エネルギー消費量に関する系統的レビュー

研究協力者 勝川史憲[1]
研究分担者 朝倉敬子[2]
研究代表者 佐々木敏[3]
[1]慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
[2]東邦大学医学部社会医学講座予防医療分野
[3]東京大学大学院医学系研究科社会予防疫学分野

【研究要旨】
日本人の食事摂取基準に掲載されている二重標識水法を用いて総エネルギー消費量を計測した研究について、データベースの概要を明らかにした。
小児における体重あたりの総エネルギー消費量は、体重当たりの基礎代謝基準量に比べて低下が緩やかであった。これは小児期において、身体活動レベル（PAL）が増加し、体重増加も来すためと推察された。

A. 背景と目的

日本人の食事摂取基準では、二重標識水方法を用いて総エネルギー消費量を測定した研究について、年齢と体重当たりのエネルギー消費量の関連をプロットした図が載せられている。本稿では、これらのデータベースの概要を明らかにすることを目的とした。

B. 方法

食事摂取基準 2020 年版では、もとになったデータベースとして 6 編の系統的レビュー[1-6]を挙げている。これらについては、すでに 2014 年の厚生労働科学研究費補助金（循環器・糖尿病等生活疾患病対策総合研究事業）研究報告書において、佐々木[7]がレビューを行っているため、本稿では、その一部を再掲することとした。

C. 結果

乳児・小児（表 1）、成人（表 2）、高齢者（表 3）のデータ表を再掲した。

D. 考察

上記から得られた図 1 では、別項の基礎代謝量と比べ、10 歳代後半から 20 歳代にかけての総エネルギー消費量の低下が緩やかなことが特徴である。小児期は年齢が上がるにつれ体重当たりの基礎代謝量が急激に低下するが、この時期は PAL が増加する時期でもあり、両者を乗じた総エネルギー消費量の低下は緩やにとなる者と推察された。さらに、この間、体重も増加するため、エネルギー必要量は 10 歳代後半で生涯における最大値をとるものと考えられる。

文献

1) Torun B. Energy requirements of children and adolescents. Public Health Nutr 2005; 8(7A): 968-93. doi: 10.1079/phn2005791.
2) Dugas LR et al.: Energy expenditure in adults living in developing compared with industrialized countries: a meta-analysis of doubly labeled water studies. Am J Clin

Nutr 2011; 93: 427-41. doi: 10.3945/ajcn.110.007278.
3) Gaillard C et al.: Energy requirements in frail elderly people: a review of the literature. Clin Nutr 2007; 26: 16-24. doi: 10.1016/j.clnu.2006.08.003.
4) Speakman JR et al.: Associations between energy demands, physical activity, and body composition in adult humans between 18 and 96 y of age. Am J Clin Nutr 2010 ;92: 826-34. doi: 10.3945/ajcn.2009.28540.
5) Shetty P. Energy requirements of adults. Public Health Nutr 2005; 8(7A): 994-1009. doi: 10.1079/phn2005792.
6) McCrory MA et al.: Procedures for screening out inaccurate reports of dietary energy intake. Public Health Nutr 2002; 5(6A): 873-82. doi: 10.1079/PHN2002387.
7) 佐々木敏：二重標識水法を用いてエネルギー消費量を測定した主な研究の概要（乳児・）小児・成人・高齢者）. 厚生労働科学研究費補助金（循環器・糖尿病等生活疾患病対策総合研究事業）研究報告書「日本人の食事摂取基準の策定に資する代謝性疾患の栄養評価に関する研究」（研究代表者：多田紀夫） p475-481, 2014 年 3 月.

