発育期の Body Mass Index と身体組成

服部 恒明

Body mass index and body composition during growth stages

Komei Hattori

Abstract

Obesity is a condition resulting from excess body fat, and is associated with several risk factors for chronic diseases in later life. Hence, the prevention of obesity is a public health priority, with much of the concern focusing on childhood and adolescence. Recently, body mass index, calculated as weight divided by height squared (BMI, kg/m^2), has been widely used as a surrogate measure of adiposity for children and adolescents, and international age- and sex-specific cut-off points to define overweight and obesity have been proposed. Various surveys using the international BMI criteria have revealed that the prevalence of child obesity is accelerating throughout the developed world. However, BMI is a measure of excess weight relative to height, rather than excess body fat. The interpretation of BMI among children and adolescents is further complicated by the changes that occur in weight, height, and body composition during growth. There is now a considerable body of evidence that during the growth stages, weight increase is frequently due to an increase in fat-free mass rather than fat mass. Therefore, application of the BMI norm to define overweight and obesity in children and adolescents should be done with caution. Furthermore, it is necessary to be aware that adopting an international standard for a specific population may introduce error because the relationship between BMI and adiposity is race-specific. For this reason, it is expected that race-specific standards of BMI with additional body composition-related information for children and adolescents will become available in the future to ensure reliable assessment of adiposity levels.

Key words : BMI, adiposity, children and adolescents, international norm**(Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 51: 435-446, July, 2006)**

キーワード：BMI，肥満度，児童と青年，国際基準

I はじめに

Body Mass Index (BMI) は本来体格の相対的な評価のために提唱された体重に関する指数の総称である。サイズの異なる個体間の体重を比べるために、身長との関係式が生体学の黎明期（19世紀末から20世紀の初頭）に欧米において工夫された。その中には体重を身長²の比で表わす指数（比体重）や Quetlet に由来する身長を体重の2乗で割る体格指数が提唱され Kaup を含め多くの研究者に適用された。その後、Livi の Ponderal index ($100\sqrt{\text{体重/身長}}$) や Rohrer の Korperfulleindex (100 体重/身長^3) などの指数が開発された。体格指数の歴史的文献の考察は角（1977）、鈴木（1984）に詳しい。

体重の影響を殆ど受けないで羊水中で生育する胎児の発育では、身長と体重の関係はほぼ形態的に相似則が保たれるため、ローレル指数がよく適合する（Hattori, 1977）。しかし、単純な相似則がかならずしも成立するものではない。とくに成人の個体間では相似則が適用されると、体の外径など長さが2倍になると体表面積は4倍にまた体容積は8倍になり、生物体としての矛盾をうむことになる。例えばサイズが大きくなるにつれ主として筋により産生される熱は放熱するのに十分な体表面積を確保できなくなるし、足底の単位面積にかかる体重も限界を超えたものとなる。このような相似則の矛盾は早くから知られ、成人の個体間では体重はほぼ身長²の2乗に対応することが指摘されてきた。（服部・澤木, 1971；芳賀ほか, 1978）。

体重/身長²指数が体脂肪率や肥満度とよく相関することを明らかにし、身体組成研究分野における重要な指標として位置づけたのは Keys et al. (1972) である。それ以降この指数は Body Mass Index と呼ばれることとなり、肥満度の簡便な代替指数としての有効性が検証された（Garrow and Webster, 1985）。すなわち BMI が広く用い

られることになったのは身体組成への関心が高まり、身体組成評価の重要性が大きくなったことが背景にある。脂肪や除脂肪の量など身体組成の状態は殆ど全ての病気や身体活動のパフォーマンスなどに多少なりとも影響を与えているので、成人のみならず児童生徒についてもいっそう注意が向けられるようになってきている（Power et al., 1997；Wells, 2001；Flodmark et al., 2004）。身体組成の評価には、水分、ミネラル、たんぱく質などの身体の多面的な組成要因を分子レベルで抽出を試みる場合もあるが、多要因モデルを用いた場合でも、多くの場合身体組成の要素を脂肪とそれ以外の組織（除脂肪組織）の二つの組織レベルに区分する2要素モデルを用いて表わされることが多い。しかしなお発育期の児童・生徒を対象として身体組成を直接評価し、正確な測定結果を得ることは決して容易ではない。そこで人類学的な尺度を用いたより簡便な身体組成の代替指標が、実用性の面から不可欠である。

