

心拍・3 軸加速度同時記録装置を用いた日常生活行動の定量化

人間生活学総合研究科 人間生活学専攻 平林あかり

指導教員 市丸雄平 教授

ヒトの日常生活行動は寝返り動作（睡眠中の体位など）、起き上がり動作、起立・着座動作、歩行（身体活動）という動作を組み合わせて構成されている。これらはヒトの生活習慣を代表する動作であり、生活動作や身体活動の低下は生活習慣病との関連が報告されている。このような背景から、健康づくりのための身体活動基準 2013 や健康日本 21（第 2 次）の身体活動・運動の目標値が策定された。対象者が実際にこの基準や目標値を実行する際や、対象者の現状を把握する際には、一般の人でも可能な測定方法の開発が望まれる。

これまでの生活行動の推定方法は、体位もしくは身体活動量に関する検討の二種類に分類される。一つ目の体位に関する検討はさらに睡眠中の体位の検討と日中の体位の検討に分かれている。

従来、睡眠中の体位および睡眠行動や睡眠の質の測定はポリソムノグラフィーなど、日中の体位の測定には質問紙法が用いられてきた。ポリソムノグラフィーは客観的ではあるものの日常生活下における睡眠環境と異なる環境で測定されることが問題点である。また質問紙法は簡便で一度に多数の対象者の測定が可能であるが、結果が自分の活動を認知しているかなどの対象者の能力に左右され、正確さに欠けることが多い。近年、日常生活行動に支障を与えず、客観的な結果が得られる測定法として 3 軸加速度測定法の研究開発が行われている。しかし、これらの報告の測定は短時間の記録であり 24 時間測定が行われている報告は少なく、身体活動量の測定法も確立されていない。

身体活動量の推定法として正確な方法は、熱量を直接測定するチャンバー法などがあげられる。この方法は直接酸素摂取量が測定でき、正確であるものの実験室の中で測定するため日常生活活動や運動が制限されることなどが欠点である。また二重標識水法は使用する安定同位体が非常に高価であることなどが行動の疫学調査として適性を欠く。そこで、今日まで身体活動量の推定は対象者の自己記録による生活時間調査などが用いられてきた。生活時間調査は簡便であるが、対象者の知識、記憶能力、精神状態などに結果が左右され正確性を欠く。

以上より、一般の人が安価に簡単に測定・解析でき、睡眠時体位、日中体位、もしくは身体活動量の全体を把握する方法の開発が求められている。そこで本論文では心拍・3 軸加速度同時記録装置を用いて日常生活行動の定量化を行った。第 1 章で 3 軸加速度を胸部および左大腿部の 2 か所に装着することにより 24 時間の体位を測定した。第 2 章では 3 軸加速度により身体活動の有無を判定し、身体活動中の心拍を用いることで身体活動量を測定した。第 3 章では第 1 章と第 2 章で作成した基準値を用いて簡便に解析できる自動解析システムを開発した。第 4 章では第 3 章で開発したシステムを用いて、実際の健常者の日常生活下における 24 時間日常生活行動の基礎疫学的調査を行った。

第 1 章：3 軸加速度を用いた日常生活下における体位推定法の検討

胸部および左大腿部の 2 か所での 3 軸加速度を測定し、I.身体活動および臥位中の体位を自動判

定するための基準値を作成し、Ⅱ.その基準値を用いて日常生活下における体位の推定について検討を行った。実験Ⅰの対象者は健常女子大生 16 名、実験Ⅱの対象者は 243 名であった。身体活動中の体位は実験Ⅱにおいて実験Ⅰで作成した 3 軸加速度の基準値を用いて判定した結果と生活時間調査の結果を比較した。本研究で作成した基準値で得られた体位の結果は生活時間調査の結果と高い一致率・ κ 係数が得られた。以上から、2ヶ所の 3 軸加速度を用いることで、日常生活下の臥位、座位、立位などの身体活動および臥位中の体位を推定できることが示された。体位の継続時間が 5 分未満の場合に一致率が有意に低くなった。また臥位よりも座位・立位時に一致率が有意に低くなった。これは生活時間調査の記載漏れが生じたためと考えられる。本研究では日常生活時間調査と比較して 3 軸加速度測定法においてより客観的にデータを取得できることが示された。臥位中の体位は先行研究の結果と差異が出た。本研究で得られた臥位中の体位では先行研究の結果より仰臥位や腹臥位の割合が高く、右・左側臥位の割合が低かった。この違いは先行研究と本研究の測定時期による差異であると考えられる。本研究は 5～7 月の初夏の時期、先行研究は 10～11 月の秋に測定が行われた。夏の暑い時期の睡眠中は放熱のために仰臥位もしくは腹臥位で四肢を広げた体位となり、秋の寒い時期には左右側臥位で体を丸めるような体位を取っているのではないかと推測した。睡眠時の体位の季節変動については今後検討する必要がある。

