

## 多周波数インピーダンス法による身体組成と 健康診断成績の関係 — 体脂肪率と生活習慣病危険因子の検討 —

山本 貴志子<sup>1)</sup>, 西 亀 正 之<sup>2)</sup>

1) 広島大学大学院医学系研究科博士課程後期

2) 広島大学医学部保健学科

受付 平成12年5月30日

受理 平成12年11月8日

本研究は、多周波数インピーダンス法による身体組成値と健康診断成績による生活習慣病危険因子との関連を検討した。対象は、健康診断時に調査に同意の得られた18~84歳の男性383名、女性454名であった。身体組成値は、2.5~350 kHzの周波数のインピーダンス値を140点で測定できる多周波数インピーダンス機器 (MLT-100) により測定した。健康診断成績は、aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), 血清総コレステロール (TC), HDL コレステロール (HDL), 中性脂肪 (TG), 空腹時血糖 (FBS), 収縮期および拡張期血圧 (SBP, DBP) を用いた。体脂肪率高値群での除脂肪組織量の値は18~29歳の男性を除いて体脂肪率正常値群での値との差を認めないが、脂肪組織量, body mass index の値は体脂肪率正常値群での値に比べ高くなった。また、体脂肪率と健康診断成績との関係では、性別や年齢によりどの項目と相関するかは異なるが、体脂肪率高値群では正常値群に比べ、男性では AST 値, ALT 値, TG 値, 女性では SBP 値, DBP 値が有意に高く、男女とも HDL 値が有意に低くなった。したがって、体脂肪の高値は糖尿病や高血圧症, 脂質代謝異常などの疾患と共存する可能性が示唆され、体脂肪率を測定することは医療や健康管理において有用な指標となると考えられた。

**Key words** : 多周波数インピーダンス法, 身体組成, 生活習慣病, 体脂肪

生体電気インピーダンス (bioelectrical impedance: BI) 法は、身体に微弱な電流を流した際の電気抵抗値により身体組成を推定する方法である。その報告の多くは、50 kHz の周波数に固定した単周波数インピーダンス法であり、家庭用体脂肪率測定計としても普及している。しかし、単周波数インピーダンス法では、身体組成が除脂肪組織量 (fat free mass: FFM) に占める体水分量 (total body water: TBW) の比率を一定値として推定される点で加齢や筋肉、脂肪量による個人差が反映されにくいと指摘されている<sup>2-4,7,20,22-24</sup>。

一方、近年開発された MLT-100 による多周波数インピーダンス法では、低周波数の電流は細胞外のみ、高周波数の電流は細胞外と細胞内の両方を流れる原理により細胞外液量 (extracellular water: ECW) と細胞内液量 (intracellular water: ICW) を区別して身体組成を評価できる<sup>5,6,27</sup>。われわれは、先に多周波数インピー

ダンス法による成人の身体組成を評価し、除脂肪組織量は男女とも50歳代以降で他の年代に比べて低く、脂肪組織量 (fat mass: FAT) は男性の30歳代以降、女性の50歳代以降で他の年代に比べて高いことを報告した<sup>29</sup>。肥満は冠動脈疾患、高インスリン血症、高超低比重リポタンパク中性脂肪 (very low density lipoprotein: VLDL-TG) 血症、低 HDL 血症、高血圧症、耐糖能異常を合併する Syndrome X<sup>17)</sup> や Deadly quartet<sup>10)</sup>、内臓脂肪症候群<sup>13)</sup> のような複数の疾患関係や生活習慣病との関連<sup>8,15,21,30)</sup> が指摘されており、どの要因が原因および結果であるか、またその機序もいまだ解明されていない。そこで、本研究は、多周波数インピーダンス法による体脂肪率 (percent body fat: %FAT) および身体組成値と健康診断成績による生活習慣病危険因子との関連を検討した。

## 対象と方法

### 対象

測定は平成10年4月9日から平成12年3月17日の期間に県内の定期健康診断の5つの会場で行った。対象者は、男性383名(39±15歳)、女性454名(43±18歳)の18~84歳の837名であった。対象は大学生および教職員、一般住民からなり、健康で自立して日常生活を送っている者である。対象者の身体的特徴をTable 1に示す。

