

## 高齢者の認知機能と運動・身体活動の関係 —前向き研究による検討—

安永明智\* 木村 憲\*\*

### PHYSICAL ACTIVITY AND COGNITIVE FUNCTION IN OLDER JAPANESE ADULTS: THE PROSPECTIVE STUDY

Akitomo Yasunaga and Ken Kimura

#### SUMMARY

The purpose of the present study was to examine associations between the quantity and quality of habitual physical activity and cognitive function in older people. Participants included 29 males (mean age, 73 years) and 42 females (mean age, 69 years) who were free-living healthy Japanese adults. We measured accelerometer step counts and their metabolic equivalents (METs) for 4 weeks. At the end of the 4 weeks and after 6 months, cognitive function was assessed with the Mini Mental State Examination (MMSE), Benton Visual Retention Test, and Task-switch reaction time test. Physical activity was divided according to the month-averaged daily step count (<7500, 7500-9999, and  $\geq 10000$  steps/day) and the month-averaged daily duration of activity (moderate-activity duration <30.0 and  $\geq 30.0$  min/day). In a longitudinal analysis, cognitive function assessed by Benton Visual Retention Test scores was poorer in the lowest step-count group (<7500 steps/day). Similarly, a longitudinal analysis showed that Task-switch reaction time test scores of participants undertaking moderate-activity ( $\geq 30.0$  min/day) were significantly better compared with individuals with lower activity time (<30.0 min/day) after controlling for age and sex. In terms of the MMSE score, after controlling for age and sex, ANCOVA analysis of both cross-sectional and longitudinal data showed no significant associations between physical activity and MMSE score. These results suggest the importance of both the intensity and volume of physical activity for maintaining cognitive function in older individuals, as assessed by the Benton Visual Retention Test and Task-switch reaction time test.

Key words: aging, accelerometer, cognitive function, step count, moderate-exercise duration.

#### 緒 言

加齢に伴う認知機能の低下を緩やかにし、認知症の発症を予防することは、我が国の介護予防対策の大きな柱の1つである。認知症は、要介護状

態に陥る重大な原因であり、超高齢社会において医療費や介護保険費を削減するためにも、予防のための支援方法の確立が急がれている。このような背景から、ここ数年、認知症の発症や認知機能の低下に関連する危険因子の解明や防止ための支

\* 文化女子大学現代文化学部 Faculty of Liberal Arts and Sciences, Bunka Women's University, Tokyo, Japan.  
\*\* 東京電機大学未来科学部 School of Engineering, Tokyo Denki University, Chiba, Japan.

援方法についての研究が積極的に実施されている。

これらの先行研究においては、認知症の発症や認知機能の低下は、遺伝的要因だけではなく、日常生活習慣がかかわってくるものが報告されている<sup>14)</sup>。そして認知症や認知機能の低下の予防方法の1つとして、運動やスポーツによって日常生活活動を活性化させることの有用性が注目されている<sup>1,6,10,11,14-16)</sup>。例えば、アメリカにおける大規模疫学調査では、身体活動レベルが高い活動的な高齢女性は、認知機能が良いことやその低下が少ないことが明らかにされている<sup>15)</sup>。同様に、健常高齢男性を対象とした疫学調査では、よく歩き活動的な生活習慣をもつ男性は、非活動的な男性と比較して、認知症の発症の危険度が低くなることが報告されている<sup>1)</sup>。このように、欧米を中心とした疫学研究において、日常生活活動量の多い高齢者や定期的に運動を実践している高齢者は、不活発な高齢者よりも、認知症の発症が少ないことや認知機能の低下が緩やかであることが確認されている。しかしながら、これらの先行研究では、対象者の身体活動の評価方法は、自記式または聞き取り法によるアンケートを用いたものがほとんどである。このような主観的な身体活動量の評価は、安価で同時に多くの対象者を測定できるなどの利点はあるものの、肝心の身体活動量を精確に定量することは難しく、加えて高齢者においては、認知機能の低下などの理由から、リコールバイアスが大きくなる。一方、認知機能の評価に関しても、多くの研究では、認知症のスクリーニングテストを用いて認知機能の評価し、その得点の多少によって認知症であるのか否かを判断し、身体活動・運動との関連を検討してきた。認知症への進行過程では、認知機能の変化からみて、正常な老化の過程と区別できる前駆的な期間（例えば、aging-associated cognitive decline など）が存在することが明らかにされており、この期間では、記憶機能の低下が主要な兆候であることが報告されている<sup>19)</sup>。認知症予防の観点からも、このような認知症に移行する前段階の比較的軽度の認知機能の低下を的確に把握し、身体活動・運動との関連を検討していくことが必要である。

