

入院時患側 Phase Angle と非患側 Phase Angle の比は、 退院時移乗 FIM と関連する

中村 威彦¹⁾ 河中 美晴²⁾ 北岡 佑磨⁴⁾ 佐藤 万美子³⁾
福住 旬¹⁾ 木村 知行¹⁾

要 旨：生体電気抵抗法を利用した体組成計で得られた測定値 phase angle(以下 PhA と略す)と、回復期リハビリ病棟に入棟した脳卒中後の患者の退院時予後との関連について検討した。

方法；2022年6月から2022年11月までに当院回復期リハビリテーション病棟に入棟し退棟した脳卒中後患者35症例(男性19女性16)、平均年齢74.64歳(標準偏差SD12.17)を対象とした。退院時の移乗FIM(平均9.43(SD3.91))を目的変数とし、入院時の麻痺側PhAと非麻痺側PhAの比(平均0.90(SD0.13))(以下PA比)、栄養指標GNRI(平均92.97(SD9.80))、AWGS2019年診断基準によるSarcopenia(12例34.29%)の3項目を説明変数として、重回帰分析を行った。

結果；退院時移乗FIMについて、PA比は係数9.6723、P値は0.027であり、GNRIについては係数0.2100、P値は0.002となり、それぞれ有意な関連があった。Sarcopeniaについては有意な関連はなかった。

(福井医療科学雑誌 19:1-6, 2022)

【Key words】 生体電気抵抗分析法, Phase Angle, GNRI, サルコペニア, インボディ

緒 言

体組成計は、市中のフィットネスジムをはじめ、介護施設や家庭内にも近年普及が進んでいるが、回復期リハビリ病棟に入棟した脳卒中後の患者の日常生活動作の評価や予後の予測に体組成計を利用できるか否かについて検討した。

当院回復期リハビリ病棟では、入棟した患者に対して体組成計 In Body S10 (In Body Japan inc.)を計測し、計測された四肢体幹の部位別筋量、骨格筋量、脂肪量などを説明提示している。In Body で用いられる生体電気抵抗分析法(Bioelectrical Impedance Analysis: BIA)では、身体に通電して抵抗値を測り、微弱交流電流の周波数を変動させることで、細胞内水分と細胞外水分を四肢と体幹の部位別に分布を推定している。

ここで測定された四肢体幹別の PhA は、In Body では50Hzの交流電流が体水分に沿って流れる際に発生するレジスタンスと、細胞膜を通過する際に発生するリアクタンスの位相差とされ、体細胞量、細胞膜の構造的完

成度に比例するとされている^{1, 2)}。

よって、脳卒中後患者の麻痺側の phase angle と健側の phase angle の比は、運動改善の予測に使用できる可能性があると思われる。

対象と方法

回復期リハビリ病棟では、体組成計 InBody S10 (In Body Japan Inc.)を計測し、計測された四肢体幹の部位別骨格筋量、脂肪量などの結果を印刷して患者本人に渡し説明している。2022年6月から2022年11月までに入棟した脳卒中後患者35症例(男性19女性16)、平均年齢74.64(SD12.17)歳、(病型は脳梗塞22例、脳出血12例、SAH1例)(うち右片麻痺の症例は11例)を対象とした。検討項目として、Functional Independence Measure (以下FIM)運動項目のうち車椅子移乗項目とトイレ移乗項目の合計点数(以下移乗FIMとする)、入院時の麻痺側

1) 社会医療法人寿人会木村病院 リハビリテーション科

2) 社会医療法人寿人会木村病院 栄養管理部

3) 福井総合病院 リハビリテーション科

4) 福井総合病院 診療支援部 リハビリテーション課 言語聴覚室

(採択日 2022年12月)

PhA 上肢下肢合計と非麻痺側 PhA 上肢下肢合計の比(以下 PA 比とする), 栄養指標としては Geriatric Nutritional Risk Index(以下 GNRI), Sarcopenia についての関連を検討した. Sarcopenia については, InBody で計測された四肢骨格筋量と身長から骨格筋指数(SMI)を算出し, これと非麻痺側握力, 歩行速度で, 2019 年 AWGS が推奨する Sarcopenia 診断基準³⁾を用いて Sarcopenia の有無を判定し, 非 Sarcopenia 群, Sarcopenia 群とした. 各項目は Wilcoxon 順位和検定を使って 2 群間の比較を行い P 値を算出した. <表 1> 目的変数を移乗 FIM, 説明変数を PA 比, GNRI, Sarcopenia として, 重回帰分析を用いて検討した. 有意水準は 5%とした. 統計解析には R version 4.2.1 と R 開発環境である R studio version 2022.07.2+576 を用いた.