表1．二重標識水法を用いて総エネルギー消費量を測定した主な研究の概要（乳児・小児）
(Torun B. Public Health Nutr 2005; 8(7A): 968-93 による)

	国	性	対象者数	年齢（歳）			体重	総エネルギー消費量
			（人）	範囲	平均	代表値	(kg)	(kcal/体重kg/日)
1	イギリス	男	8	1～1.9		1.5	11.2	83.0
2	アメリカ	男	26	1.5～2		1.8	11.9	80.1
3	イギリス	男	11	1.5～2.4		2.0	12.7	85.8
4	イギリス	男	6	2～2.9		2.5	13.3	81.0
5	イギリス	男	13		3.0	3.0	15.5	83.9
6	イギリス	男	15	2.5～3.4		3.0	15.0	81.5
7	イギリス	男	16	3.5～4.4		4.0	16.9	78.2
8	チリ	男	14		4.2	4.2	17.6	84.0
9	アメリカ	男	22	4.2～6.9		5.6	19.5	71.6
10	イギリス	男	12		5.0	5.0	18.9	87.5
11	グアテマラ	男	8		5.1	5.1	19.1	73.6
12	アメリカ	男	11		5.3	5.3	21.3	73.9
13	アメリカ/カナダ	男	25		5.3	5.3	20.1	68.8
14	アメリカ	男	15		5.4	5.4	21.1	67.1
15	アメリカ/カナダ	男	10		5.5	5.5	21.3	70.7
16	アメリカ	男	11		6.4	6.4	25.2	71.6
17	イギリス	男	6		7.0	7.0	25.4	75.1
18	イギリス	男	10		7.0	7.0	24.6	79.6
19	アメリカ	男	12		7.7	7.7	28.5	65.6
20	メキシコ	男	10	6～10		8.0	26.9	58.6
21	メキシコ	男	10	6～10		8.0	27.2	65.8
22	アメリカ	男	21		8.3	8.3	29.3	58.2
23	イギリス	男	14		9.0	9.0	29.5	73.9
24	イギリス	男	5		9.0	9.0	30.2	77.3
25	デンマーク	男	15		9.1	9.1	33.0	65.3
26	アメリカ	男	11		9.3	9.3	37.8	54.9
27	オランダ	男	9		9.3	9.3	30.9	69.6
28	ブラジル	男	14		10.1	10.1	32.0	67.4
29	アメリカ	男	15		10.3	10.3	36.8	69.2
30	アメリカ	男	18		10.6	10.6	35.3	60.3
31	イギリス	男	5		12.0	12.0	43.8	58.3
32	イギリス	男	8		12.0	12.0	39.7	58.8
33	アメリカ	男	14		14.5	14.5	56.4	55.1
34	アメリカ	男	11		14.6	14.6	54.5	49.5
35	スウェーデン	男	25		15.0	15.0	61.3	54.9
36	イギリス	男	3		15.0	15.0	50.7	51.7
37	イギリス	男	12		15.0	15.0	60.1	53.8
38	イギリス	男	12		18.0	18.0	71.6	48.0
39	イギリス	女	8	1～1.9		1.5	11.2	83.0
40	アメリカ	女	41	1.5～2		1.8	11.5	78.9
41	イギリス	女	12	1.5～2.4		2.0	13.0	83.0
42	イギリス	女	6	2～2.9		2.5	13.3	81.0
43	イギリス	女	18		3.0	3.0	14.8	77.7
44	イギリス	女	16	2.5～3.4		3.0	14.9	75.8
45	イギリス	女	11	3.5～4.4		4.0	17.1	74.2
46	チリ	女	14		4.6	4.6	17.6	78.4
47	アメリカ	女	23	4.2～6.9		5.6	20.7	65.0
48	イギリス	女	16		5.0	5.0	18.5	79.6
49	アメリカ/カナダ	女	26		5.1	5.1	20.1	62.4
50	アメリカ/カナダ	女	17		5.4	5.4	19.8	69.8
51	グアテマラ	女	8		5.4	5.4	18.5	67.4
52	アメリカ	女	11		5.5	5.5	21.5	63.5
53	アメリカ	女	13		5.5	5.5	18.9	71.3
54	アメリカ	女	11		6.6	6.6	24.8	73.2
55	イギリス	女	5		7.0	7.0	23.5	72.7
56	イギリス	女	15		7.0	7.0	26.0	76.5
57	オランダ	女	10		8.1	8.1	28.2	68.3
58	アメリカ	女	12		8.2	8.2	28.5	55.2
59	アメリカ	女	29	8～9		8.5	27.2	62.7
60	アメリカ	女	43	8～9		8.5	28.0	63.0
61	アメリカ	女	25	8～9		8.5	29.6	60.7
62	イギリス	女	4		9.0	9.0	33.4	58.2
63	イギリス	女	15		9.0	9.0	29.1	62.4
64	デンマーク	女	11		9.1	9.1	37.0	54.2
65	アメリカ	女	11		9.5	9.5	38.0	42.3
66	ブラジル	女	14		10.0	10.0	30.9	62.5
67	アメリカ	女	15		10.3	10.3	28.9	68.4
68	アメリカ	女	12		10.6	10.6	36.6	52.7
69	イギリス	女	5		12.0	12.0	45.1	52.4
70	イギリス	女	10		12.0	12.0	49.3	52.1
71	アメリカ	女	9		13.2	13.2	43.3	53.6
72	アメリカ	女	41		13.4	13.4	57.5	41.9
73	アメリカ	女	40		13.6	13.6	53.2	53.0
74	アメリカ	女	18		13.7	13.7	51.8	44.6
75	アメリカ	女	12		14.3	14.3	55.7	42.8
76	スウェーデン	女	25		15.0	15.0	58.4	43.6
77	イギリス	女	3		15.0	15.0	55.4	41.3
78	イギリス	女	11		15.0	15.0	58.0	42.3
79	イギリス	女	11		18.0	18.0	62.4	40.6

