

中高年からの運動と栄養の必要量 に関する実験的研究

国立栄養研究所 西牟田 守

(共同研究者) 同 辻 悦子

同 芦 沢 志津子

同 鈴 木 慎次郎

I. 目 的

著しい運動不足に伴う成人病の増加や体力の低下は、近年の諸統計や実験的研究により今や明らかになり、疑問の余地はない。しからば、どれくらいの運動が日本人の健康増進に必要であるかと質問されると、1日1万歩とか、あるいは1日約200kcal とかいわざるを得ないが、それらに、納得できる科学的裏付けはいまだ見当たらない。その困難な原因としては、人間の統計的あるいは実験的観察には、複雑多岐な遺伝的環境的因子が同時に作用していることが第一にあげられ、次に、追

跡調査にしても長年を要することがあげられる。そのため、われわれは、まず遺伝や環境因子を規制し得て、運動と栄養条件だけの影響を、しかも短期間に観察できる動物実験を選び、中高年齢者の運動必要量と栄養必要量を決定するための基礎資料を提供することを目的として実験を行った。

II. 方 法

実験に用いた飼育装置は、水車式自由運動かご⁵⁾ (voluntary cage, 以後自由かごと略す.), および、水車式運動かごの水車回転によって約50 mg のペレット状食餌 (以後ペレットと略す.)

APPARATUS FOR THE EXPERIMENT

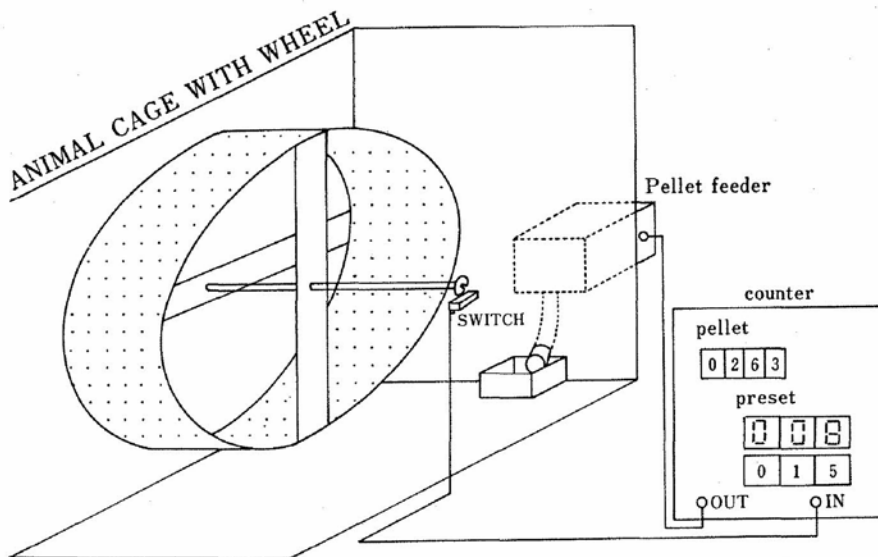


図1 条件反射を応用した運動負荷装置

を供給する，条件反射を応用した運動実験かご¹⁾ (conditioning cage, 以後実験かごと略す.) である。

水車回転により食餌を獲得することを学習した動物が，必要な食糧を獲得するために水車を用いて運動することが，実験かごにおける運動負荷法の原理である¹⁾。水車の回転数と食餌供給の比 (以後回数比と略す.) は自由に設定できる (図 1)。なお，実験かごでの給餌方式の詳細は省略する^{1,2)}。

実験に用いた動物は，300日齢を越えたウィスター系雄ラット ($n=8$) で，自由かごで予備飼育し，実験かごであらかじめ食餌獲得法を学習させたものである。自由かごでは，餌料は自由摂取としたが，実験かごでは，食べ残したペレットはかごの中に残した。水はすべて自由摂取とした。他の飼育条件は，文献²⁾を参照されたい。