同意・COI: IN BODY S10 計測時に計測値を研究に使用する旨の同意を取得し, 個人情報 that 特定できる情報は集計から初期のデータ収集段階で削除した. 病棟掲示板に匿名データであっても自己データを削除できるように同意撤回説明書を掲示している. 当研究計画は当院倫理委員会の承認を得ている.(承認番号 220001)

結 果

<患者背景>

Sarcopenia と判定された症例は, 35 症例中 12 例(男性 6 例女性 6 例)であり, Sarcopenia と判定されなかった症例より GNRI, SMI がともに低値であった. <表 1>

表 1 対象脳卒中患者の属性

	Total	非 Sarcopenia 症例	Sarcopenia 症例	P 値
Site(右麻痺/左麻痺)	23 (65.7%) / 12 (34.29%)	11 (47.8%) / 12 (52.2%)	5 (41.7%) / 7 (58.3%)	
Gender(male/female)	19 (54.29%) / 16 (45.71%)	13/10 (43.5%)	6 (50.0) / 6 (50.0%)	0.992
Age(mean (SD))	74.64 (12.17)	73.61 (11.21)	76.75 (14.14)	0.651
SMI (mean (SD))	5.87 (1.52)	6.36 (1.53)	4.93 (1.00)	0.003
GNRI (mean (SD))	92.97 (9.80)	95.71 (9.52)	87.73 (8.37)	0.012
入院時 phase angle 比 (mean (SD))	0.90 (0.13)	0.91 (0.13)	0.88 (0.14)	0.626
退院時移乗 FIM (mean (SD))	9.43 (3.91)	9.61 (3.88)	9.08 (4.10)	0.929

