報 文

尿クレアチニン排泄量による女子学生の Lean Body Mass 算定法の検討

金子 佳代子, 天谷 節子, 小池 五郎

女子栄養大学生理学研究室

Estimation of Lean Body Mass of College Women by Urinary Creatinine Content

Kayoko KANEKO, Setsuko AMAGAI and Goro KOIKE

Faculty of Nutrition, Kagawa Nutrition College, Sakado, 350-02

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 38, 347~350 (1985)

Correlation between urinary creatinine excretion and lean body mass (LBM) was studied in 125 female students. Subjects were given a meat-restricted conventional diet for an experimental period of three days. Urine was collected throughout the experimental period and urinary creatinine was determined. LBM was determined by two independent techniques, body density estimated from body volume by water displacement and whole body burdens of potassium (^{40}K) by human counter.

A high correlation was found between LBM and urinary creatinine content, and the following regression equations were obtained:

$\text{LBM (by body density)} = 0.0193 \text{ Cr} + 20.3$

$\text{LBM (by } ^{40}\text{K counting)} = 0.0216 \text{ Cr} + 19.3$

(Received January 30, 1985)

除脂肪体重 (lean body mass, 以下 LBM) は、肥満や健康度を考える際の指標としてばかりでなく、基礎代謝、タンパク質代謝などの大小を論ずるときに留意すべき因子として重要である。人体の LBM 測定方法には、①体密度法¹⁾、②全身放射性カリウム (^{40}K) 法²⁾、③体水分法³⁾のほかに ④皮下脂肪厚、周径⁴⁾、⑤尿中クレアチニン排泄量⁵⁾ から算出する方法が考案されている。1 日尿中クレアチニン排泄量は①~③の方法により測定した LBM との間に高い相関のあることが報告されており、これに基づいて尿中クレアチニン排泄量から LBM を算出する回帰式が提案されている⁵⁾⁻¹⁴⁾。この方法は特別な装置を必要とせず、簡便かつ精度のよい LBM 算出法として期待されるが、これまで提案されている算出式は、平均肉摂取量 300 g といわれる米国人¹⁵⁾を被検者としており、実験期間中の食事についても考慮されずに測定したものである。著者らは前報¹⁶⁾において、尿クレアチニン排泄量は食事の影響を受けること、とくにクレア

チン含量の高い獣肉を 100 g/日以上摂取すると有意に増加することを明らかにした。引き続き本報では肉・魚摂取量を日本人の日常食における平均摂取量に準じて 100 g/日以下に制限した被検者について、尿クレアチニン排泄量、全身カリウム量、体密度を測定し、尿クレアチニン排泄量から LBM を算出する回帰式を求め、これまで人体を対象として算出された成績^{5)-10),14)}と比較検討した。

実 験 方 法

被検者は 18~24 歳の女子大学生 125 名である。身長、体重の平均、標準偏差はそれぞれ $156.6 \pm 4.8 \text{ cm}$, $53.5 \pm 7.4 \text{ kg}$ であった。肉・魚摂取量を 100 g/日以下に制限した食事を 3 日間摂取させ、その間 24 時間尿を毎日採集した。尿中クレアチニン量は Jaffe 反応に基づいて測定した¹⁷⁾。

体密度は水中体重秤量法により測定した¹⁸⁾。被検者は食後少なくとも 3 時間以上経過後、排便、排尿し、 $36 \sim 37^\circ\text{C}$ の温水を満たした水槽にもぐり、最大呼吸位時の

表1. 被検者の年齢, 身長, 体重, 皮厚, 体脂肪量, LBM, 尿クレアチニン排泄量

	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	皮 厚 ^a (mm)	体脂肪量 ^b (%)	LBM (kg)		尿クレアチニン排泄量 (mg/日)
						体密度より	全身カリウム量より	
n	125	125	125	125	125	119	88	125
Range	18~26	146~169	40.1~87.3	12.5~62.5	10.0~41.1	31.9~53.0	30.7~50.6	648~1,380
Mean	20.1	156.6	53.5	31.6	26.1	39.6	41.0	997
S.D.	1.6	4.8	7.4	11.0	5.4	4.0	4.2	130

