

日本人小児3 - 6歳児の体水分量

増田 隆¹⁾ 寺本 圭輔²⁾ 小宮 秀一³⁾

Total body water of 3- to 6-year-old Japanese young children

Takashi Masuda¹⁾

Keisuke Teramoto²⁾

Shuichi Komiya³⁾

(2004年11月24日受理)

【目 的】

身体組成の評価はヒトの栄養学的、あるいは健康関連の諸問題を論じる上で必要不可欠な要因である。例えば、わが国をはじめとするいわゆる先進諸国における肥満の増加は重大な健康問題となっており、特に近年では成人のみならず小児の肥満発症率の増加が報告されており^{1) 2) 3)}、小児期における肥満と青年期における肥満との関連性が検討されている^{4) 5) 6)}。

これまでヒトの身体組成の評価方法として承認されているものには、密度計測法、ホールボディカウンタ法、二重エネルギー X 線吸収法などがある。しかし、いずれの方法も大規模かつ特殊な機材や非常に専門的な知識あるいは操作テクニックが必要である。さらに、これらの方法は、被験者に少なからず苦痛を与えること、放射線の被曝の問題があることなどから、小児への実施が非常に困難である^{7) 8)}。

同位体希釈法によって体内の水分を測定する体水分法は、ヒトの除脂肪組織中には水分が一定の割合で存在するという原理から、体水分量を知ることによってヒトの身体組成を評価する方法である。ヒトの身体組成評価のための体水分量測定に用いられている同位体トレーサーは、トリチウム、重水(D²O)、¹⁸Oなどであるが、トリチウムは少量ではあるが限定された放射線の危険を伴う。したがって、小児や妊婦を対象とした研究では、D²Oや¹⁸Oが一般的に用いられており、コストの問題からD²Oの方がより多く用いられている⁹⁾。

D²Oは体液の全区分に拡散し、短時間で安定し

た平衡状態に達するために理想的なトレーサーであり、選択的に貯留したり、排泄されたり、代謝されたりすることがない。また、体液中の希釈濃度が20%を超さない限り無害である。したがって、諸外国においては多くの研究者によってD²Oをトレーサーとして小児の体水分量が測定され、その経年的な変化や性差、あるいは人種差などが検討されている^{9) 10) 11) 12) 13) 14) 15)}。しかしながら、わが国においては、Komiya¹⁶⁾によって9歳以降の日本人の体水分量は明らかにされているものの、小児期の体水分量については報告されていない。

そこで、本研究は3歳から6歳の日本人小児を対象として、D²Oをトレーサーとした重水希釈法により体水分量を測定するとともに、諸外国の先行研究との比較・検討を行うことを目的とした。

【方 法】

1) 被験者

被験者は3歳から6歳の日本人男児57名、女児34名の合計91名である。測定に先立ち、すべての被験者の保護者に対して研究の目的、方法、安全性などについて説明し、同意書の提出を求めた。また、本研究は本学の倫理委員会の承認を受けた。

2) 人体計測

身長および体重は一般的な測定機器を用いて、身長は0.1cm単位、体重は0.02kg単位で測定した。これらの値により、Body mass index (BMI) を体重(kg)を身長(m)の二乗で除することにより算出した。

別刷請求先：増田 隆，中村学園大学短期大学部 〒814-0198 福岡市城南区別府5-7-1

E-mail: masuda@nakamura-u.ac.jp

1) 中村学園大学短期大学部助教授

2) 愛知教育大学助手

3) 九州大学名誉教授

3) 重水 (D²O) 希釈法による体水分量測定

被験者に体重 1 kg 当たり 1 g の D²O (和光純薬, 99.75% 以上) を飲料水によって 20% 以下に希釈後, 経口投与した。投与後, 体内で希釈され平衡状態に達した 3 時間後の尿を採取した。採取した尿は 100°C で約 20 分間熱蒸留し, 冷却管を通してサンプル約 10 ml を採取した。採取したサンプル中に含まれる D²O 濃度を赤外分光光度計 (島津製作所製, FTIR-8300) によって測定した。以上の方法によって求められた D²O 濃度 (%D²O) と D²O 投与量 (g D²O given) から体水分量 (Total body water; TBW) を次式によって求めた。

$$TBW, \text{kg} = \text{g D}^2\text{O given} / \% \text{D}^2\text{O} \times 10$$

詳細な測定方法は先行研究に述べている^{17) 18)}。

4) D²O 濃度測定の精度と再現性の検証

尿中の D²O 濃度測定 of 精度を検証するために既知濃度の同一サンプルの測定を 10 回連続で実施した。その結果, 二つの既知濃度の連続測定における変動係数はそれぞれ 0.209% と 0.245% であった (表 1)。また, 同様に再現性の検証を実施した結果, 二つの既知濃度の 10 日間の測定における変動係数は, それぞれ 0.605% と 0.451% であった (表 2)。

