

原 著

Bioelectrical Impedance 法による高齢女性の筋肉量の評価

Assessment of Total and Segmental Skeletal Muscle Mass in Older Females by Bioelectrical Impedance Method

中塘 二三生¹⁾ 溝畑 潤¹⁾ 大河原 一憲²⁾ 金 憲経³⁾
Fumio Nakadomo¹⁾ Jun Mizohata¹⁾ Kazunori Ohkawara²⁾ Hunkyung Kim³⁾
高谷 竜三⁴⁾ 田中 喜代次⁵⁾
Ryuzo Takaya⁴⁾ Kiyoji Tanaka⁵⁾

Abstract

In the present study, we examined 1) the validity of bioelectrical impedance (BI) method for estimating body composition in the older females such as total fat mass (FM), total fat-free mass (FFM), and total or segmental skeletal muscle mass (SM) compared with dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) measurement as a reference, and 2) the difference of SM between the subjects who were divided into five groups according to required care levels: independent, required support, required care 1, required care 2, and required care 3.

- 1) Significant ($P < 0.05$) relationships were observed between right ($r = 0.919$) or left ($r = 0.865$) leg' SM measured by BI method and DEXA. There was also a significant relationship between DEXA and right ($r = 0.913$), and left ($r = 0.939$) arm' SM measured by BI. Furthermore, total body fat percent measured by the two methods was significant as well ($r = 0.936$).
- 2) Total FM, FFM and SM tended to decrease gradually according to levels of required care. Especially, total FM and FFM in the required care 3 group were significantly lower compared with the independent group.
- 3) SM of the legs, arms and trunk also decreased according to the increasing levels of required care levels. These segmental SMs in the groups that required care were significantly lower compared with the independent group.

These results suggest that SM may decrease not only in the legs, but also in the arms and trunk with increasing levels of required care. Required care level 3 showed the greatest decrease in SM.

キーワード Bioelectrical impedance 法、高齢女性、筋肉量、介護度
Bioelectrical impedance method、older female、muscle mass、
long term care levels

1) 関西学院大学

Kwansei Gakuin University

1-155 Uegahara Ichiban-cho, Nishinomiya 662-8501, Japan

2) 電気通信大学

University of Electro-Communications

3) 東京都健康長寿医療センター

Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology

4) 大阪医科大学

Osaka Medical College

5) 筑波大学

University of Tsukuba

I. 研究目的

全人口に占める高齢者の割合は65歳以上で23.1% (2944万人)、70歳以上で16.7% (2121万人)、80歳以上では6.5% (826万人) と推計され(総務省、2010)、本邦は超高齢社会といえる。そのなかで、虚弱高齢者が190万人、寝たきりの高齢者を除く要介護の認知性高齢者が30万人とされ、さらに寝たきりの高齢者は、170万人とかなり多いことが発表されている。寝たきりの要因には、歩行能力や平衡能の低下、筋力の低下、転倒に伴う骨折や骨密度の低下が指摘されている (Kelley, 2004; 田中と大蔵、2006)。寝たきりの防止や予防法については、例えば、骨密度 (Maddalozzo and Snow, 2000)、筋力 (Frontera et al., 1988)、活力年齢 (田中ら、1990)、日常生活動作や転倒防止 (金ら、2001)、などの面から研究されている。しかしながら、要支援者や要介護の下肢の筋力や筋肉量は、自立した高齢者に対して、どの程度低下しているのか詳細に検討されてなく、日常動作に必要な筋力や筋肉量がどの程度必要であるのかについても詳細に明らかになっていない。

一方、筋肉量や体脂肪量 (率) などの身体組成の評価法には、水中体重秤量 (体密度) 法、体水分法、二重X線吸収法 (dual energy X-ray absorptiometry: 以下、DEXA法) などが開発されている (Roche A.F., et al., 1996; 金ら、1999; 金ら、2001; 中田ら、2003)。これらの評価法は、基準的な評価法として国際的に利用されているものの、高価な機器や複雑な測定手順を必要とするために、一般的に利用できない限界がある。一方、身体に極微弱な電気を伝導させた際の抵抗から身体組成を評価する方法 (bioelectrical impedance method: 以下、BI法; Roche, et al., 1996) は、複雑な測定手順や測定対象に身体的な負担を課す必要がなく、性、年齢に関係なく簡便に利用できる利点がある (中塘ら、1992; Roche, et al., 1996; 中塘ら、1996)。BI法は、全身 (Whole body) の身体組成評価に加えて (Lukaski, et al., 1985; Nakadomo et al., 1990)、上肢や下肢などの分節ごとに身体組成を評価することも可能である (Lukaski, 2000)。

