

【特集：身体活動量評価の現状と意義】

疫学研究における身体活動量評価の意義

辻 一郎¹⁾東北大学大学院医学系研究科公衆衛生学分野¹⁾

1. 身体活動の意義

身体活動 (Physical activity) の健康影響に関する研究は、疾病発生に及ぼす影響、障害発生に及ぼす影響、医療費・社会保障資源に及ぼす影響という3つの次元から要約することができる。疾病予防サービスの有効性を包括的に検証した米国予防サービス特別委員会 (U.S. Preventive Services Task Force) 報告¹⁾では、冠血管性心疾患、高血圧、肥満、インシュリン非依存性糖尿病、骨粗鬆症、そしてメンタルヘルス (うつ・不安の軽減、全般的な良好感やセルフ・エフィカシーの改善など) については、身体活動が罹患率・死亡率を減少させるとする十分な根拠があると述べられている。さらに身体活動量と全死亡リスクとの間に有意な負の相関があることも、多くの疫学研究で認められている²⁾。

運動不足は高齢者における日常生活動作 (ADL) 要介護発生の危険因子でもある。運動習慣のある者に比べて、運動不足の者が ADL 要介護となるオッズ比は 1.2 から 1.8 のレベルであった。身体機能障害の発生による運動不足の影響は、喫煙や肥満のそれよりも高かった^{3)~6)}。また、アメリカのコホート研究によると、高齢者の健康寿命 (ADL に自立した生存期間) の長さや死亡前の要介護期間の短さに最も強い影響を及ぼす生活習慣因子が、身体活動であった⁷⁾。

身体活動の2つの効果-疾病予防と障害予防-により、医療費を始めとする社会保障資源利用の低下が期待される。近年、生活習慣が医療利用・医療費に及ぼす影響に関する実証的な疫学研究が世界的に発展しており、身体活動が医療費に及ぼすインパクトが注目されている^{8) 9)}。

著者らは、宮城県大崎保健所管内1市13町に住む40歳から79歳までの国民健康保険加入者全員約5万名を対象とするコホート研究により、生活習慣が医療費に及ぼす影響を1995年より追跡している¹⁰⁾。その結果、喫煙、肥満 (Body Mass Index=BMI:25以上)、運動不足 (1日あたりの歩行:1時間未満) のなかで、医療費に最も大きな影響を及ぼしている因子は運動不足であった¹¹⁾。

以上のように、身体活動の重要性は明白であり、その知識も国民の間に普及していると思われる。しかしながら、実際に十分な量の身体活動を実践している者は少ない。平成9年国民栄養調査¹²⁾によると、運動習慣のある者 (週2回以上、1回30分以上、1年以上、運動をしている者) は、男性の28.6%、女性の24.6%に過ぎない。

一方、医師においても、身体活動の重要性を認識していながら、実際の患者指導ではその点に十分な配慮を行っていないことが多い。アメリカの研究¹³⁾では、プライマリ・ケア医が患者に対して行う生活習慣指導のうち、禁煙や体重減少に関する指導は頻繁に行われているが、身体活動に関する指導はあまり行われていなかったという。身体活動の重要性を認識していながら患者指導が十分に進まないという矛盾には様々な要因があると思われるが、その1つとして、患者の身体活動量を正確かつ効率的に測定評価する手段が確立していないという現実があることを、我々は直視しなければならないであろう。

2. 身体活動評価の目的

疫学において身体活動量を評価する場合、その目的は以下の3つに大別される。第1の目的は、身体活動が健康現象 (疾病罹患、障害、死

1) 〒980-8575 仙台市青葉区星陵町2-1

亡など)に及ぼす影響を評価することである。この場合、対象者の身体活動量を測定して、横断的に他の健康指標との関連を分析したり、縦断的に対象者を追跡して疾病や死亡のリスクとの関連を分析する。

第2の目的は、個々の人間に対して運動指導を行う際の資料を得ることである。この場合、対象者の身体活動量を測定し、他の医学的指標をも勘案して、望ましい身体活動量に関する処方・指導を行うとともに、コンプライアンスの程度をモニタリングする。