本研究は、高齢者の認知機能と身体活動の関係を、客観的に測定された身体活動量をもとに前向

き研究デザインによって検討することを目的とする。

## 研究方法

### A. 対象者と手続き

本研究の対象は、東京都内および千葉県内在住の在宅高齢者84名（50歳代9名含む）であった。対象者は、文化女子大学および東京電機大学で実施している歩数計を使った健康づくり教室の参加者であり、募集は市報や地域の民生委員を通じて行った。2009年3月に4週間にわたって、加速度センサー付き歩数計を装着してもらい、ペースラインでの身体活動量の測定を実施した。また、2009年3月下旬から4月上旬にかけてペースラインの、6か月後の9月下旬から10月上旬にフォローアップの認知機能を測定した。身体活動データの欠損（1日の装着時間が8時間未満の日）が7日以上（全装着日数の25%以上）の者やフォローアップ測定の不参加者を除く71名（男性29名：平均73歳、女性42名：平均69歳）を最終的な分析対象とした。すべての対象者には、本研究の趣旨を十分に説明し、参加に対する同意を得た。なお、本研究を実施するにあたっては、東京電機大学倫理委員会の承認を得た。

### B. 身体活動量の測定

対象者の身体活動は、加速度センサー付き歩数計（ライフコーダPlus、スズケン社製）を用いて測定した。本研究では、1日の装着時間が8時間未満の日を除き、1日の歩数と中強度以上(>3METs)の活動時間について、4週間の平均を算出した。歩数は、Tudor-Locke et al.<sup>13)</sup>の先行研究に基づき、7500歩未満/日、7500歩以上10000歩未満/日、10000歩以上/日の3群に、中強度以上の活動については、American College of Sports Medicine (ACSM) と American Heart Association (AHA)<sup>12)</sup>の基準を参考に、30分未満/日と30分以上/日の2群にそれぞれ区分した。

### C. 認知機能の測定

対象者の認知機能は、Mini Mental State Examination（以下MMSEと略す）<sup>8)</sup>、ベントン視覚記銘検査（Benton Visual Retention Test, 以下BVRTと略す）<sup>3)</sup>、タスクスイッチ課題による遂行機能検査（以下タスクスイッチ課題と略す）で評

価した。

### 1. MMSE

MMSEは、世界中で広く用いられている認知症のスクリーニング検査であり、見当識、記憶、計算と注意力、言語機能、図形能力の下位項目から構成されている。また比較的短時間で実施可能であり、どのような機能が低下しているか、あるいは保たれているかという認知機能障害の全体像を把握することができる有用かつ簡便な検査項目である。得点は、30点満点で評価され、日本版では23点以下が認知症域とされている。

### 2. BVRT

BVRTは、視覚性記憶を評価する検査であり、被検査者の難聴や言語障害などの障害の影響を受けにくく、簡便に実施できるなどの理由から高齢者に対してもよく実施されている。本研究では、幾何学図形の描いてあるカードを10秒間提示し、その直後に記憶を頼りに図形の再現を求めた。10試行中の正解した数をベントン視覚記銘検査の得点とした。

