

**Table 3. Physical Function Items by Group at Baseline and Posttest**

Physical Function Items	Baseline (n = 34) Mean (SD)	Posttest (n = 34) Mean (SD)	Time Effect P	Effect size (Cohen's d) Baseline vs Posttest	Interaction P	Post Hoc Test	Effect size (Cohen's d) Pedometer vs Without Pedometer
Single-leg balance with eyes open, s							
SSE with pedometer	46.5 (19.0)	48.9 (16.8)	.01	0.14	.153		
SSE without pedometer	40.5 (19.9)	48.2 (18.5)		0.40			
5-repetition sit-to-stand, s							
SSE with pedometer	7.5 (1.2)	6.8 (1.1)	<.01	0.63	.257		
SSE without pedometer	6.9 (1.4)	6.5 (0.9)		0.34			
Timed up and go, s							
SSE with pedometer	5.5 (0.6)	4.8 (0.7)	<.01	1.00	.001	<0.001	0.851
SSE without pedometer	5.6 (0.6)	5.4 (0.5)		0.45		0.005	
5-m habitual walk, s							
SSE with pedometer	3.6 (0.5)	3.3 (0.5)	<.01	0.64	.023	<0.001	0.566
SSE without pedometer	3.5 (0.5)	3.4 (0.6)		0.06		0.640	
Choice stepping reaction time, ms							
SSE with pedometer	981 (82)	933 (72)	<.01	0.62	.329		
SSE without pedometer	998 (68)	966 (76)		0.44			
LEPF score, point							
SSE with pedometer	0.16 (0.51)	0.55 (0.49)	<.01	0.78	.073		
SSE without pedometer	0.14 (0.51)	0.37 (0.49)		0.46			

Abbreviations: LEPF: lower-extremity physical function; SD, standard deviation, SSE: square-stepping exercise.

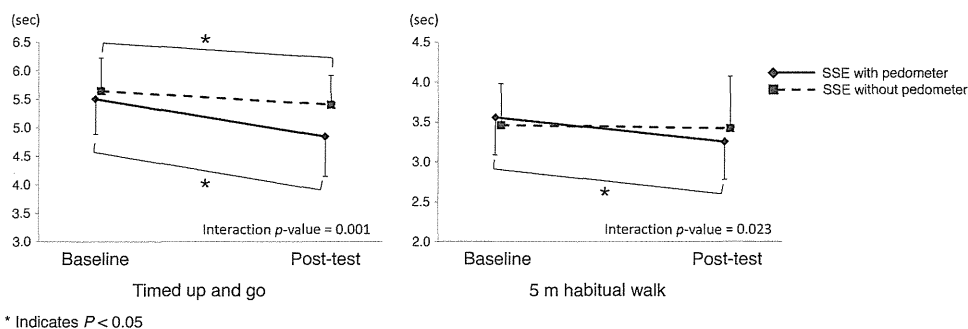
group and 93.6% ± 1.4% (range, 72.7%-100.0%) for the SSE with pedometer group and indicated no significant group difference ( $P = .51$ ).

Table 3 shows the group differences between the 2 groups at baseline and posttest. Significant group-by-time interactions were observed on TUG ( $P < .01$ ) and HW ( $P = .02$ ), and participants in the SSE with pedometer group enhanced their LEPF more than the SSE without pedometer participants (Figure 2). Significant time effects were observed in all items; both groups improved significantly from baseline to posttest.

During the exercise intervention, mean pedometer step counts were 6795 ± 2605 (early period), 7037 ± 2630 (middle period), and 6720 ± 2751 (late period) per day. We did not confirm a significant difference between the 3 periods (Table 4).

**DISCUSSION**

In this study, we compared the effect on LEPF in older adults produced by an exercise program performed with a pedometer and an exercise program that did not include



**Figure 2.** Changes in scores for 2 tests having significant group-by-time interactions. (SSE = square-stepping exercise).

**Table 4. Number of Step Counts for Square-Stepping Exercise With Pedometer Group Across 3 Point Intervals**

	N	Early Period Mean (SD)	Middle Period Mean (SD)	Late Period Mean (SD)	P
Mean step counts per day	32	6795 (2605)	7037 (2630)	6720 (2751)	.242

Abbreviation: SD, standard deviation.

a pedometer. Both groups significantly improved in all LEPF measurement variables, suggesting that regardless of providing a pedometer or not, the SSE program can effectively improve LEPF in older adults. A previous study reported that SSE consists of quick, multidirectional movements, heel lifts, and smooth transfers of weight, which all contribute to improving balance, agility, and walking speed.<sup>21</sup>

Significant group-by-time interactions were observed in TUG and HW, and the SSE with pedometer group showed greater improvements. Providing a pedometer during an exercise intervention may enhance the effect on LEPF by maintaining or increasing daily physical activity. A previous study showed that using a pedometer increased physical activity in older adults.<sup>7,22</sup> Another study showed that exercise training in an elderly population resulted in a compensatory decline of nontraining physical activity.<sup>23,24</sup> However, it is possible that using a pedometer prevents physical activity decline caused by exercise training because we found no changes in average daily step counts during the exercise intervention periods. In our study, participants received pedometers but were not asked to do such things as goal setting, planning, or self-monitoring. If the pedometer simply motivates daily activity, it can still augment the exercise program's effect on LEPF. The information provided by our research can be helpful for enhancing the effects of exercise intervention for older adults.

This study has several limitations. First, we used SSE as the main exercise program, and it is uncertain whether our findings apply to other exercise programs. Compensatory decline of nontraining physical activity usually occurs with medium or vigorous-intensity exercise training.<sup>23</sup> This may not apply to practical SSE because SSE is a comparably low-intensity and specific exercise. The intervention period was 11 weeks, and it is uncertain whether the effect from the pedometer continues over a longer time; future studies should confirm this with a longer observation period. Second, although we adjusted baseline characteristics between the 2 groups by matching, this study was not a randomized controlled trial. Furthermore, additional control groups may provide more detailed information, for example, participants who only wear pedometers, but do not have scheduled exercise sessions and a group that is simply observed over time. Having only 3 male subjects in each group was also a

limitation. Finally, we did not assess the actual physical activity in each group. For this reason, we cannot clarify the causal relationship between LEPF changes and step count changes.

## CONCLUSIONS

This study compared the effect on LEPF between an exercise intervention alone and one that provided a pedometer to participants. Participants who received pedometers were more likely to improve their LEPF than participants without pedometers. A pedometer is easy to use, and we confirmed that its use can more effectively improve LEPF during the exercise intervention. This information can benefit and enhance the effect of an exercise program.

## REFERENCES

- Shinkai S. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*. 2000;29(5):441-446.
- Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52(7):1121-1129.
- Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med*. 1995;332(9):556-561.
- Studenski S, Perera S, Wallace D, et al. Physical performance measures in the clinical setting. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51(3):314-322.
- Newman AB, Kupelian V, Visser M, et al. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(1):72-77.
- Nakamura Y, Tanaka K, Yabushita N, Sakai T, Shigematsu R. Effects of exercise frequency on functional fitness in older adult women. *Arch Gerontol Geriatr*. 2007;44(2):163-173.
- Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, et al. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. *JAMA*. 2007;298(19):2296-2304.
- Shigematsu R, Okura T. A novel exercise for improving lower-extremity functional fitness in the elderly. *Aging Clin Exp Res*. 2006;18(3):242-248.
- Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, et al. Square-stepping exercise and fall risk factors in older adults: a single-blind, randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(1):76-82.
- Tsunoda K, Soma Y, Kitano N, et al. Age and gender differences in correlations of leisure-time, household, and work-related physical activity with physical performance in older Japanese adults. *Geriatr Gerontol Int*. 2013;13(4):919-927.
- Rikli R, Busch S. Motor performance of women as a function of age and physical activity level. *J Gerontol*. 1986;41(5):645-649.
- Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994;49(2):M85-M94.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther*. 2000;80(9):896-903.
- Lord SR, Fitzpatrick RC. Choice stepping reaction time: a composite measure of falls risk in older people. *J Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(10):M627-632.
- Buchman AS, Boyle PA, Wilson RS, Bienias JL, Bennett DA. Physical activity and motor decline in older persons. *Muscle Nerve*. 2007;35(3):354-362.

16. Mâsse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, et al. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(11):S544-554.
17. Matthews CE, Chen KY, Freedson PS, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003-2004. *Am J Epidemiol.* 2008;167(7):875-881.
18. Jindo T, Tsunoda K, Soma Y, et al. Determinants of changes in physical fitness after a square-stepping exercise program in community-dwelling older Japanese females. *Japanese J Geriatr.* 2014;51(3):251-258.
19. The R Foundation. Download and install the R software environment. <http://www.r-project.org>.
20. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* Lawrence Erlbaum Associates Inc; 1988:2.
21. Shigematsu R, Okura T, Sakai T, Rantanen T. Square-stepping exercise versus strength and balance training for fall risk factors. *Aging Clin Exp Res.* 2008;20(1):19-24.
22. Croteau KA, Richeson NE, Farmer BC, Jones DB. Effect of a pedometer-based intervention on daily step counts of community-dwelling older adults. *Res Q Exerc Sport.* 2007;78(5):401-406.
23. Meijer EP, Goris AH, Wouters L, Westerterp KR. Physical inactivity as a determinant of the physical activity level in the elderly. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(7):935-939.
24. Meijer EP, Westerterp KR, Verstappen FT. Effect of exercise training on total daily physical activity in elderly humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999;80(1):16-21.

## 研究報告

## テニスを習慣化する中高年女性の活力年齢

神藤 隆志<sup>1)</sup>・辻本 健彦<sup>2)</sup>・大藏 倫博<sup>3)</sup>・田中喜代次<sup>4)</sup>

テニスは生涯スポーツのひとつとして、多くの人に親しまれている。日本テニス協会が発行した「テニス人口等環境実態調査報告書」<sup>1)</sup>によると、2012年のテニス人口（過去1年間に1回以上プレーした人）は373万人であり、40歳代以上の中高年におけるテニス人口の割合が増加していることが報告されている。またこの報告では、テニス人口はラケットスポーツであるバドミントンや卓球の人口よりも少ないが、週に1回以上の定期的なプレーでみると、テニスはこれらの2種目を上回っていることが示されている。

Ainsworth<sup>2)</sup>による運動強度の分類によれば、テニス（ダブルス）は中等度運動に分類されており、テニスを定期的にプレーすることは健康増進に有効であると考えられる。これまで、テニスをプレーすることによる体力や血液指標、血管指標等の健康への効果がシステマティックレビューにより報告されているが<sup>3)</sup>、対象者を若年者や競技者としている場合が多いなどの限界がある。また、体力水準や生化学的指標を個別に検討した報告はあるが、それらのデータを包括的に収集し、健康づくりの現場で活用できる形で報告したものは見当たらない。これに対し、健康づくりの現場で用いられている活力年齢<sup>4,5)</sup>は、体力水準や生化学

的指標により健康水準を包括的に評価する指標である。健康な一般成人では暦年齢と活力年齢がおおむね一致するため、暦年齢と活力年齢の比較により健康水準の把握が可能である<sup>4)</sup>。

テニスは初心者から競技者まで、さまざまな目的で楽しめることから健康増進プログラムとして今後のさらなる振興が期待される。健康づくりの観点からテニスの習慣的なプレーと健康水準との関連性を明らかにすることで、テニス習慣者や今後テニスをプレーしたいと思っている者の実践を後押しする資料となり得る。

本研究の目的は、テニス習慣者の健康水準が優れているかを、活力年齢と暦年齢の比較により明らかにすることとした。またプレー頻度の違いにより、健康水準が異なるか、活力年齢を構成する要素に違いが現れるのかをあわせて検討した。

## 1. 研究方法

## 1) 対象者

本研究の対象者は、筆者らによる2012～2014年に開催された健康度測定会に参加した、テニス継続年数4.0～46.6年（20.1±9.0）の中年・高齢女性24名であった。対象者は筆者らの知人を