5) 諸外国の TBW 平均値の算出

先行研究¹⁹⁾において, 1981年から2002年にかけて発表された 0 歳から 11 歳の小児の TBW に関する先行研究のデータを用いて, 年齢と TBW の単回帰式を作成した。この回帰式から 3, 4, 5, および 6 歳の TBW を算出した。回帰式は以下の通りである。

$$\text{男児: TBW, kg} = 1.745 \times \text{年齢} + 3.686$$

$$\text{女児: TBW, kg} = 1.690 \times \text{年齢} + 3.340$$

6) 統計処理

統計処理には Stat View version J-5.0 を用いた。結果は平均値 (標準偏差) で示し, 測定変数の性差の検定には対応のない t-検定を用い, 有意水準 0.5% 未満を有意とした。

【結 果】

表 3 は, 被験者の年齢別, 性別の人数と身長, 体重, BMI, および TBW の平均値と標準偏差, ならびに年齢毎の測定変数における性差を示したものである。各年齢の身長, 体重, および BMI は男女でほぼ等しい値を示し, すべての年齢において有意な性差は認められなかった。TBW については, 男児が女児よりも若干高い値を示したが, 統計的に有意な差は認められなかった。

図 1 は, 本研究によって得られた各年齢の TBW を男女児別にプロットし, これに諸外国の同年齢の男女児の TBW の平均値を重ねてプロットしたものである。本研究における TBW は, 男女児ともに年齢に伴い直線的に増加しており, 絶対量, および増加量ともに諸外国における先行研究の結果とほぼ同一であった。

【考 察】

本研究における 3 歳から 6 歳の被験者の平均身長 (男児: 100.3~116.9cm, 女児: 95.4~117.9cm) は, 同年齢の日本人平均値²⁰⁾ (男児: 97.6~117.4cm, 女児: 95.5~110.5cm) と比較して, 男児の 3 歳児と女児の 6 歳児がやや大きな値を示した他はほぼ同様の

表 1 尿中重水濃度の測定精度 (既知濃度 10 回連続測定)

	検体 1		検体 2	
	吸光度	濃度 (%)	吸光度	濃度 (%)
1	0.044	0.144	0.056	0.187
2	0.044	0.144	0.056	0.187
3	0.044	0.144	0.056	0.187
4	0.044	0.144	0.057	0.188
5	0.043	0.143	0.057	0.187
6	0.044	0.144	0.057	0.188
7	0.044	0.144	0.057	0.187
8	0.044	0.144	0.057	0.187
9	0.044	0.144	0.057	0.188
10	0.044	0.144	0.056	0.187
平均値	0.0439	0.1439	0.0566	0.1873
標準偏差	0.0003	0.0003	0.0005	0.0005
変動係数 (%)	0.683	0.209	0.866	0.245

表 2 尿中重水濃度測定 of 再現性 (既知濃度の 10 日間測定)

	検体 1		検体 2	
	吸光度	濃度 (%)	吸光度	濃度 (%)
1	0.042	0.140	0.059	0.194
2	0.042	0.139	0.058	0.193
3	0.042	0.140	0.059	0.194
4	0.042	0.139	0.058	0.195
5	0.042	0.139	0.058	0.194
6	0.042	0.140	0.058	0.194
7	0.041	0.141	0.058	0.196
8	0.042	0.139	0.058	0.194
9	0.042	0.138	0.058	0.194
10	0.042	0.139	0.059	0.193
平均値	0.0419	0.1394	0.0583	0.1941
標準偏差	0.0003	0.0008	0.0005	0.0009
変動係数 (%)	0.755	0.605	0.829	0.451

表3 被験者の年齢別、性別の人数、身体的特徴と体水分量

	3 歳			4 歳			5 歳			6 歳		
	男児	女児	性差	男児	女児	性差	男児	女児	性差	男児	女児	性差
人数	2	3		20	6		24	17		11	8	
身長 cm	100.3 (2.5)	95.4 (3.2)	n..s.	103.4 (3.7)	104.6 (3.4)	n..s.	111.5 (3.4)	111.1 (5.5)	n..s.	116.9 (5.8)	117.9 (4.5)	n..s.
体重 kg	14.2 (1.1)	14.1 (0.8)	n..s.	16.9 (1.6)	16.3 (1.3)	n..s.	18.5 (2.2)	20.2 (5.4)	n..s.	22.4 (4.4)	22.5 (2.7)	n..s.
BMI kg/m ²	14.2 (1.8)	15.5 (1.0)	n..s.	15.8 (1.1)	14.9 (1.1)	n..s.	14.9 (1.6)	16.1 (2.7)	n..s.	16.2 (1.8)	16.2 (1.4)	n..s.
TBW kg	9.8 (0.4)	9.0 (0.3)	n..s.	11.2 (1.1)	10.3 (0.8)	n..s.	12.5 (1.3)	12.2 (1.8)	n..s.	14.7 (1.8)	13.3 (1.0)	n..s.

