インピーダンス法による日本人の体水分量推定式

村岡 康博, 小宮 秀一

九州大学健康科学センター

Equation for Estimating Total Body Water by Bioelectrical Impedance Measurements in Japanese Subjects

Yasuhiro MURAOKA and Shuichi KOMIYA
Institute of Health Science, Kyushu University

This article reports a study in which the equation for total body water (TBW) estimated from deuterium($^2\text{H}_2\text{O}$)-dilution method and bioelectrical impedance measurement (BIM) is described. Subjects were 60 healthy males aged 30 ± 18.3 yr (18~74) and 31 healthy females aged 37 ± 17.5 yr (19~70). Total body water determined by the analysis of the dilution of orally ingested deuterium oxide ($1\text{g}^2\text{H}_2\text{O}$, 99.75 atom % excess/kg body weight) in urine. Bioelectrical impedance was measured for each subjects in a supine position using an electrical impedance analyzer ($500\mu\text{A}$, 50kHz, T-1988K, Toyo Physical Inc.) with a four electrodes (Y-250, Nihon Kohden). The mean values of total body water and the impedance in males and females subjects were $34.1 \pm 4.27 \ell$ and $25.7 \pm 2.42 \ell$, $567 \pm 28.5\Omega$ and $562 \pm 32.5\Omega$, respectively. Height squared divided by resistance (Ht^2/R) correlated well with TBW as measured by $^2\text{H}_2\text{O}$, $r=0.530$ ($p<0.001$) in males and $r=0.782$ ($p<0.001$) in females. The best-fitting regression equation to predict TBW comprised $\text{Ht}^2/\text{R}(\text{X}_1)$ and body weight(X_2) ($R=0.915$, $\text{SEE}=1.70 \ell$ in males and $R=0.834$, $\text{SEE}=1.28 \ell$ in females). Equations were provided with BIM instrument for the prediction of TBW: for males TBW, $\ell = 0.1983\text{X}_1 + 0.4004\text{X}_2 - 0.7938$ and for females TBW, $\ell = 0.3536\text{X}_1 + 0.1269\text{X}_2 + 3.3417$. These results suggest that bioelectrical impedance measurement is a useful measure of total body water in Japanese subjects.

(Ann. Physiol. Anthropol. 10(4): 203-210, 1991)

Key words: Bioelectrical impedance, Deuterium dilution, Total body water, Multiple regression, Japanese.

現在, 全身の身体組成量を間接的に推定するには, 水中体重 (Brown ら, 1977, Zuti ら, 1976), 体水分量 (Komiya, 1984, Komiya ら, 1981), K^{40} 量 (Forbes ら, 1970, Novak, 1972), 尿中クレアチニン排泄量 (Komuro ら, 1982) などの測定による方法がある。さらに, 簡便法としては皮下脂肪厚の測定による方法 (Nagamine ら, 1964, David, 1990) などがある。また, 身体局所の組成量を推定する方法としては, CT 法

(Gary, 1983, Seidell ら, 1990), MRI 法 (Harrison, 1982, Seidell ら, 1990) などがある。しかし, これらの方法には, 測定の困難性, 経済性, あるいは測定精度などに関して多くの問題点が指摘されている (Garrow, 1974, Harasha ら, 1978, Komiya, 1991)。

全身の身体組成量を推定する条件としては, 簡便, 迅速, 安全, 非侵襲的に測定でき, しかも推定精度が高いということが望ましい。

近年、身体組成を推定するために臨床医学の研究分野で開発されたインピーダンスプレチスモグラフを応用したインピーダンス法が、簡便で測定精度が高いということで注目されてきている。

