

国名(調査時点)	老年人口割合 (%)	老年化指数
日本(2006年1月1日)	20.2	147.3
イタリア(2003年1月1日)	18.9	132.6
ドイツ(2002年12月31日)	17.5	116.5
イギリス(2002年6月30日)	15.9	85.8
フランス(2003年1月1日)	16.1	85.3
ロシア(2002年1月1日)	12.9	76.4
米国(2002年7月1日)	12.3	58.7
韓国(2002年7月1日)	7.9	38.3
中国(2002年12月31日)	7.3	32.6

表B-5 世界各国の老年人口割合と老年化指数

老年化指数 = (老年人口 / 年少人口) × 100.

(資料 総務省統計局「人口推計年報」、国立社会保障・人口問題研究所「人口統計資料集」)

(老年人口割合 20.0%)となっている。年少人口に対する老年人口の比である老年化指数((老年人口 / 年少人口) × 100)は、昭和 25(1950)年には 14.0%に過ぎなかったが、平成 18(2006)年には 147.3%に達している。この 50年間で、年少者が減り高齢者が増えたこと、すなわち少子高齢化が大きく進行したことがよくわかる。国立社会保障・人口問題研究所の推計では、年少人口の減少と老年人口の増加は今後も継続し、老年化指数は 2030 年には 262.7%、2050 年には 330.8%にまで達するとされている。

わが国の高齢化における問題の 1つに 75 歳以上の後期高齢者の急増があるといわれる。表 B-4 には後期高齢者人口とその割合も記載した。全人口において、あるいは、65 歳以上の老年人口において、後期高齢者の割合が増加していることがよく示されている。

表 B-5 は、世界各国の老年人口割合および老年化指数を示したものである。調査法の違いなどもあり単純な比較はできないが、日本の老年人口割合と老年化指数が、国際的にみてもっとも高いグループに属することは確かであろう。

b. 世帯

厚生労働省による国民生活基礎調査では、平成 16(2004)年のわが国の世帯総数は 4,632 万世帯で、1 世帯あたりの平均世帯人員は 2.72 人と報告されている。65 歳以上の高齢者がいる世帯は 1,786 万 4,000 世帯で全世帯の 39%を占めている。この割合は、昭和 61(1986)年には 26%であり、高齢者のいる世帯数は確実に増加している。また、高齢者世帯の構造をみると夫婦のみの世帯がもっとも多く、ついで単独世帯(1 人暮らし)である。三世帯世帯を除き、高齢者のいる世帯が増加傾向にある(表 B-6)。

表 B-6 世帯構造別にみた 65 歳以上の高齢者がいる世帯数の推移

	高齢者世帯総数	単独世帯	夫婦のみの世帯	親と未婚の子のみの世帯	三世帯世帯	その他の世帯
昭和 61 年('86)	9,769	1,281 (13.1%)	1,782 (18.2)	1,086 (11.1)	4,375 (44.8)	1,245 (12.7)
平成元年('89)	10,774	1,592 (14.8)	2,257 (20.9)	1,260 (11.7)	4,385 (40.7)	1,280 (11.9)
平成 4 年('92)	11,884	1,865 (15.7)	2,706 (22.8)	1,439 (12.1)	4,348 (36.6)	1,527 (12.8)
平成 7 年('95)	12,695	2,199 (17.3)	3,075 (24.2)	1,636 (12.9)	4,232 (33.3)	1,553 (12.2)
平成 10 年('98)	14,822	2,724 (18.4)	3,956 (26.7)	2,025 (13.7)	4,401 (29.7)	1,715 (11.6)
平成 13 年('01)	16,367	3,179 (19.4)	4,545 (27.8)	2,563 (15.7)	4,179 (25.5)	1,902 (11.6)
平成 16 年('04)	17,864	3,730 (20.9)	5,252 (29.4)	2,931 (16.4)	3,919 (21.9)	2,031 (11.4)

注：世帯数の単位は千件，()内は高齢者世帯総数に対する割合。

(資料 厚生労働省平成 16 年「国民生活基礎調査」)

表 B-7 年齢階級別通院者の傷病順位(第 1 位～第 3 位)

	第 1 位	第 2 位	第 3 位
総数	高血圧	腰痛	むし歯
0～4 歳	急性鼻咽頭炎	アトピー性皮膚炎	喘息
5～14 歳	むし歯	アレルギー性鼻炎	喘息
15～24 歳	むし歯	アトピー性皮膚炎	アレルギー性鼻炎
25～34 歳	むし歯	妊娠	腰痛
35～44 歳	むし歯	腰痛	肩こり
45～54 歳	高血圧	むし歯	腰痛
55～64 歳	高血圧	高脂血症	腰痛
65～74 歳	高血圧	腰痛	糖尿病
75～84 歳	高血圧	腰痛	白内障
85 歳以上	高血圧	白内障	腰痛

(資料 厚生労働省平成 16 年「国民生活基礎調査」)

3 年齢による疾病構造の違い

加齢によりさまざまな心身の機能に変化があることから、かかりやすい疾病は年齢により差異があると考えられる。そこで以下では、疾病に関する統計情報の年齢構

表 B-8 年齢階級別にみた受療率の高い傷病(第1位～第3位)：入院

	第1位	第2位	第3位
総数	精神・行動の障害	循環器系疾患	新生物
0歳	周産期に発症する病態	先天奇形・変形, 染色体異常	呼吸器系疾患
1～4歳	呼吸器系疾患	先天奇形など	神経系疾患
5～9歳	呼吸器系疾患	神経系疾患	損傷, 中毒, その他の外因の影響
10～14歳	神経系疾患	呼吸器系疾患	損傷など
15～19歳	損傷など	精神・行動の障害	神経系疾患
20～24歳	精神・行動の障害	損傷など	妊娠, 分娩, 産褥
25～29歳	妊娠など	精神・行動の障害	損傷など
30～34歳	精神・行動の障害	妊娠など	損傷など
35～39歳	精神・行動の障害	神経系疾患, 妊娠など	
40～44歳	精神・行動の障害	新生物	神経系疾患
45～49歳	精神・行動の障害	新生物	損傷など
50～54歳	精神・行動の障害	新生物	循環器系疾患
55～59歳	精神・行動の障害	新生物	循環器系疾患
60～64歳	精神・行動の障害	新生物	循環器系疾患
65～69歳	精神・行動の障害	循環器系疾患	新生物
70～74歳	循環器系疾患	精神・行動の障害	新生物
75～79歳	循環器系疾患	新生物	精神・行動の障害
80～84歳	循環器系疾患	精神・行動の障害	損傷など
85～89歳	循環器系疾患	精神・行動の障害	損傷など
90歳以上	循環器系疾患	精神・行動の障害	損傷など

