

# 近赤外線法と水中体重法による体脂肪率の比較

浦田 秀子<sup>1</sup> 大塚 健作<sup>1</sup> 西山久美子<sup>1</sup> 勝野久美子<sup>1</sup>  
福山由美子<sup>1</sup> 田原 靖昭<sup>2</sup> 綱分 憲明<sup>3</sup>

**要旨** 近赤外線法 (BFT-2000) による体脂肪測定器の有用性を検討するため、167 名を対象に密度法である水中体重法と比較検討した。水中体重法と BFT-2000 による体脂肪率の相関係数は 0.888 と有意な正の相関があったが、測定値の平均値は BFT-2000 による場合が有意に高く、両法による測定値が一致するとは限らなかった。BFT-2000 による測定値は水中体重法による体脂肪率が 30% 以下の群では高目に、30% 以上では低目になり、両者による測定値の差 (近赤外線法 - 水中体重法) と水中体重法による体脂肪率との間には負の相関があった。

BFT-3000 と水中体重法による測定値の間には相関係数は 0.868 で正の相関があり、BFT-2000 より水中体重法に近い値であった。

長大医短紀要 5 : 15-22, 1991

**Key words :** 近赤外線法 FITNESS ANALYZER  
水中体重法 体脂肪率

## I. はじめに

体脂肪量を測定する方法には従来より体密度法 (水中体重法)<sup>1)2)3)</sup>、体水分法<sup>1)4)</sup>、カリウム法<sup>1)5)</sup>、皮下脂肪厚から算出する方法<sup>1)6)7)8)</sup>などがある。しかし、これらの方法はいずれも簡便性や実用性あるいは経済性などにおいて臨床や集団検診などに応用される機会は少なく、したがって肥満は多くの場合、身長・体重をもとに算出される方法<sup>9)10)11)12)13)</sup>によって判定されているのが実状である。しかし、肥満の定義から考えると肥満の判定には体脂肪量の測定が不可欠であり、実用性のある測定機器の開発が望まれていた。

最近、その要望に応じて近赤外線法による体脂肪測定器が開発され<sup>14)</sup>、その簡便性や被検者の負担が少ないなどの点から、臨床応用の可能性があるものとして関心もたれている。そこで、水中体重法と近赤外線法から得られた体脂肪率の測定値を比較分析し、近赤外線法による体脂肪測定器の有用性を検討した。

## II. 対象および方法

対象者は男性 65 名、女性 102 名の計 167 名で、そのうち運動選手が 98 名、非運動選手は 69 名であった。水中体重の測定は、長崎大学教養部保健体育実験室において、中に

1 長崎大学医療技術短期大学部看護学科

2 長崎大学教養部

3 長崎県立女子短期大学

ブランコ様の台座がついたステンレス製タンク（内径 120 cm，深さ 160 cm）を使用した。肺残気量の測定は閉鎖式 He 希釈法を用い、タンク外で測定した。被検者は深呼吸後の最大呼息後、静かに水中の台座に全身が沈むように座り、記録器のペンが安定した最大の重さを水中体重とした。測定は数回実施し、最大値を採用した。この測定値より下記に示す式から身体密度を算出し、さらに Brožek らの式<sup>2)</sup>に代入して体脂肪率を求めた。

$$\text{身体密度} = \frac{\text{空気中体重 (kg)}}{\frac{\text{空気中体重 (kg)} - \text{水中体重 (kg)}}{\text{測定時の水温の密度}} - \text{肺残気量(1)}}$$

