

Peran Kadar Gula Darah dan Asam Urat terhadap Komposisi Lemak dan Massa Otot Wanita Dewasa di Jakarta: Studi Multisenter dengan Kontrol Usia

The Role of Blood Sugar and Uric Acid Levels on Fat Composition and Muscle Mass in Adult Women in Jakarta: A Multicenter Study with Age Control

Triyana Sari^{1*}, Alexander Halim Santoso², Erick Sidarta¹, Christian Wijaya³, William Gilbert Satyanegara⁴

¹Universitas Tarumanagara, Ilmu Biologi, Fakultas Kedokteran, Jakarta, Indonesia

²Universitas Tarumanagara, Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Jakarta, Indonesia

³Universitas Tarumanagara, Ilmu Obstetri dan Ginekologi, Fakultas Kedokteran, Jakarta, Indonesia

³Universitas Tarumanagara, Fakultas Kedokteran, Jakarta, Indonesia

Kata Kunci :

Asam urat, gula darah puasa, komposisi tubuh, lemak visceral, otot rangka, wanita dewasa.

ABSTRAK

Pendahuluan: Prevalensi diabetes melitus dan hiperurisemia yang meningkat pada wanita dewasa di Indonesia menjadi perhatian karena berkaitan dengan peningkatan lemak tubuh dan penurunan massa otot. Lemak visceral diketahui sebagai prediktor risiko metabolik, sementara massa otot penting dalam regulasi glukosa. Namun, studi untuk evaluasi hubungan antara kadar gula darah, asam urat, dan komposisi tubuh pada populasi wanita Indonesia masih terbatas. **Metode:** Penelitian ini merupakan studi potong lintang multisenter di enam kelurahan DKI Jakarta, melibatkan 325 perempuan dewasa yang dipilih secara purposive. Data dikumpulkan melalui pemeriksaan gula darah puasa dan asam urat dari darah vena setelah puasa ≥ 8 jam, serta pengukuran komposisi tubuh menggunakan OMRON HBF-375. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji korelasi Pearson dan partial correlation dengan usia sebagai variabel kontrol. **Hasil:** Rerata usia responden adalah 48,7 tahun (SD 13,26). Kadar gula darah puasa berkorelasi positif signifikan dengan total lemak tubuh ($r = 0.175$, $p = 0.002$), lemak visceral ($r = 0.156$, $p = 0.005$), dan lemak subkutan ($r = 0.136$, $p = 0.014$); korelasi tetap signifikan setelah kontrol usia ($p < 0.05$). Kadar asam urat juga berkorelasi signifikan dengan lemak visceral ($r = 0.235$) dan subkutan ($r = 0.210$), $p < 0.001$. Tidak ditemukan korelasi signifikan antara kedua biomarker dengan massa otot ($p > 0.05$). **Kesimpulan:** Gula darah dan asam urat berkaitan dengan peningkatan lemak tubuh secara independen terhadap usia, sedangkan penurunan massa otot lebih dipengaruhi oleh proses penuaan.

Keyword :

Adult women, body composition, fasting blood glucose, skeletal muscle, uric acid, visceral fat.

ABSTRACT

Introduction: The rising prevalence of diabetes mellitus and hyperuricemia among adult women in Indonesia has raised significant public health concerns due to their association with increased body fat and decreased muscle mass. Visceral fat is recognized as a key predictor of metabolic risk, while skeletal muscle plays a vital role in glucose regulation. However, studies evaluating the relationship between blood glucose levels, uric acid, and body composition in Indonesian women remain limited. **Methods:** This cross-sectional multicenter study was conducted in six urban areas of Jakarta, involving 325 purposively selected adult women. Data collection included fasting blood glucose and uric acid levels obtained from venous blood samples after at least 8 hours of fasting. Body composition measurements were performed using the OMRON HBF-375 body analyzer. Pearson correlation and partial correlation tests were used for statistical

analysis, with age controlled as a confounding variable. **Results:** The mean age of participants was 48.7 years (SD 13.26). Fasting blood glucose showed significant positive correlations with total body fat ($r = 0.175$, $p = 0.002$), visceral fat ($r = 0.156$, $p = 0.005$), and subcutaneous fat ($r = 0.136$, $p = 0.014$), which remained significant after controlling for age ($p < 0.05$). Uric acid levels were also significantly correlated with visceral fat ($r = 0.235$) and subcutaneous fat ($r = 0.210$), both $p < 0.001$. No significant correlation was found between either biomarker and skeletal muscle mass ($p > 0.05$). **Conclusion:** Fasting blood glucose and uric acid levels are associated with increased body fat independently of age, while the decline in skeletal muscle mass is more closely linked to the aging process.

Copyright © 2025 JKBD
All rights reserved

Corresponding Author:

Triyana Sari

Universitas Tarumanagara, Ilmu Biologi, Fakultas Kedokteran, Jakarta, Indonesia

Email: triyanas@fk.untar.ac.id

Article history

Received date : 26 Juli 2025

Revised date : 28 Juli 2025

Accepted date : 31 Juli 2025

PENDAHULUAN

Diabetes melitus tipe 2 (DM) telah menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di Indonesia, dengan peningkatan prevalensi dalam beberapa dekade terakhir. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas), prevalensi DM di Indonesia meningkat dari 6,9% pada tahun 2013 menjadi 8,5% pada tahun 2018.(Bachtiar et al., 2020; Oktora & Butar Butar, 2022) Indonesia menempati urutan ketujuh negara dengan jumlah penderita DM terbanyak di dunia, dengan lebih dari 7,6 juta penderita pada tahun 2012.(Soewondo et al., 2013) DKI Jakarta sendiri memiliki prevalensi DM mencapai 3,4%, tertinggi di Indonesia dan didominasi oleh populasi usia produktif.(Muhamad et al., 2023; Oktora & Butar Butar, 2022) Kondisi ini diperparah oleh rendahnya kesadaran masyarakat Indonesia terhadap pemeriksaan kesehatan rutin, dimana 70% masyarakat Indonesia tidak pernah melakukan pemeriksaan darah.(Abadi, 2023)

