

有酸素運動（Aerobics）を中心にした一般教養
体育実技の有効性と限界について

— 第一報：血液組成と体組成におよぼす影響 —

西澤 昭，田原靖昭，管原正志，今中国泰

（1990年10月31日受理）

Validity and Limitation of Aerobic Exercise Opened
in University General Physical Education Class
— 1st Report. On Blood and Physical Composition —

Sho NISHIZAWA, Yasuaki TAHARA, Masashi SUGAHARA
and Kuniyasu IMANAKA

Abstract

Aerobic exercise class was opened and blood and physical composition were examined. Results indicated that no significant improvement on measured items was observed. Frequency of participation is suggested to be increased or class goal should be stressed on student's ability to perform aerobics for his/her life span with strong motivation. Measurement of skinfold to estimate body fat was also shown to be effective.

I. 緒 言

現今の大学教養課程における一般体育実技では、なんらかのスポーツ種目を実施している場合が多い^{9, 10, 13)}。しかし、スポーツを実施した時に体育の教育目標を実現する上での限界も指摘されている^{6, 6)}。

一方、現代の死因では成人病が70%近くを占めている¹²⁾。成人病には生活習慣が深く関わっていることから、運動を日常生活にとり入れ、適正な方向へ習慣を変えていくことで成人病の予防に役立つことが考えられる。又、成人病予防に効果的な運動は有酸素運動（エアロビクス）と呼ばれる、最大酸素摂取量の60-70%強度の運動であることが報告されている^{2, 7)}。このことより、もし体育実技の目標に身体の健康の保持増進、特に成人病予防を設定した場合、有酸素運動を理解し実行できる能力を習得することはきわめて大切である。このような状況を

一因として、本学では初めての試みであるが、教養課程の一般体育実技として、スポーツ種目ではないコンディショニングクラスを開講、実施した。健康に役立つことを第一の目標にした場合の身体運動について理解させ実践させようとするものである。又、身体運動ばかりでなく、成人病予防につながる知識を獲得させるため血液組成や体組成についての講義も実施し、関連することがらについては測定も実施して内容を理解させる一助とした。

以上のような観点から一般体育実技を行った場合、さまざまな制約のある中で、果してトレーニング効果が見られるのかどうか、あるいは学生の反応がどのようなものであるのかを知ることが重要であると考えられる。本研究ではこれらのことを明かにし、以降の体育実技授業の参考にする事を目的とした。

II. 方 法

1. 受講学生

平成元年前期は男子8名、女子10名の計18名であり受講生は医学部、歯学部の学生であった。

2. 授業形式

授業は平成元年前期に実施した。毎回の授業では、主にジョギングを有酸素運動として実施させた。心拍数が130-140拍になるような強度を理解させて、そのペースで約2500mをジョギングさせた。所用時間は個人により異なるが15-25分であった。その他に、毎回、本授業の目標に合うと思われるトピックについて筆者の内の一人が中心に講義を行い、また講義に関連のある形態や皮下脂肪厚については実習の形式で学生にも測定を行なわせた。

3. 測定項目

1) 形 態

形態の測定として、身長、体重、座高、腹囲、上腕囲、大腿囲、下腿囲、胸囲を計測した。計測は筆者の一人である熟練者(Y.T.)が行った。

2) 血液組成

コンディショニングクラス受講が血液組成にどのような影響を及ぼすかをみるために学期の前後に採血し組成の変化をみた。血液検査は通常の体育実技と直接関係がないと思われるため、事前に目的、意義、を説明し、経済的負担のないこと、及び検査を受けないことが成績に関係しないことを明確にした上で参加を依頼した。全員の参加は得られなかったが、参加者には同意書を提出してもらった。採血は前期開始直後の4月26日と、夏休みに入ると授業の途絶えることから、夏休み直前の7月5日の二回実施した。項目は、①血液細胞学的検査として赤血球数、白血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット値、②脂質代謝に関係する総コレステロール、HDL-コレステロール、中性脂肪、③酵素のGOT、GPT、コリンエステラーゼ、LDH、CPK、 γ -GTP、④無機成分として血清鉄、総鉄結合能、マグネシウム、の16項目である。採血は保健管理センターにて実施し、分析は同センターを通じて長崎大学附属病院検査部および九州微生物研究所に依頼した。

