離島に居住する男性高齢者の身体活動 —連続 7 日間の加速度モニタリング—

黒木 匡¹ 山内 太郎¹ 萩原 潤² 佐々木久美子² 渡辺 知保¹

Physical Activity of Elderly People Living on a Remote Island assessed using Acceleration Monitoring

Tadasu KUROGI¹, Taro YAMAUCHI¹, Jun HAGIHARA²,
Kumiko SASAKI² and Chiho WATANABE¹

Physical activity patterns were investigated in ten elderly men (mean age 72.1 years) living on a remote isolated island that has undergone a simultaneous rapid decrease in population and rapid growth of the elderly population. Acceleration monitoring, recorded every two minutes, was conducted for each subject on seven consecutive days to determine their total daily energy expenditure (TEE). Anthropometry, blood pressure, and handgrip strength measurements were made. Consequently, four men were judged as obese and six as hypertensive. According to a Japanese standard reference, the mean daily physical activity level (PAL) of the subjects was categorized as moderately low. By contrast, the mean daily step frequency (STEP) exceeded the national standard average (4,787 steps/day) for the same age-sex group. Moreover, six men exceeded the target value for elderly men (6,700 steps/day). Intra-day variation in the physical activity intensities measured every two hours reflected the subjects' lifestyles; however, no particular tendency was observed in the daily variation in the PAL. All the subjects were retired from regular employment, and no longer worked on a schedule. Consequently, no significant difference was observed in PALs between weekdays and weekends. Bland and Altman analysis clarified that the TEE calculated using the accelerometer was underestimated, which supports previous studies. The significant relationships between the physical activity indices (PAL and STEP) and blood pressure or handgrip strength suggest that walking and promoting physical fitness have important roles in maintaining and increasing PALs in the elderly. Physical activity may be a key factor in preventing hypertension in the elderly.

Key words : Physical activity, elderly people, accelerometer, nutritional status, physical fitness
身体活動, 高齢者, 加速度計, 栄養状態, フィットネス

¹ 東京大学大学院医学系研究科

² 宮城大学看護学部

¹ Graduate School of Medicine, University of Tokyo

² School of Nursing, Miyagi University

I 緒 言

平成16年簡易生命表によると日本人の平均寿命は男性78.64歳、女性85.59歳であり、前年度と比較すると男は0.28年、女は0.26年上回った（厚生労働省、2005）。また65歳以上の高齢者人口は2488万人に達し、総人口に占める割合（高齢化率）も19.5%に上昇している。高齢化率は今後も上昇を続け、2025年には28.7%になると見込まれている（内閣府、2005）。世界に類を見ない高齢社会が到来している中、老化にともなって生じる健康問題は多様化している。これに対して介護保険法の施行など高齢者に対する社会の支援体制は整いつつあるものの、健康で自立している高齢者が要介護状態となる時期を遅らせ、また介護期間を短縮させる予防的な働きかけが重要である。

「21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）」は高齢者の日常生活動作能力（ADL）障害の発生を予防するために軽スポーツ（ゴルフ、ゲートボール）やレクリエーション活動などの運動を行うことを推奨している。運動は健康の維持・増進に関して重要な役割を担っており、冠動脈性疾患（田辺ほか、2003）、糖尿病（田中、2000；津下ほか、1998）といった生活習慣病の発生を予防することや、寿命の延長と関連が強いこと（Lee et al., 1995）が認められている。また、寝たきりや痴呆を減少させることや、加齢にともなう筋力低下の軽減や転倒の予防（新野、2006）、骨粗鬆症を防ぐ効果（仲立ほか、2004）があることが知られている。しかし、高齢者の身体活動については、特定疾患の有無や、施設入所、運動の実施といった観点からの報告は多いものの、健康な在宅高齢者の日常生活における身体活動量についての報告は少ない（上地ほか、1997）。その理由の一つとしては、メタボリックチャンパー法や心拍数モニタリング法（キャリブレーションに標準運動時の呼気ガス分析が必要）、活動日誌法など身体活動量を推定する方法は、一般の健康成人を対象とするものが多く、高齢者への適用には困難がともなう（原田・山地、1982）ことが挙げられる。

