わが国における身長最大の発育年齢と 栄養水準の推移との関連

The Temporal Relationship between Annual Changes for Age of Maximum
Increment in Height and for Nutritional Level in Japan

和歌山県立医科大学衛生学教室

松本 健治・永井 尚子・三野 耕
奥村 明春・竹内 宏一*・武田 真太郎

Kenji Matsumoto, Naoko Nagai, Tsutomu Mino, Akeharu Okumura,
Hiroichi Takeuchi* and Shintaro Takeda

Department of Hygiene, Wakayama Medical College, Wakayama

Use of the rapid lowering of age of maximum increment in height (MI age) in Japan after the World War II has permitted investigation of how changes in nutritional levels relate to the acceleration of growth. MI age calculations were based on the Annual Statistical Report of the School Health Survey published by the Ministry of Education. Data on nutritional level were derived from the National Nourishment Situation produced by the Ministry of Health and Welfare.

The results were as follows:

- 1) Similar tendencies towards lowered MI ages are seen for intake of nutrients (fats and oils, carbohydrates, calcium, and vitamin B₂), intake of eggs by food groups, energy supply-ratios from cereals and from starchy foods.
- 2) Time lags are read on time lag analysis as 17–22 years at the maximum correlation coefficient observed between each birth-year cohort and the greatest portion of nutritional changes. The nutritional level for the group 17–22 years of age over MI age closely corresponded with the MI age.
- 3) It is therefore difficult to affirm that change in nutritional level is an indicator of MI age, but social changes in Japan including economic development have presumably brought about changes in the diet and simultaneously caused the acceleration.

Key words: Acceleration of growth, Nutrition, Lag correlation, Time lag, School children
発育促進現象, 栄養, 時差相関, タイム・ラグ, 学童

I. は じ め に

われわれは発育促進現象を直接的に明らかにするために、1年間隔で計測された身長をもとにして、その年間増加量の推移から身長の発育速度が最大になる時点（以下、最大発育年齢）を求める算定法を考案し^{1,2)}、これを用いてわが国における発育促進現象について検討を加えてきた。その結果からみると、最大発育年齢は第2次世

界大戦前から徐々に若年化していたが、大戦直後には逆に著しく遅延し、その後急速に回復し、現在では戦前と同一のペースで若年化していることを報告してきた^{1,3)}。

ところで、このような発育促進現象の原動力について、19世紀後半からすでに発育促進現象のみられていた欧米諸国では、多くの考えがだされているが、これらの考えを栄養水準の向上を重視する立場と社会変動を重視する立場との2つに大別することができる⁴⁻⁶⁾。しかしなが

* 現在：奈良教育大学衛生学研究所

Present address: Department of Hygiene, Nara University of Education, Nara

ら、どちらの立場の場合にも、十分な説得力のある証拠が提出されているとはいえない。われわれもさきに、最大発育年齢と澱粉性食品摂取エネルギー比すなわち澱粉食率とを時系列的に比較検討した結果、これらの年次推移の回帰曲線としてあてはめた logistic curve の変曲点のあり方から、澱粉食率の変化の背後にあるなんらかの要因が、最大発育年齢の若年化をもたらししたものと考えられること、また、同時に比較検討した卵類および乳・乳製品摂取量の年次推移からみて、この最大発育年齢の若年化の背後にあった要因が、同時に食生活のパターンの変化をもたらししたものと考えられることを報告した⁷⁾。すなわち、卵類も乳・乳製品もともに最大発育年齢の若年化に直接的に影響を及ぼす要因であったとは考えられない結果であった。

そこで、本論文では発育促進現象と栄養水準の向上との関連について、さらに検討を深めるために検討項目を可能なかぎり増やすとともに time lag 法を用いての分析を試みることにした。

II. 研究 方 法

1. 最大発育年齢の算定法

最大発育年齢はさきにわれわれが考案した算定法によって求めた。すなわち、1948年から1981年の文部省の学校保健統計資料を用い、男女別に出生年コホート別の平均身長の間年増加量を求め、次式によって最大発育年齢 (MI age) を算出することにした。

$$MI\ age = A_{\max} + \frac{I_{\max} - I_1}{(I_{\max} - I_1) + (I_{\max} - I_{+1})} - \frac{1}{2}$$

ここで、 $I_{\max}$ は身長の間年増加量の最大値、 I_1 は $I_{\max}$ より1年前の間年増加量、 I_{+1} は $I_{\max}$ より1年後の間年増加量、 $A_{\max}$ は $I_{\max}$ となる年齢区間の中央値を示す。

思春期において身長の急増がみられる年齢には性差があるために、この式によって求められた最大発育年齢は、男子の場合で1934年生まれから1966年生まれまでの33コホート、女子の場合で1937年生まれから1968年生まれまでの32のコホートであった。

