



PENILAIAN STATUS GIZI MENGGUNAKAN IMT DAN BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS UNTUK IDENTIFIKASI RISIKO SINDROM METABOLIK PADA DEWASA DI KELURAHAN SEMANAN

Jeffrey ^{1,*}, Alexander Halim Santoso ²

¹⁾ Bagian Ilmu Bedah, Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara

²⁾ Bagian Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara

*e-mail: jeffrey@fk.untar.ac.id; Submitted: 7 Juni 2026; Accepted: 9 Juli 2026

Available online: 11 Juli 2026

Abstrak

Overweight dan obesitas merupakan masalah kesehatan masyarakat yang terus meningkat dan berhubungan dengan berbagai penyakit tidak menular, seperti diabetes melitus, hipertensi, dislipidemia, dan penyakit kardiovaskular. Penilaian status gizi melalui Indeks Massa Tubuh (IMT) dan pemeriksaan komposisi tubuh menggunakan Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) dapat dimanfaatkan sebagai metode sederhana untuk mendeteksi dini risiko gangguan metabolik pada masyarakat. Kegiatan ini bertujuan mengevaluasi gambaran status gizi dan komposisi tubuh responden berdasarkan hasil pengukuran IMT, persentase lemak tubuh, dan massa otot tubuh. Evaluasi dilakukan secara deskriptif terhadap hasil pemeriksaan dan pelaksanaan edukasi kesehatan selama kegiatan berlangsung. Sebanyak 155 responden mengikuti pemeriksaan dengan rerata usia $46,49 \pm 10,29$ tahun dan rentang usia 19-80 tahun. Responden didominasi oleh perempuan sebanyak 109 orang (70,3%), sedangkan laki-laki berjumlah 46 orang (29,7%). Hasil pemeriksaan menunjukkan rerata persentase lemak tubuh sebesar $27,69 \pm 9,27\%$ dan rerata massa otot tubuh sebesar $25,63 \pm 4,5\%$. Nilai rerata IMT responden adalah $27,41 \pm 5,04 \text{ kg/m}^2$ dengan rentang 18,1-45 kg/m^2 . Berdasarkan klasifikasi IMT Asia Pasifik, kategori obesitas tingkat 1 menjadi kelompok terbanyak sebanyak 64 responden (41,3%), diikuti obesitas tingkat 2 sebanyak 40 responden (25,8%). Temuan ini memperlihatkan bahwa sebagian besar responden memiliki status gizi lebih hingga obesitas. Pemeriksaan IMT dan komposisi tubuh dapat digunakan sebagai metode skrining yang praktis dan efektif untuk membantu identifikasi dini risiko gangguan metabolik serta mendukung upaya promotif dan preventif melalui edukasi pola hidup sehat dan pemantauan status gizi secara berkala.

Kata Kunci: Indeks Massa Tubuh; Komposisi Tubuh; Obesitas; Skrining Kesehatan; Status Gizi

Abstract

Overweight and obesity are increasing public health concerns associated with various non-communicable diseases, including diabetes mellitus, hypertension, dyslipidemia, and cardiovascular disease. Nutritional status assessment using Body Mass Index (BMI) and body composition examination through Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) can be utilized as simple methods for early identification of metabolic disorder risks within the community. This community outreach aimed to evaluate the distribution of nutritional status and body composition based on BMI measurements, body fat percentage, and muscle mass assessment. Descriptive analysis was performed on examination findings and the implementation of health education activities during the program. A total of 155



respondents participated in the examination, with a mean age of 46.49 ± 10.29 years and an age range of 19–80 years. Most respondents were female, accounting for 109 individuals (70.3%), while 46 respondents (29.7%) were male. The results demonstrated a mean body fat percentage of $27.69 \pm 9.27\%$ and a mean muscle mass percentage of $25.63 \pm 4.5\%$. The mean BMI was $27.41 \pm 5.04 \text{ kg/m}^2$, ranging from 18.1 to 45 kg/m^2 . Based on the Asia-Pacific BMI classification, obesity grade 1 was the most common category with 64 respondents (41.3%), followed by obesity grade 2 with 40 respondents (25.8%). These findings indicate that most respondents had overweight to obese nutritional status. BMI and body composition assessments may serve as practical and effective screening tools for early detection of metabolic disorder risks while supporting promotive and preventive health efforts through healthy lifestyle education and regular nutritional monitoring.