運動負荷は，24時間を1単位とし，毎週1～5

単位連続して与えた。実験期間中，1日の運動量，実験かごによる飼育前後の体重変化，実験かごでの1日の獲得食餌量を計測した。

III. 結 果

実験に用いた動物の自由かごにおける運動量は，100m/日以下のもの3頭，100～1000m/日のもの3頭，1000m/日以上のもの2頭であった。

1000m/日以上 of 自由運動量を有する2頭について，運動量，獲得食餌量，体重を図 2，図 3 に示す。

図 2 (7910) は，自由運動量が急激に減少しつつある例で，3000m/日の自由運動量のとき回数比10で，5000m/日までの運動負荷が可能で，その時の摂食量は25g/日であった。自由運動量が1000m/日まで低下したときは，回数比5で，2400m/日までの運動負荷が連続して可能であり，その時の摂食量は24g/日であった。しかし，回数

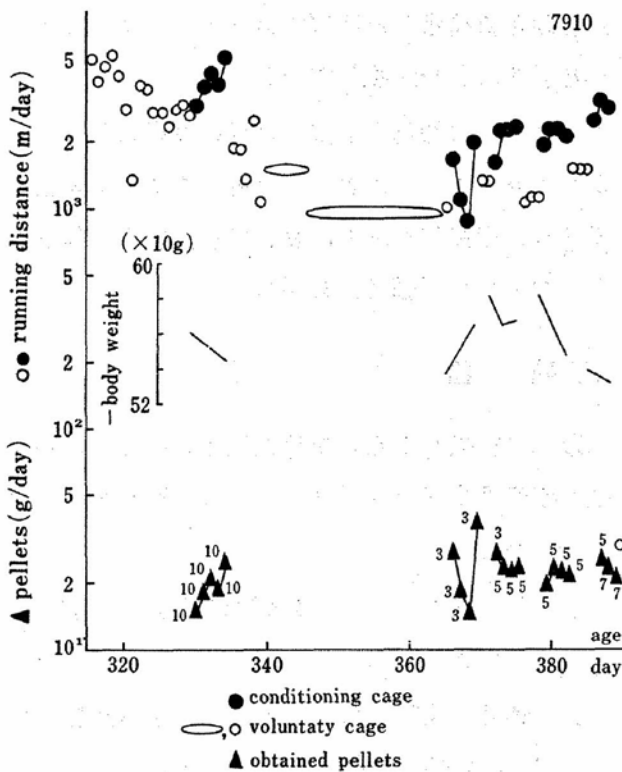


図 2 ラットの運動量，体重，獲得食餌量
回数比は獲得ペレット量のそばに数字
で示した (本文参照)

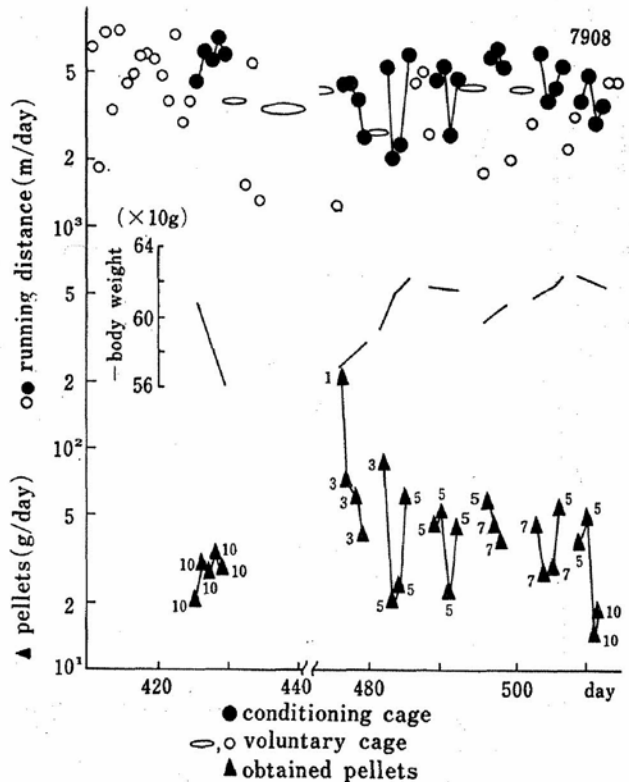


図 3 よく運動するラットの例 (本文参照)

