

## 筋肉量を測定する意義－BIA法による測定は有用－

姫路赤十字病院 リハビリテーション科  
脳神経外科  
リハビリテーション技術課

田中 正道・中嶋 望・山川 大輔・山下 勝成  
高野 昌平・新光阿以子  
皮居 達彦・藤本 智久・西野 陽子・中嶋 正博  
岡 智子・西村 暁子・森本 洋史・大道 克己  
堀川 晃義・中野 朋子・大島 良太・岡田 祥弥  
行山 頌人・井上 紗希・井上 貴博・大垣 梓  
沼田 梨奈・川合 寛・小山 真季・土屋 葉

**Key word** : BIA法 (bioelectrical impedance analysis) DXA法 (dual energy X-ray absorptiometry) サルコペニア (sarcopenia) SMI (skeletal muscle mass index)

### 【要旨】

人間の解剖学的構造は、非常に複雑で、多種多様な臓器から成り立っている。その破綻や異常を病気とすれば、この最近の医学の進歩は目を見張るほどの進歩がある。それは、これまで治療できなかった疾患が治療できるようになり、難しい病態の遺伝子レベルまでの解明がなされるようになってきているという点である。しかし、人間の解剖学的構造のうち、重量的には半分以上を占める筋肉については、まだ医療に役立つという観点からは、十分に利用されているとは言えない。医療機器の応用により、筋肉の量を測定することが可能となったことから、当院では、その機器を用いてあらゆる疾患に対して筋肉量の測定を行っている。そしてその筋肉量を測定することで、運動機能の観点からだけでなく、臓器疾患に対する治療効果や病態把握にも有用な指標になり得ることを証明するために、まず正常な標準的成人を対象に測定を行い、測定データとしての精度が問題ないことを確認した。

### 【緒言】

日々の診療に携わってきてこの30年間の顕著な変化は、診療のデジタル化とEBMに則って医療がより科学的データを根拠にして治療が進められるようになったことである。それは整形外科のような運動器を扱う領域の医療においても然りである。しかしながら、身体の半分以上を占める筋肉については、まだまだ医療の進歩の恩恵を受けているとは言い難い。実際、整形外科等の運動領域の診療の場合ですらその筋肉量を測定・評価を行い診療に生かしている診療場面を見たことがない。しかし、長く生きる時代になったからこそ、医療が高度になったからこそ、筋肉量が維持されることが重要であると考えられる。そこで今回、筋肉量を測定することが十分可能であること、および筋肉量を測定することが医療に貢献する可能性があることなどについて若干の考察を加えて報告する。

### 【対象・方法】

対象は、ボランティアおよび当院に受診した運動機能に問題がないと判断した男性62例 女性78例計140例である。年齢は、23歳から93歳である。できるだけ偏りがないように全世代万遍なく検査の協力をお願いした。

方法は、全員に筋肉量測定として生体インピーダンス法 (bioelectrical impedance analysis BIA法) でInbodyS10<sup>®</sup>で測定した。内30例は、DXA法 (Dual Energy X-ray Absorptiometry) で

のHorizon A<sup>®</sup>で同時期に測定した。それにより以下について検討を行った。筋肉量の指標としてはSMI (Skeletal Muscle Index) -kg/m<sup>2</sup> (補正四肢) 骨格筋指数を使用した<sup>1)</sup>。合わせて全身筋肉量 (筋肉量)、脂肪量等の比較も行った (全身筋肉量は、DXA法のHorizon A<sup>®</sup>においては全身除脂肪量として測定される)。この測定値をもとに、

- ① DXA法Horizon A<sup>®</sup>とBIA法InbodyS10<sup>®</sup>との相関について
- ② BIA法InbodyS10<sup>®</sup>での世代間の筋量の変化  
以上について統計学的に検討を行った。

### 【結果】

- ① BIA法InbodyS10<sup>®</sup>とDXA法Horizon A<sup>®</sup>で測定した一覧を表1に示す。SMIに関しては、相関係数0.86 (p<0.001)であり非常に高い相関を示した。測定値としては、