(資料 厚生労働省「平成14年患者調査」)

造について検討を加える。統計情報としては、国民の傷病の構造とその影響を世帯面から調査する国民生活基礎調査(平成16年)、医療施設面から調べる患者調査(平成14年)の結果を用いた。

a. 有訴者率

有訴者とは、病気やけがなどで自覚症状のある者の割合で国民生活基礎調査より得られる。平成16年の結果では、有訴者率は、青少年期に低くその後は年齢が高くなるにつれ上昇し、65歳以上では約半数の人がなんらかの症状を有する(人口1,000人あたり有訴者数：男性461.3, 女性517.4)。

表B-9 年齢階級別にみた受療率の高い傷病(第1位～第3位): 外来

	第1位	第2位	第3位
総数	消化器系疾患	循環器系疾患	筋骨格系, 結合組織疾患
0歳	呼吸器系疾患	歯の補てつ	皮膚疾患
1～4歳	呼吸器系疾患	消化器系疾患	歯の補てつ
5～9歳	呼吸器系疾患	消化器系疾患	損傷, 中毒, その他の外因の影響
10～14歳	呼吸器系疾患	消化器系疾患	損傷など
15～19歳	消化器系疾患	呼吸器系疾患	損傷など
20～24歳	消化器系疾患	呼吸器系疾患	損傷など
25～29歳	消化器系疾患	呼吸器系疾患	歯の補てつ
30～34歳	消化器系疾患	呼吸器系疾患	歯の補てつ
35～39歳	消化器系疾患	呼吸器系疾患	精神, 行動の障害
40～44歳	消化器系疾患	呼吸器系疾患	筋骨格系など疾患
45～49歳	消化器系疾患	循環器系疾患	呼吸器系疾患
50～54歳	消化器系疾患	筋骨格系など疾患	循環器系疾患
55～59歳	消化器系疾患	循環器系疾患	筋骨格系など疾患
60～64歳	消化器系疾患	循環器系疾患	筋骨格系など疾患
65～69歳	循環器系疾患	筋骨格系など疾患	消化器系疾患
70～74歳	筋骨格系など疾患	循環器系疾患	消化器系疾患
75～79歳	循環器系疾患	筋骨格系など疾患	消化器系疾患
80～84歳	循環器系疾患	筋骨格系など疾患	消化器系疾患
85～89歳	循環器系疾患	筋骨格系など疾患	消化器系疾患
90歳以上	循環器系疾患	筋骨格系など疾患	消化器系疾患

(資料 厚生労働省「平成14年患者調査」)

b. 通院の状況

平成16(2004)年国民生活基礎調査による通院者率(医療施設, 施療所に通院する者の割合)も青少年期が最低で以後年齢の上昇とともに高くなり75～84歳でピークとなる。65歳以上では6割以上が通院している(人口1,000人あたり通院者数: 男性626.2, 女性646.9)。表B-7に平成16年における通院者の傷病の1～3位を年齢階級別に示した。5～44歳はむし歯が, 45歳以上は高血圧が1位を占めている。青年期以降は常に腰痛が上位にあり, また, 65歳以上の老年期には白内障が重要な傷病となっている(65～74歳はわずかの差で第4位)。

c. 受療の状況

医療施設側からみた施設利用者数である平成14(2002)年患者調査による受療率^{じょうりつ}を

入院と外来別にみると、いずれも青少年期に最低で以後上昇する。ただし、入院では年齢階級が高いほど受療率も高いが、外来では70歳代にピークがあり以後減少傾向を示す。なお、65歳以上の受療率は、入院3,706、外来11,481(いずれも人口10万対)であった。

表B-8と表B-9は、それぞれ入院と外来における平成14(2002)年受療率の1～3位の疾病を年齢階級別に示したものである。入院では、0歳は周産期の病気や先天奇形が多い。また、14歳までの小児期は呼吸器系の疾患も多く、表には示していないが疾患の内容としては喘息が重要な位置を占めている。20歳代から60歳代までは精神障害が最多であり(一部年齢層を除く)、その内容としては統合失調症が多い。そのほかに、若いころは損傷や妊娠に関する病気が多いが、40歳代から新生物、50歳代から循環器系疾患が多くなり、とくに循環器系疾患は70歳代以降は第1位となる。なお、循環器系疾患では脳血管障害が大きな割合を占める。外来では、0～14歳は急性上気道炎を中心とする呼吸器系疾患が、15～64歳はう歯、歯周疾患を中心とする消化器系疾患が第1位である。65歳以上は、70歳代前半を除き、高血圧性疾患を主とする循環器系疾患が最多である。なお、中年期以降は筋骨格系の疾患も主要な疾患となっている。

老年学テキスト

2006年11月1日 発行

編集者 飯島 節, 鳥羽研二
発行者 小立鉦彦
発行所 株式会社 南江堂
〒113-8410 東京都文京区本郷三丁目42番6号
☎(出版)03-3811-7235 (営業)03-3811-7239
ホームページ <http://www.nankodo.co.jp/>
振替口座 00120-1-149

