

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-65282

(P2004-65282A)

(43) 公開日 平成16年3月4日(2004.3.4)

(51) Int.Cl.⁷

A61B 5/05

F1

A61B 5/05

B

テーマコード(参考)

4C027

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-224442(P2002-224442)
 (22) 出願日 平成14年8月1日(2002.8.1)

(71) 出願人 000133179
 株式会社タニタ
 東京都板橋区前野町1丁目14番2号
 (72) 発明者 佐藤 真紀
 東京都板橋区前野町1丁目14番2号
 株式会社タニタ内
 Fターム(参考) 4C027 AA06 CC00 DD03 EE01 FF01
 GG00 GG13 HH08 HH11 KK00
 KK05

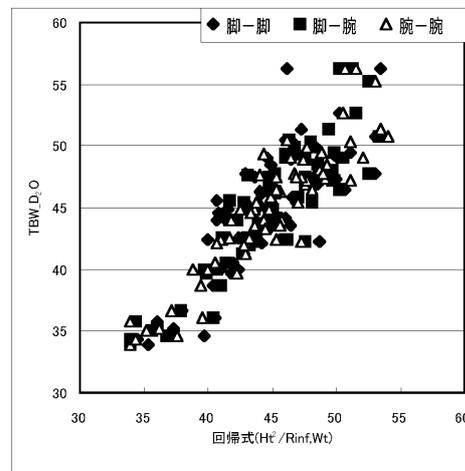
(54) 【発明の名称】 体水分測定装置

(57) 【要約】

【課題】多周波生体電気インピーダンス測定において、適切な回帰式を用いて被験者の総体水分量(TBW)、細胞外液量(ECW)、細胞内液量(ICW)といった体水分量を演算する。それにより、正確かつ簡単に体水分量の演算を行うことができる装置を提供すること。

【解決手段】多周波生体電気インピーダンス測定によるデータから、最も細胞外液と関係のある R_0 と体水分と関係のある R_{inf} を求め、これらの値を用いて算出される細胞外液抵抗 R_e と細胞内液抵抗 R_i から、被験者毎の臨海周波数の違いによる影響は除去され、かつ、人体の体積を表すとされるインピーダンスインデックス(Ht^2/R)に加え、身体的特徴を表す指標を組み合わせることによって総体水分量(TBW)、細胞外液量(ECW)、細胞内液量(ICW)の算出をより正確に行うことができる。

【選択図】 図1



		重相関 R	標準誤差
男性	脚-脚	0.83	3.0
	脚-腕	0.89	2.4
	腕-腕	0.91	2.2

TBWと Ht^2/R_{inf}		重相関 R
男性	脚-脚	0.72
	脚-腕	0.86
	腕-腕	0.84

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、

測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備える体水分測定装置において、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$TBW = a_1 Ht^2 / R_{inf} + d_1 Wt + e_1 Age + f_1 Ht + g_1 BMI + h_1$$

(但し、TBW：総体水分量、Ht：身長、Wt：体重、Age：年齢、BMI：体格指数、 R_{inf} ：周波数無限大時のインピーダンス、 $a_1, d_1, e_1, f_1, g_1, h_1$ は定数) 10

を用いることを特徴とする体水分測定装置。

【請求項 2】

複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、

測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備える体水分測定装置において、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$ECW = b_2 Ht^2 / Re + d_2 Wt + e_2 Age + f_2 Ht + g_2 BMI + h_2$$

(但し、ECW：細胞外液量、Ht：身長、Wt：体重、Age：年齢、BMI：体格指数、Re：細胞外液抵抗、 $b_2, d_2, e_2, f_2, g_2, h_2$ は定数) 20

を用いることを特徴とする体水分測定装置。

【請求項 3】

複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、

測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備える体水分測定装置において、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$ICW = c_3 Ht^2 / Ri + d_3 Wt + e_3 Age + f_3 Ht + g_3 BMI + h_3$$

(但し、ICW：細胞内液量、Ht：身長、Wt：体重、Age：年齢、BMI：体格指数、Ri：細胞内液抵抗、 $c_3, d_3, e_3, f_3, g_3, h_3$ は定数) 30

を用いることを特徴とする体水分測定装置。

【請求項 4】

複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、

測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備える体水分測定装置において、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$TBW = a_4 Ht^2 / R_{inf} + d_4 Wt + h_4$$

(但し、TBW：総体水分量、Ht：身長、Wt：体重、 R_{inf} ：周波数無限大時のインピーダンス、 a_4, d_4, h_4 は定数) 40

を用いることを特徴とする体水分測定装置。

【請求項 5】

複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、

測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備える体水分測定装置において、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$ECW = b_5 Ht^2 / Re + d_5 Wt + h_5$$

(但し、ECW：細胞外液量、Ht：身長、Wt：体重、Re：細胞外液抵抗、 b_5, d_5, h_5 は定数) 50

h_5 は定数)

を用いることを特徴とする体水分測定装置。

【請求項6】

複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、

測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備える体水分測定装置において、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$ICW = c_6 Ht^2 / Ri + d_6 Wt + h_6$$

(但し、ICW:細胞内液量、Ht:身長、Wt:体重、Ri:細胞内液抵抗、 c_6 , d_6 10

h_6 は定数)

を用いることを特徴とする体水分測定装置。

【請求項7】

更に体重を測定可能な体重測定手段を備え、測定された体重値を前記回帰式の体重として使用する請求項1から6のいずれか1項に記載の体水分測定装置。

【請求項8】

更に身長を測定可能な身長測定手段を備え、測定された身長を前記回帰式の身長として使用する請求項1から6のいずれか1項に記載の体水分測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】 20

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定することにより人体内の体水分を測定する体水分測定装置に関し、詳しくはその体水分を算出する推定式に関する。

【0002】

【従来の技術】

生体電気インピーダンスを測定して、被験者の体水分量を推定することが可能であることが知られている。

【0003】

総体水分量(TBW)、細胞外液量(ECW)、細胞内液量(ICW)といった被験者の体水分量を重水希釈法(D_2O)、ブロマイド(Br)測定法、体内カリウム(TBK)測定法といった測定法で求めた水分量と比較することで体水分量を算出する回帰式を作成している。例えば、次のような回帰式が知られている。下記は従来のインピーダンスインデックス Ht^2 / Z のZは固定周波数(50kHzや200kHz)でのインピーダンス値である。R5は測定周波数5kHzの時の抵抗値、Z50は測定周波数50kHzのときのインピーダンス値である。 30

$$Kushner \text{ and } Schoeller \quad TBW = 0.5561 * Ht^2 / Z + 0.955 * Wt + 1.726$$

$$Davies \text{ ら} \quad TBW = 0.60 * Ht^2 / Z + 0.50$$

$$Hannan \text{ ら} \quad ECW = 0.178 * Ht^2 / R5 + 0.0688 * Wt + 3.77 \quad 40$$

$$Paton \text{ ら} \quad ICW = 0.265731 * Ht^2 / Z50 + 0.111448 * Wt - 2.59$$

【0004】

このように、従来の体水分量に関する回帰式は、インピーダンスインデックス: Ht^2 / Z に加え、様々な変数(体重:Wt、身長:Ht、年齢:Ageなど)の組合せで作成している。この回帰式を用いて体水分量を算出する際に使用されるインピーダンスZは、単一の固定周波数(例えば50kHzや200kHz)で測定された値である。また、それらの研究では、体水分の基準とする測定法も様々であり、TBWの場合は-重水希釈法、ECWの場合-ブロマイド(Br)測定法、ICWの場合-体内カリウム(TBK)測定 50

