

研究のトピックス

体脂肪量と脂肪分布

—— 評価方法と小児での応用 ——

鳥取大学医学部小児科 (主任 白木和夫教授)

花木啓一, 佃 宗紀, 浦島裕史, 長石純一,
大関武彦, 白木和夫

The estimation of body fat amount and
its distribution in obese patients

Keiichi HANAKI, Toshinori TSUKUDA,
Hirofumi URASHIMA, Jun-ichi NAGAISHI
Takehiko OHZEKI, Kazuo SHIRAKI

*Department of Pediatrics, Faculty of Medicine,
Tottori University, Yonago 683, Japan*

ABSTRACT

Obesity is undoubtedly one of the commonest characteristics that man has. However, it is not easy to estimate the degree of obesity even in a patient who may be recognized as obese at a glance. Many kinds of methods for the estimation of obesity were described in the paper, such as deviation from the standard weight, body mass index, skinfold thickness, computed tomography, bioelectrical impedance method, double energy X-ray absorptiometry and so on. Advantages and disadvantages for these methods were described further.

Recently, body fat distribution was reported to be closely related to the development of the metabolic complication of obesity. A term, syndrome X, was coined to express the metabolic derangement concomitant with visceral fat obesity. Methods to estimate visceral fat versus subcutaneous fat amount were described, mainly focused on the computed tomography on the umbilical level.

Body fat changes with age during childhood. The nadir of the subcutaneous fat thickness through the period was revealed to be on 6 to 7 years of age. The visceral fat obesity is rather infrequent in childhood, whereas it seems useful to pick up an obese children with high atherogenic risk among other benignantly obese children before developing overt metabolic problems.

(Accepted on September 18, 1995)

Key words : obesity, fat distribution, fat mass, lean body mass, syndrome X

はじめに

肥満には, 合併症を伴うような高度なものから, 美容上の問題と言える軽度なものまで含まれている. 本稿では, まず, この一見簡単そうな肥満の程度を客観的に評価するための指標について述べる (I~III).

肥満のために身体的精神的な合併症を来したものを一般には「肥満症」として区別している (日本肥満学会 1992年総会) が, 同程度の体脂肪蓄積にも拘らず, その脂肪分布の差によって肥満の合併症発生頻度に大きな差が生じていることが近年明らかにされてきた. 脂肪分布の評価方法について次に述べる (IV).

小児期に生じた肥満と成人~壮年期に生じたそれでは, その原因, 予後, 身体への影響などに大きな差異がある. 小児期からの成人病予防という観点から小児肥満について述べる (V, VI).

I 肥満の程度を判断する指標

肥満obesityは体内の脂肪組織の量が過剰に増加した状態として定義される²⁰⁾. 一方, 肥満の指標としてよく用いられる肥満度や, BMIなどの体格指数は, これに対して過体重overweightと呼ばれて区別されている. 肥満の程度の評価を行うときには, 採用した評価法が体脂肪の増加を正しく反映しているか否かを常に念頭においておく必要がある. 一般的に言えば, 体脂肪を忠実に反映する評価法の精度は低いことが多く, 過体重な

どの要素を含んだ肥満の評価法の精度は高い. これらの事実をふまえて, 臨床の場では対象に最もふさわしい評価法を用いることになる. 表1に各種の肥満の評価法を記した.

1) 標準体重を用いる方法

標準体重からの偏位を百分率で表したものを肥満度として, 日常診療に用いている. 標準体重の決定の方法は多岐にわたっている. 標準体重表を用いる方法では, 小児では性別年齢別身長別の平均体重, 成人ではもっとも死亡率の少ない体重を調査した明治生命標準体重表, メトロポリタン標準体重表などが挙げられる. 本邦の成人では身長と体重から計算によって標準体重を求めるBrocaの桂変法を用いていることが多い. これらの標準体重を用いる方法は計算が煩雑であるが, 肥満度という性別, 年齢に依存しない指標で評価できるという利点がある⁶⁾.

2) 体格指数を用いる方法

Body mass index(BMI, Kaup), Rohler指数, ponderal指数は身長と体重から計算された指数で, その正常範囲からの隔たりをもって肥満の程度を判定する. 計算は簡単だが, 年齢, 性別によって正常値が異なる. しかし, その簡便性からBMIは欧米ではもっとも頻用される指標である.