BIA法InbodyS10<sup>®</sup>での測定値の方が高い傾向を示した。筋肉量、脂肪量に関しては、筋肉量で相関係数0.95 (p<0.001)、脂肪量で相関係数0.94 (p<0.001)といずれも非常に高い相関を示した。脂肪量の測定はBIA法InbodyS10<sup>®</sup>で測定値が低くなる傾向を示した。

- ② 世代間の測定値平均を男女別に表2に示す。SMIは、体格の違いを考慮した値ではあるが、その他の値は、世代間、男女間の症例数にばらつきがあること、体格のバラつきもあることから統計学的な比較が一律にはできない部分がある。しかしながら、SMIに関しては、男女とも20-30歳代でピークとなり、その後世代が上がるごとにSMIの値は低下した。この値の低下幅が大きいのは、男性で、50代から60代と60代から70代が大きく、女性は、70代から80代の間で大きく低下するという結果であった。筋肉

表1 InbodyとDXAのデータ

No	sge	SEX	身長(m)	体重(kg)	BMI	Inbody データ			DXA データ		
						SMI(kg/m <sup>2</sup> )	脂肪量(kg)	筋肉量(kg)	SMI(kg/m <sup>2</sup> )	脂肪量(kg)	除脂肪量(kg)
1	29	女	1.76	66.4	21.3	7.4	15.4	47.7	6.42	16.7	47.16
2	31	男	1.65	52	19.1	7.1	6.3	43.2	6.44	9.716	41.22
3	47	男	1.66	59.8	21.7	7.8	9.3	47.8	8.1	11.2	47.89
4	49	女	1.57	55	22.3	6.5	15.3	37.5	5.46	20.5	34.22
5	44	女	1.57	42	17.1	5.8	7.8	32.2	5.24	9.69	31.21
6	48	女	1.58	46.3	18.1	5.8	9.1	33.7	5.13	13.2	31.5
7	51	女	1.68	59.5	21.1	6.8	16.3	40.7	5.3	18.2	39.12
8	59	女	1.59	49	19.4	5.8	12.9	34	5.09	16.4	31.93
9	55	女	1.54	45.6	19	5.5	12.1	30.8	5.04	13.3	30.87
10	50	女	1.66	53	18.9	6.2	12.4	37.3	5.54	16.5	37.65
11	56	女	1.61	65	25.1	6.3	25.3	37.3	5.82	25.1	38.33
12	56	女	1.6	47.5	18.6	5.7	10.6	34.8	5.12	14.35	33
13	67	男	1.66	68	24.7	7.6	19.9	45.5	6.94	19.1	47
14	62	男	1.68	61	21.6	8.2	9.3	49.2	7.48	13.34	47.08
15	67	男	1.7	68	23.5	8.9	18.6	52.2	6.78	17.94	47.96
16	69	女	1.48	48.2	22.4	5.8	12.3	33.6	6.17	13.68	35.36
17	69	女	1.53	43.5	18.7	4.9	12.3	29.2	4.78	13.6	29.29
18	61	女	1.59	70	27.7	7	27.8	39.8	6.09	28.9	40.83
19	75	男	1.65	61	22.4	7.9	11.8	46.4	6.91	13.8	48.36
20	78	男	1.58	62	24.8	8.2	17.6	42.1	7.15	17	43.7
21	77	女	1.46	50	23.5	5.8	17.8	30.3	5.84	18.4	33.11
22	73	女	1.59	55.2	22	6.3	16.5	36.5	5.59	14.6	36.23
23	79	女	1.62	65	24.8	7	24.7	38	6.35	25.99	38.3
24	72	女	1.49	58.5	26.4	5.8	25	31.6	5.45	24	33.92
25	73	女	1.58	51.5	20.6	6.4	13.3	35.9	5.59	14.3	35.74
26	78	女	1.53	50	21.4	4.9	19.2	29	4.79	19.13	30.72
27	71	女	1.48	61	27.8	7	22.1	36.8	6.96	19.6	40.01
28	83	男	1.69	57.9	20.3	7.6	12	43.4	6.21	13	43.09
29	80	男	1.67	60	21.5	8	9	48.4	6.83	11.1	44.7
30	84	男	1.67	64.5	23.3	6.9	20.1	42	6.51	17.2	46.15

