

健康評価尺度としての活力年齢の問題点

田 中 喜代次・松 浦 義 行・中 村 栄 太 郎*

Vital age as a physical health or aging index: review of the concept and directions for future research

Kiyoji TANAKA, Yoshiyuki MATSUURA and Eitaro NAKAMURA*

It is clear that aging is inevitable, but equally clear is the fact that by maintaining moderate to high levels of exercise conditioning, a person has physiological capacity of the healthy average men or women who is 20 to 30 years younger. This is simply because the continuation of moderate exercise throughout life will certainly reduce the rate of decline in the basic physiological function of the body. In fact, several studies have compared healthy and unhealthy persons, and found that the unhealthy groups to be biologically older. Therefore, assessing functional status seems to be a more rational basis for categorizing a person's age than is chronological age. The prevalence of cardiovascular diseases, one of the leading causes of death in industrialized nations, is more frequently associated with hypertension, elevated lipid and lipoproteins, excess body fat, a low level of cardiovascular fitness, etc. Functional or biological age based on the assessment of various physiological factors measured in the resting state has been proposed as an index of aging or physical health status. According to results obtained in some epidemiological studies and new evidence from several recently released studies, we have developed a useful equation, consisting of following 11 independent variables measured not only at rest but also during exercise, for estimating the so-called vital age (VA) or biological, physiological or functional age of Japanese adult women: cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, systolic blood pressure, abdominal circumference, hematocrit, oxygen uptake corresponding to lactate threshold (LT), heart rate at the LT, side step, one-leg balance with eyes closed, and forced expiratory volume for 1 second as independent variables (Tanaka *et al.*, 1990). In the study, it was hypothesized that a combination of many factors would be highly predictive of one's physical health-fitness status or well-being. As a matter of fact, the estimated VAs of women with coronary heart disease (CHD) and/or those with many risk factors related to CHD were found to be approximately 7 years older than their chronological ages (Mean and SD: 61.4 ± 7.2 vs. 54.6 ± 9.9 yr, $P < 0.05$). Furthermore, it is of interest that, after 4 months' involvement in our in-hospital conditioning program, the mean gap between the VA and the calendar age narrowed from +6.8 years to -3.5 years in patients with CHD (Tanaka *et al.*, 1991). In the present article, however, some pivotal questions on the sensitivity of the VA equation were addressed. With use of the present equation, some particular persons may have considerably higher VAs than generally anticipated. Emphasized herein is, in particular, the applicability of the equation to certain individuals with hypertriglyceridemia, hypertension, and/or extreme obesity. The VA equation may not be useful in familial hyperlipoproteinemia. The necessity of developing subject population-specific equations was

*京都大学教養部

proposed. The institution (set-up) of the least upper bound and the greatest lower bound for each independent variable was also suggested. The corrected calculations are, to some extent, theoretical. We believe that VAs of certain individuals with hypertriglyceridemia are more reasonably rated with the suggested correction than without any correction. The effect on the VA of most individuals (even of many CHD patients) is nothing or only marginal. Nonetheless, the raised suggestion may not appear to be of sufficient scope to appropriately assess physical health status or aging of such individuals. Additional research is needed before population-specific equations can be better defined.

Key words : Vital age, Biological age, Physical health index, Aging, Coronary heart disease

I. 緒 言

われわれは、ヒトの健康度（または老化度）を評価する尺度の一つである生物学的年齢^{5,7)}もしくは活力年齢^{11,12)}の推定式を開発するとともに、その意義について考察してきたが、これらの尺度の実際的な利用においていくつかの問題点を認めている。活力年齢は、概念的には「健康な人のある暦年齢での生物学的活力の水準、すなわち生命力や抗罹病の程度および行動の基礎となる体力の水準」と定義できる。この定義に基づいて活力年齢の推定式を作成し、個人々の活力年齢を求めると、ごく一部ではあるが、著しい高脂血症や肥満症、高血圧症の人（とくに合併症の人）で非常に高くなることがある。また、活力年齢を求めるにはコレステロール値やトリグリセライド値が必要となるが、これらに高い値を示す人は、活力年齢においても著しく高い値を示すことがある。したがって、人間ドッグなどの検診で異常の見つからない健常者とはもかく、それ以外の有疾患集団に活力年齢の概念を適用する場合には、説明変数の上下限値を決める必要がある。しかし、先行研究ではこれらの上下限値を明確にしていない点が指摘できる。そこで、今回はこの点を含め、成人女性の活力年齢を求める推定式に付随するいくつかの問題点を提起し、同推定式の利用限界や利用上の改善策について論議する。

