

平成21年3月28日

**福岡県研究教育栄養士協議会
研修会**

栄養学領域における身体組成学

九州共立大学スポーツ学部
特任教授 (九州大学名誉教授)
小宮 秀一

人体の構成元素

人体をつくる物質

有機化合物 (体重の30%強)
無機化合物 (体重の70%弱)

有機元素

O, C, H, N, P, S, K, Na, Cl

96%

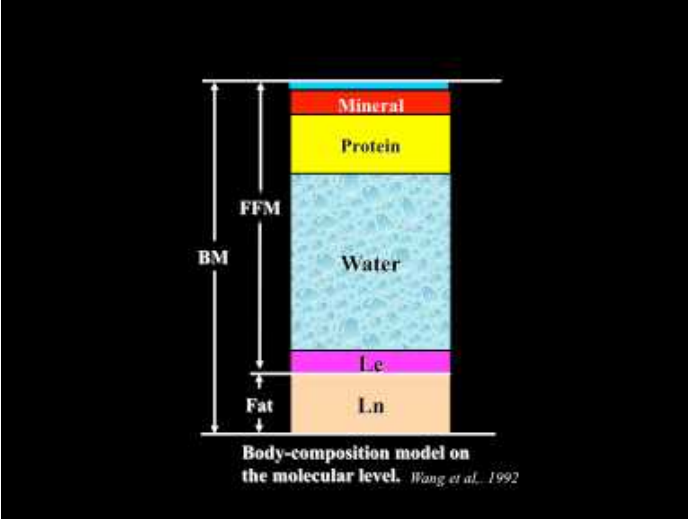
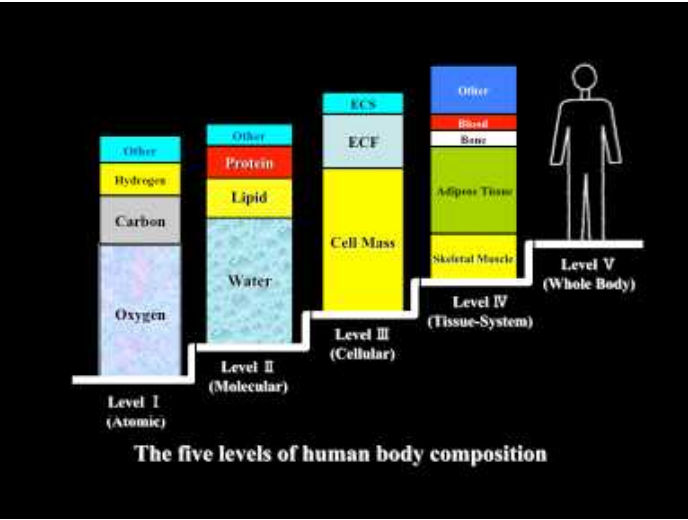
無機元素

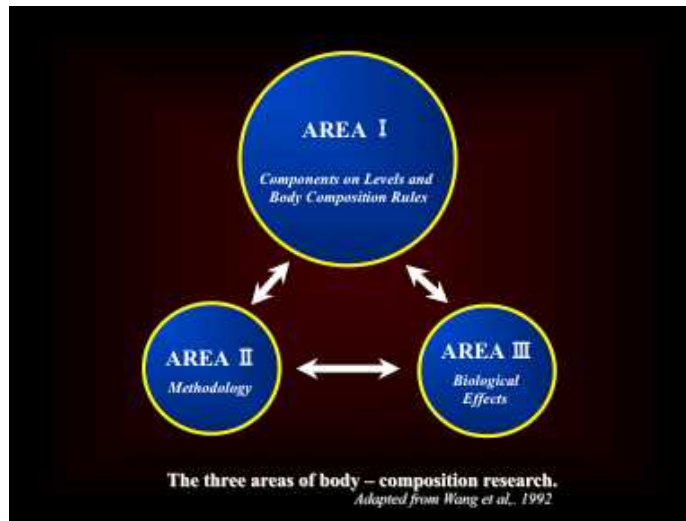
Fe, I, Zn, Cu, Mn, Ca, Mg, Sr, Co, Se, Al, Si, B, Br, F, Mo, Al, Si, Mg, etc.