法と比較される。

【0005】

また、多周波生体電気インピーダンス測定法による体水分量の算出法も知られている。この方法における回帰式としては、特開平10-14899号に次式が記載されている。

$$V_e = 0.3077 H^2 Y_e$$

$$V_i = 0.8630 H^2 Y_i$$

$$TBW = V_e + V_i$$

ここで、 V_e ：細胞外液量、 V_i ：細胞内液量、 TBW ：体水分量、 H ：身長、 Y_e ：細胞外液抵抗の逆数、 Y_i ：細胞内液抵抗の逆数である。

【0006】

10

【発明が解決しようとする課題】

前述の従来 of 体水分量を求める回帰式は、単一の固定周波数で測定したインピーダンス値を用いて演算することを前提にした式のため、被験者毎に臨海周波数（コールコール軌跡のリアクタンス及び位相角が共に最大になる時の周波数）が異なることを考慮しておらず、これらの式を用いて多周波数インピーダンス測定で得られる値から体水分を演算した場合、正確な体水分量を算出しているとは言えなかった。

【0007】

また、多周波生体電気インピーダンス測定において、体水分量を算出する方法は、臨海周波数の違いによる影響は除去されるが、現在、知られている回帰式は、細胞外液抵抗 R_e 、細胞内液抵抗 R_i のみから体水分を算出しており、身体的特徴を表す指標は身長のみしか用いられておらず、信頼性の面から充分であるとは言えなかった。

20

【0008】

本発明は、多周波生体電気インピーダンス測定において、適切な回帰式を用いて被験者の総体水分量（ TBW ）、細胞外液量（ ECW ）、細胞内液量（ ICW ）といった体水分量を演算する。それにより、正確かつ簡単に体水分量の演算を行うことができる装置を提供することである。

【0009】

【発明を解決するための手段】

本発明の体水分測定装置は、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備え、

30

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$TBW = a_1 H t^2 / R_{i n f} + d_1 W t + e_1 A g e + f_1 H t + g_1 B M I + h_1$$

（但し、 TBW ：総体水分量、 $H t$ ：身長、 $W t$ ：体重、 $A g e$ ：年齢、 $B M I$ ：体格指数、 $R_{i n f}$ ：周波数無限大時のインピーダンス、 $a_1, d_1, e_1, f_1, g_1, h_1$ は定数）

を用いることとする。

【0010】

また本発明の体水分測定装置は、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを備え、

40

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$ECW = b_2 H t^2 / R_e + d_2 W t + e_2 A g e + f_2 H t + g_2 B M I + h_2$$

（但し、 ECW ：細胞外液量、 $H t$ ：身長、 $W t$ ：体重、 $A g e$ ：年齢、 $B M I$ ：体格指数、 R_e ：細胞外液抵抗、 $b_2, d_2, e_2, f_2, g_2, h_2$ は定数）

を用いることとする。

【0011】

また本発明の体水分測定装置は、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダン

50

ス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、
測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを
備え、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$I C W = c_3 H t^2 / R i + d_3 W t + e_3 A g e + f_3 H t + g_3 B M I + h_3$$

(但し、I C W : 細胞内液量、H t : 身長、W t : 体重、A g e : 年齢、B M I : 体格指数、R i : 細胞内液抵抗、 c_3 , d_3 , e_3 , f_3 , g_3 , h_3 は定数)

を用いることとする。

【0012】

また本発明の体水分測定装置は、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、
測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを
備え、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$T B W = a_4 H t^2 / R_{i n f} + d_4 W t + h_4$$

(但し、T B W : 総体水分量、H t : 身長、W t : 体重、 $R_{i n f}$: 周波数無限大時のインピーダンス、 a_4 , d_4 , h_4 は定数)

を用いることとする。

【0013】

また本発明の体水分測定装置は、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、
測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを
備え、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$E C W = b_5 H t^2 / R e + d_5 W t + h_5$$

(但し、E C W : 細胞外液量、H t : 身長、W t : 体重、R e : 細胞外液抵抗、 b_5 , d_5 , h_5 は定数)

を用いることとする。

【0014】

また本発明の体水分測定装置は、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定するための多周波生体インピーダンス測定手段と、
測定された生体電気インピーダンス値に基づいて体水分量を算出するための演算手段とを
備え、

前記体水分量を算出する回帰式として、

$$I C W = c_6 H t^2 / R i + d_6 W t + h_6$$

(但し、I C W : 細胞内液量、H t : 身長、W t : 体重、R i : 細胞内液抵抗、 c_6 , d_6 , h_6 は定数)

を用いることとする。

【0015】

また本発明の体水分測定装置は、更に体重を測定可能な体重測定手段を備え、測定された
体重値を前記回帰式の体重として使用する。

【0016】

また本発明の体水分測定装置は、更に身長を測定可能な身長測定手段を備え、測定された
身長を前記回帰式の身長として使用する。

【0017】

【発明の実施の形態】

生体電気インピーダンス理論では、人体が円筒形の導体と仮定され、身長をH t、身体のインピーダンスをRとしたとき、その体積は $H t^2 / R$ と表すことが出来るとされる。しかし実際には人体が一様な円筒形でないこと、体水分は年齢、性別、体脂肪の程度により異なることから、 $H t^2 / R$ の1変数ではT B Wを正確に求めることはできない。

【0018】

従って本発明では、複数の周波数の交流電流を用いて生体電気インピーダンス値を測定し、測定されたインピーダンス値から、Cole-Cole軌跡に基づき、周波数0Hz時のインピーダンス R_0 と周波数無限大時のインピーダンス R_{inf} を求める。求められた R_0 、 R_{inf} から、細胞外液抵抗 R_e と細胞内液抵抗 R_i を算出する。

【0019】

更にインピーダンスインデックス Ht^2/R の他に、身体的特徴を表す指標を組み合わせることによって総体水分量(TBW)、細胞外液量(ECW)、細胞内液量(ICW)を推測する回帰式を作成する。

