

有酸素性エネルギー代謝 / 身体活動とエネルギー代謝 / 活動量の評価法

厚生労働省 e-ヘルスネット

ヒトが生命を維持するためには、生体内においてエネルギーを作り出すことが必要です。有酸素性エネルギー代謝は、そのエネルギー生成過程のひとつの経路で、主に脂肪酸をエネルギー源として利用します。このエネルギー代謝は、運動中においても重要な働きをしています。

私たちの身体の中では、エネルギー源となるアデノシン三リン酸(ATP)が作り出され、そのATPが分解されることにより生産されるエネルギーを利用して、生命を維持しています。骨格筋においては、これらATPを分解した際のエネルギーを利用して筋収縮を行い、それにより身体を動かしたり運動を行ったりすることが可能になります。

しかしながら組織におけるATP量には限りがあり、そのため、いくつかの経路によりATPが生成されます。大きく分けて、無酸素性エネルギー代謝（クレアチンリン酸系や解糖系）と有酸素性エネルギー代謝です。

有酸素性エネルギー代謝は、主にミトコンドリア内で行われます。グルコースや脂肪酸や多くのアミノ酸は、アセチルCoAにまで代謝され、クエン酸回路に入ります。その後このクエン酸から呼吸鎖に入り、そこで大量のATPが産生されます。この過程は酸素を必要とするため有酸素性エネルギー代謝と呼ばれます。

運動時には運動強度や運動時間により、無酸素性エネルギー代謝と有酸素性エネルギー代謝が、シーソーの関係でエネルギー源を供給しています。無酸素性エネルギー代謝では、グルコースが主なエネルギー源として利用され、有酸素性エネルギー代謝では、脂肪酸が主なエネルギー源として利用されます。運動強度とエネルギー供給源との関係を調べた研究では、血中グルコースの体組織による取り込みと、全身の糖質

のエネルギーへの分解は、運動強度が高まるとともに増大しました。

しかし血中脂肪酸の体組織による取り込みは、運動強度が高まるにつれて低下し、全身の脂肪酸のエネルギー分解は、運動強度が65%V02max（最大酸素摂取量）で最大となり、20%V02maxと85%V02maxでは低いという結果がみられました。またトレーニングをすると、運動時のエネルギー源に占める脂肪酸の比率が大きくなり、もうひとつのエネルギー源であるグルコースの消費を節約することにつながります。その結果として限られた貯蔵量しかないグリコーゲンの消費が節約されて、スタミナの増大に貢献することとなります。

村上 晴香

身体活動とエネルギー代謝

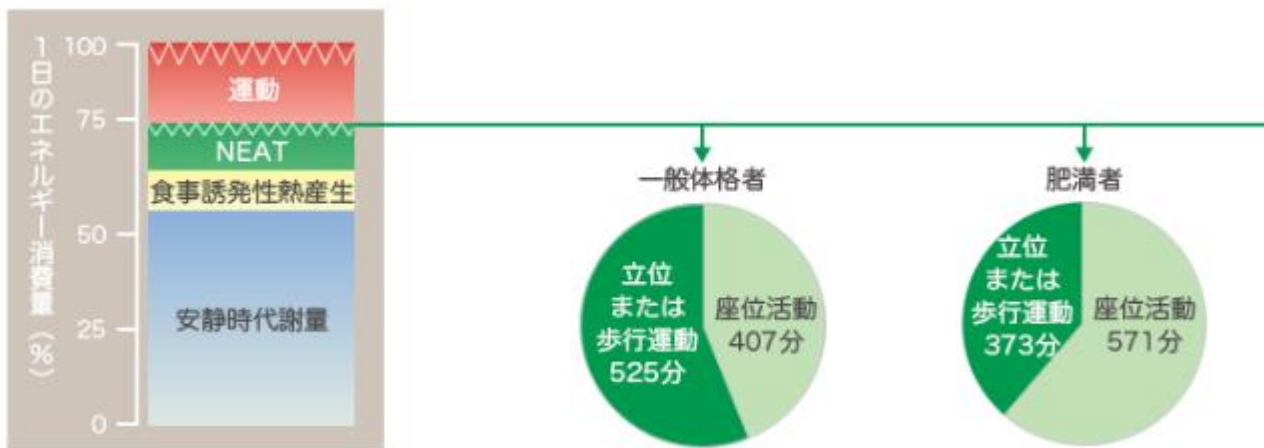
身体活動によるエネルギー消費は、運動によるものと、家事などの日常生活活動が該当する非運動性身体活動によるものの、大きくふたつに分けることができます。個人差がありますが標準的な身体活動レベルの人の総エネルギー消費量（24時間相当）のうち、身体活動によって消費するエネルギー量は約30%を占めます。

総エネルギー消費量（24時間相当）は、大きく基礎代謝量（約60%）・食事誘発性熱産生（約10%）・身体活動量（約30%）の3つで構成されています。そのうち、基礎代謝量は体格に依存し、食事誘発性熱産生は食事摂取量に依存するため、個人内での変動はあまり大きくありません。総エネルギー消費量が多いか少ないかは、身体活動量によって決まります。

