

高齢者の日常身体活動と  
メタボリックシンドロームの罹患率との関係  
—加速度計を用いた10年間の縦断研究—

東京都健康長寿  
医療センター研究所  
(共同研究者) 同  
朴 晟 鎮  
青 柳 幸 利

**Objectively Measured Physical Activity and Metabolic Syndrome in Older Japanese Adults: Longitudinal Data from the Nakanajo Study**

by

Sungjin Park, Yukitoshi Aoyagi  
*Exercise Sciences Research Group,*  
*Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology*

ABSTRACT

**Background.** There are significant cross-sectional associations between metabolic profiles and yearlong physical activity in older adults, with better health in those taking at least 8,000–10,000 steps/day and/or spending at least 20–30 min/day at >3 metabolic equivalents (METs). The present study examines these relationships longitudinally.

**Methods.** Subjects were free-living Japanese aged 65–84 years (198 men, 242 women). Pedometer/accelerometers measured daily step count and physical activity intensity continuously for 10 years, with evaluation of metabolic syndrome criteria at baseline and each year end. At year-end, participants were screened for metabolic syndrome (modified criteria of NCEP-ATP III).

Repeated measures analysis of variance assessed changes in month-averaged physical activity scores for each July. Cox proportional hazards regression analysis assessed independent relationships between baseline physical activity and the 10-year risk of suffering from metabolic syndrome, after controlling for baseline number of metabolic

syndrome diagnostic markers, age, sex, smoking status and alcohol consumption.

**Results.** Subjects maintained their physical activity over the 10 years. Most individuals aged 65–74 years who took >10,000 steps/day and/or spent >30 min/day of activity >3 METs consistently showed  $\leq 2$  metabolic syndrome diagnostic markers, as did those aged 75–84 years with >8,000 steps/day and/or >20 min/day at >3 METs. A multivariate-adjusted Cox proportional hazards model predicted that the risk of suffering from metabolic syndrome during the 10 years was 2.3–4.2 and 1.9–3.0 times greater in the two least active quartiles of participants (taking <6,400 steps/day and spending <12 min/day at >3 METs, respectively) relative to the most active quartiles (taking >8,500 steps/day and spending >20 min/day at >3 METs, respectively).

**Conclusions.** This prospective study supports our cross-sectional observations. After adjustment for potential confounders, the metabolic health of older people is associated with both the quantity (daily step count) and the quality (daily duration at an intensity >3 METs) of habitual physical activity. To conserve metabolic health, elderly people should be encouraged to take at least 8,000–10,000 steps/day and/or spend at least 20–30 min/day at >3 METs.

## 要 旨

加齢に伴う身体活動の減少は、メタボリックシンドロームを代表とした生活習慣病の発症に影響を及ぼす最も重要な因子の一つである。本研究は高齢者における日常身体活動の量と質とメタボリックシンドロームの関係を縦断的に検証した。

65～84歳の高齢者440名を対象に1軸加速度センサー内蔵の身体活動計を用いて歩数と活動強度を毎日24時間連続して10年にわたり測定し、ベースラインの日常身体活動と10年間のメタボリックシンドロームの発症リスクとの独立した関係を評価した。多変量調整Cox比例ハザードモデルで推定したところ、より不活発な2群(歩数<6,400歩/日と中強度活動時間<12分/日)はより活発な群(歩数>8,500歩/日と中強度活動時間>20分/日)と比べてメタボリックシンドローム発症リスクがそれぞれ2.3～4.2倍と1.9

～3.0倍大きかった。メタボリックシンドロームの予防のためには、高齢者は少なくとも歩数で8,000～10,000歩/日かつ/または中強度活動時間で20～30分/日の身体活動を行うことが奨励された。

## 緒 言

近年、食生活や身体活動の減少による運動不足など生活習慣の変化に伴い、インスリン抵抗性、高血圧、脂質異常、肥満などが引き起こされる様々な合併症を含んだメタボリックシンドロームの有病率は増加する傾向である。また、加齢に伴う身体活動量の低下は、心血管疾患と2型糖尿病の発生とも関連が深く、肥満の増加と非活動的な生活習慣が重要な原因になっているメタボリックシンドロームを代表とした生活習慣病の発症に大きな影響を及ぼす因子の一つである。さらに、メタボリックシンドロームによる動脈硬化の進行は、脳血管障害(脳梗塞や脳内出血