対象者に負担をかけず身体活動量を評価する方法として、1980年代中期より軽量・小型の加速度計が開発され、簡易に長期間の身体活動量を評価することが可能となった（Freedson et al., 1998；Rafamantanantsoa et al., 2002；Sirard et al., 2000）。しかし、研究は肥満の成人および子どもに集中しており、健康で自由に生活している高齢者の1日の身体活動量を長期間（1週間程度）で連続測定し、身体活動量を評価した報告は非常に限られている（古田ほか、2000）。

本研究の目的は、自然に囲まれた漁村で通常の日常生活を営んでいる男性高齢者を対象として連続7日間の24時間加速度モニタリングを行い、日常的な身体活動量を同定することである。とくに身体活動量の日内変動および日間変動に着目して検討した。

II 方 法

1. 調査地の概要と対象者

T島は宮城県牡鹿半島の先端に位置する離島である。都市との交通は、1日3往復（朝・昼・夕）の定期船に限られており、片道約1時間ほどかかる。島では近海を中心とした漁業が漁業共同組合の管理下で行われている。また、夫婦や同居者で連れ立って小規模な漁も行われている。これらの活動による漁獲は主に自家消費用であるが、都市に出荷される場合もある。また、多くの世帯は家の周辺の小規模な畑で自家消費用の野菜を栽培している。

現在島では急速に過疎化が進んでおり、島の属する市の住民台帳によると昭和35年度は人口1,065人（世帯数192）であったが、昭和50年度には568人（世帯数155）、昭和63年度には260人（世帯数107）にまで減少し（山内・萩原、2005）、調査時点（2005年9月）における島の人口は98名（59世帯）であった。そのうちほとんどが65歳以上の高齢者であり、独居や高齢夫婦の二人暮らしが主な家族形態であった。市の総合政策課のデータによると島民の平均年齢は72.2歳、65歳以上の者の割合（高齢化率）は85.4%であり、全

国平均の 19.5%, 県全体の 19.3% (内閣府, 2005) を大きく上回っていた。

市の保健婦による定期巡回訪問にあわせて健康診断, 健康教育を企画し, その活動の一環として本調査を実施した。島内の 2 集落それぞれの地区長を通じて島民に健康診断のアナウンスを行い自主的に参加した住民を対象とした。対象者に測定の目的を説明し, 書面でインフォームドコンセントを得た。身体計測, 血圧測定, 握力測定には 34 名が参加した。その中で, 調査内容を説明し同意が得られた男性 10 名について, 連続 7 日間の加速度モニタリングを行った。この 10 名の男性高齢者を本研究における解析の対象者とした。

2. 身体計測, 血圧測定, 握力測定

身長は携帯身長計 (伸縮式ハンドル身長計 YG-200, ヤガミ) を用いて 0.1 cm の精度で測定した。体重 (0.1 kg 単位) および体脂肪率 (%) は体内脂肪計 (TBF-305, タニタ) を用いて測定した。また, 身長と体重から Body Mass Index (BMI, kg/m^2) を算出した。

血圧および脈拍はデジタル血圧計 (HEM-770A, オムロン) を用いて安静座位で 2 回測定し, 分析には平均値を用いた。握力は握力計 (DM-100S, ヤガミ) を用い, 立位で左右両方を測定し, 分析には大きい方の値を用いた。

3. 身体活動量測定

男性高齢者 10 名に加速度計 (ライフコーダ, スズケン) を連続 7 日間装着してもらい, 1 日総エネルギー消費量 (TEE) および 1 日総歩数 (STEP) を測定した。加速度計は重さ 40 g, 幅 62.5×高さ 46.5×厚さ 26.0 mm と軽量小型である。本体を対象者の腰に装着し, 身体の上下運動による振動の加速度 (1 次元の加速度) をとらえる。4 秒ごとに測定された信号は, 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 の 11 段階の「活動強度」として分類され, 2 分毎の最頻値が本体の記憶装置に記録される。さらに, 内蔵の歩数計によって 1 日の総歩数が記録される。加速度計に入力した対象

者の性, 年齢, 身長, 体重から基礎代謝量 (Basal Metabolic rate: BMR) が自動算出され, 測定された活動強度をもとに TEE が自動計算される。測定された加速度データを活動強度, さらにエネルギー消費量に変換する方法・回帰式については公表されていない。

