

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5368615号
(P5368615)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 8/08

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-176613 (P2012-176613)	(73) 特許権者	504137912
(22) 出願日	平成24年8月9日(2012.8.9)		国立大学法人 東京大学
審査請求日	平成25年7月8日(2013.7.8)		東京都文京区本郷七丁目3番1号
		(73) 特許権者	390029791
			日立アロカメディカル株式会社
			東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号
		(74) 代理人	110001210
			特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
		(72) 発明者	窪田 直人
			東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大 学法人東京大学内
		(72) 発明者	小泉 憲裕
			東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大 学法人東京大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検者の腹部表面に当接され、超音波の送受波を行う送受波器と、

前記超音波の送受波により得られた受信信号に基づいて、前記腹部内を表す超音波画像を形成する画像形成部と、

前記超音波画像に対して計測を行う手段であって、前記腹部内における内臓脂肪含有領域内に存在する基準部位と前記送受波器の当接部位とを結ぶ計測経路上において前記基準部位から前記腹部表面までの第1の長さと同前記基準部位から前記内臓脂肪含有領域の外縁までの第2の長さを計測する計測部と、

少なくとも腹囲長、前記第1の長さ及び前記第2の長さに基づいて、内臓脂肪量を表す指標値を演算する演算手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 2】

請求項1記載のシステムにおいて、

前記演算手段は、前記腹囲長及び前記第1の長さに基づいて推定される腹部の全体面積から前記第1の長さと同前記第2の長さの比率を利用して内臓脂肪に対応する部分面積を推定し、

前記内臓脂肪に対応する部分面積に基づいて前記指標値が演算される、ことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 3】

10

20

請求項 2 記載のシステムにおいて、

前記腹部の全体面積は、楕円の短軸半径及び楕円の周囲長から楕円面積を求める計算式において、前記楕円の短軸半径として前記第 1 の長さを与え且つ前記楕円の周囲長として前記腹囲長を与えることにより求められるものであり、

前記内臓脂肪に対応する部分面積は、前記全体面積に対して前記第 1 の長さと同記第 2 の長さの比率の二乗を乗算することにより求められる相似形楕円面積に対して更に所定の修正条件を適用することにより求められるものである、

ことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 4】

請求項 3 記載のシステムにおいて、

前記所定の修正条件は、前記相似形楕円面積から前記基準部位よりも奥側の部分が除外されるようにする第 1 修正条件及び前記相似形楕円面積から臓器に相当する部分が除外されるようにする第 2 修正条件である、

ことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 5】

請求項 2 記載のシステムにおいて、

前記演算手段は、前記内臓脂肪に対応する部分面積と、前記被検体についての 1 又は複数の個人パラメータ値と、を利用して前記指標値を演算する、

ことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 6】

請求項 5 記載のシステムにおいて、

前記 1 又は複数の個人パラメータ値には、性別、年齢、身長及び体重の内の少なくとも 1 つが含まれる、ことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 7】

請求項 1 記載のシステムにおいて、

前記基準部位は前記腹部内に存在する腹部大動脈であり、

前記計測経路は前記腹部大動脈に対して直交する方向に設定される、

ことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 8】

請求項 1 記載のシステムにおいて、

前記計測部は、

前記超音波画像上において前記基準部位の位置及び前記内臓脂肪領域の外縁の位置を特定する手段と、

前記基準部位の位置及び前記内臓脂肪含有領域の外縁の位置に基づいて、前記第 1 の長さ及び前記第 2 の長さを計測する手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 9】

請求項 8 記載のシステムにおいて、

前記位置を特定する手段は、前記超音波画像上において前記基準部位に第 1 マーカーを合わせ且つ前記内臓脂肪含有領域の外縁に第 2 マーカーを合わせるための手段を含む、

ことを特徴とする超音波診断システム。

【請求項 10】

被検者の腹部表面に送受波器を当接して超音波の送受波を行うことにより形成される腹部断層画像を処理する情報処理装置において、

前記腹部断層画像上において計測を行う手段であって、前記腹部内における内臓脂肪含有領域内に存在する基準部位と前記送受波器の当接部位とを結ぶ計測経路上において前記基準部位から前記腹部表面までの第 1 の長さと同記基準部位から前記内臓脂肪含有領域の外縁までの第 2 の長さを計測する計測部と、

前記被検者の腹囲長を表す情報を受け入れる手段と、

少なくとも前記腹囲長、前記第 1 の長さ及び前記第 2 の長さに基づいて、内臓脂肪量を

10

20

30

40

50

表す指標値を演算する演算手段と、
を含むことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の装置において、
前記被検者についての 1 又は複数の個人パラメータ値を表す情報を受け入れる手段を含み、

前記演算手段は、更に、前記 1 又は複数の個人パラメータ値に基づいて、前記指標値を演算する、

ことを特徴とする情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は超音波診断システムに関し、特に、内臓脂肪を計測するための超音波診断システムに関する。

【背景技術】

【0002】

医療の分野において超音波診断システムが活用されている。超音波診断システムは、一般に、超音波診断装置により構成され、あるいは、超音波診断装置とコンピュータとを組み合わせたものとして構成される。超音波診断装置は、生体に対して超音波を送波し生体内からの反射波を受波する超音波探触子（プローブ）と、超音波探触子からの受信信号に基づいて画像形成や計測を行う装置本体と、により構成される。超音波診断によれば、X 線診断において生じる被ばくという問題を回避でき、また X 線診断で必要となるような大掛かりな機構が不要である。そのような利便性から、メタボリックシンドローム（内臓脂肪型肥満）の健診に超音波診断を利用することが望まれている。

20

【0003】

現在、メタボリックシンドロームの健診では、一般に、腹囲長計測が行われている。腹囲長と内臓脂肪量との間には一定の相関が認められるためである。しかし、腹囲長は皮下脂肪（筋肉を含む）を含んだ長さ情報でしかなく、腹腔内における内臓脂肪の量あるいはそれが存在する可能性がある範囲の大きさを直接的に表すものではない。腹部に微弱電流を流し、その電気抵抗から内臓脂肪量を推定する手法も提案されているが、そのような手法の実現には大掛かりな装置が必要となるし、腹部内の構造を十分考慮できるものではない。X 線 CT 装置を利用して内臓脂肪量を計測する手法によれば、高精度での計測を実現できるが、そのためには非常に大掛かりなシステムを構築する必要があり、規模やコストの面で問題があり、特に、被ばくという面での問題を指摘できる。