印刷 横山印刷/製本 三水舎

© Setsu Iijima, Kenji Toba, 2006
Textbook of Geriatrics and Gerontology

定価は表紙に表示してあります。
落丁・乱丁の場合はお取り替えいたします。

Printed and Bound in Japan
ISBN4-524-24021-7

本書の無断複写を禁じます。

ICIS <<株>>日本著作出版権管理システム委託出版物

本書の無断複写は、著作権法上での例外を除き、禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に(株)日本著作出版権管理システム(TEL 03-3817-5670, FAX 03-3815-8199)の許諾を得てください。

第3章 老化の概念と学説 (新野直明)

1. 老化の生物学説…………… (新野直明)…33
 - (1) 老化の概念 33
 - (2) 生理的老化 33
 - (3) 老化の測定 34
 - (4) 老化学説 35
2. 心理学的加齢の考え方…………… (長田久雄)…38
 - (1) 心理学的加齢の理論とモデル 38
 - (2) 老化と生涯発達 40
3. 老化の社会学説…………… (杉澤秀博)…44
 - (1) 老化の社会的側面に対するアプローチ 44
 - (2) 理論の分類方法 45
 - (3) 理論 46
 - (4) おわりに 52
4. サクセスフル・エイジング…………… (柴田 博)…55
 - (1) はじめに 55
 - (2) 活動理論と離脱理論 55
 - (3) サクセスフル・エイジングの概念の変遷 57
 - (4) サクセスフル・エイジングの今日的概念 58
5. 死 生 学…………… (丹下智香子)…62
 - (1) 死生学とは 62
 - (2) 自己の死 62
 - (3) 死への直面 63
 - (4) 死別後の悲嘆 64
 - (5) 尊厳死 65
 - (6) おわりに 66

第4章 高齢者の健康と生活の質 (渡辺修一郎)

1. 高齢者の健康…………… (渡辺修一郎)…69
 - (1) 高齢期の健康とは 69
 - (2) 高齢期の生活機能 70

第3章 老化の概念と学説

1. 老化の生物学説

(1) 老化の概念

老化の概念には、広義のものと狭義のもの2つがある。広義の老化は、生まれてから死ぬまでの生涯の全変化をさし、加齢 (aging) と呼ばれるものである。それに対し、狭義の老化は、成熟期以降の退行期の変化を示すもので、いわゆる老化、老衰 (senescence, senility) である。このため、老化を一言で定義するのは難しいが、老年学、老年医学の分野では、狭義の老化を意識したもの、たとえば「老化とは、加齢に伴い誰にでも起こる諸機能の低下、減退であり、死の確率が増す過程 (現象)」という考え方が一般的のようである。本章でも、原則的にこの考え方で老化を捉えることとする。

(2) 生理的老化

老化は、疾病、事故、栄養、生活環境など様々な要因の影響を受けると考えられるが、これらの外因により規定されない老化、すなわち、大きな病気や事故がなく、寿命をまっとうした場合の老化を生理的老化 (正常老化) という。

生理的老化の特徴として、ストレーラー (Strehler) は次の4つをあげている¹⁾。

1) 普遍性：全ての生命体に認められる現象であり、(同一の種に属する個体は)

ほぼ同様の経過を示す。

- 2) 内在性：個体に内在するものである（ある程度、遺伝的に規定されている）。
- 3) 進行性：進行性であり、後戻りしない。
- 4) 有害性：個体の機能を低下させるものである。

以上の4条件を満たす変化が（生理的）老化であり、最終的に機能の低下から死につながる。また、病気などによる機能の低下や寿命の短縮は、すべての人に起こるわけではないので、生理的老化ではなく病的老化と呼ばれる（ただし、高齢になると、多数の人が似たような症状、訴えを呈することもあり、生理的老化と病的老化を簡単に分けることができない場合もある）。

人間の生理的老化について、皺が増える、髪が白くなる、背が曲がるなど、経験的な事実としては多くのことが語られているが、系統的、科学的には解明されていないことも多い。そのため、個人、あるいは、集団を長年、追跡的に調査し、形態や機能の生理的変化を明らかにしようとする、長期縦断研究が実施され、生理的老化に関する結果が蓄積されている。わが国でも、東京都老人総合研究所による「中年からの老化予防総合的長期追跡研究 (TMIG-LISA)」²⁾、国立長寿医療センター研究所疫学研究部による「老化に関する長期縦断疫学調査 (NILS-LSA)」³⁾ などの大規模な研究が行われている。

（3）老化の測定

老化について研究し、その進行を少しでも遅らせる対応策、予防法などを考えるためには、老化の程度を正確に測定・評価することが重要になる。普段の生活では、暦年齢で老化度を評価することが少なくない。しかし、老化に伴う心身機能の変化は、基本的には低下の方向を示すものの、個人差が非常に大きい。また、栄養、生活習慣、環境など多くの外的要因が影響を与える。そのため、単純な暦年齢のみで、正確かつ客観的に老化を測定することは難しい。下方は、望ましい老化指標の条件として、次の4つをあげ、老化を総合的に評価するには多くの生体機能を含む数多くの指標が必要と述べている⁴⁾。①測定方法が確立しており、測定法が簡便で、費用が安く、誤差が少ない。②測定に苦

痛や障害を伴わない。③正常人では加齢とともに有意に変化し、理想的にはその変動が直線的であり、変動に性差が少ない。④他の老化指標との相関が低く、機能の変化を代表する独立した指標である。

近年、しばしば使われる老化の指標に生物学的年齢がある。これは、生体のもつ種々の機能、たとえば、生理機能、知的機能、運動機能などを基準として推定される年齢である。暦（生年月日）という外的基準による暦年齢とは異なり、臓器や組織の機能など、個体に特有な内的基準による年齢と考えることができる。この生物学的年齢は、1つの指標（機能）から判定することもできるが、重回帰モデルなどの多変量の統計モデルを用いて、複数の指標を同時に考慮しながら推定する方法も検討、利用されている。