3) 皮下脂肪厚

皮下脂肪厚は、形態測定を行った熟練者 (Y.T.) が補正された (10g/mm²) 栄研式皮脂厚計により Behnke and Wilmore³⁾ の方法によって測定した。測定の箇所は Tricept, Scapula, Abdominal, Supra-iliac, Chest, Thigh, Knee, Axilla の 8 部位である。なお、学生にペアを組ませ、お互いの Tricept と Scapula を測定させた。

4) 体脂肪率

体脂肪率の測定は水中体重秤量法によった。36-38℃の温水タンク (直径 120 cm, 高さ 160 cm) の中にロードセルに吊した椅子を設置し、その上に被験者を最大呼気後に座らせて水中体重を測定した。測定は三度実施し、最も大きな水中体重を測定値とした。肺残気量 (RV) はタンク外で FUKUDA 社製の FRC コンピューター (COMF-100) により求めた。体脂肪率を求めるために必要な身体密度 (BD) は次式によった。

$$BD = \frac{\text{体 重 (空気中)}}{\frac{\text{体 重 (空気中)} - \text{体 重 (水中)}}{\text{水 の 密 度}}} - RV$$

上式で得られた身体密度を用いて、体脂肪率 (% Fat) は Brožek⁴⁾ にならない次の予知式で求めた。

$$\% \text{ Fat} = (4.570 / BD - 4.142) \times 100$$

5) 1日のエネルギー消費量計算

月曜日から金曜日のうちの任意の一日について、生活時間調査表に分単位で労作・行動を書き込ませ、それぞれの労作に対するエネルギー代謝率とその労作の継続時間との積の合計から1日のエネルギー消費量計算を算出させた。これは授業外の課題として実施し、成績算出の一部とした。なお、消費量計算に誤りが無いかどうかを、筆者の一人である M. S. が確認した。

6) アンケート

以下の項目について7段階 (1: 消極的反應-たいへんきらい, ない, わるい等, 7: 積極的反應-たいへんすき, ある, よい等) のスケールで応答してもらった。

① 有酸素運動の理解に対する自己評価, ② 将来における有酸素運動実施希望の程度, ③ ジョギングに対する好みの程度, ④ ウォーキングに対する好みの程度, ⑤ 血液組成測定の有効性, ⑥ 血液組成についての講義, ⑦ カロリー計算理解の有益性, ⑧ 皮下脂肪厚による体脂肪率推定, ⑨ トレッドミル, および自転車エルゴメーター経験, ⑩ 最大酸素摂取量の測定, ⑪ 水中体重法による体脂肪率推定, ⑫ 採血の負担の程度, ⑬ カロリー計算のための時間的拘束, ⑭ 水中体重測定 of 負担の程度。このアンケートは前期の最後の授業日に実施した。

III. 結果及び考察

1. 被験者について

被験者の年齢は男子が 21.4 ± 3.4 歳, 女子が 19.4 ± 0.7 歳であった。男子には 29 歳の学生が含まれていたことが年齢の平均値, 標準偏差を大きくしていると考えられるが, この年齢要

因がその他の測定値に影響を及ぼすとは考えられないのでこのデータも含めて考察をしている。形態では男子の平均身長が166.8 cm, 女子は161.3 cm, 体重はそれぞれ57.5 kgと51.7 kgであった。

2. 血液組成

授業で実施した有酸素運動が血液組成に及ぼす影響をみるために各項目について学期の前後で比較をした。性差と学期前後の測定との間に交互作用のある可能性も考えられることから、性別を群間比較、学期前後の測定を関連比較とする分散分析を用いて差の有無を検討した。各測定項目につき、性別、学期前後別の平均値と標準偏差を表1-4に示した。

表1. 性別・前後別の血球数

		赤血球数 ($\times 10^6/\mu\ell$)				白血球数 ($\times 10^3/\mu\ell$)	
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	4.84	4.95	<u>Male</u>	Mean	7.26	8.61
	S. D.	0.314	0.295		S. D.	2.14	3.13
	N	8	8		N	8	8
<u>Female</u>	Mean	4.32	4.36	<u>Female</u>	Mean	5.94	6.26
	S. D.	0.243	0.238		S. D.	0.93	1.29
	N	8	8		N	8	8
Total		4.58	4.66	Total		6.60	7.44

		ヘモグロビン (g/dl)				ヘマトクリット (%)	
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	15.50	15.63	<u>Male</u>	Mean	46.44	47.33
	S. D.	0.73	0.78		S. D.	2.49	2.34
	N	8	8		N	8	8
<u>Female</u>	Mean	13.25	13.36	<u>Female</u>	Mean	39.75	40.45
	S. D.	0.50	0.85		S. D.	1.64	2.35
	N	8	8		N	8	8
Total		14.38	14.49	Total		43.09	43.89

