

3軸加速度法による身体活動量計測

Physical Activity Measurements Based on 3-Axis Acceleration Method

松村 吉浩* · 廣部 一彦** · 西野 健司*** · 山中 裕*** · 中村 正****
Yoshihiro Matsumura Kazuhiko Hirobe Kenji Nishino Yutaka Yamanaka Tadashi Nakamura

日常生活に多い低強度から中等度以上の活動まで対応できる3軸加速度法を応用した身体活動量計を用いて日常生活の活動量を定量的に計測し、身体活動量とメタボリックシンドローム判定各指標との関連を統計的手法により確認した。

40歳以上の男性59名を対象とし、健診による腹囲計測結果に基づき、非腹部肥満群、腹部肥満群の2群に分類して群間の身体活動量を比較する。その結果、腹部肥満群は非腹部肥満群に比べて身体活動指数、3 METs未滿の身体活動時間が有意に少なく、メタボリックシンドローム対策の保健指導において日常生活での低強度の活動量の定量化が重要であることが示唆され、この身体活動量計が保健指導のツールとして有用であると考えられる。

The correlation between physical activities and each evaluation criterion for metabolic syndrome has been statistically analyzed by measuring daily activities by using the physical activity monitor based on a 3-axis acceleration method capable of measuring physical exertion during low to medium-level activities often experienced in daily life.

A total of 59 male subjects aged 40 and over participated. The participants were divided into two groups with and without abdominal adiposis based on abdominal measurements made during physical checkups, and the quantity of physical activities was compared between the two groups. The results indicated that the physical activity index and physical activity time smaller than 3 METs were significantly smaller in the group with abdominal adiposis. The study suggests the importance of quantifying low-level activity in daily life for counseling purposes and to prevent of metabolic syndrome, as well as the effectiveness of the physical activity monitor for self-discipline.

1. ま え が き

メタボリックシンドロームなどの該当者や予備群に対する保健指導を徹底するために、2008年4月から特定健診および保健指導が厚生労働省主導のもとに実施されている。とくに生活習慣病予防には「1に運動 2に食事 しっかり禁煙 最後にクスリ 良い生活習慣は、気持ちがいい!」といった標語により、運動を第一とした生活習慣を呼びかけている。「健康づくりのための運動指針2006」によれば、健康づくりのための身体活動量の目標値を「週23エクササイズ*¹⁾ そのうち4エクササイズは活発な運動を!」としており、3 METs*²⁾ 以上の身体活動に対しての1週間

当りの基準を23エクササイズと定めている¹⁾。また、原らも中高年女性を対象とした身体活動量と体重減少の関連性による研究から、1日平均3 METs以上の運動時間が体重減少と有意に相関すると示している²⁾。

一方、Levineら^{3), 4)}は、運動以外の姿勢維持、立座りや日常的な行動などによるエネルギー消費を非運動性熱産生(Non-Exercise Activity Thermogenesis: 以下、NEATと記す)の量、つまり3 METs未滿に相当する家事作業や日常作業などの身体活動によるエネルギー消費不足が肥満の一要因であることを示唆している。

身体活動量を簡便に測定するため、身体活動により発生する加速度を計測し、身体活動量を推定する方法は簡便で

* 先行技術開発研究所 Advanced Technologies Development Laboratory

** みずほフィナンシャルグループ大阪健康開発センター Osaka Health Promotion & Medical Center, Mizuho Financial Group

*** 電器事業本部 電器新事業開発センター New Business Development Center, Home Appliances Manufacturing Business Unit

**** 大阪大学大学院医学系研究科 内分泌・代謝内科学 Department of Metabolic Medicine Graduate School of Medicine, Osaka University

優れた方法であることが、二重標識水法⁵⁾との比較により判明している。しかし、従来の1軸加速度計では歩行動作以外の動作を過小評価するため、総エネルギー消費量も有意に過小評価することが以前より指摘されている⁶⁾。日常生活における姿勢変化、立座り、家事などでは動作が3次的になるため、それらの動作のエネルギー推定精度向上をねらって、近年では3軸加速度センサを用いた機器の研究開発が進められており^{7), 8)}、その実用化が望まれている。筆者らも3軸加速度センサを用いた身体活動量計(以下、活動量計と記す)を開発し、2007年11月から「アクティマーカー EW4800」(図1)として発売している。

