

表 5 ヒッププロテクターのRCTとシステマティックレビュー<sup>20)</sup>

発表者, 年	居住場所	無作為化	n	RR	95%CI	SR①とその解析対象試験	SR②とその解析対象試験	SR③とその解析対象試験
Birks, 2003	在宅	IR	366	3.03	0.62~14.83	* 在宅者試験	* 在宅者試験	
Cameron, 2003	在宅	IR	600	0.94	0.53~1.68	* RR=1.16	* RR=1.07	
Birks, 2004	在宅	IR	4,169	1.18	0.8~1.75	* 95%CI	* 95%CI	
van Schoor, 2003	在宅=介護施設	IR	561	0.93	0.5~1.72	* (0.85~1.59)	* (0.85~1.59)	
Jantti, 1996	介護施設	IR	72	0.2	0.02~1.81	*	*	*
Chan, 2000	介護施設	IR	71	0.39	0.11~1.41	*		
Cameron, 2001	介護施設	IR	174	1.17	0.44~3.1	* 介護施設試験	* 介護施設試験	介護施設試験
Hubacher, 2001	介護施設	IR	548	1.49	0.31~7.14	* RR=0.77	RR=0.56	OR=0.40
Lauritzen, 1993	介護施設	CR	665	0.44	0.16~1.21	* 95%CI	95%CI	95%CI
Ekman, 1997	介護施設	CR	744	0.34	0.02~5.19	* (0.62~0.97)	(0.31~1.01)	* (0.25~0.61)
Kannus, 2000	介護施設	CR	1,801	0.34	0.16~0.71	*		
Harada, 2001	介護施設	CR	164	0.11	0.01~1.89	*		*
Meyer, 2003	介護施設	CR	942	0.57	0.31~1.07	*	*	*
O'Halloran, 2004	介護施設	CR	4,117	1.05	0.58~0.97	*		
Kiel, 2007	介護施設	CR	1,042	1.24	記載なし			
Koike, 2009	介護施設	CR	672	0.56 <sup>**</sup>	0.31~1.03			
	転倒既往者		202	0.375 <sup>**</sup>	0.14~0.98			
	BMI 19 以下		206	0.37 <sup>**</sup>	0.14~0.9			

IR：個人別無作為化，CR：クラスター無作為化，RR：相対危険度，CI：信頼区間，OR：オッズ比，RR：95%CIは，著者自身が計算した Kiel 以外は文献<sup>5)</sup>によっており，ハザード比などで記載されたオリジナル文献の数値と異なっている。

\*：Koike の成績ではハザード比で転倒既往者や低 BMI 者で大きな有効性が示された。

SR①は文献<sup>4)</sup>，②は文献<sup>5)</sup>，③は文献<sup>6)</sup>による。それぞれの解析対象を\*で示した。van Schoor 試験は在宅生活者と介護施設生活者が混在しており，SR①では介護施設試験，②では在宅者試験として扱われている。

リスクを減少させたと報告され，介護施設でとくに骨折リスクの高い高齢者に HP はきわめて有効であると報告されている<sup>21)</sup>。

### ● 大腿骨頸部骨折の疫学

転倒によるもっとも重篤な帰結のひとつに大腿骨頸部骨折があげられる。わが国では長寿科学研究事業により，1987年から5年ごとに大腿骨頸部骨折の全国調査が行われている<sup>22)</sup>。それによると，初回調査の1987年には全国推計年間発生数は53,200人であったものが，最近の2002年の調査では117,900人と倍以上の発生率となっている(表6)。しかも，単に発生数だけが增加しているのではなく，発生率もまた男女ともに増加していることが明らかになっている。さらに，ある年齢における人が生涯に骨折を起こす確率をライフタイムリスクというが，これは平均余命と当該年数における発生率から算出される。したがって，平均寿命が長く発生率の高い国(地域)でのライフタイムリスクは当然高くなる。Kanisら<sup>23)</sup>の世界各地でのライフタイムリスクの比較から，50歳の女

表 6 大腿骨頸部骨折年間推計発生患者数推移(人)<sup>22)</sup>

	1987	1992	1997	2002
総数	53,200	76,600	92,400	117,900
男性	13,500	18,700	20,800	25,300
女性	39,700	57,900	71,600	92,600

性における大腿骨頸部骨折のライフタイムリスクは，スウェーデンの28.5%がもっとも高く，ついでノルウェーなど北欧での高いリスクが示されている。日本は14%程度であるが，この値は北欧や北米よりは低いものの，香港，中国本土，およびトルコなど(いずれも10%以下)よりは高い値を示している。この大腿骨頸部骨折のライフタイムリスクは民族差が基本にあるものの，それ以外に都市化の割合であるとか，喫煙・飲酒習慣者の割合，さらには転倒の起こしやすさなど多くの要因が含まれていると考えられ，わが国では今後もライフタイムリスクの上昇の可能性が存在し，高齢期における転倒および骨折の総合的な対策が重要と考えられる。

表 7 高齢者10,000人に対する転倒予防と骨折予防

					応答率	年間転倒率	うち骨折	Hip	
6,000人 (前期)	5,800人 (在宅)	女性	前期	在宅 認知(-)	40%	10% (350人)	5% (20人)	1% (2人)	a
		男性	前期	在宅 認知(-)	10%	5% (115人)	1% (12人)	0% (0人)	b
	200人 (施設)	女性	前期	施設 認知(-)	40%	15% (27人)	5% (5人)	1% (-)	c
		男性	前期	施設 認知(-)	20%	5% (1人)	1% (-)	0% (-)	d
4,000人 (後期)	3,000人 (在宅)	女性	後期	在宅 認知(-)	30%	20% (400人)	10% (40人)	10% (4人)	e
		男性	後期	在宅 認知(-)	10%	10% (100人)	5% (5人)	5% (-)	f
	700人 (施設)	女性	後期	在宅 認知(-)	40%	30% (150人)	20% (30人)	10% (15人)	g
		男性	後期	施設 認知(-)	20%	20% (40人)	10% (4人)	5% (-)	h
	300人 (認知)	女性	後期	施設 認知(+)	-	40% (40人)	30% (12人)	20% (3人)	i
		男性	後期	施設 認知(+)	-	30% (30人)	20% (6人)	10% (1人)	j
10,000人						1,253人	134人	25人	

- 現在の“転倒予防”対象者：a+e=5,500人，応答者数=1,400+600=2,000人(36.4%)。このなかに Hip 骨折リスク者が含まれる可能性が仮に 100%としても，現実に転倒予防によって Hip 骨折を予防できる可能性は 6人。しかし実際には，非応答者のほうが虚弱などで，骨折リスクは高く Hip 骨折リスク者が 応答者に含まれる割合は最大 50%，すなわち 6人×0.5=3人，すなわち 3/25=12%程度である。あるいはまた，この 2,000人(36.4%)のなかに Hip 骨折の可能性もまた同じ割合と仮定しても 6人×36.6% ≒ 2.2人となる。いずれの推定を考えると，a+e=5,500人，応答者数=2,000人から Hip 骨折発生(25名)中，予防できるのは 2~3人(8~12%)ということになる。
- さらに現実の市区町村の受け皿で推計すると，現在の“転倒予防”事業は，高齢者人口 10,000人に対して，200~400人程度，すなわち応答者数の 10~20%であるから，Hip 骨折の予防可能性は(8~12%)×(10~20%)となり，0.8~2.4%，すなわち 25人中わずか 0.2~0.6人しか予防ができていないことを意味している。

## 転倒予防対策は大腿骨頸部骨折予防となるか

わが国のように全国的に普遍化された転倒予防対策が，大腿骨頸部骨折予防にかならずしも結びついていない。その最大の理由は“転倒・大腿骨頸部骨折ハイリスク高齢者”を適切に選択していないことにあると考えられる。換言するならば“転倒・大腿骨頸部骨折予防ハイリスク高齢者”の可能性が高いほど，転倒予防対策が取りづらくなるということである。

表 7 は，わが国での高齢者 10,000 人に対する“転倒予防”と“大腿骨頸部骨折予防”との関係を，年齢階級(前期高齢者と後期高齢者)，居住形態(在宅と施設)，性(男性と女性)，認知症(の有無)

について，標準的な(健診や予防対策への)応答率，年間転倒率，転倒による全骨折および大腿骨頸部骨折の割合などをパラメータとして，大雑把に推測したものである<sup>24)</sup>。その結果，現在の転倒予防対象では，最大 6名(24%)の予防が可能であるものの，実際の市町村(自治体)の年間での事業規模や対象者数からみて，大腿骨頸部骨折の現実的予防可能性は 0.8~2.4%(すなわち 25人中 0.2~0.6人)程度の効果しかないと推定され，かならずしも満足すべき数値でないことがわかる。

このように，虚弱化の進行した人，閉じこもり高齢者，さらには認知症の合併例など，いずれも“転倒・大腿骨頸部骨折ハイリスク高齢者”でありながら，実際には今日行われている転倒予防の取

組みに対応しきれないのが現状である。

## 文献

- 1) Melton, L. J. III et al. : Epidemiology of age related fractures. *In* : The Osteoporotic Syndrome : Detection, Prevention, and Treatment (ed. by Avioli, L. V). Grune & Stratton, New York, London, Paris, 1983, pp.45-72.
- 2) Nevitt, M. C. et al. : *J. Gerontol. Med. Sci.*, **46** : M164-M170, 1991.
- 3) Walker, J. E. and Howland, J. : *Am. J. Occup. Ther.*, **45** : 119-122, 1991.
- 4) Sattin, R. W. et al. : *Am. J. Epidemiol.*, **131** : 1028-1037, 1990.
- 5) Tromp, A. M. et al. : *J. Bone Miner. Res.*, **13** : 1932-1939, 1998.
- 6) 柴田 博 : 平成 7~8 年度科学研究費補助金研究成果報告書. 地域の高齢者における転倒・骨折に関する総合的研究 (代表 : 柴田 博). 1997, p.163.
- 7) 鈴木隆雄・他 : *Osteoporos. Jpn.*, **12** : 295-298, 2004.
- 8) Ejaz, F. K. et al. : *J. Am. Geriatr. Soc.*, **42** : 960-964, 1994.
- 9) Jensen, J. et al. : *Ann. Intern. Med.*, **136**(10) : 733-741, 2002.
- 10) Jensen, J. et al. : *J. Am. Geriatr. Soc.*, **51** : 627-635, 2003.
- 11) 島田裕之・他 : 日本老年医学会雑誌, **41** : 414-419, 2004.
- 12) 島田裕之・他 : 理学療法学, **31** : 124-129, 2004.
- 13) 鈴木隆雄・他 : *Osteoporos. Jpn.*, **12** : 295-298, 2004.
- 14) Okochi, J. et al. : *Geriatr. Gerontol. Int.*, **6** : 223-227, 2006.
- 15) Bischoff-Ferrari, H. A. et al. : *JAMA*, **291** : 1999-2006, 2004.
- 16) Suzuki, T. et al. : *J. Bone Miner. Res.*, **23** : 1309-1317, 2008.
- 17) Sherrington, C. et al. : *J. Am. Geriatr. Soc.*, **56** : 2234-2243, 2008.
- 18) Sakamoto, K. et al. : *J. Orthop. Sci.*, **11** : 467-472, 2006.
- 19) Suzuki, T. et al. : *J. Bone Miner. Metab.*, **22** : 602-611, 2004.
- 20) 原田 敦 : 日本医師会雑誌, **137** : 2286, 2009.
- 21) Koike, T. et al. : *Osteoporos. Int.*, **20** : 1612-1620, 2009.
- 22) 折茂 肇, 坂田清美 : 日本医事新報, **4180** : 25-30, 2004.
- 23) Kanis, J. A. et al. : *J. Bone Miner. Res.*, **17** : 1237-1244, 2002.
- 24) 鈴木隆雄 : 整形・災害外科, **52** : 1309-1315, 2009.

