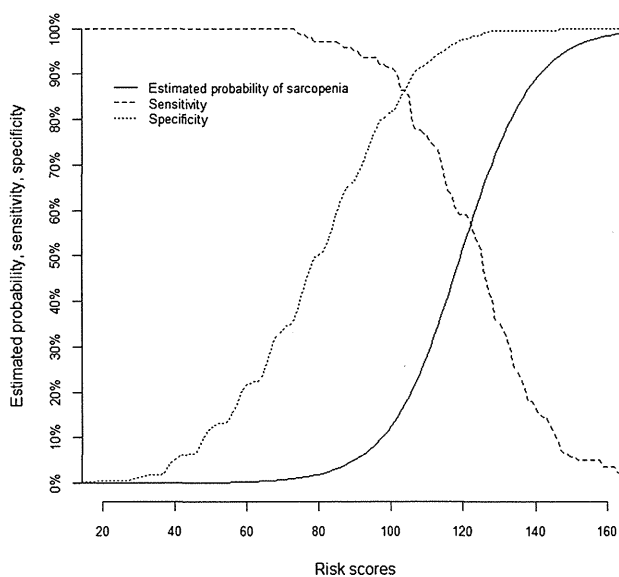


**Table 4** Score charts for estimated probability of sarcopenia

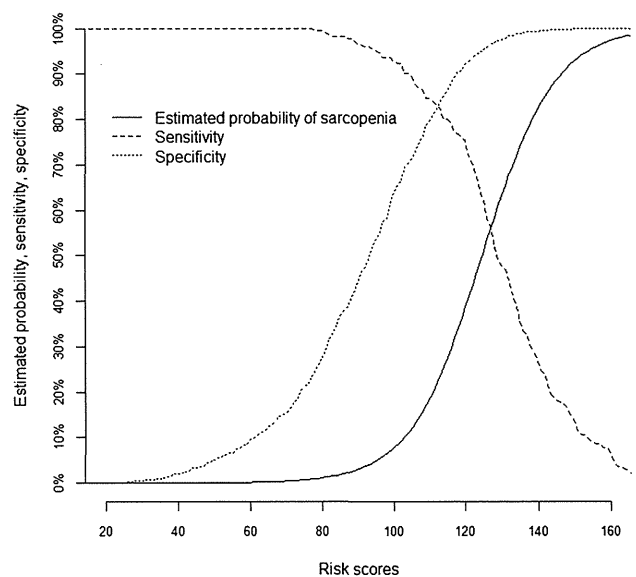
Variables	Value													
<b>Men</b>														
Age	<66	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90
Score	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	+13
Grip strength	<20	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56
Score	+99	+90	+81	+72	+63	+54	+45	+36	+27	+18	+9	0	-9	-18
Calf circumference	<26	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
Score	+81	+72	+63	+54	+45	+36	+27	+18	+9	0	-9	-18	-27	-36
Estimated individual probability of sarcopenia														
Sum score	70	80	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
Probability (%)	1	2	5	8	13	19	28	39	51	64	74	83	89	93
<b>Women</b>														
Age	<66	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90
Score	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18	+20	+22	+24	+26
Grip strength	<14	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
Score	+110	+100	+90	+80	+70	+60	+50	+40	+30	+20	+10	0	-10	-20
Calf leg circumference	<26	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
Score	+63	+56	+49	+42	+35	+28	+21	+14	+7	0	-7	-14	-21	-28
Estimated individual probability of sarcopenia														
Sum score	80	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
Probability (%)	1	3	5	8	12	19	28	39	51	63	74	82	88	93

Values for each variable are given with such intervals that the scores show small steps, and scores for intermediate values can be estimated by linear interpolation. The exact formula to calculate the scores are as follows: score in men,  $0.62 \times (\text{age} - 64) - 3.09 \times (\text{grip strength} - 50) - 4.64 \times (\text{calf circumference} - 42)$ ; score in women,  $0.80 \times (\text{age} - 64) - 5.09 \times (\text{grip strength} - 34) - 3.28 \times (\text{calf circumference} - 42)$ . The corresponding probabilities of sarcopenia are calculated with the following formulae: probability in men,  $1 / [1 + e^{-(\text{sum score} / 10-11.9)}]$ ; probability in women,  $1 / [1 + e^{-(\text{sum score} / 10-12.5)}]$ .

**A. Men**



**B. Women**



**Figure 1** Estimated probabilities, sensitivity and specificity corresponding to sum scores. The sum scores and corresponding estimated probabilities are read from Table 3.

be applicable to populations of other race/ethnicity or in other countries. Similarly, caution should be exercised in projecting beyond the range of our data. For example, the obese were underrepresented in our data, and the performance of our models was not assessed for the obese. However, the present findings suggest that three variables, namely age, grip strength and calf circumference, should be considered for inclusion in the development of sarcopenia screening in other populations. Third, although the internal validity was good (i.e. the models would perform well in a similar population), assessment of external validity is still warranted to determine whether the results can be extended to other Japanese populations. Finally, we could not exclude the possibility of the healthy volunteer effect (i.e. volunteers for clinical studies tend to be healthier than the general population). Although participants were randomly selected from the resident register, participation was voluntary and the response rate was approximately 17%. However, the sensitivity analysis showed that the models' ability to estimate the probability of sarcopenia remained excellent when participants with more severely impaired muscle function were categorized as having sarcopenia.

In conclusion, we showed that the presence of sarcopenia in older adults could be detected with high accuracy using three easily obtainable variables. Importantly, we derived the models from a functionally independent, community-dwelling population. Functionally independent older adults with sarcopenia are good candidates for interventions to prevent further physical limitations, given their potential for regaining muscle mass and restoration of muscle function. The score charts we developed can be used as an effective screening tool and help identify functionally independent older adults with sarcopenia.

## Acknowledgments

This work was supported by a Health and Labor Sciences Research Grant (H24-Choju-Ippan-002) from the Ministry of Health, Labor, and Welfare of Japan. The authors thank the staff members and participants of the Kashiwa study and the following individuals for helping with the acquisition of data: Dr Yoshiya Oishi PhD DDS, Oishi Dental Clinic. Yuki Ohara, Tokyo Metropolitan Geriatric Institute of Gerontology; Dr Noriaki Takahashi and Dr Hiroyasu Furuya, The Nippon Dental University; Seigo Mitsutake, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology; Mr Masashi Suzuki, Institute of Gerontology, The University of Tokyo; and staff members of The Institute of Healthcare Innovation Project, The University of Tokyo.

## Disclosure statement

The authors declare no conflict of interest.

## References

- 1 Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM *et al.* Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010; **39**: 412–423.
- 2 Yamada M, Arai H, Yoshimura K *et al.* Nutritional supplementation during resistance training improved skeletal muscle mass in community-dwelling frail older adults. *J Frailty Aging* 2012; **1**: 64–70.
- 3 Waters DL, Baumgartner RN, Garry PJ, Vellas B. Advantages of dietary, exercise-related, and therapeutic interventions to prevent and treat sarcopenia in adult patients: an update. *Clin Interv Aging* 2010; **5**: 259–270.
- 4 Visvanathan R, Chapman I. Preventing sarcopenia in older people. *Maturitas* 2010; **66**: 383–388.
- 5 Peterson MD, Sen A, Gordon PM. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2011; **43**: 249–258.
- 6 Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr* 1997; **127**: 990S–991S.
- 7 Mijnders DM, Meijers JM, Halfens RJ *et al.* Validity and reliability of tools to measure muscle mass, strength, and physical performance in community-dwelling older people: a systematic review. *J Am Med Dir Assoc* 2013; **14**: 170–178.
- 8 Shafer KJ, Siders WA, Johnson LK, Lukaski HC. Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes. *Nutrition* 2009; **25**: 25–32.
- 9 Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W *et al.* Association between muscle mass and disability in performing instrumental activities of daily living (IADL) in community-dwelling elderly in Japan. *Arch Gerontol Geriatr* 2012; **54**: e230–e233.
- 10 Nagasaki H, Itoh H, Hashizume K, Furuta T, Maruyama H, Kinugasa T. Walking patterns and finger rhythm of older adults. *Percept Mot Skills* 1996; **82**: 435–447.
- 11 Ainsworth BE, Bassett DR, Jr, Strath SJ *et al.* Comparison of three methods for measuring the time spent in physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000; **32**: S457–S464.
- 12 Frank EH, Jr. *Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic Regression, and Survival Analysis*, 1st edn. New York, NY: Springer, 2001.
- 13 Hastie T, Tibshirani R, Friedman J. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, 2nd edn. New York, NY: Springer, 2009.
- 14 Steyerberg EW, Harrell FE, Borsboom GJJM, Eijkemans MJC, Vergouwe Y, Habbema JDF. Internal validation of predictive models: efficiency of some procedures for logistic regression analysis. *J Clin Epidemiol* 2001; **54**: 774–781.
- 15 Steyerberg EW. *Clinical Prediction Models*, 1st edn. New York, NY: Springer, 2009.
- 16 Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 1982; **143**: 29–36.
- 17 Faraggi D, Reiser B. Estimation of the area under the ROC curve. *Stat Med* 2002; **21**: 3093–3106.
- 18 Homer D, Lemeshow S. *Applied Logistic Regression*. New York: John Wiley & Sons, 2000.

- 19 Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cournot M *et al.* Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross-sectional study. *J Am Geriatr Soc* 2003; **51**: 1120–1124.
- 20 Chen BB, Shih TT, Hsu CY *et al.* Thigh muscle volume predicted by anthropometric measurements and correlated with physical function in the older adults. *J Nutr Health Aging* 2011; **15**: 433–438.
- 21 Iannuzzi-Sucich M, Prestwood KM, Kenny AM. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002; **57**: M772–M777.
- 22 McIntosh EI, Smale KB, Vallis LA. Predicting fat-free mass index and sarcopenia: a pilot study in community-dwelling older adults. *Age (Dordrecht, Netherlands)* 2013; **35**: 2423–2434.
- 23 Kenny AM, Dawson L, Kleppinger A, Iannuzzi-Sucich M, Judge JO. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in nonobese women who are long-term users of estrogen-replacement therapy. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003; **58**: M436–M440.
- 24 Muscaritoli M, Anker SD, Argiles J *et al.* Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) “cachexia-anorexia in chronic wasting diseases” and “nutrition in geriatrics”. *Clin Nutr* 2010; **29**: 154–159.
- 25 Abellan van Kan G, Rolland Y, Andrieu S *et al.* Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people: an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force. *J Nutr Health Aging* 2009; **13**: 881–889.
- 26 Henriksson M, Hirschfeld H. Physically active older adults display alterations in gait initiation. *Gait Posture* 2005; **21**: 289–296.
- 27 Polcyn AF, Lipsitz LA, Kerrigan DC, Collins JJ. Age-related changes in the initiation of gait: degradation of central mechanisms for momentum generation. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; **79**: 1582–1589.
- 28 Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W *et al.* Association of sarcopenia with functional decline in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Geriatr Gerontol Int* 2013; **13**: 958–63.

