報告および前の論文から，高齢者でも身体活動量の増加により健康寿命が延伸することが明らかであり，積極的に高齢者の体育活動を行なうことの意義が示唆されている．

5. 高齢者の食と運動

飽食の時代といわれる現代において低栄養者，特に低タンパク栄養者がみられるのが高齢者である．これは，一般に高齢者で食事量全体が減少する（食が細くなる）ことによって，タンパク質を含む摂取栄養素量が減少するためである．「日本人の食事摂取基準（2005年版）」のタンパク質の推奨量は，成人の場合，男性60g/日，女性50g/日とそれほど高くなく，通常の食事で十分摂取することができる．高齢者と成人のタンパク質の推奨量は同量であるが，高齢者の場合には，その量を摂るのが難しくなる人がいる．これはエネルギー摂取量が低下している人に顕著である．

肥満になることなくエネルギー摂取量を増加させる唯一の手段はエネルギー消費量の増加，つまり身体運動量の増加である．人生の生活の質の大きな要素である食事を楽しむためにも，身体運動量の増加は必要であり，高齢者の生活の質に大きな栄養を与える食事という点からも，高齢者に身体運動をすすめるような体育活動が必要である．

おわりに

最初に述べたように，本人の希望する身体と社会が高齢者に希望する身体は，それほど差がないようである．何もしなければ，望ましい身体になれない．したがって，そのような身体の高齢者，あるいは中年者になるための方法を教える必要がある．それが高齢者の体育であり，体育活動は，そのような活動に対する本人の“自発的な”参加であろう．

平成18年度から国は，介護予防サービスを本格的に導入する．介護予防サービスでは筋力トレーニングばかりが重視されている．筋力トレーニング（レジスタンストレーニング）を有酸素性運動と同時に行なうべきであるということは，体育・スポーツ界では常識的である．しかし，介護と筋トレを疾病と薬と同じように考えている（この病気の治療にはこの薬をというような感覚）医療関係者には常識ではない．筋力トレーニングばかり行なうと筋力の増加は期待できるが，いわゆる副作用があることも示唆されている[4]．したがって，介護予防サービスでは筋力トレーニングばかりではなく，有酸素性の運動も同時に行なわなければならない．

医学治療と体育の違いは，本人が自発的に自分で行なうことができるか否かである．理学療法士による脳卒中リハビリは治療である．介護予防サービスの筋トレでも，筋力トレーニングの講習や指導を受けるのみなら，医療に近いといわざるを得ないが，講習のあと高齢者が自分でやるようになればそれは体育活動といえよう．高齢者が，自発的に身体活動を行なうには，“楽しむ（スポーツ性）”が必要である．介護予防だけではなく，多くの恩恵のあるバラエティー豊かなスポーツ・身体運動を指導できるのは体育関係者である．体育人の活発な関与および体育学研究者の質の高い研究が求められている．

［文　献］

1) 田畑　泉：身体運動に関する厚生労働行政の動向．体育の科学，54：684—687，2004
2) Gurwitz JH, et al : Risk factors for non-insulin-dependent diabetes mellitus requiring treatment in the elderly. J Am Geriatr Soc, 42 : 1235—1240, 1994
3) Stessman JY, et al : The effects of physical activity on mortality in the Jerusalem 70-year-olds Longitudinal Study. J Am Geriatr Soc, 48 : 499—504, 2000
4) Miyachi M, et al : Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance : a randomized intervention study. Circulation, 110 : 2858—2863, 2004

特集【スポーツにおける食事・栄養の役割と意義】

エネルギー代謝におけるトレーニングの影響

田中　茂穂*

はじめに

運動中は，主に骨格筋の活動により，エネルギー消費量が大きくなる．しかし，日常の総エネルギー消費量（total energy expenditure：TEE）は，例えば，基礎代謝量（basal metabolic rate：BMR）が1,600kcal/dでPhysical activity level（PAL）が1.75という標準的な男性の場合，1,600×1.75＝2,800kcalと推定できる[1,2]．それと比較して，健康増進のための運動により消費されるエネルギーは一般に200～300kcal/d程度であり，必ずしも大きいとは言えない．

ただし，運動が及ぼす効果を考えるときに，図1のように，各成分がどのように変化するかを検討する必要がある．左側のように，運動時に余分に消費するエネルギーや，その後の代謝亢進（excess post-exercise oxygen consumption：EPOC）相当分の上昇があるのは当然である．しかし，BMRが身体組成の変化に見合った分だけ増加するのか，あるいは，運動以外の身体活動（nonexercise activity thermogenesis：NEAT）にどのような変化があるかといった点については，必ずしも一致した見解は得られていない．もし図1の右側のように，これらの成分にも影響があるのであれば，全体に占める割合は大きくなってくる．また，運動の種類によって，エネルギー消費量だけではなく，エネルギー基質にも違いがみられるが，運動時以外を含めて短期的（1日程度）・長期的（数ヶ月以上）にどのような意義があるか，必ずしも十分な知見は得られていない．

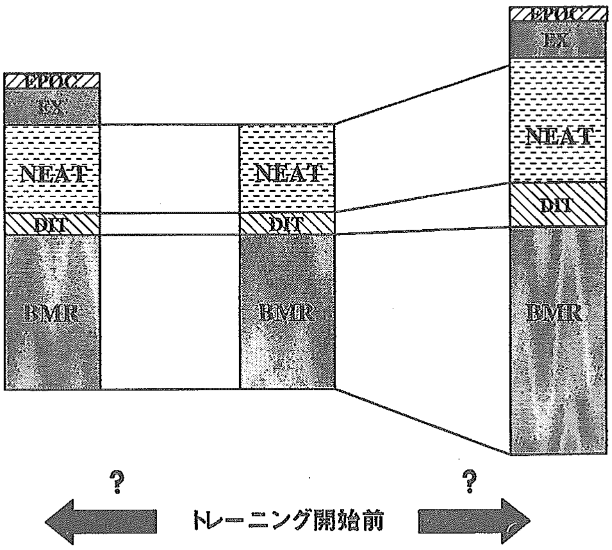

図1　運動がエネルギー消費量の構成要素に与える影響。左：運動時のエネルギー（EX）とその後の代謝亢進（EPOC）のみが変化した場合。右：その他の要素も増加した場合。BMR：基礎代謝量、DIT：食事誘発性体熱産生、NEAT：運動以外の身体活動。