\* \* \*

# 装着型歩行アシストロボットによる歩行トレーニング

- 1) 千葉県立保健医療大学健康科学部リハビリテーション学科理学療法専攻  
 2) (株)本田技術研究所基礎技術研究センター第2研究室  
 3) 霞ヶ関南病院リハビリテーション部  
 4) 国立長寿医療研究センター研究所(医師)

仲 貴子<sup>1)</sup> 及川清志<sup>2)</sup> 平田 崇<sup>2)</sup> 荒木友希<sup>3)</sup> 鈴木隆雄<sup>4)</sup>

## はじめに

先進国中で最も早く高齢化が進むわが国では、少子化の進展とも相俟って高齢化率はさらに伸び続け、2055年には40%に達すると推計される<sup>1)</sup>。高度医療の進歩と安全な生活環境を背景に実現した超高齢社会は、他方で社会保障費の増大や要介護高齢者の増加、超高齢者の所在不明などの社会問題を派生し、否定的な立場で語られることも少なくない。しかし、わが国の高齢者の生活機能が10年前に比べて格段に向上していることを示す研究<sup>2)</sup>もある。この変化の先にある「高齢者自身が活動的で自立した生活を営み、積極的に社会参加するような活力ある超高齢社会」の実現こそ、わが国の目指すべき道筋なのかもしれない。

Hondaは、この活力ある超高齢社会の実現にロボット技術が寄与することを目指し、1999年から装着型歩行補助装置「リズム歩行アシスト」<sup>3)</sup>(以下、歩行アシスト)の研究を開始した。本稿ではこの歩行アシストについて概説したうえで、地域在住高齢者や回復期脳卒中後患者を対象とした介入研究の成果をレビューし、リハビリテーション領域における装着型歩行補助装置の応用とその課題について述べたい。

## 歩行アシストの概要

### 1. 開発目的

モビリティ・カンパニーであるHondaは、より多くの人々に移動する喜びを提供することを目指

### ■連載予定

1. 脊髄損傷者の歩行補助ロボット WPAL (wearable power-assist locomotor)
2. 装着型歩行アシストロボットによる歩行トレーニング
3. 歩行機能再建のための歩行支援ロボット
4. 上肢機能支援ロボットの開発と展開

し、これまで自動車、2輪車に加え、電動アシスト自転車「ホンダラクーン」<sup>4)</sup>、電動カート「モンバル」<sup>5)</sup>など、多彩なパーソナル・モビリティを開発、販売してきた。ただ、これらを利用したとしても、「歩くこと」がヒトの日常生活活動を支える基本的移動形態であることに変わりはない。特に高齢者では、歩行能力がいわゆる「体力(基礎的運動能力)」全体を説明するうえで最も強い要因とされ<sup>6)</sup>、加齢による歩行能力の低下は単に日常生活の自立度を損なうだけでなく、活動意欲の低下や外出不安から社会活動への参加を阻み、要介護発生の危険因子となることが知られている<sup>7~10)</sup>。Hondaは装着型歩行補助装置の研究開始当初より、高齢者の生活機能の向上と健康寿命の延伸を目指すうえでの歩行能力の維持、向上の重要性に着目し、加齢に伴い歩行が困難になりつつある地域在住高齢者をその主たる対象者としてきた<sup>11)</sup>。

### 2. 歩行アシストの概要

歩行アシスト(図1)は、対象者の腰部から大腿部に装着し、股関節の屈曲伸展をアシストする



図 1 歩行アシストの概観

ルクを発生し、歩行運動を支援する装着型装置である。2010 年末現在、市場販売計画は未定だが、公表された試作機の諸元を表に示した。

### 3. 歩行比による制御アルゴリズム

歩行アシストの最大の特徴は、歩行比(歩幅を歩行率で除した値)<sup>12)</sup>を目標値とする制御手法である。ヒトの歩行は四肢の周期運動であるが、下肢の周期性は歩幅と歩行率で定まり、その積が歩行速度になる。同じ歩行速度でも、歩幅と歩行率の組み合わせは無限であるにもかかわらず、健常者の自由歩行は歩行比 0.0063 付近に収束する<sup>13)</sup>。この歩行比 0.0063 付近ではエネルギー効率は最大となり<sup>14)</sup>、歩行周期(1 歩行周期時間、立脚期時間、遊脚期時間、両足支持期時間)の変動係数が小さいとされる<sup>15)</sup>。しかし、高齢者では歩幅は短縮し、歩行率が増大しやすいため歩行比は小さくなる<sup>16)</sup>。歩行アシストは、この高齢者の歩行パターンに対し歩行比を一定量分増大させる制御手法を採用した。この手法では、股関節アクチュエータ内の関節角度センサが装着者の股関節屈曲伸展運動を経時的に感知し、足尖離地時と踵接時の股関節角度を操作することにより歩幅を制御し、1 歩行周期時間の増減を操作することで歩行率を制御する(図 2)。これをわれわれはリズムアシストアルゴリズムと呼ぶこととした<sup>17)</sup>。

表 歩行アシストの諸元(2010 年)

項目	内容
サイズ	腰フレーム：M(342 mm), L(372 mm) 大腿フレーム：S(274 mm), M(294 mm), L(314 mm)
重量	2.4 kg
稼働時間	1 時間以上(1 回の充電につき)
バッテリー	電圧：22.2 V(リチウムイオン 2 次電池)
アシストの調整	屈曲・伸展：0.5～標準～1.5 倍アシスト力 屈曲・伸展および左右の独立調整可能

## 歩行アシストの効果

### 1. 健常者の歩行パラメータと筋活動への影響

健常若年成人男性(平均年齢 24±2 歳)を対象に、歩行中の歩行アシスト使用による筋活動の違いを FDG-PET により調べた研究<sup>18)</sup>では、対象者 10 名中 7 名の歩行比が増加し、足関節底屈筋群の活動が増加した(図 3)。健常高齢男性 7 名を対象とした研究<sup>19)</sup>でも歩行アシストにより歩行比は増加し、大腿二頭筋、半膜様筋の活動低下と中殿筋、小殿筋の活動増加、および前脛骨筋の活動増加の傾向を示した。

これらの研究で、歩行比を増大させるという歩行アシストの中核となる機能が十分に発揮できることを確認したのに加え、健常歩行のように高度にパターン化された周期運動であっても外的刺激を加えれば筋活動を局所的に変化させられることもわかった。これは、高齢者の歩行パターンを自身の歩行速度に応じて適切な歩幅へと誘導してやるのが可能であるということである。加えて、高齢者の下肢筋活動も歩行アシストを使用することにより局所的变化が生じ、特に股関節周囲の 2 関節筋の活動が抑制され、より効率的な筋活動パターンが獲得されたものと考えられた。

一方、足関節底屈筋群の活動は増大せず、股関節周囲筋優位の筋活動パターンは変化しなかった。この理由をわれわれは、歩行アシストのような外的刺激に高齢者が順応するには一定の歩行練習が必要なためと考察した。そこで次に、歩行アシストを用いたウォーキングエクササイズを行うことで下肢の筋活動パターンを若年成人のように変化させられないか、あるいは虚弱高齢者に特