3) 皮下脂肪厚

Skinfold caliper, 超音波皮脂厚計などによって測定される. 脂肪組織を直接測定するので肥満度を用いる方法のように除脂肪体重の影響を受けない利点はあるが, 測定誤差が避けられないこと

表1. 肥満 (obesity)の判定法

1. 過体重 (overweigh)を身長と体重から判定する方法	
a. 標準体重表	: 性別年齢別身長別標準体重、明治生命標準体重表
b. 標準体重計算式: Brocaの桂変法	
c. 体格指数	: body mass index(BMI, Kaup). Rohler指数 Ponderal指数
2. 皮下脂肪厚	: skinfold caliper, 超音波皮脂厚計
3. 体脂肪の測定	: 体密度法 : total body water法 (² H ₂ O) : Human counter (⁴⁰ K) : CTによる計測 : impedance法 : DEXA(Double Energy X-ray Absorptiometry)

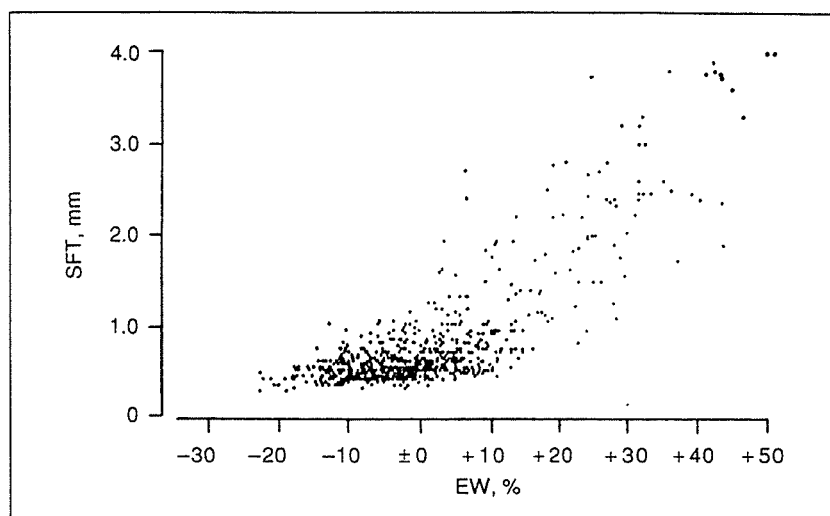


図1. Relationship between subscapular skinfold thickness(SFT)and percent excess weight(EW, %) in boys¹⁷⁾.

や、内臓脂肪を評価できない欠点もある。多人数の解析に向いている。図1に学童の皮下脂肪厚と肥満度の関係を示す¹⁷⁾。肥満度で正常範囲(±20%以内)とされても皮下脂肪沈着の明らかに多い例が少なくない。これは、除脂肪体重の少ない肥満、いわゆる「ひ弱型肥満」をさし、肥満度だけでは肥満として判定されない群である¹⁶⁾。

4) 水中体重法

水中で、いわゆる「アルキメデスの原理」によって体密度を測定し、剖検によって判明している身体各組織の密度を表したBrozekの式を用いて、体脂肪量を求める。呼吸運動による誤差と、基になる身体組織密度の妥当性が問題視されるが、後に述べるDEXA法が出現するまでは他の体脂肪評価法の基礎となるものであった¹⁵⁾。

5) Total body water法

脂肪組織は水分に乏しく、除脂肪組織は水分に富んでいる。そこで、非放射性同位元素の²H₂Oを内服して体内での希釈割合を測定する。除脂肪体重が判明すれば差引いて脂肪量がわかる。

6) Human counter

脂肪組織中には活性組織が非常に少ないため、それに含まれるカリウム(K)含量が少ない。逆に除脂肪組織はKに富んでいる。そこで、Kのなかで0.012%を占める放射性同位元素の⁴⁰Kを測定することによって除脂肪体重を測定し脂肪量を求める。

7) CTによる計測

X線CTを用いて身体各部位の走査を行い、脂肪に一致するCT値を持つ領域の面積を求める。あるいはCT画像上で脂肪と判断された領域をトレースして面積を求める。前者の方法が一般的になってきている。部位別の脂肪量、とくに内臓脂肪量の評価が可能である²¹⁾。

8) Bioelectrical impedance analysis(BIA)