①血球計数では、よく知られているように、赤血球数 ($F=19.456$; $df=1,14$; $p<0.001$), ヘモグロビン ($F=48.932$; $df=1,14$; $p<0.001$), ヘマトクリット値 ($F=46.475$; $df=1,14$; $p<0.001$) で主要因としての性差に有意な差がみられた。白血球数は2回目で増加したが ($F=5.714$; $df=1,14$; $p<0.05$), 有酸素運動が直接白血球数に影響を及ぼすことは考えにくく、コントロールしていない要因が作用したと考えられる。有意な交互作用は見られなかった。

表 2. 性別・前後別の脂質代謝の血液値

		総コレステロール (mg/dℓ)				HDL-コレステロール (mg/dℓ)	
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	181.4	173.6	<u>Male</u>	Mean	52.4	53.4
	S. D.	35.3	28.2		S. D.	13.4	11.6
	N	8	8		N	8	8
<u>Female</u>	Mean	188.7	181.5	<u>Female</u>	Mean	62.1	54.9
	S. D.	36.2	32.8		S. D.	15.1	12.8
	N	8	8		N	8	8
Total		185.1	177.6	Total		57.3	54.2

		中性脂肪 (mg/dℓ)	
		1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	123.2	114.6
	S. D.	86.2	74.2
	N	8	8
<u>Female</u>	Mean	79.7	102.6
	S. D.	30.2	55.6
	N	8	8
Total		101.5	108.6

② 脂質代謝に関する総コレステロール、中性脂肪では有意な主効果、交互作用はみられなかった。HDL-コレステロールは2回目の測定で値が低下した ($F=6.639$; $df=1,14$; $p<0.05$)。有酸素運動に体が適応してくると通常は総コレステロール、中性脂肪の値が減少し、HDL-コレステロールは増加の傾向になることが報告されている^{8, 10)}。しかし今回の測定では変化がみられないかあるいは予期されているのとは逆方向へ変化していく結果が得られた。有酸素運動の効果出現のためには一週間に少なくとも二回もしくは三回の頻度で実施することが推奨されている¹⁾ことから、週一回の実技授業では効果がみられるまでには至らなかったことが考えられる。

表3. 性別・前後別の酵素系の血液値

		G O T (カーメン)				G P T (カーメン)	
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	17.0	14.6	<u>Male</u>	Mean	10.7	10.4
	S. D.	5.2	2.8		S. D.	3.7	4.1
	N	8	8		N	8	8
<u>Female</u>	Mean	15.2	14.1	<u>Female</u>	Mean	9.1	8.6
	S. D.	2.6	1.8		S. D.	2.5	1.8
	N	8	8		N	8	8
Total		16.1	14.4	Total		9.9	9.5

		コリンエステラーゼ (Δ pH)				L D H (Wroblewski)	
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	1.011	1.009	<u>Male</u>	Mean	328.1	333.3
	S. D.	0.145	1.148		S. D.	75.2	108.4
	N	8	8		N	8	8
<u>Female</u>	Mean	0.833	0.819	<u>Female</u>	Mean	356.6	317.5
	S. D.	0.136	0.138		S. D.	52.7	56.1
	N	8	8		N	8	8
Total		0.922	0.914	Total		342.4	325.4

		C P K (μ g/dl)				γ -G T P (Iu/l)	
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	81.0	76.7	<u>Male</u>	Mean	20.8	19.9
	S. D.	81.3	47.7		S. D.	14.8	18.9
	N	7	8		N	8	8
<u>Female</u>	Mean	66.6	36.3	<u>Female</u>	Mean	14.1	10.9
	S. D.	23.2	8.5		S. D.	5.5	2.9
	N	8	8		N	8	8
Total		73.3	56.5	Total		17.4	15.4

③ 酵素の GOT, GPT, CPK, γ -GTP には主要因, 交互作用とも有意な差は出現しなかった。コリンエステラーゼは有意な性差を示した ($F=7.057$; $df=1,14$; $p<0.05$)。LDH は主効果では有意な差を生じなかったが, 交互作用は有意であった ($F=5.545$; $df=1,14$; $p<0.05$)。Scheffe test により, これは女子の二回目の値の小さかったことを示している。性差と関連して変化の見られる傾向にあったが, 有酸素運動との関係で論じるには困難があると思われる。