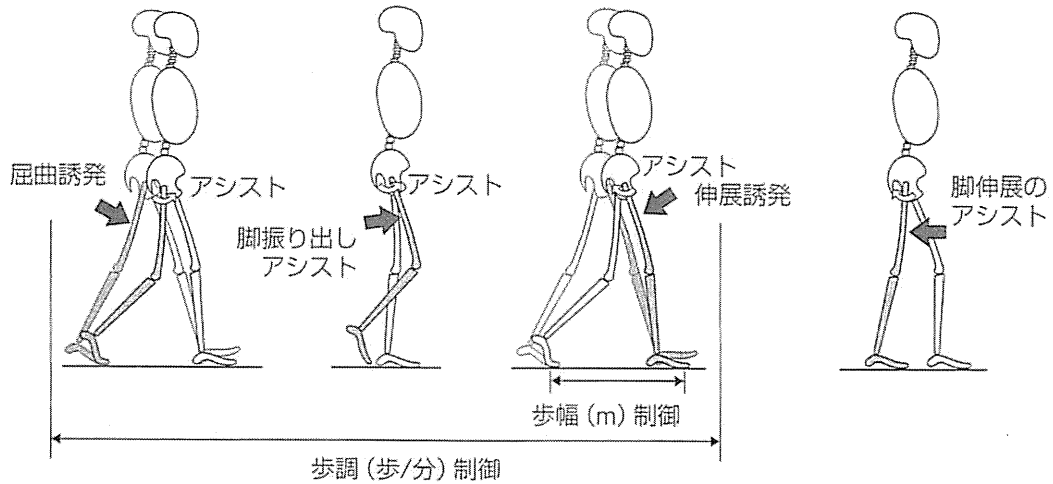


図 2 リズムアシストアルゴリズム

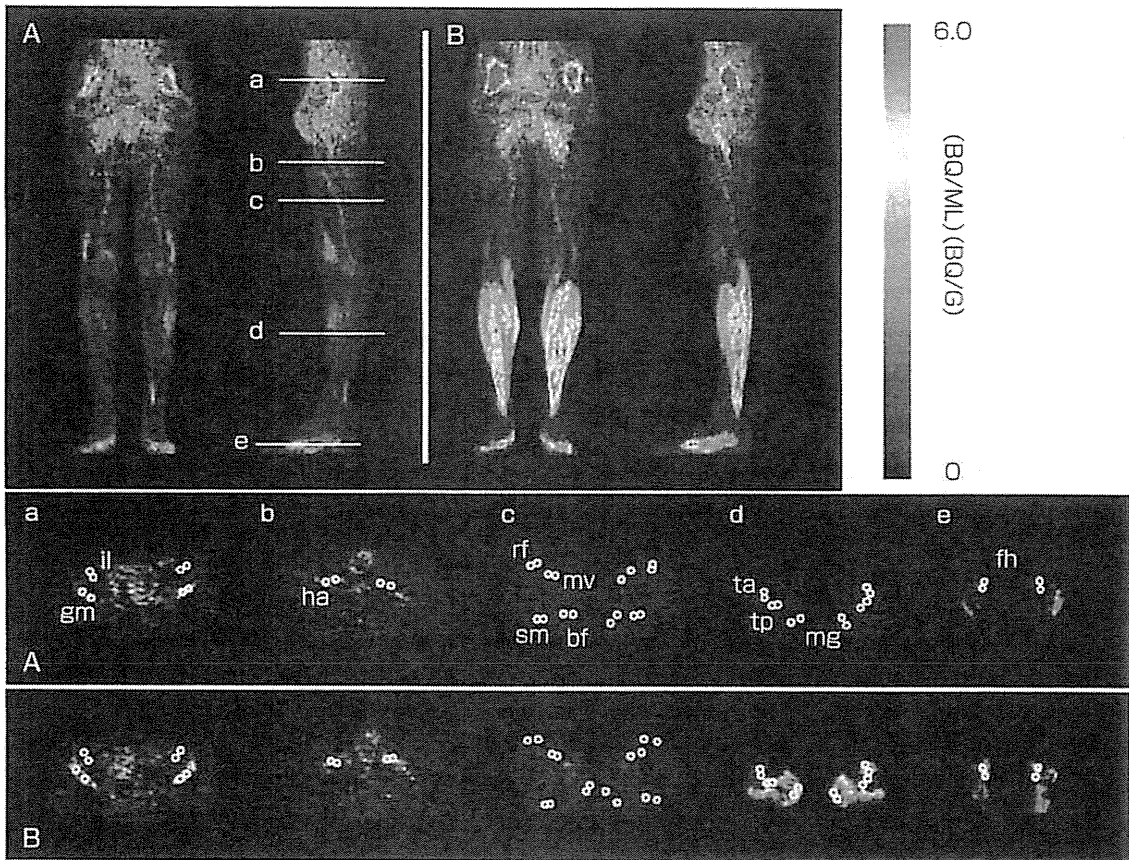


図 3 歩行アシストなし(A)と歩行アシストあり(B)の時の FDG-PET 出力例<sup>19)</sup>

有の“歩幅が小さく、歩行率が高い歩行パターン”を変化させられないかと考え、歩行アシストを用いた3か月間の介入研究<sup>20)</sup>を行った。

## 2. 転倒歴を有する地域在住高齢女性へのウォーキングエクササイズ

転倒歴のある高齢女性 15 名を対象に、歩行アシストを用いて週 2 回×30 分程度の屋外ウォー

キングエクササイズを 3 か月間行い、その前後に FDG-PET による歩行中の下肢筋活動量の評価と歩行機能の評価を行った。すると、介入後には股関節周囲筋群(中殿筋、小殿筋)と大腿直筋の活動量は減少したが、下腿筋群(ヒラメ筋、腓腹筋)の活動は介入後にも増加しなかった。歩行速度は介入後に向上したが(介入前平均 1.19 m/s、介入後

平均 1.35 m/s), 歩行比は介入前後とも平均 0.004 で変化しなかった。

この研究の第 1 の成果は歩行速度の上昇である。これは通常のウォーキングエクササイズのみを行った先行研究<sup>21)</sup>より大きな変化で、歩行アシストを用いることにより効果的に歩行速度を上昇させられることを示している。この研究で得られたもう 1 つの成果は、対象者コンプライアンスがきわめて高かったことである。冬季に屋外で実施した運動介入にもかかわらず離脱者は自己都合による 1 名のみで、全 40 回中 2 回以上欠席した者はなかった。また介入後に行ったアンケート調査では、対象者自身が歩行機能向上の実感を出したほか、「気持ち軽くなった」、「歩くのが楽しい」などの肯定的意見<sup>22)</sup>が寄せられた。ウォーキングなどの有酸素系運動は高齢者に好まれるが、歩行アシストによるエクササイズもこの年代の女性に好意的に受けとめられうるということがわかった。

結論として、歩行アシストによるウォーキングエクササイズは、高齢女性の歩行速度を向上させ、歩行中の股関節周囲筋群の活動を減少させた。このことは歩行アシストを使用することが高齢者の歩行機能の向上に役立つことを示唆するものである。加えて、この研究では対照群を設定しておらず、その成果は第 2 種の過誤の影響を受けている可能性もある。歩行アシストが高齢者の歩行機能に対してどの程度の恩恵をもたらすかを定量的に判断するには、より大規模標本による無作為化比較試験が必要になる。

### 3. 脳卒中後片麻痺患者への適応

リズムアシストアルゴリズムは、歩幅と歩行率を制御しながら歩行比を増大させ、歩行速度を向上させる効果があることはこれまで述べてきた通りである。これに加えて、Honda の社内実験において健常歩行の左右脚を対称に誘導できることを確認し、この手法を用いて左右両脚の歩幅、歩行率を対称に誘導しながら目標歩行比へ近づけることができれば、脳卒中後患者の歩行リハビリテーションに活用できると考えた。近年、欧米を中心に脳卒中後患者のリハビリテーションの帰結をコ

ミュニティ歩行 (community ambulation ; 地域環境を自信をもって通行できる能力を含む概念<sup>23)</sup>) の可否により判定する研究が散見される。Schmid ら<sup>24)</sup>は、脳卒中後患者のうち歩行速度が高い者はコミュニティ歩行が可能であり、それらの生活機能や健康関連 QOL が高いことを報告している。歩行アシストによる歩行リハビリテーションが脳卒中後患者の歩行速度を向上させる効果があれば、歩行アシストはコミュニティ歩行の再獲得を促進し、生活機能や健康関連 QOL の向上にも寄与できる可能性があると考えた。

ロボット技術による脳卒中後患者のリハビリテーションについては、トレッドミル上で行う部分免荷歩行トレーニングに関する研究が多く行われている<sup>25)</sup>。しかしこれは、発症後の早い時期から歩行トレーニングが行えることに加え、理学療法士の負担軽減と患者の安全確保に効果があり、床上歩行自立の確率を高める効果が示されているものの、歩行速度やコミュニティ歩行獲得への効果に関しては明らかでない。一方、装着型歩行補助装置による歩行トレーニングは、トレッドミル上に限らず日常生活の場や屋外での使用が可能で、「どこで歩くことを目指すのか」という課題に沿ったトレーニングが可能となることによる効果が期待できる。とは言え、脳卒中後患者に対する装着型歩行補助装置の効果を検証した臨床試験はほとんど行われていない。

われわれは脳卒中後患者 2 例を対象に歩行アシストを用いた歩行トレーニングを行い、歩行機能に及ぼす効果を検証した<sup>26)</sup>。対象者は入院リハビリテーションを施行中の脳卒中片麻痺患者 2 名で、ともに研究開始時には監視下で多点杖使用による屋内歩行が可能であった。介入課題は 1 回 20 分間の歩行トレーニングで、介入期間の前半の 4 週間 (基礎水準期) には通常の屋内歩行トレーニングを行い、後半の 4 週間 (導入期) は歩行アシストによる屋内歩行トレーニングを行った。

介入期間中は歩行速度、歩行率、重複歩距離、歩幅、立脚時間、遊脚時間を毎週計測し、基礎水準期の歩行速度、歩行率、重複歩距離から各変数



の予後予測式を求め、基礎水準期からの予測値と導入期の実測値とを比較し歩行機能への効果を判定した(予測式の算出法は先行研究<sup>27,28)</sup>を参照)。加えて、空間的対称性指標と時間的対称性指標を求め、基礎水準期と導入期とを比較した(各対称性指標の算出法は先行研究<sup>29)</sup>を参照)。

症例 1 では歩行アシスト導入期に予測値を超える歩行速度の向上がみられ、歩行対称性は時間的にも空間的にも改善した(図 4)。重複歩距離、歩行率は改善しなかったが、歩行比は 0.0054 から 0.0057 と増加した。一方、症例 2 では歩行アシスト導入期の歩行速度が予測値を下回り、時間的対称性は改善したが、空間的対称性はむしろ増悪した(図 5)。重複歩距離は若干低減する効果を見るも、歩行率は変化せず、歩行比は 0.0062 から 0.0057 と低下した。

この研究では、歩行速度が向上した症例 1 と歩行速度が向上しなかった症例 2 の相反する 2 つの結果を得た。これに関してわれわれは以下のように考察している。

第 1 に、本研究の対象者は 2 名とも基礎水準期の歩行比がほぼ目標歩行比に達しており、脳卒中患者の歩行機能に対する歩行アシストの効果は歩行比制御による歩幅の増大よりも歩行対称性向上による効果が主と考えられる。片麻痺歩行の歩行速度は歩行対称性に相関する<sup>30)</sup>とされ、症例 1 では歩行対称性の向上が歩行速度への効果を生み、症例 2 では空間的対称性の低下が歩行速度の効果打ち消したと考えることができる。

第 2 に空間的対称性への相反する結果だが、基礎水準期の 2 名の下肢の振り出しパターンをみると、症例 1 は後型から揃型歩行で、症例 2 は前型歩行のパターンであった。歩行アシストは遊脚期中の股関節屈曲トルクを増幅させることで下肢の振り出しをアシストするが、片麻痺歩行では遊脚時間の長い麻痺側にこの効果が強く発揮される可能性がある。後型歩行の症例 1 は麻痺側の歩幅