「ライフコーダ」が算出する TEE は, 心拍数法, ヒューマンカロリーメーター, 活動日誌法など他の方法による TEE よりも低いことが報告されている (原田ほか, 2003; 児玉ほか, 2002; Kumahara et al., 2004)。そこで, 本研究では「ライフコーダ」に記録された 2 分ごとの「活動強度」を対応する METs 値に置換することによって TEE を計算した。「ライフコーダ」の活動強度 1-9 について呼吸ガス分析により求められたエネルギー消費量との回帰式にもとづき, それぞれ 1.8, 2.3, 2.9, 3.6, 4.3, 5.2, 6.1, 7.1, 8.3 METs とした (Kumahara et al., 2004)。活動強度 0 については BMR, また「微小活動」として定められている活動強度 0.5 には安静時代謝量 (安静座位: $1.2 \times \text{BMR}$ (FAO/WHO/UNU, 1985)) を相当するものとした。各対象者について 1 日ごとに METs 値を合計して TEE を算出した。

4. データ分析

対象者の栄養状態の指標として BMI および体脂肪率, 健康指標として収縮期血圧 (SBP), 拡張期血圧 (DBP), 筋力の指標として握力を用いて分析をおこなった。BMR は性, 年齢, 測定した体重に基づき, WHO の推定式により算出した (FAO/WHO/UNU, 1985)。

身体活動指標として, 2 分ごとの METs 値から算出した TEE, そして TEE を BMR で標準化した身体活動レベル (Physical Activity Level: PAL = TEE/BMR), 1 日の総歩数 (STEP) の 3 つの指標を用いた。連続 7 日間の測定において 7 日間を通じて完全なデータが得られた者は 10 名のうち 6 名だった。残りの 4 名については加速度計を付け忘れた日のデータは除外して分析した (6 日間および 5 日間のデータが得られた者が各 2 名)。

7日間の活動強度 (METs 値) を2時間ごとに平均して時系列にプロットし, 日間変動を分析した. また, 加速度計による TEE の妥当性を検証するために, 加速度計の TEE と活動強度を METs に置換して計算した TEE について Bland and Altman プロット (Bland and Altman, 1986) を用い比較, 検討した. 栄養状態, 健康, 筋力のそれぞれの指標と身体活動指標の関係について2変量の測定データ間で Pearson の相関分析を行った. 全ての統計解析は JMP5.0.1 J (SAS Japan) を用い, 有意水準は5%未満とした.

III 結 果

1. 身体計測・血圧測定・握力測定

対象者の年齢, 身体計測, 血圧測定, 握力測定の結果を示す (表 1). 対象者の BMI の平均値は, 肥満と判定されるカットオフ値 (25.0) と等しかった (日本肥満学会, 2000). 個別にみると, 肥満と判定された者は10名中4名で, 内訳は, 肥満 (1度) (BMI: 25.0-29.9) の者が3名, 肥満 (2度) (BMI: 30.0-34.9) が1名だった.

日本高血圧学会の定義にしたがい, SBP が 140 mmHg 以上または DBP が 90 mmHg 以上を高血圧とすると, 5名が高血圧に分類された. そのう

表 1 対象者の身体的特徴, 血圧, 握力

	N	平均±SD	範囲 Min-Max	95%信頼 区間
年齢 (歳)	10	72.1±4.3	63-78	75.2-69.0
身長 (cm)	10	161.1±4.3	156.8-165.7	158.0-164.2
体重 (kg)	10	65.1±9.9	52.4-86.6	58.0-72.2
BMI (kg/m ²)	10	25.0±3.3	20.8-32.4	22.7-27.4
体脂肪率 (%)	10	21.8±5.4	15.1-33.0	17.9-25.7
収縮期血圧 (mmHg)	10	143.0±20.1	118-175	128.6-157.4
拡張期血圧 (mmHg)	10	81.4±9.7	71-100	74.5-88.3
握力 (kg)	10	33.6±7.6	18.4-42.0	28.2-39.1

ち SBP, DBP の両方とも基準値を超えた対象者は2名であった. 文部科学省平成16年度体力・運動能力調査によると, 対象者と同レベルの年齢集団である70歳から74歳までの男性932人の握力の平均, 標準偏差は 36.1±6.1 (kg) であり, 対象者の平均握力はこれに比べてわずかに低かった.

2. 身体活動指標

対象者個人ごとの年齢, 体重, BMR, 身体活動指標 (TEE, PAL, STEP) を示す (表 2). TEE, PAL, STEP については7日間の平均と標準偏差を示した.

