

تأثیر تمرینات هوازی بر سیستم اتونوم قلبی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم:

مطالعه فراتحلیلی

عسگر ایران پور^۱، بهلول قربانیان^۲، سمیه آذریان^۳

چکیده

سابقه و هدف: اختلال عملکرد سیستم اتونوم قلبی در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم در صورت عدم کنترل می‌تواند منجر به نوروپاتی دیابتی گردد. هدف از این پژوهش، مطالعه و بررسی فراتحلیلی تأثیر تمرینات هوازی بر سیستم اتونوم قلبی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم بود.

مواد و روشها: با جستجو در پایگاه‌های علمی Pubmed، Web of Science، ScienceDirect و Magiran تعداد ۲۵۶ مقاله مرتبط در این زمینه انتخاب گردیدند. در نهایت با مدنظر قرار دادن معیارهای ورود به پژوهش تعداد ۱۱ مقاله جهت بررسی و تجزیه و تحلیل بعد از اعتبارسنجی با استفاده از مقیاس PEDro انتخاب شدند. جهت استخراج داده از هر مقاله از روش PICOS استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار فراتحلیلی Comprehensive Meta Analysis V3.exe و با استفاده از روش مقایسه گروهی در مطالعات با مدل‌های اثرات تصادفی و ثابت اندازه اثر هریک از مطالعات مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: شرکت منظم در برنامه‌های تمرینات هوازی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم سبب اثرات معنی‌دار بر شاخص زمان محور SDNN ($p=0/004$)؛ اندازه تأثیر = $0/33$) و شاخص فرکانس محور HF ($p=0/017$)؛ اندازه تأثیر = $0/23$) می‌گردد. همچنین این تمرینات با وجود تغییرات مشهودی در شاخص‌های زمان محور rMSSD ($p=0/069$)؛ اندازه تأثیر = $0/50$) و فرکانس محور LF ($p=0/184$)؛ اندازه تأثیر = $0/47$) تأثیر معنی‌داری را نشان نداد.

نتیجه‌گیری: شرکت منظم در فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم می‌تواند تا حدودی از اثرات این بیماری بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی جلوگیری به عمل آورد. لذا به بیماران دیابتی مرد میانسال توصیه می‌گردد، شرکت در فعالیت ورزشی را به عنوان یکی از مداخلات درمانی خود مدنظر قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: دیابت نوع دوم، سیستم اتونوم قلبی، تغییرپذیری ضربان قلب، فعالیت ورزشی هوازی، مردان میانسال

^۱ دانش آموخته دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، نویسنده مسئول Iranpoursport@yahoo.com

^۲ دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

مقدمه

کاهش کیفیت زندگی در بین افراد میانسال به دلایل مختلفی از جمله مواجهه با اختلالات متابولیکی به وقوع می‌پیوندد (۱-۳). بیماری دیابت به عنوان یک اختلال متابولیکی با افزایش سبک زندگی کم تحرک، تغذیه نامناسب، چاقی و سندروم متابولیک مرتبط می‌باشد (۴). عوارض بیماری دیابت همچون نوروپاتی و اختلال کلیوی با مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی مرتبط می‌باشد (۵). مقاومت به انسولین در افراد دیابتی با آسیب اعصاب اتونوم قلبی همراه است (۶). دیابت ملیتوس با بیشتر سندروم‌های نوروپاتیک مرتبط می‌باشد (۷). ساده‌ترین نوع این سندروم‌های نوروپاتیک از اختلالات سنسوری شروع شده (پلی نوروپاتی سنسوری حرکتی ناشی از دیابت^۱) و تا درد و ضعف ناتوان‌کننده (نوروپاتی دیابتی رادیکولوپلکسوسکمری^۲) ادامه می‌یابد (۸). به نظر می‌رسد که اختلال سیستم اتونوم قلبی در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم می‌تواند عواقب جبران‌ناپذیری را برای این بیماران به همراه داشته باشد. نوروپاتی ناشی از هایپرگلیسمی دیابتی در ابتدا باعث دنرواسیون (denervation) سیستم عصبی پاراسمپاتیک به ویژه سیستم عصبی واگی می‌گردد. کاهش سهم عملکردی سیستم عصبی واگی باعث غلبه سیستم عصبی سمپاتیک بر قلب و متعاقباً منجر به سیگنال‌های غیرطبیعی نورایی نفرین، اختلال مجدد و پیشرونده متابولیسمی، افزایش استرس اکسیداتیو میتوکندریایی و آپوپتوز وابسته به کلسیم و در نهایت باعث آسیب میوکاردی در این بیماران می‌گردد. مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان داده‌اند که ۵۴ درصد از بیماران دیابت نوع اول و ۷۳ درصد از بیماران دیابت نوع دوم نوروپاتی دیابتی سیستم اتونوم مشهودی را داشتند (۸). عملکرد سیستم اتونوم قلبی با استفاده از بررسی فواصل توالی‌های ضربان قلب در نوار قلبی امکان‌پذیر می‌باشد (۹-۱۳). تغییرات توالی‌های ضربان قلب در یک نوار قلبی نشانه‌ای از پاسخ منعطف قلبی به استرس و فشار ناشی از افزایش بار کاری اعمال شده بر قلب در حین تمرین ورزشی است. کاهش تغییرات ضربه به ضربه ضربان قلب با اختلالات کشنده قلبی از قبیل مرگ ناگهانی همراه است (۱۴). در نقطه مقابل، مشاهده تغییرپذیری ضربان قلب به عنوان یک مزیت سلامتی و پاسخ مطلوب قلبی در مواجهه با شرایط استرس‌زا به حساب می‌آید (۱۵). تغییرپذیری ضربان قلب^۳ به عنوان یک روش غیرتهاجمی و غیرمستقیم برای ارزیابی تعدیل سیستم عصبی اتونوم قلبی شناخته شده است (۱۶). روش‌های ارزیابی سیستم عصبی خودکار قلبی شامل؛ روش زمان محور، روش فرکانس محور به عنوان روش‌های خطی و روش ابعاد همبستگی و Poincare plot به عنوان روش‌های مرسوم غیرخطی می‌باشند (۱۷).

مطالعات صورت گرفته تا به امروز مدالیته‌های درمانی مختلفی را برای بهبود عملکرد سیستم اتونوم قلبی در افراد عادی و مبتلا به دیابت نوع دوم گزارش کرده‌اند. شرکت در برنامه تمرینات هوازی یکی از شایع‌ترین مدالیته‌های درمانی برای بهبود عملکرد سیستم اتونوم قلبی در مطالعات مرتبط مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته است. با این وجود نتایج همسو و متناقض در این پژوهش‌ها درک صحیح از اثرات شرکت منظم در تمرینات هوازی بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی را با محدودیت مواجه کرده است. هاورکا و همکاران (۱۸) اثر ۱۲ هفته تمرین هوازی بر روی دوچرخه ارگومتر / ۲ جلسه در هفته با شدت ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه را در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم را بررسی نمودند و اشاره کردند که بعد از این دوره تمرینی تغییر مشهودی در

¹ Diabetic Sensorimotor Polyneuropathy

² Diabetic Lumbosacral Radiculoplexus Neuropathy

³ Heart Rate Variability(HRV)

شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب مشاهده نشد. با این وجود، پارپا و همکاران (۱۹) اثر ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت بالا (۹۰-۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه) با ۴ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای در هفته روی ترمیم را در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم اجرا نمودند و به این نتیجه رسیدند که این پروتکل تمرینی باعث افزایش معنی‌دار در تمامی شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب می‌گردد. بنابراین چالش اصلی این پژوهش این است که شرکت در برنامه تمرینات هوازی به طور قاطع به عنوان مدالیته‌ی درمانی اختلال سیستم اتونوم قلبی معرفی نگردیده است. لذا این امر باعث سردرگمی این بیماران در استفاده از تمرینات ورزشی هوازی جهت بهبودی عملکرد سیستم اتونوم قلبی گردیده است. از این سو، در این پژوهش برآنیم تا با اجرای یک مطالعه فراتحلیل اثرات شرکت منظم در فعالیت ورزشی هوازی را بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم را بررسی نماییم.