など) や心筋梗塞などの血管閉塞性疾患を誘発し、それが原因で死亡率が増加するため、早期にメタボリックシンドロームを予防することが重要である。70歳以上の日本人高齢者におけるメタボリックシンドロームの有病率は平成20年国民健康・栄養調査結果によると男性33.2%、女性18.1%で加齢とともに年々増加する傾向である。このように高齢者におけるメタボリックシンドロームは深刻な問題になっており、食習慣、運動を含む生活習慣の改善を通してのメタボリックシンドロームの予防の重要性が強調されている。

一方、若年者と同様に高齢者でも、習慣的な中等度(適度な強度)の身体活動はおそらく健康やかなライフスタイルの最も重要な構成要素の1つである。それは生活の質(QOL)を高めて自立した暮らし(すなわち健康寿命)を延長するのみならず、また、ある型の心血管系および筋骨格系疾患やある種の癌など、種々な慢性的健康状態のリスク低下と関係している<sup>1,2)</sup>。しかしながら、このような関係についての詳細(活動の強度や総量)は不明のままである。定期的な身体活動や運動が健康を維持・増進するために多かれ少なかれ重要な役割を演じるということは分かっても、具体的にどのような身体活動や運動が高齢者にとって最適なのかを推断することは非常に困難である。この問題は、長期的あるいは縦断的に身体活動・運動の効果を調べた研究が極めて少ないことにも起因している。また、高齢者の運動習慣の有無や生活習慣の状況を調べる際に、ほとんどの研究者が信頼性・妥当性が低いにもかかわらず主観的なアンケートか、活動には季節変動があるにもかかわらず1週間に限定された加速度計もしくは歩数計の測定値を用いているということが一つの問題である<sup>3-12)</sup>。

これまでに筆者らは、高齢者における日常身体活動の量(1日の歩数の年平均)および質(1日の中強度 [ $> 3\text{METs}$ ] 活動時間の年平均)とメ

タボリックシンドロームの関係を横断的に調べている<sup>13)</sup>。その結果、65~74歳の前期高齢者では歩数が1日10,000歩以上かつ/または中強度活動時間が1日30分以上の場合だけ、また75~84歳の後期高齢者ではそれぞれ1日8,000歩以上かつ/または1日20分以上の場合のみ、高血圧および高血糖のリスクがより低く、ゆえにメタボリックシンドロームの症候(と処方薬の服用)はほとんど認められなかった。ただし、この研究成果は横断的な分析に基づいているために因果関係がはっきりしない。したがって、高齢者における日常身体活動の実態を、加速度センサー内臓の身体活動計を用いて客観的かつ精確に把握し、どのような身体活動量を行えば、メタボリックシンドロームの予防及び改善のために最適であるかを縦断的に検討した研究は極めて重要である。そこで、本研究の目的は、できる限り多くの高齢者が実行・継続でき、かつ、生活習慣病の中でも、特にメタボリックシンドロームの予防に効果的な身体活動及び運動に関する新しい指針を作成できるように、高齢者の日常身体活動の実態を、加速度センサー内臓の身体活動計を用いて客観的かつ精確に把握し、どのような身体活動量が心身の健康、特にメタボリックシンドロームの予防や改善のために最適であるかを縦断的に検討することである。

## 1. 方法

### 1.1 対象者

筆者らは2000年より群馬県中之条町において、高齢者の日常的な身体活動と心身の健康に関する学際的研究を行っている<sup>3-27)</sup>。中之条町は東京の北西約150kmに位置し、人口が17,491人(男性8,501人、女性8,990人)、高齢化率が29.1%(男性25.7%、女性32.3%)の典型的な地方自治体の一つである。調査の対象者は、重篤な認知症や寝たきりを除いた65歳以上の全住民約5,000

名である。このうち約1割の人については、1週間にいった各種強度の身体活動の頻度や時間を尋ねる簡便な従来型のアンケート<sup>23)</sup>に加え、プログラムに独自の工夫を凝らした1軸加速度センサー内蔵の身体活動計を用いて、日常身体活動の実態を2001年7月からこれまでに毎日24時間連続して10年間にわたり測定した。メタボリックシンドローム基準の評価はベースライン時と毎年最後に行った。本研究はその一部の研究で対象者は、中之条研究における65～84歳の健常高齢者440名（男性198名、女性242名）であった。