Keywords: Body Mass Index; Body Composition; Obesity; Health Screening; Nutritional Status

PENDAHULUAN

Sindrom metabolik merupakan suatu kondisi klinis yang ditandai oleh kumpulan abnormalitas metabolik yang terjadi secara bersamaan, termasuk obesitas sentral, resistensi insulin, dislipidemia, dan hipertensi. Kondisi ini memiliki implikasi klinis yang signifikan karena berkaitan erat dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular dan diabetes melitus tipe 2. (Giangregorio et al., 2024) Dalam beberapa dekade terakhir, sindrom metabolik telah berkembang menjadi salah satu permasalahan kesehatan utama di tingkat global, seiring dengan meningkatnya prevalensi obesitas, perubahan pola makan, serta gaya hidup sedentari pada masyarakat modern. Secara epidemiologis, prevalensi sindrom metabolik diperkirakan berkisar antara 20–25% di populasi dunia, sementara di Indonesia angkanya mencapai sekitar 23,34%, yang mencerminkan beban penyakit yang signifikan dan cenderung meningkat. (Giangregorio et al., 2024)

Secara patofisiologis, sindrom metabolik berakar pada resistensi insulin dan disfungsi jaringan adiposa. Akumulasi lemak visceral berperan penting dalam memicu inflamasi kronik tingkat rendah, yang selanjutnya menyebabkan gangguan metabolisme glukosa dan lipid. Selain itu, jaringan adiposa yang berlebih juga menghasilkan berbagai adipokin proinflamasi yang berkontribusi terhadap disfungsi endotel dan peningkatan risiko aterosklerosis. Oleh karena itu, obesitas, khususnya obesitas sentral, dianggap sebagai komponen kunci dalam perkembangan sindrom metabolik. (Kim et al., 2022; Rabiee et al., 2025)

Penilaian status gizi menjadi aspek penting dalam identifikasi dini individu berisiko. Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan parameter antropometri yang digunakan untuk mengklasifikasikan status gizi berdasarkan perbandingan antara berat badan dan tinggi badan. Meskipun sederhana dan praktis, IMT memiliki keterbatasan karena tidak dapat membedakan antara massa lemak dan massa bebas lemak, serta tidak mencerminkan distribusi lemak tubuh. (da Cunha de Sá-Caputo et al., 2021; Gastelurrutia et al., 2011; Hull et al., 2011) Sebagai pelengkap, *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) merupakan metode non-invasif yang dapat digunakan untuk menilai komposisi tubuh secara lebih rinci, termasuk persentase lemak tubuh, massa otot, dan total body water. Penggunaan BIA memberikan nilai tambah dalam evaluasi status gizi karena mampu mengidentifikasi individu dengan komposisi tubuh abnormal meskipun memiliki IMT yang normal, seperti pada kondisi *normal weight obesity*. (Schiavo et al., 2020; Son et al., 2025)