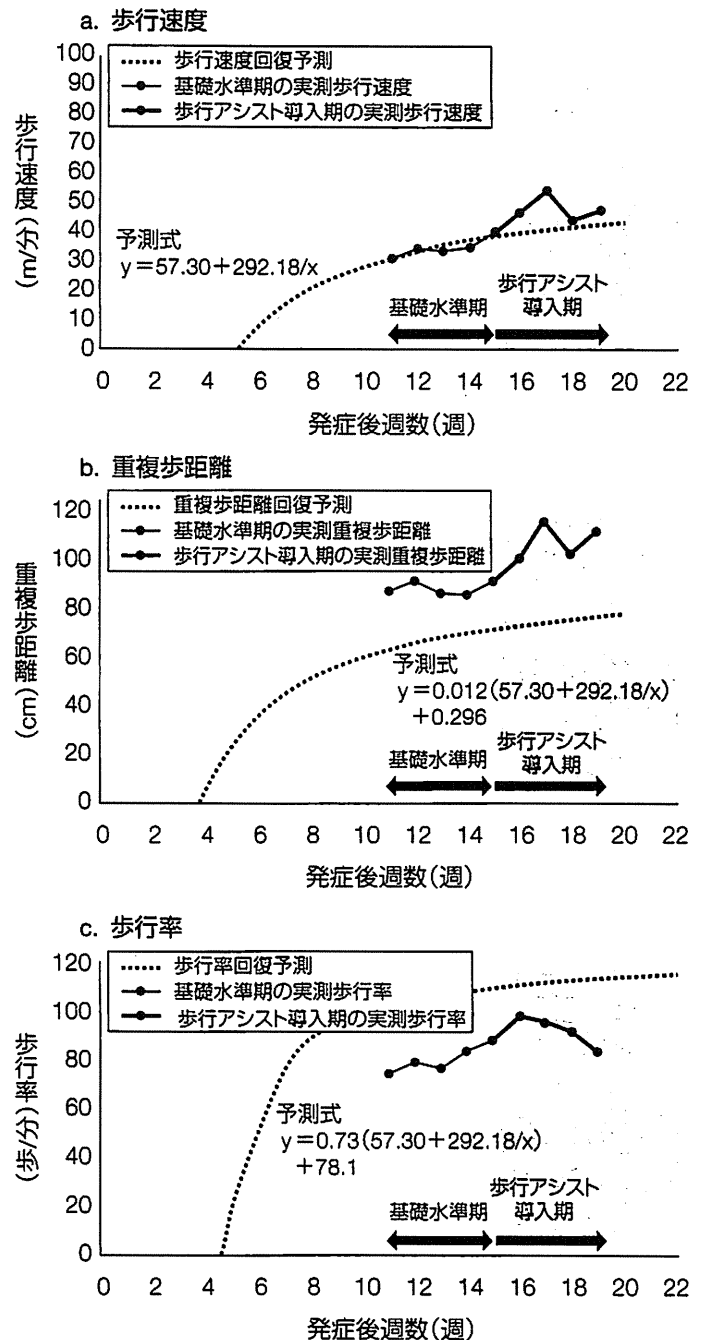


図 4 歩行アシスト使用による歩行機能への効果  
 症例 1: 歩行対称性が改善した例

が拡大することで空間的対称性が改善したが、前型歩行の症例 2 では前に出やすい麻痺側の歩幅がさらに拡大したために空間的対称性を損なう結果となった。

これらを結論とするには症例を増やして検証する必要があるが、ここで強調したいのは、歩行アシストをはじめとする歩行補助装置を患者の治療目的で使用する場合には、各患者の歩行を仔細に



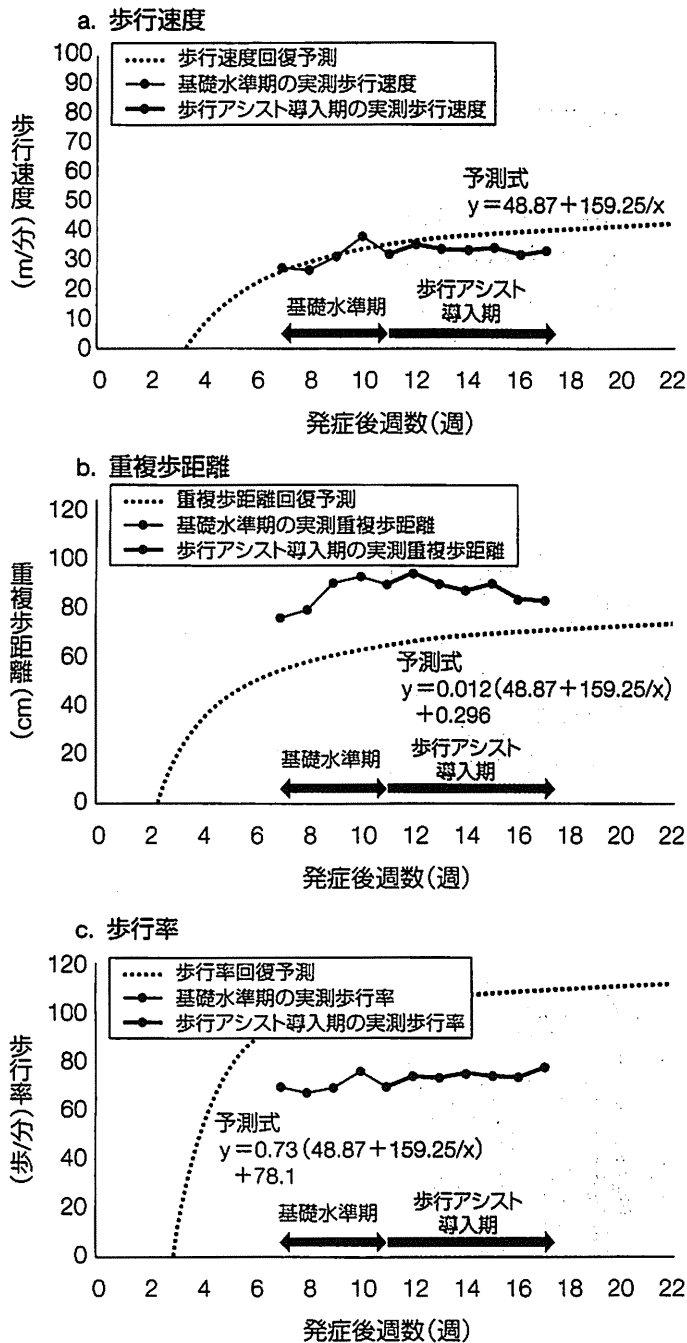


図 5 歩行アシスト使用による歩行機能への効果  
 症例 2：歩行対称性が増悪した例

観察、分析し、それに照らして適否を判断する必要があるということである。歩行アシストの場合、非対称性の歩行に対しては左右のアクチュエータの出力をそれぞれ調節することが可能であるが、それを行うにも理学療法士による臨床歩行観察が不可欠である。特に片麻痺患者の場合は、麻痺側下肢の振り出しを強くアシストすると患者自身はその歩行を「楽」と表現することがあるが、それ

により歩行対称性は損なわれ、歩行機能の向上を示さない危険性もある。このように、リハビリテーション領域で歩行補助装置を活用するには、治療効果を客観的に判断する理学療法士の「目利き」が欠かせないのである。

#### 4. 理学療法士、患者による主観的評価

埼玉県川越市の K 病院リハビリテーション室を利用する患者 22 名(男性 15 名, 女性 7 名, 疾患名別内訳; 脳梗塞 4 名, 脳出血 11 名, 脊髄損傷 2 名, その他 5 名)とその担当理学療法士を対象に、リハビリテーション目的で歩行アシストを使用することに対する主観的評価の調査結果を紹介する(これは、荒木らがリハビリテーション・ケア合同研究大会広島 2009 で報告した「歩行アシスト装置を使用した歩行訓練の効果について」の内容を一部再掲するものである)。

2008 年 11 月から 2009 年 2 月までの 3 か月間で述べ 147 件の利用があり、理学療法士が自身の担当する患者に歩行アシストを使用する目的として挙げたのは、「歩行距離の向上」(36 件), 「歩幅の調整」(27 件), 「つま先の引きずり防止・歩行イメージの向上」(15 件)などが多かった。次いで、「麻痺側立脚時間の延長」, 「分回し歩行の軽減」, 「歩行速度の向上」, 「腕振り練習」, 「努力性の軽減」, 「歩行率向上」, 「歩隔調整」, 「健側の安定」, 「反張膝軽減」, 「体幹回旋の減少」, 「とりあえず使用」, 「杖なし歩行の安定」, 「麻痺側遊脚時間短縮」などであった。使用後に期待した効果が得られたかの問いに対し、「期待通りの効果・反応があった」と答えたのは 75.5%で、

「効果がなかった」, 「変化しなかった」としたケースがそれぞれ 7 件(4.8%), 29 件(19.7%)あった。

他方、歩行アシストを使用した患者の主観的評価には性差の影響がみられた。男性患者は概ね肯定的に評価したのに対して、女性患者は外観上の問題(周囲の視線が気になる)や被服への干渉(スカートが履けない), 日常生活への不適応(トイレに行けない)といった問題点を挙げる者が多かつ

た。使用後には、「歩行距離が伸びた」、「速く歩けた」などの歩行機能向上の実感のほか、「(理学療法士が)言葉で説明するよりわかりやすい」、「使用後にも効果を感じる」などの肯定的評価が得られた。一方、装着による違和感や重量感などの否定的評価も聞かれ、他に「足は軽く出るが、役に立っているのか分からない」とする者もあった。

患者側の主観的評価を文字通り捉えるならば、装着上の違和感と重量の問題さえ解消されれば、何らかの肯定的な変化(身体的・運動学的な変化に限らない)が期待できると考えられる。

## 今後の展望と課題

歩行アシストの概要とともに、歩行アシストによる高齢者、障害者の歩行機能への効果を述べてきた。全体を通じて最も強調したいのは、この歩行アシストが装着者の身体運動を単に増幅するのではなく、装着し続けることで装着者の筋活動を変えたり歩行パターンを変えたりすることができ、この効果は装着していない時の歩行にも波及する点である。このことは筆者らが現在知る限りにおいて、他の装着型歩行支援装置とは一線を隔す存在と言える。しかしその一方で、これはあくまでも自力での歩行が可能なヒトの歩行機能を「変化」させる道具であり、身体機能を増幅させたり運動能力を拡大させたりする(できないことができるようになる)道具ではない。

今後、リハビリテーションや福祉の分野での活用を意図した装着型歩行補助装置の選択肢は拡大することが期待できるが、選択肢が増えた時にこそ、それぞれの装置が「何を叶える道具なのか」を把握し、ユーザー(患者)への適応を正しく見極める理学療法士の客観性が求められている。

加えて、リハビリテーション、福祉の分野に歩行補助装置が実用化されるには未だ多くの課題が山積している点にも触れておきたい。

第1の課題は関連法規の整備である。動力装置を使用する際には、現行では道路交通法の適用を受ける。本稿で引用した屋外ウォーキングエクササイズ介入も研究施設の敷地内に限定して行うな

どの配慮を要した。歩行アシストをロボットと称すると公道の通行には警察署の許可を必要とするが、これを例えば医師が動力付股装具で福祉機器であると断言すれば道路交通法には触れない可能性もある。歩行アシストのような歩行補助装置が、わが国の医療制度、福祉制度のなかのどのカテゴリーに属する機器なのかといった位置づけがまだ明確ではない。

