

# 健康づくりのための身体活動基準2013に基づいた 身体活動時の心拍および加速度の特性について

疋田 あかり\*・大橋 絵里子\*\*・東風谷 祐子\*\*\*・市丸 雄平\*

(平成25年12月12日査読受理日)

## Characteristics of Heart Rate and Physical Movement at the Exercise Level of 3 METs

HIKITA, Akari OHASHI, Eriko KOCHIYA, Yuko and ICHIMARU, Yuhei

(Accepted for publication 12 December 2013)

キーワード：心拍，加速度，身体活動

Key words : heart rate, accelerometer, physical activity

### 1. 諸言

生活習慣病の第一次予防には、食事・運動・休養に心掛けることが肝要である。特に、身体活動・運動習慣や食習慣などの生活習慣の乱れは、肥満や生活習慣病の発症にかかわっており、多くの研究において、身体活動・運動を増大させることにより、その発症を予防することが可能となる。したがって、それらの疾患を予防・改善するための身体活動・運動に関するガイドラインが多くの国や機関から出されている。日本においても、健康日本21（第二次）では、「身体活動・運動は、生活習慣病の予防の他、社会生活機能の維持及び向上並びに生活の質の向上の観点から重要である」として、具体的な目標を日常生活における歩数の増加（平成34年までに20～64歳の男性は9,000歩、女性は8,500歩）を挙げている<sup>1)</sup>。さらに、2006年の「健康づくりのための運動指針」に続いて、2013年に「健康づくりのための身体活動基準2013」が策定された。この中で、個人の健康づくりのための身体活動基準として、18～64歳の身体活動の基準は「強度が3メツツ以上の身体活動を23メツツ・時/週行う」としている<sup>2)</sup>。以上から、身体活動の現状評価や介入効果を確かめるためにも、定量的検討が望まれる。

身体活動量の評価方法として正確な方法は、熱量を直接測定するチャンバー(human calorimeter)法や酸素摂取量測定から間接的に熱量を測定する呼気ガスチャンバー(respiratory chamber)法などが挙げられる。これらの方法は正確であるものの、大がかりで高価な実験設備が必要であることなどの欠点がある。また、実験室内で拘束さ

れた条件下で実験が行われるため、日常生活活動や運動が制限される。

そのため、今日、身体活動量の推定は質問紙法が一般的である。質問紙法は、簡便であるため、広範に行われている。しかし、質問紙法は対象者の身体活動の把握能力、意識、および記憶レベルに依存し、その記載は正確さを欠くこともある。このため、より客観的に酸素摂取量あるいは身体活動量を把握する方法として、ホルター心電図法や歩行計をはじめとする加速度による身体活動量測定法などが行われている<sup>3, 4)</sup>。心拍測定による運動量の推定は有用であるものの、心拍数は、運動強度以外に、情緒的興奮、刺激物の摂取など様々な要因に影響される<sup>5, 6)</sup>。これらの運動非依存性の心拍増加を認めるため、心拍のみでエネルギー消費量を推定することは困難である。一方、歩行計をはじめとする加速度によるエネルギー消費量測定法は、統一した見解が得られておらず、歩行速度に依存して歩行認識率が変動を示すことや、階段昇降と平地歩行の鑑別ができないこと、傾斜歩行時の身体活動量が反映されないなど、いくつかの問題点が指摘されている<sup>7, 8, 9, 10)</sup>。

のことより、測定自体は加速度で測定し、心拍を同時に測定することにより、厳密な身体活動依存性の心拍数をとらえることが可能になることが推測される<sup>9)</sup>。

そこで本研究では、「健康づくりのための身体活動基準2013」に基づき、3メツツの身体活動中における加速度と心拍の特性について検討した。

### 2. 対象

対象は、本学健常女子大学生および大学院生5名とし、事前に実験内容の説明を行い、参加の同意を文章で得た。対象者の身体的特性は、年齢21.8±0.4歳、身長161.5±3.7cm、体重54.2±6.4kgであった。本実験は東京家政大

