

総説

高齢社会における健康・体力評価の意義

田中 喜代次・李 美淑*

Review

Significance of Assessing Health and Physical Fitness in Aged Society

TANAKA Kiyoji, LEE Mi Sook*

1. はじめに

本邦における65歳以上の高齢者（老年人口）は1991年の時点ですでに12.5%に達し、高齢現象のピークを迎える2025年頃には24.1%へとほぼ倍増することから、この間における高齢社会への加速化は世界一であると推計されている³⁰⁾。また、日本人の平均寿命は男性76.1歳、女性82.2歳で世界最長寿命国となり、1992年における65歳の平均余命も男性で16.3年（81.3歳）、女性で20.2年（87.2歳）と推計された（図1）。1994年7月15日付の読売新聞（朝刊）は、男性76.25歳、女性82.51歳と、ともに平均寿命が過去最長を更新したと報じている（厚生省「平成5年簡易生命表」）。寿命の延長はまだ続くようで、平成37年（2025年）には男性が78.2歳、女性が85歳に達すると推計されている。従って、21世紀においては単に静なる状態での寿命を伸ばすだけでなく、心身ともに健康で活力ある日常生活を送りながら、より積極的に社会活動にも参加できる老年者数を増加させる施策の充実が強く望まれている。

老年人口比の高い欧米諸国では、1960年にまずドイツが世界に先駆けてスポーツ施設の充実を図る「ゴールデンプラン（Golden Plan）」を、1972年にイギリスが健康と福祉の観点からスポーツ Council 制度を発足させ、スポーツ10カ年計画のもとで「Sport for All」運動が世界の模範となった。スウェーデンでは1973年に医療費15%の節減を目標に、食生活の改善とスポーツの奨励を中核

とする「KOM」が展開された。また、アメリカでは1960年に Kennedy 大統領の「Soft American!」、1980年には Carter 大統領の「健康国家アメリカ」などの提言を受け、「フィットネス運動（Fitness Movement）」と呼ばれる国家的規模での健康体力づくりが推進された。この他にもノルウェーは「トリム（Trim）」の用語を普及させ、カナダは「Sport Canada と Fitness Canada」の施策を展開するなど、過去30年余りにおけるこのような健康・スポーツ施策の推進は先進国に共通する動きであった。

一方、日本の健康関連施策としては厚生省による「健康増進センター」の設置（1972年）、「第一

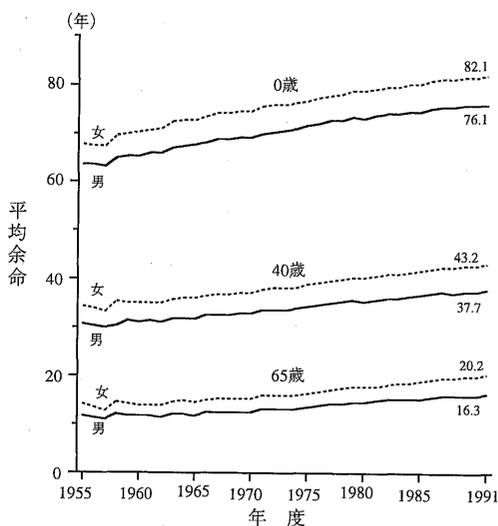


図1 日本の平均余命の年次推移
(資料：厚生省各年簡易生命表、完全生命表より作成)

*筑波大学大学院体育科学研究科

Doctoral Program of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

次国民健康づくり計画」(1978年), 労働省による「中・高年労働者の健康づくり(シルバーヘルスプラン)」(1981年)などがある。厚生省(1988年)は, さらに「人生80年代を生きるために」「健康管理から健康づくり」などのスローガンのもとで, 「第二次国民健康づくり対策(アクティブ80ヘルスプラン)」を実施しており, 特にこの計画は運動習慣をライフスタイルの改善の柱として健康増進施策を推進しようという趣旨をもっている(図2)。

21世紀の超高齢社会の到来を間近に控えている日本の現実的な社会背景を考慮すると, 多くの人々が単に疾病に罹患しないとか, それによって死亡しないといった消極的な健康観よりは, 自分の人生を健康で質の高い日常生活(high quality of life)を送りながら生きるといった積極的な健

康観が求められるようになってくる。また, 「健康な長寿(healthy aging)」を実現するためには, 少なくとも身体活動を支える予備能としての体力の維持・増進と成人病の予防の2点は不可欠であると考えられる。このような視点に立ち, 本稿では, まず身体活動, 体力, 健康の概念(定義)を主に中高年者の立場から把握し, 次に成人病の中で特に身体活動の有効性が認められている冠動脈性心疾患(Coronary Heart Disease: CHD)に関する欧米の疫学的調査研究の結果について概観する。さらに, これまで健康度(老化度)の一指標として提案されている生物学的年齢の小史(推定方法)について述べるとともに, その類似指標として Nakamura et al.^{28, 29)} や筆者らの提案する活力年齢や健康体力年齢の新しい考え方についても紹介する。

