

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

平林 あかり*・東風谷 祐子**・市丸 雄平**
(平成28年1月14日査読受理日)

Quantitative evaluation of oxygen uptake using heart rate meter and accelerometer

HIRABAYASHI, Akari KOCHIYA, Yuko ICHIMARU, Yuhei
(Accepted for publication 14 January 2016)

キーワード: 3軸加速度, 心拍数, 身体活動量

Key words: triaccelerometer, heart rate, physical activity

1. 諸言

2012年に施行された健康日本21(第2次)では,国民の健康増進を形成する基本要素として,栄養・食生活,身体活動・運動,休養,飲酒,喫煙及び歯・口腔の健康が挙げられている¹⁾.特に,身体活動・運動については多くの研究において生活習慣病の発症との関連が報告されている^{2,3)}.また,身体活動や運動は生活習慣病だけでなく社会生活機能の維持及び向上並びに生活の質の向上にも関連している⁴⁾.これらの観点から,健康日本21(第2次)では,身体活動・運動の目標を「日常生活における歩数の増加」とし,具体的には平成34年までに20~64歳の男性は9,000歩,女性は8,500歩を目標としている¹⁾.また,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メッツ以上の身体活動を23メッツ・時/週行う」としている⁵⁾.以上から,対象者一人一人の現状評価や介入効果を確認するためにも,身体活動量推定法の確立が望まれる.

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,酸素摂取量から熱量を測定する呼吸ガスチャンバー法などがあげられる.しかし,これらの方法は実験室の中で被験者に生活してもらい身体活動量を測定するため日常生活活動や運動が制限されること,大掛かりで高価な設備が必要なことが欠点である.日常生活下の身体活動量を測定できる方法として二重標識水法があげられる.日本人の食事摂取基準(2015年版)では「二重標識水法は2週間程度の(ある程度習慣的な)エネルギー消

費量を直接に測定でき,その測定精度も高いため,エネルギー必要量を推定するための有用な基本情報を提供してくれる。」としている⁶⁾.しかし,使用する安定同位体のD₂¹⁸Oや分析機器が非常に高価であることなどが問題点である.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ため,広範に用いられている.一方,対象者の自己記録によるデータは対象者の知識,記憶能力,精神状態などに結果が左右され妥当性を欠く^{7~10)}.さらに高齢者や子供の日常生活時の身体活動量を正確に把握することも困難である.

そこで,近年,日常生活下の身体活動量を簡便かつ明確に把握する方法として3軸加速度測定法^{11~14)},ホルター心電図法¹¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾を使用した方法などが開発されている.3軸加速度法を用いた方法は歩行計をはじめとして,軽量で使用しやすいことがメリットである.しかし階段昇降や傾斜歩行時の身体活動量が反映されないなど,強度の異なる複雑な活動を判別することが難しい^{17~19)}.

一方,心拍数は,身体活動量以外に,情緒的興奮,刺激物の摂取など様々な要因に影響される²⁰⁾²¹⁾.これらの身体活動非依存性の心拍数増加を認めるため,心拍数のみで身体活動量を推定することは困難である.

このことより,身体活動の有無を3軸加速度で判定し,身体活動が認められた時の心拍数を抽出することにより,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と推測される.

近年,軽量の心拍・3軸加速度同時記録装置が開発された.我々はこれまで,この心拍・3軸加速度同時記録装置を用いて,日常生活下における体位や運動強度の推定などを行ってきた¹⁴⁾²²⁾.しかし,心拍・3軸加速度を同時測定

* 大学院博士課程人間生活学専攻

** 栄養学科臨床栄養情報研究室

し身体活動量を推定する方法については検討されていない。そこで本研究ではこの機械を用い、3軸加速度によって立位中の身体活動の有無を判定し身体活動中の心拍数を用いて、身体活動量を推定することを目的とした。