比を7にすると、運動量はほとんど増加せず、摂食量が低下した。また、実験かごでの飼育が連続して可能な場合は、自由かごでの運動量が増加することが知られているが、回数比7で飼育したあとの自由かごでの運動量が急激に低下した。なお、この例では、獲得したペレットの食べ残しはなかった。

図3 (7908) は、自由運動量が3000m/日以上に維持されている例である。この例では、実験かごでの飼育により運動量が変化しなかったと考えられる。ラットは必要以上のペレットを獲得した。回数比10においても食べ残しがみられた。また、自由かごでの運動量の低下は観察されなかった。

図4 (7902) は、自由運動量が100~1000m/日の例である。グラフ前半の※は、ペレット不足のため必要量のペレットが供給されなかったときの実験かごでの運動量の低下およびそれに続く自由かごにおける運動量の低下を示している。グラフ

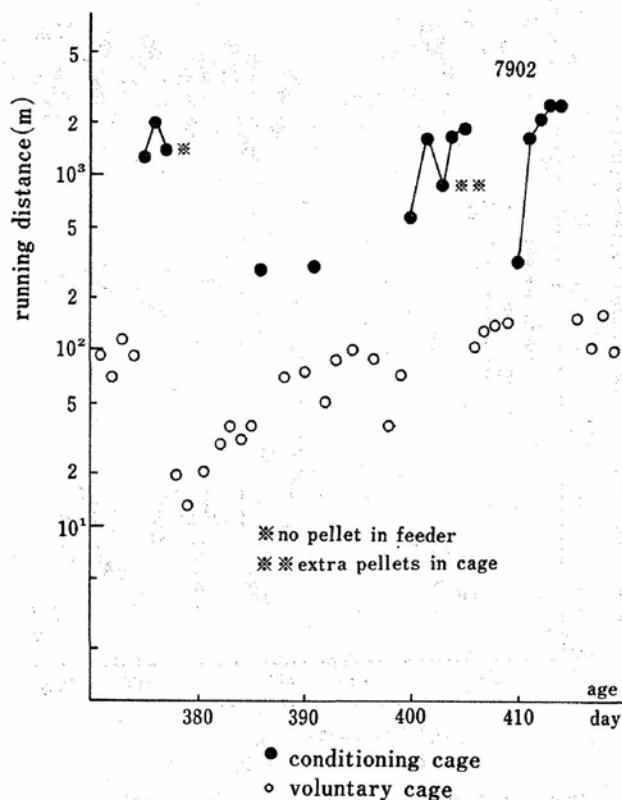


図4 食餌を制限または付加したときの例 (本文参照)

後半の※※は、実験かご内にあらかじめペレットを供給しておいたとき、運動量が低下したことを示す。それに続く自由かごでの運動量は変化しない。この例では、2000m/日の運動負荷が可能であった。

他の例では、実験かごによる運動負荷は成功しなかった。

IV. 考 察

少数の動物における実験ではあるが、いくつかの新たな知見が得られた。すなわち、加齢とともに運動量が低下していくラットにおいても、実験かごによる飼育により運動負荷が可能であった。その運動負荷量には上限があり、動物は、その上限までは運動量の増加により食餌獲得量を増加させ得る。それ以上の運動量が必要量の食餌獲得に必要な場合、動物の運動量は減少し、摂食量は低下する。このことは、今回の実験では、1日の必要運動量を測定したというより、むしろ、“最大許容運動負荷量”と呼ばれ得るものが個体ごとに存在することを示唆している。

もう一つの知見として、適量の運動負荷を実験かごで与えることにより、自由かごでの運動量の低下が、中高年ラットにおいても抑制され得ることが知られた (図 2, 3, 4)。

