

These previous studies were conducted on populations with wide age ranges, including middle-aged adults, from 40 to 50 years old (Hay et al., 2006; Hurley et al., 2007; O'Reilly, Muir, & Doherty, 1999; Thomas et al., 2002), and very few trials, if any, have studied the effects of exercise on non-specific knee pain focusing on community-dwelling elderly people over the age of 75. Other methods of treatments besides exercise can be used to treat pain. One such treatment method, topical heat therapy, has been reported to be effective and safe in the treatment of low back (Nadler et al., 2002), knee (Giombini, Di Cesare, Di Cesare, Ripani, & Maffulli, 2011; Mazzuca, Page, Meldrum, Brandt, & Petty-Saphon, 2004; Seto, Ikeda, Hisaoka, & Kurosawa, 2008; Yildirim, Filiz Ulusoy, & Bodur, 2010) and wrist pain (Michlovitz, Hun, Erasala, Hengehold, & Weingand, 2004). A recently developed HSGS has been suggested as an effective method for alleviating pain and improving stiffness and gait impairment in patients with knee OA (Oda et al., 2006; Seto et al., 2008). While several studies have confirmed the separate effects of thermal therapy and exercise treatment on symptoms of knee OA and physical function, the combined effects of both heat and exercise on non-specific knee pain and lower-extremity function is unknown in the elderly population.

We hypothesize that the combination of both heat therapy and exercise will be more beneficial for reducing knee pain and improving function. The purpose of this study was to determine the combined and separate effects of heat therapy and exercise on knee pain relief, physical function, and quality of life (QOL) in community-dwelling elderly women with chronic knee pain.

2. Methods

2.1. Subjects

The baseline survey was conducted in October 2010, on a sample of 859 women who were randomly selected from the Basic Resident Register of women aged 75 and older residing in the Itabashi ward of Tokyo as of April 1, 2010. Three hundred and two (35.2%) who reported knee pain in the baseline survey were classified as potential participants.

The inclusion criteria were: (1) age ≥ 75 years; (2) have knee pain at baseline; and (3) no missing baseline knee pain and functional fitness data. The exclusion criteria included: (1) severely impaired mobility (e.g. unable to walk without assistance from another person); (2) physician enforced restriction of exercise (e.g. post-knee surgery or chronic disease); (3) known dermal allergy to heat; and (4) unstable cardiac conditions such as ventricular dysrhythmias, pulmonary edema, or other musculoskeletal conditions. One hundred fifty women (150/302, 49.7%) were included in this trial, and 152 women were excluded based on the exclusion criteria.

The study protocol was approved by the Clinical Research Ethics Committee of the Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology (TMIG). The procedures were fully explained to all participants, and written informed consent was obtained.

2.2. Randomization

Randomization was performed after the baseline assessment, and any variable such as name, age, address, and telephone number that identified personal information was not included in the randomization process. The assigned identification numbers of 150 participants were divided into four groups based on computer-generated random numbers. The groups were randomly assigned to one of the four interventions: Ex ($n = 37$), HSGS ($n = 38$), Ex + HSGS ($n = 38$), or HE ($n = 37$). There was no attempt to

equalize the size of the groups based on their characteristics or to recruit subjects with specific characteristics. The co-investigators were blind to the randomization procedure and group allocations, and data collection was conducted by separate physical therapy staff members who were also blind to the allocation of interventions.

2.3. Data collection

2.3.1. Interview survey

A face to face interview survey was conducted to assess the following variables: presence of knee pain, degree of knee pain, JKOM, history of falls, fear of falling, urinary incontinence, and chronic medical conditions. Knee pain was assessed by the question "Do you have knee pain?" A person who responded "yes" was defined as having knee pain, and the degree of pain was evaluated as light, medium, or severe. As the focus was on knee pain based on the subjective response to the questionnaire, there were no definite clinical diagnostic measures or X-ray assessments to define knee pain. Since the origin of the pain could not be determined, the term 'non-specific' knee pain was used.

2.3.2. Anthropometric and physical function measurements

Height and body weight measurements were converted to BMI (kg/m^2). Bone mineral density (BMD) of the distal radius and ulna of the non-dominant forearm was measured by the dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) method using a DTX-200 osteometer (Osteometer MediTech, Inc., USA) (Kelly, Crane, & Baran, 1994). Grip strength was measured using a hand-held Smedley type dynamometer. Usual walking speed was measured on a flat walking path of 11 m, with markers at the 3 m and 8 m points. A stopwatch was used to measure the time taken to walk 5 m between the markers, and the faster time of two trials was recorded. Stride length was measured using a WalkWay device (WalkWay MW-1000, Anima Co., Tokyo, Japan). The participants walked on the WalkWay at their normal pace for 3 m, with a 1.5 m approach before reaching the starting edge of the Walkway to ensure the participants were walking at their normal pace (Shimada et al., 2010). To measure one leg standing time with eyes open, participants were asked to stand on their preferred foot, with one foot lifted off the ground, while gazing at a point set at eye level 1 m away until they placed the other foot down. The longer of two trials was recorded. The timed up & go (TUG) was used to measure physical mobility, balance, gait speed, and functional ability. TUG was measured in seconds, as the time taken for the subject to stand up from a chair, walk a distance of 3 m to a cone, walk around the cone (turn), walk back to the chair, and sit down again. The trial was repeated, and the faster time was recorded. Participants were allowed to use assistive walking devices during the physical function measurements if they expressed strong concerns of walking without a device, or if there was any danger of falling.

2.3.3. Outcome measures

The primary outcome variable of this trial was the change in degree of pain as measured by the VAS. Secondary outcome measures included changes in functional mobility, muscle strength, and JKOM total score and the subscales of the JKOM. The subscales within the JKOM measure included: pain and stiffness in the knees, which included questions regarding knee function; condition in daily life, where participants were asked about difficulties performing daily routine activities; general activities; and health conditions. These assessments were conducted at baseline and after the 3-month intervention. All data were collected at the TMIG in Tokyo, Japan.