その精度は3軸加速度センサを用いることにより、日常活動からジョギングまでの身体活動強度を精度良く計測できることを別報⁹⁾で示しており、これまでの1軸センサや歩数計では難しかった低強度から中等度以上の身体活動量の計測を可能としている。日常活動の身体活動強度を精度良く計測することにより、前述したNEATの量を評価することが可能となる。身体活動強度の時刻歴を参照することにより、NEATを含めた生活習慣を把握することができ、メタボリックシンドローム対策のための保健指導のツールとしてその有用性が期待できる。

本稿では、この活動量計を用いて日常活動量を定量的に計測し、身体活動量とメタボリックシンドローム判定各指標との関連性について統計的手法によりその有用性の検討を行う。



図1 活動量計「アクティマーカー EW4800」

2. 身体活動量とメタボリックシンドローム判定各指標との関連性

2.1 身体活動量の測定方法

本研究に用いる活動量計は身体動作による3軸加速度の合成加速度変動の平均値と酸素摂取量の関係式により1分ごとの身体活動量を推定し、その値を本体のメモリーに記憶することができる。別報で精度が確認された活動量計と同じ演算方法に加え、本体の液晶表示画面に12秒間の平均活動強度と1日の歩数、3 METs以上の活動時間が表示される試作機(図2)を使用する。活動量計は健診実施日に対象に手渡すとともに、装着方法について説明を行う。活動量計は起床から就寝するまで装着し、休日を含み装着した日が7日間以上となるようにする。また、活動量計の表示は装着中に確認できるが、装着中はこれまでと同じように生活するようにする。なお、装着を忘れた日は申告表

により管理する。



図2 活動量計試作機

2.2 対象

M銀行関連会社の関西地区において2006年度の定期健康診断を受診した40歳以上の男性903名に対し、健診時に身体活動量計測のパフレットを配布して希望者を募る。

このなかから、2006年9月から12月末の間に活動量計試作機を使用し、身体活動量を計測した者110名のうち、装着日数の満たない者(18名)、臍部腹周長(以下、腹囲と記す)の測定を実施していない者(5名)、および運動指導を受けている者(28名)を除いた59名(年齢: 53.4 ± 6.0 歳, BMI: 24.6 ± 3.0 , 腹囲: 86.6 ± 8.0 cm)を解析対象とする。対象を健診時の腹囲により、85 cm未満の群を非腹部肥満群(以下、N群と記す)と85 cm以上の群を腹部肥満群(以下、O群と記す)の2群に分ける。N群は30名、O群は29名である。

なお、本研究においては、大阪大学医学部付属病院における倫理委員会での承認を得るとともに対象には本研究の主旨を説明し、参加者全員から研究参加への同意を得ている。

2.3 統計処理

活動量のデータは、終日装着されていない装着開始日および装着終了日、申告日および歩数が200歩未満である日を除き、1週間以上の活動量から求められる1日平均の値を代表値として統計処理に用いる。群間の身体活動量の比較は、Studentのnon-paired t-testを用い、身体活動量と健診指標との相関関係の検定にはPearson's correlation coefficientを用いる。なお、健診指標として、収縮期血圧(以下、SBPと記す)、拡張期血圧値(以下、DBPと記す)、腹囲と血液検査での空腹時血糖値(以下、FGBと記す)、HDLコレステロール値(以下、HDLと記す)、LDLコレステロール(以下、LDLと記す)、トリグリセリド(中性脂肪: 以下、TGと記す)および総コレステロール(以下、Tchoと記す)を用いる。

