

地域在住中高齢女性の生活体力が動脈ステイフネスに及ぼす影響

田村 靖明<sup>1,2</sup>, 三浦 哉<sup>3</sup>, 橋本 祐司<sup>1,4</sup>, 石川 みづき<sup>1,4</sup>, 東 亜弥子<sup>1</sup>

**Correlation of functional fitness with arterial stiffness in community middle-aged and older women**

Yasuaki Tamura<sup>1,2</sup>, Hajime Miura<sup>3</sup>, Yuji Hashimoto<sup>1,4</sup>, Miduki Ishikawa<sup>1,4</sup> and Ayako Azuma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>徳島大学大学院総合科学教育部, 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島1-1 (*Graduate School of Integrated Arts and Science, Tokushima University, 1-1 Minamijyosanjima, Tokushima, Tokushima 770-8502, Japan*)

<sup>2</sup>徳島県鳴門病院リハビリテーション部, 〒772-0001 徳島県鳴門市撫養町黒崎字小谷32 (*Department of Rehabilitation, Tokushima Prefecture Naruto Hospital, 32 Kurosakiazakotani, Muya-cho, Naruto, Tokushima 772-0001, Japan*)

<sup>3</sup>徳島大学大学院総合科学研究部, 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島1-1 (*Laboratory for Applied Physiology, Faculty of Integrated Arts and Science, Tokushima University, 1-1 Minamijyosanjima, Tokushima, Tokushima 770-8502, Japan*)

<sup>4</sup>鳴島病院リハビリテーション部, 〒776-8588 徳島県吉野川市鳴島町内原432 (*Department of Rehabilitation, Kamojima Hospital, 432 Uchibara, Kamojima-cho, Yoshinogawa, Tokushima 776-8588, Japan*)

Received: July 6, 2016 / Accepted: September 12, 2016

**Abstract** Habitual exercise is important for improving or maintaining the arterial function with age. However, the role of functional fitness on arterial stiffness in the elderly is unclear. This study was conducted to examine the relationships between functional fitness and arterial stiffness in elderly woman. Four hundred and seventy-nine elderly woman participated in the present investigation. The systolic/diastolic blood pressure and brachial to ankle pulse wave velocity were obtained in the supine position using an automatic pulse wave form analyzer. Four items of functional fitness (standing/sitting, walking, hand working, and self-care working) were assessed. The measurement variables were calculated for five chronological classifications (60~64, 65~69, 70~74, 75~79 and 80 yrs or over). The four items of functional fitness and brachial to ankle pulse wave velocity increased linearly with age. A multiple stepwise regression analysis revealed that systolic blood pressure ( $\beta=0.366$ ), age ( $\beta=0.225$ ), heart rate ( $\beta=0.188$ ), body mass index ( $\beta=-0.102$ ), and standing/sitting ( $\beta=0.098$ ) were independent contributors to brachial to ankle pulse wave velocity, accounting for 29.6% of the variability. The physical function, especially standing/sitting, influences the arterial function in elderly women.

*Jpn J Phys Fitness Sports Med, 65(6): 533-538 (2016)*

**Keywords** : functional fitness, standing/sitting, arterial stiffness, elderly

緒 言

動脈壁の伸展性の低下あるいは硬度（ステイフネス）の増大は、加齢にともなうエラスチンの減少、コラーゲンの増加、カルシウムの沈着などの器質的変化および血管平滑筋の緊張度の増大などの機能的変化が大きく影響する<sup>1-3)</sup>。また、動脈ステイフネスが増大し、血圧上昇に対するコンプライアンスが低下すると、心臓左室収縮期には血圧が上昇して、心筋および動脈のストレスが増大し、同拡張期には血圧が下降して、冠動脈の血流が低下する。これらにより、動脈ステイフネスの増大は、他の因子と独立して心血管系疾患のリスクが高まる<sup>4)</sup>。2013年の循環器系疾患の死因別死亡割合は、悪性新生物の死亡割合と同等であり<sup>5)</sup>、これらの疾患の後遺症は、心身

