

## MASSA OTOT BERKORELASI POSITIF DENGAN TOTAL AIR TUBUH PADA LANSIA: STUDI OBSERVASIONAL

*Muscle Mass is Positively Correlated with Total Body Water in The Elderly:  
An Observational Study*

**Maria Dara Novi Handayani<sup>1</sup>, Nicholas Adrianto<sup>2</sup>, Rita Dewi<sup>1</sup>, Hotmaria Agustina  
Pakpahan<sup>3</sup>, Ferbian Milas Siswanto<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Departemen Biokimia dan Kimia, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan,  
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Indonesia

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu  
Kesehatan, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

<sup>3</sup> Pusat Penelitian Kesehatan, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas  
Katolik Indonesia Atma Jaya

\*Email: maria.dara@atmajaya.ac.id

### ABSTRACT

*Dehydration, the decrease of body fluid and electrolytes, is the most common disorder in the elderly. Total body water (TBW) is influenced by various factors including body composition, such as fat mass (FM) and fat-free mass (FFM). FM can be represented by body mass index (BMI), waist circumference (WC), and waist-to-hip ratio (WHR) while FFM can be represented by muscle mass (MM). This study aimed to determine the correlation of BMI, WC, WHR and MM with TBW in the elderly. This cross-sectional research was conducted on elderly people in four nursing homes in Jakarta between November and December 2020. The sample was 87 people who meet the inclusion and exclusion criteria with the total sampling method. Fat mass data collection were carried out by trained personnel by measuring BMI, WC, WHR. MM data were collected using the Maltron Bioscan 916. Correlation analysis was carried out using the independent *t*-test and linear regression test. The results showed that the average TBW was  $28.5 \pm 5.4$  liters (men were significantly higher than women). Further analysis showed that BMI, WC, and MM were positively correlated with TBW, but not WHR. In linear regression analysis, MM had the greatest correlation with TBW ( $p < 0.05$ ). This study validated that elderly people with lower muscle mass tend to have lower total body fluids; therefore, elderly people are advised to maintain muscle mass through diet and exercise modification to maintain total body fluids and reduce the risk of dehydration.*

**Keywords:** *elderly, muscle mass, total body water*

### ABSTRAK

Dehidrasi merupakan penurunan cairan dan elektrolit tubuh yang paling umum terjadi pada lansia. Total cairan tubuh (*Total Body Water*/TBW) dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya komposisi tubuh yaitu *fat mass* (FM) dan *fat-free mass* (FFM). FM dapat digambarkan oleh nilai indeks massa tubuh (IMT), lingkar pinggang (*waist circumference*/WC), rasio pinggang-pinggul (*Waist to Hip Ratio*/WHR) sedangkan FFM dapat digambarkan dengan nilai massa otot (*muscle mass* /MM). Studi ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara IMT, WC, WHR, MM dan TBW pada lansia. Penelitian potong lintang ini dilakukan pada lansia di empat panti werdha di Jakarta pada bulan November-Desember tahun 2020. Sampel berjumlah 87 orang yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi dengan metode *total sampling*. Pengambilan data *fat mass* menggunakan IMT, WC, WHR sedangkan pengambilan data MM menggunakan alat Maltron Bioscan 916. Analisis hubungan dilakukan dengan uji independent *t*-test dan uji regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan rerata TBW  $28,5 \pm 5,4$  liter (laki-laki lebih tinggi bermakna dibandingkan perempuan). Analisis menunjukkan IMT, WC, dan MM

memiliki korelasi positif dengan TBW, namun tidak pada WHR. Dalam analisis regresi linier, MM memiliki korelasi yang paling besar dengan TBW ( $p < 0.05$ ). Studi ini menunjukkan bahwa lansia dengan masa otot yang lebih rendah memiliki total cairan tubuh yang lebih rendah, sehingga lansia disarankan untuk menjaga massa otot melalui intervensi diet dan olahraga untuk mempertahankan total cairan tubuh dan mengurangi risiko dehidrasi.