また、各身体活動量を値の低い順に等分することにより低運動量群(Q1)、中運動量群(Q2)、高運動量群(Q3)の三分位に区分し、区分された群間の比較を実施する。群間の活動量の比較にはbonferroniの方法によりt-testを行う。なお、有意差の判定は $p < 0.05$ とする。

本稿においては、活動量計から算出される1分間平均の身体活動強度を積算した値から算出される値を総称して身体活動量と呼ぶものとし、とくに身体活動強度別に積算した時間と呼ぶ場合はx METs以上(あるいは未満)の身体活動時間と呼ぶものとする。

3. 結果

3.1 N群とO群の健診各指標の比較

両群の健診各指標を比較したものを表1に示す。これからN群とO群の健診結果において年齢には有意差はないが、N群が年齢の高い傾向(p=0.09)にある。SBPにおいては有意差はないが、DBPはO群が高い傾向にある。TchoとLDLについては有意差が認められない。O群はN群に対し、BMI(Body Mass Index)、FGB、TGで有意に高値を、HDLで有意に低値を示している。

表1 N群とO群の健診各指標の比較

項目	N群(30名)	O群(29名)
年齢(歳)	53.4 ± 6.0	50.5 ± 6.8
体重(kg)	64.8 ± 4.2	77.4 ± 7.4 ***
BMI(kg/m ²)	22.5 ± 1.6	26.7 ± 2.5 ***
SBP(mmHg)	116.1 ± 12.4	122.3 ± 11.6
DBP(mmHg)	75.0 ± 7.5	80.6 ± 7.9 *
FGB(mg/dL)	91.6 ± 8.4	99.7 ± 10.4 **
Tcho(mg/dL)	211.7 ± 23.8	209.7 ± 29.3
HDL(mg/dL)	60.3 ± 11.6	49.6 ± 9.0 ***
LDL(mg/dL)	131.4 ± 22.3	130.1 ± 29.4
TG(mg/dL)	83.7 ± 34.0	159.3 ± 96.1 ***

値は平均値 ± 標準偏差で示している。
* : p<0.05, ** : p<0.01 *** : p<0.005

活動量計のメモリーに保存されている1分ごとの歩数と身体活動強度のデータから、身体活動量についてN群とO群の比較を行う。1日の消費エネルギーを1分ごとの身体活動強度のデータと基礎代謝の推定式より算出し^{10), 11)}、これを推定基礎代謝量で除した値を生活活動指数¹²⁾(以下、PAL_kと記す)としてその結果を表2に示す。

N群とO群では平均歩数(以下、歩数と記す)、3 METsと4 METs以上の活動時間において有意差は認められない。一方、基礎代謝を除いた体重当りの平均消費エネルギー(以下、TEと記す)において、N群が有意に高値である。身体活動時間が1.5 METs以上、3 METs未満、およびPAL_kにおいてもN群が有意に高値であることから、N群はO群に比べ運動や歩行による活動時間以外の日常活動による動作や立作業などによる身体活動時間が多いことが推察される。表1においてN群に比べO群は、メタボリックシンドロームの診断基準¹³⁾となる指標であるDBP、FGB、TGにおいては有意に高値で、HDLは有意に低値である。このことから、NEATに相当する3 METs未満の身体活動

量もメタボリックシンドロームの予防に対しては重要であると考えられる。

表2 N群とO群の身体活動量の比較

	N群(30名)	O群(29名)	
TE(kJ/kg/d)	12.07 ± 2.72	9.67 ± 1.87 ***	
歩数(Step/d)	10385 ± 2549	10564 ± 3034	
PAL _k	1.55 ± 0.12	1.48 ± 0.09 *	
身体活動時間	1.5 METs以上(分/d)	379.0 ± 73.7	325.0 ± 56.3 **
	3.0 METs以上(分/d)	53.5 ± 24.8	53.3 ± 23.3
	4.0 METs以上(分/d)	16.4 ± 15.7	12.4 ± 10.0
	3.0 METs未満(分/d)	565.2 ± 93.0	505.2 ± 71.7 **