30

【0004】

メタボリックシンドロームの健診においては、特に、その集団検診においては、簡易かつ速やかに、しかも信頼性良く、内臓脂肪量を表す情報を計測することが要請されるが、上記従来技術では必ずしもそのような要請を十分に満たすことができない。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0005】

【特許文献 1】特開 2011 - 101679 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 101680 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1, 2 には超音波診断を用いて内臓脂肪量を計測するシステムが開示されている。そのシステムでは、腹部表面上の 3 箇所にプローブを当接することにより、内臓脂肪エリア内の基準部位から当該エリアの外縁上における 3 つの地点までの 3 つの距離が演算され、3 つの距離から内臓脂肪エリアの面積が推定されている。よって、このシステムを

50

利用すれば、被ばくのおそれなく、しかも比較的簡単に内臓脂肪量を表す指標値を求めることが可能である。しかし、3箇所プローブを順次当接する操作が必要であり、計測に時間がかかってしまうという問題がある。3箇所の内で左側及び右側の2箇所においてはプローブを傾斜させる必要があり、場合によってはプローブの姿勢維持が難しいという問題がある。また、3箇所の相互間距離が体形によらず一定となっているので、体形によって、基準部位と3箇所の幾何学的関係（特に角度関係）が変動してしまうという問題がある。

【0007】

本発明の目的は、内臓脂肪量を表す情報を簡易に且つ精度良く計測することにある。あるいは、本発明の目的は、体形によらずに内臓脂肪量を表す情報を精度良く計測することにある。あるいは、本発明の目的は、メタボリックシンドロームの健診において従来から一般的に計られている腹囲長と、超音波画像の計測結果の両者を利用して、内臓脂肪量を表す情報を簡易に且つ精度良く計測することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る超音波診断システムは、被検者の腹部表面に当接され、超音波の送受波を行う送受波器と、前記超音波の送受波により得られた受信信号に基づいて、前記腹部内を表す超音波画像を形成する画像形成部と、前記超音波画像に対して計測を行う手段であって、前記腹部内における内臓脂肪含有領域内に存在する基準部位と前記送受波器の当接部位とを結ぶ計測経路上において前記基準部位から前記腹部表面までの第1の長さと同様に前記基準部位から前記内臓脂肪含有領域の外縁までの第2の長さを計測する計測部と、少なくとも腹囲長、前記第1の長さ及び前記第2の長さに基づいて、内臓脂肪量を表す指標値を演算する演算手段と、を含む。

【0009】

上記構成によれば、基本的に腹部表面上の一箇所に送受波器が当接され、その状態で超音波が送受波される。これにより超音波画像が形成される。その場合、超音波画像として断層画像が形成されるのが望ましいが、第1の長さ及び第2の長さの計測を行える限りにおいて他の画像が形成されてもよい。断層画像を形成するに当たり、腹部の横断面に対応するビーム走査面が形成されてもよいし、腹部の縦断面に対応するビーム走査面が形成されてもよい。あるいは、三次元計測が行われ、三次元画像や直交二断面が表示されてもよい。第1の長さ及び第2の長さの計測は、画像を目視観察したユーザーの入力に基づいて行われ、あるいは、自動的な画像解析として行われる。前者の場合、画面上にマーカーを登場させ、マーカーの位置決めを行うことより、距離計測用の点（座標）を指定可能である。基準部位は内臓脂肪含有領域（内臓脂肪エリア又は腹腔エリア）内のおよそ中心位置に存在する組織であるのが望ましく、特に腹部大動脈（下大動脈）であるのが望ましい。腹部大動脈は拍動している組織であり、また血流部が低輝度で表示されるから、画像観察上、腹部大動脈を特定するのは比較的容易である。内臓脂肪含有領域の外縁は、基本的に皮下脂肪層の内側にある筋肉層の内縁（内膜）であるが、それが皮下脂肪層の内縁その他であってもよい。いずれにしても基準として利用可能な境界面上の点が特定される。超音波診断の前後に又はそれと同時に腹囲長が計測される。腹囲長は、通常、腹部を取り囲むメジャーを用いて計測される。自動計測機能がついたベルトを用いてもよいし、非接触計測法が利用されてもよい。腹囲長は従前から計測されており、健康診断における標準的な検査項目であるから、腹囲長を利用しても検診時に格別の追加負担は生じない筈である。むしろ、超音波計測では観測困難な腹部全体面積に直接関わる情報を利用できるから、内臓脂肪量の推定精度を高められる。そのような腹囲長と、第1の長さ、第2の長さ、に基づいて、内臓脂肪量を表す、つまり内臓脂肪量に対して相関性が認められる指標値が演算される。指標値は二次元平面上に存在する又は三次元空間に存在する内臓脂肪量それ自体を表す値であってもよいし、内臓脂肪量の大小程度を示す値であってもよい。

【0010】

後述する実施形態では、腹部全体（の断面形状）が楕円で近似され、その楕円の周囲長

として腹囲長が利用され、楕円の短軸長が第 1 の長さであると仮定される。実際、腹部断面はおおよそ楕円形を有する。短軸長としての第 1 の長さを定義するために、腹部断面におけるおおよそ中央部に基準部位が設定されるのが望ましい。望ましくは、内臓脂肪含有領域（の断面形状）も楕円で近似される。しかも、腹部全体を近似した楕円の相似形として、内臓脂肪含有領域の外形を表す楕円が定義される。これにより、全体面積を定義する楕円に基づき、部分面積を定義する楕円が相似形として定義される。前者に基づき後者を定義するために、望ましくは、第 1 の長さと第 2 の長さの比が利用される。結果として比を利用できればよいので、体表面から内臓脂肪領域の外縁までの長さと、内臓脂肪領域の外縁から基準部位までの長さとが計測されてもよい。それも実質的に見て第 1 の長さと第 2 の長さの計測に他ならない。

10

【 0 0 1 1 】

内臓脂肪含有領域の楕円近似によると、当該領域（つまり腹腔）内に存在する臓器その他の組織（内臓脂肪以外の組織）までが内臓脂肪として評価されてしまう可能性があるため、そのような計測対象外組織が除外されるように修正条件を適用するのが望ましい。例えば、楕円面積に対して 1.0 よりも小さい係数を乗算するようにしてもよい。また、背骨等の背面側組織が除外されるように修正条件を適用するのが望ましい。例えば、360 度中の一定範囲だけを内臓脂肪が存在する可能性がある範囲として認定してもよい。なお、計測経路が腹部断面の中心から左右方向にずれていても、あるいは、基準部位が腹部断面の中心から上下方向にずれていても、修正条件等の適用により、誤差を低減できるならば、そのようなずれは問題とならない。