### 3. タスクスイッチ課題

タスクスイッチ課題は、遂行機能を評価する検査である。遂行機能は、目標を設定しそれに対する適切な手順を考え実行する能力で、人が社会生活（買い物に出かけたり、料理をするなど）を営んでいくうえで非常に重要な認知機能の1つである。遂行機能は、加齢に伴い低下していく認知機能として知られており、認知症を患った場合、遂行機能が障害されるケース（遂行機能障害）は極めて多いことがわかっている。興味深いことに、Colcombe et al.<sup>5)</sup>のメタ分析によれば、高齢者において運動習慣に影響を受けやすい認知機能は知覚、記憶、注意などの個々の認知モジュールというよりは、それらを包括した遂行機能であることが知られている。事実、Kramer et al.<sup>10)</sup>は、健常高齢者に6か月間のウォーキング運動を実施させた結果、遂行機能を推し量る課題（タスクスイッチ課題）の成績が対照群に比べて明らかに向上したことを報告している。また、タスクスイッチ課題の成績（反応時間や正答率）は前頭葉損傷患者において著しく低下すること、またfMRIによる脳画像分析では前頭葉活性とタスクスイッチ反応時間との間に関連性が実証されていることから、

タスクスイッチ課題は前頭葉機能検査としても知られている<sup>7)</sup>。以上のことから、本研究では高齢者の遂行機能にも着目し、その評価をするためにタスクスイッチ課題を用いる。

タスクスイッチ課題は、同一課題を連続して実施している（Non-switch条件）途中で別の課題が突然挿入されたとき（Switch条件）の反応遅延と誤反応により評価した。具体的な実施手順は、以下のとおりである。対象者はコンピュータモニタに呈示される直径2cmの円形の反応刺激に対して素早く正確にマウスボタンを押す二者択一の選択反応課題を実施した。反応刺激は凝視点の左右いずれかにランダムな順序で呈示された。対象者は反応刺激の模様によって2つの課題を実施するよう要求された。反応刺激がグレーの場合は刺激呈示側と同側のマウスクリックが求められた。例えばグレーの反応刺激が右側に呈示された場合は中指による右クリック、左に呈示された場合は人差し指による左クリックが正反応となる。一方、反応刺激がグレーと白の縦縞模様の場合は、刺激呈示側と反対側のマウスクリックが求められた。例えば縦縞模様の反応刺激が右側に呈示された場合は人差し指による左クリック、左に呈示された場合は中指による右クリックが正反応となる。前者の課題を刺激呈示側と反応側が一致していることから一致課題、後者を不一致課題とした。テストは1ブロック20試行を4ブロック実施し計80試行で構成された。同一ブロック内で、一方の課題（一致課題もしくは不一致課題）が2～3試行連続したのちに突然他方の課題へスイッチする。対象者は課題のスイッチに柔軟に対応して正確かつ素早く反応するよう求められた。同一課題の連続試行をNon-switch条件（48試行）、課題スイッチが生じた試行をSwitch条件（32試行）とした。

タスクスイッチ課題では、課題のスイッチに対してどの程度柔軟に対応できたかを評価する。そのために次の4つの指標を分析対象とした。1つはSwitch条件の反応時間（reaction time）（以下SwRTと略す）である。しかしながら、SwRTは認知処理にかかわる時間だけではなく視覚や運動処理に関する時間も含まれる。したがって、第2の指標としてNon-switch条件の反応時間（以下NonSwRTと略す）とSwRTの差（SwRT-

NonSwRT=Switch cost, 以下 SwCOST と略す) を算出した。ただし、SwCOST が負の値を示した対象者は分析から除いた。その他、Switch 条件の正答率 (Switch correct rate, 以下 SwCRCT と略す) と SwRT の個人内変動 (標準偏差) (Switch variability, 以下 SwVariability と略す) を対象データとした。SwRT や SwCOST は加齢に伴い延長し、SwCRCT は加齢に伴い減少することが知られている。また、近年、SwVariability は認知課題遂行における安定性を評価し、これは加齢に伴い増大すること、軽度認知症患者において増大することが報告されている<sup>9)</sup>。本研究は、日常身体活動の実態とタスクスイッチ課題から得られる4つの指標 (SwRT, SwCOST, SwCRCT, SwVariability) との関係を検討した。

