

Biyoelektrik İmpedans Analiz ile Vücut Yağı Yüzdesi Analizi Yapılan Çocuk ve Adölesanlarda Geleneksel ve Yeni Antropometrik İndekslerin Karşılaştırılması

Yavuz ÖZER¹  , Didem GÜNEŞ KAYA² 

¹Ordu Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Endokrinoloji Kliniği, Ordu, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Çocuk Endokrinoloji Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Bu makaleye yapılacak atıf: Özer Y ve Güneş Kaya D. Biyoelektrik impedans analiz ile vücut yağı yüzdesi analizi yapılan çocuk ve adölesanlarda geleneksel ve yeni antropometrik indekslerin karşılaştırılması. Turk J Diab Obes 2024;1: 79-87.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, çocuk ve adölesanlarda beden kütle indeksi (BKİ), bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, triponderal kütle indeksi (TKİ), beden adipozite indeksi (BAİ), pediatrik beden adipozite indeksi (BAİp), beden şekil indeksi (ABSI-adölesan), beden yuvarlaklık indeksi (BRI), abdominal volüm indeksi (AVİ) ve konisite indeksinin (Kİ) fazla kilolu/obeziteyi tahmin etme ve beden yağı yüzdesini (PBF) öngörme etkinliğinin araştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntemler: Kronik hastalığı olmayan 6-18 yaş arasındaki çocuk ve adölesanlar dahil edildi. Vücut kompozisyonunu değerlendirmek için biyoelektrik impedans analizi (BİA) referans yöntem kullanılarak olgular zayıf/normal (grup 1) ve fazla kilolu/obez (grup 2) olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistikler ile bağımsız t-testi, Mann-Whitney U ve İşlem Karakteristiği Eğrisi (ROC) analizi kullanıldı.

Bulgular: Çalışmaya toplamda 466 olgu (%58,6 kız, %41,4 erkek) dahil edildi. Katılımcıların ortanca yaşı 13,2 (10,1-16,0) idi. BİA'ya göre olguların %10,7'si (n=50) zayıf, %33,7'u (n=157) normal, %10,9'u (n=51) fazla kilolu iken %44,6'ü (n=208) obez idi. Tüm kohortta, fazla kilolu/obezlerde BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BAİ, BAİp, ABSI-adölesan, BRI, AVİ ve Kİ anlamlı olarak yüksekti (p<0,05). Biyoelektrik impedans analizi referans alındığında, fazla kilolu/obeziteyi ayırt etmede, BAİp [eğri altında kalan alan (area under the curve=AUC) =0,980, %95 güven aralığı (GA)=0,959-1,000, p=0,010], BKİ-SDS (AUC=0,968, %95 GA=0,948-1,000, p=0,004), bel çevresi (AUC=0,968, %95 GA=0,947-0,990, p=0,011), kalça çevresi (AUC=0,967, %95 GA=0,943-0,991, p=0,012), bel/boy oranı (AUC=0,968, %95 GA=0,946-0,990, p=0,011), TKİ (AUC=0,968, %95 GA=0,947-1,000, p=0,007), BRI (AUC=0,968, %95 GA=0,947-0,990, p=0,011) ve AVİ (AUC=0,969, %95 GA=0,948-0,990, p=0,011) mükemmel performans gösterdi. Beden adiposite indeksi iyi (AUC=0,888, %95 GA=0,842-0,934, p=0,024), ABSI-adölesan (AUC=0,745, %95 GA=0,656-0,798, p=0,036), Kİ ise zayıf performans gösterdi (AUC=0,627, %95 GA=0,555-0,714, p=0,041).

Sonuç: Çocuk ve adölesanlarda, PBF'yi tahmin etmek ve fazla kilolu/obeziteyi değerlendirmek için BAİp, BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BRI ve AVİ kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler: Çocuklar, Adölesanlar, Antropometri, Vücut kompozisyonu, Vücut yağ yüzdesi

ORCID: Yavuz Özer / 0000-0003-4589-9227, Didem Güneş Kaya / 0000-0003-0791-916X

Yazışma Adresi / Correspondence Address:

Yavuz ÖZER

Ordu Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Endokrinoloji Kliniği, Ordu, Türkiye
Tel: 0 (507) 036 22 69 • E-posta: yavuzcp@yahoo.com

DOI: 10.25048/tudod.1419220

Geliş tarihi / Received : 13.01.2024

Revizyon tarihi / Revision : 09.04.2024

Kabul tarihi / Accepted : 24.04.2024



Bu eser "Creative Commons Atıf-GayriTicari-4.0 Uluslararası Lisansı" ile lisanslanmıştır.

Comparison of Traditional and New Anthropometric Indices in Children and Adolescents Whose Body Fat Percentage Analysis was Performed with Bioelectrical Impedance Analysis

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is to investigate the predictive ability efficiency of body mass index (BMI), waist circumference, hip circumference, waist-to-height ratio, triponderal mass index (TMI), body adiposity index (BAI), pediatric body adiposity index (BAIp), body shape index (ABSI-adolescent), body roundness index (BRI), abdominal volume index (AVI), and conicity index (CI) in forecasting overweight/obesity and predicting percentage of body fat (PBF) in children and adolescents.

Material and Methods: Children and adolescents aged 6-18 without chronic illnesses were included in the study. To assess body composition, bioelectrical impedance analysis (BIA) was employed as the reference method, and the cases were categorized into two groups: the lean/normal (Group 1) and overweight/obese (Group 2) groups. The evaluation of the data involved the use of descriptive statistics, independent t-test, Mann-Whitney U test, and Receiver Operating Characteristic (ROC) analysis.

Results: A total of 466 cases (58.6% female, 41.4% male) were included in the study. The median age of the cases was 13.2 (10.1-16.0) years. According to BIA, 10.7% of the cases (n=50) were classified as underweight, 33.7% (n=157) as normal weight, 10.9% (n=51) as overweight, and 44.6% (n=208) as obese. Overweight/obese individuals exhibited significantly higher values for BMI-SDS, waist circumference, hip circumference, waist-to-height ratio, TMI, BAI, BAIp, ABSI-adolescent, BRI, AVI, and CI ($p<0.05$). When referencing bioelectrical impedance analysis, BAIp [area under the curve (AUC) =0.980, 95% confidence interval (CI)=0.959-1.000, $p=0.010$], BMI-SDS (AUC=0.968, 95% CI=0.948-1.000, $p=0.004$), waist circumference (AUC=0.968, 95% CI=0.947-0.990, $p=0.011$), hip circumference (AUC=0.967, 95% CI=0.943-0.991, $p=0.012$), waist-to-height ratio (AUC=0.968, 95% CI=0.946-0.990, $p=0.011$), TMI (AUC=0.968, 95% CI=0.947-1.000, $p=0.007$), BRI (AUC=0.968, 95% CI=0.947-0.990, $p=0.011$), and AVI (AUC=0.969, 95% CI=0.948-0.990, $p=0.011$) demonstrated excellent performance in distinguishing overweight/obesity. Body adiposity index showed good performance (AUC=0.888, 95% CI=0.842-0.934, $p=0.024$), ABSI-adolescent (AUC=0.745, 95% CI=0.656-0.798, $p=0.036$), and CI showed poor performance (AUC=0.627, 95% CI=0.555-0.714, $p=0.041$).