2. 栄養摂取状況

わが国の全国平均身長から算出した最大発育年齢に対応させることのできる過去の栄養摂取状況についての統計資料として、農林省のバランスシート法による全国1人1日当たりの平均食糧消費量、および、厚生省の国民栄養調査による全国1人1日当たりの平均栄養摂取量があるが、国民栄養調査の方が標本世帯ごとの摂取量を実測しているので、子どもたちも含めての全世帯構成員の

平均1人当たりの栄養摂取状況を、比較的正確に示していると考えられる。そこで、本報では1949年から1980年までの厚生省の国民栄養調査による全国1人1日当たり平均栄養摂取量と食品群別摂取量ならびに栄養比率のすべての項目を検討資料として用いた。すなわち、エネルギー摂取量とたん白質、動物性たん白質、脂肪、炭水化物、カルシウム、ビタミンA、ビタミンB₁、ビタミンB₂、ビタミンCの各栄養素の摂取量、穀類、いも類、砂糖類、油脂類、豆類、果実類、野菜類、緑黄色野菜、動物性食品の総量およびその内訳の魚介類、肉類、卵類、乳・乳製品の各食品群別摂取量ならびに栄養比率として算出されている穀類エネルギー比と動物性たん白質比および穀類、いも類の摂取エネルギー量が総摂取エネルギー量に占める割合 (%) としてわれわれが算出した澱粉食率である。

3. 年次推移間の類似性と時間差の検討法

最大発育年齢の年次推移と栄養摂取状況の年次推移との類似性と時間差とを time lag 法^{8,9)}によって検討した。すなわち、出生年表示の最大発育年齢の年次推移の時間軸を固定して調査年表示の栄養摂取状況の年次推移の時間軸を1年ずつ前方あるいは後方にずらしてそれぞれの時間差のときの最大発育年齢と栄養摂取状況を対応させ、両者間の相関係数を計算した。相関係数が最大であったときの時間差が求める time lag であり、この時の相関係数が時差相関係数である。時差相関係数が大きいほどその年次推移が最大発育年齢の年次推移とよく類似していたことになり、また求められた time lag が最大発育年齢に相当する年数よりも小さい年数であれば、それは発育促進現象に先行して変化した要因であったことになる。

III. 結 果

Fig. 1 に最大発育年齢の戦後の年次推移と同時にこれによく似た年次推移を示した脂肪摂取量、卵類摂取量および澱粉食率の年次推移を例示した。最大発育年齢の推移は、各コホートが最大発育年齢を迎えた年度に対応させて栄養水準の推移と比較することができるよう、各コホートの出生年を斜線の時間軸によって図示するようにした。例えば、男子の1940年生まれのコホートは最大発育年齢が14.55歳であったので、これを横軸の時間軸でみた場合に最大発育年齢を迎えた1954～55年の間にプロットされるようにした。このように図示すると、脂肪摂取量、卵類摂取量および澱粉食率の変化はともに最大発育年齢の若年化をあとおいしているようにみえる。

Fig. 1 Annual changes in MI age (●), intake of fats and oils (△), intake of eggs (□), and energy supply-ratio from starchy food (○).

Displacements of two time series:

Fig. 2 Time lag correlation between annual changes for MI age in boys and Japanese nutritional level.

そこで、これを確認するために time lag 法によって検討すると、Fig. 2 に示すように、調査年1955年から1980年までの26年間の脂肪摂取量の系列が、time lag 21年で、出生年1934年から1959年までの26年間の男子の最大発育年齢の系列と最も相関が高く、時差相関係数は-0.992であった。同様に卵類摂取量については time lag 17年で、時差相関係数は-0.989であり、澱粉食率については time lag 20年で、時差相関係数は0.988であった。

栄養摂取状況の年次推移と最大発育年齢の年次推移との time lag 法の結果を Table 1 に一括表示したが、時差相関係数は、男子の場合でみると、栄養摂取量では、脂肪、炭水化物、カルシウム、ビタミン B₂ が、食品群別摂取量では、動物性食品の総量およびそのうちの卵類が、栄養比率では、穀類エネルギー比および澱粉食率がいずれも0.98以上で、最大発育年齢の年次推移とよく似た年次推移を示していた。しかしながら、これらの time lag をみると、先述のとおり、脂肪で21年、卵類で17年、澱粉食率で20年であり、その他のものも19年以上と各出生年コホートがすでに最大発育年齢を迎えたあとの17歳以上になった時点での栄養水準が、そのコホートの最大発育年齢とよく対応していることを示していた。また、女子の最大発育年齢との対応でみると、いずれも時差相関係数は男子の場合より小さく、時差相関係数の最も大きかった乳・乳製品でも-0.961であり、time lag は20

Table 1 The lag correlation coefficient and time lag between MI age trend and nutritional level trend.