#### D. 統計分析

各変数のデータは、平均値(標準偏差)で示した。対象者の年齢、body mass index (BMI)、身体活動量、認知機能の性差は、対応のないt-検定で分析した。ベースラインにおける身体活動量と認知機能および6か月間の認知機能の変化量(フォローアップの認知機能の測定値-ベースラインの認知機能の測定値)との関係の分析には、年齢、性別を調整した共分散分析を用いた。すべての分析は、Statistical Package for Social Science 16.0 (SPSS Inc, Chicago, IL) を用いて実施し、5%未

満を有意水準として採用した。

## 結 果

### A. 対象者の特徴

対象者の年齢、BMI、身体活動量、認知機能は表1に示すとおりである。対応のないt-検定の結果、年齢、BMI、1日の平均歩数、MMSE 得点、BVRT 得点に、統計学的な有意差が認められ、男性が女性と比較して、年齢、BMIが高く、1日の平均歩数が多かった。一方、MMSE と BVRT に関しては、女性が男性よりも、有意に高い得点を示した。1日の中強度以上の平均活動時間とタスクスイッチ課題の SwRT、SwCOST、SwCRCT、SwVariability については、統計学的に有意な性差は認められなかった。

### B. 1日の平均歩数と認知機能の関係

対象者の1日の平均歩数と認知機能の関係は表2に示すとおりである。年齢、性別を調整した共分散分析の結果、6か月間のBVRT得点の変化と1日の平均歩数との間に統計学的に有意な関係が認められ、ベースラインの平均歩数が7500歩未満/日の群は、7500歩以上10000歩未満/日および10000歩以上/日の群と比較して、有意に得点の大きな低下が示された。しかし、ベースラインでのすべての認知機能およびBVRT得点を除く認知機能の6か月間の変化と1日の平均歩数との間

表1. 対象者の身体的特徴、身体活動、認知機能

Table 1. Physical characteristics, physical activity, and cognitive function in participants.

	Men			Women			Significance
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	
Age (years)	73.2	4.7	29	68.9	8.9	42	*
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	23.0	2.1	29	21.0	2.6	42	**
Month-averaged step count (steps/day)	10383	4084	29	8711	2362	42	*
Month-averaged duration of physical activity >3 METs (min/day)	35.1	23.2	29	28.4	14.4	42	ns
Mini Mental State Examination score	28.2	1.7	29	29.0	1.3	42	**
Benton Visual Retention Test score	6.7	1.6	29	7.4	1.3	42	**
Task-switch reaction time test							
Switch reaction time (msec)	623.6	50.8	25	619.5	78.1	39	ns
Switch cost (msec)	60.3	29.9	22	63.6	35.5	33	ns
Switch correct rate (%)	46.5	27.1	25	53.4	28.4	39	ns
Switch variability	90.8	66.5	24	74.4	46.1	38	ns

METs, metabolic equivalents.

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , ns; not significant.

表 2. 1日の平均歩数と認知機能  
Table 2. Month-averaged daily step count and cognitive function.

		Month-averaged step count (steps/day)									Significance	
		1. <7500			2. 7500-9999			3. ≥10000			Baseline	Follow-up-Baseline
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n		
Mini Mental State Examination score	Baseline	28.7	1.5	18	28.7	1.5	27	28.7	1.7	26	ns	
	Follow-up	28.7	1.1		29.0	1.2		28.7	1.1			
	Δ	0.0	1.6		0.3	1.3		0.0	1.8			ns
Benton Visual Retention Test score	Baseline	7.3	1.5	18	7.1	1.4	27	7.0	1.5	26	ns	
	Follow-up	6.3	2.6		7.5	1.3		7.3	1.5			
	Δ	-1.0	2.4		0.4	1.5		0.3	1.7			**1 vs. 2, 3
Task-switch reaction time test												
Switch reaction time (msec)	Baseline	644.5	54.7	16	601.2	85.6	23	624.4	54.0	25	ns	
	Follow-up	625.7	41.8		610.9	51.2		607.4	67.2			
	Δ	-18.8	59.2		9.7	84.2		-17.0	53.9			ns
Switch cost (msec)	Baseline	55.4	26.6	13	64.0	38.2	21	64.7	32.3	21	ns	
	Follow-up	46.3	22.1		55.0	27.4		60.8	33.8			
	Δ	-9.1	25.6		-9.0	28.0		-3.9	36.7			ns
Switch correct rate (%)	Baseline	59.7	21.8	16	50.2	29.7	23	45.4	29.2	25	ns	
	Follow-up	70.5	22.6		65.1	27.4		65.1	27.4			
	Δ	10.8	20.6		14.9	22.0		19.7	17.5			ns
Switch variability	Baseline	72.7	58.7	16	83.4	58.8	22	83.7	50.5	24	ns	
	Follow-up	62.8	15.7		76.5	40.7		70.0	24.0			
	Δ	-9.9	63.1		-6.9	67.2		-13.7	53.0			ns

