

高齢ゲートボール実施者の10年後の体力変動

竹村 英和, 佐藤 久, 佐藤 佑

A longitudinal study of physical fitness for 10 years in elderly people with habitual gate ball activity

TAKEMURA Hidekazu, SATO Hisashi, SATO Tasuku

We investigated the longitudinal changes of physical fitness in elderly people with habitual gate ball activity. The subjects have worked out gate ball activity for one hour per day and three times per week for over 10 years. A follow-up of grip strength, foot-balance, 10-m hurdle walk, and 6-min walk in eight elderly peoples (80.5±2.6 years) were measured after 10 years.

The grip strength did not significantly change, and almost showed equivalent mean value. The time of 10-m hurdle walk was significantly shorter than that in a first investigation. In contrast, there was decline with aging in both the time of foot-balance and the distance of 6-min walk. The percentage of measured values in a follow-up to a first investigation were 106.1±20.3% in grip strength, 49.0±29.9% in foot-balance, 114.2±11.4% in 10-m hurdle walk, and 94.0±13.1% in 6-min walk. Particularly, balance capacity in subjects declined remarkably.

These results suggest that habitual gate ball activity was effective in maintaining and/or improving strength and walking ability in elderly people for long-term period with 10 years. Furthermore, it is important to recommend exercise training to maintain the balance and aerobic capacity as much as possible in addition to habitual gate ball activity to elderly people.

Key words : elderly people, gate ball, physical fitness, longitudinal change, ten years

1. はじめに

体力が加齢とともに低下することは周知の事実である^{8,10,13)}。また、高齢者においては生活自立機能の維持という観点から、体力低下を可能な限り遅延させることが重要となる。平成16年10月現在、わが国における65歳以上の高齢者人口は2,487万6千人と総人口の19.5%を占めており²²⁾、平成30年には3,417万人と総人口の27.3%まで増加することが予測されている¹²⁾。人口構造が急速に高齢化しているわが国において、高齢者の体力を維持・増進させることは重要な課題であり、安全かつ効果的な運動処方確立することが急務となっている。

Tsujiら²⁴⁾は、60～81歳の65名を対象に無作為化比較試験を実施し、週2回・25週間

のトレーニングを実施した運動群の最大酸素摂取量が、トレーニング前と比較して2.1ml/kg・min増加したことを報告している。また、西嶋ら¹⁷⁾の報告によれば、2年間にわたり週2回・1回1～2時間の運動教室に参加した中高年者の体力が有意に向上したとしている。このように先行研究では、一定期間の運動プログラムの実施によって高齢者の体力が改善することを報告している^{2,5,9)}。

高齢者に対する運動介入では、指導者の指示のもとに運動が行われており、介入終了後における自発的な運動の実施・継続が重要な課題となる。Fujitaら⁶⁾は、運動介入終了6か月後の日常身体活動量が、介入前に比べ増加していたことを報告し、運動介入がその後の身体活動量を増加させるうえで効果的であったことを示唆

している。しかし一方で、低体力高齢者を対象とした研究では、運動介入によって改善された有酸素能力が、6か月後の追跡調査時において消失したことから、介入終了後の自発的な身体活動の実施に至らなかったことが報告されている¹¹⁾。これらの知見の相違は、対象者の体力水準や生活習慣等が影響したことも考えられるが、運動介入時に提供される有酸素運動や筋力づくり運動に加え、高齢者が自発的に実践・継続できる多様な運動プログラムを検討する必要性を示唆しているといえよう。

現在、高齢者が自発的に実施している一般的な運動種目には、ゲートボールやグラウンドゴルフなどがあげられる。しかしながら、これらの運動を長期間にわたり実施した際の体力科学的な検討は行われていない。また、高齢者の筋力など特定体力要素に関する長期間の縦断的調査^{1,18)}はいくつか見受けられるものの、歩行能力や平衡機能を含めた体力変動を10年以上にわたって検討した報告は、筆者らの知る限り事例研究²⁰⁾以外にみあたらない。

そこで本研究は、定期的にゲートボールを実施している高齢者の体力変動について、10年間の縦断的調査から明らかにし、高齢者の体力を維持・増進させるための運動処方活用することを目的とした。

