

慢性腎不全の腹膜透析患者における体組成の経時的変化

金澤良枝*** 中尾俊之* 松本 博 岡田知也
日高宏実 吉野麻紀 篠 朱美 長岡由女
竹口文博 岩澤秀明 外丸 良

Serial changes in body composition in patients with
chronic renal failure on peritoneal dialysis

Yoshie KANAZAWA***, Toshiyuki NAKAO*, Hiroshi MATSUMOTO, Tomonari OKADA,
Hiromi HIDAKA, Maki YOSHINO, Tamami SHINO, Yume NAGAOKA,
Fumihiro TAKEGUCHI, Hideaki IWASAWA, and Ryou TOMARU

* Department of Nephrology, Tokyo Medical University,

** Department of Science Life Management, Tokyo Kasei Gakuin Junior College, Tokyo, Japan

Nutritional status is one of the most important factors affecting mortality and morbidity in chronic dialysis patients. There are, however, few data on serial body composition changes in these patients.

To investigate serial changes in body composition in patients on peritoneal dialysis, we measured intracellular fluid volume(ICF), extracellular fluid volume(ECF), body protein volume(BPV), body fat volume(BFV) and bone mineral content(BMC) using multifrequency bioelectrical impedance analysis (MF-BIA). MF-BIA was performed in 35 patients, consisting of 21 men and 14 women with a mean age of 51.3 ± 10.9 years, before and after one year of observation.

At the baseline in male patients, ICF was 37.0 ± 3.4 %, ECF 19.7 ± 1.6 %, BPV 20.7 ± 1.7 %, BFV 18.1 ± 6.6 % and BMC 4.5 ± 0.4 % of body weight, and in female patients ICF was 34.4 ± 2.6 %, ECF 17.8 ± 1.9 % BPV 19.0 ± 1.6 %, BFV 24.4 ± 6.2 % and BMC 4.5 ± 0.4 % of body weight. In the group of patients whose body weight increased more than 3 kilograms ($n=9$), the increase rate of BFV was 32.3 ± 20.2 %, significantly higher than that of the other segments ($p < 0.001$). On the other hand, in the group of patients whose body weight decreased more than 3 kilograms ($n=5$), each segment showed the same extent of decrease and there was no significant difference in the decrease rates among each segment. In the group of patients whose body weight was stable ($n=21$), changes in each body composition segment were extremely small.

It could be concluded that the body weight increase is due mainly to increase in BFV and body weight decrease results from a concurrent decrease in each body composition segment in peritoneal dialysis patients.

Jpn J Nephrol 2001 ; 43 : 589-594.

Key words : peritoneal dialysis, multi-frequency bioelectrical impedance, body composition

緒 言

栄養評価方法には、身体計測の指標、血液生化学的指標、免疫学的指標などが従来より行われているが、最近で

は生体インピーダンス分析法(bioelectrical impedance analysis : BIA法)によるbody composition(BC)の解析が注目されている¹⁻³⁾。BIA法には、一定の周波数の交電流を用いる単周波分析法と、低周波から高周波までの交電流

を用いた多周波インピーダンス分析法(multi-frequency bioelectrical impedance analysis: MF-BIA 法)がある^{4,5)}。いずれも簡便で迅速、非侵襲的に測定が可能で測定精度も高いが、MF-BIA 法では体組成を細胞内液量(ICF)、細胞外液量(ECF)、体蛋白量、体脂肪量、骨・ミネラル量の5つのセグメントに分析することが可能⁶⁾で、詳細な栄養評価の実施が可能である。

われわれは、新しい栄養評価としてMF-BIA 法により腹膜透析(PD)患者の解析を行いすでに報告してきた⁷⁾。長期透析患者の栄養学的問題点の一つとして栄養状態の低下があげられているが、このような現状において、経時的にPD患者のBC測定を行い変動を評価することは、透析患者の栄養評価と食事管理を検討するうえで重要と考えられる。そこで今回、PD患者の1年間でのBC変化について検討した。

方 法

対象は、社会復帰している外来維持透析PD患者35名(男性21名、女性14名)、糖尿病例4名、平均年齢51.3±10.9歳、透析歴32.6±27.1カ月である。対象者の総エネルギー指示量(食事+腹膜吸収量)は30.2±2.2 kcal/kg/day、蛋白質指示量は1.20±0.04 g/kg/dayである。臨床検査値はTable 1の通りである。