表 2 対象者の身体活動指標

ID	年齢 (歳)	体重 (kg)	BMR ¹ (kcal/day)	TEE ² (kcal/day)			PAL ³			STEP ⁴ (step/day)		
				Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV
1	63	70.8	1442.8	2035.2	160.4	7.9	1.41	0.11	7.9	4473	1543	34.51
2	69	61.4	1315.9	1931.6	116.4	6.0	1.47	0.09	6.0	6806	2467	36.24
3	70	67.2	1394.2	2188.8	140.4	6.4	1.57	0.10	6.4	7766	1834	23.61
4	71	64.8	1361.8	2029.2	176.7	8.7	1.49	0.13	8.7	9457	3432	36.29
5	72	52.4	1194.4	1729.2	130.3	7.5	1.45	0.11	7.5	9633	2347	24.36
6	73	57.2	1259.2	1734.9	107.5	6.2	1.38	0.09	6.2	7610	1877	24.67
7	74	57.6	1264.6	1914.0	145.2	7.6	1.51	0.11	7.6	8040	2754	34.25
8	74	86.6	1656.1	2300.7	182.2	7.9	1.39	0.11	7.9	6617	1701	25.71
9	77	73	1472.5	1777.5	79.4	4.5	1.21	0.05	4.5	1909	630	32.97
10	78	60.2	1299.7	1695.4	156.9	9.3	1.30	0.12	9.3	4083	2212	54.18
Mean (SD)	72.1 (4.3)	65.1 (9.9)	1366.1 (133.4)	1933.6	206.1	7.2	1.42	0.11	7.2	6640	2465	32.68

¹基礎代謝量 (推定値, テキスト参照)

²総エネルギー消費量 (7日間の平均, 標準偏差, 変動係数)

³身体活動レベル (=TEE/BMR, 7日間の平均, 標準偏差, 変動係数)

⁴1日総歩数 (7日間の平均, 標準偏差, 変動係数)

図1 24時間の活動強度の変化(2時間ごとのMETs平均値)

STEPの平均値は1909から9633(歩/日)と個人によりばらつきが大きかった。10名中6名が「健康日本21」の目標値である6700(歩/日)を超えていた。一方、PALの平均値は1.21から1.57であり、「第六次改訂日本人の栄養所要量」の生活活動強度区分(健康・栄養情報研究会, 1999)を用いると「I(低い)」または「II(やや低い)」に分類された。

3. 身体活動の日内変動, 日間変動

対象者それぞれについて2時間ごとの活動強度(METs)の1週間平均値を図1に示す。1日の中で活動強度が高い時間帯は個人間にやや差があるものの午前(6時, 8時, 10時), 午後(14時, 16時)であった。また, 全般的に正午には活動強度の低下がみられた。午前に活動強度が高い時間帯がみられた8名のうち, 5名は10時, 2名は6時, 1名は8時に活動強度のピークが観察された。また午後に活動強度が高くなっていた9名のうち7名は16時に活動強度のピークが見られた。

各対象者について身体活動指標(STEPおよびPAL)の7日間の日間変動をみるとSTEPは個人によって変動のばらつきが大きく, 日間の個人内

変動係数は24%から54%であった(表2)。一方, PALにおいては変動のばらつきは小さく, 変動係数は5%から9%であった(表2)。変動の程度は異なるものの, STEPとPALの間には強い正の相関関係がみられた($n=64$, $r=0.82$, $p<0.0001$)。

4. 2つの方法によるTEEの比較: Bland and Altman 分析

加速度計が算出したTEE(TEE_{LC})と2分ごとの活動強度をMETsに置換してもとめたTEE(TEE_{cal})を比較して加速度計が算出するTEEの妥当性について検討した(図2)。

2つの方法によるTEEには強い相関関係がみられた($n=10$, $r=0.93$, $p<0.01$)。両方法によるTEEの差($TEE_{LC}-TEE_{cal}$)の平均および標準偏差は, -93.9 ± 83.7 (kcal/日)であった。全ての点は平均値 ± 2 SDの範囲内であった($\bar{x} \pm 2$ SD = -93.9 ± 167.3)。また, 差と平均の間には有意な負の相関関係がみられた($p<0.05$)。

