

児童の循環機能に関する研究

—形態および機能と心拍数の変化についての逐年的検討—

高 倉 正 樹

目 次

1. 緒 言
 2. 測定方法
 3. 測定結果
 4. 考 察
 5. 総 括
- (参考文献)

1. 緒 言

心拍数が、心臓の機能を知る上で重要な指標であることが、よく知られている。Astrand¹⁾や山地ら²⁾は、心拍数と最大酸素摂取量の相対的割合に比例関係があると述べており、心拍数を分析すれば、最大酸素摂取量を測定しなくても心臓機能を評価するのに充分であるとしている。

発育時期に、ある人の体力の形態、機能および循環機能のテストに関する研究は、いままでに数多く報告されているが、それらの研究は、主として横断的研究が多い^{3),4),5),6)}。

心拍数や呼吸、循環機能を縦断的に検討した資料として、高倉等⁷⁾および山地等⁸⁾が、陸上競技の中、長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響について、検討しているのみである。

筆者は、山口県徳山市立岐山小学校の生徒の測定を、過去6年間にわたり

同一被検者について実施してきたが、今回は、それらの実験資料をもとにして、最初の3年間分（第1学年～第3学年まで）の体力の推移を分析し、さらに形態、機能および循環機能の面から、小学校の体的特徴を検討することを試みたので報告する。

2. 測定方法

① 測定期日と測定者数

測定を行うにあたって、その環境的条件をできるだけ一定の状態にするため、測定を行う期日は、第1回目が昭和53年5月22・24日、第2回目が昭和54年5月22・23日、そして第3回目が昭和55年5月21・22日の各年の5月とした。測定項目が多いため、計測者は、筆者と徳山大学陸上競技部長距離部員10名とした。

被検者は、年齢が7歳から9歳までの男子生徒13名、そして女子生徒8名の合計21名を対象とした。

② 測定項目

(1) 形態面では、身長・体重・胸囲の3項目とした。

(2) 機能面では、握力・垂直とび・反復横とび・体前屈・肺活量・50M走の6項目とした。

(3) 循環機能面では、安静時の心電図電気軸と50M走を行った直後の心電図電気軸を測定し、それ以外に安静時の3分間の椅座休息の心拍数を取り、50M走運動時の心拍数、そして回復時の心拍数を3分間とり、各々の計測とした。

心臓電気軸の心電図のうち図1心臓X線写真、図2被検者I・S君の心電図は、フクダ電子製3素子の心電図計を用い、50M走行前後とも仰臥位において標準に誘導を記録した。図3心拍数の心電図記録には、医用テレメータ（日本光電製、ZB-141G型）を使用し、胸部誘導法により行った。心拍数の計測方法^{註1)}としては、15秒間のR-R間隔数を数え、その値を1分間に換算

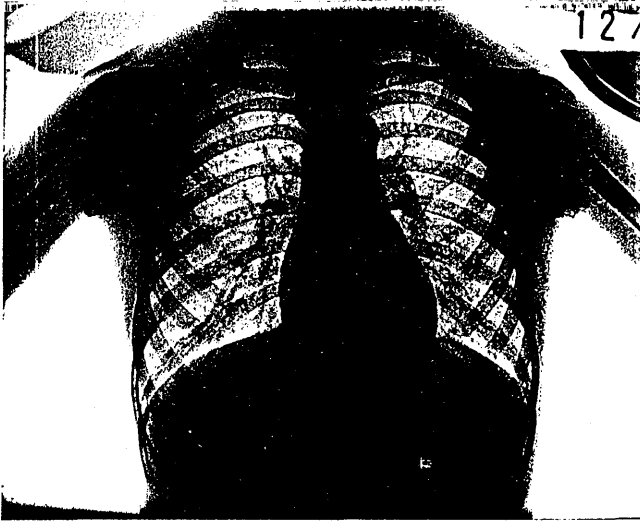
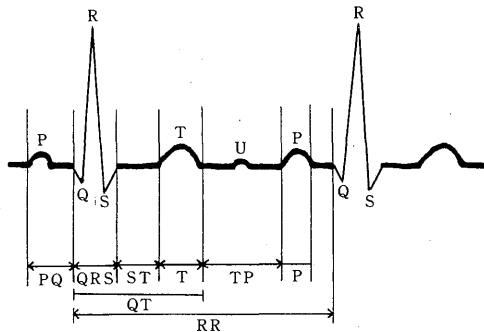