II. 方法

A. 対象者

対象者は、宮城県S町に在住する高齢者8名とした。対象者の平均年齢は、2005年11月時点で 80.5 ± 2.6 歳であり、ゲートボール歴は10年以上であった。対象者の健康状態について、8名中6名が高血圧症などの治療中疾病を有していたが、医師に運動の実施を制限されている者はいなかった。また、過去10年間において、長期間にわたる入院歴を有している者はいなかった。

B. 測定項目および方法

1. アンケート調査

対象者の日常生活における身体活動などを把握するために、2005年11月にアンケート調査を実施した。調査項目は、ゲートボールの実施状況（実施頻度、1回あたりの運動時間）、ゲートボール以外の運動の実施状況、歩行に関する意識、家事や労働の有無とした。なお、歩行に関する意識調査は、「日常生活で歩くことを心がけていますか?」という設問に対し「はい」もしくは「いいえ」で回答を得た。また、家事や労働の習慣を有する場合には、具体的な内容を回答するように依頼した。

2. 形態計測および体力測定

形態計測および体力測定は、1996年1月28日および約10年後の2005年11月3日に実施した。測定項目は、身長、体重、握力、開眼片足立ち、10m障害物歩行、6分間歩行とし、体力測定方法は文部科学省新体力テスト¹⁵⁾の実施要項に準拠した。なお、身長と体重の測定には、タニタ社製体内脂肪計（自動身長計付）TBF-202、握力の測定には、竹井機器工業社製スメドレー式握力計（1996年）およびデジタル握力計（2005年）を用いた。また、6分間歩行の測定は仙台大学屋外陸上競技場の400mトラックを使用し、その他の測定については仙台大学25記念館（1996年）および専門教育研究棟スポーツ科学実験室（2005年）を使用して実施した。測定は、30年以上にわたり中高年者の体力測定に関わってきた指導者の監督のもとに、安全性に十分配慮して実施した。また、対象者には測定内容を詳細に説明し、本人の同意のもとに測定を行った。

C. データの分析

データの収集は、対象者に測定・調査目的や個人情報の保護・管理について十分に説明を行い、対象者から承諾を得たうえで実施した。なお、本研究では1996年に61名、2005年に65

名を対象として測定を実施し、両年ともに測定を受けた8名を分析対象者とした。

データ分析は、1996年1月(平均年齢70.7±2.6歳)および2005年11月(平均年齢80.5±2.6歳)の測定値について平均値を算出し比較を行った。平均値の差の検定には、対応のあるt検定を用いた。有意水準は危険率5%未満とし、 $p < 0.05$ もしくは $p < 0.01$ として表した。体力プロフィールについては、文部科学省新体力テストの得点表¹⁵⁾を用いて検討した。なお、このテストの該当年齢は65～79歳であるが、本研究では80歳以上の対象者に対しても同様の実施方法および評価法を適用した。

Ⅲ. 結 果

A. 対象者のゲートボール実施状況と日常生活における身体活動

表1に2005年11月時点における対象者のゲートボール実施状況と日常生活における身体活動について示した。ゲートボールの実施頻度は、8名中7名が週5日以上、1名が週3～4

日であり、1回の運動時間は8名中5名が1～2時間、3名が2時間以上であった。ゲートボール以外の運動については、8名中3名が実施していた(対象者S.S.:グラウンドゴルフ・週2日・1回2時間、対象者H.F.:社交ダンス・週1日・1回2時間、対象者K.I.:日本舞踊・不定期に実施)。日常生活で実施する主な家事や労働は、8名中3名が農作業、4名が洗濯や掃除を実施しており、1名については特に家事や労働をしていなかった。また、日常生活において歩くことを心がけている対象者は、8名中6名であった。

B. 形態および体力測定結果の比較

表2に1996年および2005年に実施した形態計測および体力測定結果について示した。形態計測の項目である身長は、1996年が155.9±7.0cm、2005年は153.6±8.7cmと平均値で2.3cm減少したものの、有意差は認められなかった。また、体重とBMIは、それぞれ57.1±4.9kgから56.4±5.5kg、23.6±2.6から24.0±2.4とほぼ等しい値であった。体

表1 対象者のゲートボール実施状況と日常生活における身体活動(2005年11月時点)

