

最大呼気力に関する研究 (I) *

—運動選手の呼吸機能について—

広田 公一・豊田 博

I 緒言

人間の体力や運動適性の判定には人体のあらゆる機能を総合的に検討することが必要である。その一項目として呼吸機能の判定も欠くことの出来ない重要な項目である。肺活量は測定方法が簡単なので従来から呼吸機能のスクリーニングテストとして用いられており、笹本¹⁾らも肺活量は呼吸系の疾病の診断や治療上の重要な指標となると報告している。猪飼²⁾らはマラソン選手の肺活量と競技成績を比較し両者の間に明らかな関係がないことを報告している。

Cureton³⁾は呼吸機能の判定にあたっては肺活量の実測値よりも身体的な条件を考えた Vital Capacity Residual を用いる方がよいと述べている。Cureton はまた、加圧息こらえ (Flack Test) と最大呼気力 (Expiratory Force) の測定をおこない、Flack Test が意志力の影響を強く受けてテストとしての妥当性にやや欠けるのに比較して、Expiratory Force の測定は呼吸運動に関係を持つ諸筋肉群、すなわち横隔膜・内肋間筋等の強度を間接的に知る方法として最良のテストであると述べている。われわれは、肺活量・最大呼気力・運動後最大換気量・加圧息こらえ時間の5項目について運動選手・一般人・虚弱者を対象として測定をおこない各群間の呼吸機能を比較検討したので報告する。

II 実験方法

被検者はスポーツ選手60名(体操・テニス・バスケットボール・山岳・重量挙げ・ハンドボール・バレーボール・水泳各5名、レスリング・陸

上競技各10名)と、対照群として運動選手の経験を有しないほぼ同一年令の東京大学学生30名とさらにローラー指数・運動能力共に低位にある東京大学学生10名の計100名である。

肺活量の測定には KYS 式肺活量計を用いた。また運動負荷後の最大換気量については、運動として高さ45cmの椅子で1分間30回のステップテストを3分間負荷し、その直後30秒間最大換気をおこなわせ、その呼気量を測定した。加圧息こらえはバリロッチ型血圧計を用い、吸気の後水銀を吹きあげ20mmの高さに保ちながら息こらえを何秒続けることが出来るかを測定する Flack Test をおこなった。最大呼気力は Flack Test と同様な方法により最大の呼出により、水銀柱を吹きあげて3秒間保ちうる最大値を読んだ。各テスト共十分な休息をとらせた後3回実施しその最大値をとった。加圧息こらえ、最大呼気力の測定にあたっては、これらのテストが相当強度の努力を必要とするので危険のない様十分注意すると共に血圧計と口金を結ぶゴム管は肉厚のものを用いて用具による測定誤差がないように注意した。

III 実験成績

測定の成績は第1表の通りである。すなわち運動選手は4項目共その平均値は対照群より明らかに優れている。これらについて統計学的にその有意性を検討した結果は次の通りである。

肺活量はバスケットボール・水泳選手で対照群に比較し5%の危険率で有意性が認められたが、これを体表面積当りの肺活量で比較してみると運動選手と対照群の間に有意の差は認められなかった。

運動後最大換気量についてもテニスで5%、バスケットボール・ハンドボール・水泳選手で10%

* KOICHI HIROTA & HIROSHI TOYOTA: Studies on the Expiratory Force (I) —On the Respiratory Functions of Sportsmen—