このインピーダンス法は、人体に電流を流した時の伝導に基礎をおいている。つまり、人体を除脂肪組織 (Fat Free Mass=FFM) と脂肪組織 (Fat Mass=FM) に 2 分して導体と考え、人体組織における伝導は導体に含まれている水分とその中に溶解している電解質の量に比例する。従って、インピーダンス法は、たんぱく質を含み、水分と電解質から構成されている FFM が、水分をほとんど含まない FM より伝導率が大きく、抵抗率が小さいため電流が流れやすいという原理に立脚している。次に、このインピーダンス値から、体水分量 (Total Body Water=TBW) が推定できるという仮説は、幾何学的導体のインピーダンスが、導体の長さ、組成、横断面積、そして、電流の周波数と関連性があることを基礎としている。すなわち、一定周波数を用い、導体の組成がほぼ均一であると仮定すると、インピーダンスは、導体の大きさ、あるいは、導体容量に関係することになる。

Hoffer ら (1970) は、インピーダンス値と TBW との間に高い相関関係 ($r=-0.70$) があることを報告している。このインピーダンスによる身体組成の推定法は、Nyboer (1970) や Hoffer ら (1970) の基礎的研究を応用して開発されたものである。その後、米国を中心に測定器の開発と、インピーダンスと体密度 (Body density) との関係から身体組成を推定する研究が行われてきている。

近年、わが国でも、この種の測定器の開発や体密度との関係から日本人の身体組成推定式を作成する研究がみられる。しかし、インピーダンス法の根本原理である生体容量、つまり、TBW とインピーダンスとの関係に関する研究はまだみられない。

本研究は、重水希釈法によって定量された TBW と、インピーダンス測定値との関係を検討している。また、インピーダンス法による日本人の TBW 推定式を作成し、その TBW を基礎とした身体組成の推定法についても検討している。

方 法

被験者は、健康な 18 歳～74 歳までの男性 60 名と、19

歳～70 歳までの女性 31 名である。

人体計測と重水 ($^2\text{H}_2\text{O}$) の経口投与による TBW の定量、およびインピーダンスの測定は、1990 年 3 月～10 月までの 8 ヶ月間に実施した。

1. 形態と皮下脂肪厚の測定

身長、体重、胸囲、座高、上肢長、頸囲、腰囲、腹囲、臀囲、上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲、上腕骨端幅、大腿骨端幅の測定は、一般的な方法によって実施した。

頬骨下縁部、舌骨部、胸部、側胸部、腹部、腰部、上腕背側部、肩甲骨下部、背中上部、背中下部、膝蓋部、前大腿部、後大腿部、下腿部の計 14 部位の皮下脂肪厚は、栄研式 caliper によって熟練した同一検者が測定した。

2. 体型評価

被験者の体型は、Heath-Carter 法によって評価した。

3. 体水分量 (TBW) の測定

被験者には、早朝空腹時、排尿排便後、そして、インピーダンスの測定直後に、体重 1 kg 当り 1 g の割合の $^2\text{H}_2\text{O}$ (99.75%) を 20% に水で希釈したものを経口投与した。投与後体内で希釈され平衡状態に達した 3 時間後の尿中 $^2\text{H}_2\text{O}$ 濃度 (% $^2\text{H}_2\text{O}$) は、260—50 型、日立赤外分光光度計によって測定 (Komiya, 1981) し、TBW は、次式によって求めた。

$$\text{TBW}, \ell = ^2\text{H}_2\text{O 投与量}, \text{g} / (\% ^2\text{H}_2\text{O} \times 10)$$

4. インピーダンスの測定

インピーダンスの測定 (Komiya ら, 1990) は、独自に開発した 4 電極インピーダンス測定器 (T-1988K, トーヨーフィジカル, 福岡) を用い、10Vp-p, 50kHz, 500 μ A で測定した。被験者は、10 時間以上の空腹状態を保ち、排尿排便後に、通電可能な金属類を身体からはずして、ベッド上に素足で両足を軽く開き、両腕も体幹から軽く離れた状態で仰臥した。電極は NIHON-KOHDEN 社製の Y-250 を使用し、アース電極は右手背と右足背の第 1・第 2 中手骨間と中足骨間の 2 ヶ所、検出電極は右手首の豆状骨突起間と右足首の内果と外果の中間部の 2 ヶ所に装着した。電極の装着は皮膚をアルコールで拭き、完全に乾燥した後に実施した。インピーダンスの測定は、通電 2 分後に安定した値を測定した。図 1 は、インピーダンスの測定法を示している。

Fig.1 Method of bioelectrical impedance measurement.

