

加齢にともなう Aerobic Power の推移と トレーニングの影響

— 縦断的研究 —

Changes in Aerobic Power with Age for Japanese Athletic and Non-Athletic Men. — A longitudinal study —

小林 寛道^{*1} 北村 潔和^{*2}
島岡 清^{*1} 松井 秀治^{*1}

Kando Kobayashi*, Kiyokazu Kitamura**, Kiyoshi Shimaoka*, and Hideji Matsui*

The purpose of this study was to investigate the individual changes in aerobic power as related to age and the effect of habitual physical activities for Japanese men. Aerobic power in 41 athletic and non-athletic men aged 20 to 71 years old was measured longitudinally. Aerobic power was measured with the subject walking on a motor-driven treadmill. Speed of treadmill was kept constant for each subject in the range of 80 to 120 m/min and the inclination was increased gradually at a rate of 1% in every one minute to exhaustion. Aerobic power was measured 5 times for 3 subjects, 4 times for 8 subjects, 3 times for 10 subjects, and 2 times for 20 subjects in the period of 1971 to 1979 at intervals of more than one year for each subjects.

The subjects were divided into 4 groups based on the level of habitual physical activities as follows: group-1; the subjects who run 5 to 16 km every day, group-2; the subjects who run 3 to 4 km every day, group-3; the subjects who run or enjoy physical activities once or twice in a week, and group-4; sedentary persons. Aerobic power for the subjects of group-1 showed higher level than that for other groups, and increased in some subjects even though they were over 50 and/or 60 years of age.

Changes in aerobic power in the observation period classified into the following cases: (1); increase in aerobic power, (2) decrease in aerobic power, (3) unchange in aerobic power, and (4) occurrence of cardio-vascular diseases.

The successive physical activities at frequency of once or twice in a week were effective to increase or maintain the level of aerobic power for the previous sedentary persons. Rapid decrease in aerobic power was observed for some subjects when the quantities of physical activities (running distance) were decreased.

There was a trend that aerobic power was greater for the subjects who had performed habitual activities in greater quantities. It seemed that the changes in aerobic power with age in each subject were closely related to the quantitative level of habitual physical activities more than the effect of aging.

人間の発育発達の様子をとらえる研究手法として、個人を追跡的に測定する縦断的測定が重視されているが、成人を対象とした研究においても、個人の体力の推移を加齢現象という視点からとらえてゆくうえで、縦断的測定はぜひ必要なことである。

成人の Aerobic Power の加齢にともなう個人値

の推移をとらえた縦断的研究には、Åstrand et al.¹⁾ Dehn と Bruce,³⁾ Dill et al.⁴⁾ Eriksson et al.⁵⁾ Robinson et al.^{8,9)} らの研究がある。

Åstrand¹⁾ は、1949年に測定した男女を、1970年(21年後)に再測定し、体重あたり Aerobic Power が、男子で23%、女子で19%減少がみられたことを報告している。

*1 名古屋大学総合保健体育科学センター *2 富山大学教養部

*: Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University.

** : School of General Education, Toyama University.

また、Robinson⁸⁾は、22年間に男子の体重あたり Aerobic Power が、12~25%減少したことを報告した。このうち、40~44才の人が49~53才まで積極的な身体トレーニングを実施したところ、11%の向上がみられたとしている。

これらの縦断的研究は、スポーツ選手を対象としたものであり、また、再測定までの期間も、10年~30年とその期間が長い。

再測定までの期間内に Aerobic Power が、加齢とともに直線的に減少するものなのか否かについては、明らかでない。また、一般人についての Aerobic Power の推移や、もっと短期間での推移についても、明らかにされていない点が多い。この研究は、スポーツ愛好者及び一般健康成人について、Aerobic Power を比較的短期間(1~3年)の間隔でくり返し追跡測定し、加齢にともなう推移、及び身体トレーニングの影響等を考察しようとしたものである。

