

Association of Anthropometric Indices with Type 2 Diabetes Prevalence: Evidence from the Rural Fasa Cohort

Mohammad Reza Astaneh¹, Susan Darroudi², Mohammad Ebrahim Astaneh^{3*}, Narges Fereydouni^{4*}

1. Student Research Committee, Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Iran

2. Department of Medical and Surgical Sciences for Children and Adults, University of Modena and Reggio Emilia, Via del Pozzo 71, 41124 Modena, Modena, Italia

3. Department of Anatomical Sciences, School of Medicine, Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Iran

4. Noncommunicable Diseases Research Center, Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Iran

Abstract

Background: Type 2 diabetes is rapidly increasing, particularly in the Middle East where central obesity is a major contributor to disease burden. Identifying high-risk individuals requires indices that assess visceral adiposity more effectively than body mass index (BMI). This study compared nine anthropometric indices in relation to diabetes and determined their predictive capacity and optimal cut-off values.

Methods: This cross-sectional analysis included 10,103 adults aged 35–70 years from the FASA cohort. Diabetes was defined as fasting glucose ≥ 126 mg/dL or antidiabetic medication use. Measurements included BMI, waist circumference (WC), hip circumference (HC), waist-to-hip ratio (WHR), waist-to-height ratio (WHtR), body roundness index (BRI), body adiposity index (BAI), a body shape index (ABSI), abdominal volume index (AVI), and weight-adjusted waist index (WWI). Associations were examined using logistic regression (crude and adjusted models). Discriminatory accuracy was assessed using receiver operating characteristic (ROC) curves, area under the curve (AUC), and Youden's index.

Results: Individuals with diabetes exhibited higher values across anthropometric indices ($p < 0.05$). In adjusted models, WC, WHR, WHtR, AVI, and WWI remained significant predictors ($p < 0.05$). WHR demonstrated the highest AUC (0.651, $p < 0.001$). Optimal cut-off values with high sensitivity and specificity included WHR = 0.91, WHtR = 0.53, and BRI = 4.1.

Conclusion: Central obesity indices—particularly WHR, WHtR, and BRI—demonstrated superior discriminatory capacity for diabetes and support the use of simple waist-based indices for early screening.

Keywords: Type 2 diabetes, Anthropometric indices, Central obesity, Visceral adiposity, Predictive performance, Roc curve analysis

Please cite this article as:

Astaneh MR, Darroudi S, Astaneh ME, Fereydouni N. Association of Anthropometric Indices with Type 2 Diabetes Prevalence: Evidence from the Rural Fasa Cohort. *ijld*. 2026; 25(6):579-592.

DOI: [10.18502/ijdl.v25i6.20883](https://doi.org/10.18502/ijdl.v25i6.20883)

*Corresponding Author: Mohammad Ebrahim Astaneh; Email: Meastaneh@yahoo.com

Ebne sina square, Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Fars, Iran, Postal Code: 74616-86688, Tel: +9807153350944-6

*Corresponding Author: Narges Fereydouni; Email: Narges.fereydouni2020@gmail.com

Ebne sina square, Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Fars, Iran, Postal Code: 74616-86688, Tel: +9807153350944-6



بررسی ارتباط نمایه‌های پیکرسنجی با شیوع دیابت نوع دو: شواهدی از کوهورت روستایی فسا

محمد رضا آستانه^۱، سوسن درودی^۲، محمد ابراهیم آستانه^{۳*}، نرگس فریدونی^{۴*}

۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی فسا، فسا، ایران

۲- بخش علوم پزشکی و جراحی برای کودکان و بزرگسالان. دانشگاه مودنا و رجو امیلیا، خیابان ویادل پوتزو ۷۱، ۴۱۱۲۴ مودنا، ایتالیا

۳- گروه علوم تشریحی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی فسا، فسا، ایران

۴- مرکز تحقیقات بیماری‌های غیرواگیر، دانشگاه علوم پزشکی فسا، فسا، ایران

چکیده

مقدمه: دیابت نوع دو به سرعت در حال افزایش است، به ویژه در خاورمیانه که چاقی مرکزی عامل مهمی در بار بیماری است. شناسایی افراد با شانس بالای ابتلا نیازمند نمایه‌هایی است که چربی احشایی را بهتر از نمایه توده بدنی (BMI) ارزیابی کنند. این مطالعه ۹ نمایه پیکرسنجی را در ارتباط با دیابت مقایسه و توان پیش‌بینی و مقادیر برش بهینه را تعیین کرد.

روش‌ها: ۱۹ تحلیل مقطعی شامل ۱۰/۱۰۳ بزرگسال ۳۵-۷۰ ساله از کوهورت فسا بود. دیابت براساس گلوکز ناشتا ≤ 126 mg/dL یا مصرف داروی ضد دیابت تعریف شد. اندازه‌گیری‌ها شامل BMI، دور کمر (WC)، دور باسن (HC)، نسبت دور کمر به باسن (WHR)، نسبت دور کمر به قد (WHtR)، نمایه گردی بدن (BRI)، نمایه چربی بدن (BAI)، نمایه شکل بدن (ABSI)، نمایه حجم شکمی (AVI) و نمایه دور کمر تعدیل شده بر وزن (WWI) بود. ارتباطها با رگرسیون لجستیک (خام و تعدیل شده) بررسی شد. دقت با منحنی مشخصه عملکرد گیرنده (ROC)، سطح زیر منحنی (AUC) و نمایه یودن سنجیده شد.

یافته‌ها: افراد دیابتی مقادیر بالاتری از نمایه‌های پیکرسنجی داشتند ($p < 0.05$). در مدل‌های تعدیل شده، WC، WHtR، WHR، AVI و WWI پیش‌بینی‌کننده‌های معنادار بود (WHR ($p < 0.05$)) بالاترین AUC را داشت ($p < 0.001$)، 0.751). مقادیر برش بهینه با حساسیت و ویژگی بالا شامل $WHR = 0.91$ ، $WHtR = 0.53$ و $BRI = 4/1$ بود.

نتیجه‌گیری: نمایه‌های چاقی مرکزی — به ویژه WHtR، WHR و BRI — توان تفکیک بالاتری برای دیابت نشان دادند و استفاده از نمایه‌های ساده مبتنی بر دور کمر را برای غربالگری زودهنگام تأیید می‌کند.

واژگان کلیدی: دیابت نوع دو، نمایه‌های پیکرسنجی، چاقی مرکزی، چربی احشایی، توان پیش‌بینی، تحلیل منحنی ROC

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Astaneh MR, Darroudi S, Astaneh ME, Fereydouni N. Association of Anthropometric Indices with Type 2 Diabetes Prevalence: Evidence from the Rural Fasa Cohort. *ijdd*. 2026; 25(6):579-592.

* نویسنده مسئول: محمد ابراهیم آستانه، آدرس: استان فارس، فسا، میدان ابن سینا، دانشگاه علوم پزشکی فسا، تلفن: ۰۷۱۵۳۳۵۰۹۴۴-۶، کد پستی: ۷۴۶۱۶۸-۸۱۶۸۸، پست الکترونیک: Meastaneh@yahoo.com

* نویسنده مسئول: نرگس فریدونی، آدرس: استان فارس، فسا، میدان ابن سینا، دانشگاه علوم پزشکی فسا، تلفن: ۰۷۱۵۳۳۵۰۹۴۴-۶، کد پستی: ۷۴۶۱۶۸-۸۱۶۸۸، پست الکترونیک: Narges.fereydouni2020@gmail.com

مقدمه

دیابت نوع دو به‌عنوان یکی از چالش‌های مبرم سلامت جهانی در قرن بیست‌ویکم ظهور کرده است. آخرین اطلس دیابت فدراسیون بین‌المللی دیابت (Diabetes Federation Diabetes Atlas) گزارش می‌کند که تقریباً یک نفر از هر نه بزرگسال در سراسر جهان به دیابت مبتلا است و بیش از چهار نفر از هر ده نفر از وضعیت خود بی‌اطلاع هستند [۱]. در سال ۲۰۲۴، دیابت مسئول تقریباً ۳/۴ میلیون مرگ در سطح جهان بوده و هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی بیش از یک تریلیون دلار آمریکا را به خود اختصاص داده است [۲]. پیش‌بینی می‌شود این بار بیماری به‌طور چشم‌گیری افزایش یابد، به‌طوری‌که تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۵۰، یک نفر از هر هشت بزرگسال، تقریباً ۸۵۳ میلیون نفر، به دیابت مبتلا خواهند بود که نشان‌دهنده افزایش ۴۶ درصدی نسبت به سطوح فعلی است [۱].

منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا با یک اپیدمی دیابت به‌ویژه شدید روبه‌رو است. این منطقه با ۱۷/۶ درصد بالاترین شیوع منطقه‌ای دیابت را دارد و انتظار می‌رود شاهد افزایش ۹۲ درصدی تعداد افراد مبتلا به دیابت باشد که تا سال ۲۰۵۰ به ۱۶۳ میلیون نفر خواهد رسید [۳]. ایران جزء کشورهای است که پیش‌بینی می‌شود بیش از دو برابر شدن شیوع دیابت نوع دو تعدیل‌شده براساس سن را بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ تجربه کند [۴]. این روند هشداردهنده به‌طور نزدیک با شهرنشینی سریع، تغییرات رژیم غذایی، سبک زندگی کم‌تحرک و افزایش هم‌زمان نرخ چاقی در سراسر منطقه مرتبط است.