Pendekatan skrining berbasis komunitas yang mengintegrasikan pengukuran IMT dan analisis komposisi tubuh menggunakan BIA dapat menjadi strategi yang efektif dalam mendeteksi dini risiko sindrom metabolik. Selain itu, kegiatan ini juga dapat berfungsi sebagai sarana edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga status gizi yang optimal. (Bosy-Westphal & Müller, 2021; Miller et al., 2023; Oh et al., 2021) Berdasarkan latar belakang tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk melakukan penilaian status gizi menggunakan IMT dan BIA pada populasi dewasa di Kelurahan Semanan sebagai upaya deteksi dini risiko sindrom metabolik, serta meningkatkan literasi kesehatan masyarakat terkait pencegahan penyakit metabolik.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Kelurahan Semanan dengan melibatkan populasi dewasa berusia ≥ 18 tahun sebagai sasaran utama, yang dirancang untuk melakukan penilaian status gizi secara komprehensif melalui pengukuran antropometri menggunakan Indeks Massa Tubuh (IMT) serta analisis komposisi tubuh berbasis *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) sebagai bagian dari strategi deteksi dini risiko sindrom metabolik berbasis komunitas. Pendekatan yang digunakan mengadopsi siklus Plan-Do-Check-Act (PDCA) sebagai kerangka kerja continuous quality improvement yang memungkinkan integrasi sistematis antara perencanaan berbasis risiko, implementasi berbasis protokol terstandar, evaluasi berbasis data empiris, serta pengembangan intervensi lanjutan yang adaptif dan berkelanjutan; dalam konteks ini, PDCA tidak hanya berfungsi sebagai alur kerja operasional, tetapi juga sebagai pendekatan sistemik dalam mengidentifikasi, memonitor, dan mengendalikan faktor risiko metabolik pada tingkat populasi secara terstruktur dan berkesinambungan. (Gambar 1)



Gambar 1. Pemeriksaan Komposisi Tubuh dengan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) pada Responden

Tahap Perencanaan (Plan)

Tahap perencanaan diawali dengan analisis situasi kesehatan masyarakat secara komprehensif yang berfokus pada meningkatnya prevalensi obesitas, kelebihan berat badan, serta sindrom metabolik pada populasi dewasa. Analisis ini mempertimbangkan faktor epidemiologi global dan nasional, serta karakteristik lokal masyarakat, termasuk pola konsumsi makanan tinggi kalori dan lemak, rendahnya aktivitas fisik, serta kecenderungan gaya hidup sedentari.



Pendekatan yang digunakan dalam tahap ini adalah *risk-based community assessment*, di mana populasi dewasa dipandang sebagai kelompok dengan risiko tinggi terhadap gangguan metabolik akibat akumulasi faktor risiko yang bersifat kronik dan progresif. Selain itu, diidentifikasi adanya kesenjangan dalam praktik skrining di masyarakat, yang umumnya masih terbatas pada pengukuran berat badan tanpa evaluasi komposisi tubuh yang lebih mendalam. Berdasarkan analisis tersebut, dirumuskan tujuan kegiatan secara spesifik dan operasional, yaitu:

1. Mengidentifikasi status gizi individu berdasarkan perhitungan IMT
2. Menilai komposisi tubuh secara kuantitatif menggunakan BIA.
3. Meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap hubungan antara status gizi dan risiko penyakit metabolik

Selain itu, disusun alur pelayanan yang sistematis dan terintegrasi, meliputi registrasi, anamnesis faktor risiko, pengukuran antropometri, pemeriksaan BIA, pencatatan data, interpretasi hasil, edukasi, serta tindak lanjut. Instrumen pencatatan data dirancang secara terstandar untuk memungkinkan analisis yang komprehensif dan konsisten.

Tahap Pelaksanaan (Do)

Tahap pelaksanaan merupakan implementasi dari seluruh perencanaan yang telah disusun secara sistematis. Kegiatan diawali dengan registrasi peserta dan pengumpulan data dasar yang mencakup karakteristik demografis serta faktor risiko metabolik, seperti pola makan, tingkat aktivitas fisik, riwayat penyakit metabolik, dan riwayat keluarga. Selanjutnya dilakukan pengukuran antropometri yang terdiri dari pengukuran berat badan dan tinggi badan untuk perhitungan IMT. Pengukuran dilakukan oleh tenaga terlatih dengan mengikuti prosedur standar untuk memastikan akurasi dan reliabilitas data. Untuk meningkatkan validitas, pengukuran dapat dilakukan lebih dari satu kali dan diambil nilai rata-rata.

