

Anaerobic Threshold 以下での運動負荷による 体力評価の可能性

—— 心拍酸素係数からの検討 ——

川俣 幹雄¹ 千住 秀明² 青野 健治³ 山田 奈美⁴

要 旨 本研究の目的は、最大酸素摂取量と Anaerobic Threshold の関連を通じ、高齢者の低負荷体力評価の可能性を検討することである。対象者はシニアエアロビクス教室に参加する平均年齢 62.9 歳の健常女性 72 名であった。方法はトレッドミルでの多段階運動負荷テストを与え、最大酸素摂取量、最大心拍数、Anaerobic Threshold などを解析した。その結果、

- 1) Anaerobic Threshold 以下での心拍酸素係数と最大酸素摂取量の相関が認められ、低負荷体力評価の可能性が示唆された。
- 2) 被験者の AT 値は、最大酸素摂取量の平均 $58.7 \pm 11.4\%$ 、最大心拍数の平均 $74.3 \pm 8.4\%$ という結果が得られたが、Anaerobic Threshold と年齢との相関は認められなかった。

長大医短紀要 5 : 99-104, 1991

Key words : 高齢者・最大酸素摂取量・Anaerobic Threshold・心拍酸素係数・
体力評価

1. はじめに

高齢化社会の到来に伴い、高齢者の適切な体力評価や運動処方必要性は日増しに高まりつつある。しかし、体力科学の分野における報告の多くは、若年層から中年層を対象としたものであり、高齢者に関する研究は少ない。

そこでわれわれは、高齢者の運動耐容能を総合的に研究するために、運動負荷テストに

おける換気量・ガス代謝変動、心拍数・血圧反応をはじめ、肺機能、身体組成、筋力などの各種項目の測定、解析を行った。

今回これらの項目の解析結果から、心拍数と酸素摂取量の回帰係数（以下、心拍酸素係数と略）を体力評価の指標とする園田らの研究¹⁾に示唆を受け、Anaerobic Threshold（以下、AT）以下での低負荷体力評価法の可能性に関し、以下の仮説をたて、検証した。

- 1) 最大酸素摂取量（以下 $\dot{V}O_{2max}$ ）と V-

1 高橋病院

2 長崎大学医療技術短期大学部

3 長崎北徳州会病院

4 三原台病院

slope 法により求められた AT 点での酸素摂取量 (以下 AT ($\dot{V}O_2$)) または AT 点での心拍数 (以下 AT (HR)) とは相関する。

- 2) もし相関しないとすれば, $\dot{V}O_2$ max と AT 前後, 全負荷時の 3 つの心拍酸素係数 (運動負荷開始から exhaustion に至るまでの回帰直線の傾き) の何れかと相関する。

上記の仮説に加え,

- 3) 高齢者の AT に関し, AT ($\dot{V}O_2$)/ $\dot{V}O_2$ max 比, AT (HR)/HRmax 比および加齢との相関についても併せて検討した。

2. 対象

対象者は, シニアエアロビクス教室に参加している健常女性 72 名である。年代の内訳は, 50, 60, 70, 80 歳代それぞれ 21, 39, 9, 3 名で平均年齢 62.9 ± 6.9 歳 (50~83 歳) であった。

3. 方法

1) 測定項目

分時換気量 (\dot{V}_E), 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$), 心拍数 (HR)

2) 測定機器

心拍数は, フクダ・エム・イー社製心電図テレメーターで計測した。それ以外の測定項目は, ミナト医科学製レスピロモニター RM 200 を用いて Breath by Breath 法で測定した。

3) 運動負荷法

10 分間の安静座位の後, トレッドミルによる多段階運動負荷テスト (Bruce 法, Sheffield and Reeves 法) を exhaustion に達するまで与えた。負荷試験の中止基準は, 自覚症・年齢別予測最大心拍数・重症不整脈の出現などとした。

4) 解析方法

上記の測定機器から PC-9801VM コンピュー

タへ 20 秒毎に取り込み, 各測定項目を記録した。AT 値の決定は, V-slope 法により行い, AT 値の $\dot{V}O_2$ と HR を求めた。

また, 心拍酸素係数は, 回帰直線を①運動負荷開始から AT に至るまで, ② AT から exhaustion に至るまで, ③運動負荷開始から exhaustion に至るまでの 3 つに分類し, それぞれ回帰直線の傾きより 3 種類のものを求めた (図 1)。