20

【 0 0 1 2 】

なお、面積値としての指標値をそのまま出力するようにしてもよいし、生体の各位置においてそのような面積値を演算してそれらの総和として体積値を求め、それを指標値として出力するようにしてもよい。面積演算及び体積演算の手法としては各種の手法が考えられる。

【 0 0 1 3 】

望ましくは、前記演算手段は、前記腹囲長及び前記第 1 の長さに基づいて推定される腹部の全体面積から前記第 1 の長さと前記第 2 の長さの比率を利用して内臓脂肪に対応する部分面積を推定し、前記内臓脂肪に対応する部分面積に基づいて前記指標値を演算する。腹囲長、第 1 の長さ及び第 2 の長さは基本的に実測値である。前二者から腹部全体の近似形状の面積（全体面積）を演算可能であり、その全体面積と上記比率から、内臓脂肪含有領域の近似形状の面積（部分面積）を演算可能である。

30

【 0 0 1 4 】

望ましくは、前記腹部の全体面積は、楕円の短軸半径及び楕円の周囲長から楕円面積を求める計算式において、前記楕円の短軸半径として前記第 1 の長さを与え且つ前記楕円の周囲長として前記腹囲長を与えることにより求められるものであり、前記内臓脂肪に対応する部分面積は、前記全体面積に対して前記第 1 の長さと前記第 2 の長さの比率の二乗を乗算することにより求められる相似形楕円面積に対して更に所定の修正条件を適用することにより求められるものである。腹部及び内臓脂肪含有領域の各断面は楕円によって近似することが可能でありかつ妥当であり、特に腹部を近似した断面の相似形として内臓脂肪含有領域を近似した楕円を定義することが可能でありかつ妥当である。

40

【 0 0 1 5 】

望ましくは、前記所定の修正条件は、前記相似形楕円面積から前記基準部位よりも奥側の部分が除外されるようにする第 1 修正条件及び前記相似形楕円面積から臓器に相当する部分が除外されるようにする第 2 修正条件である。奥側の部分は例えば背骨等が存在する部分である。臓器相当部分が一定値であるとみなしてもよい。あるいは、内臓脂肪含有領域（楕円として仮定した領域）に対して臓器相当部分が一定比率で存在するとみなしてもよい。

【 0 0 1 6 】

望ましくは、前記演算手段は、前記内臓脂肪に対応する部分面積と、前記被検体につい

50

ての1又は複数の個人パラメータ値と、を利用して前記指標値を演算する。被検者ごとに演算結果つまり指標値の精度をより高めるために、個人パラメータ値による補正を適用するのが望ましい。その場合、内臓脂肪量との相関性の高いパラメータ値を利用するのが望ましい。望ましくは、前記1又は複数の個人パラメータ値には、性別、年齢、身長及び体重の内の少なくとも1つが含まれる。例えば、一般的な健診項目であるBMIが含まれてもよく、それは体重と身長から演算可能なものである。上記の他、性別、国籍（出身地又は出身国）が考慮されてもよい。個人パラメータ値に応じて係数のみならず関数それ自体が切り換えられてもよい。例えば、男性と女性とで別々の計算式を用意しておくことも可能である。

【0017】

10

望ましくは、前記基準部位は前記腹部内に存在する腹部大動脈であり、前記計測経路は前記大動脈に対して直交する方向に設定される。望ましくは、前記計測部は、前記超音波画像上において前記基準部位の位置及び前記内臓脂肪領域の外縁の位置を特定する手段と、前記基準部位の位置及び前記内臓脂肪含有領域の外縁の位置に基づいて、前記第1の長さ及び前記第2の長さを計測する手段と、を含む。体表面位置の入力を行ってもよいが、通常、超音波診断装置においてはその位置は既知である。望ましくは、前記位置を特定する手段は、前記超音波画像上において前記基準部位に第1マーカを合わせ且つ前記内臓脂肪含有領域の外縁に第2マーカを合わせるための手段を含む。それらのマーカを利用して超音波画像上で距離計測が実行される。

【0018】

20

本発明に係る情報処理装置は、被検者の腹部表面に送受波器を当接して超音波の送受波を行うことにより形成される腹部断層画像を処理する情報処理装置において、前記腹部断層画像上において計測を行う手段であって、前記腹部内における内臓脂肪含有領域内に存在する基準部位と前記送受波器の当接部位とを結ぶ計測経路上において前記基準部位から前記腹部表面までの第1の長さと前記基準部位から前記内臓脂肪含有領域の外縁までの第2の長さとを計測する計測部と、前記被検者の腹囲長を表す情報を受け入れる手段と、少なくとも前記腹囲長、前記第1の長さ及び前記第2の長さに基づいて、内臓脂肪量を表す指標値を演算する演算手段と、を含む。情報処理装置は、超音波画像データを処理する装置として構成され、それは例えばパーソナルコンピュータである。

【0019】

30

望ましくは、前記被検者についての1又は複数の個人パラメータ値を表す情報を受け入れる手段を含み、前記演算手段は、更に、前記1又は複数の個人パラメータ値に基づいて、前記指標値を演算する。個人パラメータ値の入力は、マニュアル入力、ネットワーク伝送、患者カードの読み取り、その他により実行可能である。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、内臓脂肪量を表す情報を簡易に且つ精度良く計測できる。あるいは、体形によらずに内臓脂肪量を表す情報を精度良く計測できる。あるいは、本発明の目的は、メタボリックシンドロームの健診において従来から一般的に計られている腹囲長と、超音波画像の計測結果の両者を利用して、内臓脂肪量を表す情報を簡易に且つ精度良く計測できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】腹部へのプローブの当接状態を示す断面図である。

【図2】腹部断面と断層画像の関係を示す図である。

【図3】プローブの他の当接例を示す図である。

【図4】楕円近似モデルを説明するための模式図である。

【図5】メジャーによる腹囲長の計測を説明するための図である。

【図6】本発明に係る超音波診断システムの構成例を示すブロック図である。

【図7】指標値の演算を説明するためのブロック図である。

50

【図 8】内臓脂肪についての実測値と推定値との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【0023】

図 1 には、生体における腹部の横断面が模式的に示されている。図 1 においては、内臓脂肪量を表す指標値を計測する際の状況が表されている。ちなみに、X 方向を背骨方向として、Z 方向は生体の厚み方向であり、Y 方向は左右方向である。図 1 においては、足側から頭部側へ見た場合の断面が示されている。