II 肥満指標としてのBMIの基準値の設定

成人では肥満指標として世界保健機関（WHO）がBMIに基づいて25以上を preobese, 30以上を obese として用いることを推奨した。この基準は広く受け入れられるようになり、BMIの利用が一般化した。なおこのBMIの基準を含め、成人のBMIによる肥満判定基準の成立の経過等については松澤ほか（2000）、田中（2003）に詳しい。しかし一方で、発育期にある若年者についての基準値に関するデータは成人の場合ほど多くはなく、現在のところ国際的に合意をみた発育期の肥満判定基準はない。その理由としては、BMIには一般によく知られた問題（Garn et al., 1986）に加えて発育期では成人期よりも複雑な要因が加味されるからであろう。まず若年期では身長と体重はともに成長過程にあり、これらによって求められるBMIの意味は年齢変化とともに刻々と変化する。若年者の各年齢について体重を身長²の指数として表わすためにアロメトリー（Allometry）式を求め、身長²の指数である相対成長係数を調べ

図1 日本人とアメリカ人の身長対数値に対する体重対数値の回帰係数 (p 値) の5—17歳の変化 (Hattori and Hirohara, 2002)

た結果によると、若年者では成人のように体重は身長²の2乗に対応しているわけではなく、年齢によって変動することが示されている。5歳から17歳にわたるアロメトリー係数 (p 値) は図1のように変化し、中学生期で3に近似するピーク値をとる。この変化の大局的なパターンは欧米人と日本人について共通にみられるものであり、中学生に相当する年齢群では体重は身長³の3乗に対応した関係が保たれている (Cole, 1986; Franklin, 1999; Hattori and Hirohara, 2002)。そこで、この年代では体格指標として体重/身長³ (Rohrer index) または $\sqrt[3]{\text{体重/身長}}$ (Ponderal Index) の採用が妥当であると考えられる。すなわち発育期を通してみると p 値の年齢的变化は大きく、個々の値には人種による特徴も反映されているところから、本来人種や年齢群によって異なる様々な指数を適用することが必要となる。一方で、データを比較し活用する点から言えば、年齢や人種の違いに拘わらず統一した指数を用いることが便利であり、成人において広く用いられているBMIを発育期の子どもに対しても適用する傾向が一般化しつつある (Rolland-Cachera et al., 1982; 菊田・高石, 1988; Dietz and Robinson, 1998)。

子どもに対し肥満度の指標としてBMIを用いることに対して、より積極的な理由から適用を肯

定する報告もみられる。Mei et al. (2002) は2—19歳の児童、青年を対象とした研究によって、肥満度を評価するためにはBMIがむしろローレル指数や比体重よりもよいと報告しており、Freedman et al. (2004) も子ども期のBMIが成人期の肥満度と強い関連があることを報告している。Rodriguez et al. (2004) は思春期の男女でBMIと体脂肪率がよい相関を示すと報告しているが、Abbott et al. (2002) はBMIは体脂肪率よりも脂肪量/身長²とよく相関することを確認し、肥満度の指標として脂肪量/身長²指数よりBMIが一層有効であることを見出した。

このようにBMIの利用が一般化する中で Rolland-Cachera et al. (1982, 1991) は0—87歳にわたるフランス人について、Cole et al. (1995) は0—23歳のイギリス人について、また Falorni et al. (1998) は3—18歳のイタリア人についてBMIの基準量を示している。同様に Must et al. (1991) はアメリカの健康と栄養調査データ (NHANES I) を用いてBMIおよび上腕後部皮下脂肪厚の85及び95パーセンタイル値を境界値とした6—67歳にわたる肥満判定の基準量を提示している。一方日本では児童生徒に対する肥満判定指標としては肥満度やローレル指数を用いることが少なくない。日本は世界に類をみない全国規模の学校保健調査があることから、それぞれの年

度で性別、年齢別、身長別体重の基準値を設定しやすいことや、体格指数の日本への導入時期にはドイツ医学の影響が強く、ローレル指数などの利用が学校現場へ広がったことが、現在の状況に関連していると思われる。しかし、日本人についても近年発育段階ごとのBMIの基準量の設定が進められている。BMIは正規分布しないことから、基準量の設定においてはパーセンタイル値を用いることが多く、小宮ほか（2005）は6歳（小学1年）から17歳（高校3年）までの県教育委員会に集められたデータを用いてBMIを求め、肥満判定のためのcut-off値を男子で90、女子で88パーセンタイルに設定している。表1および図2は、廣原・服部（2001）が学校保健統計調査報告書に

よる全国規模のデータを用いて得た7—18歳にわたるパーセンタイルの基準値と発育曲線を示したものである。

一方、より国際的な規模でのBMIによる肥満判定の基準値の作成はCole et al.（2000）によってなされている（the International Obesity Task Force（IOTF）BMI）。従来判定のための境界値（cut-off point）が特定の人種を対象とした研究によって85または95パーセンタイルなど恣意的に設定されていたのに対し、Cole et al.の研究では過体重と肥満の基準値の設定は0—25歳のブラジル、イギリス、香港、オランダ、シンガポール、アメリカの男女それぞれ9万人を超えるデータの解析によってなされており、またLSM法（Cole,