身体活動量は、運動によるものと、家事などの日常生活活動によるものの、大きくふたつに分けることができます。身体活動量に占める両者の割合は、運動を習慣的に行なっているかどうかによります。ただし運動を習慣的に行なっていなくても、畑仕事や家事などによる身体活動が多い場合もありますので、一概に運動を習慣化している人のほうが身体活動量が多いとは言い切れません。

近年では家事などの日常生活活動が該当する、非運動性身体活動によるエネルギー消費、別名NEAT(non-exercise activity thermogenesis)と肥満との関連が注目されています。Levine et al.,は肥満者と非肥満者を比べると、肥満者は歩行なども含めた立位による活動時間が、平均で1日約150分も少なかったと報告しました【図】。つまりなるべく座位活動を減らして、家事などの日常生活活動を積極的に行なうことも、肥満予防のキーポイントといえます。

総エネルギー消費量の構成および非肥満者と肥満者におけるその違い



1回の身体活動で消費されるエネルギー量は、体格・活動強度・活動時間によって決まります。つまり「体格の大きい人が」「高い強度で」「長時間行なう」ほど、エネルギー消費量は多くなります。

また身体活動中にエネルギー源として使われる糖と脂肪の割合は強度によって変化し、強度が低いと脂肪を使う割合が増え、強度が高いと糖を使う割合が増えます。ただし活動後も身体を回復させるために代謝亢進は続いています。その際に高い強度で身体活動を行なった後は、活動中に使われた糖を肝臓や筋肉に補填するため、より多くの脂肪が使われています。身体活動によってどのくらい脂肪を燃焼したかは、活動中だけでなくその後の回復時にどのくらい使われたのかもあわせて考える必要があります。

活動量の評価法

比較的大規模な集団の活動量を評価する場合には、質問紙法や活動記録法が用いられることが一般的ですが、得られた結果の妥当性や再現性は対象者の年齢や活動特性に依存します。一方で加速度計は入浴などを除き、基本的には機器の装着のみで活動量を測定できるため、幅広い対象者に用いることが可能です。

活動量の評価法は多岐にわたっており、各評価法により出力される活動量の単位も熱エネルギー(kcal)・時間・頻度・スコア(任意の単位)と多様です。各評価法の用途はその目的に応じますが、比較的大規模な集団の活動量を評価する場合には質問紙法や活動記録法を用いることが一般的です。

特に身体活動量評価の国際標準化をねらいとした International Physical Activity Questionnaire (IPAQ: 通称アイパック) は、汎用性が高い質問紙法のひとつです。一方で活動記録法では、対象者が1~15分単位の日盛が記載された所定記録用紙に活動内容を直接記入したり、あるいは代表的な活動内容を選択したりするなどその形式はさまざまです。この評価法の特徴として各活動時のおよそのエネルギー消費量を次式により簡単に計算することが可能です。

エネルギー消費量(kcal) = 1.05 × エクササイズ (メッツ・時) × 体重

例えば体重60kgの男性が1時間の歩行(3メッツ)を行った場合のエネルギー消費量は、189kcal (1.05×3メッツ・時×60g) となります。なおメッツ(METs)とは活動強度を表す単位で、国際的にも広く使用されています。活動記録法は簡便性が高く、質問紙法と比較しても優れた推定精度を有していることから疫学的な調査にも頻繁に用いられますが、いくつかの問題点を有しています。

まずひとつ目に、この評価法を適用できる対象年齢に制限があることです。例えば幼児や児童では活動内容に関する必要な情報を正確に記述することは困難であり、成人と同程度の評価精度を獲得することは難しいと思われます。

またスポーツ選手用にスポーツ活動中の状況を詳細に記録することも容易ではありません。このような場合、詳細な記述が面倒なために本来の活動そのものに変容をきたす可能性も考えられます。すなわち活動記録により得られた結果の妥当性や再現性は対象者に依存するということです。したがって、活動記録法を用いる場合は、対象者の年齢や活動特性を考慮した上で使用することが重要になります。

一方で歩数計や加速度計を用いて活動量を評価する場合、入浴など特別な活動を除き、基本的には機器の装着のみで活動量を測定することが可能です。したがって対象者には活動に変容をきたすような負担を強いることはありません。このような利点もあり、厚生労働省の国民健康・栄養調査では、「歩数」が活動量の指標として用いられてきました。

歩数計自体も非常に安価となり、厚生労働省が掲げる1日10000歩の目標値は国民の間にも広く浸透してきました。近年では、圧電素子を応用した加速度センサー内蔵型の歩数計の開発が進んでいます。この機器の特徴として、ヒトが活動する際に生じる前後・左右・上下方向の衝撃（加速度）の大きさやその出現頻度から歩数だけでなくエネルギー消費量や活動強度（メッツ）を推定することができます。

平成18年（2006年）に厚生労働省が生活習慣病の予防には3メッツ以上で23メッツ・時/週の活動量が必要であるという「健康づくりのための運動基準2006」を提案したことにより、加速度計による活動量の評価には今後ますます大きな期待が寄せられると考えられます。特にこの基準では、日常生活の中には掃除機やモップがけ・庭仕事など歩行以外にも3メッツ以上の活動が多様に存在していることを明示しており、歩行だけでなく日常生活活動量を評価できる加速度計の開発が求められます。そして現在では数多くの研究者がそれを正確に評価するための加速度計のアルゴリズムを検討しています。