【資 料】

若年女性における体肢プロポーションと筋量との関係

佐藤 広徳¹⁾ 三浦 朗²⁾ 坂井 学¹⁾
高本 登¹⁾ 佐藤 陽彦³⁾ 福場 良之²⁾

RELATIONSHIP BETWEEN MUSCLE PROPORTION AND QUANTITY OF
EXTREMITIES IN YOUNG JAPANESE WOMEN

HIRONORI SATO, AKIRA MIURA, MANABU SAKAI, NOBORU TAKAMOTO,
HARUHIKO SATO and YOSHIYUKI FUKUBA

Abstract

Recently, a long-term health concern has been identified in young Japanese women. These women have a high percentage of body fat despite a normal shape index indicator such as BMI. This condition is called marked obesity, and shows relative low lean body mass. Using an analogous determination, we investigated low percentage of muscle quantity (LM) in the extremities of young Japanese women ($n=156$). The cross-sectional areas of muscle, subcutaneous fat, and bone were measured in the upper arm and thigh using ultrasonography. Extremity shape index (CSA_t/L) was defined as the total extremity cross-sectional area (CSA_t) divided by the length of the limb (L). Percent muscle in each extremity (% MA) was calculated from the ratio of muscle CSA to whole limb CSA. LM was defined as the percentage of muscle in the upper arm or thigh less than 1 SD below average and the limb shape index less than 1 SD above average. Nine of 91 subjects displayed LM for the upper arm. A similar proportion of subjects showed LM for the thigh (15/156). The muscle mass and strength in the upper arm or thigh were compared between the subjects with LM and non-LM subjects with a similar shape index of extremity. There was a tendency towards lower muscle mass and muscle strength in the subjects with LM. From the same comparison, the subjects with LM showed a greater load on extremity muscles to sustain the body weight (i.e., body weight per unit of upper arm or thigh muscle CSA). To mitigate the deleterious health consequences of low percent muscle quantity it is recommended that young Japanese women who display such a condition should participate in a resistance-training program.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2003, 52 : 207~218)

key word : young women, extremity, low percent muscle

1. 緒 言

本邦は、現在まさに飽食時代であり、加えて都市化や交通機関の急速な発達、日常生活の利便化など、我々を取り巻く生活環境の変化が人々の日常身体活動量の減少をもたらした^{1,2)}、それらの影

響を受け中高年者のみならず子どもをも含めたさまざまな年齢層において肥満が増加している^{1,3,4)}。そのような中で20歳前後の若い女性のみが、肥瘦度指標の一つであるBMIに低下傾向がみられるといわれており⁵⁾、若い女性におけるこのような現象は美容上の理由などから生じる強い痩身

¹⁾ 広島工業大学
〒731-5193 広島市佐伯区三宅2-1-1

Hiroshima Institute of Technology

²⁾ 県立広島女子大学
〒734-8558 広島市南区宇品東1-1-71

Hiroshima Prefectural Women's University

³⁾ 九州芸術工科大学
〒815-0032 福岡市南区塩原4-9-1

Kyushu Institute of Design

願望が主な原因であると考えられている^{6,7)}。ところが、最近、外見的な体格は標準的かあるいはそれ以下にもかかわらず、体脂肪率の高い者が存在するという指摘があり、このような状態にあることを「隠れ肥満」と呼び、いくつかの研究によってその存在が明らかになってきた⁸⁻¹¹⁾。隠れ肥満は心臓病や糖尿病など、いわゆる生活習慣病の発症リスクと関係があると報告され^{8,9)}問題視されている。しかし、隠れ肥満は一方では除脂肪量の相対的な低下状態^{8,10)}を意味するので、活性組織の主要な部分である骨格筋の構造と機能にも悪影響を及ぼすといった問題点も予想される。

隠れ肥満に関する研究⁸⁻¹¹⁾では、体格の評価指標には標準体重、BMI あるいはローレル指数、体脂肪量の評価指標には体脂肪率を用い、その両者の関係から隠れ肥満者が定義づけられている。したがって、これらの研究は全身性の隠れ肥満を検討したものといえる。若い女性が抱く瘦身願望は、なかでも体肢に対してその欲求が高いと思われるが、我々の知る限り体肢の隠れ肥満といったような局所的な隠れ肥満を取り扱った例はこれまでに見受けられない。すなわち、見かけ上はほっそりとした腕や脚であっても、その中に占める皮下脂肪の割合が多い状態にあれば、これは体肢に存在する隠れ肥満としてとらえることができる。

そこで、本研究では本邦の一般的な若い成人女性を対象に、これまでの隠れ肥満に関する研究の考え方にに基づき、大腿部および上腕部の形状と組成との関係を明らかにし、主にその相対的筋量について検討することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

A. 対象者および生体計測

被検者は、日常生活において定期的なトレーニングを行っていない、年齢18~23歳の女性156名であった。体肢の形状(以下、体肢のプロポーシオン)評価を行うため、および形態的特徴を把握するために、マルチン式生体計測法¹²⁾に基づき、身長、肩峰高、肘関節高、上腕最大囲、転子高、膝関節高、大腿最大囲、ならびに体重を測定し、得られた測定値より上腕長、大腿長および BMI