4. 結果

- 1) $\dot{V}O_2$ max と AT ($\dot{V}O_2$), AT (HR) の相関を解析したところ, $\dot{V}O_2$ max と AT ($\dot{V}O_2$) とは相関を示したが ($r = 0.439$; $p < 0.01$), $\dot{V}O_2$ max と AT (HR) には相関を認めなかった ($r = 0.108$; ns) (図 2a, b)。

- 2) $\dot{V}O_2$ max と①~③の心拍酸素係数の相関を解析したところ, 最もよい相関を示したものは, ③運動負荷開始から exhaustion に至るまでで, 次に①運動負荷開始から AT に至るまでの心拍酸素係数であった。② AT から exhaustion に至るまでの心拍酸素係数については相関を認めなかった。

- 3) AT ($\dot{V}O_2$)/ $\dot{V}O_2$ max 比は平均 58.7 ± 11.4

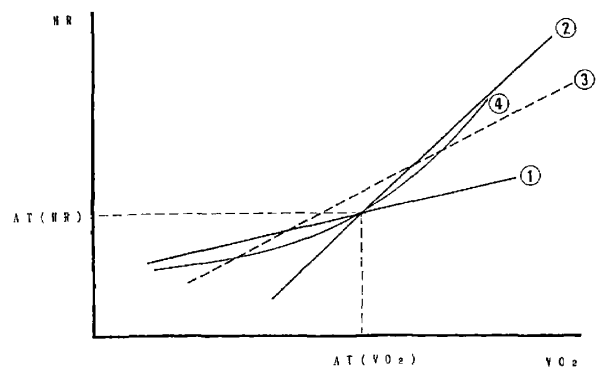


図 1 3つの回帰直線の模式図

- ①運動負荷開始から AT に至るまでの回帰直線
- ②AT から exhaustion に至るまでの回帰直線
- ③運動負荷開始から exhaustion までの回帰直線
- ④運動による心拍反応

注) ①と②の交点が AT ポイントである。

Anaerobic Threshold 以下での運動負荷による体力評価の可能性

%, AT (HR)/HRmax 比は平均 $74.3 \pm 8.4\%$ であった。また, $\dot{V}O_2\max$, HRmax, AT ($\dot{V}O_2$), AT (HR) と加齢の相関を解析したところ $\dot{V}O_2\max$, HRmax は

加齢と相関を示した ($r = -0.378$; $p < 0.05$, $r = -0.383$; $p < 0.01$) が, AT ($\dot{V}O_2$), AT (HR) とは相関を示さなかった ($r = -0.071$; ns, $r = -0.127$; ns)