この分節的な評価法は、これまでに成人を対象 (Miyatani, et al., 2001; Tanaka et al., 2007) として主に研究されてきた。しかし、高齢者の四肢特に下肢の筋肉量については根本ら (2011) の元気高齢者、虚弱高齢者、要介護高齢者を対比した報告があるものの、要介護高齢者のうち介護度 1 や 2 といった介護度の差異については、十分に検討されていない状況にある。

そこで、本研究は高齢女性を対象として、1) BI法による上肢や下肢の筋肉量を含む身体組成評価の妥当性について検討し、2) さらに、日常動作に支障のない自立した高齢者 (以下、自立者) に比べて、要支援者、要介護者すなわち介護度の差異が筋肉量に及ぼす影響について検討することを目的とした。

II. 研究方法

1) BI法による上肢や下肢の筋肉量評価の妥当性の検討

対象は、60歳から78歳までの健康な高齢女性である。表 1 には、対象の年齢、身長、体重および体格指数 (Body mass index: BMI) を示した。BI法による身体組成は、タニタ社製BC-118eを用いて、これまでの方法 (食後 2 時間以上経過、両掌や両足底の清拭、腋窩や両大腿部を開くなど) に基づいて、立位姿勢で測定した (中塘ら、1996; Ohkawara, K. et al., 2008)。本機器は、下肢や上肢における体密度、体脂肪量 (率)、除脂肪量に加えて推定筋肉量 (筋肉量)

Table 1. Physical characteristics of twenty older female subjects.

	Mean ± SD	Range
Age (yr.)	67.2 ± 5.2	60.0 ~ 78.0
Height (cm)	150.8 ± 6.3	139.6 ~ 161.6
Weight (kg)	52.7 ± 8.1	40.6 ~ 69.6
BMI (kg/m ²)	23.2 ± 3.1	17.5 ~ 29.8

BMI: Body mass index; SD: Standard deviation,

も算出される特徴がある。

DEXA法による身体組成は、Lunar社製X線骨密度測定装置DPXL-IQを用いて、仰臥姿勢から測定した。測定項目は、骨塩量、脂肪量、除脂肪除骨塩量 (fat-and bone-free lean tissue mass : 以下、筋肉量 ; 金ら、1999 ; 金ら、2001 ; 中田ら、2003) のうち後二者について、全身および頭部を除く上肢、下肢、体幹に大別して求めた (図1)。解析モードは、Fastを採

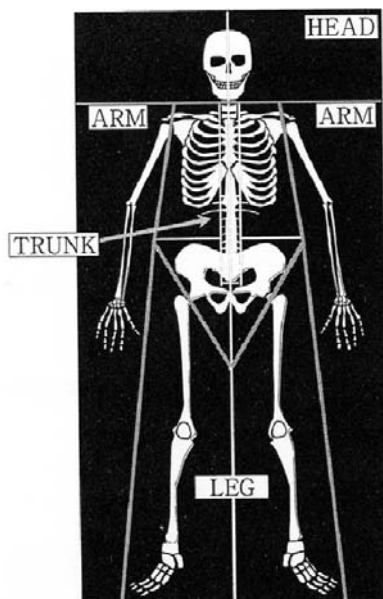


Fig. 1. Division of the total body measurements into values for the head, arms, legs and the trunk by DEXA. (Nakata et al.,2003)

用した。なお、同機器による測定には、医師の協力を得た。

2) BI法による要支援者および要介護者の身体組成の測定

対象は、69歳から95歳までの高齢女性計98名である。これらの対象の内訳は、保健婦および看護師の評価によって区分された自立者 (以下、自立) 42名、要支援者9名、要介護者47名 (要介護1 : 23名、要介護2 : 18名、要介護3 : 6名) である。要支援者と要介護者の状態像は、末尾の注に示した (厚生労働省、2002)。なお、要介護4と要介護5の高齢者は、立位姿勢の保持が困難なため、測定対象としなかった。