$$\text{体脂肪率} = \left( \frac{4.570}{\text{身体密度}} - 4.142 \right) \times 100$$

近赤外線法による測定はケット科学研究所製 FITNESS ANALYZER BFT-2000 を使用し、一部の者（69 名）には新機種 BFT-3000 による測定も行ない比較検討した。FITNESS ANALYZER は両機種とも入力装置やプリンターなどが組み込まれている本体と、測定器ならびに遮光帯からなっており、性別・身長・体重・体格（米国メトロポリタン保険会社の体格表により、SMALL, MEDIUM, LARGE に分類）、運動レベル（LIGHT, MODERATE, HEAVY の 3 段階に分類）を入力し測定する。測定は遮光帯で覆ったプローブを被検者の利き腕の上腕部の力こぶの頂点に垂直に軽く押し当て 2 波長の赤外線を用いて行なう。運動レベルのめやすは、LIGHT：健康で特別運動はしていない人、MODERATE：健康で週 1～2 回の運動をしている人、HEAVY：健康で毎日運動するように心がけている人となっており、今回は運動選手の場合は HEAVY（以下 H）、非運動選手はすべて MODERATE（以下 M）とした。なお大部分の被検者に対して 3 段階の運動レベルについて測定し、入力する運動レベルのちがいに

よる測定値の変化についても検討した。

### III. 結 果

#### 1. 対象者の年齢・身長・体重および体脂肪率の測定値

全対象者の年齢・身長・体重および水中体重法と BFT-2000 による体脂肪率の測定値の男女別平均値（M±SD）を表 1 に示した。対象者は中学生から成人までにわたり、平均年齢は男性 18.8±6.0 歳，女性 23.6±10.1 歳，身長は男性 169.9±4.6 cm，女性は 159.5±6.1 cm，体重は男性 62.4±6.6 kg で，女性 55.1±7.4 kg であった。水中体重法ならびに BFT-2000 による体脂肪率の測定値は，それぞれ男性で 9.6±5.2% と 12.9±4.3%，女性では 22.3±6.3% と 26.1±3.8% で，男女とも BFT-2000 による測定値が水中体重法より有意に高かった（P<0.01）。

#### 2. 水中体重法と BFT-2000 による体脂肪率測定値の相関

全対象者における水中体重法と BFT-2000 による体脂肪率の測定値の間には，図 1 に示すように r=0.888 と高い正の相関関係が得

表 1 対象者の年齢，身長，体重および水中体重法と近赤外線法による体脂肪率の測定値

		男 性 N=65	女 性 N=102
年 齢 (歳)		18.8±6.0 (13~45)	23.6±10.1 (13~57)
身 長 (cm)		169.9±4.6 (158.7~180.7)	159.5±6.1 (147.6~175.4)
体 重 (kg)		62.4±6.6 (43.7~79.3)	55.1±7.4 (39.9~80.8)
体 脂 肪 率 (%)	水中体重法	9.6±5.2 (1.4~30.8)	22.3±6.3 (9.9~36.9)
	近赤外線法 (BFT-2000)	12.9±4.3 (4.7~25.2)	26.1±3.8 (17.1~34.2)

(Mean±SD)、( )は範囲

られた ( $P < 0.01$ ). さらに図2に示すように男女別にみても、男性では  $r = 0.710$ , 女性では  $r = 0.785$  といずれも有意な正の相関関係が認められた ( $P < 0.01$ ). このように両法による測定値は高い相関関係にあったが、個々の例でみても、両法による測定値の間にはかなり大きな差がみられる場合があり、必ずしも両法による測定値が近似値を示すとはいえなかった。

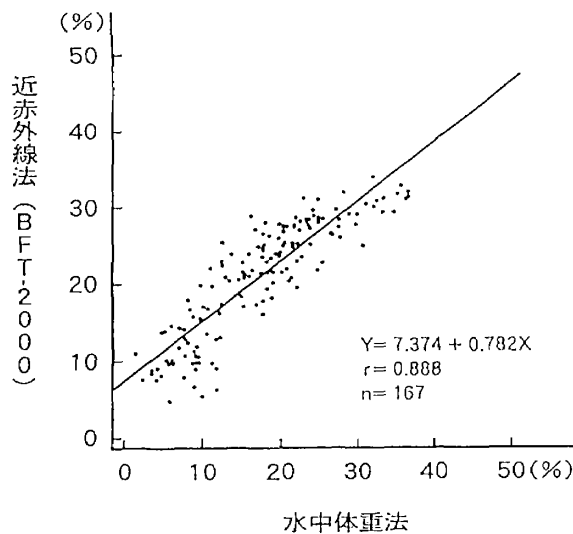
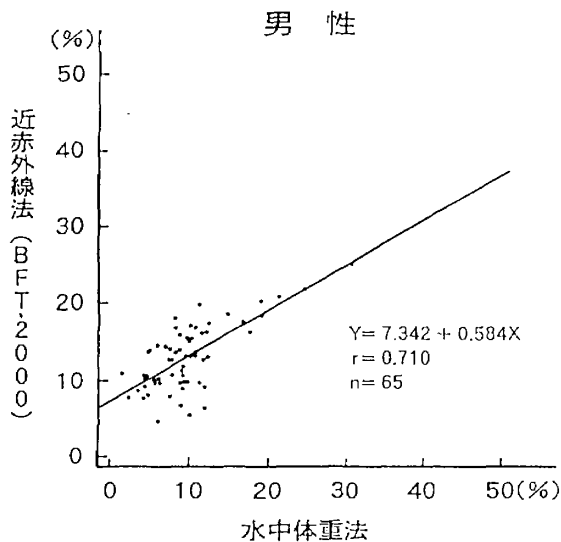