II. 先行研究のリビュー

従来より、老化度の指標としての生物学的年齢の推定には、重回帰分析が適用されてきた。^{1,2,4,5,10)} 重回帰分析では、ヒトの臓器・組織の機能がほぼ40歳を過ぎると加齢とともに直線的に低下することに着目し、多数の生理的・形態的計測値が説明変数として利用されている。しかし、重回帰分析

の適用は、外的基準の数量化が不可能に近い老化度や健康度の評価に適切でなく、暫定的な外的基準である暦年齢を推定することになる。そこで、Hofecker ら³⁾や Nakamura ら^{6,7)}は、primary aging（遺伝に基づくすべての器官・組織に一律に起こる老化過程を反映する概念）と secondary aging（特定の器官・組織の老化を反映する概念）の存在を仮定し、ラットやヒトの生物学的年齢の算出に主成分モデル（主成分分析によって抽出できる第一主成分を暦年齢尺度に変換する手法）の適用を推奨している。

1988年に Nakamura ら⁶⁾が報告した生物学的年齢推定式を構成する説明変数は、ヘモグロビン(Hb)、アルブミン、アルブミンとグロブリンの比(A/G)、コレステロール(TC)、尿素窒素(urea nitrogen)、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ(GOT)、グルコース経口負荷試験結果(OGTT)、視力、脈拍数(PR)、努力性肺活量(FVC)、収縮期血圧(SBP)である。翌年の1989年に同じく Nakamura ら⁷⁾によって報告された生物学的年齢推定式の説明変数はFVC、PR、SBP、GOT、動脈硬化指数((TC-HDL)/HDL)、尿素窒素(BUN)、Hbである。また、背筋力、垂直跳び、PWCmax (maximal physical working capacity)、立位体前屈、反復横とびの5変数から、体力年齢を求める試みも行っている。

田中ら¹¹⁾は Hofecker ら³⁾や Nakamura ら^{6,7)}の提案に従い、概念的には生物学的年齢と類似する活力年齢の推定式を以下の11変数から作成した(本論文のIIIを参照)。つまり、 X_1 : 腹囲(cm), X_2 : 収縮期血圧(mmHg), X_3 : 乳酸性閾値(LT)または嫌気性代謝閾値(AT)に相当する酸素摂取量(ml/kg/min), X_4 : 同閾値に相当する心拍数(b/

min), X_5 : コレステロール(mg/dl), X_6 : 低比重リポ蛋白コレステロール(mg/dl), X_7 : トリグリセライド (mg/dl), X_8 : ヘマトクリット (%), X_9 : 反復横とび (20秒間の回数), X_{10} : 閉眼片足立ち(秒), X_{11} : 1秒量(1)である。活力年齢が生物学的年齢と異なる主な点は、①安静時においては顕著な差異を示さないものの、ある種の運動ストレス条件下においては加齢現象や生活習慣の影響により、若齢者や健康成人に比べて、中高齢者や有疾患者で大きな偏りを示す生理的検査所見、および②行動体力の要素を推定式の独立変数群に組み入れている点である。この活力年齢は、Nakamuraら⁷⁾の体力年齢に比べてより包括的な概念であるといえよう。