### 身体組成の測定方法と分析

多周波数インピーダンス機器(積水化学工業社製MLT-100)を用い、中塘ら<sup>14)</sup>の提唱している測定条件に準じて行った。なお、本機の妥当性は、二重エネルギーX線吸収法によるFFM値との間に、男性 $r=0.952$ 、女性 $r=0.927$ の相関を認めている<sup>25)</sup>。本装置は本体から周波数2.5~350 kHzの信号成分を含んだ100 $\mu$ A (rms)の電流を身体に流したときの電気抵抗を2.5 kHz間隔に140点で計測する。4電極法であり、電流電極は尺骨茎状突起と橈骨茎状突起間の手背中央部および脛骨内果と腓骨外果の足背中央部に、電圧電極は電流電極よりも肘および膝側に5 cm離して装着した。被験者を1~4分間安静にした後、測定を開始した。測定姿勢は上下肢を体幹から各々30度開いた仰臥位で、大腿部はタオルを挟んで開脚した。被験者の右手足首をアルコールで十分に清拭した後、多周波数インピーダンスは周辺にある金属の影響を受けて変動しやすいため、被験者が身に付けている金属類は外した。また、ベッドは体接面が金属製でないものを使用した。測定はすべて同一の研究者が行い、毎回、画面でインピーダンスプロットに乱れがないかを確認した。経口摂取による測定値への影響を除くため、食後

2時間以上を経過した者を対象とした。測定に際して、その目的および方法を説明の上、書面上で同意を得て行った。

MLT-100の測定値の分析は、本機専用のmltv6n.xlwプログラムを用いた。このソフトウェアに組み込まれている身体組成推定式は日本成人を対象に性別、身長、体重、年齢を説明変数として作成されている<sup>25)</sup>。体水分量の推定については田中らの式を用いた<sup>26)</sup>。得られる測定値は、除脂肪組織量(FFM)、脂肪組織量(FAT)、体脂肪率(%FAT)、体水分量(TBW)、細胞外液量(ECW)、細胞内液量(ICW)、TBW/FFM、ECW/FFM、ICW/FFM、BMI(body mass index)である。

健康診断成績の分析は、AST(aspartate aminotransferase)値、ALT(alanine aminotransferase)値、総コレステロール(total cholesterol: TC)値、HDLコレステロール(high density lipoprotein cholesterol: HDL)値、中性脂肪(triglyceride: TG)値、空腹時血糖(fasting blood sugar: FBS)値、収縮期血圧(systolic blood pressure: SBP)値、拡張期血圧(diastolic blood pressure: DBP)値により行った。健康診断成績の一部は異なる検査業者によるものであり、操作過程の異なる疑いがあったが、対象者における地域および疾患の限定に配慮して今回の調査ではこれを含めた。

### 統計処理

多周波数インピーダンス法による身体組成値と健康診断成績値の関係は、ピアソンの積率相関係数により検討した。体脂肪率標準値<sup>29)</sup>により、体脂肪率が女性の18~29歳で25.1%以上、30歳以上で32.2%以上、女性の18~49歳で33.9%以上、50歳以上で41.4%以上を高値、それ未満を正常値として、対象者の体脂肪率を判定した。体脂肪率判定により対象者を体脂肪率正常

Table 1. Characteristics of subjects

Age (years)	Male				Female			
	Number	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Number	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
18-19	71	171.7±6.0	62.8± 8.5	21.3±2.7	95	157.7±4.4	51.1±7.4	20.5±2.9
20-29	28	171.0±5.2	63.8± 8.5	21.8±2.9	59	158.6±5.5	47.9±5.4	19.0±1.7
30-39	94	171.5±6.2	67.6±10.3	22.9±3.0	48	158.3±5.2	49.4±6.0	19.7±2.0
40-49	97	170.1±5.2	66.9± 7.3	23.1±2.2	55	156.7±4.6	50.9±5.9	20.7±2.4
50-59	59	166.7±5.1	66.5± 9.0	23.9±2.6	101	156.8±5.3	52.5±6.4	22.2±2.5
60-69	24	165.0±5.5	63.1± 7.8	23.2±2.4	65	151.0±4.7	52.1±8.4	22.8±3.2
70-	10	160.6±5.8	57.4± 7.5	22.2±2.5	31	148.3±4.1	50.1±5.3	22.8±2.7
Total	383	169.7±6.2	65.5± 9.0	22.7±2.7	454	155.3±5.8	50.9±6.8	21.1±2.9

Means±SD

値群および高値群に群別して、身体組成値および健康診断成績値を中央値で示し、Mann-Whitney's U testを用いて比較した。統計処理の有意水準は0.05とし、解析はすべて Stat ViewJ-4.5 for Mac を使用した。