図1 水中体重法と近赤外線法 (BFT-2000) より測定した体脂肪率の相関



### 3. 水中体重法とBFT-2000による体脂肪率測定値の差の検討

水中体重法とBFT-2000による測定値に差が生じる場合、何らかの傾向があるか否かをみる目的で、次のような検討を行なった。図3は水中体重法による体脂肪率を横軸に、縦軸に両法の差 (BFT-2000による測定値-水中体重法による測定値) をとり、両者の関係を図示したものである。すなわち差が (+) であればBFT-2000の測定値が高いことをあらわしている。図3から明らかなように、水中体重法による体脂肪率が30%以上になるとBFT-2000の測定値は低目になり、水中体重法による体脂肪率が30%以下ではBFT-2000の値は高目になる傾向があり、両者の差と水中体重法による体脂肪率との間には  $r = -0.474$  の有意な負の相関が得られた ( $P < 0.01$ ).

### 4. BFT-2000とBFT-3000の比較

次にFITNESS ANALYZER BFT-2000とBFT-3000の両機種について比較検討した。両機種の同時測定を行った対象者は69名であった。図4に示すように、水中体重法とBFT-3000による測定値の相関係数は0.868

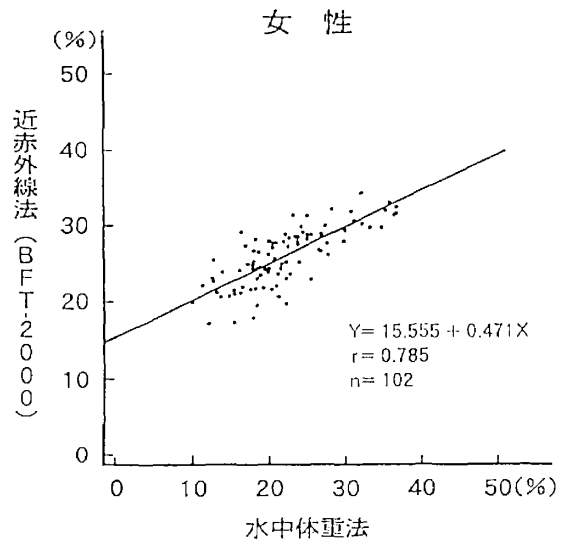


図2 水中体重法と近赤外線法 (BFT-2000) より測定した体脂肪率の相関

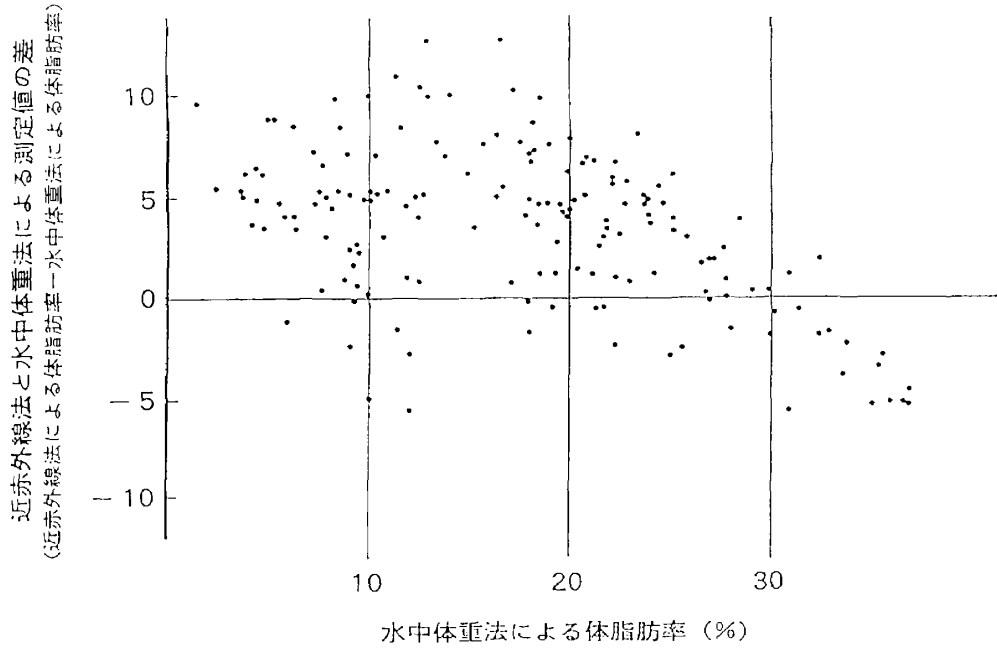


図3 水中体重法と近赤外線法 (BFT-2000) より測定した体脂肪率の関係

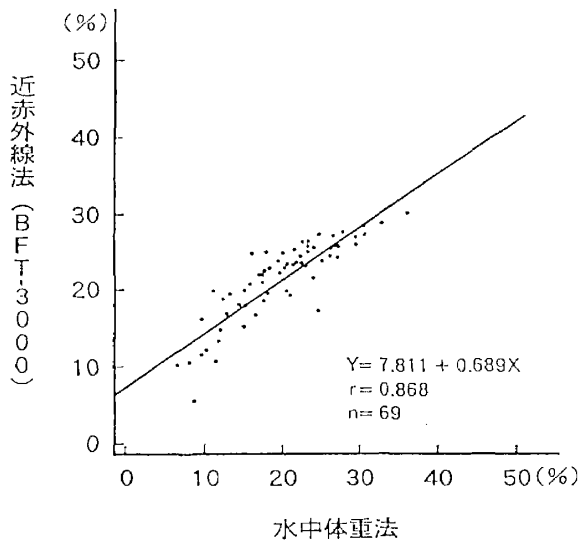


図4 水中体重法と近赤外線法 (BFT-3000) より測定した体脂肪率の相関

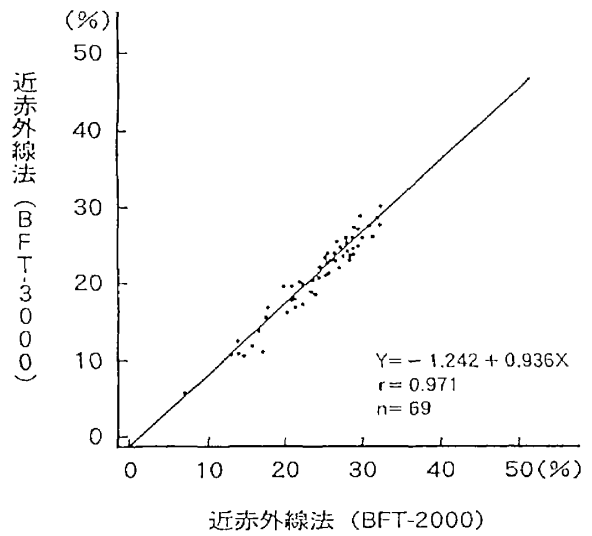


図5 近赤外線法 BFT-2000 と BFT-3000 により測定した体脂肪率の相関

で、BFT-2000 と水中体重法との関係とほぼ同程度の正の相関があり ( $P < 0.01$ ), また図5に示すように BFT-2000 と BFT-3000 との間にも  $r = 0.971$  と高い正の相関が得られた ( $P < 0.01$ ). しかし、表2に示すように体脂肪率測定値の平均は水中体重法による測定値  $20.2 \pm 6.6\%$  に対し、BFT-2000 では  $24.5 \pm 5.4\%$ , BFT-3000 の場合は  $21.7 \pm 5.2\%$  であり、