対象者にMF-BIA法(In Body 3, バイオスペース社)で体組成分析を試み、1年間のBC変化について検討した。BIA法は、身体に微弱電流を負荷することにより身体の電気抵抗を測定してBCを分析する方法である。その基本原理は、身体の導電性、すなわち電気抵抗が体内の水・脂肪・非脂肪成分の含有率によって異なることを利用している。測定項目は、ICF、ECF、体蛋白量、体脂肪量、骨・ミネラル量の5つのセグメントである。本法の測定精度・再現性を検討するため、健常者4名に対し、3日間で日時を変えて各17回反復測定を行った。また、健常者7名で、昼食前と直後に測定し、食事による変動を検討した。PD患者での測定は、透析液の排液を行い腹腔内を空の状態とし、食後3時間経過した時点で行った。統計処理はStudent's *t*-test, Paired's *t*-test, 多群間比較はFisher's PLSD検定を用いた。

結 果

MFR-BIA法による各セグメント測定値の coefficient

Table 1. Characteristics of the patients at baseline

| | | Males (n=21) | Females (n=14) |
|---------|---------|--------------|----------------|
| BUN | (mg/dl) | 64.0±15.8 | 61.6±13.9 |
| Cr | (mg/dl) | 13.8±3.2 | 11.2±2.3* |
| K | (mEq/l) | 4.2±1.0 | 4.3±0.6 |
| P | (mg/dl) | 6.2±1.3 | 5.9±1.1 |
| Ca | (mg/dl) | 8.8±0.9 | 9.0±0.9 |
| Alb | (g/dl) | 3.7±0.6 | 4.0±0.6 |
| TF | (mg/dl) | 195.7±35.5 | 205.2±33.7 |
| Ht | (%) | 30.6±4.9 | 32.5±3.5 |
| Hb | (g/dl) | 10.1±1.7 | 10.7±1.2 |
| T-Cho | (mg/dl) | 190.5±43.7 | 229.9±34.2** |
| TG | (mg/dl) | 172.9±78.3 | 257.1±169.8 |
| HDL-Cho | (mg/dl) | 39.0±14.3 | 47.7±17.3 |

* p<0.05, ** p<0.01

Table 2. Body composition analysis at baseline in patients with chronic renal failure on peritoneal dialysis

| | Males (n=21) | Females (n=14) | p value |
|--------------------------|--------------|----------------|---------|
| ICF (%) | 37.0±3.4 | 34.4±2.6 | p<0.05 |
| ECF (%) | 19.7±1.6 | 17.8±1.9 | p<0.01 |
| Body protein content (%) | 20.7±1.7 | 19.0±1.6 | p<0.01 |
| Fat content (%) | 18.1±6.6 | 24.4±6.2 | p<0.01 |
| Bone mineral content (%) | 4.5±0.4 | 4.5±0.4 | n. s. |

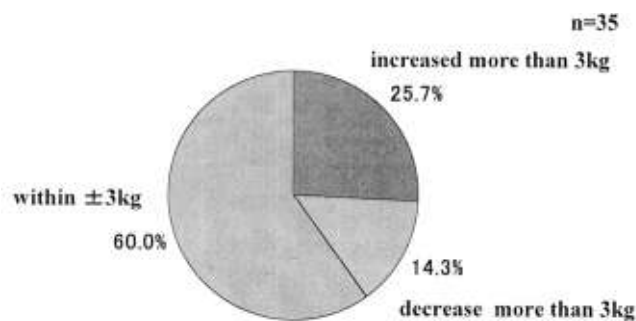


Fig. 1. Changes in body weight during the period of one year in patients with chronic failure on peritoneal dialysis

variation(CV)は、ICF 5.2±0.2%, ECF 1.0±0.2%, 体蛋白量 0.8±0.2%, 体脂肪量 2.5±1.2%, 骨・ミネラル量 1.0±0.3%であった。昼食前、直後でのBC各分画の変動はいずれも1%以下と極めて少なかった。

初回測定時のBC(%)はTable 2の通りで、ICF、ECF、体蛋白量は男性が女性に比較し有意(p<0.05, p<0.01,

Table 3. Changes in body composition segments in peritoneal dialysis patients whose body weight increased more than three kilograms (n=9)

| | At baseline (kg) | At one-year follow-up (kg) | p value |
|----------------------|------------------|----------------------------|---------|
| ICF | 20.3±4.3 | 21.1±4.5 | p=0.002 |
| ECF | 10.8±2.7 | 11.1±2.9 | n. s. |
| Body protein content | 11.3±2.5 | 11.7±2.6 | p=0.007 |
| Fat content | 12.5±4.3 | 16.3±5.4 | p=0.001 |
| Bone mineral content | 2.53±0.43 | 2.59±0.45 | p=0.005 |