除脂肪組織は水分が多いためimpedanceが低く、それ以外の脂肪組織は高いことを利用して、身体の電気伝導度から除脂肪体重と体脂肪率を求める方法¹¹⁾。非侵襲的に測定可能である⁷⁾。この方法によって測定された除脂肪体重を表す指標($height^2/R$)と体重の関係を図2に示す。肥満症例は非肥満症例の回帰式から大きくはずれている²²⁾。

9) Double energy X-ray absorptiometry (DEXA)

2種類のエネルギーを持つX線の組織に対する吸収率の差から、計算により体脂肪、除脂肪体重を算出する方法。身体各部位の脂肪重量を測定できる。骨量の測定を目的に開発されたものが、脂肪量測定にも用いられている。単純X線撮影よりはるかにX線被曝が少ない。精度は前述した方法の中でもっとも高い¹⁴⁾。肥満の食事療法を行った10歳男児について、前後でDEXA法によって体脂肪測定を行った(表2)。4週間の食事療法で3.8kgの体重減少が得られたが、このほとんどは脂肪の減少であることがわかる。

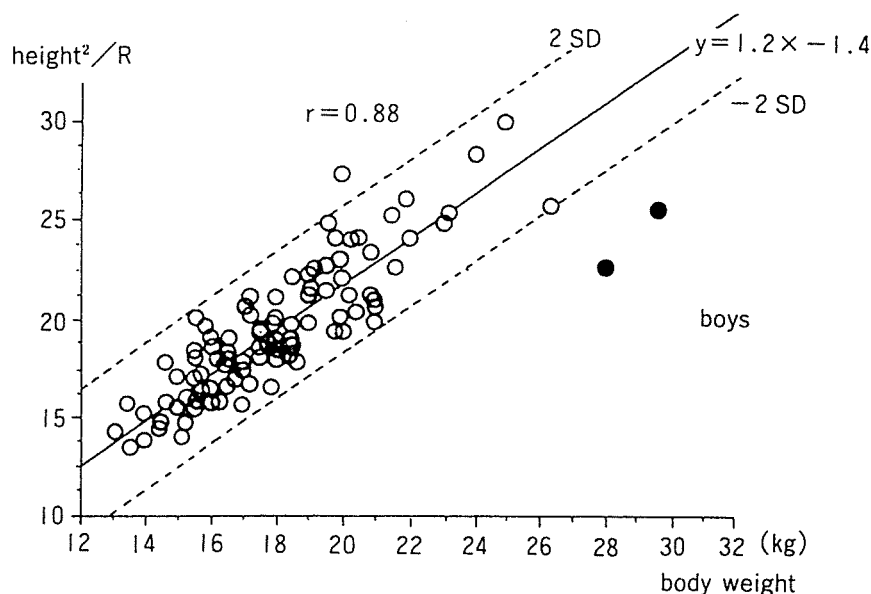


図2. 除脂肪体重と体重の関係 (男児)

肥満度±20%以上の児 (○) を示した. 肥満症例 (●) はこの回帰式より右方に表示された²²⁾.

II 体脂肪量の正常値

前述したように, 肥満の程度は体脂肪の比率によって判定されるべきである. 成人では男で20%, 女で30%以上の体脂肪比率の例を肥満としている. この基準自体は経験的なもので, その測定法には統一されたものがなく, 各年齢層の小児についての基準もない. そこで, 肥満度, BMI, 皮下脂肪厚などの指標ごとに基準値が設定されているのが現状である. 肥満度では+20%以上を肥満としている. BMIでは諸説があるが26以上を肥満としていることが多い. もっとも, 各年齢層での明確な基準がないため, たとえば, 標準体重より20%重い乳児と20%重い成人では, 仮にその脂肪増加率が同じとしても, 生体に与える影響は同等ではないと考えられる.

III 小児の体脂肪の年齢による変化

出生までも胎児の体脂肪は次第に増加するが, 生後1年間の脂肪沈着は一生でもっとも急激なものである. 1歳の頃には30%近い体脂肪率となる. その後, 6~7歳までは徐々に体脂肪率が低下する. この年齢では痩せているのが正常なので, 実際は肥満している児でも見逃される事が多い. 小児期の年齢別皮下脂肪厚測定によって, こ

表2. Double energy X-ray absorptiometry (DEXA)による体脂肪量の測定

		食事療法		
		前	後	差
total body mass	(Kg)	51.1	47.6	-3.5
lean body mass	(Kg)	23.9	24.6	+0.7
fat mass	(Kg)	27.2	23.0	-4.2
%fat	(%)	53.2	48.3	-4.9