	Boys		Girls	
	Lag correlation coefficient (maximum)	Time lag (year)	Lag correlation coefficient (maximum)	Time lag (year)
<i>Intake of nutrients</i>				
Energy	0.852	34	0.876	32
Protein	-0.937	21	-0.877	12
Animal protein	-0.969	24	-0.932	20
Fat	-0.992	21	-0.946	20
Carbohydrate	0.982	29	0.921	32
Calcium	-0.983	19	-0.940	12
Vitamin A	-0.879	15	-0.892	14
Vitamin B ₁	-0.828	24	-0.838	24
Vitamin B ₂	-0.981	19	-0.933	20
Vitamin C	-0.900	19	-0.845	17
<i>Intake of foods by food groups</i>				
Cereals	0.979	23	0.950	20
Potatoes	-0.772	33	-0.852	30
Sugars	0.625	30	0.736	30
Fats and oils	-0.979	20	-0.948	22
Beans	0.648	29	0.684	25
Fruits	-0.858	26	-0.860	14
Vegetables	-0.859	23	-0.848	24
Green, Yellow-vegetables	-0.607	24	0.902	-1
Food of animal origin	-0.982	22	-0.954	20
Fishes and shellfishes	-0.942	21	-0.899	20
Meats	-0.961	25	-0.926	24
Eggs	-0.989	17	-0.935	12
Milk and dairy products	-0.977	22	-0.961	20
<i>Nutrition index</i>				
Energy supply-ratio from cereals	0.987	22	0.952	20
Protein supply-ratio from animals	-0.971	24	-0.942	20
Energy supply-ratio from starchy foods	0.988	20	0.952	20

年であった。このように、男女とも最大発育年齢の年次推移とよく似た年次推移を示した栄養摂取状況の年次推移は、いずれも最大発育年齢の若年化に先行する要因ではなかった。

IV. 考 察

Mitchell は、わが国の1946年から1952年までの6年間において、1人1日当たりエネルギー摂取量が変化せず、また、たん白質摂取量の増加量が10%にすぎなかったにもかかわらず、動物性たん白質比が2倍になったことから、戦後の身長・急激な伸びの原因を栄養の質的向上に

よるものとした¹⁰⁾。また、Takahashi は、9歳と11歳の男子の身長・年次推移と牛乳生産量の対数の年次推移とが平行関係にあることから、わが国の若い世代での牛乳・飲料の増加が、身長・発育促進現象の最も重要な原因の1つであるとの仮説を提起している¹¹⁾。

本研究の結果からみると、Takahashi のいう乳・乳製品¹¹⁾だけでなく、とくに男子の場合には、むしろそれを上回って、脂肪、炭水化物、カルシウム、ビタミンB₂、卵類の摂取量および穀類エネルギー比と澱粉食率の年次推移が最大発育年齢の年次推移と非常によく似た推移を示していた。なお、女子の場合にはさきの Table 1 にみら

Fig. 3 Trends in energy supply-ratio from starchy foods (●) and *gross national expenditure at constant prices per capita (○). *Annual Report on National Income Statistics.

れるように男子と比べて時差相関係数がいずれも小さかったが、これは男子に比べて、女子の最大発育年齢の年次推移の方が、その変化幅が小さかったことに起因するものと考えられる。

ところで、単に年次推移が類似しているからといって、そこに因果関係があると推論するのは危険である。最大発育年齢の年次推移と類似した年次推移を示す栄養素や食品群、栄養比率はいずれも出生年との time lag は17~22年であって、最大発育年齢を迎えたあとの17~22歳の時点の栄養水準と最大発育年齢が対応していて、これらの栄養水準の向上が最大発育年齢の若年化に先行するものではなかった。栄養が発育にとって必要不可欠であることは論をまたないが、だからといって栄養水準の向上が最大発育年齢の若年化、すなわち発育促進現象に直接関与したと考えるのは早計であろう。

Ziegler は1963年までの過去120年間のスイスの新兵の身長年次推移と砂糖消費量の年次推移が平行関係にあること、ならびに、初潮年齢の若年化も砂糖消費量の増加と平行関係にあることを明らかにしている¹²⁾。砂糖消費量は、食生活に関連したものではあるが、Ziegler も指摘するように、その消長は背景にある経済水準を表現するものであり、カナダエスキモーを対象に Ziegler の考えを追試した Schaefer によっても砂糖消費量の背景にある近代文明化が発育促進現象をもたらしたものであるとしている¹³⁾。また、1952年以降の日本人の澱粉食率の年次推移が最大発育年齢の年次推移とよく類似していることは、すでに松本らによって明らかにしたところであ