【0020】

本発明における体水分の回帰式は、身長 Ht 、体重 Wt 、年齢 Age 、体格指数 BMI 、周波数無限大時のインピーダンス R_{inf} 、細胞外液抵抗 R_e 、細胞内液抵抗 R_i とし、
 $TBW = a_1 Ht^2 / R_{inf} + d_1 Wt + e_1 Age + f_1 Ht + g_1 BMI + h_1$
 $\dots (1)$

(但し、 $a_1, d_1, e_1, f_1, g_1, h_1$ は定数)

$ECW = b_2 Ht^2 / R_e + d_2 Wt + e_2 Age + f_2 Ht + g_2 BMI + h_2$
 $\dots (2)$

(但し、 $b_2, d_2, e_2, f_2, g_2, h_2$ は定数)

$ICW = c_3 Ht^2 / R_i + d_3 Wt + e_3 Age + f_3 Ht + g_3 BMI + h_3$
 $\dots (3)$

(但し、 $c_3, d_3, e_3, f_3, g_3, h_3$ は定数)

を用いる。

【0021】

これらの式において、それぞれの変数は次のような意味を持つ。

Ht^2/R_x ：生体インピーダンス理論では人体が円筒形の導体と仮定され、その体積は Ht^2/R であるとされる。

【0022】

Wt ：体水分は一般の成人男性で体重の60%、女性で50%と言われ、体重に依存する。実際には脂肪の多い女性で体水分量が少ないと言われ、体重よりも除脂肪量に關与するとされる。

【0023】

Age ：体水分は高齢男性で体重の52%、女性で42%と言われ、年齢に依存する。更に細胞内外液量も年齢によって異なり、細胞外液量は若年とあまり変わらないが、細胞内液量は10%程度減少する。

【0024】

Ht ：生体電気インピーダンス値に依存する値であり、生体電気インピーダンスは導体の長さに比例し、断面積に反比例する。人体においては長さ=身長であり、生体電気インピーダンスは身長に比例するといえる。

【0025】

BMI ：肥満の判定に使われることから、 BMI が小さいと体重当たりの脂肪が少ない。つまり除脂肪量が多い体型である。 BMI が大きいと体重当たりの脂肪が多い。つまり除脂肪量が少ない体型である。同じ体重であっても、 BMI 項があることで、除脂肪量が多いか少ないかの判断が可能となり、つまりは体水分の推定に有益であると考えられる。

【0026】

更に具体的な体水分量の回帰式について説明するに、本発明者は、男性65名、女性76名の合計141名の被験者に対して体水分量に関する様々な測定を行った。生体電気インピーダンスの測定値との比較は、 TBW は重水希釈法、 ECW と ICW はプロマイド希釈法、総体内カリウム量との比較を行った。

【0027】

始めに本発明者は、実測した生体電気インピーダンス値を用いて、前述の式(1)に示す

10

20

30

40

50

ようインピーダンスインデックス $Ht^2 / R_{i n f}$ と様々な変数とを組み合わせると総体水分量を算出してみた。その結果と重水希釈法での総体水分量 ($T B W_{D_2 O}$) との関係について調べ、体重のみを変数として用いて算出した総体水分量が高い相関を示していることを見出した。

【0028】

このことより発明者は、総体水分量を求める時、インピーダンスインデックス $Ht^2 / R_{i n f}$ に体重を変数に用いること、具体的には以下の式より総体水分量を求めることを見出した。

$$T B W = a_4 Ht^2 / R_{i n f} + d_4 Wt + h_4 \quad \dots (4)$$

$T B W$ は総体水分量 (l:リットル)、 Ht は身長 (m)、 Wt は体重 (kg)、 $R_{i n f}$ は周波数無限大におけるインピーダンス (= R_i / R_e)、 a_4 、 d_4 、 h_4 は定数 10

【0029】

この式に基づき求めた総体水分量と、重水希釈法における総体水分量との関係を図1、図2に示す。

【0030】

図1は男性の被験者、図2は女性の被験者の場合であり、両足間(脚-脚)、手足間(脚-腕)、両手間(腕-腕)での測定データを示す。重水希釈法における総体水分量との相関係数が男性で0.83~0.91、女性で0.84~0.89であり、インピーダンスインデックス $Ht^2 / R_{i n f}$ のみを変数として算出する場合に比べて相関がよくなっている。尚、標準誤差を見ても、平均体水分量が男性44.6l、女性32.0lに対しそれぞれ、2.2~3.0l、1.9~2.3lと、かなり正確に回帰直線を予測できていると考えられる。 20

【0031】

次に本発明者は、実測した生体電気インピーダンス値を用いて、前述の式(2)に示すようインピーダンスインデックス Ht^2 / R_e と様々な変数とを組み合わせると細胞外液量を算出してみた。その結果とブロマイド希釈法での細胞外液量 ($E C W_{B r}$) との関係について調べ、体重のみを変数として用いて算出した細胞外液量が高い相関を示していることを見出した。

【0032】

このことより発明者は、細胞外液量を求める時、インピーダンスインデックス Ht^2 / R_e に体重を変数に用いること、具体的には以下の式より細胞外液量を求めることを見出した。 30

$$E C W = b_5 Ht^2 / R_e + d_5 Wt + h_5 \quad \dots (5)$$

ここで、 $E C W$ は細胞外液量 (l:リットル)、 Ht は身長 (m)、 Wt は体重 (kg)、 R_e は細胞外液抵抗、 b_5 、 d_5 、 h_5 は定数

【0033】

この式に基づき求めた細胞外液量と、ブロマイド希釈法における細胞外液量との関係を図3、図4に示す。

【0034】

図3は男性の被験者、図4は女性の被験者の場合であり、両足間(脚-脚)、手足間(脚-腕)、両手間(腕-腕)での測定データを示す。ブロマイド希釈法における細胞外液量との相関係数が男性で0.73~0.75、女性で0.71~0.73であり、インピーダンスインデックス Ht^2 / R_e のみを変数として算出する場合に比べて相関がよくなっている。尚、標準誤差を見ても、平均細胞外液量が男性19.0l、女性14.7lに対しそれぞれ、1.9l、1.5~1.6lとかなり正確に回帰直線を予測できていると考えられる。 40

【0035】

また、図5、図6は前述の式(5)で求めた細胞外液量と、カリウム測定法における細胞外液量 ($E C W_{K}$) との関係を示すものであり、図5は男性の被験者、図6は女性の被験者の場合である。両足間(脚-脚)、手足間(脚-腕)、両手間(腕-腕)での測定デ 50

ータを示す。プロマイド希釈法における細胞外液量との相関係数が男性で0.88~0.89、女性で0.75~0.79であり、インピーダンスインデックス Ht^2/Ri のみを変数として算出する場合に比べて相関がよくなっている。尚、標準誤差を見ても、平均細胞外液量が男性19.5l、女性15.4lに対しそれぞれ、1.5l、1.1~1.2lとかなり正確に回帰直線を予測できていると考えられる。