4%

全成分元素

水 : O, H
タンパク質 : O, C, N, H
脂質 : O, C, H
炭水化物 : O, C, H





身体組成研究

近年, 特に, この10年間, 生理学的研究や栄養学的研究, 或いはスポーツ医学的な研究分野で, 身体組成を正確に評価したいという関心が非常に高まってきた。

また, 近年の身体組成研究の動向では, 身体組成を形態学的な面でのみ研究するのではなく, 人体の生理的機能と関連づけて評価しようとする重大な進展がみられてきた。

従って, 今後の身体組成に関する研究は, **dynamic anthropometry**として益々重要視されてくるものと思われる。

General Concepts of Body Composition Methods

There are more than 30 major components at the five levels of body composition. Methods of quantifying these components in vivo can be organized as suggested by the general formula

$$C = f(Q)$$

where **C** represents an unknown component, **Q** a measurable quantity, and **f** a mathematical function relating Q to C.

ARCHIMEDES

Weight = 2.27 kg

Weight = 2.14 kg

Specific gravity = Weight in air (W_a) / Loss of weight in water
Loss of weight in water = W_a - W_w
where W_w is weight in water
∴ 2.27 / (2.27 - 2.14) = 17.5
Specific gravity Gold = 19.3; Silver = 10.5

物理的密度法 (Densitometry)

空気中の体重 (Wa) と水中の体重 (Ww) から体密度 (D) を求める

$$D = W_a / (W_a - W_w)$$

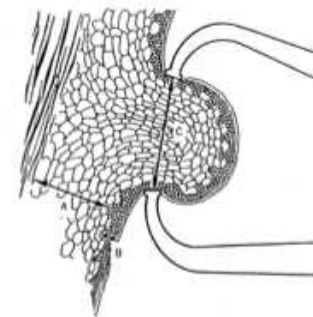
残気量 (Rv) と消化管中の空気量 (100ml) を差し引く

$$D = W_a / [(W_a - W_w) / D_w] - R_v - 100\text{ml}$$

体脂肪密度 = 0.9 と除脂肪密度 = 1.1 として

$$\% \text{Fat} = [(4.570 / D) - 4.142] \times 100$$

(Brozekの式)



上腕背側部 (27mm)

腰 部 (18mm)

大腿中央部 (22mm)

身体水分量法 (hydrometry : 希釈法)

総体水分量 (total body water: TBW) の測定

$$V = Q / C_0$$

V = 総体水分量 (TBW)

Q = 投与されたトレーサーの既知量

C₀ = 体内で希釈され平衡状態に達したトレーサーの濃度

TBW = 投与したトレーサー量 / (平衡状態に達した濃度 × 10)

(水は脂肪に含まれず, 身体では除脂肪量の中に73.2%の一定比率で含まれる)

$$\text{LBM} = \text{TBW} / 0.732$$

$$\text{FM} = \text{体重} - \text{LBM}$$

インピーダンス法 (bioelectrical impedance analysis; BIA)

円柱形の物体に電流を流した時の抵抗値 (resistance, R)

$$R = \rho L/a \quad (\text{Ohmの法則})$$

L = 導体の長さ

a = 導体の断面積

右辺に $\times L/L$

$$R = \rho L^2/aL = \rho L^2/aL$$

aL は導体容量(V)でTBWである

$$R = \rho L^2/TBW$$

身長とインピーダンスを測定

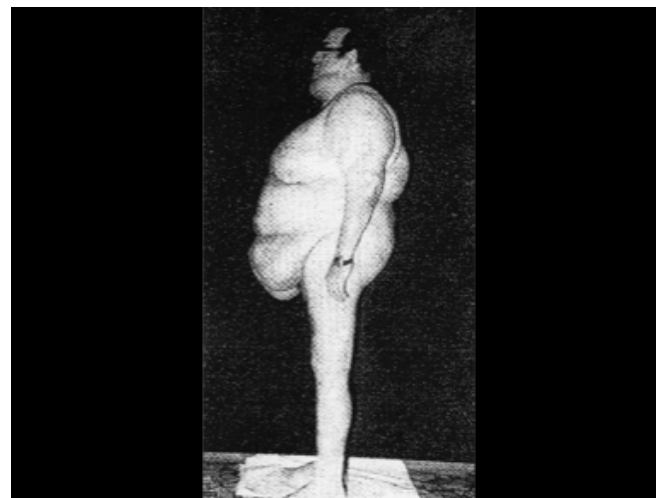
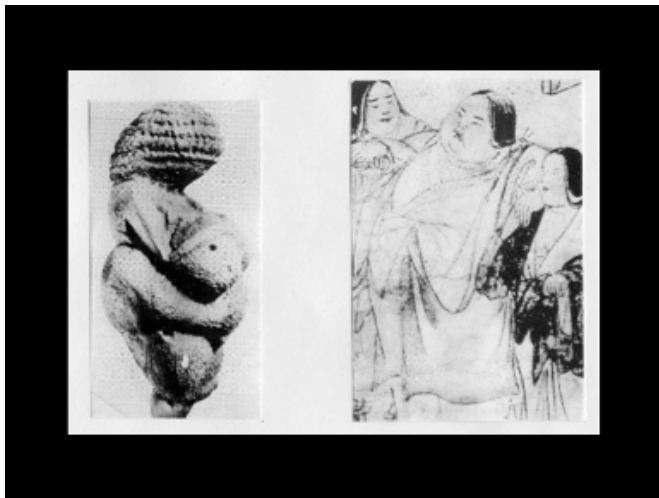
$$TBW = \text{身長}^2 / \text{インピーダンス} (\Omega)$$

