

運動選手の脈波に関する研究 (I)

—男女運動選手の上腕動脈波型について—

広田 公一* 豊田 博

1. 緒 言

運動適性の判定にあたっては、生体の各種の機能を、生理学や心理学等のそれぞれの立場から分析検討した上で、総合的に判定することが必要である。その中でも循環系の適性の研究は、筋・神経系の研究とともにきわめて重要な要素で、今日では、体育と健康管理の分野でも多くの研究が行なわれ、その成果が現場に活用されて大きな役割を果たしている。運動適性の良否を、循環系の立場から判定する方法としては、聴診や心音・心電図等による医学的な検討とともに、スクリーニングテストとして W. W. Tuttle(1931年)によるタトル脈搏数検査法、L. Brouha(1943年)によるハーバード・ステップテスト、E. C. Schneider (1923年)によるシュナイダーテスト等が多く用いられており、一定運動負荷後の血圧・脈搏数の増加率や回復率によって、その適否を判定しようとするものである。また T. K. Cureton¹⁾ は循環系の適性判定には、血圧・脈搏数の研究とともに、循環系の中樞をなす心臓の活動状況と、末梢循環の様相を反映すると考えられる末梢動脈波型の、組織的・系統的研究の必要性を主張し、Heartometer を用いて上腕動脈波を記録し、その結果を分析して、安静時の脈波面積および振幅の大小が、循環系の持久力の指標として、重要な意義を持っていると報告している²⁾。

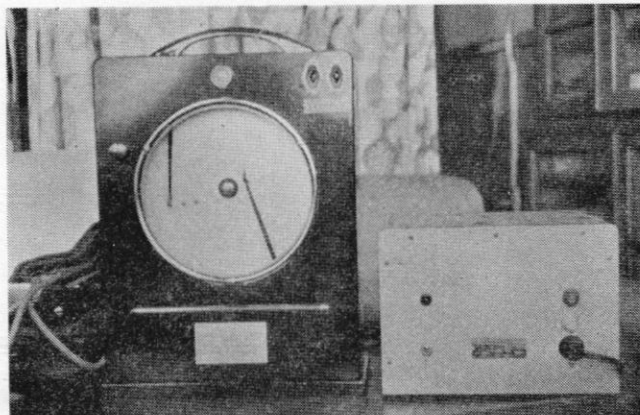
著者らは男女運動選手・男女一般健康人および細長体型で運動能力低位の男子学生(以下細長体型運動能力低位者とよぶ)について Cureton の研究結果を追試し、運動選手と一般健康人および細長

体型運動能力低位者の脈波面積・振幅・収縮波角度について検討を試みたので、その結果を報告する。

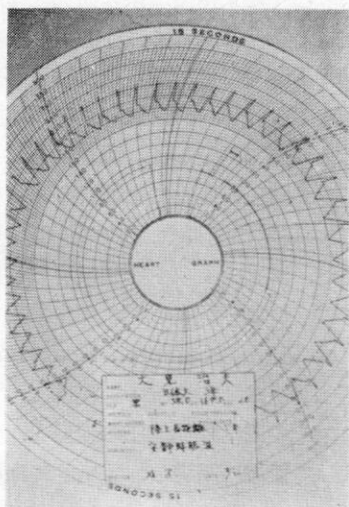
2. 実験方法および対象

循環系・とくに末梢循環系の研究にあたっては、測定時の条件に、とくに注意を払う必要がある。本研究においても、測定時間は食事後3時間以上を経た午後3~5時を選び、安静状態を30分以上保たせた上で測定した。測定にあたっては、マンシエット内圧の変動に影響を与えられと思われる、測定時の姿勢の変動や、筋肉の過度の緊張に注意し、また、マンシエットを被験者の心臓部と同一の高さに保つよう配慮した。測定に用いた器械は Cureton と同様 Cameron Heartometer で、血圧測定と同様に、利き腕の上腕部にマンシエットを巻き、その部位の動脈圧の変動を、マンシエットを通して器械に誘導し、電氣的に増幅記録する方法をとった。記録時に予め加えておくマンシエット内圧は、脈波の振幅が最大になる圧(最高95 mmHg・最低70 mmHg、Cureton は80 mmHg)を脈波記録に先立って測定した上で、連続30秒間その圧で記録した。測定中の電圧変動が波型に及ぼす影響を防ぐため、器械と電源との間に定電圧装置を入れ、記録の正確を期した。