^a 上腕背部+肩甲骨下部^b 体密度より算出。体密度を測定できなかった場合は皮厚より長嶺の式²⁰⁾に従って算出。

水中体重を測定した。あらかじめ測定した空気中体重, 酸素吸入による閉鎖式肺内ヘリウム希釈法による残気量とから次式に従って体密度を算出した。

$$\text{体密度 (D)} = \frac{W_a}{\frac{W_a - W_w}{C} - RV} \quad (1)$$

ただし, W_a : 空気中体重 (kg), W_w : 水中体重 (kg), C : 水の密度, RV : 残気量 (l)

体密度から LBM の算出には Brožek の式¹⁾を用いた。

$$\text{脂肪 (\%)} = \left(\frac{4.57}{D} - 4.142 \right) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{LBM (kg)} = \text{体重 (kg)} \times \left(1 - \frac{\text{脂肪 \%}}{100} \right) \quad (3)$$

全身放射性カリウム量は東京大学原子力研究総合センターヒューマンカウンターを用いて測定した。すなわち, 大型プラスチックシンチレータにより全身に含まれるカリウムの放射性同位体 (^{40}K) 量を測定し, その natural abundance (0.012%) から全身カリウム量を算出した。さらに LBM 中のカリウム濃度を 64.2 mEq/LBM · kg (成人女子の場合) と仮定して LBM を算出した¹⁹⁾。

また上腕背部と肩甲骨下部の皮下脂肪厚を, 栄研式皮下脂肪計を用いて測定した。

実 験 結 果

尿中クレアチニン排泄量は, 実験前の食事の影響を受けて第1日の排泄量が著しく多い場合はこれを除いて2~3日間の平均値を求めた。125名の尿クレアチニン排泄量は 648 mg/日から 1,380 mg/日にわたり, 平均値と標準偏差は 997 ± 130 mg/日であった。表1に被検者の年齢, 身長, 体重, 尿クレアチニン排泄量, 体密度より算出した体脂肪% (ただし, 体密度を測定できなかった6名については, 上腕背部と肩甲骨下部の皮下脂肪厚の合計より体密度を算出した²⁰⁾), 皮下脂肪厚 (上腕背部

図1. 体密度, 全身カリウム量より算出した LBM の相関

+肩甲骨下部), 体密度および全身カリウム量から算出した LBM の最小値, 最大値, 平均値, 標準偏差を示した。体密度は水中にもぐることのできなかった者を除いて119名について測定し, 全身カリウム量は 88 例について測定した。

体密度と全身カリウム量の両者を測定した 82 例について, 両者から算出した LBM を比較すると, 図1のようであった。体密度, 全身カリウム量から算出した LBM の平均値と標準偏差はそれぞれ 39.7 ± 4.0 kg, 41.1 ± 4.2 kg であり, 図1にみられるように両者の相関は高いものの, 体密度より算出した LBM のほうがやや低値であった ($p < 0.01$ 有意差あり)。

尿クレアチニン排泄量 (Cr) と, 体密度, 全身カリウム量より算出した LBM の間にはそれぞれ高い相関がみられ, 得られた回帰直線式は次のようであった。

体密度より算出した

$$\text{LBM} = 0.0193 Cr + 20.3$$

$$(n=119, r=0.636)$$

全身カリウム量より算出した

$$\text{LBM} = 0.0216 \text{ Cr} + 19.3$$

($n=88$, $r=0.683$)

考 察

人体組成を間接的に測定する方法のうち、体密度、全身カリウム量、体水分量による方法が現在のところ最も優れていると考えられている。本研究ではこのうち体密度と全身カリウム量について測定し、算出した LBM の間に高い相関はみられたものの、両者には多少の差異が認められた。Krzywicki ら²¹⁾もまた、これらの方法により体脂肪量を算出し、男子で $r=0.78$ ($n=223$)、女子で $r=0.68$ ($n=36$) という高い相関のみられたことを報告している。しかしこれらの方法は、体水分量も含めて、それぞれ異なる原理に基づいて体組成を測定するため、得られた数値は必ずしも一致しない²¹⁾²²⁾。測定方法、算出式にもさらに改善すべき問題がいくつも含まれている。たとえば、全身カリウム量測定では LBM の内容として脂肪以外の骨格、実質臓器などの構成要素を一括して含んでおり、各構成要素によりカリウム濃度が異なること²⁾、年齢、性、日常生活における活動度などにより各臓器の構成が変化することなどが²³⁾²⁴⁾挙げられる。細胞外液中にはカリウムはわずしか含まれないので、細胞外液の多い状態では LBM は過小評価される。また皮下脂肪は ^{40}K の γ 線をブロックするため皮下脂肪の厚い者ではカリウム量を少なく見積もってしまうことも報告されている²⁵⁾が、本研究においては背部の皮下脂肪厚により補正を行なっている。体密度法については、Brožek の式¹⁾が体脂肪 15.3% 前後の成人男子を対象として得られた式なので成人女子については検討が必要であるが²⁾、今日これにかわるべき知見がないため、この数値が一般的に用いられている。また体密度を算出する(1)式中、肺残気量の変動とともに腸内ガス量が誤差の一因となるであろう。健康人における腸内ガス量は 0.1 l 程度といわれるが、豆類等の摂取によりガスの発生が増加することも報告されている²⁶⁾。

