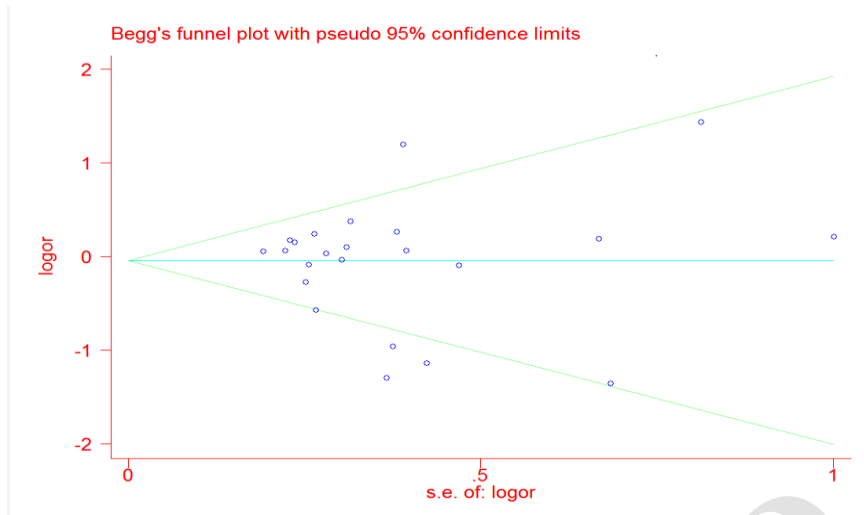
نمودار ۲- نمودار انباشت (Forest plot) ارتباط میان ورزش استقامتی و انسولین



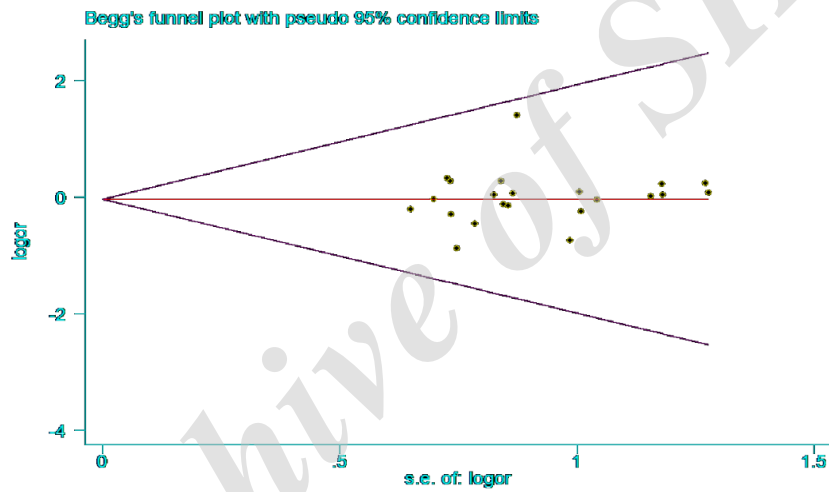
نمودار ۳- نمودار انباشت (Forest plot) ارتباط میان ورزش استقامتی و مقاومت به انسولین

انتشار در نتایج به دست آمده در مقالات تأثیری نداشته است که به صورت تقارن در نمودارهای کیفی نشان داده شده‌اند.

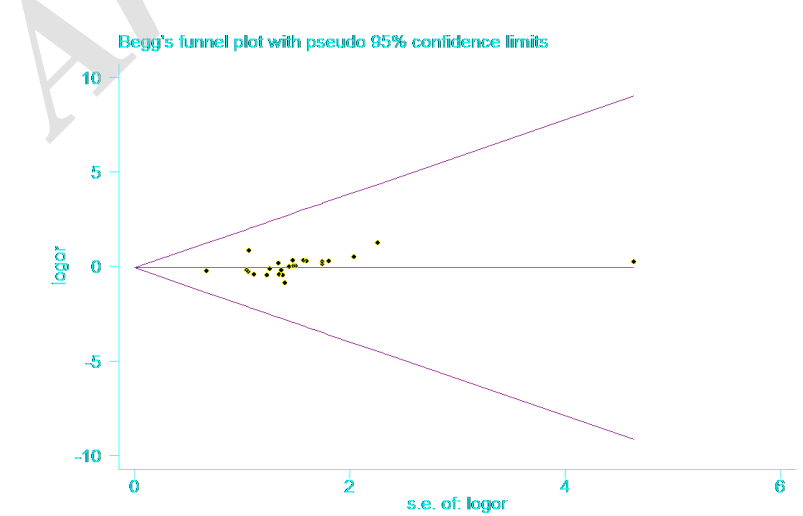
بررسی سوءگیری مطالعات
نمودارهای Begg's (نمودارهای ۶-۴) برای شناسایی
سوءگیری انتشار رسم شده‌اند و نشان می‌دهند که سوءگیری



نمودار ۴- نمودار Begg's Funnel Plot برای ارتباط میان فعالیت ورزشی استقامتی و گلوکز



نمودار ۵- نمودار Begg's Funnel Plot برای ارتباط میان فعالیت ورزشی استقامتی و انسولین



نمودار ۶- نمودار Begg's Funnel Plot برای ارتباط میان ورزش استقامتی و مقاومت به انسولین