【0024】

10

図 1 において、生体 10 は腹部であり、その下側が背中であり、その上側が腹部表面 12 である。例えば、生体 10 はベッド上に仰向けで載せられている。生体 10 の内部には皮下脂肪層 14 が存在する。この皮下脂肪層 14 は皮膚を含む層である。その内側には筋肉層 16 が存在し、さらにその内側には内臓脂肪含有領域 20 が存在する。内臓脂肪含有領域 20 は、本来三次元領域であるが、図 1 においては YZ 面上に広がる二次元領域として示されており、それは複数の臓器も包含している。内臓脂肪含有領域 20 内においては、臓器や骨以外の隙間に内臓脂肪が存在している。

【0025】

図 1 において符号 18 は腰椎を表しており、符号 24 は臓器を表している。腹部 10 内には、特に内臓脂肪含有領域 20 内には、腹部大動脈（下大動脈）22 が存在し、それは太い動脈であり、超音波画像上においてその拍動を容易に視認することができる。腹部大動脈 22 は、腹部 10 の断面上ほぼ中心に位置し、本実施形態では、それが基準組織或いは基準部位として利用される。内臓脂肪含有領域 20 の外縁は筋肉層 16 の内面であり、それが符号 16A で示されている。

20

【0026】

指標値を計測する場合、腹部表面 12 上にプローブ 36 が当接される。具体的には、臍の位置 38 よりも、被検者の左手側に所定距離（例えば 2 - 3 cm）シフトした位置 40 に、つまり、空気層を有する臍を避けた位置であって腹部大動脈 22 の直上位置 40 に、プローブ 36 が垂直姿勢で当接される。プローブ 36 では超音波ビームの走査により二次元の走査面 42 が形成される。図示の例では、走査面 42 が YZ 面を構成しており、つまり横断面に相当している。後述するように、走査面が縦断面となるようにプローブ 36 を当接させることも可能である。図示の例では、走査面 42 の中心軸が丁度、腹部大動脈 22 の中心を垂直に横切るように、プローブ 36 の当接位置及び当接姿勢が調整されている。その調整は通常、断層画像を観察しながらマニュアルで実行される。なお、プローブ 36 を押し込み過ぎると、距離計測値が変動してしまうので、プローブ 36 の送受波面が体表面上に密着する限りにおいて、適度な当接圧をもってプローブ 36 が体表面上に当接される。

30

【0027】

図 2 には腹部 10 と断層画像 44 との位置関係が示されている。断層画像 44 内には走査面上の組織が現れる。走査面の外側に存在している組織は画像化されない。超音波計測、特に 1 回のプローブ当接による超音波計測において、腹部 10 の全体を画像化することはおおよそ困難である。複数回のプローブ当接を行うとしても同様である。本実施形態では腹囲長が別途計測されており、指標値の演算に当たっては、その腹囲長も利用される。つまり、腹部全体の大きさあるいは広がりを表す情報（超音波診断では得ることが困難な情報）が積極的に利用されている。

40

【0028】

画面表示された断層画像 44 上において、腹部大動脈 22 の中心と送受波中心点とを結ぶ中心線（計測経路）上において、第 1 の長さ a と第 2 の長さ a1 とが計測される。その場合、画面上にマーカーを登場させ、その位置を指定することにより、各地点がユーザー指定される。符号 46 は腹部大動脈の中心レベルを示しており、符号 48 は腹部表面レベ

50

ルを示しており、符号 50 は境界面としての筋肉層内面レベルを示している。第 1 の長さ a は、腹部表面レベル 48 から腹部大動脈中心レベル 46 までの距離であり、第 2 の長さ a_1 は、筋肉層内面レベル 50 から腹部大動脈中心レベル 46 までの距離である。図示の例では、計測経路が走査面中心線に相当していたが、計測経路が走査面中心線に対して傾斜していてもよい。第 1 の長さ a と第 2 の長さ a_1 とが的確に計測できる限りにおいて様々な計測手法を適用できる。

【0029】

例えば、図 3 に示すように、走査面 42 が縦断面となるようにプローブ 36 の位置決めを行って画像を形成するようにしてもよい。この場合にも、第 1 の長さ a として、腹部表面レベル 48 A から腹部大動脈中心レベル 46 A までの距離を計測でき、第 2 の長さ a_1 として、筋肉層内面レベル 50 A から腹部大動脈中心レベル 46 A までの距離を計測できる。いずれの場合も計測経路が腹部大動脈に対して直交するように、つまりそれが楕円近似における短軸に相当するように、プローブ 36 の当接位置や当接姿勢が調整されるのが望ましい。

【0030】

図 4 には、指標値の演算原理が模式図として示されている。符号 46 B は腹部大動脈の中心を示し、符号 48 B は体表面上の当接点を示している。それらを結ぶ計測経路上且つ筋肉層内面上の点が符号 50 B で示されている。楕円 52 は腹部断面の外形を近似した形状である。解剖学的な見地から見て、また経験則上、そのような近似には一定の妥当性が認められる。楕円 52 の短軸長が第 1 の長さ a であると仮定される。楕円 52 は、実際の腹部外形 54 からずれることもあるが、後述の修正条件の適用によりあるいは諸パラメータ値を考慮する計算式の適用により、多少のずれがあっても計測精度に大きな影響が及ぶことはない。超音波計測とは別にメジャー等を利用して臍を横切る部位における腹囲長が計測されている。他の部位を通過する腹囲長を計測してそれをそのまま又は補正して計算式に代入することも可能である。腹囲長は楕円周長 c とみなせる。第 1 の長さ a を短軸半径とし、 b を長軸半径とした場合、楕円の面積（腹部全体面積） S_0 は以下のように表され、楕円周長 c は以下のように近似的に表現される（他の近似式を利用することも可能である）。

【0031】

$$S_0 = \pi a b \quad \dots (1)$$

$$c = \pi \times (2(a^2 + b^2))^{1/2} - (a - b)^2 / 2 \cdot 2 \quad \dots (2)$$

上記 (2) 式において腹部は円に近い楕円なので第 2 項を無視して、長軸半径 b を、

$$(c^2 / 2\pi^2 - a^2)^{1/2} \quad \dots (3)$$

とおくと、全体面積 S_0 は以下のように表される。

【0032】

$$S_0 = \pi a (c^2 / 2\pi^2 - a^2)^{1/2} \quad \dots (4)$$

次に、腹腔つまり内臓脂肪含有領域の外形が上記楕円 52 の相似形としての楕円 56 であると仮定した場合（そのような仮定にも、解剖学的な見地から見て、また経験則上、一定の妥当性が認められる）、その楕円 56 における短軸半径を a_1 と定義でき、その面積 S_1 は、以下のように、全体面積 S_0 から、短軸半径 a と短軸半径 a_1 の比を利用して演算することが可能である。