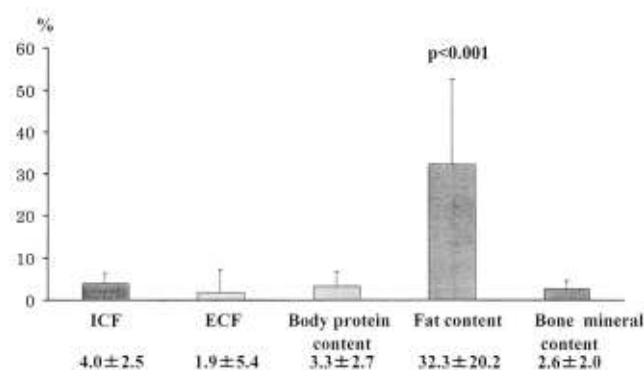


Fig. 2. Percent changes in body composition segments in peritoneal dialysis patients whose body weight increased more than three kilograms (n=9)

p<0.01)に高値であった。しかし、体脂肪量は女性が有意(p<0.001)に高値であったが、骨・ミネラル量は差を認めなかった。

1年間の体重変化量は、男性では平均0.4±4.1 kg(-8.4~+11.3 kg)、女性では平均1.4±3.0 kg(-3.7~+6.5 kg)であった。体重変化量が3 kg以上の増加者は9名(25.7%)、3 kg以上の減少者は5名(14.3%)、3 kg以内の変動者は21名(60.0%)であった(Fig. 1)。

体重変動理由は、3 kg以上の体重増加者では、食事摂取量の遵守により適正体重へと近づく体重増加56%(BMI平均18.8±1.0から20.5±1.2へ増加)、食事摂取量が遵守できず、さらに腹膜透析液濃度の変更により摂取エネルギー量の増加による体重増加44%(BMI平均24.2±1.8から26.5±2.3へ増加)であった。また、3 kg以上の体重減少者では、食事摂取量の遵守により適正体重へと近づく体重減少40%(BMI平均26.4±1.8から24.8±1.6へ減少)、摂取エネルギー量の減少による体重減少60%(BMI平均23.3±1.2から21.3±0.3へ減少)であった。

Table 4. Changes in body composition segments in peritoneal dialysis patients whose body weight decreased more than three kilograms (n=5)

| | At baseline (kg) | At one-year follow-up (kg) | p value |
|----------------------|------------------|----------------------------|---------|
| ICF | 20.9±2.3 | 19.5±2.4 | p=0.002 |
| ECF | 11.1±1.8 | 10.4±1.3 | n. s. |
| Body protein content | 11.6±1.5 | 10.8±1.3 | p=0.008 |
| Fat content | 15.5±5.7 | 13.7±4.5 | n. s. |
| Bone mineral content | 2.58±0.25 | 2.44±0.22 | p=0.011 |

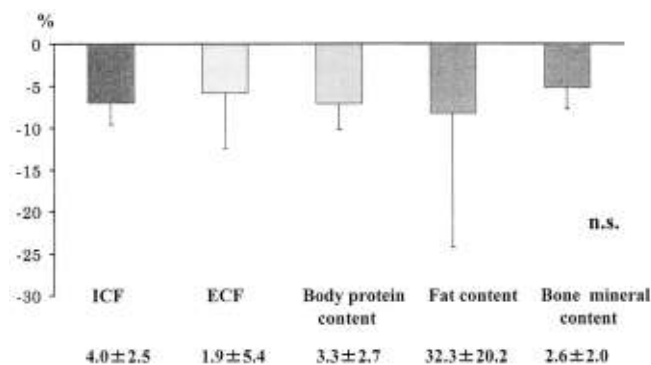


Fig. 3. Percent changes in body composition segments in peritoneal dialysis patients whose body weight decreased more than three kilograms (n=5)

3 kg以上の体重増加者における各セグメントの変動は、Table 3の通り、ICF、体蛋白量、体脂肪量、骨・ミネラル量は有意(p=0.002, p=0.007, p=0.001, p=0.005)に増加したが、ECFは有意差を認めなかった。各セグメントの変化率は体脂肪量が32.3±20.2%で他のセグメントに比較し有意(p<0.001)に大きかった(Fig. 2)。