بحث

نتایج مطالعه‌ی متآنالیز حاضر بر روی پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور نشان داد که فعالیت ورزشی استقامتی (هوازی) می‌تواند موجب کاهش گلوکز خون ناشتا (۲۰/۵۸- درصد)، کاهش انسولین (۲۷/۳۳- درصد) و کاهش مقاومت به انسولین (۳۴/۸۵- درصد) در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود. بقربادی و همکاران (۱۳۹۱) کاهش گلوکز ناشتای خون به میزان ۲۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، کاهش انسولین پلازما به میزان ۲۵ درصد، کاهش مقاومت به انسولین، کاهش مقادیر پلاسمایی لپتین را پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی (۳ جلسه در هفته، شدت ۶۰-۷۰٪ ضربان قلب ذخیره) نشان دادند [۴۵]. عزیز و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی اثر یک دوره تمرین هوازی بر آدیپسین سرم و مقاومت انسولینی زنان چاق دیابتی پرداختند. در این مطالعه ۲۴ زن به دو گروه مداخله و کنترل تقسیم شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌دنبال ۸ هفته تمرین هوازی (۳ جلسه در هفته، شدت ۱۲-۱۵ شاخص درک فشار) کاهش معنادار در سطوح گلوکز خون (۲۷ درصد)، کاهش مقاومت به انسولین (۱۴ درصد)، کاهش BMI (۱۵ درصد) و کاهش درصد چربی بدن (۲۳ درصد) در گروه تمرین مشاهده شد اما این اختلاف میانگین‌ها نسبت به گروه کنترل معنادار نبود. این محققین دلایل مغایرت نتایج خود با نتایج دیگر محققان را تفاوت در نوع و شدت تمرینات، مدت کوتاه پروتکل و الگوهای تمرینی اعلام کردند [۵۶]. توفیقی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین هوازی در آب به شکل معناداری باعث کاهش غلظت سطوح گلوکز، نیمرخ لپیدی، HbA1c و RBP4 و مقاومت به انسولین در زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو شد و سطح انسولین سرم نیز افزایش یافت اما این افزایش معنادار نبود [۴۸]. همچنین در مطالعه افشون‌پور و همکاران (۱۳۹۵) نتایج تحقیق کاهش معنادار غلظت گلوکز خون، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین گروه تمرین را در مقایسه با پیش آزمون و گروه کنترل نشان داد [۴۲]. همراستا با نتایج حاضر در مطالعه متآنالیز بوله و همکاران (۲۰۰۱) نتایج این مطالعه نشان داد که ورزش می‌تواند موجب کنترل قند خون، کاهش هموگلوبین A1c، کاهش چاقی شکمی و نمایه‌ی توده‌ی بدن در بیماران دیابتی نوع دو گردد [۱۸]. همچنین Way و همکاران (۲۰۱۶) در یک

متآنالیز به بررسی اثرات ورزش منظم بر حساسیت به انسولین در بزرگسالان مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. نتایج این متآنالیز نشان داد که ورزش منظم اثر قابل توجهی بر حساسیت به انسولین در بزرگسالان مبتلا به دیابت نوع دو دارد و ممکن است تا ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین ادامه یابد [۶۷]. مطالعه متآنالیز Zou و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که ورزش منجر به کاهش معنادار غلظت پروتئین واکنشگر C، تری‌گلیسرید، فشار خون سیستولیک، فشار خون دیاستولیک، هموگلوبین گلیکوزیله و مقاومت به انسولین و افزایش شدید HDL-C می‌شود [۶۸]. Boulé و همکاران (۲۰۰۳) در یک فراتحلیل به بررسی اثرات ورزش ساختاری بر آمادگی قلبی تنفسی در افراد مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. نتایج این فراتحلیل نشان داد که ورزش منظم اثر آماری و بالینی معنادار بر VO2max در افراد مبتلا به دیابت نوع دو دارد و ورزش با شدت بالاتر می‌تواند مزایای اضافی بر آمادگی قلبی تنفسی و HbA1c داشته باشد [۶۹]. Snowling و همکاران (۲۰۰۶) در یک فراتحلیل به بررسی تأثیر مدل‌های مختلف ورزشی بر کنترل گلوکز و عوامل خطر برای عوارض در افراد مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. نتایج این فراتحلیل نشان داد که تمام اشکال تمرینات ورزشی (استقامتی، مقاومتی و ترکیبی)، می‌توانند سبب بهبود اندک مهم‌ترین شاخص کنترل گلوکز (هموگلوبین گلیکوزیله) شوند [۱۹]. Chudyk و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات ورزش بر عوامل خطر قلبی عروقی در افراد مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند. ورزش هوازی باعث کاهش ۰/۶ هموگلوبین گلیکوزیله و کاهش (0.3 mmol/l) تری‌گلیسرید شد اما اثر معناداری بر LDL-C و HDL-C نداشت و به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که ورزش هوازی به تنهایی یا در ترکیب با ورزش مقاومتی کنترل قند خون، فشار خون سیستولی، تری‌گلیسرید و دور کمر را بهبود می‌بخشد [۷۰].