2.4. Intervention

2.4.1. Exercise

The Ex group attended a group-based 60-min exercise class focusing on strengthening of the muscles around the knee such as the quadriceps and hamstrings, as well as the tibialis anterior, gastrocnemius and soleus. The classes were held at the TMIG health promotion center, twice a week for 3-months. Each exercise session consisted of a five minute warm-up, 30 min of strengthening exercise, followed by 20 min of balance and gait training, and 5 min of cool-down. The strengthening exercises were performed in a progressive sequence from the seated to standing positions. For each type of exercise, participants were instructed to complete up to eight repetitions of the movements. When the exercises were properly executed without significant fatigue or loss of proper execution, the resistance was increased. The progressive resistance was provided through the use of the Thera-bands and ankle-weights, and each individual's ability to increase resistance was assessed by the principal investigator, along with the exercise instructor and assistant trainers who supervised the group classes. The intensity was maintained at approximately 12–14 on the Borg rate of perceived exertion (RPE) scale (Borg, 1982). Participants exercised together within their intervention groups, and those who attended at least 15 or more sessions out of the 24 exercise sessions (60%) were considered to have completed the trial.

2.4.1.1. Muscle strength training.

Chair exercise. The chair-seated exercises were used in the early stages of the program as they provided a secure and stable position without putting any pressure on the knee joint. Repetitions of toe raises, heel raises, knee lifts, knee extensions and others, were performed while seated on a chair. While standing upright behind the chair and holding the back of the chair for stability; hip flexions, lateral leg raises, and repetitions of other exercises were performed.

Ankle-weight exercise. To strengthen lower extremities, a fixed weight was placed on the ankle while the participants performed strengthening exercises. Weights of 0.50 kg, 0.75 kg, 1.00 kg, 1.50 kg were prepared and used in accordance with each participant's strength level to strengthen lower extremities. The exercises performed with these ankle-weights included seated knee flexion/extensions, standing knee flexion/extensions, ankle dorsiflexions and others.

Resistance band (Thera-Band) exercise. Resistance bands were used to strengthen the upper and lower body. Lower body exercises consisted of leg extensions, hip flexions, looped ankle presses, looped toe lifts, and more. Upper body exercises included double-arm pull backs holding the band horizontally in front of the chest, bicep curls, and others.

Balance training. The training was focused on the improvement of static and dynamic balancing ability. Exercises included standing on one leg, multidirectional weight shifts, tandem stand, tandem walk, side stepping on alternate legs, and other items.

2.4.2. HSGS group

The HSGS is a thin (89 mm × 173 mm), flexible sheet (Kao, Tokyo, Japan), that generates heat and steam via reaction of iron and atmospheric oxygen. When the sheet is placed on the skin, the temperature of the skin surface rises to around 40 °C within 30 min and it continues to generate heat and steam for over 5 h. The HSGS produces high heat flux and warms the skin more widely and deeply than the heat-generating sheet without steam (Oda et al., 2006). The participants in the HSGS group were asked to place the HSGS on the painful knee for 6 h a day immediately after waking up, and if they had pain in both knees they were asked to place the HSGS on the most painful knee. Two HSGS

were applied to around the patella, and a thin supporter was worn over the two sheets. The participants recorded the time of day they placed and removed the sheet on a HSGS monitoring log, which were collected at TMIG classes every two weeks, and HSGS were provided for two weeks.

2.4.3. Ex + HSGS group

The participants were instructed to perform a combination of the same intervention as the Ex group as well as the HSGS group.

2.4.4. HE

Participants in the education group took a 60-min class once a month for 3-months, a total of three times. The classes focused on nutrition, cognitive function, and oral hygiene. Participants were asked to continue their usual life-style habits, and no specific instructions on physical activity or heat therapy were given.

2.5. Data analysis

Sample size was calculated for changes in the primary outcome variable of VAS. Setting the power at 0.80 and an alpha value of 0.05, the total sample size required was estimated to be 128 subjects (Cohen, 1992). When considering a potential attrition rate of 15% (Doi et al., 2008), 150 subjects were required.

Means and standard deviations were calculated for continuous variables, and a one-way analysis of variance (ANOVA) was performed to measure significant differences in baseline and post treatment values between the intervention groups, and the chi-square test was used for categorical variables. The normality of the distribution was examined by the Komogorov–Smirnov test for primary and secondary outcomes. A repeated-measures ANOVA (4 × 2) was performed on normally distributed variables including VAS, total JKOM score, stride, normal walking speed, grip strength and TUG, and the generalized linear model (GLM) was used to assess non-normal variables including JKOM subscale scores and one leg standing time, to find differences in pre- and post-intervention between groups. Paired *t*-tests were done on pre- and post-intervention measures to find changes within groups. Percent change was calculated for each JKOM measure using the following formula: % change = ((post-intervention value – baseline value)/baseline value) × 100. One-way ANOVAs were performed to determine significant differences in percent changes between the groups. The Scheffe post hoc method was used when significance was found. Multiple logistic regressions were performed to compare the effects of the four intervention groups on VAS, usual walking speed, and combined outcome variables after the 3-month intervention. All analyses were performed using SPSS 19.0 and SAS 9.2 version for Windows and *P* < 0.05 was considered statistically significant.

3. Results

The mean attendance rates during the 3-month intervention were 71.1% (range 57.9–84.2%) in the Ex + HSGS group, 82.9% (78.4–89.2%) in the Ex group, 88.2% (84.2–92.1%) in the HSGS group, and 81.1% (78.4–83.8%) in the HE group. The mean ± SD for the duration of HSGS use for the Ex + HSGS group was 6.49 ± 0.79 h/day, and 6.41 ± 0.59 h/day for the HSGS group (*P* = 0.660). Thirteen participants (Ex + HSGS = 5, Ex = 3, HSGS = 3, HE = 2) were unable to complete the study after randomization because of admission to nursing home (*n* = 1), lack of motivation (*n* = 4), hip fracture (*n* = 1), spouse care (*n* = 3), severe back pain (*n* = 1), and other unknown reasons (*n* = 3) (Fig. 1). These 13 subjects were excluded from all post-intervention analyses.