**Kata kunci:** lansia, masa otot, total air tubuh

## PENDAHULUAN

Indonesia telah memasuki populasi lanjut usia berdasarkan persentase populasi lansia pada tahun 2019, *mencapai* 9,60% (24,49 juta orang) dari total populasi [1]. Penuaan menyebabkan perubahan fungsi berbagai organ yang menyebabkan lansia cenderung rentan mengalami dehidrasi [2],[3]. Dehidrasi merupakan kondisi ketidakseimbangan cairan dan elektrolit yang paling umum terjadi pada lansia [3], [4], [5]. Dehidrasi adalah penurunan total cairan tubuh atau yang disebut dengan *Total Body Water* (TBW) dibawah nilai normal. Seiring bertambahnya usia, proporsi TBW dalam tubuh berkurang, sehingga lansia memiliki risiko dehidrasi lebih tinggi [3], [4]. Dehidrasi menyebabkan penurunan performa fisik, kognitif, fungsi jantung, ginjal yang dapat menurunkan kualitas hidup seseorang hingga menimbulkan kematian [2], [5].

Banyak faktor yang memengaruhi TBW diantaranya komposisi tubuh [5], [6], [7]. Komposisi tubuh terbagi menjadi masa lemak (fat mass/FM) dan masa bebas lemak (fat free mass/FFM). Masa bebas lemak (FFM) merupakan semua komponen komposisi tubuh selain massa lemak tubuh. Masa bebas lemak (FFM) didapatkan dari hasil perhitungan yaitu massa tubuh dikurangi dengan massa lemak [3], [4], [5]. Penurunan TBW dapat terjadi akibat peningkatan FM dan penurunan FFM karena pengaruh penuaan [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Studi menunjukkan adanya korelasi FM dengan IMT, WHR dan WC [8], [9], sedangkan FFM berkorelasi dengan MM [10]. Namun setelah berusia 60 tahun, terjadi perubahan komposisi tubuh. Rerata berat badan pada lansia cenderung mengalami penurunan dan terjadi penurunan FFM serta redistribusi FM. Massa lemak tubuh berkontribusi dalam penurunan berat badan yang relatif kecil, dan lemak tubuh memiliki tendensi mengalami redistribusi ke bagian abdomen (*visceral fat*). Menurunnya lipolisis pada visceral fat seiring meningkatnya usia merupakan penjelasan yang dipercaya mengapa terjadi peningkatan visceral fat [6], [7].

Total cairan tubuh (TBW) hanya didapatkan sedikit pada FM yang bersifat anhidrat dan sebagian besar TBW terdapat pada FFM yang merupakan komposisi tubuh terbesar, dimana persentase terbesar otot adalah air (76%) [4], [5]. Hal ini didukung dengan hasil penelitian yang dilakukan di *Nephrology Clinic at the Children's Hospital of Michigan* dan *Pediatric Clinic of the Wayne State University* yang menunjukkan bahwa penurunan TBW setelah usia 60 tahun lebih besar pada subjek dengan kelebihan berat badan dibandingkan subjek dengan berat badan normal [11]. Namun penelitian serupa belum pernah dilakukan di Indonesia, khususnya pada populasi lansia. Selain itu, sejauh pengetahuan peneliti, belum pernah ada laporan mengenai IMT, WC, WHR dan MM sebagai faktor yang menentukan TBW secara simultan. Hal ini mendasari perlunya dilakukan penelitian untuk mengetahui korelasi komposisi tubuh FM (IMT, WC, dan WHR) dan FFM (MM) dengan TBW pada lansia di panti wredha di DKI Jakarta. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar untuk skrining, edukasi, dan pencegahan dehidrasi pada lansia dengan menjaga IMT, WC, WHR dan MM sejak dini.