筆者：1) じんどう たかし（筑波大学大学院人間総合科学研究科博士後期課程2年、日本学術振興会特別研究員DC2）

2) つじもと たけひこ（筑波大学体育系特任助教）

3) おおくら ともひろ（筑波大学体育系准教授）

4) たなか きよじ（筑波大学体育系教授）

表1 活力年齢の算出式 (田中ほか, 2007<sup>2)</sup>)

$$VS=0.016 X_1+0.011 X_2-0.064 X_3-0.012 X_4+0.004 X_5+0.004 X_6+0.004 X_7+0.034 X_8-0.037 X_9-0.005 X_{10}-0.367 X_{11}-1.035$$

$$VA=8.90 VS+0.330 \text{ Age}+32.83$$

VS=活力指数, VA=活力年齢(歳), Age=暦年齢(歳)

$X_1$ =腹囲(cm),  $X_2$ =収縮期血圧(mmHg),  $X_3$ =乳酸閾値時の酸素摂取量(mL/kg/分),  $X_4$ =乳酸閾値時の心拍数(拍/分),  $X_5$ =総コレステロール(mg/dL),  $X_6$ =低比重リポ蛋白コレステロール(mg/dL),  $X_7$ =中性脂肪(mg/dL),  $X_8$ =ヘマトクリット(%),  $X_9$ =反復横とび(回/20秒),  $X_{10}$ =閉眼片足立ち(秒),  $X_{11}$ =1秒量(L)

中心に測定会への参加を勧誘した。すべての対象者に研究の目的や測定内容を十分に説明し、研究協力への承諾を得た。なお、本研究は筑波大学に帰属する倫理委員会の承認を得た。

## 2) 測定項目

### (1) 身体的特徴

身体的特徴では、身長を0.1cm単位で、体重は0.1kg単位で測定した。body mass index(BMI)は、体重(kg)を身長(m)の二乗で除すことで求めた。

### (2) テニス関連情報

自記式の質問紙を用いて、テニスの継続年数、1カ月当たりのプレー頻度、1回当たりのプレー時間および休憩時間、主にプレーしている種目(シングルス、ダブルスまたは両方)を調査した。加えて、テニス以外の身体活動量を国際標準化身体活動質問票 short version (international physical activity questionnaire short version: IPAQ-short)<sup>6)</sup>により評価した。IPAQ-shortは平均的な1週間における高強度および中等度の身体活動量について、実施した日数ならびに時間を質問するものである。回答で得られた各身体活動の強度(METs)に時間(分)を乗じて合計することにより、1週間当たりの身体活動量(METs・分/週)を算出し、それを60で除して1週間当たりの身体活動量(METs・時/週)に換算した。本研究ではこれをテニス以外の身体活動量とした。

### (3) 活力年齢

本研究では、テニス習慣者の健康水準を、健康度・老化度の代表的な指標である活力年齢で表した。活力年齢は、ヒトの老化過程で生命を短縮させる作用を持ち、種々の疾病の要因となる血圧、

血中脂質、体脂肪などの情報に加え、ヒトの老化を如実に反映する運動時の生理的応答や体力水準を用いて算出される指標である。先行研究より<sup>7,8)</sup>、活力年齢を健康水準の指標として用いる長所として、①複数の疾病の危険因子や体力要素を、統計学的に妥当な手法(主成分分析)によりひとつの総合指標として表現できること、②健康な一般人では暦年齢と活力年齢が概ね一致するため、一般人とスポーツ習慣者の比較が可能であることがあげられているため、本研究においても活力年齢を用いることとした。活力年齢の算出に必要な項目は形態(腹囲)、体力指標(反復横とび、乳酸閾値(LT)時水準に相当する酸素摂取量および心拍数)、血圧・肺機能(収縮期血圧、一秒量)、血液指標(総コレステロール、低比重リポ蛋白(LDL)コレステロール、中性脂肪、ヘマトクリット)であり、算出式は表1の通りである。なお、各項目の測定方法の詳細は先行研究を参照されたい<sup>7,8)</sup>。

### (4) 統計解析

対象者の身体的特徴およびテニス関連情報について記述統計量を算出した。次に、テニス習慣者の健康水準が一般人と異なるか否かを検討するため、活力年齢と暦年齢を対応のあるt検定により比較した。また、対象者をプレー頻度により3群に分け、3群の身体的特徴、テニス関連情報、活力年齢と暦年齢の差(低いほど暦年齢に比べ活力年齢が若いことを示す)および活力年齢算出項目の値を一元配置分散分析により比較した。多重比較検定にはBonferroni法を用い、プレー頻度による傾向を一次線形トレンド検定により検討した。なお、プレー頻度による群分けの内訳は以下の通りである。

表2 テニス習慣者の身体的特徴およびテニス関連情報

	全体 (24名)	プレー頻度 低位(8名)	プレー頻度 中位(9名)	プレー頻度 高位(7名)	分散分析 有意確率	トレンド検 定有意確率
身体的特徴						
暦年齢(歳)	57.1±4.6	56.4±4.7	56.1±4.6	59.1±4.6	0.391	0.275
身長(cm)	157.7±4.6	155.5±4.4	158.9±3.7	158.7±5.6	0.258	0.173
体重(kg)	54.5±8.8	57.2±10.6	51.5±9.3	55.1±5.3	0.428	0.621
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	21.9±3.8	23.8±5.3	20.4±3.1	21.9±1.4	0.179	0.288
テニス関連情報						
経験年数(年)	20.1±9.0	18.3±8.3	20.3±11.8	22.1±6.0	0.725	0.428
主にプレーする種目(ダブルス)(人(%))	24(100.0)	—	—	—	—	—
プレー頻度(回/月)	12.0±6.2	5.4±2.6	12.2±2.4	19.2±3.6	p<0.001	p<0.001
1回あたりのプレー時間(分)	133.3±31.3	123.8±29.7	133.3±26.5	144.3±39.1	0.467	0.223
プレー時間のうち休憩時間(分)	22.9±11.9	20.6±4.2	25.6±16.7	22.1±11.5	0.699	0.787
テニス以外の身体活動量(METs・時/週)	23.8±17.1	25.9±20.0	20.9±15.2	25.0±18.1	0.830	0.929

BMI: body mass index

- ・低位群(8回/月以下)
- ・中位群(9~15回/月)
- ・高位群(16回/月以上)

すべての統計解析にはIBM SPSS Statistics 23 for Windowsを用い、統計学的有意水準は5%に設定した。

## 2. 結果

対象者の身体的特徴とテニス関連情報を表2に示した。主にプレーする種目は対象者全員がダブルスであった。なお、プレー頻度による身体的特徴およびテニス経験年数、1回当たりのプレー時間およびテニス以外の身体活動量の違いはみられなかった。

図1にテニス習慣者の活力年齢と暦年齢の比較を示した。テニス習慣者の活力年齢は暦年齢と比べて有意に若かった(49.2±4.6 vs. 57.1±4.6)(p<0.001)。

図2にプレー頻度と暦年齢と活力年齢の差の関係を示した。プレー頻度低位群から高位群に向けて有意な一次線形のトレンドが認められ(Trend

p=0.002)。プレー頻度が高くなるにつれて暦年齢に比べ活力年齢が若くなる傾向を示した。

表3にプレー頻度別にみた活力年齢算出項目の値を示した。LT時酸素摂取量において群間の有意差が認められ(p=0.009)、有意な一次線形のトレンドがみられた(Trend p=0.003)。多重比較検定の結果、プレー頻度低位群に比べ高位群が有意に高い値を示した。その他の項目において有意差は認められなかった。

## 3. 考察

本研究では、健康度・老化度の指標として活力年齢を用い、テニス習慣者の健康水準が優れているか否かを検討した。その結果、テニス習慣者の活力年齢は暦年齢よりも若く、テニス習慣者の健康水準は同性、同年齢の成人に比べ良好であることが明らかとなった。

テニスの習慣的なプレーは有酸素性能力、体脂肪、血液指標と良好に関連し、心血管疾患の罹患リスクが低くなることが示されている<sup>3,9)</sup>。活力年齢算出項目について、活力年齢算出式の作成に用

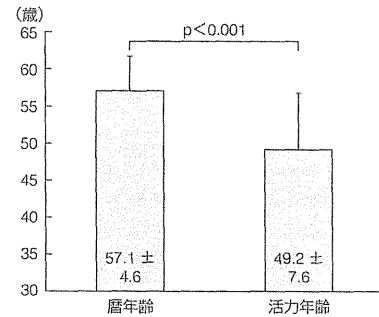


図1 テニス習慣者の暦年齢と活力年齢の比較

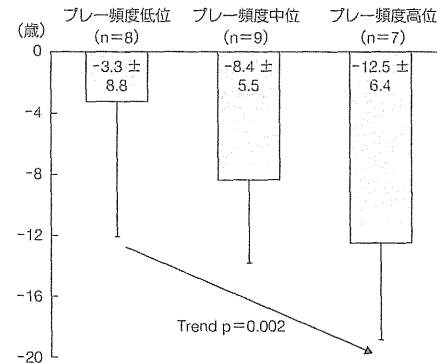


図2 テニスプレー頻度と暦年齢と活力年齢の関係

表3 テニス習慣者の活力年齢算出項目

	全体 (24名)	プレー頻度 低位 (8名)	プレー頻度 中位 (9名)	プレー頻度 高位 (7名)	分散分析 有意確率	トレンド検 定有意確率	多重比較
形態							
腹囲 (cm)	80.6±10.2	86.8±12.9	77.4±6.9	77.5±7.9	0.103	0.068	
体力指標							
反復横とび (回/20秒)	38.0±5.3	35.6±6.6	39.4±4.7	38.9±4.1	0.309	0.233	
閉眼片足立ち (秒)	20.9±19.1	17.2±19.4	23.9±19.3	21.3±20.7	0.782	0.674	
LT時水準に相当する酸素摂取量 (mL/kg/分)	18.4±3.3	15.8±2.3	19.0±3.2	20.6±2.7	0.009	0.003	低位<高位
LT時水準に相当する心拍数 (拍/分)	116.8±12.1	117.9±7.6	112.3±14.2	122.0±12.9	0.315	0.618	
血圧・肺機能							
収縮期血圧 (mmHg)	119.0±15.0	118.5±13.9	122.0±18.8	115.7±11.7	0.720	0.753	
一秒量 (L)	2.4±0.5	2.3±0.5	2.4±0.5	2.6±0.5	0.649	0.358	
血液検査							
総コレステロール (mg/dL)	219.7±34.5	223.4±29.6	212.8±45.4	224.3±26.0	0.766	0.985	
LDLコレステロール (mg/dL)	125.2±24.5	129.2±27.8	120.2±25.6	127.2±21.4	0.745	0.856	
中性脂肪 (mg/dL)	85.2±52.7	107.3±74.7	83.6±38.9	62.0±28.8	0.260	0.105	
ヘマトクリット (%)	39.7±2.4	39.8±3.2	39.6±2.1	39.6±2.2	0.989	0.892	

平均値±標準偏差。LT：乳酸閾値。LDL：低比重リポ蛋白

いられた運動習慣のない健康な中高年女性のデータ<sup>9</sup>と比較すると、暦年齢の平均値は本研究の方が高いにもかかわらず、ほとんどの項目でほぼ同等の値を示していた。血液指標に関しては、日本

動脈硬化学会によるLDLコレステロールおよび中性脂肪の基準値(それぞれ140mg/dL、150mg/dL)<sup>10</sup>と比べても平均値で下回っていた。このように体力指標のみならず、活力年齢算出項目の値