表 1 BMI の平均値とパーセンタイルの年齢別基準量（廣原・服部，2001）

	n	MEAN	SD	Percentiles						
				5.0	10.0	25.0	50.0	75.0	90.0	95.0
y										
Males										
5	9991	15.6	1.52	13.6	14.0	14.6	15.4	16.3	17.4	18.3
6	9983	15.9	1.81	13.7	14.1	14.8	15.5	16.5	18.0	19.3
7	9990	16.2	2.08	13.9	14.1	14.9	15.7	16.9	18.6	20.2
8	9975	16.7	2.38	14.0	14.4	15.1	16.1	17.5	19.8	21.7
9	9976	17.3	2.69	14.3	14.7	15.5	16.6	18.4	21.1	23.1
10	9992	17.9	2.89	14.6	15.0	15.9	17.1	19.2	22.1	24.0
11	9962	18.4	2.99	14.9	15.4	16.3	17.6	19.8	22.7	24.6
12	9967	19.0	3.00	15.4	16.0	16.9	18.3	20.3	23.3	25.3
13	9926	19.4	2.97	15.8	16.4	17.5	18.8	20.6	23.3	25.7
14	9965	20.0	2.91	16.4	17.0	18.1	19.4	21.1	23.7	25.9
15	9955	20.9	3.26	17.0	17.6	18.7	20.2	22.2	25.2	27.7
16	9901	21.2	3.06	17.4	18.1	19.2	20.6	22.3	25.0	27.4
17	9900	21.4	3.00	17.8	18.4	19.5	20.9	22.6	25.0	27.4
Females										
5	9994	15.6	1.49	13.6	14.0	14.6	15.4	16.3	17.4	18.2
6	9974	15.7	1.79	13.6	13.9	14.6	15.4	16.5	17.9	19.1
7	9986	16.0	1.95	13.6	13.9	14.6	15.6	16.8	18.4	19.8
8	9945	16.5	2.23	13.8	14.3	15.0	16.0	17.4	19.5	21.0
9	9970	17.0	2.44	14.0	14.5	15.3	16.5	18.1	20.3	21.8
10	9961	17.5	2.65	14.3	14.8	15.7	17.0	18.8	21.2	22.7
11	9968	18.3	2.77	14.8	15.4	16.4	17.8	19.6	21.9	23.6
12	9954	19.2	2.87	15.4	16.0	17.3	18.8	20.6	22.9	24.7
13	9951	19.9	2.84	16.2	16.8	18.0	19.5	21.2	23.4	25.2
14	9973	20.5	2.80	16.8	17.5	18.7	20.1	21.8	23.9	25.6
15	9958	20.9	2.83	17.2	17.9	19.0	20.5	22.3	24.4	26.1
16	9965	21.2	2.73	17.6	18.3	19.4	20.8	22.5	24.5	26.0
17	9913	21.1	2.63	17.7	18.3	19.4	20.8	22.4	24.3	25.9

1990) を用いて成人における肥満率25%と30%に相当するBMI値が出現する頻度を, 発育期の子どもに適用することによって求められている。従来のパーセンタイルを適用した分類区分に比してより説得的であり, 国際比較を視野に入れた研究などでは有効なひとつの指標といえる(表2)。ただし, 同じBMIであっても体脂肪率は人種によって異なるなどの問題指摘を含め, このIOTFなどBMI指標を国際的に規準化することについては, 適当ではないとする見解も少なくない(Reilly et al., 2000; Deurenberg, 2001; Wang and Adair, 2001; Chinn and Rona, 2002; Reilly, 2002; Deurenberg et al., 2003; Fu et al., 2003)。異なった人種に基づく基準の適用は判断の不適合を生む可能性があり(Wang and Wang, 2002), 個人レベルの肥満判定のためには, 将来わが国独自の発育期のBMI基準を設定する必要があるであろう。

III BMIからみた発育期の子どもの肥満化傾向

欧米において子どもの肥満の出現率が成人と同

様に高まっている状況が多く報告によって確認されており(Troiano et al., 1995; Reilly and Dorosty, 1999; Rolland-Cachera et al., 2002; Wang et al., 2002; Lobstein et al., 2003; Jelliffe, 2004), それが成人肥満へ移行する可能性が高く(Rolland-Cachera et al., 1987; Siervogel et al., 1991; Mo-suwan et al., 2000; Wang et al., 2000; Fuentes et al., 2003; 廣原・服部, 2004), ひいては生活習慣病の予備軍となることから, 早い段階で運動量の増加などの予防的措置の必要性が指摘されている(Wells et al., 2002; Caballero, 2004)。わが国でも食の欧米化などの影響を受け, 児童生徒の肥満度が年々高まっていることが, 幾つかの研究によって明らかにされてきている。最近ではYoshinaga et al. (2004)が, 6—12歳の児童生徒を対象に学校保健統計調査報告書によるデータの95パーセンタイルを判別の境界値として肥満頻度を求めることにより児童が肥満化している傾向を捉えている。その結果, 学年の進行に伴い男児では肥満頻度が高まるが, 女子ではその傾向は有意ではないと報告している。また先に述べたColeほかによる基準を用い

