



ARAŞTIRMA / RESEARCH

## Yetişkin bireylerde metabolik sendromun belirlenmesinde obeziteyle ilişkili geleneksel ve yeni indekslerin karşılaştırılması

Comparison of traditional and novel obesity-related indices for identification of metabolic syndrome in adults

Sevil Karahan Yılmaz<sup>1</sup>, Fatih Özçiçek<sup>2</sup>, Cuma Mertoğlu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Erzincan, Turkey

<sup>2</sup>Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Medicine, Department of Internal Medicine, Erzincan, Turkey

<sup>3</sup>Inonu University, Faculty of Medicine, Department of Clinical Biochemistry, Malatya, Turkey

*Cukurova Medical Journal 2022;47(1):62-70*

### Abstract

**Purpose:** The aim of this study was to evaluate the traditional and novel obesity-related indices in the determination of metabolic syndrome in adults and to determine which marker is the better predictor.

**Materials and Methods:** A total of 419 adults between the ages of 18-65 were included in this study. Body weight, height, waist, hip and waist circumference, and blood pressure were measured; fasting blood glucose, total cholesterol, triglyceride, low-density lipoprotein cholesterol and high-density lipoprotein cholesterol values were analyzed. Metabolic syndrome (MetS) was defined using the International Diabetes Federation criteria. The values of 23 obesity-related indices were calculated.

**Results:** The prevalence of metabolic syndrome is 58.7% (male 41.2%; female 67.7%). The triglyceride glucose (TyG) index has the largest area under the curve (AUC) in both men (AUC = 0.894, cutoff = 3.9) and women (AUC = 0.901, cutoff = 3.9). In men, lipid accumulation product (LAP) had the second highest determination for MetS (AUC = 0.880, cut-off = 51.1), followed by TyG-waist/hip (AUC = 0.876, cut-off = 3.7). Cardiometabolic index (CMI) (AUC = 0.872, cut-off value = 1.3) and visceral adiposity index VAI (AUC = 0.868, cut-off value = 4.1) had the second and third largest AUCs, respectively, in women.

**Conclusion:** TyG index is the best predictor of MetS. Waist circumference could be an alternative index in large epidemiology survey due to its convenient and cost-effective characteristics.

**Keywords:** Metabolic syndrome, triglyceride-glucose index, visceral adiposity index, lipid accumulation product, cardiometabolic index.

### Öz

**Amaç:** Yetişkin bireylerde metabolik sendromun belirlenmesinde obeziteyle ilişkili geleneksel ve yeni indekslerin değerlendirilmesi ve hangi belirtecin daha iyi öngördürücü olduğunu belirleme amacı ile planlanmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Bu çalışmaya 18-65 yaş arası toplam 419 yetişkin birey dahil edildi. Vücut ağırlığı, boy uzunluğu, bel ve kalça çevresi ile kan basıncı ölçüldü; açlık kan şekeri, total kolesterol, trigliserit, düşük dansiteli lipoprotein kolesterol ve yüksek dansiteli lipoprotein kolesterol değerleri analiz edildi. Metabolik sendrom (MetS) Uluslararası Diabet Federasyonu kriterleri kullanılarak tanımlanmıştır. Obeziteyle ilişkili 23 indeksin değeri hesaplandı.

**Bulgular:** Metabolik sendrom prevalansı % 58,7 (erkek % 41,2; kadın % 67,7)'dir. Trigliserit-glikoz (TyG) indeksi hem erkeklerde (eğri altında kalan alan (AUC)= 0,894, kesme değeri = 9,3) hemde kadınlarda (AUC = 0,901, kesme değeri = 8,3) en büyük AUC'ye sahiptir. Erkeklerde lipit birikim ürünü (LAP), MetS için ikinci en yüksek belirlemeye sahip iken (AUC = 0,880, kesme değeri = 51,1), ardından TyG-bel/kalça (AUC = 0,876, kesme değeri = 3,7) gelmektedir. Kadınlarda kardiyometabolik indeks (CMI) (AUC = 0,872, kesme değeri = 1,3) ve visceral adipozite indeksi (VAI) (AUC = 0,868, kesme değeri = 4,1) sırasıyla ikinci ve üçüncü en büyük AUC'lere sahiptir.

**Sonuç:** TyG indeksi MetS belirlemede en iyi öngördürüdür. Bel çevresi kullanışlılığı ve uygun maliyetiyle büyük ölçekli epidemiyolojik çalışmalarda alternatif bir indeks olabilir.

**Anahtar kelimeler:** Metabolik sendrom, trigliserit-glikoz indeksi, visceral adipozite indeksi, lipit birikim ürünü, kardiyometabolik indeks.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Sevil Karahan Yılmaz, Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Erzincan, Turkey E-mail: karahany.sevil12@gmail.com

Geliş tarihi/Received: 30.09.2021 Kabul tarihi/Accepted: 30.11.2021

## GİRİŞ

Metabolik sendrom (MetS); dislipidemi, anormal glisemi, yüksek kan basıncı ve abdominal obezite gibi kardiyovasküler risk faktörlerinin birikmesi olarak tanımlanır<sup>1</sup>. MetS; diabetes mellitus (DM), kronik böbrek hastalığı, inme ve kardiyovasküler hastalıkların gelişim riski ve tüm nedenlere bağlı mortalite ile ilişkilidir<sup>2</sup>. MetS dünya çapında yüksek bir yaygınlık düzeyindedir. Ülkemizde ise İleriye Dönük Kentsel Kırsal Epidemiyolojik Çalışma (PURE) çalışmasının 2012 yılı izleminde, Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) kriterlerine göre MetS prevalansının %49,9'a (erkek: %46,9; kadın: %51,7) ulaştığı belirtilmiştir<sup>3</sup>. Türk Erişkinlerinde Kalp Hastalığı ve Risk Faktörleri (TEKHARF) Çalışması 2012 kohortunda da, erkeklerde bel çevresi kesim noktası  $\geq 95$  cm alınarak Ulusal Kolesterol Eğitim Programı 3. Erişkin Tedavi Paneli NCEP ATP III kriterleri kullanıldığında PURE çalışması ile benzer oranlar (toplam: %49,9; erkek: %45,1; kadın: %54,5) rapor edilmiştir<sup>4</sup>. Erken tanı MetS ile mücadelede uygun eylemler yapmak için önem arz etmektedir<sup>5</sup>.

