

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4962711号
(P4962711)

(45) 発行日 平成24年6月27日 (2012. 6. 27)

(24) 登録日 平成24年4月6日 (2012. 4. 6)

(51) Int. Cl.

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/08

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2007-32774 (P2007-32774)
(22) 出願日 平成19年2月13日 (2007. 2. 13)
(65) 公開番号 特開2008-194240 (P2008-194240A)
(43) 公開日 平成20年8月28日 (2008. 8. 28)
審査請求日 平成22年2月10日 (2010. 2. 10)

(73) 特許権者 507046428
山本 裕之
静岡県浜松市有玉台1丁目5-16
(73) 特許権者 000243364
本多電子株式会社
愛知県豊橋市大岩町字小山塚20番地
(73) 特許権者 504254998
株式会社クロスウェル
神奈川県横浜市西区岡野1丁目15番9号
301
(74) 代理人 100114605
弁理士 渥美 久彦
(72) 発明者 山本 裕之
静岡県浜松市有玉台1丁目5-16

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内臓脂肪測定装置、内臓脂肪測定方法及びそのためのプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波振動子を有する超音波プローブと、
被験体である哺乳類の年齢 (Age) に関する情報を入力するための情報入力手段と、
前記超音波プローブにより超音波を送受信して得た反射波信号に基づいて、被験体である哺乳類における腹部の超音波像を生成する画像生成手段と、
前記超音波像に基づいて、肝臓の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値 (Pmax) と、
臍の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値 (UmPmax) とを自動測定する脂肪厚測定手段と、

前記各腹膜前脂肪の厚さの最大値 (Pmax, UmPmax) と前記年齢 (Age) に関する情報とに基づいて、内臓脂肪量に対応した内臓脂肪係数 (P1) を算出する内臓脂肪係数算出手段とを備えたことを特徴とする内臓脂肪測定装置。

【請求項2】

前記超音波プローブは、直線状に配置された複数の超音波振動子を有し、測定時には前記複数の超音波振動子が臍を基準とした腹部正中線に沿うように位置決めされることを特徴とする請求項1に記載の内臓脂肪測定装置。

【請求項3】

前記超音波像及び前記内臓脂肪係数 (P1) を表示するための表示手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1または2に記載の内臓脂肪測定装置。

【請求項4】

10

20

前記内臓脂肪係数算出手段は、成年期より前の被験体では負の値となり成年期以降の被験体では正の値となるような補正係数をUmPmaxに乗算し、この乗算により得た補正UmPmax値をさらにPmaxに加算することで、前記内臓脂肪係数(P1)を算出することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の内臓脂肪測定装置。

【請求項5】

内臓脂肪係数(P1)を算出するための下記計算式

$$P1 = Pmax + UmPmax \times (Age - 25) / 50$$

を記憶する内臓脂肪係数計算式記憶手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の内臓脂肪測定装置。

【請求項6】

過去に算出した内臓脂肪係数(P1)を記憶しておく内臓脂肪係数記憶手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の内臓脂肪測定装置。

【請求項7】

被験体である哺乳類の年齢(Age)に関する情報を入力する情報入力ステップと、
超音波振動子を有する超音波プローブを用い、被験体である哺乳類の腹部正中線に沿った複数個所で超音波を送受信して得た反射波信号に基づいて腹部の超音波像を生成する超音波像生成ステップと、

前記超音波像に基づいて、肝臓の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値(Pmax)と、
臍の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値(UmPmax)とを自動測定する計測ステップと、

前記各腹膜前脂肪の厚さの最大値(Pmax, UmPmax)と前記年齢(Age)に関する情報とに基づいて、内臓脂肪量に対応した内臓脂肪係数(P1)を算出する算出ステップと
を含むことを特徴とする内臓脂肪測定方法。

【請求項8】

前記算出ステップでは、成年期より前の被験体では負の値となり成年期以降の被験体では正の値となるような補正係数をUmPmaxに乗算し、この乗算により得た補正UmPmax値をさらにPmaxに加算することで、前記内臓脂肪係数(P1)を算出することを特徴とする請求項7に記載の内臓脂肪測定方法。

【請求項9】

前記算出ステップでは、内臓脂肪係数(P1)を算出するための下記計算式

$$P1 = Pmax + UmPmax \times (Age - 25) / 50$$

を用いて、前記内臓脂肪係数(P1)を算出することを特徴とする請求項8に記載の内臓脂肪測定方法。

【請求項10】

請求項7乃至9のいずれか1項に記載の内臓脂肪測定方法における各ステップをコンピュータにより実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内臓脂肪を測定するための内臓脂肪測定装置、内臓脂肪測定方法、及び内臓脂肪を測定する方法を実行するためのプログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

肥満は生活習慣病、なかでも動脈硬化性疾患の危険因子とされている。特に、内臓脂肪型肥満によってメタボリックシンドロームの症状をきたすと、動脈硬化性疾患にかかる可能性が高くなるといわれている。そのため、近年では、人間ドックなどで精密検査をする際に、内臓脂肪量を測定し、測定値が正常か否かを判定している。

【0003】

内臓脂肪量の測定方法としては、X線CT装置を利用した測定方法(ファット・スキャンと呼ばれる方法)が知られている。具体的には、X線CT装置を用いて腹部のCT写真

10

20

30

40

50

を取得し、そのＣＴ写真を画像解析することにより、内臓脂肪量を面積として把握して高精度に測定する。

【 0 0 0 4 】

ところが、Ｘ線ＣＴ装置は、装置自体が高価であり、大型の装置であるため設置スペースも必要となる。さらに、ＣＴ写真の画像解析も煩雑となることに加え、Ｘ線の被爆といった問題もある。そのため、定期健康診断などにおいて内臓脂肪量を簡易に測定することは困難であった。