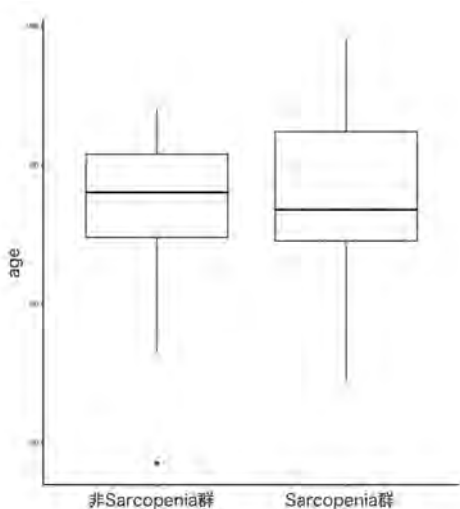


図 1 年齢

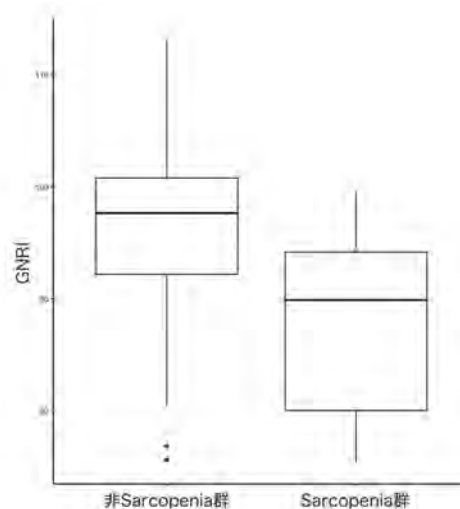


図 2 GNRI

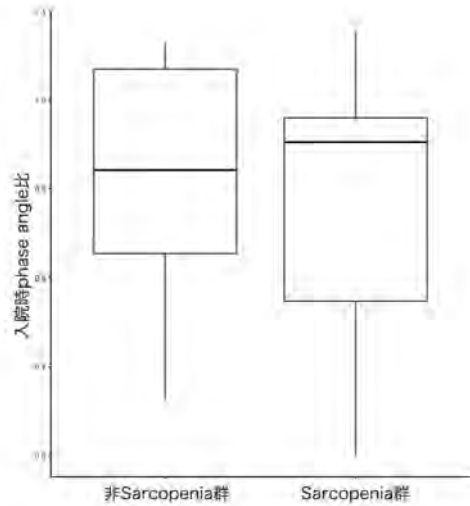


図3 入院時 phase angle 比

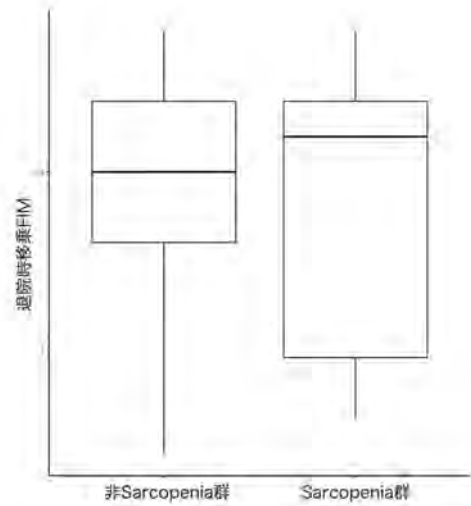


図4 退院時移乗 FIM

〈図1-4〉の箱ヒゲ図は、非 Sarcopenia 群と Sarcopenia 群のグループごとを集計し、箱の横線は上から第一四分位、中央値、第三四分位、ヒゲは最大値、最小値であるが、第三四分位+1.5×四分位範囲以上の値はヒゲ上端より上に外れ値としてプロット、第一四分位-1.5×四分位範囲以下の値はヒゲ下端より下に外れ値としてプロットしている。

＜重回帰分析＞

移乗 FIM(平均 9.43(標準偏差 SD3.10))を目的変数とし、入院時 PA 比(平均 0.90(SD0.13))、Sarcopenia(35 症例中 12 例(男性 6 例女性 6 例))、GNRI(平均 92.97 (SD9.80))を説明変数とした。

退院時移乗 FIM について、入院時 phase angle 比は係数 9.67234, P 値は 0.0265 であり、GNRI については係数 0.20999, P 値は 0.0018 となり、それぞれ有意な関連を認めた。Sarcopenia については、係数 1.36789, P 値 0.2788 となり有意な関連を認めなかった。〈表2〉各説明変数についての多重共線性についても検討しているが有意ではなかった。VIF 値；入院時 phase angle 比 1.021, GNRI 1.198, Sarcopenia 1.183

表2 重回帰分析の結果

	係数	T 値	P 値
入院時 phase angle 比	9.6723	2.329	0.027
GNRI	0.2100	3.422	0.002
Sarcopenia	1.3679	1.102	0.279

目的変数；移乗 FIM, 説明変数；入院時 PA 比, GNRI, Sarcopenia, 係数；重回帰係数, T 値；t 検討値, P 値；t 検定の有意水準

考 察

BIA は、生体の電気抵抗値を測定することで、低侵襲に体組成を推定する方法である。生体に 0.5mA 程度の微弱な一定電流の交流電流を通電すると、水分をほぼ含まない脂肪組織は通電しないが、水と電解質を含む徐脂肪組織は通電する。ここから円柱と仮定した身体の電気抵抗値を算出し、さらに体密度、体脂肪率、体水分量、体細胞量などを算出している^{1,2)}。

多周波数 BIA で想定されている電氣的等価回路として、細胞膜はコンデンサと考えられており、細胞内液の抵抗と細胞膜のコンデンサが直列になったものと、細胞外液の抵抗との並列回路として表される(図5)。多周波数 BIA では、通電する交流電流の周波数を変化させることで、交流回路内でコンデンサは周波数が低い方がより電流を流しにくい擬似抵抗であることから、低周波数では細胞

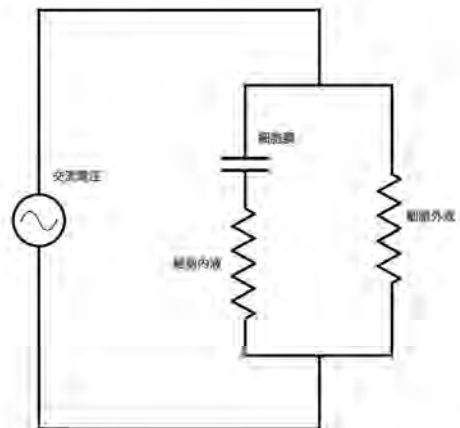


図5 BIA で想定されている電氣的等価回路

外液は通電するが、細胞膜と細胞内液へは通電しにくい一方、高周波数では細胞外液にも細胞膜と細胞内液側にも通電しうる現象を利用して、細胞内液抵抗と細胞外液抵抗を推定している¹⁾。