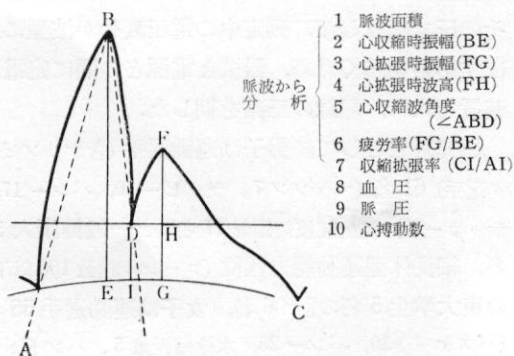
研究対象として、男子は運動選手(含オリンピック選手)61名(マラソン7, ラグビー10, バレー17, サッカー10, 陸上競技短距離17名)と一般健康人30名、細長体型運動能力低位(ローレル指数100以下)の東大学生5名の計96名、女子は運動選手55名(バスケット10, バレー25, 水泳短距離5, ハンドボール15名)と一般健康人40名の計95名であった。



上腕動脈波型記録装置 (Heartometer)



第1図 男子運動選手の上腕動脈波の一例



第2図 上腕動脈波の分析方法

3. 実験成績

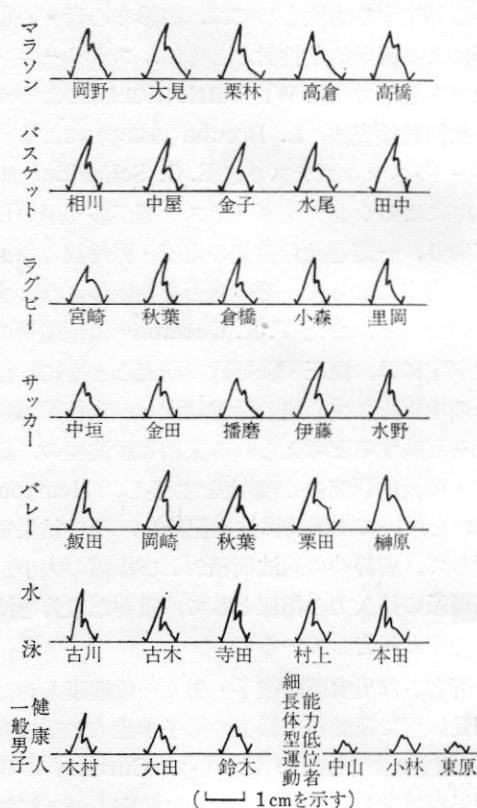
A 脈波の分析方法

記録した脈波の実例は第1図に示すとおりである。また Cureton があげた脈波の分析項目は第2図に示すとおりである。これらの項目の中で、Cureton²⁾, Willet³⁾, Michael⁴⁾ は、彼らの研究の結果にもとづいて、脈波面積・単位体表面積当り脈波面積、心収縮時振幅・心拡張時振幅・心拡張時波高・心収縮波角度の6項目が、呼吸循環系の持久力の指標として、とくに重要であると述べている。著者らもこれらの6項目について、脈波の

