

地域在住高齢者における運動習慣と転倒の関係

大久保 善郎^{1,2}, 清野 諭^{2,3}, 藪下 典子⁴, 大須賀 洋祐^{1,2}, 鄭 松伊^{1,4},
根本 みゆき^{2,4}, 金 美芝³, フィゲロア ラファエル¹, 田中 喜代次⁴

Habitual exercise and falls among community-dwelling older Japanese adults

Yoshiro Okubo^{1,2}, Satoshi Seino^{2,3}, Noriko Yabushita⁴, Yosuke Osuka^{1,2}, Songee Jung^{1,4},
Miyuki Nemoto^{2,4}, Mi-ji Kim³, Rafael Figueroa¹ and Kiyoji Tanaka⁴

¹筑波大学大学院人間総合科学研究科, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

²日本学術振興会, 〒102-8472 東京都千代田区一番町8 (*Japan Society for the Promotion of Science, 8 Ichiban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8472, Japan*)

³東京都健康長寿医療センター研究所, 〒173-0015 東京都板橋区栄町35-2 (*Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital and Institute of Gerontology, 35-2 Sakae-cho, Itabashi-ku, Tokyo 173-0015, Japan*)

⁴筑波大学体育系, 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (*Faculty of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan*)

Received: January 6, 2014 / Accepted: May 1, 2014

Abstract The purpose of this study was to retrospectively examine the association of habitual exercise with “single fall (= 1)”, “multiple falls (≥ 2)”, and “injurious falls (≥ 1)” among community-dwelling older adults. A total of 1,683 community-dwelling older adults, aged 60-97 years (72.6 $\pm$ 6.6 yr, 512 men and 1,171 women) were included in this study. Habitual exercises continued one year or longer (6.4 $\pm$ 9.5 yr) were classified into twelve types. Exercise components (time, quantity, period of continuity, and number of exercises) were divided with median or tertiles. To assess the association between habitual exercises and fall status, multi-variable logistic regression analyses with stepwise selection method, were applied. The multi-variable logistic regression analyses showed that dance (odds ratio (OR): 0.30, 95% confidence interval (CI): 0.09-0.96) was negatively associated with “single fall”. Bicycling (OR: 3.72, 95% CI: 1.32-10.77) was positively associated with “multiple falls”, and the period of continuity (OR: 0.74, 95% CI: 0.60-0.91) was negatively associated with “multiple falls”. None of the exercise components were selected with regard to “injurious falls”. Results indicate that dance may be an effective type of exercise for fall prevention among community-dwelling older adults. However, caution about falling is warranted toward bicycling as an exercise. Moreover, a longer period of continuity (≥ 4 years) appears to be a positive factor of habitual exercise for fall prevention.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 63(4): 391-400 (2014)

Keywords : accidental falls, aged, exercise, motor activity, injury

背 景

地域在住高齢者の10-30%が1年間に何らかの転倒を経験し^{1,2)}, そのうち31%の転倒は外傷を伴うため医療機関の受診や1日以上活動制限をもたらす³⁾. 転倒・骨折は本邦の高齢者の要介護化要因の約10%を占めているが⁴⁾, 本邦の高齢化率は今後さらに進展することが予想されることから⁵⁾, 転倒・骨折の絶対数も増加すると考えられる. したがって, 転倒による外傷, 転倒恐怖, 寝たきりの早期化, 医療費増大などの社会問題は今後一層

深刻化することが予想される⁶⁾.

転倒要因を解明する疫学研究は国内外から報告され, 体力や心理面などの内的要因と段差や床の滑りやすさなどの外的(環境)要因が明らかにされてきた^{7,8)}. 外的要因の関与は加齢とともに減少し, 内的要因の比重が増加していくことが報告されており⁹⁾, 可変的な内的要因に焦点を当てた介入が有効と考えられる. 下肢筋力やバランス能力向上を意図した運動プログラムは, バランス能力や下肢筋力の改善および転倒予防効果(約15-30%の抑制)を有することが多くの無作為化比較試験(random-

ized controlled trial: RCT) により報告されている¹⁰⁾. RCTは交絡因子を制御し, 転倒情報を正確に把握できる点で質の高いエビデンスを提供するが, 専門的指導者を提供する研究機関や医療機関などの特別な環境で, 限られた期間(3-6ヵ月間)の運動介入にとどまることが多いため, 地域における実際の環境と乖離する場合もある¹¹⁾. 地域の住民を取り巻く運動実践環境は, 運動実践者の約8割が指導者による指導を受けておらず⁵⁾, 本人の意思(嗜好)で運動習慣を形成している. また, 運動習慣は1年以上の長期間¹²⁾で実践され, 運動時間や頻度は自己選択でばらつきが大きい^{13,14)}などの特徴を有する. Gregg et al.¹⁵⁾は, 地域における運動と転倒の関連を検討した報告の文献レビューをおこない, 身体活動量の増加に伴う転倒の減少あるいは増加が混在してる現状を報告し, 特異性のある運動を強度や種目により分類して検討する必要性を述べた. 近年, Heesch et al.¹⁶⁾および Peeters et al.¹⁷⁾は, 運動強度を含めた運動量が転倒と有意に関連することを報告したが, 運動種目についての検討はされていない. 運動強度や運動量が高くても, 固定式自転車や水中運動などの種目では下肢で体重を支える必要がないため, 身体重心が支持基底面から逸脱することにより生じる転倒の予防にはつながりにくいと考えられる. 一方で, 転倒予防に効果的と報告されている水平方向への重心移動^{18,19)}や垂直方向への振幅²⁰⁾といった動作特性は, 運動種目によって大部分が規定されると考えられる. もし, 転倒予防に関連する運動種目を特定することができれば, 運動強度(METs)や運動量(METs・時/週)などに比して, 地域在住高齢者により理解しやすいエビデンスとなり, 地域の健康づくり支援策に役立つ情報となることが期待される.

本研究の目的は, 地域在住高齢者において長期間実践されている運動習慣が転倒に与える影響を後向きに検討することとした.

方 法

研究デザインおよび対象者 本研究のデザインはマッチングなしの症例対照研究である. 回顧的な調査により, 転倒者と非転倒者において過去1年以上継続している運動習慣を比較することで, 因果関係の一条件である「関連の時間性」²¹⁾を確保した.

