

スポーツ選手の基礎代謝量に関する研究

高村 尚志 高橋 弘彦

キーワード：基礎代謝量，体構成，スポーツ選手

A Study of Basal Metabolic Rate on The Athletes

Hisashi Takamura Hirohiko Takahashi

Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of Basal Metabolic Rate (BMR) in different daily training or body compositions, by measuring subjects who were doing endurance training resistance training or combination of both training.

Thirty-two healthy males (18 to 24 years) who signed a informed consent, were divided into 4 groups; endurance group (5 long and middle distance runners), resistance group(9 throwers), endurance-resistance group (11 water polo players), and control group (7 non trained male).

The atmosphere was controlled at 22 °C temperature, and 60% relative humidity. This study showed the result as followed.

- (1) BMR tends to increase as one gain weight.
- (2) In endurance-resistance group, compared to resistance and control group, the value of BMR perweight was higher significantly.
- (3) In endurance and endurance-resistance group, the value of BMR were significantly higher than the value of standard level.
- (4) There were no significant differences between all groups in BMR per LBM.
- (5) The value of BMR was positively correlated with weight and LBM, and weight was more positively correlated than LBM.
- (6) The value of BMR was multiply correlated with weight and body fat percentage significantly.
- (7) With fatigue, it tends to be higher that the value of BMR per weight, the value of BMR per LBM and HR at rising.

Key words: Basal Metabolic Rate,Body composition,athletes

I. はじめに

基礎代謝量(以下BMR)は、1920年代に考案された概念である。BMRは、人間が生命を維持する上で覚醒時の最小値のエネルギーであり、食事摂取基準の基礎となるべきものである。1日のエネルギー消費量は、安静時代謝(60-75%)、運動誘発性体熱産生(15-30%)及び食事誘発性体熱産生(10%)の3つからなる。BMRは早朝空腹時の安静時代謝量であり、安静時代謝の約60-

75%を占め(Poehlma et al. 1989)、20歳前後まで上昇傾向を示し、その後は低下傾向になり、男性は女性よりも高値を示す(中山1987)。

BMRは、1日のエネルギー消費量の60%以上を占めることから、その変動要因を明らかにすることは重要であると思われる。

Kasiwazaki(1990)は、これまでわが国において論文として公表された日本人成人男女のBMRの個別実測値

を用いて検討した結果、全体の78.4%は、体重、身長、外気温、年齢、性別、湿度及び室温によってその変動の説明ができると報告している。しかし、運動内容や生活習慣、睡眠状況、食事内容などの影響を考慮したとしても、個々のBMRを正確に測定することは非常に難しいといわれている。

Thompson et al.(1998)は、運動鍛錬者と非運動者では身体組成やエネルギー消費量が大きく異なるため、体重、LBM、栄養状態などの因子の変化により、BMRに及ぼす影響の程度が異なることを指摘し、筋肉のエネルギー代謝活性は、筋線維タイプによって異なると報告している。人間の筋線維は大きく分けて赤筋と白筋に分類される。赤筋は白筋に比べて毛細血管網(酸素供給系)が多く、ミオグロビン(酸素貯蔵系)、ミトコンドリア(有酸素エネルギー代謝系)が多く含まれているため、酸素供給量が多いことからエネルギー消費効率が高いとされる(細谷2001)。

一般的にBMRの維持や、低下したBMRを増加させるには、レジスタンストレーニングを行うことでその効果が現れるといわれている。しかし、レジスタンストレーニングは白筋を増量させても赤筋を増やす作用に乏しい。また、持久力トレーニングは、白筋の赤筋化を促すが筋肉の増加効果に欠けるといわれている(細谷2001)。身体運動がBMRにあたる影響は様々であり、また持久力およびレジスタンストレーニングによって筋量の増加がBMRを増加させる場合と、他の要因によってBMRが低下を示す場合があると考えられる。

近年、交通機関の発達や職場、家庭の機械化、省力化により日常生活における身体活動量は軽減され、それに伴って1日のエネルギー消費量も減少傾向にある。そのため、健康の保持・増進はもとより、肥満や生活習慣病の予防や治療において、エネルギー消費量を把握することは重要である。また、若年から生体機能を高く維持することはもとより、ある程度年齢が高くなっても生体機能を高く維持することによって、肥満や生活習慣病の発生を予防し、健康問題の改善・解消することができる(Seppo et al.1993)。