が総合的に良好な値であったため、活力年齢が良好であったといえる。

また、田中ら<sup>11</sup>は中高年女性におけるさまざまな運動習慣者の活力年齢をまとめており、運動習慣者は暦年齢よりも活力年齢が若いことを明らかにしている。この報告では、対象者の暦年齢の平均値を60歳に調整して暦年齢と活力年齢を比較しており、ジョギング習慣者(28名)は約10歳、登山習慣者は約7歳、ボウリング習慣者は約6歳、太極拳習慣者は約5歳、ウォーキング習慣者は約5歳、暦年齢に比べ活力年齢が若かった。本研究のテニス習慣者は7.9±7.7歳、暦年齢に比べ活力年齢が若かったことから、おおよそジョギングや登山などの運動習慣者と同程度に良好であると考えられる。

次に、プレー頻度による群分けを行い、暦年齢と活力年齢の差を比較したところ、プレー頻度が高い者ほど健康水準が高い傾向が認められた。また、プレー頻度によりどの要素の値に違いがあるかを検討したところ、LT時酸素摂取量においてプレー頻度低位群と高位群の間に有意差が認められた。テニスのプレーにより、全身持久性体力に好影響が及ぼされることはテニス指導教本<sup>12</sup>に示されている。テニスは前後左右方向への連続移動に加え、全身を使ってショットを放つ有酸素性運動である。このようなテニスの特性から、プレー頻度が高いほど有酸素性運動による効果をより多く得ており、全身持久性体力が良好であったと考えられる。

本研究において、テニス習慣者は総合的に健康水準が高いことが明らかとなった。さらに、プレー頻度が高い者ほど健康水準が良好な状態である傾向が認められた。本知見は、テニスの健康増進プログラムとしての有効性を示唆し、テニスの習慣的なプレーを後押しするものである。一方、プレー頻度低位群において、活力年齢と暦年齢の差の標準偏差が比較的大きくなっていった。これは、頻度が低くとも1回のプレー当たりの身体活動量や運動強度を高めにする事で、健康水準を良好に保つことができる可能性を示している。

最後に、本研究にはいくつかの限界がある。第一にサンプリングバイアスの問題があげられる。本研究の対象者は、あくまで本学の近隣住民の中から勧誘に応じて集まった者であり、必ずしも一般的なテニス習慣者を代表する標本であるとはいえない。第二に本研究は横断研究であるため、テニスのプレーと良好な健康水準との因果関係を明らかにできてはいない。最後に、本研究ではテニス関連情報を質問紙調査によってしか収集しておらず、各対象者のプレー中の身体活動量や運動強度を把握できていない。それらはテニスから得られる健康利益に密接に関係していると考えられ、プレーの志向などにより個人差が大きいと考えられる。以上より、今後はプレー中の身体活動量や運動強度の調査を含めて、縦断研究や介入研究を行うことで、テニスの健康増進プログラムとしての有効性を確立していくことができると考えられる。

#### 4. 結論

本研究では、健康度・老化度の指標として活力年齢を用い、テニス習慣者の健康水準が優れているか否かを検討した。また、プレー頻度と活力年齢の関連性について合わせて検討した。その結果、テニス習慣者の活力年齢は暦年齢に比べ、顕著に若いことが明らかとなった。さらに、プレー頻度が高い者ほど健康水準が良好な状態である傾向が認められ、プレー頻度が高い者は全身持久性体力が優れていることが明らかとなった。

#### 【文 献】

- 1) 日本テニス協会: 2012年度特別事業テニス人口等環境実態調査報告書. 2013. ([http://www.jta-tennis.or.jp/Portals/0/resources/JTA/pdf/information/population/population\\_h24\\_jpn.pdf](http://www.jta-tennis.or.jp/Portals/0/resources/JTA/pdf/information/population/population_h24_jpn.pdf))
- 2) Ainsworth BE et al: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc. 32: S498-S504. 2000.
- 3) Pluim BM et al: Health benefits of tennis. Br J Sports Med. 41: 760-768. 2007.

- 4) 田中喜代次ほか：主成分分析による成人女性の活力年齢の推定. 体育学研究, 35: 121-131, 1990.
- 5) 田中喜代次ほか：健康づくりのための体力測定評価法. pp114-120, 金芳堂, 2007.
- 6) 村瀬訓生ほか：身体活動量の国際標準化—IPAQ日本語版の信頼性, 妥当性の評価—. 厚生指標, 49: 1-9, 2002.
- 7) 田中喜代次ほか：ボウリングを習慣化する中高年男女の活力年齢. 筑波大学体育科学系紀要, 35: 73-80, 2012.
- 8) 小澤多賀子ほか：介護予防ボランティア活動に従事する地域在住高齢者の活力年齢. 健康支援, 16: 21-28, 2014.
- 9) Groppel J et al: Tennis: for the health of it! Phys Sportsmed, 37: 40-50, 2009.
- 10) 日本動脈硬化学会：動脈硬化性疾患予防ガイドライン 2007年版. 2007. ([http://jas.umin.ac.jp/publications/pdf/guideline\\_summary.pdf](http://jas.umin.ac.jp/publications/pdf/guideline_summary.pdf))
- 11) 田中喜代次ほか：活力年齢評価と高齢者の健康寿命. 関節外科, 27: 503-509, 2008.
- 12) 日本テニス協会：テニス指導教本—新版—. pp225-228, 大修館書店, 2005.

# 地域高齢者のための 転倒予防

監修 出村慎一 (金沢大学教授)  
編者 佐藤 進 (金沢工業大学准教授)  
山次俊介 (福井大学准教授)

好評

転倒の基礎理論から介入実践まで

● B5判・240頁・図表265点 定価：本体2,700円+税

●高齢者の転倒・骨折は、日常生活自立度を著しく損なわせ、寝たきりの直接的原因となりQOLの著しい低下も招きます。わが国の目指すべき高齢者の健康観が「活動的な85歳」にシフトし、身体機能水準の保持・向上がますます重視されています。そして「活動的な85歳」を達成するには、身体機能水準の保持・向上と易転倒性の回避が不可欠となります。

●本書では、健康・スポーツ科学領域の主な守備範囲である地域高齢者に対する転倒予防にフォーカスし、これまでの転倒関連研究の知見を整理しました。前半の第1・2章は理論編とし、転倒の概念や現状、転倒関連体力とその評価方法を詳説しています。また第1・2章では、これまでの知見に基づく理論と、それらを踏まえた主に著者らの転倒に関する最新の研究成果の紹介として「エビデンスに基づくトピック」を設置しました。

●後半の第3・4章は主に転倒予防介入に視点を置いています。第3章では転倒予防のための介入の考え方や手順、転倒リスク評価などに関する事柄を説明し、第4章ではこれまでに効果が認められている転倒予防介入事例について紹介しています。事例では、さまざまな立場からの転倒予防介入例が紹介されており、読者の状況に合わせて参考にしていただければ幸いです。



978-4-7644-1129-6

発売 杏林書院 〒113-0034 東京都文京区湯島 4-2-1 <http://www.kyorin-shoin.co.jp>

ORIGINAL ARTICLE: EPIDEMIOLOGY,  
CLINICAL PRACTICE AND HEALTH

# Relationship between built environment attributes and physical function in Japanese community-dwelling older adults

Yuki Soma,<sup>1</sup> Kenji Tsunoda,<sup>2</sup> Naruki Kitano,<sup>3</sup> Takashi Jindo,<sup>1,4</sup> Taishi Tsuji,<sup>5</sup> Mahshid Saghazadeh<sup>6</sup> and Tomohiro Okura<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Comprehensive Human Sciences, <sup>3</sup>Sports Research & Development Core, <sup>6</sup>Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, <sup>2</sup>Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Hachioji, <sup>4</sup>Japan Society for the Promotion of Science, Chiyoda, Tokyo, and <sup>5</sup>Center for Preventive Medical Science, Chiba University, Chuoh, Chiba, Japan

**Aim:** To explore the relationships between the built environment and older adults' physical function.

**Methods:** The present cross-sectional study carried out in 2010–2012 used data drawn from 509 community-dwelling older adults aged 65–86 years living in Kasama City, a Japanese rural region. We evaluated physical function with the following performance tests: grip strength, sit-to-stand, timed up & go and walking speed. Using geographic information systems, we measured population density and the number of destinations related to daily life, community centers, medical facilities and recreational facilities within participants' neighborhoods.

**Results:** After adjusting for potential confounders, we found lower population density was related to poor performance of sit-to-stand and walking speed in both sexes, and grip strength in women (trend  $P < 0.05$ ). A lower number of daily life-related destinations was related to poor performance of sit-to-stand and walking speed in men, and grip strength and sit-to-stand in women. Similarly, the number of community centers was related to walking speed in both sexes. The number of medical and recreational facilities was also related to some physical performance in both sexes. A lower land use mix score, calculated by principal component analysis, was related to lower performance of sit-to-stand and walking speed in men, and grip strength and sit-to-stand in women.

**Conclusion:** The present study suggests that, although there are some sex differences, low population density, land use mix, and fewer daily life-related destinations, community centers, medical facilities and recreational facilities are negative determinants of physical function. *Geriatr Gerontol Int* 2016; ●●: ●●–●●.

**Keywords:** elderly people, geographic information systems, neighborhood built environment, physical function, urban planning.

## Introduction

Poor physical function is a strong predictor of functional dependence, poor quality of life and higher mortality in older adults.<sup>1–3</sup> Recently, there has been increased interest in studying neighborhood built environment (BE) as a determinant of health behavior and health status in older adults.<sup>4</sup> There have been many

studies examining the relationship between physical activity and high population density, with the presence of parks or green spaces and high walkability being reported as promoting factors.<sup>5,6</sup> Physical activity is a major factor in maintaining physical function.<sup>7–9</sup> Because BE continually influences physical activity unless people change residences, older adults' physical function can be determined by BE. Previous studies show that unsafe neighborhoods with crime, poor lighting and disrepair, or those that are difficult to travel within because of excessive traffic and limited access to public transportation correlate to a decline in lower-extremity function.<sup>10</sup> Additionally, older adults living in high walkability areas showing such features as good street condition or connectivity were also able to

Accepted for publication 22 November 2015.

Correspondence: Mr Yuki Soma MPhEd, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574, Japan. Email: yuki.soma.1982@gmail.com



maintain their mobility functions.<sup>11,12</sup> However, studies on this subject have been limited by their use of subjective data, such as questionnaires, to assess physical function and/or BE; objective measurements for both BE and physical function are required to draw sound, evidence-based conclusions.

Physical performance tests are widely recognized methods for evaluating physical function,<sup>13</sup> and geographic information systems (GIS) are now making it possible to examine spatial patterns and processes for a more accurate assessment of the built environment.<sup>14</sup> Highly valid findings based on physical performance tests and GIS might be able to help in urban planning when considering care and prevention for older adults. Previous studies have not examined the relationship between physical function and BE using objective data from both tests of physical performance and GIS.

The aim of the present study was to examine the relationship between BE and physical function using data from both physical performance tests and GIS. The research hypothesis is that people living at residences accessible to various destinations are able to maintain their physical function, because a liveable BE is a known determinant of healthy behaviors.<sup>4</sup>

## Methods

### Participants

Older people living in Kasama City (population 78 279, area 240.3 km<sup>2</sup>), a rural region in Ibaraki Prefecture, Japan, were recruited as participants in an open cohort study called “Kasama study” from 2009 to 2014.<sup>15,16</sup> Each year from 2009 to 2012, men and women aged 65–85 years were randomly drawn from the Basic Resident Register and added to the cohort.

The study evaluated cross-sectional data from the August 2010, 2011 and 2012 surveys. We drew 1130, 900 and 800 people in each year, and recruited 293, 181 and 117 individuals, respectively. Attributes of Kasama City (Government of Kasama City;<sup>17</sup> Ministry of Land, Infrastructure;<sup>18</sup> NTT<sup>19</sup>) appear in Table 1.

