

生体電気インピーダンス分析装置を用いた筋量・筋質評価

笹山 明美¹⁾・大川 直美²⁾・赤澤 直紀³⁾

はじめに

高齢者人口の増加に伴い、筋量および筋質の低下に関連する病態が注目されている。サルコペニアは、加齢や疾患に伴う筋量の減少に加え、筋力の低下を特徴とする¹⁾。このサルコペニアは2016年には国際疾病分類(ICD-10)において診断コードM62.84が付与され、臨床的な重要性が認識された。サルコペニアは転倒や骨折のリスクを高め、生命予後の悪化と関連することが報告されている²⁾³⁾。高齢入院患者では、入院時にサルコペニアを有している場合、サルコペニアを有していない場合に比べて入院費が増加することが報告されている⁴⁾。さらに、サルコペニアは栄養や嚥下機能の障害などの臨床的な問題を引き起こすことも明らかにされている⁵⁾⁶⁾。2018年に提唱されたGlobal Leadership Initiative on Malnutrition(以下、GLIM)基準では、筋量が栄養状態の現症評価項目に含まれ⁷⁾、筋量評価の臨床的な重要性が一層高まっている。さらに、2024年の診療報酬改定により回復期リハビリテーション1においてGLIM基準を用いることが要件とされた。これらより、栄養理学療法の領域において、筋量の評価は目標設定や効果判定に不可欠であり、運動療法と栄養状態の把握を統合した介入において重要であると考えられる。

Asian Working Group for Sarcopenia 2019(AWGS 2019)によるサルコペニア診断基準では、筋量の評価に二重エネルギーX線吸収法(Dual Energy X-ray Absorptiometry:以下、DEXA)または生体電気インピーダンス分析法(Bioelectrical Impedance Analysis:以下、BIA)を用いることが推奨されている⁸⁾。2025年11月に発表された新たなサルコペニア診断基準(AWGS2025)においても、筋量の評価法としてDEXAまたはBIAが推奨されている点に変更はない¹⁾。DEXAは高い精度で筋量を評価できるが、測定に時間を要すなどの問題点があ

る。これに対し、BIAは簡便かつ非侵襲的に短時間での測定が可能であり、近年の装置の小型化、可搬化によりベッドサイドでの使用も容易となっている。これらから、栄養・嚥下理学療法の臨床現場における筋量評価にはBIAが極めて有用であると考えられる。

2019年にはEuropean Working Group on Sarcopenia in Older Peopleによるサルコペニア診断基準の改訂では、筋量の評価に加えて筋質の評価の重要性が強調されるようになった⁹⁾。また、Sarcopenia Definition and Outcomes Consortiumは、DEXAによって測定された筋量では死亡率の予測因子とはならないことを指摘している¹⁰⁾。これらの知見に基づき、今後の栄養理学療法では、筋量のみならず筋質の評価およびその臨床的意義に関する議論が一層重要になると考えられる。そこで本稿では、BIAおよびBIAを用いた筋量評価について概説し、BIAを用いた筋質評価については著者らの研究結果をもとに最新の知見を紹介する。

生体電気インピーダンス分析法

栄養理学療法の現場では、筋量および筋質を簡便かつ非侵襲的に評価できる手法が求められる。その代表的な手段の1つがBIAである。BIAは、微弱な交流電流を体内に通電し、その際に生じる電気抵抗(インピーダンス)を測定することで、体水分量、筋量、脂肪量などを推定する技術である¹¹⁾。

BIAは、測定周波数、解析方式、測定部位の相違により、いくつかの種類が存在する。単周波BIA(Single-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis)は、主に50kHzの単一周波数で測定を行う方式である。この単周波BIAは比較的簡便であるが、細胞内水分と細胞外水分を正確に分離することはできない。一方、多周波BIA(Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analy-

