

出生後の肥満予防のための発育測定の効果

中西増代

Usefulness of Growth Measurements for Preventing Obesity After Birth

NAKANISHI Masuyo

Abstract

The objective of the present study is to investigate the usefulness of growth measurements for preventing obesity based on the onset of adiposity rebound (AR) and the characteristics of allometry as determined from body mass index (BMI) measurements taken after birth.

The height, body weight, and BMI of 18 one-year-old children at a nursery school (14 boys, 4 girls) were monitored.

A quadratic equation was applied to the obtained BMI, and the lowest point was taken to be the age at AR. An allometric equation between the logarithms of height and body weight was derived, and its slope was determined.

Based on the results, subjects were classified into type A, in which the BMI after birth changed along the percentile curve for standard values, and type B, in which the BMI decreased by changing from a high-percentile curve to a low-percentile curve.

Age at AR was lower for subjects at or above the 75th percentile compared to those below the 75th percentile. In addition, subjects with a steep slope for the allometric equation tended to be type A. The key finding was that monitoring allometry, rather than age at AR alone, is also necessary in order to prevent future obesity.

Keywords : body mass index, infant, longitudinal study, adiposity rebound, allometry analysis

キーワード : BMI, 幼児, 縦断的研究, Adiposity Rebound, 相対成長

I. はじめに

近年、各国において子どものBMI基準値が作成されている (Rolland-Cachera et al., 1982 ; Cole et al., 1995 ; Cole et al., 2000 ; Kromeyer-Hauschild et al., 2001 ; National Center for Health Statistics, 2002 ; Vrije Universiteit Brussels, 2004 ; Chen, 2005 ; 田中ら, 2011 ; Mino et al., 2012).

わが国における0歳児からのBMI基準値は日本小児内分泌学会・日本成長学会合同標準値委員会において田中ら (2011) によって作成され、BMIの50%ile.値は、出生直後から0.5歳の頃まで急速に増加し、その後減少がみられ4歳から5歳で最低値となり、それ以後成人まで増加しつづけていると報告されている。

この出生後からBMIが減少し最下点となり増加し始める現象をadiposity rebound (: AR) と言われ、そのARの年齢が5歳未満であると成人になって肥満になりやすいとの報告がみられ (Rolland-Cachera et al., 1984.), 将来の肥満を予防するための指標として注目されている。

早期のARの出現は成人における2型糖尿病の発症の危険性があり (Eriksson et al., 2003.), 出生後からの母乳育児よりも人工乳育児の方が早期にARが出現し、急激に体重が増えるとレプチン濃度が成長後低下し、将来肥満になりやすいといわれている (Singh et al., 2002.). さらに、乳幼児のAR年齢が早期に発現する原因として、タンパク質やエネルギーの過剰な摂取の影響の可能性を論じている (Rolland-Cachera et al., 1995.).

また菅野ら (2003) は、乳幼児から7歳までのBMIの変化について調べ7歳でBMIが最も高い群では2歳以降のBMIの減少がなく早期にARがみられ、2歳時にBMIが高い群の早期にARであった子どもは7歳でのBMIが最も高かったと報告している。

ところで、BMIは身長に対する体重の関係をみたもので相対発育と密接な関係があり、中尾らの研究 (2010, 2011a, 2011b) では2歳から5歳児の身長と体重との相対発育の傾きが男児で2.01, 女児で1.91以上のものと未満のものについて体脂肪等を検討し、BMIを増大させていたのは脂肪成分の増加が考えられると述べている。

これらの報告から出生後からのBMIおよび相対発育の動きを観察することによって将来の生活習慣病である肥満や糖代謝異常などの予防に役立つものと考えられる。

そこで、本研究の目的は、出生後からのBMIを縦断的に追跡しARの発現および相対発育の特徴を時系列的に明らかにするとともに、出生後の肥満予防のための発育測定の効果についてである。

II. 方 法

対象は、西日本圏内某保育園の1歳保育園児の内、少なくとも5歳まで縦断的に身長および体重を毎月測定された園児18名(男児14名, 女児4名)である。

1歳未満の身長は、仰臥式身長計(マスセット社製)を用いて仰臥姿勢を保持するために補助者によって膝を伸ばした状態で、また1歳以上の身長は、立位式の身長計を用いて耳眼水平位を保持し、踵、臀部および胸部背面が支柱に接触するように補助者によって垂直姿勢を保持しながら1mm単位まで計測した。