## Supporting information

Additional Supporting Information may be found in the online version of this article at the publisher's web-site:

**Figure S1** Receiver operating characteristic curves of models estimating the probability of sarcopenia.

**Figure S2** Receiver operating characteristic curves of models estimating the probability of sarcopenia based on different cut-off values for grip strength and usual gait speed.

**Table S1** Application of Score Chart in two hypothetical patients.

ORIGINAL ARTICLE: EPIDEMIOLOGY,  
CLINICAL PRACTICE AND HEALTH**Association of decreased sympathetic nervous activity with mortality of older adults in long-term care**Koji Shibasaki,<sup>1</sup> Sumito Ogawa,<sup>1</sup> Shizuru Yamada,<sup>2</sup> Katsuya Iijima,<sup>1</sup> Masato Eto,<sup>1</sup> Koichi Kozaki,<sup>2</sup> Kenji Toba,<sup>3</sup> Masahiro Akishita<sup>1</sup> and Yasuyoshi Ouchi<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Geriatric Medicine, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Geriatric Medicine, Kyorin University School of Medicine, Tokyo, and <sup>3</sup>National Center for Geriatrics and Gerontology, Obu, Japan**Aim:** To investigate the relationship between physical function, mortality and autonomic nervous activity measured by heart rate variability of elderly in long-term care.**Methods:** Cross-sectional and longitudinal studies were carried out at hospitals and health service facilities for the elderly in Nagano prefecture, Japan, from July 2007 to March 2011. A total of 105 long-term care older adults and 17 control older adults with independent physical function were included. The Functional Independence Measure (FIM) and Barthel Index were determined as indices of physical function. Twenty-four-hour Holter monitoring was carried out. From RR intervals in electrocardiograms, heart rate and standard deviations of all NN intervals in all 5-min segments of the entire recording, power spectral density, low frequency, high frequency and low frequency/high frequency (LF/HF) were calculated.**Results:** FIM score and Barthel Index were  $46 \pm 26$  and  $30 \pm 31$ , respectively, in long-term care elderly. FIM and Barthel index were significantly correlated with heart rate and the standard deviations of all NN intervals after adjustment for age, sex, cardiovascular risk factors and FIM. Furthermore, LF/HF was significantly decreased in long-term care elderly compared with control elderly after adjustment for covariates. In addition, decrease in LF/HF was an independent risk factor for mortality.**Conclusion:** Low LF/HF activity was observed in long-term care elderly and was related to an increase of overall mortality. *Geriatr Gerontol Int* 2014; 14: 159–166.**Keywords:** heart rate variability, long-term care, mortality, motor activity, sympathetic nervous system.**Introduction**

The number of older adults who require long-term care (LTC) has been increasing in Japan, and it was reported that there were 4.67 million older adults in LTC in 2008.<sup>1</sup> One of the characteristics of older adults in long-term care is physical and cognitive dysfunction. Physical dysfunction, including slow gait, low handgrip strength, low physical activity, weight loss and exhaustion, are reported to be associated with increased overall mortality.<sup>2</sup> In Japan, LTC elderly is defined as those who require assistance with walking, moving, and washing their face, body and mouth, representing functional dis-

ability and high mortality.<sup>3</sup> Thus, it is important to maintain or increase physical function in LTC elderly.

The underlying causes of physical dysfunction in Japanese LTC elderly include cerebrovascular disease, dementia, fractures, falls, weakness as a result of aging, and arthritis.<sup>3</sup> Recent studies have shown that these diseases with physical dysfunction are associated with low sympathetic nervous system activity.<sup>4–7</sup>

Skin sympathetic reactivity (SSR) reflects sympathetic nervous system activity. Muslumanoglu *et al.* showed that low SSR was associated with greater severity of paralysis, and depression of sympathetic reflex activity was associated with moderate or severely limited motor function in the chronic phase of ischemic cerebrovascular disease in elderly patients.<sup>5</sup> In addition, low plasma norepinephrine and low iodine-131-meta-iodobenzylguanidine (<sup>123</sup>I-MIBG) uptake were observed in patients with Lewy body dementia compared with normal healthy subjects.<sup>6,7</sup> RR intervals in the electrocardiogram are utilized to evaluate heart rate variability

Accepted for publication 10 March 2013.

Correspondence: Dr Sumito Ogawa MD PhD, Department of Geriatric Medicine, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8655, Japan. Email: suogawa-tyk@umin.ac.jp

(HRV), which reflects autonomic nervous system activity.<sup>8</sup> In practice, low frequency/high frequency (LF/HF), a marker of sympathovagal balance or sympathetic modulation, showed a positive correlation with respiratory and skeletal muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease.<sup>4</sup> Furthermore, decreased LF/HF was related to overall mortality in frail older adults.<sup>9</sup>

In addition to measurement of SSR, norepinephrine spillover and <sup>123</sup>I-MIBG scintigraphy uptake, HRV has recently been used as a marker of autonomic nervous function.<sup>8</sup> HF was reported to reflect parasympathetic nervous system activity and LF/HF to represent sympathovagal balance or sympathetic modulation. In addition, decreased HRV was associated with cardiovascular disease (CVD),<sup>10</sup> cardiac death<sup>11</sup> and all-cause mortality.<sup>9</sup> Whereas HRV is known to decrease with the aging process,<sup>12,13</sup> little is known about the relationship between sympathetic nervous activity and mortality in LTC elderly.

In the Framingham heart study, a cohort study in American community-dwelling people, mortality and HRV were investigated in older adults, and it was not shown that low LF/HF correlated with mortality,<sup>14</sup> whereas in a cohort study of frail older adults, low LF/HF was significantly correlated with both frailty and mortality in the Women's Health and Aging Study-I (WHAS-I).<sup>9</sup>

Aging attenuates sympathetic nervous modulation,<sup>12,13</sup> and previous studies suggested that low sympathetic nervous activity might be associated with physical and cognitive dysfunction. However, only some of the subjects were frail or LTC elderly,<sup>9,14</sup> and there is little evidence describing the relationship between physical function, mortality and sympathetic nervous activity in LTC elderly. In particular, few studies have focused on the specific characteristics of sympathetic nervous activity in LTC elderly. Therefore, we investigated the relationship between sympathetic nervous activity, measured by HRV, and physical function and mortality in older adults in LTC.

## Methods

### *Study design and participants*

The present observational study analyzed 105 consecutive older adults in LTC aged 75 years or older who were admitted to a rehabilitation unit or a health service facility for older adults that provided rehabilitation. All hospitals and health service facilities were located in Nagano prefecture, Japan. Inclusion criteria were older adults in LTC aged 75 years or older receiving rehabilitation. Exclusion criteria were treatment of acute phase diseases within the past 2 weeks, arrhythmia, administration of anti-arrhythmia drugs or  $\beta$ -blockers,

malignancy and neurodegenerative diseases other than dementia. As a control for the present study, we recruited 17 elderly outpatients with intact activities of daily living (ADL) who were matched for age, sex and CVD risk factors. The same inclusion and exclusion criteria were used for these control subjects. Medical records were reviewed to obtain information about the medical history of CVD, such as hypertension, diabetes mellitus, hyperlipidemia, chronic heart failure and ischemic heart disease, which was confirmed by the patients or their family. The present study protocol was approved by the institutional review board of the facility. Written informed consent was obtained from all participants or their families.

### *Heart rate variability*

Ambulatory Holter recording was carried out for 24 h using QR2100 (Fukuda ME Kogyo, Tokyo, Japan) and processed with HS1000VL (Fukuda ME Kogyo). For time domain analysis, the standard deviations of all NN intervals in all 5-min segments of the entire recording (SDANN) were calculated, and frequent domain analysis was carried out with fast Fourier transform. From the power spectral density, low frequency (LF; 0.04–0.15 Hz), high frequency (HF; 0.15–0.40 Hz) and low frequency/high frequency (LF/HF) were determined.

### *Anthropometric, physical function and hematological measures*

Height, weight and body mass index (BMI) were measured before Holter monitoring. The Functional Independence Measure (FIM)<sup>15</sup> and Barthel Index<sup>16</sup> were determined in order to assess physical function. Venous blood samples were obtained from participants in the morning after an overnight fast. Blood cell counts and serum levels of chemical parameters were determined by a commercial laboratory (Health Science Research Institute, Yokohama, Japan).

### *Statistical analysis*

Data were analyzed using SPSS software version 11.0.1J (SPSS Japan, Tokyo, Japan). Mann–Whitney *U*-test for continuous variables and  $\chi^2$ -test for categorical variables were used to compare controls and LTC elderly. Pearson's correlation coefficient was calculated, and standardized multiple regression analysis of HRV indices was carried out with age, sex, FIM, Barthel Index and blood nutritional data as covariates. Multiple regression analysis was used to calculate Cox hazard ratio, with adjustment for age, sex, clinical risk factors and FIM. Kaplan–Meier survival rate was computed for HRV indices.

**Table 1** Characteristics of long-term care elderly and healthy elderly controls

	LTC elderly	Controls	<i>P</i>
No. participants	105	17	
Age (years)	86.5 ± 6.0 (75–100)	86.3 ± 9.1 (75–103)	0.311
Sex, male (%)	29 (27.6)	6 (35.3)	0.999
Body mass index	19.5 ± 3.3	22.0 ± 3.5	0.009
Cardiovascular risk factors, <i>n</i> (%)			
Hypertension	57 (54.3)	11 (64.7)	0.590
Diabetes mellitus	13 (12.4)	2 (11.8)	0.999
Hyperlipidemia	14 (13.3)	3 (17.6)	0.921
Chronic heart failure	12 (11.4)	1 (5.9)	0.792
Ischemic heart disease	15 (14.3)	1 (5.9)	0.572
Physical function			
FIM	46 ± 26	116 ± 24	<0.001
Barthel Index	30 ± 31	92 ± 16	<0.001
Blood nutritional data			
Albumin (g/dL)	3.5 ± 0.5	3.9 ± 0.3	<0.001
Hemoglobin (g/dL)	12.0 ± 1.8	12.4 ± 2.2	0.188
Total cholesterol (mg/dL)	177 ± 40	175 ± 34	0.892
Heart rate variability indices			
SDANN	85.0 ± 34.3	112.1 ± 27.2	0.001
Heart rate (b.p.m.)	73.1 ± 12.1	71.5 ± 7.4	0.878
LF (ms <sup>2</sup> )	36.1 ± 25.3	42.4 ± 37.5	0.274
HF (ms <sup>2</sup> )	65.9 ± 56.3	60.7 ± 52.3	0.813
LF/HF	0.69 ± 0.27 <sup>†</sup>	0.87 ± 0.31	0.023

Values are mean ± standard deviation. <sup>†</sup>After adjusted for age, sex, cardiovascular risk factors and Function Independent Measure (FIM), low frequency/high frequency (LF/HF) were significantly lower in long-term care elderly than healthy controls (*P* = 0.049). HF, high frequency; LF, low frequency; SDANN, standard deviations of the all NN intervals in all 5-min segments of the entire recording.