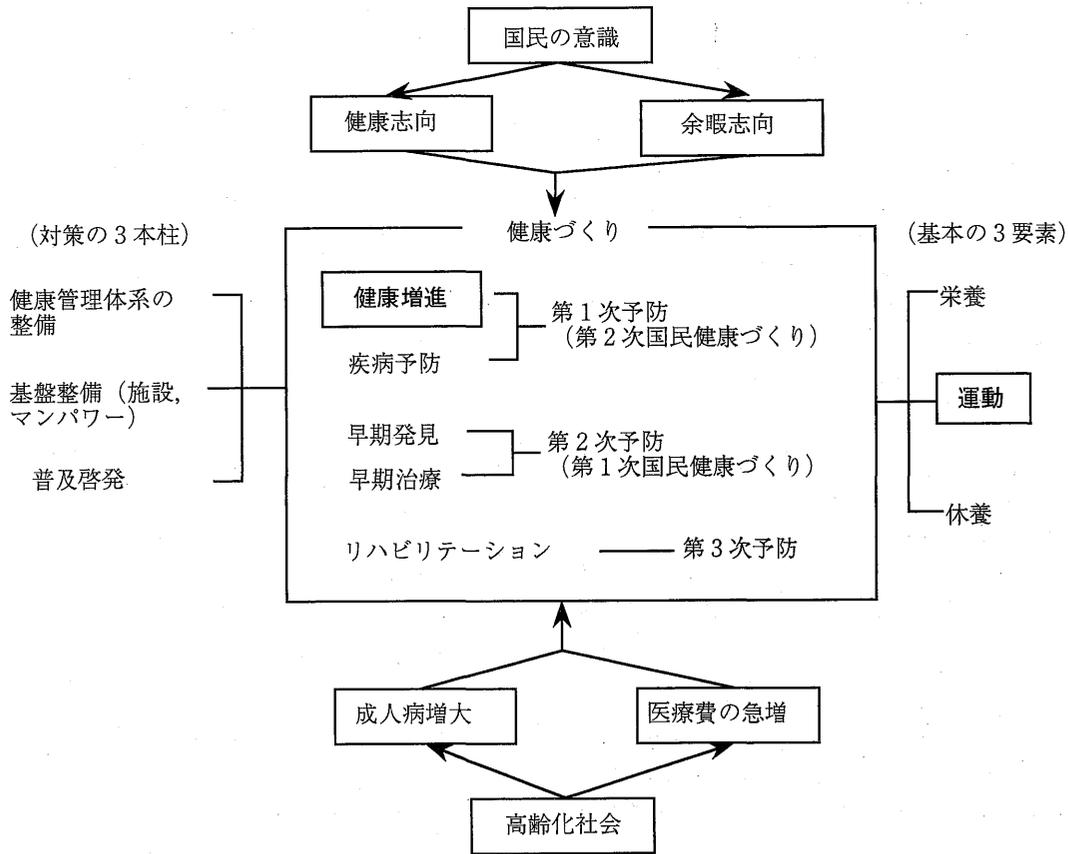
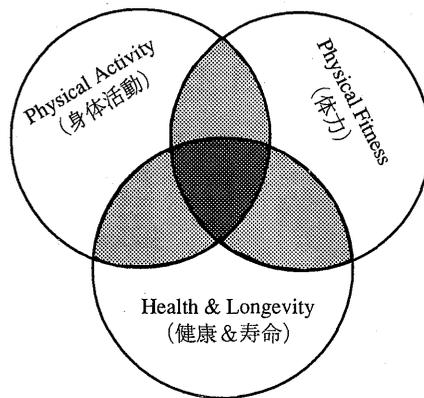


図2 アクティブ80ヘルスプラン(第2次国民健康づくり)の背景と意義(国民衛生の動向, 1993)

2. 身体活動、運動、体力および健康の概念（定義）

Caspersen et al.⁷⁾によると、身体活動（physical activity）とは骨格筋の働きによって成就される身体のあらゆる動きを指し、日常生活（仕事、スポーツ、余暇など）の中でエネルギー消費をきたす原因である。運動（exercise）は身体活動の一部であり、体力の向上や維持を目的とした計画的で、反復性のある身体活動と定義できる。体力（physical fitness）は人間の身体活動や生命活動の基礎となる身体的能力をいい、健康とはWHO（世界保健機構）の定義に基づくと、単に病気になるいは虚弱でないというだけではなく、肉体的、精神的、社会的にも完全に良好（well-being）な状