現在、厚生労働省(2005)が発表する日本人における、体重あたりの基礎代謝基準値に個人の体重を乗じてBMRを推定することができる。しかし、スポーツ選手は競技種目によって体重の中に占めるLBMと体脂肪量の割合が異なるため、競技種目によって体構成の考慮が必要であると考えられている(櫻村ら1987)。一方、非運動者では低値を示すことが多く、基準値をそのまま用いるのは妥当でないとい報告されている(増田ら1993)。またClark et al.(1991)によると、推定値が実測値より高値あるいは低値を示す原因として、測定機器が被験者に与える不快感やBMRの測定条件が影響することも指摘している。

そこで本研究では、日常のトレーニング内容とそれに伴う体構成の変化がBMRに及ぼす影響を検討するために、持久性トレーニング、レジスタンストレーニング及び双方を行っている選手を対象として測定を実施した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者はインフォームド・コンセントにより実験に関して同意の得られた18-24歳の健康な男性32名を対象とした。持久力群として中長距離選手5名、レジスタンス群として投擲競技者9名、中間群として双方を必要とする水球選手11名、非運動群として運動習慣のない者7名であり、身体的特性を表1に示した。

2. 環境条件

環境条件は、人工気候室を用いて気温22℃、相対湿度60%に設定した。

3. 実験条件

1) 実験手順

被験者には普段通りの生活をしてもらい、夜21時30分までに前室に入室し自記式アンケートを記入後、夜22時までに人工気候室に入室させた。入室後は水以外の飲食はしないよう指示した。約8時間の睡眠をとらせた後、人工気候室内のトイレで排尿、その後30分間仰臥位安静状態を保たせた。そして仰臥位安静状態のまま呼吸代謝測定装置を用いて20分間呼気ガスを採取し、あわせて心拍数も経時的に測定した。BMRも測定終了後前室に移動してもらい、自記式アンケートを記入させた。BMRの測定は、身体的条件を考慮せずに行った。

2) 着衣条件

睡眠中の着衣状況は被験者が快適と感ずる服装で睡眠をとらせた。

3) 食事条件

入室当日の食事は自由摂取とした。

4) 測定項目

BMRは呼吸代謝測定装置システムAE-280SRCA形(ミナト医科学社製)を用い呼気ガスを採取して算出し、心拍数はバイオビューE(日本電気三栄社製)を用いて、呼気ガス採取中経時的に測定した。体重は島津製作所IPS-150K島津工業用台はかりを用い、体脂肪量と体脂肪率は体成分分析装置In Body3.2(BIOSPACE社製)で測定した。睡眠前、測定後に身体、睡眠に関する自記式アンケートに記入させた。

また、算出されたBMRを体重及びLBMで除算し体重あたりのBMR、LBMあたりのBMRを算出した。

5) 測定期間

BMRの測定は、平成17年4月から平成17年10月の間に1人1回-8回行った。

4. 統計処理

各群, 各項目の傾向については平均値, 標準偏差を求めた. 平均値の差の有意性に関する統計的検定は, 一元配置の分散分析と対応のない t-test を用いて行った. 相関関係は回帰分析を行い Pearson の相関係数を求めた. 統計的検定は, SPSS 12.0 jfor windows を用いて行い, 有意水準は 5%未満とした.

III. 結果

1. 身体的特性

表 1 に各群の身体的特性を示した. 身長においてレジスタンス群は非運動群と比較して有意 ($P < 0.05$) な高値を示した. また体重と LBM においてレジスタンス群は他の 3 群と比較して有意 ($P < 0.05 - 0.01$) な高値を示した.

表1 被験者の身体的特性

subjects	持久力群(N=5)	レジスタンス群(N=9)	中間群(N=11)	非運動群(N=7)
Age(yr)	20.2±0.4	19.2±1.3	18.7±0.8	21.6±2.1
Ht (cm)	175.2±6.8	176.8±3.5	172.8±5.3	168.2±3.8*
BW (kg)	61.5±7.7**	88.2±9.9	70.9±6.1*	67.1±7.0**
%Fat	11.0±3.1	17.7±6.4	14.2±3.5	17.5±6.8
LBM(kg)	53.7±6.5**	72.0±6.8	60.6±5.0*	54.8±3.1**

* $P < 0.05$ (レジスタンス群との間に有意差あり)

** $P < 0.01$ (レジスタンス群との間に有意差あり)

2. BMR

表 2 に BMR, 体重あたりの BMR, LBM あたりの BMR および厚生労働省が発表する, 体重あたりの基礎代謝基準値に個人の体重を乗じて算出した BMR(以下推定 BMR) の各群の平均値および標準偏差を示した. BMR はレジスタンス群 ($1959.7 \pm 208.7\text{kcal/day}$) が最も高く, 次いで中間群 ($1771.4 \pm 212.6\text{kcal/day}$) であり, 非運動群 ($1479.2 \pm 144.1\text{kcal/day}$) と持久力群 ($1478.6 \pm 81.3\text{kcal/day}$) はほぼ同値であった. レジスタンス群および中間群は, 持久力群, 非運動群と比較して有意 ($P < 0.05 - P < 0.01$) な高値を示した.