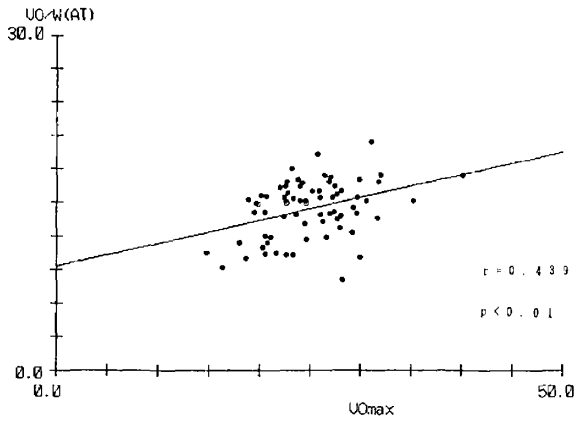


図 2 - a $\dot{V}O_2\max$ と AT ($\dot{V}O_2$) の相関

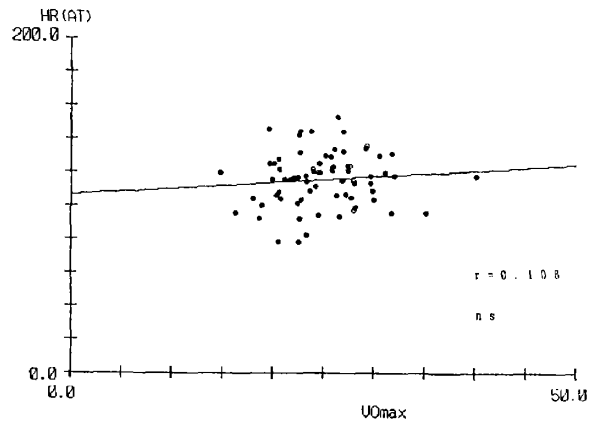


図 2 - b $\dot{V}O_2\max$ と AT (HR) の相関

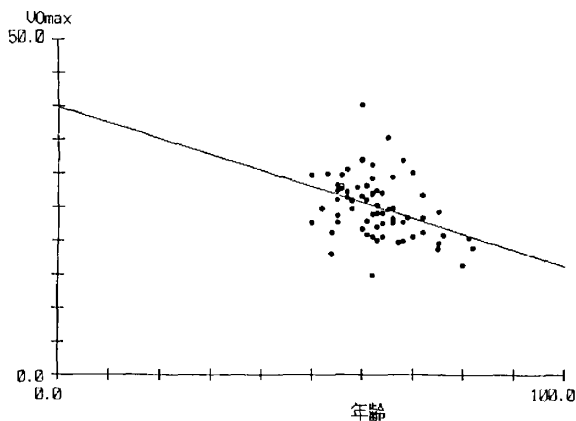


図 3 - a $\dot{V}O_2\max$ と加齢の相関

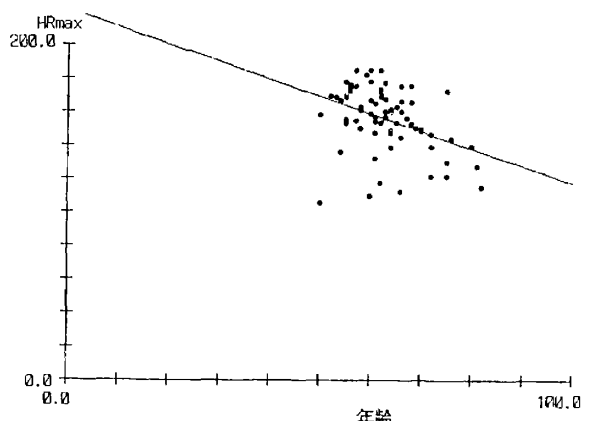


図 3 - b HRmax と加齢の相関

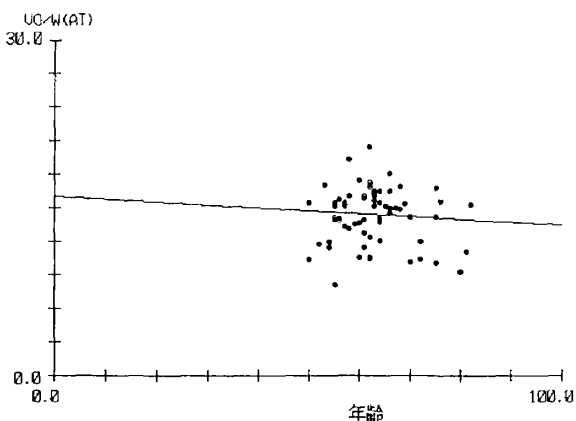


図 3 - c AT ($\dot{V}O_2$) と加齢の相関

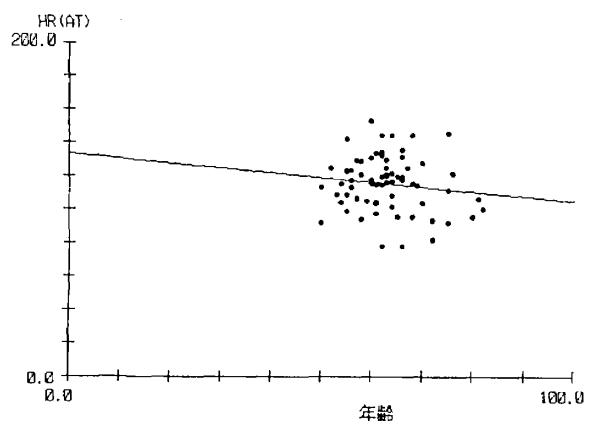


図 3 - d AT (HR) と加齢の相関

(図3, a, b, c, d).

