

尿中クレアチニン排泄量による身体組成の推定

小室, 史恵
九州大学健康科学センター

小宮, 秀一
九州大学健康科学センター

<https://doi.org/10.15017/386>

出版情報 : 健康科学. 4, pp.145-151, 1982-03-30. 九州大学健康科学センター
バージョン :
権利関係 :

尿中クレアチニン排泄量による身体組成の推定

小室 史 恵* 小 宮 秀 一*

Estimation of Body Composition from Urinary Creatinine excretion

Toshie Komuro* Shuichi Komiya*

Simultaneous determinations of total body water, using the deuterium oxide dilution method, and urinary creatinine excretion have been carried out in 26 males and females. Total body water and FFM may be predicted from urinary creatinine excretion by

$$T.B.W. = 0.0165 Cr. + 17.773.$$

$$FFM = 0.0225 Cr. + 17.446.$$

In this subjects a high correlation ($r=0.874$) was found between T.B.W, FFM and urinary creatinine excretion.

It appears that FFM can be predicted from urinary creatinine excretion.

(Journal of Health Science, Kyushu University, 4:145~151, 1982)

I 緒 言

身体を構成している脂肪および除脂肪成分は、成長・栄養状態・様々な状況下でのエネルギー消費の増大や減少・疾病など我々の身体をとりまく内外の因子によって影響を受けている。例えば、摂取エネルギーと消費エネルギーとの不均衡、即ち、相対的な摂取エネルギーの過多によって生じる肥満は、成人の場合では、HDL コレステロールや $\dot{V}O_2 \max$ の低値、子供の場合では $\dot{V}O_2 \max$ の低値といった健康、活動の指標に対して負の関係が見られている¹⁸⁾。従って、身体組成を知ることが、健康を把握する上で、一つの基盤になると考えられる。

生きているヒト・動物について、身体組成を測定する方法は、いくつかある。水中体重法は、アルキメデスの原理を応用した体比重の測定による方法である。これは、被検者の協力が得られれば簡便に行なえる方法であるが、肺容積、腸内ガスに関して問題点が指摘されている。特に後者については、栄養状態が悪い場合に、体密度が一定して得られないことが指摘¹¹⁾さ

れている。また、身体を沈めるための装置を要するため、フィールドでの測定には適さない難点がある⁴⁰⁾。

⁴⁰⁾ Kを用いた総体カリウム測定法についても、精度を上げるためには複雑かつ高価な装置が必要なため、フィールドワークには不向きである。その点では、特定の部位の皮下脂肪厚による体脂肪量の推定法は、簡易で、しかも安価に測定できる方法であり、多数の被検者をフィールドで測定するのに適している。日本人に関しては、上腕背部と肩甲骨下縁部の二ヶ所の測定による体脂肪量の推定式が Nagamine and Suzuki²²⁾によって作られており、一般に用いられている。しかし、小宮¹⁴⁾は、皮下脂肪厚によって算出された体脂肪量の推定値は、総体水分量から推定した体脂肪量の値より低いことを明らかにしている。また、キャリパーによる測定は、やせた被検者については誤差が少ないが、太った被検者については實際上、皮下脂肪をつまみ上げることが難しく、測定値の再現性に問題点がある。さらに、皮下脂肪厚による体脂肪量推定が、体内の脂肪について正しく評価しているかどうかについても疑問が残る。その点では、全体組織に均一に拡散する物質をトレーサーとして用いる方法が推奨される。総体水分量 (TBW) から除脂肪量 (FFM) を推定する方法は、FFM に対する TBW の割合がほぼ一

* Institute of Health Science, kyushu University, Ropponmatsu, Fukuoka. 810.