体重あたりの BMR は, 中間群 ($25.0 \pm 2.2\text{kcal/kg/day}$) が最も高く, 次いで持久力群 ($24.2 \pm 2.0\text{kcal/kg/day}$), レジスタンス群 ($22.4 \pm 1.6\text{kcal/kg/day}$), 非運動群 ($22.1 \pm 1.6\text{kcal/kg/day}$) の順であった. 中間群はレジスタンス群, 非運動群と比較して有意 ($P < 0.05$) な高値を示した. また中間群, 持久力群は基準値 (24.0kcal/kg/day) と比較して高値を示した.

LBM あたりの BMR は, 中間群 ($29.3 \pm 3.0\text{kcal/kg/day}$) が最も高く, 次いで持久力群 ($27.8 \pm 2.2\text{kcal/kg/day}$), レジスタンス群 ($27.3 \pm 2.0\text{kcal/kg/day}$), 非運動群 ($27.0 \pm 2.2\text{kcal/kg/day}$) の順であった. LBM あたりの BMR においては 4 群間で差は認められなかった.

BMR と推定値 BMR 比は, 中間群 ($104.1 \pm 9.0\%$), 持久力群 ($101.3 \pm 8.1\%$) で BMR が高値を示し, レジスタンス群 ($93.4 \pm 6.4\%$), 非運動群 ($92.6 \pm 6.4\%$) で BMR が低値を示した.

表2 被験者のBMR

Subjects	持久力群(N=5)	レジスタンス群(N=9)	中間群(N=11)	非運動群(N=7)
BMR(kcal/day)	1478.6±81.3***	1959.7±208.7	1771.4±212.6	1479.2±144.1***
体重あたりのBMR	24.2±2.0	22.4±1.6*	25.0±2.2	22.1±1.6*
LBMあたりのBMR	27.8±2.2	27.3±2.0	29.3±3.0	27.0±2.2
推定BMR(kcal/day)	1475.7±184.3	2116.5±238.7	1701.0±145.7	1725.6±356.6
BMR/推定BMR(%)	101.3±8.1	93.4±6.4	104.1±9.0	92.6±6.4

** $P < 0.01$ (レジスタンス群との間に有意差あり) * $P < 0.05$ (中間群との間に有意差あり)

図 1 に体重と BMR の相関関係を示した. 最も高い相関係数を示したのがレジスタンス群 ($r = .787$) で, 次いで非運動群 ($r = .674$), 中間群 ($r = .660$), 持久力群 ($r = .614$) の順であった. レジスタンス群, 中間群, 非運動群において有意な正の相関関係 ($P < 0.05 - P < 0.01$) が認められた. また, 被験者全員 (以下全員) および非運動群を除いたスポーツ選手全員 (以下スポーツ群) における体重と BMR の関係においても, 有意な正の相関関係が認められた (全員 $r = .828, P < 0.01$, スポーツ群 $r = .830, P < 0.01$).

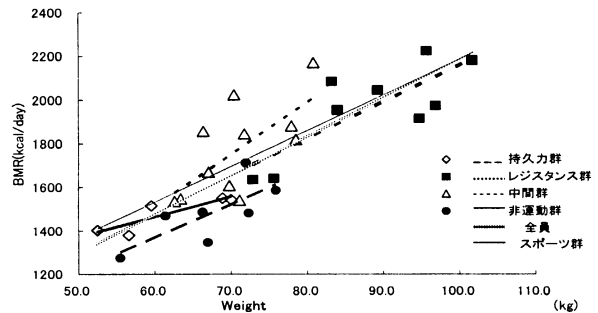


図1 体重とBMRの関係

持久力群, $y = 9.22x + 911.62 (n=5, r=0.614)$ レジスタンス群, $y = 16.68x + 488.28 (n=9, r=0.787, P < 0.01)$
 中間群, $y = 23.83x + 82.57 (n=11, r=0.660, P < 0.01)$ 非運動群, $y = 15.23x + 455.8 (n=7, r=0.674, P < 0.01)$
 全体, $y = 17.83x + 404.53 (n=105, r=0.828, P < 0.01)$
 スポーツ群, $y = 16.31x + 553.53 (n=83, r=0.830, P < 0.01)$

図 2 に LBM と BMR の相関関係を示した. 最も高い相関係数を示したのがレジスタンス群 ($r = .711$) で, 次いで持久力群 ($r = .650$), 非運動群 ($r = .537$), 中間群 ($r = .538$) の順であった. 4 群において有意 ($P < 0.05 - 0.01$) な正の相関関係が認められた. また, 全員 ($r = .814$) およびスポーツ群 ($r = .791$) においても有意 ($P < 0.01$) な正の相関関係が認められた.