BFT-3000 と水中体重法による測定値の平均値の間には差はなかったが、BFT-2000 と水中体重法の間には有意差があった。

#### 5. FITNESS ANALYZER に入力する運動レベルについての検討

最後に、FITNESS ANALYZER による測定に際して、個人情報として入力しなければ

近赤外線法と水中体重法による体脂肪率の比較

表2 水中体重法, BFT-2000, BFT-3000 による体脂肪率の測定値の比較

N=69	
	体脂肪率 (%)
水中体重法	20.2 ± 6.6
近赤外線法 BFT-2000	24.5 ± 5.4
BFT-3000	21.7 ± 5.2

(Mean ± SD) \*\*P < 0.01  
ns: not significant

表3 水中体重法と BFT-2000 における3種の運動レベルで測定した体脂肪率の測定値との関係

体脂肪率 (%)	運動選手		非運動選手	
	男性 N=62	女性 N=36	男性 N=3	女性 N=66
水中体重法	8.9 ± 4.2	18.4 ± 3.2	23.0 ± 6.8	24.4 ± 6.6
近赤外線法	LIGHT	17.8 ± 3.8	24.0 ± 3.9	30.3 ± 3.2
	MODERATE	15.1 ± 3.8	21.4 ± 3.5	27.8 ± 3.3
	HEAVY	12.5 ± 3.9	22.9 ± 2.2	18.9 ± 3.2

(Mean ± SD)

運動レベルLIGHT:健康で特別運動はしていない人  
運動レベルMODERATE:健康で週1~2回の運動をしている人  
運動レベルHEAVY:健康で毎日運動するように心がけている人

ならない運動レベル (L, M, H) の違いによる測定値の差について検討した。表3は運動選手, 非運動選手の如何にかかわらず, BFT-2000 を用い3種の運動レベルで測定した平均値を, 運動選手と非運動選手に分けて示したものである。3種の運動レベルによる測定値はLの場合が最も高く, Hを入力した場合が最も低く算出された。まず運動選手についてみると, 男性では水中体重法による測定値が8.9 ± 4.2%であるのに対して, BFT-2000 による測定値は運動レベルL: 17.8 ± 3.8%, M: 15.1 ± 3.8%, H: 12.5 ± 3.9%であり, 一方女性では水中体重法 18.4 ± 3.2%に対して, BFT-2000 による測定値はそれぞれ 28.2 ± 2.4%, 25.4 ± 2.2%, 22.9 ± 2.2%であった。運動選手では男女とも運動レベルHの場合が最も水中体重法に近い値であるが, それでも BFT-2000 の測定値は高目に出る傾向があった。また, 非運動選手については男性の場合, 水中体重法 23.0 ± 6.8%に対し, BFT-2000 ではL: 24.0 ± 3.9%, M: 21.4 ± 3.5%, H: 18.9 ± 3.2%となり, 女性で水中体重法 24.4 ± 6.6%に対して, BFT-2000 のL: 30.3 ± 3.2%, M: 27.8 ± 3.3%, H: 25.0 ± 3.4%であった。男性は例数が少ないのでこの結果からはひとつの傾向を推測できるとはいえないが, 女性に関しては非運動選手でも運動レベルMにすると水中体重法より高目で

あり, むしろHを入力した方が水中体重法の値に近かった。

表4は水中体重法と同時に BFT-2000 と BFT-3000 の両機種による測定を行った結果である。水中体重法による測定値の平均は 20.6 ± 6.6%であった。近赤外線法は運動選手, 非運動選手にかかわらず, L, M, Hで入力した測定値である。いずれの場合も水中体重法の測定値と r = 0.8 前後の相関が得られている。しかし, BFT-2000, BFT-3000 ともに測定値はLが最も高く, Hが低値で水中体重法による測定値との比較では, 両機種