第 2 章：心拍・3 軸加速度同時記録装置を用いた身体活動量の推定

身体活動の有無を 3 軸加速度で判定し、身体活動量を心拍により推定する方法を開発した。対象は健常女子大生 16 名であった。第 1 章と同様に心拍、胸部および左大腿部の 3 軸加速度を測定した。身体活動量の指標として酸素摂取量を測定した。心拍からカルボーネンの式を用いて心拍予備能 (%Heart Rate Reserved:%HRR) を算出した。胸部および左大腿部の 3 軸加速度からそれぞれマグニチュードを算出した。酸素摂取量から METs を算出した。%HRR と METs の相関関係を比較することで身体活動時のカットオフ値を得た。カットオフ値には左大腿部のマグニチュードを用いた。その結果、左大腿部マグニチュード 1.14G をカットオフ値に用いることで、全例において METs と%HRR の高い相関係数が認められた($p<0.05$)。また、回帰係数および切片のばらつきが認められなかった ($p>0.05$)。以上のことから、左大腿部マグニチュード 1.14G をカットオフ値に用いることで、身体活動時の心拍が抽出できたと考えられる。次に身体活動時の回帰式から、ヒトの METs-%HRR の回帰式を $y=0.18x-5.11$ として仮定した。本研究で得られた $y=0.18x-5.11$ の x に中強度の 40～60%HRR の値を挿入すると、 y の値であるメッツは中強度である 2.1～5.7 を示した。このことから、本研究で示された $y=0.18x-5.11$ の回帰式は妥当性があると考えられる。

第 3 章：日常生活行動自動解析システムの開発

コストが安く一般の人でも簡単に操作でき、一度に多くの対象者の 24 時間の生活行動を第 1 章および第 2 章で得られたパラメータを用いて解析できる自動解析システムが必要であると考え、日常生活行動自動解析システムを開発した。24 時間の心拍・3 軸加速度のデータを解析するために Visual Basic6.0 と Visual Basic for Applications を用いてユーザーフォームとプログラムを作成した。24 時間のデータを解析する際、多くの対象者からそれぞれの生理情報を一人ずつ手作業で解析することは時間もかかり簡便さに欠ける。本章では第 1 章・第 2 章のアルゴリズムを用いて開発したシステムにより、多くの対象者のデータから 24 時間の各生活活動のパラメータをワンクリックで同時に解析することを可能にした。

第4章：日常生活下における日常生活行動の基礎疫学的調査

本論文では、第1章および第2章で24時間生活行動のアルゴリズムを作成し、第3章ではそのアルゴリズムを使用し24時間生活行動の解析を簡便に行うためのシステムを開発した。本章ではこのシステムを使用することにより実際の健常者の日常生活下における24時間日常生活行動の測定を試みた。対象は健常女子大生494名であった。臥位中の体位割合は第1章の結果と同様の結果を示した。一方で臥位時間の全例平均は 511.0 ± 181.8 分、座位時間は 611.2 ± 171.4 分、立位時間は 80.0 ± 55.8 、身体活動時間は 236.8 ± 94.0 分であり、本研究の結果は先行研究における肥満群よりも座位時間が長く、立位と身体活動時間が短かった。PALの全例平均値は1.35と低い値を示した。日本人の食事摂取基準2015年版では、身体活動レベルは「低い（Ⅰ）」が1.40～1.60であり、「ふつう（Ⅱ）」が1.60～1.80、「高い（Ⅲ）」が1.80～2.00となっている。本研究の対象者においては1.35であり、身体活動レベルの「低い（Ⅰ）」よりも低値であることが明らかになった。これは本研究の対象者が健常女子大生であったことが原因として挙げられる。先行研究では、若年者、特に思春期女性においては身体活動量の劇的な減少が見られるとされている。本研究においても、健常女子大生における身体活動量は著しく低く身体を動かす機会が減少していると推察される。サークル活動や筋力トレーニングなどの時間を積極的に作る必要性や、疾患を抱えた学生だけでなく健常女子大生に対する生活習慣指導・健康指導、介入の必要性が示唆された。

本研究において、心拍・3軸加速度同時記録装置を用いることにより、安価で簡単に自然状況下で測定・解析でき、日常生活下における24時間の生活行動の測定が可能になることが示された。さらに季節や血液データとの比較、対象者の年齢・性別を広げることにより、さらなる生活行動と生活習慣病との関連性についての研究発展に寄与するものと期待できる。