体重は、排尿後おむつまたはパンツを着用した状態で100g単位まで計測し、着衣の重量を差し引いた量とした。

なお、身長と体重の測定は、毎月下旬の午前11時までに測定した。

得られた身長と体重からBMI「(体重(kg) ÷ 身長(m)の二乗)」を算出した。

身長、体重およびBMIの基準値は、田中ら(2011)が作成した日本小児内分泌学会・日本成長学会合同標準値委員会による横断的処理されたものを採用した。

ARの年齢は、個々の縦断的なBMIを二次関数に当てはめて得られた最下点とした。

また、身長の伸びと体重の伸びについて身長の対数と体重の対数を用いて相対発育式(allometry: Asmussen et al., 1955)の傾きを求めた。

統計的な分析は、2組の母平均の差のt検定(岸根, 1977)を用いた。なお、有意水準は、5%未満とした。

なお、資料収集に際しては、保護者に研究の目的を説明し、了解を得た個人情報全てを数量化した上で資料として使用し、使用後の全ての資料はシュレッダーで処理した。

III. 結 果

1. BMIの類型とAR発現

図1は、日本人のBMI基準値を用いて0歳から8歳までのパーセンタイル曲線を利用して著者が作成したものにプロットしたものである。図1の左図は、出生後からのBMIの時系列にパーセンタイル曲線に沿って変化している典型的なパターンを示したもの(Aタイプ)、ならびに右図は出生後直後からBMIの時系列的な変化が大きく、パーセンタイル曲線をクロスしながら顕著な減少がみられたもの(Bタイプ)である。

左図のAタイプは75%ile.以上の曲線に沿っているタイプ(A75)、50%ile.曲線前後に沿っているタイプ(A50)、25%ile.未満の曲線に沿っているタイプ(A25)に、右図のBタイプ

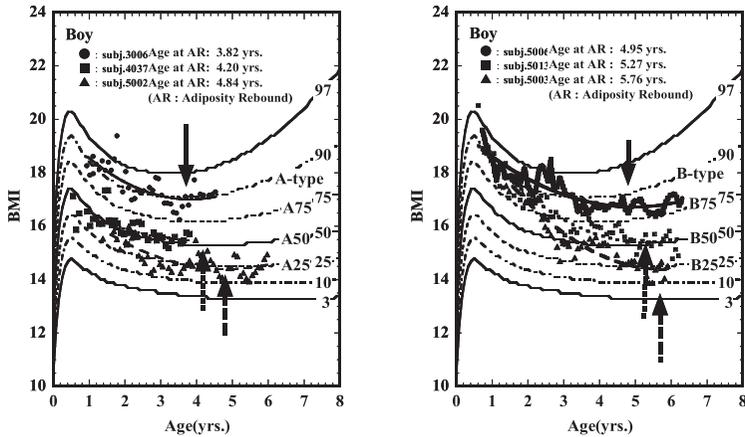


図1 類型別(左図:Aタイプ, 右図:Bタイプ)にみた代表的なBMIの年齢変化(注:矢印は, AR年齢を示す.)

は1歳前後のBMIが90%ile.以上
にあり, その後BMIは著しい減少
がみられ, ARが発現した時に
75%ile.以上であるタイプ (B75),
50%ile.前後にあるタイプ (B50),
25%ile.未満にあるタイプ (B25)
に分類した.

表1は, 18名の性別, BMIの時
系列変化のタイプ, AR時の年齢
とBMIを表したものである.

BMIの時系列変化のタイプは,
AタイプおよびBタイプ, いずれ
も9名にみられ, Aタイプでは1
名がA75, 5名がA50, 3名が
A25で, Bタイプでは1名がB75,
4名がB50, 4名がB25であった.

ARの発現時における全体の平
均年齢は 5.680 ± 1.086 歳であり,

そして75パーセントイル以上の平均AR年齢は, 4.385 ± 0.801 歳と75パーセントイル未満の
 5.842 ± 1.021 歳に比べて低かったが統計的には差は認められなかった (n.s.). 最もARが早

表1 類型別にみたAR時の年齢とBMIについて

No.	sex	Type	age of AR	BMI of AR
1	Boy	A75	3.82	17.01
2	Boy	A50	4.20	16.77
3	Boy	A50	4.65	15.81
4	Boy	A50	5.45	15.26
5	Boy	A50	5.95	15.17
6	Girl	A50	5.96	15.82
7	Boy	A25	4.84	14.40
8	Boy	A25	6.65	14.26
9	Boy	A25	7.00	15.54
10	Boy	B75	4.95	16.72
11	Boy	B50	5.27	15.40
12	Boy	B50	5.49	15.49
13	Boy	B50	5.57	16.16
14	Girl	B50	6.17	15.53
15	Girl	B25	5.23	12.37
16	Boy	B25	5.76	14.39
17	Girl	B25	7.01	14.08
18	Boy	B25	8.29	13.50
Average			5.680	15.203
S.D.			1.086	1.199

