

諸外国の身体発育に関する調査 (身体発育曲線の作成含む) のレビュー調査

研究分担者 森崎 菜穂 (国立成育医療研究センター社会医学研究部)

研究要旨

今年度、本分担研究では、海外文献から、北米 (アメリカ・カナダ) ・ヨーロッパおよび東アジア (韓国・中国・台湾・シンガポール) の0-6歳の一般集団の出生後の成長曲線について、成長曲線の作成および使用についての動向の概要、諸外国での成長曲線の選択と使用方法、の2点についてまとめた。

WHO growth standards (2006) を除いて、全ての刊行されている成長曲線は、ある集団の「一般人口」の分布を示した growth reference であった。また、「一般人口」の定義は成長曲線により異なったが、早産児や低出生体重児、成長に影響を及ぼす疾患に罹患している児は除外基準において一般集団から省かれることが多かった。縦断的な研究デザインは、縦断的ナショナルレジストリが確立している一部の国でしか行なえておらず、多くの国は、国の代表性を担保できる集団を用いての横断研究デザインを用いていた。統計学的手法としては、日本での成長曲線作成に用いられている LMS 法に smoothing 方法を改良したものや、GAMLSS 方法の採用が見られた。

WHO standard が 2006 年に作成されてからは、WHO standard と自国作成の成長曲線のハイブリッドを採用している国が増えている。一方で、日本の乳幼児の身体発育の現状は WHO standard と乖離しているため、こちらの成長曲線を採用すると低身長・やせ・肥満の児の割合が大幅に変わってしまうことが報告されている。また、個人的な成長を追跡するには、WHO standard よりも自国のもののほうがよいのではないかという専門家の意見もあり、また慎重な検討が必要であると思われる。

A. 研究目的

乳幼児身体発育調査は昭和 35 年から 10 年毎に国が実施し、乳幼児の身長、体重、頭囲、胸囲等の測定を行ってきた。結果は、母子手帳に掲載される乳幼児身体発育曲線として活用され、乳幼児健診結果に基づいた評価及び保健指導・栄養指導に用いられており、乳幼児健康診査における評価

の疫学的根拠ともなる。次回の調査は

2020 年に予定されており、本研究班は調査実施のための課題や手法を検討し、同調査の検討会及び実施に当たっての基礎資料を作成することを目的とする。

平成 30 年度の本分担研究の目的は、諸外国の身体発育に関する調査 (身体発育曲線の作成含む) 及び評価手法のレビュー調査

を行い、発育曲線を作成するための最新の統計手法についても整理することである。

B. 方法

海外文献から、北米（アメリカ・カナダ）・ヨーロッパおよび東アジア（韓国・中国・台湾・シンガポール）の 0-6 歳の一般集団の出生後の成長曲線に関する情報を収集した。

まず、Pubmed を用いて、平成 28 年 8 月 1 日現在、過去 5 年間に刊行されている論文において、(growth AND chart* AND method* AND (infant OR child*)) OR (growth AND reference* AND method* AND (infant OR child*))で title & abstract のスクリーニングを行った。

得られた 3975 件のうち、review 文献である 407 件を対象に、対象国の 0-6 歳の小児（一般集団）の出生後の成長に関する成長曲線の作成あるいは使用について論じている論文を抽出した。また、これらの論文の参考文献から、過去 5 年以前に作成された成長曲線の作成に関する文献も収集した。

これらの文献を元に、

- 1) 成長曲線の作成方法についての動向
 - 2) 成長曲線の選択と使用方法
- をまとめた。

（倫理面への配慮）

既に出版されている情報および、集計結果のみを参照し、個人情報の取り扱いを行っている。

C. 結果

1) 成長曲線の作成方法についての動向
得られた成長曲線を表 1 に添付する。

a) Growth chart の種類について

まず、growth chart（成長曲線）とは下記の 2 つに分類されることが多くの文献で述べられていた。(Ziegler: Growth Charts compared)

*Growth reference:

別名 descriptive growth chart。ある集団の「一般人口」の分布を示す。「一般人口」の定義は成長曲線により異なりうり、慢性疾患（特に身体的成長に影響を及ぼす病気）に罹患している、あるいは服薬中（特に成長に影響を及ぼす薬）の児を省かれることが多い。また、早産児や低出生体重児は省かれることもあれば、省かれぬこともある。また、多人種の国では、少数民族を含まないこともある。Euro-Growth Chart および、現存する国別成長曲線は全てこちらに該当する。