IV 考 察

1. 対象者の身体活動の評価

対象者の1日総歩数は平均6640(歩/日)であ

図 2 2 方法による総エネルギー消費量推定値の差と平均値 (Bland and Altman プロット)

¹加速度計 (ライフコーダ, スズケン) による総エネルギー消費量

²2 分ごとの活動強度から計算した総エネルギー消費量

り, 「健康日本 21」が提案する男性高齢者の目標値 6700 (歩/日) にほぼ到達していた。70 歳以上の男性の全国平均値 (平成 14 年度国民栄養調査, $n=649$) が 4787 (歩/日) である (健康・栄養情報研究会, 2004) ことから, 対象者は, この年齢層としては比較的良好な歩行生活をしていたと言える。一方, 対象者の身体活動レベルは, 国内基準 (健康・栄養情報研究会, 1999) では「I (低い)」—「II (やや低い)」に相当し, 全体的に低いと判定された。また, WHO の国際基準 (FAO/WHO/UNU, 1985) においても, すべての対象者の PAL は 3 段階の中で最も低い「light」に分類された。1 日総歩数は比較的多かったにもかかわらず身体活動レベルが低いと判定された理由として, 歩数は年代ごとに判定基準値が示されているのに対して, PAL の判定基準は一般成人を対象としているため, 高齢者の身体活動レベルを過小評価する結果となった可能性が考えられる。事実, 第六次改訂日本人の栄養所要量が定める「活動区分 II (やや低い)」は, 現在の国民の大部分が該当するレベルであり (健康・栄養情報研究会, 1999), 年齢を考えた場合, 本対象者の身体活動レベルは一概に低いとはいえない。国内の高齢者を対象と

した先行研究と比較してみると, 青森県在住の男性高齢者 ($n=17$, 平均年齢 77.3 歳) について心拍数法により求められた PAL は 1.32 (木田ほか, 1993), また, 本研究と類似 (旧タイプ) の加速度計 (カロリーカウンター, スズケン) を用いて測定された岐阜県の男性高齢者 ($n=22$, 平均年齢 70.9 歳) の 6 日間の平均 PAL は 1.34 (範囲: 1.32-1.36: 平均体重より BMR を算出し, PAL を計算した) であった (古田ほか, 2000)。さらに沖縄県の男性高齢者について「カロリーカウンター」を用いて測定された PAL は都市部 ($n=16$, 平均年齢 70.6 歳) で 1.40, 農村部 ($n=12$, 平均年齢 74.2 歳) で 1.42 (平均体重より BMR を算出し, PAL を計算した) であった (上地ほか, 1997)。また男性高齢者 33 名 (地域不明, 女性をあわせた 54 名の平均年齢 70.9 歳) において「ライフコーダ」を用いて測定された PAL は 1.34 (結果の BMR と TEE を元に著者が PAL を算出した) であった (樋口ほか, 2003)。本対象者の PAL の平均値は 1.42 であり, これらの先行研究と比べて同程度かやや高値であった。

活動強度の日内変動の分析からは, 活動強度が高い時間帯が午前と午後に, 反対に低い時間帯が

正午に観察された。午前中の活動強度のピークは6時から10時まで幅広く、起床時刻の早い者のピークは早く、起床時刻の遅い者のピークは遅かった。すなわち午前中に観察された活動強度のピーク時刻の個人間差は起床時刻の違いを反映していたと考えられる。また、対象者のうち7名で16時に活動強度のピークが見られた。この理由としては、16時13分に定期船が新聞や食料などを運んで来るため、それを取りに自宅から港まで歩いていくことが影響しているものと考えられる。つまり、島には夜遅くまで営業している商店はなく、16時13分の最終便の定期船が島を去ると日が暮れるまでに買い物などの用事を済ませ、帰宅し夕食を取り、早めに就寝する(18時-20時)生活が基本となっていることなどが午後の活動強度の変動に反映されていたと考えられる。

身体活動指標の日間変動分析では同じ対象者の1日総歩数と身体活動レベルのパターンは類似していた。実際にこれらの二つの指標間には強い正の相関関係がみられ($n=64$, $r=0.82$, $p<0.0001$)、身体活動における歩行の重要性が示唆された。また、どちらの指標においても曜日による規則性を見出すことができなかった。対象者は時間が定められている仕事からはすでにリタイアしており、身体活動には平日と週末というような曜日による違いがなかったと考えられる。ID=9の対象者は平均STEPが1909(歩/日)、平均PALが1.21と他の9名の対象者に比べて顕著に身体活動が低かった(表2)。この対象者は足が悪いため歩行は家の中にかぎられ、戸外での移動は専ら車を利用してことが全般的に低い身体活動レベル、少ない歩数の原因であると考えられる。