【0036】

次に本発明者は、実測した生体電気インピーダンス値を用いて、前述の式(3)に示すようインピーダンスインデックス Ht^2/Ri と様々な変数とを組み合わせることで細胞内液量を算出してみた。その結果とプロマイド希釈法での細胞内液量(ICW_{Br})との関係について調べ、体重のみを変数として用いて算出した細胞内液量が高い相関を示していることを見出した。

10

【0037】

このことより発明者は、細胞内液量を求める時、インピーダンスインデックス Ht^2/Ri に体重を変数に用いること、具体的には以下の式より細胞内液量を求めることを見出した。

$$ICW = c_6 Ht^2 / Ri + d_6 Wt + h_6 \quad \dots (6)$$

ここで、ICWは細胞内液量(l:リットル)、Htは身長(m)、Wtは体重(kg)、Riは細胞内液抵抗、 c_6 、 d_6 、 h_6 は定数

【0038】

この式に基づき求めた細胞内液量と、プロマイド希釈法における細胞内液量との関係を図7、図8に示す。

20

【0039】

図7は男性の被験者、図8は女性の被験者の場合であり、両足間(脚-脚)、手足間(脚-腕)、両手間(腕-腕)での測定データを示す。プロマイド希釈法における細胞内液量との相関係数が男性で0.72~0.75、女性で0.70~0.72であり、インピーダンスインデックス Ht^2/Ri のみを変数として算出する場合に比べて相関がよくなっている。尚、標準誤差を見ても、平均細胞内液量が男性25.6l、女性17.3lに対しそれぞれ、2.4l~2.6l、2.2lとかなり正確に回帰直線を予測できていると考えられる。

【0040】

また、図9、図10は前述の式(3)で求めた細胞内液量と、カリウム測定法における細胞内液量(ICW_K)との関係を示すものであり、図9は男性の被験者、図10は女性の被験者の場合である。両足間(脚-脚)、手足間(脚-腕)、両手間(腕-腕)での測定データを示す。カリウム測定法における細胞外液量との相関係数が男性で0.69~0.81、女性で0.69~0.74であり、インピーダンスインデックス Ht^2/Ri のみを変数として算出する場合に比べて相関がよくなっている。尚、標準誤差を見ても、平均細胞内液量が男性26.1l、女性16.3lに対しそれぞれ、1.9~2.3l、1.6~1.7lとかなり正確に回帰直線を予測できていると考えられる。

30

【0041】

以上のことから、総体水分量、細胞外液量、細胞内液量を算出する式においては、式(4)~(6)のように、インピーダンスインデックス Ht^2/R に加えて体重のみを変数として用いることで、簡単かつ高精度に体水分量の算出を行うことができる。更に、体水分推定法の基準とされる重水希釈法、プロマイド希釈法、カリウム測定法といったものとの相関係数からみても、本発明の推定式は十分に適用可能であり有用なものと言える。

40

【0042】

【実施例】

以下に本発明の演算式を用いた好適な装置の実施例を図面に基づいて説明する。

【0043】

図11は、本発明に係る体水分測定装置の一実施例の構成を示すブロック図である。図11に示すように、本実施例の体水分測定装置1は、大きく2個のブロックに別けられる。

50

第1番目のブロックは、主として測定に関する制御、演算、データ等の入出力を行うブロックであり、測定および判定に関する制御および演算処理等を行う演算および制御装置2、本測定装置1の制御および演算用プログラム、定数等を記憶するROM3、測定データ、演算結果、外部より読み込んだデータおよびプログラム等を一時的に記憶するRAM4、測定データ、演算結果、基準値、測定に関するパラメータ等を記憶、読み出し、更新可能な不揮発性の補助記憶装置5、操作に関する情報、測定中の状況、測定結果および演算結果等を表示するための表示装置6、外部機器へ測定に関するパラメータおよび測定結果等を出し、または、外部機器より測定に関するパラメータ、測定時の制御情報や制御プログラム等を本測定装置1に読み込むための外部入出力インターフェイス7、外部入出力インターフェイス7と外部機器を接続するための外部インターフェイス端子8、本測定装置1の制御用命令や測定に必要な被測定者の個人パラメータ等を入力するためのキー入力装置9、測定の日時などを管理するための時間情報を得るための時計装置10、本測定装置1の各部分に電力を供給するための電源装置11、外部より電源装置11へ電力を供給するための電源端子12を備える。

10

【0044】

第2番目のブロックは、主としてインピーダンス測定およびそのアナログ信号をデジタル信号に変換するブロックであり、ROM3またはRAM4に記憶された制御プログラムにより決められた周波数の交流信号を発生させる交流信号発生装置20、交流信号発生装置20から出力される交流信号をROM3またはRAM4に記憶された制御プログラムにより決められた実効値で被験者に流すための交流電流出力装置21、被験者に流れる電流を検出し、基準電流検出信号として出力する基準電流検出装置22、基準電流検出装置22を通して交流電流出力装置21より供給される交流電流を被験者に流すための出力端子である交流電流出力端子30および31、基準電流検出装置22の出力であるアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換装置23、被験者の2箇所（手と足）の電位信号を入力するための入力端子である電位測定端子32および33、電位測定端子32および33間の電位信号の差分信号を出力する電位差検出装置25、電位差検出装置25の出力であるアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換装置24を備える。

20

【0045】

1対の交流電流出力端子30、31には測定ケーブル40、41を介して1対の測定電流供給電極50、51が接続され、1対の電位測定端子32、33には測定ケーブル42、43を介して1対の電位測定電極52、53が接続されている。本測定装置1は、被験者の手・足間で生体電気インピーダンス値の測定を行うものであり、各測定用電極50、51、52、53は測定時に被験者の身体の所定の位置に貼付される。すなわち、1対の測定電流供給電極50、51の一方50は手の甲の指関節付近に貼付され、他方51は足の甲の指関節付近に貼付される。また、1対の電位測定電極52、53の一方52は手首関節付近に貼付され、他方53は足首関節付近に貼付される。

30

【0046】

次に、本測定装置の動作および手順について説明する。図12は、実施例の動作フローを示すフローチャートである。被験者により電源スイッチがオンにされると（ステップ1）、本測定装置1は装置内部の初期化を行い（ステップ2）、被験者に識別番号の入力を促す画面を表示装置6に表示する。被験者によりキー入力装置9を介して識別番号が入力されると、本測定装置1は、入力された識別番号が個人パラメータ設定済みの被験者の識別番号として補助記憶装置5に記憶されているかを判断する。識別番号は、後のステップ6で新しい被験者により個人パラメータが入力される度に本測定装置1が新しい被験者に対して固有に割り振る番号であり、以下の処理では、記載は省略するが、本測定装置1は、この識別番号と対応づけて個人パラメータ、測定結果、演算結果等を補助記憶装置5に記憶して、これらのデータを被験者毎に管理する。入力された識別番号が個人パラメータ設定済みの被験者の識別番号でない場合には、不正な識別番号であるとして、再度個人パラメータの入力を促す画面を表示装置6に表示する（ステップ3）。識別番号が個人パラメータ設定済みの被験者の識別番号である場合には、本測定装置1は、更に被験者によりキ