روش پژوهش

طرح مطالعه

طبق گزارش ارائه شده در شکل شماره ۱، تعداد ۲۵۶ مقاله در قالب متن کامل از پایگاه‌های داده Pubmed، ScienceDirect، Web of Science و Magiran استخراج گردیدند. بعد از حذف موارد تکراری تعداد ۲۳ مقاله حذف و تعداد ۲۳۳ مقاله در مطالعه باقی ماند. با در نظرگیری معیارهای استخراج داده (روش PICOS) تعداد ۱۹ مقاله غربالگری گردید. در نهایت به دلیل عدم صلاحیت نهایی تعدادی از مطالعات (بررسی اثر عوامل دیگر در کنار اثر تمرین هوازی) حذف و ۱۱ مطالعه منتخب نهایی گردیدند. ۱۱ مطالعه منتخب با استفاده از مقیاس PEDro اعتبارسنجی شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار فراتحلیلی Comprehensive Meta Analysis V3.exe و با استفاده از روش مقایسه گروهی در مطالعات با مدل‌های اثرات تصادفی و ثابت اندازه اثر هریک از مطالعات مورد تحلیل قرار گرفت. در مرحله گزارش نهایی در هر یک از متغیرهای مورد مطالعه مطالعاتی که به صورت مستقیم در یک داده نتایج مشهودی را گزارش داده بودند، در آن متغیر مورد تحلیل قرار گرفتند.

گردآوری مطالعات

با بررسی آیت‌های گزارش شده در یک مطالعه فراتحلیلی، در این مطالعه نیز هر یک از این آیت‌ها مدنظر قرار گرفت. مطابق با کلیدواژه‌های این پژوهش، یک لیست کاملی از کلیدواژه‌ها تنظیم گردید و در پایگاه‌های معتبر جستجوی مقالات در محدوده‌ی سال‌های ۱۳۷۳ تا پایان مهرماه سال ۱۳۹۸ شمسی (از ۲۲ اکتبر ۲۰۱۹ میلادی) از قبیل Pubmed، ScienceDirect، Web of Science و Magiran طبق شرایط زیر جستجو گردید.

- "دیابت (Diabetes)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (Heart rate variability)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "تمرین (Training)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (Heart rate variability)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "تمرین (Training)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"

- "دیابت (Diabetes)"، "فعالیت ورزشی (exercise)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (Heart rate variability)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "فعالیت ورزشی (exercise)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "تمرین (Training)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (Heart rate variability)"، "مردان (Men)" و "میانسال (Middle-age)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "تمرین (Training)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)"، "مردان (Men)" و "میانسال (Middle-age)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "فعالیت ورزشی (exercise)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (Heart rate variability)"، "مردان (Men)" و "میانسال (Middle-age)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"
- "دیابت (Diabetes)"، "فعالیت ورزشی (exercise)"، "تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)"، "مردان (Men)" و "میانسال (Middle-age)" با استفاده از عملگر منطقی "و (AND)"

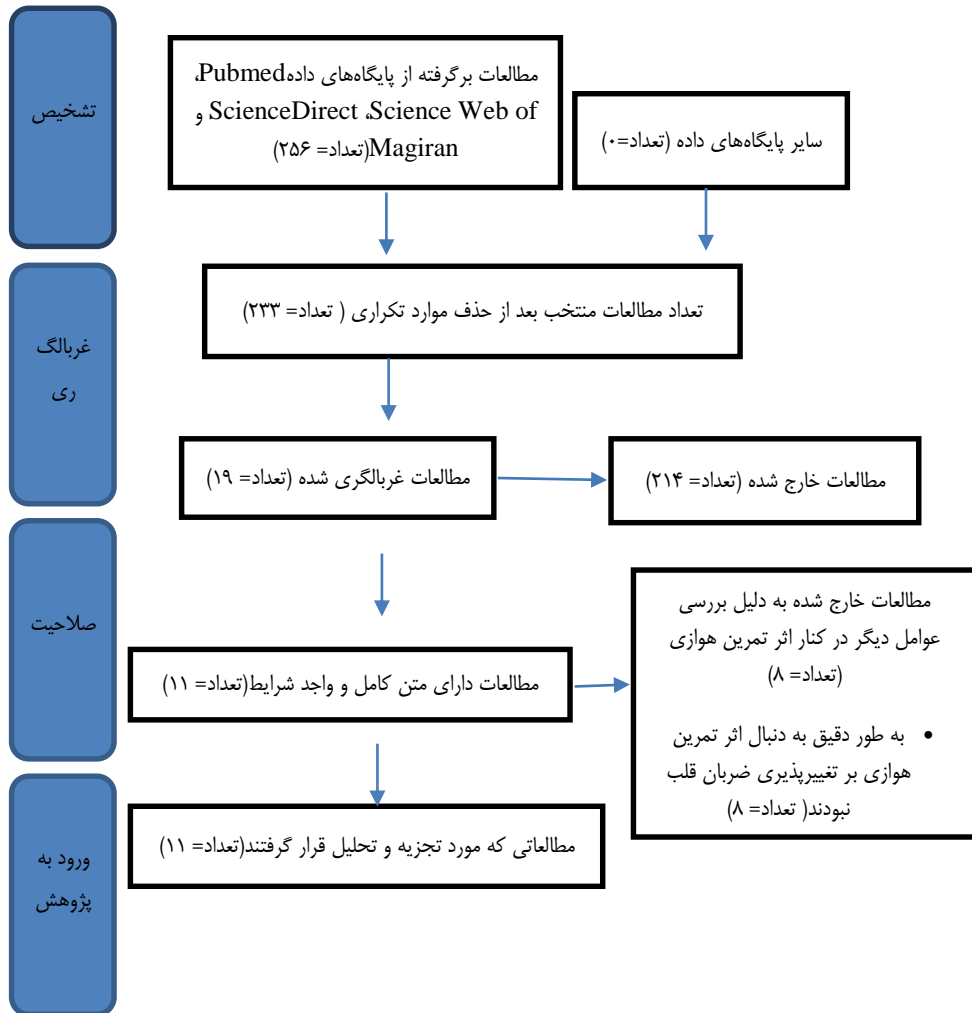
انتخاب مطالعات

بعد از فرآیند جستجو در پایگاه‌های داده اشاره شده در فوق، تعداد ۲۵۶ مقاله با دو زبان فارسی و انگلیسی در قالب متن کامل ذخیره گردید. در نمودار شماره ۱ جزئیات فرآیند انتخاب مقالات توضیح داده شده است (نمودار ۱). معیارهای ورود به این پژوهش شامل: مطالعاتی که پیرامون اثر فعالیت ورزشی هوازی بر تغییرپذیری ضربان قلب باشد، مطالعات کارآزمایی بالینی با آزمودنی مبتلا به دیابت نوع دوم، دامنه‌ی سنی آزمودنی‌های پژوهش در محدوده‌ی سن میانسال قرار گیرد و مطالعات به دو زبان فارسی و انگلیسی. معیارهای خروج از پژوهش نیز طبق دستورالعمل زیر اجرا گردید: مطالعاتی که فقط در قالب چکیده گزارش شده بودند (شامل همایش‌ها و مطالعاتی که امکان خرید متن کامل آنها میسر نبود)، مطالعاتی که اثر مداخله‌ای تمرین ترکیبی دیگری با تمرین هوازی را اعمال نموده بودند و مطالعاتی که اثر تمرین هوازی باضافه یک مکمل دارویی دیگر بر تغییرپذیری را بررسی کرده بودند. این مرحله از پژوهش پایان مهرماه سال ۱۳۹۸ شمسی (۲۰۱۹ میلادی) بود.