شناسایی زودهنگام افراد با شانس بالای ابتلا به دیابت برای مقابله با این اپیدمی امری محوری است. اندازه‌گیری‌های پیکرسنجی ابزارهای ساده، مقرون‌به‌صرفه و غیرتهاجمی را برای طبقه‌بندی شانس ابتلا در محیط‌های بالینی و بهداشت عمومی ارائه می‌دهند. درحالی‌که نمایه توده بدنی (BMI) به‌طور سنتی به‌عنوان نمایه اصلی چاقی عمل کرده است، محدودیت‌های ذاتی دارد، به‌ویژه ناتوانی در تمایز بین توده چربی و توده بدون چربی بدن یا مشخص کردن توزیع چربی بدن. با توجه به ارتباط به‌خوبی تثبیت‌شده بین چاقی مرکزی و اختلال متابولیک، نمایه‌هایی که چاقی شکمی را به تصویر می‌کشند ممکن است ارزش پیش‌بینی برتری برای شانس ابتلا به دیابت داشته باشند.

طی دو دهه گذشته، نمایه‌های پیکرسنجی جدید متعددی برای

مشخص‌سازی بهتر ترکیب بدن و توزیع چربی توسعه یافته‌اند. این نمایه‌ها شامل نسبت دور کمر به دور باسن^۲ (WHR)، نسبت دور کمر به قد^۳ (WHtR)، نمایه گردی بدن^۴ (BRI)، نمایه چربی بدن^۵ (BAI)، نمایه شکل بدن^۶ (ABSI)، نمایه حجم شکمی^۷ (AVI) و نمایه دور کمر تعدیل‌شده براساس وزن^۸ (WWI) می‌شوند. هر نمایه ترکیبات مختلفی از اندازه‌گیری‌های پیکرسنجی را در بر می‌گیرد و هدف آن به تصویر کشیدن جنبه‌های متمایز فوتیپ‌های چاقی است. شواهد اخیر نشان می‌دهد که WHtR، WHR و BRI ممکن است در پیش‌بینی دیابت نوع دو از نمایه‌های پیکرسنجی متعارف بهتر عمل کنند [۵]. به‌ویژه در جمعیت‌هایی با بار بالای چاقی مرکزی.

مطالعات مقایسه‌ای که این نمایه‌ها را بررسی می‌کنند، نتایج متغیری را در جمعیت‌های قومی و جغرافیایی مختلف به‌دست داده‌اند. یک مطالعه مشاهده‌ای ۲۲ ساله فنلاندی نشان داد که WHR بالاترین دقت پیش‌بینی را برای دیابت نوع دو در مردان نشان داد، درحالی‌که WHtR و توده چربی نسبی ارزش پیش‌بینی برابری را در زنان نشان دادند [۶]. تحقیقات در میان جمعیت‌های چینی مبتلا به فشار خون بالا، BRI را به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کننده برتر برای ایجاد دیابت در مقایسه با معیارهای سنتی شناسایی کردند [۷]. در مقابل، ABSI علی‌رغم اینکه وعده‌ای برای پیش‌بینی مرگ‌ومیر نشان داده است، عملکرد ناسازگاری را برای ارزیابی شانس ابتلا به دیابت نشان داده است. یک مطالعه کوهورت ژاپنی نتیجه گرفت که ABSI پیش‌بینی‌کننده بهتری برای دیابت در مقایسه با BMI یا دور کمر نبود [۸]. که تغییرات احتمالی خاص قومیت را در کاربرد این نمایه‌ها برجسته می‌کند.

علی‌رغم مجموعه‌ی رو به رشد ادبیات در مورد نمایه‌های پیکرسنجی، چندین شکاف مهم باقی مانده است. اول، مقایسه‌های جامع و رودرویی چندین نمایه در جمعیت‌های مطالعاتی منفرد محدود است که تعیین اینکه کدام معیارها عملکرد پیش‌بینی بهینه را ارائه می‌دهند را دشوار می‌کند. دوم، تفاوت‌های خاص جنسیتی در ظرفیت پیش‌بینی این نمایه‌ها نیاز به روشن‌سازی بیشتر دارد، چرا که الگوهای توزیع چربی و پروفایل‌های خطر متابولیک به‌طور قابل‌توجهی بین مردان و زنان متفاوت است. سوم، مقادیر برش خاص جمعیت باید برای گروه‌های قومی متنوع تعیین شوند، چرا که ارتباط بین معیارهای پیکرسنجی و شانس ابتلا به دیابت ممکن است به‌دلیل عوامل ژنتیکی، سبک زندگی و محیطی در

⁵ Body adiposity index

⁶ A body shape index

⁷ Abdominal volume index

⁸ Weight-adjusted waist index

¹ Body mass index

² Waist-to-hip ratio

³ Waist-to-height ratio

⁴ Body roundness index

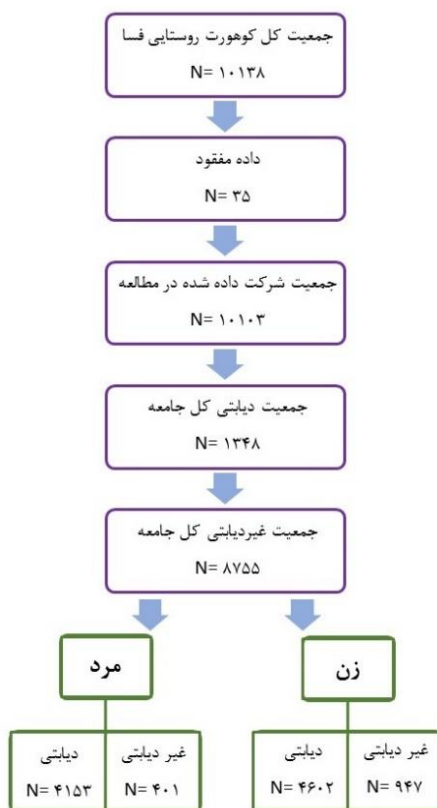
ابزارهای پیش‌بینی شانس متناسب با جمعیت‌های منطقه کمک کند و در نهایت به تشخیص زودهنگام و تلاش‌های پیشگیری از دیابت کمک نماید.

روش‌ها

جمعیت مطالعه

این مطالعه شامل یک نمونه نماینده از ۱۰/۱۰۳ شرکت‌کننده بزرگسال، در بازه سنی ۳۵ تا ۷۰ سال، از جامعه بزرگتر کوهورت فسا بود. هدف این مطالعه بررسی ارتباط نمایه‌های پیکرسنجی با شانس ابتلا به دیابت بود. شرکت‌کنندگان از منطقه روستایی ششده انتخاب شدند و در صورتی وارد مطالعه شدند که معیارهای ورود را داشتند؛ این معیارها شامل سن بالای ۳۵ سال و تکمیل ارزیابی‌های پیکرسنجی و آزمایش دیابت بود. جزئیات بیشتر مربوط به کوهورت فسا در منابع [۹، ۱۰] آمده است. تشخیص دیابت براساس سطح گلوکز ناشتای خون برابر یا بیش از ۱۲۶ میلی‌گرم در دسی‌لیتر یا مصرف داروهای ضد دیابت از جمله متفورمین، گلیبنکلامید، گلی‌کلازید، پیوگلیتازون، رپاگلینید و انسولین انجام شد. جزئیات مراحل غربالگری، حذف موارد فاقد داده و توزیع نهایی افراد در گروه‌های دیابتی و غیردیابتی در شکل ۱ نشان داده شده است.

جمعیت‌های مختلف متفاوت باشد. در نهایت، کمبود داده‌ها از جمعیت‌های خاورمیله، به‌ویژه از ایران که بار دیابت در آن به‌طور استثنایی بالا و به‌سرعت در حال افزایش است، وجود دارد. مطالعه حاضر با هدف پرداختن به این شکاف‌ها، تحلیل مقایسه‌ای جامعی از نه نمایه پیکرسنجی—BMI، دور کمر^۱ (WC)، دور باسن^۲ (HC)، WHtR، WHR، ABSI، BRI، BAI، AVI و WWI—برای ارتباط آنها با دیابت و ظرفیت پیش‌بینی آنها در یک کوهورت بزرگ ایرانی انجام داد. با استفاده از داده‌های ۱۰/۱۰۳ بزرگسال ۳۵ تا ۷۰ ساله از مطالعه کوهورت فسا، ما به دنبال این اهداف بودیم: (۱) ارزیابی ارتباط بین هر نمایه پیکرسنجی و شیوع دیابت؛ (۲) مقایسه توان تفکیک این نمایه‌ها با استفاده از تحلیل منحنی مشخصه عملکرد گیرنده؛ (۳) تعیین مقادیر برش بهینه خاص جنسیت برای پیش‌بینی شانس ابتلا به دیابت؛ و (۴) شناسایی اینکه کدام نمایه‌ها قوی‌ترین عملکرد پیش‌بینی را در این جمعیت نشان می‌دهند. نوآوری این مطالعه در ارزیابی هم‌زمان نمایه‌های پیکرسنجی متعدد تثبیت شده و جدید در یک جمعیت خاورمیله‌ای که با یک اپیدمی دیابت در حال تشدید روبه‌رو است، با تعدیل دقیق برای عوامل مخدوش‌گر بالقوه و تحلیل‌های طبقه‌بندی شده براساس جنسیت، نهفته است. یافته‌های ما ممکن است به توسعه راهبردهای غربالگری مؤثرتر و



شکل ۱- فلوجارت روند انتخاب شرکت‌کنندگان در مطالعه

²Hip circumference

¹ Waist circumference

ملاحظات اخلاقی

این تحلیل مقطعی مطابق با استانداردهای اخلاقی انجام شد و شامل حذف افرادی بود که در هر مرحله‌ای از مطالعه انصراف داده بودند. به هر شرکت‌کننده یک کد منحصر به فرد اختصاص داده شد و اطلاعات آنها به منظور حفظ حریم خصوصی و محرمانگی، قبل از در دسترس قرار گرفتن برای تیم تحقیق، ناشناس‌سازی شد. رضایت‌نامه کتبی آگاهانه از تمامی شرکت‌کنندگان پس از توضیح کامل اهداف و روش‌های مطالعه اخذ شد. پروتکل این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی فسا تصویب شد (کد تأیید اخلاق: IR.FUMS.REC.1403.004) و مطابق با اصول اخلاقی اعلامیه هلسینکی (۱۹۷۵، بازبینی شده ۲۰۰۸) اجرا شد.