対象者は, 2008-2013年に茨城県, 千葉県, 福島県, 神奈川県内の自治体で開催された体力測定に参加した地域在住高齢者である. 参加者は各自治体の広報誌や募集チラシ, 自治体職員による参加奨励などに募集し, (1) 医師から運動の制限を受けていないこと, (2) 要介護認定を受けていないこと, (3) 自立歩行が可能であることを参加条件とした. 参加者は, 自治体主催の体力測定に本人の意思で参加した. 全ての参加者に研究の目的や体

力測定, 質問紙調査内容, 体力測定データの取り扱いについて説明し, データ分析の際にはIDにより匿名化し個人を特定できないよう配慮すること, 研究に伴う不利益が生じた場合, 一度同意した場合でも随時撤回できることを口頭および文書にて伝えた上で, 研究協力について自筆署名による承諾を得た. 研究協力に同意が得られた参加者1,867名(100%, 男性577名, 女性1,290名)のうち, (1) 60歳未満の者48名(2.6%, 男性11名, 女性37名), (2) 転倒に強く影響する脳血管疾患²²⁾の既往歴を有する者60名(3.2%, 男性37名, 女性23名), (3) データに不備があった者76名(4.1%, 男性17名, 女性59名)を除外し, 1,683名(90.1%, 全体 72.6 ± 6.6 (60-97) 歳, 男性512名 73.0 ± 6.4 歳, 女性1,171名 72.4 ± 6.0 歳)を最終分析対象者とした.

本研究は, 文部科学省科学研究費補助金研究事業: 基盤研究A「要介護化予防を目的とした中・高齢期の身体機能改善のための包括的指針づくり」(代表: 田中喜代次)の一部であり, 筑波大学に所属する研究倫理委員会の承認を受けている(承認日2008年9月18日, 承認番号696).

測定項目および測定方法 体力測定会の参加者に対して, 問診で下記の項目を聴取した.

(1) 転倒状況

「あなたは過去1年間に転倒したことがありますか?」という問いに対して, 「ない, 1回だけある, 2回以上ある」の3件法にて回答を得た. 転倒の定義は, 「自分の意志からではなく, 膝, 上肢(手, 腕など)あるいは尻や腰などの身体部分が床面や地面などのより低いレベルに接触すること」²³⁾とした. なお, 本邦の地域在住高齢者において, 過去1年間の思い出し法による転倒発生の調査に関する信頼性はすでに確認されている²⁴⁾. さらに, 「何をしているときに転びましたか」という問いにより転倒時の動作を, 「転んだときに怪我はしましたか」という問いにより, 骨折や打撲, 切り傷, 擦り傷など外傷の有無を確認した. なお, 自転車での転倒($n=34$)は二足歩行での転倒と動作特性が大きく異なるため, 分析上転倒に含めなかった.

先行研究より, 1回のみ転倒は接触や不可避的なアクシデントにより生じることが多く, 複数回の転倒は虚弱や疾患との関連が強いこと報告されている²⁵⁾. また, 1回のみでも骨折や打撲, 擦り傷などの外傷を伴う転倒は転倒恐怖や活動制限, 虚弱化へつながる可能性が否定できない. これらの要因を考慮するため, 本研究では過去1年間に1回転倒を経験した場合を「転倒」²⁶⁾, 複数回(2回以上)転倒を経験した場合を「複数回転倒」^{17,25,26)}, 1回でも外傷を伴う転倒を経験した場合を「外傷転倒」とした.

(2) 運動習慣

「現在、定期的な運動をおこなっていますか?」という問いに対して、「ある」、「ない」の2件法にて回答を得た後、「ある」と回答した者に対し、運動種目、運動時間(分/日)、運動頻度(日/週)、継続年数(年)について詳細を聴取した¹³⁾。1人が複数の運動種目を実践している場合、すべての運動種目について同様に詳細を聴取した。運動の定義は、「本人が、身体活動の中で、体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実践しているもの」^{27,28)}とし、少なくとも1年以上継続しているものとした²⁸⁾。運動種目の分類に際しては、動作の特性(連続的ステップ動作の方向性(単一/複数)、動作の規則性、競技性、リズム音楽の有無等)およびStewart et al.のMETs表²⁹⁾に基づき、散歩、ウォーキング、ジョギング、登山、グラウンドゴルフ、球技、ダンス、水中運動、太極拳、リズム体操、低強度筋力トレーニング、自転車³⁰⁾の12種目に分類した(Table 1)。運動時間と運動頻度を積算し、週間運動時間(分/週)を算出した。高齢者における運動種目ごとの推定運動強度(METs)²⁹⁾と週間運動時間を積算し、週間運動量(METs・時/週)を算出した。1個人が実践している運動種目数(なし、1種目、2種目以上)、週間運動時間(なし、1-122分/週、123-304分/週、≥305分/週)、週間運動量(なし、1-5.7 METs・時/週、5.8-13.0 METs・時/週、≥13.1 METs・時/週)、継続年数(なし、1-3.9年、4-9.9年、≥10年)を算出し、「なし」を除く各値を中央値または三分位数で区分した。

(3) 基本情報

性、年齢、歩行補助具の使用、転倒不安の有無、過去1年間の既往歴、服薬数を聴取した。既往歴として心疾患(不整脈、心不全、虚血性心疾患等)、高血圧、糖尿病、骨粗鬆症、白内障・緑内障、膝関節痛、脳血管疾患(該当者は分析から除外)について、それぞれの有無を確認した。服薬数は、医師から処方された医療用医薬品とし、薬局等で購入した一般用医薬品や医薬部外品、サプリメントは除外した。身長計を用いて0.1 cm単位で身長を、体重計を用いて0.1 kg単位で体重を測定し、求めた体重(kg)を身長(m)の2乗で除すことにより体格指数(body mass index: BMI)を算出した。地域で独立した生活を営む上で必要とされる活動能力の評価に老研式活動能力指標(Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology-Index of Competence: TMIG-IC)を聴取し、13点満点で評価した³⁰⁾。

分析方法 各測定項目の統計量は、平均値±標準偏差または割合(%)で示した。1)基本情報を「転倒」の有無(F=1, F=0)、「複数回転倒」の有無(F≥2, F<2)、「外傷転倒」の有無(Injurious F≥1, Injurious F=0)でそれぞれ比

較した。割合の差の検定には χ^2 検定およびFisherの正確検定を、連続変数の差の検定には対応のないt検定を適用した。2)運動習慣の各要素(運動種目、運動種目数、週間運動時間、週間運動量、継続年数)を独立変数とし、「転倒」、「複数回転倒」、「外傷転倒」を従属変数とし、年齢、性を調整変数とした多変量ロジスティック回帰分析(強制投入法)により、性・年齢調整オッズ比(odds ratio: OR)と95%信頼区間(confidence interval: CI)を算出した。運動種目数、週間運動時間、週間運動量、継続年数については、性・年齢で調整したロジスティック回帰分析によりトレンドの有無を確認した。