Conclusion: In children and adolescents, BAIp, BMI-SDS, waist circumference, hip circumference, waist-to-height ratio, TMI, BRI, and AVI can be utilized to predict PBF and assess overweight/obesity.

Keywords: Children, Adolescent, Anthropometry, Body composition, Percentage of body fat

GİRİŞ

Obezite, yirmi birinci yüzyılın en ciddi halk sağlığı sorunlarından biri olup bulaşıcı olmayan hastalık olarak kabul etmektedir. Ayrıca fazla yağ dokusu, yaşamın ilerleyen dönemlerinde kardiyovasküler hastalıklar, insülin direnci, tip II diyabet, hipertansiyon, metabolik sendrom ve kanser gibi birçok kronik hastalık için bağımsız bir risk faktörüdür (1,2). Tüm dünyada obezite sıklığı artarken çocuk ve adolesan obezitesini ele alan bir meta-analizde Türkiye’de obezite prevalansının 1990-1995’ten 2011-2015’e kadar 11,6 kat artarak %0,6’dan %7,3’e attığı gösterildi (3).

Obezitenin değerlendirilmesinde hem klinik uygulamalarda hem de araştırmalarda vücut kompozisyonunu değerlendirmek için uygun yöntemlere ihtiyaç vardır. Vücut kompozisyonunu analizi için temel antropometrik ölçümler, dansitometri ve ileri görüntüleme tekniklerine kadar farklı yöntemler mevcuttur (4,5). Antropometrik yöntemlerden vücut ağırlığının (kg), boy uzunluğunun metre cinsinden karesine bölünmesiyle hesaplanan beden kütle indeksi (BKİ), obeziteyi tanımlamak için kullanılan en basit

ve yaygın olarak yöntemdir. Ancak bu ölçüm, yağ kütlelerini yağsız doku kütlelerinden ayırmak için kullanılamaz (4). Ayrıca, BKİ’nin yağ dağılımını yeterince iyi göstermemesi ve çocukluk çağında büyümeyle birlikte yağ ve yağsız doku kütlelerinin oranı yaşa, cinsiyete ve hormonal olgunlaşma düzeyine göre dinamik olarak değişmesi gibi bazı sınırlamaları vardır (4,6,7). Bel çevresi ve bel/boy oranı çocuk ve adolesanlarda vücut yağını değerlendirmek için önerilen diğer antropometrik yöntemlerdir (8). Günümüzde kullanılan teknik yöntemler arasında dansitometri, çift enerjili X-ışını absorpsiyometri (DXA), biyoelektrik impedans analizi (BİA) ve hava değişim pletismografisi yer alır. Yöntemlerin kesinliği ve doğruluğu farklılık gösterir. Nükleer manyetik rezonans görüntüleme ve bilgisayarlı tomografi gibi görüntüleme teknikleri, dokuları, organları veya kas ve yağ dokusu gibi bileşenleri görselleştirme ve ölçme yeteneklerinden dolayı güçlü araçlar hâline gelmiştir. Ancak bu yöntemler, maliyetleri ve kullanım karmaşıklıkları nedeniyle hâlâ araştırma araçları olarak kabul edilmektedir (5).

Biyoelektrik impedans analizi, çocuklarda ve adolesanlarda vücut kompozisyonunu değerlendirmek için yaygın olarak

kullanılmaktadır. Teknik olarak, vücut suyunda dolaşan küçük bir elektrik akımının impedansı veya direnci ve reaktans değerleri aracılığıyla vücut kompozisyonunu değerlendirir. Biyoelektrik impedans analizi yoluyla farklı bileşenlerin tahmini, yağsız kütle %73'ünün iyi bir elektrik iletkeni olan vücut suyu olduğunu, yağ kütlelerinin ise daha düşük hidrasyon nedeniyle zayıf bir iletken olduğunu varsaymaktadır. Bir meta-analizde BIA tarafından tahmin edilen yağ kütleleri ve yağsız kütle, her iki cinsiyette de referans yöntemlerle neredeyse mükemmel bir korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (9).

Çocuk ve adölesanlarda vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde referans yöntemlere ulaşılamadığında veya toplum araştırmalarında kullanılması için bazı alternatif antropometrik indeksler önerilmiştir. Bu indeksler arasında triponderal kütle indeksi (TKİ), beden adipozite indeksi (BAİ), pediatrik beden adipozite indeksi (BAİp), beden şekil indeksi (ABSI-adölesan), beden yuvarlaklık indeksi (BRI), abdominal volüm indeksi (AVİ), ve konisite indeksi (Kİ) yer alır (10-12). Ancak, sınırlı sayıda pediatrik çalışma, bu indekslerin kullanımı ve geçerliliği araştırmıştır.

Bu çalışmada, çocuk ve adölesanlarda beden yağı yüzdesinin (PBF) belirleyicileri olarak bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, BKİ-SDS, TKİ, BAİ, BAİp, ABSI-adölesan, BRI, AVİ ve Kİ'nin fazla kilolu/obeziteyi öngörme yeteneklerinin karşılaştırılması ve PBF öngörmek için kullanılıp kullanılmayacağını araştırılması amaçlandı.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu retrospektif çalışmaya, Ordu Üniversitesi çocuk endokrinoloji polikliniğine 01 Ağustos 2023 -31 Ekim 2023 tarihleri arasında başvuran 6-18 yaş arasındaki bilinen kronik hastalığı olmayan çocuk ve adölesan basit örnekleme yöntemi ile dahil edildi. Ordu Üniversitesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu çalışmayı onayladı (Karar Numarası: 2023/176). Çalışmaya katılım için tüm katılımcıların ebeveynlerinden bilgilendirilmiş onam alındı. Olgular BIA'ya göre zayıf/

normal (grup 1) ve fazla kilolu/obez (grup 2) olmak üzere 2 gruba ayrıldı.