期に発現した年齢をみるとA75の3.82歳で、最も遅い年齢で発現していたのはB25の8.29歳であった。

AR発現時における全体のBMIの平均値は、 $15.203 \pm 1.199 \text{kg/m}^2$ で、AR発現時のBMIについて最も高値を示していたのはA75の17.01、最も低値を示していたのはB25の12.37であった。

AタイプにおいてAR年齢が5歳未満であったのは4名（44.4%）であり、Bタイプ1名（11.1%）よりも多かった。また、5歳以上7歳未満、7歳以上であったのは各々4名（44.4%）、1名（11.1%）であり、Bタイプでは5歳以上7歳未満、7歳以上が各々6名（66.7%）、2名（22.2%）であった。

2. BMIの各類型における相対発育式の傾きについて

図2は、Aタイプの相対発育をみたもので、左図はA75型の相対発育で、2相に区分され、はじめの相での傾き（ a_1 ）は1.69で、つぎの相の傾き（ b_1 ）は1.87と大きくなり、2相の変移点での身長は91.5cm、体重は14.3kgで、その時のBMIは17.1であった。中図は、A50型の相対発育で、はじめの相での傾き（ a_2 ）は1.84で、つぎの相の傾き（ b_2 ）は1.86と大きくなり、2相の変移点での身長は86.2cm、体重は11.5kgで、その時のBMIは15.5であった。右図は、A25型の相対発育で、はじめの相での傾き（ a_3 ）は1.50で、つぎの相の傾き（ b_3 ）は1.91と大きくなり、2相の変移点での身長は90.8cm、体重は12.2kgで、その時のBMIは14.8であった。

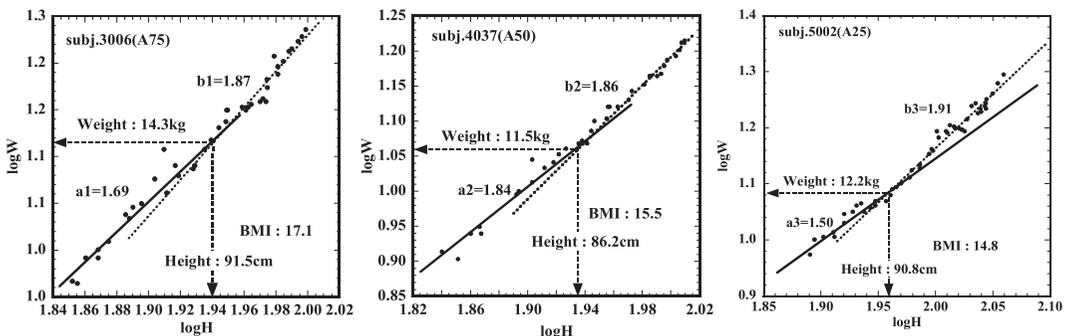


図2 Aタイプの相対発育について（左図：A75、中図：A50、右図：A25）

図3は、Bタイプの相対発育をみたもので左図は、B75型の相対発育で、はじめの相での傾き（ a_4 ）は1.68で、つぎの相の傾き（ b_4 ）は2.02と大きくなり、2相の変移点での身長は95.8cm、体重は14.0kgで、その時のBMIは16.6であった。中図は、B50型の相対発育で、

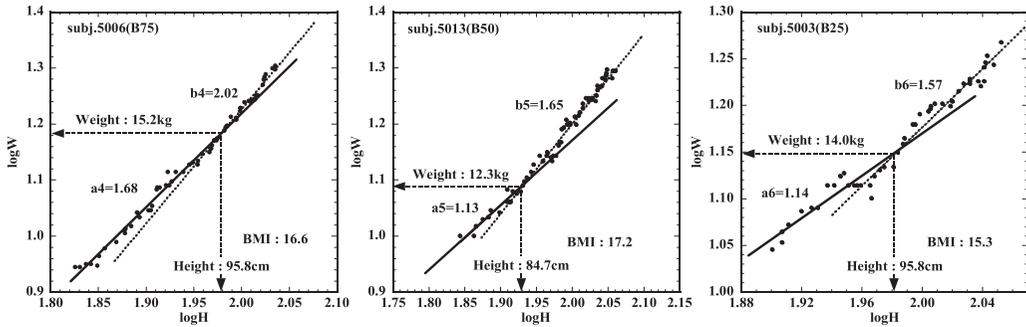


図3 Bタイプの相対発育について (左図: B75, 中図: B50, 右図: B25)