Dilakukan kontrol terhadap konsistensi pengukuran dan pelatihan petugas untuk memastikan keseragaman prosedur untuk menjaga kualitas data. Semua data dicatat dalam formulir terstandar yang memungkinkan analisis lebih lanjut. Hasil pemeriksaan disampaikan kepada peserta secara individual, disertai dengan penjelasan yang mudah dipahami mengenai status gizi dan implikasinya terhadap kesehatan. Edukasi diberikan baik secara individu maupun kelompok, dengan pendekatan komunikasi yang interaktif.

Tahap Evaluasi (Check)

Evaluasi kuantitatif dilakukan melalui analisis deskriptif terhadap distribusi Indeks Massa Tubuh (IMT) dan parameter komposisi tubuh yang diperoleh dari pemeriksaan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA). Analisis mencakup distribusi kategori status gizi berdasarkan klasifikasi IMT populasi Asia Pasifik, yaitu *underweight* ($<18,5 \text{ kg/m}^2$), normal ($18,5\text{--}22,9 \text{ kg/m}^2$), *overweight* ($23\text{--}24,9 \text{ kg/m}^2$), obesitas tingkat 1 ($25\text{--}29,9 \text{ kg/m}^2$), dan obesitas tingkat 2 ($\geq 30 \text{ kg/m}^2$). Selain itu, evaluasi juga meliputi pengukuran total lemak tubuh, massa otot tubuh, dan rerata IMT responden untuk menggambarkan kondisi status gizi dan risiko gangguan metabolik pada populasi yang diperiksa. Data tersebut digunakan untuk membantu identifikasi dini masalah gizi lebih maupun gizi kurang yang berpotensi meningkatkan risiko penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, hipertensi, dislipidemia, dan penyakit kardiovaskular. Evaluasi kegiatan juga mencakup aspek pelaksanaan pemeriksaan, efektivitas edukasi kesehatan, serta respons dan partisipasi masyarakat selama kegiatan berlangsung.



Tahap Tindak Lanjut (Act)

Tahap tindak lanjut bertujuan untuk memastikan bahwa hasil kegiatan memberikan dampak jangka panjang terhadap kesehatan masyarakat. Peserta dengan hasil yang menunjukkan risiko tinggi diberikan konseling individual yang bersifat personal dan berbasis risiko.

Intervensi yang diberikan meliputi:

1. Edukasi mengenai pengaturan pola makan seimbang
2. Anjuran peningkatan aktivitas fisik
3. Pengendalian berat badan
4. Rujukan ke fasilitas kesehatan untuk evaluasi lebih lanjut bila diperlukan

Selain itu, hasil kegiatan ini digunakan sebagai dasar untuk pengembangan program intervensi lanjutan berbasis komunitas, seperti skrining berkala dan program edukasi berkelanjutan. Dengan demikian, siklus PDCA dalam kegiatan ini menjadi proses berkelanjutan yang tidak hanya berhenti pada tahap skrining, tetapi berkembang menjadi sistem intervensi kesehatan masyarakat yang adaptif dan berbasis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