生活活動指数=(総消費エネルギー)/(推定基礎代謝)
* : p<0.05, ** : p<0.01 *** : p<0.005

3.2 身体活動量と健診各指標との相関

本対象59名の健診各指標のうち、表1においてN群とO群に有意差の認められるDBP、FGB、HDLとTGの4指標および腹囲について身体活動量との相関係数を求める。結果を表3に示す。この表から腹囲とTEとの間には負の有意な相関が、HDLとTEとの間には正の有意な相関が認められる。また、腹囲とHDLは1.5 METs以上の身体活動時間とも有意な相関が認められるが、3 METs以上の身体活動時間とは相関が認められない。このことは、中等度の運動だけでなく3 METs未満の低強度活動の積重ねでエネルギー消費が増加し、結果として腹囲とHDLの値に影響を与えらる。

表3 健診各指標と身体活動量の相関係数

指標	歩数	TE	PAL _k	1.5 METs以上	3.0 METs以上	3.0 METs未満
FGB	0.08	-0.31 *	-0.22	-0.25	-0.07	-0.26 *
DBP	0.10	-0.18	-0.08	-0.05	0.02	-0.14
HDL	0.24	0.50 ***	0.40 **	0.46 ***	0.14	0.11 ***
TG	0.01	-0.29	-0.16	-0.16	-0.02	-0.13
腹囲	0.04	-0.52 ***	-0.32 *	0.34 **	-0.07	-0.34 **

* : p<0.05, ** : p<0.01 *** : p<0.005

表3においてとくに相関係数の高いTEと腹囲の関係を図3に示し、3 METs未満の身体活動時間とHDLの関係を図4に示す。図5にはこれまで身体活動量の基準とされているが本研究においては有意な相関が認められない3 METs以上の身体活動時間と腹囲の関係を示す。グラフ上の○印は計測値を示し、直線は計測値を最小2乗法で近似した直線を示している。