第2に、わが国にはロボット技術のような先端分野の技術者とリハビリテーション職種との協働の場が少ない点を挙げたい。リハビリテーション・福祉分野における装着型歩行補助装置の開発はわが国が世界に先駆けて推進してきた技術であるが、その技術を生かすも殺すもわれわれリハビリテーション職種の協働のあり方に関わっている。リハビリテーションの過程では、患者の機能予後を長期的視座に立って見極め、改善が期待できる運動機能を最大限に引き出さすことが求められる。それを安易に機械に代行させては、十分なリハビリテーションの効果が見込めないばかりか、対象者の残存機能を損なうことにもなりかねない。ロボット技術と聞くと、あたかも星新一のショートショートか手塚治虫のアニメに描かれるような「万能ロボット」をイメージしたくなるが、この万能性は少なくとも装着型歩行補助装置に求められる軽量化とは相反する方向性であると言わざるを得ない。仮に万能ロボットが出現したとしても、ヒトの側のできること・やるべきことを十分に把握し、機械にやらせるべきこと・やらせるべきではないことを正確に判断できる理学療法士の目利きこそ、対象者への恩恵を最大限に引き出す極意と考える。

加えて、理学療法士の「目利き」を工学系技術者に伝わる言葉で表現することも喫緊の課題であろう。単に耳馴染みのいい平易な用語を用いれば伝わる情報量は漸減する。専門用語を用いて双方向的かつ良好なコミュニケーションがとれるよきパートナーとなりうる専門職者が求められている。

最後に蛇足ではあるが、第3の課題として、わが国においてはヒトへの使用効果を正しく評価す

るための大規模無作為化対照試験を行える臨床研究環境が少ないという、開発者サイドの要望を書き添えて、本稿を締めたい。

## 文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口(平成18年12月推計), 出生中位・死亡中位仮定による推計結果, 2006
- 2) 鈴木隆雄, 他：日本人高齢者における身体機能の縦断的・横断的变化に関する研究—高齢者は若返っているか?, 厚生指針 53 : 1-10, 2006
- 3) 本田技研工業(株)ホームページ：未来に向けた新技術 歩行アシスト  
<http://www.honda.co.jp/ASIMO/new-tech/rhythm/index.html>
- 4) 本田技研工業(株)ホームページ：二輪インフォメーション「ホンダラクーン」  
<http://www.honda.co.jp/news/1996/2961216.html>
- 5) 本田技研工業(株)ホームページ：Hondaの福祉車両, 「電動カート モンパル」  
<http://www.honda.co.jp/welfare/monpal/index.html>
- 6) Nagasaki H, et al : A physical fitness model of older adults. *Aging Clin Exp Res* 7 : 392-397, 1995
- 7) 藤田幸司, 他：地域在宅高齢者の外出頻度別にみた身体・心理・社会的特徴. *日公衛誌* 51 : 168-180, 2004
- 8) 新開省二, 他：地域高齢者におけるタイプ別閉じこもり発生の予測因子：2年間の追跡研究から. *日公衛誌* 52 : 874-885, 2005
- 9) 竹内孝仁：閉じこもり, 閉じこもり症候群, 介護予防研修に関するテキストなど調査研究委員会(編), 厚生労働省老健局計画課(監修): 介護予防研修テキスト, pp128-140, 社会保険研究所, 2001
- 10) 島田裕之, 他：地域在住高齢者の生活空間の拡大に影響を与える要因：構造方程式モデリングによる検討. *理学療法学* 36 : 370-376, 2009
- 11) 加藤 久, 他：歩行機能補助装置の研究. 日本機械学会福祉工学シンポジウム CD-ROM 論文集, W-418, 2001
- 12) Nagasaki H, et al : Walking patterns and finger rhythm of older adults. *Percept Mot Skills* 82 : 435-447, 1996
- 13) Sekiya N, et al : The invariant relationship between step length and step rate during free walking. *J Hum Mov Stud* 30 : 241-257, 1996
- 14) Zarrugh MY, et al : Optimization of energy expenditure during level walking. *Eur J Appl Physiol* 33 : 293-306, 1974
- 15) Maruyama H, et al : Temporal variability in the phase durations during treadmill walking. *Hum Move Sci* 11 : 335-348, 1992
- 16) Murray MP, et al : Walking patterns in healthy old men. *J Gerontol* 24 : 169-178, 1969
- 17) 鈴木隆雄, 他：高齢者に対する歩行アシストロボットの効果検証研究, 東京都老人総合研究所・本田技術研究所共同研究(平成17年度～平成18年度), pp9-15, 2007
- 18) Shimada H, et al : The use of positron emission tomography and [<sup>18</sup>F] fluorodeoxyglucose for functional imaging of muscular activity during exercise with a stride assistance system. *IEEE Trans Neuro Rehabil Eng* 15 : 442-448, 2007
- 19) Shimada H, et al : Comparison of regional lower limb glucose metabolism in older adults during walking. *Scand J Med Sci Sports* 19 : 389-397, 2009
- 20) Shimada H, et al : Effects of a robotic walking exercise on walking performance in community-dwelling elderly adults. *Geriatr Gerontol Int* 9 : 372-381, 2009
- 21) Buchner DM, et al : A comparison of the effects of three types of endurance training on balance and other fall risk factors in older adults. *Aging (Milano)* 9 : 112-119, 1997
- 22) 及川清志：歩行アシスト, 自動車技術会春季大会「人と共存するクルマとロボット」フォーラム, 2008
- 23) Lord SE, et al : Community ambulation following stroke : how important and obtainable is it, and what measures appear predictive?. *Arch Phys Med Rehabil* 85 : 234-239, 2004
- 24) Schmid A, et al : Improvements in speed-based gait classifications are meaningful. *Stroke* 38 : 2096-2100, 2007
- 25) Mehrholz J et al : Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 4 : CD006185, DOI : 10, 1002/14651858, CD006185, 2007
- 26) 仲 貴子, 他：装着型歩行アシストロボットを用いた歩行練習が回復期脳卒中片麻痺患者の歩行機能に及ぼす影響—シングルケース法による検証. 第45回日本理学療法学会学術大会, 2010  
[http://www.jstage.jst.go.jp/article/cjpt/2009/0/2009\\_B2Se2007/\\_article/-char/ja/](http://www.jstage.jst.go.jp/article/cjpt/2009/0/2009_B2Se2007/_article/-char/ja/)
- 27) Nakamura R, et al : Application of computer-assisted gait training (CAGT) program for hemiparetic stroke patients : a preliminary report. *Tohoku J Exp Med* 156 : 101-107, 1988
- 28) Nakamura R, et al : Computer-assisted gait training (CAGT) of hemiparetic stroke patients : whose recovery is most predictable?. *Tohoku J Exp Med* 166 : 345-353, 1992
- 29) Patterson KK, et al : Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil* 89 : 304-310, 2008
- 30) Brandstater ME, et al : Hemiplegic gait : analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil* 64 : 583-587, 1983

(Takako Naka, et al 千葉県立保健医療大学健康学部リハビリテーション学科理学療法専攻：〒260-0801 千葉市中央区仁戸名町 645-1)

# 超高齢社会の実像を踏まえた健康福祉政策

鈴木 隆雄

## はじめに—長寿化と疫学的転換

近代化とともに寿命が伸長した過程は、疫学的転換(epidemiologic transition)として理論的に整理されている。それは感染症の撲滅を主要な原因とした死因構造の変化にともなう死亡率低下の過程である。理論の中では人類の死亡の歴史を4段階に分けている(表1)。このような疫学的転換は人々の生存確率を変え、ライフサイクルの姿を全く違ったものにした。それによって人生の時刻表は大きく変わるとともに、社会経済全体をも変えることとなった<sup>1-3)</sup>。

まず挙げられるのは、今後の死亡数の増大と人口構造の変化である。寿命が伸長している社会で、死亡数が増大するということが一見矛盾のように思えるが、過去の長寿化によって順送りになってきた死亡が今後に現れて来るため、死亡数は急速な増加を示す。現在の年間死亡者数は約110

万人であるが、団塊の世代がその死亡ピークを迎える2030年頃には、約160万人に増加すると推定され、その受け皿(=死亡の場合)について深刻な問題をはらんでいる。

さらに、長寿化は今後の人口高齢化の一因となる。ただし、人口高齢化を引き起こす主因は出生率の低下、すなわち「少子化」である。フランスと日本は、長寿化において肩を並べるが、出生率では現在フランスが人口置き換え水準付近にあるのに対して、日本ではその2/3程度しかない。その結果、将来人口の年齢構成は大きく異なり、日本では人口高齢化が著しく進行する。

すなわち、長寿化と高齢化は異なる現象であることを理解する必要がある。日本では少子化と長寿化が重なることにより、世界でも飛び抜けた人口高齢化を経験することになる。その中で長寿化は、より高い年齢層の割合を増大させる効果を持ち、いわゆる高齢人口の高齢化を引き起こすことになる。具体的には、虚弱化が顕著となる後期高齢者の著しい増加である。もうひとつの見どころは、今後の高齢化率の伸びが著しく現れるのが大都市圏という点である。農村部などの地方と異なり、大都市圏には特有の高齢者を取り巻く環境(高齢者世帯や一人暮らし等)が存在し、今後のソーシャルサポート等の問題がより顕在化してくる。

本稿では、このようなわが国の直面するいわば超高齢社会において、高齢者の健康水準がどうい

表1 疫学転換(出典: Omran 1971, Olshansky & Ault 1986)

- I. 疾病蔓延と餓死の時代(the Age of Pestilence and Famine)
- II. 慢性的疾病蔓延の終息期(the Age of Receding Pandemics)
- III. 変性疾患(生活習慣病など)の時代(the Age of Degenerative and Man-Made Diseases)…戦後の先進国, 平均寿命50年以上(~75年)
- IV. 変性疾患(生活習慣病など)遅延の時代(the Age of Delayed Degenerative Diseases, Olshansky & Ault 1986)  
…現代の先進諸国, 平均寿命75年以上

すずき たかお: 国立長寿医療研究センター所長 連絡先: ☎ 474-8511 愛知県大府市森岡町源吾 35

表2 1992年の65歳以上の分布と同じ(有意差のない)分布を示す  
2002年の高齢者集団の年齢(出典:文献<sup>5)</sup>より引用)

measurement	Mean±SD		Statistics				
	1992 (≤65 year-old)	2002 (Age with similar distribution)	F	P 値	t	P 値	
Grip strength							
M	30.2±6.9	69+	30.0±6.6	1.925	0.166	0.278	0.781
F	18.2±4.9	75+	18.2±5.3	1.405	0.236	0.013	0.990
Stork standing							
M	36.6±24.0	69+	36.8±23.0	5.155	0.024	-0.127	0.899
F	25.6±23.0	68+	25.8±22.1	2.027	0.155	-0.167	0.868
Normal walking speed							
M	1.16±0.27	76+	1.17±0.30	1.861	0.173	-0.304	0.761
F	1.00±0.27	76+	1.00±0.27	0.030	0.863	-0.037	0.970
Max walking speed							
M	1.92±0.44	69+	1.92±0.42	1.564	0.212	-0.012	0.990
F	1.56±0.40	73+	1.55±0.38	1.910	0.167	0.312	0.755

