

肢位強度法に使える ウェアラブルセンサー

2020年2月中国武漢を起点とした新型コロナウイルスが大流行し、その収束の目途が2年間にわたって続いた。この間、歴史的に類を見ないウイルスの遺伝子解析が速やかに行われ、mRNA ワクチンの開発とその製品化、そして世界中の人々に、それを接種する機会があった。

このような生命科学技術の進歩は、人類の不安を減らす大きな役割を果たした。これはワクチンだけではなく、感染症の予防のための社会衛生教育が大いに寄与したことは間違いない。

このような取り組みは、医療の範疇を超え、否応なしに社会全体で取り組むべき課題であり、公衆衛生学の重要性を認識する機会となった。

元々、この感染症と人類の戦いは、公衆衛生学の原点であった。米国公衆衛生学会の歴史では、感染症への挑戦が、やがて水を巡る環境との戦いに至り、産業化に伴う課題、戦争に関わる課題、そして安寧な時代に入ってから労働環境の課題、そして人間の生活そのものに関わる課題が時代とともに現われ、その時々の人々の身体活動を考えると、過剰な身体活動であった時期、特異的な身体活動が要求された時期、身体活動を極端に減らす生活様式による身体不活動が進行した時期がみてとれる。身体不活動の予防が、病気の予防にとどまらず、健康維持のために求められた。

私たちは、このような視点に立って、公衆衛生学における身体不活動の予防として、実際にどのようなことが実現できるのだろうか？この章では、肢位強度法の算出に利用可能な新しいウェアラブルセンサーとクラウドデータを利活用した身体活動支援の実践に使える装置を紹介する。



Polar M430 (Polar 社 HP より)

11-1 特異的な動作の身体活動量の推定方法 - 肢位強度法のあらまし

高齢片麻痺者の低活動を例に、特異的な身体活動量の推定が困難な例に対して、既存の身体活動量推定法がいかに無力であるかを知っておこう。

維持期のリハビリテーションにおいて、血管機能および運動器の自然

増悪を引き起こす要因の1つである。健康管理の必要性から、この低活動性あるいは身体不活動、を簡便に判定する方法の開発が求められるが、簡便かつ有効性の確認が得られているものは少ない。

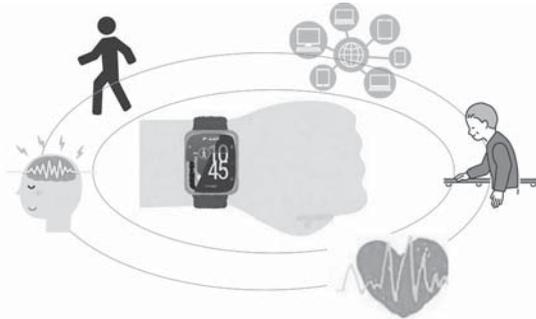


図 11-1 ウェアラブルセンサーの活用イメージ

低活動性の評価には身体活動量 (amount of physical activity : PA) を用いることが考えられ、その1つとして、METs法によるカロリー換算を行い、エネルギー消費量を求める方法がある。

しかし、身体活動の運動強度において、運動障害を持つ人と健康な者では、活動種目名が同じであっても、身体活動量は異なるものがある。移動に関する活動種目を例にとると、速度の遅速によって運動強度の高低を決定する方式を用いる METs法は、高齢片麻痺者では、歩行速度が時速 1 km 以下の歩行様式をとるため、実際には、心拍数 (HR) や主観的運動強度が、中等度以上の運動強度を示したとしても、測定規則に従えば低強度と判定することになる。

METs法は、今後さまざまな健康増進活動において用いられることが予想される一方、運動強度が動作の速度に必ずしも依存しない片麻痺者などの身体活動量の推定において過少評価傾向が生じるのではないかとという問題が懸念される。

そこで、高齢片麻痺者など運動障害のある人の身体活動を定量的に把握する姿勢と作業強度、活動時間の組み合わせによる方法を用いて測定する身体活動推定方法 (肢位強度式身体活動量 PAPI : PA by position and intensity method) が開発された。