着衣体重	(Kg)	53.0	49.2	-3.8

症例: 10歳男児

の脂肪量の変化をとらえることができる (図3). その後, 思春期までは体脂肪は緩やかに増加する. 思春期では体脂肪率の変化に男女差が見られる. 男児では, 思春期にはいって, 筋肉, 骨などの除脂肪体重が急激に増加し, その後で脂肪が増加していく. 男児より2歳早く思春期に入る女児では, まず脂肪の増加が体重の増加となって現れ, 除脂肪体重の増加は明かではない. 成人後は体脂肪量の変化は少ないが, 壮年期より再び脂肪量の増加を見ることが多い.

IV 脂肪の分布

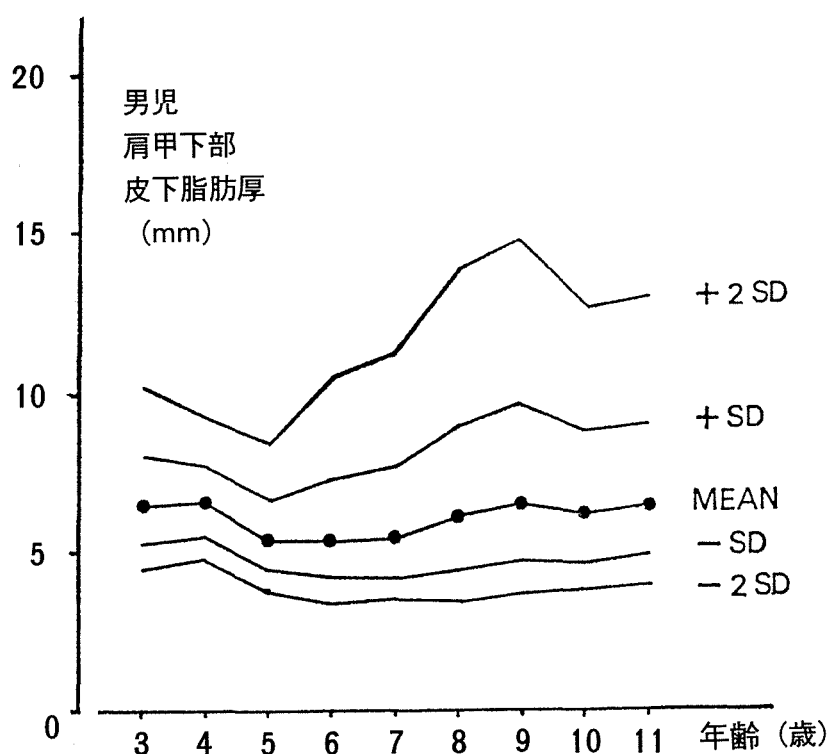


図3. 肩甲下部皮下脂肪厚の年齢別変動 (男児)⁴⁾

1) Syndrome X

肥満は動脈硬化の促進因子ではあるが、肥満の程度と合併症の発生頻度は一致しない。近年、脂肪の沈着部位の差異によって動脈硬化に伴う合併症の発生頻度に差があることが指摘されている¹⁹⁾。脂肪の沈着が主に上半身あるいは体幹部に多い型の肥満者は、脂肪が下半身に多い型の肥満者に比べて、有意に動脈硬化や耐糖能異常が多いという報告がある。このような症例の多くは共通する特徴を持っていて、インスリン抵抗性、耐糖能異常、高VLDL血症、低HDLコレステロール血症、高血圧を持つものをsyndrome Xと呼んでいる¹⁸⁾。または、上半身肥満、耐糖能異常、高VLDL血症、高血圧を持つものをdeadly quartetと呼んでいる¹⁹⁾。近年、内臓脂肪の評価が可能になって、同様の病態として、内臓脂肪蓄積、耐糖能異常、高脂血症、高血圧を持つものをvisceral fat syndrome:内臓脂肪症候群と呼んでいる¹³⁾。

2) 内臓脂肪症候群

内臓脂肪量の測定はCTを用いた測定が一般的である。臍高での水平断面で、脂肪組織のCT値の平均値±2SDを示す面積を、皮下脂肪、内臓脂肪別に求める。あるいはCT画像上で脂肪と判

断された領域をトレースして面積を求めることもあるが、前者の方法が一般的になってきている。成人で内臓脂肪/皮下脂肪比が0.4以上を内臓脂肪型肥満¹²⁾としており、皮下脂肪型肥満に比して糖・脂質代謝異常、動脈硬化による合併症の頻度が有意に高い。