性別	男 性				女 性			
氏 名	K.H.	S.S.	R.S.	E.I.	H.F.	T.Y.	Y.K.	K.I.
年 齢 (歳)	80.7	81.8	83.6	84.3	77.3	78.0	78.8	79.2
ゲートボールの実施頻度 (日/週)	5日以上	5日以上	5日以上	5日以上	5日以上	5日以上	5日以上	3～4日
ゲートボールの実施時間 (時間/回)	1～2時間	1～2時間	1～2時間	2時間以上	2時間以上	1～2時間	2時間以上	1～2時間
ゲートボール以外に 実施している運動種目	なし	グラウンド ゴルフ	なし	なし	社交 ダンス	なし	なし	日本舞踊
ゲートボール以外の 運動の実施頻度(日/週)	—	2日	—	—	1日	—	—	不定期
ゲートボール以外の 運動の実施時間(時間/回)	—	2時間	—	—	2時間	—	—	不定
日常生活における 主な家事や労働	洗濯	農作業	なし	農作業	農作業	洗濯・掃除	洗濯・掃除	洗濯・掃除
歩行に関する意識 (歩行を心がけているか?)	はい	はい	いいえ	はい	はい	はい	はい	いいえ

※年齢は、生年月日および測定日を基に小数第1位まで計算した。

力測定項目については、握力が1996年に25.8 ± 9.1kg、2005年には26.1 ± 6.1kgと10年後においてもほぼ等しい値を示した。また、10m障害物歩行については、8.8 ± 1.0秒から7.6 ± 1.6秒と平均値で1.2秒短縮していた (p<0.01)。一方、開眼片足立ちは、48.9 ± 32.9秒から28.3 ± 38.4秒と平均値で20.6秒の有意な時間の短縮がみられた (p<0.01)。6分間歩行については、550.0 ± 79.4mから511.9 ± 66.7mと平均値で38.1m短縮したものの有意差は認められなかった。

C. 10年後における体力の変動

表3および図1に1996年時点を100%とした10年後における体力の変動を示した。10年後における握力は、10年前に対して106.1 ± 20.3% (最高137.3%、最低85.7%)と増加傾向を示した。また、10m障害物歩行についても114.2 ± 11.4% (最高129.4%、最低96.1%)と改善傾向を示した。一方で、開眼片足立ちは49.0 ± 29.9% (最高100.0%、最低20.6%)、6分間歩行は94.0 ± 13.1% (最高118.0%、最低81.7%)と低下傾向を示し、特に開眼片足立ちによる平衡機能の低下が顕著であつ

表2 形態および体力の比較

項目		対象者								平均	標準偏差
		K.H.	S.S.	R.S.	E.I.	H.F.	T.Y.	Y.K.	K.I.		
年齢(歳)	1996年	70.9	72.0	73.8	74.5	67.5	68.2	69.1	69.4	70.7	2.6
	2005年	80.7	81.8	83.6	84.3	77.3	78.0	78.8	79.2	80.5	2.6
身長(cm)	1996年	162	157	158	168	151	155	150	146	155.9	7.0
	2005年	158	156	160	168	150	152	143	142	153.6	8.7
体重(kg)	1996年	52	57	68	58	56	54	58	54	57.1	4.9
	2005年	55	58	69	56	55	53	54	51	56.4	5.5
BMI	1996年	19.8	23.1	27.2	20.5	24.6	22.5	25.8	25.3	23.6	2.6
	2005年	22.0	23.8	27.0	19.8	24.4	22.9	26.4	25.3	24.0	2.4
握力(kg)	1996年	30.0	33.0	34.0	38.5	20.5	19.0	16.5	15.0	25.8	9.1
	2005年	25.7	31.0	29.3	37.4	19.9	23.5	21.1	20.6	26.1	6.1
開眼片足立ち(秒)	1996年	56	120	64	12	31	34	42	32	48.9	32.9
	2005年	12	120	36	8	8	7	11	24	28.3	38.4 **
10m障害物歩行(秒)	1996年	8.8	6.8	8.4	8.9	9.4	8.3	10.2	9.2	8.8	1.0
	2005年	6.6	4.8	7.7	7.3	8.1	8.1	10.6	7.3	7.6	1.6 **
6分間歩行(m)	1996年	590	650	605	465	570	610	465	445	550.0	79.4
	2005年	525	590	500	505	480	590	380	525	511.9	66.7