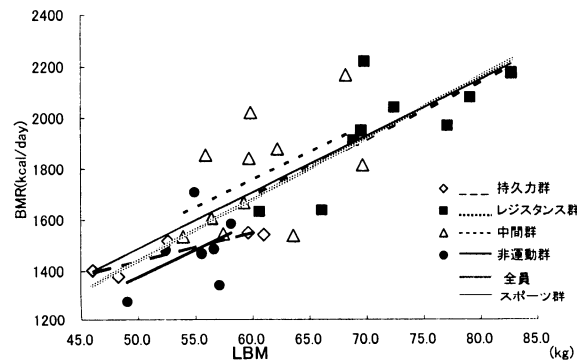


図2 LBMとBMRの関係

持久力群, $y = 11.10x + 883.96 (n=5, r=0.650, P < 0.05)$
 レジスタンス群, $y = 22.58x + 337.31 (n=9, r=0.711, P < 0.01)$
 中間群, $y = 21.68x + 457.4 (n=11, r=0.537, P < 0.01)$ 非運動群, $y = 21.06x + 323.63 (n=7, r=0.538, P < 0.01)$
 全体, $y = 24.28x + 223.45 (n=32, r=0.814, P < 0.01)$ スポーツ群, $y = 22.15x + 380 (n=25, r=0.791, P < 0.01)$

レジスタンス群, 中間群, 非運動群, 全員, スポーツ群, において体重がLBMよりも高い相関関係であった。体脂肪率の平均値が低い傾向にあった, 持久力群および中間群で, 体重あたりのBMRは高い値を示す傾向にあったことから, 体重, 体脂肪率を独立変数, BMR従属変数として重回帰分析を行ったものを図3に示した。最も高い相関係数を示したのが10%未満($r=.997$)で, 次いで20%以上($r=.887$), 全員($r=.835$), 10%以上20%未満($r=.824$)の順であった。また全員, 10%未満, 10%以上20%未満で有意($P<0.05-0.01$)な正の重回帰関係が認められた。

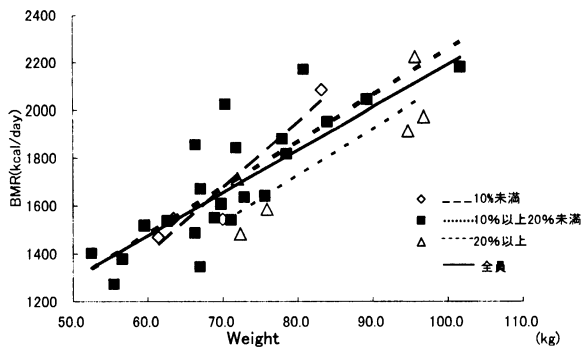


図3 体重, 体脂肪率とBMRの関係
 10%未満, $BMR=8.77Weight-95.45Fat+1841.31$ ($n=5$ $r=.997$ $P<0.05$)
 10%以上20%未満, $BMR=0.52Weight+0.32Fat+9.11$ ($n=21$ $r=.824$ $P<0.05$)
 20%以上, $BMR=19.99Weight+14.64Fat-230.75$ ($N=6$ $r=.887$)
 全体, $BMR=19.24Weight-6.23Fat+398.11$ ($n=32$ $r=0.835$ $r^2=0.697$ $P<0.01$)