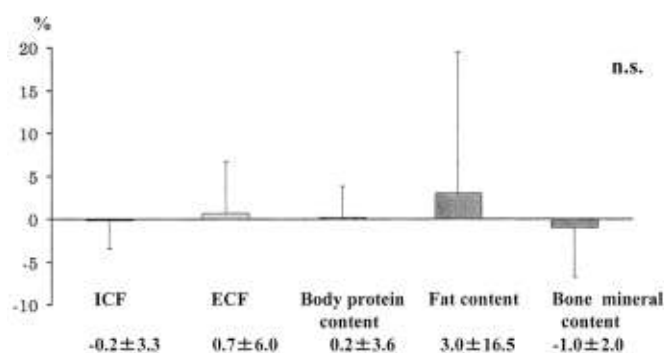
3 kg以上の体重減少者における各セグメントの変動は、Table 4の通りICF、体蛋白量、骨・ミネラル量は有意(p=0.002, p=0.008, p=0.011)に減少したが、ECF、体脂肪量は有意差を認めなかった。各セグメントの変化率は各セグメントに分散していた(Fig. 3)。

3 kg以内の体重不変者における各セグメントの変動はほとんど不変であり、セグメント間の有意差を認めなかった(Table 5, Fig. 4)。

観察開始時における食事指示量は、体重増加者1,400±304 kcal(23.4±2.7 kcal/kg)、体重減少者1,120±130 kcal(20.3±1.6 kcal/kg)、体重不変者1,448±214 kcal(24.7±2.1 kcal/kg)であった。また、PD処方方は体重増加者では

Table 5. Changes in body composition segments in peritoneal dialysis patients whose body weight remained stable within the changes of \pm three kilograms (n=21)

| | At baseline (kg) | At one-year follow-up (kg) | p value |
|----------------------|------------------|----------------------------|---------|
| ICF | 19.9 \pm 3.7 | 19.9 \pm 3.6 | n. s. |
| ECF | 10.4 \pm 1.9 | 10.4 \pm 1.9 | n. s. |
| Body protein content | 11.0 \pm 2.0 | 11.0 \pm 0.9 | n. s. |
| Fat content | 10.4 \pm 4.5 | 10.5 \pm 4.3 | n. s. |
| Bone mineral content | 2.50 \pm 0.33 | 2.47 \pm 0.33 | n. s. |

**Fig. 4. Percent changes in body composition segments in peritoneal dialysis patients whose body weight remained stable within the changes of \pm three kilograms (n=21)**

CAPD 8名(3回交換3名, 4回交換5名), CCPD 1名で、透析液からの glucose 1日吸収量は 112.5 \pm 34.4 g(450 \pm 138 kcal)であった。体重減少者では、CAPD 3名(3回交換1名, 4回交換2名), CCPD 2名で、透析液からの glucose 1日吸収量 100.5 \pm 22.2 g(402 \pm 89 kcal)であった。体重不変者では、CAPD 15名(2回交換1名, 3回交換8名, 4回

交換6名), CCPD 6名で、透析液からの glucose 1日吸収量 76.8 \pm 29.3 g(307 \pm 117 kcal)であった。食事指示+腹膜吸収の1日総エネルギー量は、体重増加者 31 \pm 2 kcal/kg, 体重減少者 28 \pm 2 kcal/kg, 体重不変者 30 \pm 2 kcal/kg で、体重増加者と体重減少者間に有意差(p<0.05)を認めた。

血清アルブミン、トランスフェリン濃度の初回、1年後の変化は体重変動により差は認めなかった(Table 6)。

考案

今回われわれが用いた BIA 法は、BC 解析法として近年盛んに用いられてきている¹⁻⁵⁾。BIA 法の測定再現性が非常に高いことはすでに Svendsen⁸⁾らによっても示されているが、今回われわれが使用した機種においても反復測定での CV 値は極めて小さく、再現性の優れた測定法と考えられた。また、他の BC 測定法との相関性について、今回の MF-BIA 法による測定値は D²O 法や NaBr 法、体内 K⁴⁰ 測定法、近赤外分光法、DEXA 法などによる測定値と高い相関関係を示すことが認められている^{9,10)}。また、同一個人 307 名を今回の MF-BIA 法と従来の DEXA 法で測定した結果¹¹⁾によると、MF-BIA 法による体蛋白量と DEXA 法による除脂肪体重(lean body mass)は相関係数 r=0.983 と極めて高い相関関係が認められている。また同様に、体液量は r=0.972, 体脂肪量は r=0.964, 骨・ミネラル量は r=0.908 と、MF-BIA 法と DEXA 法とは高い相関関係が認められている。さらに食前、直後での BC 各分画の変動が 1%以下と小さかったことにより、測定時間は早朝空腹時でなくても、今回のように食後 3 時間経過していれば測定誤差に与える影響は問題ないものと考えられた。