$$LBM = TBW / 0.732 \quad \therefore FM = BM - LBM$$

Limitation of methods of determining human body composition

Method	Cost	Technical difficulty	Precision		Total
			*Fat-free mass	*Fat mass	
Water					
* Densitometry	+4	+3	+3	+3	+13
* Oxygen-15	+1	+1	+4	+4	+10
* Tritium	+3	+3	+3	+3	+12
* Potassium	+2	+2	+4	+3	+11
Densitometry					
* Immersion	+3	+2	+5	+5	+15
* Plethysmography	+2	+3	+5	+5	+15
* Skinfold thickness	+5	+4	+2	+2	+13
Electrical					
* Impedance	+4	+5	+4	+4	+17
* Ultrasound	+3	+3	+3	+3	+12

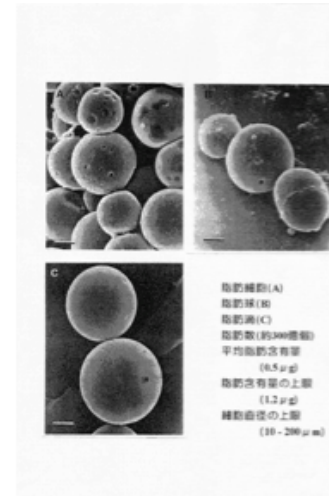
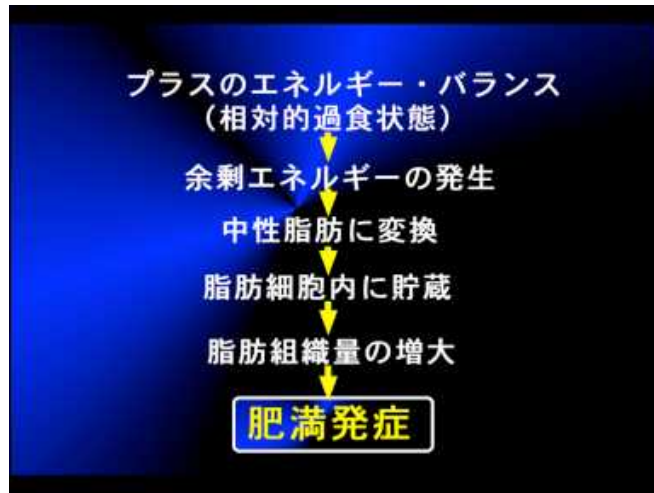
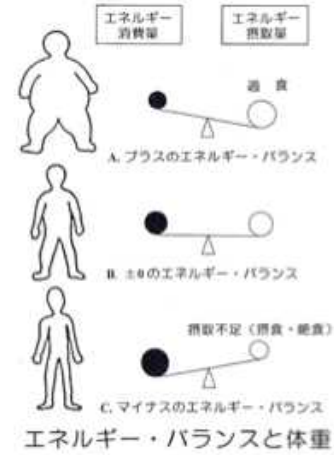
Ranking system: Cost & Technical difficulty: according to table; Ungerer and Pöschl
Precision: according to table; *Fat-free and *Fat mass
Lohrli, 1997