※年齢は、生年月日および測定日を基に小数第1位まで計算した。

**p<0.01 vs 1996年

表3 各対象者の体力測定値の10年後の変動

項目	対象者								
	K.H.	S.S.	R.S.	E.I.	H.F.	T.Y.	Y.K.	K.I.	
握力	85.7	93.9	86.2	97.1	97.1	123.7	127.9	137.3	
開眼片足立ち	21.4	100.0	56.3	66.7	25.8	20.6	26.2	75.0	
10m障害物歩行	125.0	129.4	108.3	118.0	113.8	102.4	96.1	120.7	
6分間歩行	89.0	90.8	82.6	108.6	84.2	96.7	81.7	118.0	

※ 10m障害物歩行は、100%未満で所要時間が遅延したことを示す。

(%)

た。

D. 10年後における各対象者の総合得点と体力プロフィール

図2に1996年および10年後の2005年における各対象者の総合得点を示した。また、図3には得点の平均値による体力プロフィールを示した。握力の得点は、2005年が 4.6 ± 1.1 点(最高6点、最低3点)を示し、1996年の 4.4 ± 1.1 点(最高6点、最低3点)とほぼ等しい値であった。一方、開眼片足立ちは 7.4 ± 1.7 点(最高10点、最低4点)から 5.1 ± 2.4 点(最高10点、最低3点)に、10m障害物歩

行は 4.1 ± 1.0 点(最高6点、最低3点)から 5.5 ± 1.7 点(最高9点、最低3点)と10年後においてそれぞれ有意な変動を示した(開眼片足立ち: $p < 0.01$ 、10m障害物歩行: $p < 0.05$)。また、6分間歩行については、 5.9 ± 2.0 点(最高8点、最低3点)から 4.9 ± 1.6 点(最高7点、最低2点)と低下傾向を示したものの有意差はみられなかった。4項目の総合得点は、1996年が 21.8 ± 4.1 点、2005年が 20.1 ± 4.5 点とわずかに低下傾向を示したものの有意差は認められなかった。

IV. 考 察

近年、高齢者人口の増加や平均寿命の延伸を背景として、高齢者が良好な生活の質(QOL: Quality Of Life)を保持し豊かに老いていく「successful aging」¹⁹⁾の基盤を確立することが望まれている。このためには、体力の低下を可能な限り遅延させることが重要であり、運動習慣を有する高齢者の長期間にわたる体力変動を明らかにすることは、高齢期におけるより良い生活処方立案や運動処方の改善策を講じるうえで極めて有益な示唆を与えるであろう。