به‌طور کلی تجمع چربی اضافی از دو مسیر اصلی مجزا، موجب مقاومت به انسولین می‌شود که شامل دگرگون شدن سیگنالینگ انسولین یا سایتوکاین‌های ترشح شده از بافت چربی و آسیب یا مرگ سلول‌های بتای پانکراس در اثر تجمع اسیدهای چرب آزاد است، ولی تمرینات طولانی مدت ورزشی با کاهش تجمع چربی، احتمالاً ضمن تغییر در میزان برخی

متابولیسم گلوکز است. فعالیت ورزشی منظم باعث افزایش برداشت گلوکز در یک غلظت ثابت انسولین می‌شود [۸۲، ۸۳]. شواهد موجود نشان می‌دهد که سازوکار اثر تمرین هوازی بر هموستاز گلوکز و عمل انسولین تا حدود زیادی به عملکرد عضلات اسکلتی برمی‌گردد. عضلات اسکلتی تقریباً بیش از نیمی از وزن بدن را تشکیل می‌دهند و اصلی‌ترین جایگاه مصرف گلوکز می‌باشند. انقباض در عضلات اسکلتی دارای نقش شبه انسولینی بوده و موجب می‌شود تا مقدار زیادی گلوکز به درون سلول وارد شده و صرف تولید انرژی گردد [۸۴]. سازوکار احتمالی این پدیده به نفوذپذیری غشا به گلوکز و به دلیل افزایش تعداد ناقل‌های گلوکز در غشای پلاسمایی (Glut4) و افزایش بیان ژنی یا فعالیت پروتئین‌های مختلف درگیر در آبخار پیام‌رسانی انسولین، افزایش دانسیته‌ی مویرگی و افزایش فعالیت گلیکوژن سنتتاز در انقباض عضلانی برمی‌گردد. از این‌رو، با انجام فعالیت ورزشی مداوم در افراد دیابتی با افزایش انقباض عضلانی ناشی از تمرین، میزان (Glut4) در عضلات تمرین کرده افزایش می‌یابد که سبب بهبود در عبور گلوکز پلازما به درون سلول عضلانی حتی از مسیرهای غیر وابسته به انسولین می‌گردد [۸۵]. این پدیده در درازمدت و با انجام تمرینات مداوم به یک حالت پایدار تبدیل می‌گردد. لذا به دنبال بهبود گلوکز پلازما انتظار می‌رود که میزان ترشح انسولین پایه در افراد دارای مقاومت به انسولین و دیابت نوع دوم کاهش یابد [۸۶].

آدیپوکاین‌ها و کاهش تجمع اسیدهای چرب، حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشد و از مقاومت به انسولین نیز پیشگیری می‌کند [۷۱]. تمرین استقامتی (حاد و طولانی مدت) مقاومت به انسولین را به دلیل انقباض موقتی عضله و افزایش جذب گلوکز و توده‌ی عضله‌ی اسکلتی بهبود می‌بخشد [۷۲]. برخی محققان سازوکار بهبود عمل انسولین را هم، تنظیم مثبت اجزای پس‌گیرنده‌ی انسولین (مانند غلظت پروتئین گیرنده‌ی انسولین، پروتئین کیناز B و سنتز گلیکوژن) و همچنین پروتئین انتقال دهنده‌ی گلوکز (GLUT4) می‌دانند [۷۳]. نقش تمرین هوازی در افزایش عملکرد انسولین از طریق کاهش تجمع TG (تری‌گلیسرید) های درون سلولی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب مشخص شده است [۷۴]. در مطالعه‌ی متآنالیز Fedewa و همکاران (۲۰۱۳) در زمینه‌ی بررسی مطالعات مربوط به تمرین ورزشی و مقاومت به انسولین نشان داده شده که ورزش تأثیر کم تا متوسطی بر بهبود مقاومت به انسولین دارد [۷۵]. عدم فعالیت بدنی با نیمرخ نامطلوب لیپوپروتئین سرم در ارتباط است [۷۶] و مقاومت محیطی به انسولین را افزایش می‌دهد [۷۷]. Schneider و همکاران در سال ۱۹۸۴ در تحقیق خود، تقریباً ۲۵ درصد بهبود در میزان تری‌گلیسرید پلازما مشاهده کردند اما در میزان LDL-C تغییری مشاهده نکردند [۷۸]. Krotkiewski و همکاران در سال ۱۹۹۵ متوجه شدند که بهترین پاسخ در افرادی اتفاق می‌افتد که بالاترین غلظت انسولین ناشتایی را دارند [۷۹]؛ نتایجی که توسط اشنایدر و همکارانش نیز تأیید شده بود [۷۸]. Randle و همکاران (۱۹۶۳) نشان دادند افزایش گلوکز خون و انسولین سبب افزایش GLUT-4 در سطح غشای عضلانی شده، و با افزایش برداشت گلوکز سبب افزایش اکسیداسیون کربوهیدرات می‌شود. در راستای این فرآیند، انسولین با استریفیه کردن دوباره NEFA سبب کاهش اکسیداسیون چربی می‌شود، از سوی دیگر میزان سوخت و ساز کربوهیدرات را افزایش می‌دهد [۸۰]. مدت‌های طولانی است که تمرین ورزشی به عنوان یک مکمل در درمان دارویی، در کنترل بیماری دیابت مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات انجام شده در انسان‌ها و حیوانات نشان داده است که ورزش، مقاومت به انسولین را بهبود می‌بخشد و حساسیت انسولین را افزایش می‌دهد [۸۱]. بهبود مقاومت انسولینی مهم‌ترین سازوکار اثرگذاری ورزش بر