TBW : total body water

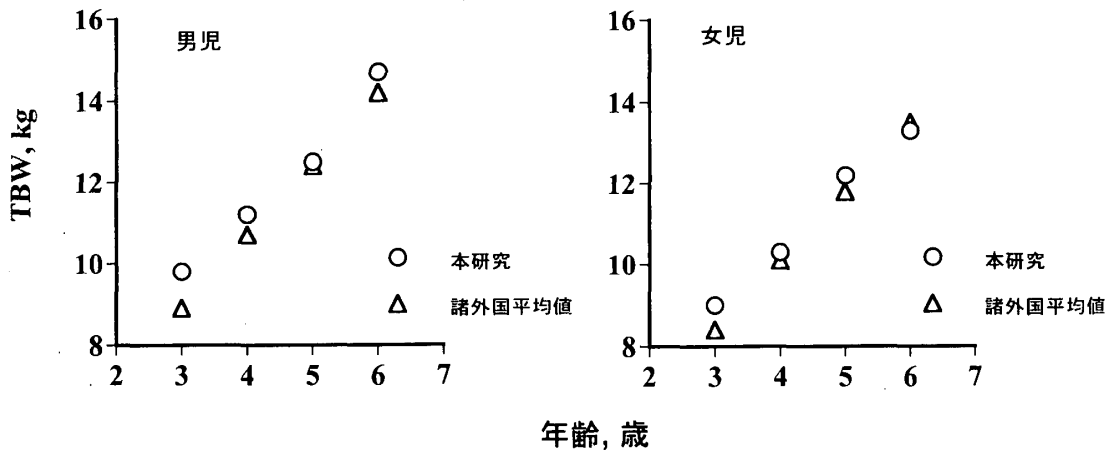


図1 本研究におけるTBWの経年的変化と先行研究における諸外国小児のTBW平均値の経年的変化の比較

値であった。また、体重では本研究の平均値(男児: 14.2~22.4kg, 女児: 14.1~22.5kg)は、日本人平均値(男児: 15.2~22.2kg, 女児: 14.3~21.6kg)とほぼ同様の値であった。したがって、本研究の被験者は、ほぼ標準的な日本人小児の体格を有するものと考えられる。

本研究では、3歳から6歳における男女児の身長、体重に有意な性差は認められず、したがってBMIにも有意な性差は認められなかった。このことは、同年齢の日本人小児の形態および身体組成の経年的な変化、あるいは男女差を検討した我々の先行研究^{21) 22)}の結果と一致するものであった。

一方、3歳から6歳におけるTBWは男児では9.8kgから14.7kgへ、女児では9.0kgから13.3kgへと経年的にほぼ直線的な増加を示した。また、すべての年齢においてTBWの絶対値に有意な性差は認められなかった。さらに、3歳から6歳にかけての増加率(男児: 150%, 女児: 147%)にも大きな差は認められなかった。我々は前出の先行研究^{21) 22)}において、3歳から6歳にかけてインピーダンス法によって測定された除脂肪量が男児で11.8kgから

17.4kgへ、女児では11.4kgから16.2kgへと増加することを報告している。この間の除脂肪量の増加率は男児で148%, 女児では142%であり、本研究におけるTBWの増加率と非常に近似した値であった。したがって、本研究におけるTBWの増加は、除脂肪量の増加に反映されたものであると考えられる。

本研究におけるTBWと先行研究による諸外国の同年齢のTBWの平均値とを比較した結果、男女児ともほぼ同等の値を示した(図1)。Ellisら¹²⁾は、5-7歳の白人男児の平均体重と平均TBWがそれぞれ22.4kgと14.9kgであったことを報告しているが、本研究における6歳男児のそれぞれの平均値は、22.4kgと14.7kgであった。また、女児についてもEllisらの報告による5-7歳の白人女児の平均体重と平均TBWは、それぞれ21.6kgと12.8kgであり、本研究における6歳女児のそれぞれの平均値は22.5kgと13.3kgであった。これらの結果から、本研究によって得られたTBW値は妥当なものであると考えられるとともに、3歳から6歳にかけての日本人と白人のTBWおよび体重に占めるTBWの割合には人種差がないことが示唆された。

【要 約】

本研究は、3歳から6歳までの日本人小児、男児57名、女児34名の合計91名を対象に、重水 (D²O) 希釈法から体水分量 (TBW) を求め、経年的変化と性差を検討するとともに、先行研究から得られた結果と比較・検討することを目的とした。結果は次のように要約できる。

