

## 運動選手の肺換気機能についての研究

竹内正雄

星薬科大学<sup>1)</sup>

### A Study on the Breathing Capacity of Athletes

MASAO TAKEUCHI

Hoshi College of Pharmacy<sup>1)</sup>

Twelve items on the breathing capacity of three different groups of subjects were measured by the use of 13.5 Litter Benedict-Roth Type Respirometer and each mean value obtained from those groups was compared to examine the extent of changes produced following various intensity and duration of physical training. The group of athletes who had experienced long and hard physical training was most fit in the respiratory function among the three (It showed superiority over the control in 8 items; differences were significant at 0.01 level). The group which had had moderate and short period of physical training was second but significant found in only few items.

(Received September 15, 1971)

#### I 緒言

スポーツトレーニングを計画的におこなうことによって人間の身体にはトレーニング効果とよばれる種々の生理的な変化が生じる。筋肉や心臓には運動性の肥大が生じ、運動に対する適応機構が作りあげられることは多くの研究によって明らかにされているが、同時に呼吸系にもトレーニング効果があらわれることは当然予想される。

その一つは酸素摂取量や負荷量のガス交換機能の向上であり、他の一つはガス交換機能の向上に関与する換気諸機能の向上である。前者に関するトレーニング効果については、数多くの詳細な研究がなされているが、後者すなわち換気機能に関しては特に疾病異常による機能の低下の面が多く扱われており、トレーニング効果としての機能増大面の研究は数が少ない。本研究はこの面を注視し運動により換気機能にどのようなトレーニング効果があらわれるかについて明らかにしようとしたものである。まずその第一歩として本研究は計画的なトレーニングをおこなっている一流選手、

一般スポーツ選手および健康な男子大学生をとりあげ横断的に比較検討し、トレーニング度の差による効果の差をみようとしたものである。

#### II 研究対象及び方法

被検者は何れも男子である。トレーニング効果が最も強くあらわれていると考えられる被検者として1968メキシコ・オリンピック候補全日本バレーボール選手13名(年齢18~22才)、全日本ハンドボール学生選手権チームの日本体育大学ハンドボール部員21名(年齢18~22才)を、次に運動選手としてトレーニング期間の短い或いは、トレーニングが前記選手に比べて十分とはいえない、従ってトレーニング効果もこれより劣っていると想定される被検者として、日本体育大学バスケットボール部員10名(年齢18~22才)、および東京大学自転車部員10名(年齢18~22才)の計54名である。また、対照群として、東京大学の正課体育実技を1週90分受講しているが、運動部に所属していない健康な一般学生18名(年齢18~22才)を

1) Location: Ebara, Shinagawa-ku, Tokyo.

選んだ。

測定は昭和42年5月～昭和42年12月の間に全日本バレーボール選手、日本体育大学バスケットボール部員、東京大学自転車部員、東京大学一般学生は東京大学教養学部体育実験室において測定した。日本体育大学ハンドボール部員は日本体育大学トレーニングセンターで測定した。

本研究に用いたRespirometerは、13.5 Benedict-Roth型で特殊歯車操作により、1秒32mm, 12秒32mm, 60秒32mmの3段スピードを簡単に切替えて、記録用のドラムを回転させることができるものである。測定にあたっては、あらかじめ被検者に十分にその原理と方法を納得させた上で測定の実際を習熟させ、その後、目的とするspirogram（呼吸図）をとった。最大努力を行なわせることが最も重要でありこれに最も意を用いた。

座位安静20～30分後、呼吸マスクを着装させ立位安静姿勢をとらせ、軽く眼を閉じさせて肩の力をぬくように指示しつつ、楽に呼吸をさせ換気が平靜になるのを待ってから、1回換気量(tidal volume)、深吸気量(inspiratory capacity)、肺活量(vital capacity)、最大換気量(maximum breathing capacity)、1秒量(forced expiratory volume)の順で測定した。まずRespirometerのスイッチを中速に置いて安静平常呼吸を記録した。肺活量は身体を十分使い検者の「息を大きく吸って、十分に吐き出す」という号令で、最大吸気位から最大呼気位までゆっくり呼出させて求めた。深吸気量は中村・滝島<sup>2)</sup>の報告にもとづいてI. C. = V. C. - E. R. V. <sup>(註)</sup>より求め、1秒量は身体を十分使って最大吸気位から検者の「吐け」という号令で急速に最大呼出させる方法によって測定した。最大換気量は単位時間内に呼吸し得る空気の大最量をいい、通常12秒または15秒間測定して得た値をそれぞれ5倍または4倍して1分間の量を算出している。この時の呼吸回数については中村・滝島<sup>2)</sup>は12秒間20回を最善とするCaraの成績を紹介し、笹本・横山<sup>3)</sup>は15～20回を提唱している、著者は笹本・横山の方法を用いた、記録は中速のスピードでおこない、検者の「吸って、吐いて、