このように LBM に関して決定的な測定法、算出式のない現状ではあるが、尿クレアチニン排泄量と体密度、全身カリウム量から算出した LBM との間にはいずれも高い相関が得られ、回帰直線の係数にも大きな差はみられなかった。日本人女子を対象として得られたこれらの回帰式をすでに報告されている諸式^{5)~14)}と比較すると図2のようになる。人体のほかラット、ヒツジについて測定された成績をともに示してあり、LBM の測定方法はそれぞれ異なっている。人体を対象とした成績のうち、Chinn の成績⁹⁾、Turner らの成績¹⁰⁾、Boileau らの成績⁷⁾は尿クレアチニン排泄量の多い成人男子につい

図2. 尿クレアチニン排泄量と LBM

- 1) 本研究; 体密度法, 成人女子 119 例
- 2) 本研究; ^{40}K 法, 成人女子 88 例
- 3) Forbes and Bruining (1976); ^{40}K 法, 幼児から成人男女 33 例
- 4) Chinn (1967); ^{40}K 法, 成人男子 15 例
- 5) Chinn (1967); 体密度法, 成人男子 15 例
- 6) Turner and Cohn (1975); ^{40}K 法, 成人男子 17 例
- 7) Young *et al.* (1968); 体水分法, 成人女子 104 例
- 8) Boileau *et al.* (1972); 体水分法, 成人男子 11 例
- 9) Van Niekerk *et al.* (1963); 屍体分析, ヒツジ
- 10) Cheek (1968); 体水分法, 乳幼児 17 例。× は図内右下に拡大
- 11) Chinn (1966); 屍体分析, ラット
- 12) Kumar *et al.* (1959); 屍体分析, ラット

て測定されたものであり、Cheek の成績¹⁰⁾は乳幼児、Young らの成績⁷⁾は成人女子、Forbes らの成績⁵⁾は 8 歳から 71 歳までの男女が被検者である。いずれの報告においても被検者の肉・魚摂取量は不明であり、また得られた回帰直線は必ずしも一致していない。尿クレアチニン排泄量が本研究の範囲と重複する Forbes の回帰式、Young の回帰式と比較すると、本研究で得られた回帰式はこれらと有意に異なると判定された ($p < 0.01$)。すなわち、肉・魚摂取量が 100 g/日以下の被検者について尿クレアチニン排泄量を測定し、これから Forbes の式、Young の式に従って LBM を算出した場合、低値に見積もってしまうおそれがある。われわれは本研究の被検者の一部その他について肉・魚摂取量を制限しない 3 日間の尿クレアチニン排泄量を測定し、制限した場合のそれと比較しているが、多くの被検者において前者が高値であった。また肉・魚摂取量を制限しない場合の尿クレアチニン排泄量と LBM の相関は低く ($n=54$, $r=0.588$)、回帰式も本研究で得られた成績とは異なっていた。

さらにまた女子の場合、尿中にはクレアチニンのほかにクレアチンの排泄されることが知られている²⁷⁾。しか

し、尿クレアチン排泄量は食事中的肉・魚摂取量により大きく変動するので¹⁶⁾、食事性のものと考えられる。したがって、これを含めてLBMの指標とするのは適切ではないと思われる。この点については、今後さらに検討が必要であろう。

本研究では、成人女子を被検者とし、クレアチニン排泄量 648~1,380 mg/日、LBM 30.7~53.0 kg と範囲の限られた測定データであり、今後さらに性、年齢、体格の異なるヒトのデータを加えて検討されることが望まれる。その際、採尿期間中の肉・魚摂取量を 100 g/日以下に制限することでさらに再現性の高い算出式が得られると思われる。