Age of 2002 cohort showing similar distribution of measurements with 1992 cohort with age 65 year old and over

う状況にあるのか、高齢期における疾病予防と介護予防はどう調整しておくべきなのか、等の視点から、今後の健康福祉施策についての糸口を提示したいと考えている。

### 現在の日本高齢者の健康水準

東京都老人総合研究所(現・地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター研究所)では、1991年から“老化に関する長期縦断研究”(TMIG-LISA)を開始し、現在も毎年追跡している<sup>4)</sup>。この長期縦断研究で設定したコホート(cohort)は、65歳以上の地域高齢者の集団で、1992～2002年の10年間のデータを用いて、1992年の古い高齢者集団と2002年の新しい集団との比較である。すなわち、新しい高齢者集団がどのくらい若返っているのかを探索的に分析すると、多くの身体機能や生活機能に関連する測定値について、2002年の65歳以上の高齢者での分布は、1992年の65歳以上の高齢者の分布に比べて右側(すなわち、より高い能力)にシフトしていることが明らかとなる。そこで、2002年の65歳以上の集団から、(測定値が低下し左に分布がシフトする)66歳以上のどの集団の分布が1992年の65歳以上の高齢

者集団の分布と一致するか、つまり2002年の何歳以上の集団が1992年の65歳以上の集団と平均値に差がなく分散にも差がない分布を示すかを、統計学的に検証した<sup>5)</sup>。

その結果を示すデータが表2である。例えば握力については、1992年の65歳以上の集団の平均値と分散に有意差なく重なる集団は、2002年の男性69歳以上の集団および女性75歳以上の集団であることが分かる。このことは、今日の高齢者は10年前の高齢者に比べて、握力で見る限り男性は4歳若返り、女性は10歳若返ったことを意味している。バランスの能力を測定する“開眼片足立ち時間”においても、男性と女性でそれぞれ4歳と3歳若返っている。また通常歩行速度は、男性女性とも11歳若返っており、わずかこの10年間で大きな健康水準の変化が生じていることを示している。

今後、団塊の世代が高齢者集団を形成することになれば、これまでの様々なデータから類推して、より健康な(若返った)集団となることが予想される。したがって、今後高齢者のあらゆる面での制度や、高齢者の健康を守る手立てを考えていくというときには、このような変化や現状を考慮

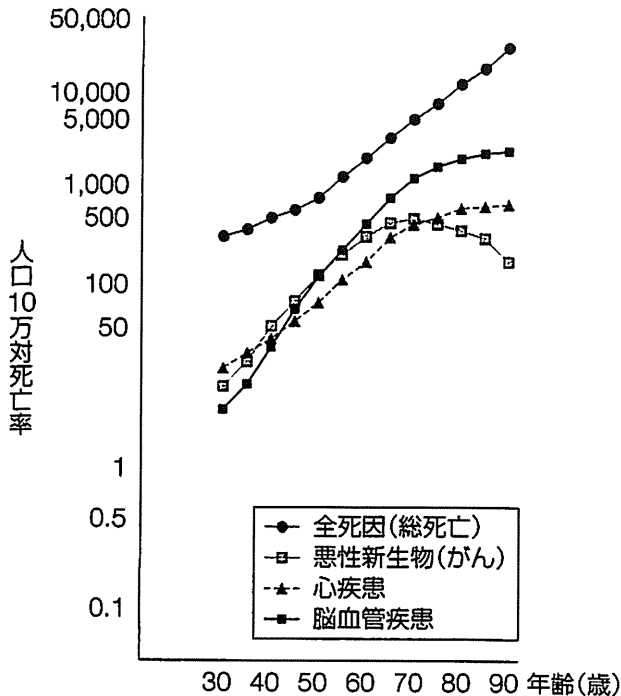


図1 1950(昭和25)年における男性年齢別、死因別死亡率(文献<sup>6)</sup>より引用)

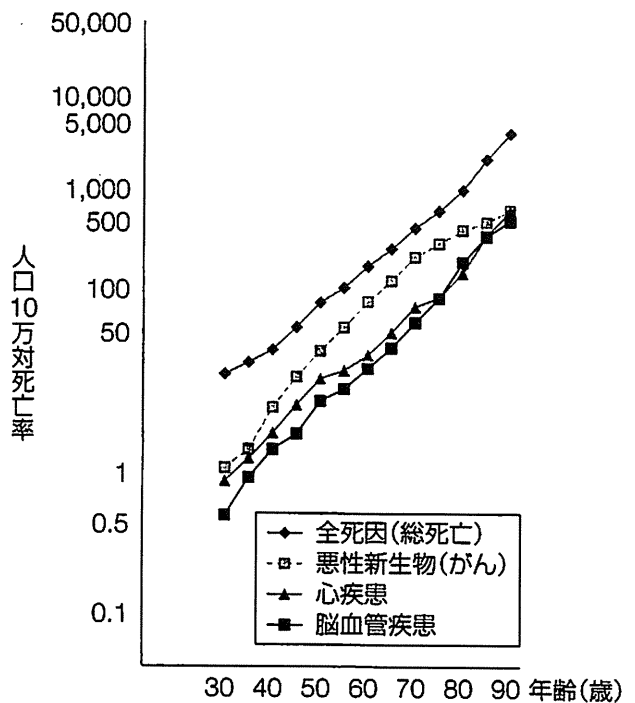


図2 2003(平成15)年における男性年齢別、死因別死亡率(文献<sup>6)</sup>より引用)

したものでなければ意味がない。今後は“高齢者”として一括りにはできないことを念頭に置きながら、政策や戦略を立てていかなければならない。

### 疾病予防と介護予防 —死亡率の類型化からの検討

生物には必ず死が訪れるが、縦軸に死亡率の対数をとると、加齢とともに総死亡率が直線的に上がる。これを Gompertz 曲線と呼んでいる。一方、個別の疾病死亡率に着目すると、Gompertz 曲線と全く同じように平行に上がっていく場合(“並行型”)、途中まで平行に上がっていったところで変曲点を示し乖離する場合(“乖離型”)、あるいは全く Gompertz 曲線と無関係なまま平行に推移し高齢期から急速に上昇する場合(“急増型”)、などに類型化できる<sup>6)</sup>。

ここで重要なことは、生活習慣病について見ると、全く予防をしなかった場合の各疾患の死亡率パターンはすべて“乖離型”のパターンとなることである。その理由は、病気の予防知識がなく全

く予防対策がされない場合、その疾患で死亡するものは加齢とともに上昇し続けるが、ある一定のところまでいくと、いわばその疾病で死ぬべき人は全員死んでしまうために、それ以降は逆に死亡率は低下することになる。一方、逆に完璧に検診や生活指導などの予防対策をした場合、その疾患の死亡率は Gompertz 曲線と平行に上昇するのみである。その理由はその疾病を予防することによって、若年—壮年期の死亡が抑制されるために、総死亡と同じパターンを描くことになる。さらに疾病予防が飽和し、平均寿命の著しく進展する高齢社会では、“急増型”が顕著となってくる。それは転倒、誤飲・誤嚥、溺死・溺水、肺炎などの高齢者に特有に現れる老年症候群など、死亡数が急増するからである。

図1は1950年の男性の年齢別の死亡率である。直線を示す Gompertz 曲線に対して、がん、心疾患、脳血管疾患はすべて変曲点を持つ「乖離型」の死亡率パターンを示している。そして乖離の変曲点はおよそ70~75歳くらいのところに存在する。このことは極めて重要な示唆を与えている。

一方、図2は最近の死亡曲線である。Gompertz曲線は同じように直線化して変わっていないが、一方すべての生活習慣病死亡はおおよそ直線化してきていることは明らかで、このことは死亡曲線で見ると、すでに生活習慣病対策は飽和しているということを示している。この50年の間に日本では営々と生活習慣病に対する地道な、そして着実な予防対策の取り組みによって、また医療技術の著しい発展によって、若年一壮年期の死亡を減らして世界に冠たる長寿国を生み出したのである。

では、いつまで生活習慣病の予防対策を行うのか？ 答えは自明の理である。変曲点の前にやらなければ意味がない。予防対策が行われないために死亡が累積してゆくのは、変曲点の前なのである。変曲点以降は他の疾病死亡が優位となる。したがって予防対策は、変曲点以前でなければ意味がないということになる。現代日本人は中年期における生活習慣病の一次予防をより一層進めなければならない。なぜなら、死亡率は下がっても発生率が下がっていないために、発症後要介護状態になる場合が多くなっていくことが容易に想定されるからである。発生率を下げるということは、病気を発症しないと同時に、要介護状態にならないということでもある。高齢期になっていかに不健康寿命を増加させないかが、喫緊の課題となる。先にも述べたが、疾病予防は変曲点の前が重要である。当然、介護予防は変曲点近傍(70歳頃)から特に重要となってくる。後期高齢者医療制度は、様々に議論を呼び、今後のあり方もまだ不安定要素を残している保険制度であるが、少なくとも疾病と介護を包括的に含む高齢者の健康づくりという視点から見て、“後期高齢者”として一つの枠を作り、疾病予防と介護予防のまさに“変曲点”としての機能を持たせるという意味において、今後も必要不可欠な制度だと考えられる。

## 介護予防の重要性

介護予防に関して、より具体的に対策方法を挙

げるとすれば、“老年症候群”をいかにして予防するかということである。例えば、老年症候群の代表的な症候である転倒は、最も重要かつ効果的な対象である。転倒は(骨粗鬆症と連動して)容易に大腿骨頸部骨折などの骨折をはじめとする外傷をもたらすだけでなく、たとえ外傷はなくとも転倒自体が高齢者に恐怖心を植え付け、その後の生活空間の狭小化やQOLを低下させて“転倒後症候群”を引き起こす<sup>7)</sup>。後期高齢者で独居高齢者や高齢世帯では、低栄養も問題となる。また、閉じこもりと密接に関連するのが尿失禁や足のトラブルである。尿失禁については軽度のものを含めると、高齢女性の3~4割に出現する。尿失禁によって友人と会うなどの社会活動性の制限が見られ、自信の喪失や閉じこもり状態へと移行する<sup>8)</sup>。このような老年症候群の特徴は以下のようにまとめられる。

- 1) 明確な疾病ではない(“年のせい”とされる)。
- 2) 症状が致命的ではない(“生活上の不具合”とされる)。
- 3) 日常生活への障害が初期には小さい(本人にも自覚がない)。