1) 徳島文理大学保健福祉学部理学療法学科

2) 吉野川病院リハビリテーション部

3) 名古屋大学大学院医学系研究科総合保健学専攻

責任著者名：笹山明美

連絡先：hioka@tks.bunri-u.ac.jp

受付日：2026年1月29日 / 受理日：2026年2月10日

sis) および生体電気インピーダンス分光法 (Bioelectrical Impedance Spectroscopy : 分光 BIS) は、複数の周波数で測定を行い、細胞内水分と細胞外水分をより正確に推定することができる¹¹⁾。

本稿では多周波 BIA を取り上げる。本稿で扱う多周波 BIA は部位別直接多周波数 BIA (Direct Segmental Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis : 以下、DSM-BIA) であり、近年、臨床現場で広く用いられている。DSM-BIA では、機器によって異なるものの、1 から 3,000 kHz の複数の周波数を使用し、体を右腕、左腕、体幹、右脚、左脚の 5 つの部位に分けて測定、解析する。各部位に直接電流を流して測定するため、全身を一括して測定する従来の BIA よりも高い精度で体組成を評価できる点の特徴である。また、BIA と DEXA との間に相関が確認されており¹²⁾、臨床および研究で標準的な評価法として活用されている。本稿では、以降、この DSM-BIA を BIA と称する。

BIA の機器によっては、細胞外水分比 (Extracellular Water-to-Total Body Water Ratio : ECW/TBW) や位相角などの指標を用いた筋質評価が可能である。つまり、BIA は筋量と筋質の両方を同時に評価できる手法である。測定時間は数十秒から数分程度と短く、対象者への負担が少ない。さらに、近年は装置の小型化、可搬化が進み、ベッドサイドや地域の現場などで活用が可能となっている。栄養理学療法の現場で BIA の応用がこれまで以上に期待されている。

1. 生体電気インピーダンス分析装置の測定法

BIA による筋量および筋質評価は、臨床現場において簡便に理学療法士が実施可能である。多くの機器では立位での測定を基本としているが、機器によっては座位や仰臥位での測定にも対応している。また、電極の配置や装着部位は機器により異なる。本稿では著者らが使用している InBody BWA を用いた標準的な BIA 測定の手順について紹介する。

本機器は 8 種類の周波数 (1, 5, 50, 250, 500, 1,000, 2,000, 3,000 kHz) で 5 つの部位別 (右腕、左腕、体幹、右脚、左脚) のインピーダンスを測定する。広帯域の周波数を用いることで体水分を細胞内水分と細胞外水分に分けて測定することができる。低周波数では細胞外水分、高周波数では細胞内水分を高精度に測定することができる。心臓ペースメーカーのような埋め込み型医療機器、または生体情報モニターのような生命維持に必要な医療機器を装着している場合、測定は禁忌である。測定姿勢は立位、座位、仰臥位から選択可能である。臨床現場では、患者の状態に応じて適切な測定姿勢を選択する。仰臥位での測定が可能になったことにより、立位や座位をとることが困難な患者に対しても測定が実現した。また、本機器は可搬性があり、ベッドサイドで測定できることも臨床



図 1. 立位での BIA 測定

上大きな利点である。電極は右腕、左腕、右脚、左脚に装着し、8 点接触式である。電極には、装着式電極と付着式電極の 2 種類あり、装着式電極の装着方法を示す (図 1)。電解質ティッシュで電極に接触する部位を拭き、腕の電極は手首の骨頭の中心に合わせて装着し、脚の電極は内果および外果の中心に合わせて装着する。腕と体幹および両脚の大腿部が触れないように広げて測定する。測定中の体動や会話は測定結果に影響を及ぼす可能性があるため、避ける必要がある。測定時間は約 70 秒である。

BIA の測定値は体水分状態の変化に影響を受けやすいという課題がある。そのため、体水分の流動が安定するまで、測定前に 10 分程度、測定時と同一の姿勢を保持することが望ましいとされている。また、測定前は食事や飲水を控え、排尿を済ませ、激しい運動や入浴を避けることが望ましい。そのため、測定条件の標準化 (姿勢、測定時間、排尿や食事のタイミングなど) が重要である。特に栄養・嚥下障害患者では、経管栄養や輸液による体水分状態の変化により、筋量が過大評価される可能性があるため、評価結果の解釈には十分な注意が必要である。