表2 世代間別各測定値の平均

男性	N	年齢	身長(m)	体重(kg)	BMI	SMI(kg/m <sup>2</sup> )	筋肉量(kg)	脂肪量(kg)
20~30歳代	16	31.9	1.75	71	23.3	8.81	55.9	11.6
40歳代	8	43.4	1.71	66.6	22.8	8.3	51	12.5
50歳代	9	55.4	1.71	72.4	24.8	8.37	52	17.3
60歳代	13	65.1	1.68	67	23.7	7.9	46	17.2
70歳代	9	75.1	1.65	62.5	23	7.27	43.7	19.5
80歳以上	7	83	1.67	62.8	22.5	7.19	43.6	16.7

  

女性	N	年齢	身長(m)	体重(kg)	BMI	SMI(kg/m <sup>2</sup> )	筋肉量(kg)	脂肪量(kg)
20~30歳代	18	26.7	1.6	55	21.3	6.43	37.5	15.2
40歳代	8	44	1.57	49.4	19.9	6.11	35.1	12
50歳代	13	54.5	1.59	60	23.7	6.29	35.9	21.7
60歳代	11	66.1	1.54	57.4	24.3	6.27	35.1	20.2
70歳代	20	74.6	1.52	53.7	23.7	6.1	33.1	19.1
80歳以上	8	84.3	1.5	47.7	21.1	5.31	29.9	15.9

量に関しても、男性は、50代から60代で低下幅が大きく、女性では、70代から80代で低下幅が大きくなる結果であった。

#### 【考察】

医療の進歩はめざましく、各臓器の可視化、デジタル化がかなり達成されてきている。生物学的製剤や分子標的薬はミクロのレベルの治療が可能であり、外科手術もITとロボットを駆使してピンポイントの治療が可能となっている。しかしながら人間の体の50%以上を占める筋肉については、十分検討され、その結果を日々の診療に十分生かされているとは言えない。健康のためは筋肉をつけようとか、QOLの維持のために筋肉が衰えないようにしようとか、健康を語る場面においては、筋肉の役割は、以前よりまして、その重要性が叫ばれている。対して、医療現場において、医学的側面での治療の成否や回復について、筋肉の量や役割が重要であると強調されることはほとんどない。これは、筋肉の構造や機能が単純であることや全身に平面的に存在していることも影響していると思われるが、一番の理由はこの筋肉の重要性が広く認知されていないことであると思われる。これほど医療が発展し、生命予後や寿命も延びている今こそ、本来の“動物”としての人間の臓器の一つである筋肉を、正確に評価し日々の

医療に生かすことは非常に重要なことであると考える。ただ日々の忙しい診療の中で、また診療報酬上の制約の中で筋肉量測定が、非常に手間がかかり、正確性に乏しく、医学的貢献ができないのであれば測定する意味がない。今回の筋肉量測定においては、その正確性において臨床的な検査として信頼に足る検査であると考えられる。今回、ほぼ生活に支障がない活動量が維持されている方を測定対象としたことから、いわゆる健康寿命を超える70代、80代の方も生活に見合った筋肉量と機能が維持されていることとなり、結果は至極当然と考える。つまりこの検査の結果から逸脱することが、“異常”であり、生活に見合った筋量がなくなること、したがって身体機能が低下することだと判断できるのかもしれない。海道<sup>2)</sup>は、サルコペニア群は非サルコペニア群に比してその生存率が非常に低いと指摘している。このように、何らかの治療行為やその経過において筋肉量やSMIの低下がみられることが、その治療の成否や生命予後の不良に直結することになるのかもしれない。

筋肉量測定には現在、2重エネルギーエックス線吸収測定によるDXA法と②生体電気インピーダンスによるBIA法の2つがある<sup>3)</sup>。DXA法による筋肉測定(写真1)は、非常に正確ではあるが、本来、これは骨粗鬆症の測定を想定しており、また、非常に高価であ