- 1) 3歳から6歳におけるTBWは、男女児ともにほぼ経年的に増加した。
- 2) 3歳から6歳におけるTBWには、すべての年齢において男女間の性差は認められなかった。
- 3) 本研究から得られたTBWと先行研究から得られた諸外国の同年齢小児のTBWとの間には差がみられなかったことから、3歳から6歳にかけてのTBWには人種差が認められないことが示唆された。

【附 記】

本研究は、科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2) 課題番号「13680076」研究課題名「日本人児童の身体組成推定式の開発」により行われた。

【参考文献】

- 1) Dietz WH : Critical periods in childhood for development of obesity. *Am J Clin Nutr* 59:955-959 (1994)
- 2) de Onis M, Blossner M : Prevalence and trends of at risk of overweight among preschool children in developing countries. *Am J Clin Nutr* 72:1032-1039 (2000)
- 3) Yoshinaga M, Shimago A, Koriyama C, Nomura Y, Miyata K, Hashiguchi J, Arima K : Rapid increase in the prevalence of obesity in elementary school children. *Int J Obes Relat Metab Disorder* 28:494-499 (2004)
- 4) Wang Y, Ge K, Popkin BM : Tracking of body mass index from childhood to adolescence: a 6-y follow-up study in China. *Am J Clin Nutr* 72:1018-1024 (2000)
- 5) Tremblay MS, Katzmarzyk PT, Williams JD : Temporal trend in overweight and obesity in Canada, 1981-1996. *Int J Obes Relat Metab Disorder* 26:583-543 (2002)
- 6) Strauss RS, Pollack HA : Epidemic increase in childhood overweight, 1986-1998. *JAMA* 286:2845-2848 (2001)
- 7) Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, eds : *Human Body Composition. Human Kinetics, Champaign, (1996)*
- 8) 小宮秀一, 編著 : 身体組成の科学, 不味堂出版, (1998)
- 9) Kushner RF, Schoeller DA, Fjeld CR, Danford LC : Is impedance index (ht²/R) significant in predicting total body water? *Am J Clin Nutri* 56:835-839 (1992)
- 10) Hewitt MJ, Going SB, Williams DP, Lohman TG : Hydration of the fat-free body mass in children and adults : implications for body composition assessment. *Am J pyhsiol* 265:E88-95 (1993)
- 11) Bedogni G, Bollea MR, Severi S, Trunfio O, Manzieri AM, Battitini N : The prediction of total body water and extracellular water from bioelectric impedance in obese children. *Eur J Clin Nutri* 51:129-133 (1997)
- 12) Ellis KJ, Shypailo RJ, Abrams SA, Wong WW : The reference child and adolescent models of body composition. A contemporary comparison. *Ann N Y Acad Sci* 904:374-382 (2000)
- 13) Beertema W, van Hezewijk M, Kester A, Forget PP, van Kreel B : Measurement of total body water in children using bioelectrical impedance : a comparison of several prediction equations. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 31:428-432 (2000)
- 14) Butte NF, Hopkinson JM, Wong WW, Smith EO, Ellis KJ : Body composition during the first 2 years of life : an updated reference. *Pediatr Res* 47:578-585 (2000)
- 15) Fuller NJ, Fewtrell MS, Dewit O, Elia M, Wells JC : Segmental bioelectrical impedance analysis in children aged 8-12 y: 1. The assessment of whole body composition. *Int J Obes Relat Metab Disord* 26:684-691 (2002)
- 16) Komiya S : Aging, total body water and fat mass in Japanese Males between aged 9 and 77 years. *Annals Physiol Anthropol* 3:149-151 (1984)
- 17) Komiya S, Komuro Y, Takeda A : Determination of the total body water by D²O dilution using urine samples and infrared spectrophotometry. *Japan J Phys Educ Hlth Sport Sci* 26:161-167 (1981)
- 18) Ube M, Komiya S : Determination of total body water by deuterium oxide dilution using Fourier transform infrared analysis of urine samples. *Jpn Phys Fitness Sport Med* 48:219-226 (1999)
- 19) Masuda T : Prediction of body composition in childhood using bioelectrical impedance analysis based on the isotope dilution technique. 中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要, 36:195-204 (2004)

- 20) 東京都立大学体力標準値研究会編：新・日本人の体力標準値. 不昧堂出版. (2000)
- 21) 乙木幸道, 小宮秀一, 寺本圭輔, 増田 隆, 宇部 一：日本人3~6歳児の体脂肪分布に関する性差. 体力科学. 48:641-650 (1999)
- 22) Teramoto K, Otoki K, Komiya S : Age-related changes in body composition of 3- to 6-year-old Japanese children. *Appl Human Sci* 18:153-160 (1999)