اندازه‌گیری‌های پیکرسنجی

داده‌های پیکرسنجی براساس پروتکل‌های استاندارد جمع‌آوری شد. وزن و قد شرکت‌کنندگان درحالی‌که لباس سبک به تن داشتند و بدون کفش بودند، با استفاده از ترازوها و قدسنج‌های کالیبره‌شده

اندازه‌گیری شد. دور کمر در نقطه میانی بین پایین‌ترین دنده و تاج خاصه‌ای اندازه‌گیری شد [۱۱] و دور باسن در پهن‌ترین نقطه باسن اندازه‌گیری شد [۱۲]. نمایه توده بدنی (BMI) به صورت وزن بر حسب کیلوگرم تقسیم بر مجذور قد بر حسب متر مربع (kg/m^2) محاسبه شد [۱۳].

علاوه بر این، چندین نمایه از جمله نمایه شکل بدن (ABSI) [۱۴]، نمایه گردی بدن (BRI) [۱۵]، نمایه چربی بدن (BAI) [۱۶]، نسبت دور کمر به دور باسن (WHR) [۱۷]، نسبت دور کمر به قد (WHtR) [۱۸]، نمایه حجم شکمی (AVI) [۱۹] و نمایه دور کمر تعدیل‌شده براساس وزن (WWI) [۲۰] با استفاده از داده‌های پیکرسنجی و فرمول‌های معتبر مشتق شدند. این نمایه‌ها به منظور ارزیابی ابعاد مختلف توزیع چربی بدن و میزان چاقی انتخاب شدند. برای درک بهتر این نمایه‌ها و نقش آنها در ارزیابی توزیع چربی بدن، تعاریف و توضیحات هر یک از آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تعاریف و توضیحات نمایه‌های چاقی استفاده شده در مطالعه

منبع	توضیحات	نمایه چاقی
[۱۳]	نمایه توده بدنی: وزن بر حسب کیلوگرم تقسیم بر مجذور قد بر حسب متر مربع (کیلوگرم بر متر مربع).	BMI
[۱۱]	دور کمر: اندازه‌گیری شده در نقطه میانی بین پایین‌ترین دنده و تاج خاصه‌ای (سانتی‌متر).	WC
[۱۲]	دور باسن: اندازه‌گیری شده در پهن‌ترین نقطه باسن (سانتی‌متر).	HC
[۱۴]	نمایه شکل بدن: معیاری از توزیع چربی بدن که وزن، دور کمر و قد را لحاظ می‌کند (بدون واحد (عدد محاسبه شده)).	ABSI
[۱۵]	نمایه گردی بدن: نمایه‌ای که توزیع چربی بدن را براساس دور کمر و قد ارزیابی می‌کند (بدون واحد (عدد محاسبه شده)).	BRI
[۱۶]	نمایه چربی بدن: معیاری از درصد چربی بدن براساس دور باسن و قد (درصد).	BAI
[۱۷]	نسبت دور کمر به دور باسن: نسبت دور کمر به دور باسن (بدون واحد (نسبت عددی)).	WHR
[۱۸]	نسبت دور کمر به قد: نسبت دور کمر به قد (بدون واحد (نسبت عددی)).	WHtR
[۱۹]	نمایه حجم شکمی: معیاری از حجم چربی شکمی مشتق‌شده از اندازه‌گیری‌های دور کمر و باسن (بدون واحد (عدد محاسبه شده)).	AVI
[۲۰]	نمایه دور کمر تعدیل‌شده براساس وزن: معیاری که دور کمر را نسبت به وزن بدن ارزیابی می‌کند (بدون واحد (عدد محاسبه شده)).	WWI

اختصارات: BMI: نمایه توده بدنی (Body Mass Index)؛ WC: دور کمر (Waist Circumference)؛ HC: دور لگن (Hip Circumference)؛ ABSI: نمایه شکل بدن (A Body Shape Index)؛ BRI: نمایه گردی بدن (Body Roundness Index)؛ BAI: نمایه چربی بدن (Body Adiposity Index)؛ WHR: نسبت دور کمر به دور لگن (Waist-to-Hip Ratio)؛ WHtR: نسبت دور کمر به قد (Waist-to-Height Ratio)؛ AVI: نمایه حجم شکمی (Abdominal Volume Index)؛ WWI: نمایه دور کمر برحسب وزن (Weight-adjusted Waist Index).

تحلیل آماری

ویژگی‌های پایه‌ای شرکت‌کنندگان براساس جنس و وضعیت دیابت، با استفاده از آزمون t مستقل برای متغیرهای پیوسته تحلیل شد. مقادیر P کمتر از $0/05$ معنادار تلقی شدند. نسبت شانس (OR) و بازه‌های اطمینان 95% $(95\% CI)$ برای شانس ابتلا به دیابت برای هر نمایه پیکرسنجی با استفاده از مدل‌های رگرسیون لجستیک و با تعدیل متغیرهای مخدوش‌گر از جمله سن، شغل، وضعیت تأهل، فعالیت بدنی و سیگار کشیدن محاسبه شد. برای بررسی هم‌خطی احتمالی بین نمایه‌های پیکرسنجی، مقادیر نمایه تورم واریانس $(VIF)^3$ بررسی شد. تمامی مقادیر VIF کمتر از آستانه 10 بودند که نشان می‌دهد هم‌خطی مشکل‌ساز نبوده است. منحنی‌های ROC⁴ برای هر نمایه پیکرسنجی رسم شد تا توانایی آنها در ارتباط با شانس ابتلا به دیابت ارزیابی شود. سطح زیر منحنی (AUC) برای سنجش دقت هر نمایه محاسبه شد، به طوری که مقادیر بالاتر AUC نشان‌دهنده عملکرد ارتباطی قوی‌تر بودند. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 16.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) انجام شد.

برای تعیین بهترین نقطه برش هر نمایه پیکرسنجی در ارتباط با شانس ابتلا به دیابت، تحلیل منحنی ROC برای جمعیت کل انجام شد و نمایه بهینه براساس معیار یودن (Youden index) استخراج گردید. برای هر نمایه، نقطه برش بهینه همراه با مقادیر حساسیت، ویژگی و سطح زیر منحنی $(AUC)^5$ محاسبه و در یک جدول مجزا گزارش شد. این تحلیل امکان مقایسه مستقیم ارزش تشخیصی نمایه‌های پیکرسنجی را فراهم کرد و به شناسایی نمایه‌هایی کمک نمود که در تعیین افراد در معرض شانس ابتلا به دیابت عملکرد

دقیق‌تری دارند. جدول مربوطه شامل نقطه برش، حساسیت، ویژگی و AUC برای تمامی نمایه‌ها در جمعیت کل است.

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت مطالعه و ارتباط نمایه‌های پیکرسنجی با دیابت
 جدول 2 ویژگی‌های جمعیت مطالعه و نمایه‌های پیکرسنجی را براساس وضعیت دیابت نشان می‌دهد. در جمعیت کل، میانگین سنی افراد دیابتی $(53/5 \pm 11/8)$ سال) به‌طور معنی‌داری بالاتر از افراد غیر دیابتی $(47/8 \pm 9/46)$ سال) بود $(P < 0/001)$. این روند در هر دو جنس نیز مشاهده شد.

قد در مردان و زنان تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های دیابتی و غیردیابتی نشان نداد، اما در جمعیت کل قد گروه دیابتی کمی کمتر از غیردیابتی‌ها بود. وزن، BMI، دور کمر (WC)، دور باسن (HC)، BRI، WHR، WHtR، AVI و WWI در افراد دیابتی به‌طور معناداری بالاتر از افراد غیر دیابتی بود $(P < 0/05)$ و این تفاوت در هر دو جنس حفظ شد. نمایه ABSI در جمعیت کل به‌طور معنی‌داری بالاتر در افراد دیابتی بود $(P < 0/001)$ ، ولی در مردان و زنان به‌صورت جداگانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نمایه BAI در جمعیت کل و زنان معنی‌دار بود $(P = 0/002)$ و $(P = 0/036)$ ، اما در مردان تفاوت معنی‌دار نبود $(P = 0/32)$.

به‌طور کلی، بیشتر نمایه‌های پیکرسنجی، به‌ویژه BMI، WC، BRI، WHR، WHtR، AVI و WWI، در افراد دیابتی بالاتر بوده و نشان‌دهنده ارتباط قوی بین افزایش نمایه‌های چاقی و احتمال ابتلا به دیابت هستند.