We collected data in two steps by first mailing invitation letters to the 2830 older adults as described above, for which we received positive replies from 666 individuals. Second, questionnaires were mailed to and completed by these 666 people, who then hand delivered them to the Health Center in Kasama City where they carried out physical performance tests. All participants gave written informed consent when they passed the questionnaire to research staff. We collected 591 questionnaires with corresponding physical performance data. However, 82 people were excluded due to incomplete questionnaires ( $n = 48$ ), missing data in their physical performance tests ( $n = 29$ ) or the inability to identify precisely where they lived ( $n = 5$ ). Our final

**Table 1** Attributes of Kasama City (Ibaraki, Japan, 2012)

	<i>n</i>	
Population		78 279
Population aging rate	%	25.2
Population density	<i>n</i> /km <sup>2</sup>	325.8
Total area	km <sup>2</sup>	240.3
Building area	km <sup>2</sup>	22.3
Forest area	km <sup>2</sup>	85.6
Farmland area	km <sup>2</sup>	63.3
Other areas	km <sup>2</sup>	69.1
Medical facility	<i>n</i>	40
Medical facility density	<i>n</i> /km <sup>2</sup>	0.17
Community center	<i>n</i>	108
Community center density	<i>n</i> /km <sup>2</sup>	0.45
Recreational facility	<i>n</i>	43
Recreational facility density	<i>n</i> /km <sup>2</sup>	0.62

All information referred by Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (2011), Government of Kasama City (2014), Yellow pages (2013).

tally was 509 participants (240 men, 269 women, response rate 18.0%) for data analysis. The ethical committee of University of Tsukuba approved this study.

### Assessment of physical function

We assessed physical function with the following physical performance tests.

#### Upper extremity strength

Grip strength.<sup>16</sup> Participants stood with their feet slightly apart and gripped a dynamometer (Takei, Niigata, Japan) as strongly as possible.

#### Lower extremity strength

Five-repetition sit-to-stand (5-STs).<sup>20</sup> Participants sat in chairs with their arms over their chests. They carried out five consecutive sit-to-stand cycles as quickly as possible.

#### Mobility

Timed up & go (TUG).<sup>16,21</sup> Participants rose from a chair, walked 3 m as quickly as possible, turned around, walked back and sat down.

Habitual walking speed.<sup>2</sup> Participants walked at their typical speed on an 11-m straight course. To eliminate acceleration phases, we measured walking time between the 3- and 8-m marks of the course, and calculated the walking speed from that 5-m of walking time.

#### Definition of neighborhood BE

To evaluate a neighborhood BE, we measured population density, and counted the number of daily

life-related destinations, recreational facilities, medical facilities and community centers.

In a survey in Kasama City, we asked older adults, “What distance would you walk to a destination from your house?” The top answer was “within 1000 m” (Fig. S1).<sup>22</sup> A previous study showed that land use characteristics generally show greater associations with walking using line-based road network buffers than circular buffers.<sup>23</sup> For these reasons, we defined a neighborhood by constructing a buffer zone around each respondent’s home; we considered a line-based road network distance of 1000 m to define the most accessible space.

ArcGIS (ArcGIS 10.2.2; ESRI, Redlands, CA, USA) was used for all spatial calculations, and the ArcGIS Data Collection Standard Pack (2014; Esri Japan, Tokyo, Japan) was used for geocoding procedures. When location could not be identified from an address using this tool, we used the “CSV address matching service” (provided by the Center for Spatial Information Science, University of Tokyo), a city housing map (2012 and 2013; Zenrin, Kitakyushu, Japan) or Google Maps. The accuracy of geocoding was to the Gaiku level (approximately one city block).

### **Neighborhood population density**

We determined population density (number of persons per a 500-m grid square) variables with Japanese census data for the year 2010 from e-Stat.<sup>24</sup> We estimated neighborhood population density by computing the sum of the area-weighted population within the neighborhood buffer zone.

### **Number of daily life-related destinations, community centers and medical or recreational facilities**

We used the number of daily life-related destinations as a measure for the land use mix. Considering previous studies, we chose 15 common destinations: bank, bookstore, cafe, clothing store, convenience store, dentist, electrical appliance shop, fast-food store, hairdressing salon, laundry, library, municipal office, pharmacy, post office and supermarket.<sup>6</sup> This data was collected from the Yellow Pages, a phone number database, in August 2014 and geocoded.

We analyzed the number of community centers, and medical and recreational facilities separately, because we considered these important destinations. Older Japanese adults need access to these facilities for their local activities and health service. The city housing map showed 108 community centers in Kasama city (2012 and 2013; Zenrin). Medical facilities included hospitals and clinics. Parks, determined from the National Land Numerical Information download service,<sup>18</sup> and public

sports facilities and schools, obtained through the Yellow Pages,<sup>19</sup> were included as recreational facilities.

### **Principal component scores for BE**

As there were higher correlations between some BE variables, we integrated BE characteristics by principal component analysis.<sup>25,26</sup> For the analyses, participants were divided by the tertile of each calculated principal component score.

### **Covariates**

We considered possible confounding factors from respondents’ demographic, socioeconomic and health statuses, and used the following as control variables: age, education level ( $\leq 9$  years, 10–12 years,  $\geq 13$  years), longest work experience (manual work, non-manual work, other work), clinical history of knee disease or back pain (yes or no), years at current residence ( $\leq 19$  years, 20–29 years, or  $\geq 30$  years), marital status (married or unmarried including divorced and widowed), depressive symptoms assessed by the 15-item Geriatric Depression Scale ( $< 5$  points or  $\geq 5$  points)<sup>27,28</sup> and amount of physical activity assessed by the Physical Activity Scale for the Elderly.<sup>29,30</sup>

### **Statistical analyses**

The mean and standard deviation (SD) or the median and range show the distribution of continuous variables. We calculated proportions in categorical variables, and applied the unpaired *t*-test, Mann–Whitney *U*-test and  $\chi^2$ -test to compare measurement variables between sexes. To examine the relationships between BE and participants’ physical function, we used the analysis of covariance (ANCOVA) adjusting for covariates. All BE variables were analyzed in tertile groups for the ANCOVA, and linear trends were calculated. Furthermore, when there was a significant linear trend, we carried out post-hoc Bonferroni tests for tertile-group comparisons. Men and women had separate analyses of their data. A *P*-value  $< 0.05$  was considered statistically significant. The analyses were carried out using SPSS version 22.0 (IBM, Armonk, NY, USA).

## **Results**

### **Participants’ characteristics**

Table 2 shows individual and BE characteristics for both sex groups. The mean ages for men and women were 73.7 and 72.9 years, respectively. Approximately three quartiles of the participants had resided in the same area for more than 30 years. Significant sex differences were seen in the rates of longest work experience, living without a spouse and having knee disease. There

**Table 2** Characteristics of participants

	Male ( <i>n</i> = 240) Mean ± SD	Female ( <i>n</i> = 269) Mean ± SD	<i>P</i> *
Individual characteristics			
Age (years) <sup>†</sup>	73.7 ± 5.4	72.9 ± 5.1	0.106
Education level, <i>n</i> (%) <sup>§</sup>			
≤9 years	72 (30.0)	81 (30.0)	0.082
10–12 years	105 (43.8)	140 (51.9)	
≥13 years	63 (26.2)	49 (18.1)	
Longest work experience, <i>n</i> (%) <sup>§</sup>			
Manual	79 (32.9)	44 (16.4)	<0.001
Non-manual	122 (50.8)	64 (23.8)	
Other	39 (16.3)	161 (59.8)	
Years in residence, <i>n</i> (%) <sup>§</sup>			
≤19 years	30 (12.5)	37 (13.8)	0.650
20–29 years	21 (8.8)	29 (10.8)	
≥30 years	189 (78.7)	203 (75.4)	
Living without spouse, <i>n</i> (%) <sup>§</sup>	40 (16.7)	107 (39.8)	<0.001
Clinical history, <i>n</i> (%) <sup>§</sup>			
Knee disease	23 (9.6)	48 (17.8)	0.007
Back pain	51 (21.3)	52 (19.3)	0.591
Depressive state, <i>n</i> (%) <sup>§</sup>			
≥5 points of GDS	68 (28.3)	92 (34.2)	0.155
Physical activity <sup>†</sup>			
PASE (points)	121.8 ± 64.4	116.9 ± 50.4	0.349
Built environment characteristics			
Population density ( <i>n</i> /1000 m network buffer) <sup>†</sup>	2023.0 ± 1406.5	2261.7 ± 1365.7	0.053
Median no. daily life-related destinations <sup>‡</sup> (range)	9 (1–20)	10 (3–21)	0.220
Median no. community centers <sup>‡</sup> (range)	1 (0–2)	1 (0–3)	0.428
Median no. medical facilities <sup>‡</sup> (range)	1 (0–2)	1 (0–2)	0.937
Median no. recreational facilities <sup>‡</sup> (range)	1 (0–2)	1 (0–2)	0.480

\**P*-value in unpaired <sup>†</sup>*t*-test; <sup>‡</sup>Mann–Whitney *U*-test or <sup>§</sup> $\chi^2$ -test. GDS, Geriatric Depression Scale; PASE, Physical Activity Scale for the Elderly.

was no major difference in BE between the men and women.

### Principal component analysis for BE measures

Principal component analysis extracted two BE factors (Table 3). The first factor (64.6% of the variance in the scale in men, 63.9% in women), interpreted as “land use mix,” denotes population density, number of daily life-related destinations related to life and medical or recreational facilities. The second factor (21.1% of the variance in the scale in men, 22.1% in women), interpreted as community centers, denotes number of community centers.

### BE and physical function

Several aspects of the BE related to poor performance in the physical function tests as detailed in Tables 4

and 5. Lower population density was related to poorer performance on the 5-STs and walking speed in both sexes, and of grip strength in women. Fewer daily life-related destinations were related to poorer performance on the 5-STs and walking speed in men, and grip strength and 5-STs in women. Fewer community centers were related to a slower walking speed in both sexes. Fewer medical facilities were related to poorer performance of the 5-STs and walking speed in men, and grip strength in women. Fewer recreational facilities were related to poorer performance of the 5-STs in both sexes. In the examination of principal component scores, it was seen that lower land use mix score was related to lower performance of sit-to-stand in both sexes, and to lower walking speed in men. There were also relationships between lower community center scores and slower walking speeds in both sexes.