40

50

ー入力装置 9 を介して再設定命令が入力されているかを判断する (ステップ 4)。再設定命令が入力されている場合、または、ステップ 3 で識別番号なしが入力された場合には、図 13 に示す個人パラメータ入力用画面を表示装置 6 に表示して、入力待ちとなる (ステップ 5)。被験者によりキー入力装置 9 を介して個人パラメータとして性別、年齢、身長、体重が入力されると、本測定装置 1 は、その被験者が新しい被験者であれば新しい識別番号を割り振り、その識別番号を表示装置 6 に表示する (ステップ 6)。個人パラメータの入力が終了すると、或いは、ステップ 4 で再設定命令が入力されていない場合には、本測定装置 1 は測定モードになる。本測定装置 1 は被験者により測定用電極 50、51、52、53 が被験者の身体の所定の位置に貼付され、キー入力装置 9 を介して測定開始命令が入力されると、本測定装置 1 は多周波生体インピーダンス測定を開始する。

10

【0047】

ここで多周波生体インピーダンス測定について簡単に説明する。多周波生体インピーダンス測定は、 n つの異なる所定の周波数 F_i ($i = 1$ から n であり、 n は所定の設定値である。) の各々について n 回に渡って生体電気インピーダンス値の測定を行うものである。 $i = 1$ が初期設定されて、第 1 回目の生体電気インピーダンス値の測定が所定の周波数 F_1 について開始される。すなわち、ROM 3 に予め記憶されている測定制御パラメータ、または、補助記憶装置 5 や外部入出力インターフェイスから RAM 4 に記憶された測定制御パラメータ (以下、これらを単に測定制御パラメータと略記する) に基づいて出力信号周波数が交流信号発生装置 20 に設定され、その周波数の出力信号が交流信号発生装置 20 から交流電流出力装置 21 へ出力される。交流電流出力装置 21 は電流値を設定可能な定電流出力回路で構成されている。測定制御パラメータに基づいて出力電流値が交流信号出力装置 21 に設定され、その出力電流値の交流電流出力が、交流信号出力装置 21 から、基準電流検出装置 22、交流電流出力端子 30、31、測定用ケーブル 40、41、および、被験者に貼付された測定電流供給電極 50、51 を介して被験者に印加される。

20

【0048】

そして、電流が被験者に印加されている時に被験者に流れる電流が基準電流検出装置 22 により検出され、その出力のアナログ信号は A/D 変換装置 23 によりデジタル信号に変換され、その出力結果は RAM 4 に記憶される。

【0049】

電流が被験者に印加されている時にはまた被験者の 2 点の電位が被験者に貼付された電位測定電極 52、53 により検出され、それらの出力は、測定用ケーブル 42、43、電位測定端子 32、33 を介して電位差検出装置 25 に入力される。そして、入力された電位の差分である電位差信号が電位差検出装置 25 により出力され、そのアナログの出力は A/D 変換装置 24 によりデジタル信号に変換され、そのデジタル信号に基づいて演算および制御装置 2 により生体電気インピーダンス値が求められ、RAM 4 に記憶される。

30

【0050】

第 1 回目の生体電気インピーダンス値の測定が終了すると、 $i = i + 1$ と更新され、 i が所定の設定値 n を超えていないかが判断される。 i が n を超えているならば生体電気インピーダンス値の測定は全て終了となり、超えていなければ、次の新たな周波数について生体電気インピーダンス値の測定が行われる (ステップ 7)。

40

【0051】

以上のようにして多周波生体インピーダンス測定を行うと、次に、本測定装置 1 は、複数の異なる周波数の各々について測定した生体電気インピーダンス値から、インピーダンスベクトル軌跡、および、それに関するパラメータの値を算出する。

【0052】

ここでインピーダンスベクトル軌跡、および、それに関するパラメータの値の算出方法について簡単に説明する。生体電気インピーダンス値は、通常、図 14 に示すような、細胞外抵抗 R_e 、細胞内液抵抗 R_i 、細胞膜容量 C_m から成る集中定数による等価回路で説明されるが、実際には、生体を構成する個々の細胞は、その形状や性質の差異により、それぞれ定数の異なる回路で表されるため、その集合体である生体では、インピーダンスベク

50

トル軌跡は集中定数による等価回路を測定した場合のように半円とはならず、C o l e - C o l eの円弧則に従う円弧となるとされている。従って、生体のインピーダンスは、一般的に、図15に示すような円弧状の軌跡を描くことになる。図15において、横軸はインピーダンスのレジスタンス成分を表し、縦軸はインピーダンスのリアクタンス成分を表している。生体インピーダンスのリアクタンス成分は容量性であるため、負の値となり、そのベクトル軌跡は図15に示すように実軸の下側になる。

【0053】

求めるベクトル軌跡が円弧であるという過程から、F i周波数(i = 1からn)におけるそれぞれの測定された生体電気インピーダンス値Z 1、Z 2、・・・、Z nは図16に示すようになる。以下では、図16におけるインピーダンスベクトル平面の実軸である横軸をX軸とし、虚軸である縦軸をY軸として記述する。

10

【0054】

座標上にプロットされたZ i (i = 1からn)から、以下の相関関数が得られる。

$$(X - a)^2 + (Y - b)^2 = r^2 \quad \cdots (7)$$

式(7)において、aは円の中心のX座標、bは円の中心のY座標、rは円の半径であり、式(7)は、すなわち、n点間の近似相関式である。そして、式(7)より、

$$X = a \pm \sqrt{r^2 - b^2}$$

が得られ、更に、 $R_0 > R_{i n f}$ であるから、

$$R_0 = a + \sqrt{r^2 - b^2}$$

$$R_{i n f} = a - \sqrt{r^2 - b^2}$$

20

が得られる。これより、図14の等価回路におけるR eおよびR iは、

$$R_e = R_0$$

$$R_i = R_0 \cdot R_{i n f} / (R_0 - R_{i n f})$$

として求められる。

【0055】

以上の演算により、細胞内外液合成抵抗 $R_{i n f}$ (= R_i / R_e)、細胞外液抵抗R e、細胞内液抵抗R iが求められる。これらの値は、性別、身長、体重、年齢等の個人パラメータの値なしに求められる値であることに留意されたい。

