

## 連載

## 運動・身体活動と公衆衛生(5)

## 「日常生活における生活活動評価の重要性」

(独)国立健康・栄養研究所 健康増進プログラム  
エネルギー代謝プロジェクトリーダー  
田中 茂穂

## 1. 「健康づくりのための運動基準2006」の特徴

厚生労働省は、2006年に「健康づくりのための運動基準2006」および「健康づくりのための運動指針2006（エクササイズガイド2006）」を策定した。その特徴の一つは、“運動”と“身体活動”それぞれについて、生活習慣病の予防に必要な基準値を提示したことである。海外では、CDC/ACSMが1995年に、“運動”から“身体活動”を対象に切り替えたガイドラインを出している<sup>1)</sup>。しかし、日本のガイドラインで、運動に限らない身体活動全体をここまで重視したのは、今回が初めてである。

なお、身体活動とは、「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」であり<sup>2)</sup>、とくに健康増進や体力の維持・増進を目的とした計画的・組織的で継続性のある“運動”と、それ以外の余暇・家事・仕事からなる“生活活動”に大別できる。

## 2. 身体活動によるエネルギーは、一日当たりのエネルギー消費量の平均30%程度

一日当たりのエネルギー消費量（total energy expenditure：TEE）を基礎代謝量で除して得られる身体活動レベル（physical activity level：PAL）は、一般におよそ1.4から2.2の幅に分布する<sup>3)</sup>。PALは、食事に伴う熱産生（食事誘発性体熱産生）も含んでいるものの、主に身体活動量によって決定される。日本人におけるPALの平均値である1.75から逆算すると、基礎代謝量はTEEの約60%に相当する。食事誘発性体熱産生をTEEの約10%と仮定すると、身体活動によるエネルギーは、平均30%程度（PALの1.4から2.2に対応する範囲：およそ20～45%）に相当する。また、一般にPALの標準偏差は0.2を越える。標準的な体格であれば基礎代謝量は1,400 kcal/日程度なので、このばらつきはおおよそ±300 kcal/d（標準偏差）に相当する。測定誤差を考慮するために、分散の半分が真の個体間活動と仮定しても、おおよそ±220 kcal/dとなる。

## 3. 運動が一日当たりのエネルギー消費量に占める割合は小さい

運動習慣によって大きな個人差はあるものの、運動がTEEに占める割合は、一般に小さい。最も多い運動形態はウォーキングであるが、たとえば、運動として30分間の速歩を週5回実施しても、それによって付加されるエネルギーは、一日当たりに換算するとおよそ $(4-1) \times 30 \times 5 \div 7 \approx 65$  kcalにしかない。これは、TEEのわずか3%程度である。

しかも、国民健康・栄養調査<sup>4)</sup>によると、1回30分以上の運動を週2日以上実施している人は、おおよそ30%程度でしかない。30分未満の運動あるいは週1回の運動を実施している人がいる一方で、上記の30%の人の何割かは、週2回程度しか運動を実施しておらず、残りの5日は運動を実施していないかもしれない。

こうして考えると、TEEに占める運動の割合は、平均して3%かそれ以下である可能性は非常に高いと考えられる。身体活動のエネルギーがTEEの約30%程度であるので、「身体活動の大部分は、運動以外の身体活動である」と考えられる。

## 4. 運動以外の身体活動（NEAT）とは？

運動以外の身体活動（Nonexercise activity thermogenesis：NEAT）は、必ずしも新しい概念ではない。しかし、NEATに関する論文<sup>5)</sup>が1999年にScienceに掲載されたのをきっかけに、国際的に注目されるようになっていく。

NEATは、姿勢の保持（座位や立位を含む）や、掃除・洗濯を含む家事、買い物・通勤などにおける歩行、庭仕事などの余暇活動、工作中における荷物の運搬など、低～中強度を中心に様々な活動が含まれる<sup>6)</sup>。

NEATの構成要素としてfidgeting（そわそわ動き）も含まれる。ヒューマンカロリーメーター（エネルギー代謝測定室）内でも100～800 kcal/日のNEATが報告されている<sup>7)</sup>。日常生活については、

この2~3倍程度のバラツキとなるが、両者には有意な相関がみられる<sup>8,9)</sup>。

様々な対象者におけるDLW法の結果に基づいて推定すると、NEATは最大で一日に2,000 kcal程度にまでおよぶと考えられる<sup>6)</sup>。

### 5. NEATが肥満予防に果たす役割

NEATは、平均値や変動幅が大きいだけでなく、肥満にも関与している可能性が示唆されている。先に述べた論文で、Levineは、1日1,000 kcal/日もの過食を8週間続けるという実験を行った<sup>5)</sup>。その1,000 kcal/日がどのように利用されたかを、身体組成やエネルギー消費量の測定値から推定した。その結果、平均して39%が体脂肪に変わっていたが、その次に割合が大きかったのは、運動以外の身体活動であった。また、この過食実験により体脂肪が増加した割合に大きな個人差がみられたが、この個人差と関連していたのは、基礎代謝量や食事誘発性体熱産生の変化量ではなく、NEATの変化量であった。すなわち、過食した時に、NEATが増加するかどうかによって太るかどうかが決定されるという結果であった。