定であるという Pace and Rathbun²³⁾ らの報告に基づいている。彼らによると、FFMは、次式で求められる。即ち、

$$\text{FFM} = 100 \times \text{TBW} / 73.2$$

この方法は、水の同位体の既知量を被検者に投与し、ラベルされた水が体水分と混ざり、平衡に達した

時点(3~8時間後)で同位体の濃度を血液あるいは尿サンプル等から測定し、その希釈度から総体水分量を求め、先の式から FFM を算出する方法である。この方法は、簡易で、しかも迅速に測定できる利点がある。フィールドでの測定に適した他の方法には、尿中クレアチニン排泄量の測定による方法がある。尿中

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subject	Age (yr.)	Body Weight (kg.)	Height (cm.)	Total Body Water		Creatinine	
				Volume (liters)	% B.W. (%)	Excretion (gm./24hr.)	Coefficient (mg./24hr./kg.)
Female							
J. K	10	28.7	135.0	18.23	63.51	0.607	21.1
M. I	28	49.0	161.6	25.65	52.36	0.927	18.9
K. K	27	47.5	161.4	26.24	56.44	1.100	23.2
K. E	25	51.0	152.7	28.65	56.18	0.924	18.1
K. A	24	50.5	161.2	25.38	50.25	0.853	16.9
T. K	26	55.0	165.3	30.18	56.02	1.170	21.3
Mean	23.3	46.95	156.20	35.722	55.793	0.9303	19.92
S. D	6.10	8.479	10.212	3.7631	4.1369	0.18111	2.142
Male							
T. M	20	62.8	178.1	39.02	62.14	1.175	18.7
T. Y	23	64.4	167.4	40.76	63.30	1.361	21.1
K. I	26	58.7	163.5	32.95	56.13	1.334	22.7
H. M	20	63.5	169.7	35.00	55.12	1.297	20.4
M. Y	20	50.5	160.5	30.67	60.74	1.191	23.6
S. M	25	80.0	170.3	46.24	57.80	1.553	19.4
T. I	19	63.6	168.2	36.31	57.09	1.301	20.5
H. O	20	72.8	178.5	40.34	55.41	1.953	26.8
H. I	19	84.4	184.2	48.78	57.80	2.296	27.2
S. M	24	64.8	169.2	36.31	56.04	1.555	24.0
Mean	21.6	66.55	170.96	38.638	58.157	1.5016	22.44
S. D	2.50	9.474	6.882	5.3676	2.7521	0.34255	2.801
Obese male							
K. Y	18	96.5	176.0	41.59	43.10	1.798	18.6
A. H	18	73.5	168.3	35.19	37.88	1.447	19.7
T. N	18	73.5	162.5	36.46	49.61	1.798	24.5
M. T	18	86.4	178.3	41.79	48.37	1.652	19.1
H. K	18	89.3	171.1	46.26	51.80	1.958	21.9
S. I	15	89.4	168.8	42.91	55.01	1.991	22.2
M. H	17	79.2	167.9	42.83	54.07	1.619	20.4
Y. K	18	75.5	166.9	35.72	47.31	1.460	19.3
K. K	17	97.5	177.1	44.27	45.40	1.570	16.1
Mean	17.4	84.53	170.73	40.780	48.061	1.6992	20.20
S. D	0.96	8.920	5.029	3.7733	5.1292	0.18792	2.287
Obese female							
M. U	17	72.5	163.5	33.47	46.16	1.113	15.4

クレアチニン排泄量と活性組織量との間に直接的な関係があることは、Folin⁹⁾ によって示唆されているが、尿中のクレアチニンが筋肉のクレアチニンに由来しており²⁾、身体総クレアチンの98%が骨格筋中に存在し⁵⁾、尿中クレアチニンと体クレアチンとが高い相関をもつ⁸⁾ことが報告され、尿中クレアチニン排泄量によるLBM推定の可能性が示唆された。Forbes¹²⁾を始め、多くの研究者^{1) 7) 10)}がこの簡易で、安価に、しかもフィールドで測定しやすい方法を用いた身体組成の測定にとりこんでいる。しかしながら、日本人に関しては、クレアチニン排泄量から身体組成を推定した報告は見られない。

そこで、本研究では、総体水分量と尿中クレアチニン排泄量との関係を調べ、尿中クレアチニン排泄量から身体組成が推定しうるかどうかを検討した。

II 方法

被検者は、女子小学生1名、九州大学女子職員5名、九州大学男子大学生10名、肥満男子高校生10名および肥満女子高校生1名である。総体水分量の測定および尿中クレアチニン排泄量の測定は1980年11月～19