これらのことから、“老年症候群”を有する高齢者であっても医療機関への受診は少なく、また医療側での対応も一定の水準がなく、対策に困難なのが現状である。しかし多くの老年症候群、特にそれらの初期には、自己の努力である程度予防していくことが可能である。特に最近では、わが国においても、これらの老年症候群の多くの症候に対して、科学的に最も推奨される手法である無作為割付比較介入試験(Randomized Controlled Trial: RCT)によって、個々の症候に対する介入プログラムが有効であるか否かが確認されている。これらのRCTは論文化され、いずれも厳しいレビューのある学術雑誌に報告されている。数ある老年症候群の中で、転倒予防<sup>9,10)</sup>、低栄養予防<sup>11)</sup>、尿失禁予防<sup>12)</sup>、足の変形による歩行障害の予防<sup>13)</sup>、あるいはそれらの多くを複合して有する者に対する取り組み<sup>14)</sup>、などはいずれもRCTを



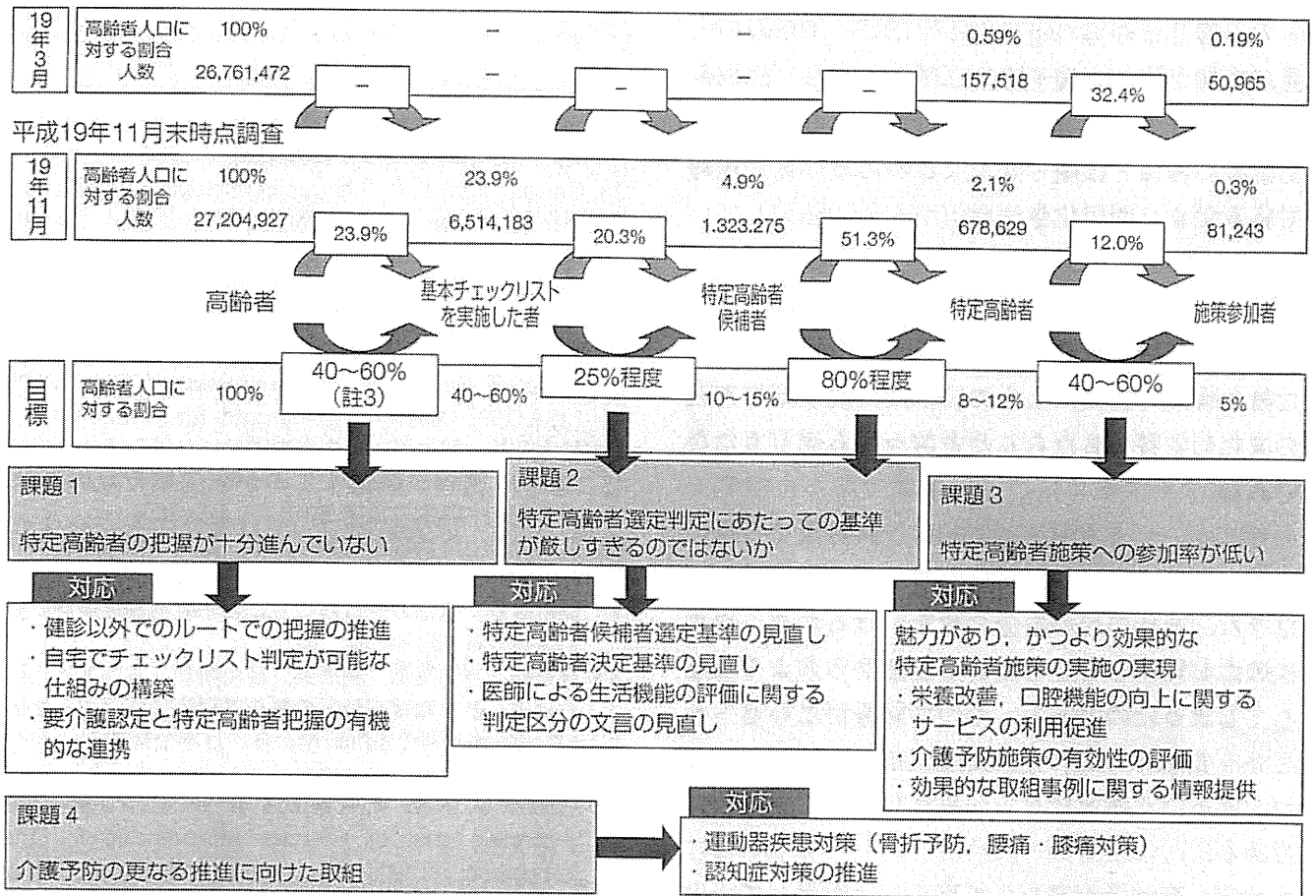


図3 介護予防事業(特定高齢者施策)の状況と課題(日本公衆衛生協会・平成19年度介護予防事業報告書より引用改変)

経て適切な介入が有効であることが示されている。なお現在、ひとつの大きな課題である認知機能低下制御に対する運動等の効果検証のためのRCTも実施されている。

介護保険の開始以来、そのサービスを利用する高齢者が非常に増えてきているが、特に軽度の要介護者が増えてきていることは憂慮される。なかでも後期高齢期の女性における虚弱化の進行とそれに伴う生活機能の低下が、このような軽度サービスの増加につながっていることは否定できない。国の施策としての介護予防は、平成18(2006)年に開始されたが、現時点では必ずしも十分に機能しているとは言い難い。サービスを受ける特定高齢者を5%と想定しているが、現在でも高々0.5%程度であり、地域包括支援センターでの対応やケアマネジメントのあり方、実際のサービス提供への流れなど課題は抽出され、改善の方

策も少しずつ実行されている(図3)。

現在第5期〔平成24年度以降(2012年4月以降)〕の介護保険制度における介護予防の動向を見据えた形で実施されているのが“システムとしての介護予防”である。1つは基本チェックリストの完全実施である。またハイリスク高齢者のみを直接的に抽出する(ハイリスク・アプローチ)だけではなく、一般の高齢者からも広く介護予防の取り組みの中から高齢者集団全体での介護予防の取り組み(ポピュレーション・アプローチ)の重視など、より広範な啓発普及を含めた総合的対策が進行している。

### 今後の高齢社会の課題

これまで概観してきたように、わが国は超高齢社会を迎え、国全体の産業構造や経済構造の変化をももたらす人口構造の変化、なかでも後期高齢

者の急増，生存率の矩形化と死亡ピーク年齢の上昇，疾病予防と介護予防の連続性と潮目，生活機能維持と低下予防の重要性の増加，それらに伴い高齢者の保健・医療・介護などのあるべき具体的対応策がより明確化された。

1970年代以降のわが国全体の繁栄，医療技術の著しい進歩に基づく平均寿命の伸長，都会における住居問題と家族のあり方など，急速に変化した社会構造はまた，人生の終末期に関する日本人の文化的変容をもたらしたと言っても過言ではない。1950年頃まではごく一般的であった自宅での死亡が，いまやその90%以上が病院での死亡に変わったのである。「死なくなかった日本人」はまた，家族の死や自分の死を，はるか遠く現実感の乏しい出来事として日常生活からおよそ乖離してしまったのである。かつて誰もが思い巡らさざるを得なかった“memento mori”（死を想え）が，まったく希薄化し，非日常化してしまったのである。

一方，高齢者が安心して暮らし，満足して一生を終えるあり方として，住み慣れた地域や自宅で生活し，いわば日常の中でケアや医療を受け，そして終末期を迎える“在宅療養”が重視されようとしている。この在宅療養（在宅ケアや在宅医療そして終末期）が単に高齢者医療費の抑制という経済的目的のみならず，7割以上の国民がケアの場として，あるいは人生の終末の場として，自宅を望ましいと考えている事実（総理府調査による）に比べうる受け皿としても，叶うものであろう。

このように考えると，究極的には国民一人ひとりが，個人として望ましい終末期や死をどう考え，具体的に死をどのように迎え，さらに今後のわが国に起こるであろう集団としての大量死とどう向き合っていくのか，いわば“死生学”の充実こそが，健康福祉政策における喫緊の課題と言えよう。

## 文 献

- 1) Olshansky S Jay, A Brian Ault : The fourth stage of the epidemiologic transition ; The age of delayed degenerative diseases. *Milbank Quarterly* 64 : 355-391, 1989
- 2) Omran Abdel R : The epidemiologic transition ; a theory of the epidemiology of population change. *Milbank Memorial Fund Quarterly* 29 : 509-538, 1971
- 3) 金子隆一 : 長寿革命—驚異の寿命伸長と日本社会の課題 ; 第14回厚生政策セミナー，国立社会保障 pp 4-9, 人口問題研究所，2009
- 4) Suzuki T, Shibata H : An introduction of The TMIG-LISA (1991-2001). *Geriat Gerontol Int* 3 : S1-4, 2003
- 5) 鈴木隆雄，権珍嬉 : 日本人高齢者における身体機能の縦断的・横断的变化に関する研究—高齢者は若返っているか？ *厚生指標* 53(4) : 1-10, 2006
- 6) 鈴木隆雄 : 生活機能改善の意義と限界. *日老医誌* 44 : 188-190, 2007
- 7) 鈴木隆雄 : 転倒の先に起こること—転倒後症候群. *整形災害外科* 50 : 49-54, 2007
- 8) 金憲経，吉田英世，胡秀英，湯川晴美，古名丈人，鈴木隆雄 : 農村地域高齢者の尿失禁発症に関連する要因の検討—4年間の追跡研究から. *日本公衛誌* 51 : 612-622, 2004
- 9) Suzuki T, Kim H, Yoshida H, et al : Randomized controlled trial of exercise intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *J Bone Min Metab* 22 : 602-611, 2004
- 10) Shimada H, Obuchi S, Furuna T, Suzuki T : New intervention program for preventing falls among frail elderly people ; the effects of perturbed walking exercise using a bilateral separated treadmill. *Am J Phys Med Rehab* 83 : 493-499, 2004
- 11) Kwon J, Suzuki T, Kumagai S, Yukawa H : Risk factors for dietary variety decline among Japanese elderly in a rural community ; a 8-year follow-up study from TMIG-LISA. *Eur J Clin Nut* 30 : 305-311, 2006
- 12) Kim H, Suzuki T, Yoshida Y, Yoshida H : Effectiveness of multidimensional exercises for the treatment of stress urinary incontinence in community-dwelling Japanese elderly women ; a randomized controlled and cross-over trial. *J Amer Geriat Soc* 55 : 1932-1939, 2007
- 13) Kusumoto A, Suzuki T, Yoshida H, Kwon J : Intervention study to improve Quality of Life and health problems of community-living elderly women in Japan by shoe filling and custom-made insoles. *Gerontology* 53 : 110-118, 2007
- 14) Kim H, Yoshida H, Suzuki T : The effects of multidimensional exercise on functional decline, urinary incontinence, and fear of falling in community-dwelling elderly women ; a randomized controlled and 6-month follow-up trial. *Arch Gerontol Geriat* 52 : 99-105, 2011