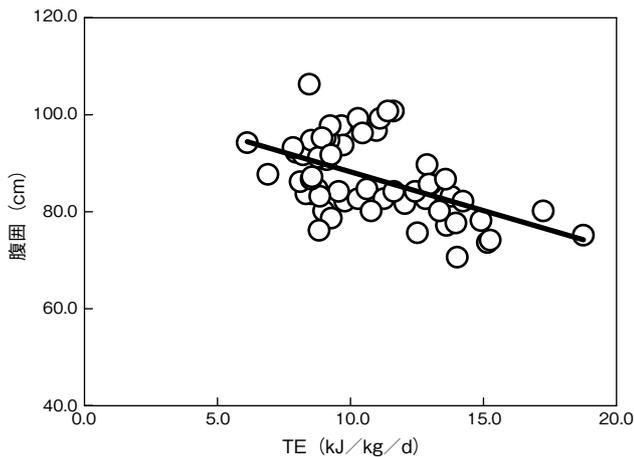


図3 TEと腹囲の関係

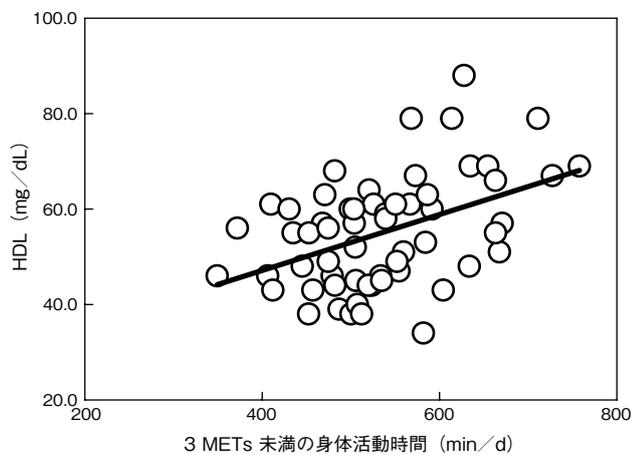


図4 3 METs未満の身体活動時間とHDLの関係

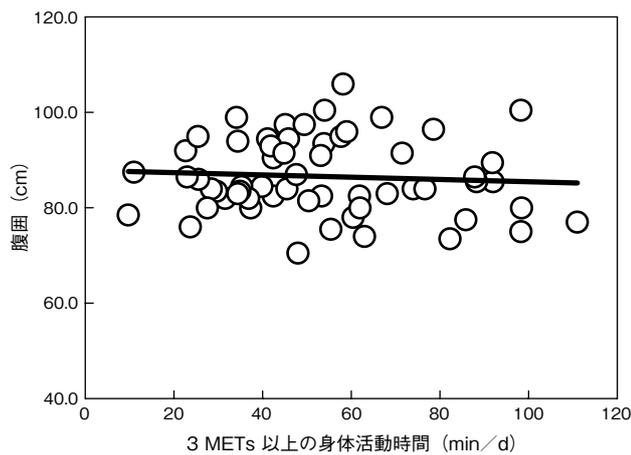


図5 3 METs以上の身体活動時間と腹囲の関係

3.3 身体活動量の統計的解析

身体活動量の量的な基準を考察するために、対象59名の身体活動量を三分位に区分し、区分された群間での有意差検定を行う。各身体活動量の三分位点は表4に示す。この表には各群(Q1, Q2, Q3)の人数、身体活動量の最小/最大値、平均±標準偏差を示している。たとえば、表4

に示した身体活動量のすべてがQ3群になるのは、1日の歩数が11620歩以上、TEが52.0 kJ/kg/d以上、PAL_kが1.58以上、1.5 METs以上の身体活動時間が385分以上、3 METs以上が60分以上、3 METs未満が568分以上となる場合である。

次に、身体活動量の三分位により分類された各身体活動量の群間の健診各指標との有意差の検討を行う。結果を表5に示す。この表の身体活動量の群分けは表4の身体活動量ごとの群分けに対応している。両表より、TEがQ3群(58.8 ± 6.9 kJ/kg/d)である場合、Q1群(35.0 ± 3.1 kJ/kg/d)に対してHDLが有意に高値であり、腹囲の値が有意に低値である。また、3 METs未満の身体活動時間においてQ3群がQ1群とQ2群に対して有意に高値である。さらにこの結果から、歩数を除く身体活動量のQ3群では、Q1群あるいはQ2群のいずれかの身体活動量と比較してもHDLは有意に高値、FBG、DBP、TGおよび腹囲は有意に低値となっており、Q3群の身体活動量が生活習慣改善のための一指標になり得ると考えられる。

表4 各身体活動量の三分位点

身体活動量		Q1	Q2	Q3
歩数 (Step/d)	人数(名)	19	20	20
	最小/最大 平均±S.D	5230/8774 7668 ± 1143	8830/11553 9966 ± 824	11620/16448 13645 ± 1688
TE (kJ/kg/d)	人数(名)	20	20	19
	最小/最大 平均±S.D	25.6/38.1 35.0 ± 3.1	38.5/50.4 43.6 ± 3.8	52.0/78.5 58.8 ± 6.9
PAL _k	人数(名)	20	19	20
	最小/最大 平均±S.D	1.31/1.45 1.40 ± 0.04	1.46/1.58 1.50 ± 0.04	1.58/1.83 1.64 ± 0.07
1.5 Mets 以上 (min/d)	人数(名)	19	20	20
	最小/最大 平均±S.D	210/309 280 ± 25	312/367 342 ± 18	385/545 432 ± 46
3.0 Mets 以上 (min/d)	人数(名)	19	20	20
	最小/最大 平均±S.D	10/40 28.7 ± 8.2	41/59 49.7 ± 5.8	60/111 80.9 ± 14.8
3.0 Mets 未満 (min/d)	人数(名)	20	20	19
	最小/最大 平均±S.D	349/499 447 ± 40	500/567 528 ± 21	568/758 638 ± 54