本研究では、高齢ゲートボール実施者8名を対象として、10年後の体力変動を検討した。

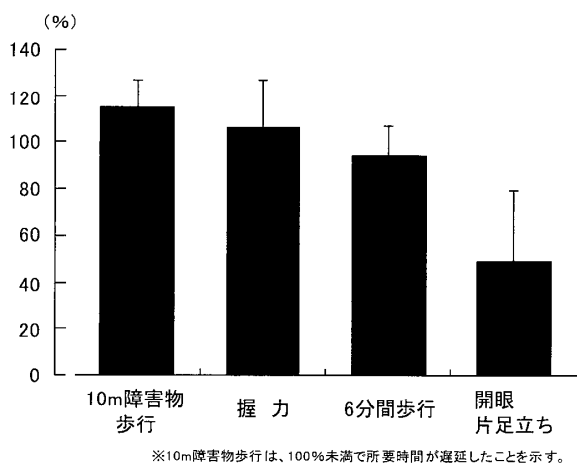


図1 体力測定値の10年後の変動

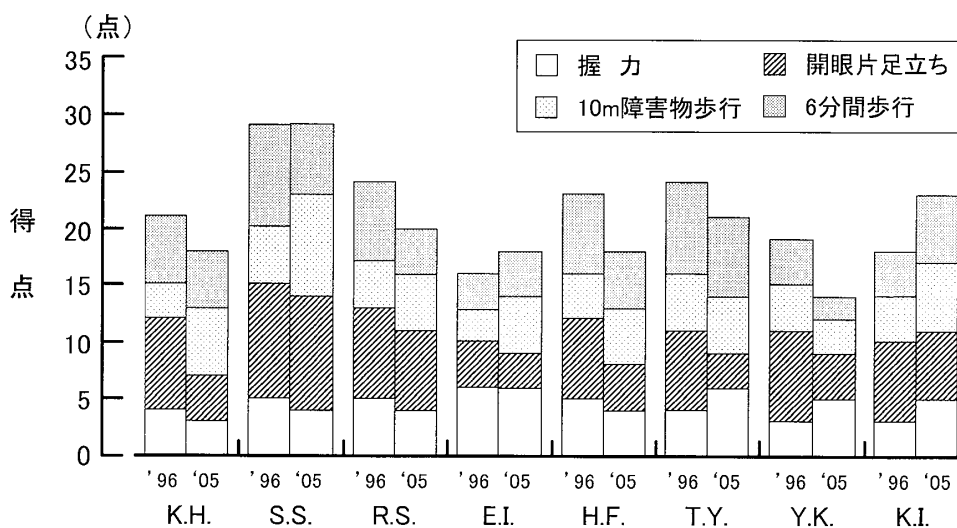


図2 各対象者の総合得点の比較

対象者の初回測定時（1996年）における体力は、10段階評価において握力が 4.4 ± 1.1 点、開眼片足立ちは 7.4 ± 1.7 点、10m障害物歩行は 4.1 ± 1.0 点、6分間歩行は 5.9 ± 2.0 点と平衡機能が優れ、有酸素性能力は平均的であり、筋力や歩行能力はやや劣っていた。また、2名の対象者がゲートボール以外の運動を定期的に（週1～2回）実施していたものの、ゲートボールの実施頻度に比べ明らかに低頻度であった。

筋力の指標となる握力は、日常生活動作を遂行するうえで重要な体力要素である。また近年、握力が中高年者の健康状態を把握する指標となりうる可能性が指摘されており、死亡率が高握力群で低く、低握力群で高いとの報告も見受けられる¹⁸⁾。本研究において、対象者の握力は平均年齢70.7歳時に 25.8 ± 9.1 kgであったが、10年後の80.5歳時においても 26.1 ± 6.1 kgとほぼ等しい値を示した。このように加齢に伴う握力の低下がみられなかったことは、ゲートボールによって習慣的にスティックを握る動作を実践したことが寄与していると考えられた。しかし一方で、家事や労働の実施が握力に影響

を及ぼすことも予測される。本研究では、8名の対象者のうち3名が農作業を、4名が洗濯や掃除といった家事・労働を実施していた。対象者が居住する宮城県S町は、仙台市の南方約30kmにある郡部地域である。そこで、対象者と生活様式が類似していると考えられる町村地区在住の日本人の平均値をみると、性別に関わらず75～79歳の握力（男性： 34.1 ± 6.0 kg、女性： 21.7 ± 4.1 kg）は70～74歳（男性： 36.6 ± 6.3 kg、女性： 23.6 ± 4.2 kg）に比べ低値であった¹⁶⁾。これらのことを考慮すると、対象者の10年後の握力が維持されていたことは、定期的なゲートボールの実施が寄与したものと推察される。したがって、定期的なゲートボールの実施は、高齢者の握力を長期にわたって維持するうえで有用であることが示唆された。高齢者のQOLの低下を招く要因のひとつには、転倒や骨折に起因した“寝たきり”があげられており、転倒誘発因子には平衡機能や歩行能力など体力の低下も関連している^{7,23)}。また、Seemanら²¹⁾は、70～79歳の高齢者を対象に10フィートの歩行時間を測定し、初回測定時に6.99秒であった所要時間が、3年後には