分析を試みた。

B 男子運動選手・一般男子健康人および細長体型運動能力低位者の脈波分析結果

男子運動選手・一般男子健康人の脈波の代表例



第3図 運動選手・一般男子健康人・細長体型運動能力低位者の動脈波の例

第1表 男子上腕動脈波の分析結果

研究者	被験者	人員	脈波面積	脈波面積 体表面積	収縮時振幅	拡張時振幅	拡張時波高	収縮波角度
			M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)
東大教養における研究結果	スポーツ選手 平均	71	0.39 (0.09) ***	0.23 (0.05) ***	1.25 (0.23) ***	0.66 (0.13) ***	0.15 (0.08) ***	14.5 (5.6)
	マラソン	7	0.48	0.29	1.30	0.75	0.11	15.5
	ラグビー	10	0.37	0.22	1.26	0.62	0.13	16.4
	バスケット	10	0.41	0.23	1.41	0.69	0.14	10.8
	バレー	17	0.40	0.23	1.25	0.67	0.12	15.1
	サッカー	10	0.39	0.23	1.11	0.65	0.10	19.9
	水泳短距離	17	0.34	0.19	1.14	0.60	0.21	11.5
対照群(H大)	30	0.24 (0.07)	0.14 (0.04)	0.99 (0.27)	0.47 (0.13)	0.09 (0.04)	16.6 (4.7)	
キの研究 アト結果	水泳	20	0.45	0.26	1.58	0.80	0.41	21.8
	陸上	20	0.56	0.30	1.63	0.82	0.35	20.8
	対照群(I大)	110	0.30	0.17	1.16	0.50	0.08	23.4

(脈波面積の単位は cm², 振幅・波高は cm, 角度は度数を示す)

第2表 一般男子健康人と細長体型運動能力低位者の上腕動脈波分析の結果

被験者	人員	脈波面積	脈波面積 体表面積	収縮時 振幅	拡張時 振幅	拡張時 波高	収縮波 角度
		M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)	M(SD)
対照群 (H大)	30	0.24 (0.07)	0.14 (0.04)	0.99 (0.27)	0.47 (0.13)	0.09 (0.04)	16.6 (4.7)
虚弱者	5	0.11 (0.04) *	0.07 (0.03) *	0.39 (0.08) ***	0.22 (0.08) ***	0.05 (0.02) *	52.9 (12.8) ***

(注) *** 危険率 1%で差は有意 * 危険率 10%で差は有意
(脈波面積の単位は cm², 振幅・波高は cm, 角度は度数を示す)

を図示すると、第3図に示すとおりである。

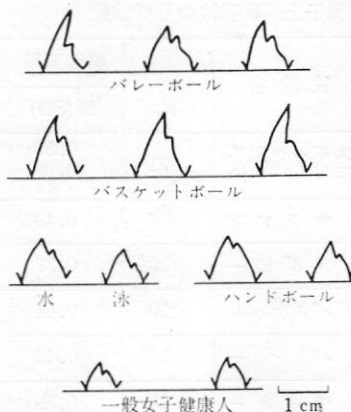
また前記6項目について分析した結果は、第1表に示すとおりである。脈波面積および単位体表面積当りの脈波面積は、運動選手全体では 0.39, 0.23 であった。またこれを種目別にみると、最大はマラソン選手の 0.48, 0.29, 最小は水泳短距離選手の 0.34, 0.19 で、一般健康人の 0.24, 0.14 に比較して明らかに大きく、運動選手の平均値との間に、危険率 1%以下で有意差が認められた。次に心収縮時振幅・心拡張時振幅については、運動選手全体でそれぞれ 1.25, 0.66 で、種目別にこれらの最大最小をみると、収縮時振幅はバスケット

選手が 1.41 で最大、サッカー選手が 1.11 で最小、拡張時振幅はマラソン選手が最大で 0.75, 水泳短距離選手が 0.60 で最小であった。これに対して一般健康人は、それぞれ 0.99, 0.47 で運動選手の平均値との間に、1%以下の危険率で有意差が認められた。拡張時波高については、運動選手が 0.15 で、水泳短距離選手が 0.21 で最大、サッカー選手が 0.10 で最小であったのに比較し、一般男子健康人は 0.09 で、運動選手の平均値に比べ、危険率 1%以下で有意差が認められた。収縮波角度は運動選手で 14.5°, 一般健康人は 16.6° で、運動選手の収縮波角度が小であったが、個人差が大きく両者に有意差は認められなかった。次に一般男子健康人と細長体型運動能力低位者の値を比較してみると、第2表のとおりで、後者の脈波面積 0.11, 単位体表面積当りの脈波面積は 0.07, 心収縮時振幅 0.39, 心拡張時振幅 0.22, 心拡張時波高は 0.05 で、いずれも一般健康人に劣り、両者の間に危険率 10%以下で、有意差が認められ、収縮波角度以外は、細長体型運動能力低位者の値が明らかに小さい傾向を示した。