の自立障害および生活の質の低下に影響を及ぼすため、動脈機能低下を予防することは重要である。

日常生活活動（ADL）の中で、歩行、起居、手腕作業および身辺作業などの身体的活動能力（生活体力）は、加齢とともに、低下することが明らかになっている<sup>6)</sup>。さらに、ADLの低下と動脈ステイフネスは、強い関連性があることが報告されているが<sup>7)</sup>、ADLに含まれる歩行、起居、手腕作業および身辺作業などの生活体力、およびそれらに関連する体力要素と動脈ステイフネスとの関連性については不明である。また、循環器系疾患の発症および死亡率は、加齢にともなう拍動緩衝機能の低下と密接に関連し<sup>8)</sup>、動脈ステイフネスの増大は、加齢以外にも喫煙、塩分過剰摂取および運動習慣といった生活習慣と関連することが明らかになっている<sup>9,10)</sup>。これに対し

て、習慣的な有酸素性運動は、動脈スティフネスを改善させ<sup>11)</sup>、さらに、高齢者の柔軟性と脈波伝播速度は、負の関係性があることが報告されており<sup>12)</sup>、ストレッチングなどの低強度の身体活動でも、動脈スティフネスに影響を与える可能性がある。つまり、潜在的な動脈の硬化性変化は、加齢による身体機能低下およびADL制限が、間接的に影響している可能性が考えられる。

このように生活体力は、様々な体力要素を反映させた結果であるにも関わらず、動脈スティフネスとの関係性について十分に検討されていない。したがって、生活体力と動脈スティフネスとの関連性が明確になれば、運動からのアプローチでそれらの能力を維持または改善させることが、循環器疾患に対する予防策の一つになる可能性がある。そこで本研究は、生活体力の評価指標である起居能力、移動能力、手腕作業能力および身辺作業能力と動脈スティフネスとの関連性について明らかにしようとした。

## 方 法

**対象者** 対象者は要介護および要支援の非認定者で、2008~2015年にT県内で実施された一次予防事業に参加した在宅自立中高齢者708名（男性132名、女性576名）のうち、60歳未満、Ⅱ度高血圧以上、さらに問診票から糖尿病および脂質代謝異常に対する治療中の男女を除外し、Ⅰ度高血圧症以下なおかつ降圧剤などの服薬をしていない閉経後の女性479名を分析対象とした。なお、本研究は、徳島大学総合科学部人間科学分野に帰属する研究倫理委員会の承認を受けたものであり、対象者には研究の趣旨、目的および各測定内容について説明し、随時、測定を拒否、撤回、中断できることを確認した。研究でのデータ使用に関する説明を個別に口頭で行い、書面にてデータ使用の承諾を得た（受付番号02）。

### 測定項目および測定方法

#### 形態指標

形態指標として、身長は身長計（YG-200、ヤガミ社製）を用いて0.1 cm単位で、体重は体重計（InnerScan50V、TANITA社製）を用いて0.1 kg単位で測定した。Body mass index（BMI）は、体重（kg）を身長（m）の2乗で除すことにより算出した。

#### 血圧、心拍数および脈波伝播速度

血圧脈波検査装置（BP-203RPE、オムロンコーリン株式会社製）を用いて、左の上腕収縮期（SBP）、拡張期血圧（DBP）および上腕から足首の脈波伝播速度（baPWV）をすべて同一検査者が測定した。

対象者は食後3時間以上経過した後に、室温が調整された部屋（23~25℃）にて約20分間の仰臥位安静後に、

同姿勢時の心音図、心電図、脈波および四肢血圧の測定を実施した。心拍数（HR）は、両手首に設置したECG電極および胸骨の左端に設置したマイクロフォンの心音記録から測定した。