## 結 果

Table 2, 3 は、男女の多周波数インピーダンス法による身体組成の平均値を年代別に示したものである。

### 1. 体脂肪率(%FAT)と健康診断成績の関係

体脂肪率の値は男女とも body mass index の値と強く相関した(男性  $r=0.79$ , 女性  $r=0.91$ )。Table 4 は、体脂肪率の増加前後の体脂肪率の値と健康診断成績の

相関関係を男女別に示したものである。体脂肪率の値と健康診断成績値は、男性の18~29歳で最もよく相関した。

男性では、体脂肪率増加前後にあたる18~29歳および30歳以上の男性の体脂肪率の値は各々、AST 値、ALT 値、TC 値、TG 値、FBS 値、SBP 値、DBP 値と正の相関を、HDL 値と負の相関を認めた。

女性では、体脂肪率増加前後にあたる18~49歳および50歳以上の女性の体脂肪率の値は各々、ALT 値、TG 値、SBP 値、DBP 値および18~49歳の FBS 値と正の相関を、HDL 値と負の相関を認めた。

**Table 2.** Body composition of male subjects (Means  $\pm$ SD)

Age (years)	%FAT (%)	FAT (kg)	FFM (kg)	TBW (kg)	ECW (kg)	ICW (kg)	TBW/FFM (%)	ECW/FFM (%)	ICW/FFM (%)
18-19	16.5	10.8	52.0	36.5	11.9	24.6	70.1	22.7	47.3
	7.4	6.1	5.2	4.6	2.3	2.9	2.9	3.0	2.8
20-29	23.6	15.5	48.2	32.3	10.2	22.1	66.9	21.0	45.8
	8.1	7.0	4.8	4.3	2.6	2.7	2.4	4.4	3.6
30-39	25.9	18.0	50.0	33.5	10.7	22.8	68.5	21.5	46.0
	6.5	7.1	4.7	3.8	2.3	2.7	2.4	3.6	3.6
40-49	25.2	17.1	50.0	34.2	11.6	22.6	68.5	21.1	45.4
	5.6	5.0	4.4	3.8	1.8	2.4	2.4	2.3	2.3
50-59	27.1	18.3	48.2	33.4	11.7	21.6	69.0	24.2	44.8
	5.5	5.9	4.9	4.3	2.4	2.8	2.7	3.5	3.4
60-69	27.1	17.3	45.8	31.3	11.2	20.1	68.0	24.4	43.7
	5.7	4.7	5.2	4.5	1.9	3.0	2.7	2.3	2.6
70-	27.3	16.0	41.4	27.7	9.7	18.0	66.7	23.3	43.5
	6.7	5.4	4.1	3.4	1.8	2.0	2.5	2.5	2.6

**Table 3.** Body composition of female subjects (Means  $\pm$ SD)

Age (years)	%FAT (%)	FAT (kg)	FFM (kg)	TBW (kg)	ECW (kg)	ICW (kg)	TBW/FFM (%)	ECW/FFM (%)	ICW/FFM (%)
18-19	27.2	14.4	36.7	24.8	7.6	17.2	67.4	20.4	46.9
	7.3	6.0	2.6	2.4	1.6	1.9	2.7	3.7	3.5
20-29	26.6	12.9	34.9	22.4	7.0	15.4	64.1	20.0	44.1
	5.2	3.8	2.6	2.1	1.0	1.2	2.4	2.0	2.0
30-39	27.7	14.0	35.4	23.2	7.5	15.7	65.4	21.0	44.4
	6.5	4.7	2.8	2.4	1.2	1.5	2.6	2.4	2.1
40-49	29.7	15.4	35.5	23.9	7.9	16.0	67.2	22.0	45.1
	6.3	4.7	2.5	2.4	1.2	1.5	2.8	2.3	2.4
50-59	34.4	18.3	34.2	23.1	7.4	15.6	67.4	21.7	45.7
	6.0	5.1	2.7	2.3	1.2	1.5	2.6	2.4	2.3
60-69	35.9	19.2	32.9	22.3	7.5	14.8	67.7	22.7	45.0
	7.1	6.6	2.8	2.6	1.3	1.5	3.0	2.4	2.0
70-	36.2	18.4	31.7	21.7	7.5	14.2	68.3	23.6	44.7
	5.7	4.6	1.7	1.8	1.1	1.4	3.0	2.9	3.3