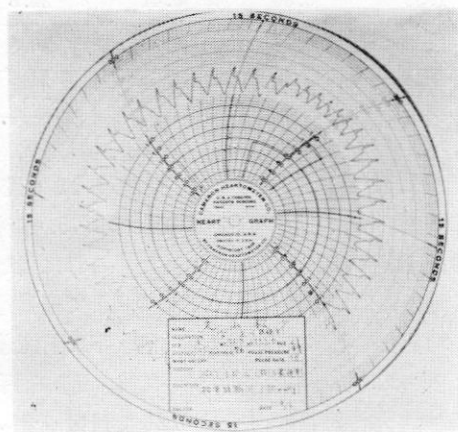
C 女子運動選手と一般女子健康人の脈波

分析結果

女子運動選手および一般女子健康人の脈波の代表例を示すと、第4・5図のとおりである。これらを男子と同様の方法で分析した結果は、第3表に示すとおりである。脈波面積と単位体表面積については、運動選手が0.32, 0.21で、一般女子健康人の0.18, 0.12に比べて大きく、危険率1%以下で有意差が認められた。種目別ではバスケット選手が0.40, 0.27で最大を示し、男子運動選手の平均よりも大きい値を示し、ハンドボール選手が0.26, 0.17で最小であった。心収縮時振幅、心拡張時振幅については、運動選手の0.90, 0.59に比べ、一般女子健康人は0.63, 0.39で小さく、危険率1%以下で有意差が認められた。種



第5図 女子運動選手・一般女子健康人の上腕動脈波の例



第4図 女子運動選手の上腕動脈波の一例

目別ではバスケット選手が1.41, 0.83で最大、ハンドボール選手が0.76, 0.50で最小であった。心拡張時波高は運動選手0.06、一般女子健康人0.08で後者が大きい、有意差は認められなかった。また収縮波角度は運動選手26.5°、一般女子健康人43.6°で、男子と同様一般健康人が大きく、危険率1%以下で有意差が認められた。

D 脈波の信頼度について

脈波の信頼度を求めるために、第1回目の測定の日後に、全く同一の測定条件になるように注意して、第2回目の測定を行ない、2回の波型を分析して両者の相関を求めた。測定時間の都合で、全被験者について再測定を行なうことができなかったため、男子は運動選手中20名、一般男子健

第3表 女子上腕動脈波の分析結果

測定項目		脈波面積	脈波面積 体表面積	収縮時振幅	拡張時振幅	拡張時波高	収縮波角度
対象	N						
女子選手平均	55	0.32 *** (0.05)	0.21 *** (0.19)	0.90 *** (0.28)	0.59 *** (2.16)	0.06 (0.08)	26.5 *** (12.6)
バスケット	10	0.40	0.27	1.41	0.83	0.05	14.2
バレー	25	0.34	0.21	0.89	0.62	0.06	27.0
水泳	5	0.34	0.21	1.02	0.51	0.03	14.8
ハンドボール	15	0.26	0.17	0.76	0.50	0.06	35.9
一般人平均	40	0.18 (0.04)	0.12 (0.19)	0.63 (0.15)	0.39 (1.13)	0.08 (0.09)	43.6 (5.74)

(注) *** 1%以下の危険率で有意。
(脈波面積の単位は cm², 振幅・波高は cm, 角度は度数を示す)

第4表 上腕動脈波の信頼度 (r)

測定項目	対象	
	男子選手 対象群(40)	女子選手 対象群(20)
脈波面積	0.878	0.835
心収縮時振幅	0.859	0.847
心拡張時振幅	0.727	0.739
心拡張時波高	0.843	0.851
心収縮波角度	0.751	0.694

康人中の20名, 女子には, 運動選手10名, 一般女子健康人10名の計60名について, 任意抽出で選び出して第2回目の測定を行なった. 測定結果は第4表のとおりで, 女子の心収縮波角度の0.694を除き, 他はすべて0.70~0.90の高い相関を示した.