\*\* $P < 0.01$ , ns; not significant.

表 3. 1日の中強度以上の平均活動時間と認知機能  
Table 3. Month-averaged daily duration of physical activity >3 METs and cognitive function.

		Month-averaged duration of physical activity >3 METs (min/day)						Significance	
		<30.0			≥30.0			Baseline	Follow-up-Baseline
		Mean	SD	n	Mean	SD	n		
Mini Mental State Examination score	Baseline	28.8	1.4	34	28.5	1.7	37	ns	
	Follow-up	28.8	1.2		28.8	1.1			
	Δ	0.0	1.2		0.3	1.9			ns
Benton Visual Retention Test score	Baseline	7.2	1.5	34	7.1	1.4	37	ns	
	Follow-up	7.0	2.1		7.2	1.5			
	Δ	-0.2	2.2		0.1	1.5			ns
Task-switch reaction time test									
Switch reaction time (msec)	Baseline	604.1	84.2	29	635.2	48.6	35	ns	
	Follow-up	616.8	45.2		610.3	63.7			
	Δ	12.7	88.3		-24.9	37.7			*
Switch cost (msec)	Baseline	57.5	33.7	23	65.7	32.8	32	ns	
	Follow-up	49.9	25.4		58.9	31.2			
	Δ	-7.6	25.2		-6.8	34.5			ns
Switch correct rate (%)	Baseline	55.3	28.5	29	46.9	27.2	34	ns	
	Follow-up	65.4	27.8		67.3	24.7			
	Δ	10.1	21.9		20.4	17.2			ns
Switch variability	Baseline	89.8	70.1	28	73.3	37.9	35	ns	
	Follow-up	71.9	38.3		69.3	20.5			
	Δ	-17.9	80.6		-4.0	35.3			*

\* $P < 0.05$ , ns; not significant.

に統計学的に有意な関係は認められなかった。

### C. 1日の中強度以上の平均活動時間と認知機能の関係

対象者の1日の中強度以上の平均活動時間と認知機能の関係は表3に示すとおりである。年齢、性別を調整した共分散分析の結果、6か月間のタスクスイッチ課題のSwRTおよびSwValiabilityの変化と1日の中強度以上の平均活動時間との間に統計学的に有意な関係が認められた。SwRTに関しては、ベースラインの平均活動時間が30分以上/日の群は反応時間の短縮を示し、その変化量が30分未満/日の群と比較して、有意に大きいことが認められた。一方、SwValiabilityは、活動時間にかかわらず減少を示し、その変化量は30分以上/日の群で有意に小さいことが認められた。しかし、1日の中強度以上の平均活動時間と、ベースラインでのすべての認知機能およびMMSE得点、BVRT得点、タスクスイッチ課題のSwCOSTとSwCRCTの6か月間の変化との間に統計学的に有意な関係は認められなかった。