اعتبارسنجی

جهت تشخیص میزان خطا و سطح اطمینان به مقالات منتخب از مقیاس PEDro استفاده گردید (۲۰). در این مقیاس ۱۱ آیتم جهت برآورد خطای سوگیری و مشخص کردن سطح اطمینان مشخص گردیده است که توسط دو نفر از افراد نویسنده و کارشناس در این زمینه مورد بررسی قرار گرفت، که در صورت عدم توافق بر یک موضوع از کارشناس سوم استفاده گردید. این آیتم‌ها به صورت زیر تعیین شده‌اند: (۱) معیارهای صلاحیت مشخص شد (پاسخ بلی یا خیر). (۲) افراد به طور تصادفی به گروه‌های مختلف تقسیم شدند (پاسخ بلی یا خیر). (۳) اختصاص دهی به گروه‌ها در حالت پنهان صورت پذیرفت (پاسخ بلی یا خیر). (۴) گروه‌ها در حالت پایه مشابه بودند (پاسخ بلی یا خیر). (۵) همه آزمودنی‌ها از شرایط مداخله ناآگاه (کورسازی) بودند (پاسخ بلی یا خیر). (۶) همه تمرین‌دهنده‌گان از شرایط مداخله ناآگاه (کورسازی) بودند (پاسخ بلی یا خیر). (۷) همه ارزیابی‌کنندگان از شرایط مداخله ناآگاه (کورسازی) بودند (پاسخ بلی یا خیر). (۸) اندازه‌گیری‌ها در یک پیامد اولیه حداقل از ۸۵ درصد آزمودنی‌های حاضر در ابتدای پژوهش بعمل آمد (پاسخ بلی یا خیر). (۹) در تحلیل فاکتور درمانی به تمامی

آزمودنی‌های درمان‌گیر یا کنترل توجه گردید (پاسخ بلی یا خیر). (۱۰) نتایج تحلیل بین گروهی حداقل در یکی از پیامدهای اولیه مورد توجه قرار گرفت (پاسخ بلی یا خیر). (۱۱) مطالعه حداقل در یک پیامد اصلی یک شاخص اندازه‌گیری بارزی را داشت (پاسخ بلی یا خیر).



نمودار ۱: فرآیند انتخاب مقالات منتخب جهت ورود به پژوهش

با توجه به این مقیاس در نهایت برای مطالعه گویت و همکاران (امتیاز ۵)، پارپا و همکاران (امتیاز ۴)، هاورکا و همکاران (امتیاز ۵)، ساکره و همکاران (امتیاز ۶)، پیرعلایی و همکاران (امتیاز ۶)، پاگالوس و همکاران (امتیاز ۴)، لومالا و همکاران (امتیاز ۵)، زوپینی و همکاران (امتیاز ۷)، ریلی و همکاران (امتیاز ۵)، شلور و همکاران (امتیاز ۶) و کاسیدی و همکاران (امتیاز ۵) به دست آمد.

استخراج داده

در ابتدا داده‌های مقالات منتخب توسط نویسنده اصلی بر حسب متغیرهای مورد گزارش استخراج گردید. سپس متغیرهای مستخرج توسط نویسنده دیگر مورد بازبینی مجدد قرار گرفت. در صورتی که نتیجه بازبینی مغایر با نظر نویسنده اصلی بود، نقطه مغایرت نظر بین دو نویسنده توسط نویسنده سوم مورد بررسی قرار می‌گرفت. در نتیجه در صورت اجماع نظر نهایی توسط نویسندگان متغیرهای مستخرج مورد تایید نهایی قرار می‌گرفت.

روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

برای هر مقاله استخراج داده با استفاده از روش PICOS صورت گرفت (۲۱). در این روش یکسری معیارهای برای استخراج داده تنظیم می‌گردد که مطابق با آن داده‌های منتخب مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ (۱) مشخصه‌های نمونه و پروتکل، بر حسب نام، تعداد نمونه، نوع دیابت، سن و فعالیت صورت گرفته بین دو گروه مقایسه‌ای. (۲) پروتکل تمرین ورزشی، مدت مداخله ورزشی و نوع فعالیت ورزشی. (۳) متغیرهای زمان و فرکانس محور.

یافته‌های پژوهش

نمونه‌ها

در جدول شماره ۱ مشخصه‌های کامل هر یک از مطالعات منتخب اشاره شده است. میانگین دامنه‌سنی آزمودنی‌های این مطالعات بین ۴۴ تا ۶۵ سال (مردان میانسال) بود. حداقل تعداد آزمودنی شرکت کرده در مطالعه ۱۱ نفر و حداکثر آن ۴۱ نفر بود. تمامی آزمودنی‌های مطالعات انتخاب شده مبتلا به دیابت نوع دوم بودند، که از سبک زندگی کم‌تحرکی برخوردار بودند.

مداخلات

در تمامی مطالعات مداخله اعمال شده تمرین هوازی با نوع‌های مختلف گام برداری بر روی تردمیل تا دوچرخه ارگومتر بود. مدت دوره تمرین هوازی در این مطالعات ۶ الی ۱۲ هفته بود. شدت تمرین هوازی در این مطالعات در ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه و ذخیره تعیین شده بود و در یکی از مطالعات (مطالعه لومالا و همکاران) شدت تمرین بر حسب ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی تعیین شده بود که در حالت معادل قرار دادن حداکثر اکسیژن مصرفی و درصدی از ضربان قلب بیشینه تقریباً تفاوت آنچنانی با سایر مطالعات ندارد. تمامی مطالعات منتخب برای این پژوهش از مدل تمرین هوازی در روزهای غیرمتوالی ۲ تا ۳ جلسه در هفته به عنوان توالی‌های جلسات تمرینی استفاده کرده بودند (توضیحات کامل در جدول شماره ۱).

گروه‌های مقایسه

در تمامی مطالعات انتخاب شده آزمودنی‌های مطالعات به گروه‌های کنترل و تجربی به صورت تصادفی تقسیم شده بودند که هر دو گروه از آزمودنی‌های مرد مبتلا به دیابت نوع دوم تشکیل می‌شدند. در پژوهش ما نیز اندازه اثر شرکت در تمرین هوازی بر تغییرپذیری ضربان قلب با استفاده از روش مقایسه گروهی حاصل گردید.

اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب

در مطالعات پژوهش ما ثبت رکورد نوار قلبی با استفاده از هولتر مانیتور قلبی در محدوده زمانی کوتاه مدت ۵ تا ۲۰ دقیقه صورت پذیرفت. تنها در یک مطالعه (پاگالوس و همکاران) ثبت هولتر مانیتور قلبی به مدت ۲۴ ساعت صورت پذیرفت. در همه این مطالعات از ثبت تغییرات زمان محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب استفاده شد. مهم‌ترین متغیرهای زمان محور تغییرپذیری ضربان قلب شامل: SDNN (انحراف معیار اینتروال‌های دو ضربان نرمال با واحد میلی ثانیه) و rMSSD (ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R

نسبت به موج R بعدی با واحد میلی ثانیه) می‌باشند، متغیر SDNN در ۸ مطالعه و متغیر rMSSD در ۷ مطالعه گزارش شده بود. همچنین مهم‌ترین متغیرهای فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب شامل: LF (دامنه‌ی امواج با فرکانس پایین در محدوده‌ی ۰/۱۵-۰/۴ هرتز/ms2 است و این طیف فرکانسی که با عملکرد سیستم گیرنده‌های فشار در بدن ارتباط دارد، سرعت تغییرات دارای آهنگ ملایم بوده و معمولاً عملکرد هر دو سیستم اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک را در بر می‌گیرد)، HF (دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا در محدوده‌ی ۰/۴-۰/۱۵ هرتز/ms2 است و مرتبط با فعالیت سیستم تنفسی و سیستم اعصاب پاراسمپاتیک انسان بوده و دارای تغییرات نسبتاً سریعی می‌باشد) می‌باشند که در تمامی این مطالعات گزارش شده بودند. متغیرهای LF و HF در ۹ مطالعه گزارش شده بود.