4. 考 察

脈波測定時のマンシエット内圧については, Cureton は 80 mmHg を主張しているが, krujic⁵⁾ は, 高血圧者や低血圧者の測定の場合には, 80 mmHg を基準として, 高低幾つかの圧で測定し, 最大振幅の得られる圧を用いて, 正式の記録を行なうべきことを主張している. 安静時血圧は一般に年齢とともに高くなるし, また同一年齢の場合でも, 個人差の著しいことは周知のとおりである. 最大振幅は, 外部からのマンシエット圧に抗して, 心臓から搏出された血液が, 通り抜けようとする時のマンシエット内圧の増加によって得られるものであるから, その被験者の血圧の高低・血管の弾力性・血管壁から, マンシエット

までの距離および皮下脂肪の厚さなどによっても, 当然個人差があるものと考えられる. したがって, ほぼ同一年齢のグループを測定する場合でも, 80 mmHg の同一マンシエット内圧で記録するよりも, 予め最大振幅の得られる圧を調べて, その圧で記録する方が合理的であると考え, われわれの実験では個々の適圧を測定し, その圧によって記録する方法をとった. われわれの実験結果では最大 95 mmHg, 最小 70 mmHg で, 平均するとほぼ 80 mmHg に近かった.

このような条件にもとづいて行なったわれわれの研究結果を, Cureton⁴⁾ の研究結果と比較してみると第5表のとおりである. 脈波面積・振幅ともにわれわれの実験結果の値が, Cureton の値に比較して小さいが, これは被験者の体格の差など, 被験者の相違によるものと考えられる. しかし運動選手は一般健康人に比較して, 著者および Cureton の研究結果ともに大きな値をとる傾向が認められた. また, Cureton は一般男子健康人の脈波面積が, 標準得点の 0.45~0.55 であるのに比べ, 高度にトレーニングを積んだ競技者は 0.61~0.65, 通院中の患者は 0.20~0.40 で, 入院患者はさらに低い値を示したと述べている. 著者らの研究では, 一般男子健康人 0.24 cm² に比較し, ローレル指数 100 以下の細長体型で, しかも運動能力低位の学生は 0.11 cm² という低い値を示した.

脈波をかりに模式的に, 一つの三角形と考えるみると, 脈波面積の大小は, 底辺と高さによって左右されることは明らかである. 今脈波の場合, 底辺を

第5表 Cureton および豊田による男子上腕動脈波分析結果の比較

研究者	研究対象	人員	脈波面積	脈波面積 体表面積	心収縮時 振 幅	心拡張時 振 幅	心拡張時 波 高	心収縮波 角 度
Cureton	男子陸上競技選手	20	0.56	0.30	1.63	0.82	0.35	20.8
豊 田	"	71	0.39	0.23	1.25	0.66	0.15	14.5
Cureton	一般男子健康人	110	0.30	0.17	1.16	0.50	0.08	23.4
豊 田	"	30	0.24	0.14	0.99	0.47	0.09	16.6
豊 田	細長体型運動能力 低位者	5	0.11	0.07	0.39	0.22	0.05	52.9

(脈波面積の単位は cm², 振幅・波高は cm, 角度は度数を示す)

規定するものは単位時間内の脈搏数であり、高さを規定するものは、振幅すなわちマンシエット内圧の増加の程度である。最大血圧は、心臓からの血液の搏出力を反映するものと考えられているが、最小血圧以上のマンシエット内圧により圧迫され、血流阻止の状態にある上腕部動脈内をマンシエット内圧に抗して、血液がおし出されるさいの駆出力の大小を、振幅の大小が示すものであると考えれば、振幅の大小は心臓の収縮力の大小を、間接的に示すものと考えられる。このように上腕動脈波型の大小が、脈搏数の多少および心搏出力の強弱、または後述するように、心搏出力の大小を示すものと考えれば、循環系の適性判定さきわめて重要な意義をもつものといえよう。