表4 水中体重法と FITNESS ANALYZER における3種の運動レベルで測定した体脂肪率の測定値との関係 N=69

体 脂 肪 率 (%)		相関係数	
水中体重法	近 赤 外 線 法		
20.2 ± 6.6	BFT-3000 (L)	25.8 ± 4.2	0.845**
	BFT-3000 (M)	22.7 ± 4.3	0.849**
	BFT-3000 (H)	19.9 ± 4.4	0.847**
	BFT-2000 (L)	28.1 ± 4.5	0.799**
	BFT-2000 (M)	25.5 ± 4.6	0.810**
	BFT-2000 (H)	22.7 ± 4.5	0.817**

(Mean ± SD) \*\*P < 0.01

ともにHが近似値であった。

#### IV. 考 察

肥満の判定には体脂肪量の測定が不可欠とされながらも、その測定には装置が高価であったり、複雑な手順を必要とすることや、被検者にある程度の負担を強いることなどの点から臨床やフィールドワークに応用しがたい難点があった。Conway<sup>10)</sup>らによって近赤外線法による体脂肪の測定が導入され、最近わが国において日本人に適した FITNESS ANALYZER BFT-2000 が開発された。近赤外線法の測定の原理は有機物質の種類によってその吸収される光の波長が異なるということから、特定波長域を利用して物質の成分を間接的に分析しようとするものである。

近赤外線法による測定は測定部位が上腕部の1カ所であり、被検者が脱衣等特に準備する必要はなく、測定時間も極めて短くて済み、被検者の負担が少ない。測定後体脂肪率がDISPLAYに表示されるので結果をすぐに行うことができる。また、機器の本体は55×120×250 mm、重さ0.9 kgの小型で携帯ができ、しかもプローブに遮光帯をセットすれば直射日光が当たらないような場所であればどこでも測定可能であり、フィールド用に適していることなどの利点がある。

現在のところ生体の体脂肪量を直接測定する方法はなく、いずれも間接的な方法である。しかしながら、標準的な測定法のひとつとして水中体重法が用いられており、新しく開発された測定機器について水中体重法と比較することは妥当な方法といえる。

まず、水中体重法と近赤外線法による測定値間にはBFT-2000で $r=0.888$ 、BFT-3000でも $r=0.868$ と両機種ともに高い正の相関が得られ、沢井ら<sup>10)</sup>も同じような結果を報告している。しかし、水中体重法とBFT-2000による測定値の平均値の間には有意の差があり、一方が2倍以上の値となることもあった。

特に水中体重法による体脂肪率が低い群ではその差は大きく、場合によっては両法の測定結果を同等の値として取り扱うことはむづかしいと思われる。

また、BFT-3000はBFT-2000に比し低目に算出されるが、それでも水中体重法による測定値より高目の値であった。ただし、両機種を比較するとBFT-3000のほうが水中体重法の測定値により近い値であった。さらに、入力操作をはじめ一般的にBFT-2000より使いやすく、それらを総合するとBFT-3000はより改良された機種といえる。

次に運動レベルの設定について、今回は対象者の運動レベルを運動選手はH、非運動選手はMとした場合の測定値をその人の体脂肪率とした。しかし、非運動選手を一律にMとするのが妥当かどうかは検討の余地がある。運動レベルのめやすからしても非運動選手の中にはLまたはHとすべきものが含まれている可能性もあり、またレベルの判定が困難な場合はMを入力するようにすすめられている点にも問題がある。いずれにせよ運動レベルの種類によって体脂肪率の測定値がおよそ2~3%づつ異なることを考えると、レベル設定の影響はかなり大きいと思われる。

以上、近赤外線法による体脂肪測定器について水中体重法による測定値と比較検討した結果、両者の相関は良好であったが、いくつかの問題点も指摘された。特に両法による測定値に大きな差を生じる場合があることは、今後さらに検討すべき課題であろう。しかしながら、新機種BFT-3000はいくつかの改良が加えられており、FITNESS ANALYZERは簡便性・携帯性・被検者に対する負担の少なさなどを考慮すると、臨床やフィールドワークにおける体脂肪率の推定に有用な方法のひとつと思われる。