図1 当院におけるDXA法による検査台 HorizonA



図2 当院におけるBIA法による検査器 Inbody10

る<sup>1)</sup>。さらに、診療報酬上も骨粗鬆症の測定として設定されている。筋肉量のみの測定は、臨床的には不可であることから、これは研究レベルでの使用となる。日々の臨床においては、骨粗鬆症を有する患者の評価とその経時的な変化を骨量とともに追加で筋肉量を測定し、総合的な運動機能の変化を検討していくことに強みを発揮するデバイスである。実際一人30分程度の時間を要することになるため、一度に多くの患者を測定することはできない。また、筋肉量測定検査として若年者を対象とはしにくいと言える。対して、BIA法における筋量測定（当院はInbodyS10<sup>®</sup>を使用）は、筋肉量を測定することが主たる目的である<sup>4)</sup>。また、軽量であることから、持ち運ぶことが可能であり機動性に優れている。また比較的安価である。測定には5分程度の時間で済み、一度に多くの患者を測定

することが可能である。ただ、このBIA法における筋量測定は身体の水分量の影響を強く受けると言われており、その正確性や再現性に疑問がもたれることである。そこで、まず健康人を対象として測定し、BIA法における筋量測定がDXA法における筋量測定に代わりになり得るかを判定する必要がある。今回の検討において、BIA法における筋量測定値とDXA法における筋量測定値との相関において、相関係数0.86で非常に高い相関性を示したことは、このBIA法InbodyS10<sup>®</sup>における筋量測定が十分臨床での検査として使用すること可能であることを示している。ただ、今後想定される患者に対してのBIA法のInbodyS10<sup>®</sup>における筋量測定は、水分量の影響を受けやすことから測定時間や、測定のタイミングには十分配慮する必要がある。

本来筋肉量測定は、サルコペニアの判定に用いられるツールである。人類の寿命が伸びてきたこと、年をとっても健康でいたい、実際は足腰が立たなくなり、生活に支障を来すことが多くなる。生命の維持期間と自分でコントロールしながら動ける期間（つまり寿命と健康寿命）の間には大きな年数の開きができる。この原因は、筋肉が減少していることによる「サルコ「肉」のペニア「減少」ではないかと予測されたことによる<sup>3)</sup>。このサルコペニアは「筋量と筋力の進行性かつ全身性の減少に特徴づけられる症候群で、身体機能障害、QOLの低下、死のリスクを伴うもの」と定義<sup>6)</sup>され、アジア人（日本人を含む）においては、SMIが、DXA法では男性7.0kg/m<sup>2</sup>、女性5.4kg/m<sup>2</sup>未満を、BIA法では男性7.0kg/m<sup>2</sup>、女性5.7kg/m<sup>2</sup>未満をcut off値と設定された<sup>7) 8)</sup>。つまり、人間という純粋に動物として存在するには、どのぐらいの筋肉量が必要かという点での指標である。しかし、医療面から考えるとそれだけではない。筋肉量の維持は、治療の成否や予後判定、回復の過程などに大きくかかわっているのではないかと予測される<sup>2) 9)</sup>。

筋肉量の測定は、世代間、男女間の違いを十

分把握した上で臨床に生かしていくべきである。つまり、今回の結果で示しているように、個人差はあるものの、一般的には、男女共に20代が peak で、その後年齢の上昇とともにゆっくり筋肉量が減少する<sup>10)~12)</sup>。加えて男女とも50歳代から脂肪量は増加することになる。体重の変化も考慮する必要があるが、筋肉量の減少と脂肪の増加のバランス崩れが、運動器機能の低下に影響するのではないかと考えられる。男女間では、筋肉量の指標である SMI の変化で、男性は、60歳代から70歳代で、女性は70歳代から80歳代にかけて減少が顕著である。これは、ある意味男女間の寿命の違いに影響しているのではないかと考えている。ただ個別性が強いことから、医療開始前の筋肉量の測定検査と背景をしっかりと聴取しておくことが必要である。また、SMI という指標は、四肢の筋肉量をもとに計算していることから、体幹の筋肉量は考慮されていない。つまり、全身の筋肉量ではない。今後の検討対象によっては、SMI だけではなく、この全身の筋肉量やその体格比なども考慮することが必要にあるかもしれない。以上を踏まえた上で、検査を施行すれば医療全般に大きく貢献するものとする。