*　独立行政法人 国立健康・栄養研究所　健康増進研究部
運動生理・指導研究室長
〒162-8636　東京都新宿区戸山1-23-1
E-mail：tanakas@nih.go.jp

そこで，本稿では，健康増進のための運動と高強度のスポーツ，特に前者を対象に，

Ⅰ．運動がBMRに及ぼす影響

Ⅱ．運動の種類や量によるEPOC

Ⅲ．運動がNEATを含むTEEに及ぼす影響

Ⅳ．運動がエネルギー基質に及ぼす影響

についてのこれまでの知見と，今後検討すべき課題について解説する．

Ⅰ．運動がBMRに及ぼす影響

安静時代謝量のうち，以下の厳密な条件下で測定したのがBMRである．

・食後約12時間程度経過していること

・運動後，十分な時間が経過していること

・安静仰臥位

・快適な室内環境（室温など）

このように，エネルギー消費量に影響を与えうる諸条件をコントロールした上で測定したBMRは，主に体格，なかでも身体組成によって決定される．

運動後においてBMRが変化したという報告は多いが，身体組成の変化に伴って変化しただけなのかどうかを考慮する必要がある．緑川と安部[3]は，有酸素トレーニングとレジスタンストレーニングによる安静時代謝量の変化に関する先行研究についてまとめている．その結果，レジスタンストレーニングでの安静時代謝量の上昇は，除脂肪1kg当たり約40～50kcal/dと見積もることができるとしている．この値は，骨格筋のエネルギー代謝率（13kcal/kg/d，表1）や，安静時代謝量を目的変数とした回帰分析における除脂肪量の係数（約20～25kcal/kg/d），あるいは除脂肪量当たりの安静時代謝量（約25～30kcal/kg/d）と比べると，やや大きい．除脂肪は，様々な臓器・組織から構成されており，それぞれのエネルギー代謝率には大きな差が存在する（表1）[4]．また，除脂肪部分におけるそれらの臓器・組織の構成比には若干の個人差があり，安静時代謝量の個人差をかなり説明することができそうである[5]．先に示した除脂肪量当たりの代謝量の変化は，トレーニングにより骨格筋重量のみが変化すると考えるには非常に大きな変化である．トレーニングに伴う除脂肪の内訳，特に重量比の大きい骨格筋や，エネルギー代謝率の大きい肝臓，心臓，腎臓，脳の変化については，最近やっと報告がみられるようになったばかりである[6]．トレーニングに伴うエネルギー代謝率の変化を考える上では，まずこのような点の検討が必要である．

一方，有酸素トレーニングの場合は，一般に除脂肪量の変化が少ない．EPOCを十分に考慮すると，多くの研究において，安静時代謝量に及ぼす長期的な影響は得られていない[7]．

Ⅱ．運動の種類や量によるEPOC

運動がBMRに与える影響を検討する場合は，EPOCが考慮されているかを確認する必要がある．EPOCについてはメカニズムなど十分にわかっていないが，運動直後においては，無酸素性の代謝産物の除去や体温の上昇，中性脂肪の循環，その後の数時間以上にわたっては交感神経活動がある程度関与していると考えられている[8]．運動後のEPOCは，激しい運動の場合，最大48時間程度続くと考えられている．一回の運動におけるEPOCの合

表1 安静時における臓器別エネルギー消費量（reference man）

	重量（kg）	代謝率（kcal/kg/day）	代謝量の割合（%）
骨格筋	28	13	21.6
肝臓	1.8	200	21.3
脳	1.4	240	19.9
心臓	0.33	440	8.6
腎臓	0.31	440	8.1
脂肪組織	15	5	4.0
その他	23.16	12	16.5
計	70		100.0

表2 トレーニング開始前と終了時におけるphysical activity level（PAL）の変化

文献	性別	年齢(歳)	人数	BMI(kg/m²)	介入期間(週)	運動の種類	PAL(前)	PAL(後)
Blaak (1992)	M	11±1	10	23.9±2.0	4	サイクリング	1.77±0.15	2.04±0.15**
Bingham (1989)	M/F	30±3	5	22.4±2.2	9	ジョギング	1.58±0.11	1.99±0.31*
Van Etten (1997)	M	33±6	12	23.6±1.7	18	ウェイトトレーニング	1.76±0.14	1.92±0.18**
Westerterp (1992)	M/F	37±3	13	22.5±1.6	40	ジョギング	1.68±0.18	2.08±0.17**
Meijer (2001)	M/F	61±6	22	27.5±4.9	12	レジスタンストレーニング	1.67±0.11	1.65±0.09
Goran (1992)	M/F	66±6	11	24.5±2.6	8	サイクリング	1.51	1.40
Hunter (2000)	M/F	67±4	15	24.8±3.9	26	レジスタンストレーニング	1.45	1.53

* P<0.05, ** P<0.01.