本論文の要旨は第29回日本糖尿病学会九州地方会において報告した。

文 献

- 1) 小宮秀一, 佐藤方彦, 安河内朗: 体組成の科学, 朝倉書店, 東京, 1988, pp21-46.
- 2) Brožek J., Grande F., Anderson J. T., Keys A.: Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci. 1963, 110: 113-140.
- 3) 北川薫: 密度法による体脂肪量の測定. 保健の科学, 1989, 31: 433-437.
- 4) 小宮秀一, 千綿俊機: 体組成の変化量を推定するための皮脂厚法と体水分法との比較. 体力科学, 1986, 35: 39-46.
- 5) 草間朋子: Human Counter による体内脂肪量の測定方法. 保健の科学, 1989, 31: 444-447.
- 6) 長嶺晋吉: 皮下脂肪厚からの肥満判定, 日本医師会雑誌, 1972, 9: 919-924.
- 7) 石田良恵, 角田直也, 金久博昭, 福永哲夫: 超音波皮脂厚計の検討. 体力科学, 1985, 34: 91-97.
- 8) 西岡伸紀: 皮下脂肪厚の測定について—  
キャリパーによる測定中心に—, 体育の科学, 1984, 34: 535-538.
- 9) 片岡邦三, 柳川達生: 標準体重の考え方と肥満の定義. 日本臨床, 1988, 46: 2349-2355.
- 10) 加藤光二, 綿谷一知: 日本人標準体重とその簡易計算式について. 糖尿病, 1978, 21: 151-158.
- 11) 北川薫: ローレル指数の検討. 体育学研究, 1974, 19: 41-45.
- 12) 塚本宏: 厚生省「肥満とやせの判定表」について. 日本臨床, 1988, 46: 217-226.
- 13) 箕輪真一, 小川正行: 標準体重と肥満. 公衆衛生, 1985, 49: 428-434.
- 14) Conway J. M, Norris K. H, Bodwell C. E.: A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance. Am. J. Clin. Nutr. 1984, 40: 1123-1130.
- 15) 沢井史穂, 白山正人, 武藤芳照, 宮下充正: 近赤外線法による体脂肪測定. 体力科学, 1990, 39: 155-163.

(1991年12月28日受理)

# COMPARISON BETWEEN FITNESS ANALYZER AND THE UNDERWATER WEIGHING METHOD FOR ESTIMATION OF BODY COMPOSITION

Hideko URATA<sup>1</sup>, Kensaku OTSUKA<sup>1</sup>, Kumiko NISHIYAMA<sup>1</sup>  
Kumiko KATSUNO<sup>1</sup>, Yumiko FUKUYAMA<sup>1</sup>, Yasuaki TAHARA<sup>2</sup>  
and Noriaki TSUNAWAKE<sup>3</sup>

1 Department of Nursing, The School of Allied Medical Sciences,  
Nagasaki University

2 Department of Health and Physical Education, Faculty of  
Liberal Arts, Nagasaki University

3 Nagasaki Prefectural Women's Junior College

**Abstract** The reliability of Fitness Analyzer BFT-2000, an instrument for estimation of body composition in human, was tested by comparing with the method of underwater weighing (UWW). For all 167 subjects, correlation coefficient of the values for %Fat estimated from the both methods was 0.888. However, the mean values for %FAT obtained from BFT-2000 and UWW were  $21.0 \pm 7.6\%$  and  $17.4 \pm 8.6\%$  respectively, and the former was significantly higher than the later ( $p < 0.01$ ). By further analysis of the individual data, BFT-2000 had a tendency to overestimate as long as the values for %Fat from UWW is less than 30%, but to underestimate when the values from UWW is over 30%.

BFT-3000, a new model of Fitness Analyzer was also tested. Correlation coefficients between values for %Fat estimated from BFT-3000, BFT-2000 and UWW were high (0.830~0.971). As compared with BFT-2000, the values from BFT-3000 were more close to the values from UWW.

Bull. Sch. Allied. Sci., Nagasaki Univ. 5 : 15-22, 1991