※Growth standard:

ある集団の“あるべき成長”を示す。現存する growth standard は、WHO growth standards のみである。“健康面、経済面、環境面で成長を阻害する因子がない”アジアを含む複数国での小児を計測し、全世界の小児に当てはめることを想定した作成された。

WHO standards が 2006 年に刊行されてから、多くの国で、こちらを使用するかどうかの検討がされた。(早産児の出生後成長については、WHO preterm postnatal growth standards (WHO の INTERGROWTH (胎児成長曲線) のコホートから作成された早産児の成長曲線)の出版後複数の成長曲線が論文にて出版されているが、いずれにおいても、コンセンサスはなく、今後十分な検討が必要だと議論されている。)

b) Growth chart の作成方法について

2010 年以降出版の成長曲線 5 編について検討した。

- ・ 0 歳から青年後期 (18-20 歳) までの 1.3 万～14 万人を対象とした研究となっている。
- ・ 韓国以外の研究では国籍あるいは疾病により除外基準を設けている。
- ・ 7.4 万人の縦断研究であるフィンランドを除いて、全て横断研究であった。
- ・ 統計解析方法としては、Least Mean Square (LMS 法) および Generalised Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS 法) が用いられている。

2) 成長曲線の選択と使用方法

得られた各諸国での成長曲線の選択と使用方法を表 2 にまとめる。

全ての国が、自国で作成された成長曲線、

アメリカ CDC が作成した成長曲線、WHO standard のいずれかを使用していた、あるいは使用を推奨していた。

特に、WHO standard が作成されたからは、WHO standard と自国作成の成長曲線とを比較し、ある年齢層では WHO standard を採用し、それ以外では自国作成の成長曲線を用いる、というハイブリッドを採用している国が増えている (イギリス・アメリカ・韓国・台湾)。

D. 考察

今回、文献検索を通して、北米 (アメリカ・カナダ)・ヨーロッパおよび東アジア (韓国・中国・台湾・シンガポール) の 0-6 歳の一般集団の出生後の成長曲線に関する情報を、成長曲線の作成および使用についての世の中の動向、および諸外国での成長曲線の選択と使用方法の 2 点について調べた。

WHO が作成した WHO growth standards を除いて、全ての刊行されている成長曲線は、ある集団の「一般人口」の分布を示したもので、「最適な成長」を示すものではない。また、「一般人口」の定義は成長曲線により異なったが、早産児や低出生体重児、成長に影響を及ぼす疾患に罹患している児が省かれることが多かった。

その有用性が示されていながらも、縦断的な研究デザインは、国民の追跡やデータ抽出が比較的容易であるナショナルレジストリが確立している一部の国でしか行なっておらず、多くの国は国を代表する集団を

選定する、横断研究デザインを用いていた。

統計学的手法としては、日本での成長曲線作成に用いられている LMS 法に smoothing 方法を改良したものや、GAMLSS 方法の採用が見られた。

各国での成長曲線の使用方法であるが、WHO standard が 2006 年に作成されてからは、WHO standard と自国作成の成長曲線のハイブリッドを採用している国が増えている。一方で、日本の乳幼児の身体発育の現状は WHO standard と乖離しているため、こちらの成長曲線を採用すると低身長・やせ・肥満の児の割合が大幅に変わってしまうことが報告されている¹⁾。また、個人的な成長を追跡するには、WHO standard よりも自国のもののほうがよいのではないかという専門家の意見もあり、また慎重な検討が必要であると思われる²⁾。

E. 結論

本研究では、主要な諸外国での最新の成長曲線の作成方法について、また近年それらがどのように使用されているのかについてまとめた。これらの結果は、2020 年に行なわれる乳幼児発育調査をどのように設計し、その情報をどのように利活用するかについて検討する基礎資料となると思われる。