Metabolik sendromdaki patojenik mekanizmaların çoğunda visceral yağlanmanın önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir<sup>6,7</sup>. Vücut kütle indeksi (BKİ), obezite durumunun basit bir ölçümü iken; bel çevresi (BÇ) abdominal adipoziteyi gösterir ve visceral adipoziteyi BKİ'ye göre daha iyi yansıtır<sup>8</sup>. Bel-kalça oranı (WHpR) ve bel-boy oranı (WHtR) bel çevresini temel alan antropometrik indekslere dayalıdır, ayrıca abdominal yağ yansıtır ve MetS'u tanımlamada BKİ'ye göre daha iyi göstergeler olduğu bildirilmiştir<sup>9,10</sup>. Abdominal hacim indeksi (AVI) genel hacmi değerlendirmek için kullanılır ve glukoz metabolizmasının disfonksiyonu ile ilişkilidir<sup>11</sup>. Vücut yuvarlaklık indeksi (BRI), vücut yağlanmasının bir göstergesidir<sup>12</sup>; BKİ ve bel-kalça oranına göre MetS için daha iyi tahmin değerine sahip olduğu gösterilmiştir<sup>13</sup>. Koniklik indeksi (CI), vücut şekli indeksi (ABSI) ve vücut adipozite indeksi (BAI) metabolik bozuklukları araştıran epidemiyolojik çalışmalarda da kullanılmıştır<sup>13-15</sup>. WHt.5R, boydan bağımsız bir BÇ indeksidir ve WHtR gibi diğer antropometrik indekslerden daha güçlü bir kardiyometabolik risk belirleyicisidir<sup>16</sup>. BKİ\BÇ'nin çocuklarda vücut yağ yüzdesini değerlendirmede etkili bildirilmiştir<sup>17</sup>. Bel çevresi ve boyun çevresini birlikte değerlendiren, üst vücuttaki hem abdominal hem de subkutan yağı dikkate alan yeni bir indeks olan PWNC, obezite hakkında daha fazla bilgi ve

geleneksel parametreler tarafından hesaba katılmayan daha fazla kardiyometabolik risk bilgisi sağlamaktadır<sup>18</sup>. Park ve arkadaşları tarafından bulunan bir obezite indeksi olan ağırlık ayarlı bel indeksi (WWI); kardiyometabolik hastalık ve tüm nedenlere bağlı ölüm riski için mükemmel öngörücüdür<sup>19</sup>.

Geleneksel endekslere ek olarak, birleştiren birkaç parametre antropometrik ve biyokimyasal ölçümler son zamanlarda önerilmiştir. Bunlar arasında ortaya çıkan indeksler, visceral adipozite indeksi (VAI) cinsiyete özgüdür ve MetS'in tanımlanmasında diğer geleneksel indekslere göre daha iyi bir gösterge olduğu bildirilmiştir<sup>20</sup>. Trigliseridlere ve açlık glikozuna dayalı Trigliserid-glikoz (TyG) indeksi insülini direncini<sup>21</sup> ve metabolik olarak sağlıklı bireyleri<sup>22</sup> yansıttığı bildirilen bir başka yeni parametredir. Lipid birikim ürünü (LAP) ve kardiyometabolik indeks (CMI) MetS'un iyi tahmin edicileri olarak belirtilmiştir<sup>23</sup>. Metabolik sendromun tanımlanmasında yeni adiposite indekslerinden BRI, ABSI, CI, üçlü kütle indeksi (TMI) ve TyG indeksleri kullanılmaktadır<sup>5,24</sup>.

Sosyo-ekonomik faktörler ve yaşam tarzının değişmesi ile birlikte MetS prevalansı hem gelişmiş hemde gelişmekte olan ülkelerde artış göstermektedir<sup>25</sup>. Metabolik sendromun prevalansının nasıl azaltılacağı ve etkili bir şekilde nasıl önlenebileceği önem arz etmektedir<sup>26</sup>. Metabolik sendrom tanısında birçok kriter kullanılmaktadır. Obeziteyle ilişkili indekslerle MetS arasındaki ilişkiyi araştıran farklı etnik köken ve bölgelerde yapılmış çok sayıda çalışma vardır. Ülkemizde yetişkin bireylerde MetS belirlenmesinde obeziteyle ilişkili indeksleri araştıran çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırma; yetişkin bireylerde MetS'un belirlenmesinde obeziteyle ilişkili geleneksel ve yeni indekslerin değerlendirilmesi ve hangi belirtecin daha iyi öngördürücü olduğunu belirlemek amacı ile planlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma tanımlayıcı, kesitsel, ilişki arayıcı ve prospektif bir araştırmadır.

## Örneklem

Araştırmanın çalışma evrenini Mayıs 2021-Ekim 2021 tarihleri arasında Erzincan İl Sağlık Müdürlüğü Binalı Yıldırım Üniversitesi Mengücek Gazi Eğitim Ve

Araştırma Hastanesi Dahiliye Polikliniği'ne başvuran bireyler oluşturmaktadır. Araştırmada herhangi bir örneklem seçim yöntemi kullanılmamış, tam sayım yöntemi ile araştırmaya katılmayı gönüllü olarak kabul eden bireyler araştırma kapsamına alınmıştır. Araştırmaya 18-65 yaş aralığında olan bireyler dahil edilirken; gebe ve emzikli kadınlar ile herhangi bir malign ve inflamatuvar hastalığı olan bireyler araştırmaya alınmamıştır. Number Cruncher Statistical System-Power Analysis and Sample Size (NCSS PASS 2008) yazılım programı kullanılarak %80 güç, %95 güven aralığında ve etki büyüklüğünün 0,33 ( $\alpha = 0.05$ ) olarak belirlendiği araştırmanın örneklem büyüklüğü 400 kişi olarak hesaplanmıştır. Araştırmaya katılmaya gönüllü hastalara bilgilendirilmiş gönüllü olur formu okutulup imzalatılarak, 419 birey araştırmaya dahil edilmiştir.

Araştırma Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından onaylanmış (tarih:30/04/2021sayı:05/33) ve Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüştür.

### Veri toplama araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak tanımlayıcı özellikler, antropometrik ölçümler, biyokimyasal parametreler ve antropometrik indeksler kullanılmıştır.

### Tanımlayıcı özellikler

Araştırmacılar tarafından hazırlanan bilgi formu bireylerin sosyo-demografik özellikleri, tanıttıcı özellikleri, hastalık durumlarına yönelik sorulardan oluşmaktadır.

### Antropometrik ölçümler

Vücut ağırlığı, boy uzunluğu, bel çevresi, kalça çevresi ve boyun çevresi Vücut ağırlığı, düzenli aralıklarla kalibre edilen hassas terazi ile ( $\pm 0.1$  kg'a duyarlı) ayakta ve ince kıyafetlerle; boy uzunlukları ayaklar yan yana ve baş Frankfort düzleminde (göz üçgeni ve kulak kepçesi üstü aynı hizada, yere paralel) iken ve ayak topukları duvara değecek bir şekilde ve esnemeyen mezur ile yöntemine uygun olarak ölçülmüştür. Bel çevresi, en alt kaburga kemiği ile krista iliak arası bulunarak orta noktadan geçen çevre esnemeyen mezur ile ölçülmüştür. Kalça çevresi; bireylerin sağ tarafından, kalçada en yüksek noktadan (arkada gluteus maksimusların ve önde simfizis pubisin üzerinden geçen en geniş çap) esnemeyen mezur ile yere paralel olarak alınmıştır. Boyun çevresi, bireyler ayakta frankfort düzlemde iken

bireyin sol tarafından larinks inferiorun alt ucu ile adam elması arasında boyun arkasına 90°C dikey iken esnemeyen mezura ile ölçülmüştür.