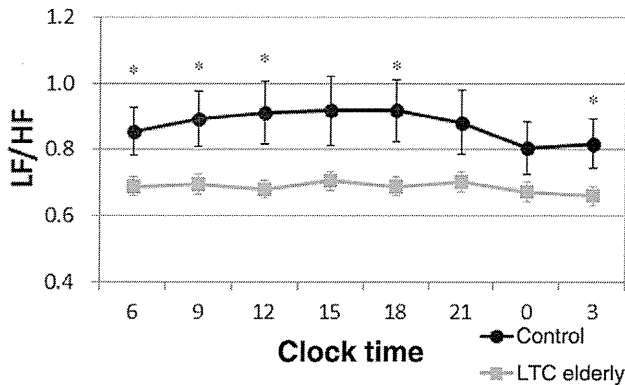
## Results

We registered 105 elderly in LTC, and assessed HRV from 24-h Holter monitoring. The underlying diseases of older adults in LTC for rehabilitation were cerebrovascular disease (*n* = 59, 56.2%), disuse syndrome (*n* = 26, 24.8%), fracture (*n* = 19, 18.1%) and dementia (*n* = 1, 1.0%). The proportions of underlying diseases were similar to those reported in Japanese older adults in LTC.<sup>3</sup>

The background data of the present study are shown in Table 1. In LTC elderly, mean age was 86.5 ± 6.0 years, blood nutritional data including albumin, hemoglobin and total cholesterol were at the lower limit of the normal range, and physical function represented by FIM and Barthel Index was significantly lower (46 ± 26 and 30 ± 31, respectively) than that in elderly controls (116 ± 24 and 92 ± 16, respectively). Scores for each FIM item were as follow: eating 3.7 ± 2.2, grooming 2.6 ± 1.8, bathing 1.5 ± 1.1, upper body dressing 2.5 ± 1.7, lower body dressing 2.2 ± 1.6, toileting 2.7 ± 2.0, bladder management 2.6 ± 2.1, bowel management 2.4 ± 2.0, bed to chair transfer 3.0 ± 1.9, toilet transfer 2.4 ± 1.7, shower transfer 1.5 ± 1.4,

locomotion (ambulatory or wheelchair level) 2.0 ± 1.8, stairs 1.2 ± 0.8, cognitive comprehension 3.6 ± 2.2, expression 3.6 ± 2.2, social interaction 3.2 ± 2.2, problem solving 2.8 ± 1.9 and memory 2.8 ± 1.9. These score showed that the overall participants required moderate care supporting physical and cognitive function. In addition, BMI, albumin, SDANN and LF/HF were significantly decreased in LTC elderly compared with elderly controls. After adjustment for covariance, of all HRV indices, only LF/HF was significantly lower in LTC elderly (Table 1). Data of HRV indices were obtained every 5 min, and averaged every 3 h to examine the circadian rhythm in both LTC elderly and healthy controls. A significant decrease of LF/HF was observed in the night-time in healthy controls, whereas there was a loss of circadian rhythm in LTC elderly (Fig. 1).

Multiple regression analysis showed that the associations between heart rate, SDANN and physical function (Barthel Index and FIM) were independent of age, sex, and CVD. Furthermore, albumin and hemoglobin were also correlated with heart rate and SDANN. In contrast, LF, HF and LF/HF were not significantly correlated with physical function and blood nutritional data (Table 2).



**Figure 1** The activity of low frequency/high frequency (LF/HF) in long-term care (LTC) elderly and controls. The RR interval data were measured every 5 min, and averaged every 3 h. \* $P < 0.05$ , mean  $\pm$  SEM.

Next, we followed the survival of LTC elderly, and 23 people died among 105 LTC elderly during a mean follow-up period of 8.9 months. The major cause of death was pneumonia ( $n = 12$ ). There was no sign of stroke among the study participants, and one participant with acute myocardial infarction was observed during the follow-up period. Mortality according to HRV indices divided by the average is shown in Table 3. After adjustment for covariates, of all HRV indices, only LF/HF was associated with mortality. Kaplan–Meier survival curves also showed an association between decreased LF/HF and high mortality (Fig. 2). In addition to adjusted covariates, BMI, Barthel Index, and blood nutritional data were not different between the high LF/HF group and low LF/HF group (data not shown).

## Discussion

In the present study, we investigated the relationship between physical function, mortality and sympathetic nervous activity measured by HRV in Japanese LTC elderly, and it was shown that LF/HF was significantly decreased in LTC elderly after adjustment for age, sex, CVD risk factors and FIM compared with elderly controls. In addition, the circadian rhythm of LF/HF was lost in LTC elderly, and low LF/HF was associated with overall mortality.

In a previous study, low LF/HF was associated with both frailty and mortality in community-dwelling people of whom one-third were frail elderly,<sup>9</sup> and these associations were consistent with the present data. Additionally, low LF/HF was also shown in LTC elderly, and was independent of physical function.

Elevated heart rate or low SDANN leads to cardiovascular disease and low physical function,<sup>17,18</sup> and the same relationship was also observed in LTC elderly. Furthermore, low albumin and low hemoglobin were

observed in the high heart rate group, and limited physical function was observed in LTC elderly. These results are supported by a previous report.<sup>19</sup> So it might be possible to improve the physical function of LTC elderly by maintaining their nutritional state. The high LF/HF group has been reported to show high physical function and muscle mass,<sup>4,20</sup> whereas the present data did not show this association. One of the reasons for this discrepancy is thought to be the effect of aging. Aging generally attenuates LF/HF, and the patients in the present study were older than those in other studies.<sup>9,14</sup> Another reason might be autonomic nervous system disturbance. In particular, the circadian rhythm of LF/HF was impaired in LTC elderly.

Circadian imbalance of LF/HF has been shown in some disorders, such as Parkinson's disease, type 2 diabetes mellitus (T2DM) and ischemic stroke,<sup>21–23</sup> and furthermore, physical activity also influences HRV indices.<sup>24,25</sup> In the present study, LTC elderly with Parkinson's disease were excluded, and CVD risk factors including T2DM were matched between LTC elderly and healthy controls, as stroke and physical activity might affect LF/HF. However, the influence of both conditions on LF/HF is controversial. High physical activity and good posture led to high LF/HF activity,<sup>26</sup> whereas it was also suggested that LF/HF was not affected by physical activity.<sup>13</sup> The effect of LF/HF on stroke is also controversial.<sup>23,27,28</sup> In ischemic stroke patients, LF/HF was higher than healthy controls in some studies,<sup>27,28</sup> whereas another study suggested that LF/HF was lower in patients.<sup>23</sup> So the mechanism of LF/HF circadian rhythm disturbance is not clear, though its recovery might be important to increase physical function in LTC elderly. Other reasons why LF/HF and physical function did not show a correlation in LTC elderly might to be the effects of stroke, insufficient exposure to daylight and posture at daytime. All participants were aged over 75 years in the present study, and there is a possibility that asymptomatic lacunar infarction might be observed. It has also been suggested that lacunar infarction disturbs the autonomic nervous system, leading to a decrease in LF/HF and the related value of the autonomic nervous system, resulting in a disappearance of the correlation between physical activity and LF/HF. In addition, exposure to daylight was known to be one of the most powerful rhythmic regulators in the environment.<sup>29</sup> All participants in the present study spent their time indoors for rehabilitation and care. Furthermore, it is known that the supine position increases HF and decreases LF/HF,<sup>30</sup> and LTC elderly participants who were at rehabilitation units or health service facilities might spend more time in bed compared with outpatient controls, leading to low LF/HF and disappearance of the correlation between LF/HF and physical activity in the present study.

**Table 2** Multiple regression analysis of heart rate variability indices with physical function and blood nutritional data after adjusted for age, sex and cardiovascular risk factors

	HR	SDANN	LF	HF	LF/HF
FIM	-0.25*	0.28*	0.19	0.15	-0.08
Barthel Index	-0.27*	0.29*	0.08	0.04	0.00
Body mass index	-0.05	0.05	0.00	-0.08	0.19
Albumin	-0.21*	0.25*	0.05	-0.02	0.11
Hemoglobin	-0.20*	0.27*	0.12	0.12	0.05
Total cholesterol	-0.01	-0.05	-0.13	-0.17	0.03

\* $P < 0.05$ , analyzed in 105 long-term care elderly. FIM, function independent measure; HF, high frequency; HR, heart rate; LF, low frequency; SDANN, standard deviations of the all NN intervals in all 5-min segments of the entire recording.

**Table 3** Proportional hazards regression analysis of the impact of heart rate variability measure on overall mortality

	Hazard ratio <sup>†</sup>	95% Confidence interval	<i>P</i>
Unadjusted			
SDANN (ms)	1.84	0.77–4.38	0.171
LF (ms <sup>2</sup> )	1.61	0.59–4.38	0.353
HF (ms <sup>2</sup> )	2.14	0.72–6.34	0.169
LF/HF	4.73	1.59–14.06	0.005
Age, sex and cardiovascular risk factors adjusted for association with mortality			
SDANN (ms)	1.53	0.60–3.86	0.372
LF (ms <sup>2</sup> )	1.65	0.57–4.78	0.357
HF (ms <sup>2</sup> )	2.60	0.82–8.22	0.105
LF/HF	3.37	1.02–11.07	0.046
Age, sex, FIM and cardiovascular risk factors adjusted for association with mortality			
SDANN (ms)	1.19	0.44–3.17	0.736
LF (ms <sup>2</sup> )	1.49	0.50–4.41	0.475
HF (ms <sup>2</sup> )	2.85	0.83–9.83	0.097
LF/HF	3.61	1.08–12.10	0.038

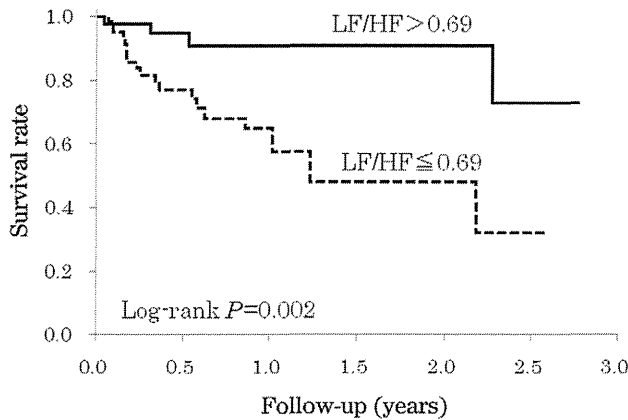
Based on 23 deaths among 105 participants. Mean values of heart rate variability measure are in Table 1. <sup>†</sup>Hazard ratio of death rates of participants whose heart rate variability were less than average. FIM, function independent measure; HF, high frequency; HR, heart rate; LF, low frequency; SDANN, standard deviations of the all NN intervals in all 5-min segments of the entire recording.