図2 BMIのパーセンタイル曲線(廣原・服部, 2001)

表 2 2—18 歳男女の過体重および肥満判定のための BMI の境界値
18 歳時に於いて BMI が 25 および 30 になるように設定されている。
データはブラジル, イギリス, 香港, オランダ, シンガポールおよび
アメリカで集められたものを平均した国際的なもの (Cole et al.,
2000)

Age (years)	Body mass index 25 kg/m ²		Body mass index 30 kg/m ²	
	Males	Females	Males	Females
2	18.41	18.02	20.09	19.81
2.5	18.13	17.76	19.80	19.55
3	17.89	17.56	19.57	19.36
3.5	17.69	17.40	19.39	19.23
4	17.55	17.28	19.29	19.15
4.5	17.47	17.19	19.26	19.12
5	17.42	17.15	19.30	19.17
5.5	17.45	17.20	19.47	19.34
6	17.55	17.34	19.78	19.65
6.5	17.71	17.53	20.23	20.08
7	17.92	17.75	20.63	20.51
7.5	18.16	18.03	21.09	21.01
8	18.44	18.35	21.60	21.57
8.5	18.76	18.69	22.17	22.18
9	19.10	19.07	22.77	22.81
9.5	19.46	19.45	23.39	23.46
10	19.84	19.86	24.00	24.11
10.5	20.20	20.29	24.57	24.77
11	20.55	20.74	25.10	25.42
11.5	20.89	21.20	25.58	26.05
12	21.22	21.68	26.02	26.67
12.5	21.56	22.14	26.43	27.24
13	21.91	22.58	26.84	27.76
13.5	22.27	22.98	27.25	28.20
14	22.62	23.34	27.63	28.57
14.5	22.96	23.66	27.98	28.87
15	23.29	23.94	28.30	29.11
15.5	23.60	24.17	28.60	29.29
16	23.90	24.37	28.88	29.43
16.5	24.19	24.54	29.14	29.56
17	24.46	24.70	29.41	29.69
17.5	24.73	24.85	29.70	29.84
18	25	25	30	30

た調査は Matsuzaka et al. (2006) により学校保健統計調査報告書のデータを活用し 1978 年度と 2003 年度の 5, 8, 11, 14, 17 歳の日本人を対象として試みられ, 過体重と肥満の出現頻度が年代ごとに比較検討されている。その結果, すべての年齢において 2003 年度の過体重, 肥満の出現率は 1979 年度より高くなり, 日本においても児童の肥満化傾向は着実に進行していると思われる。

IV BMI の肥満指標としての限界

BMI はその簡便性を最大の理由として肥満度の代替指標として利用されるようになったが, 一方で利用に際しての問題点も継続して指摘されている (Smalley et al., 1990; Wells, 2000; Hattori, 1991)。問題はこの指数が身長と体重のみ

によって求められるところに由来する。身体組成を除脂肪量（FFM）と脂肪量（FM）の2要素に区分するモデルにおいて、体重はFFMとFMの合計になる。すなわち、体重の増減はFFMまたはFMのどちらの増減によっても影響されるが、同じ量の変化であるならば、密度が1.1であるFFMの影響が、密度が0.9にとどまるFMの影響より大きくなる。

BMIの評価の基本は、値の増加は脂肪の増加と「みなす」ことで成り立っているが、かならずしも変化の実情が反映されたものではない。Wang and Bachrach (1996) はBMIと体脂肪率の相関は、女性では $r = 0.72$ と高いが、男性では $r = 0.15$ にとどまりBMIがFMよりむしろFFMの影響を強く受けていることを見出した。Ellis et al. (1999) は3—18歳の男女を対象とした研究から、BMIは集団を扱う場合には肥満の指標として用いることができるが、個人の判定においては有効でないと述べている。Maynard et al. (2001) は8歳から18歳の男女を対象にBMIとFMやFFMなどの身体組成項目との関係を混合縦断的資料を用いて検討し、発育期のBMIの増加はFFMの変化に大きく依存している実態を明らかにしている。さらにTahara et al. (2002) も11—18歳の日本人男女を対象とした研究から、男子では発育に伴う顕著なFFMの増加が見られることを報告している。Wells et al. (2002) はBMIの時代的变化をFFMとFMの変化から考察し、BMIの変化は小さいが現代の子どもではFMの増加とFFMの減少傾向がみられることから、BMIによる肥満度判定では過小評価されている可能性があることを述べている。またFreedman et al. (2005) は、子どもと青年を対象とした研究から、BMIは過剰な脂肪蓄積を表すよい指標である一方、細身の子どもではFFMに、より大きく依存していることを指摘している。Daniels et al. (1997) は、児童期および思春期において、人種、性、成熟段階の違いを考慮に入れたとき、BMIがFMを表す指標として有効かどうかを検討した結果、これらの条件が異なるとBMIの値の意味は異なることを明らかにし、BMIの利用に際し