「転倒」、「複数回転倒」、「外傷転倒」に最も強く影響している運動習慣の要素を検討するために、1)と2)で有意性のみられた項目を独立変数とし、「転倒」の有無、「複数回転倒」の有無、「外傷転倒」の有無を従属変数とし、ステップワイズ法による多重ロジスティック回帰分析を施した。

すべての統計処理には、統計解析ソフトSAS 9.3を用い、統計的有意水準は5%とした。

結 果

「転倒」の発生割合は男性で14.5%(74名)、女性で19.0%(223名)であり、有意な性差がみられた。「複数回転倒」の発生割合は男性で5.9%(30名)、女性で5.6%(66名)であり、有意な性差はみられなかった。「外傷転倒」の発生割合は男性で6.1%(31名)、女性で9.5%(111名)であり、有意な性差がみられた。転倒時の動作は、歩いている時が48.6%(120名)、階段を上っている時が6.1%(15名)、階段を下りている時が6.1%(15名)、走っている時が5.3%(13名)、立ち上がった時が4.5%(11名)、立ち止まっている時が1.2%(3名)、座ろうとした時が0.8%(2名)、運動時が0.8%(2名)、その他が26.7%(66名)であった。

Table 2には、各運動種目の実践割合、運動時間と頻度、継続年数を示した。実践割合は散歩の14.2%が最も多かった。1日の運動時間は登山(380.0分/日)、運動頻度はリズム体操(5.3日/週)、週間運動時間はグラウンドゴルフ(292.3分/週)、継続年数は球技(16.6年)、週間運動量はジョギング(28.5 METs・時/週)が最高値を示した。

Table 3には、対象者の基本情報を、「転倒」、「複数回転倒」、「外傷転倒」の有無で比較した結果を示した。「転倒」の有無では、年齢、性、歩行補助具の使用、膝痛、転倒不安において有意差がみられた。「複数回転倒」の有無では、年齢、歩行補助具の使用、糖尿病、膝痛、服薬数、転倒不安、TMIG-ICにおいて有意差がみられた。「外傷転倒」の有無では、年齢、性、歩行補助具の使用、骨粗鬆症、白内障・緑内障、膝痛、転倒不安において有意差がみられた。

Table 1. Classification of habitual exercises by modality

Category	Type of habitual exercise		Modality
Walking, Brisk walking	Walking	Walking a dog	Continuous stepping in a single direction with double supporting phase.
	Brisk walking		
Jogging	Jogging	Marathon	Continuous stepping in a single direction without double supporting phase.
	Running		
Climbing	Climbing mountains	Hiking	Continuous stepping on mountains or hills.
Ground golf	Ground golf	Under golf ¹	Games to shoot a static ball on the ground with a club toward a particular target.
	Golf	Park golf ²	
	Gate ball	Target bird golf ³	
	Mini golf	Putter golf	
Ball games	Badminton	Base ball	Games to hit/kick/throw a dynamic ball/shuttlecock with/without equipment and require sudden movement in multiple directions.
	Soccer	Tennis	
	Volley ball	Table tennis	
	Soft volley ball	Padel tennis	
	Soft ball	Indiaca ⁴	
Dance	Japanese dance	Aerobic dance	Rhythmic body movement as an expression of emotion/culture or social interaction often requiring stepping in multiple directions.
	Social dance	Sport dance	
	Hula dance	Folk dance	
Water exercises	Walking in water	Swimming	Exercises with resistance and buoyancy of the water.
Tai Chi	Tai chi chuan (any forms)		Forms of defense/offense requiring stepping in multiple directions.
Rhythmic gymnastics	"Radio Taiso"	"3B Taiso" ⁵	Rhythmic body movements mainly intended for health promotion.
	"TV Taiso"		
Light strength training	Toe raise	Heel raise	Exercise programs intended to strengthen muscles often carried out in home.
	Stepping	Hand-grip	
	Squat	Push-up	
	Abdomen	Leg extension	
Bicycling	Stationary cycle	Bicycle	Pedaling with legs sitting on a saddle.

Notes: ¹Under golf is played by hand-through and with a golf pad. ²Park golf is played with special golf pads and tees which are safe in a park. ³Target bird golf is played with special a golf ball attached with wing (like badminton shuttle) and a wide net hole. ⁴Indiaca is played on court across a net (like volley-ball) with an indiaca (featherball). ⁵"3B Taiso" is a rhythmic exercise using a ball, bell, and belter (a belt made of connected rings).

Table 4には,「転倒」,「複数回転倒」,「外傷転倒」を従属変数,運動習慣を独立変数とし,性・年齢で調整したORと95% CIを示した。「転倒」については,ダンス実践者 (OR: 0.27, 95% CI: 0.08-0.85) で有意に少ないことが示された。「複数回転倒」については,すべての運動実践者 (OR: 0.57, 95% CI: 0.37-0.88) で有意に少なく,自転車運動実践者 (OR: 2.79, 95% CI: 1.04-7.45) で有意に多いことが示された。さらに,2種目以上 (OR: 0.23, 95% CI: 0.09-0.60),週間運動時間123-304分/週 (OR: 0.51, 95% CI: 0.27-0.96)・305分/週以上 (OR: 0.30,

95% CI: 0.15-0.64),継続年数4-9.9年 (OR: 0.30, 95% CI: 0.13-0.69)・10年以上 (OR: 0.40, 95% CI: 0.22-0.76) 実践している者で,「複数回転倒」が有意に少ないことが示された。また,運動種目数,週間運動時間,継続年数と「複数回転倒」の間に有意なトレンドがみられた ($P<0.05$)。「外傷転倒」については,2種目以上 (OR: 0.52, 95% CI: 0.29-0.91),週間運動時間123-304分/週 (OR: 0.58, 95% CI: 0.34-1.00),継続年数10年以上 (OR: 0.62, 95% CI: 0.38-1.00) 実践している者で有意に少なく,運動種目数と継続年数の間に有意なトレンドがみられた

Table 2. Components of habitual exercises among the participants (n = 1683)