Vücut Kompozisyonunun Ölçümleri

Katılımcıların vücut ağırlığı, boy, bel çevresi ve kalça çevresi bir sağlık uzmanı tarafından ölçüldü. Ağırlık ölçümleri kalibre edilmiş 100 g hassasiyetli dijital terazi ve boyları 0,1 cm hassasiyetli stadiyometre (SECA, model 220, Hamburg, Germany) kullanılarak ölçüldü. Bel çevresi ve kalça çevresi, metal olmayan ve esnemeyen, 0,1 cm'ye kadar hassas bir şerit kullanılarak ölçüldü. Bel çevresi, orta aksiller çizgide kosta yayının en alt kısmı ile iliak krestin en yüksek noktası arasında ölçüldü. Kalça çevresi, trokanter major seviyesinde yatay olarak ölçüldü. Tablo 1'de BKİ, TKİ, BAİ, BAİp, ABSI-adölesan, BRI, AVİ ve Kİ'nin hesaplandığı denklemler gösterilmektedir (10-12).

Yaşa ve cinsiyete göre BKİ <5. persentil zayıf, ≥5-<85. persentil normal kilo, ≥85-<95 persentil fazla kilolu, ≥95 persentil değerleri obezite olarak tanımlandı (13). Biyoelektrik impedans analizi, PBF ölçümü için referans yöntem olarak değerlendirildi. Beden yağ yüzdesi (%), Tanita MC-780 MA (Tanita Corporation, Tokyo, Japonya) ile ölçüldü. Bu yöntem, düşük yoğunluklu bir elektrik akımının aktığı vücudun belirli dokuları için farklı olan elektrik direncini değerlendirir. Katılımcıya ait yaş, cinsiyet ve boy bilgileri sağlık çalışanı tarafından girildi. Bu yeni geliştirilen teknoloji ve çeşitli yağlanma seviyelerindeki çocuklarda doğrulanmış olup, iyi düzeyde bir geçerlilik göstermektedir (14,15).

Yaşa ve cinsiyete özgü vücut yağı <85. persentil normal, ≥85-<95 persentil fazla kilolu ve ≥95 persentil değerleri obezite olarak tanımlandı. Beden yağ yüzdesini değerlendirmek için Türk çocukları için geliştirilen persentil eğrileri kullanıldı (16).

İstatistiksel Analiz

Veri değerlendirmesi ve analizi için IBM SPSS Statistics, Sürüm 21.0 yazılımı (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kulla-

Tablo 1: Antropometrik indeksleri hesaplama denklemleri.

Antropometrik indeks		Denklem
Beden Kütle İndeksi	BKİ	Ağırlık (kg)/boy (cm) ²
Tri ponderal Kütle İndeksi	TKİ	Ağırlık (kg)/boy (cm) ³
Beden Adipozite İndeksi	BAİ	(KÇ (cm)/boy (m) ^{1.5}) - 18
Pediatrik Beden Adipozite İndeksi	BAİp	(KÇ (cm)/boy (m) ^{0.8}) - 38
Beden Şekil İndeksi-adölesan	ABSI-adölesan	BÇ (m)/(BKİ (kg/m ²) ^{0.45} x boy (m) ^{0.55})
Body Yuvarlaklık İndeksi	BRI	364,2-365,5 x (1 - ((0,5 x BÇ (m)/π) ² /(0,5 x boy (m)) ²)) ^{0.5}
Abdominal Volüm İndeksi	AVİ	[2 cm (BÇ (cm)) ² + 0,7 cm (BÇ (cm) - KÇ (cm)) ²]/1,000
Konisite İndeksi	Kİ	0,109 ⁻¹ x BÇ (m) x (ağırlık [kg]/boy [m]) ^{-1/2}

KÇ: Kalça çevresi, BÇ: Bel çevresi, kg: Kilogram, cm: Santimetre, m: Metre

nıldı. Kategorik değişkenler frekans (n) ve yüzde (%) olarak, sayısal değişkenler ise ortanca (25p-75p) veya ortalama±standart sapma değerleri olarak sunulmuştur. Normalliği değerlendirmek için Kolmogorov-Smirnov testi kullanıldı. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında ki-kare testi kullanıldı. Normal dağılım gösteren sürekli değişkenlerin karşılaştırılması için bağımsız t-testi ve normal dağılım göstermeyen sürekli değişkenler Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı. Fazla kilolu/obeziteye ilişkin antropometrik indekslerin eğri altındaki alanı (AUC), kesme değerini, duyarlılığını ve özgüllüğünü değerlendirmek için İşlem Karakteristiği Eğrisi (ROC) analizi kullanıldı. Beden yağ yüzdesi ile antropometrik ve laboratuvar parametreleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman korelasyon analizi

kullanıldı. İstatistiksel testlerin anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak belirlendi.

BULGULAR

Çalışmaya toplamda 466 olgu (%58,6 kız ve %41,4 erkek) dahil edildi. Katılımcıların ortanca yaşı 13,2 (10,1-16,0) yıl idi. Biyoelektrik impedans analizi sonuçlarına göre olguların %10,7'si (n=50) zayıf, %33,7'u (n=157) normal, %10,9'u (n=51) fazla kilolu iken %44,6'ü (n=208) obez idi. Gruplar arasında yaş ve cinsiyet açısından fark saptanmadı. Tüm kohortta, BİA'ya göre fazla kilolu/obezlerde BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BAİ, BAİp, ABSI-adölesan, BRI, AVİ ve Kİ anlamlı olarak yüksekti (Tablo 2).

Tablo 2: Zayıf/normal ile fazla kilo/obez grupların demografik, antropometrik ve laboratuvar parametrelerinin karşılaştırılması.