吸って吐いて1, 2, 1, 2」のリードによって12秒間に15～20回の換気数でおこなうようにした。15回に満たない時は十分休息させ再度測定をした。

13.5 Benedict-Roth型Respirometerによる測定にあたっては空気洩れのないよう注意するとともに、大声で被検者をはげまして実施した。さらにドラム内の気温を付属の温度計で記録して、あとで容量補正に使った。記録されたspirogram（呼吸図）から諸気量の実測値を計算した。これらの諸気量は被検者の年齢や身長、体重などの形態的諸要因と密接な関係をもつ、そこで年齢や形態の影響を消去し（予測値）、実測値と比較することによって機能の変化を検討した。

肺活量は形態面の身長と相関が高くその予測値の計算には笹本・横山<sup>3)</sup>の式を用いた。

$$\begin{aligned} \text{男子: VC (ml)} \\ = (25.89 - 0.07 \times \text{年齢}) \times \text{身長 (cm)} \end{aligned}$$

又分時最大換気量予測値(MBCpred.)は体表面積(BSA)と高い相関を示し、Motley<sup>3)</sup>の立位の式によった。

$$\begin{aligned} \text{男子: MBC (l/min)} \\ = (97 - 0.5 \times \text{年齢}) \times \text{体表面積 (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

この際のBSAはDu Boisの式

$$BSA = W_1^{0.425} \times H_1^{0.725} \times 71.84$$

により身長と体重から算出した。

$$\text{又比肺活量 (\%VC)} = \frac{VC_{\text{obs.}}^{(註)}}{VC_{\text{pred.}}} \times 100\%$$

$$\text{比最大換気量 (\%MBC)} = \frac{MBC_{\text{obs.}}}{MBC_{\text{pred.}}} \times 100\%$$

$$\text{1秒率 (percentage expired)} = \frac{FEV_{1.0}}{VC_{\text{pred.}}} \times 100\%$$

の公式から算出した。

### III 結果と考察

第1表は全日本バレーボール選手、日体大ハンドボール部員、日体大バスケット部員、東大自転車部員、東大一般学生の72名について、身長、体重、体表面積ならびに肺換気機能について算出した平均値と標準偏差である、参考までに同年度(昭

(註) I. C. (深吸気量) = V. C. (肺活量) - E. R. V. (予備呼気量)

(註) pred. 予測値 obs. 実測値

和42年度)の18~22才の男子の身長, 体重, 体表面積の全国平均値<sup>4)</sup>を示しておいた。

この表で特に注意すべきは肺活量と1秒量については身長1cmあたり, 最大換気量については体表面積1m<sup>2</sup>あたりについての値に換算してある点である。これは, 身体の形態的要素を可及的に除外して, 肺機能の真の発達をみるための操作である<sup>5)</sup>もちろん, 容量を示す測定値は, 測定時に併せて記録したドラム内の気温をもとに, 慣習に従って気温37°Cに換算してある。

### 1) 呼吸数 (respiration rate), 1回換気量 (tidal volume)

安静時の呼吸数は東大自転車部員が18回, 対照群17回, 日体大ハンドボール部員, 日体大バスケット部員16回, 全日本バレーボール選手14回であった。宮島<sup>6)</sup>は一般成人男子の呼吸数は平均18回と報告しており, また広田<sup>7)</sup>は成人では14~18回で平均16回であると報告している, 根津<sup>8)</sup>の報告する立位時の呼吸数は20才台の男子で平均15.5回と報告している。本研究の呼吸数も14~18回の範囲にある, 安静時1回換気量, つまり呼吸の深さは, 安静時における呼吸の効率を規定する重要な一要因である。すなわち肺の中において空気と血液との間のガス交換は肺胞部分でしかおこなわれず, 鼻口から肺胞に至るいわゆる呼吸伝達機構部分は死腔で, かつ交換に関与しない部分であり, 成人男子でおおよそ平均150ml<sup>9, 10, 11, 23)</sup>とされている。したがって呼吸の深さはガス交換に直接関与する有効呼吸量(肺胞呼吸等)と関係し, 呼吸が深い程, 呼吸の効率が高いことになる。運動選手は呼吸筋力がますことが一つの原因となり<sup>12)</sup>呼吸効率が<sup>13)</sup>

さて本研究の1回換気量の実測値をみると対照群で785.1mlを示した, 日本人成人男子の1回換気量の正常値はおおよそ500ml<sup>7, 11, 13)</sup>であるのにくらべて, この方法による値は著しく高い値を示している, これは本法がclosed rebreathing method(閉鎖式再呼吸法)を採用しているために時間の経過とともにCO<sub>2</sub>が次第に増加することによるものと考えられる。