مأخذ

1. Guariguata L, et al. Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes research and clinical practice* 2014; 103(2):137-149.
2. Imperatore G, et al. Projections of type 1 and type 2 diabetes burden in the US population aged < 20 years through 2050. *Diabetes care* 2012; 35(12):2515-2520.
3. Lotfi MH, Saadati H, and Afzali M. Prevalence of diabetes in people aged ≥ 30 years: the results of screening program of Yazd Province, Iran, in 2012. *Journal of research in health sciences* 2013; 14(1):88-92.
4. Association AD. Standards of medical care in diabetes—2013. *Diabetes care* 2013; 36(Supplement 1):S11-S66.
5. Laffel L. Ketone bodies: a review of physiology, pathophysiology and application of monitoring to diabetes. *Diabetes/metabolism research and reviews* 1999; 15(6): 412-426.
6. Yue P, et al. Apelin is necessary for the maintenance of insulin sensitivity. 2009; *Am Heart Assoc*.
7. DeFronzo RA, RC. Bonadonna, and E. Ferrannini, Pathogenesis of NIDDM: a balanced overview. *Diabetes care* 1992; 15(3):318-368.
8. Kershaw EE, and Flier JS. Adipose tissue as an endocrine organ. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 2004; 89(6):2548-2556.
9. Qatanani M. and Lazar MA. Mechanisms of obesity-associated insulin resistance: many choices on the menu. *Genes & development* 2007; 21(12):1443-1455.
10. Wang C, Guan Y, and Yang J. Cytokines in the progression of pancreatic β -cell dysfunction. *International journal of endocrinology* 2010; 2010.
11. Kahn CR. The molecular mechanism of insulin action. *Annual review of medicine* 1985; 36(1):429-451.
12. O'Brien RM, and Granner DK. Regulation of gene expression by insulin. *Physiological Reviews* 1996; 76(4):1109-1161.
13. McGarry JD. What If Minkowski Had Been Ageusic? An Alternative Angle on Diabetes. *Science* 1992; 258(5083):766-770.
14. Arora E Shenoy S. and Sandhu J. Effects of resistance training on metabolic profile of adults with type 2 diabetes. *Indian Journal of Medical Research* 2009; 129(5):515-519.
15. Rahmati M, et al. Treadmill Training Modifies KIF5B Moter Protein in the STZ-induced Diabetic Rat Spinal Cord and Sciatic Nerve. *Archives of Iranian Medicine (AIM)* 2015; 18(2):101-91.
16. Yang Z, et al. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine* 2014; 44(4):487-499.
17. Albright A, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and type 2 diabetes. *Medicine and science in sports and exercise* 2000. 32(7):1345-1360.
18. Boulé NG, et al. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *Jama* 2001; 286(10):1218-1227.
19. Snowling NJ. and Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients. *Diabetes care* 2006; 29(11):2518-2527.
20. Thomas D, EJ. Elliott, and Naughton GA. Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2006; 3(3).
۲۱. ریاحی، فاطمه؛ ریاحی، سیمین؛ یاری بیگی، حمید. دیابت و نقش ورزش در کنترل آن؛ یک مطالعه‌ی مروری سیستماتیک. *مجله‌ی پژوهش سلامت ۱۳۹۴؛ دوره‌ی ۱ (شماره‌ی ۲): ۱۱۳-۱۲۱.*
۲۲. صارمی، عباس. تمرینات ورزشی و دیابت ملیتوس نوع ۲: مروری بر شواهد. *مجله‌ی سلول و بافت ۱۳۹۰؛ جلد ۲ (شماره‌ی ۳): ۱۷۱-۱۸۱.*
۲۳. ایزدی، مجتبی؛ کیانی، فاطمه؛ خورشیدی، داوود؛ عزیزی ماسوله، میترا. بررسی اثر یک فعالیت ورزشی کوتاه مدت بر سطوح لپتین سرم در بیماران دیابتی نوع دو. *مجله‌ی دانشگاه علوم پزشکی قم ۱۳۹۱؛ دوره‌ی ۶ (شماره‌ی ۴): ۵۰-۵۶. ۱۳*
۲۴. حسینی کاخک، علیرضا؛ عطارنژاد، زهرا؛ حقیقی، امیرحسین. مقایسه اثرات حاد دو جلسه ورزش در آب با حجم های مختلف بر آدیپونکتین و مقاومت انسولینی در زنان دیابتی نوع دو. *مجله‌ی علمی - پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار ۱۳۹۲؛ دوره‌ی ۲۰ (شماره‌ی ۴): ۵۶۳-۵۷۲.*
۲۵. دریانوش، فرهاد؛ شکیبایی، مریم؛ زمانی، علی؛ محمدی، مهدی. اثر تمرینات ورزشی هوازی و مکمل آلفا لیپوئیک اسید بر میزان مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو. *مجله‌ی علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان ۱۳۹۴؛ دوره‌ی ۱۷ (شماره‌ی ۳): ۷۵-۸۰.*
۲۶. عظیمی دخت، سید محمد علی؛ مقرنسی، مهدی؛ کارگر، محمد خلیل؛ زارع زاده، علی اصغر. تاثیر ۸ هفته تمرین تناوبی بر مقاومت به انسولین و نیمرخ چربی مردان دیابتی نوع ۲ تحت درمان با متفورمین. *نشریه‌ی علوم زیستی ورزشی ۱۳۹۴؛ دوره‌ی ۷ (شماره‌ی ۳): ۴۶۱-۴۷۶.*
۲۷. افشون پور، محمدطاهر؛ حبیبی، عبدالحمید؛ رنجبر، روح الله. مقایسه تأثیر دو شدت فعالیت حاد هوازی بر غلظت آپلین پلاسما، گلوکز خون و شاخص مقاومت به انسولین مردان مبتلا به دیابت نوع دو. *فیزیولوژی ورزشی ۱۳۹۵؛ دوره‌ی ۸ (شماره‌ی ۳۰): ۱۱۵-۱۲۸.*
۲۸. ایزدی، مجتبی؛ گودرزی، محمد تقی، سهیلی، شهرام؛ دوعلی، حسین. اثر فعالیت ورزش کوتاه مدت بر سطح آدیپونکتین و