A. 活力年齢推定式の作成¹¹⁾

主成分分析の結果から、第1主成分(primary aging factor)と比較的高い因子負荷量を有し、かつ第2~10の主成分(secondary aging factor)を代表する検査項目を活力年齢推定のための説明変数として、先に示した11変数を選び出した。これら11変数で計算された相関行列(11×11)に、再度主成分分析を適用することによって第1主成分を抽出し、第1成分のスコア(VS)をT-scoreの概念を活かし、年齢への換算を可能とする推定式を作成した(詳細については次項で述べる)。冠動脈硬化性心疾患(coronary heart disease: CHD)患者またはCHD罹患への可能性が高い人からなる群の活力年齢は、健康群に比べて約7歳高いことを明らかにし、中高年女性の健康度の評価尺度として活力年齢が有用であることを示唆した。

B. 種々の有疾患者の活力年齢¹³⁾

成人女性136名(30~68歳)の横断的資料に基づいて、運動習慣や疾病との関わりから活力年齢の

妥当性の一面を検討した。その結果、長年にわたって運動を行っている人の活力年齢は有意に低く、心筋梗塞後や安定狭心症などのCHD患者や運動習慣のない高血圧者・肥満者の活力年齢が暦年齢を有意に上回ることを明らかにした。このように、活力年齢はヒトの健康度(または老化度)をより総合的に表わす指標として有用であることを再確認した。

C. 肥満者の活力年齢の経年的変化¹⁴⁾

大幅な減量を達成した中年肥満女性¹⁶⁾について5年間の追跡調査を行った研究では、運動量の若干の減少と摂取エネルギー量の若干の増加という相乗の効果により、人によっては2年後辺りから活力年齢のリバウンド(増高)傾向が認められた。一方、従来より運動不足の肥満者でも、運動を習慣化して大幅に減量した体重と増加した有酸素性能力を維持している場合、5年後に至っても活力年齢が暦年齢を3歳以上も下回る結果を得た。

D. 院内リハビリに伴う心疾患患者の活力年齢の変化¹⁵⁾

CHD患者を対象とし、院内監視型運動リハビリテーション(90~120分/回, 2回/週, 4ヵ月)+自己統制的運動(30~60分/回, 2~3回/週, 4ヵ月)プログラムに伴う同患者の活力年齢の変化を検討した。当初、14名の活力年齢(64.5±12.4歳)は暦年齢(57.3±8.3歳)よりも有意に高かったが、4ヵ月後に活力年齢は54.2±11.5歳にまで低下(平均10.3歳の低下)した。このことは、CHD患者の活力年齢が運動リハビリテーションに対して鋭敏に変化することを示唆する。以下に示す活力年齢の変化は、同プログラムに参加した対象(安定狭心症)の一例である。この対象は、今日でも院内リハビリプログラムへの参加を継続している。

F. A. さんの場合(狭心症; 61歳, 144cm, 49kg, 女性)

	活力年齢	暦年齢	暦年齢との差	活力年齢の変化*
1990年1月	64.8歳	61歳	+3.8歳	
4月	58.7歳	61歳	-2.3歳	- 6.1歳
8月	53.4歳	61歳	-7.6歳	-11.4歳
1991年4月	59.8歳	62歳	-2.2歳	- 5.0歳
1991年11月	56.5歳	62歳	-5.5歳	- 8.3歳

*初期の活力年齢に対する変化の程度

III. 活力年齢の推定方法と性質

まず、活力指数 (VS) を次式より推定する。独立変数の名称は、前節に示した通りである。

$$\begin{aligned}
 VS = & -1.035 + 0.016X_1 + 0.011X_2 \\
 & - 0.064X_3 - 0.012X_4 + 0.004X_5 \\
 & + 0.004X_6 + 0.004X_7 + 0.034X_8 \\
 & - 0.037X_9 - 0.005X_{10} - 0.367X_{11} \dots\dots\dots ①
 \end{aligned}$$