ては注意が必要であると述べている。

V BMIと身体組成チャート

BMIとFFMおよびFMの変化を同時に観察するために、Wells (2000) とHattori et al. (2004) は発育期から成人期までの身体組成の変化傾向を身体組成チャート (Hattori et al., 1997) を用いて表わしている。このチャートにおいて用いられている基本指標である除脂肪量指数 (FFM/H^2) と脂肪量指数 (FM/H^2) の有効性についてはHattori (1991), Wells et al. (2002) が報告している。図3はWells (0—10歳) およびHattoriら (10—60歳) によって示されたチャートをひとつにまとめたものであるが、これによりおよそ人の生涯にわたる身体組成の変化が概観できる。このチャートにおいてBMIは左上から右下への斜線として表わされているので、この斜線を基準としてプロットの動向をみればそれは生涯にわたるBMIの変遷過程を知ることになる。その他このチャートの中には左下から右上に向かう体脂肪率の基準線、y軸で表わされた脂肪量指数（身長で基準化した脂肪量）およびx軸で表わされた除脂肪量指数（身長で基準化した除脂肪量）を含み、BMIの変化をFFMおよびFMの変化と関連づけながら理解することができる。グラフを概観すると、男女のプロットには特徴的な変遷過程が示されているが、男女共通に出生時から体脂肪率およびBMIは急激に増加した後に急激に減少している。その後6歳を境に男女ともBMIは増加に転じているが、この現象はRolland-Cachera et al. (1984) によってAdiposity Rebound (AR) と命名されたもので、このリバウンドが早いものほど、その後BMIが大きくなることが報告されている。AR発現後のBMIの増加傾向をチャートによって詳細にみると、男女ともに10歳までプロットは横軸に沿って大きく変化している。このARの発現時期は人種によって異なることからBMIと年齢の関係にも人種差がみられることが予想され、異なる人種の混合データによって得られたCole et al.の基準に対して批判的な見解もみられる

図3 0—60歳のBMI、身体組成の変遷のチャート表示 (Wells, 2000およびHattori et al., 2004を改変)

(Wang, 2004)。

11歳以降のチャート上のプロットの変化には明瞭な性差がみられる。女子では成人に向かってプロットは上方に移行し、しばらく停滞した後、中高年期ではさらに顕著に上方へと移行している。このことは11歳以降では女子のBMIの増加が脂肪量指数に大きく依存していることを物語る。一方男子では11歳から成人に至るまでプロットは体脂肪率15%のラインに添うように横方向に移行している。この期間ではBMIの変化は除脂肪量の変化を表しているといえよう。このように発育期においてBMIは身体組成の異なる要素の影響を受けており、肥満の指標として用いるときには限界があり、他の情報と併せて用いるなど、慎重な配慮が必要である。

VI ま と め

体脂肪が過剰に蓄積した状態である肥満は様々

な病気の危険因子となることから、脂肪量を含む身体組成を評価することは健康管理のうえから必要である。そこで発育期の身体組成を測定するため、高価な機器や特別な計測技術などを必要としない簡単な人類学的な指標を適用することは、有用である。そのため、すでに成人において体型の指標として広く用いられているBMIが、発育期の身体組成の代用尺度としても広く適用されるようになってきた。BMIを基準とした肥満判定の尺度が提案され、児童や青年の健康に関わる多くの分野で応用され、発育期で肥満度が進行している実態などが明らかにされている。

一方で基準化された尺度で得られた結果が含む問題点の指摘も多くなされており、とりわけ発育期においては、BMIの増加が肥満度の進行を示すという前提が成立しないという指摘は重要である。すなわち、児童や青年では、体重増が主としてFFMの増加に依存する場合も少なくなく、そのような場合には、BMI増は肥満化を意味しな

い、学校などの集団を対象とした身体組成の評価では簡便性が優先されるので、BMI増の意味に含まれるこのような矛盾はしばしば見逃されるか無視される傾向がある。発育期の身体組成の評価は発育期の肥満が成人の肥満へと移行する可能性が高いことから重要であり、インピーダンス法などにより身体組成を直接評価できる場合には、身体組成チャート法の適用が推奨される。しかし、なお体重と身長のみによる評価の有用性は変わらず、BMIを基本とした身体組成の評価法が今後わが国でも広く採用される可能性がある。そこでBMIによる評価の簡便性を保ちつつも、発育期におけるその適用の限界を考慮に入れて、たとえば周囲や皮下脂肪厚などによる付加的情報を合わせ用いるなどして、より精度の高い評価基準を設定する工夫が今後求められるだろう。