平均±標準偏差

4. 考 察

「健康づくりのための運動指針2006」(以下、運動指針と記す)では、健康づくりのための身体活動量として週23エクササイズ以上の活発な身体活動を行い、そのうちの4エクササイズ以上は活発な運動を行うことを目標にしている。この量を1日当りの運動に換算すると約66分の3 METs以上の運動に相当する。また原らは、40歳以上の中高年の女性を対象とした身体活動量と体重減少の関連性についての研究において、1日平均3 METs以上の運動の時間が体重減少と有意に相関することを示しており、3~4 METs以上の総時間が体重減少に関係すると述べている。しかし、本対象ではO群とN群の3 METs以上の時間では、両群ともに平均値が53分前後、標準偏差が24分

表5 健診各指標の身体活動量三分位区分による群間の有意差

指標	群	FBG		DBP		HDL		TG		腹囲		
		(mg/dL)	有意差	(mmHg)	有意差	(mg/dL)	有意差	(mg/dL)	有意差	(cm)	有意差	
歩数	Q1	92.8 ± 8.1		77.1 ± 7.6		51.9 ± 8.6		93.8 ± 60.9	□*	84.7 ± 5.4		
	Q2	97.4 ± 12.6		77.5 ± 9.6		54.4 ± 13.7		159.8 ± 102.5			88.5 ± 9.0	
	Q3	96.5 ± 9.1		78.6 ± 7.3		58.8 ± 11.5		107.6 ± 57.4			86.5 ± 8.8	
TE	Q1	98.4 ± 11.1	□†**	79.6 ± 6.6		50.2 ± 8.3	□**#	132.4 ± 104.9	□*	89.0 ± 6.7	□#	
	Q2	97.7 ± 9.0		79.2 ± 8.5		52.5 ± 9.3		146.0 ± 75.0		90.3 ± 7.9		
	Q3	90.5 ± 8.6		74.2 ± 8.5		62.9 ± 13.2		82.3 ± 30.8		80.2 ± 5.1		
PAL _k	Q1	96.9 ± 10.6	□**	77.7 ± 6.7		50.8 ± 7.6	□**	116.9 ± 88.0	□*	86.6 ± 5.5		
	Q2	99.1 ± 10.3		80.7 ± 8.1	□†	52.4 ± 8.8		155.6 ± 91.1		91.0 ± 8.3		
	Q3	91.0 ± 8.2		74.9 ± 8.8		61.9 ± 14.4		91.8 ± 45.8		82.3 ± 7.7		
1.5 Mets未満	Q1	98.1 ± 10.6		79.4 ± 7.1		49.6 ± 8.5		149.3 ± 115.4		89.5 ± 7.0	□†	
	Q2	95.9 ± 9.0		76.9 ± 8.5		54.1 ± 9.1		103.4 ± 51.8		86.5 ± 6.9		
	Q3	93 ± 10.8		77.0 ± 8.8		61.3 ± 13.9		111.3 ± 57.5		83.9 ± 9.1		
3.0 Mets以上	Q1	94.9 ± 10.4		77.1 ± 6.1		54.1 ± 8.6		92.4 ± 47.0	□**	85.3 ± 5.9		
	Q2	99.4 ± 11.3		80.2 ± 8.8		53.7 ± 13.0		167.2 ± 106.4		□*	90.2 ± 8.7	□*
	Q3	92.5 ± 7.9		75.9 ± 8.8		57.4 ± 12.8		101.5 ± 54.2				
3.0 Mets未満	Q1	98.4 ± 9.8		80.8 ± 5.9		51.7 ± 8.5	□***	124.4 ± 80.5	□*	89.0 ± 7.7	□†	
	Q2	95.4 ± 10.0		76.1 ± 9.3		51.0 ± 8.5		134.9 ± 96.3		87.6 ± 6.5		
	Q3	92.8 ± 10.5		76.2 ± 8.3		62.9 ± 13.7		102.4 ± 60.8		83.0 ± 8.7		