さて, 第1表について1回換気量をみると, 対照群である一般学生の785.1mlに対して, トレーニングを経験した運動選手では1回換気量はかな

り大きい値を示し, それもトレーニングの程度と深い関係を持ち, 特に日体大ハンドボール部員では1008.3mlの高値を示している, 東大自転車部以外は対照群と比べ1%以下の危険率で有意な差が認められた。

宮本<sup>14)</sup>のいうように, 呼吸数と1回換気量は単独でみるよりも両者の関連においてみるのが安静時の換気動態を一層よく反映するものであり, 換気機能の効率として示されるものである。

すでに述べたように, 対照群に比べて鍛練者は1回換気量が大きく, これと反比例して呼吸回数<sup>15)</sup>が少なくなっている。つまり, トレーニングをつみ, 呼吸筋が強化されるにしたがって, 安静時の必要な換気を最小のエネルギーで行なおうとする呼吸運動は, 1回換気量が大きくなり, 呼吸回数を少なくする方向に指向されるようである。これは実質的にガス交換に関与する肺胞換気量の増大という点からみても合目的といえる。

運動のトレーニング効果は, 形態と密接な関係をもつ安静時換気量の上に, 呼吸運動の幅と数の逆比的な変化, したがって機能の変化としてとらえられるのである。

### 2) 深吸気量 (inspiratory capacity)

図1深吸気量について呼吸運動は呼吸筋の能動的な収縮によって吸気相がおこるわけであるから, 呼吸筋の筋力が増加するほど, 吸気予備量が増加することは十分考えうところである<sup>16)</sup>特にまたCampbellとGreen<sup>17)</sup>らのいうように腹筋の収縮が吸気の深さを限定する要因として大きく関与している。但し深吸気量は形態面の特に身長と密接な関係をもつので, 機能的な変化として深吸気量をとらえるためには身長の影響を消去する必要のあることは既に述べた通りである。

運動のトレーニングによって深吸気量がどのように影響をうけるかについては, トレーニング度の高い全日本バレーボール選手, 日体大ハンドボール部員は18.5ml/cm, 18.7ml/cmと高い値を示し, 対照群の16.5ml/cmに対し1%以下の危険率で有意な差が認められる, トレーニング度のやや劣る日体大バスケット部員は16.7ml/cmとその差は前者に比べて小さいが, 対照群に比べて高い値が示されている, これに対し東大自転車部員は16.3ml/cmで対照群と差がなかった。

### 3) 肺活量 (vital capacity)

肺活量は被検者に最大限の吸入をさせた後、これを完全に呼出させてその量を *respirometer* で測ったものであり、肺機能のスクリーニング・テストとして広く利用されている。肺活量は肺の全容量の指標である。肺活量は使用する肺の最大呼吸容積、すなわち1回の呼吸運動で換気できる最大量を表わすものである。

呼吸循環機能(全身持久性)を最もよく示すとされている最大酸素摂取量は最大換気量と一次的な比例関係にあることはよく知られている事実であるが、肺活量は上記の理由から、運動時の最大換気量と密接な関係をもつものである。肺活量は胸廓の大きさ、呼吸筋力、肺および胸廓の弾力性などの影響をうける。

運動のトレーニングは呼吸筋力に強く影響し、この結果トレーニング効果として肺活量の増大が期待される。

図2の通りに本研究では全日本バレーボール選手、日体大ハンドボール部員、日体大バスケット部員、東大自転車部員の肺活量の絶対値は5572.2 ml, 5206.9 ml, 4836.6 ml, 4382.7 mlを示し、東大自転車部員以外の運動選手の値は危険率1%以下で対照群と有意な差が認められた。

日本体育協会スポーツ科学研究委員会報告<sup>18)</sup>では一般大学生の平均が3705 mlである。東京オリンピック大会選手で、一番大きな値を示したのはボート選手の5620 mlで全日本バレーボール選手とはほぼ同値であり、バレーボール選手のトレーニングの激しさを示している。

真島<sup>9)</sup>も肺活量は胸廓の大きさ、呼吸筋の強さ、肺および胸廓の弾力性などの要因によって変化し、身長、性別、年齢、体位などにも関係するが、通常男子3~4 ℓ、女子2~3 ℓ程度で個人差が著しいことを報告している。

本研究の対照群の平均値は4267.6 mlと真島<sup>9)</sup>らの値よりやや大きく、東大自転車部員を除く他の選手は更に大きな値を示している。これらの値が運動能力あるいは体力とどのような関係をもつかということは興味のあることである。