【0033】

$$S_1 = (a_1 / a)^2 S_0 \quad \dots (5)$$

もっとも、楕円 56 の内で腹部大動脈の背面側には背骨が存在しており、その部分を除外しておく必要があるので、楕円 56 の内で背面側 120 度の範囲（ライン 58 とライン 60 で挟まれる扇状範囲）を除外すると、残りの 240 度の範囲 61、つまり全体の 2/3 が有効領域となる。また、楕円近似した内臓脂肪含有領域内には内臓脂肪以外の臓器その他が存在しているので、それを除外する必要がある。そこで、所定の数値 α （例えば 10 であり、それに代えて S_1 に所定係数を乗算した数値でもよい）を除外量とする。この 2 つの修正条件を踏まえると、内臓脂肪面積 S_2 は以下のように演算される。

【 0 0 3 4 】

$$S2 = (a1 / a)^2 S0 \times 2 / 3 - \alpha \quad \dots (6)$$

この計算は、腹部内における内臓脂肪が存在している有効面積を推定したものであり、面積 $S2$ を指標値として利用することもできるし、当該面積 $S2$ に対して個人パラメータ値に基づく補正を適用した上でその結果値を指標値として利用することができる。後述するように、腹囲長 c 、第 1 の長さ a 及び第 2 の長さ $a1$ というわずか 3 つの実測値を用い、腹部及び内臓脂肪含有領域の楕円近似モデルにそれらの実測値を当て嵌め、更に必要な補正を施すことにより、実用的価値の高いつまり信頼性ある指標値を取得することが可能である。なお、上記の 3 つの実測値に加えて他の実測値を利用することも可能である。

10

【 0 0 3 5 】

図 5 には、腹囲長の計測が概念的に示されている。目盛りが設けられた巻き尺のようなメジャー 62 によって、腹部 10 の外周囲長が計測される。マニュアル計測に代えて自動計測を適用することも可能である。腹囲長の計測は、超音波診断の前又は後に実行できる。もちろん、超音波診断と同時進行で腹囲長の計測を行うようにしてもよい。

【 0 0 3 6 】

図 6 には、本実施形態に係る超音波診断システムの構成がブロック図として示されている。超音波診断システムは本実施形態において超音波診断装置により構成されている。ただし、画像処理及び指標値演算をコンピュータにより実行させることも可能である。

【 0 0 3 7 】

図 6 に示される超音波診断システムは大別して本体 66 とプローブ 36 とにより構成される。本体 66 は超音波診断装置の本体部であり、それに対してケーブルを介してプローブ 36 が接続される。プローブ 36 は体表面上に当接して用いられるものである。プローブ 36 は複数の振動素子からなるアレイ振動子を備えている。そのアレイ振動子は 1D アレイ振動子である。アレイ振動子により電子ビーム B が形成され、それを電子走査方向 θ へ走査することにより走査面 69 が構成される。なお、 r は深さ方向を示している。電子走査方式としては、電子リニア走査方式（電子コンベックス走査方式を含む）、電子セクタ走査方式、等が知られている。プローブ 36 としていわゆる 3D プローブを利用してもよい。

20

【 0 0 3 8 】

次に本体 66 について説明する。送受信部 68 は送信ビームフォーマ及び受信ビームフォーマーとして機能する。送信時において、送受信部 68 はプローブ 36 に対して複数の送信信号を並列的に供給する。これによりプローブ 36 において送信ビームが形成される。受信時において、生体内からの反射波がアレイ振動子により受波され、そこから複数の受信信号が送受信部 68 へ出力される。送受信部 68 においては複数の受信信号に対して整相加算処理を実行し、これによって電子的に受信ビームを構成する。これにより得られた整相加算後の受信信号すなわちビームデータが信号処理部 70 へ出力される。

30

【 0 0 3 9 】

信号処理部 70 は検波回路、対数変換回路等の公知の回路を有し、ビームデータに対して所定の信号処理を実行する。信号処理後のビームデータが画像形成部 72 に出力されている。画像形成部 72 はデジタルスキャンコンバータ（DSC）により構成され、すなわち複数のビームデータに基づいて B モード断層画像を形成する。その画像データは表示処理部 74 を経由して表示部 76 へ送られており、表示部 76 においては断層画像が画面上に表示される。

40

【 0 0 4 0 】

計測部 78 は、断層画像上におけるユーザー指定された座標に基づき距離計測を実行するモジュールである。本実施形態においては、体表面上の当接点と腹部大動脈中心との間の第 1 の長さ a と、それらの両点を結ぶ計測経路上における筋肉層内面に相当する点から腹部大動脈中心までの第 2 の長さ $a1$ と、が計測されている。この場合において、画面上に同時に複数のマーカーを表示するようにしてもよい。あるいは単一のマーカーを用いて

50

座標を順次指定するようにしてもよい。そのような計測は、断層画面を見ながらプローブ 36 の当接位置及び当接姿勢が適切に調整された上で実行される。計測部 78 による計測結果は、必要に応じて表示処理部 74 に送られる。

【0041】

指標値演算部 80 は、計測部 78 によって計測された第 1 の長さ a 及び第 2 の長さ a_1 と、制御部 84 から渡される腹囲長 c と、に基づいて、また後述する複数の個人パラメータ値に基づいて、指標値を演算するモジュールである。その場合においては、係数テーブル 82 に格納された係数群が参照され、すなわち複数の係数値を利用しつつ指標値が演算される。演算結果である指標値すなわち内臓脂肪量を表す値は表示処理部 74 に送られ、表示部 76 において指標値が数値等として表示される。この場合において、指標値を演算する過程で用いられた各種パラメータ値等が画面上に同時表示されてもよい。指標値の演算及び係数群については後に説明する。

10

【0042】

制御部 84 は図 6 に示される各構成の動作制御を行っている。制御部 84 には入力部 86 が接続されている。この入力部 86 はキーボードやトラックボールなどで構成されるものである。入力部 86 がネットワークから情報を受け入れるポートであってもよく、また入力部 86 がカードリーダー等であってもよい。本実施形態においては、入力部 86 を用いて、マーカーの座標がユーザーにより指定される。また入力部 84 を用いて別途計測された腹囲長 c が入力される。更に、被験者情報として複数の個人パラメータ値が入力部 86 を利用して入力される。それらの情報が医療機関における基幹ネットワークを介して入力されてもよい。