（4）老化学説

個体、器官、組織、細胞などの老化が起こる原因、あるいは老化の機序については多くの学説がある。武田は、老化学説として、消耗説（wear and tear theory）、ストレス説（stress theory）、生活代謝率説（living rate theory）、プログラム説（program theory）、エラー破綻説（error catastrophe theory）、体細胞突然変異説（somatic mutation theory）、自己免疫説（autoimmune theory）、代謝産物原因説（waste product theory）、生物時計説（biological clock theory）、内分泌説（endocrine theory）、遊離基説（free radical theory）、架橋結合説（cross-linking theory）の12種類をあげている⁵⁾。

また、三木は、老化学説をプログラム説とエラー蓄積説の2つに大別し、以下のように説明している⁶⁾。

1) プログラム説：老化が遺伝子レベル（遺伝因子）により制御されているという考え方。動物は種により固有の最大寿命を有すること^{注1)}、ヒトの細胞に寿命があること^{注2)}、遺伝的早老症（progeroid syndrome）^{注3)}があること、老化遺伝子^{注4)}、テロメア^{注5)}、アポトーシス^{注6)}の研究など遺伝が老化を制御することを示す研究事実があること、などがこの説を支持する。

2) エラー蓄積説：数々の障害や老化物質の蓄積（遺伝外因子）がDNAやタン

パク質に発生することで老化が起こるという考え方。以下の説がある。①磨耗説：放射線や化学物質により DNA に損傷が起き、その蓄積が寿命を決定する。②活性酸素説：フリーラジカル（遊離基）が原因^{注7)}。③架橋結合説：加齢に伴いタンパク質分子間に科学的な結合（架橋）ができ、細胞機能が障害される。④誤り説：DNA の複製や損傷修復時に塩基配列を誤って写し、その結果、異常タンパク質集積、細胞機能障害が出現する。⑤老廃物蓄積説：加齢に伴う変異酵素や変異タンパク質（リポフスチン、アミロイドなど）の出現・蓄積による。⑥自己免疫説：免疫機構の破綻などによる。

以上のように老化学説は多種存在するが、どれか1つの説で老化の全体を説明するのは困難であり、複数の説（あるいはすべての説）を取り入れる必要があるだろう。また、老化に、遺伝要因と非遺伝要因（環境要因）の両者が関与することは確実と考えられる。遺伝要因については、現状では、まだ介入困難な部分が多い。しかし、環境要因に対しては、生活習慣の改善、疾病の予防など介入が可能であり、結果として、老化の遅延や寿命の延長などが期待できるだろう。

■ 注：

注1) 寿命の限界値（限界寿命）は動物の種によりほぼ決まっているといわれる。限界寿命にはある程度法則性があり、体重、脳重量などを用いた推定法が考案されている。代表的なものにザッハー（Sacher）の式がある。

注2) ヒトの体細胞を培養しても無限には分裂できず、50～70回分裂すれば限界で、もはや分裂できない。いわゆる細胞寿命と考えられる。

注3) 遺伝的早期老化症候群の略。老化現象の促進（小児期、若年期など早期に老化現象が出現、進行）と短命を呈する。ウェルナー症候群、ハッチンソン・ギルフォード症候群（プロジェリア）、コケイン症候群の3疾患が含まれる。40歳～64歳のヒトが介護保険の認定を受ける際に必要な特定疾患の1つである。

注4) 老化現象の発現、進行、あるいは、抑制に関わる「老化関連遺伝子」、高齢者に多い高血圧、虚血性心疾患などの疾病と関係する「老年病関連遺伝子」、長生きと関係

する「長寿遺伝子」などが、老化遺伝子として研究されている。アルツハイマー病に対するアポリポタンパク E 遺伝子のように、すでにその関係が確立されたものもある。

注5) テロメアは、染色体の両末端にある保護構造であり、細胞分裂により DNA 複製が行われる度に短縮し、一定の長さ以下になると細胞は分裂を停止してしまう。そのためテロメアは「細胞内時計」, 「分裂時計」などといわれ、細胞寿命を規定するものとして注目されている。

注6) 不要な細胞や危険な細胞が、自発的に死亡していく現象。「プログラムされた細胞死」, 「細胞の自然死」, 「自発的な細胞死」などといわれる。生物の発生過程においては、決まった時点と部位で細胞死が起こり形態が変化する。感染細胞など生命に危険な細胞は、自らプログラムを起動して自滅するように死んでいく。これらの現象は、アポトーシスの例である。

注7) フリーラジカルは、生体が酸素を消費すると産生され、他の物質に作用して過酸化物を生じ、この蓄積が老化につながると考えられる。

◇文 献◇

- 1) Strehler BL, et al. : General theory of mortality and aging. Science 132 : 14 - 21, 1960.
- 2) Suzuki T, Shibata H : An Introduction of the Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Longitudinal Interdisciplinary Study on Aging (TMIG-LISA, 1991 - 2001). Geriatrics Gerontology International 2003 ; 3 : S1 - S4.
- 3) Shimokata H. et al : A new comprehensive study on aging - the National Institute for Longevity Sciences, Longitudinal Study on Aging (NILS-LSA). Journal of Epidemiology 2000 10 (Supple1) : S1 - S9, 2000.
- 4) 下方浩史 : 老化度の判定. 老年医学テキスト(日本老年医学会編), メジカルビュー社, 2005, p13 - 15.
- 5) 武田雅俊 : (4) 老化学説. 老化の生物学と精神医学 (武田雅俊著), 診療新社, 2003, p29 - 45.
- 6) 三木哲朗 : 老化の定義と老化学説. 老年医学テキスト (日本老年医学会編), メジカルビュー社, 2005, p7 - 9.