計は，運動中におけるエネルギー消費量の3～15%，あるいは安静時代謝量の5～10%程度という結果が多い[8, 9]．高強度運動は低強度運動と比べてEPOCが大きいという研究と，差がなかったとする研究がある[10]が，中には，100ワットで120分自転車こぎを行うとEPOCが24kcal，最大酸素摂取量の70%の強度で80分行うと157kcalであったという報告もあり，強度や時間が関係するようである[9]．低強度あるいは中強度以下（最大酸素摂取量の70%程度以下）の運動を数十分行う程度であれば，EPOCは9～30kcal程度となり，ほとんど無視できる量となる．しかし，例えば500kcalを大きく越えるような高強度の運動であれば，EPOCも100kcal前後となってくる可能性があるし，もし安静時代謝量が1500kcal/dで，それより7.5%上昇した値が36時間続いたとすると，計200kcal近い上昇となり，無視できない．

Ⅲ．運動がNEATを含む日常の総エネルギー消費量（TEE）に及ぼす影響

冒頭で述べたように，運動自体によるエネルギー消費量がTEEに占める割合は，長時間の運動をコンスタントに実施している者でない限り，それほど大きくない．しかし，BMRやEPOCに加え，運動以外の身体活動量(NEAT）にも影響するとなれば，TEEに占める割合からみた運動の影響は更に大きくなる．

運動がTEEに及ぼす影響についての介入研究の結果を，表2にまとめてある．全体としては，運動により，運動相当分あるいはそれ以上にTEEが大きくなっているようである．しかし，高齢者においては，運動を含むTEEが同じであった（＝NEATが減少した）というGoranらの研究[11]を含め，異なる傾向がみられる．運動量にみあった体力がなければ，NEATを減少させることによってエネルギー消費量を節約するのはある程度予想できることであり，減量時における運動の影響を考える上でも，非常に重要な示唆を与える結果である．

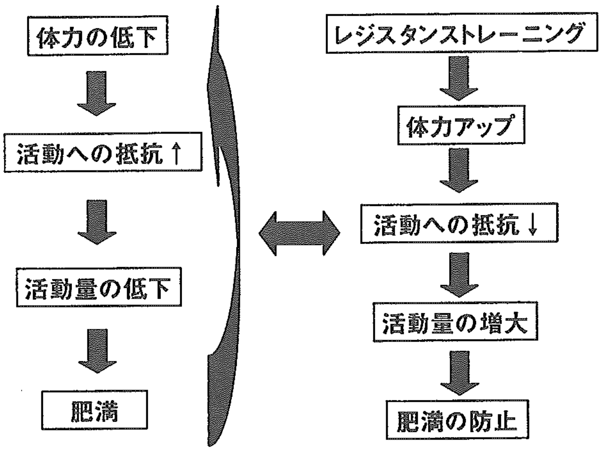

図2 Hunterの仮説

Hunterらは，レジスタンストレーニングにより，高齢者でもTEEが増加し[12]，また，有酸素能が高いと日常生活の様々な活動に関わりやすい[13]という結果を得ている．これらを踏まえ，図2のような仮説を提示している．一方，若年女性で，レジスタンストレーニングと持久性トレーニングいずれも，トレーニング期間前と終了後のTEEに差がみられなかったという報告もある[14]．現段階では，持久性トレーニングに比べレジスタンストレーニングに関する報告が少ない．持久性トレーニングを含め，どのような運動をどの程度行えば，どのような活動に変化がみられるか，対象特性を踏まえて検討する必要があると考えられる．

Ⅳ．運動がエネルギー基質に及ぼす影響

A．短期的な影響

運動時は，一般に低強度の運動ほど，また運動開始時より時間が経ってからの方が，糖質に比して脂質酸化の割合が大きい[15,16]．脂質酸化量には個人差も存在する．パフォーマンスの点では，脂質酸化の割合が大きければ，グリコーゲンの貯蔵量が保たれ，長時間の持続が可能となる．すなわち，脂質酸化に傾くほど有利となる．

ただし，脂質酸化量が少なかったとしても，グリコーゲン貯蔵量には限界があるため，長期的に糖質酸化に傾いたままでは，いずれはグリコーゲンが枯渇することになってしまう．実際には，脂質酸化量の割合が少ない運動を行った場合，運動後，脂質酸化の比重が大きくなり，その間にグリコーゲンを補充することとなる[15,16]．そうしたことから，ヒューマンカロリメーターで約1日にわたり，異なる運動強度（低強度と高強度）の影響をみた研究[17,18,19]ではいずれも，24時間当たりの脂質酸化量は，運動強度による差が検出されなかった．

B．長期的な効果

持久性運動に関しては，否定的な結果もあるものの，脂質利用率が大きくなるという報告が多い[16]．グリコーゲンの貯蔵量を保ち，より長期間にわたってエネルギー源を確保することによって効率的にエネルギー源を利用しようという一種の適応は，グリコーゲンローディングの原理でもある．

一方，レジスタンストレーニングに関するデータは少ない．レジスタンストレーニングを行っている者において，安静時[20]および24時間[21]での脂質酸化量が少ないという結果が得られている一方，高齢者で，26週にわたるレジスタンストレーニングにより，トレーニング終了から96時間後における安静時のRQが0.86±0.04から0.83±0.03へと低下した（脂質酸化量が増加した）という報告[12]もある．ただし，これらの研究においては測定前の食事を規定しておらず，ボディビルダーにおける日常の食事が低脂肪食[22]だからである可能性も否定できない．それに対し，測定前の食事を規定し，若年女性を対象としたレジスタンストレーニングによる介入後において，安静時のRQに変化がみられなかった（0.85±0.02→0.85±0.02）という報告[14]もみられる．

測定前の食事を規定し，ヒューマンカロリメーターを用いて高齢女性における16週間のレジスタンストレーニングの効果を検討した研究[23]では，24時間の脂質酸化量が42±6g/dから81±7g/d（resting Non-protein RQ (NPRQ)：0.87±0.02→0.81±0.02，24hNPRQ: 0.90±0.01→0.82±0.01）へと，ほぼ2倍に増加したという結果が得られている．この研究においては，トレーニング終了から22～44h後に測定を行っている．このように，レジスタンストレーニングによる長期的な影響に関する報告は少なく，結果にも大きなバラツキがみられる．