第3の目的は、身体活動に関わる健康政策の立案と評価を行う際の資料を得ることである。集団における身体活動量や運動実践(あるいは運動不足)者の頻度を測定し、これをもとに政策目標を設定して対策を行い、その進捗程度をモニタリングする。例えば、わが国の「健康日本21」¹⁴⁾は、日常生活における平均歩数について、男性で8,202歩、女性で7,282歩という現状(平成9年国民栄養調査¹²⁾)に対して2010年には男性9,200歩、女性8,300歩という目標値を提示している。同様に、運動習慣者(定義は前記)の頻度に関しては、男性28.6%、女性24.6%という現状から各39%、35%という2010年の目標値が示されている。

3. 身体活動量の測定方法

疫学研究における身体活動量の測定方法は、質問紙法、日記法、そして機械によるモニタリングの3種類に大別される。質問紙法とは、身体活動の種類と時間をアンケート調査票で調べるものである。これまで、数多くの調査票が考案され、使用されてきた。その詳細は本号の内藤論文に譲るとして、本論では、わが国で進行している大規模コホート研究で用いられている質問票について、次節で若干の考察を加えるものである。

日記法は、生活行動時間調査(タイムスタディ法)とも呼ばれる。覚醒時を一定時間(例:15分)間隔に分け、その枠の中で最も長く行った行動を記入するよう対象者に求める。「徒歩」などの場合、そのペース・坂道の有無・荷物の有無(重さ)などまで記入してもらおう。これらをもとに、行動別の活動強度(例:METS換算)と従事時間とを積算して、身体活動量(エネル

ギー消費量)を計算する。この方法の欠点として、回答が個人の主観や基準に依存せざるを得ないこと、安静時代謝量や活動時代謝量(率)に関する個人間の差や個人内の差を無視せざるを得ないということがある。

機械によるモニタリングで最も広く使われているものは歩数計であろう。操作が簡便で安価であるため、研究以外にも広く使われている。しかし、歩行や走行のスピードが考慮されない、階段・坂道の昇りと降りを識別できない、上肢のみの運動を把握できないなどの限界がある。そこで、加速度計を装着した機器が開発され、前述の3つの問題のうち第1の問題は克服されている。また重心の上下移動の方向性を認識できる機器も開発されている。一方、腰と手首の双方に加速度計を装着することで消費エネルギーの推定精度は改善するけれども、その改善度はそれに伴うデータ解析の手間の増加程度に匹敵するほどのものでもないという指摘もある¹⁵⁾。

テレメトリー式携帯型心拍記憶装置で心拍を測定し、エネルギー消費量を計算することがある。あらかじめ運動負荷試験を行って心拍数と酸素消費量との関係を把握しておき、それに基づいて各身体活動に伴うエネルギー消費量を計算する。その点で、個々人の安静時代謝量や活動時の代謝量(率)を反映した正確な指標である。一方、精神緊張などに伴う心拍変動も反映するという欠点もある¹⁶⁾。

上記の3つの方法以外にも、心肺体力(cardiorespiratory fitness)をもって身体活動量のマーカーとすることがある。これは、身体活動量と心肺体力との相関が十分に高いことを根拠としている。心肺体力の測定は運動負荷試験によって客観的に行われるため、回答者の主観に依存せざるをえない身体活動量の測定に比べて高い精度が期待できる。アメリカではCooper InstituteのBlairら¹⁷⁾、わが国では東京ガスの澤田ら¹⁸⁾が、各々、1万人規模の人々に最大下運動負荷テストを実施して最大酸素摂取量を測定したうえで、生命予後などとの関連を追跡調査している。これにより、最大酸素摂取量とがん死亡リスクとが有意な負の関係にあることなど、先進的かつ貴重な知見が示されている^{19, 20)}。このように、心肺体力の測定は疫学上も重要な役割を今後も演じると思われる。しかし、Blair

自身が述べているように、測定には多大な費用と時間を要すること、最大酸素摂取量の値は測定前数カ月間の身体活動量しか反映しないこと、最大酸素摂取量には遺伝因子も関与している（身体活動量だけでは決まらない）ことなどの欠点がある²¹⁾。