81年5月の間に行ない、各個人に関しては、両測定月の間に日をあけないように配慮した。被験者の年齢、身体特性は表1に示した。

体内総水分量の定量

トレーサーには、重水 (Deuterium oxide, D₂O) を用いた。

被検者は、朝食を抜き、午前9時に排尿・排便を済ませた後、体重1kgにつき1gの割合でD₂Oを20%以下に水で希釈したものを経口投与された。投与後は、運動や食物・水分の摂取を禁止し、1、2、3時間後の3回、採尿を行なった。各々、尿を、メスフラスコに入れ、シールし、蒸留、分析まで冷蔵庫に保存した。蒸留は全ての尿の採取後、できるだけ早く行なった。各尿をマントルヒーターで100°Cに加熱し、低沸点の物質を除去した後、水蒸気を冷却管に通し、約10ml採取した。検体は、光路長0.073mmの赤外分光々度計用固定セル(CaF₂)に注入し、日立赤外分光々度計(260—50型)を用いて測定した。分析方法は、Thronton and Condon^{29) 15) 28) 30) 36)} 他が報告している方法に従った。当研究室における赤外分光々度計による重水濃度の測定精度は、小宮¹⁷⁾らの報告に示

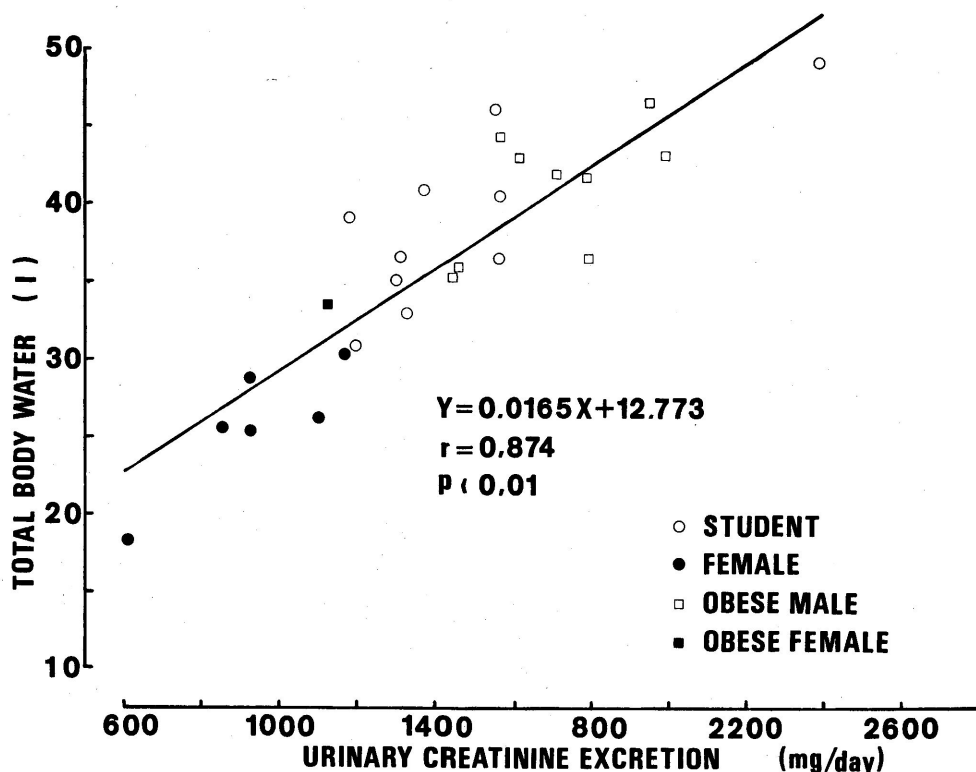


Fig. 1. Relation between total body water and urinary creatinine excretion.