血圧脈波検査装置は、動脈の伸展性（硬化状態）を非侵襲的に測定することが可能である<sup>13,14)</sup>。両上腕および両足首に血圧測定用のカフを巻き、カフ内の容積脈波から両上腕と両足首の脈波を獲得することができる。これらの上腕および足首の脈波から立ち上がり時間の差（ $\Delta T$ ）を測定し、身長から求めた大動脈弁口から上腕までの長さ（La）、大動脈部弁口から上腕までの長さ（Lb）、をそれぞれ求め、以下に示す式からbaPWVを算出した。

$$\text{脈波伝播速度} = (La - Lb) / \Delta T$$

なお、事前に成人女性20名を対象にbaPWVを2回計測したところ、1回目は $990.3 \pm 76.8$ 、2回目は $989.1 \pm 79.2$  cm s<sup>-1</sup>であり、変動係数は1.8%であった。

#### 生活体力テスト

対象者の生活体力を測定するために起居能力、歩行能力、手腕作業能力および身辺作業能力で構成される生活体力テスト（財・明治安田厚生事業団体力研究所 考案）<sup>6,15)</sup>を実施した。起居能力は、仰臥位姿勢から立ち上がり、その後、椅子に座って再び立ち上がるという一連の動作をできる限り速く実施し、その所要時間を評価指標とした。歩行能力は、10 m歩行路の2 m毎に中心線から50 cm離れて左右2か所ずつの方向変換点が設置されたジグザグ歩行コースをできる限り速く歩き、その所要時間を評価指標とした。手腕作業能力は、手腕作業検査盤を用いて、ボード上に設置されたペグを2本ずつ両手で同時に別の穴へ差し移し、48本全てのペグを移しかえるまでの所要時間を評価指標とした。身辺作業能力は、水平横に上げた指先から対側の肩峰点までの長さに相当するロープの両端を握り、立位でそのロープを片足ずつ踏み越え、その後、背側から頭上を通して再び体の前面に戻すという動作をできるだけ速く3回繰り返す、その所用時間を評価指標とした。

**統計解析** 各項目の測定結果は、平均値±標準偏差で示した。また全てのデータは、Shapiro-Wilk testを用いて正規性の検定を行い、正規性がみられた変数はパラメトリック検定を、非正規性がみられた変数はノンパラメトリック検定を適用した。被験者を60~64歳群、65~69歳群、70~74歳群、75~79歳群および80歳以上群の5群に別けた年齢間の諸特性の比較には、一元配置分散分析またはKruskal-WalisのH検定を行い、post-hoc検定としてTukey-HSD法またはSteel-Dwass法を行った。次に、baPWVと各測定項目間関係を明らかにするために、

Pearsonの積率相関係数を算出した。またbaPWVを従属変数、その他の項目を独立変数としたステップワイズ法による重回帰分析を実施した。なお、変動インフレーション因子(VIF)を判断基準として、重回帰モデルに多重共線性がないことを確認した。統計解析には統計ソフトR version 2.2-2を使用し統計学的有意水準は5%未満とした。

## 結 果

対象者の身体特性および生活体力の年代別比較は、Table 1のとおりであり、HR、baPWV、起居能力、歩行能力、手腕作業能力および身辺作業能力は、年齢に伴い増加傾向であった。Body Mass Index (BMI)、SBP、DBPおよびHRに関しては、年齢間に有意な差は認められなかった。身長は、60~64歳群と80歳以上群との間に、体重は60~64歳群と70~74歳群、75~79歳群および80歳以上群との間に有意な差が認められた。baPWVについては、60~64歳群と全ての年齢間に、65~69歳群と75~79歳群および80歳以上群との間に、70~74歳群と75~79歳群および80歳以上群との間に、75~79歳群と80歳以上群との間に有意な差が認められた。生活体力について起居能力、歩行能力はすべての群間に、手腕作業能力、身辺作業能力については、60~64歳群、65~69歳群および75~79歳群はすべての群間に有意な差が認められた。

Table 2はbaPWVと各測定項目間との関係を明らかにするために、Pearsonの積率相関係数を算出した結果であり、年齢、SBP、DBP、HR、起居能力、歩行能力、手腕作業能力および身辺作業能力との間にそれぞれ有意な相関関係が認められた。さらに、ステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った結果はTable 3に示すとおりであり、baPWVの有意な独立変数としてSBP、年齢、HR、BMIおよび起居動作が採択され、その際の決定係数( $R^2$ )は29.6%であった。