4. わが国の大規模コホート研究における身体活動量評価の現状と課題

わが国で数万人以上の規模の対象者を追跡しているコホート研究は、多施設共同研究では環境庁コホート、文部省コホート、厚生省多目的コホートの3種類、単一施設によるものでは高山コホートと東北大学コホートの2種類である。そのうち、環境庁コホート研究では身体活動に関する質問がない。そこで、それ以外のコホート研究で実施された身体活動量調査について、調査票の内容と妥当性・再現性に関する検証状況を紹介する。

4-1. 文部省コホート研究

本研究では、全国52市町村の40から79歳住民125,760名を対象に、1988年から90年にかけてベースライン調査が行われ、その後、生存・死亡状況（一部地域ではがん罹患）が追跡されている²²⁾。ベースライン調査では、身体活動に関して以下の2つの質問が行われている。質問1：スポーツ（運動）は、1週間にどれくらいしますか。

- ① 1週間に3時間以上、② 1週間に1～2時間、③ ほとんどしない

質問2：散歩など、健康（運動）のためにからだを動かすのは、どれくらいですか。

- ① 1週間に3時間以上、② 1週間に1～2時間、③ ほとんどしない

これらの質問項目の妥当性を検証するため、一部の者に詳細な面接聞き取り調査（過去12か月間における身体活動の種類別の頻度と時間）が行われている²³⁾。その結果、調査票の回答と聞き取りから推定したエネルギー消費量との間に高い相関があった。また、上記の質問調査を1年間隔で2度実施したところ、回答の一致率は満足できるレベルにあったことが報告されている。

4-2. 厚生省多目的コホート研究

本研究は2つのコホートにより構成されている²⁴⁾。コホートIは岩手県二戸保健所・秋田県横手保健所・長野県佐久保健所・沖縄県石川保健所管内の一部自治体の住民（40～59歳）と東京都葛飾区の主催した節目健診（40・50歳）受診者、合計61,643名に1990年にベースライン調査が行われている。コホートIIは茨城県笠間保健所・新潟県柏崎保健所・高知県土佐山田保健所・長崎県有川保健所・沖縄県宮古保健所の一部自治体の住民（40～69歳）と大阪府吹田市の健診（40・50歳）受診者、合計79,022名に1993年にベースライン調査が行われている。

ベースライン調査では、身体活動に関して以下の質問が行われている。

質問1：1日の労働時間はどのくらいですか？家事労働も含めてください。

（時間数の自由記載）

質問2：普段1日に仕事も含めて身体を動かす時間はどれくらいですか？

筋肉労働や激しいスポーツは？

- ① なし、② 1時間未満、③ 1時間以上座っている時間は？

- ① 3時間以下、② 3～8時間、③ 8時間以上歩いたり立っている時間は？

- ① 1時間未満、② 1～3時間、③ 3時間以上

これら質問項目の妥当性・信頼性に関する検討結果は、まだ公表されていない。

4-3. 高山コホート研究

本研究は岐阜大学医学部公衆衛生学講座により行われている²⁵⁾。高山市の35歳以上の住民全員を対象に1992年にベースライン調査が行われ、有効回答者34,018名（回答率：92%）が追跡の対象となっている。

ベースライン調査では、身体活動に関して以下の質問が行われている。

質問1：去年、1日平均何時間くらい次のような座ったままの姿勢でいましたか。

自転車・バスの中で座る、事務のような座っての仕事をする、座ってテレビを見る、座って食事をする、その他（読書、マージャン、マシンなど）という5つの座位作業の各々について、該当する時間を以下の7つ（なかった、1時間以内、1～2時間、3～4時間、5～6時間、7～10時間、11時間以上）から選択するよう求める。

質問 2: 去年, 1 週間に平均何時間くらい次のようなことで身体を動かしましたか。

激しいスポーツ (ジョギング, テニス, 坂道での自転車, 競泳, エアロビクスなど), 力仕事 (重い家具の移動, 荷物の積みおろし, 道路工事など), 中程度の運動, 作業 (家事, 速めの歩行, ゴルフ, ボーリング, 平地での自転車, 庭仕事など) という 3 つの身体活動について, 該当する時間を以下の 8 つ (なかった, 1 時間以内, 2-3 時間, 4-6 時間, 7-10 時間, 11-20 時間, 21-30 時間, 31 時間以上) から選択するよう求める。