Recent studies showed that decreased HRV indices including LF, HF and LF/HF were associated with CVD risk factors, and decreased LF was an independent predictor of death in elderly people.<sup>31,32</sup> However, the present findings showed that, of all HRV indices, only LF/HF was associated with mortality. This result is supported by a previous study in which, of HRV indices, LF/HF was associated with both frailty and mortality.<sup>9</sup> The major difference between the present study and other studies is whether or not the participants included frail LTC elderly. All participants were LTC elderly in the present study and WHAS-I, which was reported by

Varadhan *et al.* and consisted of one-third frail elderly, whereas in other studies the participants were community-dwelling older adults with intact ADL, and they did not consider physical function.<sup>14,32,33</sup> These results suggest that the significance of LF/HF might differ between LTC elderly and elderly with intact ADL and physical function.

There is a discrepancy in the results derived from studies of LTC elderly and studies of elderly with intact physical function regarding sympathetic nervous activity. Exercise activates the sympathetic nervous system, leading to an increase in blood pressure, muscle blood





**Figure 2** Kaplan-Meier survival curves for death according to low frequency/high frequency (LF/HF). Mortality was significantly higher for patients with low LF/HF than for patients with high LF/HF. The mean follow-up period was 8.9 months.

flow and muscle strength by inducing muscle protein synthesis,<sup>34-37</sup> suggesting that low sympathetic nervous activity is related to not only physical dysfunction, but also the inability to maintain muscle strength, leading to a worse outcome in LTC elderly. Appropriate activation of the sympathetic nervous system might prevent muscle wasting and improve overall mortality in LTC elderly.

Activation of the sympathetic nervous system has been applied to aging or sarcopenic model rats. The  $\beta$ 2-adrenergic agonists, clenbuterol and formoterol, improved muscle mass and muscle strength, and prevented muscle aging in aging, disuse and sarcopenia<sup>38-44</sup> model rats. In contrast, inhibition of sympathetic nervous activity with  $\beta$ -blockers was associated with a worse outcome in older adults.<sup>45</sup> These findings also suggest the importance of preventing a sympathetic nervous activity decline in LTC elderly.

There were several study limitations. First, this was an observational study, and could not provide direct evidence of causality. So it will be necessary to carry out randomized controlled trials to show whether high sympathetic nervous activity leads to a good outcome or not. Second, excessive sympathetic nervous activity is associated with cardiovascular risk factors, such as hypertension, left ventricular myocardial hypertrophy and old cerebrovascular disease.<sup>46,47</sup> In addition, the number of control subjects was relatively small in the present study. Based on these results, it might be hard to apply the findings in the present study to the oldest old population in general. However, some studies, particularly in the elderly, showed that decreased sympathetic nervous activity was associated with a worse outcome.<sup>9</sup> In addition to low physical activity, poor handgrip strength and frailty are known to be important risk factors predicting death older adults,<sup>2,48-50</sup> and few reports have focused on LTC elderly. Therefore, the

present study has the possibility of providing evidence to improve physical function and mortality in LTC elderly by means of maintaining or increasing LF/HF.

In summary, the present study showed that LF/HF is a factor that distinguishes LTC elderly from elderly controls independent of physical function. In addition, the circadian rhythm of LF/HF was lost in LTC elderly. Furthermore, low LF/HF was associated with high mortality. For LTC elderly aged 75 years or over, LF/HF might be a predictive biomarker of physical function and mortality.

## Disclosure statement

There is no financial support or relationship that might pose conflicts of interest.

## References

- 1 Japanese Ministry of Health, Labor and Welfare. Changes in the number of people certified for long-term care/support need. 2008. [Cited 23 Aug 2011.] Available from URL: <http://www.mhlw.go.jp/english/wp/wp-hw3/dL/10-06.pdf>
- 2 Fried LP, Tangen CM, Walston J *et al.* Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol* 2001; **56**: M146-M156.
- 3 Japanese Ministry of Health, Labor and Welfare. Welfare policy for the elderly with a focus on long-term care insurance system. 2007. [Cited 23 Aug 2011.] Available from URL: <http://www.mhlw.go.jp/english/wp/policy/dL/04.pdf>
- 4 Camillo CA, Pitta F, Possani HV *et al.* Heart rate variability and disease characteristics in patients with COPD. *Lung* 2008; **186**: 393-401.
- 5 Muslumanoglu L, Aki S, Turkdogan D, Us O, Akyuz G. Involvement of sympathetic reflex activity in patients with acute and chronic stroke: a comparison with functional motor capacity. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; **85**: 470-473.
- 6 Oka H, Morita M, Onouchi K, Yoshioka M, Mochio S, Inoue K. Cardiovascular autonomic dysfunction in dementia with Lewy bodies and Parkinson's disease. *J Neurol* 2007; **254**: 72-77.
- 7 Oka H, Yoshioka M, Morita M *et al.* Reduced cardiac 123I-MIBG uptake reflects cardiac sympathetic dysfunction in Lewy body disease. *Neurology* 2007; **69**: 1460-1465.
- 8 Heart rate variability. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology. *Circulation* 1996; **93**: 1043-1065.
- 9 Varadhan R, Chaves PHM, Lipsitz LA *et al.* Frailty and impaired cardiac autonomic control: new insights from principal components aggregation of traditional heart rate variability indices. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2009; **64**: 682-687.
- 10 Alter P, Grimm W, Vollrath A, Czerny F, Maisch B. Heart rate variability in patients with cardiac hypertrophy - relation to left ventricular mass and etiology. *Am Heart J* 2006; **151**: 829-836.
- 11 Smilde TDJ, van Veldhuisen DJ, van den Berg MP. Prognostic value of heart rate variability and ventricular arrhythmias during 13-year follow-up in patients with mild to moderate heart failure. *Clin Res Cardiol* 2009; **98**: 233-239.

- 12 Umetani K, Singer DH, McCratty R, Atkinson M. Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades. *J Am Coll Cardiol* 1998; **31**: 593–601.
- 13 Greiser KH, Kluttig A, Schumann B *et al.* Cardiovascular diseases, risk factors and short-term heart rate variability in an elderly general population: the CARLA study 2002–2006. *Eur J Epidemiol* 2009; **24**: 123–142.
- 14 Tsuji H, Venditti FJ Jr, Manders ES *et al.* Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1994; **90**: 878–883.
- 15 Keith RA, Granger CV, Hamilton BB, Sherwin FS. The functional independence measure: a tool for rehabilitation. *Adv Clin Rehabil* 1987; **1**: 6–18.
- 16 Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel index. *Md State Med J* 1965; **14**: 61–65.
- 17 Graham I, Atar D, Borch-Johnsen K *et al.* European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: executive summary: fourth joint task force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (Constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Eur Heart J* 2007; **28**: 2375–2414.
- 18 Roach D, Wilson W, Ritchie D, Sheldon R. Dissection of long-range heart rate variability: controlled induction of prognostic measures by activity in the laboratory. *J Am Coll Cardiol* 2004; **43**: 2271–2277.
- 19 Spurr GB, Barac-Nieto M, Maksud MG. Functional assessment of nutritional status: heart rate response to submaximal work. *Am J Clin Nutr* 1979; **32**: 767–778.
- 20 David MDR, Martha ERR, Ernesto GR, David MDR, Martha EMDR. Sympathovagal imbalance assessed by heart rate variability correlates with percent body fat and skeletal muscle, independent of body mass index. *Cleve Clin J Med* 2011; **78**: S91a.
- 21 Niwa F, Kuriyama N, Nakagawa M, Imanishi J. Circadian rhythm of rest activity and autonomic nervous system activity at different stages in Parkinson's disease. *Auton Neurosci* 2011; **165**: 195–200.
- 22 Boer-Martins L, Figueiredo VN, Demacq C *et al.* Relationship of autonomic imbalance and circadian disruption with obesity and type 2 diabetes in resistant hypertensive patients. *Cardiovasc Diabetol* 2011; **22**: 10–24.
- 23 Juha T, Korpelainen KA, Sotaniemi HV *et al.* Circadian rhythm of heart rate variability is reversibly abolished in ischemic stroke. *Stroke* 1997; **28**: 2150–2154.
- 24 Ino-Oka E, Sekino H, Ohtaki Y, Inooka H. Effects of daily physical activity level on the degree of sympathetic tone. *Intern Med* 2009; **48**: 19–24.
- 25 Fortrat JO, de Germain V, Custaud MA. Holter heart rate variability: are we measuring physical activity? *Am J Cardiol* 2010; **106**: 448–449.
- 26 Miyamoto S, Fujita M, Sekiguchi H *et al.* Effects of posture on cardiac autonomic nervous activity in patients with congestive heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2001; **37**: 1788–1793.
- 27 Dütsch M, Burger M, Dörfler C, Schwab S, Hilz MJ. Cardiovascular autonomic function in poststroke patients. *Neurology* 2007; **69**: 2249–2255.
- 28 Colivicchi F, Bassi A, Santini M, Caltagirone C. Cardiac autonomic derangement and arrhythmias in right-sided stroke with insular involvement. *Stroke* 2004; **35**: 2094–2098.
- 29 Appenzeller O, Oribe E. *The Autonomic Nervous System. An Introduction to Basic and Clinical Concepts*, 5th edn. Oxford: Elsevier Science Publishers, 1997.
- 30 Huikuri HV, Niemelä MJ, Ojala S, Rantala A, Ikäheimo MJ, Airaksinen KE. Circadian rhythms of frequency domain measures of heart rate variability in healthy subjects and patients with coronary artery disease. Effects of arousal and upright posture. *Circulation* 1994; **90**: 121–126.
- 31 Stein PK, Brazilay JI, Chaves PH, Domitrovich PP, Gottdiener JS. Heart rate variability and its changes over 5 years in older adults. *Age Ageing* 2009; **38**: 212–218.
- 32 La Rovere MT, Pinna GD, Maestri R *et al.* Short-term heart rate variability strongly predicts sudden cardiac death in chronic heart failure patients. *Circulation* 2003; **107**: 565–570.
- 33 Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987; **59**: 256–262.
- 34 Nakamura T, Mizushima T, Yamamoto M, Kawazu T, Umezu Y, Tajima F. Muscle sympathetic nerve activity during isometric exercise in patients with cerebrovascular accidents. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; **86**: 436–441.
- 35 Astrand PO, Cuddy TE, Saltin B, Stenberg J. Cardiac output during submaximal and maximal work. *J Appl Physiol* 1964; **19**: 268–274.
- 36 Koopman R, Ryall JG, Church JE, Lynch S. The role of  $\beta$ -adrenoceptor signaling in skeletal muscle: therapeutic implications for muscle wasting disorders. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2009; **12**: 601–606.
- 37 Lynch GS, Ryall JG. Role of beta-adrenoceptor signaling in skeletal muscle: implications for muscle wasting and disease. *Physiol Rev* 2008; **88**: 729–767.
- 38 Carter WJ, Dang AQ, Faas FH, Lynch ME. Effects of clenbuterol on skeletal muscle mass, body composition, and recovery from surgical stress in senescent rats. *Metabolism* 1991; **40**: 855–860.
- 39 Carter WJ, Lynch ME. Effect of clenbuterol on recovery of muscle mass and carcass protein content following dietary protein depletion in young and old rats. *J Gerontol* 1994; **49**: B162–B168.
- 40 Chen KD, Alway SE. Clenbuterol reduces soleus muscle fatigue during disuse in aged rats. *Muscle Nerve* 2001; **24**: 211–222.
- 41 Ryall JG, Plant DR, Gregorevic P, Sillence MN, Lynch GS. Beta 2-agonist administration reverses muscle wasting and improves muscle function in aged rats. *J Physiol* 2004; **555**: 175–188.
- 42 Ricart-Firinga C, Stevens L, Canu MH, Nemirovskaya TL, Mounier Y. Effects of beta(2)-agonist clenbuterol on biochemical and contractile properties of unloaded soleus fibers of rat. *Am J Physiol Cell Physiol* 2000; **278**: C582–C588.
- 43 Stevens L, Firinga C, Gohlsch B, Bastide B, Mounier Y, Pette D. Effects of unweighting and clenbuterol on myosin light and heavy chains in fast and slow muscles of rat. *Am J Physiol Cell Physiol* 2000; **279**: C1558–C1563.
- 44 Ryall JG, Scherzer JD, Lynch GS *et al.* Attenuation of age-related muscle wasting and weakness in rats after formoterol treatment: therapeutic implications for sarcopenia. *J Gerontol* 2007; **62A**: 813–823.
- 45 Peters R, Beckett N, Burch L *et al.* The effect of treatment based on a diuretic (indapamide) +/- ACE inhibitor (perindopril) on fractures in the Hypertension in the Very Elderly Trial (HYVET). *Age Ageing* 2010; **39**: 609–616.
- 46 Lucini D, Mela GS, Malliani A, Pagani M. Impairment in cardiac autonomic regulation preceding arterial hypertension in humans: insights from spectral analysis of beat-by-beat cardiovascular variability. *Circulation* 2002; **106**: 2673–2679.