を求めた。なお、上腕長は肩峰高から肘関節高を、大腿長は転子高から膝関節高をそれぞれ差し引いた垂直距離とした。さらにインピーダンス法による体脂肪計(タニタ製 TBF-511)を用いた体脂肪率を測定し、除脂肪体重(LBM)および除脂肪体重比率(%LBM)も算出した。

B. 上腕部ならびに大腿部における超音波横断面画像の撮影および各構成組織横断面積の測定

上腕部および大腿部横断面画像の撮影には、我々が開発した超音波体肢横断面画像撮影システム¹³⁾を用いた。このシステムは市販の超音波診断装置(誠鋼社製 SM-206)を組み込んだもので、超音波の周波数は 3.5 MHz であった。市販の超音波診断装置は、1 回の撮影では撮影対象部位の限られた範囲の画像しか得ることができず、全体像をとらえることができない。本研究で用いた機種も 1 回の撮影では、縦 9 cm、横 7 cm の長方形の画像しか撮影できない。そこで、同一平面上で探触子(プローブ)を回転操作することができる水槽を自作し、撮影対象部位の周りから任意の角度ごとに横断面の撮影を行い、得られた各画像(断片的な画像)に対して、パソコンを用いた画像合成処理を施し、CT や MRI で撮影されるものと同様の完全な体肢横断面画像の入手を可能にした(上腕部および大腿部超音波横断面画像を図 1 に例示)。

測定部位は福永¹⁴⁾の方法に基づき、上腕部は肩峰点から上腕長の 60%、大腿部は転子点から大腿長の 50% の位置とした。撮影の手順は、被検者に水を満たした水槽の中に撮影対象肢を挿入するように指示し(図 2)、実験者はアクリル製の上部の筒を手動で回転させながら任意の角度ごとに横断面画像を撮影していく。上腕部は回転角度 45° ごとに、大腿部は 30° ごとに撮影を行った。上腕部撮影時の姿勢は、図 2-A のように台上に胸部を乗せ、上肢を水槽内に下垂させた状態とした。水槽の底には、レバーを設置しておき被検者にこのレバーを軽く握らせ、水槽内での上肢の動揺を最小限にした。大腿部は図 2-B のように立位で

A) Upper arm

B) Thigh

Fig. 1. Samples of ultrasonographic image of upper arm (A) and thigh (B).

行い、この時、撮影しない側の臀部を台の上に置き、身体の動揺をできるだけ軽減させるようにした。撮影は、プローブを取り付けている水槽上部を、 30° または 45° ごとに撮影しながら対象肢の周りを1回転させるだけなので、1人当たりの所要時間は約1分であった。体肢横断面撮影には、大腿部では被検者全員の156名が参加したが、上

腕部、大腿部とも撮影した者は91名であった。なお、対象肢は右側のみとした。

得られた上腕部および大腿部横断面画像より、皮下脂肪、筋および骨を判別し、各組織横断面積をパソコン上で計測した。なお、本システムの再現性および精度についてはすでに確認されている¹³⁾。

Fig. 2. Posture on scanning (A : Upper arm, B : Thigh).

C. 肘関節・膝関節伸展力および屈曲力の測定

肘関節・膝関節伸展力および屈曲力は、随意等尺性最大筋力を測定した。肘関節の伸展力および屈曲力測定時の被検者の姿勢は、椅座位で、体幹をベルトで固定し、肩関節は 90° 屈曲させ、上腕を台上においた。前腕は中立位で、肘関節の測定角度は 90° とし、前腕遠位部に幅 45 mm の布製ベルトをかけ、その水平後方にストレインゲージ式ロードセル（ティアク社製 TUBR-Transducer）を連結して測定した。膝関節の伸展力および屈曲力測定時の被検者の姿勢も椅座位で、体幹および大腿をベルトで固定した。膝関節角度は 90° とし、下腿遠位部に幅 45 mm の布製ベルトをかけ、その水平後方に肘関節伸展力および屈曲力測定に用いたものと同じストレインゲージ式ロードセルを連結して測定した。測定は、肘関節・膝関節伸展力、屈曲力とも右側のみを 2 回ずつ実施し、大きな方の値を本研究の資料として用いた。

D. 解析

体肢のプロポーションをとらえる指標については、全身での BMI に相当するような以下に述べる考え方に基づいて算出した。BMI は、体重(W_t)を身長(h)の 2 乗で除すことで求められ、

$$(式1) \quad BMI = W_t / h^2$$

であるが、比重をほぼ 1 g/cm^3 と仮定すると、体重(W_t)は体積(V)で置き換えられ、

$$(式2) \quad BMI = W_t / h^2 \div V / h^2$$

と表現される。

体肢全長にわたって横断面積が一定と仮定すると、先述の V に相当する体肢の推定体積(V_t)は、超音波横断面画像で得られた総横断面積(皮下脂肪横断面積+筋横断面積+骨横断面積; CSA_t)に体肢長(L)をかけたものとなる。身長(h)に相当するものを体肢長(L)と仮定すると、体肢の BMI に相当するものは、