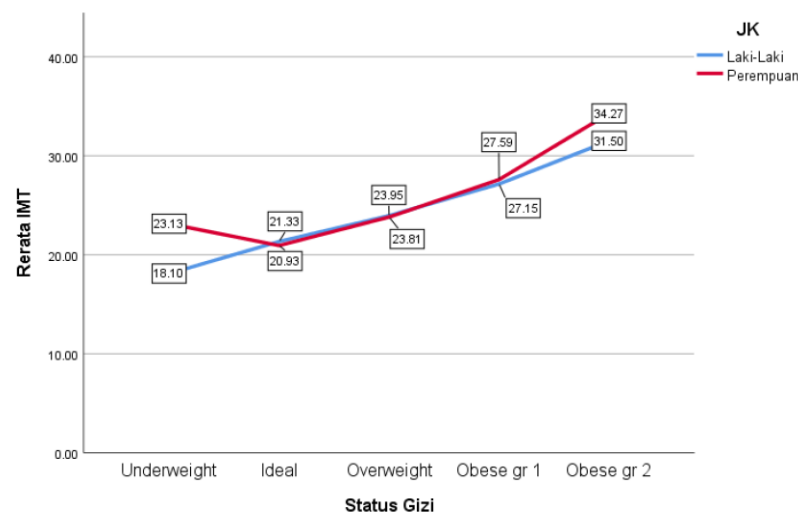
Berdasarkan Tabel 1, pengabdian kepada masyarakat ini melibatkan 155 responden dengan rerata usia $46,49 \pm 10,29$ tahun dan rentang usia 19–80 tahun. Mayoritas responden berjenis kelamin perempuan sebanyak 109 orang (70,3%), sedangkan laki-laki berjumlah 46 orang (29,7%). Hasil pemeriksaan komposisi tubuh menunjukkan rerata total lemak tubuh sebesar $27,69 \pm 9,27\%$ dengan rentang nilai 6,7–43,9%, sementara rerata total otot tubuh sebesar $25,63 \pm 4,5\%$ dengan rentang 13,3–37,1%. Pemeriksaan Indeks Massa Tubuh (IMT) menunjukkan rerata sebesar $27,41 \pm 5,04$ kg/m² dengan rentang nilai 18,1–45 kg/m². Berdasarkan klasifikasi IMT, sebagian besar responden berada pada kategori obesitas tingkat 1 sebanyak 64 orang (41,3%), diikuti obesitas tingkat 2 sebanyak 40 orang (25,8%), kategori ideal sebanyak 28 orang (18,1%), overweight sebanyak 19 orang (12,3%), dan underweight sebanyak 4 orang (2,6%). Temuan ini menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki status gizi lebih hingga obesitas, yang dapat meningkatkan risiko gangguan metabolik dan penyakit tidak menular.

Tabel 1. Data Karakteristik Responden

Parameter	F (%)	Rerata (SD)	Min-Max
Usia (tahun)		46.49 (10.29)	19 – 80
Jenis Kelamin:			
• Laki-laki	46 (29.7)		
• Perempuan	109 (70.3)		
Total Lemak Tubuh (%)		27.69 (9.27)	6.7 – 43.9
Total Otot Tubuh (%)		25.63 (4.5)	13.3 – 37.1
Index Massa Tubuh (kg/m²)		27.41 (5.04)	18.1 – 45
• Underweight	4 (2.6)		
• Ideal	28 (18.1)		
• Overweight	19 (12.3)		
• Obesitas Tingkat 1	64 (41.3)		
• Obesitas Tingkat 2	40 (25.8)		

Berdasarkan Gambar 2, rerata Indeks Massa Tubuh (IMT) menunjukkan peningkatan seiring perubahan klasifikasi status gizi pada laki-laki maupun perempuan.

Pada kategori *underweight*, rerata IMT laki-laki sebesar 18,10 kg/m², sedangkan perempuan sebesar 23,13 kg/m². Pada kategori ideal, rerata IMT laki-laki sebesar 21,33 kg/m² dan perempuan sebesar 20,93 kg/m². Kategori *overweight* menunjukkan rerata IMT yang relatif serupa antara laki-laki dan perempuan, masing-masing sebesar 23,81 kg/m² dan 23,95 kg/m². Peningkatan rerata IMT semakin terlihat pada kategori obesitas. Pada obesitas tingkat 1, rerata IMT laki-laki sebesar 27,15 kg/m², sedangkan perempuan sebesar 27,59 kg/m². Sementara itu, pada obesitas tingkat 2 ditemukan rerata IMT tertinggi baik pada laki-laki maupun perempuan, masing-masing sebesar 31,50 kg/m² dan 34,27 kg/m². Temuan ini menunjukkan bahwa perempuan cenderung memiliki rerata IMT lebih tinggi dibandingkan laki-laki pada kategori obesitas tingkat 2.