2. 栄養状態・健康・筋力の指標との関係

栄養状態(体格および体組成)と身体活動量の関係については、統一した見解がえられていない。肥満の者は栄養状態が標準の者に比べて身体活動が低いという先行研究もある一方、両者の身体活動量に差はないという報告もある(Ferro-Luzzi and Martino, 1996)。しかし、多くの横断研究にお

いて、肥満または過体重の者は対照群に比べて非活動的であることが示されている(Davies et al., 1995; Shulz and Schoeller, 1994; Westterterp and Goran, 1997)。対象者について栄養状態の指標(BMI, 体脂肪率)と身体活動指標(TEE, PAL, STEP)の関係をみると、BMIとTEEの間($n=10$, $r=0.69$, $p<0.05$)、体脂肪率とTEEの間($n=10$, $r=0.66$, $p<0.05$)に有意な正の相関がみられた。ところが、TEEを体重に依存したBMRで標準化したPALとBMIおよび体脂肪率の間には有意な関係はみられなかったことから、肥満している者ほど身体活動が高いという意味ではない。さらに、PALのみならず、STEPにおいても栄養状態との間には有意な相関はみられなかった。身体活動指標が栄養状態と関連性がみられなかった理由としては、サンプルサイズが小さい点が考えられる。また、身体活動指標(とくにPAL)のばらつきが小さかったことも有意な関係がみられなかった要因といえる。

一方、血圧(SBP, DBP)と身体活動指標については、SBPとTEEの間($n=10$, $r=-0.72$, $p<0.05$)、SBPとPALの間($n=10$, $r=-0.73$, $p<0.05$)に有意な負の相関がみられた。またDBPはTEEとの間($n=10$, $r=-0.64$, $p<0.05$)にのみ有意な負の相関があった。握力と身体活動指標の関係では、PALとの間($n=10$, $r=0.67$, $p<0.05$)、STEPとの間($n=10$, $r=0.68$, $p<0.05$)に有意な正の相関がみられた。サンプルサイズは小さいものの、血圧と身体活動量指標の間に有意な負の相関がみられたことは、高血圧の予防における身体活動量の重要性を考える上で示唆的な観察であり、今後縦断的な観察を行っていく必要がある。握力とPALおよびSTEPのそれぞれについて有意な正の相関がみられ、また、握力は身体他の筋力と相関する(矢沢, 1999)ことが知られており、握力や全身の筋力を維持することと身体活動量を維持することの関連が示唆された。

3. 加速度モニタリングによる TEE 推定値の検討

加速度モニタリング法が TEE を過小評価することは多くの研究で指摘されている (Bray et al., 1994; Chen and Sun, 1997; 児玉ほか, 2002). これは, 加速度測定というバイオメカニカルな手法で生理学的な産生熱量 (エネルギー消費量) を推定するために生じる現象であり, 加速度モニタリング法の限界であるともいえる. 加速度モニタリング法による TEE 過小評価の原因としては, 加速度測定の問題と計測した加速度をエネルギー消費量に換算する計算式 (回帰式) の問題の二つが考えられるが, これらを明確に区別することは難しく, 現実的に不可能である場合も多い.

加速度モニタリングによる TEE をヒューマンカロリメーター (チャンバー) で実測した TEE と比較した研究によると, Bray et al. (1994) は少女 ($n=40$, 平均年齢 13.0 歳) を対象に 1 次元の加速度計 (Caltrac, Homokinetics Inc. USA) を用いて求めた TEE は 13% 過小評価されたと報告した. また健康な成人 (男性; $n=53$, 平均年齢 35.7 歳, 女性; $n=72$, 平均年齢 37.1 歳) においては 3 次元の加速度計 (Tritac-R3D, Hemokinetics Inc. USA) は 17% 過小評価したという報告がある (Chen and Sun, 1997). また, Kumahara et al. (2004) は 79 名の成人 (男性; $n=28$, 平均年齢 39.4 歳, 女性; $n=51$, 平均年齢 39.8 歳) を対象に本研究で使用した「ライフコード」を用いてヒューマンカロリメーターによる実測値と検討した結果, TEE を 8% 過小評価したと報告している. 本研究においても, 間接熱量測定法による実測値との回帰式を用いて活動強度を METs に置換して算出した TEE と比べて, 「ライフコード」による TEE は過小評価していたことが認められた. しかし, その差は平均 -94 kcal/日 (4.9%) と小さかった. また, 差と平均の間には有意な負の相関関係がみられた. つまり TEE が高い対象者ほど TEE_{LC} は過小評価する傾向があった.