方 法

被検者は20才から71才までの成人男子41名で、1年以上の間隔をもって、Aerobic Power の追跡測定を受けたものである。

Aerobic Power の測定には、トレッドミル歩行による斜度漸増負荷法(トレッドミル歩行法)^{2,7)}を用いた。すなわち、トレッドミル斜度0%から歩行を開始し、1分毎に1%ずつ斜度を漸増させ Exhaustion に導いた。但し、被検者が運動開始後18分目になっても Exhaustion に達しない場合は、斜度17%で一定とし、以後速度を毎分 10 m/min ずつ漸増させ Exhaustion に導いた。トレッドミル上の歩行速度は、被検者の体力水準にあわせて、50 m/min から 120 m/min の範囲内で調整した。

呼気ガスは、ダグラスバッグ法により連続採集し、瞬時呼気ガス分析装置(三栄測器社製)、ゴダルトCO₂分析器(Godart-Stantham nv, Holland)、モルガンO₂分析器(P. K. Margan LTD. England)、によって分析した。較正には、ショランダー微量ガス分析器によって分析した、濃度の異なる2種類の較正ガス(O₂, CO₂ 混合, N₂ バランス)を用い、少なくとも、サンプル6本の分析ごとに1回の

較正(2種類のガス)を行なった。

Exhaustive Time の決定は、胸部誘導心電図による運動中心拍数、被検者の自覚症状、及び歩行動作等による総合的判断のもとに行なった。最大酸素摂取量の判定にあたっては、1) 最高心拍数の水準(> 180 beats/min) 又は、年令相当の最大値に近い水準。2) レベリング・オフ(<±150ml/min) 3) 最大運動時の呼吸商(RQ)が1.0以上を指標とし、いずれか2指標を満足したものを最大酸素摂取量(Aerobic Power)とした。

各被検者に対する第1回目の Aerobic Power の測定は、1971年から順次開始したが、このうち、現時点(1979年)で5回目の測定を終了した被検者は3名、4回目終了は8名、3回目終了は10名、2回目終了は20名となっている。

結 果 と 考 察

Aerobic Power の測定結果のうち、体重あたり Aerobic Power の推移について、<図1>に示した。図中のマークは、その期間の身体運動生活の内容を示している。

すなわち、△印は、特に運動実施のない人、●印は、週1~2回定期的に運動を実施した人、○印は、毎日3~4km走った人、又は週3回程度運動を実施した人、☆印は、毎日5~16km走った人である。

また、途中でマークが変更されている場合は、そこで運動生活が変化したことを示している。図中の破線は、一般健康成人男子の年令に対する体重あたり Aerobic Power の回帰直線である⁶⁾。

測定期間内の Aerobic Power の推移については、およそ次の4つの場合に分類することができた。

- (1) Aerobic Power が向上する場合
- (2) Aerobic Power が下降する場合
- (3) 不変の場合
- (4) 心臓疾患が生じた場合

Aerobic Power が向上する場合の理由として、①測定に対する慣れ、②身体コンディションの波動、③身体トレーニングによる向上、④体重の減少による体重あたり Aerobic Power の向上、等が考えられるが、③が主たる要因と考えられる。