生体電気インピーダンス分析装置を用いた筋量評価

AWGS は、2014 年にアジア圏に適したサルコペニア診断基準を公表し、サルコペニアを筋量の低下に加えて、筋力低下および/または身体機能低下を伴う状態と定義した (AWGS2014)¹³⁾。この筋量、筋力、身体機能

の3項目による診断要件は、2019年の改訂（AWGS 2019）⁸⁾においても維持され、臨床および研究分野において広く活用されてきた。その後、2025年11月に新たなサルコペニア診断基準（AWGS2025）が公表された¹⁾。AWGS2025では診断要件が再構築され、診断基準は筋量の低下と筋力の低下の2項目に整理された。これまで診断項目に含まれていた歩行速度などの身体機能は、診断基準から除外され、アウトカム指標として位置づけられている¹⁾。さらに、AWGS2025では、早期発見と介入の重要性が強調され、サルコペニア管理における運動と栄養の重要性が明確に示された¹⁾。

従来のAWGS2014¹³⁾およびAWGS2019⁸⁾において、筋量の評価には骨格筋量指数（Skeletal Muscle Mass Index：以下、SMI）が用いられてきた。SMIは、1998年にBaumgartnerらがDEXAを用いて測定した四肢除脂肪量を四肢骨格筋量の指標とし、これを身長²（ m^2 ）で除した値として報告した¹⁴⁾。さらに、SMIが若年基準集団の平均値から2標準偏差を下回る場合をサルコペニアと定義した¹⁴⁾。このSMIはその後、アジアおよびヨーロッパをはじめとする各地域のサルコペニアの診断基準に採用され、現在では国際的に標準化された筋量の指標として広く用いられている。

筋量の評価法としては、AWGS2014¹³⁾、AWGS2019⁸⁾、AWGS2025¹⁾のいずれにおいても、DEXAまたはBIAを用いることが推奨されている。AWGS2014¹³⁾およびAWGS2019⁸⁾では、四肢骨格筋量（Appendicular Skeletal Muscle Mass：以下、ASM）を身長²（ m^2 ）で補正したASM/height（ m^2 ）（従来のSMI）が筋量指標として採用され、アジア圏の高齢者における筋量低下の判定に広く用いられてきた。一方、AWGS2025では、従来のSMIに加えて、体格指数（Body Mass Index：以下、BMI）で補正するASM/BMIが新たに導入された¹⁾。また、対象年齢も拡大され、50歳から64歳の中年層も明確に評価対象として含まれるようになった。AWGS2025¹⁾では、BIAに基づくSMIのカットオフ値は50歳から64歳の男性では7.6 kg/m^2 未満、女性では5.7 kg/m^2 未満と設定された。65歳以上では従来と同様の男性7.0 kg/m^2 未満、女性5.7 kg/m^2 未満である。さらに、BIAに基づくASM/BMIのカットオフ値は50歳から64歳の男性では0.90未満、女性では0.63未満、65歳以上の男性では0.83未満、女性では0.57未満と設定された。筋力評価に用いられる握力のカットオフ値は50歳から64歳の男性では34 kg 未満、女性では20 kg 未満と設定され、65歳以上では従来と同様の男性28 kg 未満、女性18 kg 未満である。

このようにAWGS2025では、筋量の評価指標に従来のSMIにASM/BMIを加えるとともに、対象年齢を50歳以上へ拡大し、筋量および筋力のカットオフ値を年齢層別に設定している。これにより、体格や加齢に伴う変