態を指す⁴⁷⁾。これらの定義からみると、身体活動（運動）、体力、健康の三者には心身の状態およびその機能を表す概念として、少なからず重複する部分がある（図3）³¹⁾。つまり、日常生活の中で身体活動水準を高く保つことによって体力水準が上昇し、健康の維持・増進につながると考えられる。体力は健康の中核をなす重要な要因の一つであることから、健康づくりを積極的に推進する際にはまず体力に注目することが不可欠であると言えよう。なお、WHOの考え方はヒトの理想的な健康状態を指しているかもしれないが、現在のところ身体的、精神的、社会的にどれほど健康であるのかを判断する精度の高い尺度は存在しない。



$$\frac{\text{Active}}{\text{Sedentary}} : \frac{\text{Fit}}{\text{Unfit}} : \frac{\text{Healthy}}{\text{Diseased}} : \frac{\text{Long-lived}}{\text{Short-lived}}$$

図3 身体活動、体力および健康の相互関係
(Paffenbarger et al., 1990)

ところで、個々の体力要素の意味するところは、時代によって、価値観の違いによって、また生活環境の変化などによっても異なってくる。従来から富国強兵、労働力強化、競技力向上など、いろいろな立場から体力の重要性が唱えられてきているが、その中でも特にスピード、パワー、敏捷性などの要素を中心とする体力は技能関連体力（skill related physical fitness）と解釈されることが多い。最近の健康意識調査¹⁴⁾によると、加齢とともに健康への不安が高まり、中でも運動不足を主因とした体力の顕著な衰えを感じる者が増えてい

ることから、体力をスポーツや運動能力の基盤としてだけではなく、従来にも増して健康の基盤として明確に位置づける気運が高まっている。

成人病が発症しやすい中高年者の健康の維持・増進に必要な不可欠な体力要素やその水準はまだ明らかにされていないことから、現段階では日常生活に必要な体力（活動能力）に加えて、少なくともスポーツなどを通して余暇活動が楽しめる一定水準以上の体力を有することが望ましいと言えよう。ここでの体力は主に健康関連体力（health related physical fitness）と称されるもので、それ

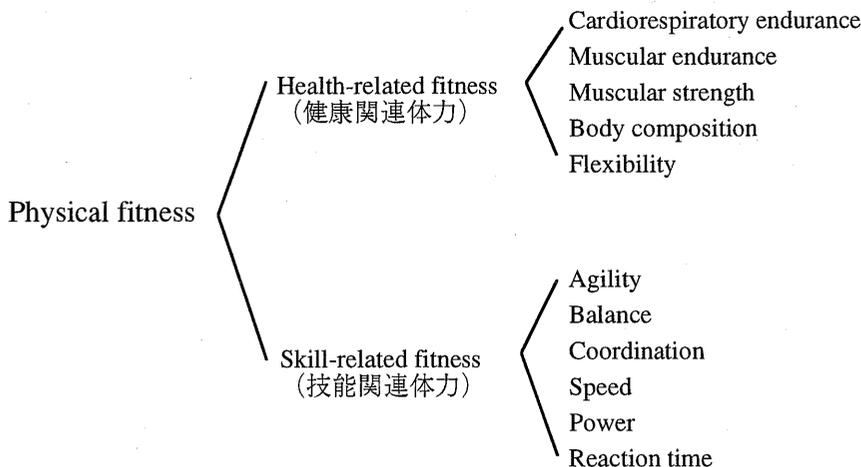


図4 体力の構成要素 (Caspersen et al., 1985)

を構成する各要素は図4のようにまとめられる⁷⁾。なお、技能関連体力と健康関連体力は相互に独立ではなく、一般人を対象とする場合、両者間に有意な相関が認められることから、両体力の仮説的構造については更なる検討が必要かもしれない。

3. 欧米の疫学的調査のまとめ

身体活動水準とCHDに関する研究は、1920年代アメリカのEisenhower大統領の主治医Whiteが「健康を維持するような運動は心予備能がある限り心疾患に有効である」と提唱したことによって始まったようである³⁴⁾。1987年にPowell et al.³⁶⁾は過去30年間に英語で発表された身体活動水準とCHDに関する43の疫学的調査研究の成果をまとめ、身体の不活動状態の維持 (physical inactivity) は高血圧症、喫煙、高コレステロール血症の三大CHD危険因子と同程度のインパクトを与えるものであり、しかも他の危険因子と独立関係にあると考察している。1970年以前の研究の83% (20/24) が労働中の身体活動に焦点を当てているが、それ以後の研究では16% (3/19) にすぎない。つまり、初期の疫学的研究は労働の種類によって身体活動水準を分類したものが多く、現代社会では機械化・省エネルギー化が進み、労働中の活動量が著しく低下してきたことから、余暇時間を利用して自主的に身体活動水準を高く維持することが推奨されている。

この他にも、身体活動水準の高いことが啓蒙さ

れる背景には、身体に適度の刺激を与えるスポーツを継続的に行なうと、CHD原因による死亡率をはじめあらゆる原因による死亡率を低くするという最近の疫学的研究成果^{26,32)}が影響を与えている。また、適度な運動の習慣化は、人の寿命を伸ばす³²⁾だけでなく、身体活動能力を高い水準に保持し、自立して老後生活を送る上で最も貢献する要素である²³⁾などの注目すべき報告がなされている。このように、年齢や運動歴に関係なく、身体活動を活発に行なう価値は高いと考えられる。