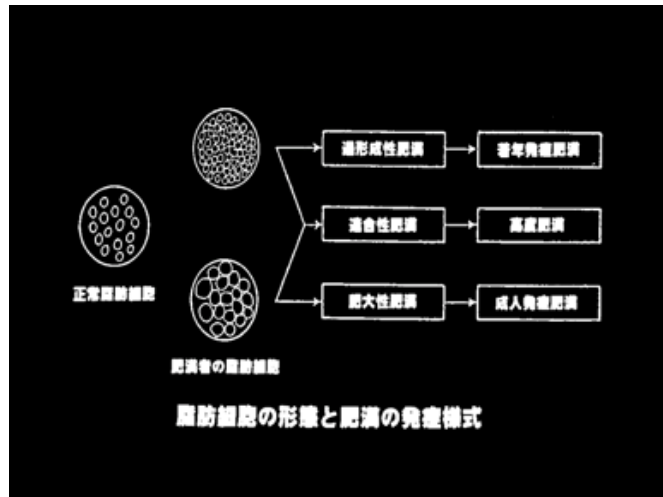


肥満の子ども減少 文科省調査

身長別の標準体重を2割以上超える「肥満傾向」の子どもが減少していることが、文科科学省が11日付で発表した学校保健調査統計報告書の速報でわかった。文科省は「太り過ぎは健康に良くない」という意識が高まり、親世代も含めて食事や生活習慣に気を付けるようになったのでは」と推測している。

今年4～6月、5～17歳を対象に、身長、体重などは約70万人を・・・抽出調査したそれによると、より詳しい計算式で算出するようになった06年度以降、「肥満傾向」の比率はおおむね減っており、・・・





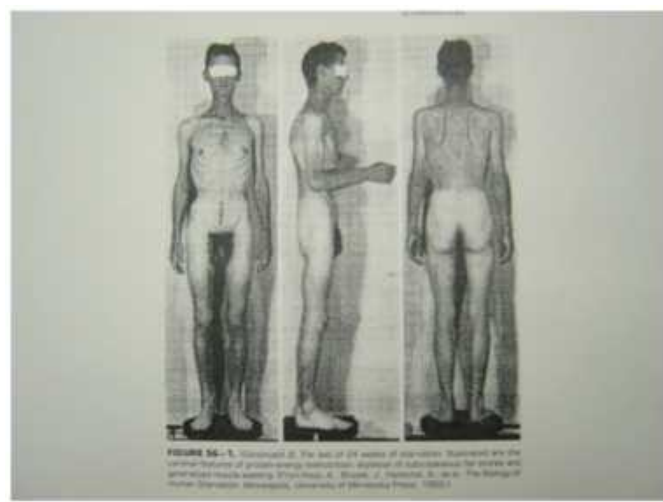
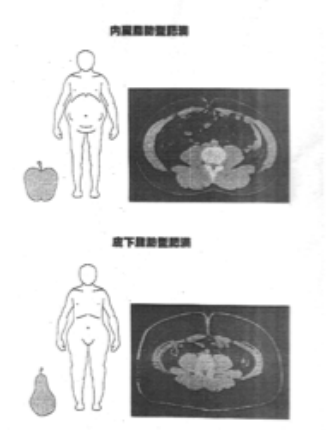
シンドローム X

Reaven (1988) : インスリン抵抗性に基づく症候群として提唱し、冠動脈疾患 (CHD) の危険因子となる

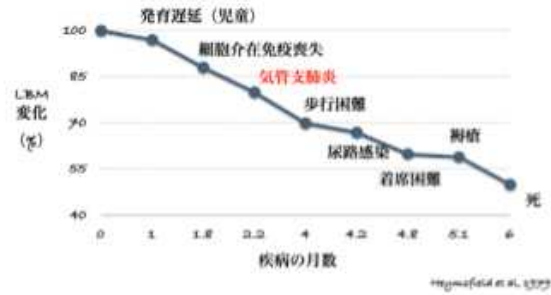
- 1) インスリン抵抗性
- 2) 耐糖能異常
- 3) 高インスリン血症
- 4) 超低比重リポ蛋白 (VLDL) と中性脂肪 (TG) の増加
- 5) 高比重リポ蛋白コレステロール (HDL-C) の低下
- 6) 高血圧症

Kaplan (1989) : シンドロームXに肥満の概念を含め死の四重奏 (Deadly Quartet) を提唱し、上半身肥満がCHDの危険因子となる

- 1) 上半身肥満
- 2) 高血圧
- 3) 高TG血症
- 4) 耐糖能異常

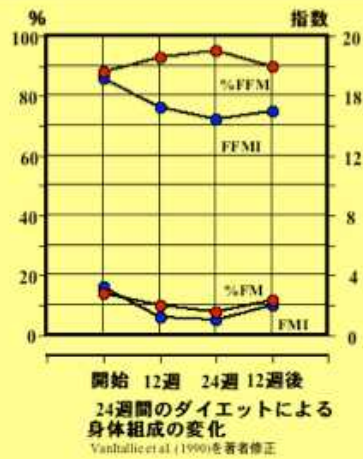


慢性消耗性疾患患者の蛋白熱量不足症によるLBMの変化と病歴



Body composition in three hypothetical children of identical height.