はじめの相での傾き (a5) は1.13で、つぎの相の傾き (b5) は1.65と大きくなり、2相の変移点での身長は84.7cm、体重は12.3kgで、その時のBMIは17.2であった。右図は、B25型の相対発育で、はじめの相での傾き (a6) は1.14で、つぎの相の傾き (b6) は1.57と大きくなり、2相の変移点での身長は95.8cm、体重は14.0kgで、その時のBMIは15.3であった。

表2は、得られた2相の相対発育式の傾き、ならびに2相の相対発育式の変移点の身長をもとに、その身長前後の計測された身長と年齢から比例配分法で求められた変移点の身長時の年齢を示したものである。aは出生後からのはじめの相の傾きで、bはつぎの相の

表2 類型別にみた2相の相対発育式の傾き (a, b) と変移点の年齢について

No.	sex	Type	Slope		age of vertex
			a	b	
1	Boy	A75	1.69	< 1.87	3.12
2	Boy	A50	1.84	≡ 1.86	3.85
3	Boy	A50	1.43	< 2.17	1.89
4	Boy	A50	1.82	< 2.11	1.85
5	Boy	A50	2.02	> 1.69	1.55
6	Girl	A50	2.05	> 1.88	3.92
7	Boy	A25	1.50	< 1.91	2.73
8	Boy	A25	1.50	≡ 1.47	4.16
9	Boy	A25	1.43	> 1.34	2.50
10	Boy	B75	1.68	< 2.02	4.14
11	Boy	B50	1.24	< 1.65	2.37
12	Boy	B50	1.13	< 1.55	2.50
13	Boy	B50	2.01	> 1.18	1.25
14	Girl	B50	2.58	> 1.37	2.01
15	Girl	B25	1.73	> 1.28	1.10
16	Boy	B25	1.14	< 1.57	3.31
17	Girl	B25	1.30	< 1.69	2.75
18	Boy	B25	1.31	≡ 1.38	1.62
Average			1.633	1.666	2.590
S.D.			0.379	0.295	0.987

傾き (aおよびb) である。中尾らの研究 (2010, 2011a, 2011b) でみられた傾きの平均値 (男子: 2.01, 女子: 1.91) 以上であったものは1層目の傾きaではAタイプおよびBタイプいずれも2名 (22.2%) にみられた。2層目のbではAタイプで2名 (22.2%), Bタイプで1名 (11.1%) であった。また、aの傾きの平均値は両タイプ間で差は認められなかつ

た (1.698 ± 0.246 vs 1.589 ± 0.485 , n.s.). bの平均値は、Aタイプでは 1.811 ± 0.272 とBタイプの 1.521 ± 0.254 に比べて大きかった ($p < 0.05$).

IV. 考 察

乳児から幼少時におけるBMIが注目され、ARあるいはBMI Rebound (BMI R) として、発現する年齢が若いほど成人でのBMIが大きく、肥満と糖尿病になり易いなどと言われている (Freedman et al., 2001).

また、WHOが人工栄養での授乳よりも母乳による授乳を推奨しているように、乳児期での高エネルギー、高タンパク、高脂肪が将来の糖尿病や肥満に繋がる原因と人工栄養を上げている (Koletzko et al., 2005).

このことは、主として人工栄養を摂取して育った乳児がタンパク質を過剰摂取することになり、生体内でのインスリン様因子産生が活発になることによって脂肪細胞が増えるだけでなく脂肪細胞の肥大が生じることになる。また、それだけでなく成長ホルモンの分泌が減少し、逆に脂肪を蓄積させることになる。よって、エネルギー源の過剰摂取およびタンパク質の過剰摂取によって乳児から幼児までの発育期にみられる体脂肪量の減少がみられなくなりBMIが増大することに繋がりARの年齢が早期に発現することになる (Rolland-Cachera et al, 1995; Singhal et al., 2002).