20

【0043】

図 7 には、指標値演算部 80 の作用が概念図として示されている。指標値演算部 80 内には指標値を演算するための計算式（関数）が存在しており、その計算式の各項目に対して与える数値が図 7 に表されている。まず、指標値演算部 80 に対しては計測結果である計測値 a , a_1 が入力される。また、指標値演算部 80 に対しては、個人パラメータ値である、身長、体重、BMI、年齢、腹囲長 c 、等の各種数値が入力される。本実施形態においては、後に説明するように、指標値の演算にあたって、腹囲長 c が全体面積の演算の他、補正パラメータ値としても利用されている。指標値演算部 80 に対しては上述した係数テーブルから複数の係数値 $[k_1, k_2, \dots, k_n]$ 92 が与えられる。指標値演算部 80 は以上のように与えられた数値セットに基づき、所定の計算式にそれらを代入した上で、その計算結果として内臓脂肪量を表す指標値 98 を演算する。

30

【0044】

指標値演算部 80 において、年齢毎に、あるいは国籍毎に計算式を用意しておくようにしもよい。その場合においては、例えば符号 96 で示すように国（地域）や性別等に応じて、符号 94 で示すように、適切な計算式を選択し、指標値演算部 80 においては、選択された計算式を用いて指標値を演算するように構成するのが望ましい。

【0045】

次に、個人パラメータ値を考慮した指標値の演算について説明する。内臓脂肪量つまり指標値の推定精度をより高めるため、指標値の演算に際して、上述した腹囲長 c 、第 1 の長さ a 及び第 2 の長さ a_1 以外に、個人パラメータ値を考慮するのが望ましい。その場合に参照する個人パラメータ値は、内臓脂肪量との相関性があるものであって、通常健康診断等で計測されている一般的な個人パラメータ値であるのが望ましい。本実施形態では、上記の 3 つの実測値以外に身長、体重、BMI、年齢が考慮されている。具体的には、補正後の内臓脂肪量（面積） S_3 が以下のように演算されている。以下において、身長、体重、BMI、年齢はそれぞれ数値である。

40

【0046】

$$S_3 = k_1 * \text{身長} + k_2 * \text{体重} + k_3 * \text{BMI} \\ + k_4 * \text{腹囲長 } c + k_5 * \text{年齢} + k_6 * S_2 \quad \dots (7)$$

上記において、 S_2 は上記（6）式から求められるものである。既に説明したように、

50

腹囲長 c が $S2$ の計算において利用される他、補正パラメータ値として再利用されている。 MBI は身長と体重から求められるものであるため、結果として身長と体重が補正パラメータ値として二重に利用されている。上記において、 $k1$ から $k6$ は係数（重み係数）であり、ある男性サンプル集団についての重回帰分析の結果から、 $k1 = 1.04625$ 、 $k2 = -0.66080$ 、 $k3 = 6.42130$ 、 $k4 = 0.09900$ 、 $k5 = 1.17187$ 、 $k6 = 0.47235$ が得られている。なお、 $k4$ の値は小さく、腹囲長 c の再考慮は必ずしも必要でない可能性を指摘できる。いずれにしても上記計算式及び係数は例示に過ぎない。

【0047】

図8には、上記男性サンプル集団についての内臓脂肪量の実測値と、同じサンプル集団について上記計算式(7)を用いて求められた内臓脂肪量の推定値 $S3$ と、の相関関係が示されている。実測値はX線CT画像から求められたものである。横軸が実測値を示しており、縦軸が推定値を示している。この図に示されているように、両者間にはかなり良好な相関関係が認められ、相関係数として 0.8766 が得られている。すなわち、かなり高い推定精度が確認されている。性別、出身地等も考慮して計算式を構築するのが望ましい。あるいは、それらに応じて個別的な計算式を用意しておくのが望ましい。その場合、計算式の構成そのものを異ならせることや計算式中の係数セットを異ならせること等が考えられる。

【0048】

以上のように本実施形態によれば、簡便に内臓脂肪量を指標する数値を求めることができる。特に、プローブを体表面の一箇所に当接するだけでよいので被検者及び検査者の負担が少ないし、検査時間を短縮できる。また、距離計測という一次元計測の結果だけでなく、腹部全体の大きさを腹囲長として考慮できるので、内臓脂肪量の推定精度を高められる。上記構成では、複数の個人パラメータ値を更に考慮しているので、内臓脂肪量の推定精度をより高めることができ、逆に言えば、個体差による推定精度の低下を防止できる。

【符号の説明】

【0049】

10 腹部、14 皮下脂肪層、16 筋肉層、18 腰椎、20 内臓脂肪含有領域、22 腹部大動脈、24 臓器、36 プローブ、52 腹部外形を近似した楕円、56 内臓脂肪含有領域の外形を近似した楕円。

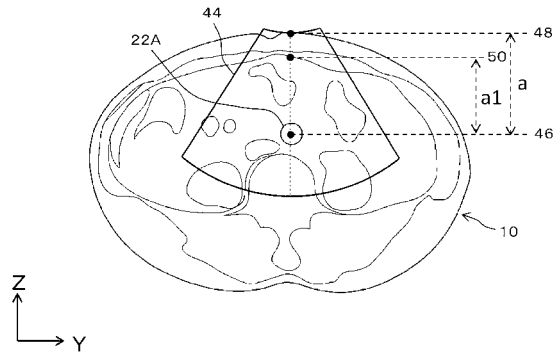
【要約】 (修正有)

【課題】メタボリックシンドロームの検診において、簡便に且つ精度良く、内臓脂肪量を表す指標値が求められるようにする。

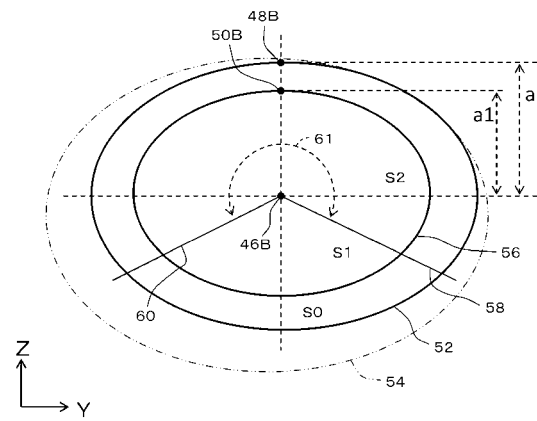
【解決手段】腹部の表面上にプローブが当接され、超音波の送受波が行われる。これにより形成される断層画像上において、体表面と腹部大動脈との間の長さ a と、内臓脂肪含有領域の外縁と腹部大動脈との間の長さ $a1$ と、が計測される。それとは別に腹囲長が計測される。腹部断面の楕円近似を前提として、腹囲長と長さ a とから腹部の全体面積が演算される。全体面積と、長さ a 及び長さ $a1$ の比率とから、内臓脂肪含有領域の面積が相似形楕円の面積（部分面積）として演算される。その部分面積と、被検体についての1又は複数の個人パラメータ値とから、内臓脂肪量を表す指標値が演算される。