(1) 肢位強度式身体活動量の求め方

従来から用いられてきた運動強度推定法における、動作特異的エネルギー消費係数の決定方法の代わりに、当該動作中の姿勢と、作業時の主

観的あるいは生体機能測定に基づく強度の組み合わせによって、エネルギー消費係数を決める方法である。

具体的には、ある動作の身体活動量を推定するためにエネルギー消費係数を決定する3つの判定を測定者が行う。1) 動作の姿勢を判定し、2) 動作中の作業強度を判定する、3) 動作の継続時間を判定する。この手順を繰り返し、1日24時間分のすべての動作について身体活動量を推定する。エネルギー消費係数では、表8-1に示す3×3、9通りのマトリクス(格子)の中の1つを選択することになる。このエネルギー消費係数の決定に基づき、性別、年齢の影響を積算し、肢位強度式身体活動量を求める。

Position and Intensity Method

姿勢と、作業強度によって当該身体活動のエネルギー消費係数を当てはめる。

*1 METs法でもカテゴリーは身体活動種目で分類

1) 身体活動種目表を使わない方法*1

$$1 \text{ 日の PA} = \sum_{i=1}^{1440} (EM \times BW \times A) i$$

EM: PIマトリクスで選択された分時エネルギー消費係数

BW: 体重, A: 年齢・性別補正係数, i: 時間(分)

*2 この肢位強度式身体活動量をエクセル上で自動的に計算するファイルを、本書の読者はダウンロードすることができるようになっている。(三共出版HPよりダウンロード)