本研究は、疫学研究に関する倫理指針（文部科学省・厚生労働省）を遵守するとともに、事前に当研究所の倫理委員会および対象地域である群馬県中之条町の審査を受け、承認を得て実施した。対象者には事前に測定の目的と内容を説明し、書面による同意を得た後に、諸検査および測定を行った。

### 1.2 身体計測及び血液検査

毎年7月に町の住民健康診断の際に身長、体重、腹囲及び血圧なるべく早期空腹状態で測定し、採血を行った。身長と体重より、BMI (Body mass index) を算出し、腹囲の測定は非伸縮性のメジャーを用いて0.1cm単位で計測した。血圧は5分程度安静にした後、収縮期血圧 (Systolic blood pressure, SBP) および拡張期血圧 (Diastolic blood pressure, DBP) を座位で2回ずつ測定し、2回目の値を血圧の値とした。血液検査は肘静脈から採血したトリグリセリド (Triglycerides, TG), HDL コレステロール (HDL cholesterol, HDL-C), 空腹時血糖 (fasting plasma glucose, BG) 及びヘモグロビン A1c (Hemoglobin A1c, HbA1c) の分析は (株) SRL に委託して行った。また、質問紙によって飲酒の有無、喫煙の有無、病歴、薬服用の状態などの調査を行った。

### 1.3 メタボリックシンドロームリスクの評価

メタボリックシンドロームの診断では、日本の一般的な基準に米国の National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III) および世界保健機関 (WHO) が提案するものを加味して評価した<sup>13)</sup>。その診断基準は、①腹囲が男性85cm以上、女性90cm以上かつ/またはBMI (25以上) が基準以上、②中性脂肪 (トリグリセリド) 150mg/dl以上、③HDL コレステロール男性40mg/dl未満、女性50mg/dl未満、④収縮期血圧130mmHg以上かつ/または拡張期血圧85mmHg以上、⑤空腹時血糖110mg/dl以上かつ/またはヘモグロビン A1c5.5%以上と②～⑤の中、薬物治療中も含めて、このうち、3つ以上であればメタボリックシンドロームと判断した。

### 1.4 身体活動量の測定

身体活動の調査は、プログラムに独自の工夫を凝らした1軸加速度センサー内蔵の身体活動計 (以下、体動計: modified Kenz Lifecorder; Suzuken Co., Ltd., Nagoya, Aichi)<sup>3-27)</sup>を用いて、身体活動の実態を毎日24時間連続して10年間にわたって調べた。この体動計は、腰部に装着するだけで歩数や活動強度を数秒ごとに1カ月以上連続して自動記録できる小型機器である。原理を簡単に説明すると、ある一定基準以上の腰部の上下振動 (加速度) が検出されたときに歩行と認識される。また、測定可能な項目は歩数、総消費カロリー量、運動消費カロリー量および10段階の活動強度 (0および1から9) が評価できる。この身体活動の強度は加速度信号に基づき10段階以上に分類され、その出力はMETsという代謝等量 (安静時代謝量の倍数) で表される。本研究は、それらの測定項目のうち、測定値の妥当性が先行研究で確認されている歩数および活動強度を用いた。測定結果は、測定終了後に

USB 通信を介してコンピュータへダウンロードし、専用解析ソフトによって分析した。活動強度 1 から 3 を低強度身体活動、活動強度 4 から 9 を中等度身体活動とした。なお、研究の全てのデータは、実験期間中のデータを平均化して、日当たりの数値を評価した。

### 1.5 統計処理

各変数のデータは、全て平均（標準偏差）で示した。対象者の年齢と性別に分けられて、身長、体重、body mass index (BMI)、メタボリックシンドロームリスクファクタ及び身体活動量（歩数と中強度活動時間）は、対応のない t-test で分析した。

ベースライン測定時の身体活動量で 4 分位に分けられ、Cox 比例ハザードモデル (Cox proportional hazard regression model) を用いて、年齢、性別、喫煙状況、飲酒量、そしてメタボリックシンドローム診断指標数を補正した後、ベースラインの日常身体活動と 10 年間のメタボリックシンドロームの発症リスクとの独立した関係を分析した。全ての分析は、Statistical Package for Social Science (SPSS) 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) を用いて実施し、5% 未満を有意水準