身体活動水準を別の側面からとらえようとする立場として体力評価があるが、集団の体力評価が困難であることから、現在のところ体力水準と寿命との関連をみた疫学的研究^{3,27,35,38)}はそれほど多くない。Cooperクリニックのデータ (中年男性10,244名、8年間) によると、トレッドミル最長作業時間 (maximal time on the treadmill) からみた全身持久性体力と総死亡率が逆相関の関係にある。この結果は、運動不足に起因する全身持久性体力の低下が成人病の直接的あるいは間接的危険因子であることを裏付けるとともに、成人病予防に対する運動の必要性を明らかにしたと言えよう。従って、体力水準と身体活動水準の両面から危険因子状態 (健康度) を評価することが理想的であると考えられる。

上記の疫学的研究結果をまとめると、体力 (身体活動) をある水準以上に高く維持することは、

健康な長寿を獲得するための基本的事項の一つであり、人の行動体力の保持・増進は、健全な身体機能の維持、各種成人病または運動不足症の予防、ひいては活動的長寿（active aging）に貢献することがうかがえる。しかし、中高年者の体力（身体活動）水準を総合的に評価する診断方法については、国際的にも国内的にもまだ統一された見解がなく、今日まで実施してきた測定法の再検討や新たな測定法の開発が試みられている段階である。中高年者の体力水準をいかに高め、それをどのように維持し続けさせるかは、21世紀における超高齢社会に対応する体力医学分野の重要な研究課題であり、今後の大いなる発展が期待されるところである。

4. 健康関連体力（health related (oriented) physical fitness)

1) 全身持久性体力（cardiorespiratory endurance）

日常生活、ことに余暇活動の中で健康の維持・増進のための運動・スポーツを考える場合、持続時間から見て数10分ないし数時間に及ぶ身体活動がほとんどである。全身持久性体力（有酸素性体力）とは強度的に中等度の全身運動を長時間（一般に5分間以上）にわたって継続させる能力であり、呼吸、循環、血液などの酸素運搬系や組織の酸素利用系が総合的に関係していることから、最も重要な健康関連体力要素であると認識されている。

2) 筋力・筋持久性体力（muscular strength, muscular endurance）

筋力や筋持久性体力と健康との直接的なかわりを理解することは難しいが、これらの体力要素に優れているほどさまざまな身体活動を負担に感じることが少ないと言えよう。その結果、レクリエーションやスポーツを幅広くダイナミックに楽しむことが可能になる。筋力や筋持久性体力が高いということは、主に腰痛や内臓の下垂を予防し、円背などの悪い姿勢を矯正する方向に関与するという点で健康関連体力要素に位置づけできる。

3) 柔軟性（flexibility）

柔軟性は関節が本来もっている最大の可動範囲に対して、実際にどの程度その関節を動かせるかを診るものであり、柔軟性に欠けるということは、多くの場合、姿勢の欠陥に伴うさまざまな障害が

生じてくることから、これを健康関連体力要素として位置づけることができる。つまり、悪い姿勢は筋力の不均衡な発達をもたらしたり、内臓疾患や腰痛などの原因ともなる。腰痛を訴える人の多くは、適切な運動が不足しているため筋力が低下し、関節の可動性も低下している。

4) 身体組成（body composition）

本邦では身体組成は一般的な体力の分類に含まれていないものの、ACSM¹⁾の分類によると、体力テストバッテリーの一つに採用されている。この点が日米間における考え方の違いであるように思われる。身体組成で健康とのかかわりが論じられるのは、身体の脂肪量や脂肪以外の量（除脂肪組織量）、それにこれらと体重との割合である。脂肪の過剰な蓄積は種々の生理機能に大きな影響を与え、CHDの発生に重要な要因となるアテローム性動脈硬化症の引き金にもなりうる。また、肥満の原因として、その最たるものが過食と運動不足であることから、今後も重要な健康関連体力要素として注目されよう。

5. ヒトの健康度（老化度）とは？

老化という用語は、成熟期以後に個体の諸機能が徐々に失われ、ついには死に至るまでの過程（または現象）を指すもので、Comfort⁹⁾によると、「老化とは、時の経過とともに、身体の内平衡（homeostasis）をついには崩壊させてしまう一つの過程ないし一群の過程である」と定義されている。Strehler³⁹⁾は老化の基本的特徴として、普遍性（universality）、内在性（intrinsicity）、進行性（progressiveness）、有害性（deleteriousness）を挙げている。すなわち、遅速の差があっても老化は生体にとって不可避かつ不可逆的なもので、環境因子による影響も受けるが、基本的には遺伝子機序によって規定される過程であることを示唆している。この過程はふつう時間の経過とともに不可逆的に顕在化するものであるが、身体諸機能の変化には一部可逆性が成り立つ。この可逆性を可能ならしめる一つの要因が運動であろう。