جدول 2- ویژگی‌های پایه‌ای و نمایه‌های پیکرسنجی در افراد دیابتی و غیردیابتی

	مرد		زن		جمعیت کل	
	دیابت	خیر	دیابت	خیر	دیابت	خیر
سن (سال)	$53/5 \pm 11/8$	$47/8 \pm 9/46$	$54/0 \pm 8/95$	$47/0 \pm 7/94$	$53/5 \pm 11/8$	$47/8 \pm 9/46$
نمایه‌های آنتروپومتریک						
قد (سانتی‌متر)	$168/4 \pm 6/50$	$169/0 \pm 6/50$	$168/4 \pm 6/50$	$168/4 \pm 6/50$	$168/4 \pm 6/50$	$168/4 \pm 6/50$
وزن (کیلوگرم)	$76/6 \pm 11/56$	$68/6 \pm 11/56$	$76/6 \pm 11/56$	$68/6 \pm 11/56$	$76/6 \pm 11/56$	$68/6 \pm 11/56$

⁴ Receiver operating characteristic
⁵ Area under the curve

¹ Odds ratio
² Confidence interval
³ Variance inflation factor

	*۹۴۳	۴۵۹۴	*۴۰۱	۴۱۴۳	*۱۳۴۴	۸۷۳۷	
BMI (kg/m²)	(۲۷/۶۷±۲/۵۷)	(۲۶/۶۹±۲/۹۳)	(۲۶/۳۰±۲/۹۷)	(۲۳/۹۹±۳/۷۹)	(۲۷/۲۴±۴/۷۶)	(۲۵/۰۴±۴/۸۲)	
WC (cm)	(۹۹/۳۹±۵/۹۵)	(۹۵/۴۹±۶/۵۳)	(۹۵/۴۸±۷/۵۷)	(۸۸/۹۰±۸/۷۷)	(۹۸/۲۲±۱۱/۳۷)	(۹۲/۳۶±۱۱/۶۵)	
HC (cm)	(۱۰۱/۸۴±۶/۰۰)	(۱۰۱/۱۵±۶/۲۷)	(۹۹/۹۱±۵/۵۰)	(۹۷/۳۴±۶/۶۸)	(۱۰۱/۲۶±۹/۲۳)	(۹۹/۳۴±۸/۷۴)	
ABSI	(۰/۳۳±۰/۰۸)	(۰/۳۴±۰/۰۹)	(۰/۳۳±۰/۰۴)	(۰/۳۸±۰/۰۶)	(۰/۳۴±۰/۰۹)	(۰/۳۲±۰/۰۸)	
BRI	(۶/۴۷±۰/۶۶)	(۵/۸۵±۰/۷۵)	(۴/۷۹±۰/۷۳)	(۳/۹۵±۰/۸۳)	(۶/۴۷±۱/۷۹)	(۵/۸۵±۱/۷۶)	
BAI (%)	(۲۴/۲۵±۲/۴۲)	(۲۳/۷۶±۲/۸۱)	(۱۷/۲۷±۲/۶۸)	(۱۶/۱۶±۲/۳۳)	(۲۴/۲۴±۴/۵۴)	(۲۳/۷۵±۴/۴۲)	
WHR	(۰/۹۸±۰/۰۵)	(۰/۹۴±۰/۰۵)	(۰/۹۵±۰/۰۵)	(۰/۹۱±۰/۰۶)	(۰/۹۷±۰/۰۵)	(۰/۹۴±۰/۰۶)	
WHtR	(۰/۶۴±۰/۰۳)	(۰/۶۱±۰/۰۴)	(۰/۵۷±۰/۰۳)	(۰/۵۳±۰/۰۴)	(۰/۶۴±۰/۰۷)	(۰/۶۱±۰/۰۷)	
AVI	(۲۰/۰۴±۱/۹۷)	(۱۸/۵۵±۲/۱۹)	(۱۸/۵۳±۲/۰۰)	(۱۶/۱۲±۲/۲۳)	(۲۰/۰۳±۴/۵۲)	(۱۸/۵۴±۴/۵۴)	
WWI	(۱۲/۱۹±۰/۶۴)	(۱۱/۹۰±۰/۶۷)	(۱۱/۰۷±۰/۷۴)	(۱۰/۷۷±۰/۴۹)	(۱۲/۱۹±۰/۷۱)	(۱۱/۹۰±۰/۷۵)	

ویژگی‌های پایه‌ای و نمایه‌های پیکرسنجی در جمعیت مطالعه براساس وضعیت دیابت (میانگین ± انحراف معیار). مقادیر سنی، قد، وزن و نمایه‌های مختلف پیکرسنجی برای کل جمعیت، مردان و زنان، در افراد دیابتی و غیردیابتی ارائه شده است. تفاوت‌ها با استفاده از آزمون t مستقل بررسی شده و مقادیر P نشان‌دهنده معناداری آماری تفاوت‌ها است. اختصارات: BMI: نمایه توده بدنی؛ WC: دور کمر؛ HC: دور لگن؛ ABSI: نمایه شکل بدن؛ BRI: نمایه گردی بدن؛ BAI: نمایه چربی بدن؛ WHR: نسبت دور کمر به دور لگن؛ WHtR: نسبت دور کمر به قد؛ AVI: نمایه حجم شکمی؛ WWI: نمایه دور کمر برحسب وزن. مقدار P کمتر از ۰/۰۵ از نظر آماری معنادار در نظر گرفته شد.

ارتباط نمایه‌های پیکرسنجی با شانس ابتلا به دیابت

یافته‌های این مطالعه نشان داد که ارتباط میان نمایه‌های پیکرسنجی و شانس ابتلا به دیابت با توجه به جنس و همچنین قبل و بعد از تعدیل عوامل مخدوش‌گر متفاوت است. جدول ۳ نسبت شانس (OR)، بازه اطمینان ۹۵٪ و مقادیر P را برای مدل‌های خام (Unadjusted) و تعدیل شده (Adjusted) به تفکیک جنس ارائه می‌کند.

در مدل‌های خام، اغلب نمایه‌های پیکرسنجی شامل BMI، WC، HC، WHR، WHtR، AVI و WWI در هر دو جنس با افزایش شانس ابتلا به دیابت معنی‌دار داشتند (P < ۰/۰۵) با این حال، نمایه‌هایی که بیشترین ارتباط را نشان دادند عبارت بودند از WC، WHR، WHtR، AVI و WWI که در مردان و زنان تقریباً به‌طور یکنواخت دارای اثرات معنی‌دار و قوی بودند.

در میان نمایه‌های مبتنی بر توزیع چربی بدن، BRI در مردان (P < ۰/۰۳۴) و زنان (P < ۰/۰۰۱) دارای ارتباط معنی‌دار بود، اما در مدل تعدیل شده این ارتباط تنها در زنان باقی ماند (OR = ۱/۳۴۲، P = ۰/۰۴۱) نمایه BAI تنها در زنان (خام و تعدیل شده) ارتباط معنی‌دار با شانس دیابت

داشت، اما در مردان فاقد معنی‌داری بود.

نمایه ABSI در هیچ‌یک از مدل‌ها و هیچ‌یک از دو جنس ارتباط معنی‌داری با شانس ابتلا به دیابت نشان نداد، که بیانگر قدرت پیش‌بینی پایین این نمایه در این جمعیت است.

پس از تعدیل متغیرهای مخدوش‌گر (سن، وضعیت تأهل، شغل، فعالیت بدنی و مصرف سیگار)، الگوی نتایج نشان داد که WC، WHtR، WHR، AVI و WWI همچنان در مردان و تا حدودی در زنان به‌عنوان نمایه‌های قوی و معنی‌دار باقی ماندند. این نمایه‌ها نسبت به نمایه‌های دیگر همچون ABSI و BAI عملکرد ارتباطی قوی‌تری داشتند.

به‌طور کلی، یافته‌ها نشان دادند که نمایه‌های مبتنی بر چاقی شکمی (WC، WHR، WHtR، AVI، WWI) نسبت به نمایه‌های مبتنی بر چربی کلی بدن (مانند BMI و BAI) ارتباط قوی‌تری با شانس ابتلا به دیابت دارند. این الگو در مردان بارزتر از زنان مشاهده شد.

توان پیش‌بینی نمایه‌های پیکرسنجی برای دیابت

در این مطالعه، توان پیش‌بینی نمایه‌های مختلف پیکرسنجی برای ابتلا به دیابت با استفاده از تحلیل ROC ارزیابی شد. جدول ۴ مقادیر سطح زیر منحنی (AUC)، همراه با حدهای پایین و بالای فاصله اطمینان (95% CI)، را در سه گروه شامل جمعیت کل، مردان و زنان ارائه می‌کند.

بر اساس یافته‌ها، نسبت دور کمر به دور باسن (WHR) بالاترین مقدار AUC را در هر سه گروه نشان داد (جمعیت کل ۰/۶۵۱، مردان ۰/۶۶۱، زنان ۰/۶۵۱)، که بیانگر بهترین توان پیش‌بینی دیابت در مقایسه با سایر نمایه‌ها است. پس از WHR، در جمعیت کل دور کمر (WC) دقت بالاتری داشت (۰/۵۹۹)، در حالی که در مردان نمایه‌های BRI و WHtR با AUC برابر (۰/۵۸۹) عملکرد بهتری

نسبت به سایر نمایه‌ها (به جزء WHR) نشان دادند. در زنان نیز نمایه‌های WC، BRI، WHtR و WWI عملکرد مشابه و نسبتاً مطلوبی داشتند (حدود ۰/۵۷۹ تا ۰/۵۷۸).

در عین حال، نمایه‌های HC، BAI و ABSI در هر سه گروه کمترین توان پیش‌بینی را داشتند (AUC بین ۰/۴۴۴ تا ۰/۴۹۹). این نتایج نشان می‌دهد که نمایه‌های مرتبط با چاقی مرکزی نسبت به نمایه‌های کلی چاقی، دقت قابل توجه‌تری در پیش‌بینی دیابت دارند.

به‌طور کلی، یافته‌ها تأیید می‌کنند که WHR بهترین نمایه پیکرسنجی برای پیش‌بینی دیابت است و پس از آن بسته به جنس، WC (در جمعیت کل و زنان) یا BRI/WHtR (در مردان) قرار می‌گیرند.