Seiring dengan peningkatan prevalensi DM, hiperurisemia juga menjadi masalah kesehatan yang mengkhawatirkan. Data menunjukkan bahwa prevalensi hiperurisemia di Indonesia mencapai 32% pada populasi di bawah 34 tahun dan terus meningkat setiap tahunnya.(Sari et al., 2019) Prevalensi asam urat di Indonesia berdasarkan Riskesdas 2018 mencapai 7,3% (Rahmatica et al., 2023), namun terdapat perbedaan *gender* dalam

prevalensi hiperurisemia, dimana perempuan memiliki prevalensi lebih tinggi (8,46%) dibandingkan laki-laki (6,13%).(Jamilah & Riyanti, 2025) Hiperurisemia menempati urutan kedua setelah osteoarthritis sebagai penyakit reumatik di Indonesia, dengan prevalensi tertinggi pada kelompok usia ≥ 75 tahun mencapai 54,8%.(Astuti et al., 2023; Marwah et al., 2020)

Hubungan antara kadar gula darah dan asam urat memiliki dasar patofisiologi yang kompleks dan masih menjadi perdebatan dalam literatur medis. Beberapa penelitian menunjukkan korelasi positif antara kadar asam urat dengan kadar glukosa darah puasa dan HbA1c pada pasien diabetes.(Marwah et al., 2020; Pandey et al., 2022) Asam urat dapat meningkatkan resistensi insulin, sementara hiperinsulinemia dapat meningkatkan konsentrasi asam urat, menciptakan siklus patofisiologi yang saling memperkuat.(Pandey et al., 2022) Penelitian longitudinal menunjukkan bahwa kadar asam urat meningkat sebelum diagnosis diabetes dan kemudian menurun seiring dengan durasi diabetes, menunjukkan hubungan temporal yang spesifik.(Juraschek et al., 2014) Namun, beberapa penelitian lain menunjukkan hubungan yang bervariasi, dengan beberapa melaporkan korelasi negatif atau tidak ada hubungan yang signifikan.(Karnita et al., 2024; Zhou et al., 2024)

Mekanisme patofisiologi yang mendasari hubungan ini melibatkan berbagai jalur metabolik. Hiperurisemia dapat berkontribusi terhadap disfungsi endotel, stres oksidatif, dan inflamasi sistemik yang berperan dalam patogenesis diabetes.(Alqahtani et al., 2022) Selain itu, kadar asam urat yang tinggi juga dikaitkan dengan risiko komplikasi diabetes seperti nefropati diabetik, khususnya pada perempuan dengan *Odds ratio* 9,6 untuk hiperurisemia sebagai faktor risiko nefropati diabetik tahap 3-5.(Wahyuningsih et al., 2019) Interaksi kompleks ini melibatkan peran indeks massa tubuh (IMT) dan dislipidemia sebagai mediator dalam hubungan antara asam urat dan risiko diabetes tipe 2.(F. Cheng et al., 2022)

Komposisi tubuh merupakan parameter penting dalam evaluasi status kesehatan metabolik, khususnya pada wanita dewasa. Penelitian menunjukkan bahwa wanita memiliki komposisi lemak tubuh yang lebih tinggi dibandingkan laki-laki, dengan distribusi lemak yang cenderung lebih banyak di area abdominal seiring dengan bertambahnya usia.(Atmaka et al., 2025) Prevalensi kelebihan berat badan dan obesitas pada wanita Indonesia mencapai 58,9%, jauh lebih tinggi dibandingkan laki-laki yang hanya 38,3%.(Pengpid & Peltzer, 2017) Prevalensi obesitas pada wanita Indonesia berdasarkan IMT $\geq 25,0$ mencapai 53%, sementara obesitas abdominal dengan lingkaran pinggang ≥ 80 cm mencapai 46%.(Gusnedi et al., 2022)

Perubahan komposisi tubuh pada wanita dewasa dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk usia, status hormonal, dan faktor metabolik. Penelitian menunjukkan bahwa penurunan massa otot dan peningkatan massa lemak terjadi seiring dengan bertambahnya usia, dengan pola yang spesifik gender.(Gába & Přidalová, 2014; Geisler et al., 2016) Pada populasi Indonesia, terdapat hubungan yang signifikan antara komposisi tubuh dengan berbagai parameter metabolik, dimana massa lemak visceral berkorelasi positif dengan resistensi insulin, sementara massa otot berkorelasi negatif dengan risiko diabetes.(Nawai et al., 2024) Perubahan komposisi tubuh ini memiliki implikasi klinis yang penting, karena rasio lemak terhadap otot yang tinggi dikaitkan dengan peningkatan risiko gangguan metabolik dan penurunan kualitas hidup.(Wu et al., 2024)

Meskipun telah terdapat banyak penelitian mengenai hubungan individual

antara diabetes, hiperurisemia, dan komposisi tubuh, terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan dalam memahami interaksi simultan antara ketiga faktor ini pada populasi wanita dewasa Indonesia. Penelitian yang ada sebagian besar berfokus pada populasi Barat atau Asia Timur, dengan karakteristik genetik dan lingkungan yang berbeda dari populasi Indonesia.(Kong et al., 2025; Tanaka et al., 2021) Selain itu, mayoritas penelitian menggunakan desain *cross-sectional* atau melibatkan sampel yang terbatas dari satu institusi, sehingga generalisasi hasil menjadi terbatas.(Wen et al., 2024; Zong et al., 2020)

Penelitian ini berguna untuk identifikasi *biomarker* yang dapat digunakan untuk deteksi dini dan pencegahan komplikasi metabolik pada wanita dewasa. Pemahaman yang lebih baik mengenai hubungan antara kadar gula darah, asam urat, dan komposisi tubuh dapat membantu dalam pengembangan strategi intervensi yang lebih efektif dan personal. Penelitian multisenter dengan kontrol usia yang ketat dapat memberikan bukti yang lebih kuat dan representatif untuk populasi Indonesia, yang pada akhirnya dapat berkontribusi dalam penyusunan pedoman klinis dan kebijakan kesehatan masyarakat yang lebih berbasis bukti.(A. Cheng et al., 2017; Chung & Song, 2010)

Desain penelitian multisenter dengan kontrol usia dipilih untuk mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya dan meningkatkan validitas eksternal hasil penelitian. Pendekatan multisenter memungkinkan rekrutmen sampel yang lebih besar dan beragam, yang dapat meningkatkan generalisabilitas temuan kepada populasi wanita dewasa di Jakarta secara keseluruhan.(Chung & Song, 2010; Lane et al., 2023) Kontrol usia yang ketat diperlukan karena usia merupakan faktor perancu yang signifikan dalam hubungan antara parameter metabolik dan komposisi tubuh, dengan perubahan fisiologis yang terjadi seiring bertambahnya usia dapat memengaruhi interpretasi hasil.(Geisler et al., 2016; Kemala Sari et al., 2024)

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman tentang interaksi kompleks antara metabolisme glukosa, metabolisme asam urat, dan komposisi tubuh pada wanita dewasa Indonesia. Temuan dari penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi

pencegahan dan penatalaksanaan yang lebih efektif untuk mengurangi beban penyakit metabolik pada populasi wanita dewasa di Indonesia, khususnya di wilayah Jakarta yang memiliki prevalensi diabetes tertinggi di Indonesia.