۳۶. توفیقی، اصغر؛ صمدیان، زهرا. مقایسه اثر ۱۲ هفته تمرین ورزشی هوازی و مقاومتی بر سطوح سرمی رزیستین و شاخص‌های گلیسمی در زنان یائسه چاق مبتلا به دیابت نوع ۲؛ (مقایسه‌ی دو نوع پروتکل ورزشی). *مجله‌ی علمی پزشکی جندی شاپور* ۱۳۹۲؛ دوره‌ی ۱۲ (شماره‌ی ۶): ۶۶۵-۶۷۱.
۳۷. توفیقی، اصغر؛ صمدیان، زهرا؛ طلوعی آذر، جواد. بررسی نقش پیش‌التهابی رزیستین و پروتئین واکنشگر C (CRP) در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو: اثر فعالیت‌های ورزشی هوازی و مقاومتی. *نشریه‌ی علوم زیستی ورزشی* ۱۳۹۴؛ دوره‌ی ۷ (شماره‌ی ۳): ۴۴۵-۴۶۰.
۳۸. حسینیان، معصومه؛ بنی‌طالبی، ابراهیم؛ میرحسینی، سیداحسان. تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید و ترکیبی بر سطوح آپولیپوپروتئین A و B، ویسفاتین و مقاومت به انسولین در زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع ۲. *مجله‌ی علمی پژوهشی اقق دانش* ۱۳۹۵؛ دوره ۲۲ (شماره ۳): ۲۳۷-۲۴۵. ۱۳۹۵.
۳۹. سوری، رحمان؛ خسروی، نیکو؛ یزداندوست، هانیه؛ خادمی، حسین. تأثیر شدت تمرینات هوازی تناوبی و تداومی بر سطوح ویسفاتین و RBP4 سرمی زنان چاق دیابتی نوع دو. *مجله‌ی طبین سلامت* ۱۳۹۴؛ دوره‌ی ۳ (شماره‌ی ۴): ۹-۱.
۴۰. عابدی، بهرام؛ اخوت، الهام؛ بنی‌طالبی، ابراهیم. مقایسه تأثیر تمرینات سرعتی شدید و هوازی- قدرتی بر سطح آدیپونکتین سرمی و مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو. *دوماهنامه‌ی علمی پژوهشی فیض* ۱۳۹۵؛ دوره‌ی ۲۰ (شماره‌ی ۴): ۳۵۲-۳۶۰.
۴۱. گائینی، عباسعلی؛ قارداشی افوسی، علیرضا. تأثیر ده هفته تمرین تناوبی هوازی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و اکسیدانی در بیماران دیابتی نوع دو. *نشریه‌ی علوم زیستی ورزشی* ۱۳۹۶؛ دوره‌ی ۹ (شماره‌ی ۱): ۹۳-۱۰۸.
۴۲. محمدطاهر، افشون پور؛ حبیبی، عبدالحمید؛ رنجبر، روح اله. تأثیر تمرین هوازی تداومی بر غلظت آپلین پلاسما و مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع دو. *ارمغان دانش، مجله‌ی علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی یاسوج* ۱۳۹۵؛ دوره‌ی ۲۱ (شماره‌ی ۱): ۵۷-۷۰.
۴۳. ایزدی قهفرخی، مریم؛ مقرنسی، مهدی؛ فرامرزی، محمد. تأثیر ۱۰ هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل چای سبز بر نیمرخ لیپیدی، مقاومت به انسولین و آنزیم‌های کبدی (ALT, AST)
- حساسیت انسولین در بیماران دیابتی نوع دو: یک گزارش کوتاه. *مجله‌ی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان* ۱۳۹۲؛ دوره‌ی ۱۲ (شماره‌ی ۱۰): ۸۶۳-۸۷۰.
۲۹. داوودی، زیبا؛ قنبرزاده، مجسن؛ شاکریان، سعید؛ حبیبی، عبدالحمید. اثر شدت‌های مختلف فعالیت ورزشی حاد بر غلظت رزیستین پلاسما و مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع دو. *مجله‌ی دانشگاه علوم پزشکی فسا* ۱۳۹۵؛ دوره‌ی ۶ (شماره‌ی ۱): ۷۹-۸۶.
۳۰. رضایی نسب، حامد؛ رنجبرف روح اله؛ حبیبی، عبدالحمید؛ شاکریان، سعید. مقایسه شدت‌های مختلف فعالیت هوازی حاد بر غلظت ویسفاتین پلاسما و مقاومت به انسولین در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو. *مجله‌ی دیابت و متابولیسم ایران* ۱۳۹۳؛ دوره‌ی ۱۴ (شماره‌ی ۲): ۱۳۳-۱۴۰.
۳۱. محمد رحیمی، غلام رسول؛ عطارزاده حسینی، علیرضا. تأثیر تمرین هوازی و رژیم غذایی بر مقاومت به انسولین و کیفیت زندگی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو. *فصلنامه‌ی اقق دانش* ۱۳۹۴؛ دوره‌ی ۲۲ (شماره‌ی ۱): ۵۷-۶۴.
۳۲. بازیار، فاطمه؛ بنی‌طالبی، ابراهیم؛ میرحسینی، سید احسان. مقایسه دو شیوه تمرین (تمرین تناوبی شدید و ترکیبی) بر سطوح قند خون، انسولین و مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت ملیتوس. *ارمغان دانش، مجله‌ی علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی یاسوج* ۱۳۹۵؛ دوره‌ی ۲۱ (شماره‌ی ۲): ۱۲۳-۱۳۴.
۳۳. توفیقی، اصغر؛ حمزه زاده، صبا. بررسی تغییرات ویسفاتین پلاسمایی و برخی شاخص‌های متابولیکی به دنبال یک دوره تمرین هوازی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲. *نشریه‌ی ورزش و علوم زیست حرکتی* ۱۳۹۱؛ دوره‌ی ۴ (شماره‌ی ۸): ۵۱-۶۰.
۳۴. توفیقی، اصغر؛ حمزه زاده، صبا؛ مهدی زاده، علیرضا؛ ذوالفقاری، محمدرضا. سطح پلاسمایی ویسفاتین زنان مبتلا به دیابت نوع دو: مقایسه اثر دو نوع پروتکل تمرینی هوازی و مقاومتی. *مجله‌ی پزشکی ارومیه* ۱۳۹۳؛ دوره‌ی ۲۵ (شماره‌ی ۲): ۱۵۰-۱۵۹.
۳۵. توفیقی، اصغر؛ داستاه، سمانه؛ ترتیبیان، بختیار؛ بابایی، سولماز. سازگاری‌های هورمونی و متابولیکی زنان مبتلا به دیابت نوع دو به تمرین ایروبی در آب. *مجله‌ی پزشکی ارومیه* ۱۳۹۱؛ دوره‌ی ۲۳ (شماره‌ی ۶): ۶۱۲-۶۱۹.