جدول ۳- ارتباط نمایه‌های پیکرسنجی با شانس ابتلا به دیابت بر اساس جنس

	Adjusted		Unadjusted		
	زن	مرد	زن	مرد	
	۱/۰۰۸ (۰/۸۲۲ - ۱/۲۳۷)	*۱/۱۵۴ (۱/۰۹۵ - ۱/۲۱۶)	۰/۹۷۸ (۰/۱۲۳ - ۱/۰۷)	*۱/۱۲۲ (۱/۰۸۲ - ۱/۱۶۳)	BMI (kg/m²)
	۰/۹۸۷ (۰/۸۸۵ - ۱/۱۰۱)	*۱/۰۵۵ (۱/۰۳۳ - ۱/۰۷۸)	*۱/۰۴۲ (۱/۰۱۹ - ۱/۰۶۴)	*۱/۰۵۶ (۱/۰۰۴ - ۱/۰۷۲)	WC (cm)
	۰/۹۸۷ (۰/۸۸۵ - ۱/۱۰۱)	*۱/۰۳۹ (۱/۰۱۲ - ۱/۰۶۸)	*۰/۹۷۷ (۰/۹۵۶ - ۰/۹۹۸)	*۱/۰۲۸ (۱/۰۰۸ - ۱/۰۴۷)	HC (cm)
	۰/۹۸۷ (۰/۲۳۱ - ۰/۲۳۲)	۱/۹۴ (۰/۸۸ - ۹/۲۳۴)	۰/۷۳۳ (۰/۱۶۸ - ۳/۱۹۹)	۲/۹۳۵ (۰/۷۶ - ۱۱/۳۴۱)	ABSI
	*۱/۳۴۲ (۱/۱۲ - ۱/۸۹)	۱/۰۹۸ (۰/۸۱۲ - ۱/۵۵۴)	*۱/۵۱۵ (۱/۲۴۴ - ۱/۸۴۵)	*۱/۱۵۵ (۰/۷۹۱ - ۱/۲۲۴)	BRI
	*۰/۹۷۶ (۰/۹۰۱ - ۰/۹۹۹)	۰/۴۸۷ (۰/۱۰۷ - ۱/۹۰۵)	*۰/۹۵۱ (۰/۹۰۷ - ۰/۹۹۷)	۰/۹۶۸ (۰/۳۲۷ - ۱/۰۱۱)	BAI (%)
	*۱/۱۱ (۱/۰۱۷ - ۱/۲۴)	*۱/۰۹ (۱/۰۷ - ۱/۱۱)	*۱/۱۵۴ (۱/۰۱۲ - ۱/۵۴۳)	*۱/۱۰۳ (۱/۰۳ - ۱/۳۲۱)	WHR
	*۱/۰۹ (۱/۰۲۳ - ۱/۶۵)	*۱/۰۷۷ (۱/۰۶ - ۱/۰۹۵)	*۱/۱۰۲ (۱/۰۱ - ۱/۲۰۱)	*۱/۰۷۷ (۱/۰۶ - ۱/۰۹۵)	WHtR
	*۱/۲۵۳ (۱/۰۱۳ - ۱/۷۱)	*۱/۲۳ (۱/۰۹۷ - ۲/۱۲)	*۱/۱۲۴ (۱/۰۵۵ - ۱/۱۹۸)	*۱/۰۵۱ (۱/۰۲۸ - ۱/۰۷۵)	AVI
	*۱/۴۳۶ (۱/۱۱۰ - ۱/۸۹۷)	*۱/۴۶۵ (۱/۱۲۱ - ۱/۷۰۱)	*۱/۵۳۶ (۱/۲۳۴ - ۱/۹۱۲)	*۱/۶۵۹ (۱/۴۴۹ - ۱/۹)	WWI

نسبت شانس (OR)، بازه اطمینان ۹۵ درصد (CI %۹۵) و مقادیر P برای ارتباط نمایه‌های مختلف پیکرسنجی با شانس ابتلا به دیابت در مدل‌های خام و تعدیل‌شده، به تفکیک جنس. مدل تعدیل‌شده شامل سن، وضعیت تأهل، شغل، سطح فعالیت بدنی و سیگار کشیدن است. مقادیر معنی‌دار با $P < ۰/۰۵$ مشخص می‌شوند. این جدول نشان می‌دهد که نمایه‌های چاقی شکمی شامل WC، WHR، WHtR، AVI و WWI قوی‌ترین ارتباط را با شانس ابتلا به دیابت دارند، در حالی که ABSI در هیچ‌یک از گروه‌ها معنی‌دار نبود. اختصارات: BMI: نمایه توده بدنی؛ WC: دور کمر؛ HC: دور لگن؛ ABSI: نمایه شکل بدن؛ BRI: نمایه گردی بدن؛ BAI: نمایه چربی بدن؛ WHR: نسبت دور کمر به دور لگن؛ WHtR: نسبت دور کمر به قد؛ AVI: نمایه حجم شکمی؛ WWI: نمایه دور کمر برحسب وزن.

جدول ۴- مقایسه AUC نمایه‌های پیکرسنجی برای پیش‌بینی دیابت

زن	مرد	جمعیت کل	
۰/۵۲۲ (۰/۴۷۴ ± ۰/۵۶۶)	۰/۵۳۰ (۰/۴۹۴ ± ۰/۵۷۶)	۰/۵۲۰ (۰/۴۸۹ ± ۰/۵۷۶)	BMI (kg/m ²)
۰/۵۷۹ (۰/۵۴۳ ± ۰/۶۱۵)	۰/۵۶۹ (۰/۵۱۳ ± ۰/۶۱۵)	۰/۵۹۹ (۰/۵۲۳ ± ۰/۶۲۵)	WC (cm)
۰/۴۵۴ (۰/۴۱۶ ± ۰/۴۹۱)	۰/۴۴۴ (۰/۴۲۶ ± ۰/۴۹۷)	۰/۴۵۹ (۰/۴۲۶ ± ۰/۴۹۹)	HC (cm)
۰/۴۹۹ (۰/۴۶۲ ± ۰/۵۳۵)	۰/۴۹۱ (۰/۴۵۲ ± ۰/۵۲۵)	۰/۴۹۹ (۰/۴۵۲ ± ۰/۵۳۵)	ABSI
۰/۵۷۹ (۰/۵۴۴ ± ۰/۶۱۵)	۰/۵۸۹ (۰/۵۲۴ ± ۰/۶۲۵)	۰/۵۷۹ (۰/۵۴۰ ± ۰/۶۱۹)	BRI
۰/۴۵۸ (۰/۴۲۳ ± ۰/۴۹۳)	۰/۴۴۸ (۰/۴۳۳ ± ۰/۴۹۶)	۰/۴۵۸ (۰/۴۲۹ ± ۰/۴۹۷)	BAI (%)
۰/۶۵۱ (۰/۶۱۵ ± ۰/۶۸۶)	۰/۶۶۱ (۰/۶۲۵ ± ۰/۶۸۶)	۰/۶۵۱ (۰/۶۰۵ ± ۰/۶۸۶)	WHR
۰/۵۷۹ (۰/۵۴۴ ± ۰/۶۱۵)	۰/۵۸۹ (۰/۵۴۹ ± ۰/۶۲۵)	۰/۵۷۹ (۰/۵۱۴ ± ۰/۶۱۵)	WHtR
۰/۵۷۴ (۰/۵۳۸ ± ۰/۶۱۰)	۰/۵۷۹ (۰/۵۲۸ ± ۰/۶۸۰)	۰/۵۷۴ (۰/۵۵۸ ± ۰/۶۲۰)	AVI
۰/۵۷۸ (۰/۵۴۱ ± ۰/۶۱۵)	۰/۵۷۹ (۰/۵۶۱ ± ۰/۶۴۵)	۰/۵۷۸ (۰/۵۵۱ ± ۰/۶۱۰)	WWI

مقادیر سطح زیر منحنی (AUC) و فاصله اطمینان ۹۵٪ برای نمایه‌های پیکرسنجی مختلف در پیش‌بینی دیابت در جمعیت کل، مردان و زنان. مقادیر بالاتر AUC نشان‌دهنده دقت بیشتر نمایه در تمایز بین افراد مبتلا و غیر مبتلا به دیابت است. نمایه WHR در هر سه گروه بالاترین توان پیش‌بینی را نشان داد. اختصارات: BMI: نمایه توده بدنی؛ WC: دور کمر؛ HC: دور لگن؛ ABSI: نمایه شکل بدن؛ BRI: نمایه گردی بدن؛ BAI: نمایه چربی بدن؛ WHR: نسبت دور کمر به دور لگن؛ WHtR: نسبت دور کمر به قد؛ AVI: نمایه حجم شکمی؛ WWI: نمایه دور کمر برحسب وزن. مقدار P کمتر از ۰/۰۵ از نظر آماری معنادار در نظر گرفته شد.

نقاط برش و ارزش تشخیصی نمایه‌های پیکرسنجی برای

پیش‌بینی دیابت

جدول ۵ نشان‌دهنده نقاط برش بهینه، حساسیت، ویژگی (Specificity) و نمایه یودن (Youden index) برای هر یک از نمایه‌های پیکرسنجی در پیش‌بینی دیابت در کل جمعیت مورد مطالعه است. نمایه یودن به‌عنوان معیاری ترکیبی برای تعیین طولنایی تفکیک افراد دیابتی از غیر دیابتی به‌کار رفته است و بالاتر بودن آن نشان‌دهنده دقت بالاتر نمایه در شناسایی افراد با شانس بالای ابتلا است.

براساس نتایج:

۱- نمایه‌های با بالاترین توان پیش‌بینی

- WHtR و WHR بالاترین نمایه یودن (۰/۷۲۷) را دارند که نشان‌دهنده بهترین عملکرد در تشخیص افراد با شانس بالای ابتلا به دیابت است.
- نقاط برش بهینه این نمایه‌ها به‌ترتیب: $BRI=4.1$ ، $WHR=0.91$ و $WHtR=0.53$.
- حساسیت نزدیک به ۰/۷۳ و ویژگی بالای ۰/۹۹ بیانگر قدرت تفکیک مناسب این نمایه‌ها است.

۲- نمایه‌های با عملکرد متوسط

- AVI و WWI نمایه یودن نسبتاً بالایی دارند (۰/۶۰۷ و ۰/۴۶۵) ولی حساسیت و ویژگی آنها کمتر از نمایه‌های چاقی مرکزی (WHR، BRI و WHtR) است.
- این نمایه‌ها هنوز قابل استفاده هستند ولی دقت کمتری در شناسایی افراد در معرض دیابت دارند.