図4に高度肥満を呈した11歳男児の腹部CT像を示す。肥満度+59.0%の高度肥満であった。臍高での内臓脂肪領域/皮下脂肪領域比は0.153であった。高度肥満にもかかわらず、小児ではこのように皮下脂肪型肥満の例が多い。高度肥満であったのでOptifastTMを用いた食事療法(600-800 kcal/day)を行い、肥満度+39.0%まで減量した。この食事療法によって内臓脂肪領域/皮下脂肪領域比は0.130へ減少し、内臓脂肪をより削減することができた。

CTによらない評価方法としては、waistとhip周囲径の比(W/H比)による評価法がある。この比が高いものは上半身肥満あるいは中心性肥満として動脈硬化などの合併症に注意する必要がある⁹⁾。欧米での基準は男0.9、女0.8以上を上半身肥満としているが、日本人では男1.0、女0.9以上が目安とされる⁸⁾。この方法はX線被爆がな

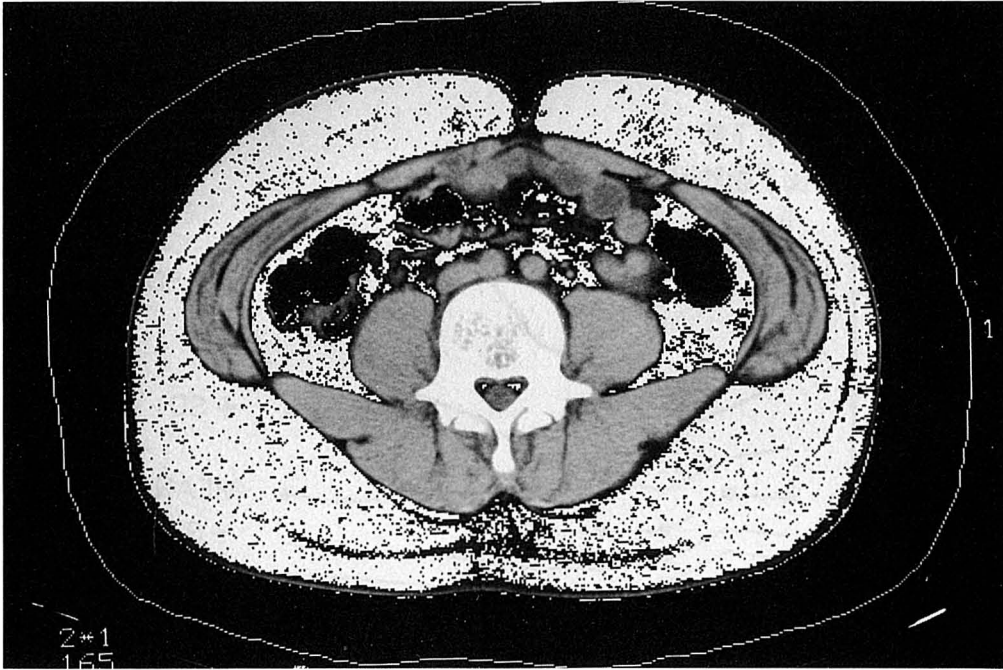


図4. 皮下脂肪型肥満 (11歳男児)

臍高でのCT像を示す。相当するCT値に基づいて脂肪組織は白く表示されている。腹腔内脂肪はわずかに認めるだけである。

いため、多人数での評価に向いている。

3) 特殊な病態での脂肪分布

成長ホルモン分泌不全を呈する下垂体性小人症患者は肥満しやすく、中心性肥満となる傾向がある。この脂肪沈着は成長ホルモン補充によって是正され得ることがわかっている。河野らは、8～14歳の思春期前の下垂体性小人症患者8例について0.5U/kg/weekの成長ホルモン投与を行ない、bioelectrical impedance analysisによって体脂肪の変化をみた。

2ヶ月後には体脂肪は15.2%から12.7%へと減少したが、除脂肪体重はむしろ増加した¹⁰⁾。

低身長、卵巣機能不全、外表奇形の三主徴を示すTurner症候群では、耐糖能異常を合併する頻度が高いことがわかっている。しかし、Turner症候群の女児は太っていることが多く、その肥満度は平均より高い。肥満の頻度が高いために耐糖能異常を多く合併するのか、Turner症候群であること自体が耐糖能に影響を及ぼしているのかを知ることは重要である。Turner症候群女児の皮下脂肪と、肥満度を同じくした正常女児のそれを比較した(表3)。