身体の水分分布の日内変動や、肢体変動、電極配置の状態でも大きな推定値の誤差が生じるとされており^{1, 2)}、当施設でも計測時刻を午前の食間とし、乾燥皮膚を避けるために電極の接触到電極クリームを使い、計測時肢位を臥位で統一するなど計測状態についてもとくに留意した。大きな計測誤差を避けるためにも、InBodyの計測は、医用工学的な理解の上で使用すべきと考えられる。

全身を1個の円柱と仮定する従来の全身BIAではなく、In Bodyは、部位別BIAである。左右上下肢末梢に、それぞれ電圧計測電極と電圧勾配形成用電極をひと組とした接触電極2個1組を取り付けて、合計8電極の電圧形成部位と電圧計測部位の組み合わせで左右上下肢体幹の5部位の分節のそれぞれの抵抗値が測定できる。とくに体組成の変化が顕著な体幹の変動が除外できるのはメリットが大きいと思われる。体組成計のBIA以外の方法である二重X線吸収法(以下DXA)や水中体重測定法と比べて、BIAの他の計測法である全身単一周波数BIA、部位別単一周波数BIA、部位別多周波数BIAと比べると今回の部位別多周波数BIAが最も誤差が少ないとされている¹⁾。

ただし、実際に体水分量を部位別多周波数BIAで評価してもDXAとくらべて四肢骨格筋量が過大評価される傾向があり⁴⁾、透析患者の体水分量もBIAとDXAで誤差が大きく⁵⁾、BIAでは体組成の数値そのものの定量性には問題があるとされている¹⁾。PhAやImpedance ratio, bioelectrical impedance vector analysisのようなBIAで計測されたデータそのものを臨床利用するべきとの見解もある¹⁾。

PhAは、交流電流が体水分に沿って流れる際に発生するレジスタンスと、細胞膜を通電する際に発生するリアクタンスの位相差である²⁾。PhAの健常成人の平均値は5~7度とされ、アジア人の平均値は6.55標準偏差は1.10である⁶⁾。臨床的にはPhAは高い程、細胞膜の構造的完成度が高く、栄養状態や身体的健康を反映し生理的機能レベルが高いとされる⁶⁾。PhAは、男女ともに歩行速度、筋肉量、筋質、Sarcopeniaに相関するとされている⁷⁾。

なお市中の検診対象者の関連分析ではPhAがフレイルと有意に関連しているとの指摘がある⁸⁾一方、リハビリ

テーション病棟での脳卒中後の患者をPhAで評価した報告はまだあまり多くない。Parkらは、非麻痺側と麻痺側PhAの左右差が退院時の上肢Fugl-Melyer assessmentと逆相関していたが、PhAを含む体組成と退院時運動機能の重回帰分析の結果、退院時運動機能の予測はできなかったとの報告がある⁹⁾。また、AraiらはBIAで算出した骨格筋指数(以下SMI)と回復期リハビリ病棟の実績指数の関連を検討してSMI高値と実績指数に負の相関がある¹⁰⁾と報告している。

本研究では、麻痺側と非麻痺側のPhAの関係が、麻痺の障害程度の深刻さを反映しうるのではないかと、解析を行い、退院時移乗FIMが麻痺側非麻痺側phase angle比と有意な関連があることを示し得た。GNRIについて退院時移乗FIMと関連がみとめられたのは、栄養状態が身体機能回復に深く関与している証拠となると考える。

Sarcopeniaに関しては、高齢者リハビリテーション入院患者で入院時低筋肉量、低筋力、Sarcopeniaの有無が退院後3ヶ月、1年の死亡率の有意に高いリスクである¹¹⁾。また日本の回復期リハビリテーション病棟にて脳卒中後患者で入棟時と退院時にSarcopeniaを評価すると、Sarcopenia改善群がFIM高値となり、自宅退院群が多いといわれている¹²⁾。本研究では収集し得た症例数が少なく、Sarcopeniaについては有意な関連があるとは言えない結果であった。

結 論

退院時移乗FIMは、入院時麻痺側非麻痺側phase angle比と有意な関連を認めた。退院時移乗FIMとGNRIについても関連が認められた。PhAは、麻痺側障害程度の深刻さを反映しうる可能性があり、回復期リハビリ病棟退院時の予後予測に利用できる可能性が示唆された。