**Table 3** Principal component factor loadings for built environment

Built environment ( <i>n</i> /1000 m network buffer)	Principal component and percent variance explained			
	Men		Women	
	Land use mix	Community center	Land use mix	Community center
Population density	<b>0.88</b>	0.22	<b>0.85</b>	0.33
Daily life-related destinations	<b>0.95</b>	-0.04	<b>0.96</b>	-0.03
Community centers	0.03	<b>0.99</b>	-0.03	<b>0.98</b>
Medical facilities	<b>0.87</b>	-0.07	<b>0.88</b>	-0.06
Recreational facilities	<b>0.90</b>	-0.13	<b>0.89</b>	-0.18
Percent of variance	64.6	21.1	63.9	22.1
Total variance explained	85.7%		86.0%	

**Table 4** Associations between neighborhood built environments and physical performance tests in older men

	<i>n</i>	Grip strength (kg) Mean ± SD	5-STTS (s) <sup>§</sup> Mean ± SD	Timed up & go (s) <sup>§</sup> Mean ± SD	Walking speed (m/s) Mean ± SD
Population density ( <i>n</i> /1000 m network buffer)					
≤875	80	34.2 ± 6.7	8.2 ± 2.5 <sup>†</sup>	6.4 ± 1.8	* * * [ 1.30 ± 0.22 <sup>†</sup> 1.44 ± 0.22 1.40 ± 0.24
876–2907	80	34.8 ± 5.7	7.2 ± 2.0	5.7 ± 1.0	
≥2908	80	34.5 ± 6.9	7.4 ± 1.8	6.2 ± 1.5	
No. daily life-related destinations					
0–3	84	34.1 ± 6.4	* * * [ 8.2 ± 2.5 <sup>†</sup> 7.4 ± 2.3 7.2 ± 1.4	6.3 ± 1.8	1.32 ± 0.24 <sup>†</sup>
4–15	77	34.5 ± 6.5		5.9 ± 1.3	1.41 ± 0.21
≥16	79	34.8 ± 6.5		6.0 ± 1.4	1.42 ± 0.24
No. community centers					
0	60	33.9 ± 6.3	8.1 ± 2.5	6.4 ± 2.2	* * * [ 1.33 ± 0.27 <sup>†</sup> 1.37 ± 0.20 1.42 ± 0.23
1	86	34.3 ± 6.4	7.2 ± 2.0	5.9 ± 1.2	
≥2	94	35.0 ± 6.6	7.6 ± 2.1	6.1 ± 1.3	
No. medical facilities					
0	90	34.3 ± 6.5	7.8 ± 2.5 <sup>†</sup>	6.2 ± 1.6	1.34 ± 0.24 <sup>†</sup>
1	53	35.3 ± 7.2	* * * [ 8.0 ± 2.6 7.2 ± 1.5	6.1 ± 1.7	1.42 ± 0.23
≥2	97	34.2 ± 6.0		6.0 ± 1.3	1.41 ± 0.23
No. recreational facilities					
0	109	34.6 ± 6.5	* * * [ 8.1 ± 2.3 <sup>†</sup> 7.1 ± 2.1 7.2 ± 1.7	6.3 ± 1.6	1.34 ± 0.23
1	58	34.9 ± 6.7		5.8 ± 1.5	1.42 ± 0.22
≥2	73	34.0 ± 6.2		6.1 ± 1.5	1.41 ± 0.24
Land use mix score <sup>‡</sup>					
Low	80	34.4 ± 6.5	* * * [ 8.1 ± 2.3 <sup>†</sup> 7.5 ± 2.3 7.1 ± 1.5	6.3 ± 1.7	1.32 ± 0.24 <sup>†</sup>
Middle	80	34.6 ± 6.2		5.9 ± 1.4	1.43 ± 0.21
High	80	34.5 ± 6.7		6.1 ± 1.4	1.40 ± 0.24
Community center score <sup>‡</sup>					
Low	81	34.4 ± 6.1	7.8 ± 2.3	6.3 ± 1.9	* * * [ 1.34 ± 0.25 <sup>†</sup> 1.38 ± 0.20 1.43 ± 0.24
Middle	79	33.8 ± 6.8	7.4 ± 2.1	6.0 ± 1.2	
High	80	35.2 ± 6.4	7.6 ± 2.1	6.0 ± 1.3	

\**P* < 0.05 in post-hoc test; <sup>†</sup>*P* < 0.05 in linear trend. *P*-values were adjusted for age, education level, longest work experience, years in residence, marital status, knee disease, back pain, depressive state and physical activity. <sup>§</sup>A low score on this scale indicates good physical function. <sup>‡</sup>Principal component score. 5-STTS, five-repetition sit-to-stand.

## Discussion

Using data from GIS and physical performance tests, the present study investigated the relationships between

neighborhood BE and physical function in community-dwelling older adults living in a rural region of Japan. Results showed that lower population density, and fewer daily life-related destinations, community centers,

**Table 5** Associations between neighborhood built environments and physical performance tests in older women

	<i>n</i>	Grip strength (kg) Mean ± SD	5-STS (s) <sup>§</sup> Mean ± SD	Timed up & Go (s) <sup>§</sup> Mean ± SD	Walking speed (m/s) Mean ± SD
Population density ( <i>n</i> /1000 m network buffer)					
≤1546	90	22.6 ± 3.7 <sup>†</sup>	8.0 ± 2.4 <sup>†</sup>	6.6 ± 1.6	* [ 1.35 ± 0.23 <sup>†</sup> 1.44 ± 0.25 1.45 ± 0.23
1547–3045	91	23.6 ± 3.5	7.1 ± 1.7	6.2 ± 1.3	
≥3046	88	23.8 ± 3.6	7.1 ± 1.8	6.3 ± 1.2	
No. daily life-related destinations					
0–4	96	* [ 22.6 ± 3.9 <sup>†</sup> 23.7 ± 3.3 23.8 ± 3.5	* [ 7.8 ± 2.2 <sup>†</sup> 7.2 ± 1.9 7.1 ± 1.9	6.6 ± 1.6	1.36 ± 0.22 <sup>†</sup>
5–17	85			6.1 ± 1.2	1.49 ± 0.26
≥18	88			6.4 ± 1.3	1.40 ± 0.22
No. community centers					
0	77	23.1 ± 3.5	7.5 ± 2.3	6.7 ± 1.5	* [ 1.34 ± 0.22 <sup>†</sup> 1.44 ± 0.23 1.45 ± 0.26
1–2	123	23.6 ± 3.6	7.4 ± 2.1	6.2 ± 1.3	
≥3	69	23.1 ± 3.8	7.3 ± 1.6	6.4 ± 1.4	
No. medical facilities					
0	97	* [ 22.9 ± 3.6 <sup>†</sup> 22.9 ± 3.8 24.1 ± 3.5	7.6 ± 2.2	6.4 ± 1.6	1.38 ± 0.25
1	66		7.9 ± 2.0	6.4 ± 1.4	1.44 ± 0.24
≥2	106		6.9 ± 1.7	6.3 ± 1.2	1.42 ± 0.23
No. recreational facilities					
0	115	23.0 ± 3.7	* [ 7.7 ± 2.0 <sup>†</sup> 7.7 ± 2.3 6.8 ± 1.7	6.5 ± 1.5	1.41 ± 0.25
1	61	23.7 ± 3.4		6.3 ± 1.5	1.41 ± 0.22
≥2	93	23.6 ± 3.6		6.2 ± 1.2	1.42 ± 0.24
Land use mix score <sup>‡</sup>					
Low	90	22.6 ± 3.7 <sup>†</sup>	* [ 7.9 ± 2.4 <sup>†</sup> 7.4 ± 1.8 6.9 ± 1.7	6.6 ± 1.6	1.36 ± 0.23
Middle	90	23.7 ± 3.6		6.2 ± 1.3	1.46 ± 0.25
High	89	23.7 ± 3.6		6.2 ± 1.2	1.41 ± 0.23
Community center score <sup>‡</sup>					
Low	90	23.5 ± 3.6	7.5 ± 2.2	6.6 ± 1.5	* [ 1.34 ± 0.22 <sup>†</sup> 1.43 ± 0.22 1.46 ± 0.27
Middle	90	23.4 ± 3.6	7.3 ± 2.1	6.2 ± 1.3	
High	89	23.1 ± 3.8	7.4 ± 1.8	6.3 ± 1.4	

\**P* < 0.05 in post-hoc test; <sup>†</sup>*P* < 0.05 in linear trend. *P*-values were adjusted for age, education level, longest work experience, years in residence, marital status, knee disease, back pain, depressive state and physical activity. <sup>§</sup>A low score on this scale indicates good physical function. <sup>‡</sup>Principal component score. 5-STS, five-repetition sit-to-stand.

medical facilities and recreational facilities in a neighborhood were related to lower physical function in both sexes. Furthermore, lower land use mix was also correlated to lower physical function. These findings supported our hypothesis. A longitudinal study showed that greater neighborhood walkability was related to a slower decline in dynamic leg strength.<sup>11</sup> Gómez *et al.* and Hanibuchi *et al.* also reported that the presence of parks or green spaces and a mild land slope correlated with physical activity.<sup>5,6</sup> The present results support those studies, and also show linear trend relationships between BE and various physical functions. Our findings enhance the understanding of these relationships, because the present study is the first to assess BE and physical function objectively using both physical performance tests and GIS.

Habitual walking can maintain walking speed and lower-extremity function in older adults.<sup>31,32</sup> As popula-

tion density and life-related destinations can enhance walking activity, older adults living in lower population densities and with fewer life-related destinations showed low physical performance on the 5-STS, and lower walking speed.<sup>33,34</sup> Land use mix score was also related to lower-extremity function. A place with various destinations promotes resident activity.<sup>35</sup> In women, grip strength was related to daily life-related destinations and medical facilities. Grips strength reflects whole muscle strength<sup>36</sup> and health status.<sup>37,38</sup> Easy access to daily life-related destinations and medical facilities might facilitate taking fresh nutrition,<sup>39</sup> motivating physical activity<sup>4</sup> and taking care of the body;<sup>40</sup> these comprehensive enriching environments might be linked with strong grip strength in older women.

The present study showed that having a greater number of neighborhood recreational facilities and community centers was related to better

lower-extremity strength and walking ability. In Japan, these facilities are frequently used for community activities including exercise, cooking, board games and singing. As participation in social-community activities provides a number of health benefits to older adults, having these facilities available locally could help prevent frailty in older adults living within a neighborhood.<sup>41,42</sup> In principal component analysis, community center was extracted as an independent factor from land use mix. This suggests that community center is an important facilitator to maintain higher physical function for older adults living in rural areas. Neighborhood medical facilities were also related to better lower-extremity strength and walking ability. Medical facilities are necessary for older adults to manage their health, and living near medical facilities makes it much easier for them to receive medical care. Particularly, they might be able to manage orthopedic abnormalities, such as rheumatoid arthritis, knee osteoarthritis and back pain affecting extremity function, and they might be able to maintain their extremity strength and/or walking ability.<sup>43–45</sup>

Despite adjusting for the effect of physical activity and other confounders, BE were independently related to physical function in both sexes. We assessed physical activity with the PASE, which evaluates the previous 7 days' of physical activity, and does not consider physical activity before that time.<sup>29,30</sup> Physical activity during midlife<sup>46</sup> and over the previous several years<sup>7,8</sup> also affects physical function in later life. Unless people have changed residences, the BE around them might continually influence their lifestyles. As 75% of the participants had been living in the same area for 30 years or more, the BE might be independently related to participants' physical function from their current physical activity; a future study should consider the relationship in response to past physical activity.

There were some limitations to the present study. First, because this was a cross-sectional study, we cannot prove a causal association. Furthermore, we assessed the BE only in the year 2012, and did not consider transitions that might have occurred in participants' residences. However, more than three-quarters of our participants had been living in same area for 30 years or more, and as such, their current BE would have strongly affected them. Second, we are limited as to how widely we can generalize these results because of our low response rate. Although we randomly recruited participants from the Basic Resident Register who were not certified as requiring long-term care, only people who had transportation to the study site were able to participate. Therefore, study participants might have lived near the study site or had higher physical level than the general population of older people. Third, we were not able to analyze past BE and physical activity. This limitation will be discussed in a future study. Even with

these limitations, the present study has the advantage of objectively evaluating physical function and BE based on physical performance tests and GIS, respectively. Our high validity data provide strong evidence of the relationships between neighborhood BE and physical function.

The present study investigated the relationships between neighborhood BE and older adults' physical function based on GIS assessments and physical performance tests. Although there were some sex differences, accessibility to daily life-related destinations, community centers, medical facilities and recreational facilities were positively related to physical function. Additionally, older adults living in an area with a low population density had poor physical function compared with those living in an area of high population density. Land use mix score, calculated by principal component analysis, also suggested the importance of the presence of various accessible destinations on to maintaining a higher physical level. Our findings might help improve urban planning with the consideration of preventative care in the elderly.

## Acknowledgments

This study was supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan, Grant-in-Aid for Young Scientists (B), 26750348, 2014–2017.

## Disclosure statement

The authors declare no conflict of interest.