Exercise	Prevalence n (%)	Intensity ¹ (METs)	Time (min/day)	Frequency (day/wk)	Total time (min/wk)	Period (year)	Quantity (METs*hour/wk)
Walking	239 (14.2)	2.5	42.7 ± 23.3	5.1 ± 2.1	217.4 ± 162.4	7.8 ± 7.3	9.1 ± 6.8
Brisk walking	170 (10.1)	3.5	55.4 ± 34.0	4.6 ± 2.4	244.6 ± 189.5	7.9 ± 7.1	14.3 ± 11.1
Jogging	23 (1.4)	7.0	52.8 ± 36.3	4.4 ± 1.9	244.1 ± 199.3	10.2 ± 9.0	28.5 ± 23.3
Climbing mountains	12 (0.7)	6.0	380.0 ± 150.5	1.1 ± 2.0	270.4 ± 341.4	14.0 ± 10.3	27.0 ± 34.1
Ground golf	234 (13.9)	2.0	147.5 ± 86.4	2.2 ± 1.4	292.3 ± 229.4	9.2 ± 11.0	9.7 ± 7.6
Ball games	50 (3.0)	5.0	137.1 ± 96.3	1.8 ± 1.0	226.7 ± 185.2	16.6 ± 16.9	18.9 ± 15.4
Dance	63 (3.7)	4.5	115.5 ± 52.5	1.2 ± 0.6	137.7 ± 98.5	10.7 ± 7.9	10.3 ± 7.4
Water exercises	62 (3.7)	3.0	68.5 ± 33.9	2.5 ± 1.7	167.5 ± 159.4	9.2 ± 10.3	8.4 ± 8.0
Tai Chi	33 (2.0)	2.0	92.5 ± 33.9	1.6 ± 1.7	114.9 ± 73.2	10.1 ± 12.1	3.8 ± 2.4
Rhythmic gymnastics	99 (5.9)	2.5	21.1 ± 26.5	5.3 ± 2.3	74.5 ± 81.5	9.2 ± 11.3	3.1 ± 3.4
Light strength training	123 (7.3)	3.0	61.1 ± 39.6	3.0 ± 2.7	130.9 ± 148.3	3.3 ± 2.8	6.5 ± 7.4
Bicycling	37 (2.2)	4.0	32.4 ± 22.9	4.4 ± 1.9	144.3 ± 121.3	8.4 ± 11.6	9.6 ± 8.1
All exercises ²	1104 (65.6)	2.0-7.0	127.8 ± 119.0	5.9 ± 4.2	307.2 ± 286.0	6.4 ± 9.5	6.7 ± 11.5

Note: ¹The values of exercise intensity were quoted from Stewart et al. (2001)²⁹⁾. ²In cases a participant had multiple exercises: time, frequency, total time, and quantity are the total values of all exercises but period is the maximum value.

Table 3. Characteristics of the participants who did and did not experience single fall (= 1), multiple falls (≥ 2), and injurious falls (≥ 1) in the past year (n = 1683)

Variables	Single fall ¹			Multiple falls			Injurious falls		
	No	Yes		No	Yes		No	Yes	
	(n = 1406)	(n = 191)		(n = 1597)	(n = 86)		(n = 1541)	(n = 142)	
Age, year	72.3 ± 6.5	73.8 ± 6.1 **		72.5 ± 6.5	75.0 ± 7.4 **		72.4 ± 6.5	74.3 ± 6.5 **	
Sex, female	66.7	77.3 *		67.9	71.7		67.2	79.2 *	
Body mass index, kg/m ²	23.5 ± 3.2	24.0 ± 3.3		23.5 ± 3.2	24.2 ± 3.9		23.5 ± 3.3	23.8 ± 3.5	
Assistive device, use	4.2	8.5 **		4.7	15.0 **		4.7	11.5 **	
Heart disease, yes	8.9	10.6		9.1	10.0		9.0	10.4	
Hypertension, yes	38.6	33.3		38.0	31.7		38.0	34.4	
Diabetes mellitus, yes	8.5	7.1		8.3	16.7 *		8.5	11.5	
Osteoporosis, yes	7.9	6.4		7.7	8.3		7.5	10.4 *	
Cataract/glaucoma, yes	5.4	7.1		5.6	10.0		5.3	11.5 **	
Knee pain, yes	23.8	43.3 **		26.1	40.0 **		25.0	47.9 **	
Number of medication, n	2.0 ± 2.3	2.0 ± 2.1		2.0 ± 2.3	3.0 ± 3.4 **		2.0 ± 2.4	2.4 ± 2.4	
Fear of falling, yes	34.3	48.2 **		35.9	65.0 **		35.6	58.3 **	
TMIG-IC ² , score	11.0 ± 2.3	11.1 ± 2.3		11.0 ± 2.3	10.5 ± 2.4 *		11.0 ± 2.3	11.3 ± 1.8	

Notes: Values are prevalence (%) or mean ± standard deviation. Missing data are less than 1.5% for all variables. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ vs No. ¹Multiple fallers (n = 86) were excluded from this analysis. ²TMIG-IC: Tokyo Metropolitan institute of Gerontology-index of competence.

($P < 0.05$).

Table 5には、「転倒」、「複数回転倒」、「外傷転倒」を従属変数としたステップワイズ法で選択された運動習慣および基本情報の多変量ORと95% CIを示した。「転倒」については、ダンス実践者 (OR: 0.30, 95% CI: 0.09-0.96) で有意に少ないことが示された。「複数回転倒」については、自転車運動実践者 (OR: 3.72, 95% CI: 1.32-10.77)

で有意に多く、運動の継続年数が長い (OR: 0.74, 95% CI: 0.60-0.91) ほど少ないことが示された。「外傷転倒」では、運動習慣に関する項目は選択されなかった。

考 察

本研究では、地域在住高齢者1,683名を対象に、過去1年間の「転倒」、「複数回転倒」、「外傷転倒」に、1年以

Table 4. Odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI) of each habitual exercise for single fall (= 1), multiple falls (≥ 2), and injurious falls (≥ 1) in the past year (n = 1683)