化を考慮したサルコペニアの早期発見および適切な介入が、従来よりも適切に行える可能性があると考えられる。

生体電気インピーダンス分析装置を用いた筋質評価

近年では、BIAにより推定される指標が筋量評価のみならず、筋質の評価に用いられてきている。BIAから得られる筋質指標として、ECW/TBWおよび位相角が注目されている。位相角は、細胞膜の健康状態を反映する指標であり、日常生活動作やサルコペニア、生命予後との関連が報告されている¹⁵⁾¹⁶⁾。位相角の重要性についてはすでに多くの先行研究で報告されているため、それらを参照されたい。本稿では著者らの主な研究領域であるECW/TBWに焦点を当て、その概要と関連する知見について概説する。

1. ECW/TBWの概要

骨格筋の主成分である体水分（Total Body Water：以下、TBW）は、細胞膜を境に細胞内水分（Intracellular Water：以下、ICW）と細胞外水分（Extracellular Water：以下、ECW）に大別される。ICWは細胞膜の内側に存在し、筋細胞量を反映する¹⁷⁾。一方、ECWは細胞膜の外側に存在し、血漿と間質液を含む細胞外空間の水分を表している¹⁷⁾。健康成人ではTBWの約62%がICW、約38%がECWである¹⁸⁾。ECW/TBWとはTBWに対するECWの割合を示す指標であり、基準範囲は0.360から0.400未満とされている¹⁹⁾²⁰⁾。従来、ECW/TBWは浮腫の指標²¹⁾²²⁾として用いられてきたが、近年では、ECW/TBWは筋質指標としても注目されている²³⁾²⁴⁾。

ECW/TBWの増大は、2つの要因が関与すると考えられている（図2）。1つ目はICWの減少によるECW/TBWの増大である。加齢により、筋細胞量の減少に伴いICWが減少する²⁵⁾²⁶⁾。TBWはICWとECWの合計で構成されているため¹⁸⁾、ICWが減少するとTBW全体も減少し、ECW/TBWの分母を縮小し、その結果ECW/TBWは増大する。つまり、ICWの減少は主として筋萎縮を反映している。2つ目は、ECWの増加によるECW/TBWの増大である。浮腫を伴う疾患では、ECWとICWの両方が増大するなかでECWの増加率が高いことから、ECW/TBWは高値になる。つまり、この状態は筋組織に過剰な水分が貯留した過水和を反映している。この場合はBIAで測定した筋量は過大評価される可能性がある²⁷⁾。つまり、BIAで測定された筋量値をそのままサルコペニア診断に用いると、サルコペニアであるはずの者がサルコペニアではないといった診断がなされる可能性がある。2つ目の要因によるECW/TBWの増大の場合は、視診や触診を含めて結果を慎重に解釈

果は、ECW/TBW 0.400 未満の場合には、SMI と握力の関連が維持される一方、ECW/TBW 0.400 以上では、SMI と握力の関連は乖離する可能性が示唆された。サルコペニア診断に BIA を用いる場合、ECW/TBW を交絡要因として適切に考慮する必要性を示した重要な知見であると考ええる。

3) サルコペニアスクリーニングに用いられる SARC-F と ECW/TBW との関連

AWGS2019 および AWGS2025 において、サルコペニアのスクリーニングツールとして SARC-F の使用が推奨されている¹⁾⁸⁾。SARC-F は、5つの質問項目の英語の頭文字から構成される。項目の S は Strength (筋力)、A は Assistance with walking (歩行補助)、R は Rise from a chair (椅子からの立ち上がり)、C は Climb stair (階段昇降)、F は Falls (転倒) である。各項目は 0 点から 2 点のスコアで採点され、合計スコア範囲は 0 点から 10 点である。合計スコアが 4 以上の場合にサルコペニアの疑いがあると判断される³²⁾。

著者らは、65 歳以上の地域在住高齢男女を対象に、SARC-F スコアと ECW/TBW および SMI との関連を検討した³¹⁾。解析の結果、SARC-F スコアが高いほど ECW/TBW も高値を示す有意な相関を示した (相関係数 0.473)。また、SARC-F スコアが高いほど SMI は低値を示す負の相関が認められた (相関係数 -0.233)。さらに、年齢、性別、服薬数、疼痛の有無、併存疾患の有無が SARC-F スコアと独立して有意に関連していたが、SMI との関連は認められなかった。これらの結果から、SARC-F は筋量よりも筋質の指標である ECW/TBW との関連が強いことが明らかになった。SARC-F はサルコペニアスクリーニングに加え、ECW/TBW を間接的に反映する指標としても有用となる可能性があると考ええる。