## METODE

Studi deskriptif analitik dengan pendekatan potong lintang dilakukan pada lansia di empat panti wredha DKI Jakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan November-Desember tahun 2020. Subjek penelitian adalah seluruh lansia (berusia lebih dari 60

tahun) yang ada di empat panti werdha DKI Jakarta. Metode sampling yang digunakan adalah *total sampling*, karena jumlah populasi lansia pada lokasi penelitian adalah 192 orang maka jumlah sampel yang digunakan pada penelitian ini juga berjumlah 192. Pengajuan *informed consent* dilakukan sebelum pengambilan data dimulai. Dari 192 lansia yang ada di empat panti werdha DKI Jakarta, hanya 87 subjek yang memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi yaitu subjek berusia lebih dari 60 tahun, bersedia menjadi subjek penelitian, dan sehat serta tidak memiliki riwayat penyakit jantung, ginjal, diabetes, keganasan atau edema. Kriteria eksklusi yaitu subjek sakit saat pelaksanaan (demam, batuk, dan sebagainya), mengonsumsi non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAID), angiotensin-converting enzyme inhibitors (ACE inhibitors), *laxatives*, *diuretic*, dan steroid yang dapat memengaruhi TBW. Keterbatasan atau bias yang dapat timbul dari teknik pengambilan yang sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah data populasi penelitian yang tidak lengkap sehingga penelitian tidak mengetahui jumlah anggota populasi yang memilih untuk berpartisipasi atau tidak. Hal ini menyebabkan kemampuan generalisasi analitis dari sampel yang digunakan tidak pasti. Namun secara umum, teknik *total sampling* memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk mendapatkan fenomena yang ingin diteliti dibandingkan teknik sampling lainnya. Studi ini telah disetujui oleh Komite Etik Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Katolik Atma Jaya, Indonesia (No. 09/05/KEP-FKIKUJ/2020). Pengukuran FM dan FFM menggunakan IMT, WC, WHR dan MM [8], [9], [10]. Berat badan (BB) diukur dengan pakaian ringan hingga 0,1 kg terdekat dengan timbangan otomatis. Tinggi diukur menggunakan rumus estimasi tinggi lansia ( $\geq 60$  tahun) melalui pengukuran tinggi lutut (KH) [12]:

$$\text{Laki-laki} = 64,19 - [0,04 \times \text{usia (tahun)}] + [(2,02 \times \text{KH (cm)})]$$

$$\text{Perempuan} = 84,88 - [0,24 \times (\text{tahun})] + [(1,83 \times \text{KH (cm)})]$$

Indeks massa tubuh dihitung berdasarkan BB(kg) dibagi dengan kuadrat tinggi (m). Nilai WHR dihitung dengan membagi WC (cm) dengan lingkar pinggul (cm). Lingkar pinggul diukur pada tingkat yang sejajar dengan lantai, dengan lingkar terbesar pada bokong [13]. Pengukuran TBW menggunakan *analyzer* komposisi tubuh Maltron Bioscan 916 [3],[7]. Perbedaan rerata data numerik menggunakan uji *T-tes independent* dan uji korelasi menggunakan uji regresi linear sederhana. Signifikansi statistik  $p < 0,05$ .

## HASIL

Penelitian ini telah dilakukan di empat panti wredha di DKI Jakarta. Usia subjek berkisar antara 60-88 tahun, dengan rerata usia  $70,1 \pm 6,9$  tahun. Mayoritas subjek adalah perempuan (58,6%) dengan pendidikan enam tahun atau kurang (71,3%). Karakteristik demografi dan fisik subjek disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1. Karakteristik Demografi Subjek (n= 87)**

Variabel	n	%	Rerata	SD
<b>Usia (tahun)</b>				
- 60-69	37	42.5	70.1	6.9
- 70-79	40	46.0		
- $\geq 80$	10	11.5		
<b>Gender</b>				
- Laki	36	41.4		
- Perempuan	51	58.6		
<b>Pendidikan</b>				
- Tidak lulus SD	24	27.6		
- SD	38	42.7		
- SMP	1	1.1		
- SMA	19	21.4		
- Universitas	5	5.6		

**Tabel 2. Karakteristik IMT, WC, WHR, dan MM pada subjek penelitian berdasarkan jenis kelamin dan secara umum**

Variabel	Laki-laki (n=36)	Perempuan (n=51)	Total (n=87)
	Rerata ± SD	Rerata ± SD	Rerata ± SD
IMT (kg/m <sup>2</sup> )	20.1±3.0	20.1±3.8	20.1±3.5
WC (cm)	77.4±9.48	76.6±12.7	77.0±11.4
WHR	0.9±0.8	0.8±0.9	0.8±0.9
MM (kg)	16.6±3.8	14.3±2.3	15.3±3.2

Tabel 3 menunjukkan bahwa rerata TBW pada seluruh subjek adalah 28,5±5,4 liter. Hasil analisis uji *t independen* menunjukkan perbedaan rerata TBW yang signifikan antar gender ( $p < 0,05$ ), rerata nilai TBW pada laki-laki lebih tinggi bermakna dibandingkan perempuan.