- علمی پژوهشی دانشگاه شاهد ۱۳۹۱؛ دوره ۱۹ (شماره ۱): ۷۸-۷۱.
۵۱. سوری، رحمان؛ حسنی، شیرین؛ وهابی، کبری؛ شب خیز، فاطمه. تأثیر تمرین تناوبی هوازی بر RBP4 سرم و شاخص مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع ۲. *مجله دیابت و متابولیسم ایران* ۱۳۹۰؛ دوره ۱۰ (شماره ۴): ۳۸۸-۳۹۷.
۵۲. سوری، رحمان؛ خسروی، نیکو؛ یزداندوست، هانیه؛ آیتی، محمد حسین. مقایسه تمرین تناوبی با شدت متوسط و ایتروال هوازی با شدت بالا بر سطوح سرمی رزیستین و مقاومت به انسولین در زنان چاق دیابتی نوع دو. *نشریه علوم زیستی ورزشی* ۱۳۹۵؛ دوره ۸ (شماره ۳): ۳۶۵-۳۸۰.
۵۳. سوری، رحمان؛ فراهانی، ابوالفضل؛ نوری، فاطمه. تأثیر تمرینات هوازی بر شاخص فعالیت آندوتلیال عروق (sICAM-1) و مقاومت به انسولین در زنان کم تحرک مبتلا به دیابت نوع دو. *فیزیولوژی ورزشی* ۱۳۹۲؛ دوره ۵ (شماره ۱۹): ۹۶-۸۱.
۵۴. شوندی، نادر؛ صارمی، عباس؛ قربانی، اکبر؛ پرستش، محمد. ارتباط آدیپونکتین با مقاومت انسولینی مردان مبتلا به دیابت نوع دو متعاقب یک دوره تمرین هوازی. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک* ۱۳۹۰؛ دوره ۱۴ (شماره ۲): ۵۰-۴۳.
۵۵. عابدی، بهرام؛ اخوت، الهام. اثر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر سطوح آدیپونکتین سرمی و مقاومت به انسولین زنان دیابتی نوع دو. *نشریه علوم زیستی ورزشی* ۱۳۹۵؛ دوره ۸ (شماره ۳): ۴۱۱-۴۲۵.
۵۶. عزیز، معصومه؛ تأدیی، وحید؛ بهپور، ناصر. بررسی اثر یک دوره تمرین هوازی بر آدیپسین سرم و مقاومت انسولینی زنان چاق دیابتی. *مجله علمی پزشکی جنسی شاپور* ۱۳۹۵؛ دوره ۱۵ (شماره ۴): ۴۳۳-۴۴۲.
۵۷. قارداشی افسی، علیرضا؛ گائینی، عباس؛ غلامی، بهنام. تأثیر تمرین تناوبی هوازی بر سطوح پلاسمایی نیتریک اکساید، عملکرد سلول های آندوتلیال عروقی و پیامدهای ثانویه در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو. *نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری* ۱۳۹۵؛ دوره ۳ (شماره ۳): ۲۷-۳۹.
۵۸. محبی، حمید؛ رحمانی نیا، فرهاد؛ هدایتی امامی، محمد حسن؛ سعیدی ضیاری، تهمنه. اثر ۸ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط بر سطوح اپلین پلازما و مقاومت به انسولین در زنان
- GGT) زنان چاق دیابتی نوع دو. *ارمغان دانش* ۱۳۹۴؛ دوره ۲۰ (شماره ۲): ۱۶۱-۱۷۱.
۴۴. آقامحمدی، مژگان؛ حبیبی، عبدالحمید؛ رنجبر، روح اله. تأثیر تمرین منتخب ایروبیکی بر سطوح آیریزین سرمی و شاخص مقاومت به انسولین زنان دیابتی نوع دو. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک* ۱۳۹۴؛ دوره ۱۸ (شماره ۱۱): ۹-۱.
۴۵. بقرآبادی، وحدت؛ حجازی، سید محمود، سلطانی، محمود، بهنام و شانی، حمیدرضا؛ خرازیان، شهریار؛ سلطانی، ابوالقاسم. تأثیر تمرینات هوازی منظم بر میزان لپتین و گلوکز ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع دو. *فصلنامه مراقبت مبتنی بر شواهد* ۱۳۹۱؛ دوره ۲ (شماره ۳): ۴۱-۴۹.
۴۶. بیژه، ناهید؛ مبهوت مقدم، محمد، شاهین. تأثیر مکمل یاری کوتاه مدت عصاره زرشک بر شاخص های گلیسمیک بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ متعاقب یک جلسه ورزش هوازی. *نشریه علوم زیستی ورزشی* ۱۳۹۴؛ دوره ۷ (شماره ۳): ۵۱۸-۵۰۳.
۴۷. پارسیان، حشمت اله، ایزدی، مجتبی؛ خورشیدی، داوود؛ خانعلی، فتانه. اثر تمرینات هوازی طولانی مدت روی مقادیر آدیپونکتین سرم و حساسیت انسولین در بیماران دیابتی نوع دو. *فصلنامه علمی دانشگاه علوم پزشکی جهرم* ۱۳۹۲؛ دوره ۱۱ (شماره ۱): ۴۱-۴۸، ۱۳۹۲.
۴۸. توفیقی، اصغر؛ داستا، سمانه؛ بابایی، سولماز. پاسخ شاخص های هورمونی و خونی زنان یائسه مبتلا به دیابت نوع دو به تمرین هوازی در آب. *ورزش و علوم زیست حرکتی* ۱۳۹۰؛ دوره ۳ (شماره ۲): ۲۹-۳۸.
۴۹. توفیقی، اصغر؛ صمدیان، زهرا؛ مهدی زاده، علیرضا؛ ذوالفقاری، محمدرضا. پاسخ مقادیر سرمی رزیستین به یک دوره تمرین هوازی و رابطه آن با شاخص های متابولیکی در زنان مبتلا به دیابت نوع دو. *مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز* ۱۳۹۳؛ دوره ۱۸ (شماره ۳): ۱۸-۲۵.
۵۰. حامدی نیا، محمدرضا؛ امیری پارسا، طیبه؛ خادم الشریعه، میترا؛ آذرنبوه، مرضیه السادات؛ هدایتی، مهدی. اثر تمرین های هوازی پنج هفته ای روزانه و ده هفته ای یک روز در میان بر برخی شاخص های بیماری دیابت نوع دو در زنان مبتلا. *دوماهنامه*