**Table 4.** Relationship between percent body fat (%FAT) value and medical examination values

	Male				Female			
	18-29 years		30- years		18-49 years		50- years	
	(n=99)		(n=284)		(n=257)		(n=197)	
AST	0.437	†	0.327	†	ns		ns	
ALT	0.498	†	0.396	†	0.178	*	0.214	*
TC	0.455	†	0.202	*	ns		ns	
HDL	-0.280	*	-0.283	†	-0.296	†	-0.314	†
TG	0.381	†	0.236	†	0.406	†	0.329	†
FBS	0.285	*	0.218	*	0.131	*	ns	
SBP	0.271	*	0.242	†	0.278	†	0.360	†
DBP	0.302	*	0.177	*	0.241	†	0.297	†

\*p<0.05, †p<0.001, ns: not significant by Pearson's correlation coefficient

AST: aspartate aminotransferase, ALT: alanin aminotransferase, TC: total cholesterol

HDL: high density lipoprotein cholesterol, TG: triglyceride, FBS: fasting blood sugar, SBP: systolic blood pressure

DBP: diastolic blood pressure

**Table 5.** Comparison of body composition in male subjects categorized by percent body fat value

	18-29 years		30- years	
	%FAT<25.1	%FAT≥25.1	%FAT<32.2	%FAT≥32.2
Number	78	21	247	37
Age: years	18 (18-29)	25 (18-29)	43 (30-79)	44 (30-76)
Height: cm	172.0 (157.1-185.0)	170.0 (162.2-180.0)	170.0 (151.0-188.0)	166.0 (147.5-182.0)
Weight: kg	59.7 (44.0-78.2)	69.3 (59.3-93.7)	64.9 (43.8-89.7)	72.5 (51.7-111.2)
BMI: kg/m <sup>2</sup>	20.5 (16.5-25.6)	24.0 (20.6-32.4)	22.7 (16.4-30.0)	26.3 (22.8-34.3)
FFM: kg	51.1 (39.3-66.1)	49.7 (38.5-59.0)	48.6 (37.0-63.8)	47.4 (33.9-63.3)
FAT: kg	9.3 (2.2-17.8)	20.9 (16.6-35.9)	16.2 (3.0-28.6)	25.1 (17.8-47.9)
%FAT: %	15.5 (4.3-24.1)	29.2 (25.5-42.9)	25.4 (5.0-32.2)	34.6 (32.4-43.1)
TBW: kg	35.8 (25.3-48.1)	32.8 (22.8-43.4)	33.1 (22.8-47.1)	32.4 (22.8-43.9)
ECW: kg	11.6 (8.3-17.2)	10.3 (7.9-15.0)	11.1 (6.9-19.6)	10.9 (7.2-17.9)
ICW: kg	24.0 (17.7-30.9)	22.8 (14.9-28.4)	22.0 (14.4-31.1)	21.9 (10.6-28.5)
TBW/FFM: %	69.9 (63.2-76.3)	68.5 (58.4-73.6)	68.3 (60.1-74.4)	67.9 (62.4-74.3)
ECW/FFM: %	23.1 (17.7-28.5)	21.3 (19.0-25.4)	23.4 (15.9-31.0)	23.4 (18.5-41.3)
ICW/FFM: %	46.7 (40.9-53.1)	46.4 (38.4-56.7)	45.2 (38.4-53.3)	45.2 (24.5-49.3)

Median (range), \*p<0.05, †p<0.001 by Mann-Whitney's U test

## 2. 体脂肪率 (%FAT) 判定と身体組成値の関係

Table 5, 6 は, 男女の身体組成の中央値を体脂肪率判定別に示したものである。男女のいずれの年齢区分の体脂肪率高値群も, 体重, body mass index および脂肪組織量の平均値は, 正常値群に比べ有意に高くなった。

18~29歳の男性では, 体脂肪率高値群は正常値群に比べ, 年齢の中央値が有意に高く, 除脂肪組織量, 体水分量, 細胞外液量, 除脂肪組織に占める体水分量 (TBW/FFM) および細胞外液量 (ECW/FFM) の中央値が各々有意に低くなった。30歳以上の男性では, 体脂肪率高値群と正常値群でいずれの体水分の比率にも