脂質酸化量は，身体組成や性別の他，エネルギーバランスおよびPFCバランスの影響を受ける[16]．したがって，脂質酸化能に対する慢性的な影響を評価する上では，測定前の食事の量およびバランスを規定する必要がある．特に，十分な知見の得られていないレジスタンストレーニングの影響に関して，上記のような点を踏まえた研究が求められている．

C．脂質酸化能は，肥満防止に有効か？

最大の脂質酸化量は，最大酸素摂取量の45～65%強度で得られる[15]ため，減量あるいは体重維持のためには中強度の運動がよいという言われることが多い．しかし，一定の食事を摂っていれば，脂質酸化に傾くには限界があるため，エネルギー消費量だけを考えれば十分であり，脂質酸化量はあまり問題にならないという考え方もありうる．体重変動が無い状態では，RQはFood Quotient (FQ) に等しいこと[24]も，その考え方を支持している．

しかし，エネルギー摂取量の運動に伴う変化量は，運

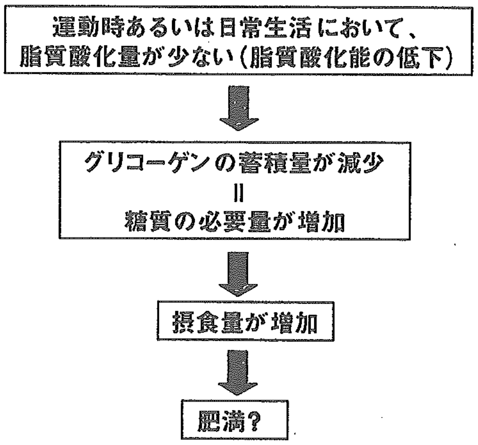

図3 脂質酸化量が肥満と関連する可能性

動時と非運動時のRQの差と強い相関がみられた（ΔRQ: 0.89, ΔRQ/FQ: 0.95）という報告がある[25]．このことは，運動後に脂質代謝が亢進する（＝RQが小さくなる）人は，エネルギー摂取量が増加しにくいことを示唆している．とすると，図3のようなメカニズムが考えられる．

また，グリコーゲン蓄積量を低く保つことによって，高脂肪食下で脂肪摂取量と対応するくらいに脂質酸化量が増加し，高脂肪食の摂取を埋め合わせる．このことから，高強度運動でグリコーゲン蓄積量を低く保つことによって，正の脂質バランスを防止し，結果として肥満を予防できる可能性はある[10]．逆に，糖質の摂取量が多い被験者では，身体活動量が多くなっていたという報告もある[26]．

これまで，安静時あるいは24時間当たりのRQと，その後の体重変動との関連を長期的に観察した研究はいくつかみられるが，そのうち，24時間当たりのRQを用いて検討したZurloら[27]など，一部の報告では，有意な相関が得られている．多くの研究では測定時のエネルギーバランスや体重変動が厳格に調節されておらず，それが研究間の結果の違いをもたらしている[28]とも考えられるが，実は，脂質酸化能が食事の摂取量を介して，肯定的な結果が得られた可能性もある．

このように，運動が脂質酸化量に及ぼす影響を考える上では，摂食に対する影響もあわせて検討する必要があるかもしれない．

謝辞

本稿作成に当たって，貴重なご意見をいただいた慶應義塾大学スポーツ医学センター・講師の勝川史憲先生，および東京都立大学大学院の緑川泰史氏に深く感謝いたします．

参考文献

1） 第一出版編集部：厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準（2005年版），第一出版社，東京，2005.
2） 田中茂穂: エネルギー摂取基準の考え方，体育の科学，55：273-277，2005.
3） 緑川泰史，安部孝：中高齢者のエネルギー・バランスと体重コントロール，体育の科学，53：179-184，2003.
4） Elia, M.: Organ and tissue contribution to metabolic rate, In: Kinney, J.M., H.N.Tucker, eds. Energy Metabolism. Tissue Determinants and Cellular Corrolaries, Raven Press, New York, pp.61-77, 1992.
5） Muller, M.J., A. Bosy-Westphal, D. Kutzner, M. Heller: Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies, Obes. Rev., 3: 113-122, 2002.
6） 児島康介，緑川泰史，安部孝：6ヶ月間のレジスタンス・トレーニングが骨格筋量と臓器重量に及ぼす効果，トレーニング科学，17：211-217，2005.
7） Westerterp, K.R.: Alterations in energy balance with exercise, Am. J. Clin. Nutr., 68: 970S-974S, 1998.
8） Speakman, J.R., C. Selman: Physical activity and resting metabolic rate, Proc. Nutr. Soc., 62: 621-634, 2003.
9） Hill, J.O., W.H.M. Saris, J.A. Levine: Energy Expenditure in Physical Activity, In Bray, G.A., C. Bouchard eds.: Handbook of Obesity. Etiology and Pathophysiology. Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York, pp.631-653, 2004.
10） Schrauwen, P., K.R. Westerterp: The role of high-fat diets and physical activity in the regulation of body weight, Br. J. Nutr., 84: 417-427, 2000.
11） Goran, M.I., E.T. Poehlman: Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons, Am. J. Physiol., 263: E950-E957, 1992.
12） Hunter G.R., C.J. Wetzstein, D.A. Fields, A. Brown, M.M. Bamman: Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults, J. Appl. Physiol., 89: 977-984, 2000.
13） Hunter, G.R., R.L. Weinsier, P.A. Zuckerman, B.E. Darnell: Aerobic fitness, physiologic difficulty and physical activity in Black and White women, Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord., 28: 1111-1117, 2004.
14） Poehlman E.T., W.F. Denino, T. Beckett, K.A. Kinaman, I.J. Dionne, R. Dvorak, P.A. Ades: Effects of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial, J. Clin. Endocrinol. Metab., 87: 1004-1009, 2002.
15） Achten J., A.E. Jeukendrup: Optimizing fat oxidation through exercise and diet, Nutrition, 20: 716-727, 2004.
16） Melby C.L., S.R. Commerford, J.O. Hill: Exercise, Macronutrient Balance, and Weight Control, In Murray R. and D.L. Lamb, eds.: Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Volume 11: Exercise Nutrition and Weight Control, pp.1-60, Cooper Publishing Co., Carmel, IN, 1998.
17） Treuth M.S., G.R. Hunter, M. Williams: Effects of exercise intensity on 24-h energy expenditure and substrate oxidation, Med. Sci. Sports Exerc., 28: 1138-43, 1996.
18） Melanson E.L., T.A. Sharp, H.M. Seagle, T.J. Horton, W.T. Donahoo, G.K.Grunwald, J.T. Hamilton, J.O. Hill: Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrient oxidation, J. Appl. Physiol., 92: 1045-52, 2002.
19） Saris W.H., P. Schrauwen: Substrate oxidation differences between high- and low-intensity exercise are compensated over 24 hours in obese men, Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord., 28: 759-65, 2004.
20） Broeder C.E., K.A. Burrhus, L.S. Svanevik, J.H. Wilmore: The effects of either high-intensity resistance or