Subject A	Subject B	Subject C
Height, 150cm Weight, 45.0kg BMI, 20.0kg/m ²	Height, 150cm Weight, 51.0kg BMI, 22.7kg/m ²	Height, 150cm Weight, 42.0kg BMI, 18.7kg/m ²
FM, 13kg %FM, 28.9 FMI, 5.8kg/m ²	FM, 19kg %FM, 37.3 FMI, 8.5	FM, 19kg %FM, 45.2 FMI, 8.5
FFM, 32kg %FFM, 71.1 FFMI, 14.2kg/m ²	FFM, 32kg %FFM, 62.7 FFMI, 14.2kg/m ²	FFM, 23kg %FFM, 54.8 FFMI, 10.2kg/m ²



Body Mass Index (BMI)
Fat-Free Mass Index (FFMI)
Fat Mass Index (FMI)

$$\text{BMI} = \text{Weight, kg} / \text{Height, m}^2$$

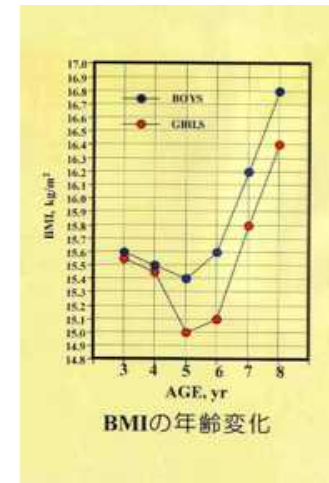
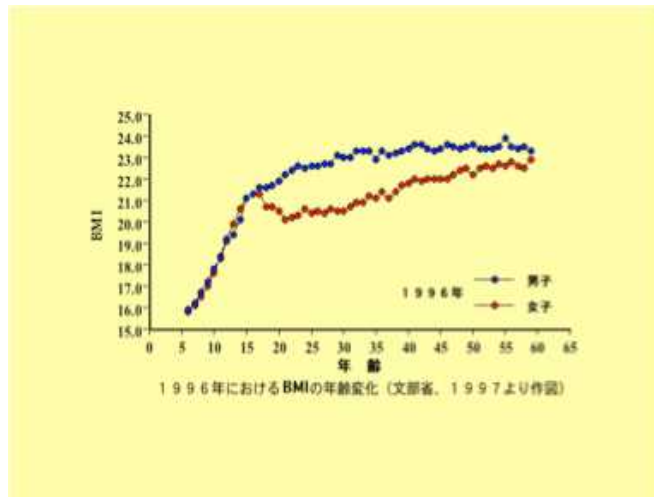
$$\text{Weight, kg} = \text{Fat-Free Mass, kg} + \text{Fat Mass, kg}$$

$$\text{BMI} = \text{Fat-Free Mass, kg/Height, m}^2 + \text{Fat Mass, kg/Height, m}^2$$

$$\text{Fat-Free Mass, kg/Height, m}^2 = \text{Fat-Free Mass Index (FFMI)}$$

$$\text{Fat Mass, kg/Height, m}^2 = \text{Fat Mass Index (FMI)}$$

$$\text{BMI} = \text{FFMI} + \text{FMI}$$



Correlation coefficients between BMI and anthropometric or Body composition indices

	•Boys		•Girls	
	+3-5 yr (n=181)	+6-8 yr (n=136)	+3-5 yr (n=221)	+6-8 yr (n=134)
•Body mass, kg	+0.700***	+0.838***	+0.474***	+0.870***
•Fat-free mass, kg	+0.538***	+0.796***	+0.230***	+0.722***
•Fat mass, kg	+0.715***	+0.843***	+0.599***	+0.861***
•Fat-free mass index, kg/m ²	+0.748***	+0.771***	+0.652***	+0.751***
•Fat mass index, kg/m ²	+0.717***	+0.785***	+0.700***	+0.850***

Significant levels: **P<0.05, ***P<0.001

Generative of Predictive Equation for Fat Mass by using BMI and FMI

Regression of FMI (kg/m²) on BMI (kg/m²) among boys and girls gave the formula:
 FM/IF² = 0.408*W/H² - 3.937 r=0.744 p<0.0001 for boys.
 FM/IF² = 0.462*W/H² - 4.432 r=0.865 p<0.0001 for girls.

Multiplying both sides of these equations by H² gives:

$$FM = (0.408 * BMI - 3.937) H^2 \quad \text{for boys.}$$

$$FM = (0.462 * BMI - 4.432) H^2 \quad \text{for Girls.}$$