【 0 0 0 5 】

近年では、上述したＸ線ＣＴ装置による測定方法の代わりに、超音波を利用して内臓脂肪量を測定する方法が提案されている（例えば、特許文献１～４）。特許文献１の測定装置では、超音波を用いてエコー画像（超音波像）を取得し、そのエコー画像を人間が解析することで内臓脂肪量を推定している。また、特許文献２や特許文献３の測定装置では、超音波により腹部の皮下脂肪の厚さを測定するとともに、腹部の周径囲を測定し、それら測定した皮下脂肪厚と周径囲とに基づいて内臓脂肪の面積を求めている。さらに、特許文献４の測定装置では、超音波により腹部皮下脂肪厚の分布を計測するとともに腹部外形を計測して、腹部外形の面積と腹部皮下脂肪の面積を算出して、それら算出値に基づいて内臓脂肪の面積を求めている。

【 0 0 0 6 】

また、腹部のエコー画像に基づいて、皮下脂肪の厚さと腹膜前脂肪の厚さとを測定し、皮下脂肪の厚さと腹膜前脂肪の厚さとの比により内臓脂肪量を算出する方法も提案されている。具体的には、エコー画像を画像処理することで腹膜前脂肪厚の最大値Pmaxと皮下脂肪厚の最小値Sminとを測定し、それら測定値に基づいて、内臓脂肪型肥満の度合いを示す腹壁脂肪係数AFI(=Pmax/Smin)を求めている。さらに、肝臓の近傍での横断面のエコー画像を取得し、そのエコー画像に基づいて、腹膜前脂肪の面積の最大値を測定することにより内臓脂肪量を推定する方法も提案されている。

【特許文献１】特開２００５－１５２６０５号公報

【特許文献２】特開２０００－３５０７１０号公報

【特許文献３】特開２０００－３５０７２７号公報

【特許文献４】特開２００１－２１２１１１号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

特許文献１の測定装置では、知識や経験がある人がエコー画像を解析して内臓脂肪量を推定する必要があるため、知識や経験が乏しい人が測定した場合には正確な内臓脂肪量を得ることができない。また、特許文献２，３の測定装置では、大型ノギスやメジャーなどを用いて腹部の周囲径を測り、その値を測定装置に入力しなければならない。このため、測定作業が煩雑となるばかりでなく、装置が大型化してしまう。さらに、特許文献４の測定装置でも、大型ノギスやメジャーなどを用いて腹部の外形を測る必要があり、かつ、超音波による皮下脂肪厚の測定も、腹部の外周全体に対して行う必要がある。このため、測定作業が煩雑となるばかりでなく、装置が大型化してしまう。

【 0 0 0 8 】

また、上述した腹壁脂肪係数AFIは、内臓脂肪の蓄積を判定するための指標であり、超音波を用いて腹膜前脂肪厚の最大値Pmaxと皮下脂肪厚の最小値Sminを測定することで求めることができる。しかしながら、若年成人（青年後期の大学生など）において腹壁脂肪係数AFIは、肥満を表す身体測定値（ウエスト周囲径、体脂肪率、ＢＭＩ指数）と相関を示さない、という新規な知見を本発明者らは得ている。これは、ある年齢を境に内臓脂肪のつき方が異なることに起因すると考えられている。具体的には、内臓脂肪は、腹部において肝臓の近傍につき始め、年を取るに従い徐々に臍の下方まで下がってくるためである。

【 0 0 0 9 】

腹膜前脂肪の面積の最大値は、内臓脂肪量を判定するための正確な指標であるが、肝臓

10

20

30

40

50

近傍での横断面の位置を特定するには、知識や経験が必要であり、一般の人が正確に測定することが困難である。また、エコー画像の解析により、腹膜前脂肪の面積の最大値を算出する必要があり、算出処理の時間も長くなってしまふ。

【 0 0 1 0 】

上述した動脈硬化性疾患にかかわる内臓脂肪の蓄積は、幼少期からの長期にわたる肥満の関与が考えられている。そのため、年齢・性別にかかわらず内臓脂肪量を正確かつ容易に測定することができる測定装置が望まれている。

【 0 0 1 1 】

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、内臓脂肪量を正確かつ容易に測定することができる内臓脂肪測定装置、内臓脂肪測定方法及びそのためのプログラムを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するために、請求項 1 に記載の発明は、超音波振動子を有する超音波プローブと、被験体である哺乳類の年齢 (Age) に関する情報を入力するための情報入力手段と、前記超音波プローブにより超音波を送受信して得た反射波信号に基づいて、被験体である哺乳類における腹部の超音波像を生成する画像生成手段と、前記超音波像に基づいて、肝臓の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値 (Pmax) と、臍の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値 (UmPmax) とを自動測定する脂肪厚測定手段と、前記各腹膜前脂肪の厚さの最大値 (Pmax, UmPmax) と前記年齢 (Age) に関する情報とに基づいて、内臓脂肪量に対応した内臓脂肪係数(P1)を算出する内臓脂肪係数算出手段とを備えたことを特徴とする内臓脂肪測定装置をその要旨とする。

20

【 0 0 1 3 】

請求項 1 に記載の発明によれば、画像生成手段が生成した超音波像に基づいて、脂肪厚測定手段により、肝臓の近傍における腹膜前脂肪 (内臓脂肪) の厚さの最大値 (Pmax) と、臍の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値 (UmPmax) とが自動的に測定される。そして、内臓脂肪係数算出手段により、各腹膜前脂肪の厚さの最大値 (Pmax, UmPmax) と年齢 (Age) に関する情報とに基づいて、内臓脂肪係数が算出される。この内臓脂肪係数を用いれば、年齢に応じてつき方が異なる臍の近傍における腹膜前脂肪を考慮することができ、内臓脂肪量をより正確に求めることが可能となる。また、本発明の内臓脂肪測定装置では、X線CT装置を使用する場合とは異なり、専門の知識を必要とすることなく、知識のない一般の人でも容易に内臓脂肪係数を測定することができる。さらに、本発明の内臓脂肪測定装置は、X線CT装置を使用する場合とは異なり、X線被爆の心配もないため、子供の健康診断等において定期的に使うことができる。また、内臓脂肪係数の算出にあたって、ウエスト周囲径のような身体測定値のデータを必要としないため、その計測のための大型の部材が不要となり、比較的容易に装置の小型化を達成することができる。