Table 1 shows the baseline comparisons in anthropometric values, physical fitness measures, and interview survey results

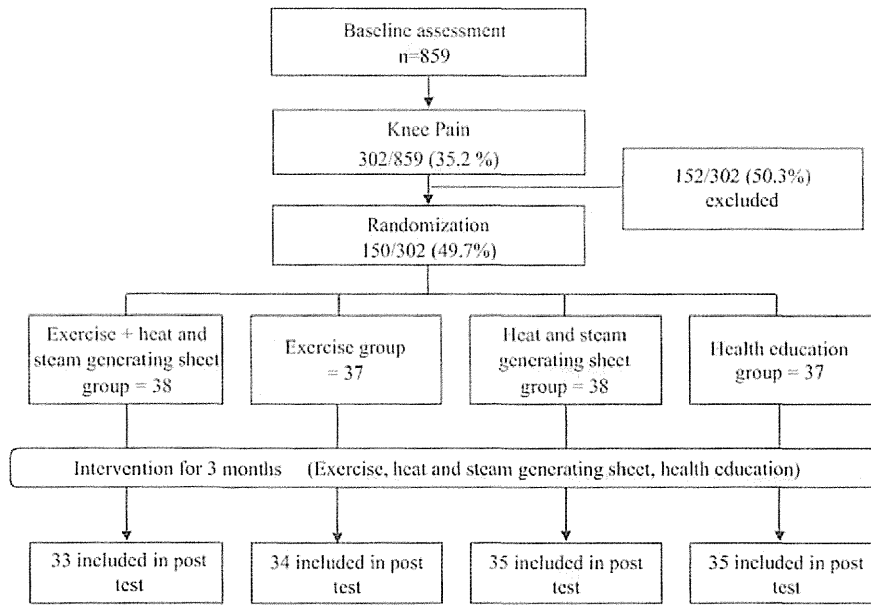


Fig. 1. Flow chart of participants in randomized controlled trial of Ex and HSGS for knee pain.

among the Ex + HSGS, Ex, HSGS, and HE groups. There were no significant differences between the groups in all variables including age, body weight, body mass index, BMD, TUG, degree of knee pain, and chronic medical conditions.

The repeated measure ANOVA showed significant improvements in VAS ($P = 0.006$) and total JKOM score ($P = 0.034$) in the Ex + HSGS group compared with the HE group (Table 2). TUG was significantly faster in the Ex + HSGS and Ex only groups, than in the HSGS or HE groups. The Ex + HSGS group also showed significantly greater changes in all other measures of mobility; usual walking speed ($P < 0.001$), and stride length ($P < 0.001$); as well as grip strength ($P = 0.001$). The GLM analysis showed no

significant differences from baseline to post-intervention in the JKOM subscales of pain and stiffness of the knees, condition in daily life, general activities or health conditions, or in one leg standing time between any of the groups.

Fig. 2 shows the changes in VAS from pre- to post-intervention. Significant improvements were found in the Ex + HSGS group (39.4%, $P < 0.001$) and the HSGS group (26.9%, $P = 0.032$). The improvements were significantly greater in the Ex + HSGS and HSGS groups compared with the HE group.

There was a significant improvement in the Ex + HSGS group (14.2%, $P < 0.001$) for TUG from pre- to post-intervention (Fig. 3). Improvements in TUG were also observed in the Ex

Table 1
Selected baseline variables of participants by study group.

Variables ^a	Category	M ± SD				F-Value ^b	P-Value	
		Ex + HSGS group n = 38	Ex group n = 37	HSGS group n = 38	Education group n = 37			
Age (yr)		80.50 ± 2.41	80.86 ± 2.30	80.29 ± 2.96	80.54 ± 2.70	0.311	0.817	
Height (cm)		149.42 ± 6.50	147.70 ± 4.90	149.17 ± 5.87	146.78 ± 4.78	1.888	0.134	
Body weight (kg)		51.82 ± 7.89	51.73 ± 8.01	51.46 ± 7.31	50.72 ± 6.25	0.168	0.918	
Body fat (%)		32.16 ± 3.69	32.86 ± 4.15	31.58 ± 4.68	32.47 ± 4.10	0.625	0.600	
Body mass index (kg/m ²)		23.16 ± 2.78	23.67 ± 3.20	23.12 ± 2.91	23.59 ± 3.09	0.341	0.796	
BMD (g/cm ²)		0.29 ± 0.06	0.30 ± 0.07	0.29 ± 0.06	0.30 ± 0.06	0.159	0.924	
Calf girth (cm)		33.61 ± 2.72	33.66 ± 3.13	33.88 ± 2.93	33.73 ± 2.45	0.063	0.979	
Grip strength (kg)		20.70 ± 4.43	19.75 ± 3.71	20.51 ± 4.74	19.81 ± 3.69	0.493	0.688	
Usual walking speed (m/s)		1.11 ± 0.24	1.13 ± 0.23	1.11 ± 0.21	1.14 ± 0.27	0.192	0.902	
Stride length (cm)		105.84 ± 15.53	103.92 ± 11.37	106.26 ± 16.39	98.64 ± 18.25	1.564	0.202	
TUG (s)		8.67 ± 4.01	7.54 ± 1.91	7.80 ± 2.27	8.30 ± 3.63	1.012	0.389	
One leg standing time (s)		26.55 ± 23.37	27.05 ± 22.66	31.76 ± 23.58	32.00 ± 24.47	0.586	0.625	
Degree of knee pain	Light	55.3	59.5	50.0	48.6	2.066	0.914	
	Medium	34.2	27.0	34.2	40.5			
	Severe	10.5	13.5	15.8	10.8			
Falls	Yes	23.7	24.3	21.1	10.8	2.734	0.435	
Fear of falling	Yes	92.1	83.8	78.9	83.8	2.622	0.454	
Urinary incontinence	Yes	47.4	35.1	39.5	43.2	1.267	0.737	
Chronic medical conditions (%)	Stroke	Yes	5.3	10.8	7.9	5.4	1.118	0.773
	Heart disease	Yes	21.1	29.7	31.6	24.3	1.363	0.714
	Diabetes	Yes	15.8	5.4	15.8	8.1	3.179	0.365
	Osteoporosis	Yes	44.7	45.9	44.7	43.2	0.055	0.997

^a Data are presented as M (mean) and SD (standard deviation) for continuous variables, and percentage for categorical variables.