次に、VS のスコア分布を暦年齢分布 (推定式作成時の標本：平均49.0歳，標準偏差8.9歳) に変換し、次式をもって活力年齢 (vital age : VA) を求める。

$$VA = 8.9VS + 49.0 \dots\dots\dots ②$$

さらに、暦年齢に対する修正項

$$Z = 0.33Age - 16.17 \dots\dots\dots ③$$

を計算し、先に求めた VA (②式) にこの修正項を加える。すなわち、

$$VA = 8.9VS + 49.0 + Z \dots\dots\dots ④$$

われわれがすでに提案している活力年齢推定式には10~11個の独立変数が含まれるが、その半数以上が CHD 危険因子またはそれを反映するものである。したがって、高血圧症や肥満症、冠動脈硬化性心疾患、とくにこれらの症状を合併する人の活力年齢は、暦年齢に比べて高く算出されるという傾向が認められる。先行研究¹⁵⁾で活力年齢を“CHD risk factor-dependent vital age”と修飾表現したのは、このような性質を有するからである。

IV. CHD 危険因子に異常値を示す

有患者の活力年齢

ここでは、収縮期血圧、腹囲、トリグリセライドに異常高値を示した高血圧症、肥満症(CHDの疑いあり)、高脂血症の有患者の活力年齢について論議する。

M.K.さんの場合

(高血圧症；52歳，154cm，67kg，女性)

活力年齢=57.8歳 (61.7歳[#]) [#]かっこ内の年齢は上限値を設定しない場合

収縮期血圧が220mmHg であるので、この変数の上限値を180mmHg に設定する場合に比べて活力

年齢は3.9歳ほど高く算出されることになる。活力年齢が暦年齢よりも高いのは、収縮期血圧のほか、同性・同年齢の一般女性に比べて、腹囲とコレステロールの高値傾向およびLTに相当する酸素摂取量 (VO₂@LT) の低値傾向が関与している。

A.A.さんの場合

(肥満症：41歳，149cm，93kg，女性)

活力年齢=54.4歳 (59.0歳[#]) [#]かっこ内の年齢は上限値を設定しない場合

腹囲が132cm であるので、この変数の上限値を100cm に設定する場合に比べて活力年齢は4.6歳ほど高く算出されることになる。腹囲の上限を設定してもなお活力年齢が暦年齢を約13歳も上回るのは、活力年齢を高くする方向に作用する収縮期血圧や血清脂質が高値傾向で、かつ活力年齢を低くする方向に作用する VO₂@LT や反復横とび、閉眼片足立ちが低値であることによる。

Y.M.さんの場合

(高脂血症：48歳，157cm，65kg，女性)

活力年齢=61.8歳 (86.7歳[#]) [#]かっこ内の年齢は上限値を設定しない場合

3回測定したトリグリセライド値が平均1000mg/dl ぐらいであるので、この変数だけで活力年齢は24.9歳も高くなり、11変数から算出される活力年齢は86.7歳となる。仮に TG=500mg/dl としても、この変数だけで活力年齢は7.1歳高くなる。したがって、とくに高脂血症の人の活力年齢の評価には特別な注意が必要であるといえる。この人の場合も、補正活力年齢が暦年齢を約14歳も上回っているが、その原因は活力年齢算出式を構成するほとんどすべての検査項目の観測値が一般女性の平均値から望ましくない方向に離れていることによる。

以上のように、健常者以外の集団に適用する場合には、変数 (とくにトリグリセライドなどの血清脂質) に上限値を設定しなければ、活力年齢は異常に高くなり、暦年齢との差異がさらに拡大する。実際のところ、検査を通して活力年齢を各患者に報告する場合、上限値設定などの工夫をしなければ健康回復への動機を失わせることにもなりかねない。そこで、われわれは、次項に述べる事由との関連からも、各独立変数の粗データに上限値と下限値を設定すべきかと考えている。

V. 粗データの上下限の仮設定

表1に示したように、これまでに研究対象とした成人女性（心筋梗塞，狭心症，高血圧症，高脂血症，肥満症，糖尿病などの有症患者を含む約560名）のデータより，暫定的に活力年齢推定式を構成する独立変数のそれぞれについて上限値と下限値を設定した。この場合，単一変数に見られる上限値と下限値との差異（ Δ ）が活力年齢に及ぼす影響は，閉眼片足立ち（ X_{10} ）の2.67歳から $\dot{V}O_2$ @LT（ X_3 ）の13.10歳の範囲をとるといえる。ちなみに，11変数の Δ による活力年齢への影響は平均6.88歳/変数となる。