endurance training on resting metabolic rate, Am. J. Clin. Nutr., 55: 802-810, 1992.

21) Bosselaers I, B. Buemann, O.J. Victor, A. Astrup: Twenty-four-hour energy expenditure and substrate utilization in body builders, Am. J. Clin. Nutr., 59: 10-12, 1994.

22) Poehlman E.T., A.W. Gardner, P.A. Ades, S.M. Katzman-Rooks, S.M. Montgomery, O.K. Atlas, D.L. Ballor, R.S. Tyzbir: Resting energy metabolism and cardiovascular disease risk in resistance-trained and aerobically trained males, Metabolism, 41: 1351-60, 1992.

23) Treuth M.S., G.R. Hunter, R.L. Weinsier, S.H. Kell: Energy expenditure and substrate utilization in older women after strength training: 24-h calorimeter results, J. Appl. Physiol., 78: 2140-2146, 1995.

24) Flatt J.P.: Use and storage of carbohydrate and fat, Am. J. Clin. Nutr., 61: 952S-959S, 1995.

25) Tremblay A., G. Plourde, J.P. Despres, C. Bouchard: Impact of dietary fat content and fat oxidation on energy intake in humans, Am. J. Clin. Nutr., 49: 799-805, 1989.

26) Westerterp K.R., W.P. Verboeket-van de Venne, C.V. Bouten, C. de Graaf, K.H. van het Hof, J.A. Weststrate: Energy expenditure and physical activity in subjects consuming full-or reduced-fat products as part of their normal diet, Br. J. Nutr., 76: 785-95, 1996.

27) Zurlo F., S. Lillioja, A. Esposito-Del Puente, B.L. Nyomba, I. Raz, M.F. Saad, B.A. Swinburn, W.C. Knowler, C. Bogardus, E. Ravussin: Low ratio of fat to carbohydrate oxidation as predictor of weight gain: study of 24-h RQ, Am. J. Physiol., 259: E650-7, 1990.

28) Weinsier R.L., G.R. Hunter, P.A. Zuckerman, B.E. Darnell: Low resting and sleeping energy expenditure and fat use do not contribute to obesity in women, Obes. Res., 11: 937-44, 2003.

Question
運動習慣者とは？

運動習慣者の定義とその割合について教えてください．

Answer

田中茂穂
(国立健康・栄養研究所
健康増進研究部)

運動習慣を考えるうえでは，まず「運動（Exercise）」を定義することが必要です．国際的には，1984年に行われたアメリカ疾病予防センター（CDC）のワークショップで採用された定義[1)]が一般的です．アメリカスポーツ医学会（ACSM）でも，この定義をそのまま採用しています．

ただし，1990年代に入ってから，必ずしも運動ではなく日常的な活動でも，エネルギー消費量を増加させれば生活習慣の予防や改善などに効果があることを重要視するようになりました[2)]．そこで，運動のみならず，身体活動（physical activity）全体をとらえる方向に変わってきています．身体活動には，運動やスポーツのほか，労働や家事，余暇活動など，日常生活におけるすべての活動が含まれます．しかし，現実的には，運動のほか，ガーデニングのような余暇活動や，掃除などの家事，仕事，通勤等による歩行など，中強度（3～6 METs程度）以上の活動が対象とされ，また多くの場合，中強度の身体活動が推奨されています．一方，心肺機能をはじめとする体力の向上には，運動が有効と考えられています[3)]．

日本で，運動習慣に関して全国的に継続して行われている調査としては，国民健康・栄養調査（旧：国民栄養調査）[4)]や笹川スポーツ財団による調査[5)]があります．

前者では，運動に関しては特に定義がなされていませんが，運動習慣については，「週2回以上，1回30分以上の運動を継続して1年以上行っていること」としています．その結果を，表に示しました．最新の調査によると，運動習慣があるのは全対象者の約30%です．中年の男性および若い女性において運動習慣者の割合が小さく，高齢者がよく運動していることがうかがえます．また，調査の始まった昭和61年と比較すると，健康に対する関心が高く比較的時間のゆとりがある高齢者において，運動習慣者の割合が大きくなっています．

一方，笹川スポーツ財団は，1992年から隔年で「スポーツライ

運動（Exercise）
身体活動（physical activity）

表 国民（健康）栄養調査による運動習慣者の割合(%)