表 4. 性別・前後別の無機成分の血液値

血清鉄 ($\mu\text{g}/\text{dl}$)				総鉄結合能 ($\mu\text{g}/\text{dl}$)			
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	95.5	105.1	<u>Male</u>	Mean	364.0	361.0
	S. D.	37.5	51.5		S. D.	40.8	45.0
	N	8	8		N	8	8
<u>Female</u>	Mean	87.8	77.5	<u>Female</u>	Mean	398.5	413.5
	S. D.	27.5	27.3		S. D.	50.7	42.4
	N	8	8		N		
Total		91.6	91.3	Total		381.3	387.3

マグネシウム (mg/dl)			
		1 st	2 nd
<u>Male</u>	Mean	2.30	2.26
	S. D.	0.13	0.13
	N	8	8
<u>Female</u>	Mean	2.30	2.26
	S. D.	0.13	0.13
	N	8	8
Total		2.30	2.26

④ 無機成分は血清鉄で、主要因、交互作用とも有意差はなく、総鉄結合能では有意な交互作用 ($F=5.876$; $df=1,14$; $p<0.05$) のみが女子の二回目の値で出現した。マグネシウムは主効果として二回目の値が有意に小さくなっている ($F=4.543$; $df=1,14$; $p<0.05$)。血清の無機成分に及ぼす有酸素運動の影響については未だ明らかになっていない点が多く、今後の調査、研究が待たれるところである。

3. 皮下脂肪厚

熟練者と未熟練者である学生の測定した Triceps 及び Scapula の皮下脂肪厚の値を表 5 に示す。皮下脂肪厚測定の客観性を調べるために、男子学生 6 名、女子学生 5 名、計 11 名について、熟練者と、未熟練者である学生が測定した値とを比較した。熟練者は一人で 11 名を、学生は 11 名がお互いを測った訳である。男女別、さらに Triceps, Scapula の部位別について熟練者と学生の値に差が無いかどうかを、相関する t 検定で調べてみたが、有意な差はみられなかった。次に、11 名について、熟練者の測定した値と、学生の測定した値の相関をみてみると、Triceps では $r=0.866$, Scapula では $r=0.889$ のかなり高い相関を示した。このことは体脂肪率を推定するのに簡便な方法として用いられている皮下脂肪厚の測定が、かなり短い期間でトレーニングされ得ることを示していると言えよう。

Table 5. Means and Standard Deviations of skinfold Measured by Expert and Student

EXPERT				STUDENT			
		1 st	2 nd			1 st	2 nd
Male	Mean	8.3	10.8	Male	Mean	10.1	12.9
	S. D.	3.92	4.61		S. D.	5.23	9.00
	N	8	8		N	6	6
Female	Mean	15.3	14.3	Female	Mean	17.7	16.7
	S. D.	5.48	3.44		S. D.	5.72	5.37
	N	8	8		N	6	6

4. 体脂肪率（水中体重秤量法）

水中体重秤量法により体脂肪率を求めた。男子学生 7 名の平均は $14.5 \pm 7.0\%$ であり、女子学生 5 名の平均では $21.3 \pm 5.4\%$ であった。北川ら¹³⁾による、同年齢の一般日本人男女の値とほぼ変わらないものであった。

5. 一日のエネルギー消費量の計算

各学生に課題として一日のエネルギー消費量を算出させた。男子学生 ($n=7$) の平均は 2297 ± 388 kcal, 女子学生 ($n=10$) の平均は 2115 ± 373 kcal であり、この年齢の標準値¹⁵⁾である男子 2700, 女子 2100 kcal と比べると、男子で少ない傾向を示した。

6. アンケート調査

14 の項目について 7 段階 (1: 消極的反應-たいへんきらい, ない, わるい等, 7: 積極的反應-たいへんすき, ある, よい等) のスケールで応答してもらい、それぞれの回答数と 7 段階スケール回答の平均値を求めた。