METODE

Penelitian ini dirancang sebagai studi observasional dengan pendekatan potong lintang dan dilaksanakan secara multisenter di enam kelurahan yang mewakili wilayah administratif DKI Jakarta, yakni Menteng Dalam, Cengkareng Timur, Tanjung Duren Selatan, Grogol, Duri Kosambi, serta Ujung Menteng. Proses pengumpulan data berlangsung selama periode Agustus 2024 hingga Mei 2025. Sasaran penelitian ini adalah perempuan dewasa yang tinggal atau memiliki aktivitas rutin di kawasan tersebut.

Pemilihan partisipan dilakukan melalui metode *non random purposive sampling*, yaitu dengan merekrut seluruh individu yang memenuhi syarat inklusi secara berurutan hingga jumlah sampel yang dibutuhkan terpenuhi.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi wanita berusia 18 tahun atau lebih, dalam kondisi sadar dan kooperatif, serta bersedia menjalani seluruh prosedur penelitian. Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup individu dengan riwayat penyakit kronis berat, riwayat pemasangan *pacemaker*, riwayat alat metal di dalam tubuh, gangguan metabolisme berat, atau gagal ginjal kronis; kondisi akut saat pemeriksaan; serta mereka yang sedang menjalani terapi farmakologis yang dapat mempengaruhi kadar gula darah, asam urat, atau distribusi lemak tubuh.

Variabel utama yang diamati adalah komposisi tubuh, meliputi total lemak, lemak visceral, lemak subkutan, dan total otot rangka. Seluruh parameter ini diukur menggunakan

alat *body composition analyzer* OMRON HBF-375 Karada Scan. Sementara itu, usia responden berperan sebagai variabel kontrol dan diverifikasi melalui data kependudukan (KTP).

Pengukuran kadar gula darah puasa dan asam urat dilakukan melalui pengambilan darah vena setelah puasa minimal delapan jam. Sampel darah kemudian dianalisis dengan metode kimia kering (strip) sesuai standar pemeriksaan darah.

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengevaluasi hubungan antara variabel bebas dan tergantung. Untuk memperkuat temuan dan mengeliminasi pengaruh usia sebagai faktor pembaur, dilakukan analisis lanjutan dengan *partial correlation* dengan usia sebagai variabel kontrol. Batas kemaknaan statistik ditetapkan pada nilai $p < 0,05$, dengan daya uji sebesar 20%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 325 responden yang seluruhnya merupakan perempuan dewasa terlibat dalam penelitian ini. Rata-rata usia mereka adalah sekitar 48,7 tahun dengan standar deviasi 13,26 tahun, menunjukkan keberagaman usia yang cukup luas. Nilai rerata gula darah puasa adalah 102,75 mg/dL, dengan standar deviasi yang tinggi (47,08), menunjukkan kemungkinan adanya variasi besar antara subjek normal dan mereka dengan gangguan metabolik. Rerata kadar asam urat berada pada 3,82 mg/dL. Berat badan rata-rata subjek sebesar 61,68 kg dan tinggi badan sekitar 153,15 cm. Komposisi tubuh menunjukkan bahwa total lemak tubuh mendominasi dengan rerata 35,34%, sedangkan lemak visceral dan subkutan masing-masing memiliki rerata 9,79 dan 31,15%. Rerata total otot rangka terukur sebesar 23,07%. (Tabel 1)

Tabel 1. Karakteristik Dasar Responden Penelitian

Parameter	N (%)	Mean (SD)
Usia		48,70 (13,26)
Jenis Kelamin		
Perempuan	325 (100%)	
Gula Darah Puasa		102,75 (47,08)
Asam Urat		3,82 (0,79)
Berat Badan		61,68 (12,57)
Tinggi Badan		153,15 (5,84)
Total Lemak Tubuh		35,34 (5,26)
Lemak Visceral		9,79 (5,94)
Total Lemak Subkutan		31,15 (6,24)
Total Otot Rangka		23,07 (2,62)

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa usia berkorelasi positif signifikan dengan total lemak tubuh ($r = 0.299$, $p < 0.01$), lemak visceral ($r = 0.122$) ($p < 0.05$), dan lemak subkutan ($r = 0.088$, namun tidak signifikan pada $p > 0.05$), serta berkorelasi negatif kuat dengan total otot rangka ($r = -0.405$, $p < 0.01$). Ini menegaskan kecenderungan fisiologis bahwa bertambahnya usia dikaitkan dengan akumulasi lemak dan penurunan massa otot (sarkopenia). (Tabel 2)

Kadar gula darah puasa juga menunjukkan korelasi positif signifikan dengan total lemak tubuh ($r = 0.175$), lemak visceral ($r = 0.156$), dan lemak subkutan ($r =$

0.136). Sebaliknya, terdapat korelasi negatif antara gula darah dan otot rangka ($r = -0.174$), yang mengindikasikan bahwa gangguan regulasi glukosa dapat berkaitan dengan peningkatan lemak tubuh dan penurunan massa otot. (Tabel 2)

Kadar asam urat menunjukkan hubungan positif yang signifikan terhadap semua parameter lemak, paling kuat pada lemak visceral ($r = 0.235$), yang secara klinis relevan karena lemak visceral merupakan prediktor risiko metabolik. Namun, korelasi dengan total otot rangka tidak signifikan. (Tabel 2)

Tabel 2. Korelasi Variabel Usia, Gula Darah, Asam Urat dan Komposisi Tubuh Lemak- Otot Wanita Dewasa DKI Jakarta (Studi Multisenter)