30

【 0 0 1 4 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 において、前記超音波プローブは、直線状に配置された複数の超音波振動子を有し、測定時には前記複数の超音波振動子が臍を基準とした腹部正中線に沿うように位置決めされることをその要旨とする。

40

【 0 0 1 5 】

請求項 2 に記載の発明によれば、超音波プローブの超音波振動子が臍を基準とした腹部正中線に沿うように位置決めされるので、腹部正中線に沿って超音波を迅速に照射することができる。また、臍を基準位置とすることにより、測定位置のズレが防止され、肝臓や臍の近傍における腹膜前脂肪厚の最大値 (Pmax, UmPmax) を正確に測定することができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または 2 において、前記超音波像及び前記内臓脂肪係数(P1)を表示するための表示手段をさらに備えたことをその要旨とする。

【 0 0 1 7 】

50

請求項 3 に記載の発明によれば、表示手段により超音波像及び内臓脂肪係数(P1)が表示されるので、肥満度合いを容易に確認することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項において、前記内臓脂肪係数算出手段は、成年期より前の被験体では負の値となり成年期以降の被験体では正の値となるような補正係数をUmPmaxに乗算し、この乗算により得た補正UmPmax値をさらにPmaxに加算することで、前記内臓脂肪係数(P1)を算出することをその要旨とする。

【 0 0 1 9 】

請求項 4 に記載の発明によれば、成年期の前後でつき方が異なる臍の近傍における腹膜前脂肪を考慮して、内臓脂肪係数を求めることができる。従って、その内臓脂肪係数を用いることにより、年齢にかかわらず内臓脂肪量を正確に求めることができる。

10

【 0 0 2 0 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項において、内臓脂肪係数(P1)を算出するための下記計算式

$$P1 = Pmax + UmPmax \times (Age - 25) / 50$$

を記憶する内臓脂肪係数計算式記憶手段をさらに備えたことをその要旨とする。

【 0 0 2 1 】

請求項 5 に記載の発明によれば、内臓脂肪係数計算式記憶手段に記憶された計算式を用いることにより、年齢に応じた内臓脂肪係数(P1)を正確かつ迅速に求めることができる。

【 0 0 2 2 】

20

請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項において、過去に算出した内臓脂肪係数(P1)を記憶しておく内臓脂肪係数記憶手段をさらに備えたことをその要旨とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 6 に記載の発明によれば、内臓脂肪係数記憶手段に記憶された過去の内臓脂肪係数と今回測定した内臓脂肪係数とを比較することができ、その比較結果に基づいて、肥満の進行度合いや肥満の改善度合いを確認することができる。

【 0 0 2 4 】

請求項 7 に記載の発明は、被験体である哺乳類の年齢(Age)に関する情報を入力する情報入力ステップと、超音波振動子を有する超音波プローブを用い、被験体である哺乳類の腹部正中線に沿った複数個所で超音波を送受信して得た反射波信号に基づいて腹部の超音波像を生成する超音波像生成ステップと、前記超音波像に基づいて、肝臓の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値(Pmax)と、臍の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値(UmPmax)とを自動測定する計測ステップと、前記各腹膜前脂肪の厚さの最大値(Pmax, UmPmax)と前記年齢(Age)に関する情報とに基づいて、内臓脂肪量に対応した内臓脂肪係数(P1)を算出する算出ステップとを含むことを特徴とする内臓脂肪測定方法をその要旨とする。

30

【 0 0 2 5 】

請求項 7 に記載の発明によれば、超音波振動子を有する超音波プローブを用いて被験体である哺乳類の腹部正中線に沿った複数個所で超音波が送受信され、得られた反射波信号に基づいて腹部の超音波像が生成される。その超音波像に基づいて、肝臓の近傍における腹膜前脂肪(内臓脂肪)の厚さの最大値(Pmax)と、臍の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値(UmPmax)とが自動的に測定される。そして、各腹膜前脂肪の厚さの最大値(Pmax, UmPmax)と年齢(Age)に関する情報とに基づいて、内臓脂肪係数が算出される。この内臓脂肪係数を用いれば、年齢に応じてつき方が異なる臍の近傍における腹膜前脂肪を考慮することができ、内臓脂肪量をより正確に求めることが可能となる。

40

【 0 0 2 6 】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 7 において、前記算出ステップでは、成年期より前の被験体では負の値となり成年期以降の被験体では正の値となるような補正係数をUmPmaxに乗算し、この乗算により得た補正UmPmax値をさらにPmaxに加算することで、前記内臓脂肪

50

係数(P1)を算出することをその要旨とする。

【0027】

請求項8に記載の発明によれば、成年期の前後でつき方が異なる臍の近傍における腹膜前脂肪を考慮して、内臓脂肪係数を求めることができる。従って、その内臓脂肪係数を用いることにより、年齢にかかわらず内臓脂肪量を正確に求めることができる。

【0028】

請求項9に記載の発明は、請求項8において、前記算出ステップでは、内臓脂肪係数(P1)を算出するための下記計算式

$$P1 = Pmax + UmPmax \times (Age - 25) / 50$$

を用いて、前記内臓脂肪係数(P1)を算出することをその要旨とする。

10

【0029】

この請求項9に記載の計算式を用いて算出することにより、年齢に応じた内臓脂肪係数(P1)を正確かつ迅速に求めることができる。

【0030】

請求項10に記載の発明は、請求項7乃至9のいずれか1項に記載の内臓脂肪測定方法における各ステップをコンピュータにより実行させるためのプログラムをその要旨とする。

【0031】

請求項10に記載のプログラムをコンピュータに実行させることにより、年齢に応じてつき方が異なる臍の近傍における腹膜前脂肪を考慮することができ、内臓脂肪量をより正確にかつ自動的に求めることが可能となる。

20

【発明の効果】

【0032】

以上詳述したように、請求項1～10に記載の発明によると、臍の近傍における腹膜前脂肪を考慮して、内臓脂肪量を正確かつ容易に測定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、本発明を具体化した一実施の形態を図面にに基づき詳細に説明する。図1は、本実施の形態における内臓脂肪測定装置1を示す概略構成図である。