† : p<0.1, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.005, # : p<0.001

平均±標準偏差

前後であり、有意差がない。いずれの群も運動指針の示す3 METs以上の運動が66分であるのに対して約13分少ない。一方、3 METs未満の時間においては有意差がみられ、N群はO群に対して1日当たり平均60分多い。原らの対象は主婦層が中心であり、日常活動における作業や家事による身体活動時間では対象間の大きな差がなく3 METs以上の運動時間において差がみられた。しかし、本稿の対象は電車通勤による事務所勤務の男性であり、3 METs以上の身体活動量は通勤時に行われるため、歩行時間においては対象間に差がなく、日常活動における作業や家事に相当する身体活動量により差が生じたものと考えられる。本対象に対しては食事の制約や指導は行っていないためその影響は考慮されないが、日常活動における低強度活動の積重ねによるエネルギー消費も腹部肥満予防に重要であると考えられる。

さらにLevineら⁴⁾は、肥満群と痩身群について、臥位と座位と立位・移動の時間の比較を傾斜計と3軸加速度センサを用いて行っており、肥満群においては座位の時間が有意に長く、また立位・移動の時間が有意に短いことを示している。本稿による結果もLevineらの結果と同様にN群とO群の違いが3 METs未満の身体活動との有意な関係を示唆している。

ところで1日当たりのTEは、3 METs以上の身体活動強度をK_{m3}、身体活動時間をT₃とし、3 METs未満の身体活動強度をK_{mn}、身体活動時間をT_nとすると、簡易的に式(1)で計算することができる。

$$TE = 1.2 B_{mw} (K_{m3} - 1) T_3 + 1.2 B_{mw} (K_{mn} - 1) T_n \quad (1)$$

B_{mw}: 単位時間・体重当りの基礎代謝推定値¹⁰⁾ (kJ/kg/min)

ここで、身体活動量を三分位に分類した表4のQ3群の結果から、T₃の平均値と標準偏差の差は66.1分であり、運動指針で示す1日当たり66分とよく一致している。また、T_nは584分であり、TEは51.9 kJ/kg/dである。

40～60歳の平均的な男性(身長170 cm、体重65 kg)¹⁴⁾を基準とし、K_{mn}を2.0 METs、K_{m3}を3.0 METsと仮定して前述のT₃、T_nの値を用い、式(1)から平均的な対象の平均消費エネルギーTE_rを算出すると51.1 kJ/kg/dとなり、前述のTEとほぼ一致する。

表5に示す結果のうち、TEの三分位区分による群間の有意差を表6にまとめて示す。この表と前述の考察より、運動指針では1週間に23エクササイズの運動を推奨しているが、これだけの身体活動ではメタボリックシンドローム予防のための身体活動量は不十分であり、3 METs未満の身体活動の積重ねによるエネルギーの消費も重要であると考えられる。

以上の理由から、歩行や中等度の運動のみならず家事作業や日常作業などの身体活動による消費エネルギーも定量化できる本活動量計は、メタボリックシンドローム予防のための保健指導において有用なツールであると考えられる。

表6 TEの三分位区分による群間の有意差

群	Q1	Q2
Q2	有意差なし	
Q3	FBG : Q1>Q3 (p<0.01) HDL : Q1<Q3 (p<0.001) 腹囲 : Q1>Q3 (p<0.001)	FBG : Q2>Q3 (p<0.1) HDL : Q2<Q3 (p<0.01) TG : Q2>Q3 (p<0.05) 腹囲 : Q2>Q3 (p<0.001)

各群のTE (平均±標準偏差)

Q1 : 35.0±3.1 Q2 : 43.6±3.8 Q3 : 58.8±6.9 (kJ/kg/d)

5. あとがき

日常生活に多い低強度から中等度以上の活動まで対応できる3軸加速度法を応用した活動量計を用いて日常生活の活動量を定量的に計測し、身体活動量とメタボリックシンドローム判定各指標との関連を統計的手法により確認した。