身長およびBI法による身体組成は、介護サービスセンターにおいて上記1) の場合と同様に測定した。表2には、対象の年齢を示した。表3には身長、体重およびBMIを示した。

3) 倫理的配慮

本研究での測定は、研究目的および方法について全ての対象 (要支援者や要介護者の対象の場合には本人および家族) に十分に説明し、かつ同意を得て行った。

4) 統計処理

データの統計処理には、統計解析ソフトSPSS for Windows ver.17.0JとStat Viewを用いて、平均値、標準偏差、Pearsonの相関分析、平均値の差の検定 (対応のない検定) を用いた。有意水準は、すべて危険率5%以下とした。

Table 2. Subject's age (yr.) by level of required care.

	n	Mean ± SD	Range
Independent	42	80.4 ± 4.6	73 ~ 94
Required Support	9	83.2 ± 4.8	75 ~ 89
Required Care 1	23	81.0 ± 6.2	69 ~ 95
Required Care 2	18	84.7 ± 4.2	77 ~ 96
Required Care 3	6	85.2 ± 5.9	81 ~ 95
Total	98	81.9 ± 5.3	69 ~ 95

Table 3. Physical characteristics of subjects by level of required care.

	Height (cm)		Weight (kg)		BMI (kg/m ²)	
	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range
Independent	143.0±6.0	131.0～162.0	50.0±6.5	38.7～62.8	24.4±2.7	18.6～30.0
Required Support	145.6±5.8	136.5～154.5	46.1±6.0	38.6～56.4	21.7±2.4	19.2～25.5
Required Care 1	142.7±8.0	115.5～152.0	50.0±11.8	26.2～71.0	24.5±5.2	14.9～39.0
Required Care 2	142.5±7.8	131.5～164.0	48.1±10.4	33.0～65.8	23.6±4.4	16.6～31.1
Required Care 3	146.0±9.8	133.0～158.6	41.1±12.7	31.2～60.7	18.9±3.5	15.7～24.6
Total	143.3±7.0	115.5～164.0	48.8±9.2	26.2～71.0	23.7±4.0	14.9～39.0

Ⅲ. 結果

図2は、DEXA法による両下肢の筋肉量とBI法による両下肢の筋肉量の関係を示したものである。BI法による下肢の筋肉量は、DEXA法による下肢の筋肉量との間に、右下肢 $r=0.919$ ($p<0.05$) および左下肢 $r=0.865$ ($p<0.05$) の有

意な相関関係が認められた。BI法による筋肉量の絶対値は、右下肢 $5.4\pm 0.6\text{kg}$ と左下肢 $5.5\pm 0.6\text{kg}$ であり、DEXA法による筋肉量(右下肢 $5.7\pm 0.7\text{kg}$ 、左下肢 $5.6\pm 0.6\text{kg}$)と同値であった。また、BI法による上肢の筋肉量は、DEXA法による上肢の筋肉量との間に右 $r=0.913$ ($p<0.05$)、左 $r=0.939$ ($p<0.05$) の有意な相関関係が認められた。また、BI法による上肢の筋肉量の絶対値(右 $1.6\pm 0.2\text{kg}$ 、左 $1.6\pm 0.2\text{kg}$)は、DEXA法による上肢の筋肉量の絶対値(右 $1.6\pm 0.2\text{kg}$ 、左上肢 $1.5\pm 0.2\text{kg}$)と同値であった。

図3は、全身の体脂肪率についてDEXA法とBI法の関係を示したものである。BI法による体脂肪率 ($32.1\pm 6.3\%$) は、DEXA法による体脂肪率 ($31.3\pm 6.3\%$) との間に有意な相関関係 ($r=0.936$ $p<0.05$) を示した。

表4には体脂肪率と体脂肪量、表5には除脂肪体重について自立者、要支援者、要介護者1、要介護者2、要介護者3ごとに示した。それらは、自立、要支援、要介護者1、要介護者2、要介護者3と階層的に低下する傾向を示した。特に、要介護者3での体脂肪量および除脂肪体重は、自立に比べて有意な低値を示した。

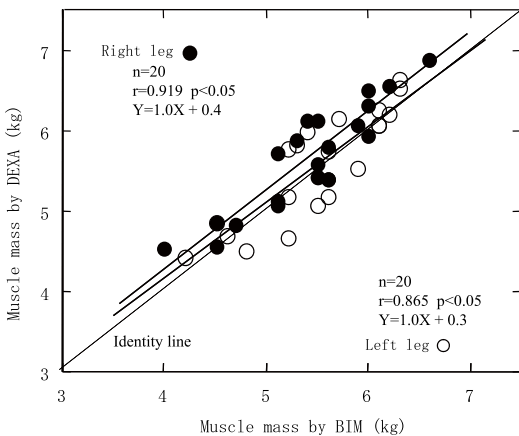


Fig. 2. Relationship of muscle mass in the legs determined by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) and bioelectrical impedance method (BIM).