جدول ۱: مقادیر پیشگوی تغییرپذیری ضربان قلب در آزمودنی‌های با شرایط کلینیکی

مطالعه	آزمودنی	سن (تعداد)	طرح مطالعه	مداخله	اندازه‌گیری HRV	نتیجه مطالعه
گویت و همکاران (۲۴)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	۴۴/۱±۴/۵ (۴۱ نفر)	کارآزمایی بالینی	تمرین هوازی به مدت ۶ ماه/ ۳ جلسه در هفته/ هر جلسه ۵۰ دقیقه با شدت ۷۰-۵۰ ٪ ضربان قلب بیشینه	ثبت رکورد به ECG مدت ۱۵ دقیقه در وضعیت استراحتی	افزایش معنی‌دار در rMSSD, SDNN, HF, pNN50, HF(nu) و کاهش معنی‌دار در LF و LF/HF
پارپا و همکاران (۱۹)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	۵۷±۶/۷ (۱۴ نفر)	کارآزمایی بالینی	۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت بالا (۹۰-۸۰٪ ضربان قلب بیشینه) با ۴ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای در هفته بر روی تردمیل	ثبت رکورد به ECG مدت ۵ دقیقه در وضعیت استراحتی	افزایش معنی‌دار در تمامی شاخص‌های زمان محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب
هاورکا و همکاران (۱۸)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	۴۹/۵±۸/۷ (۲۲ نفر)	کارآزمایی بالینی	۱۲ هفته تمرین هوازی بر روی دوچرخه ارگومتر/ ۲ جلسه در هفته با شدت ۶۵٪ ضربان قلب بیشینه	ثبت رکوردهای به ECG مدت بخش- های ۵ دقیقه- ای در وضعیت استراحتی	عدم تغییر مشهود در تمامی شاخص‌های زمان محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب
ساکره و همکاران (۲۵)	مردان میانسال دیابتی نوع دوم	۵۹±۱۰ (۳۴ نفر)	کارآزمایی بالینی	۶ ماه تمرین هوازی با دو جلسه ۷۰ دقیقه‌ای در هفته/ هر جلسه شامل ۲۰-۴۰	ثبت رکوردهای به ECG مدت ۵ دقیقه در وضعیت استراحتی	عدم تغییر مشهود در تمامی شاخص‌های زمان محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب

		دقیقه فعالیت هوای				
افزایش معنی‌دار در rMSSD, SDNN و HF و کاهش معنی- دار در LF/HF	ثبت رکورد به ECG مدت ۲۰ دقیقه در وضعیت استراحتی	۱۲ هفته تمرین هوای / سه جلسه در هفته با شدت ۸۰-۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره به مدت ۲۵-۴۵ دقیقه در هر جلسه	کارآزمایی بالینی	۵۷/۵۴±۵/۴۳ (۱۱ نفر)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	پیرعلایی و همکاران (۲۲)
افزایش معنی‌دار در rMSSD, SDNN و LF	ثبت رکورد به ECG مدت ۲۴ ساعت در وضعیت استراحتی	۶ ماه تمرین هوای / سه جلسه در هفته با شدت ۸۵-۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره به مدت ۴۵-۷۵ دقیقه در هر جلسه	کارآزمایی بالینی	۵۶/۲۰±۵/۸۰ (۱۱ نفر)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	پاک‌الوس و همکاران (۲۶)
عدم تغییر مشهود در تمامی شاخص‌های زمان محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب	ثبت رکورد به ECG مدت ۱۰ دقیقه در وضعیت استراحتی	۱۲ هفته تمرین هوای / دو بار در هفته با ۷۵- ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی	کارآزمایی بالینی	۶±۶/۲ ۵۳ (۲۴ نفر)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	لومالا و همکاران (۲۹)
کاهش معنی‌دار در LF و HF/HF	ثبت رکورد به ECG مدت ۱۰ دقیقه در وضعیت استراحتی	۶ ماه تمرین هوای / دو بار در هفته با ۷۰- ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره هر جلسه تمرین ۶۰ دقیقه	کارآزمایی بالینی	۶۵/۷±۵/۶ (۵ نفر)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	زویینی و همکاران (۳۸)
عدم تغییر مشهود در تمامی شاخص‌های زمان محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب	ثبت رکورد به ECG مدت ۱۵ دقیقه در وضعیت استراحتی	۲۴ ماه تمرین ورزشی گام- برداری مربع به مدت ۲ جلسه در هفته با ۴۵ دقیقه تمرین در هر جلسه	کارآزمایی بالینی	۶۵/۹±۶/۶ (۱۲ نفر)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	ریلی و همکاران (۲۷)
عدم تغییر مشهود در تمامی شاخص‌های زمان محور و فرکانس	ثبت رکورد به ECG مدت ۲۴	۱۴۴ جلسه تمرینی با شدت ۷۰ درصد	کارآزمایی بالینی	۵۷/۵±۸/۵ (۱۹ نفر)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	شلور و همکاران (۳۷)

محور تغییرپذیری ضربان قلب	ساعت	ضربان قلب بیشینه به مدت ۱۲ هفته با ۱۲۰ دقیقه تمرین در هفته				
عدم تغییر مشهود در تمامی شاخص‌های زمان محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب	ثبت رکورد به ECG مدت ۲۰ دقیقه در وضعیت استراحتی	۱۲ هفته فعالیت ورزشی شدید با ۳ جلسه در هفته در روزهای غیرمتوالی	کارآزمایی بالینی	۶۰/۰±۳/۰ (۱۱ نفر)	مردان میانسال دیابت نوع دوم	کاسیدی و همکاران (۳۶)

گزارش اثرات

ریشه دوم میانگین مجموع مربعات تفاوت‌های اینتروال‌های نرمال ضربان قلب (rMSSD) در یک نوار قلبی ثبت شده نشان‌دهنده سهم فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک و تعدیل ضربان قلب توسط این سیستم عصبی می‌باشد. کاهش مقادیر ارزش عددی rMSSD با خطر بالای مرگ ناگهانی قلبی غیرقابل پیش‌بینی همراه می‌باشد. با بررسی مطالعات (ناهمگونی یا عدم تجانس برابر با ۰/۳۸) می‌توان اذعان نمود که شرکت منظم در برنامه‌های تمرینات هوازی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم با وجود تغییرات مشهود نسبت به گروه بدون اجرای تمرین (کنترل) اثرات معنی‌داری را بر شاخص rMSSD ندارد (p=۰/۰۶۹؛ اندازه تاثیر = ۰/۵۰).

Model	Study name	Statistics for each study					Odds ratio and 95% CI					Residual (Fixed)		Residual (Random)	
		Odds ratio	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	0.01	0.10	1.00	10.00	100.00	Std Residual	Std Residual		
	Goit and et al (2018)	0.295	0.110	0.791	-2.424	0.015						-1.61	-1.61		
	Howorka and et al (1997)	1.661	0.068	40.784	0.311	0.756					0.75	0.75			
	Sacoe and et al (2014)	0.940	0.169	5.215	-0.071	0.944					0.79	0.79			
	Piralajy and et al (2019)	0.256	0.009	7.007	-0.807	0.420					-0.41	-0.41			
	Pagkalos and et al (2015)	0.283	0.011	7.556	-0.754	0.451					-0.36	-0.36			
	Riley and et al (2016)	3.315	0.134	62.064	0.732	0.464					1.18	1.18			
	Shelver and et al (2019)	2.597	0.104	65.137	0.580	0.562					1.02	1.02			
Fixed		0.505	0.242	1.056	-1.816	0.069									
Random		0.505	0.242	1.056	-1.816	0.069									

نمودار ۲: نتایج بررسی اثرات شرکت منظم در تمرینات هوازی بر شاخص rMSSD در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم

انحراف معیار تمام اینتروال‌های موج‌های R طبیعی در یک نوار قلبی (SDNN) نشان‌دهنده تغییرات ریتم شبانه‌روزی در توالی‌های ضربان قلب ثبت شده ناشی از فعالیت مسیرسینوس قلبی در یک نوار قلبی می‌باشد. مقادیر ارزش عددی زیر ۵۰ میلی ثانیه به عنوان وضعیت خطر قلبی، بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی ثانیه وضعیت نرمال و بالاتر از ۱۰۰ میلی ثانیه وضعیت فوق العاده سلامتی شناخته می‌شود. به طور کلی می‌توان گزارش نمود که شرکت منظم در برنامه‌های تمرینات هوازی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم نسبت به گروه بدون اجرای تمرین (کنترل) اثرات معنی‌داری را بر شاخص SDNN (ناهمگونی یا عدم تجانس برابر با ۰/۴۱) دارد (p=۰/۰۰۴؛ اندازه تاثیر =