図4に起床時心拍数とBMRの相関関係を示した。全員($r=.397$), スポーツ群($r=.439$)で有意($P<0.01$)な正の相関関係が認められた。

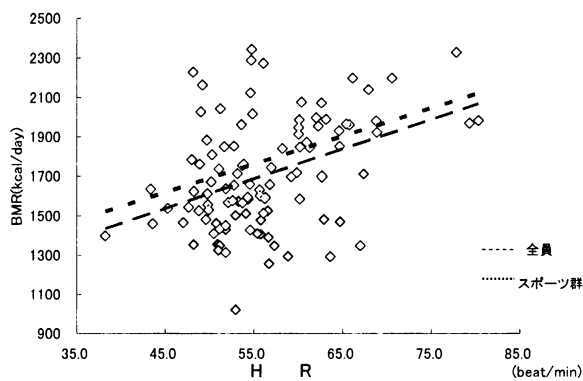


図4 起床時心拍数とBMRの関係
 全体, $y=15x+862.34$ ($n=105$ $r=0.397$ $P<0.01$)
 スポーツ群, $y=14.21x+979.02$ ($n=83$ $r=0.439$ $P<0.01$)

3. 運動実施状況

図5に前日の運動実施状況と体重あたりのBMRおよびLBMあたりのBMRの関係を示した。体重あたりのBMRにおいて, 「運動あり」は「運動なし」と比較して有意($P<0.05$)な高値を示した。LBMあたりのBMRにおいて, 「運動あり」は「運動なし」と比較して高値を示したが, 差は認められなかった。

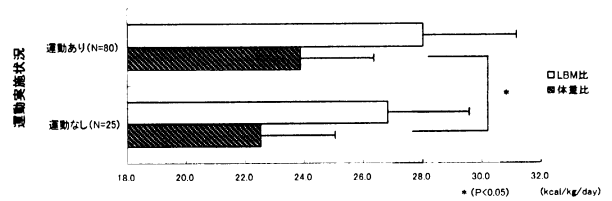


図5 体重, LBMあたりのBMRと運動実施状況の関係(全員)

図6にスポーツ群の運動実施状況と体重あたりのBMRおよびLBMあたりのBMRの関係を示した。「運動あり」と「運動なし」の体重およびLBMあたりのBMRはほぼ同じ値であった。

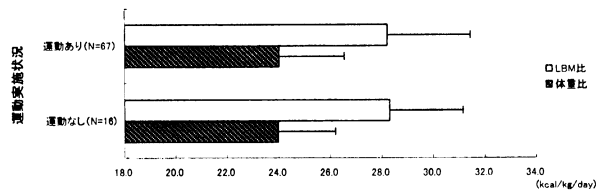


図6 体重, LBMあたりのBMRと運動実施状況の関係(スポーツ選手群)

図7に全員の運動実施状況と起床時心拍数の関係を示した。「運動あり」は「運動なし」と比較して有意($P<0.05$)な高値を示した。

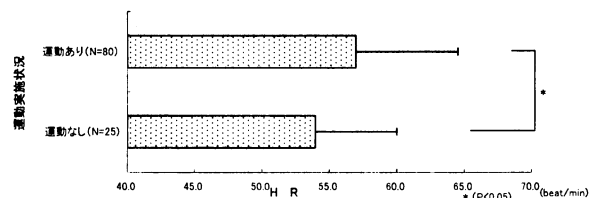


図7 起床時心拍数と運動実施状況の関係(全員)

図8にスポーツ群の運動実施状況と起床時心拍数の関係を示した。「運動あり」は「運動なし」と比較して高値を示したが, 差は認められなかった。

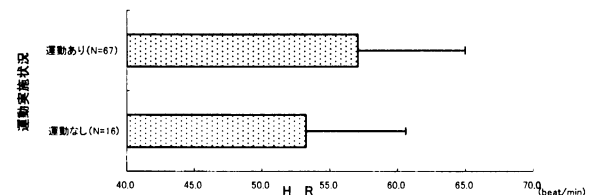


図8 起床時心拍数と運動実施状況の関係(スポーツ選手群)

4. 疲労感

図9に前夜の主観的疲労における, 体重あたりのBMRおよびLBMあたりのBMRの関係を示した。体重あたりのBMRおよびLBMあたりのBMRは, 「非常に疲れている」が最も高く, 「疲れていない」で最も低い値を示したが, 差は認められなかった。

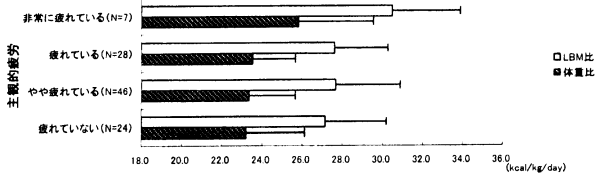


図9 体重, LBMあたりのBMRと前夜の主観的疲労の関係

図10に起床時の疲労感における, 体重あたりのBMRおよびLBMあたりのBMRの関係を示した. 体重およびLBMあたりのBMRは, 「感じる」が最も高く, 「やや感じる」で最も低い値を示した. 体重あたりのBMRにおいて, 「感じる」は「やや感じる」と比較して有意 ($P < 0.05$) な高値を示した.