質問 3: 去年, 汗が出るほど激しいスポーツや仕事をしたことが 1 週間に平均何回くらいありましたか。

該当する回数を以下の 8 つ (なかった, 1 回, 2 回, 3 回, 4 回, 5 回, 6 回, 7 回以上) から選択するよう求める。

上記の回答に基づいて, 各身体活動の強度 (METs 換算) と従事時間で積算して, 1 日当たりのエネルギー消費量が個人別に計算される。鈴木らは, 加速度計のあるカロリー・カウンターを被験者に装着して実際の消費エネルギーを測定し, 質問紙の妥当性を検討している²⁶⁾。その結果, 質問紙による消費エネルギー推定値は, カロリー・カウンターで測定した消費エネルギー量に比べて, 男性では 5% 程度少なかったが, 女性では差がなかった。両者間の相関係数は 0.6 前後であった。また, 1 年間隔での回答の再現性も十分に高かった。

4-4. 東北大学コホート研究

本研究は岐阜大学医学部公衆衛生学講座により行われ, 2 つのコホートで構成される。第 1 のコホート (宮城県コホート) は, 宮城県内 14 町村の 40-64 歳の住民全員を対象に 1990 年にベースライン調査が行われ, 有効回答者 47,605 名 (回答率: 92%) が追跡の対象となっている²⁷⁾。第 2 のコホート (大崎国保コホート) は, 宮城県大崎保健所管内の全 14 市町村の 40-79 歳の国民健康保険加入者全員を対象に 1994 年にベースライン調査が行われ, 有効回答者 52,029 名 (回答率: 95%) が追跡の対象となっている¹⁰⁾。両コホートとも, ベースライン調査で以下の質問を行っている。

質問 1: 健康のためにスポーツや運動は平均し

て 1 週間でどのくらいしますか。

- ① 5 時間以上, ② 3-4 時間, ③ 1-2 時間,
- ④ ほとんどしない

質問 2: 歩く時間は 1 日平均してどのくらいですか。

- ① 1 時間以上, ② 30 分-1 時間, ③ 30 分以下

上記のうち, 歩行時間について回答の再現性と妥当性が検討されている²⁸⁾。季節変動を考慮して 3 か月間隔で 5 回質問調査を繰り返した結果, 回答の一致度は十分に高いレベルにあった。歩数計による計測結果と質問紙による歩行時間の回答を比較したところ, 性・年齢の影響を調整した平均歩数は, 「30 分以下」と回答した者で 5,857 歩, 「30 分-1 時間」と回答した者で 7,047 歩, 「1 時間以上」と回答した者で 7,621 歩と, 3 つの回答の間で有意な差が見られている。

4-5. 運動疫学における重要なバイアス: 身体能力と身体活動量の不可分な関係

観察疫学的な手法で身体活動の健康影響を検討する場合に最大限に留意しなければならないバイアスの問題について述べる。身体活動量の少ない者ほど死亡 (疾患) リスクが高いという疫学研究が無数に示されている。しかし, 身体活動量の少ない者の中には, 疾患や障害のために, 運動したくても運動できない者がいる。彼らの予後が不良である原因は, 運動不足よりも, そもそも疾患や障害にある方が多い。これらの者を観察対象に含めると, 身体活動の健康影響は過剰評価されてしまう。

そのような身体能力と身体活動量の不可分な関係によるバイアスに対処するには, 運動できない者を対象から除外する必要がある。そのため, 身体運動機能, 疼痛, 身体活動に影響を及ぼす疾患の有無などを同時に測定しなければならない。上記の大崎国保コホート研究では, アメリカの **Medical Outcomes Study** で開発された調査票²⁹⁾ を使用して, 身体運動機能と疼痛をベースライン時点で調査している。身体運動機能については, 以下の 6 つのレベル (激しい活動, 適度の活動, 坂道や階段の昇り, 身体の曲げ伸し, 歩行, 身の廻りのケア) の身体活動を行えるかどうか尋ねた。