一般に「元気な外貌」、「若々しい」、「老けた」、「体力が低下した」といった言葉は老化を抽象的に論じる際に好んで使われる言葉であるが、これを客観的にしかも具象的に示す情報があれば、それらを総合することによって一つの尺度として生物学的な時間経過（すなわち生物学的年齢）を測

ることができる。古川¹³⁾によると、「老化測定」の目的の第一は老化の機序に対するアプローチであり、第二は老化の標準を設定するため」と述べている。後者の立場では、老化の成因そのものではなくて、それらの情報を手掛かりに推定される指標、例えば老化の程度、罹病のリスク、余命の予測値などを考案することが目的であるが、老化の程度を客観的に表現できるかどうかという問題がある。年齢依存性の高い身体機能の諸指標に多変量解析法を用いて求められる生理学的年齢は、人の全身の加齢的衰退の傾向を示すものであることから健康の指標としても利用でき、生理学的年齢と暦年齢との差は老化度の指標になると考えられている¹⁷⁾。

上記のような視点から、「老化現象」は、ふつうの健康な人にも共通に生ずる経年的変化を示すものであり、個人の健康状態は加齢とともに徐々に悪化するのが常であることから、健康度という概念を抜きにして老化度を語ることも難しい。このように、両用語はひじょうに密接な関係にあると考えられるので、ここでは健康度と老化度の概念をはっきり区分せずに用いることにする。

6. 生物学的年齢の概念

暦年齢 (chronological age) とは暦の上での年齢をいう。これに対して、発育面や老化過程における性差や個人差を正しく理解するためには、生理的な発育状態を基盤にした年齢や老化の進行状態からみた年齢という概念規定の枠組みの中で検討を進める必要がある。このような視点に立って考えられた特殊な年齢の概念を生物学的年齢 (biological age) と言い、これに類似するもの、または含まれるものとして生理学的年齢、機能的年齢、活力年齢などがある。

最初に生理学的年齢 (physiological age) の概念を導入した人は Crampton¹⁰⁾ と言われており、彼は生理学的年齢を恥毛、腋毛、睾丸の大きさ、胸部の発育、初潮の発来などを指標として定義した。この他に、思春期の発育を論じる上で欠かせない関連指標として、上肢の X 線写真に基づいて骨成熟を評価する骨年齢 (skeletal age)、乳歯、永久歯の萌出を目安とする歯牙年齢 (dental age)、身体諸計測値および体型の変化に基づく形態学的年齢 (morphological age) などが知られている。

一方、成人 (主に中高年者) の老化度または健

康度をみる指標として別の生理学的年齢^{16,20)}、さらに機能的年齢^{2,46)}、活力年齢^{40,42,43)}、体力年齢^{24,25,28,29)}、ADL (日常生活動作) 年齢²¹⁾ などが提唱されている。筆者らは、体力年齢については、健康関連体力年齢 (health related physical fitness age) と技能関連体力年齢 (skill related physical fitness age) に分けて検討することを試みている。機能的年齢 (functional age) とは、仕事場での実際の職務遂行能力を測定することによって決められる年齢である。つまり、与えられた仕事をどれだけ効率的にこなすかを評価した能力を基準として、その人の老化度を判定するものであり、1973年にハーバード大学の公衆衛生学の McFarland が行なった年齢と雇用についての研究において初めて提唱されたようである。Nakamura et al.^{28,29)} は生物学的年齢を推定するための説明変数として、老化現象を比較的顕著に反映するとの仮定で安静時の生理的検査値を利用している。それらは、努力性肺活量、脈拍数、収縮期血圧、GOT、動脈硬化指数、尿素窒素、ヘモグロビンなどである。また、背筋力、垂直とび、PWCmax、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ない、人間ドックの検査値から求めた生物学的年齢と体力テストの測定値から推定した体力年齢との間に有意な相関があることを認めた。田中ら⁴⁰⁻⁴⁴⁾ は人の老化過程で生命を短縮させる作用をもち、種々の疾病の要因となる血圧、血中脂質、体脂肪などの情報に加え、人の老化を如実に反映する運動時の生理的応答や体力構成要素を説明変数に利用して求められる活力年齢 (vital age) なる概念を構築した。活力年齢が従来の生物学的年齢と異なるところは、安静時においては顕著な差異を示さないが、ある種の運動ストレス条件下において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年者や有疾患者で大きな偏りを示す生理的検査所見、および行動体力要素を推定式の説明変数群に組み入れている点である。この活力年齢は、従来の生物学的年齢や体力年齢に比べて健康度・老化度をより包括的に表す概念であると仮定されている。