$$(式3) \quad V_t / L^2 = (CSA_t \times L) / L^2 = CSA_t / L$$

となる。そこで、本研究ではこの CSA_t / L を、全身での BMI に準じた体肢のプロポーションを評価する指標として用いることとした。

体肢の相対的筋量については総横断面積(CSA_t)に対する筋横断面積(CSA_m)の比率を筋比率(%MA)とし、その評価指標とした。%MA は以下のように定義づけして算出した。体肢のプロポーション評価の際と同じように体肢全長にわたって横断面積が一定と仮定すると、超音波横断面画像で得られた筋横断面積(CSA_m)に体肢長(L)をかけたものが体肢の推定筋体積(V_m)となる。すなわち、

$$(式4) \quad V_m = CSA_m \times L$$

である。また、目的とする体肢の推定総体積(V_t)は、総横断面積(CSA_t)に L を乗じたものとする。

$$(式5) \quad V_t = CSA_t \times L$$

となる。したがって、体肢の筋比率は、

$$(式6) \quad V_m / V_t = (CSA_m \times L) / (CSA_t \times L) = \%MA / 100$$

であり、

$$(式7) \quad \%MA = (CSA_m / CSA_t) \times 100$$

として表すことができる。

E. 統計処理

各測定値は平均および標準偏差あるいは範囲で示した。体肢のプロポーションと筋量の関係の検討には Pearson's 単純相関を用いた。なお、有意水準は危険率 5%未満とし、すべての統計処理には Stat View for Window's, Version 5.0 (ヒューリンクス社製)を用いた。

Ⅲ. 結 果

A. 被検者の形態的特徴

表 1 は被検者の形態的特徴を示したものである。被検者の身長、体重、BMI、体脂肪率および除脂肪体重は、それぞれ $158.9 \pm 5.5 \text{ cm}$, $51.3 \pm 6.7 \text{ kg}$, 20.3 ± 2.1 , $25.2 \pm 4.2\%$ および $38.2 \pm 3.6 \text{ kg}$ であった。上腕長は $29.1 \pm 1.4 \text{ cm}$, 上腕最大囲は $23.5 \pm 2.4 \text{ cm}$ で、上腕部における総横断面積(皮下脂肪横断面積+筋横断面積+骨横断面積)は $51.9 \pm 8.4 \text{ cm}^2$, 皮下脂肪横断面積は $20.6 \pm 4.8 \text{ cm}^2$, および筋横断面積は $28.1 \pm 4.7 \text{ cm}^2$ であり、肘関節屈曲力は $127.4 \pm 20.6 \text{ N}$, 肘関節伸

Table 1. Physical characteristics of subjects (n = 156).

Age (yr)	20.2 (1.1)
Body height (cm)	158.9 (5.5)
Body mass (kg)	51.3 (6.7)
BMI	20.3 (2.1)
% Fat (%)	25.2 (4.2)
LBM (kg)	38.2 (3.6)
Upper arm (n=91)	
Upper arm length (cm)	29.1 (1.4)
Upper arm girth (cm)	23.5 (2.4)
Total CSA (cm ²)	51.9 (8.4)
Subcutaneous fat CSA (cm ²)	20.6 (4.8)
Muscle CSA (cm ²)	28.1 (4.7)
Elbow flexor strength (N)	127.4 (20.6)
Elbow extensor strength (N)	106.8 (21.6)
Thigh (n=156)	
Thigh length (cm)	40.7 (3.3)
Thigh girth (cm)	49.8 (4.4)
Total CSA (cm ²)	195.4 (31.4)
Subcutaneous fat CSA (cm ²)	68.5 (17.4)
Muscle CSA (cm ²)	119.1 (20.0)
Knee extensor strength (N)	363.6 (99.9)
Knee flexor strength (N)	163.6 (49.0)

Total CSA includes subcutaneous fat, muscle and bone CSA (cross-sectional area).

展力は 106.8 ± 21.6 N であった。また、大腿長は 40.7 ± 3.3 cm, 大腿最大囲は 49.8 ± 4.4 cm で、大腿部における総横断面積、皮下脂肪横断面積、および筋横断面積は、それぞれ 195.4 ± 31.4 cm², 68.5 ± 17.4 cm², および 119.1 ± 20.0 cm² であり、膝関節伸展力は 363.6 ± 99.9 N, 膝関節屈曲力は 163.6 ± 49.0 N であった。

B. 体肢のプロポーションと筋比率の関係について

図3は各被検者の上腕部(A)、大腿部(B)それぞれのプロポーション(CSA_t/L)と筋比率(%MA)をプロットしたものである。両指標は本研究において定義づけたものであり、その標準値や範囲が現時点では存在しない。そこで本研究では、両指標それぞれから算出された平均 ± 1 SDの範囲を標準域として考えることとした[上腕部; CSA_t/L (17.9 ± 3.0), %MA (54.2 ± 4.9), 大腿部; CSA_t/L (48.2 ± 8.0), %MA (61.1 ± 5.2)]。体肢横断面積を体肢長で除した値(CSA_t/L)は標準域か、それ未満であるのに、筋比率(%MA)の低い者、すなわち図中で9分割された区画のうち、下段の中央および左の区画に入る対象者は、体肢

Fig. 3. Relationship between %MA and CSA_t/L (A: Upper arm, B: Thigh).