2. 実験方法

1) 対象

対象は健常女子大生16名として実験を行った。事前に実験内容の説明を行い、参加の同意を文書で得た。対象者の年齢および身体的特徴は、 21.1 ± 1.6 歳、身長 158.6 ± 4.1 cm、体重 51.6 ± 5.9 kg（平均±標準偏差）であった。本実験は東京家政大学大学院倫理委員会で承認を得て行った。

2) 測定機器

心拍・3軸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。装着部は、胸部および左大腿部の2ヶ所とした。胸部の装着法はNASA誘導とした。測定項目は、胸部はR-R Interval (RRI: 心電図のR波から次のR波までの時間 (msec) を示したもの) および3軸加速度、左大腿部は3軸加速度とした。3軸加速度のX軸は左右の動きを表し、Y軸は上下の動き、Z軸は前後の動きを表す。身体活動量の指標として酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) を測定した。 $\dot{V}O_2$ 測定には酸素摂取量計 $\dot{V}O_2000$ (S&mE 社製) を用いて測定した。 $\dot{V}O_2$ のサンプリング間隔は10秒毎とし、フローセンサーは中流量センサーを用いた。 $\dot{V}O_2$ 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) 測定方法

被験者は機器を装着し、座位、立位でそれぞれ10分間安静にした後、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。測定時間は、AM9:00~12:00の間に、環境の室内温度は22~26℃、湿度は約50%に保った。

4) 解析方法

心拍・3軸加速度同時記録装置によって得られたデータはUSBケーブルを用いてパーソナルコンピュータに送信し、csvファイル形式で保存した。

RRIから1心拍毎の瞬時心拍数を算出した。算出式は次式のとおりである。

$$\text{瞬時心拍数 (bpm)} = 60000 / \text{RRI} \dots\dots (1)$$

また、測定した3軸加速度からマグニチュードを算出した。算出式は次式のとおりである。

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

瞬時心拍数、3軸加速度およびマグニチュードは、データ間隔がサンプルごとに異なるため、Microsoft Visual Basic for Application を用いて、10秒毎のデータに算出した。先行研究²²⁾で作成したアルゴリズムを用いて臥位(仰臥位、腹臥位、左側臥位、右側臥位)、座位、立位時間をそれぞれ算出した。

また、得られた瞬時心拍数から、カルボネン法²³⁾を用いて%HRR(% heart rate reserved)を算出した。%HRRは、心拍を用いた運動強度を示す指標として使用されている²⁴⁾²⁵⁾。算出法は以下のとおりである。

$$\%HRR = (\text{HR} - \text{rHR}) / (\text{HRmax} - \text{rHR}) \times 100 \dots\dots (3)$$

※ HRmax = 220 - 年齢
※ rHR = 安静時心拍数

$\dot{V}O_2$ から、メッツを算出した。メッツの算出式は、次式のとおりである。

$$\text{METs} = \dot{V}O_2(\text{ml/kg/min}) / \text{安静時 } \dot{V}O_2(\text{ml/kg/min}) \dots\dots (4)$$

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

5) 統計学的処理

メッツと%HRRの相関関係を比較するため、相関係数を算出した。相関係数の有意水準は0.05とした。

3. 結果

<身体活動の判定>

図1に一例の立位安静時および多段階歩行運動時のメッツ、%HRRを示す。多段階歩行時に速度を増加させると、メッツ、%HRRともに増加を示した。以上のようなデータから、胸部および左大腿部3軸加速度から立位中と判定されたデータを抽出し、%HRRとメッツの相関関係について検討した。

図2は、一例の立位中のメッツと%HRRの相関図である。有意に高い相関関係($p < 0.05$)が認められるものの、メッツが低値の時に%HRRのばらつきが認められる。そこで、立位中の身体活動依存性の心拍をより厳密に抽出するため、左大腿部マグニチュードのカットオフ値を算出した。身体活動中の心拍および酸素摂取量は高い相関関係を示すため、左大腿部マグニチュードのカットオフ値が身体活動時と安静時の境界部にあれば、メッツと%HRRの相関係数は値が大きくなる。全例の左大腿部のマグニチュードを1.000から10.000まで0.001毎に区切り、メッツと%HRRの相関係数が最大になる点を算出した。図3は図2と同一例の、左大腿部マグニチュードのカットオフ値を1.10Gから1.17Gまで0.001Gずつ増加させた際のメッツと%HRRの相関係数を示したものである。左大腿部マグニ