## 考 察

本研究では、中高齢女性の動脈ステイフネスと生活体力との関連性について検討した。その結果、baPWVは年代毎に徐々に上昇し、加齢に伴う動脈ステイフネスの増大が認められた。一方で、起居能力、歩行能力、手腕作業能力および身辺作業能力の生活体力は、年代毎の段階的な能力低下が認められた。加齢に伴うbaPWVの上昇は、先行研究で明らかにされており<sup>8)</sup>、生活体力が低下した結果についても従来の研究<sup>6)</sup>と同様であった。

本研究で得られた重要な所見は、baPWVと各測定項目との関係をピアソンの積率相関係数から明らかにした結果、年齢、SBP、DBP、HR、起居能力、歩行能力、手腕作業能力および身辺作業能力に有意な相関関係が認められ、さらにbaPWVを従属変数、その他の項目を独立

変数としたステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った結果、baPWVにはSBP、年齢、HRおよびBMIに加え、特に生活体力では起居能力が影響した点である。

baPWVと歩行能力では、すでに先行研究でPWVとの間に強い関連性があることが報告<sup>7)</sup>されており、本研究と同様の結果であった。先行研究<sup>6)</sup>では、歩行速度、本研究では方向転換を含んだ歩行速度を評価<sup>6,15)</sup>していることから、速く歩くための脚力および方向転換で体を安定させるために必要な筋力などが、baPWVの亢進を抑制することに影響していると考えられる。次に「更衣」、「入浴」、「整容」といった身辺動作に関連する能力である身辺作業能力には、歩行能力と同様に脚力および体を安定させるために必要な筋力が必要であり、それらの体力要素がbaPWVに影響していることが推測できる。一方で、家事動作に関連する手腕作業能力に必要な手指の巧緻動作などの体力要素が、直接的にbaPWVに影響しているとは考え難いが、「調理」には立位保持が必要であり、「掃除機での掃除」は3.3 METsの運動強度があるとされている<sup>17)</sup>。つまり、手腕作業能力を維持している生活背景には、多くの体力要素が必要であり、それらが間接的にbaPWVに影響したのではないかと考えられる。

また、生活体力の中でも、起居能力が重要であることが重回帰分析の結果から明らかになった。「起きる」、「立ち上がる」、「座る」、「横たわる」といった起居動作は、日常生活動作として重要であり、それぞれ方法は様々である。さらに、臥位から座位、座位から立位などの姿勢変換には、関節の安定性を基盤とした上肢・体幹・下肢の協調運動が含まれ、高い身体機能が要求される<sup>18)</sup>。生活体力テストで評価する起居能力は、臥位および低座面の椅子から立位、立位から座位といった一連動作に要する時間を評価するため、姿勢変換に必要な身体機能が反映される。例えば、床からの起き上がり動作は、回旋を伴う場合、伴わない場合または側臥位を経由する場合があります。主に体幹、股関節機能を反映している。また、床からの立ち上がり動作では、蹲踞を経由する場合または四つ這位を経由する場合などあり<sup>19)</sup>、体幹、下肢の筋力および可動性などが反映される。

身体の機能的制限は、「毎日の生活における基本的な身体活動と精神活動の制約」と定義されている<sup>20)</sup>。国際生活機能分類(ICF)モデルに、機能的制限の概念を加えた修正モデルとして「機能障害と活動制限の間に機能的制限を介在させたモデル」が提案され、米国理学療法協会(APTA)は2008年にこれを障害モデルとして承認した<sup>21)</sup>。これは、機能的制限が活動制限に影響を及ぼす過程にあることを示している。すなわち、起居能力を維持させることが活動制限を防ぐために重要な要因であることが考えられる。さらに、高齢者の生活空間は、歩行速度およびバランス能力といった身体機能と強い相関関