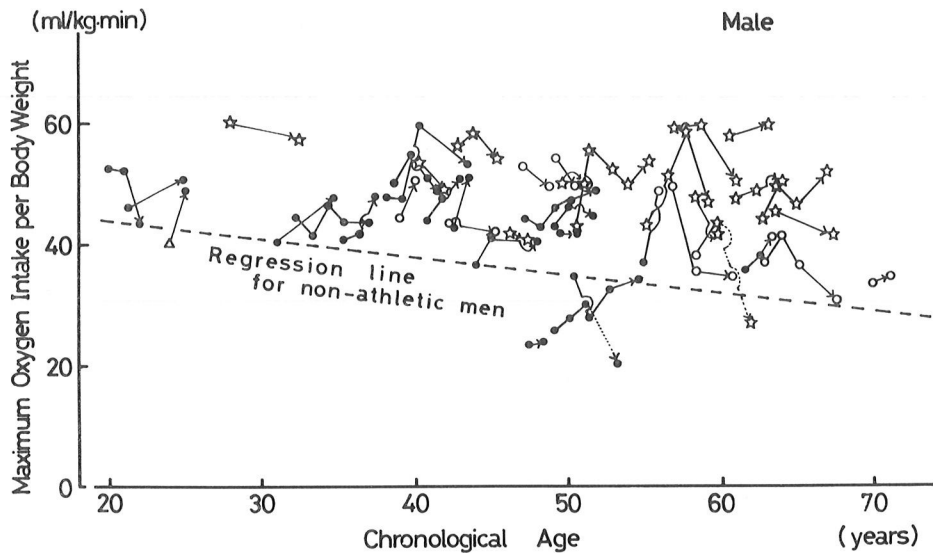


Figure 1. Individual changes in aerobic power per 1 kg of body weight as related to age and the level of habitual physical activities. Symbols of star (☆) represent aerobic power for the subject who run 5 to 16 km every day, Circles (○) represent the subjects who run 3 to 4 km every day, Black dots (●) represent the subjects who run or enjoy physical activities once or twice in a week, and Triangle (△) represents the sedentary person. Regression line was obtained from the previous study.⁶⁾

図中●印で示した週1～2回運動する人については、第1回目の Aerobic Power 測定は、毎週日曜日に同好者が集まって、3～6 km 走るといったクラブ組織による定期的な運動が開始されて、間もない頃に行われた。これらの人たちの多くは、それまで定期的な運動というものを全くしていない場合が多かった。その後、この運動を継続した人のほとんどに、Aerobic Power の向上がみられている。

すなわち、これまで何も運動しなかった人の場合には、一般健康成人についての回帰直線にみられるような加齢にともなう Aerobic Power の減少傾向とは逆に、週1～2回の継続的な身体運動の実施が、Aerobic Power の水準を維持、向上させることに有効であることがうかがわれる。

☆印で示した、毎日5～16km走るランニング愛好者たちの Aerobic Power は、高い水準に保たれている。50才代、60才代になっても、なお Aerobic Power の向上がみられている場合も少なくない。年次的な向上がみられた人では、毎日の走行距離

が長くなっている場合が多い。この人たちのほとんどは、全国各地で行われる壮年マラソン大会に数多く出場しており、海外で開催される大会にも参加して、上位入賞している人も数名含まれている。

このように、Aerobic Power が高い水準にある人では、トレーニングを継続することが必要である。トレーニング量が減少した人では、Aerobic Power に急激な減少がみられている。

一般に Aerobic Power が減少する様子を見ると、徐々に減少がみられる場合と、短期間に急激な減少がみられる場合とがある。特に、50才代後半以上の年齢層では、短期間に急激な減少がみられる例が目立つ。この現象は、身体トレーニングを続けてきた人の場合に顕著である。一般に、これまでと同様のトレーニング量を持続しているにもかかわらず、Aerobic Power に減少がみられた人と、身体トレーニング量を少なくしたために減少がみられた人の場合とがある。身体トレーニング量を少なくしたことの理由については、これまでと同

様のトレーニング量を、体力的に消化できなくなっていると述べている場合が多い。

Aerobic Power が測定期間内にあまり変化しなかった人では、身体トレーニング量に変化がない場合が多い。

71才の人は、数十年間、毎朝のランニングを継続しているが、この期間に目立った変化はみられない。

心臓疾患が生じた場合は、51才、60才、63才の人についてみられた。前2者（図中に途中で破線が描いてある人）の場合、身体トレーニングの継続によって、Aerobic Power の増大がみられたが、Aerobic Power が増大しつつある過程で、運動中及び運動後に、期外収縮の頻発がみられるようになった。51才の人の場合は、心室性期外収縮をとまなうものであった。

これらの心臓疾患の発生が、トレーニングによって誘発されたものか、トレーニングとは無関係に発生したものか、その発生原因は明確ではない。しかし、両者とも、年次的なトレーニング量の増大があり、特に60才の人の場合には、毎日3kmのランニングが、毎日5～6kmのランニングへと走行距離が延長していた。51才の人の場合は、週1回3～4kmのランニング中に、速度そのものは速いものではなかったが、相当程度まで追い込むといったトレーニング内容を継続してきた。63才の人では、毎日10～16km走るトレーニングを20年間持続した時点で、安静時心電図のST降下が顕著となった。その後回復して、67才時点でAerobic Power に更に向上がみられた。