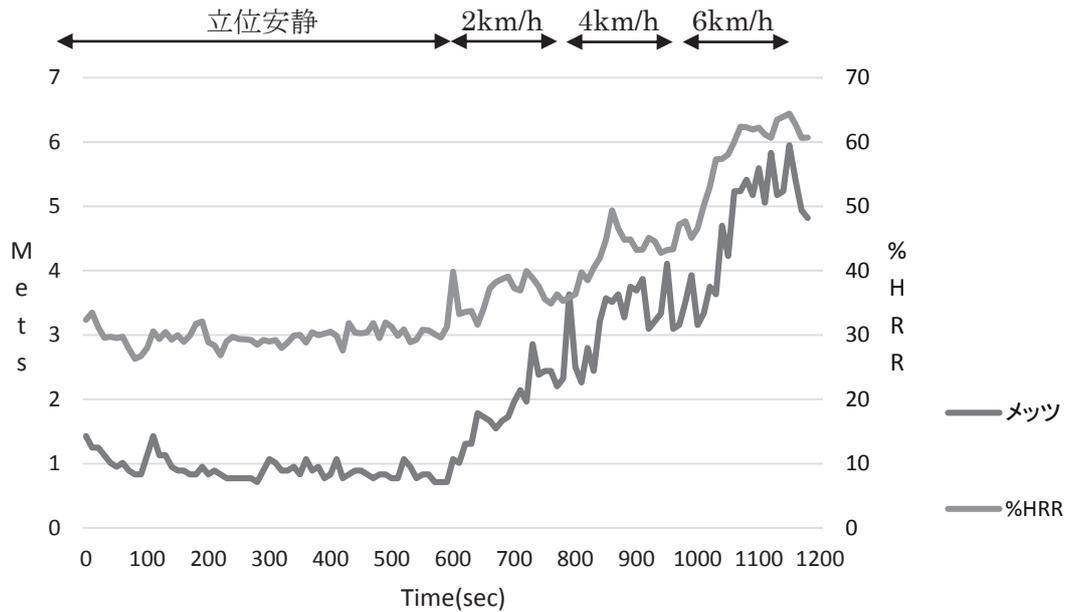


図1 メッツ・%HRRの時系列変動

←→は立位安静もしくは表記の速度で歩行していることを示す。
歩行速度を上げるとメッツ%HRRともに増加した。

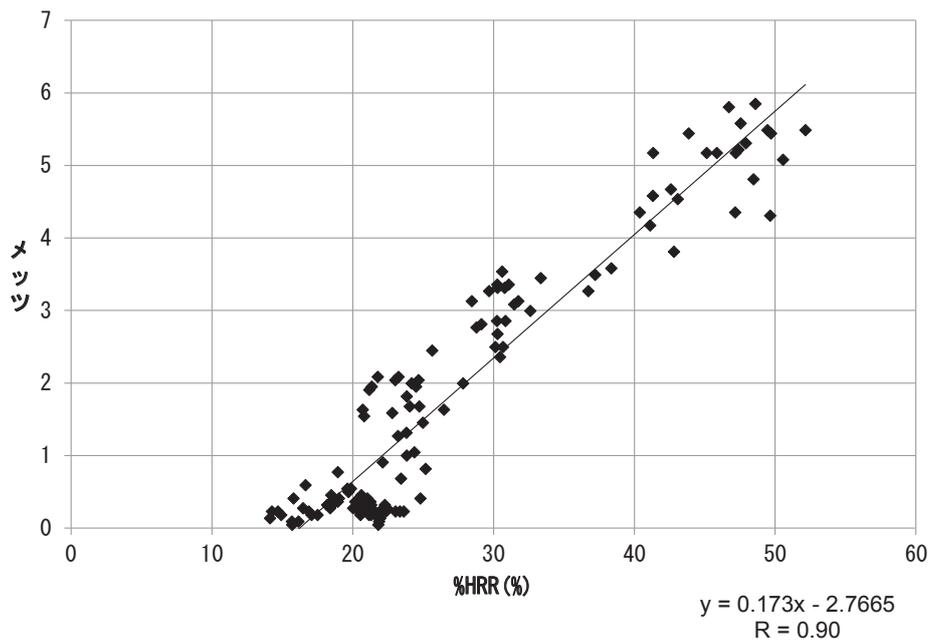


図2 立位中のメッツ-%HRRの相関図

高い相関係数が認められるが、メッツが低値の時の%HRRにばらつきが認められる。

チュードが1.133Gの時に最も相関係数は高くなった。

図4は図2と同一例の立位中の左大腿部マグニチュード1.133G以上の時をメッツと%HRRの相関図である。図2と比較して図の3ほうがより相関係数は高くなり、メッツが低値の時の%HRRのばらつきが少なくなった。左大腿部マグニチュード1.133Gをカットオフ値にしたことで、

より厳密な身体活動中の心拍が抽出できたと考えられる。

図5にメッツと%HRRの相関係数が最も高くなった時の全例の左大腿部マグニチュードのカットオフ値を示す。全例の平均では $1.139 \pm 0.011G$ を示した。以上から、本研究では左大腿部マグニチュードが1.14G以上である場合を「身体活動」時とした。