要 約

1) 女子大学生 125 名を対象として、肉・魚摂取量を 100 g/日以下とした 3 日間の尿クレアチニン排泄量を測定し、体密度、全身カリウム量から算出した LBM との関係を検討した。

2) 体密度と全身カリウム量の両者を測定した 82 例について、それぞれ算出された LBM を比較すると、相関は高いものの、体密度より算出した LBM のほうがやや低値であった ($p < 0.01$)。

3) 尿クレアチニン排泄量と、体密度、全身カリウム量より算出した LBM の間にはそれぞれ高い相関がみられ、得られた回帰直線式は大差のないものであった。

4) 本研究で得られた尿クレアチニン量より LBM を算出する回帰式を、これまで米国人を対象として得られた式と比較したところ、有意に異なると判定された。

ヒューマンカウンターによる全身放射性カリウムの測定には、東京大学医学部放射線健康管理学教室吉沢康雄教授、草間朋子先生に多大なご協力をいただきました。深く感謝いたします。

文 献

- 1) Brožek, J., Grande, F., Anderson, J.T. and Keys, A. : *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **110**, 113 (1963)
- 2) Forbes, G.B. and Lewis, A.M. : *J. Clin. Invest.*, **35**, 596 (1956)

- 3) Pace, N. and Rathburn, E.N. : *J. Biol. Chem.*, **158**, 685 (1945)
- 4) Wilmore, J.H. and Behnke, A.R. : *J. Appl. Physiol.*, **27**, 25 (1969)
- 5) Forbes, G.B. and Bruining, G.J. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 1359 (1976)
- 6) Muldowney, E.P., Crooks, J. and Bluhm, M.M. : *J. Clin. Invest.*, **36**, 1375 (1957)
- 7) Boileau, R.A., Horstman, D.H., Buskirk, E.R. and Mendez, J. : *Med. Sci. Sports*, **4**, 85 (1972)
- 8) Young, C.M., Bogan, A.D., Roe, D.A. and Lutwak, L. : *J. Am. Diet. Assoc.*, **53**, 579 (1968)
- 9) Chinn, K.S.K. : *J. Appl. Physiol.*, **23**, 713 (1967)
- 10) Turner, W.J. and Cohn, S. : *Clin. Pharmacol. Ther.*, **18**, 405 (1975)
- 11) Van Niekerk, B.D.H., Reid, J.T., Bensadoun, A. and Paladines, O.L. : *J. Nutr.*, **79**, 463 (1963)
- 12) Chinn, K.S.K. : *J. Nutr.*, **90**, 323 (1966)
- 13) Kumar, I., Land, D.G. and Boyene, A.W. : *Br. J. Nutr.*, **13**, 320 (1959)
- 14) Cheek, D.B. : *Human Growth* (1968), Lea and Febiger (Phiradelphia)
- 15) 農政研究センター編：食糧白書，2 (1980)，農政研究センター（東京）
- 16) 金子佳代子，天谷節子，小池五郎：栄食誌，**36**，341 (1983)
- 17) 小石秀夫：生化学，**28**，23 (1956)
- 18) Lapson, L.A. : *Fitness, Health and Work Capacity*, 241 (1974), Macmillan (New York)
- 19) Forbes, G.B., Schultz, F., Cufarelli, C. and Amirhakimi, G.H. : *Health Phys.*, **15**, 435 (1968)
- 20) 長嶺普吉：日本医師会雑誌，**68**，919 (1972)
- 21) Krzywicki, H.J., Ward, G.M., Rahman, D.P., Nelson, R.A. and Consolazio, C.F. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **27**, 1380 (1974)
- 22) Womersley, J., Boddy, K., King, R.C. and Durnin, J.V.G.A. : *Clin. Sci.*, **43**, 469 (1972)
- 23) Forbes, G.B. : *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **110**, 255 (1963)
- 24) Womersley, J., Durnin, J.V.G.A., Boddy, K. and Mahaffy, M. : *J. Appl. Physiol.*, **41**, 223 (1976)
- 25) Colt, E.W.D., Wang, J., Stallone, F., Van Itallie, T.B. and Pierson, R.N. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 367 (1981)
- 26) Levitt, M.D. and Bond, J.H. : *Gastroenterology*, **59**, 921 (1970)
- 27) 吉川春寿，吉 利和：臨床医化学（Ⅱ），臨床編，121 (1962)，協同医書出版社（東京）

(昭和 60 年 1 月 30 日 受理)