【0034】

30

図1に示されるように、内臓脂肪測定装置1は、装置本体2と、超音波プローブ3とを備えている。装置本体2には、コネクタ4が設けられ、そのコネクタ4にケーブル5を介して超音波プローブ3が接続されている。なお、コネクタ4は必須の構成ではないため省略されてもよい。さらに、ケーブル5自体も省略し、装置本体2の一部に超音波プローブ3を設けてもよい。

【0035】

超音波プローブ3は、ヒト7(被験体)の腹部8における肝臓の位置から臍9の位置までの距離に対応した長さ(例えば16cm程度)を有し、直線状に複数の超音波振動子6が配置されている。内臓脂肪の測定時において、超音波プローブ3は、複数の超音波振動子6が臍9を基準とした腹部正中線L0に沿うように位置決めされ、ヒト7の腹部8に接触させた状態で超音波を送受信する。超音波プローブ3は、例えば、リニア式電子走査を行うためのリニアプローブであり、5MHzの超音波を直線状に走査する。

40

【0036】

装置本体2は、コントローラ10、パルス発生回路11、送信回路12、受信回路13、信号処理回路14、画像処理回路15、入力装置16、メモリ17、記憶装置18、表示装置19を備える。

【0037】

コントローラ10は、周知の中央処理装置(CPU)を含んで構成されたコンピュータであり、メモリ17を利用して制御プログラムを実行し、装置全体を統括的に制御する。制御プログラムとしては、内臓脂肪量を測定するためのプログラムや腹部8の断層画像(

50

超音波像)を表示するためのプログラムなどを含む。パルス発生回路11は、コントローラ10からの制御信号に応答して動作し、所定周期のパルス信号を生成して出力する。

【0038】

送信回路12は、超音波プローブ3における超音波振動子6の素子数に対応した複数の遅延回路(図示略)を含み、パルス発生回路11から出力されるパルス信号に基づいて、各超音波振動子6に応じて遅延させた駆動パルスを出力する。各駆動パルスの遅延時間は、超音波プローブ3から出力される超音波が所定の照射点で焦点を結ぶように設定されている。

【0039】

受信回路13は、図示しない信号増幅回路、遅延回路、整相加算回路を含む。この受信回路13では、超音波プローブ3における各超音波振動子6で受信された各反射波信号(エコー信号)が増幅されるとともに、受信指向性を考慮した遅延時間が各反射波信号に付加された後、整相加算される。この加算によって、各超音波振動子6の受信信号の位相差が調整される。

【0040】

信号処理回路14は、図示しない対数変換回路、包絡線検波回路、A/D変換回路などから構成されている。信号処理回路14における対数変換回路は反射波信号を対数変換し、包絡線検波回路は対数変換回路の出力信号の包絡線を検波する。また、A/D変換回路は、包絡線検波回路から出力されるアナログ信号をデジタル信号に変換する。

【0041】

画像処理回路15は、信号処理回路14から出力されるデジタル信号に基づいて、画像処理を行い断層画像(Bモード画像)の画像データを生成する。具体的には、画像処理回路15は、輝度変調処理を行うことで、反射波信号の振幅(信号強度)に応じた輝度の画像データを生成する。画像処理回路15で生成された画像データは逐次メモリ17に記憶される。そして、そのメモリ17に記憶された1フレーム分の画像データに基づいて、ヒト7における腹部8の断層画像が白黒の濃淡で表示装置19に表示される。

【0042】

表示装置19は、例えば、LCDやCRTなどのカラーディスプレイであり、腹部8の断層画像や、各種設定の入力画面を表示するために用いられる。入力装置16は特に限定されず、例えばキーボード、マウス装置、プッシュボタンなどであり、ユーザからの要求や指示、パラメータの入力に用いられる。

【0043】

記憶装置18は、磁気ディスク装置や光ディスク装置などであり、その記憶装置18には制御プログラム及び各種のデータが記憶されている。コントローラ10は、入力装置16による指示に従い、プログラムやデータを記憶装置18からメモリ17へ転送し、それを逐次実行する。なお、コントローラ10が実行するプログラムとしては、メモリカード、フレキシブルディスク、光ディスクなどの記憶媒体に記憶されたプログラムや、通信媒体を介してダウンロードしたプログラムでもよく、その実行時には記憶装置18にインストールして利用する。

【0044】

次に、内臓脂肪測定装置1を用いて内臓脂肪量を測定する方法を説明する。

【0045】

まず、超音波プローブ3を用いて超音波を送受信することにより、図2に示されるように、腹部8の正中線L0に沿った断層画像21を取得する。そして、その腹部8の断層画像21を画像解析することにより、図3に示されるように、皮下脂肪の領域22と腹膜前脂肪(内臓脂肪)の領域23とを抽出する。また、抽出した腹膜前脂肪の領域23に基づいて、肝臓24の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値Pmaxと、臍9の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値UmPmaxとを測定する。さらに、各腹膜前脂肪の厚さの最大値Pmax, UmPmaxと年齢Ageとに基づいて、成年期(具体的には年齢が25歳)より前の被験体では負の値となり成年期以降の被験体では正の値となるような補正係数をUmPmaxに乗算し、

10

20

30

40

50

この乗算により得た補正UmPmax値をさらにPmaxに加算することで、内臓脂肪係数P1を算出する。

【 0 0 4 6 】

具体的には、下記に示す計算式 (1) に対応した演算を行い、内臓脂肪係数P1を算出する。

【 0 0 4 7 】

$$P1 = Pmax + UmPmax \times (Age - 25) / 50 \quad \cdots (1)$$

【 0 0 4 8 】

そして、計算式 (1) により算出した内臓脂肪係数P1を用いて内臓脂肪量を推定する。なお、この計算式 (1) に関するプログラムデータは、記憶装置 1 8 (内臓脂肪係数計算式記憶手段) に予め記憶されている。