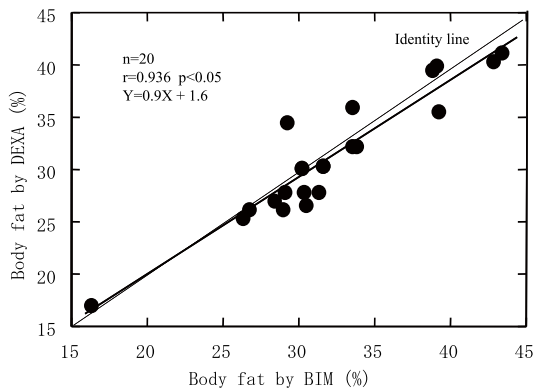


Fig.3. Relationship of body fat determined by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) and bioelectrical impedance method (BIM).

表6には全身の筋肉量について自立者、要支援者、要介護者1、要介護者2、要介護者3ごとに示した。全身の筋肉量は、自立、要支援、要介護者1、要介護者2、要介護者3と階層的に低下する傾向を示した。特に、要介護者3での筋肉量は、自立に比べて有意な低値を示した。

表7には下肢の筋肉量、表8には上肢の筋肉量について自立者、要支援者、要介護者1、要介護者2、要介護者3ごとに示した。下肢および上肢の筋肉量は、要介護者3において自立に比べて有意な低値を示した。

表9には、体幹における身長当たりの筋肉量で自立者、要支援者、要介護者1、要介護者2、要介護者3ごとに示した。体幹の筋肉量は、自

Table 4. Subject's body fat by levels of required care : bioelectrical impedance method.

	Body fat (%)		Body fat (kg)	
	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range
Independent	38.1±6.3	23.5~49.2	19.3±5.3	8.4~30.0
Required Support	38.4±4.2	30.1~43.3	18.5±3.0	13.8~22.6
Required Care 1	36.4±8.2	19.1~47.1	17.9±6.7	5.0~29.9
Required Care 2	34.9±8.8	12.5~48.1	16.2±6.7	4.5~29.6
Required Care 3	30.0±8.2	18.5~42.1	11.4±4.8*	5.9~19.0
Total	36.7±7.4	12.5~49.2	17.8±6.0	4.5~30.0

* Significantly different from the independent value (p<0.05)

Table 5. Subject's lean body mass by levels of required care : bioelectrical impedance method.

	Lean body mass (kg)		Lean body mass (kg/m)	
	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range
Independent	30.5±2.9	25.2~37.8	21.3±1.8	17.5~24.8
Required Support	29.5±2.3	27.4~33.8	20.2±1.2	18.9~22.7
Required Care 1	29.6±3.1	21.2~35.5	20.7±1.4	18.4~23.4
Required Care 2	28.6±2.5	23.3~33.0	20.1±1.7	17.4~23.7
Required Care 3	25.5±2.3*	21.8~28.0	17.4±0.7*	16.4~18.2
Total	29.5±3.0	21.2~37.8	20.6±1.8	16.4~24.8

Table 6. Muscle mass by levels of required care : bioelectrical impedance method.

	Muscle mass (kg)		Muscle mass (kg/m)	
	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range
Independent	28.3±2.7	23.4~35.2	19.8±1.7	16.2~23.0
Required Support	27.3±2.2	25.6~31.4	18.7±1.1	17.5~21.1
Required Care 1	27.6±2.9	19.7~31.9	19.3±1.4	17.1~22.1
Required Care 2	26.6±2.3	21.6~30.6	18.7±1.6	16.1~22.0
Required Care 3	24.1±2.1*	20.1~25.9	16.5±0.8*	15.1~17.5
Total	27.5±2.8	19.7~35.2	19.2±1.7	15.1~23.0

Table 7. Muscle mass in legs by levels of required care : bioelectrical impedance method.