5. 身体組成の推定

除脂肪量 (FFM) は, 重水 ($^2\text{H}_2\text{O}$) 希釈法によって求めた体水分量 (TBW) より FFM, $\text{kg} = \text{TBW}, \ell / 0.732$ の式 (Pace ら, 1945) によって求め, 体重と FFM との差を体脂肪量 (FM, kg) とした.

皮下脂肪量 (SF, g) は, 14部位の平均皮下脂肪厚 (cm), 皮膚厚 (0.11cm), 体表面積 (cm^2), および脂肪組織の密度 ($0.9\text{g}/\text{cm}^3$) から次式によって求めた (Komiya ら, 1985).

Subcutaneous Fat, g = (average 14 skinfolds, cm / 2 - 0.11cm) $\times$ body surface area, $\text{cm}^2 \times 0.900\text{g}/\text{cm}^3$

体内深部脂肪量 (IF, kg) は, 体水分量法によって求めた体脂肪総量 (Total Body Fat) と皮下脂肪量 (kg) の差とした.

Internal Fat, kg = Total Body Fat, kg -

Subcutaneous Fat, kg

6. 推定式確立のための統計処理

重水希釈法によって定量された TBW を従属変数

とし, TBW と高い相関を示した身長²/インピーダンス値 (Ht^2/R) に各形態測定値を順次追加する変数増加法による重回帰分析を行い, 重相関係数 (R) が最も高く, TBW 推定の標準誤差 (SEE) が最も小さい式を求めた. 統計的分析は NEC PC-9801Vm コンピューターによって行なった.

結 果

表 1 は, 被験者の年齢と身体特性を示している. 被験者の平均年齢には有意な性差はなく, 男性 30 ± 18.3 歳 (18~74), 女性 37 ± 17.5 歳 (19~70) であった. 被験者の身長 (男性 $151.9 \sim 187.1\text{cm}$, 女性 $148.0 \sim 169.5\text{cm}$), 体重 (男性 $42.2 \sim 90.7\text{kg}$, 女性 $41.0 \sim 66.8\text{kg}$) と, 重水希釈法によって求めた TBW (男性 $24.2 \sim 49.2\ell$, 女性 $21.4 \sim 31.9\ell$) などの身体特性はかなり広い範囲に分布していた.

身長, 体重, FFM, および TBW は男性の方が 0.1% 水準で有意に高い値を示し, FM, 体脂肪比率 (% Fat) と皮下脂肪量 (Subcutaneous Fat, kg) は, 女性の方が 0.1% 水準で有意に高い値を示した. しかし, 体内深部脂肪量 (Internal Fat, kg) には有意な性差がみられなかった.

図 2 は, 被験者の体型を Heath-Carter 法によって評価したものである. 男性では, 3 要因得点の平均値が均一でバランスがとれていたが, 女性の平均値では内胚葉性得点が高いという偏りがみられた. 表 2 は, 測定されたインピーダンス値と, 算出された Ht^2/R の平均値と標準偏差を示している. インピーダンス値の

Table 1 Physical characteristics of 91 subjects.

	Male N=60		Female N=31		t
	Mean $\pm$ SD	Range	Mean $\pm$ SD	Range	
Age, yr	30.8 ± 18.32	18-74	37.9 ± 17.54	19-70	n.s.
Height, cm	169.8 ± 7.28	151.9-187.1	155.5 ± 6.11	148.0-169.5	***
Weight, Kg	61.2 ± 8.36	42.2-90.7	55.6 ± 6.18	41.0-66.8	***
Body Fat, Kg	14.6 ± 4.24	5.9-27.5	20.6 ± 5.00	10.1-30.1	***
% Body Fat	23.6 ± 5.00	12.4-37.0	36.7 ± 5.76	24.6-48.1	***
Internal Fat, Kg	7.8 ± 2.71	2.2-11.8	8.2 ± 2.85	3.4-14.4	n.s.
Subcutaneous Fat, Kg	7.0 ± 3.98	2.5-20.3	12.5 ± 2.90	7.5-16.4	***
Fat Free Mass, Kg	46.6 ± 5.83	33.1-67.2	35.1 ± 3.32	29.2-43.5	***
Total Body Water, ℓ	34.1 ± 4.27	24.2-49.2	25.7 ± 2.42	21.4-31.9	***