図1 被検者I.Sの心臓X線写真

注1) 正常心電図棘波及び間隔



(論文中にある語句の説明)

- ① P : 心房の興奮を現わす。
- ② PQ : Pの始めからQの始まるまでは、房室間の興奮伝導時間に相当する。
- ③ QRS : 心室収縮時間。
- ④ RR : 洞性頻脈による心臓周期
- ⑤ T : 室部の最後の部分のゆるい波で、後期動揺 (terminal deflexion) という。
- ⑥ ST : QRSにつきTの始めまでの直線部分。

出所：現代保健体育学大系7 運動生理学, 3章 運動と循環の生理 7. 心電図, p. 84.

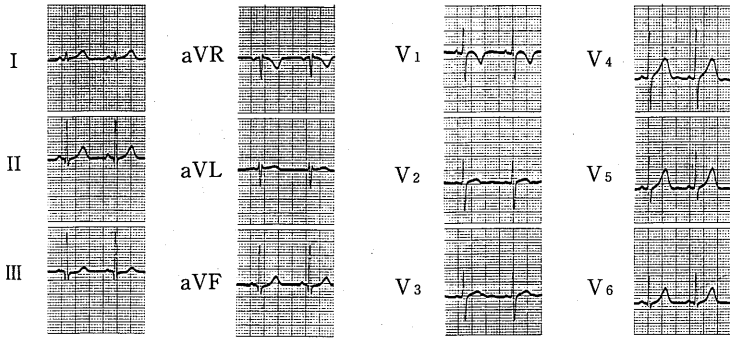


図 2 被検者 I. S の安静時心電図

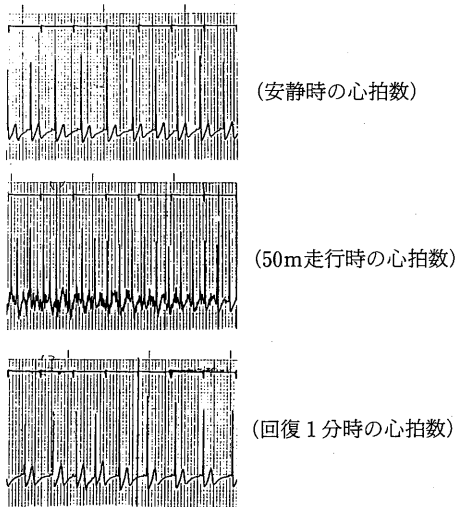


図 3 テレメーターによる心電図の記録

して行った。

3. 測定結果

① 過去3年間の形態および機能的変化について

3年間にわたる体力の形態および機能面の測定値を測定項目ごとに求めた結果は表1・2・3および図4・5に示したとおりである。さらに、3回の測定間の有意差の検定を行った結果は、表4・5に示したとおりである。

3回の測定の男子生徒の場合をみると、握力の1年時と2年時、2年時と3年時では有意差はなく、また体前屈の1年時と2年時・3年時、および2年時と3年時についても有意差はみとめられなかった。

女子生徒の場合は、体重の1年時と2年時、胸囲、握力、垂直とび、体前屈、肺活量の2年時と3年時、そして50M走時の測定の間には、有意差がみとめられなかった。

男子生徒、女子生徒をまとめて全体でみると、握力の1年時と2・3年時、体前屈の1年時と2・3年時、および2年時と3年時の間では、有意差がみとめられなかった。それ以外では、各項目とも有意差がみとめられた。また、体重、胸囲、握力、垂直とび、反復横とび、肺活量および50M走において、1年時と3年時の測定の間には大きく、有意の差がみとめられ、徐々に増加する傾向を示した。

各学年の男子生徒と女子生徒の有意差としては、握力の1年時と2年時、垂直とびの2年時、反復横とびの2年時および、50M走の1年時と3年時において、両者の間に、有意差がみとめられた。しかし、それ以外の項目については、有意差はみとめられなかった。

② 形態および機能からみた増加率の比較について

図6は、形態の身長、体重と胸囲そして機能の握力、垂直とび、反復横とび、体前屈、肺活量および50M走の増加率を、検討したものである。1年時から2年時までと、1年時から3年時までの増加率をみると、身長、体重、胸