として採用した。

## 2. 結果

調査対象者の 440 名の身体特徴は表 1 に示した。男性 198 名の平均年齢は  $71.7 \pm 4.8$  歳、女性 242 名の平均年齢は  $70.6 \pm 4.7$  歳であった。対象者の 1 日平均歩数は、男性  $6,842 \pm 2,964$  歩/日、女性  $6,413 \pm 2,753$  歩/日であり、中強度活動時間は、男性  $15.6 \pm 12.9$  分/日、女性  $13.9 \pm 10.6$  分/日であった。両群間の身体活動の統計的な有意差はなかった。また、65～74 歳の前期高齢者では平均歩数が  $6,951 \pm 2,747$  歩/日、中強度活動時間が  $15.9 \pm 11.7$  分/日、75～84 歳の後期高齢者では平均歩数が  $5,355 \pm 2,902$  歩/日、中強度活動時間が  $10.1 \pm 10.5$  分/日で両群間の身体活動の統計的な有意差があった。

歩数と中強度活動時間においてそれぞれ 1 日 10,000 歩以上かつ/または 1 日 30 分以上の前期高齢者と 1 日 8,000 歩以上かつ/または 1 日 20 分以上の後期高齢者は、ほとんどが一貫してメタボリックシンドロームの症候を示さなかった。メタボリックシンドロームの関連要因である年齢、性別、喫煙状況、飲酒量、そしてメタボリックシンドローム診断指標数を補正した後、Cox

表 1 Baseline characteristics of subjects

	All	Men	Women		Age 65-74	Age 75-84
Number of participants	440	198	242		345	95
Age (years)	$71.1 \pm 4.8$	$71.7 \pm 4.8$	$70.6 \pm 4.7$	*	$69.1 \pm 2.9$	$78.3 \pm 3.0$ †
Body mass (kg)	$50.1 \pm 15.4$	$53.7 \pm 15.7$	$47.1 \pm 14.6$	*	$50.2 \pm 16.2$	$49.4 \pm 12.4$
Height (m)	$1.44 \pm 0.38$	$1.51 \pm 0.39$	$1.38 \pm 0.37$	*	$1.43 \pm 0.41$	$1.47 \pm 0.28$
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	$21.2 \pm 6.2$	$20.8 \pm 5.9$	$21.5 \pm 6.5$		$21.1 \pm 6.5$	$21.3 \pm 5.0$
Systolic blood pressure (mmHg)	$123.7 \pm 38.5$	$124.2 \pm 39.0$	$123.4 \pm 38.2$		$122.2 \pm 40.2$	$129.3 \pm 31.1$
Diastolic blood pressure (mmHg)	$71.1 \pm 22.3$	$72.3 \pm 22.7$	$70.0 \pm 21.9$		$71.0 \pm 23.4$	$71.4 \pm 17.9$
Triglyceride (mg/dL)	$123.1 \pm 91.0$	$123.7 \pm 109.4$	$122.6 \pm 72.9$		$125.4 \pm 98.6$	$114.7 \pm 55.2$
High density lipoprotein cholesterol (mg/dL)	$48.9 \pm 21.0$	$46.1 \pm 20.7$	$51.2 \pm 21.0$	*	$48.4 \pm 21.5$	$50.7 \pm 19.0$
Hemoglobin A1c (%)	$4.8 \pm 1.7$	$4.8 \pm 1.8$	$4.7 \pm 1.6$		$4.7 \pm 1.7$	$5.0 \pm 1.3$ †
Current smoking, n (%)	70 (15.9)	61 (30.8)	9 (3.7)	*	52 (15.1)	18 (18.9) †
Current alcohol drinking, n (%)	137 (31.1)	123 (62.1)	14 (5.8)	*	106 (30.7)	31 (32.6) †
Step count (steps/day)	$6606 \pm 2855$	$6842 \pm 2964$	$6413 \pm 2753$		$6951 \pm 2747$	$5355 \pm 2902$ †
Duration of physical activity >3METs (min/day)	$14.7 \pm 11.7$	$15.6 \pm 12.9$	$13.9 \pm 10.6$		$15.9 \pm 11.7$	$10.1 \pm 10.5$ †

Values are means  $\pm$  SD. \* versus Men ( $p < 0.05$ ), † versus Age65-74 ( $p < 0.05$ ).  
Age 65-74 = subjects aged 65-74years, Age 75-84 = subjects aged 75-84years.