Gambar 2. Rerata IMT dan Gambaran Klasifikasinya berdasarkan Jenis Kelamin Responden

Hasil pengabdian kepada masyarakat menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada kategori status gizi lebih hingga obesitas, dengan proporsi tertinggi pada obesitas tingkat 1 dan obesitas tingkat 2. Rerata Indeks Massa Tubuh (IMT) responden sebesar $27,41 \pm 5,04$ kg/m² menunjukkan bahwa secara umum populasi yang diperiksa telah berada pada kategori *overweight* menuju obesitas. Kondisi ini menggambarkan adanya kecenderungan peningkatan masalah gizi lebih di masyarakat yang berpotensi meningkatkan risiko berbagai penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, hipertensi, dislipidemia, penyakit jantung koroner, hingga sindrom metabolik. (dos Santos Pereira & Conde, 2023; Li et al., 2022)

Peningkatan IMT terjadi akibat ketidakseimbangan antara asupan energi dan pengeluaran energi tubuh dalam jangka panjang. Konsumsi makanan tinggi kalori, gula, lemak jenuh, serta rendah serat yang tidak diimbangi aktivitas fisik adekuat menyebabkan kelebihan energi disimpan dalam bentuk jaringan adiposa. Akumulasi lemak tubuh yang berlebihan akan meningkatkan resistensi insulin, inflamasi kronis derajat rendah, dan gangguan metabolisme lipid. Kondisi tersebut kemudian memicu peningkatan risiko gangguan metabolik dan kardiovaskular. Hasil pemeriksaan total lemak tubuh pada pengabdian kepada masyarakat ini yang menunjukkan rerata cukup tinggi turut mendukung adanya kecenderungan peningkatan adipositas pada responden. (Jung & Choi, 2014; Mambrini et al., 2023; Oussaada et al., 2019)

Hasil pengabdian kepada masyarakat juga menunjukkan bahwa perempuan cenderung memiliki rerata IMT lebih tinggi dibandingkan laki-laki pada kategori obesitas tingkat 2. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh faktor hormonal, distribusi lemak tubuh,



tingkat aktivitas fisik, serta perubahan metabolisme yang terjadi seiring pertambahan usia. Perempuan secara fisiologis memiliki persentase lemak tubuh lebih tinggi dibandingkan laki-laki karena dipengaruhi hormon estrogen dan kebutuhan cadangan energi reproduktif. Selain itu, penurunan aktivitas fisik dan perubahan hormonal terutama pada usia dewasa dan menopause dapat meningkatkan akumulasi lemak tubuh sehingga risiko obesitas menjadi lebih tinggi. (Darbandi et al., 2020; Gould et al., 2022)