- ① 有酸素運動の理解に対する自己評価
(n=13, mean=4.7).
- ② 将来における有酸素運動実施希望の程度
(n=12, mean=4.6).
- ③ ジョギングに対する好みの程度
(n=11, mean=3.6).
- ④ ウォーキングに対する好みの程度
(n=12, mean=3.6).
- ⑤ 血液組成測定の有効性
(n=10, mean=3.8).
- ⑥ 血液組成についての講義
(n=11, mean=5.0).
- ⑦ カロリー計算理解の有益性
(n=11, mean=4.5).
- ⑧ 皮下脂肪厚による体脂肪率推定
(n=10, mean=4.4).
- ⑨ トレッドミル, および自転車エルゴメーター経験
(n=12, mean=4.1).
- ⑩ 最大酸素摂取量の測定
(n=9, mean=3.8).
- ⑪ 水中体重法による体脂肪率推定
(n=8, mean=4.3).
- ⑫ 採血の負担の程度
(n=11, mean=3.6).
- ⑬ カロリー計算のための時間的拘束
(n=11, mean=4.0).
- ⑭ 水中体重測定の負担の程度
(n=8, mean=5.5).

血液組成の講義, 有酸素運動の理解や実施の希望, カロリー計算, 皮下脂肪厚による体脂肪率推定などに積極的に反応しているが, 実際に経験や実行の伴う, 水中体重測定, 最大酸素摂取量の測定, ジョギング, ウォーキングなどには消極的な反応を示すことが明らかになった. スポーツとは関係の無い有酸素運動をいかに楽しく行わせるかということも大切な課題であることがあきらかになった.

IV. まとめ

1. 最大酸素摂取量の50-70%に相当すると思われる強度の有酸素運動を中心にした, 週一回, 半期間の実技では, 脂質代謝を含む16項目の血液組成に, 運動の効果と思われる変化はみられなかった. このことから, 教養課程体育実技の有酸素運動のみで血液組成, さらに

体組成を変えていくことは困難であることが明らかになった。もし体育実技により有酸素系のトレーニング効果を期待する場合には実技の回数を増やす方策をとる必要があろう。授業回数の増加が望めない場合には、有酸素運動の意義、内容、方法等を理解させ、将来にわたり自分で実施していける能力を獲得させることを授業の目標にすべきであることが示唆された。

2. 皮下脂肪厚の測定の客観性が、熟練者である教官の測定値と学生の測定値を比較することにより検討された。二者の測定値間では差がなく、相関も高いことから、体脂肪率を推定するのに簡便な方法として用いられている皮下脂肪厚の測定が、かなり短い期間でトレーニングされ得ることが示された。

3. 受講学生に対するアンケート調査の結果により、有酸素運動を実行、経験するよりは、有酸素運動の意義や血液組成の理解、カロリー計算、皮脂厚による体脂肪率推定などの学習のほうに積極的に反応しているが明らかになった。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、本学保健管理センターの湯川幸一先生には実際の講義を、中村ハツ子看護婦長はじめ看護婦の方々には採血を、所長の小路敏彦先生及び石井伸子先生には御助言を頂きましたことを深く感謝致します。また、参加して頂いた学生諸君の御協力にも感謝の意を表します。

V. 文 献

- 1) American College of Sports Medicine. Position statement on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 10, 7-10, 1978.
- 2) アメリカスポーツ医学協会編, 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳. 運動処方 の指針. pp. 40-46, 南江堂, 1989.
- 3) Behnke, A. R. and Wilmore, J. H. Evaluation and regulation of body build and composition. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1974.
- 4) Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T., and Keys, A. Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140, 1963.
- 5) 大学基準協会, 保健体育のあり方研究委員会報告, 1988.
- 6) 全国大学体育連合基本構想検討委員会. 新しい基本構想にむけて. *大学体育*, 16 (3), 7-17, 1990.
- 7) 池上晴夫. 運動生理学. pp 140-145, 朝倉書店, 1987.
- 8) 伊藤朗編. 図説・運動生化学入門. pp. 51-54, 医歯薬出版, 1987.
- 9) 片尾周造. 横浜市立大学の体育教育の実践をふまえて. *体育の科学*, 33, 289-292, 1983.

- 10) 梶山彦三郎. 福岡大学における体育の現状. 体育の科学, 33, 289-292, 1983.
- 11) 北川 薫. 肥満者の脂肪量と体力, 杏林書院, 東京, 1984.
- 12) 厚生統計協会. 厚生指標: 国民衛生の動向, 1989.
- 13) 窪田 登. 早稲田大学における正課体育の現状と課題. 体育の科学, 33, 127-130, 1983.
- 14) 寺尾 保. 運動と脂質代謝. 臨床栄養, 65, 503-507, 1984.
- 15) 東京都立大学身体適性学研究室編. 日本人の体力標準値, 第三版. pp. 416-417, 不味堂出版, 1980.