- مبتلا به دیابت نوع ۲. فیزیولوژی ورزشی ۱۳۹۲؛ دوره ۵ (شماره ۲۰): ۱۱۵-۱۲۸.
۵۹. مطلبی، فرحناز؛ شاکریان، سعید؛ رنجبر، روح‌الله. تأثیر ۸ هفته تمرین متناوب هوازی بر هموگلوبین گلیکوزیله و شاخص مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت قندی نوع دو. فصلنامه‌ی افق دانش ۱۳۹۵؛ دوره ۲۲ (شماره ۲): ۱۳۷-۱۴۳.
۶۰. مقرنسی، مهدی؛ تاجی طیس، آسیه. تأثیر ۱۰ هفته تمرین استقامتی روی چرخ کارسنج بر سطوح نسفتین-۱ و مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲. نشریه‌ی علوم زیستی ورزشی ۱۳۹۵؛ دوره ۸ (شماره ۱): ۹۵-۱۰۷.
۶۱. موسویان، آسیه سادات؛ درواخ، حسن. تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی ترکیبی بر سطوح سرمی گاماگلوتامیل ترانسفراز کبدی و شاخص‌های قندی زنان دیابتی میانسال. مجله‌ی زنان، مامایی و نازایی ایران ۱۳۹۵؛ دوره ۱۹ (شماره ۱۴): ۹-۱۹.
۶۲. نظام دوست، زینب؛ ناقب جو، مرضیه؛ برزگر، افسون. تأثیر دوازده هفته تمرین هوازی بر سطوح واسپین، گلوکز ناشتا و مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو. مجله‌ی دیابت و متابولیسم ایران ۱۳۹۳؛ دوره ۱۴ (شماره ۲): ۹۹-۱۰۴.
63. Alizadeh AA, et al. Effects of Eight Weeks Aerobic Exercise on Plasma Levels of Orexin A, Leptin, Glucose, Insulin, and Insulin Resistance in Males with Type 2 Diabetes. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity* 2015; 7(2):62-68.
64. AminiLari Z, et al. The effect of 12 weeks aerobic, resistance, and combined exercises on omentin-1 levels and insulin resistance among type 2 diabetic middle-aged women. *Diabetes & metabolism journal* 2017; 41(3):205-212.
65. Matinhomae H, et al. Effects of aerobic training on the glycemic control and body composition in obese patients with type 2 diabetes. *Age (years)* 2012; 46(3.3):3.2-45.8.
66. Higgins JP, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *Bmj* 2011; 343:d5928.
67. Way KL, et al. The effect of regular exercise on insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes & Metabolism Journal*, 2016; 40(4):253-271.
68. Zou, Z., et al., Influence of the intervention of exercise on obese type II diabetes mellitus: A meta-analysis. *Primary care diabetes*, 2016. 10(3): p. 186-201.
69. Boulé N, et al. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia* 2003; 46(8):1071-1081.
70. Chudyk, A. and R.J. Petrella, Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2011; 34(5):1228-1237.
71. Kim, E.S., et al., Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity* 2007; 15(12):3023-3030.
72. Henriksen EJ. Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. *Journal of applied physiology* 2002; 93(2):788-796.
۷۳. عصارزاده، محسن؛ عابدی، بهرام. اثرات تمرین ترکیبی بر شاخص مقاومت به انسولین و برخی مارکرهای التهابی در مردان غیر فعال. افق دانش ۱۳۹۱؛ دوره ۱۸ (شماره ۳): ۹۵-۱۰۳.
74. Bonen A, GL. Dohm, and L.J. Van Loon, Lipid metabolism, exercise and insulin action. *Essays in biochemistry* 2006; 42:47-59.
75. Fedewa MV, et al. Exercise and insulin resistance in youth: a meta-analysis. *Pediatrics* 2014; 133(1): e163-e174.
76. Moore CE, et al. The relationship of exercise and diet on high-density lipoprotein cholesterol levels in women. *Metabolism* 1983; 32(2):189-196.
77. Dolkas C, and Greenleaf J. Insulin and glucose responses during bed rest with isotonic and isometric exercise. *Journal of Applied Physiology* 1977; 43(6):1033-1038.
78. Schneider S, et al. Studies on the mechanism of improved glucose control during regular exercise in type 2 (non-insulin-dependent) diabetes. *Diabetologia* 1984; 26(5):355-360.
79. Krotkiewski M, et al. The effects of physical training on insulin secretion and effectiveness and on glucose metabolism in obesity and type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus. *Diabetologia* 1985; 28(12): 881-890.
80. Randle P, et al. The glucose fatty-acid cycle its role in insulin sensitivity and the metabolic disturbances of diabetes mellitus. *The Lancet* 1963; 281(7285):785-789.
81. Howarth FC, et al. The effect of a heavy exercise program on the distribution of pancreatic hormones in the streptozotocin-induced diabetic rat. *JOP. J Pancreas (Online)* 2009; 10(5):485-491.
82. Arciero PJ, et al. Comparison of short-term diet and exercise on insulin action in individuals with abnormal glucose tolerance. *Journal of Applied Physiology* 1999; 86(6):1930-1935.
83. Rodnick KJ, et al. Improved insulin action in muscle, liver, and adipose tissue in physically trained human subjects. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism* 1987; 253(5):E489-E495.
84. Ivy JL. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Sports medicine* 1997; 24(5):321-336.
85. McArdle WD, Katch FI, and Katch VL. *Essentials of exercise physiology*. 2006: Lippincott Williams & Wilkins.
86. Puglisi MJ, et al. Raisins and additional walking have distinct effects on plasma lipids and inflammatory cytokines. *Lipids in health and disease* 2008; 7(1):14.