また、骨量測定においても、当初は、その骨量ばかりを議論していた時代があったが、現在は、骨の機能は、骨量に加えて骨質を考慮する必要があると言われるようになった。たぶん、筋肉もまずは筋肉量を測定することから始めるが、早晚、筋肉の質も考慮する必要となるはずである<sup>2)</sup>。ただ、現在の画像技術や解析デバイスではこの筋肉の質を客観的に測定することはできない（出血や炎症、腫瘍は判定できるが、速筋や遅筋の量やその力学的解析は困難ということ）。現在のところこの筋肉と質を予測するために、握力や歩行速度を追加で測定したりしている。今後さらなるデバイスの開発や医学の進歩によっては、客観的に筋肉の質を示すことが可能となる日が来るものと信じている。

筋肉量測定が現在の臨床的に医学的に貢献で

きるのは、以下の項目などが考えられ、今後検証していきたい。

1. サルコペニアの診断と予測
2. 各種疾患の病態把握と治療効果や回復予測
  - i) 骨粗鬆症と筋肉量との関係
  - ii) 整形外科手術治療の成績と筋肉量との関係
  - iii) 消化器疾患における内科的治療および手術治療と筋肉量との関係
  - iv) 呼吸器疾患における内科的治療および手術治療と筋肉量との関係
  - v) 心臓疾患における内科的治療および手術治療と筋肉量との関係
  - vi) 血液癌の化学療法後予後や回復予測
  - vii) 脳血管障害における筋量維持とその回復について
  - viii) 他腎疾患、慢性肝障害、膠原病における筋肉量維持の効果

#### 【結語】

日々の臨床を行っていく中で、BIA法における筋量測定のツールとして非常に役立つ可能性があることを示すことができた。特に当院で使用している InbodyS10<sup>®</sup> は持ち運びが可能で病棟や外来など必要な場所での検査がすぐ行うことができ有用である。その検査能力も検査時間や若干の条件に注意を払うことで、十分DXA法による筋肉測定に匹敵するツールであることがわかった。

今後は、あらゆる疾患患者に使用し、その医療に貢献できるよう検討を重ねていきたい。

#### 参考文献

- 1) Baumgartner RN, et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico Am J Epidemiol 1988 147:755-63
- 2) 海道利実 肝移植とサルコペニア 外科と代謝・栄養 50 (1) 2016, 35-41
- 3) 宮城正行 筋肉量の測定方法にどのようなものがありますか? Loco Cure Vol 4 357-359 2018

- 4) Rosenberg IH Sarcopenia: origins and clinical relevance J Nutr 1997, 127 : 990S-991S
- 5) 平岡 淳 他 サルコペニアの評価 肝胆膵 77 (4) 2018, 743-748
- 6) Cruz-Jentoft AJ et al. Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People Age Ageing 2010, 39: 412-423
- 7) 小川純人 認知症の最新医療 サルコペニア Vol.7 2017, 24-25
- 8) 工藤 舞 他. サルコペニアの診断とは? 治療とは? Nutrition Care 2018 11 (8) , 706-707
- 9) 藤本和輝 他 骨粗鬆症とサルコペニア 臨整外 52 (12) 2017, 1167-1173
- 10) 渡会敦子 他 中高年勤労者における生活習慣およびその関連因子に及ぼす筋肉量の影響 日職災医誌65 2017, 269-275
- 11) 谷本芳美 サルコペニアの疫学 I 最新医学 70 (1) 2015, 30-36
- 12) 高橋 節 他 加齢による日本人の筋肉量とその基準値 島根医学 36 (2) 2016, 46-51

今回のデータの収集のために多大にご協力を頂いた中嶋啓子師長, 船曳幸代師長はじめ, 5東看護師スタッフ, リハビリテーション技術課のスタッフ, 放射線技術部スタッフの方々に深く深謝致します.