Table 1. Characteristics of the subjects chronological classification

Variables	Chronological classification					
	Total (n = 479)	60~64 (n = 35)	65~69 (n = 160)	70~74 (n = 152)	75~79 (n = 91)	80 or over (n = 41)
Age (yrs)	71.6 ± 5.4	62.4 ± 1.4	67.2 ± 1.4 <sup>A</sup>	72.2 ± 1.3 <sup>A,B</sup>	76.1 ± 1.6 <sup>A,B,C</sup>	82.1 ± 2.2 <sup>A,B,C,D</sup>
Height (cm)	153.3 ± 5.5	153.2 ± 6.7	151.2 ± 5.2	151.0 ± 5.3	150.9 ± 5.4	144.6 ± 5.8 <sup>a</sup>
Weight (kg)	53.5 ± 7.7	57.2 ± 7.4	53.7 ± 7.5	53.3 ± 8.1 <sup>a</sup>	53.0 ± 6.9 <sup>a</sup>	52.1 ± 8.0 <sup>a</sup>
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	23.4 ± 3.2	24.5 ± 3.6	23.3 ± 3.0	23.4 ± 3.4	23.3 ± 2.6	23.3 ± 3.8
SBP (mmHg)	134.9 ± 14.4	130.6 ± 17.4	133.9 ± 15.0	135.3 ± 13.2	137.3 ± 13.3	135.7 ± 15.0
DBP (mmHg)	77.5 ± 8.7	77.3 ± 12.2	78.0 ± 9.1	77.6 ± 7.7	77.6 ± 7.9	75.2 ± 8.8
HR (beat·min <sup>-1</sup> )	72.7 ± 11.0	70.2 ± 10.2	72.0 ± 10.7	72.6 ± 9.4	73.5 ± 12.2	74.6 ± 12.7
baPWV (m·sec <sup>-1</sup> )	17.8 ± 3.4	15.3 ± 2.6	17.1 ± 3.1 <sup>aa</sup>	17.8 ± 3.2 <sup>A</sup>	18.8 ± 3.2 <sup>A,B,c</sup>	20.2 ± 3.9 <sup>A,B,C,D</sup>
Standing/Sitting (sec)	6.9 ± 2.6	5.0 ± 0.9	5.9 ± 1.5 <sup>a</sup>	7.1 ± 2.6 <sup>A,B</sup>	7.8 ± 2.4 <sup>A,B,cc</sup>	10.3 ± 4.1 <sup>A,B,C,D</sup>
Walking (sec)	8.2 ± 1.6	6.7 ± 1.0	7.6 ± 1.2 <sup>A</sup>	8.1 ± 1.3 <sup>A,b</sup>	8.9 ± 1.6 <sup>A,B,C</sup>	10.1 ± 1.9 <sup>A,B,C,dd</sup>
Hand working (sec)	35.0 ± 4.4	31.7 ± 2.9	33.5 ± 3.4 <sup>a</sup>	35.2 ± 4.2 <sup>A,b</sup>	36.5 ± 4.4 <sup>A,B</sup>	39.2 ± 4.9 <sup>A,B,C</sup>
Self-care working (sec)	8.4 ± 2.8	6.8 ± 1.6	7.7 ± 1.8 <sup>a</sup>	8.7 ± 3.2 <sup>A,B</sup>	9.2 ± 3.8 <sup>A,B</sup>	10.3 ± 2.9 <sup>A,B,C</sup>

Date are shown as the means ± standard deviation.  
 BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HR, heart rate; PWV, pulse wave velocity  
 a; vs. 60~64 yrs (p<0.05), aa; vs. 60~64 yrs (p<0.01), A; vs. 60~64 yrs (p<0.001)  
 b; vs. 65~69 yrs (p<0.05), bb; vs. 65~69 yrs (p<0.01), B; vs. 65~69 yrs (p<0.001)  
 c; vs. 70~74 yrs (p<0.05), cc; vs. 70~74 yrs (p<0.01), C; vs. 70~74 yrs (p<0.001)  
 d; vs. 75~79 yrs (p<0.05), dd; vs. 75~79 yrs (p<0.01), D; vs. 75~79 yrs (p<0.001)