\* 栄養学科臨床栄養情報研究室

\*\* 大学院修士課程健康栄養学専攻

\*\*\* 大学院博士課程人間生活学専攻

学大学院倫理委員会の承認を得て行った。対象者は、食後2時間以上経過の後に測定を行った。

### 3. 方法

#### 3-1. 生理学的情報の記録方法

安静時および運動時の心電図、加速度および酸素摂取量を連続的に記録した。心電図は生体情報モニター morpheus (TEIJIN 社製) を用いて、CM5誘導および NASA 誘導で記録した。加速度の測定は、ウェアラブル心拍センサ myBeat (UNION TOOL 社製) を用いた。装着部位は、胸部および左大腿部の2ヶ所とし、測定項目は3軸加速度とした。3軸加速度は、X軸が左右の横運動、Y軸が上下の縦運動、Z軸が前後運動を示す。酸素摂取量は、酸素摂取量計 VO 2000 (S&mE 社製) を用いて測定した。フローセンサーは運動時測定を目的とするため、中流量センサーを用いた。酸素摂取量測定時にはフェイスマスクを顔面に密着させ、空気漏れがないように工夫した。

#### 3-2. 運動負荷法

測定時刻は、AM 9:00～12:00 の間に行い、環境の室内温度は 22-26°C、湿度は約 50% に保った。運動負荷は、機器を装着してもらい、10 分間の立位安静後、2, 4, 6 km/h の速度で、多段階的に 3 分間ずつ歩行してもらった。歩行にはトレッドミル FITNESS PRO ALINCO (ALINCO 社製) を用いた。靴は測定用の運動靴を使用した。

#### 3-3. 解析方法

心電図の電気信号は生体アンプ (日本光電社製 AM 601 G) を用いて記録した。信号は AD 変換器に送信した。その後、256 Hz でデジタル化し、パーソナルコンピュータを介してハードディスクに 12 bit のバイナリーファイル形式で保存した。保存したデータは、ヘッダーファイルを作成し、波形表示プログラム Wave (マサチューセッツ工科大学 : G. Moody) を用いて波形表示した。心電図データは心電図 QRS 波の自動検出プログラムを用いて、CRT 画面に心電図波形と R 波に相当する時点を同時表示することによって、R 波の誤認識と過剰認識波形を目視すると同時に誤認識波形を手動校正した。校正後のデータより、RR 間隔データをアスキーデータ化し、テキストファイル形式で出力した。さらに VBA (Visual Basic for Applications) を用いて、安静時および運動時の RR 間隔から心拍数を算出した。

得られた心拍数から、%HRmax を算出した。%HRmax の算出式は、次のとおりである。

$$\%HRmax = HR / HR_{max} \dots \text{①}$$

$$\text{※} HR_{max} = 220 - \text{年齢}$$

加速度は、胸部および左大腿部の 3 軸加速度からマグニチュードを算出した。マグニチュードの算出式は次のとおりである。

$$\text{マグニチュード}(G) = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \dots \text{②}$$

$$\text{G:m/sec}^2 \quad \text{※} 1 \text{G} = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) 計は、データのサンプリング間隔は 10 秒毎とした。

$\dot{V}O_2$  から、メツツ値 (METs) を算出した。メツツの算出式は、次のとおりである。

$$\text{METs} = \dot{V}O_2 (\text{ml/kg/min}) / \text{安静時 } \dot{V}O_2 (\text{ml/kg/min}) \dots \text{③}$$

$$\text{※} \text{安静時 } \dot{V}O_2 = 3.5 \text{ ml/kg/min}$$

### 4. 結果

図 1 は、一例の立位安静時および歩行時の酸素摂取量、瞬時心拍数、胸部および左大腿部マグニチュードの時系列変化を示したものである。速度が高まるとともに、酸素摂取量、瞬時心拍数、胸部および左大腿部マグニチュードは増加した。

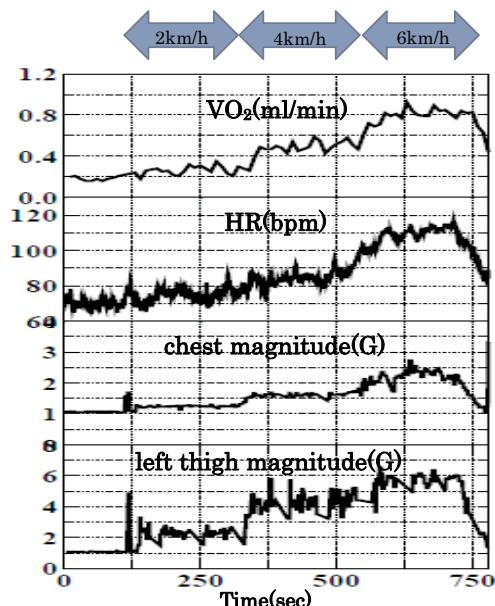


図 1. 立位安静時および歩行時の酸素摂取量、瞬時心拍数、胸部および左大腿部マグニチュードの時系列変化

図 2 は、一例の 1 MET 以上における、%HRmax と METs の散布図を示したものである。この例において、回帰式は  $y = 0.0435x + 0.2928$  ( $x$  ; METs,  $y$  ; %HRmax) であり、この回帰式の  $x$  に 3(METs) を代入した場合、%HRmax は、0.42 を示した。表 1 に、全例の 1 MET 以上の時の %HRmax および METs の回帰式、 $x$  に 3 (METs) を代入したときの %HRmax を示す。 $x$  に 3 (METs) を代入したときの全例の %HRmax 平均値は、0.433 ± 0.018