大崎国保コホート 52,029 名のうち, 身体能力

に制限のなかった（身体活動量の健康影響を追跡するに適している）者がどれくらいいたかについて述べる¹⁰⁾。身体活動の質問に無回答であった3,848名を除く48,181名について見ると、「激しい活動または適度の活動を行うことができる」と回答した者は、36,171名に過ぎなかった。さらに、ベースライン調査時に「（この4週間で）中程度または強い身体の痛みがある」と回答した者805名、脳卒中、心筋梗塞、関節炎の既往があると回答した者3,090名まで除外すると、32,276名にまで減少する。すなわち、身体運動機能が正常で、身体の疼痛もなく、運動が制限されそうな疾患もないという（運動をしようと思えば、自由に行うことのできる）者は、集団全体の3分の2に過ぎなかったのである。逆に言えば、地域の一般集団のうち3分の1では、身体能力や疾患のために運動ができない人達であった。これは、コホート52,029名のうち10,125名が70歳以上であったことを反映していると思われる。

このように、身体能力と身体活動量の不可分な関係によるバイアスは、予想以上に大きな影響を及ぼしている。したがって、一般集団を対象に身体活動量の健康影響を分析する際には、そもそもの身体能力（身体運動機能・疼痛・疾患既往歴など）を調査し、運動しようと思えばできる者に限定したうえで身体活動量と予後との関係を解析すべきであろう。

5. おわりに

これまでの疫学研究における身体活動量の測定精度と他の曝露指標（例：体格、栄養など）のそれとを比べることは、大きな意味がある。体格では、BMIという世界標準の指標が確立している。他にも、皮下脂肪やwaist/hip比の測定方法は標準化されており、CTスキャンなどによって蓄積脂肪量を測定する方法は常に進化している。栄養でも、100項目程度の半定量式食品摂取頻度調査票の回答から栄養素摂取量を推定するプログラムが開発され、広く使われている。生活の質をめぐるアンケート調査票でも、近年の進歩には著しいものがある。曝露因子の健康影響に関する認識は、結局の所、曝露指標の測定精度に依存せざるを得ないのである。

「問題解決の第1歩は、問題を正しく定義す

ることである」とはよく言われることである。現代社会は安静社会であり、その問題に適切に対処するためにも身体活動の評価指標をさらに改善していかなければならない。

文 献

- 1) U.S. Preventive Services Task Force : Guide to Clinical Preventive Services, 2nd Ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 1996.
- 2) Pate, R.R., Pratt, M., Blair, S.N. 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 : 402-407, 1995.
- 3) Mor, V., Murphy, J., Masterson-Allen, S. et al. : Risk of functional decline among well elders. J. Clin. Epidemiol., 42 : 521-529, 1989.
- 4) Guralnik, J.M., LaCroix, A.Z., Branch, L.G. et al. : Morbidity and disability in older persons in the years prior to death. Am. J. Public Health, 81 : 443-447, 1991.
- 5) Kaplan, G.A. : Maintenance of functioning in the elderly. Ann. Epidemiol., 2 : 823-834, 1992.
- 6) Boulton, C., Kane, R.L., Louis, T.A. et al. : Chronic conditions that lead to functional limitation in the elderly. J. Gerontol., 49 : M28-M36, 1994.
- 7) Ferrucci, L., Izumirilian, G., Leveille, S. et al. : Smoking, physical activity, and active life expectancy. Am. J. Epidemiol., 149 : 645-653, 1999.
- 8) Pronk, N.P., Goodman, M.J., O'Connor, P.J. et al. : Relationship between modifiable health risks and short-term health care charges. JAMA, 282 : 2235-2239, 1999.
- 9) Colditz, G.A. : Economic costs of obesity and inactivity. Med. Sci. Sports Exerc., 31 : S663-667, 1999.
- 10) Tsuji, I., Nishino, Y., Ohkubo, T. et al. : A prospective cohort study on National Health Insurance beneficiaries in Ohsaki, Miyagi Prefecture, Japan : study design, profiles of the subjects and medical cost during the first year. J. Epidemiol., 8 : 258-263, 1998.
- 11) 辻 一郎, 泉 陽子, 久道 茂 : 生活習慣