	(1986年)	(1993年)	(2003年)
男性 全体	18.7	24.3	30.3
20〜29歳	22.4	30.5	23.0
30〜39歳	15.2	18.8	22.6
40〜49歳	14.9	19.1	20.5
50〜59歳	14.8	22.3	23.3
60〜69歳	24.5	25.6	40.7
70歳以上	28.0	36.0	39.2
女性 全体13.4	13.4	20.9	25.5
20〜29歳	9.9	17.4	15.6
30〜39歳	11.0	15.1	13.7
40〜49歳	11.9	19.3	17.8
50〜59歳	13.0	21.6	28.3
60〜69歳	19.4	27.3	36.5
70歳以上	17.4	25.0	29.7

フに関する調査」を実施しており[5]，その中で，運動・スポーツの実施率を尋ねています。

文 献

1) Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM : Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* **100** (2) : 126-131, 1985.
2) Pate RR, Pratt M, Blair SN, *et al.* : Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* **273** (5) : 402-407, 1995.
3) American College of Sports Medicine Position Stand : The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* **30** (6) : 975-991, 1998.
4) 厚生労働省：国民健康・栄養調査.
5) 笹川スポーツ財団：スポーツライフ・データ 2004, 2004.

運動（Exercise）： 体力を維持あるいは改善するために行われる，計画的・組織的・継続的な身体の動作.
身体活動（physical activity）： 骨格筋の活動により安静時よりも多くのエネルギー消費を伴う身体の状態.

運動は，身体活動の一部であり，両者を区別する必要があります．日本では，「週2回以上，1回30分以上の運動を継続して1年以上行っていること」という国民健康・栄養調査の運動習慣の定義が最も一般的です．運動習慣のある者は高齢者に多く，また高齢者において最近は増加傾向となっています．

連載 1 肥満の評価と予防のためのエビデンス

肥満の定義

田中 茂穂

肥満の予防は，生活習慣病対策において最重要課題のひとつである．それにも関わらず，一部の集団を除いて肥満は増加の一途をたどっている．たとえば，アメリカではbody mass index（BMI＝体重÷身長^2（kg/m^2））が25kg/m^{2}を越える者が成人の65％，30kg/m^{2}を越える者が31％に達した（1999～2002年の調査）[1]．日本でも，中年男性をはじめ，多くの性・年代で肥満者（BMIが25kg/m^{2}以上）の割合が増加している[2]．

また最近は，メタボリックシンドロームの診断基準が日本および国際的にも決定したところである[3,4]が，いずれも，内臓脂肪の増加をマルチプルリスクファクターの源流とする考え方に基づいており，腹囲が診断基準に含まれている．

肥満については，レプチンの発見以降，さまざまな遺伝子の変異との関連が明らかになるとともに，アディポネクチンなどのアディポサイトカインが多数発見され，それらの機能に関して飛躍的に研究が進んだ．その一方で，現在利用されている体脂肪の量や分布，エネルギーバランスの評価法には，いまだ問題が多い．また，肥満の予防において，太りにくい生活習慣の身につけ方はもとより，どのような身体活動をどの程度行なえばよいのか，あるいは，どのような食事の摂り方がよいかという基本的なことすら，専門家の間で議論が続いている．

そこで本連載においては，12回にわたって，肥満の現状，評価法，および予防法に関する科学的な研究成果を幅広く紹介することとする．

1．肥満判定が体脂肪率によらない理由

「肥満」とは，「身体に脂肪が過剰に蓄積した状態」とされる．そうした本来の定義からすると，肥満は，以下のような指標で評価するのが望ましい．

①体脂肪量を体重で除した体脂肪率．

②体脂肪量を体格で補正した体脂肪指数（例：体脂肪量を身長の2乗で除したFat mass index[5]）．

しかし，身体組成を正確に測定するのは一般に容易ではなく，測定法によって系統的な誤差も存在する[6]．また，本来は無作為抽出されたコホートを対象に前向き研究を行ない，その結果に基づいて体脂肪率の最適値を決定するべきであるが，正確に体脂肪率を測定しようとするほど，このような研究を実施することは難しくなる．それに対し，体重と身長から得られた指標でも体脂肪率や体脂肪量とある程度相関し，また非常に簡便である．そのため，BMIを用いた大規模調査は，欧米を中心に数多くの横断的あるいは縦断的な報告がみられる．そこで，肥満の判定は，体格指数を

筆者：たなか しげほ（独立行政法人国立健康・栄養研究所健康増進研究部）
0039-8985/06/￥250/JCLS

用いることとなっている．

2. BMIを肥満判定に用いる根拠

かつては，いわゆる「標準体重」を用いて算出した「肥満度」が肥満の判定に用いられることが多かった．しかし，WHOやアメリカのNHLBI，日本肥満学会を含む各国の肥満学会等は，簡単に計算ができ，国際比較のしやすいBMIを肥満判定に使うよう統一した（表1）[7,8]．

体格指数に関する詳細は別稿[9]にゆずるが，特にBMIが使われるのは，以下の理由である．

①身長との相関がない（身長によって値がほとんど変わらない）．

②体脂肪率との相関が比較的強い．

③そうした利点から，国際的に長年使用され，疾病などとの関係に関する報告が多い．

欧米では，死亡率との関係から[10]，日本では，各個人の罹病指数（異常値の有無を得点化したもの）との関係から[11]，BMIの理想値を22としている．また，高血圧・高脂血症・高血糖症の出現頻度とBMIとの関係を分析した多施設共同研究[12]によると，BMIが20～24kg/m^{2}未満を基準として，BMIがおよそ25kg/m^{2}から27kg/m^{2}でオッズ比が2倍となった．これらの結果に基づいて，日本肥満学会では，BMIが25kg/m^{2}以上を肥満とすることとした[8]．ただし，それらと異なる報告もある[13]．