今後も当院では、体組成計を用いてPhAを測定する症例を積み重ねて、リハビリテーション治療に還元してゆきたいと考える。

利益相反

著者全員に本論文に関連し、開示すべきCOI状態にある企業、組織、団体はいずれも有りません。

謝 辞

当院倫理委員会にて審理にご協力いただいた当院リハビリテーション部部长梶川民子氏，データ整理に協力いただいた中村知視氏に感謝いたします。

文 献

- 1) 山内健. BIA の原理と体組成評価. 外科と代謝・栄養 2019;53(4):123-130
- 2) 澤野井幸哉. からだを測る 健康管理機器の仕組みと働き. 初版. 東京 ; オーム社 ; 2020 年 ; p72-77, 84-86
- 3) L-K Chen, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. JAMDA; 21.2020; 300-307. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>
- 4) S Y Lee, 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;10:738. doi:10.3390/nu10060738
- 5) K Jayanama, et al. Evaluation of Body Composition in Hemodialysis Thai Patients: Comparison between Two Models of Bioelectrical Impedance Analyzer and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. J Nutr Metab. 2018;2018:4537623. <https://doi.org/10.1155/2018/4537623>
- 6) Balbosa-Silva, et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. Am J Chin Nutr. 2005; 82:49-52
- 7) M Yamada, et al. Phase Angle is a useful indicator for muscle function in older adults. J Nutr Health Aging. 2019;23(3):251-255
- 8) S Tanaka, et al. Low Bioelectrical Impedance Phase Angle Is a Significant Risk Factor for Frailty ; BioMed Research International. 2019; 6283153. <https://doi.org/10.1155/2019/6283153>
- 9) S Park, et al. Correlation of Body Composition via Bioelectrical Impedance Analysis and Motor Function and Recovery of Upper Extremity in Patients Undergoing Stroke Rehabilitation. Brain Neurorehabil. 2022;15(2):e20. <https://doi.org/10.12786/bn.2022.15.e20>
- 10) H Arai, et al. Association between Skeletal Muscle Mass Index and Convalescent Rehabilitation Ward Achievement Index in Older Patients. Progress in Rehabilitation Medicine. 2022;7,20220003. <https://doi.org/10.2490/prm.20220003>
- 11) J Xu, et al. Sarcopenia is associated with 3-month and 1-year mortality in geriatric rehabilitation inpatients: RESORT. Age and Ageing. 2021;1-10
- 12) T Matsushima, et al. Effect of Improvement in Sarcopenia on Functional and Discharge Outcomes in Stroke Rehabilitation Patients. Nutrients. 2021;13:2192.

Abstract

The Ratio of affected side Phase Angle to non-affected side Phase Angle at admission
has a significant relationship with the transfer FIM at discharge

Takehiko Nakamura, MD¹⁾, Miharuru Kawanaka, RD²⁾, Yuma Kitaoka, ST⁴⁾, Mamiko Sato, MD, PhD³⁾,
Jun Fukuzumi, MD¹⁾, Chiko Kimura, MD, PhD¹⁾

¹⁾Department of Rehabilitation, Social Medical association Jujinkai Kimura Hospital, Sabae, Fukui, Japan

²⁾Division of Nutrition, Social Medical association Jujinkai Kimura Hospital, Sabae, Fukui, Japan

³⁾Department of Rehabilitation, Fukui General Hospital, Fukui, Japan

⁴⁾Department of Speech and Swallowing Therapy Rehabilitation, Fukui General Hospital, Fukui, Japan

We investigated whether the phase angle (hereafter abbreviated as PhA), the measured values obtained by a body composition meter using the bioelectrical impedance analysis method can be used to predict the prognosis at the time of discharge of post-stroke patients admitted to our convalescent rehabilitation ward. Methods: A total of 35 post-stroke patients (19 males and 16 females) who entered and left our convalescent rehabilitation ward of our hospital from June 2022 to November 2022, average age 74.69 years (standard deviation SD 12.17) included. We used the transfer FIM at discharge as the objective variable, and the ratio of PhA of the affected side to PhA of the non-affected side at admission (average 0.90 (SD 0.13)), nutritional index GNRI (average 92.97 (SD 9.80)), and Sarcopenia on AWGS 2019 diagnostic criteria (12 cases, 34.29%) as explanatory variables. Multiple regression analysis was performed using these variables.

Results: For the transfer FIM at discharge, the ratio of the affected side PhA to the non-affected side PhA at admission had a coefficient of 9.6723, with a P value of 0.027, and with GNRI, a coefficient of 0.2100 and a P value of 0.002, both having a significant association. There was no significant association with Sarcopenia.

(Fukui J Med Sci 19: 1-6, 2022)

Key Words : bioelectric impedance analysis, Phase Angle, GNRI, Sarcopenia, In Body