「ライフコード」が TEE を過小評価する理由として, 樋口ほか (2003) は TEE を計算する際に

用いている BMR の誤差と活動強度からエネルギー消費量を求める回帰式による誤差の影響を挙げている. また日誌法との比較研究においては, 中等度以上の強度の活動時に加速度計が消費エネルギーを過小評価することが他の加速度計 (CSA, Computer Science and Applications, USA) についても報告されている (児玉ほか, 2002; Sirard et al., 2000). 本研究における TEE 過小評価の要因として, 加速度計を外している入浴や, 加速度を捉えることが困難な上肢だけの運動 (例えば釣り) が見落とされている可能性を否定できない. さらに Bland and Altman 分析から TEE が高い対象者ほど TEE_{LC} は過小評価する傾向が明らかとなり, 対象者の身体活動レベルが歩数と高い相関を持っていたことを合わせて考えると, 高齢者の日常生活の中で比較的活動強度が高い歩行において, 加速度計によるエネルギー消費量が過小評価されていたことが TEE すなわち 1 日の総エネルギー消費量の過小評価に影響を与えた可能性が考えられる.

これらの問題点を踏まえながら, 加速度モニタリング以外の方法 (日誌法, 心拍数法, 二重標識水法など) で推定したエネルギー消費量や, 食事調査から算出した摂取エネルギー量との比較・検討を行うことが望まれる.

V 結 論

離島に居住する 10 名の男性高齢者 (平均年齢 72.1 歳) を対象として加速度モニタリングによる 7 日間の身体活動量の測定を行った. 身体活動レベルは国内 (健康・栄養情報研究会, 1999) および世界 (FAO/WHO/UNU, 1985) のどちらの基準を用いても全体的に低いレベルに区分された. しかし, 日本の高齢者の先行研究と比べると本対象者の身体活動レベルは同程度かやや高値であった. また 1 日の総歩数は同年代の全国平均値を大きく上回っていた.

身体活動指標と血圧および握力との間に見られた関連性から, 高齢者の高血圧の予防における身体活動量の重要性が示唆され, さらに高齢者における筋力の維持と身体活動量の維持との関連する

ことが示唆された。今後縦断的な観察で知見を積み上げる必要がある。

謝辞

本研究に御協力くださった島の住民の方々、市の保健師をはじめ市役所の担当者各位にお礼申し上げます。また、調査チームメンバーならびに東京大学医学部人類生態学教室のみなさんに感謝いたします。本研究の一部は石本記念デサントスポーツ科学振興財団の助成を受けて実施された。