Dependent variables	Single fall ¹ OR (95% CI)	Multiple falls OR (95% CI)	Injurious falls OR (95% CI)
Walking			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	1.01 (0.66-1.53)	0.46 (0.21-1.01)	0.58 (0.33-1.03)
Brisk walking			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	0.89 (0.58-1.36)	0.94 (0.51-1.73)	0.69 (0.41-1.17)
Jogging			
No	1.00	1.00	-
Yes	0.50 (0.07-3.78)	1.12 (0.15-8.71)	-
Climbing mountains			
No	-	1.00	1.00
Yes	-	2.18 (0.27-17.27)	1.30 (0.16-10.19)
Ground golf			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	0.70 (0.43-1.15)	0.44 (0.19-1.04)	0.83 (0.48-1.43)
Ball games			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	0.82 (0.32-2.09)	0.40 (0.06-2.97)	0.46 (0.11-1.93)
Dance			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	0.27 (0.08-0.85) *	0.23 (0.03-1.66)	0.25 (0.06-1.04)
Water exercises			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	1.12 (0.50-2.52)	1.62 (0.57-4.64)	1.33 (0.55-3.17)
Tai Chi			
No	1.00	1.00	-
Yes	0.91 (0.32-2.61)	1.04 (0.24-4.40)	-
Rhythmic gymnastics			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	0.92 (0.48-1.75)	0.55 (0.17-1.77)	1.36 (0.70-2.61)
Light strength training			
No	1.00	-	1.00
Yes	1.76 (1.10-2.82)	-	1.37 (0.76-2.46)
Bicycling			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	0.77 (0.23-2.56)	2.79 (1.04-7.45) *	0.95 (0.28-3.17)
All exercise			
No	1.00	1.00	1.00
Yes	1.14 (0.82-1.58)	0.57 (0.37-0.88) *	0.84 (0.58-1.20)
Number of exercise, n			
0	1.00	1.00	1.00
1	0.97 (0.69-1.36)	0.87 (0.55-1.36)	0.90 (0.62-1.31)
≥ 2	0.91 (0.59-1.39)	0.23 (0.09-0.60) **	0.52 (0.29-0.91) *
P for trend	0.667	0.0038 **	0.0348 *
Time of exercise, min/wk			
No	1.00	1.00	1.00
1-122	1.18 (0.76-1.83)	0.94 (0.55-1.60)	0.95 (0.60-1.50)
123-304	1.10 (0.70-1.72)	0.51 (0.27-0.96) *	0.58 (0.34-1.00) *
≥ 305	1.13 (0.72-1.76)	0.30 (0.15-0.64) *	0.77 (0.47-1.25)
P for trend	0.703	0.0003 **	0.102
Quantity of exercise, METs*hour/wk			
No	1.00	1.00	1.00
1-5.7	0.87 (0.56-1.33)	0.64 (0.34-1.20)	0.87 (0.55-1.39)
5.8-13.0	0.98 (0.64-1.49)	0.81 (0.45-1.46)	0.71 (0.43-1.18)
≥ 13.1	1.02 (0.67-1.54)	0.54 (0.28-1.05)	0.77 (0.47-1.25)
P for trend	0.941	0.075	0.148
Period of continuity, year			
No	1.00	1.00	1.00
1-3.9	1.30 (0.85-2.00)	1.09 (0.64-1.85)	1.36 (0.88-2.11)
4-9.9	1.23 (0.81-1.88)	0.30 (0.13-0.69) *	0.65 (0.38-1.10)
≥ 10	0.96 (0.64-1.45)	0.40 (0.22-0.76) *	0.62 (0.38-1.00) *
P for trend	0.911	0.0004 **	0.0140 *

Notes: * $P < 0.05$. Odds ratios and 95% CI are adjusted for age and sex. P for the trend was calculated using a logistic regression model adjusted for the variables, as described above.

¹Multiple fallers (n = 86) were excluded from this analysis.

Table 5. Multivariable odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI) of selected variables for single fall (= 1), multiple falls (≥ 2), and injurious falls (≥ 1) in the past year (n = 1683)

Outcomes	Dependent variables	Multivariable OR (95% CI)	P value
Single Fall ¹	Knee pain, yes	2.16 (1.55-3.01)	< 0.001
	Fear of falling, yes	1.58 (1.14-2.18)	0.006
	Dance, yes	0.30 (0.09-0.96)	0.042
Multiple falls	Assistive device, use	2.95 (1.57-5.55)	0.001
	Number of medication, n	1.09 (1.01-1.18)	0.020
	Fear of falling, yes	2.39 (1.47-3.88)	0.001
	Bicycling, yes	3.72 (1.32-10.77)	0.013
	Period of continuity, 1 year	0.74 (0.60-0.91)	0.005
Injurious falls	Knee pain, yes	2.09 (1.46-2.99)	< 0.001
	Fear of falling, yes	2.40 (1.68-3.44)	< 0.001
	Cataract/glaucoma, yes	1.90 (1.08-3.34)	0.024

Notes: * Odds ratios and 95% CI are adjusted for the above selected variables. ¹Multiple fallers (n = 86) were excluded.

Independent variables (Single fall) = age, sex, use of assistive device, knee pain, fear of falling, and dance.

Independent variables (Multiple falls) = age, body mass index, use of assistive device, diabetes mellitus, knee pain, number of medication use, fear of falling, Tokyo Metropolitan institute of Gerontology-index of competence, all exercises, number of exercise, time of exercise, period of continuity.

Independent variables (Injurious falls) = age, sex, use of assistive device, osteoporosis, cataract/glaucoma, knee pain, fear of falling, number of exercise, period of exercise.

上(平均6.4年)継続している運動習慣が与える影響を後向きに検討した。その結果、ダンスの実践が「転倒」の予防因子であること、自転車での運動が「複数回転倒」の危険因子であることが示された。運動習慣の要素では、長い継続年数が「複数回転倒」の予防因子であることが明らかとなった。地域で実践される運動種目と運動習慣の要素が転倒予防に効果的である可能性を示唆する報告は、我々の知る限り本研究が初めてである。

本研究では、平均115分を週1.2回、10.7年間継続したダンス実践者の「転倒」リスクが有意に70%低いことが示された。先行研究では、ダンスが下肢の筋力や柔軟性、敏捷性、バランス、歩行能力などの身体機能を改善することは多数報告されている³¹⁾。Shigematsu et al.³²⁾は、エアロビクスダンスの12週間(60分を週3回)の練習が、高齢女性の片足立ち、ファンクショナルリーチ、2つのコーン周り歩行を改善したと報告した。Sofianidis et al.³³⁾は、ギリシャの伝統的なダンスの10週間(60分を週2回)の練習により、高齢男女の重心移動時の体幹部の可動範囲が拡大し、片脚立位時の動揺が減少したと報告した。Fedrici et al.³⁴⁾は、12週間(60分を週2回)のカリビアンダンスが中高齢男女のバランス改善に有効であったと報告した。Eyigor et al.³⁵⁾は、8週間(60分を週3回)のフォークダンスが、高齢女性の6分間歩行、いす立ち上がり、階段昇段、Borg Balance Scaleを改善したと報告した。これらの先行研究ではいずれもダンス実践によ