Black circle shows a subject of low percentage muscle despite a normal extremity proportion. White circle shows a subject of non-low percentage muscle in each extremity. %MA which was percentage muscle in each extremity was calculated from the ratio of muscle cross-sectional area (CSA) to total limb CSA (includes subcutaneous fat, muscle and bone CSA). CSA_t/L which expressed a proportion of each extremity was calculated as the total extremity cross-sectional area (CSA_t) divided by the length of the limb (L). The paired solid line in a figure show 1 SD above and below average in %MA and CSA_t/L .

のプロポーションは標準かあるいはそれ未満であるにもかかわらず、体肢の筋量が相対的に少ない状態を意味しているので、本研究においてはこの範囲にあるような者を体肢における「低筋比率者」と定義づけた。それに該当する低筋比率者は、上腕部においては91名中9名(9.9%)、大腿部に

おいては156名中15名(9.6%)存在していた。そのうち、上腕部、大腿部ともに低筋比率と判定された者は91名中2名(2.2%)であった。

C. 体肢のプロポーションと筋比率の関係に基づく形態や筋力の特徴について

表2および表3は、上腕部および大腿部のプロ

Table 2. Mean and range of each item in every block which was divided in 9 in figure 3-A (Upper arm).

Number	4 (4.4%)	8 (8.8%)	1 (1.1%)
	4 (4.4%)	57 (62.6%)	6 (6.6%)
	1 (1.1%)	8 (8.8%)	2 (2.2%)
CSA/L	13.5 (11.9-14.8)	17.1 (14.9-19.6)	22.5
	13.6 (12.6-14.3)	17.8 (14.9-20.8)	23.5 (21.0-26.2)
	14.3	16.9 (14.9-20.6)	26.4 (22.8-30.0)
% MA	64.5 (59.2-68.3)	61.1 (59.6-62.5)	60.7
	51.1 (49.4-52.6)	54.2 (49.3-58.9)	54.0 (51.1-56.3)
	44.6	45.7 (40.9-48.6)	47.4 (46.6-48.1)
Body mass (kg)	44.5 (41.2-51.4)	49.0 (43.2-56.2)	58.4
	44.7 (42.6-46.6)	49.6 (40.4-59.4)	55.5 (50.8-58.6)
	48.6	48.6 (45.0-53.2)	62.2 (57.8-66.6)
BMI	17.7 (16.1-19.1)	19.4 (18.6-20.6)	22.4
	16.8 (16.2-17.8)	19.8 (17.5-23.1)	22.9 (20.5-25.4)
	19.4	19.6 (17.2-21.9)	24.7 (23.8-25.7)
% LBM	81.0 (78-84)	75.5 (72-79)	66
	81.8 (79-84)	75.7 (68-82)	69.3 (65-76)
	76.0	75.6 (72-82)	66.0 (63-69)
Muscle CSA (cm ²)	26.5 (24.4-28.8)	29.8 (26.3-34.0)	38.4
	21.0 (20.5-22.0)	28.1 (22.7-34.2)	36.2 (33.4-39.2)
	19.1	22.0 (19.6-25.8)	36.7 (31.2-42.1)
Elbow flexor strength (N)	150.2 (128.4-188.2)	131.6 (107.8-150.9)	144.1
	108.8 (81.3-125.4)	125.2 (79.4-173.5)	138.7 (119.6-148.0)
	92.1	121.6 (108.8-137.2)	140.6 (124.5-156.8)
Elbow extensor strength (N)	129.2 (95.1-143.1)	107.6 (86.2-132.3)	108.9
	88.7 (71.5-115.6)	107.0 (54.9-148.0)	122.7 (105.8-150.9)
	103.9	91.1 (66.6-116.6)	124.5 (115.6-133.3)
Elbow flexor strength/Weight (N/kg)	3.41 (2.86-4.48)	2.70 (2.24-3.24)	2.47
	2.43 (1.91-2.88)	2.53 (1.80-3.43)	2.50 (2.30-2.67)
	1.90	2.51 (2.12-2.88)	2.25 (2.15-2.35)
Elbow extensor strength/Weight (N/kg)	2.91 (2.31-3.36)	2.21 (1.75-2.70)	1.86
	1.98 (1.68-2.41)	2.17 (1.21-3.06)	2.20 (1.95-2.60)
	2.14	1.89 (1.25-2.42)	2.00
Weight/CSA (kg/cm ²)	1.676 (1.560-1.783)	1.652 (1.455-1.833)	1.520
	2.126 (1.982-2.269)	1.779 (1.390-2.304)	1.537 (1.428-1.736)
	2.546	2.226 (1.879-2.597)	1.716 (1.581-1.851)

% MA shows a percentage of muscle in thigh, and which was calculated from the ratio of the muscle CSA to total CSA.

Total CSA includes subcutaneous fat, muscle and bone CSA in thigh.

ポーションと筋比率の関係をもとに、図3において9分割され、それぞれの区画に入った被検者の各項目の平均および範囲を示したものであ

る。上腕部、大腿部ともに、全身の体格や身体組成を表す体重、BMI および徐脂肪体重比率(%LBM)の平均は、CSA_L/L が同程度(各列)では

Table 3. Mean and range of each item in every block which was divided in 9 in figure 3-B (Thigh).