۳- نمایه‌های با عملکرد پایین

- BMI، WC، BAI، HC و ABSI نمایه یودن پایینی دارند (مثلاً $BMI=0.051$ ، HC و $ABSI$ تقریباً صفر).
- برخی از این نمایه‌ها، مانند HC و $ABSI$ ، حساسیت صفر و ویژگی نزدیک به ۱ دارند که نشان‌دهنده توانایی بسیار محدود برای پیش‌بینی دیابت است و اساساً برای غربالگری مناسب نیستند.
- در مجموع، نمایه‌های مرتبط با چاقی مرکزی و نسبت‌های دور کمر و قد/باسن، دقت بالاتری نسبت به نمایه‌های چاقی عمومی دارند و WHR ، BRI و $WHtR$ نمایه‌های کلیدی برای شناسایی افراد در معرض دیابت در این جمعیت هستند.

جدول ۵- نقاط برش بهینه، حساسیت، ویژگی و نمایه یودن برای نمایه‌های مختلف پیکرسنجی در پیش‌بینی دیابت

نقطه برش	حساسیت	ویژگی	Youden index	
۲۱/۸۷	٪۷۹/۱	٪۲۶/۰	۰/۰۵۱	BMI (kg/m ²)
۸۴/۶۹	٪۶۶/۵	٪۴۷/۰	۰/۱۳۶	WC (cm)
۸۹/۱۷	٪۰/۰	٪۹۹/۹	-۰/۰۰۱	HC (cm)
۰/۳۱	٪۰/۰	٪۹۹/۹	-۰/۰۰۱	ABSI
۴/۱۰	٪۷۲/۹	٪۹۹/۷	۰/۷۲۷	BRI
۱۶/۰۳	٪۵۶/۵	٪۸۳/۲	۰/۳۹۷	BAI (%)
۰/۹۱	٪۷۲/۹	٪۹۹/۷	۰/۷۲۷	WHR
۰/۵۳	٪۷۲/۹	٪۹۹/۷	۰/۷۲۷	WHtR
۱۴/۱۹	٪۶۹/۹	٪۹۰/۸	۰/۶۰۷	AVI
۱۱/۳۹	٪۶۸/۹	٪۷۷/۷	۰/۴۶۵	WWI

این جدول نقاط برش بهینه هر نمایه را براساس تحلیل منحنی ROC و نمایه یودن ارائه می‌دهد. مقادیر بالاتر نمایه یودن نشان‌دهنده توانایی بالاتر نمایه در تفکیک افراد دیابتی از غیر دیابتی است. نمایه‌های WHtR، WHR و WHR بیشترین دقت را داشته و نمایه‌های BMI، HC و ABSI کمترین عملکرد پیش‌بینی را نشان دادند.

بحث

این مطالعه شواهد قانع‌کننده‌ای ارائه می‌دهد که نمایه‌های پیکرسنجی منعکس‌کننده چاقی مرکزی، قدرت تفکیک برتری برای دیابت در مقایسه با نمایه‌های چاقی عمومی در یک جمعیت نماینده بزرگسال ایرانی دارند. یافته ما مبنی بر اینکه نسبت دور کمر به دور باسن به‌عنوان قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده دیابت ظاهر شد، با شواهد اخیر از سایر کوهورت‌های خاورمیانه همسو است، جایی که WHtR ارتباطات پایداری با دیابت مستقل از معیارهای چاقی عمومی نشان داد [۲۱، ۲۲]. برتری پیش‌بینی WHtR (AUC: ۰/۶۵۱)، به‌دنبال آن نمایه‌های مبتنی بر دور کمر از جمله WHtR، BRI و WWI، بر واقعیتی مکانیستی تأکید می‌کند: چاقی احشایی پاتورژن دیابت را از طریق فعالیت متابولیک افزایش یافته که گردش اسیدهای چرب آزاد را ترویج می‌کند، هدایت می‌کند و مقاومت به انسولین را در بافت‌های محیطی القا می‌کند، درحالی‌که به‌طور هم‌زمان باعث آزادسازی سیتوکین‌های پیش‌التهابی و اختلال عملکرد آدیپوکین می‌شود [۲۳]. زیربناهای مکانیستی دلیل برتری نمایه‌های چاقی مرکزی نسبت به BMI و سایر معیارهای چاقی عمومی، شایسته بررسی عمیق‌تری است. بافت چربی احشایی ویژگی‌های متابولیک متمایزی در مقایسه با ذخایر زیرپوستی از خود نشان می‌دهد، از جمله فعالیت لیپولیتیک افزایش‌یافته، تخلیه مستقیم به گردش خون پورتال که متابولیسم کبدی و ترشح تقویت‌شده عوامل مضر متابولیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲۴]. مطالعات با استفاده از کمی‌سازی مستقیم چربی

احشایی نشان داده‌اند که چاقی احشایی به‌طور قوی‌تری با مقاومت به انسولین نسبت به چربی کل بدن یا BMI مرتبط است [۲۳]، که مشاهده ما را تأیید می‌کند مبنی بر اینکه نمایه‌های در برگیرنده توزیع چربی شکمی WHtR، WHR، BRI و WWI — به‌طور مداوم از BMI در پیش‌بینی دیابت بهتر عمل کردند. درحالی‌که تقریباً ۸۰ درصد از اسیدهای چرب آزاد منتقل شده به کبد از چربی زیرپوستی منشأ می‌گیرند، بازسازی پاتولوژیک رخ داده به‌طور خاص در ذخایر احشایی، از جمله هیپرتروفی آدیپوسیت، هیپوکسی و نفوذ سلول‌های التهابی، ممکن است توضیح دهد که علی‌رغم سهم مطلق کوچک‌تر آن در جریان اسید چرب سیستمیک، چرا چربی احشایی به‌طور نامتناسب به اختلال عملکرد متابولیک کمک می‌کند [۲۵].

یافته ما مبنی بر اینکه WHtR، BRI، WHR و WHtR ظرفیت تفکیکی بهینه یکسانی (نمایه یودن: ۰/۷۲۷) با حساسیت و ویژگی تقریباً برابر نشان دادند، شایسته توجه ویژه است. تحلیل‌های مقیاس بزرگ اخیر از جمعیت‌های NHANES گزارش کرده‌اند که BRI پیش‌بینی دیابت برتری در مقایسه با نمایه‌های سنتی نشان می‌دهد، به‌طوری‌که هر واحد افزایش در BRI با ۱۷ درصد افزایش شانس ابتلا به دیابت همراه است [۲۶، ۲۷]. علاوه بر این، مطالعات کوهورت آینده‌نگر در جمعیت‌های فشار خون بالا، BRI را به‌عنوان برترین پیش‌بینی‌کننده شروع دیابت شناسایی کردند که از BMI، دور کمر و سایر معیارهای پیکرسنجی پیشی گرفت [۷]. نمایه گردی بدن، با مدل‌سازی شکل بدن انسان به‌عنوان یک بیضی و کمی‌سازی گردی از طریق خروج

معیارهای سستی از جمله دور کمر و نسبت دور کمر به دور باسن در دقت پیش‌بینی پیشی می‌گیرد [۳۴]. برتری WWI ممکن است از تعدیل وزن آن ناشی شود، که به‌طور مؤثری دور کمر را برای توده بدن نرمال می‌کند درحالی‌که اطلاعات مربوط به توزیع چربی مرکزی را حفظ می‌کند، و در نتیجه افرادی با چاقی احشایی نامتناسب نسبت به اندازه کلی بدن خود را شناسایی می‌کند [۳۵]. این اصل تعدیل وزن با مشاهدات بالینی افراد «چاق متابولیکی با وزن طبیعی» که چربی احشایی اضافی دارند علی‌رغم BMI قابل قبول، همسو است.

الگوهای خاص جنسیتی مشاهده شده در تحلیل ما تفاوت‌های بیولوژیک مهمی را در روابط چاقی-دیابت روشن می‌کند. پس از تعدیل عوامل مخدوش گر، WHtR، WHR، WC، AVI و WWI ارتباطات قوی‌تری با دیابت در مردان در مقایسه با زنان حفظ کردند، درحالی‌که BAI و BAI ارتباطات خاص زنان را نشان دادند. این تفاوت‌های جنسی منعکس‌کننده دو شکلی‌های فیزیولوژیک زمینه‌ای هستند: زنان افزایش‌های مرتبط با سن برجسته‌تری در دور کمر نشان می‌دهند، روابط قوی‌تری بین دور کمر و چربی زیرپوستی داخل شکمی در سنین جوان‌تری دارند، اما پس از یائسگی به سمت چاقی احشایی الگوی مردانه انتقال می‌یابند [۳۶]. یک مقایسه سیستماتیک در پارامترهای متعدد پیکرسنجی و بیوشیمیایی نشان داد که دیابت در زنان راحت‌تر از مردان قابل پیش‌بینی است، با ارتباطات قوی‌تری که برای سن، دور کمر، BMI، فشار خون و پارامترهای چربی خون در جمعیت‌های زن مشاهده شد [۳۷]. علاوه بر این، زنان به‌طور کلی بار عوامل خطر بیشتری را در زمان تشخیص دیابت متحمل می‌شوند، به‌ویژه چاقی، و نوسانات هورمونی برجسته‌تری را در طول عمر تجربه می‌کنند که پروفایل‌های خطر کاردیومتابولیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳۸]. یافته ما مبنی بر اینکه نمایه‌های چاقی مرکزی به‌طور مداوم‌تر در مردان عمل کردند ممکن است منعکس‌کننده تجمع زودتر و برجسته‌تر چربی احشایی در مردان باشد، درحالی‌که شانس ابتلا به دیابت زنان شامل تعاملات پیچیده‌تری بین الگوهای چاقی، وضعیت هورمونی و عوامل متابولیک است.