5. 考 察

1) $\dot{V}O_2\max$ と AT の相関について

酸素運搬系の最大能力をあらわす客観的指標として、最も有効なものは、 $\dot{V}O_2\max$ であるといわれている²⁾。しかし、 $\dot{V}O_2\max$ を臨床で測定するのは、測定機器や患者の負担などの問題から考えて容易ではない。一方、運動処方のひとつの基準として、近年 AT の概念が注目されている。Wasserman ら³⁾によれば、AT は、「有気的エネルギー産生に無気的エネルギー産生機構が加わった時点の運動時 $\dot{V}O_2$ のレベル」と定義され、AT ($\dot{V}O_2$) は $\dot{V}O_2\max$ と有意の相関を示すことが知られている。今回、我々が行った実験でも、同様のことが確認された。

しかし、心拍数で表された AT、すなわち AT (HR) は $\dot{V}O_2\max$ と相関を示さず、 $\dot{V}O_2\max$ を予測するための指標としては適さなかった。

2) $\dot{V}O_2\max$ と心拍酸素係数の相関について

③の心拍酸素係数が、 $\dot{V}O_2\max$ と最もよい相関を示したのは、 $\dot{V}O_2\max$ をより正確に予測するためには exhaustion までの運動負荷が最適であることを示唆している。しかし、①の心拍酸素係数と $\dot{V}O_2\max$ の相関が確認されたことにより、 $\dot{V}O_2\max$ の予測には exhaustion までの運動負荷は必ずしも必要ではなく、AT 以下での低運動負荷でも十分に体力評価が可能なが示唆されている。軽度から中等度の運動負荷による体力評価法については、すでに各種のものが報告されている。

大倉ら⁴⁾は、心拍数 130, 150beats/min に対応する酸素摂取量 ($\dot{V}O_2130$, $\dot{V}O_2150$) を全身持久力の指標とすることの有効性を報告している。

園田ら¹⁾は、脳卒中片麻痺患者を対象として体幹前後屈運動を行わせ、その際の心拍酸

素係数から持久力の予測が可能なることを提唱している。

大島ら⁵⁾は、自転車エルゴメーターを用い運動負荷の最終段階で心拍数が 120beats/min 前後になるような運動負荷テストでの持久力測定を報告している。これらの研究は、いずれも心拍数と酸素摂取量の間に関係が成立することに注目し、それを応用したものであるが、負荷量の程度が明らかにされていない。

われわれも、心拍酸素係数を用いるという点では、園田らの研究を踏襲するものであるが、AT 前後で回帰直線を分け AT 以下での運動負荷を考えた点では異なる。AT 以下での運動は、疲労が蓄積せず持続性が保てる軽度～中等度の運動強度であり、安全性に優れ、高齢者の体力評価に適している。

3) 高齢者の AT 値について

AT 以下での運動負荷を考える場合、AT ポイントの位相が問題となる。

Gibbson⁶⁾は、健常女性 (n=25) の AT は 58.9~81.4% $\dot{V}O_2\max$, 65.3~94.2% HR max に分布していると報告している。また Davis ら⁷⁾によれば、20~59 歳の肥満女性 (n=100) の AT は、約 50% peak $\dot{V}O_2$ であるという。

諸家の報告を総括すれば、健常者の AT は、 $\dot{V}O_2\max$ の約 60~70% にあたり、高齢者や非鍛練者では約 50~60%、逆にスポーツ選手では 80% を越える、というのが一般的である。一部の研究者は $\dot{V}O_2\max$ の 40% を正常値の下限と報告している例もある⁸⁾。しかし、こうした研究の多くは若年～中年層を対象としたものであり、高齢者の AT 値に関する報告はきわめて少ない。

われわれが今回行った実験の解析結果での AT 値は、 $\dot{V}O_2\max$ の平均 $58.7 \pm 11.1\%$ 、HRmax の平均 $74.3 \pm 8.4\%$ である。これは、諸家の報告と比較してもほぼ妥当な結果であり、高齢者の AT 値の % $\dot{V}O_2\max$ 、および %

HRmax が、ある程度裏づけられたといえる。しかし、今回の実験の被験者は中等度の運動経験を有する健常女性であり、一般人の場合はそれよりもさらに低値であると推測される。

一方、AT は加齢とともに低下傾向にあるといわれ、 $Y = 155 - 0.8X$ という予測式⁹⁾ (Y:AT, X:年齢) や $Y = 0.16X + 27.8$ という回帰式⁹⁾ (同様) も提起されている。今回の実験の解析結果においても、50~80代前半にかけて、AT 値は全体的には低下する傾向を示した。しかし、部分的に60代では有意に上昇する傾向も見られ、AT と加齢の相関を検定したところ相関を認めなかった。

$\dot{V}O_2\max$ および HRmax は加齢と相関(いずれも $p < 0.01$) するが、AT は必ずしも相関しないということ、このことは換言すれば $\dot{V}O_2\max$ 、HRmax の低下には年齢的因子がかなり関与しているが、AT の場合、年齢的因子の影響を多少受けるとはいえ、各個体の能力差に依存性が強いことを示唆しているといえよう。