Levineは、その後、肥満者と非肥満者で、日常生活における姿勢とエネルギー消費量を比較した<sup>10)</sup>。その結果、肥満者は平均して座位の時間が約2時間半長く、それによるエネルギー消費量の差は352 kcal/日に及ぶと推定している。また、肥満者がやせたり非肥満者が太ったりしてもその傾向は変わらなかったため、遺伝的に姿勢が決定されているのではないかと考察している。

最近、客観的な測定装置 (IDEAA) を用いて、日常生活における姿勢別の所要時間を肥満女性と非肥満女性との間で比較した結果が報告された<sup>11)</sup>。その結果も、Levineらと同じく、肥満者の座位時間が非肥満者より約2.5時間/日多いというものであった。以上のように、NEATも肥満と関連している可能性がある。

一方、高齢者において、二重標識水 (doubly labeled water : DLW) 法により評価した身体活動量が多いほど総死亡率が低かったという縦断的な研究結果も、最近報告されている<sup>12)</sup>。

### 6. 歩行以外の身体活動

現時点では、身体活動、とくにNEATを正確に定量化することは難しい<sup>6,13)</sup>。その原因の一つとして、歩行以外の身体活動が、これまで十分に考慮されなかったことがある。

ヒューマンカロリーメーターで運動を含まない生活

を送ると、PALは1.3~1.4程度である<sup>14)</sup>が、1.75程度のPALとなるようにするには、約80 m/分程度の普通歩行を約3時間程度行う必要がある<sup>15)</sup>。しかし、標準的な歩数から推定すると、1日に歩いている時間 (室内歩行を含む) は1~1.5時間程度にしかない。したがって、日常生活においては、必須活動と歩行以外に、残りの1.5~2時間程度の普通歩行に相当するだけの身体活動があるはずである。現在市販されている歩数計タイプの加速度計を用いた場合、DLW法と比較して、平均しておよそ20% (10~35%以上) もTEEが過小評価される<sup>13)</sup>のは、こうしたことが主な理由であると考えられる。

ちなみに、若年男性におけるTEEの平均は約2,500 kcal/日である。また、先に述べたように、身体活動に要するエネルギーは、平均してTEEの約30%である。したがって、歩行以外の身体活動に要するエネルギーは、およそ500 kcal/日、身体活動のうちの約2/3に相当すると考えられる。これだけのエネルギーを見過ごすのは問題だと思われる。

### 7. 歩行以外の身体活動の評価

このように、運動や歩行より絶対量やバラツキの大きいNEAT、あるいは歩行以外の身体活動も重要であると考えられる。これまでの加速度計では歩行と歩行以外を区別できず、歩行・走行で検討した加速度からの推定式は、家事などの生活活動 (lifestyle activity) を過小評価する傾向にあった<sup>16)</sup>。その結果として、歩行時の加速度とエネルギー消費量との関係式からTEEを推定すると過小評価するのに対し、生活活動から得られた関係式を用いると、必ずしもそうではないという報告もある<sup>17)</sup>。

その解決策が模索されているが、我々は、3次元加速度計を用いて、両者を区別する方法を検討してきた。歩行・走行時は、速度・強度が大きくなるほど、特に垂直方向の加速度が大きくなる。それに対して、生活活動では、水平方向に比べ垂直方向の値はそれほど大きくならない。そこで、垂直方向と水平方向の加速度の比を用いて、歩行・走行タイプと生活活動タイプを判別する方法を考案した<sup>18,19)</sup>。その後、オムロンヘルスケア(株)と共同で、より優れた判別法を見出し、製品化に成功した (Active style Pro HJA-350IT)。これは、歩行では身体の傾斜の変化がないのに対し、生活活動ではあることを利用したものである。これを用いると、先に述べたTEEの過小評価もほぼ解決する。

このように、加速度計により身体活動強度を正確に推定するためにも、また、身体活動のタイプを客観的に評価するためにも、歩行と歩行以外の身体活

動を区別することは重要である。

### 8. NEATの客観的な評価の必要性

質問紙法は、二重標識水(DLW)法などの妥当基準と比較すると、平均値が一致することはあるものの、多くの場合、相関は弱い<sup>20,21)</sup>。したがって、集団の平均値を推定することは可能であっても、個人間差をみるには適当ではない。そのため、たとえば身体活動量と生活習慣病のリスクとの関連を検討するような場合には、Warehamら<sup>22)</sup>やBlairら<sup>23)</sup>も述べているように、質問紙法よりは、加速度計や歩数計、DLW法などの、より客観的で正確な方法を用いる方が望ましい。もちろん、これらによる身体活動量評価の妥当性が保証されていることが前提であるし、質問紙法の更なる工夫も必要である。