しているように非常に高い。総体水分量の算出には、次式を用いた。

$$\text{総体水分量 (l)} = \text{重水投与量 (g)} / \text{重水濃度} \times 10$$

また、除脂肪量の算出には、Pace and Rathbun の式⁵⁾を用いた。

$$\text{除脂肪量 (kg)} = 100 \times \text{総体水分量} / 73.2$$

尿中クレアチニン排泄量の定量

被検者の日常の勤務日(または登校日)に、激運動を禁止させ、正確に1日の尿を畜尿させた。食事に関しては一切の制限はつけず、平常通りに食事をする旨だけ伝えた。畜尿された尿は、10ccを10倍に希釈し、これを検体として、日立分光光度計(100-10型)を用いて520mmの波長でクレアチニン濃度を測定した。当研究室における分光光度計による尿中クレアチニン濃度の測定精度は、すでに報告した¹⁹⁾。測定方法は、Bonsnes and Taussky⁴⁾の方法に準じた。

III 結果

表1は、全被検者の年齢、身長、総体水分量、尿中クレアチニン排泄量を表わしたものである。年齢の幅は、10才~28才(平均20.4才)、身長は、135.0~178.5cm(平均167.19cm)、体重は、28.7kg~97.5kg(平均68.481kg)である。D₂O希釈法によって測定された総体水分量は18.23l~218.78l(平均36.20l)である、また、尿中クレアチニン排泄量は、607mg/day~2296mg/day(平均1423.2mg/day)である。尿中クレアチニン排泄量(Cr.)と身長(Ht.),体重(B.W.),総体水分量(T.B.W)との関係は、次式で表わされる。

$$\text{Cr. (mg/day)} = 30.73/\text{Ht.} - 3706.774$$

$$r = 0.748$$

$$p < 0.01$$

$$\text{Cr. (mg/day)} = 19.875\text{B.W.} + 77.756$$

$$r = 0.856$$

$$p < 0.01$$

$$\text{Cr. (mg/day)} = 46.393\text{T.B.W.} - 256.247$$

$$r = 0.874$$

$$p < 0.01$$

このように、クレアチニン排泄量は、体重や身長とも高い相関が見られるが、三者の中で最も相関が高いのは、総体水分量である。

図1は、全被検者の総体水分量と尿中クレアチニン排泄量との関係を表わしたものである。総体水分量は、次式を用いて尿中クレアチニン排泄量から推定することができる。

$$\text{T.B.W.} = 0.0165 \text{ Cr.} + 12.773.$$

また、除脂肪量(FFM)を、 $\text{FFM} = \text{T.B.W.} / 73.2$ の式から各被検者について計算し、Cr.との関係をみると、

$$\text{FFM (kg)} = 0.0225 \text{ Cr.} + 17.446$$

と表わすことができる。

Table 2. Means and differences between determined and estimated FFM.

From D ₂ O(1) Mean±S. D	From Prediction Equation(2) Mean±S. D	Differens (1)-(2)
45,720	49,453	3,846-5
10,081	8,8100	4,9006

表2は、D₂O希釈法によって測定された各被検者の総体水分量から計算された除脂肪量と、上記の回帰式を用いて計算した各被検者の除脂肪量の平均値と標準偏差値である。t検定の結果、両者には有意差は見られなかった。

除脂肪量の大きさのかなりの幅について、総体水分量と尿中クレアチニン排泄量との間に高い水準で正の相関が見られ、尿中クレアチニン排泄量から総体水分量、除脂肪の推定が可能であることが分った。

IV 考察

尿中クレアチニン排泄量から体組成(除脂肪量)を測定しうるかどうかの生化学的な裏づけは、Broch and Schoenheimer²⁾が尿中に排泄されるクレアチンは骨格筋のクレアチンに由来するという報告に基づいている。後に、Borsook and Dubnoff⁵⁾によって、総体クレアチニンの98%が骨格筋中に占められ、2%が日々交換されることが同位体による測定で明らかにされ、更にChinn⁸⁾が、ラットを用いた研究で尿中クレアチンと体クレアチンとが高い相関をもつことを報告し、排泄された尿中クレアチンが除脂肪量を推定するために有効な物質であることが示唆された。その後、動物やヒトを対象として、尿中クレアチニン排泄量と他の測定方法、例えば総体カリウム法^{8) 10) 12) 21) 33)}、総体水分量法^{7) 25)}、皮下脂肪測定法などの簡接法や、死体を用いた直接法^{1) 8) 20)}との相関を検討している。死体分析は最も正確に除脂肪量を測定できる方法であり、相関係数は0.982、0.987と極めて高い。今回の測定で得られた回帰式の相関係数は0.874であり、上記の間接法による測定値と尿中クレ