Study name	Model	Statistics for each study					Odds ratio and 95% CI					Residual (Fixed)		Residual (Random)	
		Odds ratio	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	0.01	0.10	1.00	10.00	100.00	Std Residual	Std Residual		
Goit and et al (2018)		0.161	0.053	0.492	-3.201	0.001						-1.71	-1.71		
Sacre and et al (2014)		0.970	0.191	4.927	-0.036	0.971						1.43	1.43		
Pirajay and et al (2019)		0.158	0.007	3.673	-1.149	0.251						-0.49	-0.49		
Pagalos and et al (2015)		0.656	0.062	6.958	-0.350	0.726						0.58	0.58		
Loimala and et al (2003)		1.063	0.065	17.290	0.043	0.966						0.84	0.84		
Riley and et al (2016)		0.382	0.015	9.904	-0.579	0.562						0.08	0.08		
Shelver and et al (2019)		0.293	0.012	7.257	-0.750	0.453						-0.09	-0.09		
Cassidy and et al (2018)		0.352	0.014	8.831	-0.635	0.525						0.03	0.03		
	Fixed	0.337	0.163	0.701	-2.915	0.004									
	Random	0.337	0.163	0.701	-2.915	0.004									

نمودار ۳: نتایج بررسی اثرات شرکت منظم در تمرینات هوازی بر شاخص SDNN در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم

توان در دامنه با فرکانس بالا (HF) نشان‌دهنده فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک (واگی) بر سیستم اتونوم قلبی می‌باشد. به طور کلی می‌توان گزارش نمود که شرکت منظم در برنامه‌های تمرینات هوازی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم نسبت به گروه بدون اجرای تمرین (کنترل) اثر اندک معنی‌داری را بر شاخص HF (ناهمگونی یا عدم تجانس برابر با ۰/۳۵) دارد (p=۰/۰۱۷؛ اندازه تاثیر = ۰/۲۳).

Study name	Model	Statistics for each study					Odds ratio and 95% CI					Residual (Fixed)		Residual (Random)	
		Odds ratio	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value	0.01	0.10	1.00	10.00	100.00	Std Residual	Std Residual		
Goit and et al (2018)		0.109	0.004	2.718	-1.350	0.177						-0.50	-0.50		
Howorka and et al (1997)		0.470	0.009	24.408	-0.375	0.708						0.36	0.36		
Sacre and et al (2014)		0.538	0.013	21.324	-0.328	0.743						0.46	0.46		
Pirajay and et al (2019)		0.024	0.000	16.301	-1.112	0.266						-0.69	-0.69		
Pagalos and et al (2015)		0.138	0.003	7.029	-0.987	0.324						-0.28	-0.28		
Loimala and et al (2003)		0.378	0.015	9.306	-0.536	0.591						0.31	0.31		
Zoppi and et al (2007)		0.157	0.006	3.971	-1.124	0.261						-0.27	-0.27		
Riley and et al (2016)		0.298	0.012	7.479	-0.736	0.462						0.15	0.15		
Cassidy and et al (2018)		0.314	0.013	7.898	-0.704	0.482						0.19	0.19		
	Fixed	0.235	0.072	0.773	-2.384	0.017									
	Random	0.235	0.072	0.773	-2.384	0.017									

نمودار ۴: نتایج بررسی اثرات شرکت منظم در تمرینات هوازی بر شاخص HF در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم

توان در دامنه با فرکانس بالا (LF) نشان‌دهنده فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک، پاراسمپاتیک (واگی) و حساسیت بارورفلکس بر سیستم اتونوم قلبی می‌باشد. به طور کلی می‌توان گزارش نمود که شرکت منظم در برنامه‌های تمرینات هوازی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم نسبت به گروه بدون اجرای تمرین (کنترل) اثر متوسط غیرمعنی‌داری را بر شاخص LF (ناهمگونی یا عدم تجانس برابر با ۰/۲۹) دارد (p=۰/۱۸۴؛ اندازه تاثیر = ۰/۴۷).

Study name	Model	Statistics for each study				Statistics for each study		Odds ratio and 95% CI					Residual (Fixed)		Residual (Random)	
		Odds ratio	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-value	0.01	0.10	1.00	10.00	100.00	Std Residual	Std Residual			
Goit and et al (2018)		1.069	0.043	26.663	0.040	0.968						0.53	0.53			
Howorka and et al (1997)		0.415	0.009	19.756	-0.446	0.656						-0.07	-0.07			
Sacre and et al (2014)		1.077	0.037	31.489	0.043	0.966						0.50	0.50			
Piralay and et al (2019)		0.335	0.011	9.948	-0.632	0.527						-0.21	-0.21			
Pagalos and et al (2015)		0.175	0.008	4.031	-1.089	0.276						-0.67	-0.67			
Loimaa and et al (2003)		0.393	0.016	9.659	-0.572	0.567						-0.12	-0.12			
Zoppi and et al (2007)		0.483	0.019	11.999	-0.444	0.657						0.01	0.01			
Riley and et al (2016)		0.688	0.028	17.183	-0.227	0.820						0.24	0.24			
Cassidy and et al (2018)		0.364	0.014	8.899	-0.631	0.528						-0.19	-0.19			
	Fixed	0.475	0.158	1.426	-1.327	0.184										
	Random	0.475	0.158	1.426	-1.327	0.184										

نمودار ۵: نتایج بررسی اثرات شرکت منظم در تمرینات هوازی بر شاخص LF در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم بحث و بررسی

نتایج مطالعه ما نشان داد که شرکت در برنامه تمرین هوازی در دوره‌های ۱۲ هفته تا ۶ ماه با شدت نزدیک به متوسط سبب افزایش غلبه سیستم عصبی پاراسمپاتیک (افزایش شاخص‌های HF و rMSSD) و عدم تغییر آنچنانی در فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک (شاخص LF) در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم می‌گردد. دلایل اثرات شرکت در برنامه تمرین هوازی بر تغییرپذیری ضربان قلب در این گروه در مطالعات مختلف با مکانیسم‌های مختلف توجیه گردیده است. جورگنسن و همکاران (۲۰۱۲) عقیده داشتند که شرکت در فعالیت ورزشی هوازی و تغییرات سطوح ضربان قلب با افزایش متابولیسم بدن و تنظیم متابولیسم گلوکز در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم مرتبط می‌باشد (۲۲). علاوه بر این، فارغ از شرایط بیماری دیابت نوع دوم، به نظر می‌رسد که تغییرات صورت گرفته در عوامل عروقی از قبیل حساسیت گیرنده‌های فشاری (بارورفلکس‌ها) و گیرنده‌های شیمیایی (کیمورسپتورها) می‌توانند با بهبود عملکرد سیستم اتونوم مرکزی و مدولای مغز باعث کنترل بهتر بر تغییرات عروقی و فشار خون و ریتم ضربان قلب در افراد سالم گردند (۲۳). به نظر می‌رسد که در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم اختلال عملکرد عصبی قلبی به دلیل اختلالات متابولیکی دستخوش تغییرات ناخوشایندی می‌گردد، که در نهایت منجر به نوروپاتی می‌گردد (۸).