Variabel		Usia	Gula Darah Puasa	Asam Urat
Total Lemak Tubuh	Pearson Correlation	0.299**	0.175**	0.193**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.002	0.000
Lemak Visceral	Pearson Correlation	0.122*	0.156**	0.235**
	Sig. (2-tailed)	0.027	0.005	0.000
Total Lemak Subkutan	Pearson Correlation	0.088	0.136*	0.210**
	Sig. (2-tailed)	0.115	0.014	0.000
Total Otot Rangka	Pearson Correlation	-0.405**	-0.174**	-0.093
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.002	0.094

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Setelah variabel usia dikontrol, korelasi antara gula darah puasa dan lemak tubuh tetap signifikan meskipun sedikit menurun. Korelasi gula darah dengan total lemak tubuh ($r = 0.121$, $p = 0.030$), lemak visceral ($r = 0.134$), dan lemak subkutan ($r = 0.121$) mengindikasikan bahwa hubungan tersebut tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh faktor usia. Hal serupa terjadi pada asam urat, dengan korelasi yang tetap signifikan setelah kontrol usia: lemak visceral ($r = 0.221$, $p <$

0.001) dan lemak subkutan ($r = 0.201$), memperkuat peran asam urat sebagai indikator risiko metabolik yang independen terhadap usia. Namun, tidak ditemukan hubungan signifikan antara kedua *biomarker* ini dengan massa otot setelah kontrol usia, yang menunjukkan bahwa penurunan massa otot lebih berkaitan erat dengan penuaan daripada dengan glukosa atau asam urat. (Tabel 3)

Tabel 3. Kontrol Variabel Usia terhadap Korelasi Gula Darah Puasa dan Asam Urat terhadap Komposisi Tubuh Lemak- Otot Wanita Dewasa DKI Jakarta (Studi Multisenter)

Variabel		Gula Darah Puasa	Asam Urat
Usia Total Lemak Tubuh	Correlation	0.121*	0.160**
	Significance (2-tailed)	0.030	0.004
Lemak Visceral	Correlation	0.134*	0.221**
	Significance (2-tailed)	0.016	0.000
Total Lemak Subkutan	Correlation	0.121*	0.201**

Total Otot Rangka	<i>Significance (2-tailed)</i>	0.030	0.000
	<i>Correlation</i>	-0.100	-0.040
	<i>Significance (2-tailed)</i>	0.072	0.476

***. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

**. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).*

Penelitian ini memperlihatkan korelasi positif yang signifikan antara kadar gula darah puasa dengan total lemak tubuh, lemak visceral, dan lemak subkutan, sejalan dengan temuan dari berbagai studi epidemiologis yang menunjukkan bahwa gangguan regulasi glukosa berkaitan erat dengan akumulasi adiposa.(Haines et al., 2022; Roh et al., 2021) Mekanisme yang mendasari hubungan ini melibatkan resistensi insulin sebagai kunci patofisiologi utama. Penelitian oleh *Nature* menunjukkan bahwa kurangnya massa otot dikaitkan dengan peningkatan prevalensi diabetes yang independen terhadap distribusi lemak tubuh.(Haines et al., 2022) Hal ini mengindikasikan bahwa jaringan otot rangka, sebagai organ utama metabolisme glukosa yang diinduksi insulin, memainkan peran sentral dalam homeostasis glukosa.(Banack et al., 2022; Hong et al., 2017)

Temuan bahwa kadar gula darah berkorelasi negatif dengan massa otot rangka ($r = -0.174$) mengonfirmasi mengenai peran otot dalam metabolisme glukosa. Studi longitudinal menunjukkan bahwa penurunan massa otot relatif meningkatkan risiko insiden diabetes tipe 2 secara bermakna.(Hong et al., 2017; N. Wang et al., 2021) Mekanisme molekuler yang mendasari melibatkan gangguan translokasi GLUT4 dan penurunan sensitivitas insulin pada jaringan otot.(Ikononov et al., 2013) Penelitian terbaru menggunakan *biomarker D3-creatine* mendemonstrasikan hubungan terbalik antara massa otot rangka dan gangguan homeostasis insulin-glukosa pada wanita postmenopause.(Banack et al., 2022)

Hasil penelitian ini konsisten dengan konsep bahwa diabetes tipe 2 dapat dianggap sebagai "*adiposity-based diabetes*" dimana resistensi insulin berkembang sekunder akibat peningkatan massa lemak, khususnya ketika terjadi ketidaksesuaian antara asupan kalori berlebih dan kapasitas penyimpanan jaringan adiposa.(Sbraccia et al., 2021) Hubungan yang persisten setelah kontrol usia menunjukkan bahwa faktor metabolik, bukan hanya penuaan, yang berkontribusi terhadap perubahan komposisi tubuh.

Hasil penelitian menunjukkan korelasi positif yang kuat antara kadar asam urat dengan semua parameter lemak, terutama lemak visceral ($r = 0.235$), yang secara klinis relevan karena lemak visceral merupakan prediktor risiko metabolik yang kuat. Temuan ini didukung oleh penelitian *cross-sectional* yang menunjukkan bahwa rasio lemak visceral terhadap massa otot kaki berkorelasi signifikan dengan hiperurisemia, terutama pada wanita. Studi pada populasi Tianjin mendemonstrasikan bahwa rasio area lemak visceral terhadap massa otot kaki meningkatkan risiko hiperurisemia hingga 5,22 kali lipat pada wanita setelah penyesuaian faktor perancu.(X.-H. Wang et al., 2021)

Penelitian terbaru mengungkapkan bahwa massa otot rangka memiliki asosiasi yang lebih kuat dengan risiko hiperurisemia dibandingkan massa lemak tubuh pada anak dan remaja obesitas.(Xie et al., 2022) Hal yang menarik dari studi ini adalah adanya peningkatan massa otot justru meningkatkan risiko hiperurisemia, yang dapat dijelaskan melalui peningkatan produksi purin dari katabolisme protein otot.(KM, 2018) Namun, penelitian lain menunjukkan bahwa kandungan lemak intramuskular berkorelasi kuat dengan hiperurisemia, mengindikasikan pentingnya kualitas otot, bukan hanya kuantitasnya.(Chen et al., 2022; Zhang et al., 2025)

Mekanisme yang mendasari hubungan asam urat dengan komposisi tubuh melibatkan jalur inflamasi dan stres oksidatif. Asam urat dapat menginduksi disfungsi mitokondria, deposisi kristal monosodium urat, dan peradangan sistemik yang berkontribusi terhadap gangguan muskuloskeletal.(Chen et al., 2022) Penelitian menunjukkan bahwa hiperurisemia berkaitan dengan peningkatan risiko sarkopenia dan penyakit kardiovaskular melalui efek sinergis.(Nie et al., 2023)