る転倒に関連する体力の改善を報告したが、ダンスが「転倒」と直接関連することを示したのは本研究が初めてだと言える。本研究のダンス実践状況は週に約2時間であり上述の先行研究と同等の運動時間であるが、平均継続年数が10.7年と非常に長い。本研究の「ダンス」カテゴリーに含まれた種目は、日本舞踊、社交ダンス、フラダンス、エアロビクスダンス、スポーツ民謡、フォークダンスであった(Table 1)。これらのダンスは音楽のリズムに合わせて、多方向のステップを踏むことが求められる点で共通している。Sofianidis et al.³³⁾は、ダンス特有の動作(多方向のステップ、片足立ち、体幹部の屈伸、身体の傾斜)が高齢者の姿勢に外乱を誘発させ、その外乱に対処しながら円滑な動作を続ける姿勢制御系の訓練となると述べている³³⁾。さらに、ダンスは太極拳のように立位姿勢で支持基底面の外に重心線を移動する動作が含まれ³¹⁾、中高強度の地面反力³⁶⁾や関節トルク³⁷⁾が報告されていることも転倒予防に影響する要素として考えられる。一方、本研究ではダンス実践者の90.4%が女性であり、女性のみを対象とした先行研究も多いことから^{31,32,35)}、特に女性に向けた転倒予防の運動種目として期待できるだろう。

本研究では、「複数回転倒」に最も強く転倒に影響する予防因子は継続年数であった(Table 5)。Sherrington et al.^{18,19)}は、転倒予防効果が大きい要素の1つとして50時間以上の総運動時間を挙げているが、60分間の運動を週

1回の頻度で実践すると50時間確保するのに約1年間を要する。Table 4における、継続年数と「複数回転倒」の関連は、1-3.9年継続ではリスクに変化がなく(OR: 1.09, 95% CI: 0.64-1.85), 4-9.9年(OR: 0.30, 95% CI: 0.13-0.69)から有意にリスクが減少している。高強度の運動を始めると間もなくは、新しい動作に慣れておらず、難しい動作に伴う転倒の危険性もあると考えられるが³⁸⁾、約4年以上継続すると方向転換や重心移動を伴う動作も無意識に遂行できるようになり転倒予防効果が顕在化するのかもしれない。介入研究では、3-12カ月の運動指導でその後1年間の転倒予防効果を報告するものが多いが、地域では約8割が指導者の指導を受けず⁵⁾、比較的低強度(マイペース)で自主的に運動している。身体的虚弱と関連が強い「複数回転倒」²⁵⁾を効果的に予防するために、4年以上の年数が必要である可能性は十分考えられる。

本研究では、自転車での運動が「複数回転倒」の危険因子であることが示された。自転車での転倒は本研究の分析から除外されているため、自転車運動の実践が自転車での転倒を誘発させたとは考えにくい。自転車運動の実践と日常的な移動手段として自転車利用を区別することは難しい。電車やバスの少ない地域において、自動車を運転することができないほど虚弱になった高齢者が自転車を利用する傾向にある可能性も考えられる。一方、自転車利用を運動として考えた場合、下肢筋力強化などの効果が小さいことが報告されている^{39,40)}。固定式自転車を用いれば、転倒の危険性なく高強度で運動できるが、転倒予防に効果的とされるバランス訓練^{18,19)}の動作特性は消失する。自転車を用いた持久性運動の循環器系への健康効果は自明であるが、転倒予防に限れば効果を期待することは難しいかもしれない。

グラウンドゴルフは、有意ではないが性・年齢調整モデルでは「複数回転倒」が少ない傾向がみられた(OR: 0.44, 95% CI: 0.19-1.04)。Table 4では、運動時間と「複数回転倒」の量反応関係が示されており、グラウンドゴルフは週間運動時間(292.3分/週)が最も長かった。宮本⁴¹⁾は、グラウンドゴルフ実践群は活動日以外にもグラウンドゴルフのために足腰を鍛えるなどの理由で「運動や散歩をして過ごす」との回答が16.8%に上ったと報告している。芹沢ら⁴²⁾は、グラウンドゴルフ実践者22名(男性12名、女性10名)における男性の平均歩数が9066歩、女性の平均歩数が8663.3歩であり、日本人成人男女の平均を1500-2000歩上回っていたと報告した。Table 4では、2種目以上の運動を実践することが「複数回転倒」と「外傷転倒」を有意に減少させていたが、グラウンドゴルフと散歩の組み合わせによる転倒予防効果の可能性も考えられる。競争性、ゲーム性に富んだグラウンドゴルフの愛好者は全国に50万人以上とされ⁴³⁾、一度始めると5年以上の継続率が59.0%と継続性に優れた運動種

目である⁴¹⁾。グラウンドゴルフと高齢者の健康体力についての先行研究は極めて少ないのが現状であり、今後のさらなる検討が求められる。

散歩についても、有意ではないが性・年齢調整モデルにおいて、「複数回転倒」(OR: 0.46, 0.21-1.01)と「外傷転倒」(OR: 0.58, 95% CI: 0.33-1.03)が少ない傾向がみられた。歩行と転倒に関する先行研究は様々である。Sherrington et al.¹⁹⁾のメタ分析(44件のRCT, 計9,603名のデータを統合)では、歩行プログラムが転倒を有意に増加(転倒率比: 1.32, 95% CI: 1.11, 1.58)させることを報告している。しかし、近年の研究では転倒リスクが高い虚弱高齢者を除けば、散歩やウォーキングが転倒予防に効果的である可能性も示唆されている^{44,45)}。地域で発生する転倒の過半数が歩行中に生じているため¹⁾、歩行量の増加が環境的転倒要因へのより大きな暴露につながる可能性がある。本研究では、運動強度の高いウォーキングよりも、通常速度と考えられる散歩で「複数回転倒」がより少なかった(Table 4)。Nemoto et al.⁴⁶⁾によれば通常歩行よりも高強度ウォーキングの方が、下肢筋力の改善効果が顕著に大きいことが報告されている。しかし、低速度歩行よりも高速度歩行はつまずき発生後に転倒しやすいことが報告されている⁴⁷⁾。特に虚弱高齢者では無理に速度を上げずに、慣れた通常速度での散歩を長年に渡り継続することが転倒予防には有効かもしれない。