# 加齢と身体機能の変化

鈴木隆雄 *Suzuki, Takao*

国立長寿医療研究センター 所長

## KEY WORD

加齢, 身体機能, 横断的研究, 縦断的研究

## はじめに

人間はどのように老化してゆくのか？ 一般的には加齢とともにすべての臓器の機能が、程度の差はあれ低下してゆくと考えられている。表1に中年期以降における、主たる器官系での加齢にともなう変化の概略を示した。このなかには純粋に加齢そのものにもとづく変化で、真の（生理学的）老化と考えられるべきものもあるが、多くの場合、（多かれ少なかれ）病的な変化が含まれているのが普通である。本来、老化と疾病とは別の概念であるが、老化により疾病は増加する。また老化現象のなかには病的状態と区別の困難な場合があるので、注意しなければならない。この表からは各器官での、まさしく加齢にともなう直線的な機能低下を読み取ることができる。また、多くの人々の老化のイメージはこのようなものであろう。しかし、このモデルには重大な落とし穴がある。それは、このデータが同一人を中年期から老年期まで追跡した縦断的観察によるものではなく、各年齢のさまざまな個体の平均値をプロットした横断的な研究によるものだからである。

老化の研究には、広く知られているように横断的研究、縦断的研究、そして定点観測的（時間差）研究が必要である<sup>1)</sup>。横断的研究にはコホート差という特有のバイアスがかかっており、真の老化をゆがめてしまう。縦断的研究は真の老化を知るためには優れた方法であるが、長期間にわた

る研究では時代差というバイアスが含まれる可能性が存在する。したがって、コホート差や時代差がどのような方向で老化に影響しているかを補正するためには定点観測的な時代差研究が必要となる。

本稿では、以上のような老化研究における注意点を考慮したうえで、日本人の老化が最近どのような変化を示してきたのか、また現在の高齢者は10年前の高齢者と比較してどのような差異を示すのかについて、とくにその身体機能に着目して行った研究結果を紹介する。

## 老化に関する横断的・縦断的研究

### ●調査対象者

ここで紹介する研究の対象者は、東京都老人総合研究所（現：東京都健康長寿医療センター研究所）が1991年から継続して実施している「中年からの老化予防総合的長期追跡研究」（TMIG-LISA）<sup>2,3)</sup>のフィールドの1つである秋田県の山村における65歳以上の地域在宅高齢者であり、1992年から2002年までの追跡調査（2年ごと）対象者の縦断的データを分析したものである。対象者数は、1992年の初回調査時には748名（男性300名、女性448名）、2002年の追跡時には、死亡（229名）、転居、入院者などを除いた437名（男性166名、女性271名）である。なお、横断的比較の対象となった2002年の調査時には、上述の1992年群437名を含む1,327名（男性549名、女性778名）について2002年コホートとして調査が行われた。

表1 中年期以降における身体各臓器・器管系の加齢にともなう変化

中枢神経系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脳細胞は20歳代をピークとして減少してゆくと考えられている</li> <li>・脳血流量も20歳以降減少</li> <li>・脳波においても基礎α波の徐波化が認められ、脳波の振幅の減少、開眼によるα波抑制の減退</li> </ul>
内分泌系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎代謝は低下</li> <li>・加齢により増加：ゴナドトロピン、膵性ポリペプチド</li> <li>・加齢により低下：副甲状腺ホルモン、副腎性アンドロジェン、エストロゲン、テストステロン</li> <li>・ホルモンに対する組織受容体の反応性低下</li> </ul>
呼吸器系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肺の弾性収縮力は減少する</li> <li>・肺活量、1秒量、最大換気量なども減少</li> <li>・動脈血ガス分析にてPO<sub>2</sub>の低下</li> </ul>
消化器系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・胃粘膜の萎縮が進行し、胃酸濃度低下</li> <li>・ペプシンの分泌減少</li> <li>・肝機能や膵機能での加齢的变化はあまりない</li> </ul>
感覚器系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・客観的表示は一般的に困難であるが、臭覚、聴覚などは鈍化する。視覚では老眼が出現してくる。また白内障が高頻度に発生する</li> </ul>
免疫系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・免疫監視機構の機能低下により発がんや老化が促進</li> <li>・血中自然抗体価は加齢とともに徐々に低下</li> </ul>
循環器系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・心拍出量は20歳以降直線的に減少</li> <li>・心係数では1年に約0.8%ずつ減少</li> <li>・末梢血管抵抗は加齢とともに直線的に上昇。動脈硬化が進行する</li> <li>・心電図ではQRS前額面平均電気軸の加齢にともなう左軸偏位</li> </ul>
泌尿器系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・腎血流量が低下。したがって糸球体濾過値は低下し、クレアチニンクリアランス (Ccr) は減少している</li> <li>・尿細管機能も加齢とともに低下し、尿濃縮能も低下する。膀胱容積が小さくなり、夜間尿が頻繁となる</li> <li>・男性においては前立腺が肥大する</li> </ul>
反射・運動機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・筋力は20歳代をピークとして直線的に低下</li> <li>・動作をはじめまでの反応時間の低下</li> <li>・末梢神経運動伝導速度は軽度に低下</li> </ul>
骨格系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・身長および体重はともに減少傾向を示す</li> <li>・脊柱での変化は背筋の萎縮、椎骨の変化が著しい、骨塩量は中年以降減少する（とくに女性では閉経後の骨塩量の減少著しく、比較的早くから骨粗鬆症を呈する）</li> <li>・筋力（握力）は40歳以降低下</li> <li>・関節柔軟度も18歳前後をピークとして減少するが40歳以降の変化は少ない</li> </ul>

## ●調査方法

調査は、対象者を会場に招待しての医学調査と面接調査からなっている<sup>2,3)</sup>。本稿では、以下に示す高齢者の生活機能を規定する重要な要因の1つである身体的運動能力（4項目）と栄養学的指標（3項目）についての分析を紹介する。

- 1) 身体的運動能力：握力 (kg)、開眼片脚起立時間 (秒)、通常歩行速度 (m/秒)、最大歩行速度 (m/秒)
- 2) 栄養学的指標：BMI：[体格指数 (kg/m<sup>2</sup>)], 血清アルブミン (g/dl)、血清総コレステロール (mg/dl)、なお、ここで取り上げた身体的運動能力の測定あるいは栄養学的指標の高齢者における意義については、数多くの筆者ら

の先行研究<sup>4~10)</sup>により提示されている。

## ●分析項目

上述の老化に関する長期縦断研究であるTMIG-LISAからのデータを用いて、つぎの4項目について分析を行った<sup>11)</sup>。

- 1) 1992年の高齢者コホートにおける10年間の各測定項目の加齢変化
- 2) 1992年と2002年の高齢者コホートの各測定項目の横断的比較、および2002年の高齢者コホートは1992年コホートのいずれの年齢階層と相同の分布を示す年齢層の特定

# 結果

## ●1992年の高齢者コホートにおける10年間の各測定項目の加齢変化

- 1) 握力は、男女ともに、また前期高齢者（65～74歳）および後期高齢者（75歳以上）ともに同じようなパターンで変化している（図1）。男女あるいは前期・後期高齢者とも10年間で有意に低下し、男女ともに後期高齢者での低下の著しいことが認められ、とくに女性における低下が顕著であった。
- 2) 開眼片脚起立時間は、初回調査時において男女間で大きな差異が存在し（男：36.6 ± 24.0秒；女：25.6 ± 23.0秒）、さらに男女と

も前期と後期の高齢者間にも顕著な差が存在した。このような男女間、年齢階層間での差は維持され、また10年間でのおおの有意に減少し、とくに後期高齢者で著しい減少を示していた。

- 3) 通常歩行速度は、初回調査時に男性前期（1.3 ± 0.2 m/秒）、後期（1.2 ± 0.1 m/秒）、女性前期（1.1 ± 0.2 m/秒）、後期（1.0 ± 0.2 m/秒）と4つの集団で平均0.1 m/秒ずつ少ない値を示したが、各集団とも、10年間で有意な低下を示し、とくに男性後期高齢者での低下が著しかった（図3）。
- 4) 最大歩行速度は、初回調査時の男女、前期・後期の4集団でそれぞれ10年間での低下は有意であり、通常歩行速度と同様に男性後期高

図1 握力の変化

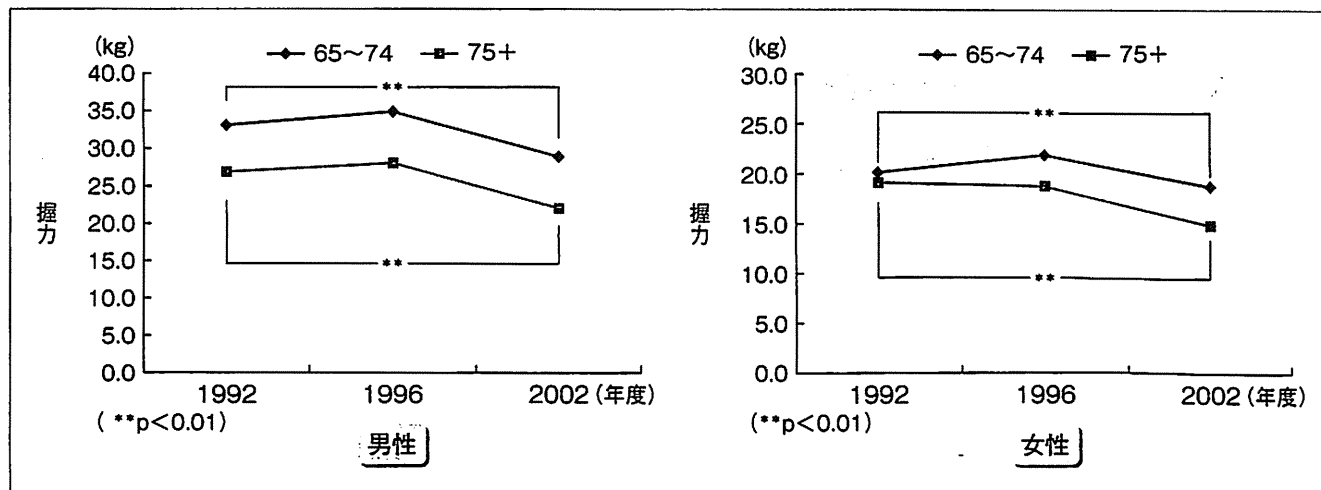


図2 通常歩行速度の変化