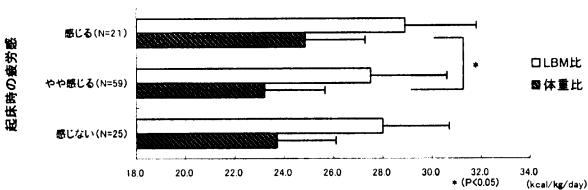


図10 体重, LBMあたりのBMRと起床時の疲労感の関係

図11に前夜の主観的疲労と起床時心拍数との関係を示した. 「非常に疲れている」が最も高く, 「疲れていない」で最も低い値を示した. 「非常に疲れている」は「疲れていない」, 「やや疲れている」と比較して有意 ($P < 0.05$) な高値を示した.

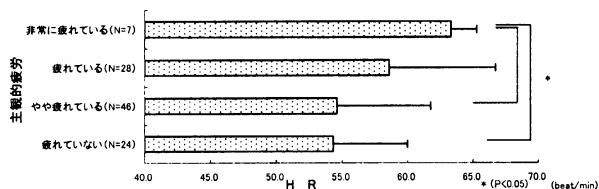


図11 起床時心拍数と前夜の主観的疲労の関係

図12に起床時の疲労感と起床時心拍数の関係を示した. 「感じる」が最も高く, 「感じない」で最も低い値を示したが, 差は認められなかった.

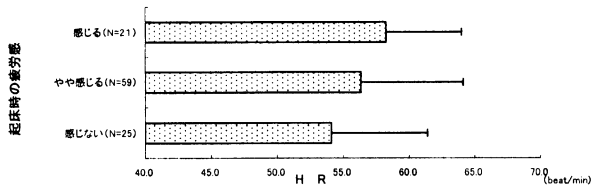


図12 起床時心拍数と起床時の疲労感の関係

IV. 考察

1. BMRと身体組成

肥満などの生活習慣病を予防する対策の一つとして, 20歳以降の加齢に伴うBMRの低下を抑えることが必要である. そのためには筋量の減少と細胞の代謝活性レベルの低下を防ぐことが重要となる. BMRを維持・増加させるためには, 筋肉の維持・増量に有効なレジスタンストレーニングに, 筋肉のエネルギー代謝機能の維持・増大に有効な持久力トレーニングを加えることによって効果があるとされている (Williams et al. 1995).

本研究におけるBMRは, 体重が重い傾向にある群では高値を示し, 逆に体重の軽い群は低値を示す傾向にあった. しかし, 体重あたりのBMRは, 中間群が最も高く, 非運動群で最も低かった. また中間群は, レジスタンス群と非運動群と比較して有意 ($P < 0.05$) な高値を示した. これらのことからスポーツ選手は, 日頃運動を行っていない者よりも体重あたりのBMRは高値を示すものと思われる. また, レジスタンストレーニングを主として行うよりも, 持久性トレーニングを主として行うことによって, 体重あたりのBMRを高めることができると考えられる. さらに, 持久力群より中間群が高値を示したことから, レジスタンストレーニングによって筋量が増加し, 持久力トレーニングによって筋細胞の代謝活性レベルが上昇したことにより, 体重あたりのBMRを高めることができたものと推察される.

柏崎 (1997) によれば, 肥満に伴って体重あたりのBMRが低くなることは一般的に認められているが, 肥満群と正常体重群におけるLBMあたりのBMRを比較した場合にはその差が認められないことが報告されている. 本研究における, LBMあたりのBMRは, 4群間に差は認められなかった. このことは, 柏崎 (1997) の研究報告を支持する結果となり, スポーツ選手と一般人ではLBMあたりのBMRにおいて差がないことが明らかとなった.

BMRに対して, 体脂肪量が与える影響は少ないことがいくつかの先行研究で報告されている.