**Tabel 3. Perbedaan Rerata antar Gender**

	Rerata ± SD	Rerata perbedaan laki-laki dan perempuan	<i>p-value</i> *
Laki-laki (n=36)	31.9±5.2	5.79810	<0.05
Perempuan (n=51)	26.1±4.2		
Seluruh subjek (n=87)	28.5±5.4		

\*uji t-independent

Tabel 4 menunjukkan usia, massa lemak (IMT dan WC) dan masa bebas lemak (MM) berkorelasi bermakna terhadap TBW dengan MM sebagai variabel yang memiliki korelasi paling tinggi terhadap TBW ( $R^2=0.53$ ,  $\beta=1.235$ ,  $p < 0.05$ ). Total cairan tubuh (TBW) berkorelasi negatif dengan usia ( $R^2=-0.79$ ;  $\beta=-0.012$ ,  $p < 0.05$ ) sedangkan TBW berkorelasi positif dengan IMT ( $R^2 = 0.22$ ;  $\beta=0,022$ ,  $p < 0,05$ ) dan WC ( $R^2 = 0.08$ ;  $\beta=-0.009$ ,  $p < 0.05$ ). Tidak ada korelasi yang signifikan antara WHR dan TBW ( $p > 0,05$ ).

**Tabel 4. Analisis Korelasi antara usia, IMT, WC, WHR, dan MM dengan TBW**

Variabel	R <sup>2</sup>	<i>p-value</i> *
Usia	-0.79	<0.05
IMT	0.22	<0.05
WC	0.08	<0.05
WHR	-0.01	0.246
MM	0.53	<0.05

\*uji regresi linear

## PEMBAHASAN

Penelitian ini mengungkapkan adanya hubungan yang bermakna dan berkorelasi negatif antara usia dan TBW. Hasil ini sesuai dengan Lu dkk dan Maze yang melaporkan penurunan TBW seiring bertambahnya usia terutama pada usia di atas 60 tahun [11], [14]. Penurunan TBW semakin cepat terjadi setelah usia 60 tahun, dengan penurunan cairan intra sel dan peningkatan cairan ekstraseluler dapat menyebabkan penurunan TBW seiring dengan bertambahnya usia [7]. Penurunan TBW terjadi ketika homeostasis air mengalami perubahan. Perubahan pengaturan homeostasis air akibat penuaan dapat menyebabkan ketidakseimbangan cairan. Hal ini disebabkan oleh perubahan komposisi tubuh, penurunan perfusi dan fungsi ginjal, fungsi indera perasa dan penciuman, penurunan persepsi rasa haus dan sekresi hormon serta penurunan sensitivitas ADH [2], [3], [4], [5], [15].

Perbedaan bermakna TBW antar kelompok lansia laki-laki dan perempuan pada penelitian ini sejalan dengan studi Ando dkk [16]. Lansia laki-laki memiliki TBW lebih tinggi dibandingkan lansia perempuan karena pengaruh massa bebas lemak yang lebih

tinggi pada laki-laki [11], [16]. Pada IMT yang sama, perempuan memiliki lebih banyak masa lemak dibandingkan laki-laki. Oleh karena itu, umumnya perempuan memiliki TBW yang lebih rendah, dan proporsi cairan ekstra seluler yang lebih besar sehingga kandungan cairan menjadi lebih sedikit. Regulasi arginin vasopresin berbeda antar gender. Ambang osmolalitas untuk membangkitkan rasa haus pada perempuan lebih tinggi. Kemungkinan besar hal ini dipengaruhi oleh hormon estrogen, yang dapat melewati sawar darah-otak dan sel-sel penghasil vasopresin di inti paraventrikular dan supraoptik, yang memiliki tempat pengikatan yang mempengaruhi osmoregulasi. Terdapat bukti bahwa estrogen mengubah sistem renin-angiotensin-aldosteron [17]. Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan regulasi hidrasi sel antar gender, yang berdampak pada berkurangnya metabolisme air pada perempuan dibandingkan pada laki-laki [17], [18]. Hal ini menjadikan lansia perempuan lebih rentan mengalami dehidrasi dibandingkan lansia laki-laki.