上田⁶⁾は上腕動脈波を記録することにより、動脈内圧および不整脈の大略を知りうると述べている。また、そのさいの下降脚にみられる幾つかの小隆起を、反動隆起(back stroke)またはジクロート波(dicrotic wave)といい、血液が大動脈弁閉鎖にさいし、弁に反撞して起ると述べ、また同時に起る弾性隆起(elastic elevation)は、本波が末梢血管壁に衝突して生じた波型であると述べている。心拡張時波高は、大動脈弁の閉鎖に反撞して起るジクロート波と、拍出された血液が末梢血管壁に衝突して生じる弾性隆起との総合されたものであると考えられる。心収縮波角度の大小は、心収縮波高の大小、収縮波の伝播のしかたに影響されると考えられる。心収縮波の高低が、前述したように心搏出力を示し、また心収縮波角度が血液の駆出力の鋭敏さを示すものであれば、心収縮波角度が小さければ小さいほど、搏出力は強いことを示すものと考えられる。運動選手が、一般健康人や細長体型運動能力低位者に比較して、心収縮波角度が小さいのは、このような理由によるものと考えられる。

Wiggers⁷⁾は、大動脈波と末梢動脈波は必ずしも同一ではないが、末梢動脈波は、運動能力と関係の深い循環系のコンディションの判定に、重要な意義をもつと述べている。また、Michael⁴⁾は、15人の男子被験者について研究した結果、グ

ロルマン心搏出力測定法を用いて測定した心搏出力と、心収縮時振幅との間に +0.79 の相関が、また脈波面積との間に、+0.78 の相関が、また心収縮波角度との間に、-0.65 の相関が認められたことを報告している。

また、Willet³⁾は65人の男子大学生を対象として、上腕動脈波型を測定した後、トレッドミル全力疾走時間(7マイル/時・8.6% grade)を測定し、両者の間に第6表に示す高い相関が認められたと述べている。また、CuretonはWilletと同様の方法で研究した結果、単位体表面積当りの脈波面積・心拡張時波高と0.4以上の正の相関、心収縮波角度と0.48の逆相関が認められたと述べている。また、同じ陸上競技の一流選手の中でも、単位体表面積当りの脈波面積は、第7表のとおりで持久力を必要とする種目ほど大きい。

第6表 トレッドミル全力疾走時間と上腕動脈波分析値との相関(r)

測定項目	Willet (N=65)	Cureton (N=29)
拡張時振幅	0.555	—
収縮時振幅	0.528	0.251
脈波面積/体表面積	0.470	0.448
拡張時波高	0.405	0.404
心収縮波角度	-0.513	-0.480

第7表 各種陸上競技選手の単位体表面積当りの脈波面積(Curetonによる)

被験者	平均(cm ²)
長距離(1マイル以上)ランナー	0.444
中“(440~880ヤード)ランナー	0.302
ジャンパー	0.297
ハードル・スプリンター	0.249
投てき	0.210

著者らの研究結果では、運動選手は男女ともに一般健康人・細長体型で運動能力低位者(男子のみ)に比較して、脈波面積・振幅ともに明らかに

大きく、心収縮波角度は明らかに小さいことが認められた。また、同じ運動選手の中でも、男子はマラソン、女子では一流のバスケット選手が最も大きく、逆に陸上競技短距離選手や、選手経験年数平均1.5年の女子ハンドボール選手の値は小さく、ある程度持久力を反映するものと考えられる。

脈波の信頼度については、Curetonの研究結果は第8表のとおりで、0.77~0.99の高い相関を示した。著者らの実験結果でも、0.73~0.88(男子)および0.69~0.85(女子)の高い相関を示した。末梢循環に影響を与える要因としては、心搏出量はじめ末梢循環を支配する神経系の問題等、複雑な要素が存在するので、脈波の測定にあたっては、十分な配慮が必要であるが、温度・湿度等の外的条件、安静状態、食事および測定時間などに注意すれば、7日後の再測定でも、0.7~0.9の高い信頼度の得られることが認められた。

第8表 Cureton と豊田による上腕動脈波の信頼度の比較

測定項目	Cureton	豊 田	
		男	女
脈波面積	0.864	0.878	0.835
心収縮時振幅	0.909	0.859	0.847
心拡張時振幅	0.768	0.727	0.739
心拡張波波高	0.878	0.843	0.851
心収縮波角度	0.788	0.751	0.694
心拍数	0.996	—	—

(第1回のテスト後、7日を経て第2回目の再テスト実施時の両者の値の相関)

