

資 料

超音波Bモード法と形態学的手法を
用いた内臓脂肪量の推定

安部 孝、川上泰雄、杉田正明、新名謙二、内田一夫*、
和久貴洋、久野譜也、福永哲夫

東京大学教養学部

* 東京大学教養学部研究生

Assessment of Subcutaneous and Visceral Fat Mass by
Ultrasonography and Anthropometrical Method

Takashi Abe, Yasuo Kawasaki, Masaaki Sugita, Kenji Niina,
Kazuo Uchida* , Takahiro Waku, Shinya Kuno
and Tetsuo FUKUNAGA

Dept. of Sports Sciences, College of Arts and Sciences
The University of Tokyo

緒言

人体における脂肪の貯蔵部位は主に皮下組織と内臓周辺部である。近年、内臓周辺部に蓄積する脂肪（以下、内臓脂肪）量が、冠状動脈心疾患の発症や、糖尿病、高脂血症、高血圧など動脈硬化性疾患の危険因子の発症に深く関与していることが指摘され^{1,2)}、内臓脂肪量を評価する測定法の開発が試みられている。

これまで、内臓脂肪量を評価する方法には主に2つの測定法が提案されている。第1の方法は、X線CT法²⁾やMRI法^{1,4)}によって腹部断層像を撮影し、映し出された画像から内臓脂肪を定量する方法である。もう1つの方法は体表面積と皮下脂肪厚との組み合わせから皮下脂肪量を推定し、水中体重法など別の方法で推定した身体総脂肪量との差から内臓脂肪量を算出する方法である。前者の腹部断層像から内臓脂肪量を測定する方法は、正確にその量が把握できる点で優れた方法ではあるが、高価で特殊な医療用機器を必要とすることから、一般のフィールド測定には利用することは不可能である。一方、形態学的手法を用いた推定法は、理論的な背景は十分に理解されているものの、体肢や体幹部における皮下脂肪厚の分布状態が相当に異なっている^{1,7)}ことや、皮下脂肪厚の測定部位とその数をどの様に決定するか、皮下脂肪厚をどの様な測定法で評価するか、など問題点も多い。さらに、形態学的手法によって評価された内臓脂肪量が実際の脂肪量を反映したものであるかを検討した報告は今のところみられない。

そこで本研究では、超音波断層法（Bモード法）による皮下脂肪厚を利用し、青年男性の内臓脂肪量を評価するとともに、実際の内臓周辺部に蓄積した脂肪量との関係を検討するひとつの試みとして、MRI法によって撮影した腹部断層像との比較を行った。

方法

1. 対象

本研究の対象者は健康な成人男子6名であった。対象者は研究の目的を十分に理解し、積極的に研究に参加した。各対象者の年齢、身長、体重、および体脂肪率は表1に示した通りである。全ての対象者は、日頃、適度な身体活動を実施しており、

表1 対象者となった男性6名の身体的特徴

対象者	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	WHR	体脂肪率(%)
TA	179.4	80.3	24.9	0.88	21.6
YK	170.7	64.0	21.9	0.85	16.0
MS	173.1	63.5	21.2	0.82	17.2
KN	161.3	49.1	18.9	0.80	8.6
KU	161.7	60.7	23.2	0.87	18.0
TW	161.0	60.3	23.2	0.84	13.1

BMI: body mass index, WHR: hip circumference ratio, 体脂肪率は水中体重法によって測定した身体密度から Brozek の式を用いて推定した。

比較的活動的な生活を実践していた。飲酒習慣はすべての対象者に認められた。

2. 身体総脂肪量の測定

総脂肪量の測定は水中体重法による身体密度より、Brozek et al.⁵⁾の推定式を用いて算出した。身体密度の測定のため対象者は、フォースプレートが水底に固定された水槽に入水し、水中での体重を最大呼出時に3回測定した。残気量の測定は純酸素再呼吸法^{1,3)}を用い、水中での体重測定時に並行して実施した。測定された水中体重とその時の残気量から身体密度を算出した。測定結果は3回の測定値の平均値を用いた。

3. 皮下脂肪量と内臓脂肪量の測定

皮下脂肪量の測定に用いたDavies et al.⁶⁾の推定式を以下に示した。彼らはAモード超音波法で測定した身体12ヶ所の皮下脂肪厚の平均値と体表面積とを掛け合わせる方法を報告している。

$$\text{皮下脂肪量} = \text{皮下脂肪厚} \times \text{体表面積} \times \text{脂肪の密度} \times \text{脂肪組織での}$$

$$(\text{kg}) \quad \text{平均値(m)} \quad (\text{m}^2) \quad (\text{kg/m}^3) \quad \text{脂肪の割合}$$