### Biyokimyasal parametreler ve kan basıncı ölçümü

Hastaların hekimleri tarafından istenen biyokimyasal parametrelerin (açlık kan şekeri (AKŞ), total kolesterol, trigliserit (TG), düşük dansiteli lipoprotein kolesterol (LDL-K) ve yüksek dansiteli lipoprotein kolesterol (HDL-K) sonuçları kullanılmıştır. AKŞ, total kolesterol, TG ve HDL-K analizleri spektrofotometre yöntemiyle Beckman Coulter AU640 cihazıyla, LDL-K analizi Friedewald formülü kullanılarak belirlenmiştir<sup>27</sup>. Kan basıncı ölçümü; hekim tarafından manuel tansiyon ölçüm aleti kullanılarak sol koldan alınmıştır.

Metabolik sendrom; IDF kriterleri kullanılarak tanımlanmıştır. Metabolik sendrom tanısı koyabilmek için aşağıdaki kriterlerden ikisi ve abdominal obezite varlığı gerekmektedir (bel çevresi:erkeklerde >94 cm, kadınlarda >80 cm) gereklidir: 1) TG $\geq$ 150 mg / dL; 2) HDL-K (erkeklerde <40 mg/dl, kadınlarda <50 mg/dl ); 3) hipertansiyon (kan basıncı  $\geq$ 130/85 mmHg) ya da antihipertansif tedavi alıyor olması ve 4) AKŞ  $\geq$ 100 mg/dl veya Tip 2 DM.

### Antropometrik indeksler

$$BKİ = [\text{Vücut ağırlığı} / (\text{boy uzunluğu (m)})^2]$$

$$\text{Bel-boy oranı (WHtR)} = \text{BÇ (cm)} / \text{boy uzunluğu (cm)}$$

$$\text{Bel-kalça oranı (WHpR)} = \text{BÇ (cm)} / \text{kalça çevresi (cm)}$$

$$\text{VAİ (Erkekler)} = \frac{[\text{BÇ (cm)} / (36.58 + (1.88 \times \text{BKİ})] \times (\text{TG} / 1.03) \times (1.31 / \text{HDL-K})}$$

$$\text{VAİ (Kadınlar)} = \frac{[\text{BÇ (cm)} / (36.58 + (1.88 \times \text{BKİ})] \times (\text{TG} / 0.81) \times (1.52 / \text{HDL-K})}$$

$$\text{BAİ} = [\text{Kalça çevresi (cm)} / \text{boy uzunluğu (m)}] \times 1.5 - 18$$

$$\text{LAP (Erkekler)} = [\text{BÇ (cm)} - 65] \times [\text{TG (mmol/L)}]$$

$$\text{LAP (Kadınlar)} = [\text{BÇ (cm)} - 58] \times [\text{TG (mmol/L)}]$$

$$\text{ABSI} = \text{BÇ (cm)} / (\text{BKİ}^2 / 3 \times \text{Boy uzunluğu}^{1/2})$$

$$\text{BRI} = 364.2 - 365.5[1 - \pi - 2\text{BÇ}^2 (\text{m}) \text{Boy} - 2 (\text{m})]^{1/2}$$

$$\text{AVI} = [2 \times \text{BÇ}^2 (\text{cm}) + 0.7 \times (\text{BÇ} - \text{Kalça çevresi})^2 (\text{cm})] / 1000$$

$$\text{CI} = [0.109 - 1\text{BÇ (m)}] \times [\text{Ağırlık (kg)} / \text{Boy (m)}] - 1/2]$$

$$\text{TMI} = \text{Ağırlık (kg)} / \text{Boy}^3 (\text{m})$$

$$\text{CMI} = \text{TG} / \text{HDL-K} \times \text{WHtR}$$

$$\text{PWNC} = \text{BÇ} \times \text{Boyun çevresi}$$

$$\text{WWI} = \text{BÇ} / \sqrt{\text{Ağırlık}}$$

$$\begin{aligned} \text{WHt.5R} &= \text{BÇ (cm)} / \text{Boy 0.5(cm)} \\ \text{BKİ} &= \sqrt{\text{BÇ}} = \text{BKİ} \times \sqrt{\text{BÇ (m)}} \\ \text{TyG} &= \ln(\text{TG} \times \text{AKŞ} / 2) \\ \text{TyG-BKİ} &= \text{TyG indeks} \cdot \text{BKİ} \\ \text{TyG-Bel çevresi indeksi} &= \text{TyG indeks} \cdot \text{Bel çevresi} \\ \text{TyG-Bel/kalça oranı} &= \text{TyG indeks} \cdot \text{Bel/kalça oranı} \\ \text{TyG-Bel/boy oranı} &= \text{TyG indeks} \cdot \text{Bel/boy oranı} \\ \text{WTI} &= \ln [\text{TG (mg/dl)} \text{ BÇ(cm)} / 2] \end{aligned}$$

### İstatistiksel analiz

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sayısal değişkenlerin dağılımının normalliği “Kolmogorov–Smirnov testi” kullanılarak değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde ortalama, standart sapma, yüzde ve “Independent T-Test” kullanılmıştır. Obezite indekslerinin tanılma değeri test edilirken receiver operator characteristics curve (ROC) analizi kullanılmıştır. Eğri altında kalan alan (AUC), kesim noktası, duyarlılık ve özgüllüğü belirlemek için ROC eğrisi analizi kullanılmıştır. İstatistiksel testler için anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak alınmıştır.

### BULGULAR

Araştırmaya yaş ortalaması  $56,8 \pm 14,9$  olan 143 (%34,1) erkek ve 276 (% 65,9) kadın birey katılmıştır. Metabolik sendrom prevalansı % 58,7 (erkek % 41,2;

kadın % 67,7)'dir. Bireylerin MetS durumlarına göre demografik özellikleri, antropometrik ve biyokimyasal ölçümleri Tablo1 ve obeziteyle ilişkili indeksleri Tablo2' de gösterilmiştir. Metabolik sendromu olan hem erkek hem kadın bireylerde yaş, BKİ, BÇ, kalça çevresi, bel/kalça oranı, bel/boy oranı, boyun çevresi, sistolik kan basıncı (SKB), diastolik kan basıncı (DKB), AKŞ, total kolesterol, TG, LDL-K, LAP, BRI, VAI, CMI, AVI, BAI, CI, TyG, TyG-BKİ, TyG-Bel çevresi indeksi, TyG-Bel/kalça oranı indeksi, TyG-Bel/boy oranı indeksi, PWNC, WWI, BKİ/√BÇ, WHt.5R indeksi, WTI ve TMI değerleri metabolik sendrom olmayanlara göre daha yüksek, HLD-K değeri ise daha düşük saptanmıştır ( $p < 0,05$ ).