表 2. 二重標識水法を用いて総エネルギー消費量を測定した主な研究の概要(成人)

	文献番号	国	性	対象者数	年齢(歳) 範囲	年齢(歳) 平均		身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m²)	除脂肪体重 (kg)	脂肪体重 (kg)	基礎代謝量 (MJ/日)	身体活動レベル	総エネルギー消費量 (kcal/日)	総エネルギー消費量 (MJ/日)	総エネルギー消費量 (kcal/体重kg/日)
1	#5548	アメリカ	男	24	18～28	23.0	*	177.8	71.7	22.6				1.94	3358	14.1	46.8
2	#5548	アメリカ	女	29	55～65	60.0	*	163.0	65.9	24.8				1.81	2230	9.3	33.8
3	#16533	(複数国)	女	89	18～29	24.4		166.0	69.2	25.3			6.2	1.70	2486	10.4	35.9
4	#16533	(複数国)	女	76	30～39	33.8		164.0	67.9	25.2			6.0	1.68	2390	10.0	35.2
5	#16533	(複数国)	女	47	40～64	51.6		165.0	70.0	25.9			5.8	1.69	2342	9.8	33.5
6	#16533	(複数国)	男	56	18～29	22.5		177.0	75.6	24.0			7.5	1.85	3298	13.8	43.6
7	#16533	(複数国)	男	36	30～39	34.3		179.0	86.1	26.8			8.2	1.77	3418	14.3	39.7
8	#14400	オランダ	男	62	18～29	23.5	*		73.6	22.4	60.0	13.6	7.5	1.88	3346	14.0	45.5
9	#14400	オランダ	男	71	30～39	34.5	*		88.1	27.1	63.7	24.4	7.8	1.79	3346	14.0	38.0
10	#14400	オランダ	男	58	40～49	44.5	*		88.0	28.1	63.2	24.8	7.6	1.88	3394	14.2	38.6
11	#14400	オランダ	男	23	50～59	54.5	*		94.5	29.6	65.7	28.8	7.8	1.88	3466	14.5	36.7
12	#14400	オランダ	男	23	60～69	64.5	*		78.9	26.1	56.3	22.6	7.0	1.69	2796	11.7	35.4
13	#14400	オランダ	女	83	18～29	23.5	*		66.8	23.5	46.1	20.7	6.1	1.75	2557	10.7	38.3
14	#14400	オランダ	女	51	30～39	34.5	*		74.5	27.3	46.6	27.9	6.2	1.68	2486	10.4	33.4
15	#14400	オランダ	女	32	40～49	44.5	*		81.4	29.2	50.9	30.5	6.4	1.71	2677	11.2	32.9
16	#14400	オランダ	女	24	60～69	64.5	*		67.1	25.7	42.4	24.7	5.6	1.67	2199	9.2	32.8
17	#16230	アメリカ	男	24		23.1			71.7	22.6				1.94	3358	14.1	46.8
18	#16230	アメリカ	男	24		41.2			79.5	25.1				1.81	3169	13.3	39.9
19	#16230	アメリカ	男	44		47.0			83.2	26.4				1.64	3033	12.7	36.5