	Muscle mass: Right-leg (kg/m)		Muscle mass: left- (kg/m)	
	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range
Independent	3.1±0.3	2.5~3.8	3.2±0.4	2.5~4.1
Required Support	2.9±0.3	2.5~3.5	3.0±0.3	2.7~3.6
Required Care 1	3.0±0.6	1.7~4.6	3.1±0.5	2.0~4.4
Required Care 2	3.0±0.5	2.4~4.3	3.1±0.6	2.4~4.8
Required Care 3	2.5±0.2*	2.4~2.8	2.6±0.3*	2.4~3.0
Total	3.0±0.4	1.7~4.6	3.1±0.4	2.0~4.8

Table 8. Muscle mass in arms by levels of required care : bioelectrical impedance method.

	Muscle mass: right-arm (kg/m)		Muscle mass: left-arm (kg/m)	
	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range
Independent	0.93±0.11	0.72~1.12	0.93±0.11	0.74~1.13
Required Support	0.85±0.08	0.78~1.01	0.83±0.07	0.74~0.94
Required Care 1	0.90±0.11	0.61~1.10	0.89±0.10	0.69~1.04
Required Care 2	0.85±0.10*	0.67~1.07	0.85±0.10*	0.67~1.07
Required Care 3	0.69±0.95*	0.60~0.76	0.71±0.07*	0.60~0.83
Total	0.89±0.11	0.60~1.12	0.88±0.11	0.60~1.13

Table 9. Muscle mass in trunk by levels of required care : bioelectrical impedance method.

	Muscle mass: trunk (kg/m)	
	Mean±SD	Range
Independent	11.6±0.9	9.4~13.6
Required Support	11.1±0.6	10.5~12.1
Required Care 1	11.4±0.9	10.3~14.3
Required Care 2	11.0±0.7	9.9~12.5
Required Care 3	9.9±0.5*	9.0~10.3
Total	11.3±0.9	9.0~14.3

立、要支援、要介護者1、要介護者2、要介護者3と階層的に低下する傾向を示した。特に要介護者3では、自立に対して、有意な低値が認められた。

Ⅳ. 考察

BI法による身体組成評価については、加齢(金ら, 1999)、高齢者の下肢筋肉量(根本ら, 2011)、減量や増量などの縦断的变化の測定(大河原ら, 2006; Ohkawara, K. et al., 2008)などの研究に利用されている。本研究は、先ずDEXA法による筋肉量を妥当基準として、BI法による高齢者の身体組成評価の妥当性について検証し、介護度の差異が筋肉量に及ぼす影響について検討することを目的とした。妥当性の検証を行った対象は、BMI ($23.3 \pm 3.1 \text{ kg/m}^2$) からみれば標準的な高齢者と思われる(首都大学東京体力標準値研究会, 2007)。その結果、本研究で用いたBI法による筋肉量は、DEXA法による値との間に、左右の下肢では $r=0.919$ ($p<0.05$) と $r=0.865$ ($p<0.05$)、および左右の上肢では $r=0.913$ ($p<0.05$) と $r=0.939$ ($p<0.05$) の有意に高い相関関係を示した。またBI法による全身の体脂肪率の場合にも、DEXA法による値との間に、 $r=0.936$ ($p<0.05$) の有意に高い相関関係を示した。しかもこれらの絶対値は同値であったことから、BI法による筋肉量測定値は、高い妥当性を有することが認められた。

そこで本研究では、妥当性の確認されたBI法により評価した65歳以上の要支援者および要介護者の身体組成および分節からみた筋肉量について検討した。本研究対象の自立者は、BMI ($24.4 \pm 2.7 \text{ kg/m}^2$) からみれば標準的な高齢者と思われる。なお、本研究では、要介護者2の年齢が自立者に比べて有意な高値を示したが、他の群間では有意な差異がなかったことから、測定値の年齢補正は行わなかった。その結果、高齢者の体脂肪率、体脂肪量、除脂肪体重は、自立者、要支援者、要介護者1、要介護者2、要介護者3と階層的な低下傾向を示した。特に要介護者3での体脂肪量と除脂肪体重は、自立に比べて有意な低値が認められた。全身の筋肉量