文 献

- Abbott, R.A., Ball, E.J., O'Connor, J., Steinbeck, K.S., Wishart, C., Gaskin, K.J., Baur, L.A., and Davies, P.S.W. (2002) The use of body mass index to predict body composition in children. *Ann. Hum. Biol.*, 29: 619–626.
- Caballero, B. (2004) Obesity prevention in children: opportunities and challenges. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: S90–S95.
- Chinn, S. and Rona, R.J. (2002) International definitions of overweight and obesity for children: a lasting solution? *Ann. Hum. Biol.*, 29: 306–313.
- Cole, T.J. (1986) Weight/height p compared to weight/height 2 for assessing adiposity in childhood: influence of age and bone age on p during puberty. *Ann. Hum. Biol.*, 13: 433–451.
- Cole, T.J. (1990) The LSM method for constructing normalized growth standards. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 44: 45–60.
- Cole, T.J., Bellizzi, M.C., Flegal, K.M., and Dietz, W.H. (2000) Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*, 320: 1240–1243.
- Cole, T.J., Freeman, J.V., and Preece, M.A. (1995) Body mass index reference curves for the UK, 1990. *Arch. Dis. Child.*, 73: 25–29.
- Daniels, S.R., Khoury, P.R., and Morrison, J.A. (1997) The utility of body mass index as a measure of body fatness in children and adolescents: differences by race and gender. *Pediatrics*, 99: 804–807.
- Deurenberg, P. (2001) Universal cut-off BMI points for obesity are not appropriate. *Br. J. Nutr.*, 85: 135–136.
- Deurenberg, P., Deurenberg-Yap, M., Foo, L.F., Schmidt, G., and Wang, J. (2003) Differences in body composition between Singapore Chinese, Beijing Chinese and Dutch children. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 57: 405–409.
- Dietz, W.H. and Robinson, T.N. (1998) Use of the body mass index (BMI) as a measure of overweight in children and adolescents. *J. Pediatr.*, 132: 191–193.
- Ellis, K.J., Abrams, S.A., and Wong, W.W. (1999) Monitoring childhood obesity: assessment of the weight/height index. *Am. J. Epidemiol.*, 150: 939–946.
- Falorni, A., Galmacci, G., Bini, V., Papi, F., Molinari, D., De Giorgi, G., Faraoni, F., Celi, F., Di Stefano, G., Berlioli, M.G., Contessa, G., and Bacosi, M.L. (1998) Fasting serum leptin levels in the analysis of body mass index cut-off values: are they useful for overweight screening in children and adolescents? A school population-based survey in three provinces of central Italy. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 22: 1197–1208.
- Flodmark, C.E., Lissau, I., Moreno, L.A., Pietrobelli, A., and Widhalm, K. (2004) New insights into the field of children and adolescents' obesity: the European perspective. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: 1189–1196.
- Franklin, M.F. (1999) Comparison of weight and height relations in boys from 4 countries. *Am. J. Clin. Nutr.*, 70: 157S–162S.
- Freedman, D.S., Khan, L.K., Serdula, M.K., Dietz, W.H., Srinivasan, S.R., and Berenson, G.S. (2004) Inter-relationships among childhood BMI, childhood height, and adult obesity: the Bogalusa Heart Study. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: 10–16.
- Freedman, D.S., Wang, J., Maynard, L.M., Thornton, J.C., Mei, Z., Pierson, R.N., Dietz, W.H., and Horlick,