差を認めなかった (Table 5)。

18~49歳の女性では, 体脂肪率高値群は正常値群に比べ, 体水分量および細胞内液量の中央値がそれぞれ有意に高くなった。50歳以上の女性では, 体脂肪率高値群は正常値群に比べ, 除脂肪組織に占める体水分量 (TBW/FFM) の中央値が有意に高くなった (Table 6)。

## 3. 体脂肪率 (%FAT) 判定と健康診断成績の関係

Table 7 は, 男女の健康診断成績の中央値を体脂肪率判定別に示したものである。男女のいずれの年齢区分の体脂肪率高値群も, HDL 値の中央値は正常値群に比べ, 有意に低くなった。

**Table 6.** Comparison of body composition in female subjects categorized by percent body fat value

	18-49 years		50- years	
	%FAT<33.9	%FAT≥33.9	%FAT<41.4	%FAT≥41.4
Number	220	37	164	33
Age: years	26 (18-49)	30 (18-49)	59 (50-84)	63 (50-78)
Height: cm	158.0 (144.0-171.0)	158.0 (148.2-169.7)	151.9 (142.0-170.0)	151.0 (143.2-163.0)
Weight: kg	48.5 (34.7-61.8)	58.7 (49.7-83.2) †	50.2 (35.1-67.4)	59.9 (53.2-85.0) †
BMI: kg/m <sup>2</sup>	19.4 (15.1-23.6)	23.3 (19.7-36.0) †	21.7 (16.5-26.5)	26.4 (21.8-33.7) †
FFM: kg	35.6 (30.2-42.3)	36.2 (30.7-42.6)	32.9 (27.4-41.5)	33.3 (28.8-40.2)
FAT: kg	13.1 (3.2-20.1)	21.6 (17.3-40.0) †	16.9 (5.5-27.5)	25.9 (22.3-44.8) †
%FAT: %	26.6 (9.2-33.8)	37.0 (34.0-52.9) †	34.0 (14.5-41.4)	43.7 (41.4-52.7) †
TBW: kg	23.4 (18.7-29.8)	24.3 (18.8-30.3) *	22.1 (17.2-29.6)	23.0 (18.1-28.8)
ECW: kg	7.5 (3.1-11.0)	7.6 (4.7-10.7)	7.2 (4.7-11.4)	7.8 (5.5-10.5)
ICW: kg	15.9 (12.9-21.3)	16.3 (13.2-21.0) *	15.0 (11.3-19.8)	15.5 (10.0-18.3)
TBW/FFM: %	66.2 (57.3-72.8)	67.4 (59.4-74.7)	67.5 (58.5-75.7)	69.2 (59.1-72.9) *
ECW/FFM: %	21.0 (9.8-26.6)	21.0 (15.4-27.0)	22.3 (14.3-29.9)	23.3 (16.7-21.2)
ICW/FFM: %	44.8 (40.1-58.5)	45.8 (41.6-51.4)	45.2 (37.5-52.7)	45.8 (32.6-49.7)

Median (range), \*p&lt;0.05, † p&lt;0.001 by Mann-Whitney's U test

**Table 7.** Comparison of medical examination values categorized by percent body fat

	Male				Female			
	18-29 years		30- years		18-49 years		50- years	
	%FAT <25.1	%FAT ≥25.1	%FAT <32.2	%FAT ≥32.2	%FAT <33.9	%FAT ≥33.9	%FAT <41.4	%FAT ≥41.4
AST	17	20 *	23	28 †	17	17	23	24
mg/dl	(11~28)	(14~73)	(12~57)	(18~80)	(9~36)	(10~28)	(13~65)	(15~91)
ALT	13	19 †	21	34 †	11	16 *	17	20
mg/dl	(5~45)	(11~115)	(7-119)	(13~126)	(3~46)	(6~44)	(7~94)	(11~94)
TC	160	182 *	209	225	179	183	228	234
mg/dl	(126~255)	(140~247)	(135~315)	(140~304)	(112~291)	(146~283)	(146~301)	(124~304)
HDL	60	51 *	53	48 *	66	57 *	65	56 *
mg/dl	(26~87)	(40~72)	(29~124)	(35~103)	(39~114)	(33~86)	(38~101)	(40~108)
TG	67	79 *	109	157 *	57	80 †	89	95
mg/dl	(25~105)	(28~266)	(33~145)	(67~687)	(20~217)	(33~326)	(32~293)	(37~409)
FBS	87	91	93	96	87	91 *	93	95
mg/dl	(46~129)	(74~121)	(67~306)	(74~212)	(60~130)	(71~115)	(20~210)	(80~126)
SBP	125	131	129	137 *	111	124 †	130	150 *
mmHg	(86~152)	(102~157)	(81~276)	(106~185)	(83~164)	(102~150)	(89~197)	(106~213)
DBP	71	79 *	80	83	69	75 †	75	82 *
mmHg	(43~94)	(62~88)	(52~137)	(45~114)	(42~105)	(54~97)	(37~134)	(64~101)