2. 自転車運動

本項では、サイクリングエルゴメトリを用いた全身持久性体力の簡易評価法として、①心拍数を利用した方法、②自覚的運動強度を利用した方法を紹介する。

1) 心拍数を利用した方法

心拍数を利用した先駆的な方法としては、Sjostrand (1947) と Wahlund (1948) が提唱した PWC (physical work capacity) テストと Åstrand and Ryhming¹⁾ のノモグラムを利用する方法 (以下、Åstrand and Ryhming 法とする) があげられる。その後、Åstrand and Ryhming 法は Siconolfi ら²⁾ の年齢補正によって推定精度が向上した。一方、日本において、宮下ら³⁾ は PWC テストに一部修正を加え PWC 75% HRmax テストを提案することで適用範囲を若年層から中高年者にまで広げた。また、田中ら (1989) は、運動中心の心拍数変動フィードバック管理により運動負荷を個人ごとに制御するシステム開発し、同システムによって評価される aerobic score (AS) は $\dot{V}O_2$ max および $\dot{V}O_{2LT}$ と強い相関関係にあったと報告している。本項では、以上で述べた方法のうち Åstrand and Ryhming 法、Siconolfi らの方法、PWC 75% HRmax テストの3つの方法について概説した。

① Åstrand and Ryhming 法

Åstrand and Ryhming 法において利用することのできる運動様式は、ステップ運動、トレッドミル走およびサイクリングの3種類であるが、ここでは、サイクリングによるテスト方法について述べてみる。この方法は、最大下運動中の心拍数および物理的仕事量 (酸素摂取量) から独自のノモグラム (図 1-5) を利用するものである。心拍数が男性で 128 ~ 154 拍/min, 女性で 138 ~ 164 拍/min となる物理的仕事量を設定し、6分間のサイクリングテストをおこなわせる中で最後の1分間の心拍数を利用する。最後の1分間の心拍数とその時点の物理的仕事量をノモグラム上の各軸にプロットし、2点を結んだ直線が $\dot{V}O_2$ max 軸と交わる点が推定された $\dot{V}O_2$ max (l/min) である。この方法の開発に用いられた対象者は運動習慣のある若年男性であったため、中年者への適用は注意を要する。

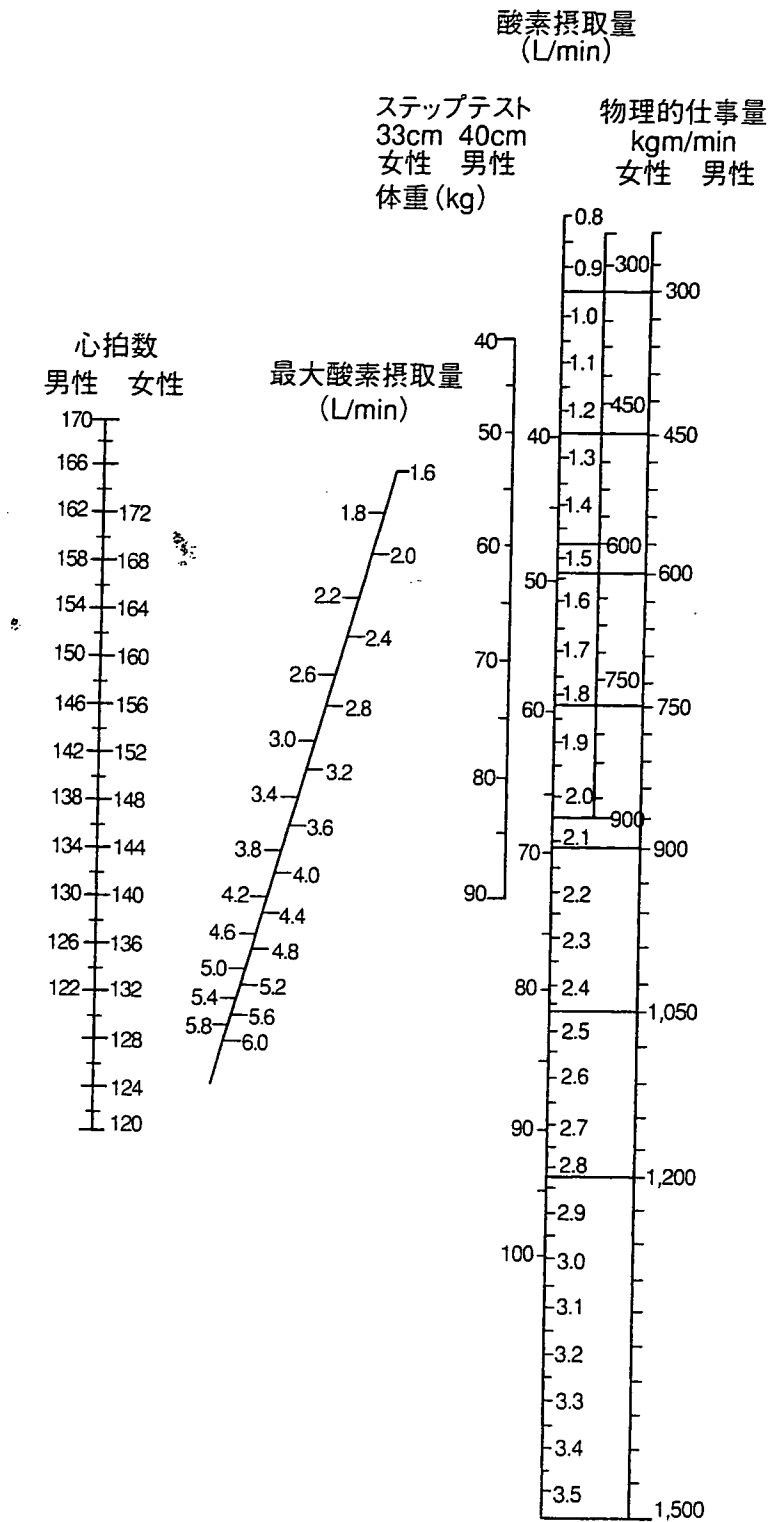


図1-5 Åstrand and Ryhming のノモグラム⁴⁾

② Siconolfi らの方法

Åstrand and Ryhming 法の対象者の年齢に関する問題点を改善するために、Siconolfi らは、推定される $\dot{V}O_{2max}$ の値をより実測値に近づけるため