においても階層的な低下傾向を示し、要介護者3での筋肉量は、自立に比べて有意な低値が認められた。根本ら(2011)は、全身の筋肉量について元気高齢者は $36.5 \pm 4.9 \text{ kg}$ 、虚弱高齢者は $33.5 \pm 6.1 \text{ kg}$ 、要介護高齢者は $30.9 \pm 5.1 \text{ kg}$ と階層的に有意に低下することを報告し、最適なカットオフ値は 31.5 kg としている。本研究対象の筋肉量から最適なカットオフ値は、対象数が少ないことから明らかにできないが、根本ら(2011)の値よりさらに低値のように思われる。なお、筋肉量については、身長の影響を受けることから、身長当たりの面かも検討を加えた。身長当たりからみた筋肉量は、絶対値の場合と同様の傾向を示し、要介護者3の場合 $16.5 \pm 0.8 \text{ kg/m}$ であった。

また、要介護者3における下肢、上肢および体幹の筋肉量は、階層的に低下傾向を示した。特に、要介護者3では、自立者に対して有意な低値が認められた。金ら(1999)は、女性の上肢、下肢および体幹の除脂肪量は加齢と共に減少するが、特に下肢の除脂肪量の減少が最も顕著であることを報告している。本研究では加齢による横断的・縦断的な検討は行っていないものの、加齢および要支援者、要介護者至った場合には、下肢のみならず上肢や体幹の筋肉量も減少することが示唆された。特に介護度3に至った場合には、筋肉量の減少が大きいことが示唆された。筋肉減少量の定量的評価および円滑な日常生活動作のための最適なカットオフ値の検討については、対象数を多くしてさらに検討する必要がある。

Ⅴ. 結論

本研究は高齢女性を対象として、簡便に測定できるBI法による身体組成評価の妥当性、および自立者、要支援者、要介護者における筋肉量の差異について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

1) BI法による下肢の筋肉量は、DEXA法による下肢の筋肉量との間に、右下肢 $r=0.919$ ($p<0.05$) および左下肢 $r=0.865$ ($p<0.05$) の有意な相関関係が認められた。上肢においても

BI法による筋肉量は、DEXA法による筋肉量との間に右 $r=0.913$ ($p<0.05$)、左 $r=0.939$ ($p<0.05$) の有意な相関関係が認められた。また、BI法による全身の体脂肪率は、DEXA法による体脂肪率との間に有意な相関関係 ($r=0.936$ $p<0.05$) を示した。

- 2) 体脂肪量、除脂肪体重および全身の筋肉量は、自立、要支援、要介護者1、要介護者2、要介護者3と階層的に低下する傾向を示した。特に、要介護者3での体脂肪量および除脂肪体重は、自立に比べて有意な差異を示した。
- 3) 下肢、上肢および体幹の筋肉量は、自立、要支援、要介護者1、要介護者2、要介護者3と階層的に低下する傾向を示した。特に要介護者3では、自立に対して、有意な低値が認められた。
- 4) 以上の成績から、加齢および要支援者、要介護者至った場合には、下肢のみならず上肢や体幹の筋肉量も減少することが示唆された。特に介護度3に至った場合には、筋肉量の減少が大きいことが示唆された。

注：要支援状態または要介護状態（厚生労働省、2002）

- 1) 自立（非該当）：歩行や起き上がりなどの日常生活上の基本的動作を自分で行うことが可能であり、かつ、薬の内服、電話の利用などの手段的日常生活動作を行う能力もある状態
- 2) 要支援状態：日常生活上の基本的動作については、ほぼ自分で行うことが可能であるが、日常生活動作の介助や現在の状態の防止により要介護状態となることの予防に資するよう手段的日常生活動作について何らかの支援を要する状態
- 3) 要介護状態：日常生活上の基本的動作についても、自分で行うことが困難であり、何らかの介護を要する状態
 1. 要介護1：要支援状態から、手段的日常生活動作を行う能力がさらに低下し、部分的な介護が必要となる状態

2. 要介護2：要介護1の状態に加え、日常生活動作についても部分的な介護が必要となる状態
3. 要介護3：要介護2の状態と比較して、日常生活動作及び手段的日常生活動作の両方の観点からも著しく低下し、ほぼ全面的な介護が必要となる状態
4. 要介護4：要介護3の状態に加え、さらに動作能力が低下し、介護なしには日常生活を営むことが困難となる状態
5. 要介護5：要介護4の状態よりさらに動作能力が低下しており、介護なしには日常生活を営むことがほぼ不可能な状態