Median (range), \*p&lt;0.05, † p&lt;0.001 by Mann-Whitney's U test

18~29歳の男性では、体脂肪率高値群は正常値群に比べ、AST値、ALT値、TC値、TG値、DBP値の中央値が各々有意に高くなった。また、30歳以上の男性では、体脂肪率高値群は正常値群に比べ、AST値、ALT値、TG値、SBP値の中央値が各々有意に高くなった。

18~49歳の女性では、体脂肪率高値群は正常値群に比べ、ALT値、TG値、FBS値、SBP値、DBP値の中央値が各々有意に高くなった。50歳以上の女性では、体脂肪率高値群は正常値群に比べ、SBP値およびDBP値の中央値がそれぞれ有意に高くなった。

## 考 察

### 1. 体脂肪率(%FAT)と健康診断成績の関係

体脂肪率と body mass index はよく相関し, 先行研究に一致した<sup>11,16,18,31)</sup>。また, 本研究の体脂肪率の値が, 男女とも ALT 値, TG 値, SBP 値, DBP 値および50歳以上の女性を除く FBS 値と正の相関を, HDL 値と負の相関を認めた (Table 4) ことから, 体脂肪率の高値は生活習慣病に関連する因子の一つであると考えられる。

### 2. 体脂肪率(%FAT)判定と身体組成値の関係

体脂肪率高値群は正常値群に比べ, 身長や男性の18~29歳以外の除脂肪組織量では差を認めず, 体重, body mass index, 脂肪組織量の中央値が高かった。すなわち, 体脂肪率の高値者では, 実質組織は体脂肪率が正常である者と差はなく, 脂肪組織量分が多いことが示唆された。肥満者の体水分構成では, 非肥満者に比較して体水分量, 細胞外液量, 細胞内液量が高いと指摘されており<sup>28)</sup>, 本研究の女性でも, 体脂肪率高値群で同様の傾向を認めた (Table 6)。しかし, 30歳以上の男性では体水分比率に差を認めず, 18~29歳の男性の体脂肪率高値群は正常値群に比べ, 体水分量, 細胞外液量, 除脂肪組織に占める体水分量 (TBW/FFM) および細胞外液量 (ECW/FFM) の中央値は有意に低くなった (Table 5)。体の水分は主に除脂肪組織に存在するので, 男性の体脂肪率高値群の除脂肪組織量が体脂肪率正常値群の除脂肪組織量に比べて低かったためと考えられる。

### 3. 体脂肪率(%FAT)判定と健康診断成績の関係

男女のいずれの体脂肪率高値群も, HDL 値の中央値は正常値群に比べ有意に低くなり, 年齢, 性別を問わず, 体脂肪率高値が HDL の低値に関連することを示唆した (Table 7)。男性では, いずれの年齢区分でも体脂肪率高値群は正常値群に比べ, AST 値, ALT 値, TG 値の中央値が有意に高くなった。また, 女性では, いずれの年齢区分でも体脂肪率高値群は正常値群に比べ, SBP 値および DBP 値の中央値が有意に高くなった。18~49歳の女性では, 体脂肪率高値群は正常値群に比べ, ALT 値, TG 値, FBS 値の中央値が有意に高くなったが, 50歳以上の女性では, 体脂肪率高値群と正常値群の間で血液生化学検査値には差を認めなかった。肥満度と健康診断成績との関連は, body mass index や生体電気インピーダンス法, 皮下脂肪厚測定法での報告があるが, 健康診断成績とどのようにかかわっているかは, 性別<sup>1,3,4,6,9, 19)</sup>, 年齢<sup>5,6)</sup>, 肥満度<sup>1,11,12)</sup>により異なる。インスリン抵抗性は, 末