20	#16230	アメリカ	男	259		53.9			88.0	28.1				1.77	2902	12.1	33.0
21	#16230	アメリカ	男	114		50.0			84.8	27.3				1.68	2964	12.4	34.9
22	#16230	アメリカ	男	94		49.0			72.6	23.1				1.64	2596	10.9	35.8
23	#16230	日本	男	67		39.4			67.3	23.3				1.70	2557	10.7	38.0
24	#16230	スウェーデン	女	22		29.0			61.0	22.3				1.87	2486	10.4	40.7
25	#16230	フィンランド	女	20		40.0			79.8	29.2				1.66	2452	10.3	30.7
26	#16230	ニュージーランド	女	23		21.8			63.7	23.4				1.58	2462	10.3	38.6
27	#16230	ニュージーランド	女	25		21.5			74.5	26.6				1.88	2961	12.4	39.7
28	#16230	アメリカ	女	34		59.4			64.0	24.8				1.72	2141	9.0	33.5
29	#16230	アメリカ	女	26		60.3			63.8	23.6				1.84	2268	9.5	35.6
30	#16230	アメリカ	女	32		22.1			80.7	29.5				1.65	2596	10.9	32.2
31	#16230	アメリカ	女	20		48.0			68.1	24.2				1.89	2502	10.5	36.7
32	#16230	アメリカ	女	70		31.0			57.5	21.2				1.87	2414	10.1	42.0
33	#16230	アメリカ	女	33		31.0			80.8	29.6				1.86	2753	11.5	34.1
34	#16230	アメリカ	女	34		30.3			59.3	22.1				1.84	2433	10.2	41.0
35	#16230	アメリカ	女	136		49.7			76.0	29.9				1.70	2306	9.7	30.3
36	#16230	アメリカ	女	47		48.0			74.2	27.4				1.69	2462	10.3	33.2
37	#16230	アメリカ	女	71		33.9			63.9	23.4				1.56	2005	8.4	31.4
38	#16230	アメリカ	女	222		52.7			73.2	27.6				1.79	2299	9.6	31.4
39	#16230	アメリカ	女	33		28.0			73.0	27.0				1.70	2409	10.1	33.0
40	#16230	アメリカ	女	127		48.0			59.9	22.4				1.57	2070	8.7	34.6
41	#16230	アメリカ	女	79		51.0			71.5	27.0				1.59	2218	9.3	31.0
42	#16230	日本	女	73		38.5			53.9	21.6				1.69	1984	8.3	36.8
43	#16230	アメリカ	女	24		22.2			72.4	27.7				1.77	2409	10.1	33.3
44	#16230	アメリカ	男	20		67.8			78.3	25.1				1.74	2581	10.8	33.0
45	#16230	アメリカ	男	29		69.0			90.0	29.0				1.84	2971	12.4	33.0

＊ 中央値

表 3. 二重標識水法を用いて総エネルギー消費量を測定した主な研究の概要(高齢者)