本研究ではこの方法を改良して、Hattori et al.⁹⁾が報告している体表面積の各セグメント比から各セグメントにおける表面積を算出し、各セグメントにおいて測定された皮下脂肪厚の平均値を掛け合わせるという方法を採用した。本研究では、頭皮、手、足、および会陰(perineum)の部分については皮下脂肪が極めて少ないことを考慮して皮下脂肪量の計算から割愛したため、測定に用いたセグメントは、顔および首、上腕、前腕、体幹、大腿、下腿の6部位であった。

皮下脂肪厚の測定には超音波Bモード法(Aloka SSD-500)を用い、身体6部位(15ヶ所)の皮下脂肪厚を測定した。各セグメントごとの測定部位は以下に示した通りであった。

(A) 顔および首

1. 前頭部：前額の中央部
2. 頸部：頸椎の中央部

(B) 前腕部

3. 前腕部の前面：前腕長の遠位30%の位置

(C) 上腕部

4. 上腕部の前面：上腕部の遠位60%の位置
5. 上腕部の後面：上腕部の遠位60%の位置

(D) 体幹部

6. 胸部：鎖骨中央部の下3cmの位置
7. 腹部：へその右横3cmの位置
8. 剣状突起下：剣状突起の直下5cmの位置
9. 腸骨稜上：腸骨稜の上5cmの位置
10. 側胸部：剣状突起下縁高における脇線中央
11. 肩甲骨下：肩甲骨下角の下5cmの位置

(E) 大腿部

12. 大腿部の前面：大腿長の50%の位置
13. 大腿部の後面：大腿長の50%の位置

(F) 下腿部

14. 下腿部の前面：下腿長の遠位30%の位置
15. 下腿部の後面：下腿長の遠位30%の位置

被検者は立位姿勢の状態ですべて右側の部位が測定された。まず測定ポイントに超音波プローブを置き、皮膚に圧がかからないように注意しながら断層画像を撮影した。測定の際、プローブは皮膚面に対して常に90度の角度を保つよう配慮し、リアルタイムで映し出された画面上をみながら、脂肪組織と筋の境界面および筋と骨の境界面を表すエコーを確認し、エコーが最も強く表れる状態での画像を撮影した。皮膚とプローブとの圧に関しては国際的な統一がなく、本研究では組織がプローブによる圧で変形することがないように配慮して測定を行った。撮影された断層画像から、皮膚面と脂肪組織-筋の境界面までの距離を皮下脂肪厚として計測した。超音波Bモード法による組織厚測定信頼性については、福永ら⁸⁾によってすでに確認されている。

体表面積の算出には高比良の式を¹⁶⁾用いた。脂肪の密度はFidanza et al.⁷⁾が報告している数値(900kg/m³)を、また脂肪組織における脂肪の割合はBaker³⁾の数値(0.8)を使った。内臓脂肪量は水中体重法によって測定された総脂肪量と皮下

脂肪量との差から計算した。

4. MRI法による腹部断層像の撮影

使用したMR装置は、GE社製(Signa)の超電導1.5Tであった。被検者は仰臥位で装置のベット上に横たわり、臍の位置における横断面像を撮影した。MR撮影の条件は、繰り返し時間が33msec、スライス厚が10mmであった。MR撮影時に被検者は、呼吸を止め、腹部の動きが起こらないように注意した。

結果と考察

本研究の対象者6名の身体的特徴を表1に示した。身長および体重の平均値はそれぞれ167.9cm、63.0kgであった。体脂肪率は最も低い被検者KNが8.6%、最も高い被検者TAが21.6%であり、平均では15.8%であった。北川ら¹⁰⁾および近藤¹¹⁾は日本人青年男子の水中体重法によって測定した体脂肪率の平均値は15%であることを報告している。本研究の対象者は先の報告とほぼ同様の値であった。

表2に対象者の総脂肪量、皮下脂肪量、および内臓脂肪量を示した。皮下脂肪量は2.6kgから9.1kgの範囲にあり、平均5.9kgであった。総脂肪量に占める皮下脂肪量の割合では、最も低い割合を示した被検者MSが約52%、最も高い割合を示した被検者TWが66%であり、6名の平均では59.2%であった。また、内臓脂肪量の平均は4.3kgで、最も高い値を示した被検者TAが8.2kg、最も低い値は被検者KNの1.6kgであった。総脂肪量に占める内臓脂肪量の平均は40.7%で、34%から48%の範囲であった。

Davies et al.⁶⁾は超音波Aモード法によって測定した皮下脂肪厚を用い、青年男子(18-25才)の皮下脂肪量と内臓脂肪量を算出している。この報告によると、男性21名の皮下脂肪量の平均値は6.6kg、内臓脂肪量のそれは4.2kgであり、本研究の平均値とほとんど同様の値を報告している。また、総脂肪量に占める皮下脂肪量の割合も平均61%と一致している。形態学的方法によって皮下脂肪量や内臓脂肪量の推定を試みた他の報告として、Hattori et al.⁹⁾は18-23才の男性121名、女性93名の結果を報告している。皮下脂肪の測定をキ