梢組織, 主に骨格筋組織に対してインスリンが働きにくい状態であり, 内臓脂肪の蓄積にも関連がある。体脂肪率の過多に伴う生活習慣病の発病にはインスリン抵抗性が大きな役割を果たすと考えられ, 本研究の女性の体脂肪率高値群でみられた体水分比率の差にもインスリン抵抗性が関与しているかもしれない。男性では体脂肪率高値群の AST 値, ALT 値の中央値も高値であったが, これらはインスリン抵抗性に介在する疾患群には含まれておらず, 体脂肪率高値がもたらす生活習慣病への作用はインスリン抵抗性のみでは説明しにくい点もある。今回の調査は血漿インスリンの測定を行っていないので, その詳細は今後の検討を必要とする。また, 今後さらに多周波数インピーダンス法による身体組成値と糖尿病や高脂血症といった疾患のコントロール状態との関連を検討することにより, 生活習慣病の予防および維持管理のための適切な身体組成評価基準を提案したい。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり, 積水化学工業より測定機器の提供を受けた。また, 測定の実施にご協力いただいた参加者の皆様および施設職員の皆様に謝意を表します。

## 参 考 文 献

1. Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T. and Keys, A. 1963. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. NY. Acad. Sci.* 110 : 113-140.
2. Deurenberg, P., van der Kooy, K., Leenen, R. and Schouten, F. J. M. 1989. Body impedance is largely dependent on the intra- and extra-cellular water distribution. *Eur. J. Clin. Nutr.* 43 : 845-853.
3. Deurenberg, P., van der Kooij, K., Evers, P. and Hulshof, T. 1990. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged >60y. *Am. J. Clin. Nutr.* 51 : 3-6.
4. Deurenberg, P., van der Kooy, K., Leenen, R., Westrate, J.A. and Seidell, J. C. 1991. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int. J. Obes.* 15 : 17-25.
5. Deurenberg, P., Broekhoff, C., Andreoli, A. and Lorenzo, A. 1994. The use of multi-frequency impedance in assessing changes in body water compartments. *Age and Nutrition* 5 : 137-141.
6. Deurenberg, P., Tagliabue, A. and Schouten, F. J. M. 1995. Multi-frequency impedance for the prediction of extracellular water and total body water. *Brit. J. Nutr.* 73 : 349-358.