したがって、ARの年齢が5歳未満であると将来肥満になりやすいことに繋がっているものと考えられる。

しかしながら、本研究の成績のように乳幼児からの縦断的なBMIの変化からARの年齢が5歳未満であったものは、BMIのパーセンタイル基準曲線に沿った様相がみられるAタイプに多く、1歳前後のBMIが90パーセンタイル以上で、その後のBMIのパーセンタイル基準曲線をクロスして減少しているBタイプではB75だけであった。

とくに、B50およびB25のタイプは、出生時のBMIのパーセンタイル値は大きかったもののその後のBMIに顕著な減少がみられたことである。

また、A75およびB75は、早期にAR年齢が発現し、しかもBMIも高く、Komiya et al. (2004) および中尾ら (2011b) が報告しているようにBMIと%Fatの相関が高いことから将来肥満に繋がる可能性を有しているものと考えられる。

一方、相対発育について森下 (1969) は乳幼児における身長-体重相対発育を0歳から6歳まで調べ、生後5ヶ月以後の変移点は2~3回みられると報告している。本研究においても変移点は2~3回みられた。ところで、相対発育でみた時、中尾ら (2011ab) が

報告しているように2歳から5歳児における相対発育の傾きが平均以上であるものがAタイプのA75, A50およびBタイプのB75, B50に認められ、bの傾きはAタイプで大きかった。

このことはAR年齢が5歳未満だけでなく、相対発育の2相目の傾きbが高値を示すほどその後のBMIは大きくなり肥満に繋がりがやすいことが示唆される成績であった。

これらから表1および表2にみられたようにAタイプの方がBタイプよりもAR年齢が若いもの(表1)に加えて相対発育の傾きが大きいものも将来肥満になりやすい傾向にある(表2)ことを踏まえた肥満予防を考慮すべきである。

なかでもBMIのタイプの中でA(A75, A50, A25)タイプおよびB75タイプのものはAR年齢が5歳未満で発現し、相対発育の傾きが大きくなりやすいタイプであり、これらの成績から将来の肥満予防を可能にするためには1歳前後のBMIのパーセンタイルが75%だけでなく時系列的なBMIの観察、ならびに身長と体重との相対発育を観察しておくことが重要であることを示唆するものであった。

V. まとめ

本研究の目的は、出生後のBMIを縦断的に追跡しAdiposity Rebound (AR)の発現および相対発育の特徴を時系列的に明らかにするとともに、出生後からの肥満予防のための発育測定の有効性についてである。

対象は、西日本圏内某保育園の1歳保育園児18名(男児14名, 女児4名)で、縦断的に身長および体重を計測し、BMI「(体重(kg) ÷ 身長(m)の二乗)」を求めた。

得られた縦断的なBMIの変化から二次関数の式を求め、最下点をARの年齢とした。さらに身長と体重の両対数を用いて相対発育式を導き出し、その傾きを求めた。

その結果、出生後からの縦断的なBMIの変化からBMI基準値のパーセンタイル曲線に沿って変化しているAタイプ(A75, A50およびA25)と高いパーセンタイル曲線から低いパーセンタイル曲線へとクロスして減少していくBタイプ(B75, B50およびB25)がみられた。これらAおよびBタイプのなかで75パーセンタイル値以上を示すもの(A75, B75)のAR年齢は75パーセンタイル値未満のものより若い傾向がみられた。一方、相対発育式の傾きが大きかったのはAタイプに多く、将来肥満にならないようにするためにはAR年齢だけでなく、相対発育も観察する必要性を明らかにした。