Erkeklerde ve kadınlarda MetS'un belirlenmesinde obeziteyle ilişkili indekslerin ROC eğrisi altında kalan alanları, kesim noktaları, duyarlılık ve özgüllük değerleri Tablo 3 ve Tablo 4'de belirtilmiştir. TyG indeksi hem erkeklerde (AUC = 0,894, kesme değeri = 9,3) hem de kadınlarda (AUC = 0,901, kesme değeri = 8,3) en büyük AUC'ye sahiptir. Erkeklerde LAP, MetS için ikinci en yüksek belirlemeye sahip iken (AUC = 0,880, kesme değeri = 51,1), ardından TyG-bel/kalça indeksi (AUC = 0,876, kesme değeri = 3,7) gelmektedir. Kadınlarda CMI (AUC = 0,872, kesme değeri = 1,3) ve VAI (AUC = 0,868, kesme değeri = 4,1) sırasıyla ikinci ve üçüncü en büyük AUC'lere sahipken,

**Tablo 1. Metabolik Sendrom varlığına göre bireylerin demografik özellikleri, antropometrik ve biyokimyasal ölçümleri**

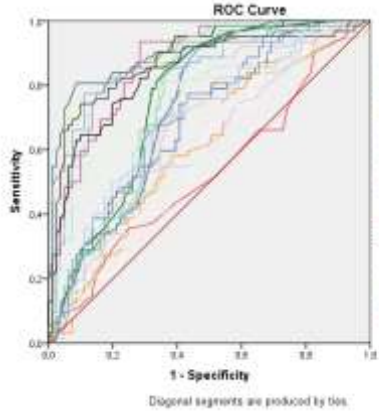
Değişkenler	Erkek (n=143)			Kadın (n=276)		
	MetS (+) (n=59) Ortalama±SD	MetS (-)(n=74) Ortalama±SD	p	MetS (+) (n=187) Ortalama±SD	MetS (-)(n=89) Ortalama±SD	p
Yaş	57,4±13,7	49,6±19,7	0,034	54,8±12,9	49,2±18,6	0,004
Sigara içme durumu (%)						
Evet	2(%3,2)	8(%9,9)	0,110	13(%7,0)	9(%10,1)	0,248
Hayır	60(%96,8)	73(%90,1)		174(%93,0)	80(%89,9)	
Bel çevresi (cm)	105,9±10,3	96,8±11,2	< 0.001	101,9±11,9	92,5±13,7	< 0.001
Kalça çevresi (cm)	107,3±9,5	101,9±8,6	< 0.001	113,6±10,2	106,3±13,4	< 0.001
Boyun çevresi (cm)	40,8±3,2	39,7±2,4	< 0.001	37,4±2,8	36,0±3,0	< 0.001
SKB (mmHg)	13,8±1,4	12,4±1,3	< 0.001	13,4±1,6	12,1±1,4	< 0.001
DKB (mmHg)	7,6±1,3	6,3±1,2	< 0.001	7,2±1,3	6,4±1,1	< 0.001
AKŞ (mg/dL)	183,9±91,0	111,1±33,6	< 0.001	180,9±89,8	108,8±37,7	< 0.001
Total kolesterol (mg/dL)	234,0±44,6	177,9±42,1	< 0.001	230,9±49,9	185,1±51,5	< 0.001
TG (mg/dL)	188,9±84,0	108,7±56,4	< 0.001	169,8±65,6	100,7±35,5	< 0.001
LDL-K (mg/dL)	146,8±38,1	105,8±31,0	< 0.001	146,6±39,9	115,9±38,3	< 0.001
HDL-K (mg/dL)	47,8±8,7	53,7±7,9	< 0.001	50,0±10,6	57,1±8,9	< 0.001

MetS: Metabolik sendrom, SD: Standart sapma, SKB:Sistolik kan basıncı, DKB: Diastolik kan basıncı, AKŞ: Açlık kan şekeri, TG: Trigliserit, LDL-K: Düşük yoğunluklu lipoprotein- kolesterol, HDL-K:Yüksek yoğunluklu lipoprotein- kolesterol

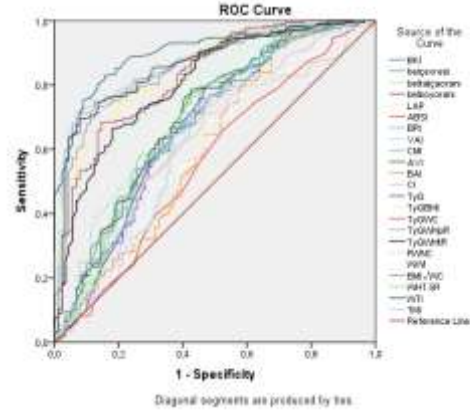
Tablo 2. Metabolik sendrom varlığına göre bireylerin obeziteyle ilişkili indeksleri