10

【 0 0 4 9 】

本発明者は、上記計算式 (1) で算出した内臓脂肪係数P1と X 線 C T 装置を利用した測定方法 (ファット・スキャン) による内臓脂肪面積との相関性を確認した。その結果を図 4 に示している。なお、図 4 では、横軸はファット・スキャンによる内臓脂肪面積を示し、縦軸は内臓脂肪係数P1を示している。また、図 4 には、内臓脂肪面積と内臓脂肪係数P1との単回帰分析による回帰線 L 1 を示している。ここでは、年齢 2 0 ~ 7 5 才の成人男性 8 1 人及び成人女性 5 0 人を測定対象としている。

【 0 0 5 0 】

さらに、本発明者は、比較例として、肝臓 2 4 の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値Pmaxとファット・スキャンによる内臓脂肪面積との相関性を確認した。その結果を図 5 に示している。図 5 では、横軸はファット・スキャンによる内臓脂肪面積を示し、縦軸は腹膜前脂肪厚の最大値Pmaxを示している。図 5 に示されるように、腹膜前脂肪厚の最大値Pmaxは、内臓脂肪面積と相関性があるが、回帰線 L 2 は曲線となり、内臓脂肪面積が大きくなると、腹膜前脂肪厚の最大値Pmaxとの相関性が低下する。

20

【 0 0 5 1 】

これに対して、内臓脂肪係数P1は、腹膜前脂肪厚の最大値Pmaxを臍部近傍の最大値UmPmaxで補正することにより、内臓脂肪面積との相関性が高まり、図 4 に示されるように、内臓脂肪係数P1の回帰線 L 1 はほぼ直線となる。このように、内臓脂肪係数P1と内臓脂肪面積とは高い相関性があるため、内臓脂肪係数P1を用いて内臓脂肪面積 (内臓脂肪量) を推定することが可能となる。

30

【 0 0 5 2 】

次に、本実施の形態において、内臓脂肪量を測定するための処理例について図 6 のフローチャートを用いて説明する。なお、図 6 の処理は、入力装置 1 6 に設けられている測定開始ボタンが操作されたときに開始される。

【 0 0 5 3 】

先ず、情報入力手段としてのコントローラ 1 0 は、氏名、識別番号、年齢などの管理情報の入力を促すメッセージを表示装置 1 9 の入力画面に表示して、その管理情報を入力させる (情報入力ステップとしてのステップ 1 0 0) 。ここで、測定者により入力装置 1 6 のキーボードが操作されて、氏名、識別番号、年齢に関する情報が入力されたとき、コントローラ 1 0 は、その情報を取り込みメモリ 1 7 に一旦記憶する。なお、年齢に代えて生年月日の入力を促し、その入力された生年月日からその時点での年齢を算出するように構成してもよい。

40

【 0 0 5 4 】

その後、コントローラ 1 0 は、超音波プローブ 3 の設置位置を示す画像 3 1 や設置位置を指示するためのメッセージ 3 2 を表示装置 1 9 の画面 3 3 (図 7 参照) に表示させる (ステップ 1 1 0) 。さらに、コントローラ 1 0 は、その画面 3 3 の下方に、測定を開始させるためのスタートボタン 3 4 を表示させる。この結果、臍 9 を基準とした腹部正中線 L 0 に沿うように超音波プローブ 3 がセットされ、スタートボタン 3 4 が選択される。

【 0 0 5 5 】

50

そして、スタートボタン 34 のボタン操作を検出すると、画像生成手段としてのコントローラ 10 は、パルス発生回路 11 を動作させて超音波プローブ 3 による超音波の送受信を行い、腹部 8 の超音波像（断層画像）21 を生成するための処理を行う（超音波像生成ステップとしてのステップ 120）。具体的には、コントローラ 10 から出力される制御信号にตอบสนองしてパルス発生回路 11 が動作し、所定周期のパルス信号が送信回路 12 に供給される。そして、送信回路 12 では、パルス信号に基づいて、各超音波振動子 6 に対応した遅延時間を有する駆動パルスが生成され、超音波プローブ 3 に供給される。これにより、超音波プローブ 3 の各超音波振動子 6 が振動してヒト 7 の腹部 8 に超音波が照射される。ヒト 7 の腹部 8 内を伝搬する超音波の一部は、音響インピーダンスの異なる組織境界面などで反射して超音波プローブ 3 で受信される。このとき、超音波プローブ 3 の各超音波振動子 6 によって反射波が電気信号（反射波信号）に変換される。そして、その反射波信号は、受信回路 13 で増幅等された後、信号処理回路 14 に入力される。

10

【0056】

信号処理回路 14 では、対数変換、包絡線検波、A/D 変換といった信号処理が行われ、デジタル信号に変換された反射波信号が画像処理回路 15 に供給される。画像処理回路 15 では、その反射波信号に基づいて、断層画像 21 の画像データを生成するための画像処理が行われる。そして、コントローラ 10 は、画像処理回路 15 で生成された画像データをメモリ 17 に一旦記憶する。

【0057】

脂肪厚測定手段としてのコントローラ 10 は、断層画像 21 の画像データに基づいて、画像解析を行い腹膜前脂肪の厚さを測定する（計測ステップとしてのステップ 130）。この画像解析の処理では、コントローラ 10 は、腹部 8 の断層画像 21 における皮下脂肪の領域 22 と腹膜前脂肪の領域 23 とを抽出し、抽出した腹膜前脂肪の領域 23 に基づいて、肝臓 24 の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値 P_{max} と、臍 9 の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値 U_{Pmax} とを測定する。

20

【0058】

そして、内臓脂肪係数算出手段としてのコントローラ 10 は、各腹膜前脂肪の厚さの最大値 P_{max} 、 U_{Pmax} と年齢 Age に関する情報とに基づいて、上記の計算式（1）に対応する演算を行い 内臓脂肪係数 $P1$ を算出する（算出ステップとしてのステップ 140）。またここで、コントローラ 10 は、その 内臓脂肪係数 $P1$ を、氏名や測定日時などの情報と関連付けてメモリ 17（内臓脂肪係数記憶手段）に記憶する。