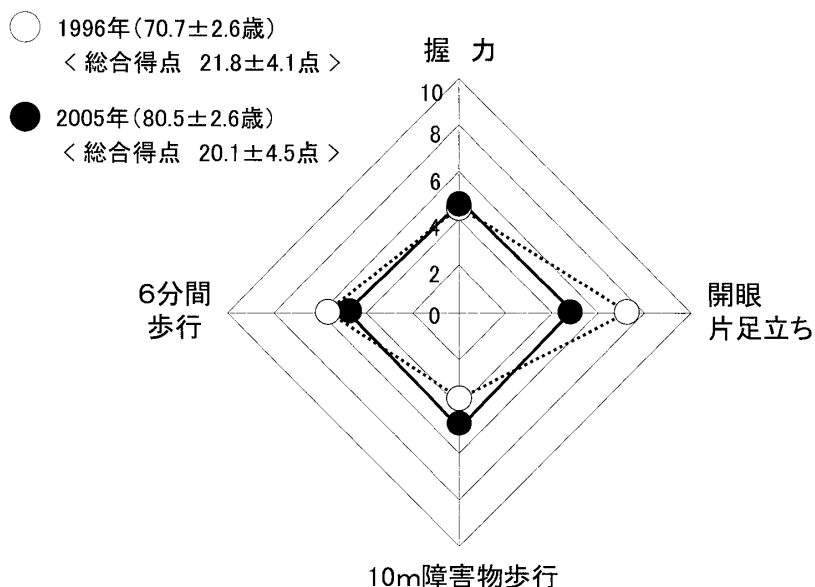


図3 体力プロフィールの比較

7.70 秒に遅延したことを報告した。本研究において、開眼片足立ちは 10 年後に平均値で 20.6 秒短縮し、平衡機能の低下がみられた。しかし一方で、10 m 障害物歩行は 1.2 秒短縮し、歩行能力は向上していた。ゲートボールは、スティックによってボールを打撃し、コート内の 3 つのゲートを第 1 ゲートから順に通過させ、最後にコートの中心に設置されたゴールポールに当てる形式で実施される。ボールがゲートを通過するまでには複数回の打撃を要し、ボールの動きに応じた実施者の移動には歩行が用いられる。また、ゲーム中には足底で押さえた自分のボールを打撃し、横に並べた相手のボールを弾き出す「スパーク打撃」が行われ、前脛骨筋などの下腿筋群が用いられる。したがって、ゲートボールの実施に伴う歩行運動やスパーク打撃による下腿筋群の使用が、10m 障害物歩行の所要時間の短縮につながったものと考えられた。一方、平衡機能について、本研究結果からはゲートボールの実施が機能の維持・改善に寄与しないことが示唆された。しかしながら、ゲートボールの実施により機能低下速度が遅延している可能性も考えられる。本研究では対照群を設定していないため、機能低下の遅延について明らかにすることはできないものの、より高い体力水準の維持という観点から、ゲートボール実施者に対して平衡機能を維持する対策を検討する必要があると考えられた。

高齢者が自立した日常生活を遂行するうえで、行動体力を維持することは極めて重要であるが、特に有酸素性能力は健康に関連する重要な体力要素であることが指摘されている^{3,4)}。本研究において、有酸素性能力の指標とした 6 分間歩行は、平均値で 550.0m から 511.9m と短縮傾向を示したものの有意差は認められなかった。先行研究によれば、ゲートボール中の平均移動距離は 1 ゲームあたり 88.4m であり、運動強度は約 21% $\dot{V}O_2\max$ と低強度であることが報告されている¹⁴⁾。本研究では、ゲートボール中の運動強度を測定していないものの、運動の特

性上、低強度の運動であることは明らかなことから、ゲートボールの実施そのものについては有酸素性能力の維持に大きく寄与しないものと推察された。しかしながら、ゲートボールは主に屋外で実施されることから、実施場所までの移動において積極的に歩行が実践されていた可能性も考えられる。また、本研究の対象者は 8 名中 6 名が日常生活で歩くことを心がけており、有酸素性能力と間接的に関連する BMI についても平均値で「普通体重」を示していた。したがって、本研究において 6 分間歩行の距離が顕著に短縮しなかったことは、日常生活における歩行の実践が関与しているものと考えられた。

先行研究によれば、活動的な高齢者 1 名の体力を 28 年間にわたって追跡した結果、70 歳以降の体力測定値は一律に低下するのではなく、低下率は最大酸素摂取量や筋パワーが大きく、呼吸機能は小さく、握力や背筋力はその中間であるとしている²⁰⁾。本研究において、筋力や歩行能力は改善傾向を示したものの、平衡機能や有酸素性能力は低下し、特に平衡機能において顕著であった。したがって、このような一律ではない体力変動は、先行研究による知見を支持するとともに、運動種目の特異性を反映していると考えられた。しかし一方で、文部科学省新体力テストによる評価では、平均年齢 80.5 歳時における各項目の得点が、4.6 ~ 5.5 点と平均的な値を示した。また、総合得点についても 10 年前と比較して大きな低下はみられなかった。このことは、ゲートボールの実施が、直接あるいは間接的に総合的な体力維持に寄与したことを示唆しているといえよう。現段階においては、加齢に伴う身体諸機能の低下や運動に対する適応機序について不明瞭な点も多い。したがって、ゲートボールを実施している高齢者に対しては、ゲートボールの継続とともに平衡機能や有酸素性能力の維持に重点をおいた運動プログラムを提供する必要があると考えられた。