第1表 各種呼吸機能測定成績

項目 対象	人数 N	年齢 才	身長 (cm)	体重 (kg)	体表面積 (m ²)	肺活量 (cc)	肺活量 体表面積 (cc/m ²)	運動後最大 換気量 (ℓ)	加圧息こらえ (sec)	最大呼吸力 (mmHg)
一般学生平均	30	20.7	164.6	54.3	1.61	4071.6 (±394.3)	2595 (±197.4)	129.0 (±14.20)	56.8 (±14.59)	136.9 (±49.01)
運動選手平均	60	19.6	166.0	61.5	1.68	4360.8 (±674.7)	2598.7 (±280.7)	140.6 (±15.19)▲	60.6 (±20.94)	191.3 (±41.07)**
徒手体操	5	20.2	164.6	57.0	1.62	4240	2617	138.3	63.5	166.2
テニス	5	19.8	167.3	59.1	1.67	4372	2618	148.3*	75.8	213.8**
バスケットボール	5	19.5	168.6	67.7	1.76	4697*	2668	146.2▲	94.3▲	183.2*
ハンドボール	5	19.2	168.1	61.5	1.69	4342	2569	142.9▲	63.6	174.6*
バレーボール	5	19.1	164.3	59.4	1.65	4474	2711	133.2	71.7	184.4*
レスリング	10	19.5	164.4	64.0	1.70	4329	2546	137.8	93.3▲	202.4**
水泳	5	19.4	171.5	66.6	1.78	4862*	2731	146.4▲	59.6	193.2**
陸上競技	10	18.9	163.1	52.6	1.55	4019	2593	137.2	94.6▲	169.4
山岳	5	19.6	165.4	61.5	1.67	4280	2579	—	—	181.0*
重量挙げ	5	21.6	166.8	71.6	1.81	4367	2413	—	—	256.0**
虚弱者	10	18.7	159.4	52.4	1.53	3760	2461	—	—	115.6

備考 イ) ()内の数字は標準偏差

ロ) 加圧息こらえは 40mmHg 加圧によるフラックテスト

ハ) 有意差の検定 ** 1%の危険率で有意差あり

* 5% "

▲ 10% "

の危険率で対照群との間に有意差が認められた。

最大呼吸力については徒手体操と陸上競技選手では対照群との間に有意差は認められないがバスケットボール・ハンドボール・バレーボール・山岳で5%, テニス・レスリング・重量挙げ・水泳では1%の危険率で対照群に比べて有意差が認められた。運動選手全体の平均値を比較しても1%の危険率で有意差が認められた。このような明らかな差は最大呼吸力以外の他の項目にはみられなかった。また重量挙げのように強い努力を伴う運動の種目では 256 mmHg という最も強い呼吸力を示すのに比較し虚弱者では 115.6 mmHg という低い値を示した。

IV 考 察

Cureton³⁾ は正常人の間にみられる 500 cc 以下の肺活量の差は余り大きい意味を持っていないと

のべている。著者らの実験成績では運動選手と対照群との差は約 300 cc であり、単位体表面積当りの肺活量については有意差は認められなかった。肺活量そのものが個人の身長・体重等の条件と密接な関係を持っていることを考えると、単に肺活量の実測値の大小のみで呼吸機能を判定することには多くの問題がある。猪飼²⁾ にも肺活量と競技成績とは直接的な関係はなく肺活量は正常範囲内であればよいとのべている。

小田⁴⁾ は一般人の最大意識的過換気量 (maximal voluntary hyperventilation) について測定し 100~150 l/min であったと報告しているが、われわれが1分間30回のステップテストを3分間負荷した後の最大換気量を測定した結果では、運動選手が対照群より 10 l/min 多く 140.6 l/min で両者の間に 10% の危険率で有意差が認められた。

加圧息こらえについては運動選手と対照群との差は約4秒で両者の間に有意の差は認められなかった。

Flack⁵⁾は飛行士の適性検査項目の一つとして加圧息こらえをおこない、Cureton⁶⁾もStep Testのような運動負荷後の加圧息こらえは適性テストとして意義があるとのべている。しかし白石⁷⁾は機能検査法としては精神力の影響がテストの成績を左右する点に問題があるとのべている。