そこで田多井<sup>10)</sup>の報告に従って肺活量を身長で処理し、形態的因子の混入を可及的に排除してみた。

図2の通りに対照群の25.3 ml/cmは名取<sup>11)</sup>の報告する25 ml/cmと等しい値を示した。

全日本バレーボール選手、日体大ハンドボール部員は30.0 ml/cm, 30.2 ml/cmで1%以下の危険率で対照群に対して有意な差を示した。日体大バスケット部員の27.7 ml/cmは5%以下の危険率で有意な差を示した。また、同時に肺活量を肺活量健全予測値に対する比として検討した。これは、身長に対する肺活量とほぼ同じ意味をもつものである。

図3の通り全日本バレーボール選手、日体大ハンドボール部員、113.3%、112.9%を示し対照群に比べて1%以下の危険率で有意な差を認めた。日体大バスケット部員 103.4%は対照群に対して5%以下の危険率で有意な差を認めた。東大自転車部員の97.4%はやや高い値が示された。

以上のように、トレーニングは肺活量の大きさに影響を及ぼすことが明らかであり、しかも、激しい長期間に亘るトレーニング程その効果が著しいことが認められた。

### 4) 最大換気量 (maximum breathing capacity)

肺活量は1回の呼吸運動で換気できる最大量を表すものであり、呼吸筋力と密接な関係にあるが、肺活量の大きさと運動時の換気機能の優劣とが必ずしも一致しない場合がある。

運動時の換気は呼吸筋の大きな連続運動によってなされるものであり、呼吸筋力が大きいというほかにその持久性が要因として介入するからである。全身持久性運動の限界因子として呼吸筋の疲労をあげている学者もいる<sup>20)</sup>このような呼吸筋力とその持久性の両者をみこんだ呼吸機能を指標として、この最大換気量がとりあげられている。

図4の通り全日本バレーボール選手、日体大ハンドボール部員 177.1 l/min, 180.1 l/min は対照群の149.9 l/minに対して1%以下の危険率で有意な差を認めた。日体大バスケット部員、東大自転車部員は149.3 l/min, 146.2 l/minであり、一般学生と差が認められなかった。

身体の状態的要素を可及的に除外して、肺機能の真の発達をみるために早川<sup>5)</sup>は体表面積からの最大換気量を算出した。三藤信<sup>21)</sup>は最大換気量は体表面積よりも身長により明らかな正の相関をみたと報告している。そこで、この条件を考慮して

トレーニングとの関係を調べてみた。

これを体表面積あたりの値でみると日体大ハンドボール部員は $101.4 \text{ l/min/m}^2$ で対照群に対して1%以下の危険率で有意な差を示した。全日本バレーボール選手、日体大バスケットボール部員、東大自転車部員は $88.3 \text{ l/min/m}^2$ ,  $83.5 \text{ l/min/m}^2$ ,  $89.1 \text{ l/min/m}^2$  でこの三者と一般学生との間に有意な差はなかった。

体表面積と年齢から算出する比最大換気量についてみても第1表、第5図の通り同じ傾向がみられた。

以上のように最大換気量にもトレーニングによる機能の向上、効果が認められることが判明した。

#### 5) 時間肺活量 (timed vital capacity)

1秒量は最大努力で1秒間に呼出しうる量であり、呼吸筋力および気道抵抗がこれに関わる主たる要因である。しかし、1秒量は形態の大きさ、特に身長の影響が強く関与するので、このような形態的因子の影響を除外して機能の良否をみるために一つは単位身長あたりの1秒量をしらべ、および肺活量に対する1秒量、すなわち1秒率をその健常予測値の比として算出し検討した。

健常人の時間肺活量1秒量 (volume expiratoire maximum seconde)は $1900 \sim 4000 \text{ ml}^3$ )とかなり広範囲に分布しておりTiffeneau<sup>3)</sup>は1秒量 $2000 \text{ ml}$ 以上を正常とし、中村・滝島<sup>2)</sup>も気流の速度( $\text{ml/sec}$ )であらわされる1秒量を、換気能率を反映する指標として、より大きい生理学的意義を見出している。

本研究においても対照群は平均 $3607.6 \text{ ml}$ で正常範囲に含まれている。早川<sup>5)</sup>は1秒量が単なる肺活量よりも優れた肺機能のパラメーターであると指摘している。

1秒量においては実測値、実測値/身長、1秒率とも図6、7の通り全日本バレーボール選手、日体大ハンドボール部員は $4498.3 \text{ ml}$ ,  $4151.5 \text{ ml}$ ,  $24.3 \text{ ml/cm}$ ,  $24.1 \text{ ml/cm}$ ,  $92.4\%$ ,  $88.8\%$ で対照群の $3607.6 \text{ ml}$ ,  $21.4 \text{ ml/cm}$ ,  $79.2\%$ に対していずれも1%水準で有意な差を認めた。