4) 高齢入院患者の ECW/TBW

これまでに、地域在住高齢者を対象に ECW/TBW を筋質指標として評価した研究は報告されているが、高齢入院患者を対象に ECW/TBW を筋質評価指標として検討した研究はほとんど存在しない。著者らは、回復期リハビリテーション病棟に入院した高齢患者 196 名 (男性 86 名、女性 110 名、年齢中央値 85.0 歳、機能的自立度評価法 [Functional Independence Measure : 以下、FIM] の運動項目スコア中央値 21 点) を対象に調査を実施した。その結果、ECW/TBW が 0.400 を超える者は 181 名で、全体の 92.3% を占めていた (図 4)³³⁾。これは、地域在住高齢者と比較して、高齢入院患者では筋質低下を有する者が多いことを示している。

さらに、著者らは同研究において高齢入院患者を対象に、ECW/TBW と日常生活動作 (Activities of Daily

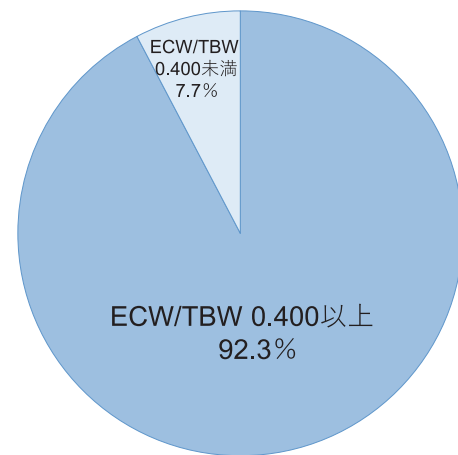


図 4. 高齢入院患者の ECW/TBW 0.400 を超える割合

Living : 以下、ADL) との関連を検討した³³⁾。加えて、ADL との関連性がより強い指標が ECW/TBW と SMI のいずれであるかを明らかにすることも目的とした。ECW/TBW、年齢、発症から入院までの日数、疾患の分類 (脳血管疾患、運動器疾患)、Charlson comorbidity index、Geriatric nutritional risk index、C 反応タンパク質、服薬数、SMI を補正した重回帰分析の結果、男性および女性ともに ECW/TBW は FIM の運動項目と負の関連を示し、ECW/TBW が高いほど ADL が低値を示すことが明らかとなった。一方、SMI は男性では FIM と正の関連を示したが、女性では有意な関連は認められなかった。これらの結果から、特に女性では SMI よりも ECW/TBW の方が ADL との関連が強いことを示唆した。ECW/TBW は地域在住者における筋質低下の指標としてだけでなく、高齢入院患者においては ADL 低下と独立して関連する重要な指標であることが明らかとなった。ECW/TBW の定期的なモニタリングは、高齢入院患者の栄養・嚥下理学療法の現場において、有用な指標となり得る可能性が考えられる。

まとめ

本稿では、栄養理学療法の臨床現場における筋量・筋質評価の重要性を踏まえ、BIA および BIA を用いた筋量評価について概説し、BIA を用いた筋質評価については著者らの主な研究領域である ECW/TBW に焦点を当て、その概要と関連する最新の知見について紹介した。近年、サルコペニアや低栄養の診断、管理において筋量の評価は不可欠となっており、AWGS2025 や GLIM 基準の改訂、診療報酬制度の変化を背景に、理学療法士が筋量評価に主体的に関与する意義は一層高まっている。BIA は簡便かつ非侵襲的に筋量を評価できる有用なツールであるとともに、ECW/TBW といった筋質指標を捉