表 11-1 肢位強度式身体活動量におけるエネルギー消費係数 (PIマトリクス)*2

	低強度	中等度	強度
臥位	0.017	0.023	0.026
座位	0.027	0.055	0.062
立位	0.045	0.059	0.091

なお、この方法を半自動化する方法が提案されている。

また、具体的な動作、活動に対してシミュレーションを行い、目標身体活動量を求めるためのソフトウェアが開発されている。

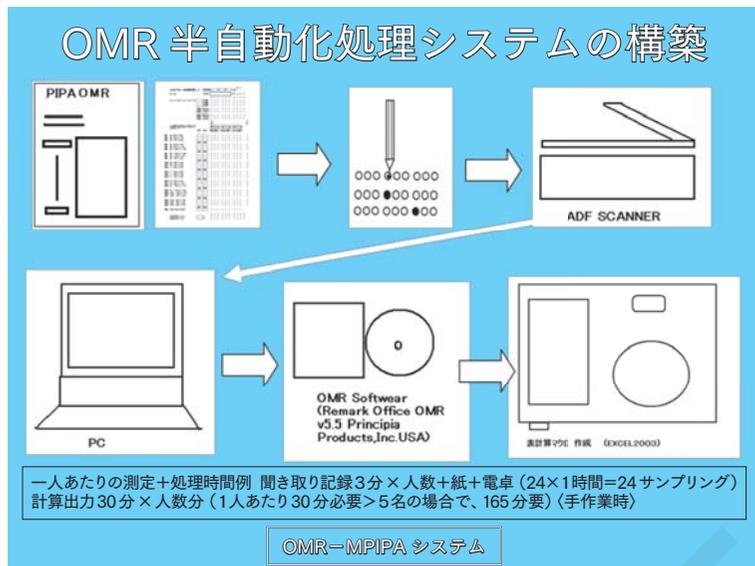


図 11-2 OMR-MPIPA システム

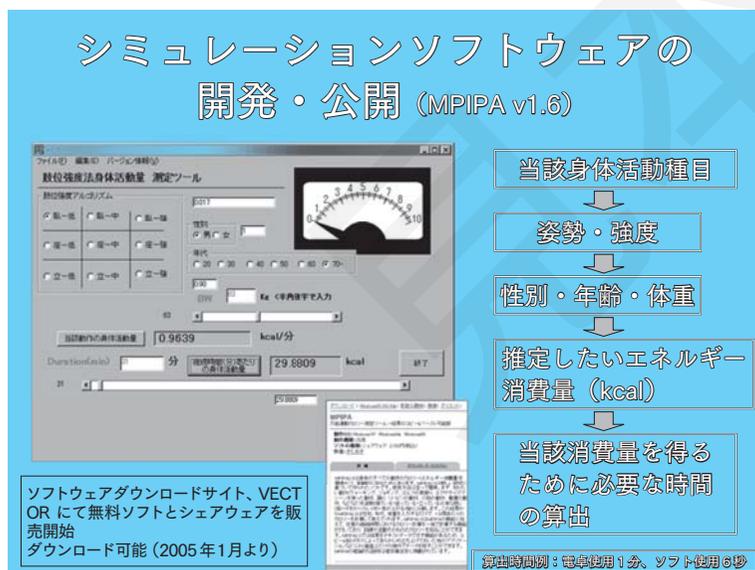


図 11-3

* MPIPA は、従来の身体活動種目ごとにエネルギー消費量を計算していた方法で、種目ごとの係数を表から選ぶことなく、当該種目の動作を姿勢と作業強度に分解することで、その活動のエネルギー消費量を計算するソフトである(インターネット上の「ベクター」にて配布)。

11-2 高齢片麻痺者の低活動性を示す身体活動量のカットオフポイント

肢位強度式身体活動量を求めることによって、歩行動作が著しく健常者と異なる様相を示している人であっても、動作直後の体感的運動強度に近いエネルギー消費係数を示すことが、種々の研究から明らかになってきた。その一例をみてみよう。

高齢片麻痺者の身体活動量の自然低下を予測するための身体活動量 (PA) の最適値を見つけたところ、デイサービスを利用する日常生活活動が自立した男性片麻痺者 25 名で、姿勢と作業強度、活動時間の組み合わせから推定した肢位強度式身体活動量 (PAPI) と、METs 法で推定する身体活動量 (PAMETs) から安静時心拍数と収縮期血圧の二重積 (DP) を基に低活動を見つける最適なカットオフポイントを探した。

低活動を簡便に判定する指標として、早朝、安静座位時の二重積 (double products : DP) を算出し各身体活動量との関連性を分析した。結果、DP は 8,000 bpm×mmHg 以上の場合を低活動あり (陽性) として、PAPI と PAMETs で ROC 分析において、PAPI の 1,250 kcal ($p < 0.05$) だけが有意であった。PAMETs は各値とも統計学的有効性を示さなかった。歩行動作が著しく健常者と異なる様相を示している人の身体不活動性を表すために、最適なカットオフポイントとして PAPI を用いることの妥当性が示された。

低活動性の効果指標として DP は有効と考えられるが、健康教育において直接、制御可能な情報ではない。一方、身体活動量は本人の意思に直接働きかけられ、その結果は機器を介さず知ることが出来るため、血圧などの検査情報とは異なる保健行動を促進するための貴重な操作可能な要因と言える。

11-3 新しいアクティブトラッカーとしてのウェアラブルセンサー

身体活動の定量化技術の現在の状況と言えば、ここ数年でウェアラブル (身に着ける) トラッカー (追跡装置) が台頭し、普及してきていることが挙げられる。アクティブトラッカーから派生してウェアラブルセンサーと言うべき、生体機能計測装置は、現在世界で最も販売されている Apple Watch などに身体活動定量化技術に脈波による心拍数の測定を採用したことを契機に AI を介した心房細動の発見機能などが加わって進化している。

老舗の心拍測定機器を開発してきた Polar 社は、ユニークな製品として、Polar M430 を販売した。この機器が現時点で、優れているところを紹介する。これは光学式心拍数と加速度計を同期して測定することができるアクティブトラッカーであり、この機器をもちいることで、姿勢と運動強度の組み合わせからエネルギー消費量を推定する肢位強度法を客