- 47 Burns J, Sivananthan MU, Ball SG, Mackintosh AF, Mary DA, Greenwood JP. Relationship between central sympathetic drive and magnetic resonance imaging-determined left ventricular mass in essential hypertension. *Circulation* 2007; **115**: 1999–2005.
- 48 Stessman J, Rozenberg RH, Cohen A, Mor EE, Jacob JM. Physical activity, function, and longevity among the very old. *Arch Intern Med* 2009; **169**: 1476–1483.
- 49 Rantanen T, Voipato S, Ferrucci L, Heikkinen E, Fried LP, Guralnik JM. Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: exploring the mechanism. *J Am Geriatr Soc* 2003; **51**: 636–641.
- 50 Ling CHY, Taekema D, de Craen AJM, Gussekloo J, Westendorp RGJ, Maier AB. Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study. *CMAJ* 2010; **182**: 429–435.

## 地域在住高齢者に対する運動介入が1年後の運動行動に与える影響： ランダム化比較試験

稲葉 康子<sup>1)</sup> 大淵 修一<sup>2)</sup> 新井 武志<sup>3)</sup> 柴 喜崇<sup>4)</sup>  
岡 浩一朗<sup>5)</sup> 渡辺修一郎<sup>6)</sup> 木村 憲<sup>7)</sup> 長澤 弘<sup>8)</sup>

**要約** 目的：本研究は、地域在住高齢者に対する運動介入が、1年後の運動行動に与える影響についてランダム化比較試験を用いて検証した。方法：対象は、65歳以上の地域在住高齢者117人（男性52人、女性65人）で、3カ月間の運動介入群と、講話による健康教室群とし、対象者を無作為に2群に割り付けた。評価は、トランスセオレティカル・モデルの運動行動の変容ステージ（以下、ステージ）、身体諸機能（筋力、柔軟性、歩行速度など）、身体活動セルフ・エフィカシー、老研式活動能力指標を介入前と介入終了から1年後の2時点で実施した。対象者は、運動トレーニング群60人、健康教室群57人であった。結果：介入前のステージ分布は、両群に有意差は認められなかった。2時点でのステージ変化で、「進行」は両群共に10人、「逆戻り」では運動介入群6人、健康教室群11人で運動介入群の「逆戻り」が有意に少なかった（ $P<.01$ ）。ロジスティック回帰分析の結果、ステージの「進行」には、介入前後のTimed up & go変化量（AOR=2.7, 95% CI 1.0~1.3）と長座位体前屈変化量（AOR2.7, 95% CI 1.3~5.8）が、「逆戻り」には、グループ（AOR=4.6, 95% CI=1.1~18.8）と介入前後の身体活動セルフ・エフィカシーの歩行項目の変化量（AOR 1.5; 95% CI 1.0~2.3）および重量物挙上項目の変化量（AOR 0.68; 95% CI 0.5~0.9）が抽出された。結論：本研究の結果、2時点のステージ変化で運動介入群は1年後のステージの逆戻りが有意に少ないことが示され、運動介入に参加することが運動習慣の維持に有効であることが示された。また、1年後の運動習慣を維持するためには、運動介入に参加し身体機能やセルフ・エフィカシーを向上させることが重要である。

**Key words**：地域在住高齢者、運動行動の変容ステージ、運動介入、ランダム化比較試験

（日老医誌 2013；50：788-796）

### 緒 言

人口の急速な高齢化によって、介護に関する多くの問題が浮上していることから、現在多くの自治体で、介護予防として転倒予防<sup>1)</sup>など、健康増進のための様々な事業が行われている。そして、それらの取り組みの結果として、身体機能<sup>1)2)</sup>や健康関連 Quality of Life (QOL)<sup>3)4)</sup>の向上が報告されている。我々は、ランダム化比較試験により、3カ月間の介入で運動介入群の身体機能向上項

目が対照群である健康教室群より多く認められたことを報告した<sup>5)</sup>。現在、健康増進事業や介護予防事業での様々な取り組みについての報告があるが、予防という概念を考えると、介入期間中に向上した諸機能をその後も維持することが重要である。

身体機能を維持するためには、身体活動や運動の習慣化が課題となる。しかし、身体活動や運動を行っていても6カ月後には約半数の人がその運動を中止してしまうという報告<sup>6)</sup>もあり、短期間の運動介入での結果だけでなく、長期間での身体活動や運動習慣の定着に関する研究が必要である。

近年、喫煙や身体活動などの習慣的行動について、行動科学の理論に基づき、それらの変容過程の説明として利用されてきた行動変容のトランスセオレティカル・モデル (Transtheoretical model: 以下、TTM)<sup>7)</sup>が、運動や身体活動の促進とその変化を図る手段の一つとして注目されてきた<sup>8)</sup>。そして、このTTMの中心的構成要素である、行動変容のステージは、前熟考期、熟考期、準

1) Y. Inaba: 昭和大学保健医療学部

2) S. Obuchi: 東京都健康長寿医療センター東京都老人総合研究所

3) T. Arai: 目白大学保健医療学部

4) Y. Shiba: 北里大学医療衛生学部

5) K. Oka: 早稲田大学スポーツ科学学術院

6) S. Watanabe: 桜美林大学

7) K. Kimura: 東京電機大学

8) H. Nagasawa: 神奈川県立保健福祉大学

受付日: 2013. 4. 25, 採用日: 2013. 7. 29

表1 参加除外基準

(1) 最近6カ月以内に心臓発作または脳卒中の発作を起こした
(2) 急性の肝臓機能障害または慢性的ウイルス性肝炎の活動期である
(3) 糖尿病があり、過去に低血糖発作を起こしたことがある ・空腹時血糖が200 mg/dl 以上である ・網膜症や腎症などを合併している
(4) 収縮期血圧180 mmHg以上または拡張期血圧110 mmHg以上である
(5) 脳血管疾患やアルツハイマー病などで認知症があり、事業参加が不可能であると思われる場合
(6) 何らかの心臓病がある
(7) 急性期の整形外科的疼痛および神経症状がある
(8) 骨粗鬆症で、かつ圧迫骨折の既往がある
(9) 参加が困難であると医師が認めた場合

※1～4は絶対除外基準、5は面接者の判断、6～9はかかりつけ医に相談した上で判断する

備期、実行期、維持期の5段階からなる<sup>9)</sup>。これらを運動行動にあてはめた場合は、前熟考期：予測できる将来には運動する意図がない段階、熟考期：予測可能な将来に運動する意図はあるが、実際に現在は運動をしていない段階、準備期：望ましい水準ではないが自分なりに運動している段階、実行期：健康への恩恵を得る望ましい水準で運動しているが、始めてからまだ間もない段階、維持期：望ましい水準での運動を長期にわたって継続している段階<sup>9)</sup>とされる。

先行研究でも、これらを身体活動や運動習慣の増進に応用した研究の有効性は指摘されている<sup>10)11)</sup>。しかし、TTMに基づく介入研究の多くはカウンセリングや印刷媒体<sup>12)~16)</sup>などを介入方法としており、地域在住高齢者を対象に、介護予防を主目的とした運動介入に対する運動習慣の変化を、ランダム化比較試験により長期間にわたり検証した研究は我々が渉猟した範囲ではみあたらず、介護予防を目的とした様々な運動介入に対して、高齢者の長期的な運動習慣の変化を検証することは、介護予防本来の目的を達成するためにも必要であると考えられる。