^b One-way ANOVA for continuous variables and chi-square test for categorical variables.

Table 2
Comparison of physical function and JKOM between groups before and after the 3-month intervention.

Variables	Group	M ± SD		P value ^a	Post hoc analysis ¹
		Baseline	After intervention		
JKOM VAS (mm)	Ex + HSGS	36.28 ± 20.89	19.64 ± 16.42	0.006 ^a	Ex + HSGS > HE
	Ex	39.60 ± 24.14	33.77 ± 21.91		
	HSGS	45.68 ± 19.99	34.06 ± 24.54		
	HE	32.76 ± 19.78	37.86 ± 22.58		
Total score (point)	Ex + HSGS	44.74 ± 9.74	41.29 ± 9.10	0.034 ^a	Ex + HSGS > HE
	Ex	45.38 ± 11.59	42.72 ± 11.55		
	HSGS	46.94 ± 13.68	44.29 ± 11.72		
	HE	45.82 ± 12.80	48.24 ± 13.80		
Subscale 1: pain and stiffness in the knees (point)	Ex + HSGS	16.74 ± 5.52	13.96 ± 4.24	0.121 ^b	
	Ex	15.40 ± 4.72	14.00 ± 3.89		
	HSGS	16.25 ± 5.09	15.41 ± 5.19		
	HE	16.94 ± 5.67	17.42 ± 5.93		
Subscale 2: condition in daily life (point)	Ex + HSGS	16.33 ± 4.50	15.11 ± 4.18	0.370 ^b	
	Ex	17.03 ± 4.90	15.93 ± 5.15		
	HSGS	17.34 ± 5.64	16.56 ± 5.08		
	HE	18.52 ± 6.83	18.94 ± 7.06		
Subscale 3: general activities (point)	Ex + HSGS	7.19 ± 1.52	7.59 ± 2.08	0.327 ^b	
	Ex	7.93 ± 2.32	7.93 ± 2.66		
	HSGS	8.44 ± 3.04	8.19 ± 2.66		
	HE	9.30 ± 4.25	8.94 ± 3.03		
Subscale 4: health conditions (point)	Ex + HSGS	4.11 ± 1.28	3.78 ± 1.22	0.603 ^b	
	Ex	4.07 ± 1.36	3.60 ± 1.25		
	HSGS	4.31 ± 1.65	4.09 ± 1.57		
	HE	4.30 ± 1.63	4.45 ± 1.52		
Physical function measures TUG (s)	Ex + HSGS	8.47 ± 4.19	7.00 ± 3.00	0.004 ^a	Ex + HSGS, Ex > HSGS, HE
	Ex	7.51 ± 1.96	6.21 ± 1.22		
	HSGS	7.51 ± 2.11	7.28 ± 2.06		
	HE	7.94 ± 2.96	7.65 ± 2.52		
Usual walking speed (m/s)	Ex + HSGS	1.14 ± 0.22	1.36 ± 0.21	<0.001 ^a	Ex + HSGS > HE
	Ex	1.17 ± 0.22	1.40 ± 0.20		
	HSGS	1.13 ± 0.20	1.23 ± 0.19		
	HE	1.14 ± 0.28	1.18 ± 0.27		
Stride length (cm)	Ex + HSGS	105.84 ± 15.53	114.76 ± 14.21	<0.001 ^a	Ex + HSGS > HE
	Ex	103.92 ± 11.37	114.42 ± 12.06		
	HSGS	106.26 ± 16.39	105.86 ± 16.50		
	HE	98.64 ± 18.25	102.53 ± 17.91		
Grip strength (kg)	Ex + HSGS	20.96 ± 4.49	22.15 ± 4.74	0.001 ^a	Ex + HSGS > HE
	Ex	20.47 ± 3.35	21.10 ± 3.09		
	HSGS	20.97 ± 4.87	20.00 ± 4.67		
	HE	19.74 ± 3.71	18.88 ± 3.83		
One leg standing time with eyes open (s)	Ex + HSGS	32.86 ± 24.06	33.46 ± 22.88	0.807 ^b	
	Ex	27.42 ± 23.67	27.74 ± 24.17		
	HSGS	33.21 ± 23.35	27.67 ± 22.29		
	HE	31.89 ± 24.88	28.09 ± 22.19		

^a a = P value was calculated using ANOVA; b = P value calculated by generalized linear model.¹ Scheffe post hoc method.

only group (13.2%, $P = 0.001$); however no significant changes were observed in the HSGS (1.9%) and HE groups (2.8%). Significant improvements were observed in the Ex + HSGS group (7.1%, $P = 0.032$) for total JKOM score from pre- to post-intervention (Fig. 3). The ANOVA results revealed that the Ex + HSGS group had significantly greater improvements compared with the HE group in total JKOM score (Fig. 3), although no superiority between the other intervention groups were observed.

The multiple logistics regression showed that significant effects on changes in VAS were observed in the HSGS group (OR = 7.06, 95% CI = 2.37–23.25) and the Ex + HSGS group (OR = 9.88, 95% CI = 3.09–36.88); whereas significance was seen in the Ex + HSGS (OR = 3.73, 95% CI = 1.16–11.99) group on changes in TUG. Only the Ex + HSGS intervention had a significant effect on changes in the

combination of VAS and TUG (OR = 8.60, 95% CI = 2.82–32.73), while the separate HSGS and Ex interventions did not have a significant effect (Table 3).

4. Discussion

The data suggest that heat therapy combined with exercise showed beneficial effects on elderly Japanese women with chronic knee pain, as hypothesized. The combination group observed knee pain reductions of 39.6%, as well as increases in functional mobility as measured by TUG (14.2%). The participants in the Ex group did not show significant improvements in knee pain or JKOM, while the HSGS group showed significant alleviation of knee pain, but not JKOM or functional mobility.