表2 Relative risks (95% Confidence Intervals) of developing metabolic syndrome over the course of the study in relation to physical activity quartiles (Q1-Q4)

	Step count (steps/day)	n	Relative risk (95% Confidence Interval)
Q1	3223 ± 860 (981-4590)	110	4.15 (2.18-7.88)
Q2	5466 ± 576 (4591-6415)	110	2.25 (1.25-4.06)
Q3	7322 ± 553 (6416-8457)	110	1.55 (0.86-2.78)
Q4	10,485 ± 1981 (8458-17,317)	110	1
	Duration of physical activity >3METs (min/day)	n	Relative risk (95% Confidence Interval)
Q1	3.0 ± 1.7 (0.1-5.7)	110	2.95 (1.63-5.33)
Q2	8.7 ± 1.8 (5.8-11.9)	110	1.94 (1.11-3.40)
Q3	16.2 ± 2.3 (12.0-20.0)	110	1.47 (0.81-2.66)
Q4	31.2 ± 11.6 (20.1-73.9)	110	1

Relative risk and 95% Confidence Intervals were adjusted for age, sex, smoking, alcohol intake and number of risk factor.

比例ハザードモデルで推定したところ、より不活発な群の対象者（歩数<6,400歩/日と中強度活動時間<12分/日）はより活発な群（歩数>8,500歩/日と中強度活動時間>20分/日）と比べて10年間のメタボリックシンドローム発症リスクがそれぞれ2.3～4.2倍と1.9～3.0倍大きかった（表2）。

### 3. 考 察

本研究では、高齢者における日常身体活動の量（1日の歩数の年平均）および質（1日の中強度[>3METs]活動時間の年平均）とメタボリックシンドロームの関係を横断的に調べた結果、65～74歳の前期高齢者では歩数が1日10,000歩以上かつ/または中強度活動時間が1日30分以上の場合だけ、また75～84歳の後期高齢者ではそれぞれ1日8,000歩以上かつ/または1日20分以上の場合のみ、メタボリックシンドロームの症候はほとんど認められなかった横断研究の結果に基づき、日常身体活動との関係を縦断的に検討するために前向き研究を行った。

1軸加速度センサー内蔵の身体活動計を用いて、高齢者の日常身体活動の実態を2001年7月から毎日24時間連続して10年間にわたり測定を行った。メタボリックシンドロームの評価はベースライン時にメタボリックシンドロームと診断されていない65～84歳の健常高齢者440名を

10年間にわたり、追跡調査を行った結果125名（男性49名、女性76名）28.4%の人がメタボリックシンドロームに診断された。

身体活動量とメタボリックシンドロームの罹患率に関連した先行研究では、身体活動量がメタボリックシンドロームの危険要因を減少させて、血圧、中性脂肪、HDLコレステロール、空腹時血糖において改善効果がみられたと報告されている。この前向きコホート研究では、一週間3時間の中強度活動時間あるいは身体活動量が多い活動群は非活動群に比べて、メタボリックシンドロームの発症率が明らかに少なかった<sup>28-30</sup>。本縦断研究の結果でもより不活発な2群の対象者（歩数<6,400歩/日と中強度活動時間<12分/日）は身体活動量が多い活発な群（歩数>8,500歩/日と中強度活動時間>20分/日）と比べて10年間のメタボリックシンドローム発症リスクがそれぞれ2.3～4.2倍と1.9～3.0倍大きかった。このような結果は筆者らの横断研究においても明らかになったように、65～74歳の前期高齢者では歩数が10,000歩/日かつ/または中強度活動時間が30分/日、75～84歳の後期高齢者ではそれぞれ8,000歩/日かつ/または20分/日を超えると、特に高血圧および高血糖のリスクが有意に低下し、メタボリックシンドロームの予防に繋がると思われる。高齢者における積極的な社会参加及び日常生活全般にわたって活