İndeksler	Erkek (n=143)			Kadın (n=276)		
	MetS (+) (n=59) Ortalama±SD	MetS (-)(n=74) Ortalama±SD	p	MetS (+) (n=187) Ortalama±SD	MetS (-)(n=89) Ortalama±SD	p
BKİ (kg/m <sup>2</sup> )	28,9±4,2	25,7±4,6	< 0,001	31,5±3,6	28,2±5,3	< 0,001
Bel/kalça oranı	0,9±0,1	0,8±0,0	< 0,001	0,9±0,1	0,8±0,1	0,002
Bel/boy oranı	0,6±0,1	0,5±0,1	< 0,001	0,6±0,1	0,5±0,1	< 0,001
LAP	87,1±55,9	39,0±21,8	< 0,001	86,3±51,0	40,4±25,2	< 0,001
ABSI	0,9±0,0	0,8±0,0	0,096	0,8±0,1	0,8±0,1	0,116
BRI	5,9±1,3	4,9±1,6	< 0,001	6,2±1,8	5,1±2,0	< 0,001
VAI	5,8±3,4	2,9±1,7	< 0,001	7,1±3,2	3,5±1,5	< 0,001
CMI	2,5±1,5	1,2±0,7	< 0,001	2,3±1,1	1,1±0,5	< 0,001
AVI	22,7±4,5	19,1±4,6	< 0,001	21,2±4,9	17,7±5,2	< 0,001
BAI	30,2±4,5	28,3±5,2	0,004	37,3±5,8	34,5±7,8	0,001
CI	1,4±0,0	1,3±0,0	< 0,001	1,3±0,1	1,2±0,1	0,001
TyG	9,5±0,3	8,7±0,2	< 0,001	9,0±0,3	8,1±0,2	< 0,001
TyG-BKİ	120,1±18,8	96,3±18,6	< 0,001	129,4±18,1	104,7±21,2	< 0,001
TyG-Bel çevresi indeksi	439,5±50,5	361,6±47,0	< 0,001	419,2±59,4	342,8±54,9	< 0,001
TyG-Bel/kalça oranı indeksi	4,1±0,4	3,5±0,3	< 0,001	3,7±0,4	3,2±0,3	< 0,001
TyG-Bel/boy oranı indeksi	2,6±0,3	2,1±0,3	< 0,001	2,6±0,4	2,1±0,4	< 0,001
PWNC	4353,6±746,3	3870,1±655,2	< 0,001	3835,4±659,5	3350,7±684,9	< 0,001
WWI	11,6±0,8	11,3±0,9	0,008	11,2±1,0	10,9±1,1	0,010
BKİ√BÇ	299,2±55,0	255,4±59,9	< 0,001	318,6±50,7	274,1±68,2	< 0,001
WHt.5R	8,1±0,7	7,4±0,9	< 0,001	8,0±0,9	7,3±1,1	< 0,001
WTI	9,1±0,5	8,5±0,4	< 0,001	9,0±0,4	8,4±0,3	< 0,001
TMI	16,9±2,3	15,1±2,7	< 0,001	19,4±2,3	17,6±3,4	< 0,001

BKİ: Beden kütle indeksi, LAP: Lipid birikim ürünü, ABSI: Vücut şekil indeksi, BRI: Vücut yuvarlaklık indeksi, VAI: Viseral adipozite indeksi, CMI: Kardiyometabolik indeks, AVI: Abdominal hacim indeksi, BAI: Vücut adipozite indeksi, CI: Koniklik indeksi, TyG: Trigliserit/glikoz indeksi, TyG-BKİ: Trigliserit/glikoz-Vücut kütle indeksi, TyG-Bel çevresi indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel çevresi indeksi, TyG-Bel/kalça oranı indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel/kalça oranı indeksi, TyG-Bel/boy oranı indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel/boy oranı indeksi, PWNC: Bel ve boyun çevresi çarpım indeksi, WWI: Ağırlık ayarlı bel indeksi, BKİ√BÇ: BKİ/√Bel çevresi indeksi, WHt.5R: Bel/boy.5R indeksi, WTI: Bel-trigliserit indeksi, TMI: Üçlü kütle indeksi.



Şekil 1. Erkeklerde metabolik sendromu öngören obeziteyle ilişkili indekslerin ROC eğrileri (n=143).



Şekil 2. Kadınlarda metabolik sendromu öngören obeziteyle ilişkili indekslerin ROC eğrileri (n=276).

**Tablo 3. Erkeklerde metabolik sendromu öngören obeziteyle ilişkili indekslerin ROC eğrisi altında kalan alanları, kesim noktaları, duyarlılık ve özgüllükleri**

Belirleyiciler	AUC	p	Kesim noktası	Duyarlılık	Özgüllük	OR(95% CI)
BKİ	0,692	< 0,001	27,7	0,597	0,605	0,607-0,778
Bel çevresi	0,758	< 0,001	99,5	0,710	0,691	0,679-0,837
Bel/kalça oranı	0,647	0,003	0,9	0,645	0,642	0,555-0,739
Bel/boy oranı	0,733	< 0,001	0,5	0,677	0,654	0,651-0,814
LAP	0,880	< 0,001	51,1	0,823	0,815	0,820-0,940
ABSI	0,528	0,560	0,8	0,516	0,481	0,432-0,625
BRI	0,734	< 0,001	5,1	0,661	0,667	0,653-0,815
VAI	0,828	< 0,001	3,1	0,806	0,802	0,755-0,902
CMI	0,848	< 0,001	1,3	0,806	0,802	0,780-0,917
AVI	0,759	< 0,001	19,8	0,710	0,691	0,680-0,837
BAI	0,613	0,020	29,1	0,581	0,568	0,521-0,705
CI	0,617	0,016	1,3	0,558	0,548	0,525-0,710
TyG	0,894	< 0,001	9,3	0,823	0,815	0,836-0,952
TyG-BKİ	0,812	< 0,001	110,4	0,726	0,728	0,743-0,880
TyG-Bel çevresi indeksi	0,870	< 0,001	407,7	0,758	0,765	0,813-0,927
TyG-Bel/kalça oranı indeksi	0,876	< 0,001	3,7	0,823	0,815	0,817-0,935
TyG-Bel/boy oranı indeksi	0,865	< 0,001	2,3	0,758	0,765	0,807-0,922
PWNC	0,722	< 0,001	3781,0	0,790	0,654	0,638-0,805
WWI	0,594	0,054	11,3	0,548	0,543	0,501-0,687
BKİ√BÇ	0,709	< 0,001	274,6	0,661	0,667	0,626-0,793
WHt,5R	0,759	< 0,001	7,5	0,677	0,679	0,681-0,838
WTI	0,864	< 0,001	8,7	0,790	0,815	0,798-0,929
TMI	0,697	< 0,001	16,3	0,661	0,667	0,611-0,784

AUC: Eğri altında kalan alan, OR: Odds oranı, CI: Güven aralığı, BKİ: Beden kütle indeksi, LAP: Lipid birikim ürünü, ABSI: Vücut şekil indeksi, BRI: Vücut yuvarlaklık indeksi, VAI: Vıseral adipozite indeksi, CMI: Kardiyometabolik indeks, AVI: Abdominal hacim indeksi, BAI: Vücut adipozite indeksi, CI: Koniklik indeksi, TyG: Trigliserit/glikoz indeksi, TyG-BKİ: Trigliserit/glikoz-Vücut kütle indeksi, TyG-Bel çevresi indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel çevresi indeksi, TyG-Bel/kalça oranı indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel/kalça oranı indeksi, TyG-Bel/boy oranı indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel/boy oranı indeksi, PWNC: Bel ve boyun çevresi çarpım indeksi, WWI: Ağırlık ayarlı bel indeksi, BKİ√BÇ: BKİ√Bel çevresi indeksi, WHt,5R: Bel/boy,5R indeksi, WTI: Bel-trigliserit indeksi, TMI: Üçlü kütle indeksi.