Number	2 (1.3%)	17 (10.9%)	5 (3.2%)
	17 (10.9%)	79 (50.6%)	9 (5.8%)
	1 (0.6%)	14 (9.0%)	12 (7.7%)
CSA/L	31.4 (28.9-33.8)	45.3 (40.8-54.7)	58.3 (56.2-62.8)
	37.7 (28.9-40.0)	47.3 (40.4-54.0)	61.3 (56.4-73.8)
	39.6	48.1 (41.9-54.9)	62.6 (57.1-77.8)
% MA	70.0 (68.3-71.6)	68.4 (66.5-73.7)	68.6 (66.3-70.3)
	61.6 (57.4-66.0)	61.4 (55.9-66.2)	61.6 (57.0-66.2)
	55.3	53.1 (50.5-55.3)	52.9 (45.3-55.3)
Body mass (kg)	42.0 (41.2-42.8)	49.8 (41.6-62.6)	62.9 (57.4-68.8)
	45.0 (39.4-51.4)	50.9 (36.4-66.2)	61.0 (54.5-72.8)
	50.0	49.9 (42.6-59.0)	56.0 (48.4-66.6)
BMI	16.4 (16.1-16.6)	19.5 (16.7-22.5)	22.6 (21.3-23.8)
	18.2 (16.6-19.6)	20.2 (16.8-24.7)	23.6 (22.5-25.4)
	18.6	19.9 (16.2-23.3)	22.8 (19.4-27.2)
% LBM	83.5 (83-84)	76.6 (71-84)	70.0 (65-73)
	78.8 (75-82)	75.0 (67-82)	69.4 (68-72)
	76.0	74.8 (70-82)	69.8 (63-77)
Muscle CSA (cm ²)	86.4 (85.4-87.4)	126.6 (103.0-156.6)	164.8 (144.3-186.5)
	99.0 (85.9-114.9)	118.3 (93.6-162.1)	154.8 (136.7-179.6)
	93.3	101.0 (85.8-116.9)	125.0 (110.6-146.1)
Knee flexor strength (N)	149.0 (128.4-169.5)	189.3 (113.7-285.2)	218.1 (201.9-242.1)
	154.9 (59.8-261.7)	158.2 (78.4-273.4)	211.3 (154.8-285.2)
	130.3	143.4 (97.0-191.1)	150.1 (71.5-247.9)
Knee extensor strength (N)	272.0 (261.7-282.2)	394.7 (241.1-554.7)	484.7 (420.4-537.0)
	309.5 (194.0-442.0)	361.0 (170.5-574.3)	488.0 (287.1-641.9)
	315.6	319.7 (209.7-464.5)	339.7 (245.0-485.1)
Knee flexor strength/Weight (N/kg)	3.54 (3.12-3.96)	3.78 (2.26-5.01)	3.47 (3.23-3.70)
	3.44 (1.37-5.41)	3.10 (1.53-6.21)	3.44 (2.64-4.48)
	2.61	2.90 (1.74-4.17)	2.69 (1.34-4.23)
Knee extensor strength/Weight (N/kg)	6.48 (6.11-6.85)	7.91 (5.69-10.05)	7.70 (7.19-8.22)
	6.92 (4.45-10.23)	7.06 (3.57-10.25)	8.03 (4.90-11.24)
	6.31	6.39 (4.92-8.32)	6.08 (4.62-8.92)
Weight/CSA (kg/cm ²)	0.486 (0.482-0.490)	0.393 (0.344-0.427)	0.383 (0.345-0.425)
	0.456 (0.366-0.522)	0.433 (0.352-0.536)	0.395 (0.358-0.423)
	0.536	0.495 (0.433-0.573)	0.449 (0.400-0.527)

% MA shows a percentage of muscle in thigh, and which was calculated from the ratio of the muscle CSA to total CSA.

Total CSA includes subcutaneous fat, muscle and bone CSA in thigh.

%MA に違いがみられても、その値はほぼ同じであった。それに対し、上腕部ならびに大腿部の筋横断面積、筋力および体重当たりの筋力の平均は、 CSA_L/L が同程度の場合、%MA が低くなるほど小さくなる傾向を示し、筋が自体重を支える負担の程度について検討するために求めた上腕部および大腿部における筋単位横断面積当たりの体重支持負担は、逆にその平均が大きくなる傾向を示した。

Ⅳ. 考 察

本研究の目的は若い女性における体肢のプロポーションと筋量の関係について検討することであったので、その前提としては本研究の対象者が20歳代女性を代表するような標準的な体格をもつ集団であるという確認が必要であると思われる。そこで、本研究における被検者の身長、体重、BMI および体脂肪率の4項目について2000年の日本人標準値¹⁵⁾との比較を試みたところ、すべての項目の平均はほぼ同様の値を示した。したがって、本研究の被検者は20歳代女性の標準的な体格を有する集団であったと考えてもさしつかえないものと思われる。