同程度の肥満度であるにもかかわらず、Turner症候群患児の皮下脂肪は、対照群に比して明ら

かに少ない値を示した⁹⁾。これはTurner症候群では対照に比して除脂肪体重の比率が高いためであると考えられた。とくに四肢の脂肪厚では対照との差が大きかった。蛋白同化ホルモンを投与されていない例でもこの所見が見られることと、思春期前では対照群との間に性ホルモン濃度に有意な差がないことから、Turner症候群でのこの特徴は生来的なものであろう。

V 小児の肥満：各年齢での特徴

小児期に発症する肥満は、成人後のそれに比して類似点もあるが多くの相違点を備えている。小児の各成長段階に分けてその特徴を記す。

1) 乳児期

乳児期は生理的な脂肪沈着がもっとも著明な時期ではあるが、やはり過度の脂肪沈着を生じた肥満が存在する。この時期の肥満は主に人工乳などの過栄養に基づくと考えられてきたが、肥満の発生については、過栄養は必要条件ではあるが十分条件ではないようである。疫学調査では乳児肥満を成人まで持ち越す例は意外に少なく²³⁾、現在のコンセンサスとしては「乳児期の肥満は特別な場合以外は治療しない」というものである。

2) 幼児～学童期

表3. Skinfold thickness(SFT) of the patients with Ullrich-Turner syndrome

	Triceps	Ulnar	Subscapular	Paraumbilical
UTS	17.6±4.6	10.5±2.4	17.9±8.7	21.3±11.7
Control	21.9±4.8*	13.6±2.6*	24.3±8.4	23.3±5.9
Males	21.8±4.6	13.5±1.5	24.0±9.1	24.7±6.4
Females	22.0±5.4	13.7±3.5	24.5±8.5	21.8±5.3

UTS=Ullrich-Turner syndrome.

*p<0.05.

前述したように、新生児期を除く小児期の中で、5～7歳は生理的に最も体脂肪の少ない時期であるため、この時期の肥満児はよく見逃され易く、思春期になって肥満が増強してから判定されることが多い。ただ、この時期の小児肥満は、高度でない限り運動、知的能力は非肥満児に比して同等かまたはそれ以上のことが多い。そのために、体重減少を生ずるような極端なカロリー制限は通常行われない。現在の体重を維持しそれ以上の増加を防ぐことによって、身長増加による肥満度の低減を計るのが最も一般的な方法である⁶⁾。

3) 思春期以後

この時期には思春期の生理的な脂肪沈着も加えて、肥満が顕在化あるいは重症化することが多い。学童期には平均以上だった運動能力も、この時期には非肥満児と比べてはっきり劣ってくる。また、各種の肥満の合併症が発生し始め、成人に肥満を持ち越すのもこの頃である。very low calorie dietなどの食事療法を含めて³⁾成人と同様の対応を行っている。

VI 小児の肥満：syndrome Xの萌芽

インスリン抵抗性、耐糖能異常、高VLDL血症、低HDLコレステロール血症、高血圧の徴候は内臓脂肪型肥満患者に高頻度で認められ、syndrome Xと呼ばれているが、小児肥満では成人のような典型的なsyndrome Xを呈することは少ない。この理由はまだ明確に説明されていないが、小児の肥満の多くが皮下脂肪増加型で、内臓脂肪増加型は少ないことに加えて、肥満してからの罹病期間が成人に比して短いため、と考えられてい

る。

小児期のうちにsyndrome Xの萌芽を発見して、対策を立てることが出来れば、将来の動脈硬化の進展を防ぐことが出来るかもしれない。典型的なsyndrome Xの徴候は成人になってから出現するので、小児には別の評価基準を設けなければならないが、これはまだなされていない。生化学的な異常所見の出現以前に、高度肥満児がsyndrome Xの特徴を備えているか否かを判断するためには、臍高CT像での内臓脂肪量の増加を指標にするのがよいだろう。もちろん、成人のV/S比0.4以上という基準ではなく、小児の、あるいは年齢別基準の設定が望まれる。

おわりに

摂取エネルギーが消費エネルギーより多い状態が一定期間以上続くことによって肥満は発症する。肥満者の多くは、遺伝的素因として、消費エネルギーが非肥満者より少ない、という形質を持っているとされている²⁾。β₃receptorについての研究から消費エネルギーを増やすような抗肥満薬の開発が待たれる。