さらに，表1には数カ月から1年ぐらいの運動療法を中心とする有症患者向けの健康指導（対象者数：約120名）に伴う各変数の平均的な変化量を示した。それによると，たとえば， $\dot{V}O_2$ @LTの向上のみで3.99歳，反復横とびの向上のみで3.29歳，トリグリセライドの減少のみで2.14歳，収縮期血圧の低下のみで1.96歳ほど若返ることになる。仮にある人が運動療法，食事療法，行動修正療法な

どによりこれら11変数すべてについて活力年齢を低くする方向に変化を示したとすると，その人の活力年齢は20.13歳低くなる（表1）。そのような変化を実際に示す人は極めて稀であるが……。活力年齢が最大でどれほど増減するように各変数の上限値と下限値を設定すべきかについてはとくに慎重な態度が必要であるが，われわれは活力年齢が20歳ほど変動するような設定の仕方が適当と考える。上下限値の設定は極めて重要な点であるので，今後さらに検討を重ねたい。

家族性高トリグリセライド血症の人では一般に運動療法や食事療法による効果が低いといわれている。このような人の活力年齢を算出する場合にも，上限値の設定が妥当かどうかは明らかでない。この点についても，今後の検討課題としたい。

表2には arbitrary な値ではあるが，運動療法や運動+食事療法を中心とする健康指導に伴う各変数の概ね平均的な変化量（絶対値の Δ ）とそれに伴う活力年齢の変化量（ ΔVA ）を示した。それぞれの Δ 値は，arbitrary とは言え，実際にわれわれ

表1 上限値と下限値の差異が活力年齢に及ぼす影響

範 囲	最大 Δ による影響	通常の変化による影響*
$X_1 = 60 \sim 100 \text{ cm}$	$\Delta = 40$ 5.70歳	$\Delta = 10$ + 1.42歳
$X_2 = 120 \sim 180 \text{ mmHg}$	$\Delta = 60$ 5.87歳	$\Delta = 20$ + 1.96歳
$X_3 = 7 \sim 30 \text{ ml/kg/min}$	$\Delta = 23$ 13.10歳	$\Delta = 7$ - 3.99歳
$X_4 = 80 \sim 150 \text{ b/min}$	$\Delta = 70$ 7.48歳	$\Delta = 20$ - 2.14歳
$X_5 = 130 \sim 300 \text{ mg/dl}$	$\Delta = 170$ 6.05歳	$\Delta = 30$ + 1.07歳
$X_6 = 50 \sim 200 \text{ mg/dl}$	$\Delta = 150$ 5.34歳	$\Delta = 30$ + 1.07歳
$X_7 = 30 \sim 200 \text{ mg/dl}$	$\Delta = 170$ 6.05歳	$\Delta = 60$ + 2.14歳
$X_8 = 30 \sim 50 \%$	$\Delta = 20$ 6.05歳	$\Delta = 5$ + 1.51歳
$X_9 = 15 \sim 45$	$\Delta = 30$ 9.88歳	$\Delta = 10$ - 3.29歳
$X_{10} = 0 \sim 60 \text{ s}$	$\Delta = 60$ 2.67歳	$\Delta = 20$ - 0.89歳
$X_{11} = 1.0 \sim 3.5 \text{ l}$	$\Delta = 2.5$ 8.17歳	$\Delta = 0.2$ - 0.65歳
	平均 6.94歳	合計 20.13歳
		+ 9.17歳
		- 10.96歳