表 1 形態および機能からみた体力測定値の比較 (男子生徒13名)

測定項目 測定 学年(年度)	身長	体重	胸囲	握力	垂直とび	反復横とび	体前屈	肺活量	50 m 走
1 年時 (53年)	116.0±3.9cm	20.4±2.0kg	57.1±1.8cm	10.8±1.7kg	21.6±1.4cm	23.5±4.3回	7.4±2.7cm	1205.4±202.4c.c	10" 9±0.6秒
	1.081	0.555	0.499	0.471	0.388	1.192	0.749	56.129	0.166
2 年時 (54年)	121.2±4.1	22.7±2.0	58.9±1.2	11.9±2.0	25.7±1.9	29.6±3.0	9.5±3.2	1542.3±196.0	10" 2±0.6
	1.137	0.555	0.333	0.555	0.527	0.832	0.887	54.354	0.166
3 年時 (55年)	126.3±4.1	25.1±2.3	60.3±1.5	13.3±2.1	30.1±3.9	35.1±4.0	8.8±4.2	1673.1±146.3	9" 7±0.3
	1.137	0.638	0.416	0.582	1.082	1.109	1.165	40.571	0.083

表 2 形態および機能からみた体力測定値の比較 (女子生徒 8 名)

測定項目 測定 学年(年度)	身長	体重	胸囲	握力	垂直とび	反復横とび	体前屈	肺活量	50 m 走
1 年時 (53年)	116.1±3.3cm	20.6±1.4kg	56.0±1.9cm	8.9±1.6kg	19.3±2.8cm	20.9±2.4回	9.2±3.9cm	1092.5±169.7c.c	11" 7±0.7秒
	1.167	0.495	0.672	0.566	0.990	0.849	1.379	60.007	0.248
2 年時 (54年)	121.2±3.4	22.7±2.0	57.3±1.8	9.6±1.6	21.6±3.5	25.0±2.6	10.6±4.2	1443.8±164.8	10" 9±0.6
	1.202	0.707	0.636	0.566	1.238	0.919	1.485	58.274	0.212
3 年時 (55年)	127.3±3.8	25.7±2.2	59.3±2.3	10.8±2.1	25.9±4.2	33.4±1.7	10.9±4.7	1531.3±209.1	10" 4±0.6
	1.344	0.778	0.813	0.743	1.485	0.601	1.662	73.939	0.212

表3 形態および機能からみた各測定項目の平均値の推移

測定項目 測定 学年(年度)	身長	体重	胸囲	握力	垂直とび	反復横とび	体前屈	肺活量	50 m 走	
1 年 時 (53年)	116.0±3.7cm	20.5±1.8kg	56.7±1.9cm	10.1±1.9kg	20.7±2.3cm	22.5±3.9	8.1±3.3cm	1162.4±198.3c.c	11" 2±0.8秒	×S・D
	0.807	0.393	0.415	0.415	0.502	0.851	0.720	43.269	0.174	±S・E
2 年 時 (54年)	121.2±3.9	22.7±2.0	58.3±1.7	11.0±2.2	24.1±3.3	27.9±3.6	9.9±3.7	1504.8±190.8	10" 4±0.6	×S・D
	0.851	0.436	0.371	0.480	0.720	0.786	0.807	41.632	0.130	±S・E
3 年 時 (55年)	126.7±4.0	25.3±2.3	59.9±1.9	12.3±2.4	28.5±4.5	34.4±3.4	9.6±4.5	1619.0±186.1	9" 9±0.6	×S・D
	0.873	0.502	0.415	0.524	0.982	0.742	0.982	40.607	0.130	±S・E

表 4 形態および機能の体力測定 3 回の各値間の有意差検定 (T テスト)

性別	学年 (年度)	測定項目		身長	体重	胸囲	握力	垂直とび	反復横とび	体前屈	肺活量	50 m 走
		1年時と2年時 (53年と54年)	2年時と3年時 (54年と55年)									
男子	1年時と2年時 (53年と54年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	2年時と3年時 (54年と55年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	1年時と3年時 (53年と55年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
女子	1年時と2年時 (53年と54年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	2年時と3年時 (54年と55年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	1年時と3年時 (53年と55年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
全体	1年時と2年時 (53年と54年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	2年時と3年時 (54年と55年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	1年時と3年時 (53年と55年)	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※