Miller (1952) は, 体重およびLBMはBMRと正の相関があり, その中でもLBMで高い相関があることを示した. この原因をTzankoff et al. (1977) は, 筋肉や内臓などの代謝活性の高い組織に強く左右され, 脂肪や体液などの代謝活性が比較的低い組織の影響は少ないためと報告している. しかし本研究の結果では, 体重およびLBMあたりのBMRにおいて, 有意 ($P < 0.01$) な正の相関関係が認められたものの, 体重の方が高い相関関係を示した. 中村 (1980) によると脂肪量が代謝に影響する割合は意外に高く, 除脂肪組織で26kcal/kgに対し, 脂肪組織では17kcal/kgの推定値を得たと報告している. また田中 (1987) は, 長期間継続的にトレーニングを行っているスポーツ選手は, 様々なスポーツ種目特有の

体構成に変化することを報告している。これらのことから、スポーツ選手は日頃のトレーニング実施によって、様々なスポーツ種目特有の体構成となり、BMRの値は筋細胞の代謝だけではなく脂肪組織の代謝も影響し、その結果として体重の方が高い相関関係を示したものと考えられる。

櫻村ら(1990)は、同一体重であっても体脂肪率が高い者でBMRは低く、体脂肪率の低い者ではBMRが高い傾向があると報告している。このことから、体脂肪率の平均値が高い傾向にあったレジスタンス群、非運動群は、体脂肪の影響によって体重あたりのBMRが低値を示したものと思われる。また体重、体脂肪率とBMRの関係において、有意な正の重相関関係($P < 0.05 - 0.01$)が認められたことから、同一体重であれば、体脂肪率の低い者が体重あたりのBMRは高値を示すことが示唆された。これらのことから、最もBMRに影響する組織は筋細胞であると考えられた。

2. 運動実施状況

運動介入によるBMRへの影響に関する報告は多い。しかし、持久カトレーニングはBMRを増大させるとする報告(Broeder et al. 1992)と、BMRに影響しないとする報告(Thompson et al. 1996)の相反するものがある。Bielinski et al. (1985)によると、同様の運動によるBMR増加の個人差を報告しており、運動による反応が様々であることを示唆している。またDunn et al. (1999)は、運動トレーニングの効果は、活動量の違いによってBMRは異なると報告している。

本研究において、全員の前日における運動実施状況と体重あたりのBMR関係において、「運動あり」は「運動なし」と比較して有意($P < 0.05$)な高値を示した(図7)。この結果はいくつかの先行研究と同様の結果であったことから、ある程度個人差は生じるが、トレーニングを行うことで、活性組織の代謝の亢進によりBMRが高値を示す可能性があると考えられる。しかし、スポーツ群の前日における運動実施状況と体重あたりのBMRおよびLBMあたりのBMRはほぼ同じ値であったことから(図8)、長期間継続して運動を行っているスポーツ選手では、数日程度トレーニングを行わなかったとしてもBMRに影響することはないものと思われる。

3. 疲労感

BMRの厳密な測定条件として、前日の過労を避け、7時間以上の睡眠をとり、覚醒後30分を経過後、精神的にも安静な状態でなければならないと述べられている(中山ら1987)。

本研究では、スポーツ選手のBMRを測定するにあたり、前日の身体拘束は行わなかった。前夜の主観的疲労感による体重あたりのBMRおよびLBMあたりのBMR

においては、「非常に疲れている」が最も高く、「疲れていない」で最も低値を示した(図9)。起床時の疲労感における体重あたりのBMRで「感じる」は、「やや感じる」と比較して有意($P < 0.05$)な高値を示した(図10)。また、起床時心拍数は前夜の主観的疲労が、「非常に疲れている」の場合には「疲れていない」、「やや疲れている」と比較して有意($P < 0.05$)な高値を示した(図11)。このことからスポーツ選手は、通常のトレーニングによって、急性疲労および慢性疲労状態に陥っている可能性もあるものと考えられる。そのため、身体疲労によって起床時心拍数が増加し、BMRにも影響する可能性があると考えられる。これらのことから、スポーツ選手のBMRを測定する際には、疲労状態のない起床時心拍数を明確にし、疲労によって心拍数の増加がBMRに影響するかを検討することが必要であると思われた。