### まとめ

以上、本稿をまとめると以下の通りである。

- 身体活動の大部分は、運動ではなく、運動以外の身体活動(NEAT)である。
- NEATの個人間差は非常に大きい。
- 歩行より歩行以外の身体活動の方が多。
- したがって、従来関心がもたれてきた運動や歩行だけでなく、NEATや「歩行以外の身体活動」にも着目する必要がある。
- 質問紙調査では個人間差を十分にとらえられないので、疫学調査でも、加速度計や歩数計、DLW法など、なるだけ客観的かつ正確な方法を用いる必要がある。

正確な方法を用いて調査することができたら、「やはりNEATより運動が、あるいは歩行以外の活動より歩行が重要だ」という結果が得られるのかもしれない。しかし、絶対量や個人差が大きいにも関わらず、NEATおよび歩行以外の身体活動について、これまで十分に注目されてこなかっただけに、今後は、これらの評価法や肥満・生活習慣病との関連を検討していく必要がある。

今回は、「運動行動からみた健康支援；運動疫学から社会疫学への展開」について、九州大学健康科学センターの熊谷秋三先生にご報告いただく予定です。

### 文 献

- 1) 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* 1995; 273 (5): 402-407.
- 2) Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985; 100 (2): 126-131.
- 3) 第一出版編集部編：厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準(2005年版)。東京：第一出版，28-38，2005。
- 4) 健康・栄養情報研究会編。厚生労働省国民健康・栄養調査報告(平成16年)。東京：第一出版，2006。
- 5) Levine JA, Eberhardt NL, Jensen MD. Role of nonexercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans. *Science* 1999; 283 (5399): 212-214.
- 6) Levine JA. Nonexercise activity thermogenesis-liberating the life-force. *J Intern Med* 2007; 262 (3): 273-287.
- 7) Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, et al. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest* 1986; 78 (6): 1568-1578.
- 8) Snitker, S. Tataranni PA, Ravussin E. Spontaneous physical activity in a respiratory chamber is correlated to habitual physical activity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25 (10): 1481-1486.
- 9) Westerterp KR, Kester AD. Physical activity in confined conditions as an indicator of free-living physical activity. *Obes Res* 2003; 11 (7): 865-868.
- 10) Levine JA, Lanningham-Foster LM, McCrady SK, et al. Interindividual variation in posture allocation: possible role in human obesity. *Science* 2005; 307 (5709): 584-586.
- 11) Johannsen DL, Welk GJ, Sharp RL, et al. Differences in daily energy expenditure in lean and obese women: the role of posture allocation. *Obesity* 2008; 16 (1): 34-39.
- 12) Manini TM, Everhart JE, Patel KV, et al. Daily activity energy expenditure and mortality among older adults. *JAMA* 2006; 296 (2): 171-179.
- 13) 田中茂穂：間接熱量測定法による1日のエネルギー消費量の評価。体力科学 2006; 55 (5): 527-532。
- 14) 田中茂穂，山村千晶，二見 順ら：ヒューマンカロリメーターを用いて測定した座位中心の生活における1日あたりのエネルギー消費量。日本栄養・食糧学会誌 2003; 56 (10): 291-296。
- 15) de Jonge L, Nguyen T, Smith SR, et al.: Prediction of energy expenditure in a whole body indirect calorimeter at both low and high levels of physical activity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25 (7): 929-934.
- 16) Matthews CE. Calibration of accelerometer output for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37 (11 Suppl): S512-S522.
- 17) Leenders NY, Sherman WM, Nagaraja HN. Energy expenditure estimated by accelerometry and doubly labeled water: do they agree? *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38 (12): 2165-2172.
- 18) Tanaka C, Tanaka S, Kawahara J, et al. Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children. *Obesity* 2007; 15 (5): 1233-1241.
- 19) Midorikawa T, Tanaka S, Kaneko K, et al. Evaluation

- of low-intensity physical activity by triaxial accelerometry. *Obesity* 2007; 15 (12): 3031-3038.
- 20) 山村千晶, 田中茂穂, 柏崎 浩, 身体活動量に関する質問票の妥当性について. *栄養学雑誌* 2002; 60 (6): 265-276.
- 21) Nielsen HK, Robson PJ, Friedenreich CM, et al. Estimating activity energy expenditure: how valid are physical activity questionnaires? *Am J Clin Nutr* 2008; 87 (2): 279-291.
- 22) Wareham NJ, van Sluijs EM, Ekelund U. Physical activity and obesity prevention: a review of the current evidence. *Proc Nutr Soc* 2005; 64 (2): 229-247.
- 23) Blair SN, Haskell WL. Objectively measured physical activity and mortality in older adults. *JAMA* 2006; 296 (2): 216-218.
-