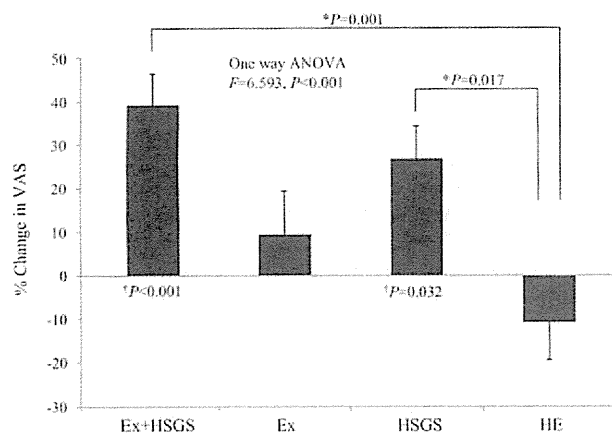


Fig. 2. Percent changes in VAS between study groups. †P-value for within-group analyses. *P-value for between-group analyses.

One previous study reported that exercise treatment can have an 8–27% reduction in knee pain and a 10–39% improvement in function (Deyle et al., 2000). Exercise alone in the current study successfully improved functional mobility, but only reduced knee pain by 9.5%, as measured by VAS. However, exercise combined with the HSGS sheet produced a 39.4% reduction in knee pain and a 14.2% improvement in TUG, a measure of functional mobility, both which are comparable values to those found in previous studies. The improvements observed in the Ex + HSGS group are clinically relevant as several published works have suggested that changes ranging from 12% to 25% may be considered clinically important and could represent meaningful changes in patients with lower-extremity knee pain (Angst, Aeschlimann, & Stucki, 2001; Barr et al., 1994).

Several studies have presented positive results of exercise treatments on knee pain and physical function in elderly adults with knee OA (Deyle et al., 2000; Ettinger et al., 1997; Kovar et al., 1992; Roddy et al., 2005). There has been evidence that exercise can also decrease knee pain through various proposed mechanisms including improved knee cartilage glycosaminoglycan content with increased exercise (Fransen & McConnell, 2008; Roos & Dahlberg, 2005; Tse, Wan, & Ho, 2011); nevertheless, the Ex group only showed a slight, non-significant decrease in stiffness and pain as seen in Table 2. As for non-specific knee pain, the results of this study suggest that exercise alone may be insufficient in relieving pain in community-dwelling elderly people. Recently Woollard et al. (2011) reported that there were no changes in the pain and stiffness subscales of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) in the 17 participants who underwent physical therapy programs similar to the program provided in the current study. However, in comparing the results of the current study with the study by Woollard et al., it is important to note that their study population included those with radiographically diagnosed knee OA, not non-specific knee pain; they compared pain levels from baseline to 1-year follow up, and did

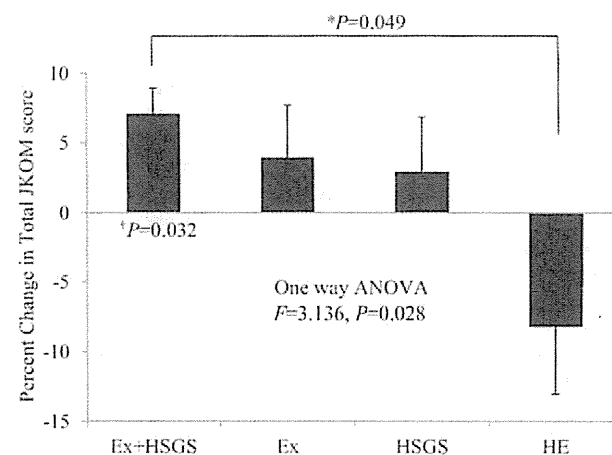
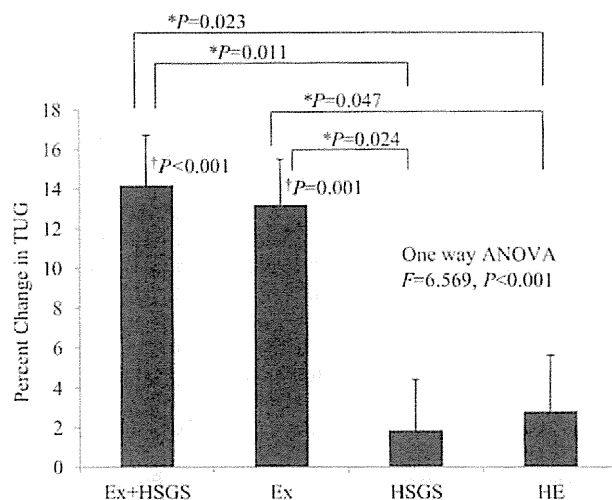


Fig. 3. Percent changes in TUG and JKOM total score. †P-value for within-group analyses. *P-value for between-group analyses.

not report pain levels immediately after the 6-week physical therapy program; and had a very small sample size of 17 people. Nevertheless, both our study and the study by Woollard et al. showed little overall change in pain levels in elderly participants after similar exercise programs. Perhaps the inconsistent evidence of whether exercise can relieve knee pain is due to the differences in exercise dosage (frequency, intensity, and duration), as mentioned by (Fransen & McConnell, 2008). Further research investigating the effects of various exercise dosages on knee pain is required.

The use of HSGS seems to promote significantly greater pain reductions than exercise alone. Our data shows that significant reductions in pain, as measured by VAS, were observed in the Ex + HSGS and HSGS groups. The results support previous findings that have reported the pain-relieving effects of heat

Table 3
Adjusted ORs with 95% CIs for changes in single and combined variables of VAS and TUG according to study group.

Dependent variable ^a	Adjusted ORs (95% CI)		
	HSGS	Ex	Ex+HSGS
Change in VAS	7.06 (2.37–23.25)	2.82 (0.98–8.50)	9.88 (3.09–36.88)
Change in TUG	0.79 (0.31–2.04)	2.57 (0.87–7.51)	3.73 (1.16–11.99)
Change in VAS and TUG	2.78 (0.92–8.37)	3.12 (0.95–10.26)	8.60 (2.82–32.73)

Reference: HE.