アチニン排泄量との間に見られた相関係数の中では、比較的高い値であった。また、回帰式 $FFM=0.025 Cr.+17.446$ は、Boileau³⁾らの身体コンディショニング前の総体水分量法による FFM の回帰式に近似している。これは、測定方法が等しいことも要因の1つと考えられる。今回のデータが比較的高い精度で尿中クレアチニン排泄量から除脂肪量を測定し得たのは、畜尿を正確に24時間行なわせたことが要因の1つと考えられる。Picónら²⁵⁾は採尿時間を4時間(6:00~10:00 A.M.)とし、この間の蓄尿中のクレアチニンを測定し、総体水分量との間に相関係数0.87を得ている。しかしながら、Roberta²⁷⁾らによるとクレアチニン排泄量に日内変動が見られ、午前の尿では少なく午後の尿では多い傾向が見られることや、4時間尿、6時間尿を整数倍して24時間尿に換算した場合は誤差が大きくなることが問題となる。また、24時間中の一部分を測定するよりも、パターンをもつ生活の一サイクルとしての24時間尿を測定した方が生体リズム、生活リズム等を考慮すると、より適していると思われる。リズムに関しては、女性には月経周期があるが、月経前期にはエストロゲンによる体内水分の貯留が見られることが知られており、この時期の体重の増加や浮腫などに見られるように水分代謝に変化がおこっている。そのため、総体水分量の測定は、この時期を避けて行なった。また、Hodgson¹⁴⁾らは、月経周期による尿中クレアチニン排泄量の変化は見られないと報告しているが、各被検者について、大まかに卵胞期、排卵期、黄体期、月経期に分けて彼らのデータを調べると(基礎体温、ホルモンなどの測定値はない)排卵期、黄体期のホルモン分泌の多い時期に尿中クレアチニン排泄量が高くなるように思われる。この点については、はっきりしたことは言えないが、第二次性徴の見られる女性については、月経周期を考慮する必要があるかもしれない。今回は、月経前期および月経期(畜尿に難があるため)を除いた以外は周期については考慮していない。食事については、Bleilerら²⁷⁾は非肉食で排泄量が減少すると報告し、Vestergaardら³²⁾は肉の摂取にかかわらず一定であるとし、結果は、一致しない。しかしながら、Forbesら¹²⁾は、食事に関する制限をつけずに、3日間の蓄尿を行なわせることにより、0.976の相関係数を得ている。今回の場合も、通常の食事をするように指示しただけであるが、更に正確さを増すためには、測定回数を増すことが考えられる。栄養不良¹⁰⁾の場合や、急激な減量²⁶⁾を行なった場合には、正確な体組成の推定は難しい。これは、

クレアチニン代謝、水分代謝が通常と異なるためであるが、同じように、筋中のクレアチンをリン酸化し、運動のエネルギー源として使うような運動、即ち短時間の激しい運動を行なった場合は、尿中へのクレアチニンの排泄が多くなることが考えられる。被検者を全体ではなく、各群として、female群、student群、obese male群に分けて夫々の除脂肪量とクレアチニン排泄量との関係を見ると、相関係数は、夫々、0.877、0.724、0.572と順次、低い値を示した。これは運動を含めた生活様式が1つの因子になっていることも考えられる。Female群は、女性大学職員であり、机上での仕事・歩行などが勤務時の“運動”であるため、運動の強度としてみると極めて低い。また、測定日前後、および当日は、スポーツなどは行っていない。彼女らのデータは、先に小宮¹⁶⁾が報告しているように、Forbes¹²⁾の式を用いた FFM と D₂O による FFM との間に高い相関を得ている。male群(男子大学生)、obese male群(男子高校生)に対しても、運動を禁止して畜尿をするように指示したが、Boileau³⁾の報告では、身体コンディショニング・トレーニングの前と後とでは、総体水分量と尿中クレアチニン排泄量との相関係数が異なり、コンディショニング後に低くなっている。このことは、測定日前、数日間について運動を含めた生活様式を把握する必要性を示唆している。今回の Female群で、相関が高かった理由は、被検者が周囲の職員であった為に生活についての管理や把握がしやすかったことも考えられる。normalな身体組成をもつ者に比べ obese群で相関係数が低いことは、Boileau³⁾も同様に観察している。Pierson²⁶⁾は、肥満者においては、Extracellular waterが多く、adipose tissue内のIntracellular waterも多いと報告している。また、Brayら⁶⁾も、FFM中の水が、normal群よりも obese群の方が高いことを報告している。しかしながら、彼らの被検者は体重が106.0 kg~209.7 kgで、半数が150.0 kgを越えており、標準体重を150%以上越えている者が5名であり、今回の肥満被検者の体重をはるかに上回る。このような過度の肥満者の場合、トレーサーとしての水やポタシウムが体内に均一に拡散し、希釈されるまでの時間は通常の体組成をもった人々よりも長くかかることをHalliday¹³⁾が考察している。今回は、総体水分量の中味については測定していないが、この点については今後、検討したい。