3. BMIの問題点

他の体格指数も同様であるが，BMIは，体脂肪量のみならず除脂肪量も反映し，標準体重に分類される者においても，幅広い体脂肪率や内臓脂肪量が観察される．たとえば，Hannan[14]によると，BMI 20kg/m^{2}に対応する体脂肪率の95％信頼区間は，思春期女性の場合18～33％，成人女性の場合13～32％とかなり大きい．そのため，標準体重者の中でも，体脂肪あるいは内臓脂肪が多く生活習慣病のリスクファクターを有する者が存在する[15,16]．また，BMIの経年変化は必ずしも身体組成の経年変化を反映しているとは限らない[17]．後述するように，子どもの場合，標準値が変動するという問題もある．

表1 WHO/NHLBIおよび日本における肥満の判定基準（表中はBMIの値（kg/m^2））．

肥満の分類	WHO/NHLBI	日本
Underweight	- 18.4	- 18.4
Normal	18.5 - 24.9	18.5 - 24.9
Preobese/Overweight	25.0 - 29.9	
Obesity Ⅰ	30.0 - 34.9	25.0 - 29.9
Obesity Ⅱ	35.0 - 39.9	30.0 - 34.9
Obesity Ⅲ	40.0 -	35.0 - 39.9

4. 肥満の判定基準の国際比較

日本で，WHOと同じ基準で肥満を判定すると，肥満者の割合はわずかに約3％程度となる[2]．しかし，上記のように日本は他国とは異なる肥満の判定基準を採用している．この動きはアジアでもみられる．日本や中国人の結果を踏まえて，Asia-Pacific region向けに，肥満と判定するBMIの境界値をWHOの基準より下げることが提案された[18]．その基準は，日本とほぼ同様であるが，23～25kg/m^{2}を“At risk”としている．その後，アジア人のデータを再検討した結果，アジア人として統一した境界値は決めず，各対象集団にあった境界値を適切な方法で決めることとした[19]．

日本人におけるBMIの基準が欧米と異なる背景として，BMIと体脂肪率との関係がアジア人と欧米人で異なることが考えられた[20]．しかし，日本人についての報告に限っては，欧米人とはほとんど差がみられないようである（表2，3）[19,21]．

一方，日本人と欧米人を対象としたメタアナリシスによると，日本人は白人と比較し，腹部皮下脂肪量に比して腹部内臓脂肪量が多い[22]．その他，インスリン分泌能など生理的な民族差が背景にあると考えられる．

なお，メタボリックシンドロームの新しい国際

表2 BMIに相当する体脂肪率の人種間比較（数字は体脂肪率（%））（文献21）

BMI	女性			男性		
	黒人	日本人	白人	黒人	日本人	白人
20～39歳						
18.5	20	25	21	8	13	8
25	32	35	33	20	23	21
30	38	40	39	26	28	26
40～59歳						
18.5	21	25	23	9	13	11
25	34	36	35	22	24	23
30	39	41	41	27	29	29
60～79歳						
18.5	23	26	25	11	14	13
25	35	36	38	23	24	25
30	41	41	43	29	29	31

表3 白人およびアジア人それぞれにおける体脂肪率とBMIとの関係から求められたアジア人のBMIの境界値（文献19）

対象集団	Overweight		Obesity	
	方法1	方法2	方法1	方法2
中国	24	25	29	30
中国（香港）	23	22	27	27
インドネシア	24	22	26	27
日本	25	24	30	29
シンガポール	22	23	27	27
タイ（都市）	25	23	30	28
タイ（農村）	27	25	31	30

方法1：白人におけるBMI = 25あるいは30kg/m²に対応する，アジア人の体脂肪率から換算したBMI．
方法2：BMIを従属変数，性・年齢・体脂肪率と対象集団（国）を独立変数とした共分散分析より求めたBMI．

基準では，中心型肥満（central obesity）の判定を民族ごとに定められた腹囲で行なうこととなっている[4]．これは，体格・体型の民族差を考慮するためである．ただし，日本においてのみ女性の方が大きい値となっているのは，他国が腹部最小囲であるのに対し，日本が臍部周囲径となっているのが原因である．

5. 肥満症の定義

「肥満は病気か？」という議論はたびたび繰り返されてきた．欧米では，一般に，病気ではなくリスクファクターであると考えられてきた．しかし，日本肥満学会は「肥満症」という日本独自の概念を導入した[8, 23]．

肥満症は，「肥満」とは区別される．肥満と判定された者（BMIが25kg/m²以上）のうち，①肥満に関連した健康障害を有するか，②内臓脂肪型肥満で健康障害を有するリスクが高いと判断される場合に，「肥満症」と診断される．腹囲が男性85cm，女性90cm以上であると上半身肥満が疑われ，腹部内臓脂肪断面積が100cm²以上であると内臓脂肪型肥満で肥満症と診断される（図1）．

6. 子どもにおける肥満の判定

日本においては，学校保健統計の性別・年齢別・身長別の平均体重，あるいはそれらのデータに基づいて作成した村田の標準体重[24]等が標準体重として利用可能である．それを使って求めた肥満度は，発育に伴う体型の変化に対応できる．その場合，20%以上を軽度肥満とする．