に年齢修正を加えた以下の補正式を考案した。

$$\text{男性用 } \dot{V}O_{2\max} \text{ (l/min)} = 0.348 \times \text{推定値} - 0.035 \times \text{年齢} + 3.011$$

$$\text{女性用 } \dot{V}O_{2\max} \text{ (l/min)} = 0.302 \times \text{推定値} - 0.019 \times \text{年齢} + 1.593$$

この補正式により算出された値と実測値との相関係数は男性 $r = 0.86$, 女性 $r = 0.97$ であった。推定標準誤差 (SEE) は男性 0.359 l/min , 女性 0.199 l/min であり, 精度の高い推定が可能と述べられている。竹島ら (1992) は, 両者の妥当性を比較検討した結果, Siconolfi らの方法が Åstrand and Ryhming 法よりも優れると報告している。

③ PWC 75% HRmax テスト

この方法では, 対象者は自転車エルゴメータ上にて数分間の安静を保った後, 3分間ずつの漸増法によるサイクリングテストを9分間おこなう。物理的仕事量は 25 watts より開始し, 運動終了時の心拍数が, 性・年齢別推定最高心拍数の 70% を超えない程度となるように, 第2, 第3の物理的仕事量を設定する。運動終了後, 各物理的仕事量とそのステージにおける最後の1分間の心拍数との関係を, 最小2乗法を用いて1次回帰し, 推定最高心拍数の 75% に相当する心拍数となるときの物理的仕事量を外挿して求める。この値を PWC 75% HRmax とする。

宮下らはこのような方法で男性 151 名, 女性 275 名を測定し, それに基づく全身持久性体力評価表 (表 1-3) を作成した。この評価表の妥当性は, 後に異なる集団 (362 名) への適用によって確認されている。

2) 自覚的運動強度を利用した方法

RPE は, Borg (1973) の提唱した「運動刺激に対して受容された身体全体または各部位における感覚の統合的心理反応を7種類の簡易な言語記述子 [“楽である (light)” や “きつい (hard)” など] にて15段階に尺度化された表」のことを指している。Robertson ら⁵⁾ は, RPE_{15} に相当する物理的仕事量 (PWC_{R15}) を指標とした全身持久性体力の相対的評価法を報告している。日本においては大藏ら (1998) が最大下多段階漸増負荷サイクリングテスト中に記録される RPE を利用することで $\dot{V}O_{2\max}$ や $\dot{V}O_{2AT}$ を推定する方法を提案している。ここでは, これら2つの方法について概説す

表1-3 PWC 75% HRmax による全身持久性体力の評価表 (単位は watt)

年齢 (歳)		20 ~ 24	25 ~ 29	30 ~ 34	35 ~ 39	40 ~ 44	45 ~ 49	50 ~ 54	55 ~ 59	60 ~ 64
男性	非常に優れている	215 -	209 -	203 -	197 -	191 -	185 -	179 -	173 -	167 -
	かなり優れている	187 - 214	181 - 208	176 - 202	170 - 196	164 - 190	158 - 184	152 - 178	146 - 172	140 - 166
	優れている	159 - 186	153 - 180	147 - 175	142 - 169	136 - 163	130 - 157	124 - 151	118 - 145	112 - 139
	ふつう	130 - 158	125 - 152	119 - 146	113 - 141	107 - 135	101 - 129	95 - 123	90 - 117	84 - 111
	劣る	102 - 129	96 - 124	91 - 118	85 - 112	79 - 106	73 - 100	67 - 94	61 - 89	55 - 83
	かなり劣る	-101	-95	-90	-84	-78	-72	-66	-60	-54
女性	非常に優れている	138 -	134 -	130 -	125 -	121 -	117 -	113 -	108 -	104 -
	かなり優れている	119 - 137	114 - 133	110 - 129	106 - 124	102 - 120	97 - 116	93 - 112	89 - 107	85 - 103
	優れている	99 - 118	95 - 113	91 - 109	86 - 105	82 - 101	78 - 96	74 - 92	69 - 88	65 - 84
	ふつう	80 - 98	76 - 94	71 - 90	67 - 85	63 - 81	59 - 77	54 - 73	50 - 68	46 - 64
	劣る	60 - 79	56 - 75	52 - 70	48 - 66	43 - 62	39 - 58	35 - 53	31 - 49	26 - 45
	かなり劣る	-59	-55	-51	-47	-42	-38	-34	-30	-25

ることとした。

① PWC (PO)_{R15} テスト

この方法では、ペダル回転数を1分間に50回転で一定とし、3分ごとに物理的仕事量を150(約24.5 watts)もしくは300 kgm/min(約49.0 watts)ずつ増加させていく。RPEは各ステージの最後に記録され、RPE₁₅ (“きつい”)が記録された時点をもって運動終了としている。また、この時点の物理的仕事量はPO (power output)_{R15}と定義され、全身持久性体力の評価指標に位置づけている。このようなPO_{R15}テストは全身持久性体力の個人内および個人間比較をする場合に有効である。図1-6に示すように、数ヶ月間の持久性トレーニングを積んだ者がその前後でPO_{R15}を評価すれば、RPE₁₅は一定で変わらないにもかかわらず、POは全身持久性体力の向上に伴って増加している。また、個人間比較の場合、PO_{R15}を用いれば個人ごとの相対的強度は同等(PRE₁₅)となり、等しい相対的強度に対応する物理的仕事量の大小で全身持久性体力が比較できる。