そこで、本研究では、1) 地域在住高齢者を対象に、運動介入が1年後の運動行動に与える影響について、ランダム化比較試験を用い対象者の運動行動の変容ステージ(以下、ステージ)変化を検証し、さらに2) 1年後のステージ変化に影響を与える要因を検証することを目的とした。

## 方 法

### 1. 対象

対象は、東京都I区、神奈川県S市およびY市の65歳以上の地域在住高齢者190人(平均年齢74.3±5.6歳、男性76人、女性114人)であった。対象者の募集は、地域の老人クラブにて説明会を行い、研究の目的および

概要を説明し、参加を募った。募集の対象は、最近歩くことに困難を感じるなど、生活機能低下に対して何らかの自覚がある者、運動介入や健康教室の会場に通うことができる者とした。参加希望者に対し、初回測定時に医師による既往歴や現病歴の問診、および理学療法士による痛みの評価を行い、参加の可否を判断した。対象者のエントリー除外基準を表1に示した。190人のうち、年齢対象外など参加基準に非該当であった3人、エントリー除外基準該当者12人および参加取り下げ4人を除く171人(平均年齢74.3±5.7歳、男性68人、女性103人)が本研究の参加者であった。

### 2. 割付

対象者は、地域ごとにブロックランダム割付法にて運動プログラムに参加する運動介入群(85人)と対照群として健康教室群(86人)の2群に割り付けられた。対象者の介入前の主な特性(表2)に群間の有意差は認められなかった。本研究では、倫理的な配慮から観察のみを行う対照群は設けなかった。なお、群の割付情報は測定検者に対して盲検化された。

### 3. 倫理的手続き

すべての対象は、調査内容の説明を受け、書面による調査参加への意志を示した。尚、この調査計画は、当該機関の倫理委員会において審議され、承認された(16財研究1184号)。

### 4. 評価項目

対象者の運動習慣を評価するために、介入前と介入終了時から1年経過後(以下、1年後)の2時点で、運動行動の変容ステージ(以下、ステージ)<sup>17)18)</sup>を用いた。本研究では運動習慣が定着している段階へステージが移行することを「進行」、運動習慣が減少している段階へステージが移行することを「逆戻り」と定義した。3カ月のプログラム終了時には、運動介入群の運動プログラムの時間・頻度がステージに影響を与えるため測定を行わ

表2 介入前における対象者の特徴

	運動介入群 (60人)	健康教室群 (57人)
年齢 (歳)	73.5±4.8	74.6±6.3
身長 (cm)	155.1±10.0	157.3±8.1
体重 (kg)*	56.7±9.6	61.2±10.1
Body Mass Index	23.6±3.3	24.7±3.1
性別 (男/女)	25/35	27/30

平均±SD, \*: p<.05

なかった。

また、二次的解析としてステージの変化に影響を与える因子を検討するために、介入前後で身体機能評価および身体活動セルフ・エフィカシー<sup>19)</sup>評価、老研式活動能力指標<sup>20)</sup>の評価を行った。身体機能評価項目は、筋力として握力、等尺性膝伸筋力、バランス機能として開眼・閉眼片足立ち時間、ファンクショナルリーチ、複合的な移動能力やバランス機能としてTimed up & Goテスト(以下、TUG)、歩行能力として通常・最大歩行速度、柔軟性として長座位体前屈であった。測定方法は我々の先行研究<sup>5)</sup>と同様である。身体活動セルフ・エフィカシー評価は、虚弱高齢者に対する身体活動セルフ・エフィカシー尺度<sup>18)</sup>を用いた。この尺度は、歩行、階段昇り、重量物挙上の3項目について自己効力感の程度を測るものである。老研式活動能力指標<sup>20)</sup>は、高齢者が地域で自立した生活を営む活動能力を評価する尺度として広く用いられている。

#### 5. 運動介入プログラム

無作為割付で運動介入群として割り付けられた対象者に実施した運動プログラムは、American College of Sports Medicine guideline<sup>21)</sup>や先行研究<sup>22)23)</sup>に基づいて構成された。トレーニングは、漸増的高負荷筋力トレーニングにバランストレーニングなどの機能的なトレーニングを含めた運動を週2回3カ月間実施し、1回は約90分間とした。運動にあたっては、1グループ8人のグループプログラムとした。

毎回、運動の開始前と終了後に血圧および脈拍の測定を行い、体調を確認した。運動開始時と終了時に約15分のウォーミングアップとクールダウンのストレッチや軽運動を行った。漸増的筋力トレーニングは、ウェイトトレーニングマシン(鍛練社製)を用い、大腿四頭筋や大殿筋、下腿三頭筋、中殿筋などの下肢筋群と、広背筋、菱形筋などの体幹背部の筋に対し実施した。ウェイトトレーニングマシンを用いたプログラムの進行は、運動に不慣れな高齢者のために最初の1カ月間は、低負荷高反

復で正しいフォームや呼吸、スピードコントロールなどの習得を目標とした。それらが習得できた者に対して2カ月目から漸増負荷とし、1回最大挙上重量の6割の高負荷で個人の運動習得度に合わせて負荷を調節しながらプログラムを実施した。各種目は、10回を1セットとし、2~3セットを実施した。

機能的トレーニングは、2カ月目から開始し、個人の身体能力に合わせて、肢位や運動負荷量を調節しながらバランストレーニングを実施した。3カ月目にはより生活動作に近い動作を課題として行うよう徐々に運動課題の難易度を上げるよう配慮した。

運動指導は、理学療法士および運動指導員が行い、運動に対する不安感を取り除き、必要に応じて動作の評価をし、肯定的な声かけを心がけた。また、グループで行う運動の際は雰囲気作りや仲間作りに配慮し、運動前後のストレッチや軽運動は家で自分でも行えるよう指導した。

#### 6. 健康教室プログラム

健康教室群は、月2回3カ月間の健康講話のプログラムに参加した。内容は、主に介護予防に関するもので、「老化と認知機能」、「高齢者における筋力トレーニングの効果」、「転倒予防の基礎知識」、「高齢期の排尿機能を高めるために」などの内容であった。

#### 7. 解析方法

介入前での2群の基本属性の平均値の比較には、対応のないt検定、男女比の比較には $\chi^2$ 二乗検定を行った。ステージの解析は、両群の2時点でのステージの変化および進行と逆戻りの人数の分布についてそれぞれ $\chi^2$ 二乗検定を行った。解析はintention-to-treatとし、両群の介入脱落者および介入終了時測定の欠席者も介入前と1年の測定に参加した場合は、解析対象とした。また、身体機能項目、身体活動セルフ・エフィカシー尺度、老研式活動能力指標は各群で介入前後の値を対応のあるt検定にて解析した(本研究の介入前後の身体機能項目および老研式活動能力指標の評価は、我々の先行研究<sup>5)</sup>で報告されたものであるが、本研究では介入前と1年後の2時点でステージが測定可能であった者を対象としているため、対象人数及び対象者が一部異なる)。

二次的解析として、ステージの「進行」と「逆戻り」のそれぞれに寄与する因子を抽出するため、i)従属変数を「進行」(1)と「それ以外(変化なし・逆戻り)」(0)、ii)「逆戻り」(0)と「それ以外」(1)とし、年齢、性別、Body Mass Index (BMI)、グループ(運動介入群・健康教室群)、介入前後の身体機能変化量、身体活動セルフ・エフィカシー変化量を独立変数とした変数減少法に

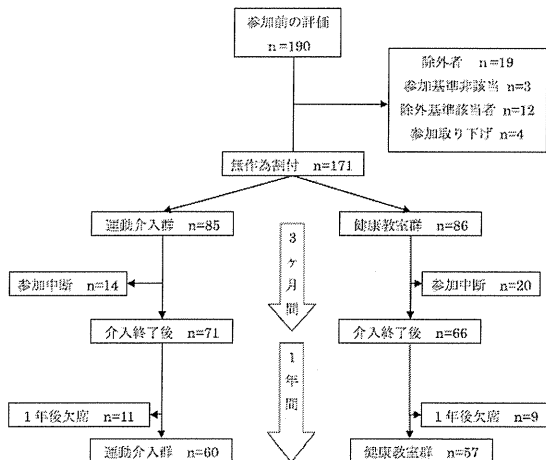


図1 本研究での対象者のフローチャート

表3 介入前の両群の運動行動の変容ステージ分布

ステージ	運動介入群 (60人)	健康教室群 (57人)
前熟考期	2 (3.3)	1 (1.8)
熟考期	11 (18.3)	9 (15.8)
準備期	12 (20.0)	19 (33.3)
実行期	3 (5.0)	1 (1.8)
維持期	32 (53.3)	27 (47.4)

( )内は%, 両群のステージ分布に有意差無し

た、ステージ変化のない者がそれぞれ41人と34人、ステージが逆戻りした者はそれぞれ6人と12人で、特に健康教室群と比べ運動介入群においてステージが逆戻りした者が有意に少ない ( $p<.01$ ) ことが示された。

### 3. 介入前後の測定項目

両群の介入前後の身体機能項目、身体活動セルフ・エフィカシー尺度、および老研式活動能力指標の結果を表5に示した。運動介入群では、身体機能項目においてTUG ( $p<.05$ )と長座位体前屈 ( $p<.01$ )で有意な向上が認められた。また、身体活動セルフ・エフィカシーでは歩行及び階段昇り項目において有意な向上が認められた(共に  $p<.01$ )。健康教室群では、身体機能項目でTUGに有意な向上が認められた ( $p<.05$ )が、最大歩行速度及び等尺性膝伸筋力において有意な低下が認められた ( $p<.01$ )。身体活動セルフ・エフィカシーでは階段昇り項目で有意な向上が認められた ( $p<.05$ )。

### 4. ステージ変化に関連する因子

介入前から1年後のステージ変化に対し、介入種類および介入前後の評価項目の変化量が与える影響を検討した(表6)。その結果、ステージの進行には、介入前後のTimed Up and Go変化量 ( $p<.01$ )、長座位体前屈変化量 ( $p<.05$ )が有意な変数として抽出された。ステージの逆戻りには、グループ割付と身体活動セルフ・エフィカシー(歩行・重量物挙上)の変化量が有意な変数として抽出された(全て  $p<.05$ )。

## 考 察

本研究では、運動介入の参加が地域在住高齢者の1年後の運動習慣にどのような影響を与えるかを検討する目的で、ランダム化比較試験を用いて検証を行った。

### 1. 脱落率

3カ月間のプログラムの脱落率は、運動介入群では15.3%、健康教室群では24.4%であった。対象や介入期間は異なるものの地域在住高齢者を対象として運動プログラムを提供した先行研究<sup>24)~26)</sup>と比べ、運動介入群の脱落率は比較的低いものであった。このことから、本研究