ABSI her iki cinsiyette de anlamlılık göstermemiştir ( $p>0.05$ ). Bel çevresine ait erkek (AUC = 0,758, kesme değeri = 99,5) ve kadınlarda (AUC = 0,700, kesme değeri = 96,5) bulunmuştur. Optimum kesme değerleri belirlenirken TyG, LAP ve TyG-bel/kalça indeksleri erkeklerde MetS'i öngördürmede en yüksek duyarlılık (0,823) ve en yüksek özgüllük (0,815) göstermiştir (Tablo 3); kadınlarda ise TyG indeksi MetS'i öngördürmede en yüksek duyarlılık (0,829) ve en yüksek özgüllüğe (0,843) sahiptir (Tablo 4).

Erkek bireylerde ROC eğrisinde MetS varlığı öngördürmede TyG indeksi LAP'a göre ve LAP da TyG-bel/kalça indeksine göre daha iyidir ( $p<0.05$ ) (Figür 1). Kadınlarda ise ROC eğrisinde MetS varlığı öngördürmede TyG indeksi CMI'ya göre ve CMI da VAI'ya göre daha iyidir ( $p<0.05$ ) (Figür 2).

## TARTIŞMA

Bu çalışma yetişkin bireylerde MetS'un belirlenmesinde obezite ile ilgili 23 indeksin öngördürücülüğünü ve kesim noktalarını değerlendirmiştir. Yetişkin bireylerde yüksek oranda

(% 58,7) MetS sıklığı belirlenmiştir. Her iki cinsiyette MetS'un belirlenmesinde TyG indeksinin daha iyi öngördürücü olduğu belirlenmiştir.

Obezite indekslerini geleneksel ve yeni olarak ayırdığımızda; geleneksel obezite indekslerinin (BKİ, BÇ, bel/kalça oranı ve bel/boy oranı) her iki cinsiyette de MetS'u belirlemede faydalı olduğu ve geleneksel indekslerden BÇ'nin en büyük AUC'ye sahip olduğundan MetS'u belirleme de en iyi öngördürücü olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada MetS'u öngördürme de BÇ kesim değerleri (erkek 99,5 ve kadın 96,5) bulunmuştur. Bu bulgular önceki çalışma sonuçlarıyla uyumludur<sup>8,22,28</sup>.

Yeni obezite indeklerinin (LAP, BRI, VAI, CMI, AVI, BAI, CI, TyG indeksi, TyG-BKİ, TyG-bel çevresi indeksi, TyG-bel/kalça oranı indeksi, TyG-bel/boy oranı indeksi, PWNC, WWI (kadın), BKİ√bel çevresi indeksi, WHt.5R indeksi, WTI ve TMI; ABSI (dışında)) de her iki cinsiyette de MetS'u belirlemede faydalı olduğu ve TyG indeksinin her iki cinsiyette de en büyük AUC'ye sahip olduğundan MetS'u belirleme de en güçlü tahmin edici olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 4. Kadınlarda metabolik sendromu öngören obeziteyle ilişkili indekslerin ROC eğrisi altında kalan alanları, kesim noktaları, duyarlılık ve özgüllükleri**

Belirleyiciler	AUC	p	Kesim noktası	Duyarlılık	Özgüllük	OR(95% CI)
BKİ	0,674	< 0,001	31,2	0,642	0,640	0,603-0,745
Bel çevresi	0,700	< 0,001	96,5	0,647	0,640	0,631-0,769
Bel/kalça oranı	0,638	< 0,001	0,8	0,520	0,607	0,568-0,708
Bel/boy oranı	0,672	< 0,001	0,6	0,626	0,640	0,600-0,745
LAP	0,843	< 0,001	50,4	0,765	0,764	0,487-0,637
ABSI	0,562	0,097	0,7	0,556	0,551	0,602-0,747
BRI	0,675	< 0,001	5,7	0,642	0,640	0,824-0,911
VAI	0,868	< 0,001	4,1	0,786	0,787	0,829-0,915
CMI	0,872	< 0,001	1,3	0,786	0,775	0,630-0,768
AVI	0,699	< 0,001	19,0	0,642	0,640	0,530-0,682
BAI	0,606	0,004	36,1	0,567	0,562	0,557-0,703
CI	0,630	< 0,001	1,2	0,604	0,607	0,865-0,938
TyG	0,901	< 0,001	8,3	0,829	0,843	0,757-0,859
TyG-BKİ	0,808	< 0,001	120,6	0,711	0,707	0,777-0,879
TyG-Bel çevresi indeksi	0,828	< 0,001	380,7	0,717	0,719	0,805-0,900
TyG-Bel/kalça oranı indeksi	0,853	< 0,001	3,4	0,775	0,787	0,755-0,864
TyG-Bel/boy oranı indeksi	0,809	< 0,001	2,3	0,727	0,730	0,630-0,766
PWNC	0,698	< 0,001	3541,0	0,615	0,618	0,524-0,673
WWI	0,598	0,008	11,1	0,567	0,562	0,621-0,759
BKİ/BC	0,690	< 0,001	307,7	0,642	0,640	0,619-0,761
WHT,5R	0,690	< 0,001	7,7	0,647	0,640	0,681-0,838
WTI	0,860	< 0,001	8,6	0,770	0,775	0,814-0,906
TMI	0,641	< 0,001	19,3	0,631	0,639	0,565-0,717

AUC: Eğri altında kalan alan, OR: Odds oranı, CI: Güven aralığı, BKİ: Beden kütlesi indeksi, LAP: Lipid birikim ürünü, ABSI: Vücut şekli indeksi, BRI: Vücut yuvarlaklık indeksi, VAI: Visceral adipozite indeksi, CMI: Kardiyometabolik indeks, AVI: Abdominal hacim indeksi, BAI: Vücut adipozite indeksi, CI: Koniklik indeksi, TyG: Trigliserit/glikoz indeksi, TyG-BKİ: Trigliserit/glikoz-Vücut kütlesi indeksi, TyG-Bel çevresi indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel çevresi indeksi, TyG-Bel/kalça oranı indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel/kalça oranı indeksi, TyG-Bel/boy oranı indeksi: Trigliserit/glikoz-Bel/boy oranı indeksi, PWNC: Bel ve boyun çevresi çarpım indeksi, WWI: Ağırılık ayarlı bel indeksi, BKİ/BC: BKİ/Bel çevresi indeksi, WHT,5R: Bel/boy,5R indeksi, WTI: Bel-trigliserit indeksi, TMI: Üçlü kütle indeksi

Trigliserit-glikoz indeksi AKŞ ve TG'yi içermektedir, MetS bileşenlerini ve yüksek düzeyde kardiyometabolik hastalık riski olan bireyleri tanımlamada kullanılabilirliği23. TyG indeksi, insülin direnci ve dislipidemiyle ilişkilidir24. Raimi ve ark. 473 bireyle yaptığı çalışmada TyG indeksi MetS'u tanımlamada etkili olduğu, TyG indeksi ve antropometrik indekslerin MetS belirlenmesini ve tahmin edilmesini iyileştirdiği belirlenmiştir29. Bu çalışmada MetS'u öngördürme de TyG indeksi kesim değerleri (erkek 9,3 ve kadın 8,3) bulunmuştur, diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir24, 30,31.