Tingginya proporsi *overweight* dan obesitas pada pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan pentingnya upaya promotif dan preventif melalui edukasi pola hidup sehat, pengaturan pola makan seimbang, peningkatan aktivitas fisik, serta pemantauan status gizi secara berkala. Pemeriksaan IMT, total lemak tubuh, dan komposisi tubuh dapat menjadi metode skrining sederhana untuk membantu identifikasi dini risiko gangguan metabolik di masyarakat. Deteksi dini memungkinkan intervensi dilakukan lebih cepat sehingga risiko komplikasi penyakit tidak menular akibat obesitas dapat ditekan dan kualitas kesehatan masyarakat dapat ditingkatkan. (Djalalinia et al., 2022; dos Santos Pereira & Conde, 2023; Lodi et al., 2026)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan status gizi, sebagian besar responden berada pada kategori *overweight* hingga obesitas dengan rerata IMT sebesar $27,41 \pm 5,04$ kg/m². Kategori obesitas tingkat 1 dan obesitas tingkat 2 merupakan kelompok terbanyak pada populasi yang diperiksa. Temuan ini menunjukkan bahwa masalah gizi lebih dan obesitas masih cukup tinggi di masyarakat serta berpotensi meningkatkan risiko gangguan metabolik dan penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, hipertensi, dan penyakit kardiovaskular. Pemeriksaan IMT, total lemak tubuh, dan komposisi tubuh dapat menjadi metode skrining sederhana dan efektif untuk membantu identifikasi dini risiko kesehatan terkait status gizi. Kegiatan ini juga mendukung upaya promotif dan preventif melalui peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pola makan seimbang, aktivitas fisik teratur, dan pemantauan status gizi secara berkala guna mencegah komplikasi kesehatan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bosy-Westphal, A., & Müller, M. J. (2021). Diagnosis of obesity based on body composition-associated health risks—Time for a change in paradigm. *Obesity Reviews*, 22(S2). <https://doi.org/10.1111/obr.13190>
- da Cunha de Sá-Caputo, D., Sonza, A., Coelho-Oliveira, A. C., Pessanha-Freitas, J., Reis, A. S., Francisca-Santos, A., dos Anjos, E. M., Paineiras-Domingos, L. L., de Rezende Bessa Guerra, T., da Silva Franco, A., Xavier, V. L., Barbosa e Silva, C. J., Moura-Fernandes, M. C., Mendonça, V. A., Rodrigues Lacerda, A. C., da Rocha Pinheiro Mulder, A., Seixas, A., Sartorio, A., Taiar, R., & Bernardo-Filho, M. (2021). Evaluation of the Relationships between Simple Anthropometric Measures and Bioelectrical Impedance Assessment Variables with Multivariate Linear Regression Models to Estimate Body Composition and Fat Distribution in Adults: Preliminary Results. *Biology*, 10(11), 1209. <https://doi.org/10.3390/biology10111209>
- Darbandi, M., Najafi, F., Pasdar, Y., & Rezaeian, S. (2020). Structural equation model analysis for the evaluation of factors associated with overweight and obesity in



- menopausal women in RaNCD cohort study. *Menopause*, 27(2), 208–215. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000001452>
- Djalalinia, S., Yoosefi, M., Shahin, S., Ghasemi, E., Rezaei, N., Ahmadi, N., Rezaei, N., Azmin, M., Rezaei, S., Nasserinejad, M., Mohammadi, E., Haghshenas, R., Shabestari, A. N., Jamshidi, H., Dastjerdi, M. V., Larijani, B., & Farzadfar, F. (2022). The levels of BMI and patterns of obesity and overweight during the COVID-19 pandemic: Experience from the Iran STEPs 2021 survey. *Frontiers in Endocrinology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1043894>
- dos Santos Pereira, D. B., & Conde, W. L. (2023). Overweight and obesity in adulthood, sociodemographic factors, lifestyle, and the early burden of noncommunicable diseases among Americans: <scp>NHANES</scp> 2007–2018. *American Journal of Human Biology*, 35(8). <https://doi.org/10.1002/ajhb.23905>
- Gastelurrutia, P., Lupón, J., Domingo, M., Ribas, N., Noguero, M., Martinez, C., Cortes, M., & Bayes-Genis, A. (2011). Usefulness of Body Mass Index to Characterize Nutritional Status in Patients With Heart Failure. *The American Journal of Cardiology*, 108(8), 1166–1170. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.06.020>
- Giangregorio, F., Mosconi, E., Debellis, M. G., Provini, S., Esposito, C., Garolfi, M., Oraka, S., Kaloudi, O., Mustafazade, G., Marín-Baselga, R., & Tung-Chen, Y. (2024). A Systematic Review of Metabolic Syndrome: Key Correlated Pathologies and Non-Invasive Diagnostic Approaches. *Journal of Clinical Medicine*, 13(19), 5880. <https://doi.org/10.3390/jcm13195880>
- Gould, L. M., Gordon, A. N., Cabre, H. E., Hoyle, A. T., Ryan, E. D., Hackney, A. C., & Smith-Ryan, A. E. (2022). Metabolic effects of menopause: a cross-sectional characterization of body composition and exercise metabolism. *Menopause*, 29(4), 377–389. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000001932>
- Hull, H. R., Thornton, J., Wang, J., Pierson, R. N., Kaleem, Z., Pi-Sunyer, X., Heymsfield, S., Albu, J., Fernandez, J. R., VanItallie, T. B., & Gallagher, D. (2011). Fat-free mass index: changes and race/ethnic differences in adulthood. *International Journal of Obesity*, 35(1), 121–127. <https://doi.org/10.1038/ijo.2010.111>
- Jung, U., & Choi, M.-S. (2014). Obesity and Its Metabolic Complications: The Role of Adipokines and the Relationship between Obesity, Inflammation, Insulin Resistance, Dyslipidemia and Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(4), 6184–6223. <https://doi.org/10.3390/ijms15046184>
- Kim, J.-E., Kim, J.-S., Jo, M.-J., Cho, E., Ahn, S.-Y., Kwon, Y.-J., & Ko, G.-J. (2022). The Roles and Associated Mechanisms of Adipokines in Development of Metabolic Syndrome. *Molecules*, 27(2), 334. <https://doi.org/10.3390/molecules27020334>
- Li, M., Gong, W., Wang, S., & Li, Z. (2022). Trends in body mass index, overweight and obesity among adults in the USA, the NHANES from 2003 to 2018: a repeat cross-sectional survey. *BMJ Open*, 12(12), e065425. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-065425>
- Lodi, E., Poli, M. L., Paoloni, E., Lodi, G., Savino, G., Tampieri, F., & Modena, M. G. (2026). Anthropometric Indicators and Early Cardiovascular Prevention in Children and Adolescents: The Role of Education and Lifestyle. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 13(1), 57. <https://doi.org/10.3390/jcdd13010057>
- Mambrini, S. P., Menichetti, F., Ravella, S., Pellizzari, M., De Amicis, R., Foppiani, A., Battezzati, A., Bertoli, S., & Leone, A. (2023). Ultra-Processed Food Consumption and Incidence of Obesity and Cardiometabolic Risk Factors in Adults: A Systematic Review of Prospective Studies. *Nutrients*, 15(11), 2583. <https://doi.org/10.3390/nu15112583>