る¹⁴⁾が、澱粉食率も第2エンゲル係数とよばれている¹⁴⁾ように、包括的に生活水準を示す社会経済的指標としての意味合いを強くもつものである。試みに、わが国における澱粉食率の年次推移と比較して、1人当たり実質国民総支出の戦後の年次推移をみると、Fig. 3に示したとおり非常によく類似しており（時差相関係数-0.995）、time lag も3年と小さく、相互に同調した年次推移であって、澱粉食率の変化が経済水準の変化を反映しているものと考えてもよい結果であった。

以上の検討結果からみると、栄養水準の向上が、発育促進現象をもたらしたとは考えられず、栄養水準の向上の背後にあるなんらかの要因、おそらくは経済水準の向上のような社会変動が、栄養水準の向上をもたらすと同時に、相前後して発育促進現象をもたらしたものと推察される。この栄養水準の向上と最大発育年齢の若年化とをともにもたらした共通の要因として背後になにかあるかについては、今後さらに解明されなければならない課題であろう。

V. ま と め

文部省学校保健統計から求めたわが国における第2次世界大戦後の身長の最大発育年齢にみられる大幅な若年化の現象を利用して、厚生省の国民栄養調査結果からみた栄養水準の変化が発育促進現象にどのように関与してきたかを検討した。

その結果、以下のことが明らかとなった。

1) 最大発育年齢の年次推移と類似した年次推移を示す栄養素や食品群、栄養比率として、脂肪、炭水化物、カルシウム、ビタミン B₂、卵類の摂取量および穀類エネルギー比、澱粉食率をあげることができた。

2) しかしながら、これらはいずれも出生年との time lag が17~22年であって、最大発育年齢を迎えたあとの17~22歳の時点の栄養水準とそのコーホートの最大発育年齢とが対応していた。

3) したがって、これらの栄養水準の向上は最大発育年齢の若年化に先行するものではなく、その背後にあるなんらかの要因、おそらくは経済水準の向上のような社会変動が、栄養水準の向上をもたらすと同時に、相前後して発育促進現象をもたらしたものと推察された。

終わりに臨んで、本研究に協力をいただいた当教室の南出京子、阿部由美子の両氏に心からの謝意を表します。

本研究の要旨は、第37回日本公衆衛生学会総会（東京1978）、第26回日本学校保健学会総会（神戸1979）および

第53回日本衛生学会総会（大阪1983）において発表した。

文 献

- 1) 工藤陽子, 庄本正男, 武田真太郎, 横尾能範, 佐守信男：身長最大の発育年齢からみたわが国における発育促進現象の推移, 日衛誌, **31**, 378-385 (1976).
- 2) Matsumoto, K., Miyata, H., Mino, T. and Takeda, S.: A calculation method of the maximum growth age in height, Wakayama Med. Rep., **21**, 79-86 (1978).
- 3) Matsumoto, K., Kudo, Y., Takeuchi, H. and Takeda, S.: Secular trend in age of maximum increment in mean height of Japanese children born from 1887-1965, Wakayama Med. Rep., **23**, 99-106 (1980).
- 4) Tanner, J. M.: Foetus into man, p. 150-153, Open Books, London (1978).
- 5) Van Wieringen, I. C.: Secular growth changes, in Human Growth, Vol. 2, Plenum Press, New York and London (1978).
- 6) 高石昌弘：身体発育の年次的推移, 日本公衛誌, **22**, 563-569 (1975).
- 7) 松本健治, 宮田啓史, 三野 耕, 奥村明春, 工藤陽子, 庄本正男, 武田真太郎：わが国における身長最大の発育年齢と澱粉食率の推移, 日衛誌, **33**, 653-658 (1978).
- 8) Greenwald, W. I.: Statistics for Economics, p. 294-297, Charles E. Merrill Books, Inc., Ohio (1963).
- 9) Kendall, M. G. and Buckland, W. R.: A Dictionary of Statistical Terms, p. 81, Longman, London (1971).
- 10) Mitchell, H. S.: Nutrition in relation to stature, J. Am. Diet. Assoc., **40**, 521-524 (1962).
- 11) Takahashi, E.: Ecologic Human Biology in Japan, p. 24-25, Medical Information Services, Inc., Tokyo (1978).
- 12) Ziegler, E.: Die Ursache der Akzeleration, Helv. Paediatr. Acta, **21** (Suppl. 15) (1966).
- 13) Schaefer, O.: Pre- and post-natal growth acceleration and increased sugar consumption in Canadian Eskimos, Canad. Med. Ass. J., **103**, 1059-1068 (1970).
- 14) 岸根卓郎：現代の食料経済学, p. 18-32, 富民協会, 東京 (1972).

(受付 1983年5月25日)