発な活動を維持することを通じて、不活動時間を少なくすること、中等度の強度の活動時間を増加させることが疾病を予防して健康を維持、増進することである。最適な身体活動量は中等度の強度で、一日30分以上を運動するように勧奨している。2型糖尿病を予防するためにも中強度の身体活動量を1週間当たり150-210分程度の運動が望ましいという研究結果が報告されている。また、身体活動や運動がインスリン抵抗性を改善させ、心血管疾患や糖尿病の発生の減少及び死亡率の減少などが報告されている。即ち、生活習慣を改善させることにより、それらを予防できることである。

一方、高齢者の身体的および心理社会的健康に関する変数の多くは、日常身体活動の量・質の両方と関係がある<sup>3)</sup>。男性では、健康の度合いは1日あたりの中強度活動時間とより密接に関係している<sup>22,24)</sup>。対照的に女性では、このような関連性が見られるのは毎日の歩数についてで、その大半は意識的な歩行というよりはむしろ微小な動作を反映している。我が国の、特に地方の高齢女性の多くは、低強度の家事に長時間を費やしていることがうかがえる。このような低強度の作業の総量が種々な健康変数と正の相関を持つのであれば、高齢者にはたとえ低強度でしかなくとも定期的に身体活動を行うように勧めることが重要であるかもしれない。基本的に、身体活動計データに照らして毎日の身体活動が足りている場合、余分な運動は必要ないと筆者は考えている。このような十分条件は、歩数に関しては1日8,000歩以上かつ/または中強度活動時間については1日20分以上である<sup>3-6)</sup>。そして歩数10,000歩/日かつ/または中強度活動時間30分/日が、健康増進や疾病予防のための活動所要量の上限であると考えられる<sup>31-32)</sup>。男女の別を問わず高齢者では、日常身体活動を高低順に四等分したときの上位2群(歩数と中強度

活動時間の年間平均がそれぞれ8,000歩・20分/日と10,000歩・30分/日)の間には、健康の度合いにおいて統計上有意な差は見られなかった<sup>3-12)</sup>。また、少なくとも歩数が8,000~10,000歩/日かつ/または中強度活動時間が20~30分/日までは身体活動の増加に伴い骨量<sup>7)</sup>や筋量、体力全般を反映する歩行速度<sup>19)</sup>などは増大したが、この日常身体活動レベルを超えるとさらなるウォーキング効果はほとんど認められなかった。さらに、心身の別を問わず健康度は、中強度での身体活動が相対的に多い高齢者ほど高い傾向にあるようだ<sup>3)</sup>。本縦断研究でも、メタボリックシンドロームの関連要因である年齢、性別、喫煙状況、飲酒量、そしてメタボリックシンドローム診断指標数を補正した後、Cox比例ハザードモデルで推定したところ、より不活発な2群の対象者(歩数<6,400歩/日と中強度活動時間<12分/日)は身体活動量が多い活発な群(歩数>8,500歩/日と中強度活動時間>20分/日)と比べて10年間のメタボリックシンドローム発症リスクがそれぞれ2.3~4.2倍と1.9~3.0倍大きかった。メタボリックシンドロームの予防や改善のために1日の生活が6,000歩未満の人においては2,000歩・5分、6,000歩から10,000歩までの場合は2,000歩・10分を目安に日常身体活動の量と質をバランスよく増やすことが臨床的に重要な意義があると考えられる。

#### 4. まとめ

本前向き研究は、できる限り多くの高齢者が実行・継続でき、かつ、生活習慣病の中でも、特にメタボリックシンドロームの予防に効果的な身体活動及び運動に関する新しい指針を作成できるように、高齢者の日常身体活動の実態を、加速度センサー内臓の身体活動計を用いて客観的かつ精確に把握し、どのような身体活動量が心身の健康、特にメタボリックシンドロームの

予防や改善のために最適であるかを縦断的に検討した。その結果、潜在的な交絡因子の調整後、Cox 比例ハザードモデルで推定したところ、より不活発な2群（歩数<6,400歩/日と中強度活動時間<12分/日）はより活発な群（歩数>8,500歩/日と中強度活動時間>20分/日）と比べてメタボリックシンドローム発症リスクがそれぞれ2.3～4.2倍と1.9～3.0倍大きかった。メタボリックシンドロームを予防するためには、高齢者は歩数で少なくとも8,000～10,000歩/日かつ/または中強度活動時間で少なくとも20～30分/日の身体活動を行うことが奨励されなければならない。このような結果は筆者らの横断的な観察研究結果を支持するものであり、今後、介入研究によって更なる検証が必要だと考えられる。そして極近い将来、従来の筋力トレーニングなどのような、あくまで運動を主体とした対象者限定の特殊な健康法ではなく、まちづくりまでも視野においた、年代を問わず多くの方々に使っていただけるような、普遍的な予防医学システムを広く提供したいと考えている。その結果、我が国の高齢者をはじめ国民全体の健康増進や疾病予防、介護予防に、ひいては膨大化する医療費の削減に繋がるものと確信している。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり、研究助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚くお礼申し上げます。また、本研究実施にあたり多大なご協力を頂きました群馬県中之条町役場町民生活課（保健センター）及び本研究にご協力いただいた被験者の皆様から心より感謝いたします。