V 摘要

本研究は、10才から29才までの様々な身体組成をもっと思われる男女26名を対象に総体水分量と尿中クレアチニン排泄量との関係を調べ、尿中クレアチニン排泄量から体組成を推定しうるかどうかが検討した。

結果は、次のように要約できる。

食事についての制限を加えず、激運動を禁じた(女子の場合は月経前～月経期を除く)1日の尿中クレアチニン排泄量と D_2O 希釈法による総体水分量とは直線関係にあり、 $r=0.874$ で高い相関が見られた。今回の全被検者の除脂肪量は、 $FFM=0.025Cr.+17.446$ の式を用いて、尿中クレアチニンから推定でき、実測値と推定値とは、 t 検定の結果、誤差が見られず、回帰式からの身体組成の推定の可能性が示唆された。

本研究を行なうに当って、フィールドでの測定に際し、福岡工業大学の干綿敏機先生、八代高等専門学校の宅島先生に多大な協力を頂いた。記して謝意を表わしたい。

参考文献

- 1) B.D.H. Van Niekerk, J.T. Reid, A. Bensadoun and O. L. Paladines : Urinary creatinine as an index of body composition. *Journal of Nutrition*, 79 : 463-473, 1963.
- 2) Block, K. and Schoenheimer, R. : Studies in protein metabolism. XI. The metabolic relation of creatinine. *Journal of Biological Chemistry*, 131 : 111-119, 1947.
- 3) Boileau, R.A., Horstman, D.H., Buskirk E.R. and Mendez, J. : The usefulness of urinary creatinine excretion in estimating body composition. *Medicine and Science in Sports*, 4 : 85-90, 1972.
- 4) Bonsnes, R. W. and Taussky, H. H. : On the calorimetric determination of creatinine by the Jaffe reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 158 : 581-591, 1945.
- 5) Borsook, H. and Dubnoff, J. W. : The hydrolysis of phosphocreatinine and the origin of urinary creatinine. *Journal of Biological Chemistry*, 168 : 493-510, 1947.
- 6) Bray G., Schartz M., Rozin R. and Lister J. : Relationships between oxygen consumption and body composition of obese patients, *Metabolism*, 19 : 418-429, 1970.
- 7) Charlotte M. Young, Alison D. Bogen, Dephne A. Roe and Leo Lutwak : Body composition of pre-adolescent and adolescent girls, *Journal of American Dietetic Association*. 53 : 579-587, 1967.
- 8) Chinn, K. S.K. : Potassium and creatinine as indexes of muscle and nonmuscle protein in rats. *Journal of Nutrition*. 90 ; 323-330, 1966.
- 9) Folin, O ; Laws governing the chemical composition of urin, *American Journal of Physiology*, 13 : 66-115, 1905.
- 10) G.A.O. Alleyne, F. Viteri and J. Alvarado : Indices of Body composition in infantil malnutrition : Total Body potassium and urinary creatinine. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 23 : 875-878, 1970.
- 11) Garrow, J.S : Techniques for the measurement of human body composition. *West Indian Medical Journal*. 23 : 165-173, 1974.
- 12) Gilbert B. Forbes and Jan Brining : Urinary creatinine excretion and lean body mass. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 29 : 1359-1366, 1962.
- 13) Halliday D., Hesp R., Stalley S.F., Warwick P., Altman D.G. and Garrow D.S. : Resting metabolic rate, weight, surface area and body composition in obese women, *International Journal of Obesity*, 3 : 1-6, 1979.
- 14) Hodgson P. and Levis H. B : Physical development and the excretion of creatine and creatinine by women. *American Journal of Physiology*. 87 : 288-292, 1928.
- 15) Jones, R. N. and Mackenzie, M. A : Determination of deuterium in organic compounds by infrared spectrophotometry, *Talanta*, 3 : 356-363, 1960.
- 16) 小宮秀一, 小室史恵, 吉川和利 : 体脂肪率 (% Kat) 推定法の比較, *体育学研究* ; 一, .
- 17) 小宮秀一, 太田裕造 : D_2O 希釈法による体内総水分量の定量と身体組成への適用, *九州体育学会抄録* 4 ; 38-40, 1980.
- 18) 小室史恵, 小宮秀一, 進藤宗洋 ; 健康指標としての身体組成の特色——肥満児童と成人肥満者の有