太極拳は、転倒予防効果に関して最も質の高いエビデンスが蓄積されている運動種目であるが^{48,49)}、本研究では実践割合がわずか2.0%で十分な検討に至らなかった。太極拳によるRCTのシステマティックレビュー・メタ分析では、太極拳は有意に他の運動よりも転倒予防効果がみられた報告⁵⁰⁾や他の運動とさほど変わらない転倒予防効果を有しているという報告⁴⁹⁾もある。1年後に転倒予防効果がみられなかったオランダ人高齢者269名に対する13週間のRCTでは、太極拳の難易度、アドヒアランス、ドロップアウトの問題が指摘されたが^{48,51)}、本研究において太極拳の実践割合が低いことと関連があるかもしれない。

本研究はいくつかの限界を有している。第1に、対象者の選択バイアスの問題がある。本研究は茨城県、福島県、千葉県、神奈川県に在住する高齢者である。また、体力測定に参加した高齢者であることを鑑みると、地域在住高齢者の中でも体力レベルの高い集団であった可能性がある。そのため、本研究の外的妥当性は必ずしも高いとは言えない。第2に、運動習慣と転倒の間には個人の性格や行動特性などが交絡している可能性がある。第3に、1,683名の比較的大規模データであってもすべての運動種目について十分な検出力があったとは言えない。本研究では有意な結果が得られなかった球技やリズム体操などの運動種目も、重心線が支持基底面から逸脱する

動作を習得するため、転倒予防に有効である可能性は否定できない。第4に、本研究で用いた推定運動強度²⁹⁾は種目により規定されたが、運動強度の個人差や個人内変動を考慮できなかった。第5に、転倒と運動習慣を後向きに調査したため想起バイアスの可能性がある。これらの点を踏まえて、今後は代表性の高い大規模な前向き縦断研究により、本研究成果の再吟味をおこない、運動習慣の転倒予防効果の検証が必要である。

結 論

本研究の最終分析モデルでは、ダンスという運動種目、長い継続年数（4年以上）が、地域在住高齢者の転倒予防にポジティブな因子として抽出された。一方、自転車での運動は転倒の危険因子として抽出された。運動種目の特性により転倒への影響度が異なると考えられるが、個人に合う運動習慣を見つけて、気長に楽しみながら運動を継続すること、様々な運動種目に取り組むことが、地域在住高齢者の長期的な転倒予防に有効であると言えるかもしれない。

引用文献

- 1) 新野直明, 小坂井留美, 江藤真紀: 在宅高齢者における転倒の疫学, *日本老年医学会雑誌*, 40: 484-486, 2003.
- 2) Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 319: 1701-1707, 1988.
- 3) Stevens JA, Mack KA, Paulozzi LJ, Ballesteros MF. Self-reported falls and fall-related injuries among persons aged ≥ 65 years--United States, 2006. *J Safety Res* 39: 345-349, 2008.
- 4) 厚生労働省. 平成22年国民生活基礎調査: 要介護者等の状況, 2010; <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>.
- 5) 内閣府. 平成18年度体力スポーツに関する世論調査, 2006; <http://www8.cao.go.jp/survey/h18/h18-tairyoku/index.html>.
- 6) World Health Organization. Chapter 1. Magnitude of fall - A worldwide overview. In: *WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age*. (World Health Organization eds.), Geneva, Switzerland, 3-4, 2008.
- 7) American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 49: 664-672, 2001.
- 8) 上野めぐみ, 河合祥雄, 三野大来, 鴨下 博: 本邦における在宅生活高齢者の転倒関連因子についてのSystematic Review (メタアナリシス手法を用いて), *日本老年医学会雑誌*, 43: 92-101, 2006.
- 9) Nickens H. Intrinsic factors in falling among the elderly. *Arch Intern Med* 145: 1089-1093, 1985.
- 10) Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, Sherrington C, Gates S, Clemson LM, Lamb SE. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 9: CD007146, 2012.
- 11) 田中喜代次, 重松良祐: 体力科学や体育学における健康支援研究デザインのパラダイムシフト, *体力科学*, 59: 457-464, 2010.
- 12) 厚生労働省. 平成23年国民健康・栄養調査, 2011; <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002q1st.html>.
- 13) 大須賀洋祐, 藪下典子, 金 美芝, 清野 諭, 松尾知明, 大久保善郎, 根本みゆき, 鄭 松伊, 大藏倫博, 田中喜代次: 身体的虚弱が疑われる低体力と運動量の関係: 地域在住高齢女性を対象とした横断研究, *体育学研究*, 57: 9-19, 2012.
- 14) 木村みさか, 森本好子, 寺田光世: 都市在住高齢者の運動習慣と体力診断バッテリーテストによる体力, *体力科学*, 40: 455-464, 1991.
- 15) Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ. Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc* 48: 883-893, 2000.
- 16) Heesch KC, Byles JE, Brown WJ. Prospective association between physical activity and falls in community-dwelling older women. *J Epidemiol Community Health* 62: 421-426, 2008.
- 17) Peeters GM, Verweij LM, van Schoor NM, Pijnappels M, Pluijm SM, Visser M, Lips P. Which types of activities are associated with risk of recurrent falling in older persons? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 65: 743-750, 2010.
- 18) Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JC, Lord SR. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *N S W Public Health Bull* 22: 78-83, 2011.
- 19) Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JC. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 56: 2234-2243, 2008.
- 20) Whipple RH. Improving balance in older adults; identifying the significant training stimuli. In: *Gait Disorders of Aging Falls and Therapeutic Strategies*. (Masdeu JC, Sudarsky L, Wolfson L, eds.), Lippincott-Raven, New York, 355-379, 1997.
- 21) 鈴木隆雄, 杉浦美穂, 古名丈人, 西澤 哲, 吉田英世, 石崎達郎, 金 憲経, 湯川晴美, 柴田 博: 地域高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究: 5年間の追跡研究から, *日本老年医学会雑誌*, 36: 472-478, 1999.
- 22) Jorgensen L, Engstad T, Jacobsen BK. Higher incidence of falls in long-term stroke survivors than in population controls: depressive symptoms predict falls after stroke. *Stroke* 33: 542-547, 2002.
- 23) Gibson MJ. Falls in later life. In: *Improving the health of older people: A World View*. (Kane R, Evans JG, Macfadyen D, eds.), Oxford Univ. Press, New York, 296-315, 1990.
- 24) 芳賀 博, 安村誠司, 新野直明, 上野春代, 太島美栄子, 樋口洋子: 在宅老人の転倒に関する調査法の検討, *日本公衆衛生雑誌*, 43: 983-988, 1996.
- 25) Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, Black D. Risk fac-