Calculated from hydrometry according $^2\text{H}_2\text{O}$ dilution method.

*** $p < 0.001$

範囲は、男性486～631Ω、女性523～652Ωで、それぞれの平均値間に有意な性差はみられなかった。しかし、 Ht^2/R の平均値間には、0.1%水準の有意な性差が認められた。表3は、インピーダンス値と身長、体重、および身体組成との相関を示したものである。TBWと高い相関を示したのは男女とも体重（男性 $r=0.881$ 、女性 $r=0.610$ ）であったが、 Ht^2/R もTBWと高い相関（男性 $r=0.530$ 、女性 $r=0.782$ ）を示した。図3は、 Ht^2/R とTBW、およびTBWから算出されたFFMとFMとの関係を示したものである。 Ht^2/R とFFMとの相関係数はTBWと同様、男性 $r=0.529$

と女性 $r=0.780$ で、いずれも0.1%水準の有意な相関を示した。しかし、 Ht^2/R とFMとは有意な相関を示さなかった。表4は、重水希釈法によって定量されたTBWと Ht^2/R (X_1)と体重 (X_2)を用いた重回帰分析によるTBWとFFMの推定式を示している。男女のTBW推定式は、ともに重相関係数（男性 $R=0.915$ 、女性 $R=0.834$ ）が高く、推定の標準誤差（男性1.7ℓ、女性1.28ℓ）は非常に小さな値を示した。このTBW推定式から算出されたFFMのSEEは、男性2.32kg、女性1.80kgであった。

考 察

インピーダンス法が体水分量の推定に利用できるという原理は、人体を単純な幾何学的な系、たとえば円柱形のような導体だと仮定した時、インピーダンスが導体の長さ、横断面積、および組成の関数として表すことができることによる。従って、人体が単純な円柱形で、どの横断面積も同じで、組成も均一なもので構成されていると仮定すれば、一定の周波数を用いることによって、そのインピーダンスは、導体の長さに比例し、横断面積に逆比例することになる。さらに、人体を構成する各種組成に電流を流したときの抵抗率 ρ が一定で、個体差がないとすれば、このインピーダンスから生体容量である体水分量を推定することは可能になる。しかし、人体は横断面積も組成も均一ではない。ここに、インピーダンス法の限界がある。

Fig. 2 Somatoplots of 91 subjects.

Table 2 Bioelectrical impedance in 91 subjects.

	Male N=60		Female N=31		t
	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range	
Impedance, ohm	567±28.5	486-631	562±32.5	523±652	n.s.
Ht^2/R	51.11±5.658	40.04-66.67	43.20±4.377	34.46-52.92	***

$$R = \frac{R^2}{Xc^2}$$

Rt arm/Rt leg electrode placement

***..... $p < 0.001$

Table 3 The correlation coefficients between impedance and selected variables.

		Ht	Wt	TBW	FFM	FM	%Fat
R	male	-0.243	-0.010	-0.208	-0.207	0.268*	0.387
	female	-0.136	-0.420	-0.411*	-0.411*	-0.283	-0.135
Ht^2/R	male	0.886***	0.338**	0.530***	0.529***	-0.064	-0.286*
	female	0.853***	0.449*	0.782***	0.780***	0.042	-0.203

*..... $p < 0.05$, **..... $p < 0.01$, ***..... $p < 0.001$

Fig. 3 Liner regression on impedance measurements corrected for height of :
A: Total Body Water, B: Fat Free Mass, C: Fat Mass.