- M. (2005) Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 29: 1-8.
- Fu, W.P., Lee, H.C., Ng, C.J., Tay, Y.K., Kau, C.Y., Seow, C.J., Siak, J.K., and Hong, C.Y. (2003) Screening for childhood obesity: international vs population-specific definitions. Which is more appropriate? *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 27: 1121-1126.
- Fuentes, R.M., Notkola, I.L., Shemeikka, S., Tuomilehto, J., and Nissinen, A. (2003) Tracking of body mass index during childhood: a 15-year prospective population-based family study in eastern Finland. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 27: 716-721.
- Garn, S.M., Leonard, W.R., and Hawthorne, V.M. (1986) Three limitations of the body mass index. *Am. J. Clin. Nutr.*, 44: 996-997.
- Garrow, J.S. and Webster, J. (1985) Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 9: 147-153.
- 芳賀 博・松崎俊久・崎野滋樹 (1978) 身長と体重にもとづく肥満指数. *日本公衛誌*, 25: 559-564.
- Hattori, K. (1977) Studies of the growth of the Japanese fetuses. Part 1. Allometric growth of the external dimension. *Jikeikai Med. J.*, 24: 11-32.
- Hattori, K. (1991) Body composition and lean body mass index for Japanese college students. *J. Anthropol. Soc. Nippon*, 99: 141-148.
- Hattori, K. and Hirohara, T. (2002) Age change of power in weight/height (p) indices used as indicators of adiposity in Japanese. *Am. J. Hum. Biol.*, 14: 275-279.
- 服部恒明・沢木昱甫 (1971) 18歳における身体諸径の相対変異. *人類学雑誌*, 79: 337-346.
- Hattori, K., Tahara, Y., Moji, K., Aoyagi, K., and Furusawa, T. (2004) Chart analysis of body composition change among pre- and postadolescent Japanese subjects assessed by underwater weighing method. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: 520-524.
- Hattori, K., Tatsumi, N., and Tanaka, S. (1997) Assessment of body composition by using a new chart method. *Am. J. Hum. Biol.*, 9: 573-578.
- 廣原紀恵・服部恒明 (2001) 日本人の5—17歳における身長、体重および体格指数の評価基準. *学校保健研究*, 42: 505-513.
- 廣原紀恵・服部恒明 (2004) 12—17歳の6年間にける身長、体重、BMIの縦断的研究. *学校保健研究*, 45: 551-557.
- Jolliffe, D. (2004) Extent of overweight among US children and adolescents from 1971 to 2000. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: 4-9.
- 角 加苗 (1977) 身長・体重指数の文献的考察: リビ指数・ローレル指数・カウプ指数など. *日本医事新報*, pp. 45-46.
- Keys, A., Fidanza, F., Karvonen, M.J., Kimura, N., and Taylor, H.L. (1972) Indices of relative weight and obesity. *J. Chronic. Dis.*, 25: 329-343.
- 菊田文夫・高石昌弘 (1988) 我が国における学齢期小児の身体発育評価基準に関する研究 (第2報): 縦断的資料に基づくカウプ指数とローレル指数のパーセンタイル曲線およびその年次推移について. *小児保健研究*, 47: 555-562.
- 小宮秀明・今村敏江・堀江直子・増渕悠子・武藤孝司 (2005) BMIによる児童生徒の肥満の判定基準: 男子90パーセンタイル, 女子88パーセンタイルによる. *保健の科学*, 47: 223-229.
- Lobstein, T.J., James, W.P., and Cole, T.J. (2003) Increasing levels of excess weight among children in England. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 27: 1136-1138.
- Matsuzaka, A., Uechi, M., and Hattori, K. (2006) Secular trends in overweight and obesity among Japanese children and adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38: S467
- 松澤佑次・井上修二・池田義雄・坂田利家・齋藤康・佐藤祐造・白井厚治・大野 誠・宮崎 滋・徳永勝人・深川光司・山之内国男・中村 正 (2000) 新しい肥満の判定と肥満症の診断基準. *肥満研究*, 6: 18-28.
- Maynard, L.M., Wisemandle, W., Roche, A.F., Chumlea, W.C., Guo, S.S., and Siervogel, R.M. (2001) Childhood body composition in relation to body mass index. *Pediatrics*, 107: 344-350.
- Mei, Z., Grummer-Strawn, L.M., Pietrobelli, A., Goulding, A., Goran, M.I., and Dietz, W.H. (2002) Validity of body mass index compared with other body-

- composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75: 978–985.
- Mo-suwan, L., Tongkumchum, P., and Puetpaiboon, A. (2000) Determinants of overweight tracking from childhood to adolescence: a 5 y follow-up study of Hat Yai schoolchildren. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 24: 1642–1647.
- Must, A., Dallal, G.E., and Dietz, W.H. (1991) Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht²) and triceps skinfold thickness. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53: 839–846.
- Power, C., Lake, J.K., and Cole, T.J. (1997) Measurement and long-term health risks of child and adolescent fatness. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 21: 507–526.
- Reilly, J.J. (2002) Assessment of childhood obesity: national reference data or international approach? *Obes. Res.*, 10: 838–840.
- Reilly, J.J. and Dorosty, A.R. (1999) Epidemic of obesity in UK children. *Lancet*, 354: 1874–1875.
- Reilly, J.J., Dorosty, A.R., Emmett, P.M., and Avon Longitudinal Study of Pregnancy and Childhood Study Team. (2000) Identification of the obese child: adequacy of the body mass index for clinical practice and epidemiology. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 24: 1623–1627.
- Rodriguez, G., Moreno, L.A., Blay, M.G., Blay, V.A., Garagorri, J.M., Sarria, A., and Bueno, M. (2004) Body composition in adolescents: measurements and metabolic aspects. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: S54–S58.
- Rolland-Cachera, M.F. (1993) Onset of obesity assessed from the weight/stature² curve in children: the need for a clear definition. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 17: 245–246.
- Rolland-Cachera, M.F., Castetbon, K., Arnault, N., Bellisle, F., Romano, M.C., Lehingue, Y., Frelut, M.L., and Hercberg, S. (2002) Body mass index in 7-9-year-old French children: frequency of obesity, overweight and thinness. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 26: 1610–1616.
- Rolland-Cachera, M.F., Cole, T.J., Sempe, M., Tichet, J., Rossignol, C., and Charraud, A. (1991) Body Mass Index variations: centiles from birth to 87 years. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 45: 13–21.
- Rolland-Cachera, M.F., Deheeger, M., Bellisle, F., Sempe, M., Guillaud-Bataille, M., and Patois, E. (1984) Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, 39: 129–135.
- Rolland-Cachera, M.F., Deheeger, M., Guillaud-Bataille, M., Avons, P., Patois, E., and Sempe, M. (1987) Tracking the development of adiposity from one month of age to adulthood. *Ann. Hum. Biol.*, 14: 219–229.
- Rolland-Cachera, M.F., Sempe, M., Guillaud-Bataille, M., Patois, E., Pequignot-Guggenbuhl, F., and Fautrad, V. (1982) Adiposity indices in children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36: 178–184.
- Siervogel, R.M., Roche, A.F., Guo, S.M., Mukherjee, D., and Chumlea, W.C. (1991) Patterns of change in weight/stature² from 2 to 18 years: findings from long-term serial data for children in the Fels longitudinal growth study. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 15: 479–485.
- Smalley, K.J., Knerr, A.N., Kendrick, Z.V., Colliver, J.A., and Owen, O.E. (1990) Reassessment of body mass indices. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52: 405–408.
- 鈴木継美 (1984) ケトラー指数をめぐる混乱. *医学のあゆみ*, 128 : 56–59.
- Tahara, Y., Moji, K., Aoyagi, K., Nishizawa, S., Yukawa, K., Tsunawake, N., Muraki, S., and Mascie-Taylor, C.G. (2002) Age-related pattern of body density and body composition in Japanese males and females, 11 and 18 years of age. *Am. J. Hum. Biol.*, 14: 327–337.
- 田中茂穂 (2003) 体重と身長を用いた肥満判定法—体格指数法と標準体重法— (肥満症—生理活性物質と肥満の臨床—). *日本臨床*, 61 : 351–356.
- Troiano, R.P., Flegal, K.M., Kuczmarski, R.J., Campbell, S.M., and Johnson, C.L. (1995) Overweight prevalence and trends for children and adolescents. The National Health and Nutrition Examination Surveys, 1963 to 1991. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.*, 149: 1085–1091.
- Wang, M.C. and Bachrach, L.K. (1996) Validity of the body mass index as an indicator of adiposity in an

- ethnically diverse population of youths. *Am. J. Hum. Biol.*, 8: 641–651.
- Wang, Y. (2004) Epidemiology of childhood obesity -- methodological aspects and guidelines: what is new? *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: S21–S28.
- Wang, Y. and Adair, L. (2001) How does maturity adjustment influence the estimates of overweight prevalence in adolescents from different countries using an international reference? *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 25: 550–558.
- Wang, Y., Ge, K., and Popkin, B.M. (2000) Tracking of body mass index from childhood to adolescence: a 6-y follow-up study in China. *Am. J. Clin. Nutr.*, 72: 1018–1024.
- Wang, Y., Monteiro, C., and Popkin, B.M. (2002) Trends of obesity and underweight in older children and adolescents in the United States, Brazil, China, and Russia. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75: 971–977.
- Wang, Y. and Wang, J.Q. (2002) A comparison of international references for the assessment of child and adolescent overweight and obesity in different populations. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 56: 973–982.
- Wells, J.C. (2000) A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 24: 325–329.
- Wells, J.C. (2001) A critique of the expression of paediatric body composition data. *Arch. Dis. Child.*, 85: 67–72.
- Wells, J.C., Cole, T.J., and ALSPAC study team (2002) Adjustment of fat-free mass and fat mass for height in children aged 8 y. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 26: 947–952.
- Wells, J.C., Coward, W.A., Cole, T.J., and Davies, P.S. (2002) The contribution of fat and fat-free tissue to body mass index in contemporary children and the reference child. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 26: 1323–1328.
- Yoshinaga, M., Shimago, A., Koriyama, C., Nomura, Y., Miyata, K., Hashiguchi, J., and Arima, K. (2004) Rapid increase in the prevalence of obesity in elementary school children. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: 494–499.

(平成18年 1 月10日受付)
(平成18年 3 月25日受理)