- Miller, E., Janssen, I., & Ross, R. (2023). Changes In Body Composition In Relation To The Metabolic Syndrome: A Compositional Data Analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 55(9S), 640-640. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000985776.55853.b9>
- Oh, Y. H., Choi, S., Lee, G., Son, J. S., Kim, K. H., & Park, S. M. (2021). Changes in Body Composition Are Associated with Metabolic Changes and the Risk of Metabolic Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, 10(4), 745. <https://doi.org/10.3390/jcm10040745>
- Oussaada, S. M., van Galen, K. A., Cooiman, M. I., Kleinendorst, L., Hazebroek, E. J., van Haelst, M. M., ter Horst, K. W., & Serlie, M. J. (2019). The pathogenesis of obesity. *Metabolism*, 92, 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.12.012>
- Rabiee, A., Hossain, M. A., & Poojari, A. (2025). Adipose Tissue Insulin Resistance: A Key Driver of Metabolic Syndrome Pathogenesis. *Biomedicines*, 13(10), 2376. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13102376>
- Schiavo, L., Pilone, V., Tramontano, S., Rossetti, G., & Iannelli, A. (2020). May Bioelectrical Impedance Analysis Method Be Used in Alternative to the Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in the Assessment of Fat Mass and Fat-Free Mass in Patients with Obesity? Pros, Cons, and Perspectives. *Obesity Surgery*, 30(8), 3212-3215. <https://doi.org/10.1007/s11695-020-04614-0>
- Son, J. W., Han, B., Bennett, J. P., Heymsfield, S., & Lim, S. (2025). Development and clinical application of bioelectrical impedance analysis method for body composition assessment. *Obesity Reviews*, 26(1). <https://doi.org/10.1111/obr.13844>

CC BY-SA 4.0 (Attribution-ShareAlike 4.0 International).

This license allows users to share and adapt an article, even commercially, as long as appropriate credit is given and the distribution of derivative works is under the same license as the original. That is, this license lets others copy, distribute, modify and reproduce the Article, provided the original source and Authors are credited under the same license as the original.