Temuan penelitian menunjukkan korelasi positif signifikan antara usia dengan total lemak tubuh dan lemak visceral, serta korelasi negatif kuat dengan massa otot rangka ($r = -0.405$), dan konsisten dengan proses penuaan fisiologis yang disebut sarkopenia.(Hassan-Smith et al., 2015; Okabe et al., 2021) Penelitian longitudinal

menunjukkan bahwa perubahan komposisi tubuh terkait penuaan berbeda antara pria dan wanita, dimana penurunan massa otot dan lemak lebih menonjol pada wanita dibandingkan pria.(Correia et al., 2014; Moradell et al., 2024)

Studi *cross-sectional* menunjukkan bahwa ekspresi 11 β -HSD1 pada otot rangka meningkat 2,72 kali lipat pada wanita berusia di atas 60 tahun dibandingkan yang berusia 20-40 tahun, dan berkorelasi dengan penurunan kekuatan genggam serta resistensi insulin.(Hassan-Smith et al., 2015) Hal ini menunjukkan bahwa perubahan hormonal, khususnya kortisol lokal, berperan dalam sarkopenia terkait usia pada wanita.

Penelitian terbaru menggunakan teknologi *deep learning* dan *DXA scan* mengembangkan biomarker "*body composition biological age*" (BCBA) yang menunjukkan bahwa akselerasi usia biologis berdasarkan komposisi tubuh dapat memprediksi risiko penyakit kronis seperti diabetes dan penyakit jantung.(Correia et al., 2014) Temuan ini membuka peluang untuk deteksi dini dan intervensi yang dipersonalisasi.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi klinis yang signifikan untuk pencegahan dan manajemen sindrom metabolik pada wanita dewasa. Korelasi yang persisten antara *biomarker* metabolik dengan komposisi tubuh setelah kontrol usia menunjukkan pentingnya intervensi yang menargetkan aspek metabolik, bukan hanya penuaan. Program latihan resistensi terbukti efektif dalam mempertahankan massa otot dan meningkatkan sensitivitas insulin pada populasi berisiko.(Félix-Soriano et al., 2021; Geirsdottir et al., 2012)

Penggunaan rasio lemak terhadap otot (*fat-to-muscle ratio*) sebagai indikator risiko kardiometabolik menunjukkan hasil yang superior dibandingkan indeks massa tubuh konvensional. Studi menunjukkan bahwa FMR, terutama pada ekstremitas bawah, memiliki asosiasi terkuat dengan faktor risiko kardiometabolik.(Lu et al., 2024) Hal ini mengindikasikan perlunya pergeseran dari pengukuran antropometrik sederhana ke *assessment* komposisi tubuh yang lebih komprehensif.

Penelitian lanjut harus berfokus pada pengembangan biomarker komposisi tubuh yang dapat diakses secara luas dan *cost-effective*. Teknologi *bioelectrical impedance*

analysis (BIA) menunjukkan validitas yang baik untuk pengukuran massa otot, khususnya pada populasi dengan diabetes tipe 2.(Buch, Ben-Yehuda, et al., 2022; Buch, Eldor, et al., 2022) Namun, masih diperlukan standarisasi protokol dan pengembangan persamaan prediksi yang spesifik untuk populasi Asia Tenggara.

Keterbatasan penelitian ini terdapat pada desain *cross-sectional* yang membatasi interpretasi hubungan kausal antara biomarker dan komposisi tubuh. Penelitian longitudinal diperlukan untuk memahami perubahan komposisi tubuh dan peran faktor genetik, hormonal, dan lingkungan. Selain itu, penelitian ini belum mengeksplorasi peran faktor inflamasi seperti IL-6, TNF- α , dan biomarker oksidatif yang diketahui berperan dalam patogenesis sarkopenia dan sindrom metabolik(Bautmans et al., 2024; Ceccarelli Ceccarelli & Solerte, 2025).

Pengembangan algoritma prediksi risiko yang mengintegrasikan multiple biomarker dengan data komposisi tubuh secara klinis sangat penting kedepannya. Penelitian *scoping review* protokol menunjukkan bahwa kombinasi biomarker dari domain yang berbeda dapat meningkatkan akurasi prediksi risiko obesitas dan komplikasinya.(Vahid et al., 2024) Pendekatan multikomponen ini sejalan dengan paradigma *precision medicine* yang semakin berkembang dalam penatalaksanaan penyakit metabolik terutama pada kalangan wanita dewasa.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar gula darah puasa dan asam urat memiliki hubungan positif yang signifikan terhadap peningkatan komposisi lemak tubuh, terutama lemak visceral dan subkutan, pada perempuan dewasa di Jakarta, bahkan setelah pengaruh usia dikendalikan. Sebaliknya, tidak ditemukan korelasi signifikan antara kedua biomarker tersebut dengan massa otot setelah kontrol usia. Hal ini konsisten dengan hipotesis awal bahwa penurunan massa otot akan terjadi seiring pertambahan usia.

Intervensi preventif dan promotif berfokus pada pengendalian kadar gula darah dan asam urat sejak usia dewasa awal menjadi sangat penting dalam pencegahan peningkatan lemak tubuh yang akan berdampak pada munculnya penyakit sindrom metabolik. Selain