子どもにおける体格指数の問題は，年齢とともに値が大きく変動することである．これまでは，幼児期にはBMIが，小学校入学以降はローレル

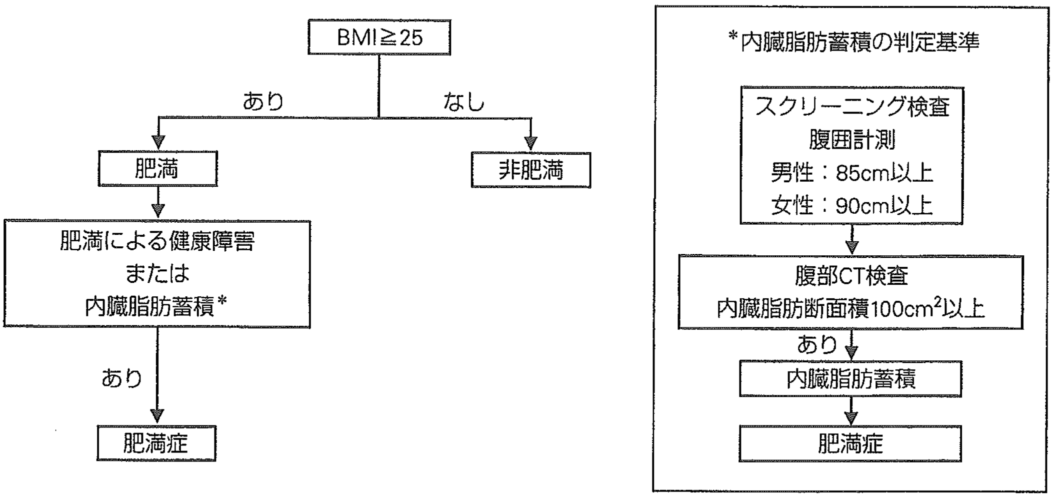

図1　肥満症診断のフローチャート

指数が主に使用されてきた[24]．しかし，国際的な流れを受けて最近は，BMIのパーセンタイル曲線を用いる方向に向かっている．国際的には，Cole[25]，あるいはアメリカ・CDC（Centers for Disease Control and Prevention）[26]の作成したパーセンタイル曲線が利用されている．日本でも，学校保健統計調査結果に基づいて，廣原ら[27]，伊藤ら[28]がBMIのパーセンタイル曲線などを発表している．そこでは90，95パーセンタイル値を肥満の基準とする[29]．なお，小児についても肥満症の診断基準があり，標準体重の50％以上が基準のひとつとなっている[30]．

［文　献］

1) Hedley AA, et al : Prevalence of overweight and obesity among US children, adolescents, and adults, 1999-2002. JAMA, 291 : 2847—2850, 2004
2) 健康・栄養情報研究会：国民栄養の現状平成14年厚生労働省国民栄養調査結果．第一出版，2004
3) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会：メタボリックシンドロームの定義と診断基準．日内会誌，94 : 188—203, 2005
4) The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. Available at : http://www.idf.org/webdata/docs/IDF_Metasyndrome_definition.pdf
5) Hattori K, et al : Assessment of body composition by using a new chart method. Am J Hum Biol, 9 : 573—578, 1997
6) Heymsfield SB, et al : Evaluation of total and regional adiposity, pp33—79. In : Bray GA, et al eds, Handbook of Obesity : Etiology and Pathophysiology, Marcel Dekker, 2004
7) World Health Organization : Obesity : Preventing and Managing the Global Epidemic. World Health Organization, 1997
8) 松澤佑次ほか：新しい肥満の判定と肥満症の診断基準．肥満研究，6 : 18—28, 2000
9) 田中茂穂：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—．日本臨床，61（増刊号 6）: 351—356, 2003
10) Manson JE, et al : Body weight and longevity. A reassessment. JAMA, 257 : 353—358, 1987
11) Matsuzawa Y, et al : Simple estimation of ideal body weight from body mass index with the lowest morbidity. Diabetes Res Clin Pract, 10 : S159—S164, 1990
12) 吉池信男ほか：Body Mass Indexに基づく肥満の程度と糖尿病，高血圧，高脂血症の危険因子との関連—多施設共同研究による疫学的検討．肥満研究，6 : 4—17, 2000
13) Flegal KM, et al : Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. JAMA, 293 : 1861—1867, 2005
14) Hannan WJ, et al : Body mass index as an estimate of body fat. Int J Eat Disord, 18 : 91—97, 1995
15) Tanaka S, et al : Is adiposity at normal body weight relevant for cardiovascular disease risk? Int J Obes Relat Metab Disord, 26 : 176—183, 2002

16) Tanaka S, et al : Sex differences in the relationships of abdominal fat to cardiovascular disease risk among normal-weight white subjects. Int J Obes Relat Metab Disord, 28 : 320—323, 2004
17) Tanaka S, et al : Change of body composition in about eight years among Japanese university students. J Nutr Health Aging, 3 : 165—168, 1999
18) WHO/IASO/IOTF : The Asia-Pacific Perspective: Redefining Obesity and its Treatment. Health Communications Australia Pty Ltd, 2000
19) WHO Expert Consultation : Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. Lancet, 363 : 157—163, 2004
20) Deurenberg P, et al : Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat per cent relationship. Obes Rev, 3 : 141—146, 2002
21) Gallagher D, et al : Healthy percentage body fat ranges : an approach for developing guidelines based on body mass index. Am J Clin Nutr, 72 : 694—701, 2000
22) Tanaka S, et al : Ethnic differences in abdominal visceral fat accumulation between Japanese, African-Americans, and Caucasians : a meta-analysis. Acta Diabetol, 40 : S302—S304, 2003
23) Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan ; Japan Society for the Study of Obesity : New criteria for 'obesity disease' in Japan. Circ J, 66 : 987—992, 2002
24) 村田光範：こどもの肥満 第二版．日本小児医事出版社，1999
25) Cole TJ, et al : Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide : international survey. Br Med J, 320 : 1240—1243, 2000
26) Centers for Disease Control and Prevention: Prevalence of overweight among children, adolescents, and adults-United States, 1988-1994. MMWR Morb Mort Wkly Rep, 46 : 199—202, 1997
27) 廣原紀恵ほか：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, 2001
28) 伊藤けい子ほか：BMIを用いた小児肥満の判定．肥満研究，8 : 268—72, 2002
29) 日本肥満学会編：小児の肥満症マニュアル．医歯薬出版，2004
30) Asayama K, et al : Criteria for medical intervention in obese children : A new definition of 'Obesity disease' in Japanese children. Pediatr Int, 45 : 642—646, 2003