【0056】

また、求められたインピーダンスベクトル軌跡、および、それに関するパラメータであるR 0およびR i n f、または、R eおよびR iの値と、ステップ3で個人パラメータとして入力された性別、身長、体重の値とに基づいて、前述の式(4)~(6)により、体水分量T B W、細胞内液量I C W、細胞外液量E C Wの値が求められる(ステップ8)。

30

【0057】

算出された総体水分量、細胞外液量、細胞内液量は表示装置6に表示される(ステップ9)。表示例を図17に示す。更に測定結果、演算結果、個人パラメータ等を測定制御パラメータに基づいて外部入出力インターフェイス7により、モニターはプリンタ等の外部機器へ送信し(ステップ10)、また補助記憶装置5に記憶する(ステップ11)。

【0058】

本測定装置1は、被験者によりキー入力装置9を介して再測定命令が入力されているか否かを判断し(ステップ12)、再測定命令が入力されている場合には、再度、ステップ7より測定および判定を行う。ステップ12で、再測定命令が入力されていない場合には、一連の測定および判定処理は終了となる。

40

【0059】

以上、本発明について説明したが、各個人で臨界周波数(コール・コール軌跡の最大点)が異なるため、従来の固定周波数での生体インピーダンス測定では正確な体水分量(T B W、E C W、I C W)を算出しているとは言い難いが、マルチ周波数による測定でのデータを求めることによって、全被験者の臨界周波数の違いによる影響は除去され、最も細胞外液と関係のあるR 0と体水分と関係のあるR i n fを求めることが可能となった。従って、これらの値を用いて入手された細胞外液抵抗R eと細胞内液抵抗R iは、それぞれ細

50

胞外液と細胞内液を最もよく表している値であるといえ、これらの変数を用いて作られた回帰式はかなり信頼できる。

【0060】

また、本発明の実施例での測定装置は、身長、体重といった個人パラメータをキー入力装置から入力する形態であるが、身長を測定することができる身長計や体重を測定することが可能な体重計を備える構成としてもよい。身長と体重を測定することが可能な装置であれば、上述の式(4)~(6)において必要なそれらの値を手入力する必要はなく、簡単かつ正確に体水分量を算出することができる。

【0061】

また、実施例では手足間の測定として説明したが、両手あるいは両足に各電極を装着することによって、その間の体水分量を測定することは可能である。 10

【0062】

【発明の効果】

本発明の生体の体水分量を算出する装置は、多周波生体電気インピーダンス測定によるデータから、最も細胞外液と関係のある R_0 と体水分と関係のある R_{inf} を求め、これらの値を用いて算出される細胞外液抵抗 R_e と細胞内液抵抗 R_i から、被験者毎の臨海周波数の違いによる影響は除去され、かつ、人体の体積を表すとされるインピーダンスインデックス(Ht^2/R)に加え、身体的特徴を表す指標を組み合わせることによって総体水分量(TBW)、細胞外液量(ECW)、細胞内液量(ICW)の算出をより正確に行うことができる。 20

【0063】

また、本発明の体水分測定装置で、インピーダンスインデックス(Ht^2/R)に加え、体重という1つの変数のみから体水分量を算出するものであれば入力パラメータは少ないため演算処理は早く、正確な体水分量を算出することが出来る。

【0064】

また、体重を測定することが可能な形態とすれば、体重をキー入力する必要もなく、測定はより簡単なものとなり、また、被験者にとっても使い易いものとなる。

【0065】

同様に身長を測定することが可能な形態とすれば、身長をキー入力する必要もなく、測定はより簡単なものとなり、また、被験者にとっても使い易いものとなる。 30

【図面の簡単な説明】

【図1】被験者が男性の場合の、本発明の回帰式で算出した総体水分量と重水希釈法で算出した総体水分量との関係を示す図。

【図2】被験者が女性の場合の、本発明の回帰式で算出した総体水分量と重水希釈法で算出した総体水分量との関係を示す図。

【図3】被験者が男性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞外液量とブロマイド希釈法で算出した細胞外液量との関係を示す図。

【図4】被験者が女性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞外液量とブロマイド希釈法で算出した細胞外液量との関係を示す図。

【図5】被験者が男性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞外液量とカリウム測定法で算出した細胞外液量との関係を示す図。 40

【図6】被験者が女性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞外液量とカリウム測定法で算出した細胞外液量との関係を示す図。

【図7】被験者が男性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞内液量とブロマイド希釈法で算出した細胞内液量との関係を示す図。

【図8】被験者が女性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞内液量とブロマイド希釈法で算出した細胞内液量との関係を示す図。

【図9】被験者が男性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞内液量とカリウム測定法で算出した細胞内液量との関係を示す図。

【図10】被験者が女性の場合の、本発明の回帰式で算出した細胞内液量とカリウム測定 50

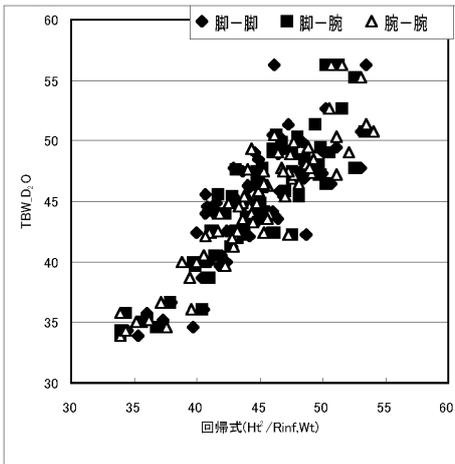
法で算出した細胞内液量との関係を示す図。

- 【図 1 1】本発明の実施例における体水分測定装置のブロック図
- 【図 1 2】本発明の実施例における体水分測定装置のフローチャート
- 【図 1 3】体水分測定装置の個人パラメータを入力する時の表示画面
- 【図 1 4】人体の組織内細胞の電氣的等価回路を示す図
- 【図 1 5】人体の生体電気インピーダンスベクトル軌跡を示す図
- 【図 1 6】周波数 0 Hz および周波数無限大と特性周波数の関係を表す図
- 【図 1 7】体水分測定装置の結果表示画面

【符号の説明】

- | | | |
|----------------|-----------------|----|
| 1 | 体水分測定装置 | 10 |
| 2 | 演算および制御装置 | |
| 3 | ROM | |
| 4 | RAM | |
| 5 | 補助記憶装置 | |
| 6 | 表示装置 | |
| 7 | 外部入出力インターフェイス | |
| 8 | 外部入出力インターフェイス端子 | |
| 9 | キー入力装置 | |
| 10 | 時計装置 | |
| 11 | 電源装置 | 20 |
| 12 | 電源端子 | |
| 20 | 交流信号発生装置 | |
| 21 | 交流電流出力装置 | |
| 22 | 基準電流検出装置 | |
| 23 | A / D 変換装置 | |
| 24 | A / D 変換装置 | |
| 25 | 電位差検出装置 | |
| 30, 31 | 交流電流出力端子 | |
| 32, 33 | 電位測定端子 | |
| 40, 41, 42, 43 | ケーブル | 30 |
| 50, 51 | 測定電流印加電極 | |
| 52, 53 | 電位測定用電極 | |