## 文 献

- 1) 青柳幸利(監修)：高齢者の運動ハンドブック，米  
国国立老化研究所・東京都老人総合研究所運動機  
能部門著，大修館書店，東京（2001）
- 2) Aoyagi Y., Shephard R.J., Aging and muscle  
function., *Sports Med.*, 14:376-396 (1992)
- 3) Aoyagi Y., Shephard R.J., Steps per day: the road to  
senior health? *Sports Med.*, 39:423-438 (2009)
- 4) Aoyagi Y., Shephard R.J., Habitual physical activity  
and health in the elderly: the Nakanojo Study.,  
*Geriatr. Gerontol. Int.*, 10:236S-243S (2010)
- 5) Aoyagi Y., Shephard R.J., A model to estimate the  
potential for a physical activity-induced reduction in  
health care costs for the elderly, based on pedometer/  
accelerometer data from the Nakanojo Study. *Sports  
Med.*, 41:695-708 (2011)
- 6) Aoyagi Y., Habitual physical activity and health:  
the Nakanojo Study., *Health Fitness J. Can.*, 4:9-12  
(2011)
- 7) Aoyagi Y., Shephard R.J., How many days of  
pedometer monitoring are needed? *Med. Sci. Sports  
Exerc.*, 41: 734 (2009)
- 8) Aoyagi Y., Shephard R.J., How should objectively  
measured physical activity data be used analytically?  
*Exerc. Sport Sci. Rev.*, 37:109 (2009)
- 9) Aoyagi Y., Park H., Park S., Shephard R. J., Habitual  
physical activity and health-related quality of life in  
older adults: interactions between the amount and  
intensity of activity (the Nakanojo Study) *Qual. Life  
Res.*, 19: 333-338 (2010)
- 10) 青柳幸利(編著)：身体活動計を用いた，新しい健  
康づくり(介護予防から，うつ，メタボリックシン  
ドローム対策まで)～群馬県中之条町での取り組  
み～，日本医療企画，東京（2007）
- 11) 青柳幸利．基礎編：「中之条研究」で実証された，  
健康長寿の実現に最適な日常身体活動の量と質．：  
ノーブル・プレス，東京（2011）
- 12) 青柳幸利．実践編：「中之条研究」で実証された，  
医療費削減の効果が得られる日常身体活動の量  
と質．：ノーブル・プレス，東京（2011）
- 13) Park S., Park H., Togo F., Watanabe E., Yasunaga A.,  
Yoshiuchi K., Shephard R. J., Aoyagi Y., Yearlong  
physical activity and metabolic syndrome in older  
Japanese adults: cross-sectional data from the  
Nakanojo Study., *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*,  
63:1119-1123 (2008)