PD 患者では、摂取総エネルギー量が食事摂取と腹膜からのブドウ糖吸収に依存していることが、血液透析患者と

Table 6. Changes in serum albumin and transferrin concentrations in the three groups of peritoneal dialysis patients with different body weight changes

| | Body weight change | At baseline (mg/dl) | At one-year follow-up (mg/dl) | p value |
|-------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------|
| Albumin | Δ BW > 3 kg (n=9) | 4.0 \pm 0.6 | 3.7 \pm 0.4 | n. s. |
| | Δ BW < 3 kg (n=5) | 3.8 \pm 0.5 | 3.9 \pm 0.6 | n. s. |
| | Δ BW within \pm 3 kg (n=21) | 3.9 \pm 0.5 | 3.8 \pm 0.5 | n. s. |
| Transferrin | Δ BW > 3 kg (n=9) | 189.7 \pm 26.7 | 196.2 \pm 26.1 | n. s. |
| | Δ BW < 3 kg (n=5) | 199.5 \pm 36.2 | 196.0 \pm 35.3 | n. s. |
| | Δ BW within \pm 3 kg (n=21) | 217.6 \pm 39.1 | 220.0 \pm 50.0 | n. s. |

大きく異なる点である。このような PD 患者の経口的エネルギー摂取と、腹膜から吸収される非経口的エネルギー摂取による体重増加や体重減少が、BC にどのように影響を及ぼしているのか検討することは、栄養評価を行ううえで重要であると考えられる。また今回の検討では、対象者に DM が 4 例のため非 DM 例との比較は行わなかった。

1 年間における体重変動は、男性では 0.4 ± 4.1 kg、女性では 1.4 ± 3.0 kg であった。今回、体重変動量を 3 kg の増減で分類したが、これは各患者の体重増減率が約 5% に当たる量であったためである。3 kg 以上増加した者は 25.7%、3 kg 以上減少した者は 14.3% であり、4 割の患者が変動を認めていた。

その体重変動理由は、必ずしもマイナス面での因子による変動ではなく、痩せていた患者がエネルギー摂取により適正体重へ近づく場合や、逆に肥満傾向であった患者がエネルギーコントロールにより適正体重へ近づくための体重減少が約半数を占めた。

このような場合での BC 変化であるが、体重増加者では ECF 以外の各セグメントが 1 年間で有意に増加していた。しかし、その変化率では、体脂肪量が $32.3 \pm 20.2\%$ と他のセグメントに比較し有意に大きく、PD 患者の場合、体重増加は体脂肪量に依存することが明らかとなった。標準体重に満たない患者が体重増加を認めることは好ましいことであるが、われわれの検討⁷⁾では PD 患者(男性糖尿病例)は、体蛋白量や骨・ミネラル量が健常者に比較し有意に低値であることを認めている。したがって、体重の増加が体脂肪量の増加のみに依存するのではなく、体蛋白量や骨・ミネラル量で増加できるならば、栄養状態の改善にも有用なことと思われる。また、長期血液透析患者を年齢、性別、体重を一致させた健常者とで全身 CT スキャンによる筋肉、脂肪量を測定すると、透析患者では筋肉量が低下し逆に体脂肪量が増加しているという報告¹²⁾もある。このように透析患者が体脂肪量により体重が増加することは、脂質代謝や糖代謝にも影響を及ぼすと考えられ、一定の体脂肪量を保ったうえで体蛋白量が低下しないような方法を今後検討する必要があると思われる。

一方、体重減少者では ECF、体脂肪以外の各セグメントが 1 年間で有意に減少した。肥満傾向にある患者が適正体重へと近づく体重減少は問題ないが、その減少したセグメントが体蛋白量、骨・ミネラル量、ICF に依存していることは栄養状態の低下に繋がりがかねないので注意すべき点と考えられる。過体重者では、体脂肪量を減少させ体重コントロールをすることが理想であるが、これには運動療法