## References

- 1 Wood RH, Gardner RE, Ferachi KA *et al.* Physical function and quality of life in older adults: sex differences. *South Med J* 2005; **98**: 504–512. doi: 10.1097/01.SMJ.0000157534.08859.4B.
- 2 Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S *et al.* Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing* 2000; **29**: 441–446. doi: 10.1093/ageing/29.5.441.
- 3 Cesari M, Pahor M, Marzetti E *et al.* Self-assessed health status, walking speed and mortality in older Mexican-Americans. *Gerontology* 2009; **55**: 194–201. doi: 10.1159/000174824.
- 4 Yen IH, Michael YL, Perdue L. Neighborhood environment in studies of health of older adults: a systematic review. *Am J Prev Med* 2009; **37**: 455–463. doi: 10.1016/j.amepre.2009.06.022.
- 5 Gómez LF, Parra DC, Buchner D *et al.* Built environment attributes and walking patterns among the elderly population in Bogotá. *Am J Prev Med* 2010; **38**: 592–599. doi: 10.1016/j.amepre.2010.02.005.
- 6 Hanibuchi T, Kawachi I, Nakaya T, Hirai H, Kondo K. Neighborhood built environment and physical

- activity of Japanese older adults: results from the Aichi Gerontological Evaluation Study (AGES). *BMC Public Health* 2011; **11**: 657. doi: 10.1186/1471-2458-11-657.
- 7 Landi F, Onder G, Carpenter I, Cesari M, Soldato M, Bernabei R. Physical activity prevented functional decline among frail community-living elderly subjects in an international observational study. *J Clin Epidemiol* 2007; **60**: 518–524. doi: 10.1016/j.jclinepi.2006.09.010.
  - 8 Boyle PA, Buchman AS, Wilson RS, Bienias JL, Bennett DA. Physical activity is associated with incident disability in community-based older persons. *J Am Geriatr Soc* 2007; **55**: 195–201. doi: 10.1111/j.1532-5415.2007.01038.x.
  - 9 Buchman AS, Wilson RS, Boyle PA, Tang Y, Fleischman DA, Bennett DA. Physical activity and leg strength predict decline in mobility performance in older persons. *J Am Geriatr Soc* 2007; **55**: 1618–1623. doi: 10.1111/j.1532-5415.2007.01359.x.
  - 10 Balfour JL, Kaplan GA. Neighborhood environment and loss of physical function in older adults: evidence from the Alameda County Study. *Am J Epidemiol* 2002; **155**: 507–515. doi: 10.1093/aje/155.6.507.
  - 11 Michael YL, Gold R, Perrin NA, Hillier TA. Built environment and lower extremity physical performance: prospective findings from the study of osteoporotic fractures in women. *J Aging Health* 2011; **23**: 1246–1262. doi: 10.1177/0898264311412597.
  - 12 Beard JR, Blaney S, Cerda M et al. Neighborhood characteristics and disability in older adults. *J Gerontol B Psychol Soc Sci* 2009; **64**: 252–257. doi: 10.1093/geronb/gbn018.
  - 13 Mijnders DM, Meijers JMM, Halfens RJG 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. doi: 10.1016/j.jamda.2012.10.009.
  - 14 Moore DA, Carpenter TE. Spatial analytical methods and geographic information systems: use in health research and epidemiology. *Epidemiol Rev* 1999; **21**: 143–161.
  - 15 Tsunoda K, Tsuji T, Kitano N et al. Associations of physical activity with neighborhood environments and transportation modes in older Japanese adults. *Prev Med (Baltim)* 2012; **55**: 113–118. doi: 10.1016/j.ypmed.2012.05.013.
  - 16 Tsunoda K, Soma Y, Kitano N et al. Age and gender differences in correlations of leisure-time, household, and work-related physical activity with physical performance in older Japanese adults. *Geriatr Gerontol Int* 2013; **13**: 919–927. doi: 10.1111/ggi.12032.
  - 17 Government of Kasama City. Statistical information of Kasama City, 2014. [Cited 1 Aug 2014.] Available from URL: [http://www.city.kasama.lg.jp/data/doc/1385105436\\_doc\\_141\\_0.pdf](http://www.city.kasama.lg.jp/data/doc/1385105436_doc_141_0.pdf).
  - 18 Ministry of Land, Infrastructure T and T. National Land Numerical Information download service, 2011. [Cited 1 Aug 2014.] Available from URL: <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj-e/index.html>.
  - 19 NTT. Yellow Page web service. [Cited 1 Aug 2014.] Available from URL: <http://itp.ne.jp/?rf=1>.
  - 20 Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 1994; **49**: M85–M94. doi: 10.1093/geronj/49.2.M85.
  - 21 Podsiadlo D, Richardson S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991; **39**: 142–148. doi: 10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x.
  - 22 Soma Y, Tsunoda K, Kitano N, Jindo T, Okura T. Factors regarding awareness of preventive care exercises: distance to exercise facilities and their social networks. *Nihon Kosho Eisei Zasshi* 2015; **62**: 651–661. doi: 10.11236/jph.62.11\_651.
  - 23 Oliver LN, Schuurman N, Hall AW. Comparing circular and network buffers to examine the influence of land use on walking for leisure and errands. *Int J Health Geogr* 2007; **6**: 41. doi: 10.1186/1476-072X-6-41.
  - 24 Statistics Bureau. Portal Site of Official Statistics of Japan, 2011. [Cited 1 Aug 2014.] Available from URL: <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortalE.do>.
  - 25 Keast EM, Carlson NE, Chapman NJ, Michael YL. Using built environmental observation tools: comparing two methods of creating a measure of the built environment. *Am J Health Promot* 2010; **24**: 354–361. doi: 10.4278/ajhp.080603-QUAN-81.
  - 26 Broberg A, Salminen S, Kyttä M. Physical environmental characteristics promoting independent and active transport to children’s meaningful places. *Appl Geogr* 2013; **38**: 43–52. doi: 10.1016/j.apgeog.2012.11.014.
  - 27 Sheikh JI, Yesavage JA. 9/1 Geriatric Depression Scale (GDS). *Clin Gerontol* 1986; **5**: 165–173. doi: 10.1300/J018v05n01\_09.
  - 28 Schreiner AS, Hayakawa H, Morimoto T, Kakuma T. Screening for late life depression: cut-off scores for the Geriatric Depression Scale and the Cornell Scale for Depression in Dementia among Japanese subjects. *Int J Geriatr Psychiatry* 2003; **18**: 498–505. doi: 10.1002/gps.880.
  - 29 Washburn RA, Smith KW, Jette AM, Janney CA. The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *J Clin Epidemiol* 1993; **46**: 153–162.
  - 30 Hagiwara A, Ito N, Sawai K, Kazuma K. Validity and reliability of the Physical Activity Scale for the Elderly (PASE) in Japanese elderly people. *Geriatr Gerontol Int* 2008; **8**: 143–151. doi: 10.1111/j.1447-0594.2008.00463.x.
  - 31 Cheng S-P, Tsai T-I, Lii Y-K, Yu S, Chou C-L, Chen I-J. The effects of a 12-week walking program on community-dwelling older adults. *Res Q Exerc Sport* 2009; **80**: 524–532. doi: 10.1080/02701367.2009.10599590.
  - 32 Hörder H, Skoog I, Frändin K. Health-related quality of life in relation to walking habits and fitness: a population-based study of 75-year-olds. *Qual Life Res* 2013; **22**: 1213–1223. doi: 10.1007/s11136-012-0267-7.
  - 33 Hajna S, Dasgupta K, Halparin M, Ross NA. Neighborhood walkability: field validation of geographic information system measures. *Am J Prev Med* 2013; **44**: e51–e55. doi: 10.1016/j.amepre.2013.01.033.
  - 34 Frank LD, Schmid TL, Sallis JF, Chapman J, Saelens BE. Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: findings from SMARTRAQ. *Am J Prev Med* 2005; **28** (2 Suppl 2): 117–125. doi: 10.1016/j.amepre.2004.11.001.
  - 35 Satariano WA, Ivey SL, Kurtovich E et al. Lower-body function, neighborhoods, and walking in an older population. *Am J Prev Med* 2010; **38**: 419–428. doi: 10.1016/j.amepre.2009.12.031.
  - 36 Samuel D, Rowe P. An investigation of the association between grip strength and hip and knee joint moments in older adults. *Arch Gerontol Geriatr* 2012; **54**: 357–360. doi: 10.1016/j.archger.2011.03.009.
  - 37 Breton É, Beloin F, Fortin C et al. Gender-specific associations between functional autonomy and physical capacities in independent older adults: results from the NuAge study. *Arch Gerontol Geriatr* 2014; **58**: 56–62. doi: 10.1016/j.archger.2013.07.011.
  - 38 Leong DP, Teo KK, Rangarajan S et al. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet* 2015; **386**: 266–273. doi: 10.1016/S0140-6736(14)62000-6.

- 39 Morland K, Wing S, Diez Roux A. The contextual effect of the local food environment on residents' diets: the atherosclerosis risk in communities study. *Am J Public Health* 2002; **92**: 1761–1767.
- 40 Arcury TA, Gesler WM, Preisser JS, Sherman J, Spencer J, Perin J. The effects of geography and spatial behavior on health care utilization among the residents of a rural region. *Health Serv Res* 2005; **40**: 135–156. doi: 10.1111/j.1475-6773.2005.00346.x.
- 41 Kanamori S, Kai Y, Aida J *et al.* Social participation and the prevention of functional disability in older Japanese: the JAGES cohort study. *PLoS ONE* 2014; **9**: e99638. doi: 10.1371/journal.pone.0099638.
- 42 James BD, Boyle PA, Buchman AS, Bennett DA. Relation of late-life social activity with incident disability among community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2011; **66**: 467–473. doi: 10.1093/gerona/glq231.
- 43 Reid M, Williams C, Gill T. Back pain and decline in lower extremity physical function among community-dwelling older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005; **60**: 793–797.
- 44 Osaki M, Tomita M, Abe Y *et al.* Physical performance and knee osteoarthritis among community-dwelling women in Japan: the Hizen-Oshima Study, cross-sectional study. *Rheumatol Int* 2012; **32**: 2245–2249. doi: 10.1007/s00296-011-1949-0.
- 45 Slatkowsky-Christensen B, Mowinckel P, Loge JH, Kvien TK. Health-related quality of life in women with symptomatic hand osteoarthritis: a comparison with rheumatoid arthritis patients, healthy controls, and normative data. *Arthritis Rheum* 2007; **57**: 1404–1409. doi: 10.1002/art.23079.
- 46 Patel KV, Coppin AK, Manini TM *et al.* Midlife physical activity and mobility in older age: the InCHIANTI study. *Am J Prev Med* 2006; **31**: 217–224. doi: 10.1016/j.amepre.2006.05.005.