えることが可能である。著者らの研究により、ECW/TBW は地域在住高齢者では握力や歩行速度、SARC-F と関連し、高齢入院患者では ADL と独立して関連することが示された。これらの知見は、BIA を用いた評価において、筋量のみならず筋質を併せて解釈する重要性を示している。栄養理学療法の臨床において、BIA を用いた筋量・筋質評価を適切に位置づけることは、今後ますます重要な視点となるであろう。

文 献

- 1) Liang-Kung Chen, Fei-Yuan Hsiao, Masahiro Akishita, et al.: A focus shift from sarcopenia to muscle health in the Asian Working Group for Sarcopenia 2025 Consensus Update. *Nat Aging*. 2025; 5(11): 2164-2175.
- 2) Suey S Y Yeung, Esmee M Reijnierse, Vivien K Pham, et al.: Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: A systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019; 10(3): 485-500.
- 3) Jane Xu, Ching S Wan, Kiriakos Ktoris, et al.: Sarcopenia Is Associated with Mortality in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gerontology*. 2022; 68(4): 361-376.
- 4) Ana C Antunes, Daniela A Araújo, Manuel T Veríssimo, et al.: Sarcopenia and hospitalization costs in older adults: a cross-sectional study. *Nutr Diet*. 2017; 74(1): 46-50.
- 5) Melike Yücel, Nezehat Özgül Ünlüer, Yasemin Ateş Sari: A comparison of oral health, nutrition, and swallowing function in older adults with and without sarcopenia: A cross-sectional study. *Nutr Clin Pract*. 2025; 40(3): 596-604.
- 6) Keisuke Maeda, Junji Akagi: Sarcopenia is an independent risk factor of dysphagia in hospitalized older people. *Geriatr Gerontol Int*. 2016; 16(4): 515-521.
- 7) T Cederholm, G L Jensen, M I T D Correia, et al.: GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition – A consensus report from the global clinical nutrition community. *Clin Nutr*. 2019; 38(1): 1-9.
- 8) Liang-Kung Chen, Jean Woo, Prasert Assantachai, et al.: Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2020; 21(3): 300-307.
- 9) Alfonso J Cruz-Jentoft, Gülistan Bahat, Jürgen Bauer, et al.: Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019; 48(1): 16-31.
- 10) Shalender Bhasin, Thomas G Travison, Todd M Manini, et al.: Sarcopenia Definition: The Position Statements of the Sarcopenia Definition and Outcomes Consortium. *J Am Geriatr Soc*. 2020; 68(7): 1410-1418.
- 11) Ursula G Kyle, Ingvar Bosaeus, Antonio D De Lorenzo, et al.: Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004; 23(5): 1226-1243.
- 12) Seo Young Lee, Soyeon Ahn, Young Ji Kim, et al.: Comparison between Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Bioelectrical Impedance Analyses for Accuracy in Measuring Whole Body Muscle Mass and Appendicular Skeletal Muscle Mass. *Nutrients*. 2018; 10(6): 738.
- 13) Liang-Kung Chen, Li-Kuo Liu, Jean Woo, et al.: Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*. 2014; 15(2): 95-101.
- 14) R N Baumgartner, K M Koehler, D Gallagher, et al.: Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*. 1998; 147(8): 755-763.
- 15) T Bise, Y Yoshimura, H Wakabayashi, et al.: Association between BIA-derived Phase Angle and Sarcopenia and Improvement in Activities of Daily Living and Dysphagia in Patients undergoing Post-Stroke Rehabilitation. *J Nutr Health Aging*. 2022; 26(6): 590-597.
- 16) Luíza M Garlini, Fernanda D Alves, Luciane B Ceretta, et al.: Phase angle and mortality: a systematic review. *Eur J Clin Nutr*. 2019; 73(4): 495-508.
- 17) Masashi Taniguchi, Yosuke Yamada, Yoshihiro Fukumoto, et al.: Increase in echo intensity and extracellular-to-intracellular water ratio is independently associated with muscle weakness in elderly women. *Eur J Appl Physiol*. 2017; 117(10): 2001-2007.
- 18) Z M Wang, R N Pierson Jr, S B Heymsfield: The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr*. 1992; 56(1): 19-28.
- 19) Eugenia Papakrivopoulou, John Booth, Jennifer Pinney, et al.: Comparison of volume status in asymptomatic haemodialysis and peritoneal dialysis outpatients. *Nephron Extra*. 2012; 2(1): 48-54.
- 20) Andrew Davenport, Rabya Hussain Sayed, Stanley Fan: Is extracellular volume expansion of peritoneal