【 図 1 】



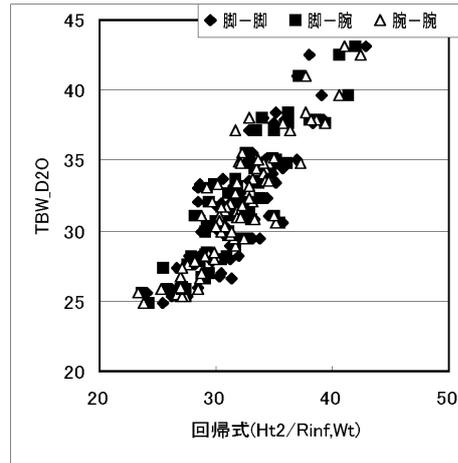
重相関 R 標準誤差

男性	脚-脚	0.83	3.0
	脚-腕	0.89	2.4
	腕-腕	0.91	2.2

TBWとHt²/Rinf 重相関 R

男性	脚-脚	0.72
	脚-腕	0.86
	腕-腕	0.84

【 図 2 】



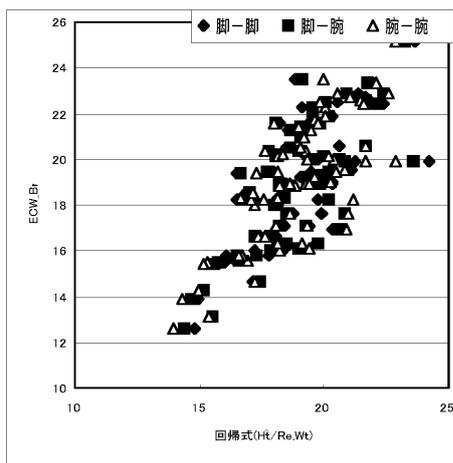
重相関 R 標準誤差

女性	脚-脚	0.84	2.3
	脚-腕	0.89	1.9
	腕-腕	0.89	1.9

TBWとHt²/Rinf 重相関 R

女性	脚-脚	0.76
	脚-腕	0.86
	腕-腕	0.85

【 図 3 】



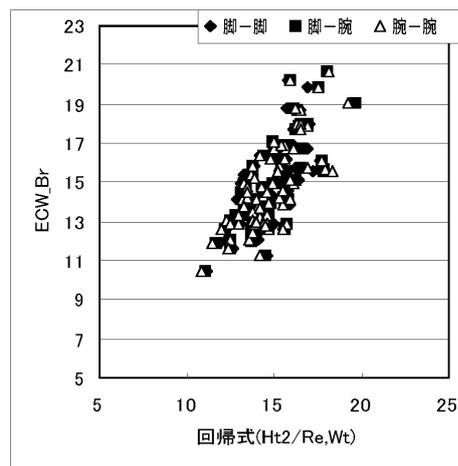
重相関 R 標準誤差

男性	脚-脚	0.74	1.9
	脚-腕	0.73	1.9
	腕-腕	0.75	1.9

ECW_BrとHt²/Re 重相関 R

男性	脚-脚	0.44
	脚-腕	0.60
	腕-腕	0.66

【 図 4 】



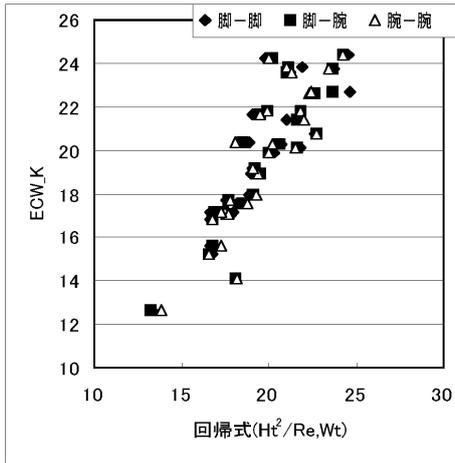
重相関 R 標準誤差

女性	脚-脚	0.71	1.6
	脚-腕	0.73	1.5
	腕-腕	0.73	1.5

ECW_BrとHt²/Re 重相関 R

女性	脚-脚	0.50
	脚-腕	0.59
	腕-腕	0.62

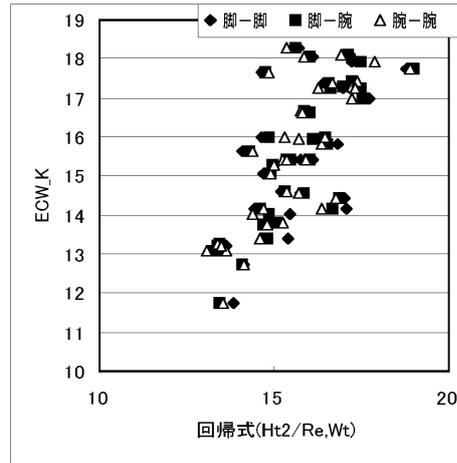
【 図 5 】



		重相関 R	標準誤差
男性	脚-脚	0.88	1.5
	脚-腕	0.89	1.5
	腕-腕	0.88	1.5

		ECW_KrとHt ² /Re	重相関 R
男性	脚-脚		0.71
	脚-腕		0.78
	腕-腕		0.73

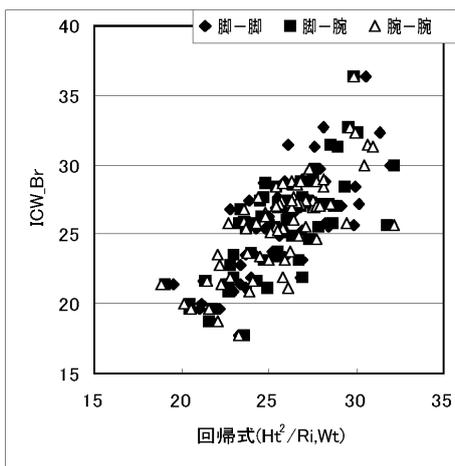
【 図 6 】



		重相関 R	標準誤差
女性	脚-脚	0.75	1.2
	脚-腕	0.78	1.1
	腕-腕	0.79	1.1

		ECW_KrとHt ² /Re	重相関 R
女性	脚-脚		0.46
	脚-腕		0.57
	腕-腕		0.64

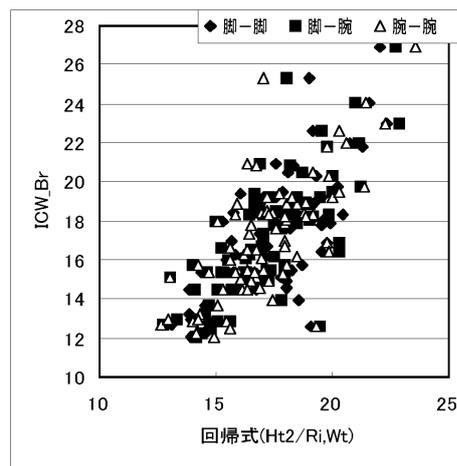