本研究では、これまでの隠れ肥満に関する研究で体格と身体組成の関係からその実態を把握した方法に準じて、体肢のプロポーションと筋量の間関係を明らかにしようと考えた。すなわち、体肢のプロポーション(CSA_L/L)には BMI、体肢筋量(%MA)には %LBM の考え方をを用いて、その両者の関係を検討した。しかし、この方法は本研究独自のもので、その妥当性については定かではない。そこで、まず上腕部、大腿部の両指標と全身の体格や身体組成を評価する指標との関係、すなわち、 CSA_L/L と BMI、%MA と %LBM それぞれの相関関係を検討した。その結果、上腕部、大腿部とも CSA_L/L と BMI との間には有意な相関関係がみられた〔上腕部： $r=0.746(p<0.01)$ 、大腿部： $r=0.786(p<0.01)$ 〕が、%MA と %LBM との間では大腿部において有意な相関関係がみられたものの、その相関係数〔 $r=0.272(p<0.01)$ 〕は低く、上腕部では相関関係は認められなかった。このこ

とより、体肢のプロポーションの評価として用いた CSA_L/L は、全身の体格とほぼ一致すると考えてよさそうだが、体肢の筋比率を示す %MA は全身の除脂肪比率である %LBM で説明することは難しいものと考えられる。また、本研究の被検者においてこれまでに報告された方法^{10,11)}と同様の隠れ肥満の判定を行い、全身性の隠れ肥満者と上腕部および大腿部の低筋比率者が一致しているか否かについて確認したところ、全身、体肢ともに隠れ肥満と判定された者は一人も存在しなかった。したがって、これまでに報告されたような全身性の隠れ肥満者^{10,11)}と本研究で定義づけられた体肢における低筋比率者は一致しなく、この結果は従来の隠れ肥満の研究による全身性の隠れ肥満だけでは把握することのできない局所的な隠れ肥満が存在する可能性を示唆するものと考えられる。

石田たち¹⁶⁾は、女子長距離ランナーと一般女子における皮下脂肪厚の差の比率は体肢より体幹において高くなる傾向がみられたと報告している。また、20週間の有酸素的トレーニングを実施した Després et al.¹⁷⁾の研究では、皮下脂肪厚の減少は体肢よりも体幹の方が顕著であったと報告されている。石田たち¹⁶⁾や Després et al.¹⁷⁾の研究のように体脂肪を減少させるような有酸素トレーニングを行っても影響を受けにくいと考えられる体肢の皮下脂肪に、本研究においては全身の体格や体肢のプロポーションが同程度にもかかわらず、筋比率の低い者、言い換えると皮下脂肪比率の高い者が存在していたことからわかるように大きな個人差がみられた。

安部と福永¹⁸⁾は肥満者と痩身者の皮下脂肪分布と皮下脂肪量に関する研究で、皮下脂肪厚では肥満者が痩身者の約2.0~2.5倍の値を示し、いくぶん体幹部で肥満者の倍率が高い傾向がみられたが、皮下脂肪量には明らかな分布差はみられなかったと報告している。その中で皮下脂肪分布には大きな個人差が存在するので^{18~22)}、これはあくまでも平均値を比較した場合の結果であると言っている。体脂肪分布には上半身型や下半身型の特徴⁴⁾がみられるので、本研究の結果はこのような

体脂肪分布の個人差を反映している可能性が高いものと考えられる。上腕部、大腿部ともに低筋比率者と判定された者が91名中2名で全体の2.2%と低かったことも皮下脂肪分布の個人差の大きいことをうかがわせる結果であろう。皮下脂肪分布は個人差が大きいので、体肢組成を検討する場合は、本研究のように単なる平均値だけではなく個人差も考慮した上での検討も必要であると思われる。

本研究の被検者において、外見的には同程度の体格および体肢のプロポーションであるにもかかわらず、その筋比率に差がみられたことを、単なる皮下脂肪分布の個人差というとらえ方だけではなく、現代の若年女性における相対的な低筋量化傾向がその一因となっているという可能性についても考える必要があるのではないだろうか。そこで、体肢における低筋比率者の特徴を明らかにするために、図3において体肢のプロポーションと筋比率の関係から9分割され、それぞれの区画に入った被検者の各測定項目の平均と範囲について検討した(表2、表3)。全身の体格や身体組成を示す項目は、体肢のプロポーションが同程度であれば筋比率に差があってもそれらの平均はほぼ同じであった。しかし、体肢の項目では体肢のプロポーションが同程度の場合、低筋比率者ほど小さな値を示す傾向がみられ、逆に筋単位横断面積当たりの体重支持負担は低筋比率者ほど大きな値を示す傾向がみられた。体肢の低筋比率者では体肢の筋量や筋力あるいは体重当たりの筋力が低く、体肢筋の体重支持負担の大きいことがわかった。

福永と金久²³⁾は、1970年代と1980年代の20歳代男女の身体組成を比較し、そのなかで身長伸びにに応じた除脂肪組織の発達もたらされていないと報告している。そこで、本研究の被検者にも同様の傾向がみられるか否かについて検討するために、本研究の結果と1969年に発表されたIkai & Fukunaga²⁴⁾の報告との比較を試みた。過去に報告されたデータを利用して形態的特徴や機能の違いについて検討しようとする場合、方法が異なっていることが原因で比較を行うことが困難となるケースがしばしば生じる。しかし、幸いなこと