7. 生物学的年齢の統計的推定方法

生物学的年齢はこれまで次のような方法によって推定されている。1) 因子分析による方法^{6,8,18)}、

2) 重回帰分析による方法^{11,12,20,45,46)}, 3) 主成分分析による方法^{15,24,28,29,40-44)}, 4) 死亡率から推定する方法⁴⁾, 5) 老化の進行状態をプロフィールとしてみる方法^{5,36)} などがあるが、これらの方法の多くは複雑な計算が要求される多変量解析法に基づいているという特徴を有する。ここでは、最もよく利用される2)と3)の推定方法について述べる。

重回帰分析は、人の臓器・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る。従属変数に暦年齢を、説明変数としては暦年齢の違いによって大きな差異を示す項目を取り上げ、重回帰分析の結果から推定される年齢が一般に生物学的年齢と定義される。この方法は理論的背景が理解しやすく、暦年齢と対比できるという点などから現在まで頻繁に採用されている。しかし、樹木における年輪のごとく暦年齢と完全に平行して変化する項目があれば、暦年齢と生物学的年齢は一致してしまい、生物学的年齢を計算する意味がなくなる。Kenny¹⁹⁾は実際の計算に当たり、若年層では生物学的年齢はやや高値に、高年齢層ではやや低値に算出される傾向があると指摘している。

Hofecker et al.¹⁵⁾は、一次的老化(primary aging: 遺伝に基づくすべての器官・組織に一樣に起こる老化過程を反映する概念)と二次的老化(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、主成分分析によってラットの生物学的年齢を求める手法を発表した。その後、同様な方法でNakamura et al.²⁸⁾, 田中ら⁴⁰⁾, 李ら²⁴⁾, Kim and Tanaka²¹⁾は、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)を適用して成人男女の生物学的年齢、活力年齢、体力年齢、ADL年齢を算出した。主成分分析によって得られる第一主成分は暦年齢と高い相関を示し、人の生存に深い関わりをもつ変数や人の日常生活動作の基礎となる変数に対しても高い相関を示す成分と解釈することができる。健康度または老化度を評価するための主成分モデルは、重回帰分析法の欠点(いわゆる回帰の両端付近に該当する年齢で推定される生物学的年齢が実際の暦年齢に比べて若干過大に、また過小に評価されるという欠点)を補うものであり、かつ暦年齢そのものを予測す

るという理論的矛盾を回避する点においてもより優れた統計モデルの一つと考えられる^{21,28,40)}。

8. 体力年齢 (physical fitness age)

図5は人の成長期以後における「寿命(生存期間)と体力水準」との関係、Gompertzの「生存率と生存期間との関係」にヒントを得て、小林²²⁾が概念的モデルとして示したものである。健康づくり、体力づくりのための諸活動が現実の曲線から右上方向に移行することによって、個人の生活の質が向上すると考えられる。

年齢的に若い頃は、体力と健康との概念的重複を少なくして表現することができる。しかし、高齢になればなるほど実質的に重複する部分が大きくなり、身体活動量の減少に伴う体力の低下は「健康に生きる(老いる)」ための潜在的能力を失うことにつながる。この意味から、加齢に伴う体力の一般的低下を上回るほどの顕著な低下は食い止め、老化の早期防止に努めることが健康に老いることと直接的に関係するであろう。この努力は、本人自らが積極的になすべきことである。

最近我々は、運動負荷試験($\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}O_{2LT}$)や体力テスト(反復横とび、立位体前屈、伏臥上体反らし、握力、垂直とび、閉眼片足立ち)から得られる8つの年齢依存性の高い体力要素のデータについて主成分分析を適用し、それによって求めた体力年齢を総合的な体力水準のみならず、健康度または老化度の指標としても位置づけることを示唆した^{24,25)}。体力年齢を求める意義をまとめると、1) 体力測定の結果を一つの数値として個人にフィードバックすることによって、ライフスタイル改善の必要性の有無を指摘することが可能となる、2) 健康運動教室や体力づくり教室など現場での対応として、安全かつ効果的な運動指導のための具体的な基礎資料としても役立つ、3) 高齢者では体力と健康との重なり部分が拡大することから、体力年齢それ自体が健康度の一面を表す、などが考えられる。

9. おわりに

近年、日本人の寿命は急速な伸びを示し、男女ともに世界第一位の長寿をみるに至っている。しかし、寿命の延長という目標には到達しつつあるものの、高齢社会をいかに有意義に生きるかという生活の質的改善に関するテーマは今後に残され