	Toplam (n=466)	Zayıf/Normal (Grup 1) (n=208)	Fazla kilolu/Obez (Grup 2) (n=258)	p değeri
Yaş (yıl) *	13,2 (10,1-16,0)	13,0 (9,4-15,6)	13,4 (10,5-16,1)	0,094
Erkek/kız, n (%) *	273/193 (58,6/41,4)	114/94 (54,8/45,2)	159/99 (61,6/38,4)	0,137
Ağırlık-SDS *	1,09 (-0,49-2,45)	-0,70 (-1,75-0,36)	2,25 (1,44-3,23)	<0,001
Boy-SDS *	0,30 (-0,65-1,05)	0,02 (-1,08-0,88)	0,49 (-0,39-1,24)	<0,001
BKİ-SDS *	1,18 (-0,84-2,39)	-1,03 (-1,99-0,26)	2,22 (1,62-2,78)	<0,001
Bel çevresi (cm) *	90,0 (58,0-102,0)	55,0 (52,0-63,0)	99,5 (92,8-108,3)	<0,001
Kalça çevresi (cm) *	105,0 (67,0-112,0)	64,0 (60,0-69,0)	110,0 (105,0-118,3)	<0,001
Bel/boy oranı *	0,55 (0,46-0,62)	0,44 (0,41-0,48)	0,61 (0,57-0,64)	<0,001
BAİ *	32,2 (27,7-36,6)	25,7 (22,6-29,8)	34,8 (32,0-37,9)	<0,001
BAİp *	31,7 (17,2-38,1)	14,9 (12,1-18,5)	35,8 (32,7-40,3)	<0,001
ABSI-adölesan *	0,16 (0,15-0,16)	0,15 (0,14-0,16)	0,16 (0,15-0,17)	<0,001
BRI *	4,35 (2,66-5,70)	2,27 (1,88-2,86)	5,48 (4,67-6,05)	<0,001
AVİ *	16,47 (6,70-20,56)	6,08 (5,46-8,02)	19,91 (17,17-23,58)	<0,001
Kİ *	1,24 (1,18-1,30)	1,21 (1,14-1,28)	1,26 (1,20-1,31)	0,002
TKİ *	14,84 (11,97-18,16)	11,69 (10,68-13,13)	17,79 (16,15-20,16)	<0,001
Beden yağ yüzdesi (%) *	29,4 (20,4-36,5)	20,0 (16,8-23,9)	36,0 (32,0-40,1)	<0,001
Açlık glukoz (mg/dl) *	84,82±8,77	84,28±7,81	85,04±9,17	0,650
Açlık insülin (mIU/ml) *	18,0 (12,1-23,9)	11,3 (7,87-21,2)	18,20 (15,0-25,70)	0,001
HOMA-IR *	4,3 (2,4-5,0)	2,34 (1,77-3,78)	3,97 (3,10-5,68)	0,001
ALT (IU/L) *	14,0 (11,0-21,0)	13,0 (11,0-15,7)	17,0 (13,0-24,0)	<0,001
AST (IU/L) *	20,2 (15,8-25,4)	20,1 (15,0-25,1)	20,2 (16,6-25,9)	0,427
Total Kolesterol (mg/dl) **	15,1±30,0	155,9±33,9	158,0±26,7	0,482
LDL-K (mg/dl) **	93,5±25,7	92,3±27,9	94,4±23,9	0,416
HDL-K (mg/dl) **	53,4±13,5	56,3±13,2	51,3±13,4	<0,001
Trigliserid (mg/dl) **	108,7±59,8	104,1±58,2	112,2±60,8	0,175
TG/HDL *	1,83 (1,18-2,87)	1,54 (1,09-2,42)	1,90 (1,28-3,19)	0,004

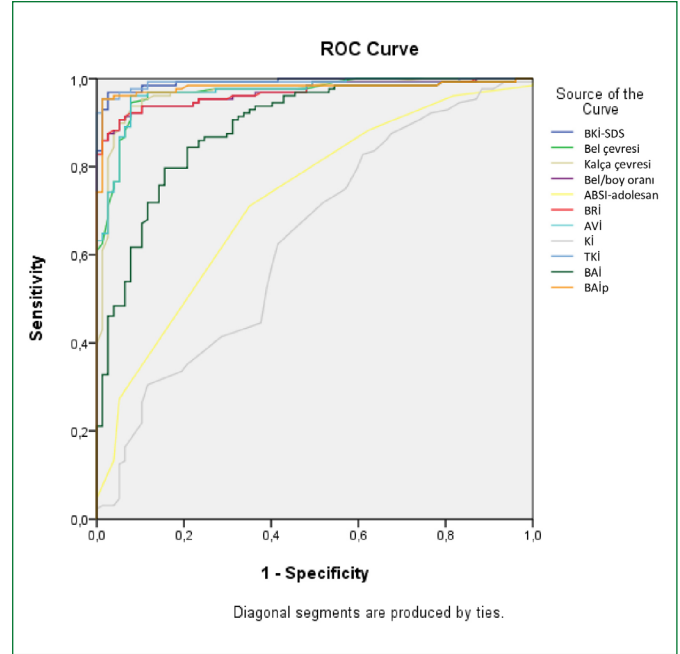
SDS: Standart sapma skoru, BKİ: Beden kütle indeksi, BAİ: Beden adiposite indeksi, ABSI-adölesan: Beden şekil indeksi-adölesan, BRI: Beden yuvarlaklık indeksi, AVİ: Abdominal volüm indeksi, Kİ: Konisite indeksi, TKİ: Tri-ponderal kütle indeksi, HOMA-IR: Homeostasis model assessment-insulin resistance indeksi, ALT: Alanin aminotransferaz, AST: Aspartat transferaz, LDL-K: Düşük dansiteli lipoprotein kolesterol, HDL-K: Yüksek dansiteli lipoprotein kolesterol, TG/HDL: Trigliserid/HDL-K.

*Veriler ortanca (25p-75p) değerler olarak verilmiştir. ** Veriler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Cinsiyete göre değerlendirildiğinde hem kızlarda hem de erkeklerde Kİ hariç tüm indeksler grup 2'de grup 1'e göre anlamlı olarak yüksek idi (hepsi için $p < 0,001$). Kİ erkeklerde grup 2'de grup 1'e göre anlamlı olarak yüksek iken ($p < 0,001$), kızlarda grup 1 ve grup 2 arasında anlamlı fark yoktu ($p = 0,103$) (Tablo 3).

Tüm kohortta, fazla kilolu/obeziteyi tahmin etmeye yönelik ROC eğrisi analizine dayanarak, BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BAİ, BAİp ABSI-adölesan, BRI, AVİ ve Kİ fazla kilolu/obezite ile ilişkilendirildi. Her bir parametre için, %95 GA ile AUC, optimal kesme noktasındaki duyarlılık ve özgüllük şu şekildedir: BAİp, 27,61'de 0,980 (0,959-1,000), %95,31 ve %98,7; BKİ-SDS, 1,04'de 0,968 (0,948-1,000), %89,15 ve %93,75; bel/boy oranı, 0,53'de 0,968 (0,946-0,990), %90,62 ve %94,81; TKİ, 14,43'de 0,968 (0,947-1,000), %89,15 ve %91,83; BRI, 3,86'de 0,967 (0,947-0,990), %90,48 ve %94,81; BAI, 31,14'de 0,888 (0,842-0,934), %79,69 ve %84,42; AVİ, 39,52'de 0,860 (0,948-0,990), %85,0 ve %76,6; ABSI-adölesan, 0,15'de 0,745 (0,656-0,798), %79,69 ve %59,74; Kİ, 1,22'de 0,627 (0,555-0,714), %68,8 ve %53,25 idi (Tablo 4 ve Şekil 1).

Biyoelektrik impedans analizi referans alındığında, fazla kilolu/obeziteyi ayırt etmede, BAİp, BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BRI ve AVİ tüm kohortta, kızlarda ve erkeklerde mükemmel performans gösterdi. Beden adiposite indeksi, kızlarda mükemmel performans gösterirken, tüm kohortta ve erkeklerde iyi performans gös-



Şekil 1: Çocuk ve adölesanlarda aşırı kilo/obeziteyi tanımlamak için BAİp, BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BRI, BAİ, ABSI-adölesan, AVİ ve Kİ performansını gösteren ROC eğrisi.