*すべての変数について一般に望ましい方向への変化が得られたとの仮定による

表2 健康指導に伴う各変数の平均的な変化と活力年齢の低下

$\Delta X_1 = -3 \text{ cm},$	$\Delta X_2 = -10 \text{ mmHg},$	$\Delta X_3 = 5 \text{ ml/kg/min},$	$\Delta X_4 = 5 \text{ b/min},$
$\Delta X_5 = -5 \text{ mg/dl},$	$\Delta X_6 = -5 \text{ mg/dl},$	$\Delta X_7 = 20 \text{ mg/dl},$	$\Delta X_8 = -3 \%,$
$\Delta X_9 = 5,$	$\Delta X_{10} = 10 \text{ s},$	$\Delta X_{11} = 0.11$	
$\rightarrow \Delta VS = -1.0317 \rightarrow \Delta VA = -9.18 \text{ 歳}$			

れが観察している平均的な値に近いものである。この-9.18歳という活力年齢の変化は、最近われわれがCHD患者について報告した-10.3歳に近い値でもある。一定期間の療養プログラムに継続参加し得た人の活力年齢が平均10歳ほど低下するよう、上下限値を設定することが妥当であるという明確な根拠は示せないが、活力年齢を算出する手順になんらかのmodificationが必要であることをさきに示唆した。現時点でわれわれは、活力年齢が最大で20歳ほど、平均で5~10歳ほど低下し得ると推測できる上下限値の仮設定が望ましいと考えている。将来においては、sample population-specific equationの作成が望まれる。

VI. 上下限値設定の根拠

ここでは上下限値の設定が比較的困難と思われる血中脂質についてのみ、われわれの考え方を紹介する。ヘマトクリットについても、同様に上下限値設定の根拠や活力年齢算出式の中で係数の符号が正となっていることなどの詳細な論議が必要であるが、これに関しては別の機会に譲りたい。

中高年者におけるトリグリセライドの正常範囲(但し、10~90パーセントイル)の上限値は、女性でも200mg/dlを超えることがあるが、最近の膨大な集計データの分析結果によると、トリグリセライドは虚血性心疾患に対して直接的な影響を及ぼすのではなく、これと逆相関関係にある高比重リポ蛋白コレステロールの低下や血小板の凝集などを介して血栓が誘発されることに起因するとの考え方が強い。つまり、トリグリセライドは虚血性心疾患との間に二次的な関係を有するわけであり、独立した危険因子ではないとみなされている。また、Rhoadsら⁹⁾は10年間の観察により、非空腹時のトリグリセライドが417mg/dlを、空腹時のトリグリセライドが196mg/dlを超える場合、虚血性心疾患の発症率が頭打ちになるとの興味深い結果を報告している。以上のことから、われわれは暫定的に空腹時トリグリセライドの上限値を200mg/dlに設定する。

次に、総コレステロールと低比重リポ蛋白コレステロールの上限値について考察する。Rifkindら⁹⁾は、総コレステロールと低比重リポ蛋白コレステロールの90パーセントイル値が50~60歳の女性でそれぞれ265~275mg/dl, 185~195mg/dlであると報告している。総コレステロールや低比重リポ蛋

白コレステロールは、性周期や月経の異常、それに食習慣の変化などにより影響を受けて変動することがあるが、その変動幅は多くの場合±20~30mg/dl以内である。低比重リポ蛋白コレステロールの変動幅は、総コレステロールのそれと同等かむしろ小さいのが一般的である。また、トリグリセライドに比べて、総コレステロールや低比重リポ蛋白コレステロール(もちろん高比重リポ蛋白コレステロールも同様である)は粥状動脈硬化発症との関与がより強いとされている。これらの点を考慮に入れ、われわれは両者の上限値をそれぞれ300mg/dl, 200mg/dlに設定することが賢明と考えている。

VII. 結 語

活力年齢はヒトの健康度あるいは老化の程度を表す指標の1つであるが、健常者以外の集団の活力年齢を求める時に利用する生理的検査値には著しい高い値や低い値が認められることがある。この個体差や個体内変動は临床上重要な意味を持たないケースが考えられることから、われわれは活力年齢をより reasonable, acceptableな尺度に位置づける方策の1つとして、独立変数のそれぞれに対する「上下限値設定」の意義について論議した。著しい高脂血症や肥満症の人について観察した実際のデータに上限値を設定して活力年齢を算出したところ、より現実的な評価ができた。しかし、本報告で設定した上下限値はあくまでも提案段階のものであり、更なる検討が必要であろう。