Studi ini menunjukkan IMT dan WC berkorelasi positif lemah dengan TBW, namun tidak pada WHR. Hasil ini berbeda dengan beberapa penelitian lain dimana IMT berkorelasi negatif dengan TBW [7], [19]. Perbedaan hasil ini diduga disebabkan oleh proporsi subjek yang didominasi dengan nilai IMT ataupun WC dalam batas normal. Selain itu nilai WHR yang tinggi juga dapat ditemukan pada sebagian orang yang memiliki lingkaran pinggul yang tinggi, sehingga interpretasinya menjadi kurang tepat. Contoh individu dengan nilai WHR tinggi belum tentu mengalami obesitas karena lingkaran pinggulnya yang besar [13]. Studi menunjukkan bahwa semakin besar FM maka semakin besar pula cairan ekstra seluler [5]. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa selain lemak yang bersifat anhidrat (m mengandung sedikit air), peningkatan kompartemen ECF seiring dengan peningkatan IMT menerangkan adanya hubungan IMT, WC dengan TBW. Seiring bertambahnya usia, terjadi redistribusi lemak tubuh, yaitu terjadi peningkatan lemak intraabdominal dibandingkan lemak subkutan atau total tubuh [6], [7]. Hal ini mendukung WC berkorelasi dengan TBW. Redistribusi lemak yang terjadi yang tergambarkan dengan peningkatan WC akan meningkatkan kondisi peningkatan produksi sitokin pro inflamasi (TNF- $\alpha$  dan IL-6) yang akan mengakibatkan penurunan MM sedangkan otot merupakan organ yang berperan dalam menyimpan cadangan air hingga 70% [20].

Hasil studi menunjukkan bahwa masa otot berkorelasi positif dengan TBW secara bermakna dan analisis multivariat menunjukkan bahwa MM lebih tinggi signifikan memprediksi TBW lebih besar. Hasil serupa juga ditemukan pada studi korelasi positif yang kuat antara MM dan TBW [7]. Hal ini sesuai bahwa masa otot menjadi organ utama yang berperan dalam menyimpan cadangan air [20]. Hasil studi ini didukung dengan studi yang menunjukkan massa otot berkorelasi negatif dengan usia [21]. Studi juga menunjukkan peningkatan cairan ekstra sel serta penurunan cairan intra seluler pada jaringan otot skeletal seiring meningkatnya usia yang akan mempengaruhi penurunan penyimpanan cairan dan TBW [22]. Penurunan cairan intraseluler akan menyebabkan penyusutan sel dan perubahan protein struktural serta fungsi sel [15].

Kekuatan penelitian ini menggunakan subjek yang bertempat tinggal di lingkungan yang sama (cenderung homogen), sehingga variasi faktor lain yang turut memengaruhi TBW dalam penelitian ini seperti asupan gizi dan tingkat aktivitas dapat dihindari. Penelitian ini juga menggunakan alat pengukuran TBW yang mudah digunakan dan tidak invasif, sehingga diharapkan dapat digunakan secara luas dalam klinis dalam mengetahui kondisi keseimbangan air dalam tubuh.

Keterbatasan utama penelitian ini adalah menggunakan studi *cross-sectional*, sehingga sebab akibat tidak dapat ditentukan antara faktor dan TBW, serta hanya hubungan antar variabel saja. Keterbatasan lain dari penelitian ini adalah jumlah sampel yang relatif kecil dan terbatas pada lansia di panti jompo Jakarta, sehingga belum memberi hasil yang lebih representatif dan dapat digeneralisasikan ke seluruh lansia

pada populasi lainnya. Oleh karena itu, temuan dari penelitian ini mungkin menunjukkan perbedaan secara umum.

## SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa IMT, WC, dan MM dapat memengaruhi TBW pada lansia. MM merupakan faktor utama yang berhubungan dengan TBW pada lansia yang tinggal di Panti Wredha Jakarta. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan nilai MM dalam upaya mencegah dehidrasi di antara lansia, terutama di panti wredha. TBW juga bervariasi berdasarkan gender. Hal ini menunjukkan bahwa lansia, terutama perempuan, lebih rentan mengalami dehidrasi. Mengingat perubahan fisiologis seiring bertambahnya usia tidak bisa dihindari. Oleh karena itu, skrining, edukasi, dan pencegahan dehidrasi pada lansia sangat diperlukan pada populasi lansia. Mendidik staf dan pasien tentang dehidrasi dan meningkatkan hidrasi yang memadai dapat mencegah dehidrasi dan mengurangi morbiditas dan mortalitas di kalangan lansia.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan studi prospektif lebih lanjut dengan ukuran sampel yang lebih besar dan populasi yang lebih umum untuk mengonfirmasi hasil penelitian ini dan mendapatkan nilai TBW yang dapat digunakan dalam menentukan kriteria *cut off* TBW baik yang dapat diterapkan pada lansia di Indonesia sehingga dapat membantu kategorisasi variabel serta menilai apakah MM yang meningkat melalui intervensi diet dan olahraga dapat meningkatkan TBW dan mengurangi risiko dehidrasi pada lansia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para lansia di panti wredha PSTW Budi Mulia yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini dan Unika Atma Jaya yang telah membiayai penelitian ini

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kemenkes RI, "Indonesia Masuki Periode Aging Population – Sehat Negeriku." [Online]. Available: <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/umum/20190704/4530734/indonesia-masuki-periode-aging-population/>
- [2] D. Picetti *et al.*, "Hydration health literacy in the elderly," *Nutr. Heal. Aging*, vol. 4, no. 3, pp. 227–237, Dec. 2017, doi: 10.3233/NHA-170026.
- [3] S. Li, X. Xiao, and X. Zhang, "Hydration Status in Older Adults: Current Knowledge and Future Challenges," *Nutrients*, vol. 15, no. 11, p. 2609, Jun. 2023, doi: 10.3390/nu15112609.
- [4] L. Hooper, D. Bunn, F. O. Jimoh, and S. J. Fairweather-Tait, "Water-loss dehydration and aging," *Mech. Ageing Dev.*, vol. 136–137, pp. 50–58, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.mad.2013.11.009.
- [5] H. J. Miller, "Dehydration in the Older Adult," *J. Gerontol. Nurs.*, vol. 41, no. 9, pp. 8–13, Sep. 2015, doi: 10.3928/00989134-20150814-02.
- [6] S. M. L. Ribeiro and J. J. Kehayias, "Sarcopenia and the Analysis of Body Composition," *Adv. Nutr.*, vol. 5, no. 3, pp. 260–267, May 2014, doi: 10.3945/an.113.005256.
- [7] M. Serra-Prat, I. Lorenzo, E. Palomera, S. Ramírez, and J. C. Yébenes, "Total Body Water and Intracellular Water Relationships with Muscle Strength, Frailty and Functional Performance in an Elderly Population. A Cross-Sectional Study," *J. Nutr. Heal. aging*, vol. 23, no. 1, pp. 96–101, Jan. 2019, doi: 10.1007/s12603-018-1129-y.
- [8] T. Gadekar, P. Dudeja, I. Basu, S. Vashisht, and S. Mukherji, "Correlation of visceral body fat with waist–hip ratio, waist circumference and body mass index in healthy adults: A cross sectional study," *Med. J. Armed Forces India*, vol. 76, no. 1, pp. 41–46, Jan. 2020,