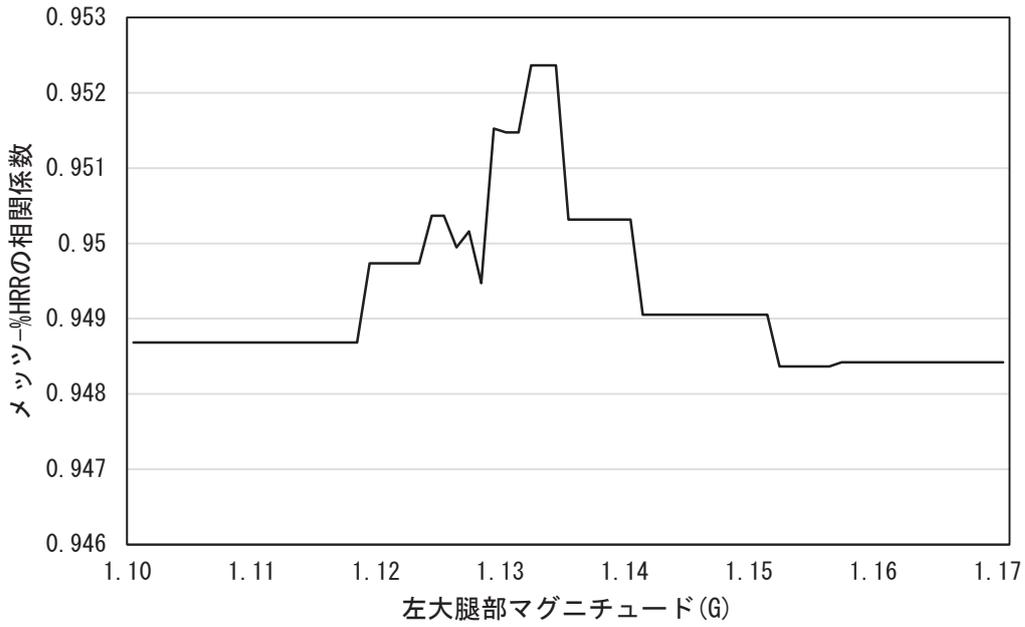


図3 左大腿部マグニチュードのカットオフ値とメッツ-%HRRの相関係数
左大腿部マグニチュードが1.133Gの時にメッツ-%HRRの相関係数が最も高くなった。

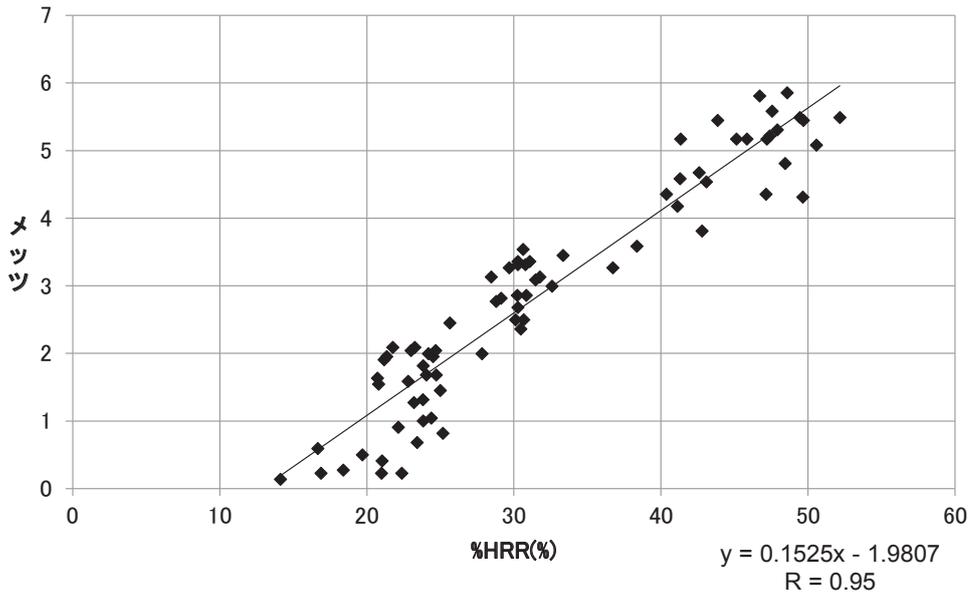


図4 左大腿部マグニチュード1.133G以上の時のメッツ-%HRR相関図