これらのことから、定期的にゲートボールを実施している高齢者の筋力（握力）や歩行能力

は、10年間の長期において維持・向上していることが明らかとなった。したがって、ゲートボールの実施は高齢者の長期的な体力維持の観点から有効な運動種目であり、運動プログラムのひとつとして適用できることが示唆された。しかし一方で、平衡機能や有酸素性能力が低下していたことから、これらの体力要素の維持を促進させるための付加的な運動プログラムを提供することが必要であると考えられた。また、各測定値の変動には個人差がみられたことから、過去の運動歴や生活様式等を考慮する必要があるといえよう。

高齢者が運動を実施するにあたっては、疾病の有無を含めた安全性の確保など様々な問題点があげられる。しかしながら、可能な限り高齢者が自発的に運動を実践できるような対策を講じ、介護予防や疾病予防につなげていくことが重要と考えられる。また、高齢者の運動実践には、体力の維持・向上だけではなく仲間づくりを含めた社会との積極的な関わりや生きる喜びを得るなどの意義もある。したがって、高齢者が運動を長期間実施した際の体力特性を運動種目別に明らかにし、身体状況や興味・関心に応じた運動を実践・継続できるよう多様な運動プログラムを開発することが今後の課題といえるだろう。

V. まとめ

本研究は、定期的にゲートボールを実施している高齢者の体力変動について、10年間の縦断的調査から明らかにし、高齢者の体力を維持・増進させるための運動処方に活用することを目的とした。

対象者は、宮城県S町に在住する高齢者8名であり、1996年（平均年齢70.7 ± 2.6歳）および2005年（平均年齢80.5 ± 2.6歳）に身長、体重、握力、開眼片足立ち、10m障害物歩行、6分間歩行を測定した。

形態計測の項目である身長、体重、BMIは、

10年後において有意な変動を示さなかった。体力測定項目については、筋力の指標となる握力が10年後においてもほぼ等しい値であった。また、10m障害物歩行については所要時間が短縮し、歩行能力の向上がみられた。一方、開眼片足立ちの時間や6分間歩行の距離は10年後において短縮し、平行機能や有酸素性能力は低下していた。1996年時点を基準とした10年後における体力の変動をみると、握力が106.1 ± 20.3%、開眼片足立ちは49.0 ± 29.9%、10m障害物歩行は114.2 ± 11.4%、6分間歩行は94.0 ± 13.1%を示し、特に開眼片足立ちによる平衡機能の低下が顕著であった。

これらのことから、定期的にゲートボールを実施している高齢者の筋力（握力）や歩行能力は、10年間の長期において維持・向上していることが明らかとなった。したがって、ゲートボールの実施は高齢者の長期的な体力維持の観点から有効な運動種目であり、運動プログラムのひとつとして適用できることが示唆された。しかし一方で、平衡機能や有酸素性能力が低下していたことから、これらの体力要素の維持を促進させるための付加的な運動プログラムを提供することが必要であると考えられた。

参考文献

1. Aniansson, A., Hedberg, M., Henning, G.B., Grimby, G.(1986) Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study. *Muscle Nerve*, 9:585-591.
2. Binder, E.F., Schechtman, K.B., Ehsani, A.A., Steger-May, K., Brown, M., Sinacore, D.R., Yarasheski, K.E., Holloszy, J.O. (2002) Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of a randomized, controlled trial. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 50:1921-1928.
3. Blair, S.N., Kohi, H.W. III, Barlow, C.E., Paffenbarger, R.S. Jr, Gibbons, L.W., Macera, C.A. (1995) Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*, 273:1093-1098.