## 考 察

活動的なライフスタイルが、高齢者の心身の健康、認知機能の維持・増進に良い影響を与えることは数多くの先行研究で報告されている<sup>2,4,12)</sup>。本研究においても、1日の平均歩数が7500歩未満の高齢者は、7500歩以上の高齢者と比較して、6か月後の視覚性記憶を評価するBVRT得点の低下が大きいことが確認された。一方、BVRT得点の変化と中強度以上の活動時間との間には、統計学的に有意な関連は認められなかった。アメリカの高齢女性18766名を対象に自記式による身体活動量と2年間の認知機能の変化を調査した疫学研究の結果<sup>15)</sup>、低強度のウォーキングを週に1.5時間以上実施している女性は、週当たり40分以下の者と比較して、認知機能の低下が有意に少ないことが報告されている。同様に、日常生活での歩行を含むウォーキングの距離と6年から8年の長期間にわたる認知機能の変化を検討した研究においても、週当たりの歩行距離が少ない高齢者は、多い高齢者よりも、大きく認知機能が低下していた<sup>16)</sup>。高齢者の日常身体活動の特徴として、低強度の活動が大部分を占め、中強度以上の活動は

非常に少ないことが明らかにされている。例えば、加速度センサー付き歩数計を用いて日本人高齢者の身体活動を調査した研究では、高齢者の1日の活動のなかで、約70%が3METs以下の低強度の活動であることが報告されている<sup>17)</sup>。また、日本人高齢者を対象とした大規模調査研究からも、日常生活の身体活動のなかで、運動・スポーツ活動以外の活動が男性で約73%、女性で約80%の割合を占めることも確認されている<sup>18)</sup>。このような高齢者の日常身体活動の特徴を踏まえると、高齢者の短期記憶などで評価される認知機能の維持・増進のためには、中・高強度の運動やスポーツ活動にこだわらず、比較的low強度の活動を含めた日常生活全般を活性化させていくことが必要であると考えられる。

一方、タスクスイッチ課題においては、中強度以上の活動時間のみで、成績の6か月間の変化量との間に統計学的に有意な関連が認められ、1日に占める中強度以上の活動時間が30分未満の高齢者に比べて、30分以上の者で認知処理時間(SwRT)の短縮とその認知処理の安定性(SwValiability)の保持が認められた。タスクスイッチ課題は遂行機能を推し量る検査の1つとして知られており、認知機能のなかでも比較的高次の脳機能を測定する。遂行機能は、目標を設定しそれに対して内的(記憶や経験)・外的(環境)情報を統合し適切な手順を考え問題を解決する能力とされ、人が社会生活(買い物に出かけたり、料理をするなど)を営んでいくうえで非常に重要な認知機能である。本研究において興味深い結果は、タスクスイッチ課題の成績の改善効果が中強度以上の身体活動時間によって異なるということである。これが内的情報の統合と問題解決・実行などの遂行機能の違いを反映しているとするれば、群間の違いは次のように解釈できる。つまり、1日平均活動時間30分以上の群は、ベースライン調査における課題遂行経験が内的情報として保持され、6か月後の改善効果に大いに貢献したものと考えられる。一方、活動時間30分未満の群は過去の課題遂行経験を6か月後に十分に反映させることができなかつたのかもしれない。先行研究においても、遂行機能と身体活動の関係が報告されており、それらはいずれも中・高強度(例えば、

60～70%HRRのウォーキングトレーニング)による改善効果を観察している<sup>6,10)</sup>。本研究においても、低強度というよりも中強度以上の身体活動において遂行機能との関係が認められた。これは、複雑な情報処理を要するような遂行機能の保持・改善に関して、中強度以上の身体活動の習慣化が重要であることを示す結果かもしれない。

最後にMMSEに関しては、歩数、中強度以上の活動時間ともに関連は示されなかった。対象者のMMSEの得点範囲は、25点から30点とすべて正常範囲にあり、対象者全体の80%が28点以上の高得点であった。このため、認知症のスクリーニングに用いられるMMSEでは、6か月間という短期間の変化はとらえにくかったのだろう。