AT 値を運動処方のひとつの基準として、臨床応用する場合、個人差に留意する必要がある。

6. まとめ

心拍酸素係数を指標とする高齢者の低負荷体力評価法について、仮説をたて検証した。シニアエアロビクス教室に参加している健常女性72名を対象として、トレッドミルによる多段階負荷テストを行い、 $\dot{V}O_2\max$ 、HRmax、AT などの測定、解析を行った。その結果、次の知見を得た。

- 1) $\dot{V}O_2\max$ と AT ($\dot{V}O_2$) は相関するが、AT (HR) とは相関せず、AT (HR) は $\dot{V}O_2\max$ を予測するための指標としては、不適であると考えられた。
- 2) 心拍酸素係数を3種類に分けて、それぞれ $\dot{V}O_2\max$ との相関を検定したところ、

AT 以下での心拍酸素係数と $\dot{V}O_2\max$ の相関が認められた。このことから、心拍酸素係数を指標とする高齢者の低負荷体力評価法の可能性が示唆された。

- 3) 中等度の運動経験を有する健常な高齢女性の AT 値は、 $\dot{V}O_2\max$ の平均 $58.7 \pm 11.4\%$ 、HRmax の $74.3 \pm 8.4\%$ であった。これらの被験者の AT 値は年齢と相関を示さず個人差への依存性が強いと推測された。

文 献

1. 園田茂, 岡島康友, 椿原彰夫, 千野直一: 体幹前後屈運動負荷による脳卒中片麻痺患者の持久力測定, リハビリテーション医学, 1989, 26: 93-95.
2. Astrand P, Rodahl K: 運動生理学, 大修館書店, 東京, 1982, pp,255-274.
3. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ: 運動負荷テストとその評価法, 南江堂, 東京, 1990, pp,44.
4. 大倉三洋, 中屋久長, 酒井寿美, 徳平賢治, 吉田けんじ: 老人病院における全身持久力測定の試み, 理学療法, 1988, 5: 51-57.
5. 大嶋一志, 平上二九三, 武田政則, 村岡弘隆, 徳川ひなこ, 徳弘昭博: 中等度の運動負荷試験における持久力測定の可能性, 理学療法学 (suppl), 1991, 18: 3.
6. Gibson ES: The significance of anaerobic threshold in exercise prescription, J Sports Med 27, 1987, pp,357.
7. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ: 運動負荷テストとその評価法, 南江堂, 東京, 1990, pp,106.
8. 前田如矢: 運動生理学, 金芳堂, 京都, 1990, pp,158.
9. 谷口興一: anaerobic threshold の考え方と臨床応用, 臨床医, 1989, 15: 99.

(1991年12月28日受理)

Low intensity exercise test for the aged
— from a coefficient of heart rate-oxygen uptake —

Mikio KAWAMATA¹, Hideaki SENJU²,
Kenji AONO³, Nami YAMADA⁴

- 1 Kouzenkai Takahasi Hospital
- 2 Department of Physical Therapy, The School of Allied Medical Sciences Nagasaki University
- 3 Tokushuukai Nagasaki kita Hospital
- 4 Miharadai Hospital

Abstract This study was undertaken to investigate the method of evaluation for physical fitness in the aged. As concerns this method, we examined whether it is possible or not to predict maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_2 \text{max}$) from a coefficient of heart rate-oxygen uptake. Subjects were 72 healthy old women who had been exercising moderately. Exercise test was performed by multistage protocol using treadmill. $\dot{V}O_2 \text{max}$, maximum heart rate (HRmax) were measured and Anaerobic Threshold (AT) was also identified by V-slope method. The results were as follows;

- 1) $\dot{V}O_2 \text{max}$ had correlation with a coefficient of HR- $\dot{V}O_2$ under AT. This suggests $\dot{V}O_2 \text{max}$ could be predicted indirectly by low intensity performance test.
- 2) AT in these subjects was $58.7 \pm 11.4\%$ of $\dot{V}O_2 \text{max}$ and $74.3 \pm 8.4\%$ of HRmax. There is no correlation between AT and aging. This suggests AT in the aged may be influenced by rather individuals physical capacity than aging.

Bull. Sch. Allied Med. Sci., Nagasaki Univ. 5 : 99-104, 1991