左大腿部マグニチュードをカットオフ値として用いた。図2と比較してメッツが低値の時のばらつきが少なくなった。また、相関係数が増加した。

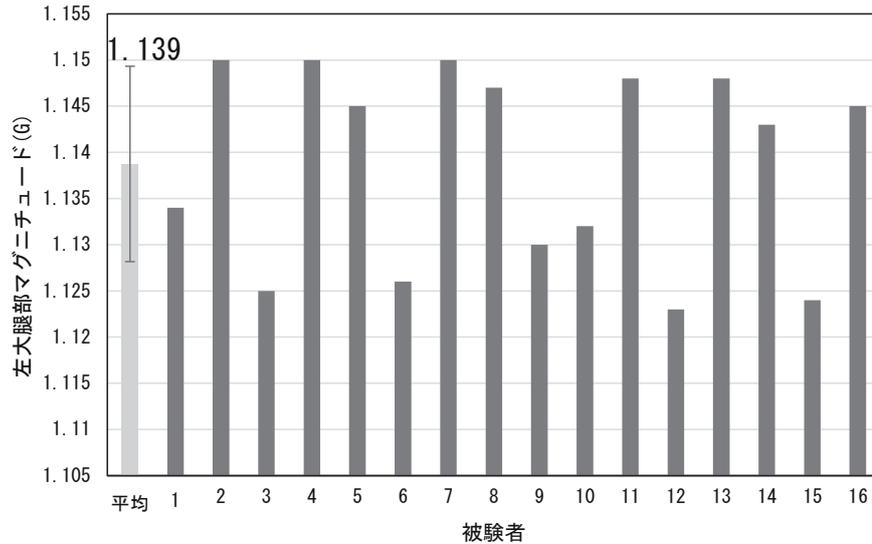


図5 全例の左大腿部マグニチュードのカットオフ値

メッツ-%HRRの相関係数が最も高くなった時の左大腿部マグニチュードのカットオフ値である。1.123～1.150Gまで示し、平均は1.139 ± 0.011Gであった。