Metabolik sendromu öngördürme de VAI'nin daha iyi performans göstermesi; VAI'nin MetS kriterlerinden üç ana bileşen olan BC, TG ve HDL-K ile yüksek düzeyde inflamasyonla ilişkili sitokinlerden adiponektin ve insülin direnciyle ilişki olmasıyla açıklanmaktadır32. MetS'u öngördürme de VAI kesim değerleri bu çalışmada (erkek 3,1 ve kadın 4,1), benzer olarak İran'da yapılan bir çalışmada ise (erkek 4,1 ve kadın 4,2) bulunmuştur20.

Meksika'da Banik ve ark. 250 yetişkin bireyle yaptığı çalışmada MetS prevalansı % 48 olarak belirlenmiş, CMI ve LAP'nin MetS teşhis için en etkili göstergeler olduğu saptanmıştır22. Perulu yetişkin bireylerde BRI'nin MetS'un potansiyel olarak yararlı bir klinik öngördürücü olduğu bildirilmiştir33. Çin'de yapılan bir çalışmada BMI/WC ve WHT.5R, MetS ile önemli ölçüde pozitif ilişkilidir; AVI ve WHT.5R her iki cinsiyette MetS'yi tanımlamak için yararlı tarama araçları olabileceği bildirilmiştir34. Baveicy ve ark. 10,000 bireyle yaptığı bir çalışmada VAI'nin yetişkinlerde BRI'den daha iyi bir MetS öngörücüsü olduğunu ancak ABSI'nin MetS için uygun bir öngörücü olmadığı ifade edilmiştir20. Yapılan bir çalışmada obeziteyle ilişkili indeksler (BKİ, bel-kalça oranı, bel-boy oranı, ABSI, AVI, BAI, BRI, CI, VAI ve TyG index) içerisinde ABSI'nin MetS'i öngördürme de en zayıf öngördürücü olduğu bildirilmiştir24. Bu çalışmada da her iki cinsiyette ABSI, MetS'un belirlenmesinde anlamlı ilişki göstermemiştir. Farklı ülke ve etnik gruplarda yapılan

çalışmalarda MetS'un belirlenmesinde farklı obezite ilişkili indekslerin etkili olduğu, bu çalışmada da diğer çalışmalara benzer sonuçlar bulunmuştur.

Bu çalışmada MetS'i belirlemede geleneksel obezite indekslerinden BÇ'nin ve yeni obezite indekslerinden TyG indeksinin en iyi öngördürücü olduğunu ve TyG indeksine ait AUC değeri BÇ değerinden daha büyük olduğu bulunmuştur. TyG indeksinin 2 adet metabolik sendrom bileşeni ve BÇ'nin sadece bir tane metabolik sendrom bileşeni içermesi ve MetS varlığının bileşen sayısına göre belirlenmesi, TyG indeksinin BÇ'ne göre MetS'u öngörme şansını arttırabilir. Yetişkin bireylerde MetS'un belirlenmesi; prevalansının azaltılması ve önlenmesi için etkili bir adım olacaktır.

Araştırmamızda bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Öncelikle kesitsel bir çalışmadır ve bu nedenle indeksler ve MetS arasında nedensel bir ilişki belirlenemez. İkinci olarak küçük bir hasta grubuyla çalışılmış ve veriler tek bir merkezden toplanmıştır. Birçok merkezden büyük bir hasta grubuyla yapılacak araştırmalara gereksinim vardır.

Sonuç olarak Trigliserit-glikoz indeksi MetS belirlemede en iyi öngördürüdür. Erkeklerde TyG indeksi, LAP ve TyG-bel çevresi indeksine göre; kadınlarda ise TyG indeksi CMI ve VAI'a göre MetS tahmininde daha iyi bir öngördürücüdür. Bel çevresi kullanışlılığı ve uygun maliyetiyle büyük ölçekli epidemiyolojik çalışmalarda alternatif bir indeks olabilir.

**Yazar Katkıları:** Çalışma konsepti/Tasarımı: SKY, FÖ, CM; Veri toplama: SKY, FÖ, CM; Veri analizi ve yorumlama: SKY, FÖ, CM; Yazı taslağı: SKY, FÖ; İçeriğin eleştirilme incelenmesi: SKY, FÖ, CM; Son onay ve sorumluluk: SKY, FÖ, CM; Teknik ve malzeme desteği: FÖ; Süpervizyon: SKY, FÖ, CM; Fon sağlama (mevcut ise): yok.

**Etik Onay:** Bu çalışma için Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 30.04.2021 tarih ve 05/33 sayısı ile karar alınmıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

**Author Contributions:** Concept/Design : SKY, FÖ, CM; Data acquisition: SKY, FÖ, CM; Data analysis and interpretation: SKY, FÖ, CM; Drafting manuscript: SKY, FÖ; Critical revision of manuscript: SKY, FÖ, CM; Final approval and accountability: SKY, FÖ, CM; Technical or material support: FÖ; Supervision: SKY, FÖ, CM; Securing funding (if available): n/a.

**Ethical Approval:** For this study, a decision was taken by the Human Research Ethics Committee of Erzincan Binali Yıldırım University on the date of 30.04.2021 and the number 05/33.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support

## KAYNAKLAR

1. Yao MF, He J, Sun X. Gender differences in risks of coronary heart disease and stroke in patients with type 2 diabetes mellitus and their association with metabolic syndrome in China. *Int J Endocrinol.* 2016;2016:8483405.
2. Li W, Wang D, Wang X, Gong Y, Cao S, Yin X et al. The association of metabolic syndrome components and diabetes mellitus: Evidence from china national stroke screening and prevention project. *BMC Public Health.* 2019;19:192.
3. Oğuz A, Telci Çaklılı Ö, Tümerdem Çalık B; PURE Investigators. The Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study: PURE Turkey. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2018;46:613-23..
4. Onat A, Yuksel M, Koroglu B, Gumrukcuoglu HA, Aydin M, Cakmak HA et al. Turkish Adult Risk Factor Study Survey 2012: Overall and coronary mortality and trends in the prevalence of metabolic syndrome. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2013;41:373-8.
5. Guo X, Ding Q, Liang M. Evaluation of eight anthropometric indices for identification of metabolic syndrome in adults with diabetes. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2021;14:1431-44.
6. Matsuzawa Y, Funahashi T, Nakamura T. The concept of metabolic syndrome: Contribution of visceral fat accumulation and its molecular mechanism. *J Atheroscler Thromb.* 2011;18:629-39.
7. Rothney MP, Catapano AL, Xia J, Wacker WK, Tidone C, Grigore L et al. Abdominal visceral fat measurement using dual-energy x-ray: Association with cardiometabolic risk factors. *Obesity.* 2013;21:1798-802.
8. Nazare JA, Smith J, Borel AL, Aschner P, Barter P, Van Gaal L et al. Usefulness of measuring both body mass index and waist circumference for the estimation of visceral adiposity and related cardiometabolic risk profile (from the INSPIRE ME IAA study). *Am J Cardiol.* 2015;115:307-15.
9. Kawamoto R, Kikuchi A, Akase T, Ninomiya D, Kumagi T. Usefulness of waist-to-height ratio in screening incident metabolic syndrome among japanese community-dwelling elderly individuals. *PLoS ONE.* 2019;14:e0216069.
10. Gharipour M, Sarrafzadegan N, Sadeghi M, Andalib E, Talaie M, Shafie D et al. Predictors of metabolic syndrome in the iranian population: Waist circumference, body mass index, or waist to hip ratio? *Cholesterol.* 2013;2013:198384.
11. Guerrero-Romero F, Rodriguez-Moran M. Abdominal volume index: An anthropometry-based index for estimation of obesity is strongly related to impaired glucose tolerance and type 2 diabetes mellitus. *Arch Med Res.* 2003;34:428-32.
12. Thomas DM, Bredlau C, Bony-Westphal A, Mueller M, Shen W, Gallagher D et al. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose



- tissue emerging from a new geometrical model. *Obesity*. 2013;21:2264-71.
13. Rico-Martin S, Calderon-Garcia JF, Sanchez-Rey P, Franco-Antonio C, Martinez Alvarez M, Sanchez Munoz-Torrero JF. Effectiveness of body roundness index in predicting metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2020;21:e13023.
  14. Mantzoros CS, Evagelopoulou K, Georgiadis EI, Katsilambros N. Conicity index as a predictor of blood pressure levels, insulin and triglyceride concentrations of healthy premenopausal women. *Horm Metab Res*. 1996;28:32-4.
  15. Bawadi H, Abouwatfa M, Alsaed S, Kerkadi A, Shi Z. Body shape index is a stronger predictor of diabetes. *Nutrients*. 2019;11:1018.
  16. Nevill AM, Duncan MJ, Lahart IM, Sandercock GR. Scaling waist girth for differences in body size reveals a new improved index associated with cardiometabolic risk. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27:1470-6.
  17. Nevill AM, Bryant E, Wilkinson K, Gomes TN, Chaves R, Pereira S et al. Can waist circumference provide a new "third" dimension to BMI when predicting percentage body fat in children? Insights using allometric modelling. *Pediatr Obes*. 2019;14:e12491.
  18. Huang Y, Gu L, Li N, Fang F, Ding X, Wang Y et al. The product of waist and neck circumference outperforms traditional anthropometric indices in identifying metabolic syndrome in Chinese adults with type 2 diabetes: a cross-sectional study. *Diabetol Metab Syndr*. 2021;13:35.
  19. Park Y, Kim NH, Kwon TY, Kim SG. A novel adiposity index as an integrated predictor of cardiometabolic disease morbidity and mortality. *Sci Rep*. 2018;8:16753.
  20. Baveicy K, Mostafaei S, Darbandi M, Hamzeh B, Najafi F, Pasdar Y. Predicting metabolic syndrome by visceral adiposity index, body roundness index and a body shape index in adults: A cross-sectional study from the Iranian rancd cohort data. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2020;13:879-87.
  21. Guerrero-Romero F, Simental-Mendia LE, Gonzalez-Ortiz M, Martinez-Abundis E, Ramos-Zavala MG, Hernandez-Gonzalez SO et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95:3347-51.
  22. Banik SD, Pacheco-Pantoja E, Lugo R, Gómez-de-Regil L, Aké RC, González RM et al. Evaluation of anthropometric indices and lipid parameters to predict metabolic syndrome among adults in Mexico. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2021;14:691-701.
  23. Yu X, Wang L, Zhang W, Ming J, Jia A, Xu S et al. Fasting triglycerides and glucose index is more suitable for the identification of metabolically unhealthy individuals in the Chinese adult population: A nationwide study. *J Diabetes Investig*. 2019;10:1050-8.
  24. Chiu TH, Huang YC, Chiu H, Wu PY, Chiou HYC, Huang JC et al. Comparison of various obesity-related indices for identification of metabolic syndrome: a population-based study from Taiwan Biobank. *Diagnostics (Basel)*. 2020;10:1081.
  25. Saklayen MG. The global epidemic of the metabolic syndrome. *Curr Hypertens Rep*. 2018;20:12.
  26. Yu S, Guo X, Li G, Yang H, Zheng L, Sun Y. Lymphocyte to high-density lipoprotein ratio but not platelet to lymphocyte ratio effectively predicts metabolic syndrome among subjects from rural China. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:583320..
  27. Nauck M, Warnick GR, Rifai N. Methods for measurement of LDL-cholesterol: a critical assessment of direct measurement by homogeneous assays versus calculation. *Clin Chem*. 2002;48:236-54.
  28. Domínguez-Reyes T, Quiroz-Vargas I, Salgado-Bernabé AB, Salgado-Goytia L, Muñoz-Valle JF, Parra-Rojas I. Las medidas antropométricas como indicadores predictivos de riesgo metabólico en una población mexicana. *Nutr Hosp*. 2017;34:96-101.
  29. Raimi TH, Dele-Ojo BF, Dada SA, Fadare JO, Ajayi DD, Ajayi EA et al. Triglyceride-glucose index and related parameters predicted metabolic syndrome in Nigerians. *Metab Syndr Relat Disord*. 2021;19:76-82.
  30. Shin KA, Kim YJ. Usefulness of surrogate markers of body fat distribution for predicting metabolic syndrome in middle-aged and older Korean populations. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2019;12:2251-9.
  31. Lin HY, Zhang XJ, Liu YM, Geng LY, Guan LY, Li XH. Comparison of the triglyceride glucose index and blood leukocyte indices as predictors of metabolic syndrome in healthy Chinese population. *Sci Rep*. 2021;11:10036.
  32. Amato MC, Pizzolanti G, Torregrossa V, Misiano G, Milano S, Giordano C. Visceral adiposity index (vai) is predictive of an altered adipokine profile in patients with type 2 diabetes. *PLoS One*. 2014;9:e91969.
  33. Stefanescu A, Revilla L, Lopez T, Sanchez SE, Williams MA, Gelaye B. Using a Body Shape Index (ABSI) and Body Roundness Index (BRI) to predict risk of metabolic syndrome in Peruvian adults. *J Int Med Res*. 2020;48:300060519848854..
  34. Wu Y, Li H, Tao X, Fan Y, Gao Q, Yang J et al. Optimised anthropometric indices as predictive screening tools for metabolic syndrome in adults: a cross sectional study. *BMJ Open*. 2021;11:e043952.