^a 1 = improve, 0 = no change or decrease.

(Nadler et al., 2002; Seto et al., 2008). While our data could not confirm the mechanisms of HSGS use and exercise on knee pain, Seto et al. suggested that significant alleviation of pain of the knee can improve gait with the use of HSGS due to the increase in soft-tissue flexibility and decrease in pain from improved blood circulation (Seto et al., 2008). Consistent with such previous findings, even in the subjective JKOM subscales used in this study, the results did indeed show significant alleviation of knee pain and stiffness in the Ex + HSGS group. These results seem to suggest that perhaps the combination of exercise and thermal therapy have more beneficial effects on pain and stiffness of the knee than thermal therapy alone in this population.

The Ex + HSGS group improved significantly in measures of functional fitness compared with the HE group, especially in functional mobility measured by TUG. This test was originally developed to easily evaluate the risk of falls using balance and basic functional mobility (Podsiadlo & Richardson, 1991), and there have been recent studies that report the effectiveness of TUG for functional evaluation in knee OA patients (Adegoke, Babatunde, & Oyeyemi, 2012; Zeni, Axe, & Snyder-Mackler, 2010). One particular study (Kennedy, Stratford, Wessel, Gollish, & Penney, 2005), reported that the TUG test has excellent reliability for examining outcomes in persons with knee OA. The TUG test is a test measuring function, and previous studies have shown that knee extensor and flexor muscles training has beneficial effects on functional mobility including standing, walking, lifting, transferring loads and rising from a chair in individuals with rheumatoid arthritis (McMeeken, Stillman, Story, Kent, & Smith, 1999).

Comparably, in the present study, exercise focusing on strengthening the muscles surrounding the knee, combined with HSGS showed significant improvement in TUG in community-dwelling elderly people with non-specific knee pain. While the results of this study did not show that the combination of exercise and HSGS was more beneficial than exercise, our results along with previous studies confirm that exercise and the HSGS is effective in the treatment of not only knee pain, but functional mobility as part of a multifactorial treatment method.

The improvement in functional mobility seen with exercise and HSGS in participants with knee pain is an important finding. We believe the most effective treatment of knee pain involves improvement in not only pain itself, but in functional mobility as well. In our study, we found that the combination of exercise and HSGS had a significant effect on the combined improvements of pain (VAS) and TUG (OR = 8.60, 95% CI = 2.82–32.73; Table 3), suggesting that knee pain treatment using both exercise and heat therapy can have added beneficial effects on pain alleviation and functional mobility improvement compared with exercise or heat therapy alone.

This study has several limitations. First, the measures used to assess pain were based on subjective answers. However, the VAS and JKOM measures have been shown to be valid and reliable methods of assessing degree of knee pain (Akai et al., 2005; Carlsson, 1983). Hence, the validity of the results obtained in this study should not affect the interpretation of the results. Secondly, the data does not show the physiological mechanisms of how HSGS and exercise reduced knee pain. Third, this study did not investigate the long term effects of the exercise and HSGS. Whether or not the reductions in knee pain and improvements in walking ability affected daily physical activity levels in community-dwelling elderly women could not be determined. Fourth, some caution is needed in interpreting the results of this study as a non-thermal placebo group was not included, and the possibility that other non-thermal sensory stimuli may have affected the participants' perception of pain cannot be denied. Moreover, although the ideal study design to examine the pain-relieving effects of the interventions would have been to include a control

group taking established forms of pain relief methods such as non-steroidal anti-inflammatory drugs, this could not be done in the current study. Finally, there were 13 dropouts in this study who were not included in the post-intervention analyses. However, these dropouts have very little effect on the primary outcome of this study, as there were no significant differences in baseline values between the dropouts and the participants. Future research should focus on the physiological changes induced by the combination of exercise and HSGS, long term effects, as well as the comparison of the introduced interventions with other common non-invasive forms of pain alleviation.

5. Conclusion

The combined exercise and heat therapy intervention resulted in improvements of knee pain and functional mobility that can be considered clinically important. While both exercise and heat therapy have beneficial effects on physical function and pain, respectively, the combination of both treatments may be beneficial as a wider range of improvements were observed in physical function, pain and QOL.

Funding

This research was supported by a Research Grant of the Ministry of Health and Welfare of Japan, a Grant-in-Aid for Scientific Research B of the Japan Society for the Promotion of Science (22300243), and by the Tokyo Research Laboratories of Kao Corporation (Tokyo, Japan). The authors have no financial or any kind of personal conflicts with this manuscript. The sponsors did not have any role in the design and conduct of the study, subject recruitment, collection, management, analysis and interpretation of data, or preparation of the manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to thank Hideshi Oda of the Tokyo Research Laboratories, Kao Corporation for instructing us on the use of the HSGS.

References

- Adegoke, B. O., Babatunde, F. O., & Oyeyemi, A. L. (2012). Pain, balance, self-reported function and physical function in individuals with knee osteoarthritis. *Physiotherapy Theory and Practice*, 28, 32–40.
- Akai, M., Doi, T., Fujino, K., Iwaya, T., Kurosawa, H., & Nasu, T. (2005). An outcome measure for Japanese people with knee osteoarthritis. *Journal of Rheumatology*, 32, 1524–1532.
- Angst, F., Aeschlimann, A., & Stucki, G. (2001). Smallest detectable and minimal clinically important differences of rehabilitation intervention with their implications for required sample sizes using WOMAC and SF-36 quality of life measurement instruments in patients with osteoarthritis of the lower extremities. *Arthritis and Rheumatism*, 45, 384–391.
- Barr, S., Bellamy, N., Buchanan, W. W., Chalmers, A., Ford, P. M., Kean, W. F., et al. (1994). A comparative study of signal versus aggregate methods of outcome measurement based on the WOMAC Osteoarthritis Index, Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index. *Journal of Rheumatology*, 21, 2105–2112.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 377–381.
- Carlsson, A. M. (1983). Assessment of chronic pain. I. Aspects of the reliability and validity of the visual analogue scale. *Pain*, 16, 87–101.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155–159.
- Davis, M. A., Ettinger, W. H., Neuhaus, J. M., & Mallon, K. P. (1991). Knee osteoarthritis and physical functioning: evidence from the NHANES I Epidemiologic Followup Study. *Journal of Rheumatology*, 18, 591–598.
- Dekker, J., Tola, P., Aufdemkampe, G., & Winckers, M. (1993). Negative affect, pain and disability in osteoarthritis patients: The mediating role of muscle weakness. *Behaviour Research and Therapy*, 31, 203.
- Deyle, C. D., Henderson, N. E., Matekel, R. L., Ryder, M. G., Garber, M. B., & Allison, S. C. (2000). Effectiveness of manual physical therapy and exercise in osteoarthritis of the knee. A randomized, controlled trial. *Annals of Internal Medicine*, 132, 173–181.