itu, program kebugaran dan edukasi nutrisi perlu diperkuat guna mempertahankan massa otot, terutama pada kelompok usia lanjut, sebagai upaya menekan risiko sarkopenia yang tidak berkaitan langsung dengan status metabolik namun signifikan secara fungsional dan kualitas hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, M. F. (2023). The Behavioral Determinants of Health In Housewife For Monitoring of Blood Glucose, Uric Acid, and Cholesterol Level. *Health and Technology Journal (HTechJ)*, 1(3), 272–279.
<https://doi.org/10.53713/htechj.v1i3.51>
- Alqahtani, S. A. M., Awan, Z. A., Alasmary, M. Y., & Al Amoudi, S. M. (2022). Association between serum uric acid with diabetes and other biochemical markers. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 11(4), 1401–1409.
https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1833_21
- Astuti, Y., Suharto, A., & Gugun, A. M. (2023). Improving Skills and Knowledge in Early Detection of Hyperuricemia in PKK and Posyandu Cadres, Banjarsari Turi Sleman. *Proceeding International Conference of Technology on Community and Environmental Development*, 1(1), 369–374.
<https://doi.org/10.18196/ictced.v1i1.47>
- Atmaka, Raditya, D., Arini, S. Y., & Khoiroh, M. (2025). Correlation between diet quality and body composition with work fatigue in female workers. *Media Gizi Indonesia*, 20(1), 27–37.
<https://doi.org/10.20473/mgi.v20i1.27-37>
- Bachtiar, A., Edward, A., Candi, C., & Sarena, A. (2020). Qualitative appraisal of stakeholders' perspective on diabetes mellitus policy in Jakarta, Indonesia. *European Journal of Public Health*, 30(Supplement_5).
<https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa166.1143>
- Banack, H. R., LaMonte, M. J., Manson, J. E., Zhu, K., Evans, W. J., Shankaran, M., & Wactawski-Wende, J. (2022). Association of muscle mass measured by D3-Creatine (D3Cr), sarcopenic obesity, and insulin-glucose homeostasis in postmenopausal women. *PLOS ONE*, 17(12), e0278723.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278723>
- Bautmans, I., Knoop, V., Beyer, I., Bruunsgaard, H., Molbo, D., Mortensen, E. L., & Lund, R. (2024). The relationship between self-perceived fatigue, muscle endurance, and circulating markers of inflammation in participants of the Copenhagen aging and Midlife Biobank (CAMB). *European Review of Aging and Physical Activity*, 21(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s11556-024-00336-9>
- Buch, A., Ben-Yehuda, A., Rouach, V., Maier, A. B., Greenman, Y., Izkhakov, E., Stern, N., & Eldor, R. (2022). Validation of a multi-frequency bioelectrical impedance analysis device for the assessment of body composition in older adults with type 2 diabetes. *Nutrition & Diabetes*, 12(1), 45.
<https://doi.org/10.1038/s41387-022-00223-1>
- Buch, A., Eldor, R., Greenman, Y., Izkhakov, E., & Rouach, V. (2022). PSUN187 Validation of a multi-frequency bioelectrical impedance analysis device for the assessment of body composition in older adults with type 2 diabetes. *Journal of the Endocrine Society*, 6(Supplement_1), A373–A374.
<https://doi.org/10.1210/jendso/bvac150.777>
- Ceccarelli Ceccarelli, D., & Solerte, S. B. (2025). Unravelling Shared Pathways Linking Metabolic Syndrome, Mild Cognitive Impairment, Dementia, and Sarcopenia. *Metabolites*, 15(3), 159.
<https://doi.org/10.3390/metabo15030159>
- Chen, N., Han, T., Liu, H., Cao, J., Liu, W., Zuo, D., Zhang, T., Lan, X., Jin, X., Weng, Y., & Hu, Y. (2022). Muscle Fat Content Is Strongly Associated With Hyperuricemia: A Cross-Sectional Study in Chinese Adults. *Frontiers in Endocrinology*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2022.935445>
- Cheng, A., Kessler, D., Mackinnon, R., Chang, T. P., Nadkarni, V. M., Hunt, E. A., Duval-Arnould, J., Lin, Y., Pusic, M., & Auerbach, M. (2017). Conducting multicenter research in healthcare simulation: Lessons learned from the

- INSPIRE network. *Advances in Simulation*, 2(1), 6.
<https://doi.org/10.1186/s41077-017-0039-0>
- Cheng, F., Li, Y., Zheng, H., Tian, L., & Jia, H. (2022). Mediating Effect of Body Mass Index and Dyslipidemia on the Relation of Uric Acid and Type 2 Diabetes: Results From China Health and Retirement Longitudinal Study. *Frontiers in Public Health*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.823739>
- Chung, K. C., & Song, J. W. (2010). A Guide to Organizing a Multicenter Clinical Trial. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 126(2), 515–523.
<https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3181df64fa>
- Correia, A. R. B., Coqueiro, R. D. S., Santos, M. C., Leal Neto, J. S., Queiroz, B. M. de, Barbosa, A. R., & Fernandes, M. H. (2014). Valores antropométricos de referência para idosos residentes em comunidade do nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 16(5), 494.
<https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n5p494>
- Félix-Soriano, E., Martínez-Gayo, A., Cobo, M. J., Pérez-Chávez, A., Ibáñez-Santos, J., Palacios Samper, N., Goikoetxea Galarza, I., Cuervo, M., García-Unciti, M., González-Muniesa, P., Lorente-Cebrián, S., & Moreno-Aliaga, M. J. (2021). Effects of DHA-Rich n-3 Fatty Acid Supplementation and/or Resistance Training on Body Composition and Cardiometabolic Biomarkers in Overweight and Obese Post-Menopausal Women. *Nutrients*, 13(7), 2465.
<https://doi.org/10.3390/nu13072465>
- Gába, A., & Přidalová, M. (2014). Age-related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18–89 years: a cross-sectional study. *European Journal of Nutrition*, 53(1), 167–176.
<https://doi.org/10.1007/s00394-013-0514-x>
- Geirsdottir, O. G., Arnarson, A., Briem, K., Ramel, A., Jonsson, P. V., & Thorsdottir, I. (2012). Effect of 12-Week Resistance Exercise Program on Body Composition, Muscle Strength, Physical Function, and Glucose Metabolism in Healthy, Insulin-Resistant, and Diabetic Elderly Icelanders. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 67(11), 1259–1265.
<https://doi.org/10.1093/gerona/gls096>
- Geisler, C., Braun, W., Pourhassan, M., Schweitzer, L., Glüer, C.-C., Bosy-Westphal, A., & Müller, M. J. (2016). Gender-Specific Associations in Age-Related Changes in Resting Energy Expenditure (REE) and MRI Measured Body Composition in Healthy Caucasians. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 71(7), 941–946.
<https://doi.org/10.1093/gerona/glv211>
- Gusnedi, G., Fahmida, U., Witjaksono, F., Nurwidya, F., Mansyur, M., Djuwita, R., Dwiriani, C. M., & Abdullah, M. (2022). Effectiveness of optimized food-based recommendation promotion to improve nutritional status and lipid profiles among Minangkabau women with dyslipidemia: A cluster-randomized trial. *BMC Public Health*, 22(1), 21.
<https://doi.org/10.1186/s12889-021-12462-5>
- Haines, M. S., Leong, A., Porneala, B. C., Meigs, J. B., & Miller, K. K. (2022). Association between muscle mass and diabetes prevalence independent of body fat distribution in adults under 50 years old. *Nutrition & Diabetes*, 12(1), 29.
<https://doi.org/10.1038/s41387-022-00204-4>
- Hassan-Smith, Z. K., Morgan, S. A., Sherlock, M., Hughes, B., Taylor, A. E., Lavery, G. G., Tomlinson, J. W., & Stewart, P. M. (2015). Gender-Specific Differences in Skeletal Muscle 11 β -HSD1 Expression Across Healthy Aging. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 100(7), 2673–2681.
<https://doi.org/10.1210/jc.2015-1516>
- Hong, S., Chang, Y., Jung, H.-S., Yun, K. E., Shin, H., & Ryu, S. (2017). Relative muscle mass and the risk of incident type 2 diabetes: A cohort study. *PLOS ONE*, 12(11), e0188650.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188650>
- Ikonomov, O. C., Sbrissa, D., Delvecchio, K., Feng, H.-Z., Cartee, G. D., Jin, J.-P., & Shisheva, A. (2013). Muscle-specific Pikfyve gene disruption causes glucose