これらの個人値の推移をみると、Aerobic Power の水準や、その年次的な変動は、身体運動量と密接な関連をもっていることが明らかである。すなわち、この研究における被検者の個人値の推移からは、Aerobic Power における加齢現象とは何かを明確にとらえることができなかった。それは、個人値の年次的な変動が加齢による現象をこえた大きなものであったからである。Aerobic Power の個人値の変動から、加齢現象を考察するためには、この追跡測定をさらに数十年継続する必要がある。現時点のデータから推察されることは、

Aerobic Power の変動は加齢による影響より、身体活動量に関連する要素が大きいということであろう。但し、身体トレーニングが、体力的に負担になり、Aerobic Power に減少がみられた50才代後半以上の年齢層の被検者の場合のように、身体活動量が加齢とともに減少すること自体に、加齢の影響を見出すことができよう。

〈図1〉に破線で示した回帰直線⁶⁾は、横断的測定にもとづいて描かれたものであるが、回帰直線にみられる加齢にともなうAerobic Power の減少の様子は、一般的に、加齢にともなって身体運動量が減少する様子を反映しているものではないかと推察される。

ま と め

1. 20才から71才までの男子41名を対象として、1年以上の間隔をもって、Aerobic Power の追跡測定を実施した。
2. Aerobic Power の測定について、5回目を終了した被検者は3名、4回目終了は8名、3回目終了は10名、2回目終了は20名である。
3. 測定期間内(1971～1979年)のAerobic Power の推移については、およそ次の4つの場合に分類することができた。
 - ① Aerobic Power が向上する場合、② Aerobic Power が下降する場合、③ 不変の場合、④ 心臓疾患が生じた場合
4. 測定開始以前まで、何も運動していなかった人にとって、週1～2回の継続的な身体運動の実施は、Aerobic Power の水準を維持、向上させることに有効である。
5. 毎日5～16km走る人では、Aerobic Power が高水準に保たれ、50才代、60才代になっても、さらに向上がみられる場合も少なくない。
6. 身体トレーニング量が減少した人では、Aerobic Power に急激な減少がみられた。
7. Aerobic Power の個人値の水準や、その年次的な変動は、加齢現象によるよりも、むしろ身体運動量と密接な関連をもっていると考えられる。

文 献

- 1) Åstrand, I., P-O. Åstrand, I Hallbäck, and Å. Kilbom. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J. Appl. Physiol.* 35: 649—654. 1973.
- 2) Balke, B., G. P. Grillo, E. B. Konecci, and U. C. Luft. Work capacity after blood donation. *J. Appl. Physiol.* 7: 231—238. 1960.
- 3) Dehn, M. M. and K. A. Bruce. Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. *J. Appl. Physiol.* 33: 805—807. 1972.
- 4) Dill, D. B., S. Robinson, and J. C. Ross. A longitudinal study of 16 champion runners. *J. Sport Med. Physi. Fit.* 7: 4—27. 1967.
- 5) Eriksson, B. O., I. Engström, P. Karlberg, B. Saltin, and C. Thren. A physiological analysis of former girl swimmers. *Acta Paediat Scand. Suppl.* 217: 68—71. 1971.
- 6) 小林寛道, 北村潔和, 松井秀治。一般健康成人および中高年スポーツ愛好者の Aerobic Power。体育学研究 24(4): 313—323, 1980.
- 7) Raven, P. B., H. Matsui, M. Kaneko, M. Miyashita, S. Taguchi, and N. W. Bolduan. Comparisons of work capacity tests. In JIBP synthesis. Human Adaptability Vol. 1. Edited S. M. Horvath, S. Kondo, H. Matsui, and H. Yoshimura. *University of Tokyo Press.* 1975. pp. 47—54.
- 8) Robinson, S., D. B. Dill, S. P. Tzankoff, J. A. Wagner, and R. D. Robinson. Longitudinal studies of aging in 37 men. *J. Appl. Physiol.* 38: 263—267. 1975.
- 9) Robinson, S., D. B. Dill, R. D. Robinson, S. P. Tzankoff, and J. A. Wagner. Physiological aging of champion runners. *J. Appl. Physiol.* 41: 46—51. 1976.

(1980年 1月29日受付)