日体大バスケット部員、東大自転車部員は $3826.1 \text{ ml}$ ,  $3664.6 \text{ ml}$ ,  $22.0 \text{ ml/cm}$ ,  $21.9 \text{ ml/cm}$ ,  $82.7\%$ ,  $81.5\%$ と僅かではあるが対照群よりも高値を示した。

田中<sup>22)</sup>らによると競泳選手の1秒量が $4497 \text{ ml}$ と全日本バレーボール選手のそれとだいたい等しい値を報告している。これは全日本バレーボール選手が優秀な体力の所有者たることを証明するものであろう。

#### IV 結論

運動のトレーニングをつづけていくと、身体諸系統に適應現象としての諸変化があらわれることは衆知の事実である。

著者は呼吸器系の特に換気機能を取りあげ、トレーニングによって、どの程度換気機能に変化があらわれるかを長期間に亘る激しいトレーニングをつづけている被検者として、一流スポーツ選手の全日本バレーボール選手13名、日体大ハンドボール部員21名、また短期間のトレーニングの経験をつんだもの、または、運動部員ではあるがトレーニング度の弱い被検者として、日体大バスケットボール部員19名、東大自転車部員10名の計54名および対照群として運動部に所属していない東京大学一般学生18名の総計72名を選び $13.5 \text{ l}$  Benedict-Roth型Respirometerを用い12項目にわたる肺換気機能について検討を試みた。

その大要は次のような結果である。

1) トレーニング度の高いオリンピック候補選手を含む全日本バレーボール選手と日体大ハンドボール部員の肺換気機能は一般大学生に比べて著しく優れている値を示した。

1回換気量、深吸気量/身長、肺活量、肺活量/身長、比肺活量、1秒量、1秒量/身長、1秒量(肺活量健常予測値に対する百分率)、最大換気量は1%以下の危険率で有意な差を示した。

最大換気量/体表面積、比最大換気量は日体大ハンドボール部員に有意な差が認められた。

2) トレーニングをつづけても、その程度が劣る場合には、前者に比して肺換気機能の改善の程度が小さい日体大バスケットボール部員については1回換気量、肺活量に1%、肺活量/身長、比肺活量において5%以下の危険率で有意な差が認められた。東大自転車部員については一般学生に比べて実測値は高かったが、有意の差は認められなかった。

3) 換気諸機能の実測値の大小は身長、体重、

体表面積などの形態によって影響をうける, そのような条件を考えた上での深吸気/身長, 肺活量/身長, 1秒量/身長, 1秒率, 最大換気量/体表面積, 比最大換気量等にも明らかに有意な差が認められた。

特に動的条件下での努力性の換気機能に優れていることはトレーニングによる明らかな機能の改善の効果があらわれたものと断定される。

以上をまとめると呼吸数×1回換気量, 肺活量, 最大換気量, 時間肺活量のいずれにも明らかな機

能的な増大が認められた。しかも, トレーニングが長期間に亘りその強度が強いもの程著しい機能の増大をきたした。

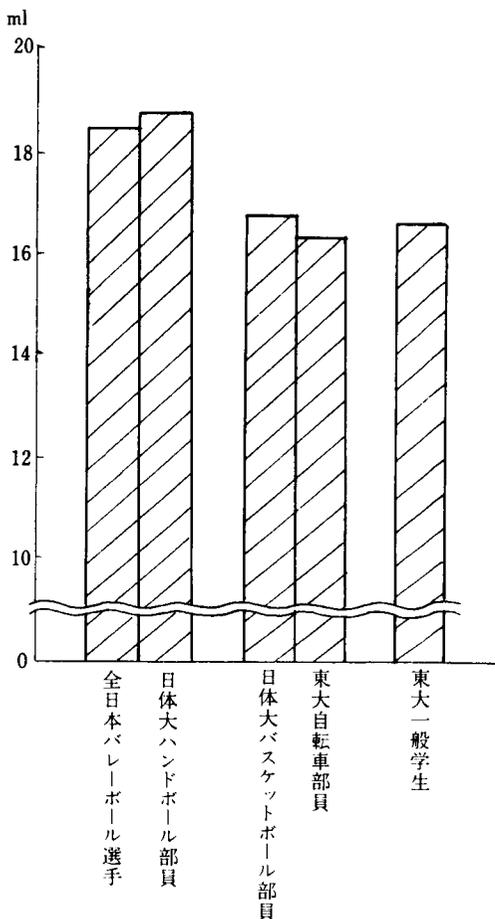
この論文をまとめるにあたり, 東京大学教授広田公一医学博士のご指導とご校閲に深甚なる感謝をささげるとともに, この研究に絶大なご協力を下さった東京大学豊田 博助教授と東京大学石川 旦講師および青森県立青森西高等学校岡本和夫先生に心から感謝の意を表します。