BKİ-SDS: Beden kütle indeksi - standart sapma skoru, **ABSI-adölesan:** Beden şekil indeksi-adölesan, **BRI:** Beden yuvarlaklık indeksi, **AVİ:** Abdominal volüm indeksi, **Kİ:** Konisite indeksi, **TKİ:** Tri-ponderal kütle indeksi, **BAİ:** Beden adiposite indeksi, **BAİp:** Pediatrik beden adiposite indeksi.

Tablo 3: Cinsiyete göre zayıf/normal ile fazla kilo/obez gruplarının antropometrik parametrelerinin karşılaştırılması.

	Kız			Erkek		
	Zayıf/Normal (Grup 1) (n=94)	Fazla kilolu/Obez (Grup 1) (n=98)	p değeri	Zayıf/Normal (Grup 1) (n=114)	Fazla kilolu/Obez (Grup 1) (n=159)	p değeri
Yaş (yıl) *	13,0 (9,7-16,2)	13,7 (10,2-16,4)	0,360	13,0 (9,2-15,0)	13,0 (10,7-15,2)	0,182
Ağırlık-SDS *	-0,82 (-1,78-0,34)	2,45 (1,67-3,47)	<0,001	-0,43 (-1,68-0,37)	2,11 (1,27-2,83)	<0,001
Boy-SDS *	-0,06 (-1,13-0,76)	0,40 (-0,51-1,19)	0,003	0,02 (-0,97-0,90)	0,64 (-0,02-1,31)	0,008
BKİ-SDS *	-0,98 (-2,07-0,18)	2,43 (1,72-2,43)	<0,001	-1,12 (-1,82-0,27)	2,10 (1,57-2,57)	<0,001
Bel çevresi (cm) *	55,0 (53,0-58,0)	99,0 (90,0-103,0)	<0,001	57,0 (51,0-67,0)	104,0 (95,0-111,0)	<0,001
Kalça çevresi (cm) *	64,5 (60,8-69,0)	110,0 (105,0-115,0)	<0,001	64,0 (57,0-70,0)	113,0 (106,0-120,0)	<0,001
Bel/boy oranı *	0,43 (0,40-0,47)	0,61 (0,55-0,64)	<0,001	0,46 (0,43-0,48)	0,61 (0,58-0,65)	<0,001
BAİ *	25,68 (22,06-29,74)	35,27 (32,97-38,51)	<0,001	25,91 (22,60-30,08)	34,66 (30,03-37,57)	<0,001
BAİp *	14,80 (11,01-17,47)	36,33 (34,09-39,84)	<0,001	15,88 (12,43-20,15)	35,57 (33,66-40,77)	<0,001
ABSI-adölesan *	0,14 (0,14-0,16)	0,16 (0,15-0,16)	<0,001	0,15 (0,15-0,16)	0,16 (0,16-0,17)	<0,001
BRI *	2,17 (1,70-2,79)	5,52 (4,35-6,17)	<0,001	2,65 (2,08-3,03)	5,51 (4,83-6,48)	<0,001
AVİ *	6,05 (5,63-6,75)	19,64 (16,27-21,24)	<0,001	6,50 (5,40-8,98)	21,69 (18,13-24,75)	<0,001
Kİ *	1,20 (1,11-1,28)	1,24 (1,17-1,28)	0,103	1,23 (1,18-1,28)	1,30 (1,25-1,35)	<0,001
TKİ *	11,70 (10,68-13,36)	18,06 (16,38-20,53)	<0,001	11,42 (10,53-12,92)	17,54 (15,70-19,57)	<0,001

BKİ-SDS: Beden kütle indeksi-standart sapma skoru, **BAİ:** Beden adiposite indeksi, **ABSI-adölesan:** Beden şekil indeksi-adölesan, **BRI:** Beden yuvarlaklık indeksi, **AVİ:** Abdominal volüm indeksi, **Kİ:** Konisite indeksi, **TKİ:** Tri-ponderal kütle indeksi. *Veriler ortanca (25p-75p) değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4: ROC eğrisine göre BAİp, BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BRI, BAİ, ABSI-adölesan, AVİ ve Kİ için kesme değeri, duyarlılık, PPD, NPD, Youden indeksi, GA, AUC ve p değerlerinin karşılaştırılması.

	Kesme değeri	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD (%)	NPD (%)	Youden indeksi	Güven aralığı (%95)	AUC	p değeri
BAİp	27,61	95,31	98,7	99,19	92,68	0,940	0,959-1,000	0,980	0,010
BKİ-SDS	1,04	89,15	93,75	94,65	87,44	0,829	0,948-1,000	0,968	0,004
Bel çevresi	76,0	94,53	92,21	95,28	91,03	0,867	0,947-0,990	0,968	0,011
Kalça çevresi	92,0	92,97	92,21	95,2	88,75	0,860	0,943-0,991	0,967	0,012
Bel/boy oranı	0,53	90,62	94,81	96,67	85,88	0,854	0,946-0,990	0,968	0,011
TKİ	14,45	89,15	92,31	93,5	87,27	0,815	0,947-1,000	0,968	0,007
BRI	3,86	90,62	93,51	95,87	85,88	0,854	0,947-0,990	0,968	0,011
BAİ	31,14	79,69	84,42	89,47	71,43	0,641	0,842-0,934	0,888	0,024
ABSI-adölesan	0,15	79,69	59,74	76,69	63,89	0,394	0,656-0,798	0,745	0,036
AVİ	11,54	96,09	92,21	95,35	93,42	0,883	0,948-0,990	0,969	0,011
Kİ	1,23	64,84	58,44	72,17	50,0	0,233	0,555-0,714	0,627	0,041

PPD: Pozitif prediktif değeri, NPD: Negatif prediktif değeri, AUC: Eğri altındaki alan, BAİp: Pediatrik beden adiposite indeksi, BKİ-SDS: Beden kütle indeksi - standart sapma skoru, TKİ: Tri-ponderal kütle indeksi, BRI: Beden yuvarlaklık indeksi, BAİ: Beden adiposite indeksi, ABSI-adölesan: Beden şekil indeksi-adölesan, AVİ: Abdominal volüm indeksi, Kİ: Konisite indeksi

terdi. Konisite indeksi, erkeklerde orta performans ve tüm kohortta zayıf performans gösterirken, kızlarda başarısız idi (Tablo 4 ve Şekil 1).