4. Blair, S.N., Kohi, H.W. III, Paffenbarger, R.S. Jr, Clark, D.G., Cooper, K.H., Gibbons, L.W. (1989) Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA*, 262:2395-2401.
5. Cress, M.E., Buchner, D.M., Questad, K.A., Esselman, P.C., deLateur, B.J., Schwartz, R.S. (1999) Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, 54:M242-M248.
6. Fujita, K., Nagatomi, R., Hozawa, A., Ohkubo, T., Sato, K., Anzai, Y., Sauvaget, C., Watanabe, Y., Tamagawa, A., Tsuji, I. (2003) Effects of exercise training on physical activity in older people: a randomized controlled trial. *J. Epidemiol.*, 13:120-126.
7. Gehlsen, G.M., Whaley, M.H. (1990) Falls in the elderly: Part II, balance, strength, and flexibility. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 71:739-741.
8. Himann, J.E., Cunningham, D.A., Rechnitzer, P.A., Paterson, D.H. (1988) Age-related changes in speed of walking. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 20:161-166.
9. Kallinen, M., Sipilä, S., Alen, M., Suominen, H. (2002) Improving cardiovascular fitness by strength or endurance training in women aged 76-78 years. A population-based, randomized controlled trial. *Age and Ageing*, 31:247-254.
10. Kaneko, M., Morimoto, Y., Kimura, M., Fuchimoto, K., Fuchimoto, T. (1991) A kinematic analysis of walking and physical fitness testing in elderly women. *Can. J. Sport Sci.*, 16:223-228.
11. 衣笠 隆, 芳賀脩光, 江崎和希, 古名丈人, 杉浦美穂, 勝村俊仁, 大野秀樹 (2005) 低体力高齢者の体力、生活機能、健康度に及ぼす運動介入の影響 (無作為化比較試験による場合). *日本運動生理学雑誌*, 12:63-73.
12. 国立社会保障・人口問題研究所編 (2002) 日本の将来推計人口—平成13(2001)～62(2050)年— . 財団法人厚生統計協会 . 東京 . P2-7.
13. Lynch, N.A., Metter, E.J., Lindle, R.S., Fozard, J.L., Tobin, J.D., Roy, T.A., Fleg, J.L., Hurley, B.F. (1999) Muscle quality. I . Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J. Appl. Physiol.*, 86:188-194.
14. 松井美智子, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 川原 貴 (1983) 高齢者におけるゲートボールゲームの運動強度. *体力科学*, 32:491.
15. 文部科学省 (2000) 新体力テスト—有意義な活用のために— . ぎょうせい . 東京 .
16. 文部科学省 (2005) 平成16年度体力・運動能力調査報告書 .
17. 西嶋尚彦, 大塚慶輔, 鈴木宏哉, 田中秀典, 中野貴博, 高橋信二, 田淵裕崇, 山田 庸, 松田光生, 久野諳也 (2003) 地域在住中高齢者の運動教室参加における筋力と歩行能力発達との因果関係. *体力科学*, 52 Suppl:203-212.
18. Rantanen, T., Masaki, K., Foley, D., Izmirlian, G., White, L., Guralnik, J.M. (1998) Grip strength changes over 27 yr in Japanese-American men. *J. Appl. Physiol.*, 85:2047-2053.
19. Rowe, J.W., Kahn, R.L. (1987) Human aging: usual and successful. *Science*, 237:143-149.
20. 佐藤 佑, 鈴木省三, 竹村英和, 佐藤 久 (2005) 活動的高齢者 (87歳・男子) の28年間にわたる体力の推移 . 日本体力医学会東北地方会第15回大会学術集会予稿集, 21.
21. Seeman, T.E., Charpentier, P.A., Berkman, L.F., Tinetti, M.E., Guralnik, J.M., Albert, M., Blazer, D., Rowe, J.W. (1994) Predicting changes in physical performance in a high-functioning elderly cohort: MacArthur studies of successful aging. *J. Gerontol.*, 49:M97-M108. [韓 一榮, 大野 誠, 衣笠 隆, 武政 徹, 江崎和希, 林 淳吉, 芳賀脩光 (2004) 高齢者女性を対象とした健康づくり運動が脚力および歩行能力に及ぼす影響 . *臨床スポーツ医学*, 21:573-580. より引用]
22. 総務省統計局. 平成16年10月1日現在推計人口. <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2004np/index.htm>
23. Tinetti, M.E., Speechley, M. (1989) Prevention of falls among the elderly. *N. Engl. J. Med.*, 320:1055-1059.
24. Tsuji, I., Tamagawa, A., Nagatomi, R., Irie, N., Ohkubo, T., Saito, M., Fujita, K., Ogawa, K., Sauvaget, C., Anzai, Y., Hozawa, A., Watanabe, Y., Sato, A., Ohmori, H., Hisamichi, S. (2000) Randomized controlled trial of exercise training for older people (Sendai Silver Center Trial; SSCT): study design and primary outcome. *J. Epidemiol.*, 10:55-64.

(平成18年1月30日受付,平成18年3月14日受理)