V. 文献

- Anders, M.S., Andes, H.F., Klass, R.W., Agneta, B.A., Jeanette, Jeanette, M. F. and Leif, M.H. (1996) The influence of physical activity on BMR. *Med. sci. Sports exerc.* 28:85-91.
- Bielinski, R., Schutz, Y. and Jequier, E. (1985) Energy expenditure and post-exercise recovery in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 42: 69-82.
- Broeder, C.E., Burrhus, K.A., Svanvik, L.S. and Wilmore, J.H. (1992) The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am. J. Clin. Nutr.* 55:802-810.
- Clark, H.D. and Hoffer, L.J. (1991) Reappraisal of the resting metabolic rate of normal young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 53:21-26.
- Dauncey, M.J. (1980) Metabolic effects of altering the 24h energy intake in man using direct and indirect calorimetry. *Br. J. Nutr.* 43:257-269.
- Dunn, A.L., Marcus, B.H., Kamper, J.B., Garcia, M.E., Kohl, H.W. and Blair, S.N. (1999) Comparison of lifestyle and structured interventions to increase physical activity and cardiorespiratory fitness. *J.M.A.A.* : 327-334.
- 平川文江・松本義信・小野章史・松枝秀二・守田哲郎・長尾光城・長尾憲樹(1998) 若年女性のレジスタンストレーニングが体組成と安静時代謝量におよぼす影響. *川崎医療福祉学会誌* 8(2) : 353 - 359.
- Henry, C.J.K. (2000) Mechanisms of changes in basal metabolism during ageing. *Eur. J. Clin. Nutr.* 54: S77 - S91 review.
- 細谷憲政 編著(2001) 今なぜエネルギー代謝か. 第一出版: 東京, 97 - 99.
- 河谷正光(1995) 運動選手の基礎代謝量に就いて. *体育*

- 学研究 14 : 56 - 61.
- 樫村修生・中井誠一・芳田哲也・伊藤孝 (1987) 種々のスポーツにおける基礎代謝量. 日本衛生学雑誌 42 : 809 - 814.
- 樫村修正 (1990) 体構成成分を考慮した男性運動鍛錬者の基礎代謝量. 長野体育学研究 (4) : 11 - 18.
- Kasiwazaki, H. (1990) Seasonal fluctuation of BMR in populations not exposed to limitations in food availability availability reality or illusion? Eur. J. Clin. Nutr. 44 (supp 1) : 85 - 93.
- 柏崎浩 (1997) エネルギー所要量の歴史と現状・栄養所要量・基準量と食生活ガイドライン. 建帛社・東京 : 61 - 125
- 厚生労働省 策定 : 日本人の食事摂取基準 2005 年版・第一出版
- Miller, A. T. J. R. and Carl, S. Blyth (1952) Estimation of lean body mass and body fat from basal oxygen consumption and creatinine excretion. J. Appl. physiol. 5 : 73 - 78
- 増田隆・今井克己・小宮秀一 (1993) 鍛錬者と非鍛錬者の基礎代謝量 - 基礎代謝量に及ぼす運動トレーニングの影響 - . 中村学園研究紀要 (25) : 149 - 153.
- 武政睦子・松枝秀二・松本義信・小野章史・平川文江・守田哲郎・長尾憲樹・長尾光城 (1998) トレーニング習慣のある男女の体組織と安静時代謝量. 川崎医療福祉学会誌 8 (1) : 187 - 191.
- 松枝秀二・小野章史・松本義信・平川文江・平田圭・守田哲郎・長尾憲樹・長尾光城 (2001) 8 週間の低強度有酸素運動が運動習慣のない若年女性の体組成と基礎代謝量に与える影響. 栄養学雑誌 59 (5) : 223 - 239.
- 中山昭雄・入夾正躬 (1987) 新生理科学体系 (第 22 巻) エネルギー代謝, 体温調整の生理学. 医学書院 : 56 - 74
- 中村正 (1980) 体重当たり基礎代謝値の体重の大小による変動の補正についての解説. 栄養学雑誌 38 (1) : 53 - 61.
- Polehlman, E. T. A. (1989) review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. Med. Sci. Sport. Exerc. 21 : 515-525.
- 島田美恵子・西牟田守・児玉直子・吉武裕 (2004) 早朝空腹時に仰臥位安静で測定した消費エネルギーとその再現性について. 体力科学 53 : 83 - 92.
- Seppo, S. Timo, S. Markku, K. and Jaakko, K. (1993) : Increased life expectancy of world class male athletes. Med. Sci. Sports. Exerc. 25 : 237-244.
- Thompson, J. L., Manore, M. M. and Thomas, J. R. (1996) Effects of diet and diet-plus-exercise programs on resting metabolic rate: meta analysis. Int. J. sport. Nutr. 6 : 41-61.
- Thompson, J. L. (1998) Energy balance in young athletes. Int. J. sport. Nutr. 8 : 160-174.
- 田中信雄・千賀康利・黛誠・辻田純三・堀清記 (1980) 大学生の体格、体型に及ぼす身体運動の影響. 体育学研究 25 : 215 - 232.
- Tzankoff, S. P. and A. H. Norris. (1997) Effects of muscle mass decrease on age-related BMR changes. J. Appl. physiol. 43(6) : 1001-1006
- Williams, C. L., Bollella, M., EL. (1995) A new recommendation for dietary fiber in childhood. Pediatrics 96 : 985-958.