Table 2. Liner regression analysis of baPWV and ather variables

Variable	Coefficients of correlation	p
Age	0.330	<0.001
Height	-0.011	n.s.
Weight	-0.069	n.s.
BMI	-0.062	n.s.
SBP	0.396	<0.001
DBP	0.270	<0.001
HR	0.260	<0.001
Standing/Siting	0.218	<0.001
Walking	0.188	<0.001
Hand working	0.093	0.042
Self-care working	0.117	0.011

Abbreviations are the same as those in Table 1.

Table 3. Multiple stepwise analysis of the baPWV

Variable	$\beta$	p
SBP	0.366	<0.000
Age	0.225	<0.000
HR	0.188	<0.000
BMI	-0.102	0.012
Standing/Siting	0.098	0.034
R <sup>2</sup>	0.296	
adjusted R <sup>2</sup>	0.289	

Abbreviations are the same as those in Table 1.

係がある<sup>22)</sup>ことや、身体活動量の低下は、循環器および心血管系疾患が原因の死亡リスクを増大させる事が示されている<sup>23)</sup>。また、筋量が減少するサルコペニアでは健康者と比較して脚筋力が有意に低く、baPWVが有意に高いことが報告されている<sup>24,25)</sup>。これらのことから、筋力が低下して、起居能力が低下することで日常生活活動が制限され、baPWVに影響を与える要因となったのではないかと考えられる。

本研究により、動脈ステイフネスと起居能力との関連性について知見を得たことで、起居能力の低下から動脈壁の硬化性変化を推測できると同時に、起居能力を維持させることは、循環器疾患の予防に有効である可能性があることが示された。したがって、起居能力が反映している体幹および下肢の筋力を維持させることは、二次的

に動脈硬化を予防させる一因になると考えられる。

本研究は、60歳未満、II度高血圧以上、さらに問診票から糖尿病および脂質代謝異常に対する治療中の男女を除外した結果、I度高血圧症以下かつ降圧剤などの服薬のない女性高齢者が分析対象となり、男性を対象者に含めることができなかった。男女間での体力の違い、生活体力に関して性差が予測され、血圧およびPWVの値も異なるために今後、男性を対象として分析する必要がある。さらに、健康な高齢者を対象としているため、高血圧を始めとする心血管疾患患者に対して本研究の結果は一般化できない。また、baPWVは全身性の指標であり、局所および中心性のPWVに対する影響についても同様に検討する必要性があることなどが本研究の限界として考えられる。

## 結 語

本研究において、生活体力がbaPWVに与える影響を明らかにするため重回帰分析を行った結果、baPWVには生活体力の中で特に起居能力が影響することが示された。したがって、起居能力の維持または向上は、動脈硬化の進行を予防させるのに有効である可能性が示唆された。

利益相反自己申告：申告すべきものはなし

## 謝 辞

本研究の実施に当たり、ご協力いただいた徳島大学応用生理学研究室スタッフに深謝する。なお、本研究の一部は、徳島県徳島市、鳴門市、勝浦郡との受託研究により実施された。