	文献番号	国	性	対象者数	年齢(歳) 最低	年齢(歳) 平均		身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m²)	除脂肪体重 (kg)	脂肪体重 (kg)	基礎代謝量 (MJ/日)	身体活動レベル	総エネルギー消費量 (kcal/日)	総エネルギー消費量 (MJ/日)	総エネルギー消費量 (kcal/体重kg/日)
1	#5548	アメリカ	男	20	60～81	70.5	*	176.4	78.3	25.1				1.74	2581	10.8	33.0
2	#14400	オランダ	男	39	70～79	74.5	*		77.7	25.9	53.3	24.4	6.9	1.57	2557	10.7	32.9
3	#14400	オランダ	男	39	80～89	84.5	*		74.4	26.2	49.9	24.5	6.5	1.37	2151	9.0	28.9
4	#16230	イギリス	男	23		82.0			72.4	24.8				1.50	2199	9.2	30.4
5	#16230	アメリカ	男	72		75.1			83.5	27.6				1.74	2522	10.6	30.2
6	#16230	アメリカ	男	72		74.8			81.6	27.1				1.71	2323	9.7	28.5
7	#16230	アメリカ	男	73		75.0			81.6	27.1				1.71	2333	9.8	28.6
8	#16230	アメリカ	男	75		75.0			83.2	27.6				1.73	2505	10.5	30.1
9	#16230	アメリカ	女	77		74.8			67.2	26.2				1.65	1886	7.9	28.1
10	#16230	アメリカ	女	67		74.6			73.5	28.6				1.69	1905	8.0	25.9
11	#16230	アメリカ	女	71		75.0			73.9	28.8				1.72	1941	8.1	26.3
12	#16230	アメリカ	女	80		74.9			67.8	26.3				1.65	1893	7.9	27.9
13	#12450	アメリカ	男	20		68.0			78.3	25.1				1.74	2584		33.0
14	#12450	アメリカ	女	10		74.0			58.5	24.1				1.59	1816		31.0
15	#12450	アメリカ	男	15		70.0			69.2	24.1				1.75	2498		36.1

＊ 中央値

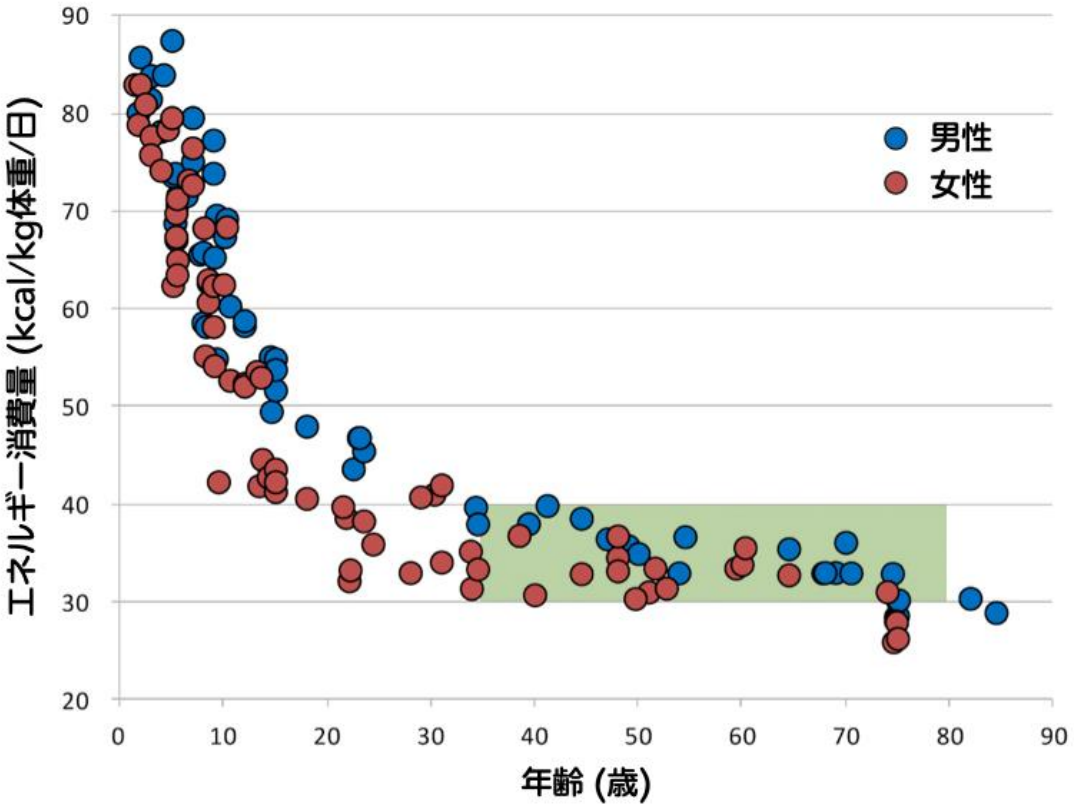

図1. 年齢別に見たエネルギー消費量(kcal/kg 体重/日)(集団代表値)