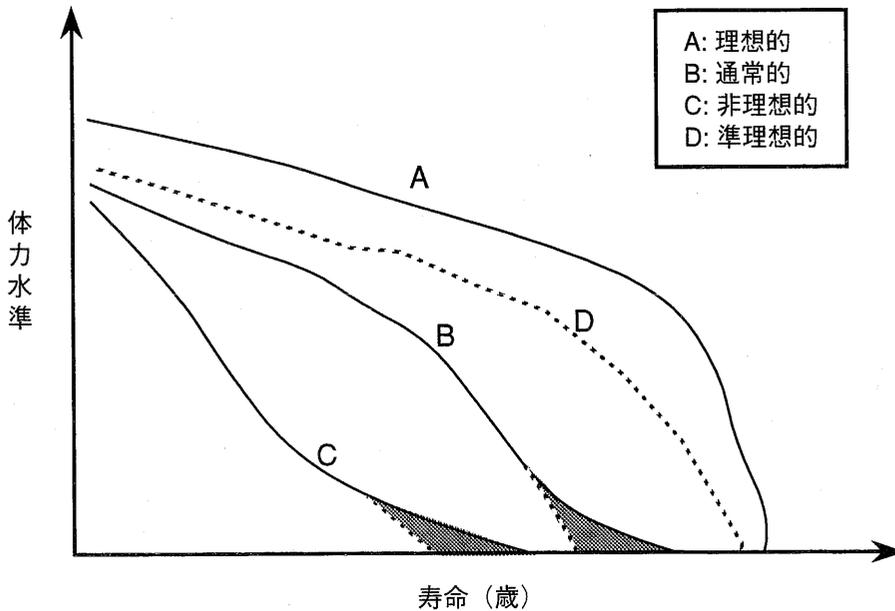


図5 生存期間(寿命)と体力水準との関係(小林, 1993)

ている最重要検討課題の一つである。とくに成人から老人へ移行する中高年期は、生物学的にみて成熟期から衰退期への過程にあり、運動不足に起因する成人病発症の確率が高くなる世代である。従って、来るべき高齢社会において「健康な長寿を実現する」「活力を保ったまま老いる」ためには、運動の習慣化により身体機能の活性を図り、遺伝学的に設定されていない部分の老化速度を緩め、自ら健康を増進させるという積極的な行動力と will power が望まれる。

文献 (References)

- 1) American College of Sports Medicine (1992) : ACSM Fitness Book, Champaign, Illinois. Leisure Press, p. 23.
- 2) Bell B (1972) : Significance of functional age for interdisciplinary and longitudinal research in aging. *Aging and Hum Dev* 3 : 145-147.
- 3) Blair S N, Kohl H W III, Paffenbarger R S, Clark D G, Cooper K H, and Gibbons L W (1989) : Physical fitness and all-cause mortality : a prospective study of healthy men and women. *JAMA* 262 : 2395-2401.
- 4) Borkan G A and Norris A H (1980) : Biological age in adulthood : Comparison of active and inactive U. S. males. *Hum Biol* 52 : 787-802.
- 5) Borkan G A and Norris A H (1980) : Assessment of biological age using a profile of physical parameters. *J Gerontol* 35 : 177-184.
- 6) Brown K S, and Forbes W F (1976) : Concerning the estimation of biological age. *Gerontology* 22 : 428-437.
- 7) Caspersen C J, Powell K E, Christenson G M (1985) : Physical activity, exercise, and physical fitness : Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 100 : 126-131.
- 8) Clark J W (1960) : Aging dimension : a factorial analysis of individual differences with age of psychological and physiological measurements. *J Gerontol* 15 : 183-187.
- 9) Comfort A (1969) : Test-battery to measure ageing-rate in man. *Lancet* 27 :