- 14) Aoyagi Y., Park H., Kakiyama T., Park S., Yoshiuchi K., Shephard R. J., Yearlong physical activity and regional stiffness of arteries in older adults: the Nakanojo Study., *Eur. J. Appl. Physiol.*, 109: 455-64 (2010)
- 15) Aoyagi Y., Park H., Park S., Yoshiuchi K., Kikuchi H., Kawakami H., Morita Y., Ono A., Shephard R. J., Interactive effects of milk basic protein supplements and habitual physical activity on bone health in older women: a 1-year randomized controlled trial., *Int. Dairy J.*, 20:724-30 (2010)
- 16) Park H., Park S., Shephard R. J., Aoyagi Y., Yearlong physical activity and sarcopenia in older adults: the Nakanojo Study., *Eur. J. Appl. Physiol.*, 109:953-61 (2010)
- 17) Yoshiuchi K., Inada S., Nakahara R., Akabayashi A., Park H., Park S., Shephard R. J., Aoyagi Y., Stressful life events and habitual physical activity in older adults: 1-year accelerometer data from the Nakanojo Study., *Ment. Health Phys. Act.*, 3:23-5 (2010)
- 18) Shephard R. J., Aoyagi Y., Seasonal variations in physical activity and implications for human health., *Eur. J. Appl. Physiol.*, 107: 251-71 (2009)
- 19) Aoyagi Y., Park H., Watanabe E., Park S., Shephard R. J., Habitual physical activity and physical fitness in older Japanese adults: the Nakanojo Study., *Gerontology*, 55: 523-31 (2009)
- 20) Togo F., Watanabe E., Park H., Yasunaga A., Park S., Shephard R. J., Aoyagi Y., How many days of pedometer use predict the annual activity of the elderly reliably? *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40: 1058-64 (2008)
- 21) Yasunaga A., Togo F., Watanabe E., Park H., Park S., Shephard R. J., Aoyagi Y., Sex, age, season, and habitual physical activity of older Japanese: the Nakanojo Study., *J. Aging Phys. Act.*, 16: 3-13 (2008)
- 22) Park H., Togo F., Watanabe E., Yasunaga A., Park S., Shephard R. J., Aoyagi Y., Relationship of bone health to yearlong physical activity in older Japanese adults: cross-sectional data from the Nakanojo Study., *Osteoporos. Int.*, 18: 285-93 (2007)
- 23) Yasunaga A., Park H., Watanabe E., Togo F., Park S., Shephard R. J., Aoyagi Y., Development and evaluation of the physical activity questionnaire for elderly Japanese: the Nakanojo Study., *J. Aging Phys. Act.*, 15: 398-411 (2007)
- 24) Yasunaga A., Togo F., Watanabe E., Park H., Shephard R. J., Aoyagi Y., Yearlong physical activity and health-related quality of life in older Japanese adults: the Nakanojo Study., *J. Aging Phys. Act.*, 14: 288-301 (2006)
- 25) Yoshiuchi K., Nakahara R., Kumano H., Kuboki T., Togo F., Watanabe E., Yasunaga A., Park H., Shephard R. J., Aoyagi Y., Yearlong physical activity and depressive symptoms in older Japanese adults: cross-sectional data from the Nakanojo Study., *Am. J. Geriatr. Psychiatry.*, 14: 621-4 (2006)
- 26) Togo F., Watanabe E., Park H., Shephard R. J., Aoyagi Y., Meteorology and the physical activity of the elderly: the Nakanojo Study., *Int. J. Biometeorol.*, 50: 83-9 (2005)
- 27) Aoyagi Y., Togo F., Matsuki S., Kumazaki Y., Inoue S., Takamiya T., Naka M., Shephard R. J., Walking velocity measured over 5 m as a basis of exercise prescription for the elderly: preliminary data from the Nakanojo Study., *Eur. J. Appl. Physiol.*, 93: 217-223 (2004)
- 28) Laaksonen D. E., Lakka H. M., Salonen J. T., Niskanen L. K., Rauramaa R., Lakka T. A., Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome., *Diabetes Care.*, 25:1612-8 (2002)
- 29) Franks P. W., Ekelund U., Brage S., Wong M. Y., Wareham N. J., Does the association of habitual physical activity with the metabolic syndrome differ by level of cardiorespiratory fitness? *Diabetes Care.*, 27:1187-93 (2004)
- 30) Ekelund U., Brage S., Franks P. W., Hennings S., Emms S., Wareham N. J., Physical activity energy expenditure predicts progression toward the metabolic syndrome independently of aerobic fitness in middle-aged healthy Caucasians: the Medical Research Council Ely Study., *Diabetes Care.*, 28:1195-1200 (2005)
- 31) Stewart K. J., Bacher A. C., Turner K., Lim J.G., Hees P., Shapiro E. P., Tayback M., Ouyang P., Exercise and Risk Factors Associated with Metabolic Syndrome in Older Adults, *Am. J. Prev. Med.*, 28:9-18 (2005)
- 32) Nelson M. E., Rejeski W. J., Blair S. N., Duncan P. W., Judge J. O., King A. C., Macera C.A., Castaneda-Sceppa C., Physical activity and public

health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association., *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39:1435-45 (2007)