最大呼気力については著者等の実験成績によると運動選手の平均は191.3 mmHgで対照群平均137 mmHg、虚弱者平均の116 mmHgに比較し1%の危険率で明かな有意差を示した。運動選手の中でもその種目の性質上吸気の後強い努責をおこなうと考えられる重量挙げ選手が最高で235 mmHgを示した。白石⁸⁾はラグビー選手と一般人および心臓病者について測定をおこないラグビー選手で113.5~118.5 mmHg、一般健康人男子で77.5 mmHg、代償障害を有する心臓病者で60 mmHgという第2表に示す成績を得、これらの間に明かな差があることを報告している。また小学校5年男子で71.5 mmHg同女子で58 mmHgを示し男女間にも明らかに差があるとのべている。Cureton⁹⁾はイリノイ大学学生を測定し平均163 mmHg(最大308, 最小17 mmHg)であったと報告している。Cureton, 白石の実験成績は測

定用具が同一でないので我々の実験結果と比較検討することは妥当ではないが、いずれも運動選手と一般人の測定値の間に明かな差を認めている。最大呼気力テストの信頼度について Schwartz⁹⁾は第1回テストの後4カ月を経過して再テストをおこないテスト再テストの相関は $r=0.59$ を示したと報告している。また Cureton⁹⁾は $r=0.70$ であったと報告している。著者らの実験結果では運動選手で $r=0.87$, 対照群で $r=0.83$ の高い相関を示しテストとしての信頼度も高いことが認められた。

V 要 約

体力や運動適性の判定の際に呼吸機能テストとしておこなわれている肺活量・運動後最大換気量・加圧息こらえ・最大呼気力等が運動選手・一般人・虚弱者の間でどのように異なるかを検討するために運動選手(N=60), 一般人(N=30)および虚弱者(N=10)の計100名を対象として測定をおこなった。測定にあたっては各項目共3回の測定を実施しその最高値をとった。結果は次の通りである。

1) 肺活量については運動選手は一般人に比し平均値で289.2 cc すぐれていたが有意差は認められなかった。肺活量は個人の身長・体重と大きい関係を持っているので実測値の大小によって呼吸機能の良否を判定することには問題がある。また個人の体格を考慮して単位体表面積当りの肺活量について比較したが運動選手と一般人の間に有意差は認められなかった。

2) 運動後最大換気量については Step Test (30回/分, 3分間) 負荷後30秒間の最大呼気量を測定したが、運動選手は一般人に比し平均値140.6 l/minで10 l/min すぐれており、10%の危険率で有意性があった。

3) 加圧息こらえについては、一般人に比し運動選手が60.6秒で平均4秒長かったが有意差は認められなかった。加圧息こらえテストの成績は精神的な影響を受け易く信頼度の点に問題がある。

第2表 文献による最大呼気力の測定結果

研究者	測定対象	N	最高	最低	平均
白石 ⁸⁾	普通人男子	60	140.0	40.0	77.5
	M大ラグビー選手	21	170.0	70.0	118.5
	W大ラグビー選手	21	150.0	96.0	113.5
	心臓病者 (代償障害あり)	16	100.0	30.0	60.0
	同上 (代償障害なし)	13	120.0	50.0	83.5
	10~11才男子	71	112.0	44.0	71.5
	10~11才女子	58	70.0	42.0	58.0
Cureton ⁹⁾	イリノイ大学新入生	110	—	—	162.9
	アルバナ大学学生	59	—	—	105.7

(単位はmmHg)

4) 最大呼気力は運動選手・一般人・虚弱者について測定をおこなった結果各々平均 191.3mmHg・136.9mmHg・116.0mmHg で三者の間に明らかな有意差が認められた。テスト～再テスト間の相関も $r=0.83\sim 0.87$ の高い値を示し、テストとしての信頼度も高いことが認められた。

本研究は昭和35年度文部省 科学研究費 補助金によりおこなったもので、研究の一部は昭和35年11月の日本体育学会第11回総会に於て発表した。終りに本研究に関して終始懇篤な御指導と御援助を賜わった東京大学長島長節教授、黒田善雄助教授、浅見俊雄助手、三井厚生病院長白石謙作博士、清瀬潤博士および今は亡き日本体育大学教授大木勝夫博士に深甚の敬意と感謝の意を表します。