## 総 括

本研究では、高齢者の認知機能と加速度センサー付き歩数計で測定された日常身体活動との関係を前向き研究デザインにより検討した。結果から、1日の平均歩数が7500歩以上の高齢者は、6か月後の視覚性記憶で評価される認知機能が良いことが示唆された。一方、遂行機能で測定された高次の認知機能に関しては、歩数の多少ではなく、中強度以上の1日平均活動時間が30分以上の高齢者で、6か月後の成績の向上が認められた。今後は、本対象者の追跡調査を引き続き行っていくとともに、介入研究デザインを用いて本研究の成果を検証していきたい。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただきました関係諸氏に厚く御礼申し上げます。また、本研究への助成を賜りました財団法人明治安田厚生事業団に深く感謝致します。

## 参 考 文 献

- 1) Abbott RD, White LR, Ross GW, Masaki KH, Curb JD, Petrovitch H (2004): Walking and dementia in physically capable elderly men. *JAMA*, **292**, 1447-1453.
- 2) American College of Sports Medicine (1998): ACSM on position stand, exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, **30**, 992-1008.
- 3) Benton AL. 高橋剛夫訳 (1966): ベントン視覚記憶検査使用手引き. 初版. 三京房. 京都.

- 4) Chodzko-Zajko WJ (1997): The world health organization issues guidelines for promoting physical activity among older person. *J Aging Phys Act*, **5**, 1-8.
- 5) Colcombe S, Kramer AF (2003): Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, **14**, 125-130.
- 6) Colcombe SJ, Kramer AF, Erickson KI, Scalf P, McAuley E, Cohen NJ, Webb A, Jerome GJ, Marquez DX, Elavsky S (2004): Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proc Natl Acad Sci U S A*, **101**, 3316-3321.
- 7) Davidson MC, Amso D, Anderson LC, Diamond A (2006): Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, **44**, 2037-2078.
- 8) Folstein MF, Folstein FE, McHugh PR (1975): Mini-Mental State: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*, **12**, 189.
- 9) Hultsch DF, MacDonald SW, Hunter MA, Levy-Bencheton J, Strauss E (2000): Intraindividual variability in cognitive performance in older adults: comparison of adults with mild dementia, adults with arthritis, and healthy adults. *Neuropsychology*, **14**, 588-598.
- 10) Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, Banich MT, McAuley E, Harrison CR, Chason J, Vakil E, Bardell L, Boileau RA, Colcombe A (1999): Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, **400**, 418-419.
- 11) Lautenschlager NT, Cox KL, Flicker L, Foster JK, van Bockxmeer FM, Xiao J, Greenop KR, Almeida OP (2008): Effect of physical activity on cognitive function in older adults at risk for Alzheimer disease: a randomized trial. *JAMA*, **300**, 1027-1037.
- 12) Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, Macera CA, Castaneda-Sceppa C (2007): Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*, **39**, 1435-1445.
- 13) Tudor-Locke C, Bassett Jr DR (2004): How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med*, **34**, 1-8.
- 14) Wang HX, Karp A, Winblad B, Fratiglioni L (2002): Late-life engagement in social and leisure activities is associated with a decreased risk of dementia: a longitudinal study from the Kungsholmen project. *Am J Epidemiol*, **155**, 1081-1087.
- 15) Weuve J, Kang JH, Manson JE, Breteler MM, Ware JH,

- Grodstein F (2004): Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *JAMA*, **292**, 1454-1461.
- 16) Yaffe K, Barnes D, Nevitt M, Lui LY, Covinsky K (2001): A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med*, **16**, 1703-1708.
- 17) Yasunaga A, Togo F, Watanabe E, Park H, Shephard RJ, Aoyagi Y (2006): Yearlong physical activity and health-related quality of life in older Japanese adults: the Nakanojo study. *J Aging Phys Act*, **14**, 288-301.
- 18) Yasunaga A, Togo F, Watanabe E, Park H, Park S, Shephard RJ, Aoyagi Y (2007): Development and evaluation of the physical activity questionnaire for elderly Japanese (PAQ-EJ): the Nakanojo study. *J Aging Phys Act*, **15**, 398-411.
- 19) 矢富直美, 杉山美佳, 宮前史子 (2007): 失敗しない認知症予防のすすめ方. 第1版, 9-10. 真興交易医書出版部, 東京.