مطالعات زیادی تا به امروز اثرات شرکت در فعالیت ورزشی هوازی بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی را در افراد دیابتی مورد بررسی قرار داده‌اند (۲۴، ۲۵، ۲۶). ولی در گزارش نتایج شاهد اثرات ضد و نقیضی هستیم. تفاوت پروتکل تمرینی مطالعه گویت و همکاران (۲۴) با مطالعه ساکره و همکاران (۲۵) در تعداد جلسات تمرینی در هفته (مطالعه گویت ۳ جلسه و مطالعه ساکره ۲ جلسه در هفته) با شدت نزدیک به ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه بود. در هر دو مطالعه دوره تمرین هوازی به مدت ۶ ماه بود و علاوه بر تفاوت در تعداد جلسات، مدت زمان جلسات تمرین هوازی در مطالعه گویت ۵۰ دقیقه در هر جلسه و مطالعه ساکره ۴۰-۲۰ دقیقه در هر جلسه بود. این تفاوت‌ها باعث مشاهده اثرات معنی‌دار تمرین هوازی با شدت متوسط بر تغییرپذیری ضربان قلب در مطالعه گویت و همکاران گردیده ولی در مطالعه ساکره و همکاران شاهد این تغییرات معنی‌دار نیستیم. همچنین با مقایسه مطالعه گویت و همکاران و مطالعه پاگالوس و همکاران (۲۶) می‌توان دریافت که با وجود برابر بودن دوره تمرین ۶ ماهه و توالی ۳ جلسه‌ای

در هفته، تفاوت مشهود شدت تمرین هوازی در مطالعه گویت ۷۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه و در مطالعه پاگالوس و همکاران ۸۵-۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره، منجر به نتایج یکسان معنی‌داری در هر دو مطالعه شد. مقایسه پروتکل و نتایج سه مطالعه فوق‌گویی این مطلب است که فارغ از شدت متوسط و شدید تمرین هوازی، توالی‌های جلسات تمرین هوازی به همراه مدت زمان هر جلسات می‌تواند در مشاهده اثرات معنی‌دار تمرین هوازی بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم موثر باشد. از طرفی می‌توان اذعان کرد که بیشتر بودن طول دوره تمرین بدون شدت مناسب تمرین هوازی نمی‌تواند تضمین‌کننده اثر مطلوب تمرین هوازی بر تغییرپذیری ضربان قلب در نظر گرفته شود. مقایسه مطالعه ساکره و همکاران با مطالعه ریلی و همکاران (۲۷) نشان می‌دهد که با وجود دوره تمرین ۲۴ ماه در مطالعه ریلی و همکاران نسبت به دوره تمرین ۶ ماهه ساکره و همکاران، در هر دو مطالعه با توالی‌های ۲ جلسه‌ای در هفته شاهد اثرات غیرمعنی‌داری در تغییرپذیری ضربان قلب متعاقب تمرین هوازی هستیم.

مکانیسم عمل اثرات فعالیت ورزشی بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم در مطالعات منتخب مورد بررسی قرار گرفت. گویت و همکاران عقیده بر این داشتند که در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم بهبود عملکرد سیستم اتونوم قلبی با اصلاح توزیع بافت چربی، لیپوپروتئین‌های آتروژنیک و فشار خون شریانی مرتبط می‌باشد. همچنین تراکم شریان عضلانی به طور غیرمستقیم با سیستم اتونوم قلبی ارتباط دارد (۲۴). در مطالعه‌ای دیگر، فخرزاده و همکاران (۲۰۱۲) عنوان کردند که در افراد دیابتی همزمان با پایین بودن تغییرپذیری ضربان قلب، اتساع عروقی وابسته به جریان (FMD) به طور معنی‌داری پایین می‌باشد (۲۸). بنابراین می‌توان پایین بودن سطوح تغییرپذیری ضربان قلب با تغییرات اتساع عروقی و سطوح فشار خون در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم مرتبط دانست. علاوه بر تغییرات سطوح فشار خون در اثر ابتلا به دیابت نوع دوم و ارتباط آن با تغییرات سطوح تغییرپذیری ضربان قلب در این بیماران، به نظر می‌رسد که عملکرد سیستم اتونوم قلبی با سایر فاکتورهای عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دوم مرتبط باشد. لومالا و همکاران بر ارتباط بین تغییرپذیری ضربان قلب و حساسیت بارورفلکس اشاره کرده‌اند. شرکت در فعالیت ورزشی هوازی می‌تواند حساسیت بارورفلکس را در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم بهبود دهد. همچنین گزارش کردند که بهبودی در حساسیت بارورفلکس با تغییر در HbA1c همبستگی معنی‌داری دارد. بهبودی در تغییرپذیری ضربان قلب و سیستم اتونوم قلبی را در افراد دیابت نوع دوم بیشتر با بهبودی در کنترل گلوکز مرتبط دانستند تا تغییرات در همودینامیک مرکزی. تعادل سطوح گلوکز بدن با بهبودی در حساسیت بارورفلکس مرتبط می‌باشد. شرکت در فعالیت ورزشی با بهبود حساسیت بارورفلکس می‌تواند عملکرد اندوتلیال عروقی را بهبود دهد (۲۹). همچنین بهره‌مند و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که بین کنترل سطوح قند خون و شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم همبستگی منفی مشهودی وجود دارد (۳۰). با این وجود واشگانی و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کردند که بین نوروپاتی دیابتی و سطح کنترل گلیسمیک ارتباطی وجود ندارد (۳۱). در مطالعه‌ای دیگر، پیرعلایی و همکاران تغییرات سطوح نیتریک اکساید و آنژیوتانسین II را با تغییرات سطوح عملکرد سیستم اتونوم قلبی مرتبط دانستند و اشاره بر این داشتند که نیتریک اکساید اثر مستقیمی بر تون واگی و اثر غیرمستقیمی بر سیستم عصبی سمپاتیک قلبی دارد (۳۲). ساکره و همکاران بهبود عملکرد بطن چپ را با بهبود عملکرد سیستم اتونوم قلبی مرتبط دانسته‌اند (۲۵). سایر مقالات منتخب در این پژوهش جهت توجیه نتایج مطالعه

خود مکانیسم عمل خاصی را گزارش نکردند و تنها با استناد به ادبیات پژوهشی قبلی نتایج مطالعه خود را مقایسه نموده‌اند. همچنین مطالعات مرتبط افزایش استرس‌های اکسیداتیو ناشی از وضعیت هایپرگلیسمی در افراد دیابتی نوع دوم را به طور مستقیم با اختلال عملکرد اندوتلیال عروقی (اختلال در سطوح نیتریک اکساید و آنزیم نیتریک اکساید سنتتاز) مرتبط دانسته‌اند. برخی از بیومارکرهای التهابی از قبیل اینترلوکین ۱۸ با کاهش فعالیت واگی و افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک مرتبط می‌باشد (۳۳). در مطالعه‌ای دیگر تغییرات سطوح نیتریک اکساید را به عنوان اصلی‌ترین فاکتور تعدیل تون واگی قلبی (۳۴) و فعالیت انژیوتانسین II را به عنوان مهارکننده‌ی اصلی فعالیت واگی (۳۵) در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم گزارش کرده‌اند. به نظر می‌رسد که شرکت در فعالیت ورزشی هوازی با افزایش سطح فعالیت نیتریک اکساید و کاهش فعالیت انژیوتانسین II منجر به بهبودی در تون واگی قلبی در افراد مبتلا به دیابت نوع دوم می‌گردد.

تغییرات متابولیکی ناشی از سبک زندگی کم‌تحرك با اختلالات عروقی و عصبی همراه است که منجر به تشدید این شرایط می‌گردد. افزایش سطوح قند خون در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم یکی از دلایل افزایش سطوح فشار خون در این افراد می‌باشد. تغییرات افزایشی سطوح فشار خون با اختلال عملکرد اندوتلیال عروقی از جمله اختلال در سطوح نیتریک اکساید و آنزیم نیتریک اکساید سنتتاز، اختلال در حساسیت بارورفلکس شریانی و در نهایت کاهش نقش تعدیلی سیستم عصبی واگی بر سیستم قلبی عروقی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم می‌گردد. عدم کنترل این زنجیره اختلال عملکردی ضمن گسترش عوارض ابتلا به دیابت نوع دوم در این افراد، در برخی موارد منجر به نوروپاتی‌های دیابتی شدید می‌گردد. کنترل این شرایط تنها با یک مکانیسم نمی‌تواند تضمین‌کننده بهبودی کامل در این افراد گردد، لذا بنظر می‌رسد که انتخاب یک فاکتور موثر بر اکثریت مسیرهای مکانیسمی موثر بر پیشرفت دیابت در کنترل این شرایط منطقی باشد. شرکت در برنامه تمرین هوازی حداقل به مدت ۱۲ هفته با توالی‌های حداقل ۳ جلسه در هفته و شدت تمرینی متوسط به بالا می‌تواند به عنوان یک پروتکل تمرینی مناسب برای بهبود شرایط تعادل عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم توصیه گردد.