- dialysis patients associated with greater urine output? *Blood Purif.* 2011; 32(3): 226-231.
- 21) D Sukackiene, A Laucyte-Cibulskiene, A Vickiene, et al.: Risk stratification for patients awaiting kidney transplantation: Role of bioimpedance derived edema index and nutrition status. *Clin Nutr.* 2020; 39(9): 2759-2763.
 - 22) Soo-Hyun Park, Mi-Ji Kim, Bokyoung Kim, et al.: Association between Disability and Edema Index Values in Rural Older Adult Osteosarcopenia Patients. *Yonsei Med J.* 2022; 63(9) :873-880.
 - 23) Akemi Hioka, Naoki Akazawa, Naomi Okawa, et al.: Extracellular water-to-total body water ratio is an essential confounding factor in bioelectrical impedance analysis for sarcopenia diagnosis in women. *Eur Geriatr Med.* 2022; 13(4): 789-794.
 - 24) Akemi Hioka, Naoki Akazawa, Naomi Okawa, et al.: Influence of aging on extracellular water-to-total body water ratio in community-dwelling females. *Clin Nutr ESPEN.* 2024; 60: 73-78.
 - 25) Y Ohashi, R Tai, T Aoki, et al.: The Associations of Malnutrition and Aging with Fluid Volume Imbalance between Intra- and Extracellular Water in Patients with Chronic Kidney Disease. *J Nutr Health Aging.* 2015; 19(10): 986-993.
 - 26) Yasushi Ohashi, Nobuhiko Joki, Keisuke Yamazaki, et al.: Changes in the fluid volume balance between intra- and extracellular water in a sample of Japanese adults aged 15-88 yr old: a cross-sectional study. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2018; 314(4): 614-622.
 - 27) Paul W Chamney, Peter Wabel, Ulrich M Moissl, et al.: A whole-body model to distinguish excess fluid from the hydration of major body tissues. *Am J Clin Nutr.* 2007; 85(1): 80-89.
 - 28) Yosuke Yamada, Tsukasa Yoshida, Keiichi Yokoyama, et al.: The Extracellular to Intracellular Water Ratio in Upper Legs is Negatively Associated With Skeletal Muscle Strength and Gait Speed in Older People. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2017; 72(3): 293-298.
 - 29) Akemi Hioka, Naoki Akazawa, Naomi Okawa, et al.: Increased total body extracellular-to-intracellular water ratio in community-dwelling elderly women is associated with decreased handgrip strength and gait speed. *Nutrition.* 2021; 86: 111175.
 - 30) Qunying Guo, Jianxiong Lin, Jianying Li, et al.: The Effect of Fluid Overload on Clinical Outcome in Southern Chinese Patients Undergoing Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis. *Perit Dial Int.* 2015; 35(7): 691-702.
 - 31) Akemi Hioka, Naoki Akazawa, Naomi Okawa, et al.: The SARC-F score may indirectly reflect the extracellular water-to-total body water ratio. *Clin Nutr ESPEN.* 2025; 65: 59-63.
 - 32) Satoshi Ida, Kazuya Murata, Daiki Nakadachi, et al.: Development of a Japanese version of the SARC-F for diabetic patients: an examination of reliability and validity. *Aging Clin Exp Res.* 2017; 29(5): 935-942.
 - 33) Naoki Akazawa, Naomi Okawa, Akemi Hioka, et al.: Extracellular water-to-total body water ratio and its relationship with activities of daily living in older inpatients in a convalescent setting. *Nutrition.* 2026; 142: 112965.