- Doi, T., Akai, M., Fujino, K., Iwaya, T., Kurosawa, H., Hayashi, K., et al. (2008). Effect of home exercise of quadriceps on knee osteoarthritis compared with nonsteroidal antiinflammatory drugs: A randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 258–269.
- Ettinger, W. H., Jr., Burns, R., Messier, S. P., Applegate, W., Rejeski, W. J., Morgan, T., et al. (1997). A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST). *Journal of the American Medical Association*, 277, 25–31.
- Fransen, M., & McConnell, S. (2008). Exercise for osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, CD004376.
- Giombini, A., Di Cesare, A., Di Cesare, M., Ripani, M., & Maffulli, N. (2011). Localized hyperthermia induced by microwave diathermy in osteoarthritis of the knee: A randomized placebo-controlled double-blind clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19, 980–987.
- Hadler, N. M. (1992). Knee pain is the malady—Not osteoarthritis. *Annals of Internal Medicine*, 116, 598–599.
- Hay, E. M., Foster, N. E., Thomas, E., Peat, G., Phelan, M., Yates, H. E., et al. (2006). Effectiveness of community physiotherapy and enhanced pharmacy review for knee pain in people aged over 55 presenting to primary care: pragmatic randomised trial. *British Medical Journal*, 333, 995.
- Hurley, M. V., Walsh, N. E., Mitchell, H. L., Pimm, T. J., Patel, A., Williamson, E., et al. (2007). Clinical effectiveness of a rehabilitation program integrating exercise, self-management, and active coping strategies for chronic knee pain: A cluster randomized trial. *Arthritis and Rheumatism*, 57, 1211–1219.
- Jinks, C., Jordan, K. P., Blagojevic, M., & Croft, P. (2008). Predictors of onset and progression of knee pain in adults living in the community. A prospective study. *Rheumatology*, 47, 368–374.
- Kelly, T. L., Crane, G., & Baran, D. T. (1994). Single X-ray absorptiometry of the forearm: Precision, correlation, and reference data. *Calcified Tissue International*, 54, 212–218.
- Kennedy, D. M., Stratford, P. W., Wessel, J., Gollish, J. D., & Penney, D. (2005). Assessing stability and change of four performance measures: A longitudinal study evaluating outcome following total hip and knee arthroplasty. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 6, 3.
- Kovar, P. A., Allegrante, J. P., MacKenzie, C. R., Peterson, M. G., Gutin, B., & Charlson, M. E. (1992). Supervised fitness walking in patients with osteoarthritis of the knee. A randomized, controlled trial. *Annals of Internal Medicine*, 116, 529–534.
- Lamb, S. E., Guralnik, J. M., Buchner, D. M., Ferrucci, L. M., Hochberg, M. C., Simonsick, E. M., et al. (2000). Factors that modify the association between knee pain and mobility limitation in older women: The Women's Health and Aging Study. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 59, 331–337.
- Mazzuca, S. A., Page, M. C., Meldrum, R. D., Brandt, K. D., & Petty-Saphon, S. (2004). Pilot study of the effects of a heat-retaining knee sleeve on joint pain, stiffness, and function in patients with knee osteoarthritis. *Arthritis and Rheumatism*, 51, 716–721.
- McMeeken, J., Stillman, B., Story, I., Kent, P., & Smith, J. (1999). The effects of knee extensor and flexor muscle training on the timed-up-and-go test in individuals with rheumatoid arthritis. *Physiotherapy Research International*, 4, 55–67.
- Michlovitz, S., Hun, L., Erasala, G. N., Hengehold, D. A., & Weingand, K. W. (2004). Continuous low-level heat wrap therapy is effective for treating wrist pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 1409–1416.
- Minns Lowe, C. J., Barker, K. L., Dewey, M., & Sackley, C. M. (2007). Effectiveness of physiotherapy exercise after knee arthroplasty for osteoarthritis: Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Medical Journal*, 335, 812.
- Nadler, S. F., Steiner, D. J., Erasala, G. N., Hengehold, D. A., Hinkle, R. T., Beth Goodale, M., et al. (2002). Continuous low-level heat wrap therapy provides more efficacy than ibuprofen and acetaminophen for acute low back pain. *Spine (Phila, Pa 1976)*, 27, 1012–1017.
- Nishiwaki, Y., Michikawa, T., Yamada, M., Eto, N., & Takebayashi, T. (2011). Knee pain and future self-reliance in older adults: Evidence from a community-based 3-year cohort study in Japan. *Journal of Epidemiology*, 21, 184–190.
- O'Reilly, S., Jones, A., Muir, K. R., & Doherty, M. (1998). Quadriceps weakness in knee osteoarthritis: The effect on pain and disability. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 57, 588.
- O'Reilly, S. C., Muir, K. R., & Doherty, M. (1999). Effectiveness of home exercise on pain and disability from osteoarthritis of the knee: A randomised controlled trial. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 58, 15–19.
- Oda, H., Igaki, M., Ugajin, T., Suzuki, A., Tsuchiya, S., Nagashima, K., et al. (2006). Effects of warming the lower back with a heat and steam generating sheet on thermoregulatory responses and sensation. *Japanese Journal of Biometeorology*, 43, 43–50.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed Up & Go: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39, 142–148.
- Roddy, E., Zhang, W., Doherty, M., Arden, N. K., Barlow, J., Birrell, F., et al. (2005). Evidence-based recommendations for the role of exercise in the management of osteoarthritis of the hip or knee—The MOVE consensus. *Rheumatology*, 44, 67–73.
- Roos, E. M., & Dahlberg, L. (2005). Positive effects of moderate exercise on glycosaminoglycan content in knee cartilage: A four-month, randomized, controlled trial in patients at risk of osteoarthritis. *Arthritis and Rheumatism*, 52, 3507–3514.
- Seto, H., Ikeda, H., Hisaoka, H., & Kurosawa, H. (2008). Effect of heat- and steam-generating sheet on daily activities of living in patients with osteoarthritis of the knee: Randomized prospective study. *Journal of Orthopaedic Science*, 13, 187–191.
- Shimada, H., Kim, H., Yoshida, H., Suzukawa, M., Makizako, H., Yoshida, Y., et al. (2010). Relationship between age-associated changes of gait and falls and life-space in elderly people. *Journal of Physical Therapy Science*, 22, 419–424.
- Thomas, K. S., Muir, K. R., Doherty, M., Jones, A. C., O'Reilly, S. C., & Bassey, E. J. (2002). Home based exercise programme for knee pain and knee osteoarthritis: Randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 325, 752.
- Tse, M. M., Wan, V. T., & Ho, S. S. (2011). Physical exercise: Does it help in relieving pain and increasing mobility among older adults with chronic pain? *Journal of Clinical Nursing*, 20, 635–644.
- Woollard, J. D., Gil, A. B., Sparto, P., Kwok, C. K., Piva, S. R., Farrokhi, S., et al. (2011). Change in knee cartilage volume in individuals completing a therapeutic exercise program for knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 41, 708–722.
- Yildirim, N., Filiz Ulusoy, M., & Bodur, H. (2010). The effect of heat application on pain, stiffness, physical function and quality of life in patients with knee osteoarthritis. *Journal of Clinical Nursing*, 19, 1113–1120.
- Zeni, J. A., Jr., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2010). Clinical predictors of elective total joint replacement in persons with end-stage knee osteoarthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 86.