によるロジスティック回帰分析を行った(この際、Timed up and goの値のみ介入前値-介入後値とし、改善すると正の値となるよう計算した)。

統計処理にはSPSS17.0Jを使用し、各検定において危険率5%未満を有意水準とした。

## 結 果

### 1. 対象者の脱落率

3カ月間の各プログラム期間中に運動介入群のうち14人(16.5%)、健康教室群のうち20人(23.3%)が参加を中断した。この結果、運動介入群で71人、健康教室群は66人が3カ月間の各教室を修了した。参加を中断した理由は、風邪やプログラムに直接起因しない疾病での入院などの体調不良、家族の入院や多忙などであった。

1年後調査には、運動介入群60人、健康教室群57人の計117人が参加した。不参加の理由は、多忙や連絡がつかない等であった。研究のフローチャートを図1に示した。

### 2. ステージ分布と変化

2時点で評価可能であった117人の介入前のステージ分布は、両群に有意差を認めなかった(表3)。一方、1年後のステージは、運動介入群で前熟考期0人、熟考期12人、準備期6人、実行期2人、維持期40人、健康教室群で前熟考期0人、熟考期7人、準備期28人、実行期1人、維持期21人であり、両群の分布に有意差 ( $p<.01$ )が認められた。

対象者のステージの変化についての結果を表4a, bに示した。運動介入群と健康教室群で、ステージ進行した者が運動介入群では13人、健康教室群で11人であ

表4 介入前から15カ月後の運動行動の変容ステージの変化

a. 運動介入群		15カ月後					
介入前	(人)	前熟考期	熟考期	準備期	実行期	維持期	
	前熟考期	2	0	1 (+1)	1 (+2)	0	0
	熟考期	11	0	5	2 (+1)	1 (+2)	3 (+3)
	準備期	12	0	5 (-1)	3	0	4 (+2)
	実行期	3	0	1 (-2)	0	1	1 (+1)
	維持期	32	0	0	0	0	32
計 (%)	60	0	12 (20)	6 (10)	2 (33.3)	40 (66.7)	

b. 健康教室群		15カ月後					
介入前	(人)	前熟考期	熟考期	準備期	実行期	維持期	
	前熟考期	1	0	0	1 (+2)	0	0
	熟考期	9	0	3	5 (+1)	0	1 (+3)
	準備期	19	0	2 (-1)	14	1 (+1)	2 (+2)
	実行期	1	0	0	0	0	1 (+1)
	維持期	27	0	2 (-3)	8 (-2)	0	17
計 (%)	57	0	7 (12.3)	28 (49.1)	1 (1.8)	21 (36.8)	

数字は人数。( )内は、進行 (+) および逆戻り (-) したステージ数を表す。

※ステージ進行：両群の分布において有意差無し、ステージ逆戻り：両群の分布に有意差あり (p < .01)

表5 介入前後における評価項目の変化

	運動介入群 (60人)		健康教室群 (57人)	
	介入前	介入後	介入前	介入後
身体機能項目				
開眼片足立ち (sec)	40.3±22.0	43.5±22.9	39.6±22.2	41.7±21.9
閉眼片足立ち (sec)	6.7±6.8	7.4±7.5	4.3±3.7	5.5±4.6
ファンクショナルリーチ (cm)	35.0±6.4	34.6±5.8	35.2±5.5	34.7±5.7
Timed up and go (sec)	5.3±1.2	5.1±1.0*	5.6±1.4	5.4±1.1*
普通歩行速度 (m/min)	79.2±13.5	80.0±11.5	74.7±12.8	75.5±11.6
最大歩行速度 (m/min)	116.7±21.0	112.9±19.9	115.0±21.9	109.0±18.5‡
長座位体前屈 (cm)	31.9±9.9	34.2±8.9**	32.0±9.7	33.3±9.9
握力 (kg)	29.0±7.8	27.8±8.1	28.8±7.4	28.1±8.3
等尺性膝伸筋力 (N)	323.6±125.4	323.7±107.3	340.9±107.0	309.7±80.4‡
身体活動セルフ・エフィカシー				
歩行 (/25点)	22.9±2.9	23.8±1.9**	23.1±2.3	23.6±2.8
階段昇り (/25点)	18.9±4.5	20.8±4.0**	19.9±4.1	20.7±4.1*
重量物挙上 (/25点)	23.2±2.8	23.7±2.4	23.6±2.8	23.3±2.4
老研式活動能力指標 (/13点)	12.4±1.2	12.5±1.2	12.4±0.9	12.4±1.1

※介入前<介入後 \* : p<.05, \*\* : p<.01, 介入前>介入後 ‡ : p<.01

の運動プログラムは、対象者にとって受け入れやすいものであったと考えられる。一方、1年後評価の脱落率は介入前の対象者と比べ、運動介入群では29.4%、健康教室群では31.6%であった。対象者は、介入終了時に1

年後調査があることは告知されていたが、1年間は通常の生活を送っており、定期的な連絡や接触は行わなかった。このため、1年後調査の脱落率が増えた可能性がある。地域在住高齢者に対し、定期的な体力調査の脱落率



表6 ロジスティック回帰分析の結果

A. ステージ進行			
変数	$\beta$	AOR	95%CI
長座位体前屈変化量*	0.13	1.14	1.02 ~ 1.28
Timed up and go 変化量**	1.01	2.74	1.29 ~ 5.84
身体活動セルフ・エフィカシー 歩行項目変化量	0.26	1.29	0.99 ~ 1.69

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < .01$   
従属変数：進行 1, その他 0  
AOR : Adjusted Odds Ratio, Timed up and go 変化量 = 介入前 - 介入後

B. ステージ逆戻り			
変数	$\beta$	AOR	95%CI
グループ* (運動介入群 1, 健康教室群 0) 身体活動セルフ・エフィカシー 歩行変化量*	1.53	4.63	1.14 ~ 18.79
重量物挙上変化量*	-0.38	0.68	0.50 ~ 0.93

\* :  $p < 0.05$   
従属変数：逆戻り 0, その他 1  
AOR : Adjusted Odds Ratio

を調査した先行研究<sup>29)</sup>では、初回調査の5年後では参加者はおよそ半数になることを報告している。一定期間に定期的な頻度で行う介入と比べ、測定のための調査では、脱落率が増える可能性がある。

## 2. ステージの変化

本研究では、群間において1年後のステージ分布および介入前から1年後での両群のステージの変化に有意差が認められた。また運動介入群では、維持期以外の全ステージで進行が認められた。また健康教室群においても同様に、維持期以外の各ステージで進行が認められた。このようなステージの進行に関して、先行研究<sup>13)16)25)</sup>は、ステージが初期段階の者ほど、より大きくステージが進行することを報告している。本研究でも、前熟考期から準備期を中心にステージの2段階や3段階のステージ進行が認められ、同様の結果となった。

さらに、健康教室群と比べて運動介入群は、介入前から1年後でのステージの逆戻りが有意に少なかったことが示された。地域在住高齢者に対してTTMを応用した介入プログラムを実施した先行研究<sup>25)</sup>においても、運動介入群は逆戻りが少なかったことを報告しており、本研究でも同様の結果が得られた。一方、健康教室群では維持期であった対象者の約4割が後戻りしていた。

本研究の運動介入群の脱落率は低く、またウォーミングアップやクールダウン、バランストレーニングなどが家でも実施可能であったことや、ウェイトトレーニングマシンでの筋力トレーニングは自分の負荷量の増加が運

動の効果としてわかりやすく、運動習慣を獲得および維持することに役立つと推察される。以上の結果から、地域在住高齢者に対する介護予防を目的とした運動介入は、1年後に対象者の運動行動のステージを進行させ、運動習慣の獲得を促進させることが示された。特に、運動介入への参加が運動習慣の逆戻り予防に作用することが明らかになった。

## 3. 介入前後の評価項目の変化

身体機能項目では、運動介入群のTUGと長座位体前屈に有意な向上が認められた。健康教室群は、TUGに有意な向上が認められたものの、最大歩行速度および等尺性膝伸筋力では有意な低下が認められた。また、身体活動セルフ・エフィカシーでは、運動介入群で歩行および階段昇り項目に有意な向上が認められ、健康教室群では、階段昇り項目で有意な向上が認められた。これらのことから、3カ月間の運動介入が、身体機能を有意に向上させ、身体活動セルフ・エフィカシーの向上も図られることが明らかになった。健康教室群では、身体機能や身体活動セルフ・エフィカシーで向上した項目があるものの、身体機能では有意な低下をした項目もあり、効果が一定ではないことが示された。また、両群の身体活動セルフ・エフィカシーで有意差が認められなかった項目は、介入前から高い値となっており、天井効果がみられた可能性がある。

## 4. ステージ変化に関連する因子

解析の結果から、ステージの進行にはTUGおよび長

座位体前屈の改善量が有意な変数として抽出された。この結果は、介入後の運動習慣の獲得には、運動介入期間中の身体機能の改善が影響を与えることを意味し、改めて身体機能を改善させることの重要性が示された。一方、ステージの逆戻りには、健康教室群への割付や身体活動セルフ・エフィカシーの変化が影響することが示された。これは、講話のみの健康教室では、長期的な運動習慣の獲得に繋がりにくいことを示し、プログラム中の身体活動に対するセルフ・エフィカシーの変化が、長期的なステージの逆戻りに関与することを意味する。セルフ・エフィカシーは、行動変容や身体活動に影響を与える媒介変数として考えられており<sup>28)</sup>、身体活動を最も正確に予測する変数である<sup>29)</sup>ことや、セルフ・エフィカシーが高まるとその後、身体活動量が増加する<sup>30)</sup>ことが報告されている。本研究においても、介入前後の身体活動セルフ・エフィカシーの変化量が、ステージの逆戻りに影響することが示された。さらに、行動変容に影響を与える因子として、家族や友人、運動指導者やプログラム参加者からのソーシャルサポートの存在が報告されている<sup>31)</sup>。これらは、一緒に運動することや、運動のやり方についてのアドバイス、励まし、評価、賞賛などが含まれており、本研究で運動介入群が同じプログラム参加者やスタッフから得られた情報や経験が含まれていると考えられる。変容ステージの逆戻りには、運動介入への参加が予防的に作用する結果が得られたが、これらの要素が影響している可能性がある。

以上の結果より、地域在住高齢者に対する運動介入により運動行動の変容ステージを進行させること、および逆戻りを予防するには、運動介入への参加を促すこと、身体機能の改善を図ること、身体活動セルフ・エフィカシーを高めるアプローチを行うことの重要性が示された。