این مطالعه مروری در زمینه اثرات فعالیت ورزشی هوازی بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم اولین مطالعه مروری داخلی است که بدون شک محدودیت‌های پژوهشی خاصی را نسبت به سایر مطالعات مروری خارجی داشت. اصلی‌ترین محدودیت این پژوهش ناتوانی در دسترسی به تمامی مطالعات صورت گرفته در این زمینه به دلایل مختلفی از قبیل مشکلات خرید مقالات پژوهشی بدون دسترسی آزاد (open access) بود که در صورت امکان تنها به یکسری از این مطالعات دسترسی پیدا نمودیم. بنابراین نتایج مقالات منتخب در این پژوهش چه بسا می‌توانست با در دسترس بودن تعدادی دیگر از این مطالعات تقویت گردد. محدودیت دیگر این پژوهش پایین بودن مقالات پژوهشی اصیل در این زمینه در داخل کشور می‌باشد، لذا به محققین علاقه‌مند در این زمینه پیشنهاد می‌گردد که در گروه‌های مختلف جمعیتی داخل کشور این موضوعات را بررسی نمایند. علاوه بر این در مطالعات منتخب نیز در زمینه‌ی اثرگذاری فعالیت ورزشی هوازی بر تغییرپذیری ضربان قلب در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم نیز محدودیت‌های پژوهشی خاصی وجود داشت، از این قبیل موارد می‌توان به پایین بودن تعداد نمونه‌های آزمایشی (۲۷)، عدم پایش همزمان تغییرپذیری ضربان قلب و فشار خون (۳۶)، همسان نبودن دقیق حجم نمونه‌های گروه‌ها (۳۷)، تعداد خروجی‌های پژوهش به دلیل معیارهای خروج از پژوهش (۲۶)،

کنترل پایین بر فعالیت گروه کنترل (۲۵) و عدم بررسی همزمان تغییرپذیری ضربان قلب و عملکرد اندوتلیالی عروقی (۲۹) اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

اختلال متابولیکی ناشی از ابتلا به دیابت نوع دوم در مردان میانسال باعث اختلال در عملکرد سیستم اتونوم قلبی در این افراد می‌گردد. شرکت منظم در فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط در این افراد می‌تواند تا حدودی از اثرات این بیماری بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی جلوگیری به عمل آورد. فاکتورهای مختلفی از قبیل توزیع بافت چربی، فشار خون شریانی، حساسیت بارورفلکس شریانی، HbA1c، تراکم شریان عضلانی، سطوح نیتریک اکساید و آنژیوتانسین II، سطوح لیپوپروتئین‌های آتروزنیک، استرس‌های اکسیداتیو، برخی از بیومارکرهای التهابی از قبیل اینترلوکین-۱۸ و عملکرد بطن چپ در مردان میانسال مبتلا به دیابت نوع دوم می‌توانند به عنوان مسیرهای مکانیسمی مرتبط با عملکرد سیستم اتونوم قلبی در این افراد به عنوان فاکتورهای قابل کنترل جهت بهبود عملکرد سیستم اتونوم قلبی در نظر گرفته شوند. جهت حصول نتایج قاطع در این زمینه و رفع محدودیت‌های پژوهشی مطالعات قبلی، سنجش همزمان تغییرپذیری ضربان قلب و فاکتورهای عملکرد اندوتلیالی، تغییرپذیری فشار خون با حجم نمونه‌های آزمایشی بالا به محققین علاقه‌مند در این زمینه‌ی مطالعاتی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- 1- Väättäin S, Keinänen-Kiukaanniemi S, Saramies J, Uusitalo H, Tuomilehto J, Martikainen J. Quality of life along the diabetes continuum: a cross-sectional view of health-related quality of life and general health status in middle-aged and older Finns. *Quality of Life Research*. 2014 Sep 1; 23(7):1935-44.
- 2- Yu Y, Feng L, Shao Y, Tu P, Wu HP, Ding X, Xiao WH. Quality of life and emotional change for middle-aged and elderly patients with diabetic retinopathy. *International journal of ophthalmology*. 2013; 6(1):71.
- 3- Lee WJ, Song KH, Noh JH, Choi YJ, Jo MW. Health-related quality of life using the EuroQol 5D questionnaire in Korean patients with type 2 diabetes. *Journal of Korean medical science*. 2012 Mar 1; 27(3):255-60.
- 4- Benichou T, Pereira B, Mermillod M, Tauveron I, Pfabigan D, Maqdasy S, Dutheil F. Heart rate variability in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2018 Apr 2; 13(4):e0195166.
- 5- Arroyo-Carmona RE, López-Serrano AL, Albarado-Ibañez A, Mendoza-Lucero FM, Medel-Cajica D, López-Mayorga RM, Torres-Jácome J. Heart rate variability as early biomarker for the evaluation of diabetes mellitus progress. *Journal of diabetes research*. 2016; 2016.
- 6- Tsai MW, Chie WC, Kuo TB, Chen MF, Liu JP, Chen TH, Wu YT. Effects of exercise training on heart rate variability after coronary angioplasty. *Physical therapy*. 2006 May 1; 86(5):626-35.
- 7- Ciccacci C, Latini A, Greco C, Politi C, D'Amato C, Lauro D, Novelli G, Borgiani P, Spallone V. Association between a MIR499A polymorphism and diabetic neuropathy in type 2 diabetes. *Journal of Diabetes and its Complications*. 2018 Jan 1; 32(1):11-7.
- 8- Tracy JA, Dyck PJ. The spectrum of diabetic neuropathies. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 2008 Feb 1; 19(1):1-26
- 9- Udupa K, Sathyaprabha TN, Thirthalli J, Kishore KR, Lavekar GS, Raju TR, Gangadhar BN. Alteration of cardiac autonomic functions in patients with major depression: a study