謝辞

本研究の一部は、関西学院大学2010年度個人特別研究Aの交付を受けて遂行することができた。ここに記して感謝の意を表する。

文献

- Frontera, WR., Meredith, JJ. O' Reilly, KP. (1988) Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J. Appl. Physiol.* 64: 1038-1044.
- 金憲経、田中喜代次、天貝均、鈴木隆雄 (1999) 身体組成の加齢に伴う推移：DXA法による検討。 *体育学研究*44: 500-509.
- 金憲経 (2001)：高齢者の転倒関連恐怖感と身体機能、 *日老医誌* 38: 805-811.
- 金憲経、田中喜代次、李東洙 (2001) 高齢女性の骨密度減少に関する検討。 *教育医学*47: 180-185.
- 厚生労働省 (2002) 老人保健健康増進等事業 <http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/ken-tou/15kourei/sankou3.html>
- Lukaski, HC., Johnson, PE., Bolonchuk, WW., Lykken, GI. (1985) Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurement of the human body. *Am. J. Clin. Nutr.*41: 810-817.
- Lukaski, HC. (2000) Assessing regional muscle

- mass with segmental measurements of bioelectrical impedance in obese women during weight loss. *Ann.NY.Acad.Sci.*904: 154-158.
- Miyatani, M., Kanehisa, H., Masuo, Y., Ito, M., Fukunaga, T. (2001) Validity of estimating limb muscle volume by bioelectrical impedance. *J. Appl. Physiol.*91: 386-394.
- Maddalozzo, GF.,and Snow,CM. (2000) High intensity resistance training: Effects on bone in older men and women. *Calcif. Tissue.Int.* 66: 399-404.
- Nakadomo, F., Tanaka, K., Hazama, T., and Maeda, K. (1990) Validation of body composition assessed by bioelectrical impedance analysis. *Jpn. Appl. Physiol.* 321-330.
- 中塘二三生、渡辺完児、三宅眞理、田中喜代次、前田如矢 (1992) : 成人女性の身体組成評価におけるbio-electrical impedance法およびその交差妥当性、*体力科学*41: 467-476.
- 中塘二三生、渡辺完児、前田如矢 (1996) : Bioelectrical impedanceによる身体組成の評価～測定条件の差異がBIに及ぼす影響～、*肥満研究*2: 9-15.
- 中塘二三生、渡辺完児、田中喜代次 (1996) Bioelectrical impedance法による身体組成評価—測定条件の差異がBIに及ぼす影響—、*肥満研究*2: 9-15.
- 中田由夫、田中喜代次、金憲経、天貝均、重松良祐、中塘二三生 (2003) 減量に伴う四肢・体幹別にみた身体組成の変化：中年肥満女性の骨量に着目して、*体育学研究*48: 27-35.
- 根本みゆき、藪下典子、清野諭、金美芝、鄭松伊、大須賀洋祐、大久保善郎、田中喜代次 (2011) 要介護化予防のための筋肉量基準値の検討、*体力科学* 60: 727.
- Ohkawara, K., Nakadomo, F., Nakata, Y., Deurenberg, P., Tanaka, K. (2008) Bioelectrical impedance spectroscopy and single-frequency bioelectrical impedance analysis for estimating fat mass change during weight loss in Japanese female subjects. *International Journal of Body Composition Research* 6: 100-107.
- Roche, A.F., Heymsfield, S.B., Lohman, T.G. Eed (1996) Human body composition, *Human Kinetics*, 25-128.
- 総務省統計局・政策統括官 (統計基準担当) (2010) 統計研修所：統計データ。
<http://www.stat.go.jp/data/>
- 首都大学東京体力標準値研究会 (2007) 新・日本人の体力標準値Ⅱ、不味堂 (東京) pp.143-145.
- Tanaka, NI, Miyatani, M., Masuo, Y., Fukunaga, T., Kanehisa, H. (2007) Applicability of a segmental bioelectrical impedance analysis for predicting the whole body skeletal muscle volume. *J. Appl. Physiol.* Nov.103: 1688-1695.
- 田中喜代次、松浦義行、中塘二三生、中村栄太郎 (1990) 主成分分析による成人女性の活力年齢の推定、*体育学研究*35: 121-131.