#### 5. 研究の限界

本研究の限界として、対象者の割付が無作為ではあるものの、応募が機縁法であるために、運動介入に関心のある、すなわち介入前から運動習慣がある元気な高齢者が比較的多く参加していることがあげられる。また、本研究のデザインが悉皆調査ではなく介入研究であるという性質上、代表性を保ちにくい。このため、ステージが介入前から維持期である者が多く、介入によるステージの進行や虚弱高齢者を想定して用いた身体活動セルフ・エフィカシー尺度、老研式活動能力指標において、天井効果が存在した可能性がある。

また、2回のステージ変化を調査できなかった対象者が、全体の31.6%存在している。経年調査における脱

落者の特徴として、身体能力が低いことや運動習慣がないこと<sup>27)</sup>が指摘されている。本研究の対象者においても、維持期に分類される対象者が多く、運動習慣が定着している者が多く含まれる調査であると考えられる。このため、本研究で得られた結果の一般化は限定的となる可能性がある。今後、虚弱高齢者を対象とし、他の運動介入プログラムでの結果を検討する必要がある。

### 結 語

本研究の結果、地域在住高齢者に対する運動介入が、長期的な運動習慣の後退を予防することが明らかになった。また、運動習慣の定着および獲得や後退予防には、身体機能の改善、運動プログラムへの参加および身体活動セルフ・エフィカシーの変化が関係していることが示された。現在わが国の多くの地域活動で行われている介護予防事業の運動プログラムでの、運動行動のステージの変化を明確にした本研究の結果は、今後の介護予防事業に対し大きな意味をもつと考えられる。今後の介護予防事業における運動習慣獲得への方略として、運動プログラムへの参加を促し、身体機能や身体活動セルフ・エフィカシーを高めるアプローチが重要である。

付記：本研究の一部は、厚生労働科学研究費補助金長寿科学総合研究事業 H16-長寿-015 により行われた。

なお、本論文に関して、開示すべき利益相反はない。

本研究の実施に当たり、多大なご協力をいただきました参加者の方々、関係者各位に深謝いたします。

### 文 献

- 1) Suzuki T, Kim H, Ishizaki T: Randomized controlled trial of exercise intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *J Bone Miner Metab* 2004; 22: 602-611.
- 2) 新井武志, 大淵修一, 小島基永, 松本侑子, 稲葉康子: 地域在住高齢者の身体機能と高齢者筋力トレーニングによる身体機能改善効果との関係. *日老医誌* 2006; 43: 781-788.
- 3) Inaba Y, Obuchi S, Arai T, Satake K, Takahira N: The long-term effects of progressive resistance training on health-related Quality of Life in older adults. *J Physiol Anthropol* 2008; 27: 57-61.
- 4) 千葉敦子, 三浦雅史, 大山博史, 竹森幸一, 山本春江: 虚弱高齢者における包括的筋力トレーニングがQOLに及ぼす影響. *日公衛誌* 2006; 53: 851-858.
- 5) Arai T, Obuchi S, Inaba Y, Nagasawa H, Shiba Y, Watanabe S, et al: The effects of short-term exercise intervention on falls self-efficacy and the relationship between changes in physical function and falls self-efficacy in Japanese older people. *A randomized controlled trial. Am J Phys Med Rehabil* 2007; 86: 133-141.
- 6) Dishman RK, Sallis JF, Orenstein DR: The determinants

- of physical activity and exercise. *Public Health rep* 1985; 100: 158-171.
- 7) Prochaska JO, Diclemente CC: Stage and processes of self-change in smoking: Towards an integrative model of change. *J Consult Clin Psychol* 1983; 51: 390-395.
  - 8) 岡浩一朗: 中年者における運動行動の変容段階と運動セルフ・エフィカシーの関係. *日公衛誌* 2003; 50: 208-215.
  - 9) Marcus BH, Selby VC, Niaura RS, Rossi JS: Self-efficacy and the stages of exercise behavior change. *Res Q Exerc Sport* 1992; 63: 60-66.
  - 10) 井上 茂, 下光輝一: 身体活動推進のための行動医学的アプローチ—トランスセオレティカルモデルの応用—. *日本臨床* 2000; 58: 538-544.
  - 11) 岡浩一朗: 行動変容のトランスセオレティカル・モデルに基づく運動アドヒレンス研究の動向. *体育学研究* 2000; 45: 543-561.
  - 12) Marcus BH, Banspach SW, Lefebvre RC, Rossi JS, Carleton RA, Abrams DB: Using the stage of change model to increase the adoption of physical activity among community participants. *Am J Health Promot* 1992; 6: 424-429.
  - 13) Marcus BH, Emmons KM, Simkin LR, Linnan LA, Taylor ER, Bock BC, et al.: Evaluation of motivationally tailored vs. standard self-help physical activity interventions at the work place. *Am J Health Promot* 1998; 12: 246-253.
  - 14) Cardinal BJ, Sach ML: Prospective analysis of stage of exercise movement following mail-delivered, self-instructional exercise packets. *Am J Health Promot* 1995; 9: 430-432.
  - 15) Calfas KJ, Long BJ, Sallis JF, Wooten WJ, Pratt M, Patrick K: A controlled trial of physician counseling to promote the adoption of physical activity. *Prev Med* 1996; 25: 225-233.
  - 16) Jarvis KL, Friedman RH, Heeren T, Cullinane PM: Older women and physical activity: using the telephone to walk. *Womens Health Issues* 1997; 7: 24-29.
  - 17) Marcus BH, Simkin LR: The stages of exercise behavior. *J Sports Med Phys Fitness* 1993; 33: 83-88.
  - 18) Oka K, Takenaka K, Miyazaki Y: Assessing the stage of change for exercise behavior among young adults: The relationship with self-reported physical activity and exercise behavior. *Japanese Health Psychology* 2000; 8: 17-23.
  - 19) 稲葉康子, 大淵修一, 岡浩一朗, 新井武志, 長澤 弘, 柴 喜崇ほか: 虚弱高齢者の身体活動セルフ・エフィカシー尺度の開発. *日老医誌* 2006; 43: 761-768.
  - 20) 古谷野亘, 柴田 博, 中里克治, 芳賀 博, 須山康夫: 地域老人における活動能力の測定—老研式活動能力指標の開発—. *日公衛誌* 1987; 34: 109-114.
  - 21) Mazzeo RS, Cavanagh P, Evans WJ, Fiatarone M, Hagberg J, McAuley E, et al.: ACSM position stand: Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 992-1008.
  - 22) Evans WJ: Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 12-17.
  - 23) Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SD, Cumming RG, Rowe BH: Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane database Syst Rev* 2001; 3: CD000340.
  - 24) 種田行男, 諸角一記, 中村信義, 北島義典, 塩澤伸一郎, 佐藤慎一郎ほか: 変形性膝関節症を有する高齢者を対象とした運動介入による地域保健プログラムの効果—無作為比較試験による検討. *日公衛誌* 2008; 55: 228-236.
  - 25) 神野宏司, 江川賢一, 種田行男, 永松俊哉, 北島義典, 真家英俊ほか: トランスセオレティカル・モデルを用いた生活体力維持増進プログラムの地域在宅高齢者への介入効果. *体力研究* 2002; 100: 11-20.
  - 26) King AC, Haskell WL, Taylor CB, Kraemer HC, DeBusk RF: Group- vs home-based exercise training in healthy older men and women. *JAMA* 1991; 266: 1535-1542.
  - 27) 田中喜代次, 藪下典子, 金 美芝, 中村容一, 藤村透子, 中垣内真樹: 経年的体力調査に対する脱落高齢者および継続高齢者の特徴. *体育学研究* 2010; 55: 513-524.
  - 28) ベス H・マーカス, リーアン H・フォーサイス: 行動科学を活かした身体活動運動支援 (下光輝一, 中村好男, 岡浩一朗監訳), 大修館書店, 東京, 2006, p40-54.
  - 29) Sallis JF, Hovell MF, Hofstetter CR, Barrington E: Explanation of vigorous physical activity during two years using social learning variables. *Soc Sci Med* 1992; 34: 25-32.
  - 30) U.S. Department of Health and Human Services: Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Atlanta, 1996, p211-259.

## Effects of exercise intervention on exercise behavior in community-dwelling elderly subjects: A randomized controlled trial

Yasuko Inaba<sup>1)</sup>, Shuichi Obuchi<sup>2)</sup>, Takeshi Arai<sup>3)</sup>, Yoshitaka Shiba<sup>4)</sup>, Koichiro Oka<sup>5)</sup>, Shuichiro Watanabe<sup>6)</sup>,  
Ken Kimura<sup>7)</sup> and Hiroshi Nagasawa<sup>8)</sup>

### Abstract

**Aim:** The objective of the present study was to evaluate the long-term effectiveness of an exercise program in modifying the exercise behavior of the community-dwelling elderly subjects.

**Methods:** This study was a single-blinded randomized controlled trial. The subjects included 52 males and 65 females 65 years of age or over who were randomly assigned to an exercise-intervention group or a health-education group. The stages of change in exercise behavior were evaluated before and one-year after the intervention period. The subjects' physical function (muscle strength, balance, walking speed) and self-efficacy in each domain of the physical function were measured during the intervention period.

**Results:** There were no significant differences in the stages of change before the intervention between the two groups. Significant differences in the stages of change were observed in "relapse" of stages at two points in time between the two groups ( $p < .01$ ). A logistic regression analysis showed that "progression" of stages was associated with improvements in the timed up and go test (AOR 2.7; 95% CI 1.3-5.8) and sit and reach (AOR 1.14; 95% CI 1.0-1.3), while "relapse" of stages was associated with the group allocation (AOR 4.6; 95% CI 1.1-18.8), self-efficacy in "Walking" (AOR 1.54; 95% CI 1.0-2.3) and "Stair climbing" (AOR 0.68; 95% CI 0.5-0.9) with respect to physical activity during the intervention period.

**Conclusions:** The results suggest that exercise intervention in community-dwelling elderly subjects is effective in preventing "relapse" of exercise behavior over long periods.

**Key words:** *Community-dwelling elderly, Stages of change, Exercise intervention, Randomized controlled trial*  
(Nippon Ronen Igakkai Zasshi 2013; 50: 788-796)

- 1) School of Nursing and Rehabilitation Sciences, Showa University
- 2) Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology
- 3) Faculty of Health Sciences, Mejiro University
- 4) School of Allied Health Sciences, Kitasato University
- 5) Faculty of Sport Sciences, Waseda University
- 6) J.F. Oberlin University
- 7) Tokyo Denki University
- 8) Kanagawa University of Human Services