THE EFFECTS OF ENDURANCE EXERCISE ON BLOOD GLUCOSE, INSULIN AND INSULIN RESISTANCE IN PATIENTS WITH TYPE II DIABETES: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS OF STUDIES IN IRAN

Nasim Azari¹, Masoud Rahmati^{1*}, Mohammad Fathi¹

1. Department of Physical education and sport science, Lorestan University, Khoramabad, Iran

ABSTRACT

Background: There are many research have been done so far about the effect of exercise training on diabetic type 2 related risk factors. But in this regard there is no study performed in Iran. So, the aim of the present study was to investigate the effect of endurance exercise training on some diabetic type 2 dependent variables in the form of systematic review and meta-analysis of studies that were performed in Iran.

Methods: In this research PubMed, Embase, Cochran, Scopus, ISI, Google Scholar, Science direct, Sid and Magiran databases were searched for Persian sources. Data analysis were done using STATA software version 12.0.

Results: Generally, 242 articles were founded in primary search, which 24 articles were included in this research. Finally research were evaluated 592 Iranian's peoples which 294 peoples as a control group (96 male and 198 women) and 298 peoples as a training group (97 male and 201 women). The results indicate that there were significant association between endurance exercise and blood glucose levels ($P=0.0001$, -1.016, -0.656; 95% CI), insulin ($P=0.0001$, -1.042, -0.682; 95% CI), insulin resistance ($P=0.0001$; -0.563, -0.217; 95% CI).

Conclusion: Generally, this systematic review and meta-analysis study was demonstrated endurance exercise could be related with decrease diabetes type 2 related risk factors. So, it is recommended that sport and medicine experts use endurance exercise as a non- pharmacological intervention for treatment of diabetes type 2 patients.

Key words: Diabetes type2, Insulin, Insulin resistance, Glucose, Endurance exercise, Meta-analysis.

* Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, 5th kilometer of Tehran road, Khoramabad, Lorestan. Postal Code: 3715873514, Tel: 09124525538, Email: Rahmati.mas@lu.ac.ir