【選択図】図4

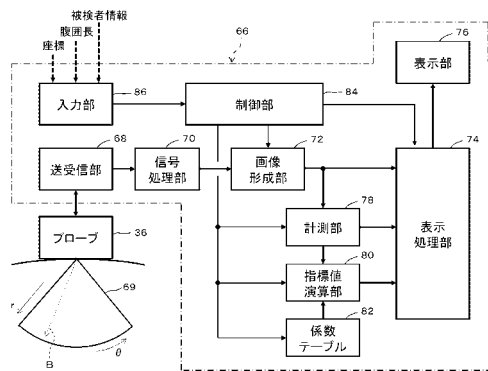
【図 2】



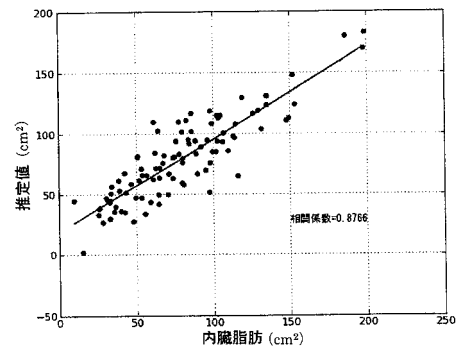
【図 4】



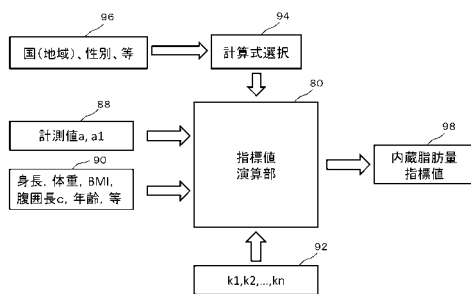
【図 6】



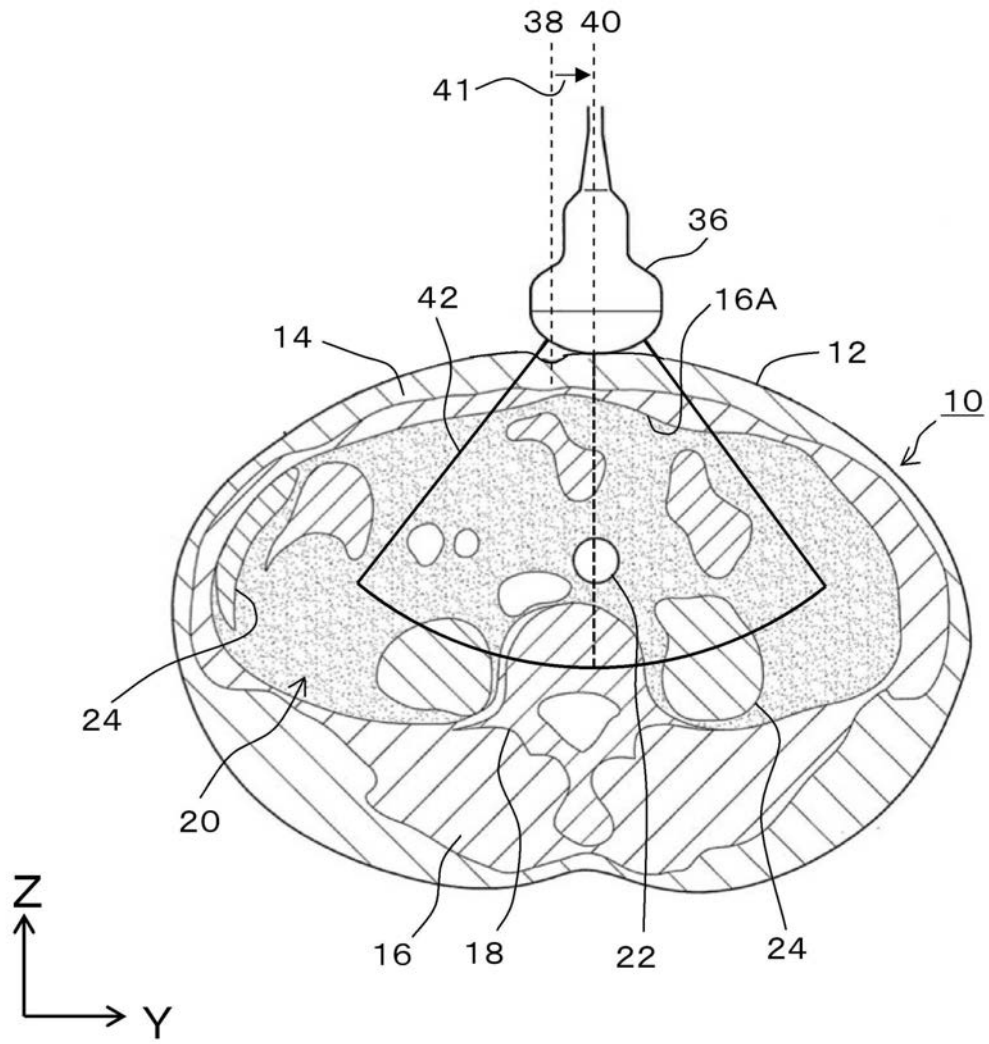
【図 8】



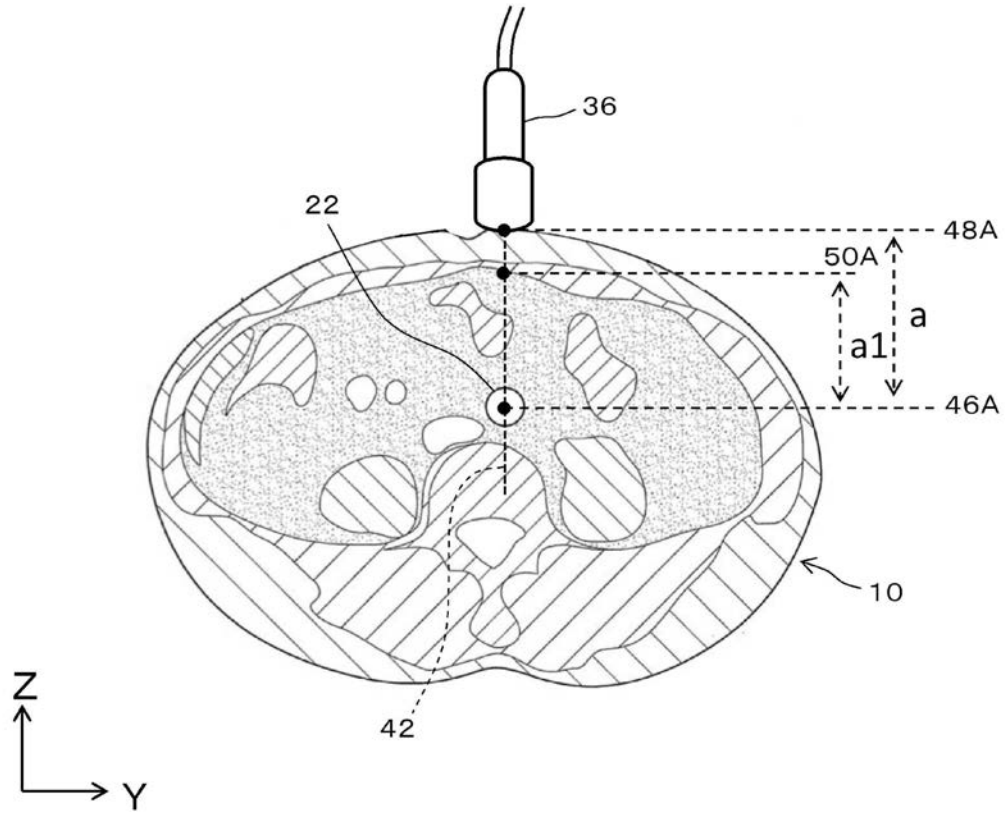
【図 7】



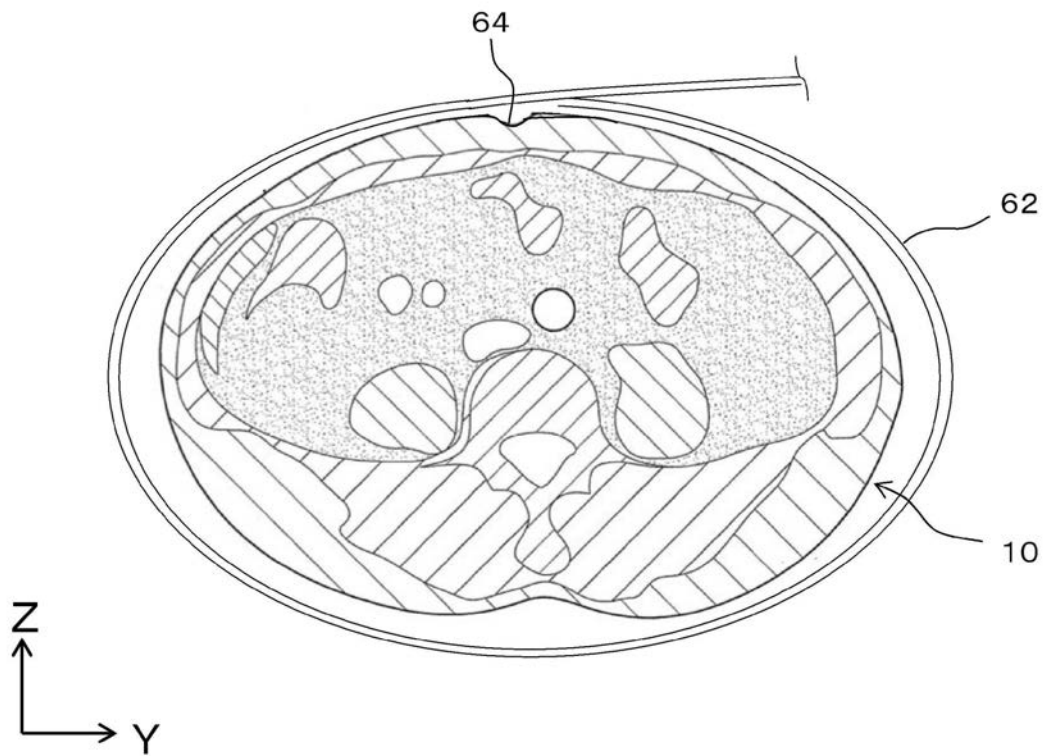
【図1】



【図 3】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 廖 洪恩
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 浅野 岳晴
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 湯橋 一仁
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 周 遊
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 光石 衛
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 大西 真
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 射谷 和徳
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内
- (72)発明者 三竹 毅
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 日立アロカメディカル株式会社内
- (72)発明者 佐久間 一郎
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 門脇 孝
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内

審査官 後藤 順也

- (56)参考文献 国際公開第2011/058986(WO, A1)