にIkai & Fukunaga²⁴⁾によって報告された上腕部屈筋横断面積および肘関節屈曲力は、本研究とまったく同じ部位、方法で測定されていたので、比較検討を行うことが可能であった。その結果、本研究の被検者(n=91)における上腕部屈筋横断面積は $12.3 \pm 2.7 \text{ cm}^2$ 、Ikai & Fukunaga²⁴⁾の報告における20歳代女性(n=14)は $14.5 \pm 1.8 \text{ cm}^2$ で、現代の20歳代女性は約30年前の同年代女性より15.1%低く、測定年次推移に伴う低下傾向が認められ、前述の福永と金久²³⁾の指摘を支持する結果であった。また、Ikai & Fukunaga²⁴⁾の報告での20歳代女性の肘関節屈曲力が $178.3 \pm 25.4 \text{ N}$ であったのに対して、本研究の被検者は $126.4 \pm 19.6 \text{ N}$ であり、上腕部筋横断面積と同様に、現代の20歳代女性は約30年前の20歳代女性より29.1%ほど低かった。

本研究で対象部位とした上腕部というまでもなく物を持ちたり、持ち上げたりといった動作を行い、大腿部は主に身体を支え、身体移動に貢献することから、両者とも日常生活の中で比較的大きな筋力を発揮しなければならない機会が多いので、それに見合った筋量・筋力が必要であろう。ところが、前述のように現代の20歳代女性は平均的にみても体肢の筋量や筋力は、約30年前の20歳代女性と比較すると低下傾向にある。さらに個人々人をみると、本研究での定義の結果、その存在が確認された体肢低筋比率者においては筋量や筋力がさらに低い傾向を示していた。この低筋比率者の有する値を、我々が先に本研究と同じ方法で実施した上腕部および大腿部における筋横断面積と筋力の加齢変化についての研究結果^{25,26)}と照らしあわせてみると、大腿部における低筋比率者(n=15)の伸筋群横断面積($50.4 \pm 6.0 \text{ cm}^2$)および膝関節伸展力($319.4 \pm 61.2 \text{ N}$)は、50歳代の平均(n=35; それぞれ $51.2 \pm 6.6 \text{ cm}^2$, $340.0 \pm 74.4 \text{ N}$)をやや下回るものであった。また、上腕部における低筋比率者(n=9)の屈筋群横断面積($9.3 \pm 1.1 \text{ cm}^2$)と肘関節屈曲力($118.3 \pm 14.8 \text{ N}$)は、50歳代の平均(n=21; それぞれ $15.0 \pm 2.3 \text{ cm}^2$, $147.0 \pm 23.5 \text{ N}$)よりかなり低いものであり、特に上腕部においてその傾向が顕著であることをうか

がわせる結果であった。

体肢のプロポーシオンは標準, すなわち外見上はまったく問題がないように見える者の中に, 相対的な低筋量を呈する組成の者が被検者全体中約10%存在していたことは注目すべきことといえよう。近年の生活環境のさまざまな変化が人々の日常身体活動量を減少させ^{2,3)}, そのことが筋発達不足となり, 結果として相対的な体肢の低筋量状態を招いた可能性が考えられる。また, 非科学的な方法を用いたダイエットや運動を伴わない無理なダイエットなど, 美容に関する問題²⁷⁾も若い女性の低筋量化に拍車をかけていることが考えられる。相対的低筋量は, 高い脂肪量比率, すなわち隠れ肥満状態を示すことを意味する。本研究の結果から, 若い女性においては対象とした体肢のような局所的な部位においても, 隠れ肥満に類似するような形態的特徴を有する者が存在する可能性が示された。本研究においては被検者の日常生活における身体活動量や生活習慣に関する調査を行っていないので, 現代の20歳代女性の体肢における低筋量化傾向とそういった調査項目との関係についてまでは詳細に検討することができなかったが, これは今後の課題といえる。

V. ま と め

本邦の18~23歳の女性156名を対象に, 体肢のプロポーシオンと筋量の関係に焦点をあてた調査研究を行い, 以下のような結果を得た。

- 1) 本研究において体肢のプロポーシオン(CSA_L/L)と筋比率(%MA)の関係から定義づけられた低筋比率者は上腕部において91名中9名(9.9%), 大腿部において156名中15名(9.6%)存在していた。
- 2) 同じ体格, 体肢のプロポーシオンにもかかわらず, 低筋比率者は筋量, 筋力あるいは体重当たりの筋力において低い傾向がみられた。
- 3) 低筋比率者は, 体肢筋が支える体重の値が高く, 筋への負担が大きくなっていることが示された。

以上のような結果から, 低筋比率者には少なくとも何らかの筋力トレーニングを施す必要がある

ものと思われる。現代の若年者は運動不足を自覚していても, 実際に運動を習慣化できない者がほとんどであるといわれているので²⁸⁾, 動機付けを含めた早急の具体策の提案が望まれる。

謝 辞

本研究の一部は, 公益信託タニタ健康体重基金より平成9年度研究助成(代表: 福場良之)を受け行われましたので, ここに感謝の意を表します。また, データ解析にあたって多大な協力をいただいた広島工業大学工学部電子工学科佐藤研究室卒業生・落合正幸氏に心より感謝いたします。