※印は有意差あり 危険率 1%・ $\alpha=0.02$

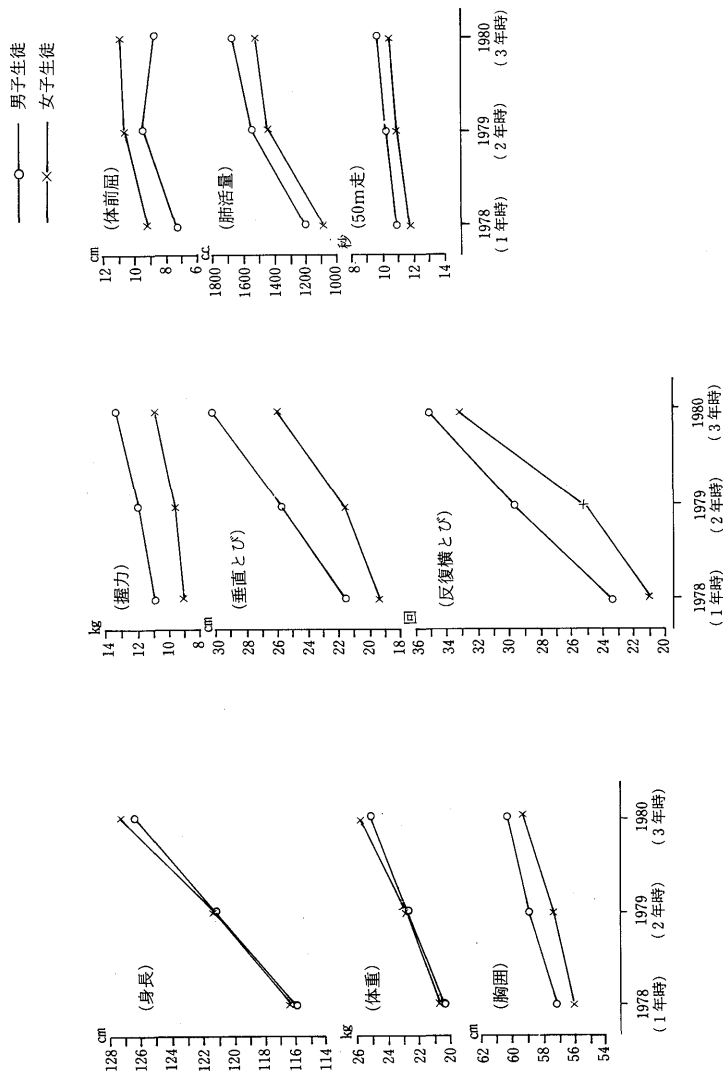


図4 形態および機能からみたら各測定項目の推移

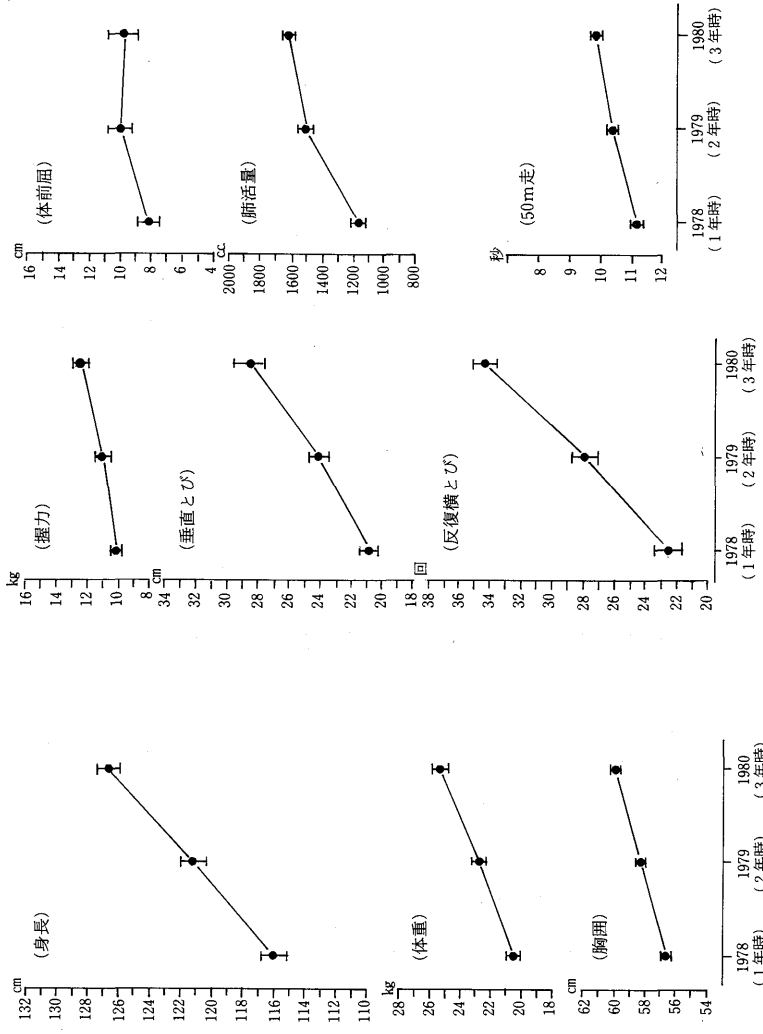


図 5 形態および機能からみた各測定項目の平均値の推移

表5 形態および機能の体力測定3回の各値間の有意差検定(Tテスト)

性別	学年(年度)	測定項目								
		身長	体重	胸囲	握力	垂直とび	反復横とび	体前屈	肺活量	50m走
男子	1年時	-0.057	-0.236	1.266	※ 2.801	2.376	1.490	-1.187	1.254	※ -2.646
	2年時	0.000	0.000	2.323	※ 2.621	※ 3.304	※ 3.411	-0.644	1.129	-2.470
女子	3年時	-0.531	-0.561	1.147	2.520	2.213	1.085	-1.011	1.736	※ -3.374

※印は有意差あり 危険率1%・ $\alpha=0.02$

囲, 握力(筋力), 体前屈(柔軟性), および50M走(脚筋力, 心臓機能)の増加率のばらつきは, 測定の絶対値で検討した場合と, ほぼ同じ傾向を示した。特に, 垂直とび(パワー)と反復横とび(敏捷性)および肺活量(全身持久性)の増加率は, 絶対値で検討した場合と同じく大きく増加の傾向を示している。

③ 50M走時および前後の電気軸と心拍数について

図2・3は, 50M走行前後の心電図変化^{註1)}について示したものである。その結果, 安静時心電図においては, QRS波高およびT波高の減高, PQ延長は少なく, むしろR-R間隔0.8秒を超える者が21例中8例と比較的多くみられた。心筋の虚血反応を示すようなST, T波の変化は, 認められなかった。

50M走行前後の心電図を比較すると, P波幅は, 走行前に対して走行後にやや短縮する傾向にあるが, ほとんど変化はなかった。

図7-I・図7-IIは, 50M走行前後の心電図より安静時の心臓電気軸と, 50M走直後の心臓電気軸の平均値を示したものである。安静時の場合には, 1年時より2年時および3年時と年数が経過していくにつれて, 増加の傾向にある。50M走直後の場合は, 安静時より高い角度を示した。