Beden yağ yüzdesi, ağırlık SDS ($\rho=0,837$, $p<0,001$), BKİ-SDS ($\rho=0,887$, $p<0,001$), BAİp ($\rho=0,816$, $p<0,001$) ve TKİ ($\rho=0,886$, $p<0,001$) çok güçlü korele, bel çevresi ($\rho=0,737$, $p<0,001$), kalça çevresi ($\rho=0,751$, $p<0,001$), bel/boy oranı ($\rho=0,789$, $p<0,001$), BAİ ($\rho=0,717$, $p<0,001$), BRI ($\rho=0,789$, $p<0,001$) ve AVİ ($\rho=0,741$, $p<0,001$) ile güçlü korele ve ABSI-adölesan ($\rho=0,412$, $p<0,001$) ile orta derecede korele iken Kİ ($\rho=0,126$, $p=0,073$) ile korele değildi.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, TKİ, BAİ, BAİp, ABSI-adölesan, BRI, AVİ ve Kİ gibi farklı antropometrik indekslerin çocuk ve adölesanlarda fazla kilolu/obeziteyi tahmin etme kapasitesinin araştırılması amaçlandı. Çocuk ve adölesanların PBF'sini tahmin etmek için, denklemlerde ağırlık ve boyun yanında BKİ-SDS, bel çevresi ve kalça çevresinin kullanıldığı çeşitli indeksler değerlendirildi. Pediatrik popülasyonda, BKİ-SDS'nin PBF için yetersiz olduğu bilinmesine rağmen (4,6,7), referans yöntemlere ulaşmanın zor olduğu durumlarda BKİ-SDS, BAİp, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BRI ve AVİ'nin PBF'yi tahmin etmede güçlü göstergeler olduğunu bulduk.

Günümüzde, obezite taramasında en yaygın olarak cinsiyete ve yaşa özel BKİ-SDS veya persentiller kullanılmaktadır. Çocukluk dönemindeki hızlı değişen dinamiği nedeniyle BKİ ile vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi zordur

(17). BKİ-SDS'ye göre obez olmayan ancak PBF'e göre obez olan bireylerde kardiyometabolik risk faktörlerinin yüksek olması göz önüne alındığında, vücut kompozisyonu ölçümlerinin değerlendirmesi rutin medikal uygulamalara dahil edilmelidir (18). Çocuklarda, obezite taraması için bel çevresi ve bel-boy oranının birincil ölçüler olarak kullanılması tartışmalıdır. Ancak, vücut yağına ilişkin antropometrik göstergelerin değerlendirildiği bir meta-analizde, referans yöntemleri ile karşılaştırıldığında BKİ, bel çevresi ve bel/boy oranının, sağlık uzmanları tarafından çocuklarda ve adölesanlarda PBF'i değerlendirmek için kullanılabileceği bildirilmiştir (8).

Çalışmamızda, PBF'i tahmin etmede AUC'lerinin benzer olması ve PBF ile korelasyon katsayılarının benzer olması nedeniyle TKİ'nin BKİ-SDS'ye üstün olmamakla birlikte benzer performans gösterdiğini bulduk. Oysa Peterson ve ark., TKİ'nin fazla kiloluluk durumunu daha az yanlış sınıflandırması, erkek çocuklarda vücut yağ düzeylerini daha iyi tahmin etmesi ve adölesan döneminde sabit olması nedeniyle BKİ-SDS'ye göre daha üstün olduğunu bildirmiştir (19). De Lorenzo ve ark., AUC karşılaştırmasından TKİ'nin çocuklarda ve adölesanlarda yüksek yağlanmayı BKİ-SDS'den daha doğru tespit ettiğini göstermiştir (20). Bu sonuçların farklı olması, çalışmamızdaki örneklem büyüklüğünün daha az olmasından ve yine aynı nedenle yaş ve cinsiyete göre alt grupların analiz edilememesinden kaynaklanabilir. Puberte ile birlikte değerlendirildiğinde Ye ve ark. obezite taraması için çocuklarda (6-11 yaş) BKİ-SDS, adölesanlarda (12-17 yaş) TKİ daha uygun indeksler olduğunu bildirmişlerdir (21). Bunu destekleyen diğer bir çalışmada, Wang ve

ark. geç adölesan döneminde (16-18 yaş) fazla kilolu/obezitenin öngörülmesinde TKİ'nin daha yüksek AUC nedeniyle BKİ-SDS'ye alternatif tarama aracı olabileceğini göstermiştir (17). Özyıldırım ve ark. TKİ'nin, PBF ile; BKİ-SDS'nin ise, yağ kütlesi ile daha fazla korelasyon göstermesi nedeniyle TKİ'nin, PBF tahmininde daha avantajlı olduğunu bildirmiştir (22). Bizim çalışmamızda, TKİ ve BKİ-SDS'nin PBF ile korele olmakla birlikte korelasyon katsayılarının farklı olmaması, birbirlerine üstün olmadıklarını göstermektedir. Diğer yandan, sistematik bir incelemede TKİ'nin çocuklar ve adölesanlarda PBF'yi tahmin etmede BKİ-SDS'ye benzer veya daha iyi bir yeteneğe sahip olduğunu bildiren bir çalışmada, TKİ'nin insülin direnci, hipertansiyon, dislipidemi ve inflamasyonun yanı sıra spesifik kardiyovasküler risk faktörlerini tanımlamak için BKİ-SDS'den daha iyi performans göstermediği sonucuna varılmıştır (23).

Beden adipozite indeksi, kalça çevresi ve boy ölçümlerini kullanarak değerlendirilen yeni bir antropometrik indekstir (24). Çalışmamızda BAİp'nin, PBF'yi tahmin etmede en yüksek AUC'ye sahip olduğunu bulduk. Ancak BKİ-SDS ile benzer performans gösterdiği için üstün olduğunu gösteremedik. Çalışmamız ile uyumlu olarak BAI ve BAİp'nin, obez adölesanların PBF'yi tahmin etmede BKİ-SDS'den daha iyi bir tahmin sağlamadığı bildirilmiştir (25). El Aarbaoui ve ark. BAI nin etkinliğini ve pediatrik popülasyon için doğruluğunu kanıtlamak amacıyla 5-12 yaş arası bireyleri BİA referans alarak değerlendirdiği çalışmada, BAI'nin bu yaş grubunda PBF'yi olduğundan fazla tahmin ettiğini, ancak BAİp'nin ise çocukların PBF tahmini için kabul edilebilir bir doğrulukta olduğu gösterilmiştir (26). Daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak hem BAI nin hem de BAİp nin, referans yöntemler ile tanımlanan PBF ile anlamlı düzeyde korele olduğunu saptadık (27,28). Ancak, çocuk ve adölesanlarda, BAİ ve BAİp'nin, DXA ile elde edilen PBF düşük uyum gösterdiği görüldü; bu nedenle vücut kompozisyonu verilerinin yorumlanmasında dikkatli olunmalıdır (24). Erişkinlerde de referans yöntemlerine göre BAI'nin PBF'yi erkeklerde fazla, kadınlarda ise eksik tahmin ettiğini gösterilmiştir. Bu nedenle referans yöntemlerin yerini almadığını, ancak referans yöntemlerin yokluğunda PBF'yi tahmin etmek için bir alternatif yöntem olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir (29).