- using heart rate variability measures. *Journal of affective disorders*. 2007 Jun 1; 100(1-3):137-41.
- 10- Yildirim A, Kabakci G, Akgul E, Tokgozoglul L, Oto A. Effects of menstrual cycle on cardiac autonomic innervation as assessed by heart rate variability. *Annals of noninvasive electrocardiology*. 2001 Jan;7(1):60-3
- 11- Thayer JF, Yamamoto SS, Brosschot JF. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International journal of cardiology*. 2010 May 28;141(2):122-31.
- 12- May LE, Glaros A, Yeh HW, Clapp III JF, Gustafson KM. Aerobic exercise during pregnancy influences fetal cardiac autonomic control of heart rate and heart rate variability. *Early human development*. 2010 Apr 1;86(4):213-7.
- 13 - Xhyheri B, Manfrini O, Mazzolini M, Pizzi C, Bugiardini R. Heart rate variability today. *Progress in cardiovascular diseases*. 2012 Nov 1;55(3):321-31.
- 14- Sessa F, Anna V, Messina G, Cibelli G, Monda V, Marsala G, Ruberto M, Biondi A, Cascio O, Bertozzi G, Pisanelli D. Heart rate variability as predictive factor for sudden cardiac death. *Aging (Albany NY)*. 2018 Feb;10(2):166.
- 15- Iranpour A, Vahedie Namin S, Bolboli LA. The Effects Of Land, Normal Water, And Warm Water Aerobic Exercises On Heart Rate Variability In Recovery Period In Healthy Young Men. *The Journal of Urmia University of Medical Sciences*. 2018;29(5):349-61.
- 16- Flouris A.D, Bravi A, Wright-Beatty H, Green G, Seely A, Kenny G. Heart rate variability during exertional heat stress: Effects of heat production and treatment. *European Journal of Applied Physiology*. 2014; 114(4):785-792 .
- 17- Bolboli L, Iranpour A. Effect of aerobic exercise on cardiovascular nervous system using geometric method Poincare plot. *Journal of Applied exercise Physiology*, 2018; 15 (30): 9-10. doi: 10.22080 / jaep.2019.15941.1861
- 18- Howorka K, Pumprla J, Haber P, Koller-Strametz J, Mondrzyk J, Schabmann A. Effects of physical training on heart rate variability in diabetic patients with various degrees of cardiovascular autonomic neuropathy. *Cardiovascular research*. 1997 Apr 1;34(1):206-14.
- 19- Parpa KM, Michaelides MA, Brown BS. Effect of High Intensity Interval Training on Heart Rate Variability in Individuals with Type 2 Diabetes. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2009 Aug 1;12.(۴)
- 20- Elkins MR, Moseley AM, Sherrington C, Herbert RD, Maher CG. Growth in the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) and use of the PEDro scale.
- 21- Bertani M, Lasalvia A, Bonetto C, Tosato S, Cristofalo D, Bissoli S, De Santi K, Mazzoncini R, Lazzarotto L, Santi M, Sale A. The influence of gender on clinical and social characteristics of patients at psychosis onset: a report from the Psychosis Incident Cohort Outcome Study (PICOS). *Psychological medicine*. 2012 Apr;42(4):769-80.
- 22- Jørgensen NB, Jacobsen SH, Dirksen C, Bojsen-Møller KN, Naver L, Hvolris L, Clausen TR, Wulff BS, Worm D, Lindqvist Hansen D, Madsbad S. Acute and long-term effects of Roux-en-Y gastric bypass on glucose metabolism in subjects with Type 2 diabetes and normal glucose tolerance. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2012 Jul 1;303(1):E122-31.
- 23- Draghici AE, Taylor JA. The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *Journal of Physiological Anthropology*. 2016 Dec 1;35(1):22.
- 24- Goit RK, Pant BN, Shrewastwa MK. Moderate intensity exercise improves heart rate variability in obese adults with type 2 diabetes. *Indian heart journal*. 2018 Jul 1;70(4):486-91.

- 25- Sacre JW, Jellis CL, Jenkins C, Haluska BA, Baumert M, Coombes JS, Marwick TH. A six-month exercise intervention in subclinical diabetic heart disease: effects on exercise capacity, autonomic and myocardial function. *Metabolism*. 2014 Sep 1;63(9):1104-14.
- 26 - Pagkalos M, Koutlianos N, Kouidi E, Pagkalos E, Mandroukas K, Deligiannis A. Heart rate variability modifications following exercise training in type 2 diabetic patients with definite cardiac autonomic neuropathy. *British journal of sports medicine*. 2008 Jan 1;42(1):47-54.
- 27- Riley CE. The Effect of a Square-Stepping Exercise Intervention on Heart Rate Variability in Older Individuals with Type 2 Diabetes and Subjective Cognitive Complaints
- 28- Fakhrzadeh H, Yamini-Sharif A, Sharifi F, Tajalizadekhoob Y, Mirarefin M, Mohammadzadeh M, Sadeghian S, Badamchizadeh Z, Larijani B. Cardiac autonomic neuropathy measured by heart rate variability and markers of subclinical atherosclerosis in early type 2 diabetes. *ISRN endocrinology*. 2012 Dec 4;2012.
- 29- Loimaala A, Huikuri HV, Kööbi T, Rinne M, Nenonen A, Vuori I. Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetes*. 2003 Jul 1;52(7):1837-42.
- 30- Bahremand M, Shahebrahimi K, Seyedi F, Montazeri N. Relationship between changes in heart rate variability indices and blood glucose control in Type 2 Diabetes Mellitus. *Revista Latinoamericana de Hipertension*. 2019 Jul 1;14(3):328-31.
- 31- Vasheghani M, Sarvghadi F, Beyranvand MR. The association between cardiac autonomic neuropathy and diabetes control. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*. 2019;12:581.
- 32- Piralaiy E, Siahkuhian M, Nikoukheslat S, Bolboli L, Aslan Abadi N, Sheikhalizadeh M, Fathollahi S.[Efficacy of the Moderate Intensity Aerobic training on Heart Rate Variability (HRV) in Patients with the Type-2 Diabetic Neuropathy]. *Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services*. 2019 August- September; 41(3):44-52. Persian.
- 33- Tsioufis C, Dimitriadis K, Taxiarchou E, Vasiliadou C, Chartzoulakis G, Tousoulis D, Manolis A, Stefanadis C, Kallikazaros I. Diverse associations of microalbuminuria with C-reactive protein, interleukin-18 and soluble CD 40 ligand in male essential hypertensive subjects. *American journal of hypertension*. 2006 May 1;19(5):462-6.
- 34- Chowdhary S, Vaile JC, Fletcher J, Ross HF, Coote JH, Townend JN. Nitric oxide and cardiac autonomic control in humans. *Hypertension*. 2000 Aug;36(2):264-9.
- 35- Júnior AD, Moreira HG, Daher MT. Analysis of heart rate variability in hypertensive patients before and after treatment with angiotensin II-converting enzyme inhibitors. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2004 Aug;83(2):169.
- 36- Cassidy S, Vaidya V, Houghton D, Zalewski P, Seferovic JP, Hallsworth K, MacGowan GA, Trenell MI, Jakovljevic DG. Unsupervised high-intensity interval training improves glycaemic control but not cardiovascular autonomic function in type 2 diabetes patients: A randomised controlled trial. *Diabetes and Vascular Disease Research*. 2019 Jan;16(1):69-76.
- 37- Shelver M. The Effect of Frequency in Volume Matched Exercise Training on Aerobic Capacity, Heart Rate Variability, and Glucose Variability in Type 2 Diabetes (Master's thesis, NTNU).
- 38- Zoppini G, Cacciatori V, Gemma ML, Moghetti P, Targher G, Zamboni C, Thomaseth K, Bellavere F, Muggeo M. Effect of moderate aerobic exercise on sympatho-vagal balance in Type 2 diabetic patients. *Diabetic medicine*. 2007 Apr;24(4):370-6.

The Effect of Aerobic Exercise on Cardiac Autonomic System in Middle-Aged Men with Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis Study

Asgar Iranpour^{1*}, Bahloul Ghorbanian², Somayeh Azarian².

1 Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Educational Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2 Department of Exercise Physiology, Faculty of Education and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

* **Corresponding author:** Email: Iranpoursport@yahoo.com

Abstract

Background and Purpose: Cardiac autonomic system dysfunction in type 2 diabetic patients can lead to diabetic neuropathy. The purpose of this study was to investigate the meta-analysis of the effect of aerobic exercise on cardiac autonomic system in middle-aged men with type 2 diabetes.

Methodology: A total of 256 related articles were selected by searching in the Pubmed, Web of Science, ScienceDirect and Magiran databases. Finally, considering the inclusion criteria, 11 articles were selected for evaluation and analysis after validation using PEDro scale. PICOS method was used to extract data from each article. Then, they were analyzed using Comprehensive Meta Analysis V3.exe software with group comparisons method and random and fixed effects size models of each study.

Results: Regular participation in aerobic training programs in middle-aged men with type 2 diabetes had significant effects on SDNN as time domain index ($p = 0.004$; effect size = 0.33) and HF as frequency domain index ($P = 0.017$; effect size = 0.23). Also, these exercises had an insignificant effect on the rMSSD as time domain index ($p = 0.096$; effect size = 0.50) and LF as frequency domain index ($p = 0.184$; effect size = 0.47).

Conclusion: Regular participation in moderate intensity aerobic exercise in middle-aged men with type 2 diabetes can partially prevent the effects of this disease on cardiac autonomic system function. Therefore, it is recommended for middle-aged diabetic patients to consider exercise as one of their therapeutic modalities.

Key words: Type 2 Diabetes, Cardiac Autonomic System, Heart Rate Variability, Aerobic Exercise, Middle-Aged Men