- tors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. *Jama* 261: 2663-2668, 1989.
- 26) 清野 諭, 藪下典子, 金 美芝, 松尾知明, 鄭 松伊, 深作貴子, 奥野純子, 大蔵倫博, 田中喜代次: 地域での転倒予防介入で焦点となる転倒関連要因, *体力科学*, 59: 415-426, 2010.
 - 27) Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 100: 126-131, 1985.
 - 28) 厚生労働省. 健康づくりのための運動基準2006～身体活動・運動・体力～報告書, 2006; <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou02/pdf/data.pdf>.
 - 29) Stewart AL, Mills KM, King AC, Haskell WL, Gillis D, Ritter PL. CHAMPS physical activity questionnaire for older adults: outcomes for interventions. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1126-1141, 2001.
 - 30) 古谷野 亘: 地域老人における活動能力の測定--老研式活動能力指標の開発, *日本公衆衛生雑誌*, 34: p109-114, 1987.
 - 31) Keogh JW, Kilding A, Pidgeon P, Ashley L, Gillis D. Physical benefits of dancing for healthy older adults: a review. *J Aging Phys Act* 17: 479-500, 2009.
 - 32) Shigematsu R, Chang M, Yabushita N, Sakai T, Nakagaichi M, Nho H, Tanaka K. Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age Ageing* 31: 261-266, 2002.
 - 33) Sofianidis G, Hatzitaki V, Douka S, Grouios G. Effect of a 10-week traditional dance program on static and dynamic balance control in elderly adults. *J Aging Phys Act* 17: 167-180, 2009.
 - 34) Federici A, Bellagamba S, Rocchi MB. Does dance-based training improve balance in adult and young old subjects? A pilot randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res* 17: 385-389, 2005.
 - 35) Eyigor S, Karapolat H, Durmaz B, Ibisoglu U, Cakir S. A randomized controlled trial of Turkish folklore dance on the physical performance, balance, depression and quality of life in older women. *Arch Gerontol Geriatr* 48: 84-88, 2009.
 - 36) Michaud TJ, Rodriguez-Zayas J, Armstrong C, Hartnig M. Ground reaction forces in high impact and low impact aerobic dance. *J Sports Med Phys Fitness* 33: 359-366, 1993.
 - 37) Simpson KJ, Kanter L. Jump distance of dance landings influencing internal joint forces: I. Axial forces. *Med Sci Sports Exerc* 29: 916-927, 1997.
 - 38) 上岡洋晴, 岡田真平. 転倒予防のための運動プログラム-運動遊び-, *In: 転倒予防医学百科*. 第1版(武藤芳照), 日本医事新報社, 東京, 257-263, 2008.
 - 39) Izquierdo M, Hakkinen K, Ibanez J, Kraemer WJ, Gorostiaga EM. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur J Appl Physiol* 94: 70-75, 2005.
 - 40) Harber MP, Konopka AR, Douglass MD, Minchev K, Kaminsky LA, Trappe TA, Trappe S. Aerobic exercise training improves whole muscle and single myofiber size and function in older women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 297: R1452-1459, 2009.
 - 41) 宮本晋一: 高齢者スポーツの持つ可能性: グラウンド・ゴルフの「楽しさ」を規定する社会学的要因と効果, *沖縄大学人文学部紀要*, 10: 97-107, 2007.
 - 42) 芹沢幹雄, 大石哲夫, 松井恒二, 富田裕一郎: 高齢社会における生きがいとしてのスポーツに関する研究 (2): ライフコーダによるグラウンド・ゴルフ愛好者の身体活動量と活動強度の測定, *経営と情報: 静岡県立大学・経営情報学部/学報*, 21: 51-60, 2009.
 - 43) 朝井正教: 全国に愛好者50万人グラウンド・ゴルフの魅力と普及活動(生涯スポーツの振興<特集>)(事例紹介), *文部時報*, p35-37, 1991.
 - 44) Faber MJ, Bosscher RJ, Chin APMJ, van Wieringen PC. Effects of exercise programs on falls and mobility in frail and pre-frail older adults: A multicenter randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 87: 885-896, 2006.
 - 45) 大久保善郎, 清野 諭, 藪下典子, 松尾知明, 大須賀洋祐, 金 美芝, 鄭 松伊, 根本みゆき, 大月直美, 田中喜代次: 地域在住高齢者のウォーキング実践と複数回または傷害を伴う転倒の関連: 転倒リスク保有数による差異, *体力科学*, 60: 239-248, 2011.
 - 46) Nemoto K, Gen-no H, Masuki S, Okazaki K, Nose H. Effects of high-intensity interval walking training on physical fitness and blood pressure in middle-aged and older people. *Mayo Clin Proc* 82: 803-811, 2007.
 - 47) Pavol MJ, Owings TM, Foley KT, Grabiner MD. Mechanisms leading to a fall from an induced trip in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56: M428-437, 2001.
 - 48) Logghe IH, Verhagen AP, Rademaker AC, Zeeuwe PE, Bierma-Zeinstra SM, Van Rossum E, Faber MJ, Van Haastregt JC, Koes BW. Explaining the ineffectiveness of a Tai Chi fall prevention training for community-living older people: a process evaluation alongside a randomized clinical trial (RCT). *Arch Gerontol Geriatr* 52: 357-362, 2011.
 - 49) Leung DP, Chan CK, Tsang HW, Tsang WW, Jones AY. Tai chi as an intervention to improve balance and reduce falls in older adults: A systematic and meta-analytical review. *Altern Ther Health Med* 17: 40-48, 2011.
 - 50) Logghe IH, Verhagen AP, Rademaker AC, Bierma-Zeinstra SM, van Rossum E, Faber MJ, Koes BW. The effects of Tai Chi on fall prevention, fear of falling and balance in older people: a meta-analysis. *Prev Med* 51: 222-227, 2010.
 - 51) Logghe IH, Zeeuwe PE, Verhagen AP, Wijnen-Sponselee RM, Willemsen SP, Bierma-Zeinstra SM, van Rossum E, Faber MJ, Koes BW. Lack of effect of Tai Chi Chuan in preventing falls in elderly people living at home: a randomized clinical trial. *J Am Geriatr Soc* 57: 70-75, 2009.