## Supporting information

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

**Figure S1** Distances that community-dwelling older adults will travel by walking.



## 地域在住高齢者の運動教室における スクエアステップの達成度が体力変化に与える影響

ジンドウ カカシ フジイ ケイスケ キタノ ナルキ ツノダ ケンジ オオクラ トモヒロ  
神藤 隆志\*1 藤井 啓介\*2 北濃 成樹\*1\*4 角田 憲治\*5 大蔵 倫博\*3

**目的** 現在、地方自治体が主催する介護予防事業の一つとして運動器の機能向上プログラム（以下、運動教室）が全国各地で盛んに行われており、高齢者の体力の維持・向上に一定の成果をあげている。本研究では、介護予防運動としての有効性が報告され、運動教室の主運動課題として普及が進んでいるスクエアステップを取り上げ、参加者のスクエアステップのステップパターンの達成度が運動教室前後の体力変化に与える影響を検討した。

**方法** 対象は要支援・要介護認定を受けていない地域在住高齢者33名（69.7±3.6歳、男性4名）であった。スクエアステップを主運動課題とした週1回、1回90分、全11回の運動教室を行い、スクエアステップの達成度の評価として対象者が3カ月間で達成した総ステップパターン数を調査した。体力は平衡性（開眼片足立ち時間）、筋力（5回椅子立ち上がり時間）、起居移動能力（TUG；Timed Up and Go）、歩行能力（5m通常歩行時間）、反応性（全身選択反応時間）を評価した。認知機能の評価にはファイブ・コグ検査を用いた。達成度の最頻値を基準に対象者を3群に分け、3群間の体力変化の違いを2要因分散分析により検討した。なお、運動教室前の値に群間の有意差が認められた場合は、その値を共変量に投入した共分散分析を行った。

**結果** 3カ月間のスクエアステップ実践により達成されたステップパターン数は61.9±11.4パターンであり、達成度の上位群が中位群、下位群と比べて認知機能が有意に高かった（ $p<0.05$ ）。3群間の体力変化の違いを比較したところ、開眼片足立ち時間において3群間に有意な交互作用が認められ（ $p<0.05$ ）、上位群においてのみ有意な向上が認められた。運動教室前の値で調整するとこの交互作用は消失し、3群における有意な時間の主効果のみ認められた（ $p<0.05$ ）。この他に3群において有意な時間の主効果が認められた項目は、TUG、全身選択反応時間であった（ $p<0.05$ ）。

**結論** 3カ月間の運動教室においてスクエアステップの達成度が高かった者は、運動教室前の認知機能が高かった。一方で、達成度にかかわらず平衡性、起居移動能力、反応性などの体力が向上したことから、スクエアステップは個人に合った難度のステップパターンに取り組むことで、体力への効果が見込める運動課題であることが示唆された。

**キーワード** 運動教室、Square-Stepping Exercise、身体機能、認知機能

### I 緒 言

伴い、高齢者が要支援・要介護状態にならない、あるいは重度化しないよう、介護予防を重視したシステムへの移行がなされてきた<sup>1)</sup>。現在、

\*1 筑波大学大学院博士後期課程人間総合科学研究科体育科学専攻大学院生  
\*2 同博士前期課程人間総合科学研究科体育科学専攻大学院生 \*3 同大学体育系准教授  
\*4 日本学術振興会特別研究員 \*5 公益財団法人明治安田厚生事業団体力医学研究所研究員

地方自治体が主催する介護予防事業の一つとして運動器の機能向上プログラム（以下、運動教室）が全国各地で盛んに行われており、高齢者の体力の維持・向上に一定の成果をあげている<sup>2)</sup>。しかし、同様の運動教室に参加しても、体力への効果を得られやすい高齢者と得られにくい高齢者がいる<sup>3)</sup>。特に、運動教室前の体力水準は効果を規定する要因として挙げられており<sup>4)</sup>、体力水準別の運動教室開催を推奨する報告<sup>5)</sup>もある。しかし、対象者の募集や人的・経済的資源の観点から、対象者別に行わなくとも体力への効果を得られる運動課題が望ましい。

そこで著者らは様々な対象者に適用できる運動として、大蔵ら<sup>7)</sup>が開発した「スクエアステップ」(Square-Stepping Exercise；以下、SSE)に着目した。SSEは、横幅100cm奥行250cmの面を25cm四方の升目（スクエア）で区切ったマットを使用し、前進・後退・左右・斜め方向への連続移動を伴う、低から中強度の運動である。SSEは健常高齢者の自主的な運動サークルの主運動課題<sup>8)</sup>から、主に二次予防事業として行われる自治体主催の運動教室<sup>9)</sup>、さらには三次予防として脳血管疾患患者<sup>9)</sup>やデイケア利用者<sup>10)</sup>のリハビリテーションにも適用されている。SSEの効果としては、下肢を中心とした身体機能および認知機能の向上<sup>5)7)</sup>、転倒発生リスクの軽減<sup>11)</sup>などが報告されている。SSEの特徴として、ステップパターンが徐々に難しくなるように作られており、個人に合った難度のステップに挑戦できるという点がある。この特徴を活かし、著者らの開催している運動教室では、各自のペースでステップパターンを練習する自己裁量型<sup>12)</sup>の実践形態を取り入れている。このステップパターンの達成には記憶や再生などの認知機能を必要とすることが報告されており<sup>13)</sup>、これまでに開催した運動教室においてステップパターンの達成度（以下、達成度）には個人差が表れることを観察してきた。近年、認知機能が低位である者は体力への効果を得られにくいことが報告されており<sup>3)</sup>、このような者は達成度が低いことにより、体力への効果が阻害されている可能性がある。本研究で

は、達成度が体力変化に与える影響を明らかにし、運動教室においてSSEを自己裁量型の実践方法で行うことの有効性を検討する。SSEは多くの市町村の運動教室において実行可能な運動課題であることから、その有効な実践方法について詳細に検討することは有益であると考えられる。

本研究の目的は、運動教室におけるSSEの達成度が運動教室前後の体力変化に与える影響を検討することとした。

## II 方法

### (1) 対象者

平成24年1月から平成25年3月に開催された、茨城県笠間市の運動教室に参加した地域在住高齢者37名を対象とした。分析には、認知機能評価項目に欠損のある4名を除外し、33名(69.7±3.6歳、男性4名)のデータを用いた。なお、本運動教室への募集は、自治体の広報誌および職員によって行われた。

本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認の下で実施し、対象者には口頭と文書による説明を行った上で、書面による同意を得た（課題番号：体23-36）。

### (2) スクエアステップを主運動課題とした運動教室

茨城県笠間市ではスクエアステップ(square-stepping exercise：SSE)を主運動課題とした運動教室が二次予防事業の一環として2008年より毎年実施されている。運動教室は準備・整理運動(30分間)、SSE(40分間)、レクリエーション(20分間)から構成され、1回90分間、週1回、全11回を1クールとし、年3クール開催されている。本研究ではこの運動教室に着目して検討を行った。

### (3) 評価項目

#### 1) SSEの達成度

SSEを各自のペースで安全に実践できるように、毎回の実践前に以下の5つのルールを教示

した；途中で間違えてもスタートに戻らない、一つの枠内に両足を同時に入れない、マットの枠線を踏まない、前の人が半分まで進んでからスタートする、マットの右側から戻る。SSEの移動方向の指示(ステップパターン)はテキストに記載されており、課題をクリアするごとに難度が上がるように設定されている。参加者の意欲を高めるために、ステップパターンを基本ステップ(8種類)、チャレンジステップ(40種類)、スペシャルステップ(16種類)、プラチナスステップ(32種類)と名付けた。本運動教室では基本ステップからスペシャルステップまで記載されたパターン集を配布し、スペシャルステップまで達成した参加者に対してプラチナスステップのテキストを配布した。参加者は配布さ

れたテキストに従って、各自のペースでステップパターンを練習し、達成できると自身が判断した場合に、スタッフによる認定試験を受けた。認定試験はスタッフが右足、左足のどちらから開始するかを指示し、参加者がテキストを見ないでステップするという手順で行った。スタッフにより当該ステップパターンを達成していると認定された場合には次のステップパターンに進み、認定されなかった場合は同じステップパターンを再度練習することとした。本研究では、認定試験により達成した総ステップパターン数を達成度とし、達成度の最頻値を基準に下位群、中位群、上位群に群分けを行った(図1)。図2に各群の対象者が実践したステップパターンの例を示した。

#### 2) 体力

高齢者の日常生活動作と関連する下肢機能の評価を目的とし、平衡性(開眼片足立ち時間)、筋力(5回椅子立ち上がり時間)、起居移動能力(Timed Up and Go)(以下、TUG)<sup>14)</sup>、歩行能力(5m通常歩行時間)、反応性(全身選択反応時間)<sup>15)</sup>を評価した。各項目の測定方法については、Tsunodaら<sup>16)</sup>と同様である。

#### 3) 基本属性

対象者の基本属性として、年齢、性、教育年数、既往歴(脳血管疾患、心臓疾患、腰痛症、膝関節痛)、Body Mass Index(kg/(m)<sup>2</sup>)、

図1 対象者の達成したSSEステップパターン数

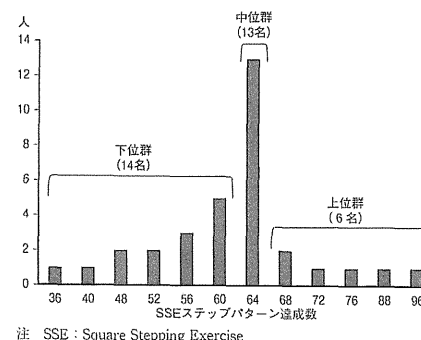
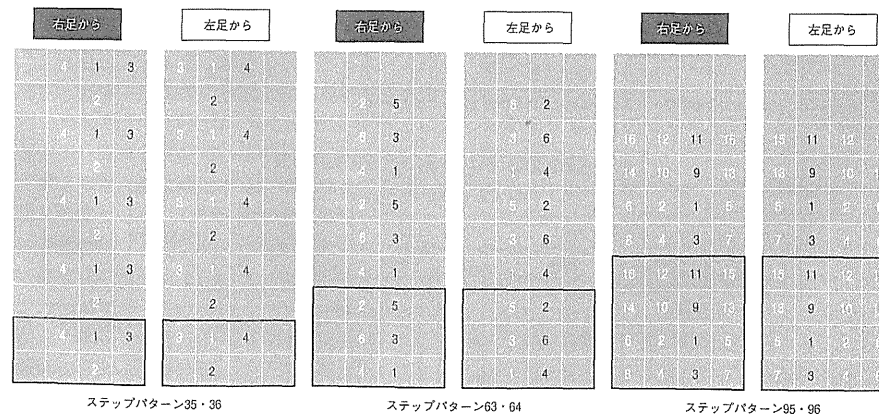


図2 ステップパターンの例



出席率（出席回数／教室開催数）を調査した。既往歴は測定会当日に面接法を用いて回答を得た。過去に脳血管疾患、心臓疾患、腰痛症、膝関節痛と診断されたり、治療を受けたことがある者を既往歴ありとした。

また、認知機能の評価にはファイブ・コグ検査<sup>1)</sup>を用いた。本検査は日本人高齢者を対象として開発された集団型の認知機能検査である。対象者は、パソコンに接続した音響設備（音声）および映像の指示に従って5つの課題が課され、答案用紙への記入が求められる。これにより5つの認知機能要素（注意、記憶、視空間認知、言語、思考）の評価がなされ、合計得点が算出される。なお、これらの基本属性は運動教室前に調査した。

(4) 統計解析

各群の対象者の運動教室前の基本属性、体力および出席率の比較に一元配置分散分析および

$\chi^2$ 検定を用いた。一元配置分散分析の多重比較検定にはBonferroni法を用いた。

各群の運動教室前後の体力変化を比較するために群（下位、中位、上位群）×時間（運動教室前、後）の2要因分散分析を用いた。交互作用が認められた項目についてはBonferroni法による多重比較検定を行った。なお、運動教室前の値に群間の有意差がみられた項目については、運動教室前の値を共変量とした共分散分析を行った。また、運動教室前後の変化の大きさの程度を示すために効果量dを算出した。この値は一般に、0.2が小さい、0.5が中程度、0.8が大きいと判断される<sup>18)</sup>。

統計処理にはIBM SPSS Statistics 22 for Windowsを使用し、有意水準はいずれも5%とした。

表3 運動教室前後における各群の体力測定項目の変化

	運動教室前	運動教室後	効果量 <sup>1)</sup> d	時間の主効果 p値	交互作用 p値	多重比較 p値
	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差				
開眼片足立ち時間、秒						
下位群	36.5±21.9	45.8±22.7	0.42	調整前 0.007	調整前 0.014	調整前 0.052
中位群	50.1±14.3	46.6±17.0	0.22			調整前 0.451
上位群	25.4±17.2	46.8±22.8	1.06	調整後 0.008 <sup>†</sup>	調整後 0.135 <sup>†</sup>	調整前 0.004
5回椅子立ち上がり時間、秒						
下位群	7.4±1.6	6.9±1.4	0.32	0.217	0.403	
中位群	7.5±2.6	6.9±1.8	0.25			
上位群	6.2±1.2	6.4±0.9	0.20			
Timed up and go、秒						
下位群	6.5±1.6	6.2±1.5	0.16	0.034	0.773	
中位群	5.7±0.9	5.5±0.7	0.15			
上位群	5.7±0.4	5.4±0.4	0.70			
5m通常歩行時間、秒						
下位群	3.6±0.6	3.4±0.6	0.37	0.231	0.556	
中位群	3.5±0.6	3.5±1.0	0.06			
上位群	3.5±0.4	3.5±0.6	0.08			
全身選択反応時間、ミリ秒						
下位群	1 079±184	1 041±180	0.21	0.017	0.381	
中位群	999±68	946±74	0.75			
上位群	920±45	914±90	0.08			