文 献

- Bland JM and Altman GD (1986) : Statistical methods for agreement between two methods of clinical measurement, *The Lancet*, 8476, 307-310
- Bray MS, Wong WW, Morrow JR Jr et al. (1994) : Cal-trac versus calorimeter determination of 24-h energy expenditure in female children and adolescent, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26, 1524-1530
- Chen KY and Sun M (1997) : Improving energy expenditure estimation by using a triaxial accelerometer, *Journal of Applied Physiology*, 83, 2112-2122
- Davies PS, Gregory J and White A (1995) : Physical activity and body fatness in preschool children. *Int J Obesity*, 19, 6-10
- FAO/WHO/UNU Expert Consultation (1985) : Energy and Protein Requirements, Technical Report Series 724, World Health Organization (Geneva)
- Ferro-Luzzi A and Martino L (1996) : Obesity and physical activity, in *The Origins and Consequences of Obesity*, Chadwick ed., Ciba Foundation Symposium 201, 207-227, Wiley (Chichester)
- Freedson PS, Melanson E and Sirard J (1998) : Calibration of the computer science and applications, Inc. accelerometer, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30, 777-781
- 古田善伯, 石原多佳子, 熊谷佳代ほか (2000) : 地域高齢者における1週間の運動量および歩数の日間変動, 岐阜大学教育学部研究報告, 25, 49-54
- 原田亜紀子, 川久保清, 李 廷秀ほか (2003) : 24時間活動記録, 加速度計による1日消費エネルギー量の妥当性—Flex HR法を用いた検討—, *体力科学*, 50, 229-236
- 原田政美, 山地啓司訳 (1982) : シェファード老年学—身体活動と加齢—, 121-127, 医学書院 (東京)
- 樋口博之, 綾部誠也, 進藤宗洋ほか (2003) : 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身体活動量の比較, *体力科学*, 52, 111-118
- 健康・栄養情報研究会 (1999) : 第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準, 38, 第一出版 (東京)
- 健康・栄養情報研究会 (2004) : 国民栄養の現状—平成14年度厚生労働省国民栄養調査結果, 134, 第一出版 (東京)
- 木田和幸, 秋田尚見, 白谷三郎 (1993) : 心拍数によるエネルギー消費量の推定に関する研究—第3報 老人の生活活動強度—, *民族衛生*, 59, 123-127
- 厚生労働省大臣官房統計情報部人口動態・保健統計課 (2005) : 日本人の平均余命—平成16年簡易生命表—, 厚生省の指標, 52, 44-52
- 児玉宜子, 玉腰暁子, 西塚隆伸ほか (2002) : 加速度計による1日のエネルギー消費量測定の妥当性—活動日誌法との対比—, *日本公衆衛生誌*, 49, 643-647
- Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M et al. (2004) : The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure : a validation study against whole-body indirect calorimetry, *British Journal of Nutrition*, 91, 235-243
- Lee IM, Heihei CC and Paffenbarger RS (1995) : Exercise Intensity and longevity in men : The Harvard Alumni Health Study, *JAMA*, 273, 1179-1184
- 内閣府編 (2005) : 平成17年度版高齢社会白書, 1-6
- 仲立 貴, 中嶋大渡, 呉 泰雄ほか (2004) : 中高年女性の生活習慣が骨代謝に及ぼす影響, *日本生理人類学会誌*, 9, 1-8
- 日本肥満学会肥満症診断基準検討委員会 (2000) : 新しい肥満の判定と肥満症の診断基準, *肥満研究*, 6, 18-28
- 新野直明 (2006) : 高齢者の転倒による外傷とその関連要因, *保健の科学*, 48, 26-28
- Rafamantanantsoa HH, Ebine N, Yoshioka M et al. (2002) : Validation of three alternative methods of measuring total energy expenditure against the doubly labeled water method in older Japanese men, *Journal of Nutritional Science Vitaminology*, 48, 517-52
- Shulz LO and Schoeller DA (1994) : A compilation of total daily energy expenditures and body weights in healthy adults, *American Journal of Clinical Nutrition*, 60, 676-681
- Sirard JR, Melanson EL, Li L et al. (2000) : Field evaluation of the computer science and applications, Inc. physical activity monitor, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 695-700
- 田辺 匠, 前田清司, 菅原 順ほか (2003) : 高齢者における日常の身体活動量が収縮期血圧に及ぼす影響—動脈系コンプライアンスとの関連—, *体力科学*, 52, 167-176
- 田中史朗 (2000) : 糖尿病運動療法の実際, *日本醫事新報*, 3952, 21-27

- 津下一代, 横地正裕, 新実光朗 (1998): 肥満患者の運動療法実施状況—多メモリー加速度計測装置付歩数計を用いての検討—, 肥満研究, 4, 162-167
- 上地 勝, 金城幸盛, 平良一彦ほか (1997): 在宅高齢者の身体活動量に関連する要因—沖縄の都市と農村地域における比較より—, 民族衛生, 63, 6-13
- Westerterp KR and Goran MI (1997): Relationship between physical activity related energy expenditure and body composition: a gender difference, International Journal of Obesity, 21, 184-188
- 山内太郎, 萩原 潤 (2005): 高齢者の理想的な身体活動量とフィットネス—健康長寿漁村の事例から考える—, デサントスポーツ科学, 26, 23-32
- 矢沢珪二郎 (1999): 中年期での握力測定は, その後, 老年期に発生する障害を予知する, 産婦人科の世界, 51, 767-768
- (受稿 2006.11.24; 受理 2007.6.7)
-