図8は, 1年時から3年時までの50M走前の安静時と50M走時および回復時の心拍数の変化を示したものである。

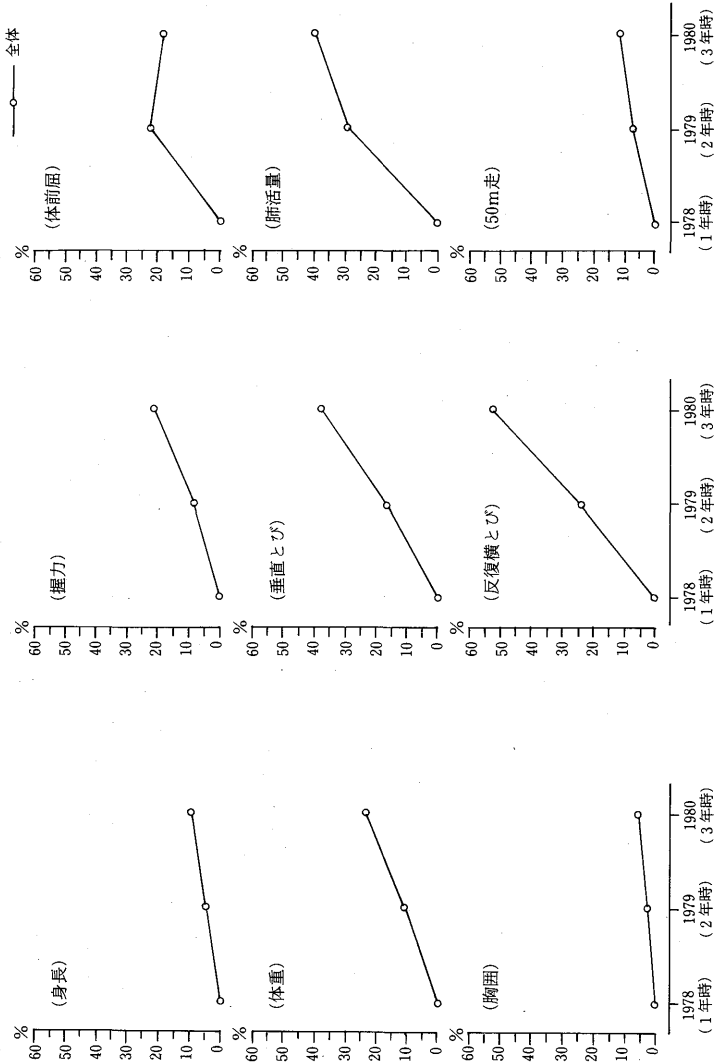


図 6 形態および機能からみた増加率の変動
(%で示す。)

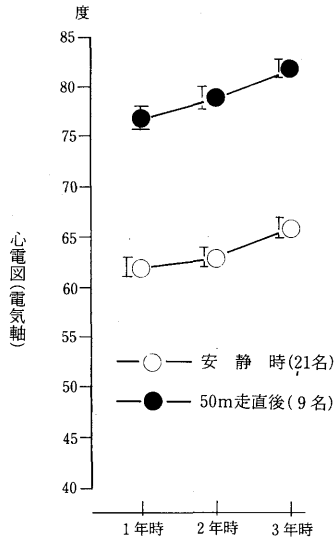
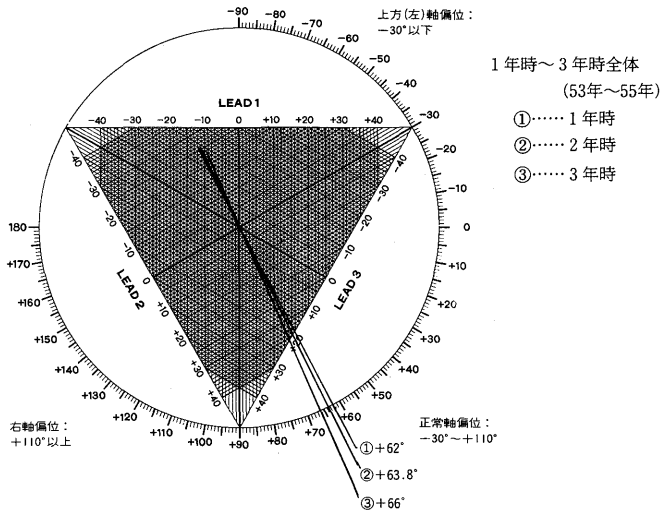


図7-I 安静時および50m走直後の心臓電気軸の平均値



出所：Mervin J., Goldman, M. D. および Lange Medical Publications の許可を得て
 “Principles of Clinical Electrocardiography” より転載しました。