- 素作業能——, デサントスポーツ科学研究所報 3 ; 30—35, 1982.
- 19) 小室史恵, 小宮秀一; 分光々度計による尿中クレアチニン濃度の定量, 九州体育学会抄録 5 : 1981.
- 20) Kumar I., Land D.G., and Boyne A.W. : The determination of body composition of living animals, *British Journal of Nutrition*. 13 : 320-329, 1959.
- 21) Muldowney E. P., Crooks J. and Bloom M. M. : The relationship of total exchangeable potassium and chloride to lean body mass, red cell mass and creatinine excretion in man. *Journal of Clinical Investigation*. 36 : 1375-1381, 1957.
- 22) Nagamine, S. and Suzuki S. : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biology*, 36 : 8-15, 1964.
- 23) Pace, N. and Rathbun, E.N. : Studies on body composition. III. The body water and chemicalry combined nitrogen content in relation to fat content. *Journal of Biological Chemistry* 158 : 685-691, 1945.
- 24) Picón-reateguie., Rodoleo.L. and Valvivoso J. : Body composition at sea level and high altitudes. *Journal of Applied Physiology*. 16 ; 589-592, 1961.
- 25) Picón-reateguie. ; Creatinine excretion and body composition, *American Journal of Clinical Nutrition*. 10 : 128-133, 1962.
- 26) Pierson, R. N., Wang J., Yang M. U., Hasimu S. A. and Van Itallie T. E. : The assessment of human body composition during weight reduction : Evaluation of a new model for clinical studies. *Journal of Nutrition* : 1694-1700, 1796.
- 27) Roberta E.B. and Harold P.S. : Creatinine excretion : Variability and relationship to diet and body size. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 59 ; 945-955, 1962.
- 28) Stansell M.J. and Mojica, L. ; Determination of body water content using tracer levels of deuterium oxide and infrared spectrophotometry, *Clinical Chemistry*, 14 ; 1112-1124, 1968.
- 29) Thronton V. and Condon F. E. : Infrared spectrometric determination of deuterium oxide in water, *Annalitical Chemistry*. 22 ; 690-691, 1950.
- 30) Trenner N. R., Arison, B. and Walker R. W. ; A general infrared spectrophotometric technique for the determination of deuterium in organic compounds. *Applied Spectroscopy*. 7 ; 166-171, 1953.
- 31) Turner, M. D., Neely, W. A. and Hardy, J. D. : Rapid determination of deuterium oxide in biological fluids, *Journal of Applied Physiology*. 15 ; 309-310, 1960.
- 32) Vestergaard, P., and R.Leverett : Constancy of urinary creatinine output. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 51 : 211-1968.
- 33) William J. Turner and Stantom Cohn : Total body potassium and 24-hr creatinine excretion in healthy males, *Clinical Pharmacology and Therapeutics*. 18 ; 405-412, 1975.