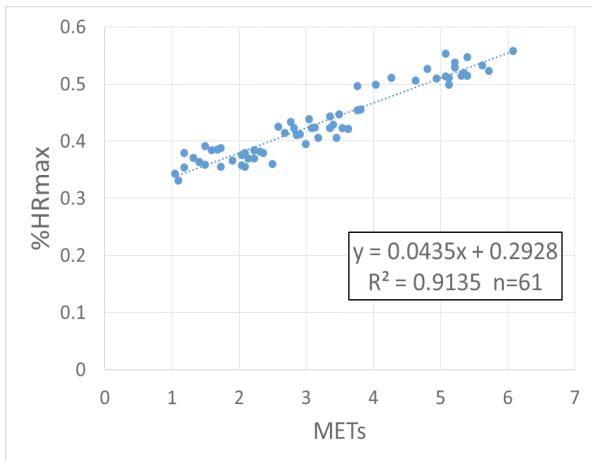


図2. 1 METs以上の時の%HRmax-METsの散布図

表1 1 METs以上の時の%HRmax-METsの回帰式とxに3(METs)を代入したときの%HRmax

	%HRmax(HR(bpm))	回帰式
A	0.422(83.6)	$y=0.0435x+0.2928$
B	0.418(83.2)	$y=0.0494x+0.2698$
C	0.441(87.3)	$y=0.0461x+0.3023$
D	0.421(83.4)	$y=0.0479x+0.2773$
E	0.461(91.3)	$y=0.0501x+0.311$
平均	0.433	
標準偏差	0.018	

表2 1 METs以上の時の胸部マグニチュード-METsの回帰式とxに3(METs)を代入したときの胸部マグニチュード(G)

	x=3(METs)	回帰式
A	1.55	$y=0.2831x+0.7034$
B	1.59	$y=0.1889x+1.0199$
C	1.44	$y=0.191x+0.866$
D	1.76	$y=0.427x+0.4794$
E	1.53	$y=0.229x+0.8441$
平均	1.57	
標準偏差	0.12	

表3 1 METs以上の時の左大腿部マグニチュード-METsの回帰式とxに3(METs)を代入したときの左大腿部マグニチュード(G)

	x=3(METs)	回帰式
A	3.59	$y=1.198x-0.0058$
B	2.97	$y=0.755x+0.7055$
C	3.09	$y=1.0247x+0.0174$
D	3.47	$y=1.1058x+0.1554$
E	3.23	$y=1.0869x-0.0299$
平均	3.27	
標準偏差	0.26	

(0.41~0.46) を示した。

次に、全例の 1 METs 以上の時の胸部マグニチュードおよび METs の回帰式、x に 3 (METs) を代入したときの胸部および左大腿部マグニチュードをそれぞれ、表 2, 3 に示す。x に 3 (METs) を代入したときの胸部マグニチュードの平均値は、 $1.57 \pm 0.12$  ( $1.44 \sim 1.76$ ) G であり、左大腿部のマグニチュードは、 $3.27 \pm 0.26$  ( $2.97 \sim 3.59$ ) G であった。また、標準偏差は左大腿部マグニチュードよりも胸部マグニチュードで小さい値を示した。

## 5. 考察

厚生労働省は、2013 年に「健康づくりのための身体活動基準 2013」が策定し、個人の健康づくりのための身体活動基準として、身体活動・運動の基準を示している。身体活動の基準は 18~64 歳において、「強度が 3 メッツ以上の身体活動を 23 メッツ・時/週行う」としている。また、運動の基準においても、「強度が 3 メッツ以上の運動を 4 メッツ・時/週行う」としており<sup>2)</sup>、基準となる「3 メッツ」の定量的検討が必要と考えられる。