Table 4 The estimation equation of TBW and FFM.

Male (N=60)		
TBW, ℓ	$= 0.1983X_1 + 0.4004X_2 - 0.7938$	$R = 0.915, p < 0.001, SEE = 1.70 \ell$
FFM, kg	$= 0.2703X_1 + 0.5521X_2 - 1.0281$	$R = 0.915, p < 0.001, SEE = 2.32kg$
Female (N=31)		
TBW, ℓ	$= 0.3536X_1 + 0.1269X_2 - 3.3417$	$R = 0.834, p < 0.001, SEE = 1.28 \ell$
FFM, kg	$= 0.4834X_1 + 0.1751X_2 - 4.4375$	$R = 0.836, p < 0.001, SEE = 1.80kg$

X_1 Ht^2/R , X_2Weight

インピーダンスと体水分量との関係は、Hoffer ら (1970) によってはじめて報告され、インピーダンスと体水分量は負の相関 ($r=-0.70$) を示し、 Ht^2/R と体水分量は高い正の相関 ($r=0.92$) を示すことが明らかにされた。その後、アイソトープを利用した希釈法によって求められた体水分量とインピーダンスとの関係を検討している研究は少なく、体水分量推定式もそれほど多くはない。Kushner ら (1986) は、健康な男性と女性について ($R=0.99$, $SEE=1.75\ell$)、そして、Kushner ら (1990) は、肥満女性について ($R=0.971$, $SEE=1.47\ell$) の体水分量推定式を報告している。しかし、日本人のインピーダンスと体水分量に関する研究はなく、インピーダンスから体水分量を推定する式もない。

われわれは独自にインピーダンス測定器を開発し、インピーダンスと重水希釈法による体水分量との関係から体水分量推定式 (男性 $R=0.915$, $SEE=1.70\ell$, 女性 $R=0.834$, $SEE=1.28\ell$) を開発した。この開発された推定式 (BI-TBW 式) と前述した既存の 2 式とを比較しても、 R や SEE にそれほど大きな差はみられない。

インピーダンスを利用して身体組成を推定する研究の多くは、体密度法による FFM とインピーダンスの関係によるものが多い。Segal ら (1985) は、体密度法による FFM とインピーダンス法による FFM との相関が $r=0.800\sim0.857$ で、標準の推定誤差は $SEE=3.18\sim3.70\text{kg}$ であったと報告している。また、Khaled ら (1988) は体密度法による % Fat とインピーダンス法による % Fat との相関は $r=0.977$ で、 $SEE=2.01\%$ であったと報告している。本研究の結果でも、体水分量法による FFM とインピーダンス法による FFM との関係は、男性 $r=0.914$, $SEE=1.80\text{kg}$, 女性 $r=0.836$, $SEE=2.32\text{kg}$ であることが明らかにできた。従って、本研究の結果からも、インピーダンス法が身体組成を推定する有効な方法であることが示唆された。

本研究は、ある母集団を対象に体水分量推定式を作成しようとしたものである。この種の研究の場合、あらゆる体型から幅広いサンプルを採用し、推定式の妥当性を高める必要がある。本研究では、被験者の体型を Heath-Carter 法で評価したが、女性のサンプルが内胚葉性に偏っていた傾向があり、このサンプル特性

が分析結果に影響を及ぼした可能性が考えられる。すなわち、外胚葉性得点が高く、やせ傾向にある女性対象者では多少大きな推定誤差が出る可能性がある。

現代社会における過栄養と運動不足の状態は、摂取と消費のエネルギー量にアンバランスが生じやすく、肥満やそれに伴う糖・脂質代謝異常の誘因となりやすいことが指摘されている。さらに、最近の研究結果では、これらの肥満に伴う合併症は体脂肪の分布、とくに腹腔内蓄積脂肪と高い相関を示すことが、Matsuzawa ら (1987) の研究によって明らかにされている。