## 引用文献

- 1) Folkow B, Svanborg A. Physiology of cardiovascular aging. *Physiol Rev* 73: 725-764, 1993.
- 2) Lakatta EG. Age-associated cardiovascular changes in health: impact on cardiovascular disease in older persons. *Heart Fail Rev* 7: 29-49, 2002.
- 3) Seals DR. Habitual exercise and the age-associated decline in large artery compliance. *Exerc Sports Sci Rev* 31: 68-72, 2003.
- 4) 大槻 毅：運動プログラムの効果と実際 動脈硬化の予防のための運動プログラム, 臨床スポーツ医学, 28: 1361-1364, 2011.
- 5) 厚生統計協会. 国民衛生の動向・厚生指標, 厚生統計協会, 東京, 62-70, 2014.
- 6) 種田行男：高齢者の生活体力とその関連要因, 日本運動生理学雑誌, 4: 141-147, 1997.
- 7) Brunner EJ, Shipley MJ, Witte DR, Singh-Manoux A, Britton AR, Tabak AG, McEniery CM, Wilkinson IB, Kivimaki M. Arterial stiffness, physical function, and functional limitation: The Whitehall II study. *Hypertension* 57: 1003-1009, 2011.
- 8) Blacher J, Guerin AP, Pannier B, Marchais SJ, Safar ME, London GM. Impact of aortic stiffness on survival in end-stage renal disease. *Circulation* 99: 2434-2439, 1999.
- 9) Kotchen TA, Cowley AW Jr and Frolich ED. Salt in health and disease—a delicate balance. *N Engl J Med* 368: 1229-1237, 2013.
- 10) Messner B, Bernhard D. Smoking and cardiovascular disease: mechanisms of endothelial dysfunction and early atherogenesis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 34: 509-515, 2014.
- 11) Tanaka H, Dinunno FA, Monahan KD, Clevenger CM, DeSouza CA, Seals DR. Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation* 102: 1270-1275, 2000.
- 12) Yamamoto K, Kawano H, Gando Y, Iemitsu M, Murakami H, Sanada K, Tanimoto M, Ohmori Y, Higuchi M, Tabata I, Miyachi M. Poor trunk flexibility is associated with arterial stiffening. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 297: H1314-H1318, 2009.
- 13) Matui Y, Kario K, Ishikawa J, Eguchi K, Hoshida S, Shimada K. Reproducibility of arterial stiffness indices (Pulse wave velocity and augmentation index) simultaneously assessed by automated pulse wave analysis and their associated risk factors in essential hypertensive patients. *Hypertens Res* 27: 851-857, 2004.
- 14) 山科 彰, 小澤利男, 増田善昭編, 脈波速度測定法, 脈波速度, メジカルビュー社, 東京, 26-34, 2002.
- 15) 種田行男, 荒尾 孝, 西嶋洋子, 北畠義典, 永松俊哉, 一木昭男, 江橋 博, 前田 明：高齢者の身体的活動能力（生活体力）の測定法の開発, 日本公衆衛生, 43: 196-208, 1996.
- 16) Guralnik JM, Winograd CH. Physical performance measure in the assessment of older persons. *Aging Clin Exp Res* 6: 303-305, 1994.
- 17) 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準, 2013. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf>
- 18) 藤澤宏幸：立ち上がり・着座動作障害と理学療法の関わり, 理学療法, 31: 1076-1083, 2014.
- 19) VanSant AF. Rising from a supine position to erect stance. Description of adult movement and a developmental hypothesis. *Phys Ther* 68: 185-192, 1988.
- 20) 内山 靖, 潮見泰蔵, 白田 滋編, 神経理学療法実践マニュアル, 文光堂, 東京, 6-9, 2006.
- 21) Escorpizo R, Stucki G, Cieza A, Davis K, Stumbo T, Riddle DL. Creating an interface between the international classification of functioning, disability and health and physical therapist practice. *Phys Ther* 90: 1053-1063, 2010.
- 22) May D, Nayak US, Isaacs B. The life-space diary: a measure of mobility in old people at home. *Int Rehabil Med* 7: 182-186, 1985.
- 23) Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR, Jackson AW, Sjostrom M, Blair SN. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ* 337: 92-95, 2008.
- 24) Sanada K, Miyachi M, Tanimoto M, Yamamoto K, Murakami H, Okumura S, Gando Y, Suzuki K, Tabata I, Higuchi M. A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women: reference values and association with cardiovascular risk factors. *Eur J Appl Physiol* 110: 57-65, 2010.
- 25) Sanada K, Iemitsu M, Murakami H, Gando Y, Kawano H, Kawakami R, Tabata I, Miyachi M. Adverse effects of coexistence of sarcopenia and metabolic syndrome in Japanese women. *Eur J Clin Nutr* 66: 1093-1098, 2012.