の必要性が考えられる。一般人ではジョギング、ウォーキング、サイクリングなどの有酸素運動により体重減少を認め、体脂肪と体脂肪率は減少し除脂肪体重はわずかながら増加傾向を示すという報告¹³⁾もある。さらに、Pollock ら¹⁴⁾は、全身持久力の向上には週 2 回の頻度でもよいが、身体構成への望ましい効果を得るためには週 3 回以上必要としている。したがって、PD 患者においても運動強度としてはさほど高くない全身運動を継続的に実施することは、体脂肪量のコントロールには意味のあることではないかと思われる。

今回われわれは、1 年間の BC の変動を、前・後各 1 回、合計 2 時点での測定にて検討した。経時的変動を観察するにはより多くの時点での測定を行うことが好ましいが、今回の 2 時点での測定結果からでも、体重増加者、減少者、不変者における BC 変化の傾向は理解可能と考えられた。また、このような BC 変化が、PD 患者に特異的なのか否かについては不明であり、健常者や血液透析患者で同様の検討を行い比較する必要がある。

体重変動により、血清アルブミン濃度、トランスフェリン濃度は変動を認めなかった。体重減少者では体蛋白量の減少を認めたが、このことが血清蛋白濃度にすぐに影響を及ぼすものではないと考えられた。そして、これは栄養評価を行う場合、一つのパラメーターだけではなく総合的に評価することの重要性を示唆するものと思われた。

結 論

PD 患者の BC 変化は、体重増加者では ICF、体蛋白量、体脂肪量、骨・ミネラル量が有意に増加し、その変化率は体脂肪量の増加が他のセグメントに比較し有意に多かった。また、体重減少者では ICF、体蛋白量、骨・ミネラル量が有意に減少し、その変化率は各セグメントに分散することが示唆された。

文 献

1. Steven BH, Zimian W, Marjolein V, Dymna G, et al. Techniques used in the measurement of body composition : an overview with emphasis on bioelectrical impedance. Am J Clin Nutr 1996 ; 64 : s478-84.
2. Robert FK, Peter MJMV, Rani G. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of patients undergoing dialysis. Am J Clin Nutr 1996 ; 64 ; s503-9.
3. Lawrence AL. Diabetes Control and Complication Trial

- Research Group. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in patients with diabetes. *Am J Clin Nutr* 1996 ; 64 : s515-8.
4. Henry C, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat free mass using bioelectrical impedance measurements of human body. *Am J Clin Nutr* 1985 ; 41 : 810-7.
 5. 山東勤弥. 栄養アセスメントの手法, 体組成の評価. ビジュアル栄養百科第2巻, 東京: 小学館, 1996 : 40-61.
 6. Kichul C, Tak E, Cheongmin S, Douglas W. A new method for measuring body composition using segmental bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 1997 ; 81 : 1-7.
 7. 金澤良枝, 中尾俊之, 松本 博, 岡田知也, 日高宏実, 吉野麻紀, 篠 朱美, 長岡由女: 腹膜透析患者の体組成分析—多周波 Bioelectrical Impedance Analysis による検討—. *腹膜透析* 2000 ; 2000 : 182-6.
 8. Svendsen OL. Measurement of body fat in elderly subjects by dual energy X-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and anthropometry. *Am J Clin Nutr* 1991 ; 53 : 1117-23.
 9. Pupim LB, Kent P, Lkizler TA. Bioelectrical analysis in dialysis patients. *Miner Electrolyte Metab* 1999 ; 25 : 400-6.
 10. Lo WK, Prowant BF, Moore HL, Gamboa SB, Nolph KD, Flynn MA, Londeree BL, Keshaviah P, Emerson P. Comparison of lean body mass in normal individuals and in chronic peritoneal dialysis patients. *Am J Kidney Dis* 1994 ; 23 : 74-85.
 11. Cha K, Shin S, Shon C, Choi S, Wilmore DW. Evaluation of segmental bioelectrical impedance analysis (SBIA) for measuring muscle distribution (投稿中)
 12. Horber FF, Fürcher RM, Herren H, Crivelli MA, Robotti G, Frey FG. Altered body fat distribution in patients with glucocorticoid treatment and in patients on long-term dialysis. *Am J Clin Nutr* 1986 ; 43 : 758-69.
 13. 北川 薫: 運動が身体組成に与える効果. *体育の科学* 1985 ; 35 : 772-5.
 14. Pollock ML, Miller HS, Linnerud AC, Cooper KH. Frequency of training as a determinant for improvement in cardiovascular function and body composition of middle-aged men. *Arch Phys Med Rehabil* 1975 ; 56 : 141-5.