稿を終えるにあたり、DEXA法について御協力頂きました鳥取大学医学部整形外科諸先生、CTによる内臓脂肪測定について御協力頂きました同放射線科諸先生に深謝します。

文 献

- 1) Fujioka, S, Matsuzawa Y(1987). Contribution of intra-abdominal fat accumulation

- to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 36:54-59.
- 2) Griffiths, M, Payne, PR(1976). Energy expenditure in small children of obese and non-obese parents. *Nature* 260:698-700.
 - 3) 花木啓一, 大関武彦, 石谷暢男, 本角弘子, 砂口まゆみ, 白木和夫, 妹尾磯範 (1988). 小児期におけるVery Low Calorie Dietの適応について (小児重症肥満2症例についての検討). *小児科学会雑誌* 92(8):1726-1731.
 - 4) 花木啓一 (1989). 小児期の皮下脂肪厚 (正常値および肥満判定における有用性について). *米子医学雑誌* 40:169-180.
 - 5) Hanaki K, Ohzeki T, Ishitani N, Motozumi H, Ohtahara H, Shiraki K(1992). Fat distribution in overweight patients with Ullrich-Turner syndrome. *Am J Med Genet* 42:428-430.
 - 6) 花木啓一, 大関武彦 (1995). 肥満へのアプローチと治療. *小児科* 36:17-24.
 - 7) 原光彦, 他 (1995). 生体インピーダンス法を用いた小児体脂肪率の基準値に関する検討. *小児科学会雑誌* 99:721-722.
 - 8) 井上修二, 江川正人 (1993). 肥満の疫学. 日本肥満学会編集委員会編, 肥満症診断治療指導の手引き, pp. 7-13, 医歯薬出版, 東京.
 - 9) Kissebah, AH, Vydellingum, N, and Murray, P(1982). Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 54:254-260.
 - 10) Kohno H, Ueyama N, Yanai S, Ukaji K, Honda S(1995). Beneficial effect of growth hormone on atherogenic risk in children with growth hormone deficiency. *J Pediatr* 126:953-5.
 - 11) Lukaski HC, Bolonchuk WM, Hall CB, Siders WA(1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 60:1327-1332.
 - 12) Matsuzawa Y(1987). A novel classification of obesities- visceral fat obesity and subcutaneous fat obesity, Recent advances in obesity research V(eds. Berry EM), pp 92-96, John Libbey, London.
 - 13) Matsuzawa Y, Tokunaga K(1991). Pathophysiology of visceral fat obesity. *Progress in obesity research 1990* (eds. Oomura Y, Tarui S), pp 309-312, John Libbey, London.
 - 14) Mazess RB, Peppler WW, Gibbons M (1984). Total body composition by dual photon absorptiometry. *Am J Clin Nutr* 40:834-9.
 - 15) 中塘二三生 (1991). Bioelectrical impedance法による身体組成評価. *大阪府立看護短大紀要* 13:129-144.
 - 16) 小國龍也, 福永康広, 高谷竜三, 徳田正邦, 名嘉山敦子, 小西和孝, 美濃真 (1993). 小児肥満における身体組成評価の有用性. *ホルモンと臨床* 41:1041-1045.
 - 17) Ohzeki T, Hanaki K, Motozumi H, Ohtahara H, Shiraki K(1992). Skinfold thickness at ulnar, triceps, subscapular and suprailiac regions in 1,656 Japanese children aged 3-11 years. *Ann Nutr Metab* 36:251-256.
 - 18) Reaven GM(1988). Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes* 37:1595-1607.
 - 19) Kaplan NM(1989). The deadly quartet. *Arch Intern Med* 149:1514-1520.
 - 20) Taitz, LS(1983). Classification of obesity. In *The obese child*: 142-163, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
 - 21) Tokunaga K, Matsuzawa Y(1983). A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. *Int J Obesity* 7:437-445.
 - 22) 佃宗紀, 花木啓一, 浦島裕史, 太田原宏子, 大関武彦, 白木和夫 (1995). 3~6歳小児における肥満のスクリーニングについて——Bioelectrical impedance methodをもちいて——. *肥満研究* 1:39-40.
 - 23) Will, A(1977). Fat baby becomed fat child? *Nut Rev* 36(6):138.