30

【0059】

さらに、コントローラ 10 は、画像データ及び 内臓脂肪係数 $P1$ のデータを表示装置 19 に転送することにより、腹部 8 の断層画像 21 及び 内臓脂肪係数 $P1$ を表示させる（ステップ 150）。またここで、氏名や識別番号などの管理情報に対応する過去の測定データがメモリ 17 に記憶されていた場合、コントローラ 10 は、その過去の測定データをメモリ 17 から読み出して、表示装置 19 に転送する。これにより、今回測定した 内臓脂肪係数 $P1$ に加えて、過去に測定した 内臓脂肪係数 $P1$ の数値が表示装置 19 に表示される。コントローラ 10 は、断層画像 21 及び 内臓脂肪係数 $P1$ を表示装置 19 に表示した後、図 6 の処理を終了する。

40

【0060】

図 8 に示す一覧表 40 には、ファット・スキャンで測定した 内臓脂肪面積と 内臓脂肪係数 $P1$ を含む各種パラメータとの単回帰分析による相関関係を示している。なお、図 8 の一覧表 40 において、 $P-A_{max}$ は、肝臓 24 の近傍での横断面における腹膜前脂肪の面積の最大値である。また、 S_{min} は、皮下脂肪厚の最小値であり、 S_{max} は、皮下脂肪厚の最大値である（図 3 参照）。さらに、 AFI は腹壁脂肪係数 ($=P_{max}/S_{min}$) であり、 BMI はボディマス指数であり、 WC は臍周囲径である。これらのパラメータは、内臓脂肪量と相関性を示すパラメータとして従来から利用されている。

【0061】

図 8 に示されるように、内臓脂肪係数 $P1$ の相関係数 r は、男性の場合で 0.545、女

50

性の場合で0.784、平均値で0.734となっており、それぞれ2番目に良好な数値を示している。なお、相関係数 r は、1に近いほど回帰線からのズレが小さく相関性が高まる。このように、内臓脂肪係数P1は、各パラメータの中で相関性が良好な臍周囲径WCと同程度の相関性を示し、腹膜前脂肪の面積最大値P-Amaxよりも高い相関性を示す。従って、その相関性を利用した換算表を用いることにより、内臓脂肪係数P1の数値に対応した内臓脂肪量が正確に求められる。

【0062】

従って、本実施の形態によれば以下の効果を得ることができる。

【0063】

(1) 本実施の形態の内臓脂肪測定装置1では、超音波プローブ3を用いて超音波を送受信することにより、臍9を基準とした腹部正中線L0に沿った断層画像21を取得することができる。そして、その断層画像21に基づいて、肝臓24の近傍における腹膜前脂肪厚の最大値Pmaxと、臍9の近傍における腹膜前脂肪厚の最大値UmPmaxとが自動的に測定され、各腹膜前脂肪の厚さの最大値Pmax, UmPmaxと年齢Ageに関する情報とに基づいて、内臓脂肪係数P1が算出される。この内臓脂肪係数P1を用いれば、年齢に応じてつき方が異なる臍9の近傍における腹膜前脂肪を考慮することができ、内臓脂肪量をより正確に求めることが可能となる。しかも、X線CT装置を用いる従来方法は、現在のところ最も信頼性の高いスタンダードな方法であると一般的に認識されているが、実際のところ腸管にガスが溜まっているような場合には測定誤差が大きくなるため、安定性の面に問題がある。これに対して、本実施の形態の内臓脂肪測定装置1を用いる測定方法では、腸管ガスの存在が測定結果に何ら影響を与えないので、その点において安定性が高い好適なものであるといえる。

【0064】

(2) 本実施の形態の内臓脂肪測定装置1では、X線CT装置を使用する場合とは異なり、専門の知識を必要とすることなく、知識のない一般の人でも容易に内臓脂肪係数P1を測定することができる。また、内臓脂肪測定装置1は、X線CT装置と比較して小型の装置として実現できるので、容易に持ち運ぶことができる。さらに、内臓脂肪測定装置1は、X線CT装置を使用する場合とは異なり、X線被爆の心配がないため、子供の健康診断等においても定期的に使うことができる。

【0065】

(3) 本実施の形態の内臓脂肪測定装置1では、臍9を基準として超音波プローブ3がセットされるので、測定位置のズレを確実に防止することができる。また、比較的長い超音波プローブ3を用いているので、超音波の走査を一回行うことによって腹部8の断層画像21を取得することができる。従って、肝臓24や臍9の近傍における腹膜前脂肪厚の最大値Pmax, UmPmaxを正確かつ迅速に測定することができる。

【0066】

(4) 本実施の形態の内臓脂肪測定装置1では、表示装置19の画面に腹部8の断層画像21と内臓脂肪係数P1が表示されるので、肥満度合いを容易に確認することができる。また、過去に測定した内臓脂肪係数P1がメモリ17に記憶されており、その過去の内臓脂肪係数P1と今回の内臓脂肪係数P1とが表示装置19の画面に表示される。従って、それら内臓脂肪係数P1の数値を比較することにより、肥満の進行度合いや肥満の改善度合いを確認することができる。

【0067】

(5) 本実施の形態の内臓脂肪測定装置1では、メジャーなどを用いて臍周囲径WCを測定する必要がなく、内臓脂肪量に対応した内臓脂肪係数P1を簡単に測定することができる。また、内臓脂肪測定装置1では、断層画像21を解析して皮下脂肪や腹膜前脂肪などの面積を求める必要がなく、腹膜前脂肪の厚さを求めればよいので、処理が簡単となることに加え、測定誤差も少なくなる。

【0068】

なお、本発明の実施の形態は以下のように変更してもよい。

【0069】

・上記実施の形態では、測定結果として、腹部8の断層画像21と内臓脂肪係数P1とを表示装置19に表示させていたが、これらに加え、換算表を用いて内臓脂肪係数P1から求めた内臓脂肪量を表示装置19に表示させるように構成してもよい。また、過去に測定した内臓脂肪係数P1と今回測定した内臓脂肪係数P1とを比較し、それら測定値の変化量に基づいて、肥満度の進行度合などを表示装置19に表示してもよい。さらに、内臓脂肪係数P1の測定値やその変化量に基づいて、内臓脂肪型肥満の警告を表示装置19に表示するように構成してもよい。具体的には、例えば、換算表を用いて内臓脂肪係数P1から求めた内臓脂肪面積が 100 cm^2 以上である場合に、「内臓脂肪型肥満」と表示し、警告を促すように構成する。