- intolerance, insulin resistance, adiposity, and hyperinsulinemia but not muscle fiber-type switching. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 305(1), E119–E131. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00030.2013>
- Jamilah, P. A. N., & Riyanti, S. (2025). Potensi famili myrtaceae sebagai antihyperuricemia : review. *Jurnal Buana Farma*, 5(1), 117–127. <https://doi.org/10.36805/jbf.v5i1.1330>
- Juraschek, S. P., McAdams-Demarco, M., Miller, E. R., Gelber, A. C., Maynard, J. W., Pankow, J. S., Young, H., Coresh, J., & Selvin, E. (2014). Temporal Relationship Between Uric Acid Concentration and Risk of Diabetes in a Community-based Study Population. *American Journal of Epidemiology*, 179(6), 684–691. <https://doi.org/10.1093/aje/kwt320>
- Karnita, N. P. K., Sarihati, I. G. A. D., & Arjani, I. A. M. S. (2024). The Relationship Between Uric Acid Levels and Random Blood Glucose in the Elderly in Mas Village, Ubud Subdistrict, Gianyar Regency. *MEDICA (International Medical Scientific Journal)*, 6(2). <https://doi.org/10.53770/medica.v6i2.503>
- Kemala Sari, N., Stepvia, S., & Ilyas, M. F. (2024). The Association between Anthropometric Measurements and Body Composition with Hand Grip Strength among the Elderly Population in Indonesia. *Journal of Clinical Medicine*, 13(16), 4697. <https://doi.org/10.3390/jcm13164697>
- KM, G. (2018). The Role of Diet Therapy in the Patients treatment with Hyperuricemia and Metabolic Syndrome. *Global Journal of Endocrinological Metabolism*, 1(5). <https://doi.org/10.31031/GJEM.2018.01.000525>
- Kong, L., Li, Y., Zhu, R., Guo, M., Wu, Y., Zhong, Y., Li, Z., & Xiong, Z. (2025). Correction: Association between serum uric acid, hyperuricemia and low muscle mass in middle-aged and elderly adults: A national health and nutrition examination study. *PLOS ONE*, 20(4), e0322650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322650>
- 650
- Lane, K., Palm, M. E., Marion, E., Kay, M. T., Thompson, D., Stroud, M., Boyle, H., Hillery, S., Nanni, A., Hildreth, M., Nelson, S., Burr, J. S., Edwards, T., Poole, L., Waddy, S. P., Dunsmore, S. E., Harris, P., Wilkins, C., Bernard, G. R., ... Ford, D. E. (2023). Approaches for enhancing the informativeness and quality of clinical trials: Innovations and principles for implementing multicenter trials from the Trial Innovation Network. *Journal of Clinical and Translational Science*, 7(1), e131. <https://doi.org/10.1017/cts.2023.560>
- Lu, Z., Hu, Y., Chen, X., Ou, Q., Liu, Y., Xu, T., Tu, J., Li, A., Lin, B., Liu, Q., Xi, T., Wang, W., Huang, H., Xu, D., Chen, Z., Wang, Z., He, H., & Shan, G. (2024). Sex-specific associations between total and regional Fat-to-muscle Mass ratio and cardiometabolic risk: findings from the China National Health Survey. *Nutrition Journal*, 23(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s12937-024-01007-2>
- Marwah, S. A., Mehta, M. D., Pandya, A. K., & Trivedi, A. P. (2020). A Study of the Correlation between Altered Blood Glucose and Serum Uric Acid Levels in Diabetic Patients. *Journal of Evidence Based Medicine and Healthcare*, 7(27), 1261–1264. <https://doi.org/10.18410/jebmh/2020/268>
- Moradell, A., Gomez-Cabello, A., Mañas, A., Gesteiro, E., Pérez-Gómez, J., González-Gross, M., Casajús, J. A., Ara, I., & Vicente-Rodríguez, G. (2024). Longitudinal Changes in the Body Composition of Non-Institutionalized Spanish Older Adults after 8 Years of Follow-Up: The Effects of Sex, Age, and Organized Physical Activity. *Nutrients*, 16(2), 298. <https://doi.org/10.3390/nu16020298>
- Muhamad, G. S., Budiharto, B., & Trisuci A, Y. (2023). Hubungan Pengetahuan, Sikap, Tindakan Gaya Hidup Sehat dengan Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 di Klinik Budhi Pratama Restu Ibu Jakarta Tahun 2022. *Jurnal Untuk Masyarakat Sehat (JUKMAS)*, 7(2), 131–138. <https://doi.org/10.52643/jukmas.v7i2.3036>