しかし、現在、わが国で最もポピュラーに採用されている皮下脂肪厚法では、体内深部脂肪量 (Internal-Fat, kg) を正確に評価していないのではないかとということが報告 (Komiya, 1991) されている。

従って、これからの身体組成の研究においては、体内深部脂肪量をも正確に評価できる簡便な測定法の開発が望まれている。

本研究で開発した、BI-TBW 法による % Fat は、皮下脂肪厚法による % Fat と非常に高い相関を示すが、BI-TBW 法による % Fat の方が約 10% 程度 over estimate する傾向にある (Komiya ら, 1990)。また、この両 % Fat 間の差は、皮下脂肪厚とは有意な相関を示さず、皮下脂肪とは無関係であることが報告されている (Komiya ら, 1990)。しかし、体内深部脂肪量は両 % Fat 間の差が大きい者ほど多く、その差が小さい者ほど少ない傾向が明らかにされている (Komiya ら, 1990)。これらのことから、この BI-TBW 法が、皮下脂肪量と体内深部脂肪量とを分離して評価しているわけではないが、皮下脂肪厚法との 10% の差は、体内深部脂肪量に起因しているのではないかと考えている。

しかし、先述したようにこのインピーダンス法は、その原理を人に応用する場合、いくつかの仮定を許容した上に成り立っている。

そして、電極装着時の条件や測定時の各種条件によってインピーダンス値が多少変動することが考えられる。さらに、人の加齢に伴う体水分量の変化を考慮すると我々が開発した BI-TBW 法による推定式は、各年代別に作成される必要もあると考えている。

要 約

本研究は、健康な 18 歳～74 歳までの男性 60 名と、19 歳～70 歳までの女性 31 名を被験者とし、重水希釈法に

よって定量された TBW と、インピーダンス値との関係を検討している。また、このインピーダンス値から日本人の体水分量を推定する式を作成している。結果は次のように要約できる。

1) 被験者の平均年齢には有意な性差はなく、身長、体重、および重水希釈法によって求めた TBW などの身体特性にはかなり幅広い分布がみられた。

2) 身長、体重、FFM、および TBW の平均値は男性の方が有意に高い値($p < 0.001$)を示し、FM、% Fat と皮下脂肪量は、女性の方が有意に高い値($p < 0.001$)を示した。しかし、体内深部脂肪量には有意な性差がみられなかった。

3) インピーダンス値の範囲は、男性486~631 Ω 、女性523~652 Ω で、それぞれの平均値間に有意な性差はみられなかった。しかし、 Ht^2/R の平均値は男性の方が大きく、その性差は、0.1%水準で有意であった。

4) 体重と Ht^2/R が TBW と高い相関を示し、男性はそれぞれ $r=0.881$ と $r=0.530$ で、女性は $r=0.610$ と $r=0.782$ で、いずれも0.1%水準の有意な相関を示した。

5) Ht^2/R と FFM との相関は TBW と同様、男性 $r=0.529$ と女性 $r=0.780$ で、いずれも0.1%水準の有意な相関を示した。しかし、 Ht^2/R と FM とは有意な相関を示さなかった。

6) 重水希釈法によって定量された TBW と Ht^2/R (X_1) と体重 (X_2) の2変量を用いた重回帰分析による体水分量推定式は、

$$\text{男性 TBW, } \ell = 0.1983X_1 + 0.4004X_2 - 0.7938, \\ (R=0.915, \text{ SEE}=1.7\ell)$$

$$\text{女性 TBW, } \ell = 0.3536X_1 + 0.1269X_2 + 3.3417 \\ (R=0.834, \text{ SEE}=1.28\ell)$$