- 2) 中村 隆・滝島 任: 肺機能とその臨床, 文光堂, 1964.
- 3) 笹本 浩・横山哲朗: スパイログラムの臨床, 医学書院, 1959.
- 4) 昭和42年度 体力・運動能力調査報告書, 文部省体育局, 1968.
- 5) 早川真一: 高速レスピロメーターによる発育期男女の呼吸パターンの研究 I. 肺活量, 一秒時限肺活量, 肺活量呼出所要時間, 最大換気量, ならびに最大換気率の変化, 体力科学, 9 (3), 284~289, 1960.
- 6) 宮島俊名: 体育医学・運動医学, 不味堂, 1962.
- 7) 猪飼道夫・広田公一: スポーツ科学講座 運動の生理, 大修館, 1966.
- 8) 根津一夫: Respirometer による呼吸パターンの研究, 老年病, 2, 277, 1958.
- 9) 真島英信: 生理学, 改訂12版, 文光堂, 1967.
- 10) 伊藤謙夫: 人体生理学, 53, 新思潮社, 1969.
- 11) 名取礼二他: 臨床のための生理学, 240, 朝倉鉦造, 1967.
- 12) 広田公一他: 最大呼気力に関する研究 (1) ~運動選手の呼吸機能について~, 体育学紀要, 2号, 35~39, 東京大学教養学部体育学研究室, 1963.
- 13) 広田公一他: スクリーニングテストとしての呼吸機能検査法, 体育学研究, 10 (1), 328~329, 1965.
- 14) P・V・カルポビッチ著, 猪飼道夫他訳: 運動の生理学, 139, ベースボール・マガジン社, 1968.
- 15) 宮本 忍: 分時換気量, 日本胸部臨床, 21, 660~665, 1962.
- 16) 早川真一: 高速レスピロメーターによる発育期男女の呼吸パターンの研究 II, 立位時の呼予量, 吸予量, 一回換気量, 分時呼吸回数ならびに分時呼吸量の標準値, 公衆衛生院研究報告, 9 (3), 152~157, 1960.
- 17) Jere Mead, J. Milic-Emili, and J. M. Turner, "Factor limiting depth of a mammal in spiration in human subjects," J. Appl. Physiol, 18 (2), 295~296, 1963.
- 18) 日本体育協会スポーツ科学研究委員会: OLYMPIA, 16, 8, 1963.
- 19) 田多井恭子他: 学童の肺活量と最大換気量に関する研究 I, 予報的研究, 体力科学, 3 (4), 130~132, 1954.
- 20) Cherniack, R. M. and Cherniack, L.: "Reckiration in health and disease," p.p29~31, W. B. Saunders Ca., 1961.
- 21) 三藤 信: 日本人の換気機能正常値に関する推計学的検討, I. 男子健常例について, 呼吸と循環, 16(12), 1059~1065, 1968.
- 22) 田中純二他: スパイログラムによる換気機能に関する研究, (特に運動選手の換気機能について) 第二報, 体育学研究, 10 (1), 1965.
- 23) 渡辺俊男: 肺活量測定に就いての反省, 体育の科学, 3 (8), 322~328, 1953.