F. 健康危機情報

該当なし

G. 研究発表

論文発表

なし

学会発表

なし

書籍発刊

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

<参考文献>

1. Inokuchi M, Matsuo N, Takayama JI, Hasegawa T. WHO 2006 Child Growth Standards overestimate short stature and underestimate overweight in Japanese children. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2018;31(1):33-38.
2. Ziegler EE, Nelson SE. The WHO growth standards: strengths and limitations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2012;15(3):298-302.
3. Scherdel P, Salaun JF, Robberecht-Riquet MN, Reali L, Pall G, Jager-Roman E, et al. Growth monitoring: a survey of current practices of primary care paediatricians in Europe. *PLoS One* 2013;8(8):e70871.
4. Lawrence S, Cummings E, Chanoine JP, Metzger D, Palmert M, Sharma A, et al. Use of growth charts in

- Canada: A National Canadian Paediatric Surveillance Program survey. *Paediatrics & child health* 2015;20(4):185-8.
5. Cole TJ, Wright CM, Williams AF. Designing the new UK-WHO growth charts to enhance assessment of growth around birth. *Archives of disease in childhood. Fetal and neonatal edition* 2012;97(3):F219-22.
6. Kim JH, Yun S, Hwang SS, Shim JO, Chae HW, Lee YJ, et al. The 2017 Korean National Growth Charts for children and adolescents: development, improvement, and prospects. *Korean J Pediatr* 2018;61(5):135-49.
7. Chen W, Chang MH. New growth charts for Taiwanese children and adolescents based on World Health Organization standards and health-related physical fitness. *Pediatr Neonatol* 2010;51(2):69-79.

表1: 北米(アメリカ・カナダ)・ヨーロッパおよび東アジア(韓国・台湾・シンガポール)の0-6歳の一般集団の出生後の成長曲線に関する情報

| 国 | 引用元 | 計測年 | 年齢 | 対象者数 | 除外基準 | 統計解析方法 |
|------------------------|----------------------|-----------|------|----------------|--|-------------------------|
| フランス | Sempe 1979 | 1953-1975 | 0-20 | 497(縦断) | 詳細不明 | Weighted LS |
| ロシア | Mazurin 1985 | 1980年代 | 0-17 | 詳細不明 | 詳細不明 | 詳細不明 |
| スイス | Prader 1989 | 詳細不明 | 0-20 | 274(縦断) | 疾病がある、在胎<37週、出生体重<2500gの児 | Spline function |
| エストニア | Grunberg 1998 | 1996-1997 | 2-20 | 20,367(横断) | | Cubic splines |
| オランダ | Frederiks 2000 | 1996-1997 | 0-25 | 14,500(横断) | 成長に影響を与えうる疾病や服薬の既往のある児、片親以上がオランダ以外出身の児 | LMS |
| アメリカ | Kuczumski 2000 | 1963-1994 | 0-19 | 950,928(縦断+横断) | 出生体重<1500gの児 | LMS |
| Euro-Growth references | Haschke 2000 | 1990-1996 | 0-3 | 2,245(縦断) | 病気への罹患、在胎<37週、出生体重<2500gの児 | LMS |
| シンガポール | NHG Polyclinics 2000 | 詳細不明 | 0-3 | 詳細不明 | 詳細不明 | 詳細不明 |
| スウェーデン | Wikland 2002 | 1973-1993 | 0-18 | 3,650(縦断) | 在胎<37週の子、18歳時点で普通学級に通っていない児 | Polynomial regression |
| ギリシャ* | Chiotis 2003 | 2000-2001 | 0-18 | 9,797(横断) | 詳細不明 | LMS |
| チェコ | Kobzova 2004 | 2001 | 0-19 | 59,000(横断) | 詳細不明 | 詳細不明 |
| リトアニア | Tutkuviene 2005 | 1996-2003 | 0-18 | 9,000 | 詳細不明 | 詳細不明 |
| イタリア | Cacciari 2006 | 1996-2004 | 2-20 | 69,917(横断) | 詳細不明 | EMGF |
| WHO standards | WHO, 2006 | 1996-2003 | 0-5 | 8,440(縦断+横断) | 健康面、経済面、環境面で成長を阻害する因子が認められる児(多胎、合併症等) | BCPE with cubic splines |