(受理日 平成15年2月4日)

参 考 文 献

- 1) 日本肥満学会 肥満症診療のてびき編集委員会編, 肥満症 診断・治療・指導のてびき, 医歯薬出版社, 東京, (1993).
- 2) 中永征太郎, 門田新一郎編, 子どもの生活環境と健康, 東山書房, 京都, (1994).
- 3) 北川 薫, 身体組成とウエイトコントロール~子どもからアスリートまで~, 杏林書院, 東京, (1991).
- 4) 下方浩史, 体脂肪分布 腹部型肥満の基礎と臨床, 杏林書院, 東京, (1993).
- 5) 朝日新聞社, はたちの女性が年々やせる, 朝日新聞, (1996), 1996年11月3日朝刊. [藤瀬武彦, 長崎浩爾, 青年男女における隠れ肥満者の頻度と形態的及び体力的特徴, 体力科学, (1999), 48, 631-640. より引用]
- 6) 大島喜八, 岡田秀一, 小宮 亨, 馬原充彦, 佐藤稔, 長嶋一昭, 青年女性の体重認識の特性, 第16回日本肥満学会記録, (1995), 144-145.
- 7) 竹内 聡, 身体の変化と女子高生, こころの科学, (1994), 56, 28-32.
- 8) 梶岡多恵子, 大沢 功, 吉田 正, 佐藤祐造, 女子高校生における正常体重肥満者に関する研究—いわゆる“隠れ肥満者”の身体的特徴とライフスタイルについて—, 学校保健研究, (1996), 38, 263-269.
- 9) 梶岡多恵子, 押田芳治, 大沢 功, 佐藤祐造, 鈴木英樹, 佐藤和子, 吉田 正, 正常体重肥満者(いわゆる「隠れ肥満者」)の疾病発現リスクについて, 体力科学, (1996), 45, 752.
- 10) 藤瀬武彦, 長崎浩爾, 青年男女における隠れ肥満者の頻度と形態的及び体力的特徴, 体力科学, (1999), 48, 631-640.
- 11) 鈴木 理, 松尾達博, 若年女性における肥満度と体脂肪率との関連性, 体力科学, (1996), 45, 756.
- 12) 藤田恒太郎, 寺田春水, 生体観察, 南山堂, 東京, (1982).
- 13) 佐藤広徳, 福田 修, 辻 敏夫, 三浦 朗, 久野

- 譜也, 佐藤陽彦, 福場良之, 超音波体肢横断面画像撮影システムの開発, 人間工学, (1998), **34**, 255-260.
- 14) 福永哲夫. ヒトの絶対筋力, 杏林書院, 東京, (1978), 106-131.
- 15) 東京都立大学体力標準値研究会編, 新・日本人の体力標準値, 不昧堂出版, 東京, (2000).
- 16) 石田良恵, 金久博昭, 福永哲夫, 西山一行, 女子長距離ランナーにおける身体組成, 体肢組成および皮下脂肪厚の特徴, 体力科学, (1987), **36**, 18-24.
- 17) Després, J. P., C. Bouchard, A. Tremblay, R. Savard and M. Marotte, Effects of aerobic training on fat distribution in male subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* (1985), **17**, 113-118.
- 18) 安部 孝, 福永哲夫, 日本人の体脂肪と筋肉分布, 杏林書院, 東京, (1995).
- 19) 湯浅景元, 福永哲夫, 超音波法による皮下脂肪厚分布パターン, 体力科学, (1987), **36**, 36-41.
- 20) Kapoor, S., A. K. Kapoor, R. Bhalla and I. P. Singh, Parent-offspring correlation for body measurements and subcutaneous fat distribution, *Human Biol.*, (1985), **57**, 141-150.
- 21) Moffatt, R. J., B. Surina, B. Golden and N. Ayres, Body composition and physical characteristics of female high school gymnasts. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, (1984), **55**, 80-84.
- 22) Vaucher, Y. E., G. G. Harrison, J. N. Udall and G. M. III, Skinfold thickness in north American infants 24-41 weeks gestation. *Human Biol.*, (1984), **56**, 713-731.
- 23) 福永哲夫, 金久博昭, 日本人の体肢組成, 朝倉書店, 東京, (1990).
- 24) Ikai, M. & Fukunaga, T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement, *Int. Z. Angew. Physiol.*, (1968), **26**, 26-32.
- 25) 佐藤広徳, 三浦 朗, 佐藤美紀子, 佐藤陽彦, 福場良之, 日本人成人男女259名における大腿部筋群横断面積と筋力の年齢変化について, 体力科学, (1999), **48**, 353-364.
- 26) 佐藤広徳, 三浦 朗, 坂井 学, 佐藤陽彦, 福場良之, 上腕部筋横断面積と筋力に関する研究, 人間工学, (2000), **36**, 335-341.
- 27) 木村達志, 大成浄志, 川口浩太郎, 稲水 惇, 安田倫栄, 女子大学生の体脂肪率測定を中心とした健康管理に関する研究, 体力科学, (1997), **46**, 836.
- 28) 松元 剛, 大学生の体力の年次推移, 体育の科学, (2002), **52**, 48-51.