表1 身体活動時における全例のメッツ-%HRRの回帰式と相関係数

被験者	回帰式	相関係数
01	$y = 0.15x - 1.98$	0.95
02	$y = 0.17x - 4.50$	0.96
03	$y = 0.17x - 4.63$	0.93
04	$y = 0.18x - 4.42$	0.97
05	$y = 0.19x - 5.17$	0.95
06	$y = 0.17x - 4.24$	0.94
07	$y = 0.17x - 4.87$	0.92
08	$y = 0.16x - 3.73$	0.93
09	$y = 0.17x - 5.31$	0.95
10	$y = 0.22x - 6.84$	0.94
11	$y = 0.17x - 4.83$	0.95
12	$y = 0.16x - 4.65$	0.96
13	$y = 0.20x - 6.98$	0.96
14	$y = 0.19x - 5.72$	0.92
15	$y = 0.18x - 5.98$	0.94
16	$y = 0.23x - 7.95$	0.95

相関係数は全例において有意に高い値を示し、個体間の有意差は認められなかった。回帰係数の平均は0.18、切片の平均は-5.11であった。

<身体活動時における %HRR とメッツの相関性>

左大腿部マグニチュード 1.14G をカットオフ値とした際の全例のメッツと %HRR の回帰式と相関係数を表1に示す。回帰式については、回帰係数が0.15～0.23、切片が-7.95～-1.98を示した。回帰係数の平均値は0.18、切片は-5.11であった。全例の回帰式の相関係数について検討したところ、

表2 回帰式 $y = 0.18x - 5.11$ の x に %HRR を代入した際のメッツ

身体活動強度※	%HRR	メッツ
低強度	35	1.2
	40	2.1
	45	3.0
中強度	50	3.9
	55	4.8
	60	5.7
高強度	65	6.6
	70	7.5

※身体活動強度は、American College of Sports Medicine 運動処方指針-運動負荷試験と運動プログラム-南江堂(2011)を引用した。
%HRR が中等度の身体活動強度 (40～60%HRR) を示すとき、メッツは2.1～5.7を示した。

全例において高い相関が認められた ($p < 0.05$)。一方、全例の相関係数の間には有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。

以上から、メッツと %HRR の回帰式を $y = 0.18x - 5.11$ と仮定し、身体活動強度を変えた時の身体活動時のメッツの値について検討した。回帰式の x に %HRR を代入し、 y の値であるメッツを算出した。身体活動強度とそれに対応した %HRR、回帰式から算出したメッツを表2に示す。%HRR が40～55%の中等度の強度の時、メッツは2.1～4.8を示した。

4. 考察

身体活動量の定量的効果についてのこれまでの様々な報告がなされてきた。Paffenbargarらは、1週間に1000キ

ロカロリーを消費した場合、500キロカロリー未満の消費群に比べ死亡率が20~30%減少したと報告している²⁶⁾。また、身体活動の健康効果は全体活動量つまりカロリー消費量または身体活動時間と比例する²⁷⁾こと、身体活動強度を3つに分けると高強度と中強度の方が低強度群に比べ期待余命が高い²⁸⁾ことも先行研究によって報告されている。その一方で、これまでの研究の身体活動量推定法は、チャンパー法、二重標識水法など、大掛かりで一般の人々が日常的に使用できないものであった。そこで近年、歩行計やカロリーメータをはじめとする3軸加速度測定法を用いた方法が開発され市販されている¹⁰⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾。しかし、3軸加速度計による身体活動量の測定は、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の問題点が挙げられている^{17)~19)}。一方、心拍数法を用いた身体活動量推定法も報告されているが、心拍は身体活動非依存性の変動を認めるため、心拍のみで身体活動量を推定することは難しい²⁰⁾²¹⁾。そこで、本研究では身体活動の有無を3軸加速度で判定し、身体活動強度を心拍により推定する方法を開発した。

本研究では、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、全例においてメッツと%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。