- 1411-1415.
- 10) Crampton C W (1944) : Physiological age, a fundamental principle. *Child Dev* 15 : 1-52.
 - 11) Dubina T L, Mints A Y and Zhuk E V (1984) : Biological age and its estimation. III. Introduction of a correction to the multiple regression model of biological age and assessment of biological age in cross-sectional and longitudinal studies. *Exp Gerontol* 19 : 133-143.
 - 12) 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.
 - 13) 古川俊之 (1981) : 老化の指標-生物学的暦時計. 老化制御の展望. I. 老化とは何か. 東京, サイエンス社, p.201-217.
 - 14) 健康・体力づくり事業財団 (1990) : 平成2年度健康づくりに関する意識調査報告書, 東京.
 - 15) Hofecker G, Skalicky M, Kment A, and Niedermuller H (1980) : Models of the biological age of the rat. I. A factor model of age parameter. *Mech Ageing Dev* 14 : 345-359.
 - 16) Hollingsworth J W, Hashizume A, Jablon S (1965) : Correlations between tests of aging in Hiroshima subjects - An attempt to define "physiologic age". *Yale J Biol Med* 38 : 11-26.
 - 17) 池上晴夫 (1989) : 運動処方, 第9版, 朝倉書店, 東京, pp.30-32.
 - 18) Jalavisto E, Lindqvist C, and Makkonen T (1964) : Assessment of biological age. III. Mental and neural factors in longevity. *Ann Acad Sci Fenn (Med)* 106 : 1-20.
 - 19) Kenny R A (1985) : Physiology of aging. [In] *Clinics in Geriatric Medicine*, [Ed] Geokas, M. C., The Aging Process, W. B. Saunders Company, Philadelphia, pp. 37-59.
 - 20) 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.
 - 21) Kim, H S, and Tanaka K (1995) : The assessment of functional age using "Activities of Daily Living" performance tests : A study of Korean women. *JAPA* 3 : 39-53
 - 22) 小林寛道 (1993) : 高齢者の体力づくりは可能か. *保健の科学* 35 : 611-616.
 - 23) La Croix A Z, Guralnik J M, Berkman L F, Wallace R B, and Satterfield S (1993) : Maintaining mobility in late life. II. Smoking, alcohol consumption, physical activity, and body mass index. *Am J Epidemiol* 137 : 858-869.
 - 24) 李美淑, 松浦義行, 田中喜代次 (1993) : 中高年男性の体力年齢の評価. *体力科学* 42 : 59-68.
 - 25) 李美淑, 田中喜代次, 松浦義行, 早川洋子, 竹田正樹, 盧昊成, 浅野勝己 (1993) : 冠動脈疾患を有する中高年男性の体力年齢と運動療法に伴う変化. *体力科学* 42 : 371-379.
 - 26) Leon A S, Connett J, Jacobs D R, and Rauramaa R (1987) : Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death : The Multiple Risk Factor Intervention Trial. *JAMA* 258 : 2388-2395.
 - 27) Lie H, Mundal R, and Erikssen J (1985) : Coronary risk factors and incidence of coronary death in relation to physical fitness : Seven-year follow-up study of middle-aged and elderly men. *Eur Heart J* 6 : 147-157.
 - 28) Nakamura E, Miyao K and Oseki T (1988) : Assessment of biological age by principal component analysis. *Mech Ageing Dev* 46 : 1-18.
 - 29) Nakamura E, Moritani T and Kanetaka A (1989) : Biological age versus physical fitness age. *Eur J Appl Physiol* 58 : 778-785.
 - 30) 日本の将来推計人口 (1991) : 厚生省人口問題研究所, 東京.
 - 31) Paffenbarger R S Jr, Hyde R T and Wing AL (1990) : Physical activity and physical fitness as determinants of health and longevity. [In] *Exercise, Fitness, and Health*, [Ed] Boucharde, C., Shephard, R. J., Stephens, T., Sutton, J. R., McPherson, B.

- D., Champaign, Illinois, Human Kinetics pp. 33-48.
- 32) Paffenbarger R S Jr, Hyde R T, Wing A L, Lee I M, Jung D L and Kampert J B (1993) : The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 328 : 538-545.
 - 33) Pate R R (1983) : A new definition of youth fitness. *Physician Sportsmed* 11 : 77-83.
 - 34) Paul O (1989) : Background of prevention of cardiovascular disease. II. Arteriosclerosis, hypertension, and selected risk factors. *Circulation* 80 : 206-214.
 - 35) Peters R K, Cady L D Jr, Bischoff D P, Bernstein L and Pike M C (1983) : Physical fitness and subsequent myocardial infarction in healthy workers. *JAMA* 249 : 3052-3056.
 - 36) Powell K E, Thompson P D, Caspersen C J, and Kendrick J S (1987) : Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Ann Rev Public Health* 8 : 253-287.
 - 37) Reis W and Pothing D (1984) : Chronological and biological age. *Exp Gerontol* 19 : 211-216.
 - 38) Slattery M L, and Jacobs D R (1988) : Physical fitness and cardiovascular disease mortality : The U. S. Railroad Study. *Am J Epidemiol* 127 : 571-580.
 - 39) Strehler B L (1977) : *Time, Cells and Aging*. Academic Press, New York, San Francisco, London, pp. 57.
 - 40) 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齢の推定. *体育学研究* 35 : 121-131.
 - 41) 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齢の経年的変化. *体力研究* 77 : 73-81.
 - 42) 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, 檜山輝男 (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齢の妥当性. *動脈硬化* 19 : 303-310.
 - 43) Tanaka K, Takeda M, Hayakawa Y, Kim H S, Asano K and Matsuura Y (1992) : Vital age as a sensitive index of physical health or aging index. *Med Sci Sports Exerc* 24 : S21.
 - 44) 田中喜代次, 中塘二三生, 渡辺完児, 角田聡, 城越幸一, 中嶋輝雄 (1993) : 冠危険因子状態および体力水準からみたランナーの活力年齢. *ランニング学研究* 4 : 6-13.
 - 45) Voitenko V P and Tokar A V (1983) : The assessment of biological age and sex differences of human aging. *Exp Aging Res* 9 : 239-244.
 - 46) Webster I W and Logie A R (1976) : A relationship between functional age and health status in female subjects. *J Gerontol* 31 : 546-550.
 - 47) World Health Organization (1947) : Constitution of the World Health Organization. [In] *Chronicle of the World Health Organization* p. 1.
 - 48) 財団法人厚生統計協会 (1993) : 厚生 の 指標 (臨時増刊) - 国民衛生の動向 -, 東京.