40歳以上の男性59名を対象とし、健診による腹囲計測結果に基づき、非腹部肥満群、腹部肥満群の2群に分類して群間の身体活動量を比較した。その結果、腹部肥満群は非腹部肥満群に比べて身体活動指数、3 METs未達の身体

活動時間が有意に少なく、メタボリックシンドローム対策の保健指導において日常生活での低強度の活動量の定量化が重要であることが示唆され、この身体活動量計が保健指導のツールとして有用であると考えられる。

本研究を行うにあたり、協力をいただきました大阪大学大学院医学研究科 西澤 均 博士、みずほフィナンシャルグループ大阪健康開発センター 大脇 多美代 氏、館 美加 氏、平田 真以子 氏に感謝の意を表します。

●注

* 1) エксаサイズ：身体活動量を表す単位。

* 2) METs：身体活動の強さが安静時の何倍に相当するかを表す米国体力医学会が提唱する身体活動強度の単位

*参考文献

- 1) 厚生労働省、健康づくりのための運動指針2006（エクササイズガイド2006）、（2006）
- 2) 原 丈貴、松村 吉浩、山本 松樹、北堂 正晴、中尾 泰史、中尾 勇人、鈴木 崇士、吉川 貴仁、藤本 繁夫：3軸加速度計を用いて評価した日常生活の活動強度と体重減少の関連性、体力科学、Vol. 55, No. 4, p. 385-392（2006）
- 3) James A. Levine, Norman L. Eberhardt, Michael D. Jensen：Role of Nonexercise Activity Thermogenesis in Resistance to Fat Gain in Humans, Science, Vol. 283, p. 212-214（1999）
- 4) James A. Levine, Lorraine M. Lanningham-Foster, Shelly K. MacCready, Alisa C. Krizan, Leslie r. Olson, Paul H. Kane, Michael D. Jensen, Matthew M. Clark：Interindividual Variation in Posture Allocation：Possible Role in Human Obesity, Science, Vol. 307, p. 584-587（2005）
- 5) 柏崎 浩：マクロレベルでのエネルギー代謝（二重標識水法の原理とその応用）、最新医学、Vol. 54, No. 1, p. 20-28（1999）
- 6) 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、心拍法、加速度計法、について）、体力科学、Vol. 51, No. 1, p. 151-163（2002）
- 7) Carlijn V. Bouten, Klaas R. Westerterp, Maarten Verduin, Jan D. Janssen：Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer, Medicine and Science in Sports and Exercise, Vol. 26, No. 12, p. 1516-1523（1994）
- 8) Annelies HC Goris, Erwin P Meijer, Arnold Kester, Kaas R Westerterp：Use of a triaxial accelerometer to validate reported food intakes, American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 73, p. 549-553（2001）
- 9) 松村 吉浩、山本 松樹、北堂 正晴、中村 秀樹、木寺 和憲、藤本 繁夫：3軸加速度センサを用いた高精度の身体活動量計、松下電工技報、Vol. 56, No. 2, p. 60-66（2008）
- 10) 厚生労働省：第5次改定 日本人の栄養所要量、p. 46-47（1994）
- 11) 中野 昭一編：運動の仕組みと応用 普及版、医歯薬出版、p. 229-240（2001）
- 12) 第一出版編集部：厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準 2005年度版、第一出版、p. 229-240（2005）
- 13) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会：メタボリックシンドロームの定義と診断基準、日本内科学会誌、Vol. 94, p. 188-203（2005）
- 14) 東京都立大学体力標準値委員会編、新・日本人の体力標準値2000、不昧堂出版（2000）

◆執筆者紹介



松村 吉浩

先行技術開発研究所
技術士（機械部門）



廣部 一彦

みずほフィナンシャルグループ
大阪健康開発センター
博士（医学）



西野 健司

電器新事業開発センター



山中 裕

電器新事業開発センター



中村 正

大阪大学大学院医学系研究科
内分泌・代謝内科学
博士（医学）