Literatürde, BRI ile vücut kompozisyonunun değerlendirildiği çocuk ve adölesanlarda yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. 10-19 yaş arasındaki 1188 adölesan, DXA referans alınarak fazla yağ dokusunu tahmin etmek için değerlendirilmiş, ROC eğrilerinin analizi sonucunda genel olarak BKİ, bel/boy oranı, BAİ ve BRI için çok iyi veya mükemmel (>0.8) performans sergilediği bildirilmiştir. Ancak, BRI'nin diğer indekslere karşı üstünlüğü gösterilememiştir

(30). Üniversite öğrencileri arasında BKİ-SDS, bel çevresi, bel-boy oranı ve BRI ile PBF arasında yüksek korelasyon bildirilmiştir; bu ölçümlerin arasında BKİ-SDS en yüksek korelasyon katsayısına sahiptir (31). Ayrıca, obez çocuklarda metabolik sendromu öngörmek için BRI'nin BKİ-SDS'ye üstünlüğü gösterilememiştir (32). Diğer yandan, BRI, adölesanlarda hipertansiyon, dislipidemi, abdominal obezite ve kümülatif kardiyometabolik risk faktörleri tanımlamak için önerilmektedir (10).

Beden şekil indeksi, yetişkinlerde önerilen BKİ ve boy için bel çevresini standardize eden bir indekstir. Adölesanlar için ABSI-adölesan önerilmektedir (33). Beden şekil indeksi, BKİ, yaş ve cinsiyete göre düzeltilindiğinde kan basıncı ve açlık kan şekeri ile ilişkilendirildi (34). Ancak, 7-17 yaş arasındaki gençlerde, kardiyometabolik risk faktörlerini tanımlamak için ABSI'nin iyi belirleyici olmadığını bildirildi (10). İspanya'da 981 adölesanın değerlendirildiği bir çalışmada PBF'yi tahmin etmek için kullanılan BRI, BKİ, BAİ, BAİp, Kİ, bel/kalça oranı, bel/boy oranı ve ABSI'ye göre bel çevresi ve AVİ en yüksek AUC ile metabolik sendromu en iyi ayırt eden antropometrik indekslerdi (35). Abdominal yağ dağılımını değerlendirmek için alternatif bir yöntem olarak Kİ önerilmiştir (36). Ancak, DXA referans alındığında 3-19 yaş arasında değişen 580 çocuk ve adölesanın değerlendirildiği bir çalışmada, gövde yağ kütlesi indeksi olarak bel çevresine göre Kİ'nin üstünlüğü gösterilemedi (37) ve obeziteyi teşhis etmek için "orta derecede doğru" olduğunu bildirilmiştir (12). Çalışmamızla uyumlu olarak, diğer çalışmalarda da Kİ nin PBF'yi tahmin etmede iyi performans göstermediği bildirilmiştir(30).

Bu çalışmanın sınırlamaları örneklem sayısının az olmasıdır. Ayrıca bu çalışmanın örnekleme yalnızca hastaneye başvuran çocuk ve adölesanları içermektedir. Bu nedenle, ağırlık durumu daha geniş bir aralıkta olan pediatrik popülasyonlara genelleme yapmak zordur. Çocuk ve adölesanlarda obezite salgını ve buna bağlı morbiditeler göz önüne alındığında, klinik ve araştırma amaçlı kullanım için ucuz, etkili ve doğru bir vücut kompozisyonu ölçümü geliştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, çocuk ve adölesanlarda BAİp, BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BRI ve AVİ'nin fazla kilolu ve obeziteyi BİA kadar iyi değerlendireceğini varsayıyoruz. Bu çalışmada bildirilen ölçümler arasından BAİp, BKİ-SDS, bel çevresi, kalça çevresi, bel/boy oranı, TKİ, BRI ve AVİ fazla kilolu/obez çocuk ve adölesanlarda PBF'nin en basit ve en doğru belirleyicisi olabilir.

Teşekkür

Araştırmaya katılmaya gönüllü olan olgulara ve ailelerine teşekkür ederiz.

Yazarların Makaleye Katkı Beyanı

Yazarlar yayının fikir, tasarım, veri toplama, analiz ve yorumlama, literatür taraması ve makale yazımına eşit oranda katkı vermişlerdir. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan etmektedirler.

Finansal Destek

Yazarlar herhangi bir finansal destek alınmadığını beyan etmektedirler.

Etik Kurul Onayı

Ordu Üniversitesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır. (Karar Numarası: 2023/176).

Hakemlik Süreci

Makalenin değerlendirilmesinde kör hakemlik süreci uygulanmıştır.