پیامدهای بالینی یافته‌های ما فراتر از علاقه آکادمیک به راهبردهای عملی غربالگری دیابت گسترش می‌یابد. مقادیر برش بهینه‌ای که ما شناسایی کردیم — $BRI = 4.1$ ، $WHtR = 0.53$ ، $WHR = 0.91$ — آستانه‌های خاص جمعیت را فراهم می‌کنند که بین حساسیت و ویژگی برای شناسایی دیابت تعادل برقرار می‌کنند. مطالعات کوهورت اخیر به‌طور مشابه مقادیر برش WHR خاص جمعیت (0.926 برای مردان، 0.83 برای زنان) را شناسایی کرده‌اند که با

از مرکز، برآوردی هندسی از چاقی احشایی ارائه می‌دهد که به‌شدت با چربی احشایی اندازه‌گیری شده مستقیم همبسته است [۲۸]. هم‌گرایی WHtR، WHR و WHR در عملکرد پیش‌بینی تقریباً یکسان در تحلیل ما نشان می‌دهد که این نمایه‌ها جنبه‌های همپوشان اما مکمل چاقی مرکزی را ضبط می‌کنند. BRI از طریق کمی‌سازی هندسی شکل بدن، WHtR از طریق استانداردسازی دور کمر به قد که اندازه قاب بدن را در نظر می‌گیرد، و WHR از طریق الگوهای توزیع چربی شکمی به گلوئوفورمال.

عملکرد نسبتاً ضعیف ABSI در جمعیت ما یک یافته منفی مهم را نشان می‌دهد که کاربردپذیری جهانی این نمایه را به چالش می‌کشد. درحالی‌که برخی مطالعات در جمعیت‌های خاص نشان داده‌اند که ABSI دیابت را بهتر از BMI پیش‌بینی می‌کند، تحقیقات متعدد در جمعیت‌های چینی و سایر آسیایی نشان داده‌اند که ABSI با مقادیر AUC به‌طور مداوم زیر 0.70 ، مشابه یا پایین‌تر از معیارهای سستی عمل می‌کند [۲۹، ۳۰]. یک تحلیل مقطعی در بزرگسالان چینی بدون دیابت دریافت که ABSI قدرت تفکیک ضعیفی برای مقاومت به انسولین نشان داد ($AUC: 0.618$)، به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از BMI، دور کمر و گلوکز ناشتا [۳۱]. یک بررسی سیستماتیک اشاره کرد که ABSI به‌شدت حول میانگین خود با واریانس نسبتاً کوچک خوشه‌بندی شده است، که تعریف مقادیر برش بالینی معنادار برای کاربرد عملی را دشوار می‌سازد [۳۲]. یافته‌های ما این محدودیت‌ها را تأیید می‌کند، به‌طوری‌که ABSI تولنایی تفکیک حداقلی $AUC \sim 0.5$ (نمایه یودن نزدیک به صفر) نشان داد و اساساً در تشخیص افراد دیابتی از غیردیابتی در کوهورت ما ناکام ماند. ساختار ریاضی ABSI — طراحی شده برای جداسازی مؤلفه دور کمر مستقل از هم BMI و هم قد — ممکن است به‌طور متناقضی اطلاعات متابولیک بالینی مرتبط را حذف کند، به‌ویژه در جمعیت‌هایی که دور کمر به‌شدت با شانس ابتلا به دیابت همبسته است.

نمایه دور کمر تعدیل شده براساس وزن ظرفیت پیش‌بینی متوسط اما بالینی مرتبطی در تحلیل ما نشان داد، مشاهده‌ای که با شواهد نوظهور قرارگیری WWI به‌عنوان یک نمایه شانس ابتلا به کاردیومتابولیک جدید سازگار است. یک مطالعه کوهورت آینده‌نگر چینی اخیر با ۹ سال پیگیری گزارش کرد که WWI قوی‌ترین ارتباطات را با دیابت، بیماری قلبی-عروقی و مرگومیر در مقایسه با هشت نمایه چاقی دیگر نشان داد، با نسبت شانس ابتلا به دیابت که به $2/27$ در بالاترین چارک WWI رسید [۳۳]. تحلیل‌های مقیاس بزرگ از جمعیت‌های NHANES تأیید کردند که مقادیر بالاتر WWI با شیوع افزایش یافته دیابت همراه است، با ارتباطات به‌ویژه قوی مشاهده‌شده در بزرگسالان زیر ۴۰ سال، و اینکه WWI از

شانس بالای ابتلا به دیابت را به‌طور مؤثری شناسایی کنند و بنابراین ارزش آنها را در محیط‌های محدود، جایی که فناوری‌های تشخیصی پیشرفته در دسترس نیست، تقویت می‌کند.

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان می‌دهد که نمایه‌های پیکرسنجی منعکس‌کننده چاقی مرکزی — به‌ویژه BRI، WHR و WHtR — ظرفیت تفکیکی برتری برای دیابت در مقایسه با معیارهای چاقی عمومی در یک جمعیت بزرگسال ایرانی نشان می‌دهند. منطق مکانیستی زیربنای این برتری بر ویژگی‌های متابولیک منحصر به فرد بافت چربی احشایی متمرکز است، از جمله فعالیت لیپولیتیک تقویت‌شده، الگوهای تخلیه پورتال و پروفایل‌های ترشحی التهابی که به‌طور مستقیم مقاومت به انسولین و اختلال عملکرد سلول‌های بتا را ترویج می‌کند. عملکرد تقریباً معادل BRI، WHR و WHtR نشان می‌دهد که این نمایه‌ها ابعاد همپوشان چاقی مرکزی را از طریق رویکردهای ریاضی متمایز ضبط می‌کنند، درحالی‌که عملکرد ضعیف ABSI کاربرپذیری جهانی آن را در جمعیت‌ها زیر سؤال می‌برد. تفاوت‌های خاص جنسیتی در روابط چاقی-دیابت، با عملکرد مداوم‌تر نمایه‌های چاقی مرکزی در مردان، منعکس‌کننده دوشکل‌های بیولوژیک بنیادی در توزیع چربی و خطر متابولیک است. از منظر بالینی، لین اندازه‌گیری‌های ساده و ارزان ابزارهای غربالگری عملی برای طبقه‌بندی شانس ابتلا به دیابت ارائه می‌دهند، به‌ویژه در محیط‌های با منابع محدود، اگرچه مقادیر برش بهینه نیازمند اعتبارسنجی خاص جمعیت هستند. تحقیقات آینده باید این نمایه‌ها را به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده‌های دیابت در جمعیت‌های متنوع ایرانی به‌صورت آینده‌نگر اعتبارسنجی کنند، بررسی کنند که آیا مداخلات هدف‌گیری کاهش چاقی احشایی به‌طور ترجیحی پیامدهای متابولیک را بهبود می‌بخشند، و بررسی کنند که آیا ترکیب چندین نمایه چاقی مرکزی دقت پیش‌بینی را فراتر از رویکردهای تک نمایه‌ای افزایش می‌دهد. در نهایت، تغییر از ارزیابی شانس ابتلا — BMI — محور به چاقی مرکزی — محور نشان‌دهنده یک تکامل حیاتی در غربالگری بیماری‌های متابولیک است که با درک معاصر از فیزیوپاتولوژی بافت چربی همسو است.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع در ارتباط با انتشار این مقاله وجود ندارد.

نسبت شانس‌های افزایش‌یافته به‌طور قابل‌توجهی همراه هستند [۲۱]. هم‌گرایی شواهد در جمعیت‌های متعدد نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌های پیکرسنجی ساده و ارزان که چاقی مرکزی را ضبط می‌کنند، می‌توانند بدون نیاز به تصویربرداری پیچیده یا نشانگرهای زیستی گران، به‌طور مؤثری شانس ابتلا به دیابت را طبقه‌بندی کنند. با این حال، یافته‌های ما همچنین بر اهمیت اعتبارسنجی خاص جمعیت تأکید می‌کنند: مقادیر برش بهینه در قومیت‌ها، گروه‌های سنی و مناطق جغرافیایی متفاوت است، که احتمالاً منعکس‌کننده استعدادهای ژنتیکی، الگوهای غذایی و تفاوت‌های ترکیب بدن است.

چندین قوت روش‌شناختی از استحکام یافته‌های ما حمایت می‌کنند. حجم نمونه بزرگ بیش از ۱۰۰۰۰ شرکت‌کننده از یک جمعیت روستایی نماینده، اندازه‌گیری جامع نمایه‌های پیکرسنجی متعدد با استفاده از پروتکل‌های استاندارد، و تعدیل آماری دقیق برای عوامل مخدوش‌کننده احتمالی از جمله سن، شغل، وضعیت تأهل، فعالیت بدنی و سیگار کشیدن، اطمینان به نتایج ما را تقویت می‌کنند. طراحی مقطعی، با این حال، استنباط علی را منع می‌کند، و محیط تک‌مرکزی روستایی ممکن است تعمیم‌پذیری به جمعیت‌های شهری یا سایر مناطق منطقه‌ای در ایران را محدود کند. اتکا به گلوکز ناشتا و سابقه دارویی برای تشخیص دیابت، درحالی‌که عملی و به‌طور گسترده پذیرفته‌شده است، افراد با هیپرگلیسمی پس از غذای جداگانه یا دیابت تشخیص‌داده‌نشده را ثبت نمی‌کند. علاوه بر این، ما فاقد معیارهای مستقیم چاقی احشایی از طریق تکنیک‌های تصویربرداری بودیم، که اعتبارسنجی میزان همبستگی واقعی نمایه‌های پیکرسنجی ما با کمیت چربی احشایی را منع می‌کند.