② submaximal GCTによる方法

大藏ら⁶⁾は、 $\dot{V}O_{2AT}$ や $\dot{V}O_{2max}$ を推定する方法として、物理的仕事量を段階的に上げていく中でPREを記録する方法(図1-7参照)を提案してい

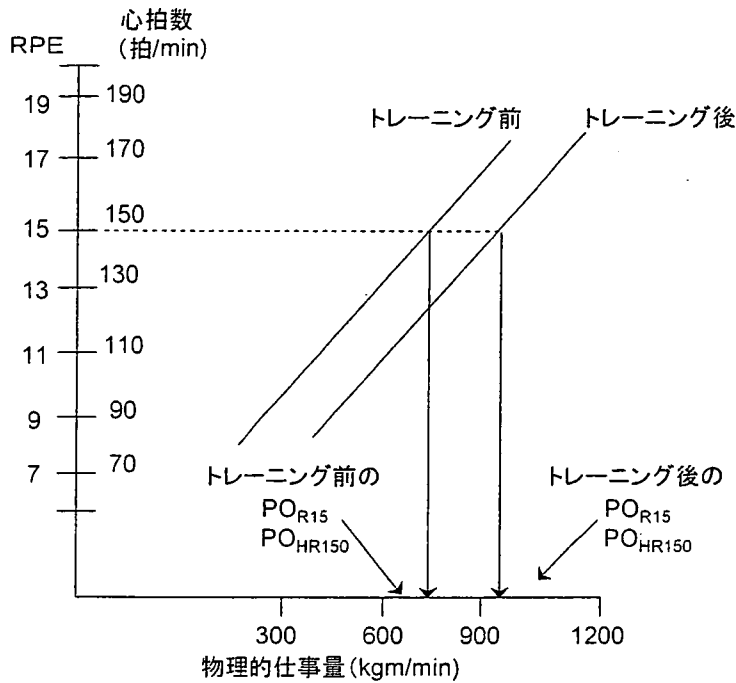


図1-6 トレーニング前後における PO_{R15} と PO_{HR150} の変化
 PO_{R15} : RPE 15 における物理的仕事量
 PO_{HR150} : 心拍数 150 拍/min における物理的仕事量

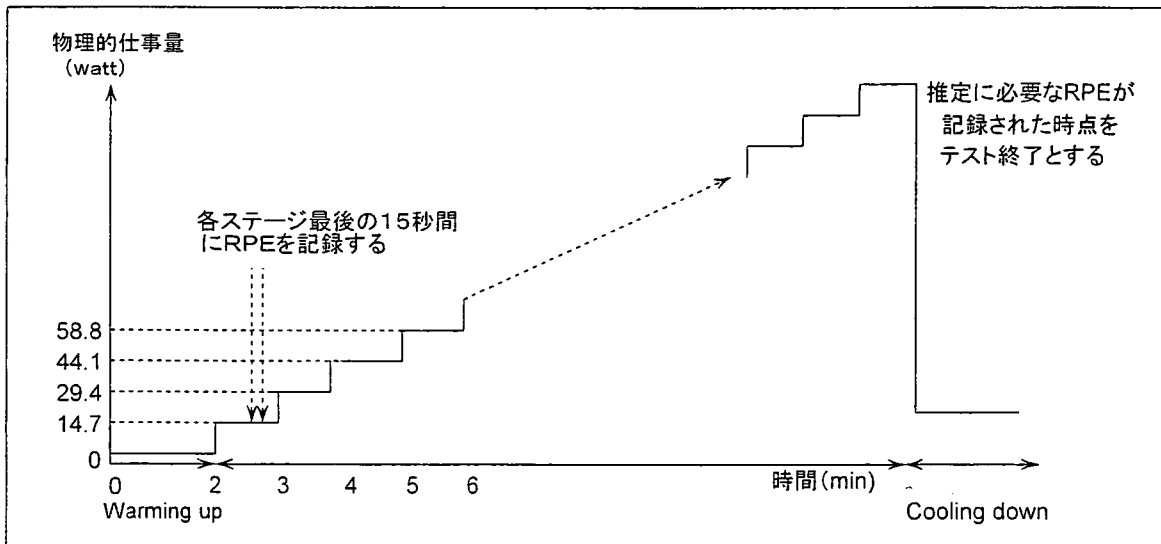


図1-7 Submaximal GCT のプロトコル

る。全身持久性体力を推定する上で多段階漸増負荷プロトコルを用いた方法は、これまでにほとんど報告がなされていないが、Fitchett (1985) によれば、負荷漸増法と負荷定常法とを比較した場合、負荷漸増法のほうがより高い精度の推定が可能との考えを示している。この方法は実際に測定

表1-4 男性および女性用の最大酸素摂取量，無酸素性代謝閾値の推定式

男性用	$\dot{V}O_{2max} (\text{ml/kg/min}) = 6.57 \times \text{WRPE-legs } 15 \div \text{Wt} - 0.19 \times \text{Age} - 0.36 \times \% \text{body fat} + 41.29 \quad (r = 0.830, \text{SEE} = 3.66 \text{ ml/kg/min})$ $\dot{V}O_{2AT} (\text{ml/kg/min}) = 7.35 \times \text{WRPE-legs } 14 \div \text{Wt} - 0.06 \times \text{Age} - 0.23 \times \% \text{body fat} + 15.62 \quad (r = 0.815, \text{SEE} = 2.77 \text{ ml/kg/min})$
女性用	$\dot{V}O_{2max} (\text{ml/kg/min}) = 7.30 \times \text{WRPE-legs } 15 \div \text{Wt} - 0.12 \times \text{Age} - 0.46 \times \% \text{body fat} + 37.32 \quad (r = 0.828, \text{SEE} = 4.16 \text{ ml/kg/min})$ $\dot{V}O_{2AT} (\text{ml/kg/min}) = 5.03 \times \text{WRPE-legs } 14 \div \text{Wt} - 0.01 \times \text{Age} - 0.16 \times \% \text{body fat} + 14.15 \quad (r = 0.680, \text{SEE} = 3.06 \text{ ml/kg/min})$