文 献

- Asmussen E. and Nielson K. H , “A dimensional analysis of physical performance and growth in boys”, *J App Physiol*, vol.7, 1955, pp.593-603.
- Chen, C, “Growth Charts of Body Mass Index (BMI) with Quantile Regression”, *Proceedings of International Conference on Algorithmic Mathematics and Computer Science*, Las Vegas, 2005
- Cole, T. J., Freeman, J. V., and Preece, M. A, “Body mass index reference curves for the UK, 1990” , *Archives of Disease in Childhood*, vol.73, 1995, pp.25-29.
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., and Dietz, W. H, “Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey”, *BMJ*, vol.320, 2000, pp.1-6, MAY.
- Eriksson, J. G., Forsen, T., Tuomilehto, J., Osmond, C. and Barker, D. P, “ Early adiposity rebound in children and risk of Type 2 diabetes in adult life”, *Diabetologia*, vol.46, 2003, pp.190-194.
- Freedman, D. S., Kettel Khan, L., Serdula, M. K., Srinivasan, S. R. and Berenson, G. S, “BMI rebound, children height and obesity among adults: the Bogalusa Heart Study”, *International Journal of Obesity*, vol.25, 2001, pp.543-549.
- Koletzko B, Baker S, Cleghorn G, Neto, U. F., Gopalan, S., Hernell, O., Hock, Q. S., Jirapinyo, P., Lonnerdal, B., Pencharz, P., Pzyrembel, H., Ramirez-Mayans, J., Shamir, R., Turk, D., Yamashiro, Y., and Zong-Yi, D, “Global standards for the composition of infant formula. Recommendations of an ESPGHAN coordinated International Group of experts”, *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, vol.41, 2005, pp.584-699.
- Komiya, S., Masuda, T., Nakao, T. and Teramoto, K, “The relationships between stature, fat-free mass index, and fat mass index at before and after BMI-rebound in children”, 『健康科学』, vol.26, 2004, pp.31-39.
- Kromeyer-Hauschild, K., Wabitsch, M. , Kunze, D., Geller, F., Geis, H.C., Hesse, V., von Hippel, A., Jaeger, U., Johnsen, D., Korte, W., Mener, K., Muller, G., Muller, J. M., Niemann-Pilatus, A., Remer, T., Schaefer, F., Wittchen, H.-U., Zabransky, S., Zellner, K., Ziegler, A., and Hebebrand, J, “Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben”, *Monatsschrift Kinderheilkunde*, Vol.149, Issue 8, 2001, pp.807-818, August.
- Mino, T., Malina, R. M., and Nariyama, K, “Longitudinal BMI percentile curves by

- maturity status of Japanese children”, *Anthropological Review*, vol.75 (1), 2012, pp.33-40.
- 森下はるみ「乳幼児における身長－体重相対発育」『体育学研究』, 第13巻, 1969, pp.189-194.
- 中尾武平・寺本圭輔・村松愛梨奈・斉藤篤司・大柿哲朗・小宮秀一「身長と除脂肪量の相対発育からみた幼児（2－5歳）の運動能力の性差」, 『愛知教育大学保健体育講座研究紀要』, 第35号, 2010, pp.39-47.
- 中尾武平・斉藤篤司・大柿哲朗・小宮秀一「身長と体重の相対発育係数別にみた女児（2－5歳）の発育・発達特性」, 『日本生理人類学会誌』, 第16巻, 2011a, pp.9-16.
- 中尾武平・斉藤篤司・大柿哲朗・小宮秀一「Allometryによる男児（2－5歳）の運動能力の発達評価」, 『健康科学』, 第33巻, 2011b, pp.53-61.
- National Center for Health Statistics, “2000 CDC Growth Charts for the United States: Methods and Development”, *Vital and Health Statistics Series*, vol.11 (246), 2002, pp.31-32.
- 根岸卓郎「理論応用 統計学」, 『養賢堂, 東京』, 第9版, pp.387-391.
- Rolland-Cachera, M. F., Sempe, M., Guillaud-Bataille, M., Patois, E., Pequignot-Guggenbuhl, F. and Fautrad, V, “Adiposity indices in children”, *Am J Clin Nutr*, vol.36, 1982, pp.178-184.
- Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, et al, “Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity”, *Am J Clin Nutr*, vol.39, 1984, pp.129-135.
- Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Akrouf M, Bellisle, F, “Influence of macronutrients on adiposity development: a follow up study of nutrition and growth from 10 months to 8 years of age”, *Inte J Obes Relat Metab Disord*, vol.19, 1995, pp.573-578.
- Singhal, A., Farooqi, I. S., O’ Rahilly, S., Cole, T. J., Fewtrell, M., and Lucas, A, “Early nutrition and leptin concentrations in later life”, *Am J Clin Nutr*, vol.75, 2002, pp.993-999.
- 菅野晋子・山崎弦・有坂治 他. 「乳幼児から7歳までのBMIの変化：adiposity rebound についての検討」, 『ホルモンと臨床』, 第51巻, 2003, pp.973-976.
- 田中敏章・横谷 進・加藤則子・伊藤誉也・立花克彦・杉原茂孝・長谷川奉延・大関武彦・村田光範. 標準値委員会報告「日本人小児の体格の評価に関する基本的な考え方」, 『成長会誌』, 第17巻（2）, 2011, pp.84-99.
- Vrije Universiteit Brussels, 2004. Antropogenetica & Katholieke Universiteit Leuven, Jeugdgezondheidszorg, Growth chart girls (2. 20 years), Flanders 2004 2.20050604-EP/2.20/F and Growth chart boys (2. 20 years), Flanders 2004 2.20050604-EP/2.20/M; www.vub.ac.be/groeicurven.