KAYNAKLAR

1. GBD 2015 Obesity Collaborators; Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, Sur P, Estep K, Lee A, Marczak L, Mokdad AH, Moradi-Lakeh M, Naghavi M, Salama JS, Vos T, Abate KH, Abbafati C, et al. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N Engl J Med*. 2017;377(1):13-27.
2. Smith JD, Fu E, Kobayashi MA. Prevention and Management of Childhood Obesity and Its Psychological and Health Comorbidities. *Annu Rev Clin Psychol*. 2020;16:351-378.
3. Alper Z, Ercan İ, Uncu Y. A meta-analysis and an evaluation of trends in obesity prevalence among children and adolescents in Turkey: 1990 through 2015. *JCRPE Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*. 2018;10(1):59-67.
4. Van Eyck A, Eerens S, Trouet D, Lauwers E, Wouters K, De Winter BY, van der Lee JH, Van Hoeck K, Ledeganck KJ. Body composition monitoring in children and adolescents: reproducibility and reference values. *Eur J Pediatr*. 2021;180(6):1721-1732.
5. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res*. 2018;148(5):648-658.
6. Calella P, Gallè F, Fornelli G, Liguori G, Valerio G. Type 1 diabetes and body composition in youth: A systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*. 2020;36(1):e3211.
7. Ghouili H, Ouerghi N, Ben Khalifa W, Boughalmi A, Dridi A, Gmada N, Bouassida A. First reference curves of waist circumference and waist-to-height ratio for Tunisian children. *Arch Pediatr*. 2020;27(2):87-94.
8. Alves Junior CA, Mocellin MC, Gonçalves ECA, Silva DA, Trindade EB. Anthropometric Indicators as Body Fat Discriminators in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutr*. 2017;8(5):718-727.
9. Chula de Castro JA, Lima TR de, Silva DAS. Body composition estimation in children and adolescents by bioelectrical impedance analysis: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther*. 2018;22(1):134-146.
10. Chen R, Ji L, Chen Y, Meng L. Weight-to-height ratio and body roundness index are superior indicators to assess cardio-metabolic risks in Chinese children and adolescents: compared with body mass index and a body shape index. *Transl Pediatr*. 2022;11(3):318-329.
11. McGraw MB, Kohler LN, Shaibi GQ, Mandarino LJ, Coletta DK. A performance review of novel adiposity indices for assessing insulin resistance in a pediatric Latino population. *Front Pediatr*. 2022;10:1020901.
12. Asif M, Aslam M, Altaf S. Evaluation of anthropometric parameters of central obesity in Pakistani children aged 5-12 years, using receiver operating characteristic (ROC) analysis. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2018;31(9):971-977.
13. Güngör NK. Overweight and obesity in children and adolescents. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. 2014;6(3):129-143.
14. Thivel D, Verney J, Miguet M, Masurier J, Cardenoux C, Lambert C, Courteix D, Metz L, Pereira B. The accuracy of bioelectrical impedance to track body composition changes depends on the degree of obesity in adolescents with obesity. *Nutr Res*. 2018;54:60-68.
15. Verney J, Metz L, Chaplais E, Cardenoux C, Pereira B, Thivel D. Bioelectrical impedance is an accurate method to assess body composition in obese but not severely obese adolescents. *Nutrition Research [Internet]*. 2016;36(7):663-670.
16. Kurtoglu S, Mazicioglu MM, Ozturk A, Hatipoglu N, Cicek B, Ustunbas HB. Body fat reference curves for healthy Turkish children and adolescents. *Eur J Pediatr*. 2010;169(11):1329-1335.
17. Wang X, Ma J, Huang S, Dong B, Dong Y, Yang Z, Hu J, Liang W. Use of Tri-Ponderal Mass Index in Predicting Late Adolescent Overweight and Obesity in Children Aged 7-18. *Front Nutr*. 2022;9:785863.
18. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Galofré JC, Escalada J, Santos S, Millán D, Vila N, Ibañez P, Gil MJ, Valentí V, Rotellar F, Ramírez B, Salvador J, Frühbeck G. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity. *Int J Obes (Lond)*. 2012;36(2):286-294.
19. Peterson CM, Su H, Thomas DM, Heo M, Golnabi AH, Pietrobelli A, Heymsfield SB. Tri-Ponderal Mass Index vs Body Mass Index in Estimating Body Fat During Adolescence. *JAMA Pediatr*. 2017;171(7):629-636.
20. De Lorenzo A, Romano L, Di Renzo L, Gualtieri P, Salimei C, Carrano E, Rampello T, de Miranda RC. Triponderal mass index rather than body mass index: An indicator of high adiposity in Italian children and adolescents. *Nutrition*. 2019;60:41-47.
21. Ye XF, Dong W, Tan LL, Zhang ZR, Qiu YL, Zhang J. Identification of the most appropriate existing anthropometric index for home-based obesity screening in children and adolescents. *Public Health*. 2020;189:20-25.
22. Özyildirim C, Unsal EN, Ayhan NY. Performance of triponderal mass index, body mass index z scores, and body mass index performance in the diagnosis of obesity in children and adolescents. *Nutrition*. 2023;114:112116.

23. Sun J, Yang R, Zhao M, Bovet P, Xi B. Tri-Ponderal Mass Index as a Screening Tool for Identifying Body Fat and Cardiovascular Risk Factors in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021;12:694681.
24. De Santis Filgueiras M, Cecon RS, de Faria ER, de Faria FR, Pereira PF, Ribeiro AQ, Priore SE, de Novaes JF. Agreement of body adiposity index (BAI) and paediatric body adiposity index (BAIp) in determining body fat in Brazilian children and adolescents. *Public Health Nutr*. 2019;22(1):132-139.
25. Thivel D, O'Malley G, Pereira B, Duché P, Aucouturier J. Comparison of total body and abdominal adiposity indexes to dual x-ray absorptiometry scan in obese adolescents. *Am J Hum Biol*. 2015;27(3):334-338.
26. El Aarbaoui T, Samouda H, Zitouni D, di Pompeo C, de Beaufort C, Trincaretto F, Mormontyn A, Hubert H, Lemdani M, Guinhouya BC. Does the body adiposity index (BAI) apply to paediatric populations? *Ann Hum Biol*. 2013;40(5):451-458.
27. Colley D, Cines B, Current N, Schulman C, Bernstein S, Courville AB, Zambell K, Reynolds JC, Yanovski J. Assessing Body Fatness in Obese Adolescents: Alternative Methods to Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *Digest (Wash DC)*. 2015;50(3):1-7.
28. Dias IB, Panazzolo DG, Marques MF, Paredes BD, Souza MG, Manhanini DP, Morandi V, Farinatti PT, Bouskela E, Kraemer-Aguiar LG. Relationships between emerging cardiovascular risk factors, z-BMI, waist circumference and body adiposity index (BAI) on adolescents. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2013;79(5):667-674.
29. Segheto W, Coelho FA, Cristina Guimarães da Silva D, Hallal PC, Marins JC, Ribeiro AQ, Pessoa MC, Morais SH, Longo GZ. Validity of body adiposity index in predicting body fat in Brazilians adults. *Am J Hum Biol*. 2017;29(1).
30. Morais NS, Miranda VPN, Ribeiro SAV, Pereira PF, de Souza ECG, Franceschini SDCC, Priore SE. Predictive capacity and cut-off points of adiposity indices for body fat prediction according to adolescent periods. *Br J Nutr*. 2021;126(11):1673-1681.
31. Del Moral-Trinidad LE, Romo-González T, Carmona Figueroa YP, Barranca Enríquez A, Palmeros Exsome C, Campos-Uscanga Y. Potential for body mass index as a tool to estimate body fat in young people. *Enfermeria clinica (English Edition)*. 2021;31(2):99-106.
32. Ismail NA, Ragab SH, El Baky AMNEDA, Ibrahim MH. Potential Role of New Anthropometric Parameters in Childhood Obesity with or Without Metabolic Syndrome. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019;7(23):3930-3936.
33. Xu Y, Yan W, Cheung YB. Body shape indices and cardiometabolic risk in adolescents. *Ann Hum Biol*. 2015;42(1):70-75.
34. Lek N, Yan W, Zhang Y, Wang Q, Cheung YB. Indices of central and general obesity and cardiometabolic risk among adolescents in three ethnic groups in north-west China. *Ann Hum Biol*. 2016;43(1):18-24.
35. Perona JS, Schmidt Rio-Valle J, Ramírez-Vélez R, Correa-Rodríguez M, Fernández-Aparicio Á, González-Jiménez E. Waist circumference and abdominal volume index are the strongest anthropometric discriminators of metabolic syndrome in Spanish adolescents. *Eur J Clin Invest*. 2019;49(3):e13060.
36. Pérez B, Landaeta-Jiménez M, Vásquez M. [Adiposity distribution in adolescents by conicity index]. *Acta Cient Venez*. 2000;51(4):244-251.
37. Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3-19 y. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(2):490-495.