図7-II 電気軸

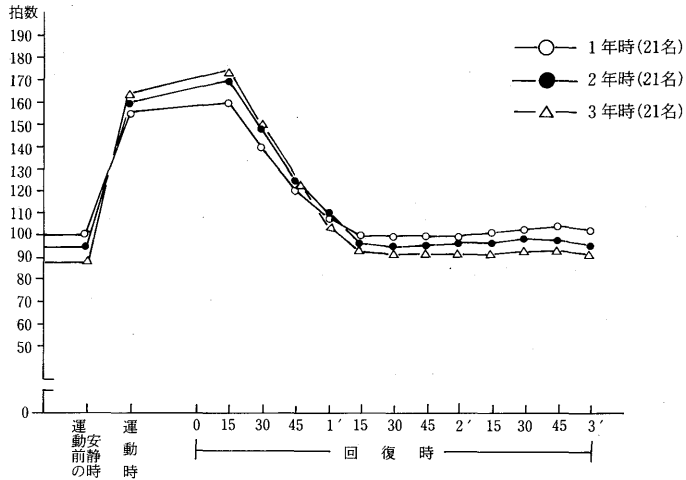


図8 50m走前後における心拍数の変化

安静時の場合は、1年時より2年時および3年時と学年を増すごとに心拍数は低下している。

50M走時の場合には、1年時より2年時および3年時と心拍数は増加の傾向を示した。

回復時の場合は、50M走時とほぼ同じであるが、回復後1分で1年時よりも2年時、そして3年時と心拍数は低下を示した。

4. 考 察

過去3年間（第1学年より第3学年）の小学生の体力の推移について検討した結果、形態面および機能面では、2、3の項目を除いて、有意の差を示したことは、この年齢の子供たちは、発育発達の著しい時期に相当するため、著名な増加がみられたものとおもわれる。またその中でも、特にパワーおよび敏捷性の垂直とびと反復横とびにおいて測定を重ねるに従って大きな

増加率を示しており、有意の差がみとめられたことにより、小学生では、神経型^{註2)}の神経系にかかわる敏捷性および調整力(特に、リズム性バランス能力や巧緻性)が一番発育発達をする時期であるものと理解してよいであろう。

男子生徒、女子生徒を比較すると、特に握力、垂直とびおよび反復横とびにおいて、男子生徒の方が著しく上回っていた。

この点に関しては、菊地⁹⁾が筋肉の性差について研究報告をしている。それによると、筋肉の筋線維には白筋と赤筋があり、その間に中間筋が存在するといっている。また、男子の場合は白筋が女子より多く、女子の場合赤筋の方が多いと報告していることから、瞬間的に使う筋力(白筋)は女子よりも男子の方が多く、また、筋持久力は男子よりも女子の方がすぐれているものと理解される。

一般的には、この年齢時期については、形態面では、男子生徒、女子生徒の大きな隔たりは、無いといわれているが、(この測定値に関しては、女子生徒が男子生徒を上回っている面もある。)機能面については、前にも記述したとおり、すでに、男子生徒が女子生徒を上回っていた。

運動後の心電図所見については、一定の見解はなく、種々の変化が認められている。北村ら¹⁰⁾は、水泳選手の全力泳前後の心電図の検討で、大多数は負荷直後の頻脈時にはPQ間隔は短縮するが、少数例ではむしろ延長することを認め、PQ延長のすべてがVagotony^{註3)}とは理解しがたく、一部心筋そのものの器質的变化の存在を考慮せざるを得ないと述べている。本結果では、PQ間隔は変化はしてないが、短縮する傾向にあった。

また、心臓電気軸の平均前頭面QRSベクトルの角度によって、前頭面軸が決定される。初期の心電図学では、心臓電気軸の正常値は $0^{\circ} \sim +90^{\circ}$ で、 $+90^{\circ} \sim +180^{\circ}$ が右軸偏位、 $0^{\circ} \sim -90^{\circ}$ が左軸偏位といわれていたが、しかし、現在では、心電図上の正常と異常の区別を簡単にするために、次のような基準が認められている。正常範囲は、 $-30^{\circ} \sim +110^{\circ}$ であるとされている。本結

注2) 神経型=スキャンモンの発育型

注3) Vagotony=迷走神経緊張亢進(STEDMAN'S・MEDICAL DICTIONARY)

果では、安静時の心軸は1年時においては、 $+62 \pm 3.9$ 、2年時は $+63.8 \pm 3.6$ 、そして3年時においては $+66 \pm 3.4$ で有意の傾向を示した。50M走行直後では、1年時 $+77 \pm 2.7$ 、2年時 $+79 \pm 2.9$ および3年時には $+82 \pm 2.3$ と有意で正常範囲であった。

3年間の50M走行前の安静時と走行時および回復時の心拍数について考察をすると、安静時においては、1年時より2年時、3年時と年数を経過するにつれて、減少を示した。以上のことから考えられることは、1回拍出量の血液量が増加するためであると理解してよいであろう。