WRPE-legs 14 (15) : RPE-legs 14 (15) 以上が初めて記録された時点の物理的仕事量 (watt)
 Wt : 体重 (kg), Age : 年齢 (歳), %body fat : 体脂肪率 (%)

された $\dot{V}O_{2AT}$ や $\dot{V}O_{2max}$ がいずれの RPE に対応するステージの物理的仕事量 (単位は watt) と最も強い相関を示すかを検討するものである。つまり、 $\dot{V}O_{2AT}$ や $\dot{V}O_{2max}$ と強い相関を有する物理的仕事量を重要な説明変数とし、その他に簡便に利用できる身体計測値などを説明変数群に加えて $\dot{V}O_{2AT}$ および $\dot{V}O_{2max}$ の推定式を作成している (表1-4)。

摩擦負荷をかけない状態で2分間のウォーミングアップをおこなわせた後、1分ごとに物理的仕事量を 14.7 watts (0.25 kp × 60 rpm) ずつ増加させてゆく。同時に、各ステージの最後の15秒間に対象者にPRE表の数字を差し示させることで3種類のRPEを記録する。ここでいう3種類のRPEとは、身体全体のRPE (RPE-overall)、胸部のRPE (RPE-chest)、脚部におけるRPE (RPE-legs) の3種類である。RPE記録に際して、対象者に与えられる指示内容は次のように統一されている。

「この表は、あなたが運動中に感じ取るからだのきつさを簡単なことばや数字で表現したものです。たとえば、あなたができうる最も楽な運動をおこなった場合、この表では6や7の“非常に楽である”あたりに相当すると考えてください。またこれから運動を開始して徐々に強度を上げていくと、しだいにあなたの感じるきつさは強くなっていくでしょう。もし、あなたの限界まで運動を継続したとすると、この表では19や20の“非常にきつい”あたりを示すことになると考えてください。

運動中は1分ごとに3つの簡単な質問をします。1つ目は体全体のきつさ、2つ目は呼吸や胸のきつさ（苦しき）、3つ目は大腿部のきつさ（だるさ）についてです。こちらから、「からだ全体はどうですか?」、「呼吸や胸はどうですか?」、「大腿部はどうですか?」と尋ねますので、それぞれについてこの表の中にある最も近い表現を指差すことで教えてください。ただし、あまり深く考えずに、できるだけ直感で正直に答えるようにしてください。」

このような方法で推定される $\dot{V}O_{2AT}$ と $\dot{V}O_{2max}$ は、方法論的に簡便で経済的であるにもかかわらず、精度が高いという特長を有する。

文 献

- 1) Åstrand P-O, et al: A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 7: 218-221, 1954.
- 2) Siconolfi SF, et al: Assessing $\dot{V}O_{2max}$ in epidemiological studies: modification of the Åstrand-Ryhming test. *Med Sci Sports Exerc* 14: 335-338, 1982.
- 3) 宮下充正ら：PWC 75% HRmax の全身持久性の評価尺度としての妥当性の検討. *Jpn J Sports Sci* 3 : 559 - 562, 1984.
- 4) American College of Sports Medicine: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Williams & Wilkins, 5 th edition, Philadelphia, 72, 1995.
- 5) Robertson RJ, et al: Ratings of perceived exertion (RPE) in cardiac rehabilitation: application and validation. In: Proceedings of the Vth World Congress on Cardiac Rehabilitation. J. P. Broustest (ed.) Intercept Limited, Andover, Hampshire, England, 151-159, 1993.
- 6) 大藏倫博ら：強度を用いた全身持久性体力推定法の総合的検討：最大下多段階漸増負荷サイクリングテストを利用して. *体力科学* 48 : 111 - 124, 1999.

3. 質問紙法

市町村の住民や大きな企業の従業員など、100名以上の人を対象に全身持久性体力を測定したい場合には、直接法はいうまでもなく、トレッドミ

1

メタボリックシンドロームの概念と診断基準

1. メタボリックシンドロームの概念

メタボリックシンドロームは、空腹時高血糖（インスリン抵抗性）、高脂血または低HDLコレステロール（リポたんぱく異常）、血圧高値を同時に複数合併する状態を指し、心臓血管系疾患の重大な誘因の一つといわれている。ただし、このような合併状態は、偶然にリスクが集まってできたものではなく、また、個々の症状が代謝異常のみを基盤としているわけでもない。わが国におけるメタボリックシンドロームの考え方の特徴は、最上流にある内臓脂肪の過剰蓄積を共通の発症基盤としているところにある。

もう一つのメタボリックシンドローム概念の特徴として、心臓血管系疾患を早期に予防するために確立された疾病概念であることも見逃すわけにはいかない。つまり、現代社会では、過栄養と運動不足を背景に心臓血管系疾患が増加しており、その予防啓発の視点から策定されたものである。日本肥満学会は2006年に発した「神戸宣言」の中で、メタボリックシンドロームは「現代の代表的生活習慣病」と述べ、その予防の重要性

表1-1 神戸宣言 2006（日本肥満学会，一部抜粋）

- 肥満症ならびに腹腔内に脂肪がたまるハイリスク肥満症であるメタボリックシンドロームが世界的に増加している。メタボリックシンドロームは、高血圧、2型糖尿病、高脂血症を併発しやすく動脈硬化を促進し、心疾患や脳卒中の増加の主因になっている。
- わが国でも肥満症やメタボリックシンドロームが増加している。この増加はまぎれもなく過食と運動不足の生活習慣が主因である。
- わが国の子どもたちにおいても、過食と運動不足による小児肥満が同様に増加しており、成人後の肥満症やメタボリックシンドロームの増加が強く懸念される。