7. **Gray, D. S., Bray, G. A., Gemayel, N. and Kaplan, K.** 1989. Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am. J. Clin. Nutr.* **50** : 255-260.
8. 原納 優 1997. 肥満症の基礎と臨床. *総合臨床* **46** : 2102-2108.
9. 池内隆治 1998. Bioelectrical Impedance 法による日本女性体液・体脂肪分布の年齢変化. *京府医大誌*. **107** : 1131-1139.
10. **Kaplan, N. M.** 1989. The deadly quartet. Upper-body obesity, glucose intolerance, hypertriglyceridemia, and hypertension. *Arch. Intern. Med.* **149** : 1514-1520.
11. 甲田道子, 武藤芳照, 宮下充正 1994. 皮下脂肪厚と Body Mass Index を組み合わせた指標と成人病危険因子との関連. *栄養学雑誌* **52** : 69-74.
12. 河盛隆造 1995. 各種疾患と肥満：糖尿病. *現代医療* **29** : 1049-1055.
13. **Matsuzawa, Y.** 1997. Pathophysiology and molecular mechanisms of visceral fat syndrome: The Japanese experience. *Diabetes/Metab. Rev.* **13** : 3-13.
14. 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.
15. 中山敬三, 清原 裕, 加藤 功, 岩本廣満, 上田一雄, 藤島正敏 1997. 一般住民における肥満に伴う合併症と生命予後：久山町研究. *日老医誌*. **34** : 935-941.
16. 大野 誠 1994. 肥満の判定と肥満診断の進め方. *臨床栄養* **85** : 682-689.
17. **Reaven, G. M.** 1993. Role of insulin resistance in human disease (Syndrome X): an expanded definition. *Annu. Rev. Med.* **44** : 121-131.
18. 坂本賢一, 田中繁道, 斎藤重幸, 石井勝久, 藤沢潤一, 吉田英理郎, 青山真也, 高木 寛, 高橋 弘, 飯村 攻 1997. 住民検診における体脂肪率測定の意義—体脂肪率と心血管疾患危険因子の関連—. *日循医誌*. **31** : 187-193.
19. 佐々木温子, 池田義雄, 後藤美帆, 松島慈子, 嵯峨園子 1997. 20・30歳代における BMI 増加からみた適性体重. *肥満研究* **3** : 114-118.
20. **Segal, K. R., Van Loan, M., Fitzgerald, P. I., Hodgdon, J. A. and Van Itallie, T. B.** 1988. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am. J. Clin. Nutr.* **47** : 7-14.
21. **Shinozaki, K., Suzuki, M., Ikebuchi, M., Takaki, H., Hara, Y., Tsushima, M. and Harano, Y.** 1995. Insulin resistance associated with compensatory hyperinsulinemia as an independent risk factor for vasospastic angina. *Circulation* **92** : 1749-1757.
22. **Steen, B.** 1988. Body composition and aging. *Nutr. Rev.* **46** : 45-51.
23. **Svendsen, O. L., Haarbo, J., Heitmann, B. L., Gotfredsen, A. and Christiansen, C.** 1991. Measurement of body fat in elderly subjects by dual-energy x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and anthropometry. *Am. J. Clin. Nutr.* **53** : 1117-1123.
24. 田中喜代次, 金 憲経 1998. 生体電気インピーダンス (BI) 法とその応用. *臨床検査* **42** : 1055-1058.
25. 田中喜代次, 金 憲経, 中西とも子, 天貝 均 1999. 多周波数インピーダンス法による日本成人の身体組成の評価. *日本運動生理学雑誌* **6** : 37-45.
26. 田中喜代次, 錦織法晴, 奥野 淳, 金 憲経, 渡辺完児, 中塘二三生 1999. 細胞膜抵抗を考慮した体水分量の推定に関する提案. *教育医学* **45** : 52-53.
27. **Visser, M., Deurenberg, P. and Van Staveren, W. A.** 1995. Multi-frequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.* **49** : 256-266.
28. **Waki, M., Kral, J. G., Mazariegos, M., Wang, J., Pierson, R. N. Jr. and Heymsfield, S. B.** 1991. Relative expansion of extracellular fluid in obese vs. nonobese women. *Am. J. Physiol.* **261** : E199-203.
29. 山本貴志子, 西亀正之 2000. 多周波数インピーダンス法による日本成人の身体組成評価—体脂肪と体水分の年代比較—. *広大医誌*. **48** : 259-266.
30. 吉田佳織, 大類方巳, 原 美佳子, 久内 徹, 菅谷仁, 原田 尚 1994. 人間ドックにおける肥満例の検討—BMI と体脂肪率 (インピーダンス法) の組み合わせによる—. *健康医学* **9** : 41-45.
31. 由田克士, 田畑正司, 森河裕子, 西条旨子, 千間正美, 三浦克之, 高原英幸, 奥村義治, 河野俊一, 高瀬悦子, 石崎昌夫, 中川秀昭 1994. 生体インピーダンス法で測定した体脂肪率, BMI と循環器健診成績との関係. *北陸公衛誌*. **21** : 18-22.

## The Association of Percent Body Fat using Multi- frequency Bioelectrical Impedance Method and Various Indices from a Medical Examination in Japanese Adults

Kishiko YAMAMOTO<sup>1)</sup> and Masayuki NISHIKI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Basic and Clinical Nursing Course, Graduate School of Medical Sciences, Hiroshima University

<sup>2)</sup>Institute of Health Sciences, Hiroshima University School of Medicine

We investigated percent body fat (%FAT) using multi-frequency impedance method and discussed the correlation with medical examination values. The subjects were 379 males ( $39 \pm 15$  years) and 398 females ( $45 \pm 18$  years), aged 18 to 84 years. Each person was previously informed about the purpose of this study. Body composition was measured by multi-frequency impedance instrument using 140 points frequency 2.5 to 350 kHz (MLT-100, Sekisui). Medical examination was assessed by values of aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), total cholesterol (TC), high density lipoprotein cholesterol (HDL), triglyceride (TG), fasting blood sugar (FBS), systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP). The relation between the %FAT value and medical examination values were interlaced with various factors such as age and sex. In high %FAT groups except for males aged 18 to 29 years, the median values of fat mass and body mass index were higher than those in normal %FAT groups, and there was no difference in the median value of fat free mass between the two groups. In high %FAT groups, the median values of AST, ALT, TG for males and SBP, DBP for females were higher than those in normal %FAT groups. In high %FAT groups, the median values of HDL for males and females were lower than those in normal %FAT groups. These results suggest that higher body fat individuals are related to life style, depending on the diseases. It was concluded that measuring %FAT will be useful to screen for medical and health checks.