走行時の心拍数は、1年時155拍であり、2年時は160拍となり3年時は165拍であった。以上のことからいえるのは、50M走のスピードが1年時では、 $11秒2 \pm 0.8秒$ 、2年時で $10秒4 \pm 0.6秒$ であり、3年時においては $9秒9 \pm 0.6秒$ と学年が上がるにしたがって上昇しており、それとともなって心拍数も増加するものと考えられる。

回復時の心拍数については、回復15秒後より1年時から3年時まで増加している。また走行時より回復15秒後の方に心拍数の上昇がみられた。

したがって、これらのことより、50M走はAnaerobic（無酸素性）の運動種目であり、酸素不足の状態で行っているために、体内に不足分の酸素をとり入れなければならない作用がおこり、それと同時に血液も必要となるので心拍数も増加すると考えられる。

5. 総括

小学生を対象として、過去3年間にわたって、21名の体力および循環機能の測定を3回実施し、次のような結論を得た。

1) 形態および機能を増加率で検討した結果、身長、体重、胸囲、握力、体前屈および50M走に有意の差がみとめられた。特に、垂直とびと反復横とびおよび肺活量の増加率は、絶対値で検討した場合と同じく大きく増加の傾向を示した。

2) 安静時の心電図においては、QRS波高とT波高の減高、PQ延長は比較的少なく、むしろR-R間隔が0.8秒を超える生徒が21例中8例と比較的多くみられた。

3) 50M走行前後の心電図を比較すると、P波幅は走行前に対して走行後にやや短縮する傾向にあった。

4) 心臓電気軸では、過去3年間にわたって、50M走行前後において、 $+62^{\circ}$ から $+82^{\circ}$ と正常範囲であった。

5) 50M走行時において、1年時より2年時・3年時と心拍数は増加を示した。

6) 50M走行時の心拍数よりも、走行直後の回復15秒に増加を示した。

以上、総括を記述してきたが、今回は、第1学年より第3学年の3年間分をまとめたものであるが、筆者は、さらに残りの第4学年から第6学年までの3年間の測定を行っており、それらがまとまり次第、第2報として発表したいと考えている。

本研究を行うについては、研究用機具および機材の借用ならびに研究指導を長期にわたって行って下さった、広島大学総合科学部教授菊地邦雄先生、徳山工業高等専門学校助教授和田實先生に心より感謝の意を表します。

引用文献

- 1) Astrand. P. O. and K. Rodahl., *Textbook of Work Physiology*, Mcgraw-Hill Book Company, New York, 1970, pp. 373-430.
- 2) 山地啓司・宮下充正；最大自転車駆動と走運動にみられる呼吸・循環機

- 能の反応の違いに関する研究, 体育学研究, Vol 22, No. 4, (1979) pp. 179-187。
- 3) 村瀬豊・小林實道・宮下充正等: 発育期にある陸上競技中・長距離優秀選手の有酸素的作業能および長距離走行中の酸素摂取水準, 体育学研究, Vol 17, No. 5, (1973) pp. 269-275。
- 4) 小川新吉等: 発育期における持久性トレーニングが呼吸循環機能に及ぼす影響。 体育学研究, Vol 13, No. 2, (1968) pp. 83-91。
- 5) 勝田茂等: 児童の身体作業能力に関する研究。 体育学研究。 Vol. 16. No. 1. (1971) pp. 17-23。
- 6) 吉沢茂弘等: 幼児の有酸素的作業能に関する研究。 体力科学。 Vol. 24. No. 3. (1975) pp. 37-44。
- 7) 高倉正樹等: 中・長距離選手の循環機能に関する研究。 広島体育学会。 Vol. 10 (1984) pp. 51-59。
- 8) 山地啓司等: 3年間の全身持久性トレーニングが陸上中・長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響。 体育学研究。 Vol. 21. No. 4. (1976) pp. 181-189。
- 9) 菊地邦雄: 筋トレーニングの組織学的研究。 体育学研究。 Vol. 16. No. 2. (1971) pp. 67-72。
- 10) 北村和夫等: スポーツ心臓について。 臨床内科小児科。 Vol. 16. No. 6. (1961) pp. 651-663。