پیامدهای علمی گسترده‌تر کار ما به درک در حال تکامل کمک می‌کند که ترکیب بدن بر وزن بدن در تعیین سلامت متابولیک برتری دارد. «فرضیه پورتال» فرض می‌کند که تخلیه مستقیم چربی احشایی به گردش خون پورتال، همراه با ترشح تقویت‌شده اسیدهای چرب آزاد، گلیسرول و سیتوکین‌های پیش‌التهابی، به‌طور مستقیم متابولیسم کبدی و حساسیت سیستمیک انسولین را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲۴]. چاقی احشایی با مجموعه‌ای از انحرافات متابولیک همراه است — مقاومت به انسولین، دیس‌لیپیدمی که با هیپرتری‌گلیسریدمی و^۱ HDL پایین مشخص می‌شود، التهاب سیستمیک، رسوب چربی خارج از محل در کبد و عضله، و اختلال عملکرد سلول‌های بتای پانکراس — که به‌طور جمعی فنوتیپ سندرم متابولیک را تعریف می‌کنند [۴۰، ۳۹]. یافته‌های ما نشان می‌دهد که نمایه‌های ساده مبتنی بر نوار متر می‌توانند فنوتیپ با

^۱ High density lipoprotein

سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی فسا (کُد طرح: ۸۰۲۲۱۷) انجام شد. نویسندگان بدین‌وسیله از همکاری‌ها و

حمایت‌های ارزشمند این دانشگاه صمیمانه قدردانی می‌کنند. همچنین این پژوهش با کُد اخلاق IR.FUMS.REC.1403.004 به تأیید کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی فسا رسیده است.

References

- Hossain MJ, Al-Mamun M, Islam MR. Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused. *Health Sci Rep.* 2024; 7: e2004.
- World Health O. Saving lives, spending less: the global investment case for noncommunicable diseases: *World Health Organization*; 2025.
- El-Kebbi IM, Bidikian NH, Hneiny L, Nasrallah MP. Epidemiology of type 2 diabetes in the Middle East and North Africa: Challenges and call for action. *World J Diabetes.* 2021; 12: 1401-1425.
- Hazar N, Jokar M, Namavari N, Hosseini S, Rahmanian V. An updated systematic review and Meta-analysis of the prevalence of type 2 diabetes in Iran, 1996–2023. *Frontiers in Public Health.* 2024; 12: 1322072.
- Sadeghi E, Khodadadiyan A, Hosseini SA, Hosseini SM, Aminorroaya A, Amini M, et al. Novel anthropometric indices for predicting type 2 diabetes mellitus. *BMC Public Health.* 2024; 24: 1033.
- Lybeck J, Tuomilehto J, Saramies J, Koironen M, Uusitalo H, Keinänen-Kiukaanniemi S, et al. A comparison of anthropometric indicators in predicting the incidence of diabetes and intermediate hyperglycaemia in Finland: a 22-year observational study. *BMC Public Health.* 2025; 25: 3879.
- Liu Y, Liu X, Guan H, Zhang S, Zhu Q, Fu X, et al. Body Roundness Index Is a Superior Obesity Index in Predicting Diabetes Risk Among Hypertensive Patients: A Prospective Cohort Study in China. *Front Cardiovasc Med.* 2021; 8: 736073.
- Fujita M, Sato Y, Nagashima K, Takahashi S, Hata A. Predictive power of a body shape index for development of diabetes, hypertension, and dyslipidemia in Japanese adults: a retrospective cohort study. *PLoS One.* 2015; 10: e0128972.
- Farjam M, Bahrami H, Bahramali E, Jamshidi J, Askari A, Zakeri H, et al. A cohort study protocol to analyze the predisposing factors to common chronic non-communicable diseases in rural areas: Fasa Cohort Study. *BMC Public Health.* 2016; 16: 1090.
- Homayounfar R, Farjam M, Bahramali E, Sharafi M, Poustchi H, Malekzadeh R, et al. Cohort Profile: The Fasa Adults Cohort Study (FACS): a prospective study of non-communicable diseases risks. *International Journal of Epidemiology.* 2023; 52: e172-e178.
- Lee S, Kim Y, Han M. Influence of Waist Circumference Measurement Site on Visceral Fat and Metabolic Risk in Youth. *J Obes Metab Syndr.* 2022; 31: 296-302.
- Cameron N. Chapter 11 - The measurement of human growth. In: Cameron N, Schell LM, editors. *Human Growth and Development (Third Edition)*. Boston: Academic Press; 2022; p.317-345.
- Sheibani H, Esmaeili H, Tayefi M, Saberi-Karimian M, Darroudi S, Mouhebbati M, et al. A comparison of body mass index and percent body fat as predictors of cardiovascular risk factors. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews.* 2019; 13: 570-575.
- Wu J, Wu G. Association between a body shape index and bone mineral density in US adults based on NHANES data. *Scientific Reports* 2025; 15: 2817.
- Zhang X, Ma N, Lin Q, Chen K, Zheng F, Wu J, et al. Body Roundness Index and All-Cause Mortality Among US Adults. *JAMA Netw Open.* 2024; 7: e2415051.
- Cerqueira MS, Santos CAD, Silva DAS, Amorim P, Marins JCB, Franceschini S. Validity of the Body Adiposity Index in Predicting Body Fat in Adults: A Systematic Review. *Advances in Nutrition.* 2018; 9: 617-624.
- Sruthi KG, John SM, Marconi David S. Assessment of obesity in the Indian setting: A clinical review. *Clinical Epidemiology and Global Health.* 2023; 23:101348.
- Tewari A, Kumar G, Maheshwari A, Tewari V, Tewari J. Comparative Evaluation of Waist-to-Height Ratio and BMI in Predicting Adverse Cardiovascular Outcome in People With Diabetes: A Systematic Review. *Cureus.* 2023; 15: e38801.
- Ramírez-Manent JI, López-González Á A, Tomás-Gil P, Riutord-Sbert P, Garrido-Sepulveda L, Vicente-Herrero MT. Relationship between Abdominal Volume Index and Body Adiposity Index and Scales of Insulin Resistance and Metabolic Syndrome. *Diagnostics (Basel).* 2023; 13:3356.
- Cao T, Xie R, Wang J, Xiao M, Wu H, Liu X, et al. Association of weight-adjusted waist index with all-cause mortality among non-Asian individuals: a national population-based cohort study. *Nutr J.* 2024; 23: 62.
- Aghaei M, Joukar F, Hasanipour S, Ranjbar ZA, Naghipour M, Mansour-Ghanaei F. The association between waist-to-hip ratio (WHR) with diabetes in the PERSIAN Guilan cohort study population. *BMC Endocrine Disorders.* 2024; 24:113.
- Liu N, Wang B, Zhang G, Shen M, Cheng P, Guo Z, et al. Waist-to-hip ratio better reflect beta-cell function and predicts diabetes risk in adult with overweight or obesity. *Annals of Medicine.* 2025; 57:2462447.
- Dhokte S, Czaja K. Visceral Adipose Tissue: The Hidden Culprit for Type 2 Diabetes. *Nutrients.* 2024; 16:1015.
- Lee MJ, Kim J. The pathophysiology of visceral adipose tissues in cardiometabolic diseases. *Biochem Pharmacol.* 2024; 222:116116.
- Klein S, Gastaldelli A, Yki-Järvinen H, Scherer PE. Why does obesity cause diabetes? *Cell Metab.* 2022; 34:11-20.
- Qiu L, Xiao Z, Fan B, Li L, Sun G. Association of body roundness index with diabetes and prediabetes in US adults from NHANES 2007-2018: a cross-sectional study. *Lipids in health and disease.* 2024; 23:252.
- Qiu L, Xiao Z, Fan B, Li L, Sun G. Association of body roundness index with diabetes and prediabetes in US adults from NHANES 2007–2018: a cross-sectional study. *Lipids in health and disease.* 2024; 23: 252.
- Zhao W, Tong J, Li J, Cao Y. Relationship between

- Body Roundness Index and Risk of Type 2 Diabetes in Japanese Men and Women: A Reanalysis of a Cohort Study. *Int J Endocrinol*. 2021; 2021:4535983.
29. Bawadi H, Abouwatfa M, Alsaeed S, Kerkadi A, Shi Z. Body Shape Index Is a Stronger Predictor of Diabetes. *Nutrients*. 2019; 11:1018.
 30. He S, Chen X. Could the new body shape index predict the new onset of diabetes mellitus in the Chinese population? *PLoS One*. 2013; 8:e50573.
 31. Wu K, He S, Zheng Y, Chen X. ABSI is a poor predictor of insulin resistance in Chinese adults and elderly without diabetes. *Arch Endocrinol Metab*. 2018; 62:523-529.
 32. Ji M, Zhang S, An R. Effectiveness of A Body Shape Index (ABSI) in predicting chronic diseases and mortality: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2018; 19: 737-759.
 33. Liu S, Yu J, Wang L, Zhang X, Wang F, Zhu Y. Weight-adjusted waist index as a practical predictor for diabetes, cardiovascular disease, and non-accidental mortality risk. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2024; 34:2498-2510.
 34. Li X, Zhao D, Wang H. Association between weight-adjusted waist index and risk of diabetes mellitus type 2 in United States adults and the predictive value of obesity indicators. *BMC Public Health*. 2024; 24:2025.
 35. Gong S, Mao J, Zhou Q, Zhou H, Liu Q, Sun T, et al. Weight adjusted waist index is a superior obesity index for predicting arterial stiffness in type 2 diabetes mellitus. *Scientific Reports*. 2025; 15:31859.
 36. Kautzky-Willer A, Harreiter J, Pacini G. Sex and Gender Differences in Risk, Pathophysiology and Complications of Type 2 Diabetes Mellitus. *Endocrine Reviews*. 2016; 37:278-316.
 37. Li T, Quan H, Zhang H, Lin L, Lin L, Ou Q, et al. Type 2 diabetes is more predictable in women than men by multiple anthropometric and biochemical measures. *Scientific Reports*. 2021; 11:6062.
 38. Kautzky-Willer A, Leutner M, Harreiter J. Sex differences in type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2023; 66:986-1002.
 39. Chait A, den Hartigh LJ. Adipose Tissue Distribution, Inflammation and Its Metabolic Consequences, Including Diabetes and Cardiovascular Disease. *Front Cardiovasc Med*. 2020; 7:22.
 40. Papaetis GS, Papakyriakou P, Panagiotou TN. Central obesity, type 2 diabetes and insulin: exploring a pathway full of thorns. *Archives of Medical Science* 2015; 11:463-482.