老化のメカニズムに関して諸学説が存在することからも理解できるように、老化の測定方法についても未だ客観的かつ妥当性の高い方法は確立されていないといえる。したがって、われわれが提案している“活力年齢”の推定法もこの分野における模索的研究の1つである。

文 献

- 1) Furukawa T, Inoue M, Kajiya F, Inada H, Takasugi S, Fukui S, Takeda H and Abe H (1975) : Assessment of biological age by multiple regression analysis. *J Gerontol* 30 : 422-434.
- 2) 古川俊之 (1976) : 寿命モデル. *数理科学* 14 : 43-55.
- 3) Hofecker G, Skalicky M, Kment A and Niedermuller H (1980) : Models of the biological age of the rats. I : A factor model of age parameters. *Mech Ageing Dev* 14 : 345-359.

- 4) 吉川和利 (1985) : 生理的年齡予測の重回帰分析. 健康科学 7 : 1-9.
- 5) 中村栄太郎, 木村みさか, 永田久紀, 宮尾賢爾, 小関忠尚 (1982) : 種々の生理機能に基づく老化の指標としての生物学的年齡の推定 (男子の場合). 日本衛生学雑誌 36 : 853-862.
- 6) Nakamura E, Miyao K and Oseki T (1988) : Assessment of biological age by principal component analysis. Mech Ageing Dev 46 : 1-18.
- 7) Nakamura E, Moritani T and Kanetaka A (1989) : Biological age versus physical fitness age. Eur J Appl Physiol 58 : 778-785.
- 8) Rhoads GG and Feinleib M (1983) : Serum triglyceride and risk of coronary heart disease, stroke, and total mortality in Japanese-American men. Arteriosclerosis 3 : 316-322.
- 9) Rifkind BM and Segal P (1983) : Lipid research clinics program reference values for hyperlipidemia and hypolipidemia. JAMA 250 : 1869-1872.
- 10) 佐々木陽, 横内峻, 堀内成人, 大森清彦 (1970) : “期待年齡”による健康診断成績評価の試み. 日本老年医学会雑誌 7 : 323-332.
- 11) 田中喜代次, 松浦義行, 中塘二三生, 中村栄太郎 (1990) : 主成分分析による成人女性の活力年齡の推定. 体育学研究 35 : 121-131.
- 12) 田中喜代次, 松浦義行, (1990) : 中高年男性の活力年齡推定式の作成. 平成元年度筑波大学学内プロジェクト研究報告, p.260.
- 13) 田中喜代次, 吉村隆喜, 前田如矢, 中塘二三生, 竹島伸生, 浅野勝己, 竹田正樹, 熊崎泰仁, 渡辺寛, 桧山輝男 (1991) : CHD危険因子に基づく健康評価尺度としての成人女性の活力年齡の妥当性. 動脈硬化 19 : 303-310.
- 14) 田中喜代次, 中塘二三生, 竹島伸生, 中村栄太郎, 松浦義行 (1991) : 中年肥満女性の活力年齡の経年的変化. 体力研究 77 : 73-81.
- 15) Tanaka K, Asano K, Hiyama T, Watanabe Y, Takeda M, Kumazaki Y and Matsuura Y (1991) : Changes in vital age of CHD patients following a supervised aerobic conditioning program. The 38th Annual Meeting of the ACSM, Orlando, May 29-June 1.
- 16) 田中喜代次, 吉村隆喜, 奥田豊子, 小西洋太郎, 角田 聡, 出村慎一, 岡田邦夫 (1986) : AT水準以上の強度を基準とした完全監視型持久性運動療法および不完全監視型食事療法の併用が肥満者の健康・体力に及ぼす効果. 体力研究 62 [Suppl] : 26-40.