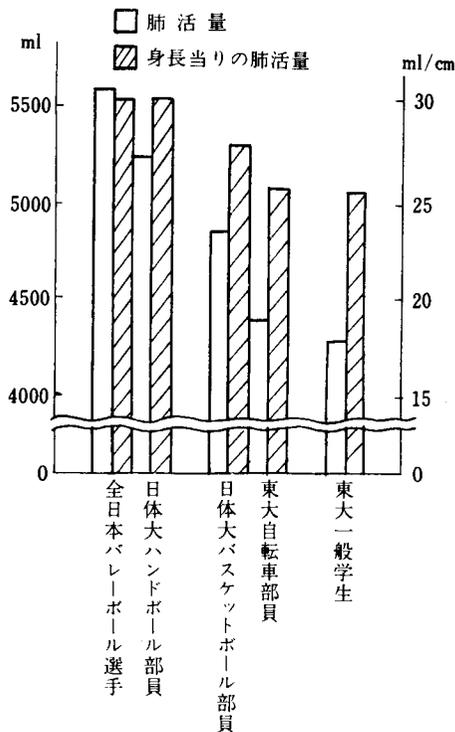
第1表 トレーニング別肺換気機能

項目 被検者	身長 cm	体重 kg	体表積 m <sup>2</sup>	呼吸数 回/min	1回換気量 ml	深吸気量 ml/cm	肺活量 ml	肺活量 ml/cm	比肺活量 %	1秒量 ml	1秒量 ml/cm	1秒率(子) %	最大換気量 l/min	最大換気量 l/min/m <sup>2</sup>	比最大 換気量 %
全日本バレー ボール選手 N=13	185.6	76.9	2.01	13.9	910.9	18.5	5572.2	30.0	113.3	4498.3	24.3	92.4	177.1	88.3	101.5
	5.83	4.31	0.08	2.56	157.87	1.86	440.96	2.03	8.15	361.32	2.17	9.27	12.26	4.95	6.90
日体大ハンド ボール部員 N=21	172.1	65.6	1.78	15.7	1008.3	18.7	5206.9	30.2	112.9	4151.5	24.1	88.8	180.1	101.4	116.3
	3.98	3.78	0.08	2.52	102.93	1.38	426.89	2.08	7.72	500.90	2.84	10.70	11.79	5.67	6.55
日体大バス ケット部員 N=10	174.2	65.5	1.79	15.7	927.9	16.7	4836.6	27.7	103.4	3826.1	22.0	82.7	149.3	83.5	95.6
	3.56	4.69	0.06	2.76	70.29	1.23	505.47	2.63	10.17	347.20	1.78	8.47	7.44	4.30	4.82
東大自転 車部員 N=10	167.6	57.0	1.64	18.3	778.3	16.3	4382.7	26.1	97.4	3664.6	21.9	81.5	146.2	89.1	102.0
	3.24	2.87	0.04	2.15	93.12	1.79	458.89	2.66	10.42	340.11	1.99	7.66	14.27	9.34	10.84
東大一般学生 (対照群) N=18	168.6	59.6	1.68	16.9	785.1	16.5	4267.6	25.3	93.7	3607.6	21.4	79.2	149.9	87.9	100.3
	5.95	8.82	0.14	3.29	126.03	1.89	486.46	2.38	8.85	472.03	2.35	9.06	15.88	8.14	9.33

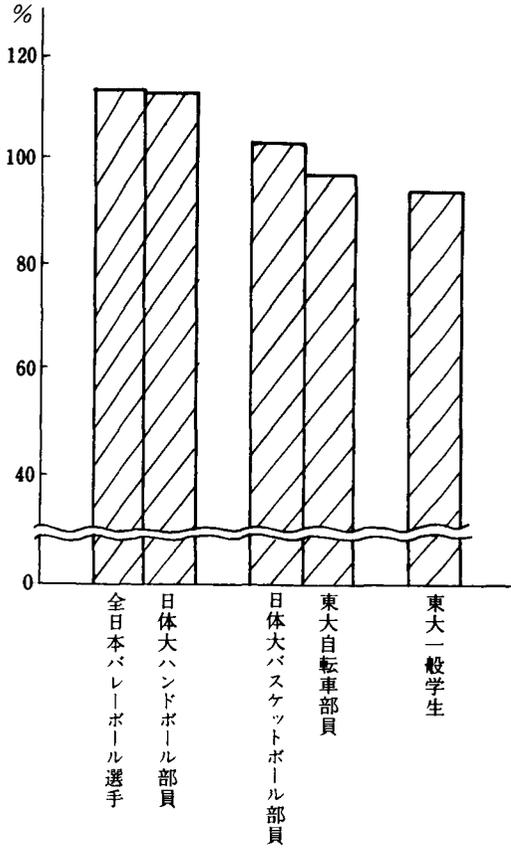
全国平均(167.9)(58.8)(1.68) (※※危険率1%以下で有意, ※危険率5%以下で有意)