であった。

参考文献

- Brown, W. J. and Jones, P. R. M., 1977: The distribution of body fat in relation to habitual activity. *Ann. Hum. Biol.*, 4: 537-550.
- David, S. G., 1990: Skinfold thickness measurements in obese subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 51: 571-577.
- Forbes, G. B. and Reina, J. C., 1970: Adult lean body mass declines with age: Some longitudinal observation. *Metabolism*, 19: 653-663.
- Garrow, J. S., 1974: Techniques for the measurement of human body composition. *West Indian Medical Journal*, 23: 875-878.
- Gary, A. B., David, E. H., Stephen, G. G., Alan, h. R. and Cynthia, K. S., 1983: Age changes in body composition revealed by computed tomography. *Journal of Gerontology*, 38: 673-677.
- Harrison, G. G. and Van Itallie, T. B., 1982: Estimation of body composition: a new approach based on electromagnetic principles. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35: 1176-1179.
- Harsha, D. W., 1978: Densitometric technique for under water weighing. *J. Sports Med. Physical Fitness*, 18: 253-262.
- Hoffer, E. C., Meador, C. K. and Simpson, D. C., 1970: A relationship between whole body impedance and total body water volume. *Ann. NY. Acad. Sci.*, 170: 452-461.
- Khaled, M. A., McCutcheon, M. J., Reddy, S., Pearman, P. L., Hunter, G. R. and Weinsier, R. L., 1988: Electrical impedance in assessing human body composition the BIA method. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47: 789-792.
- 小宮秀一, 小室史恵, 立田清朗, 1981: 重水 希釈法による体内総水分量の定量. *体育学研究*. 26: 161-167.
- Komiya, S., 1984: Aging, total body water and fat mass in Japanese males between ages 9 and 77 years. *Ann. Physiol. Anthro.*, 3: 149-151.
- 小宮秀一, 吉川和利, 1985: 日本人男子の体脂肪率(% Fat) 推定式. *体力科学*. 34: 259-268.
- Komiya, S., Masuda, T., 1990: Estimation of human body composition by bioelectrical impedance measurements. Equation for estimating total body water in Japanese subjects. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.*, 39: 53-59.
- 小宮秀一, 1991: 身体組成の推定法を考える. *Ann. Physiol. Anthro.*, 10: 3-17.
- 小室史恵, 小宮秀一, 1982: 尿中クレアチニン排泄量による身体組成の推定. *健康科学*. 4: 145-151.
- Kushner, R. F. and Schoeller, D. A., 1986: Estima-

- tion of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.*, 44 : 471-424.
- Kushner, R. F., Kunigk, A., Alspaugh, M., Andronis, P., Leitch, C. A. and Schoeller, D. A., 1990 : Validation of bioelectrical-impedance analysis as a measurments of change in body composition in obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52 : 219-223.
- 松沢佑次, 徳永勝人, 藤岡滋典, 垂井清一郎, 1987 : 内臓脂肪蓄積型肥満と合併症. *Pharma Medica.*, 5 ; 53-58.
- Nagamine, S. and Suzuki, S., 1964 : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Hum. Biol.*, 36 : 8-15.
- Novak, L. P., 1972 : Aging, total body potassium, fat-free mass, and cell mass in males and females between ages 18 and 85 years. *J. Gerontology*, 27 : 438-443.
- Nyboer, J., 1970 : Electrical impedance plethysmography. IL : CC Thomas, Springfield.
- Pace, N., and Rathbun, E., 1945 : Studies on body composition. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J. Biol. Chem.*, 158 : 686-691.
- Segal, K. R., Gutin, B., Presta, E., Wang, J. and Van Italie, T. B., 1985 : Estimation of human body composition by electrical impedance methods. *J. Appl. Physiol.*, 58 : 1565-1571.
- Seidell, J. C., Bakker, C. JG. and Kooy, K., 1990 : Imaging techniques for measuring adipose-tissue distribution- a comparison between computed tomography and 1.5-T magnetic resonance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 51 ; 953-957.
- Zuti, W. B. and Golding, L. A., 1976 : Comparring diet and exercise as weight reduction tools. *Physician Sportmedicine.*, 4 : 49-53.

(1991年4月24日受付)

村岡 康博

Yasuhiro MURAOKA

〒816 春日市春日公園6-1 九州大学健康科学センター

Institute of Health Science, Kyushu University 11, Kasuga 816, Japan