次に身体活動時と判定された時のメッツ - %HRRの回帰式について検討した。本研究では、身体活動時のヒトのメッツ - %HRRの回帰式を $y = 0.18x - 5.11$ として仮定した。中強度の身体活動とは、安静時の3.0~5.9倍の強度で行う身体活動のことで、個人の身体能力による相対値基準では10段階評価で5~6程度の強度とされている²⁾。また、%HRRは中等度の強度において40~59を示し、メッツは3~6を示すとされる³⁴⁾。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。

ただし、本研究は若年成人女性を被験者として実験を行った。最大有酸素能力は通常年齢と共に低下する³⁵⁾。そのため、高齢者と若年者が同じメッツで身体活動をする場合、%HRRが異なり、本研究で得られた回帰式が適用できない可能性が考えられる。今後の研究として、子どもや高齢者について検討する必要がある。

5. 結論

本研究では、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依存性の心拍が抽出できることが示された。また、左大腿部マグニチュードによって身体活動時と判定された時のメッツと%HRRの関係は、 $y = 0.17x - 4.85$ によって示され、%HRRを用いることで身体活動量が推定できることが示唆された。

6. 謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力いただいた対象者の皆様に厚く御礼申し上げます。

7. 引用文献

- 1) 厚生労働省：二十一世紀における第二次国民健康づくり運動。(2012)
- 2) WHO:Global recommendations on physical activity for health.(2010)
- 3) Ikeda N, Inoue M, Iso H, Ikeda S, Satoh T, Noda M, Mizoue T, Imano H, Saito E, Katanoda K, Sobue T, Tsugane S, Naghavi M, Ezzati M, Shibuya K:Adult mortality attributable to preventable risk factors for non-communicable diseases and injuries in Japan: A comparative risk assessment. PLoS Med. 9, e1001160 (2012)
- 4) Sofi F, Valecchi D, Bacci D, Abbate R, Gensini GF, Casini A, Macchi C:Physical activity and risk of cognitive decline: A meta-analysis of prospective studies. J Intern Med 269,107 (2011)
- 5) 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)
- 6) 厚生労働省：日本人の食事摂取基準(2015年版)。(2015)
- 7) 川久保清, 李廷秀：身体活動量の測定法：総論. 日本臨床, 67(増2), 137(2009)
- 8) 大澤祐介, 小熊祐子：身体活動量の測定法：機器による身体活動量の評価. 日本臨床, 67(増刊2), 149
- 9) Acheson K. J., Campbell I. T., Edholm O. G., Miller D. S. Stock M. J.. The measurement of daily energy expenditure-an evaluation of some techniques. AJCN, 33, 1155 (1980)
- 10) 北村菜月, 佐藤拓, 川越厚良, 佐竹将宏, 塩谷隆信. 若年健常者の日常生活における身体活動量の評価 - IPAQ日本語版の信頼性・妥当性の3軸加速度計を用いた検討 -. 理学療法科学, 25(5), 767(2010)
- 11) 海老根直之, 島田美恵子, 田中宏暁, 西牟田守, 吉武裕, 齊藤慎一, 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(2002)
- 12) 足立稔, 笹山健作, 引原有輝, 沖嶋今日太, 水内秀次, 角南良幸, 塩見優子, 西牟田守, 菊永茂司, 田中宏暎, 齋藤慎一, 吉武裕: 小学生の日常生活における身体活動量の評価: 二重標識水法と加速度計法による検討. 体力科学, 56, 347(2007)
- 13) 樋口博之, 綾部誠也, 進藤宗洋, 吉武裕, 田中宏暎: 加速度センサーを内蔵した歩数計による若年者と高齢者の日常生活身体活動量の比較. 体力科学, 54, 363(2005)
- 14) 疋田あかり, 大橋絵里子, 東風谷祐子, 市丸雄平: 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. 東京家政大学研究紀要, 54(2), 19(2014)
- 15) 真鍋麻美, 中村幸夫, 高沢頼子, 木田和幸, 臼谷三郎, 齋藤良治: 心拍数・酸素消費量直線による妊産婦エネルギー消費量の推定. 医療, 53(4), 251(1999)
- 16) 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(1995)
- 17) 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, 斉藤崇, 松岡一志, 三浦博: 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(1995)
- 18) 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)
- 19) 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(2009)