10

【0070】

・上記実施の形態では、腹部8の断層画像21が白黒の濃淡で表示装置19に表示されるものであったが、断層画像21における腹膜前脂肪の領域23を、例えば赤色で着色して表示させるよう構成してもよい。このようにすると、検査対象者に対して、肥満の度合いを視覚的に認識させることができ、生活習慣病に対する警告を効果的に行うことができる。

【0071】

・上記実施の形態では、比較的に長い超音波プローブ3を用い、超音波の走査を一回行うことによって腹部8の断層画像21を取得するものであったが、短い超音波プローブを用いてもよい。短い超音波プローブを用いる場合、腹部正中線L0に沿って超音波プローブをずらしながら、超音波の走査を複数回行うことによって腹部8の断層画像21を取得する。

20

【0072】

・上記実施の形態では、内臓脂肪係数P1は、上記の計算式(1)を用いて算出するものであったが、この計算式(1)を適宜変更してもよい。要は、肝臓24の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値Pmaxと、臍9の近傍における腹膜前脂肪の厚さの最大値UmPmaxとを用い、年齢Ageで補正した内臓脂肪係数P1を算出するものであればよい。

【0073】

・上記実施の形態の内臓脂肪測定装置1は、ヒト7の内臓脂肪量を測定する測定装置として具体化した但、ヒト以外の哺乳類を被験体としてその内臓脂肪量を測定してもよい。

30

【0074】

次に、特許請求の範囲に記載された技術的思想のほかに、前述した実施の形態によって把握される技術的思想を以下に列挙する。

【0075】

(1)請求項1乃至6のいずれか1項において、前記超音波プローブは、前記被験体の腹部における肝臓の位置から臍の位置までの距離に対応した長さを有することを特徴とする内臓脂肪測定装置。

【0076】

(2)請求項1乃至6のいずれか1項において、前記超音波プローブは、リニア走査型のプローブであることを特徴とする内臓脂肪測定装置。

40

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本発明を具体化した一実施の形態の内臓脂肪測定装置を示す概略構成図。