文 献

- 1) 笹本浩, 横山哲朗: スパイログラムの臨床, 76, 1959
- 2) 猪飼道夫, 杉本良一, 石河利寛: スポーツの生理学, 69, 1961
- 3) Cureton T. K.: Physical Fitness Appraisal and Guidance, 1947
- 4) 小田俊郎: 運動の生理と臨床, 49, 1955
- 5) Flack, M., H. L. Burton: An Investigation into the Physiological Significance of the 40mm. Mercury Test, J. of Physiol., 56, 1, 1922
- 6) Cureton, T. K.: Physical Fitness Hand book, 134, 1944
- 7) 白石謙作, 吉川春寿, 熊沢清志: 体育医学, 285, 1960
- 8) 白石謙作: スポーツにおける心臓死, 日本医事新報, 9, 6, 1961
- 9) Schwartz, L., R. H. Britten, L. R. Thompson: Studies in Physical Development and Posture, U. S. Public Health Service Bulletin, 179, June. 1928

STUDIES ON THE EXPIRATORY FORCE

Report I: On the Respiratory Functions of Sportsmen

by

KOICHI HIROTA and HIROSHI TOYOTA

We investigated vital capacity, ventilation volume after a 3 minute step-test (30 times/min), breath-holding, on flarimeter (20 mm-Hg) and expiratory force.

Our subjects for this test were 60 sportsmen, 30 normal subjects and 10 physically feeble persons.

1. Mean vital capacity of sportsmen was 289.2 cc, larger than that of the normal subjects, while there were no significant differences between the two groups concerning vital capacity per surface area.

2. In sportsmen, mean ventilation volume after a 5 minute step test was 140.6 l/min., and 10 l/min. more than that of the normal subjects. Here we recognized a significant variation with a divergence ratio of 10% between the two groups.

3. The mean breath-holding time of the

sportsmen as measured by a flarimeter (under 20 mmHg pressure) was 60.6 seconds, and 4 seconds longer than that of the normal subjects. At this point, however, we recognized no significant variation.

4. Mean expiratory force was 191.3 mmHg in case of the sportsmen, and 136.9 mmHg in normal subjects, while it was 116.0 mmHg for physically weak persons. Here we recognized significant variations with a divergence ratio of 1% between them.

The correlation between a test and a re-test was $r=0.83\sim 0.87$, therefore, the reliability of the expiratory force tests was undoubtedly higher than those of the other tests.

For this reason we considered it to be one of the respiratory test to measure the respiratory function.

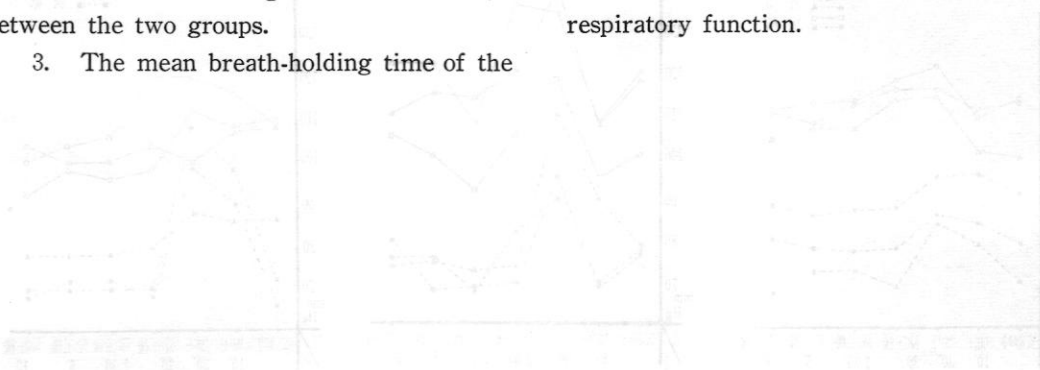


Figure 1. Changes of vital capacity, ventilation volume, breath-holding time, and expiratory force in sportsmen, normal subjects, and physically weak persons. The graphs show that sportsmen have significantly higher values for all four parameters compared to normal subjects and physically weak persons.