特開2002-219132(JP, A)
特開2007-111166(JP, A)
特開2001-212111(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15

专利名称(译)	超声诊断系统		
公开(公告)号	JP5368615B1	公开(公告)日	2013-12-18
申请号	JP2012176613	申请日	2012-08-09
[标]申请(专利权)人(译)	国立大学法人 东京大学 日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	东京大学 日立アロカメディカル株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	东京大学 日立アロカメディカル株式会社		
[标]发明人	窪田直人 小泉憲裕 廖洪恩 浅野岳晴 湯橋一仁 周遊 光石衛 大西真 射谷和徳 三竹毅 佐久間一郎 門脇孝		
发明人	窪田 直人 小泉 憲裕 廖 洪恩 浅野 岳晴 湯橋 一仁 周 遊 光石 衛 大西 真 射谷 和徳 三竹 毅 佐久間 一郎 門脇 孝		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B5/1075 A61B5/4872 A61B8/0858		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/BB03 4C601/DD02 4C601/EE09 4C601/JC08 4C601/KK30		
其他公开文献	JP2014033816A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：在代谢综合征的检查中轻松，准确地获得代表内脏脂肪量的指标值。使探针与腹部表面接触以发送和接收超声波。在由此形成的断层图像上，测量体表与腹主动脉之间的长度a以及内脏脂肪含有区域的外边缘与腹主动脉之间的长度a1。除此之

外，还测量腹围。假设腹部截面具有椭圆近似值，则根据腹围长度和长度a计算腹部的整个面积。从总面积和长度a与长度a1之比，将内脏含脂肪区域的面积计算为类似椭圆的面积（部分面积）。从局部面积和受试者的一个或多个单独参数值计算出代表内脏脂肪量的指标值。[选择图]
图4