【図2】腹部の断層画像を示す断面図。

【図3】肝臓近傍及び臍近傍における腹膜前脂肪厚を測定するための説明図。

【図4】内臓脂肪面積と内臓脂肪係数との相関性を示すグラフ。

【図5】内臓脂肪面積と腹膜前脂肪厚の最大値との相関性を示すグラフ。

【図6】内臓脂肪量を測定するための処理を示すフローチャート。

【図7】超音波プローブをセットするための表示画面を示す説明図。

【図8】各種パラメータの相関関係を示す説明図。

50

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

1 ... 内臓脂肪測定装置

3 ... 超音波プローブ

6 ... 超音波振動子

7 ... 被験体としてのヒト

8 ... 腹部

9 ... 臍

10 ... 情報入力手段、画像生成手段、脂肪厚測定手段、及び内臓脂肪係数算出手段としてのコントローラ

17 ... 内臓脂肪係数記憶手段としてのメモリ

18 ... 内臓脂肪係数計算式記憶手段としての記憶装置

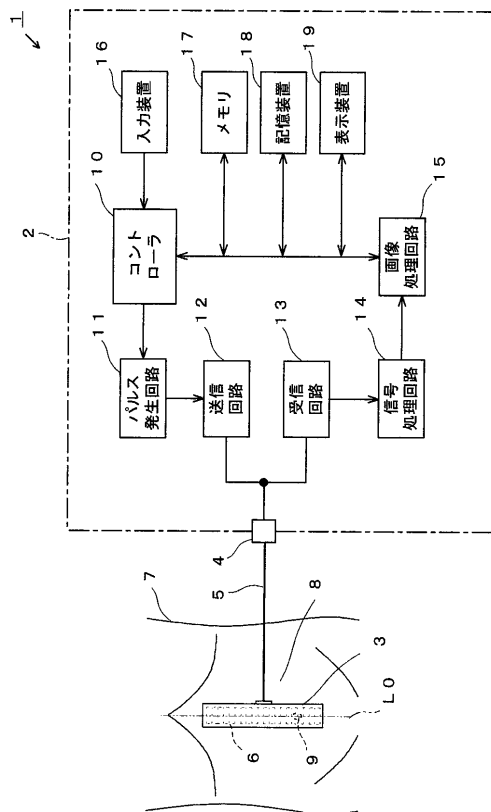
19 ... 表示手段としての表示装置

21 ... 超音波像としての断層画像

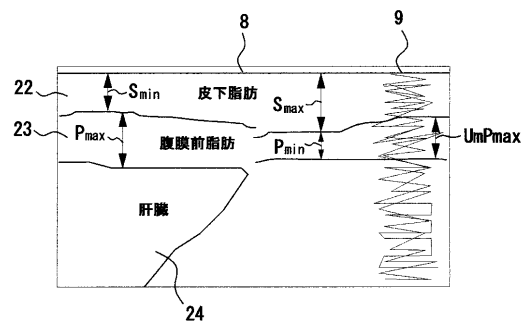
24 ... 肝臓

10

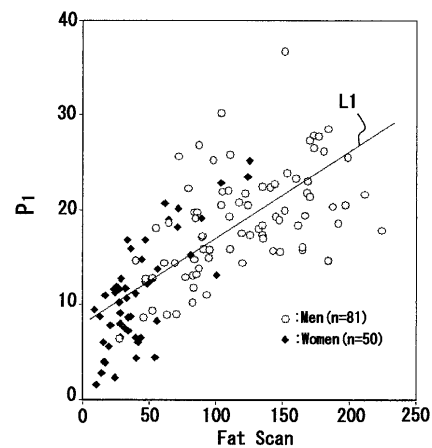
【図1】



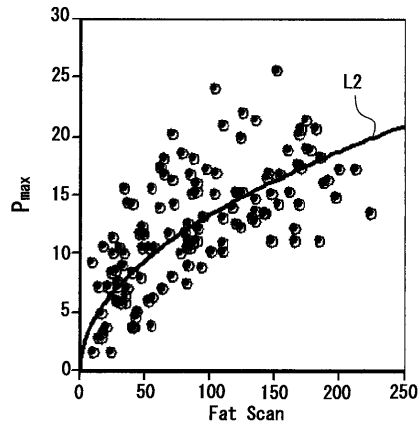
【図3】



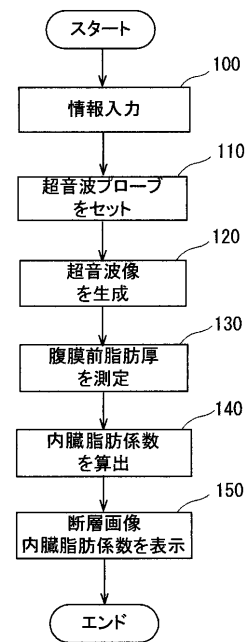
【図4】



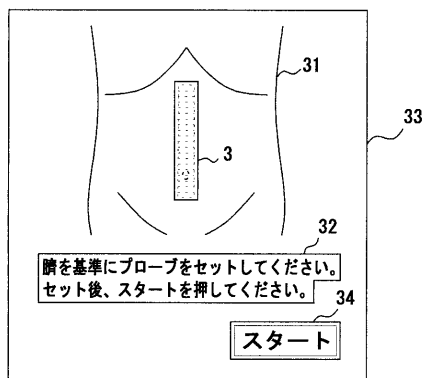
【図 5】



【図 6】



【図 7】

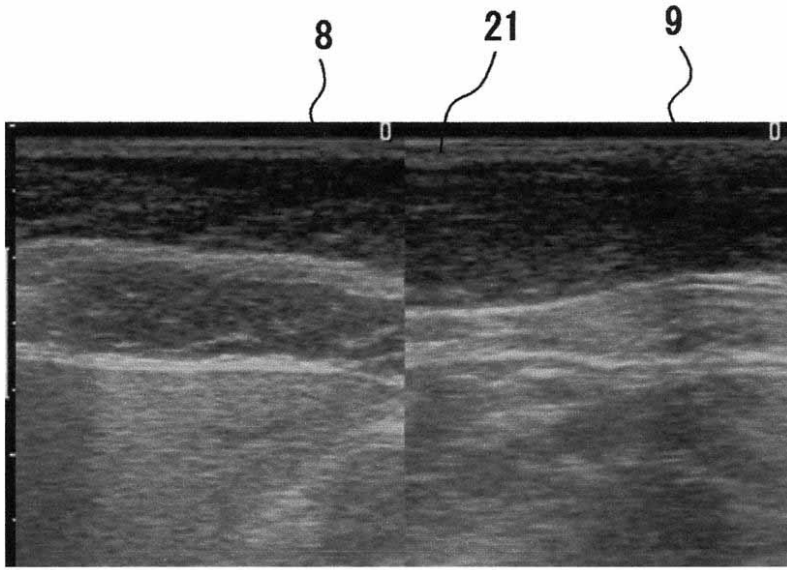


【図 8】

40

	Men(n=81)		Women(n=50)		Total(n=131)	
	r	p	r	p	r	p
P1	0.545	<0.0001	0.764	<0.0001	0.734	<0.0001
P-Amax	0.537	<0.0001	0.826	<0.0001	0.728	<0.0001
Smin	0.182	0.1034	0.47	0.0006	0.197	0.0244
Pmax	0.472	<0.0001	0.71	<0.0001	0.672	<0.0001
Smax	0.053	0.6388	0.324	0.0219	0.033	0.7074
UmPmax	0.4	0.0002	0.56	<0.0001	0.654	<0.0001
AFI	0.424	<0.0001	0.438	0.0015	0.645	<0.0001
BMI	0.51	<0.0001	0.618	<0.0001	0.682	<0.0001
WC	0.689	<0.0001	0.692	<0.0001	0.771	<0.0001

【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 和人
愛知県豊橋市大岩町小山塚20番地 本多電子株式会社内

審査官 富永 昌彦

(56)参考文献 特開2000-350727(JP,A)
国際公開第2006/077885(WO,A1)
特開2002-219132(JP,A)
山本裕之, 前堀洋子, 浅井園子, 稲村貞子, 後藤潮子, 岡崎初代, 小林樹恵, 河野千代子, 石館愛子, 池谷直樹, 石川憲彦, 脂肪肝の評価における腹膜前脂肪厚測定の有用性について, CAMPUS HEALTH, 日本, Japan University Health Association, 2003年 3月, 40(1), Page.272-273

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/08

专利名称(译)	内脏脂肪测量装置，内脏脂肪测量方法及其程序		
公开(公告)号	JP4962711B2	公开(公告)日	2012-06-27
申请号	JP2007032774	申请日	2007-02-13
[标]申请(专利权)人(译)	山本博之 本多电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	山本博之 本多电子株式会社 有限公司交叉井		
当前申请(专利权)人(译)	山本博之 本多电子株式会社 有限公司交叉井		
[标]发明人	山本裕之 小林和人		
发明人	山本 裕之 小林 和人		
IPC分类号	A61B8/08		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB06 4C601/BB21 4C601/DD02 4C601/DD26 4C601/EE09 4C601/EE12 4C601/GB04 4C601/JB41 4C601/JB50 4C601/JB51 4C601/KK12 4C601/KK25 4C601/KK28 4C601/KK35 4C601/LL11		
其他公开文献	JP2008194240A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种能够精确，轻松地测量内脏脂肪量的内脏脂肪测量装置。解决方案：内脏脂肪测量装置1设置有装置主体2和超声波探头3。在内脏脂肪测量装置1中，基于通过超声波探头发送和接收超声波获得的反射波信号。如图3所示，生成成人7的腹部8的超声波图像。在超声波图像的基础上，测量杠杆附近的腹膜前脂肪厚度的最大值Pmax和肚脐9附近的腹膜前脂肪厚度的最大值UmPmax。基于各个腹膜前脂肪厚度的最大值Pmax和UmPmax以及关于年龄的信息，计算对应于内脏脂肪量的内脏脂肪系数P1。Z

【图4】