注 1) 効果量dは運動教室前vs後を示す。  
2) †運動教室前の値で調整した共分散分析の結果を示す。  
3) 開眼片足立ち時間のみ1名欠損。

表1 運動教室前における各群の基本属性および出席率の比較

	スクエアステップの達成度									分散分析 および $\chi^2$ 検定 p値	多重比較
	下位群 (14名)			中位群 (13名)			上位群 (6名)				
	平均値±標準偏差	範囲		平均値±標準偏差	範囲		平均値±標準偏差	範囲			
出席率 <sup>†</sup> 、%	94.8±5.9	81.8	100.0	97.9±5.4	81.8	100.0	100.0±0.0	-	-	0.102	
年齢、歳	70.6±4.4	66	79	68.9±3.0	65	73	69.3±2.3	67	73	0.454	
教育年数、年	12.7±2.5	9	20	12.2±0.6	12	14	14.4±3.8	12	22	0.154	
男性、人 (%)	2(14.3)	-	-	1(7.7)	-	-	1(16.7)	-	-	0.812	
脳血管疾患、人 (%)	2(14.3)	-	-	0(0.0)	-	-	0(0.0)	-	-	0.236	
心臓疾患、人 (%)	1(7.1)	-	-	0(0.0)	-	-	0(0.0)	-	-	0.497	
腰痛症、人 (%)	5(35.7)	-	-	2(15.4)	-	-	0(0.0)	-	-	0.162	
膝関節痛、人 (%)	1(7.1)	-	-	2(15.4)	-	-	0(0.0)	-	-	0.525	
BodyMassIndex、(kg/(m) <sup>2</sup> )	21.8±2.3	18.5	25.3	23.5±3.0	18.9	29.1	26.5±3.5	20.8	30.6	0.007	下位群<上位群
ファイブ・コグ検査、(点)	70.6±17.1	34	100	77.2±15.1	54	99	97.5±17.1	78	128	0.008	下位群<上位群

注 †出席率は、各参加者の運動教室出席回数を運動教室開催回数で除した値である。

表2 運動教室前における各群の体力測定項目の比較

	スクエアステップの達成度									分散分析 p値	多重比較
	下位群 (14名)			中位群 (13名)			上位群 (6名)				
	平均値±標準偏差	範囲		平均値±標準偏差	範囲		平均値±標準偏差	範囲			
開眼片足立ち時間、秒	36.5±21.9	2.0	60.0	50.1±14.3	24.6	60.0	25.4±17.2	11.8	59.0	0.026	上位群<中位群
5回椅子立ち上がり時間、秒	7.4±1.6	5.6	10.6	7.5±2.6	4.5	13.8	6.2±1.2	4.1	7.5	0.382	
Timed Up and Go、秒	6.5±1.6	5.0	9.4	5.7±0.9	4.3	7.8	5.7±0.4	5.2	6.3	0.194	
5m通常歩行時間、秒	3.6±0.6	2.7	4.5	3.5±0.6	2.6	4.9	3.5±0.4	2.9	4.2	0.920	
全身選択反応時間、ミリ秒	1 079±184	860	1 536	999±68	887	1 118	920±45	868	987	0.046	

間の主効果が認められた項目は、TUG、全身選択反応時間であった (p<0.05)。

III 結 果

3カ月間のSSE実践により対象者が達成したステップパターン数は61.9±11.4パターンであった(図1)。達成度の下位、中位、上位群間の基本属性を比較したところ、Body Mass Indexは下位群と比べ上位群が有意に高く、ファイブ・コグ検査の得点は下位、中位群と比べ上位群が有意に高かった (p<0.05)(表1)。

表2に各群の運動教室前における体力測定項目の比較を示した。開眼片足立ち時間は上位群と比べ中位群が有意に良好な値を示した。全身選択反応時間は3群の分散分析において有意差が認められたが (p<0.05)、多重比較検定においては有意な群間差は認められなかった。

表3に運動教室前後の各群における体力測定項目の変化を示した。開眼片足立ち時間において3群間に、有意な交互作用が認められ、多重比較検定の結果、上位群において有意な向上が認められた (p<0.05)。しかし、運動教室前の値で調整すると、この交互作用は消失し、3群における有意な時間の主効果のみ認められた (p<0.05)。この他に3群において有意な時

IV 考 察

本研究では、地域在住高齢者における3カ月間のSSE実践によるステップパターンの達成度が体力変化に与える影響を検討した。

運動教室への出席率は下位群94.8±5.9%、中位群97.9±5.4%、上位群100%と非常に高く、多くの参加者が意欲的に教室へ参加していたことがわかる。各群の基本属性をみると、有意ではないものの、下位群において各既往歴を有する者の割合が大きかった。また、認知機能が高い者ほどSSEの達成度が高いことが明らかとなった。SSEはステップパターンを覚えて、記憶を保持しながら、マットの枠線を踏まないようにステップを実践するという手順で行うことから、歩行動作に加えて記憶や注意を必要とする副課題からなる複数課題条件下の運動と捉えられる。山田ら<sup>19)</sup>は高齢者における二重課題条件下の歩行能力は認知機能と関連することを報告しており、本結果はこの報告を支持した。達成度が高い者ほど教室前の全身選択反応時間が

良好な値を示した理由としては、SSEはステップパターンの難度が高まるにつれてより高度な選択動作や平衡性が求められる点が、即座の判断や動的な平衡性を必要とする全身選択反応時間<sup>19)</sup>と類似した特性を含んでいたことが挙げられる。

運動教室前後の各群の体力変化の違いについてみると、開眼片足立ち時間において交互作用が認められ、上位群においてより大きな向上が認められた。運動教室前の値で調整するとこの交互作用は消失し、時間の主効果のみ認められたことから、達成度が高いほど値が向上しやすいというより、上位群は運動教室前に低位であったために向上の幅が大きかったと考えられる。TUG、全身選択反応時間においては時間の主効果が認められた。SSEは高度な選択動作や平衡性を伴うこと、課題遂行に注意・判断力が必要であることからこれらの項目に効果が表れた可能性がある。以上より、SSEは個人に合った難度のステップパターンに取り組むことで平衡性、起居移動力、反応性への効果が得られる運動課題であることが示唆された。

本研究の限界は、第一に対象者のサンプリングバイアスが挙げられる。今回の対象者は自治体の広報誌および職員による募集によって運動教室への参加意思を示した高齢者であり、比較的体力水準が高く、運動実践に対する意欲の強い集団であった可能性がある。第二に、本研究ではSSEを自己裁量型の実践方法で行ったが、このような方法は体力水準がより低位である者、体調の自己管理や運動実践時の安全管理が困難な者には適していない可能性があるため、対象者の特徴に応じた実践方法が求められる。最後に、達成度の高低によりSSE実践中の身体活動量に差異があるのか否かは考慮できていない点も限界として挙げられる。

## V 結 語

本研究では、適用範囲の広い介護予防運動としてSSEを取り上げ、地域在住高齢者における3カ月間のSSE実践によるステップパターンの

達成度が体力変化に与える影響を検討した。その結果、達成度にかかわらず平衡性、起居移動能力、反応性の体力要素の向上が認められた。このことから、SSEは各自のペースで個人に合った難度のステップパターンに取り組むことで、体力への効果が見込める運動課題であることが示唆された。

## 文 献

- 1) 厚生労働省. 介護保険制度改革の概要. 厚生労働省ホームページ. (<http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/topics/0603/dl/data.pdf>) 2015.3.2.
- 2) 清野諭, 藪下典子, 金美芝, 他. ハイリスク高齢者における「運動器の機能向上」を目的とした介護予防教室の有効性. 厚生指標. 2008; 55: 12-20.
- 3) 神藤隆志, 角田憲治, 相馬優樹, 他. 地域在住女性高齢者のスクエアステップを中心とした運動教室参加による体力への効果の規定要因. 日本老年医学雑誌. 2014; 51: 251-8.
- 4) 新井武志, 大淵修一, 小島基永, 他. 地域在住高齢者の身体機能と高齢者筋力向上トレーニングによる身体機能改善効果との関係. 日本老年医学雑誌. 2006; 43: 781-8.
- 5) 角田憲治, 尹智暎, 辻大士, 他. 体力水準の異なる高齢者に対する、短期間、低頻度の運動介入の効果 - Square-Stepping Exerciseを中心とした運動介入 -. 厚生指標. 2011; 58(2): 6-13.
- 6) 矢野秀典, 楊光, 若居佐恵子, 他. 地域虚弱高齢者に対する体力レベル別運動指導の効果. 日本老年医学雑誌. 2006; 43: 390-7.
- 7) 大蔵倫博, 尹智暎, 真田育依, 他. 新転倒・認知症予防プログラムが地域在住高齢者の認知・身体機能に及ぼす影響 - 脳機能賦活を意図した「スクエアステップ」エクササイズ の検討. 日本認知症ケア学会誌. 2010; 9: 519-30.
- 8) 三ツ石泰大, 角田憲治, 甲斐裕子, 他. 地域在住女性高齢者の運動指導ボランティアとしての活動が身体機能と認知機能に与える影響. 体力科学. 2013; 62: 105-12.
- 9) Túbero GS, Gobbi S, Teixeira CVL, et al. Effects of square stepping exercise in patients with se-

quel cerebrovascular accident. Fisioterapia em Movimento. 2014; 27(2): 229-37.

- 10) 重松良祐, 柳瀬仁, 南出光章. 認知機能低下を抑制する運動プログラム「スクエアステップ」のデイケア利用者への適用とその効果. 日本認知症ケア学会誌. 2014; 12(4): 703-14.
- 11) Shigematsu R, Okura T, Sakai T, et al. Square-stepping exercise versus strength and balance training for fall risk factors. Aging Clin Exp Res. 2008; 20(1): 19-24.
- 12) Rooks DS, Kiel DP, Parsons C, et al. Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 1997; 52(3): M161-8.
- 13) 重松良祐. 記憶と再生を要するステップング課題と認知機能との関連性. 教育医学. 2014; 60(2): 135-42.
- 14) 島田裕之, 古名丈人, 大淵修一, 他. 高齢者を対象とした地域保健活動におけるTimed Up & Go

Testの有用性. 理学療法学. 2006; 33: 105-11.

- 15) Lord SR, Fitzpatrick RC. Choice Stepping Reaction Time: A Composite Measure of Falls Risk in Older People. J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 2001; 56: M627-32.
- 16) Tsunoda K, Soma Y, Kitano N, et al. Age and gender differences in correlations of leisure-time, household, and work-related physical activity with physical performance in older Japanese adults. Geriatr Gerontol Int. 2013; 13(4): 919-27.
- 17) 矢富直美. 集団認知検査ファイブ・コグ. 老年精神医学雑誌. 2010; 21: 215-20.
- 18) 水本篤, 竹内理. 研究論文における効果量の報告のために - 基礎的概念と注意点 -. 英語教育研究. 2008; 31: 57-66.
- 19) 山田実, 村田伸, 太田尾浩, 他. 高齢者における二重課題条件下の歩行能力には注意機能が関与している: 地域在住高齢者における検討. 理学療法科学. 2008; 23(3): 435-9.