これまでの身体活動の把握には、酸素摂取量測定法、質問紙法などの方法が用いられてきた。しかしながら、酸素摂取量測定法には、大がかりな設備が必要なことや日常生活活動および運動が制限される。また、質問紙法では正確な記録を取ることが難しく、高齢者や幼児には適さない。以上のことから、身体活動を正確かつ簡便に推定できる方法は少ない。本研究では、%HRmax、胸部および左大腿部マグニチュードと METs の散布図より得られた回帰直線を用いることによって、3 METs の身体活動時における %HRmax、胸部および左大腿部マグニチュードを算出した。その結果、%HRmax が 0.41~0.46 以上、胸部マグニチュードが  $1.44 \sim 1.76$  G であれば、3 メッツ以上の運動をしていると判断することが可能であることが示された。以上から、心拍および加速度を測定することによって、3 メッツ以上の身体活動を推測することが推察された。

一方、左大腿部マグニチュードは胸部マグニチュードに比べ、標準偏差が大きくなつた。本研究においては、トレッドミルを用いて歩行を行つた。その際、被験者はトレッドミルのレバーを持つよう指示したため、上半身が固定され下半身の左大腿部マグニチュードよりも胸部マグニチュードにおいて標準偏差が小さくなつたと考えられる。また、加速度については、トレッドミル使用時の実験について、一定の見解が得られていない。小熊らの報告では、平地歩行や平地走行に比べ、トレッドミル上の歩行および走行時の加速度にかなり個人差がみられたため、走りの上手い下手、トレッドミルに慣れているかどうかが影響すると結論付けている<sup>11)</sup>。以上から、実験室的にではなく、日常生活内での 3 メッツ以上の身体活動を行つた際の胸部および左

大腿部マグニチュードについて、今後検討する必要性があると考えられる。

## 6. 謝辞

測定にご協力いただきました対象者の皆様に厚く御礼申し上げます。

## 7. 文献

- 1) 厚生労働省. 健康日本21(第二次), 2012
- 2) 厚生労働省運動基準・運動指針の改定に関する検討会. 健康づくりのための身体活動基準 2013, 2013
- 3) 海老根直之, 島田美恵子, 田中宏暁, 西牟田守, 吉武裕, 斎藤慎一, Peter J.H. Jones : 二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価－生活時間調査法, 心拍数法, 加速度計法について－, 体力科学, 51, 151-164, 2002
- 4) 渡邊令子, 山田雅子 : 心拍数を用いる成人男女の消費エネルギー量の解析, 日本栄養・食糧学会誌, 48(2), 95-101, 1995
- 5) 山地啓司 : 運動と心拍数, 体力科学, 50, 1-6, 2001
- 6) 山地啓司 : 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店, 1981
- 7) 柳谷直樹, 中川正康, 小林政雄, 三浦博人, 根本敏文, 小川康彦, 安田修, 鈴木玄, 斎藤崇, 松岡一志, 三浦傳 : 日常生活活動における加速度測定の意義に関する基礎的検討, 日本臨床生理学会雑誌, 25(suppl), 112-113, 1995
- 8) 京極悠里 : 食生活と行動評価システムの開発, 東京家政大学大学院修士論文, 2010
- 9) 加登万裕子, 島田裕哉, 古市泰郎, 高倉久志, 増田和実 : 傾斜歩行時の運動強度の推定, 日本運動生理学雑誌, 16(1), 9-16, 2009
- 10) 船山理恵 : 心拍, 酸素摂取量回帰式の日内変動性, 東京家政大学大学院修士論文, 2011
- 11) 小熊裕子, 山本哲史, 木下訓光, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎元 : 心拍同時記録3次元加速度計を用いた活動強度と身体活動量の評価 ——1) 基礎的検討, 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター紀要, 25-31, 1999

## Abstract

In order to promote health and prevent lifestyle-related diseases, it is strongly recommended to perform physical activity at the exercise level of 3 METs. The purpose of this study was to determine the physical activity level at an intensity of 3 METs by recording heart rate (HR) and accelerometer. Five subjects volunteered for this study. We measured HR, body movement as monitored by 3 axial accelerometer and oxygen consumption under three walking velocities [2, 4, and 6 km/h] by using a treadmill. We examined the relationships between METs and a percent of HR max (%HRmax), METs and chest or left thigh region movement by accelerometer. The %HRmax was  $0.433 \pm 0.018$  with the range between 0.41 and 0.46, the magnitude of chest accelerometer was  $1.57 \pm 0.12$  G with the range between 1.44 and 1.76 G, at the exercise level of 3 METs. The results suggest that physical activity at an intensity of 3 METs could be estimated by recording heart rate and accelerometer.