5. 要 約

運動適性の重要な要素である、循環系の適性を判定する指標を得るために、CuretonのHeartometerを用いて、上腕動脈波を記録分析し検討を加えた。被験者は男子運動選手61名、一般男子健康人30名と細長体型で運動能力低位の学生5名および女子運動選手55名と一般女子健康人40名の計191名である。

- 1) 脈波面積および単位体表面積当りの脈波面積は、男女とも運動選手が一般健康人より明らかに大きく、細長体型運動能力低位者が最も小さく、Curetonの研究結果と同様の傾向を示し、危険率1%以下で有意差が認められた。
- 2) 心収縮時振幅、心拡張時振幅も、男女ともに運動選手が一般健康人より明らかに大きく、Curetonの研究結果と同様な傾向を示し、危険率1%以下で有意差が認められた。
- 3) 拡張時波高については、男子は運動選手が、一般健康人よりも明らかに大きく、危険率1%以下で、有意差が認められたが、女子では逆に、一般健康人の方がやや大きく、有意差は認められなかった。
- 4) 心収縮波角度については、男女ともに運動選手が、一般健康人よりも小さい傾向が認められたが、男子では、両者の間に有意差は認められなかった。
- 5) 運動選手・一般健康人の中から男子各20名、女子各10名の60名を任意抽出して、第1回目のテストの7日後に、第2回目のテストを実施して、両者の相関を求め脈波の信頼度を求めた。脈波面積・振幅・波高および収縮波角度は、0.7~0.9の高い相関を示し、測定時の条件に注意すれば、脈波の信頼度はきわめて高いことが認められた。
- 6) 上腕動脈波の面積および振幅(心収縮時・心拡張時)は、男女ともに運動選手が一般健康人に比較し明らかに大きく、また細長体型運動能力低位者は、さらに一般人よりも小さいことが認められた。

参 考 文 献

- 1) Cureton, T. K.: Physical Fitness Appraisal and Guidance, 268, 1947.
- 2) Cureton, T. K. and Sterling, L. F.: Factor Analyses of Cardiovascular Test Variables, The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 1~24, March, 1964.
- 3) Willet, A. E. and Cureton, T. K.: Physical

- Fitness of Champion Athletes, 232, 1951.
- 4) Michael, E. D. and Cureton, T. K.: Physical Fitness of Champion Athletes, 233, 1951.
 - 5) Kruzic, W. and Cureton, T. K.: Physical Fitness of Champion Athletes, 228, 1951.
 - 6) 上田英雄: 臨床実験法, 335~339, 1953.
 - 7) Wiggers, C. J.: The Magnitude of Regurgitation with Aortic Leaks of Different Size, 97, 1359~64, J. Ameri. Med. Assn., 1947.

Studies on the Brachial Pulse Waves of Sportsmen

by

KOICHI HIROTA, M. D., HIROSHI TOYODA

In order to find out the circulatory fitness of sportsmen, the authors studied the upper arm arterial pulse waves.

Subjects were 61 men athletes, 30 normal students, 5 physically feeble persons, 55 women athletes and 40 normal women students.

Results were as follows;

1) The index A. P. A./B. S. A. was significantly (a divergence ratio of 1%) larger compared with that of normal students, and the index showed the smallest number in physically feeble persons. Results showed similar tendency as that of the Cureton's.

2) Both in systolic amplitudes and diastolic amplitude, the athletes showed larger numbers.

3) Diastolic surge showed apparent variations with a divergence ratio of 1% between men athletes and normal men stu-

dents, but the same tendency was not found between women athletes and normal women students.

4) Angles of systolic amplitude of men and women athletes were smaller than that of normal students, but significant divergence was not recognized between men athletes and normal students.

5) Areas of arterial pulse waves, amplitude (systolic, diastolic) of both men and women athletes were significantly larger than that of normal students, and that of physically feeble students were much smaller than that of normal students.

6) Reliability of a test and a retest were undoubtedly higher ($r=0.7\sim0.9$) in all test of pulse wave areas, amplitude, surge and angle of systolic waves.

cf. : A.P.A. : arterial pulse wave area
B.S.A. : basal surface area