- doi: 10.1016/j.mjafi.2017.12.001.
- [9] R. Rai, T. Ghosh, S. Jangra, S. Sharma, S. Panda, and K. P. Kochhar, "Relationship Between Body Mass Index and Body Fat Percentage in a Group of Indian Participants: A Cross-Sectional Study From a Tertiary Care Hospital," *Cureus*, Oct. 2023, doi: 10.7759/cureus.47817.
- [10] R. Kawakami *et al.*, "Fat-Free Mass Index as a Surrogate Marker of Appendicular Skeletal Muscle Mass Index for Low Muscle Mass Screening in Sarcopenia," *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, vol. 23, no. 12, pp. 1955-1961.e3, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.jamda.2022.08.016.
- [11] H. Lu, E. Ayers, P. Patel, and T. K. Mattoo, "Body water percentage from childhood to old age," *Kidney Res. Clin. Pract.*, vol. 42, no. 3, pp. 340–348, May 2023, doi: 10.23876/j.krcp.22.062.
- [12] W. C. Chumlea, A. F. Roche, and M. L. Steinbaugh, "Estimating Stature from Knee Height for Persons 60 to 90 Years of Age," *J. Am. Geriatr. Soc.*, vol. 33, no. 2, pp. 116–120, Feb. 1985, doi: 10.1111/j.1532-5415.1985.tb02276.x.
- [13] N. Ahmad, S. M. Adam, A. Nawil, M. Hassan, and H. Ghazi, "Abdominal obesity indicators: Waist circumference or waist-to-hip ratio in Malaysian adults population," *Int. J. Prev. Med.*, vol. 7, no. 1, p. 82, 2016, doi: 10.4103/2008-7802.183654.
- [14] L. Maze, "The effects of different exercise regimens on body water compartments in younger and older adults," Iowa State University, 2016. [Online]. Available: <https://lib.dr.iastate.edu/etd/1>
- [15] Lorenzo, Serra-Prat, and Yébenes, "The Role of Water Homeostasis in Muscle Function and Frailty: A Review," *Nutrients*, vol. 11, no. 8, p. 1857, Aug. 2019, doi: 10.3390/nu11081857.
- [16] M. Ando *et al.*, "Characteristics of body water distribution in healthy adults measured by multi-frequency bioelectrical impedance analysis," *J. Biorheol.*, vol. 33, no. 1, pp. 13–20, 2019, doi: 10.17106/jbr.33.13.
- [17] H. Triebel and H. Castrop, "The renin angiotensin aldosterone system," *Pflügers Arch. - Eur. J. Physiol.*, vol. 476, no. 5, pp. 705–713, May 2024, doi: 10.1007/s00424-024-02908-1.
- [18] E. O'Donnell, J. S. Floras, and P. J. Harvey, "Estrogen status and the renin angiotensin aldosterone system," *Am. J. Physiol. Integr. Comp. Physiol.*, vol. 307, no. 5, pp. R498–R500, Sep. 2014, doi: 10.1152/ajpregu.00182.2014.
- [19] R. Kutlu and F. Cihan, "Comparison of the body compositions in obese and nonobese individuals: Can learning body compositions motivate losing weight?," *Niger. J. Clin. Pract.*, vol. 20, no. 1, p. 82, 2017, doi: 10.4103/1119-3077.180075.
- [20] L. Xiong, Y. Chen, X. Dong, Y. Li, M. Zeng, and K. Liu, "Association between Elderly Sarcopenia and Inflammatory Cytokine Interleukin-17: A Cross-Sectional Study," *Biomed Res. Int.*, vol. 2023, pp. 1–7, Feb. 2023, doi: 10.1155/2023/4839210.
- [21] M. D. N. Handayani, A. H. Sadewa, A. Farmawati, and W. Rochmah, "Anthropometric Prediction Equations for Estimating Muscle Mass of Elderly Women," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 14, no. 2, pp. 195–204, Nov. 2018, doi: 10.15294/kemas.v14i2.14073.
- [22] Y. Yamada *et al.*, "The Extracellular to Intracellular Water Ratio in Upper Legs is Negatively Associated With Skeletal Muscle Strength and Gait Speed in Older People," *Journals Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.*, vol. 72, no. 3, pp. 293–298, Jul. 2017, doi: 10.1093/gerona/glw125.