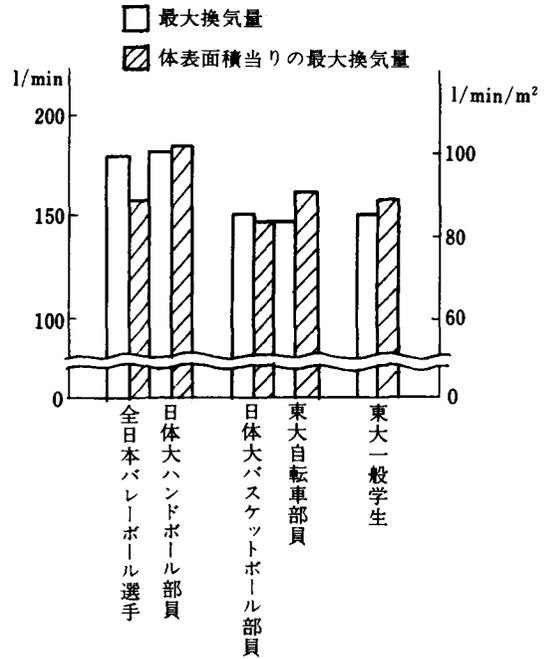
第1図 身長当りの深吸気量



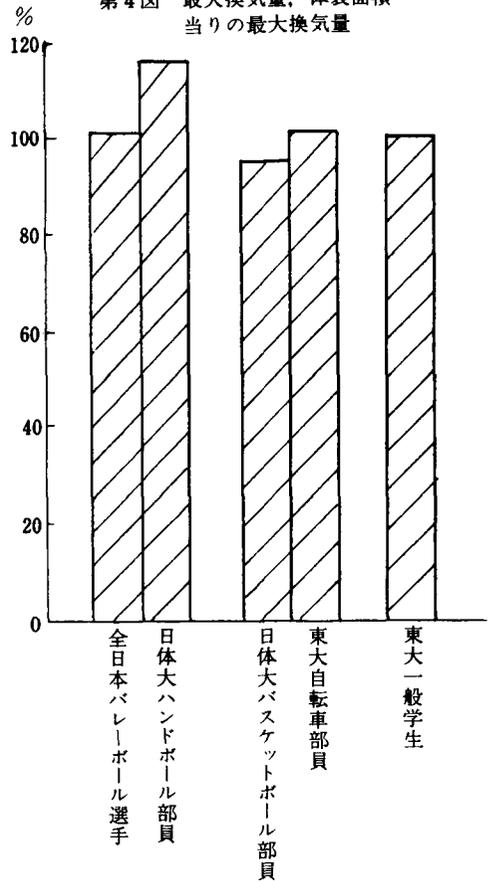
第2図 肺活量, 身長当りの肺活量



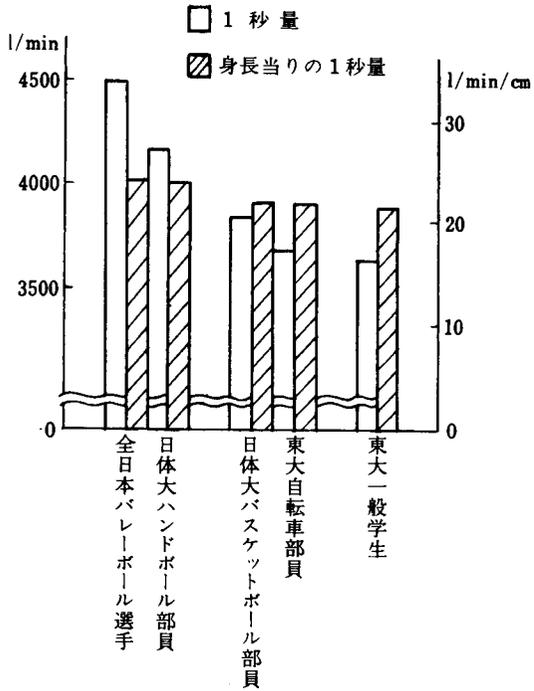
第3図 比肺活量



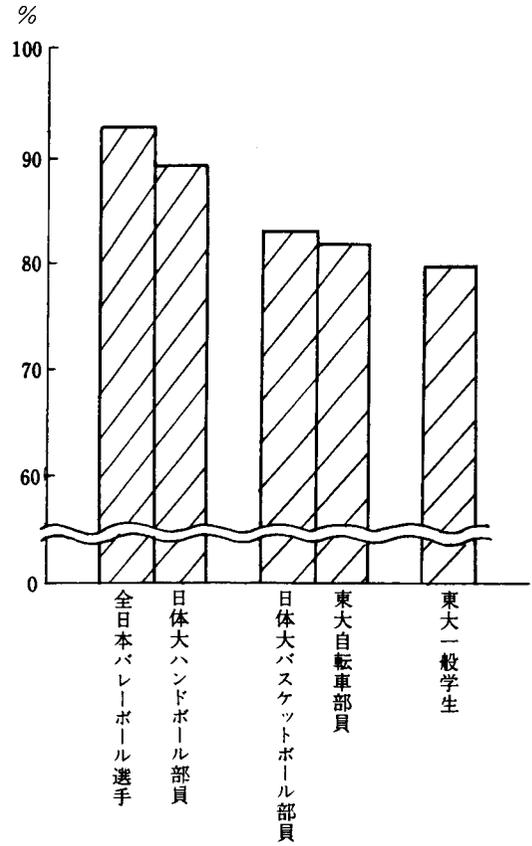
第4図 最大換気量, 体表面積当りの最大換気量



第5図 比最大換気量



第6図 1秒量, 身長当りの1秒量



第7図 1秒量(子)