【 図 7 】



		重相関 R	標準誤差
男性	脚-脚	0.72	2.6
	脚-腕	0.74	2.5
	腕-腕	0.75	2.4

		ICW_BrとHt ² /Ri	重相関 R
男性	脚-脚		0.66
	脚-腕		0.67
	腕-腕		0.64

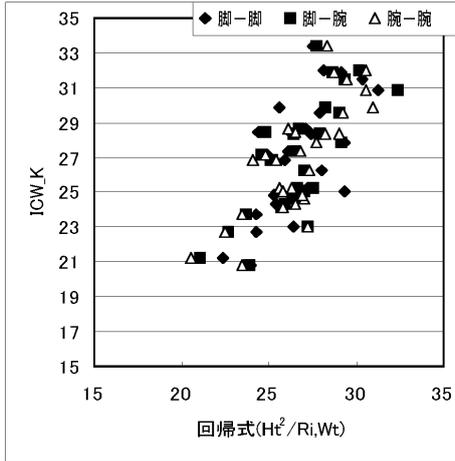
【 図 8 】



		重相関 R	標準誤差
女性	脚-脚	0.71	2.2
	脚-腕	0.72	2.2
	腕-腕	0.70	2.2

		ICW_BrとHt ² /Ri	重相関 R
女性	脚-脚		0.69
	脚-腕		0.71
	腕-腕		0.67

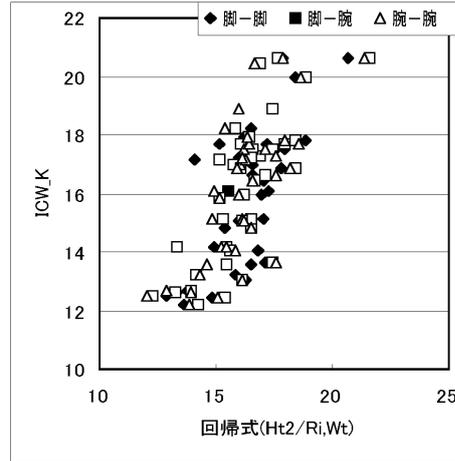
【図 9】



重相関 R 標準誤差			
男性	脚-脚	0.69	2.3
	脚-腕	0.78	2.0
	腕-腕	0.81	1.9

ICW_KrとHt ² /Ri 重相関 R		
男性	脚-脚	0.67
	脚-腕	0.74
	腕-腕	0.73

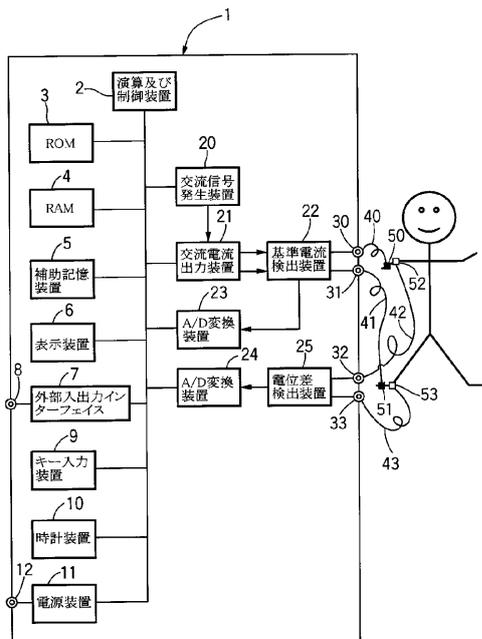
【図 10】



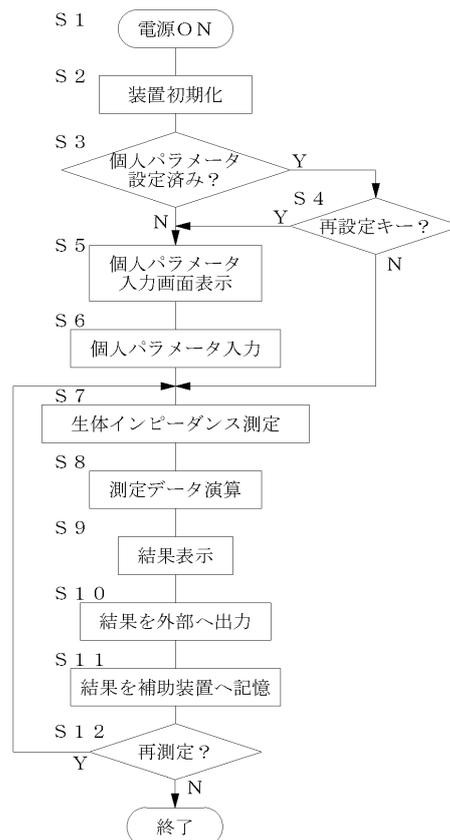
重相関 R 標準誤差			
女性	脚-脚	0.69	1.7
	脚-腕	0.74	1.6
	腕-腕	0.72	1.7

ICW_KrとHt ² /Ri 重相関 R		
女性	脚-脚	0.69
	脚-腕	0.74
	腕-腕	0.71

【図 11】



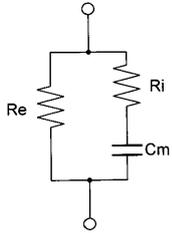
【図 12】



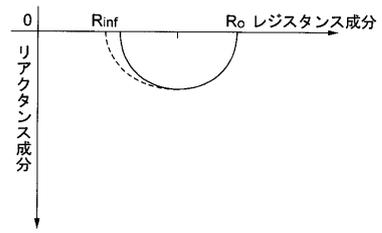
【 図 1 3 】

パラメータ入力	
ID :	009876
性別 :	男性
年齢 :	
身長 :	cm
体重 :	kg

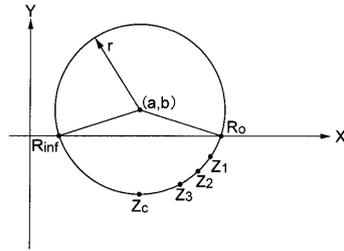
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】

測定結果	
R_o/R_e :	000 Ω ECW: 000 Ω
R_{inf} :	000 Ω ICW: 000 Ω
R_i :	000 Ω TBW: 000 Ω