- 20) 山地啓司: 運動と心拍数. 体力科学, 50, 1(2001)
- 21) 山地啓司: 運動処方のための心拍数の科学, 大修館書店 (東京), 1981
- 22) 平林あかり, 東風谷祐子, 市丸雄平. 3軸加速度測定を用いた日常生活下における体位推定法の検討と応用: 日本生理人類学会誌, 20(4), 187(2015)
- 23) Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O.: The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, 35 (3), 307 (1957)
- 24) 長島未央子. 長時間自転車運動が鍛練者の酸化ストレス度及び血中ビタミン濃度におよぼす影響: 体力科学, 60(3), 279(2011)
- 25) 正保哲, 洲崎俊男, 出口清喜, 廣瀬昇, 奥壽郎, 立野勝彦: Karvonen 法による運動負荷強度における生体反応. 理学療法科学, 26(1), 33(2011)
- 26) Paffenbarger R.S., Clark,D.G, Cooper K.H., Gibbons.L.W.: Physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy men and women. *JAMA*, 262 ,2395 (1989)
- 27) Pate R. R., Pratt M., Blair S.N, Haskell W.L., Macera.C.A., Bouchard C., Buchner D., Ettinger W., Heath G.W., King A.C., Kriska A., Leon A.S., Marcus B.H., Morris J., Paffenbarger Jr R.S, Patrick K., Pollock M.L., Rippe J.M., Sallis J, Wilmore J.H.: Physical Activity and Public Health-A Recommendation From the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273 (5), 402 (1995)
- 28) Franco, O.H., de Laet, C., Peeters, A., Jonker, J., Mackenbach, J., Nusselder, W.: Effects of Physical Activity on Life Expectancy With Cardiovascular Disease. *Arch Intern Med*, 165, 2355 (2005)
- 29) Cartwright R. D.: Effect of sleep position on sleep apnea severity. *Sleep*, 7, 110 (1984)
- 30) 永田正伸, 野尻晋一, 坂田俊一, 川路茂保: 生活活動度に基づく日常活動状態の判別方法. 生体医工学, 46 (6), 567(2008)
- 31) 真鍋克博, 前園徹, 石川剛, 坂田俊一, 山本澄子, 東嶋弘子: 生活活動度計による高齢片麻痺者の身体活動時間計測の妥当性. 理学療法科学, 28(4), 477(2013)
- 32) 佐藤拓, 北村菜月, 川越厚良: 3軸加速度計による身体活動測定時間の妥当性. バイオメカニズム学会誌, 35(3), 197(2011)
- 33) 藤田好彦, 高田祐, 久保田智洋, 堀田和司, 中村茂美, 奥野純子, 柳久子: 生活活動時計 (A-MES) を用いた地域在住虚弱高齢者の生活活動度の検討. 日本プライマリ・ケア連合学会誌, 37(3), 212(2014)
- 34) 川越厚良, 清川憲孝, 菅原慶勇, 高橋仁美, 阿部留美子, 北村菜月, 佐竹将宏, 塩谷隆信: 安定期高齢 COPD 患者の日常生活における身体活動量の生活活動度計による定量評価. 理学療法学, 38(7), 497, 2011
- 35) American College of Sports Medicine: 運動処方の指針 - 運動負荷試験と運動プログラム -, 南江堂, 2011

Abstract

The purpose of this study was to estimate the physical activities using heart rate and triaxial accelerometer. First, we obtained the cutoff value for determining moving by triaxial accelerations at the left femor. Second, we examined the relationship between %HRR (%heart rate reserved) and METs delimited by the cutoff value. The correlation coefficient for %HRR and METs delimited by the cutoff value was significant correlation in all cases. The linear regression equation of %HRR and METs was $y=0.18x-5.11$ (y =METs, x =%HRR). By substituting %HRR for x in the linear regression equation, METs was calculated. For example, %HRR was substituted for the regression expression, METs was 5.7. The linear regression might offer a useful parameter to assess physical activities.