V. 結 論

以上の結果を人間の運動と栄養の必要量の策定に直接適用することは、大きな危険を含んでいる。しかし、

- (1) 個体差により、“最大許容運動負荷量”の差が大きいこと。
- (2) 過度な運動負荷が、日常の自由運動量 (日常の活動性) を低下させること。
- (3) 適度な運動負荷は、自由運動量の加齢に伴う低下をある程度防止し得ること。

などが示唆された。

また、実験かごでの運動負荷が適度（“最大許容運動負荷量”以内）であるか否かの判定基準として、摂食量、体重の増減、自由運動量を用いることが可能であることが示唆された。

付 記

ラットに運動させる方法として、これまで当所では3つの方式を用いてきた。すなわち、水車式自由運動かごによる飼育^{5,7,9,11)}、モータで円筒飼育かごを回して歩かせる方法^{5,8)}、および電気刺激を用いてトレッドミルを走らせる方法¹⁰⁾である。

トレッドミルによる強制運動負荷では、負荷運動量を規定できる利点はあるが、電気刺激によるストレスが大きく、運動による効果のみを抽出できないという欠点があった¹⁰⁾。また、モータで円筒かごを回して歩かせる方法でも、高血圧自然発症ラット (SHR) の血圧を降下させないばかりか⁸⁾、大きなストレスを与えることが知られている¹²⁾。

水車式自由運動は SHR の血圧を降下させることがわかり⁹⁾、ストレスのない運動として評価されている。しかし、水車式自由運動では、ラットが成熟する150日齢以降、運動量が急速に低下することも明らかにされた^{5,7,9)}。

成熟ラットに対する運動負荷方式として、これらの欠点を改良したのが、条件反射を応用した運動負荷方式である^{1,2)}。この方式は、Skinnerによる学習方式⁴⁾に従い、運動と食餌獲得（報酬）を組み合わせるものである。また、学習の原理に

従って³⁾ あらかじめこの方式で飼育することが、成熟ラットを用いる場合は一つの要件となる。

運動と栄養の必要量に関して、複雑な実験方法を用いた背景を付記した。

文 献

- 1) 西牟田 守, 鈴木慎次郎; ラットに対する条件反射を応用した運動負荷方式の考案と試作, 第35回日本体力医学会, 予稿集, p. 268 (1980)
- 2) 西牟田 守; ラットの自由運動に対するオペラント条件づけの影響, 投稿準備中 (1981)
- 3) Hebb, D.O.; Problems of learning and memory; In A textbook of psychology: W.B. Saunders Co. London, pp. 131—154 (1958)
- 4) Skinner, B.F.; Some contributions of an experimental analysis of behavior to psychology as a whole: *Am. Psychol.*, 8, pp. 69—78 (1953)
- 5) Suzuki, S. et al.; Experimental Studies on the interrelationships of Nutrition, Physical Exercise and Health Components (Report I): *Ann. Rep. Nat. Inst. Nutr.*, 1, 1—9 (1967)
- 6) do; (Report II), *ibid.*, 2, 3—8 (1968)
- 7) do; (Report III), *ibid.*, 3, 3—10 (1969)
- 8) 鈴木慎次郎, 大島寿美子; 高血圧自然発症ラットの血圧に及ぼす運動の影響 (第2報), *体育科学*, 5, 89—95 (1977)
- 9) 大島寿美子, 鈴木慎次郎; 高血圧自然発症ラットの血圧に及ぼす運動の影響, *栄養学雑誌*, 34, 109—114 (1976)
- 10) 橋本 勲他; 腎臓中の prostagladins がラットの血圧調節に及ぼす影響について, 第35回日本体力医学会, 予稿集, p. 69 (1980)
- 11) 樋口 満他; ラットの自由運動のトレーニング効果に関する研究, 同上, p. 97 (1980)
- 12) 鳩谷 龍; うつ病の動物モデル, *精神医学*, 22, 1321—1331 (1980)