- と医療費との関係について —大崎国保コ
ホート研究から—. 社会保険旬報, 1986 :
6-10, 1998.
- 12) 厚生省 : 国民栄養の現状. 第一出版, 東京,
1999.
- 13) Pinto, B.M., Goldstein, M.G., Marcus, B.H. :
Activity counseling by primary care physicians.
Prev. Med., 27 : 506-513, 1998.
- 14) 健康日本 21 企画検討会・同計画策定検討会:
健康日本 21. (財)健康・体力づくり事業
財団, 東京, 2000.
- 15) Swartz, A.M., Strath, S.J., Bassett, D.R. et al. :
Estimation of energy expenditure using CSA
accelerometers at hip and wrist sites. *Med. Sci.
Sports Exerc.*, 32 : S450-S456, 2000.
- 16) 藤田和樹, 永富良一, 玉川明朗ほか : 心拍
モニタリング法による高齢者の日常身体活
動量. 第 15 回「健康医科学」研究助成論文
集, 101-112, 2000.
- 17) Blair, S.N., Kohl, H.W., Paffenberger, R.S. Jr.
et al. : Physical fitness and all-cause
mortality : a prospective study of healthy men
and women. *JAMA*, 262 : 2395-2401, 1989.
- 18) 澤田 亨, 武藤孝司 : 日本人男性における
有酸素能力と生命予後に関する縦断的研究.
日本公衛誌, 46 : 113-121, 1999.
- 19) Kampert, J.B., Blair, S.N. et al. : Physical
activity, physical fitness and all-cause and
cancer mortality : a prospective study of men
and women. *Ann. Epidemiol.*, 6 : 452-457,
1996.
- 20) 澤田 亨, 武藤孝司, 田中宏暁 : 身体活動
と生活習慣病—身体活動と癌に関する疫学
研究—. *日本臨牀*, 58 : 320-324, 1999.
- 21) Blair, S.N., Brodney, S. : Effects of physical
inactivity and obesity on morbidity and
mortality : current evidence and research issues.
Med. Sci. Sports Exerc., 31 : S646-S662, 1999.
- 22) Aoki, K. et al. : Baseline Results of A Large-
Scale Cohort Study on Evaluation of Risk
Factors on Cancer. Research Group on
Evaluation of Risk Factors for Cancer by
Large-Scale Cohort Study, Nagoya, 1996.
- 23) Iwai, N., Hisamichi, S., Hayakawa, N. et al. :
Validity and reliability of single-item questions
about physical activity. *J. Epidemiol.*, 2001
(submitted) .
- 24) 渡邊 昌, 津金昌一郎, 祖父江友孝ほか :
厚生省多目的コホートベースラインデータ.
日本公衆衛生協会, 東京, 1996.
- 25) Shimizu, H. : A Basic Report on Takayama
Study. Department of Public Health, Gifu
University School of Medicine, Gifu, 1996.
- 26) Suzuki, I., Kawakami, N., Shimizu, H. :
Reliability and validity of a questionnaire for
assessment of energy expenditure and physical
activity in epidemiological studies. *J.
Epidemiol.*, 8 : 152-159, 1998.
- 27) Fukao, A., Tsubono, Y., Komatsu, S. et al. : A
cohort study on the relation of lifestyle,
personality and biologic markers to cancer in
Miyagi, Japan : Study design, response rate and
profiles of the cohort subjects. *J. Epidemiol.*,
5 : 153-157, 1995.
- 28) Tsubono, Y., Tsuji, I., Fujita, K. et al. :
Validation of walking questionnaire for
population-based prospective studies in
Japan : comparison with pedometer. *Ann.
Epidemiol.*, 2001 (submitted) .
- 29) Stewart, A.L., Hays, R.D. & Ware, J.E. : The
MOS Short-form General Health Survey.
Reliability and validity in a patient population.
Med. Care., 26 : 724-735, 1988.