| 国 | 引用元 | 計測年 | 年齢 | 対象者数 | 除外基準 | 統計解析方法 |
|---------|-----------------|-----------|------|--------------|--------------------------------|------------------------------|
| ハンガリー | Joubert 2007 | 1979 | 3-18 | 5,685 (横断) | 詳細不明 | 詳細不明 |
| スペイン | Carrascosa 2008 | 2000-2004 | 0-18 | 32,064 (横断) | 両親がスペイン以外出身の児、慢性疾患がある児、服薬している児 | LMS |
| ベルギー* | Roelants 2009 | 2002-2004 | 0-21 | 15,989 (横断) | 他国籍の両親から生まれた、慢性疾患あり、在胎<37週 | LMS |
| ドイツ | Rosario 2011 | 2003-2006 | 0-18 | 17,079 (横断) | 成長に影響を与える疾病や服薬の既往がある児 | LMS |
| フィンランド* | Saari 2011 | 1983-2008 | 0-20 | 73,659 (縦断) | 慢性疾患あり、在胎<36週、出生体重<2500gの児 | GAMLSS |
| ノルウェー | Juliusson 2013 | 1993-2006 | 0-19 | 19,867 (横断) | 片親以上が北欧以外出身の児、慢性疾患がある児、早産児 | LMS |
| デンマーク | Tinggaard 2014 | 2006 | 0-18 | 13,210 (横断) | 他国籍の両親から生まれた児 | GAMLSS |
| 韓国 | Kim 2018 | 2005 | 0-20 | 142,945 (横断) | 学校・保育施設に通っていない子ども | LMS with LOESS for smoothing |

Bonthuis M, et al. (2012) Use of National and International Growth Charts for Studying Height in European Children: Development of Up-To-Date

European Height-For-Age Charts. PLOS ONE 7(8): e42506. の表1に2011年以降の情報を追加

*国全体の代表性は担保されていない

LMS: Least Mean Square

GAMLSS: Generalised Additive Models for Location Scale and Shape

LOESS: Locally weighted smoothing

EMGF: Extended Mechanistic Growth Function

BCPE: Box-Cox-power-exponential

表2. 北米(アメリカ・カナダ)・ヨーロッパおよび東アジア(韓国・台湾・シンガポール)の小児科による成長曲線の使用状況(アンケート)、あるいは公式ガイドライン

| 国(文献番号) | 小児科による成長曲線の使用状況(アンケート)、あるいは公式ガイドライン |
|-----------------------|--|
| ベルギー ³⁾ | 自国のもの(Flemish Growth Charts)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は20%(2位) |
| フランス ³⁾ | 自国のもの(Sempé)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は19%(2位) |
| ドイツ ³⁾ | 自国のもの(Hesse)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は25%(2位) |
| ハンガリー ³⁾ | 自国のもの(Joubert)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は47%(2位) |
| イスラエル ³⁾ | アメリカのもの(CDC-NCHS)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は48%(2位) |
| イタリア ³⁾ | アメリカのもの(CDC-NCHS, Tanner)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は51%(3位) |
| ルクセンブルク ³⁾ | 自国のもの(Luxemburgish Growth charts)あるいはスイスのもの(Prader)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は17%(3位) |
| ポルトガル ³⁾ | WHO growth standards が50%に使われる |
| スロベニア ³⁾ | アメリカのもの(CDC-NCHS)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は20%(3位) |
| スペイン ³⁾ | 自国のもの(Hernández-Fundación Faustino Orbegozo)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は39%(2位) |
| スイス ³⁾ | 自国のもの(Prader)が最も頻繁に使われ、WHO standardの使用率は30%(2位) |
| カナダ ⁴⁾ | WHO standardの使用率は49%(乳児)-68%(幼児・学童)(1位)。WHOを使わない場合はアメリカのもの(CDC-NCHS)が使われる |
| イギリス ⁵⁾ | 出生体重曲線は自国作成、生後2週間-48ヶ月はWHO growth standards、5-18歳は自国のもの(UK national reference)(2012) |
| アメリカ | 出生体重曲線は自国作成、0-23ヶ月はWHO growth standards、2-20歳は自国のもの(CDC-NCHS)(2013) |
| 韓国 ⁶⁾ | 出生体重曲線は自国作成、0-35ヶ月まではWHO growth standards、3-18歳は自国のもの(KNGC2017)(2018) |
| 台湾 ⁷⁾ | 出生体重曲線は自国作成、0-60ヶ月まではWHO growth standards、5-18歳は自国のもの(DOH, Ministry of Education)(2009) |
| シンガポール | 自国作成(Anthropometric growth charts for Singapore preschool children 2000. Singapore Health Booklet, revised edition April 2003) |