- Nawai, F., Syaury, A., & Pramono, A. (2024). Correlation of lipid profile, glucose, and body composition on insulin resistance in overweight and obese subjects. *Action: Aceh Nutrition Journal*, 9(1), 141. <https://doi.org/10.30867/action.v9i1.1571>
- Nie, G., Wan, J., Jiang, L., Zhang, M., Yan, F., & Peng, W. (2023). Association of hyperuricemia combined with sarcopenia on ASCVD risk. *BMC Cardiovascular Disorders*, 23(1), 325. <https://doi.org/10.1186/s12872-023-03336-2>
- Okabe, T., Suzuki, M., Goto, H., Iso, N., Cho, K., Hirata, K., & Shimizu, J. (2021). Sex Differences in Age-Related Physical Changes among Community-Dwelling Adults. *Journal of Clinical Medicine*, 10(20), 4800. <https://doi.org/10.3390/jcm10204800>
- Oktora, S. I., & Butar Butar, D. (2022). Determinants of Diabetes Mellitus Prevalence in Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 18(2), 266–273. <https://doi.org/10.15294/kemas.v18i2.31880>
- Pandey, R., Humagain, S., Risal, P., Yadav, R. K., & Pokhrel, B. R. (2022). Association between Serum Uric Acid and Blood Glucose Level in Diabetic and Non-diabetic Patients. *Nepal Medical College Journal*, 24(4), 271–275. <https://doi.org/10.3126/nmcj.v24i4.50576>
- Pengpid, S., & Peltzer, K. (2017). The Prevalence of Underweight, Overweight/Obesity and Their Related Lifestyle Factors in Indonesia, 2014–15. *AIMS Public Health*, 4(6), 633–649. <https://doi.org/10.3934/publichealth.2017.6.633>
- Rahmاتا, F. D., Yuniastini, Y., Kohir, D. S., & Kodri, K. (2023). Kompres Hangat, Relaksasi Nafas Dalam, dan Rebusan Daun Salam dapat Menurunkan Rasa Nyeri Kronis pada Pasien Asam Urat (Studi Kasus). *MAHESA: Malahayati Health Student Journal*, 3(5), 1355–1363. <https://doi.org/10.33024/mahesa.v3i5.10302>
- Roh, E., Hwang, S. Y., Kim, J. A., Lee, Y.-B., Hong, S., Kim, N. H., Seo, J. A., Kim, S. G., Kim, N. H., Choi, K. M., Baik, S. H., & Yoo, H. J. (2021). Age- and Sex-Related Differential Associations between Body Composition and Diabetes Mellitus. *Diabetes & Metabolism Journal*, 45(2), 183–194. <https://doi.org/10.4093/dmj.2019.0171>
- Sari, N. K., Soemardji, A. A., & Fidrianny, I. (2019). The Effect of Melinjo (Gnetum gnemon L.) Leaves and Melinjo Peel Extracts on Induced-Hyperuricemia Male Rats Model. *Journal of Medicine and Health*, 2(4). <https://doi.org/10.28932/jmh.v2i4.1840>
- Sbraccia, P., D'Adamo, M., & Guglielmi, V. (2021). Is type 2 diabetes an adiposity-based metabolic disease? From the origin of insulin resistance to the concept of dysfunctional adipose tissue. *Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 26(8), 2429–2441. <https://doi.org/10.1007/s40519-021-01109-4>
- Soewondo, P., Ferrario, A., & Tahapary, D. (2013). Challenges in diabetes management in Indonesia: a literature review. *Globalization and Health*, 9(1), 63. <https://doi.org/10.1186/1744-8603-9-63>
- Tanaka, K., Kanazawa, I., Notsu, M., & Sugimoto, T. (2021). Higher Serum Uric Acid is a Risk Factor of Reduced Muscle Mass in Men with Type 2 Diabetes Mellitus. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 129(01), 50–55. <https://doi.org/10.1055/a-0805-2197>
- Vahid, F., Dessenne, C., Tur, J. A., Bouzas, C., Devaux, Y., Malisoux, L., Monserrat-Mesquida, M., Sureda, A., Desai, M. S., Turner, J. D., Lamy, E., Perez-Jimenez, M., Ravn-Haren, G., Andersen, R., Forberger, S., Nagrani, R., Ouzzahra, Y., Fontefrancesco, M. F., Onorati, M. G., ... Bohn, T. (2024). Multicomponent (bio)markers for obesity risk prediction: a scoping review protocol. *BMJ Open*, 14(3), e083558. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-083558>
- Wahyuningsih, S., Nugroho, H., Suhartono, S., Hadisaputro, S., & Adi, M. S. (2019). Faktor Risiko Kejadian Nefropati Diabetika pada Wanita. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*, 4(1), 18. <https://doi.org/10.14710/jekk.v4i1.4426>
- Wang, N., Sun, Y., Zhang, H., Chen, C., Wang, Y., Zhang, J., Xia, F., Benedict, C., Tan, X., & Lu, Y. (2021). Total and

- regional fat-to-muscle mass ratio measured by bioelectrical impedance and risk of incident type 2 diabetes. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 12(6), 2154–2162. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12822>
- Wang, X.-H., Jiang, W.-R., Zhang, M.-Y., Shi, Y.-X., Ji, Y.-P., Li, C.-J., & Lin, J.-N. (2021). The visceral fat area to leg muscle mass ratio is significantly associated with the risk of hyperuricemia among women: a cross-sectional study. *Biology of Sex Differences*, 12(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s13293-021-00360-9>
- Wen, H., Li, X., & Tan, N. (2024). Inverse association between uric acid levels and muscle quality index in adults: a cross-sectional analysis of NHANES 2011–2014. *BMC Public Health*, 24(1), 3109. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20559-w>
- Wu, F., Liu, Y., Lin, C., Haghbin, N., Xia, L., Li, Y., Chen, T., Qiu, H., Jiang, W., Li, J., & Lin, J. (2024). Correlation between fat-to-muscle mass ratio and cognitive impairment in elderly patients with type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional study. *BMC Geriatrics*, 24(1), 352. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-04941-2>
- Xie, L., Mo, P. K. H., Tang, Q., Zhao, X., Zhao, X., Cai, W., Feng, Y., & Niu, Y. (2022). Skeletal Muscle Mass Has Stronger Association With the Risk of Hyperuricemia Than Body Fat Mass in Obese Children and Adolescents. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.792234>
- Zhang, J., Sun, N., Zhang, W., Yue, W., Qu, X., Li, Z., & Xu, G. (2025). The impact of uric acid on musculoskeletal diseases: clinical associations and underlying mechanisms. *Frontiers in Endocrinology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1515176>
- Zhou, Y., Wang, H., & Gao, W. (2024). Elevated Blood Glucose Can Promote Uric Acid Excretion: A Cross-Sectional Study Involving Urinary Glucose and Urinary Uric Acid in China. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, Volume 17, 4553–4563. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S472686>
- Zong, J., Sun, Y., Zhang, Y., Yuan, J., Wang, X., Zhang, R., Zhao, X., Zhao, X., & Gu, Y. (2020). Correlation Between Serum Uric Acid Level and Central Body Fat Distribution in Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, Volume 13, 2521–2531. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S260891>