サルコペニアに対する運動・栄養による介入効果

Effects of exercise and nutrition supplementation for the prevention of sarcopenia



金 憲 経

Hunkyung Kai

東京都健康長寿医療センター研究所

骨格筋量の減少に伴う筋力の衰え、あるいは歩行機能の低下をさすサルコペニアを効率よく予防するためには、多様な危険因子のなかから可変的要因を見出し、その改善に焦点を当てた包括的支援が有効である。可変的要因として注目されているのは、骨格筋の不使用と栄養不良の改善である。運動・栄養による介入効果を検証するために、地域在住サルコペニア高齢者をRCTにより運動、栄養、運動+栄養、教育の4群に分け、運動群には週2回、1回当り60分間の筋力強化と歩行機能の改善を目的とした包括的運動を、栄養群にはロイシン高配合の必須アミノ酸3gを1日2回補充する介入を3カ月間実施した。その結果、骨格筋量と通常歩行速度は、運動、栄養、運動+栄養の3群で、下肢筋力は運動+栄養群のみで有意な向上が観察された。この結果は、サルコペニア予防には運動にロイシン高配合の必須アミノ酸を補充する複合介入がより効果的であることを強く示唆する。



Key word : サルコペニア, RCT, 包括的運動, 必須アミノ酸補充

骨格筋量の減少に影響する要因は、加齢、慢性疾患、内分泌環境の変化、骨格筋の不使用、栄養不良などさまざまであるが、そのメカニズムの完全解明までには至っていない。骨格筋量の減少に伴う筋力あるいは身体機能の低下を予防するためには、さまざまな要因のなかから可変因子を見出し、その改善に焦点を当てた包括的な支援が有効である。可変因子として注目されているのは、“からだの不使用”と“栄養不良”である。

からだの不使用を解消する手法としては運動が勧められ、たとえ高齢者でも、progressive resistance strength trainingを行うと筋肉量や筋力の増大効果は期待できると多くの研究で指摘している^{1,2)}。一方、高齢者の筋量上昇に栄養補充が有効であるとの研究も多く報告されている³⁾。なかでも、必須アミノ酸補充による筋蛋白質の合成促進効果が検証され、サルコペニア予防のための栄養補充としての有効性に関心が高まっている⁴⁾。

● サルコペニアに対する運動介入の効果と問題点

高齢者の筋量上昇や筋力向上には、レジスタンス運動が有効であると多くの研究で指摘している。先行研究49編の介入研究をmeta-analysisしたPetersonによると、介入後にlean body mass (LBM)は平均で1.1 kg(95%CI=0.9-1.2 kg, $p < 0.001$)増大効果を認め、レジスタンス運動の有効性を検証している¹⁾。一方、レジスタンス運動が筋力向上に及ぼす影響は部位によって異なり、leg press(32介入研究)で31.63 kg(95%CI=27.59-35.67 kg, $p < 0.001$)、chest press(36介入研究)で9.83 kg(95%CI=8.42-11.24 kg, $p < 0.001$)、knee extension(28介入研究)で12.08 kg(95%CI=10.44-13.72 kg, $p < 0.001$)といずれの部位においても有意な向上効果を認めた⁵⁾。このように、レジスタンス運動指導によって筋肉量のみならず筋力増大効果は十分得られると期待される。しかし、ここで注意すべき点は先行研究で採用している運動の量である。上昇効果を検証している先行

研究はいずれも higher intensity training, higher-volume intervention である。つまり強い運動を多く指導すればするほど介入効果は上昇するとの結果で、低強度負荷のレジスタンス運動によつては筋量の上昇、筋力の向上効果は検出し難いとの結論である。このようなトレーニング論理は、健康高齢者を対象とした場合には問題が生じない。しかし、骨格筋量の減少に伴う筋力の衰えあるいは歩行機能の低下といった状態のサルコペニア高齢者に高強度、多量の運動を指導し、筋肉量や筋力の上昇のみを追求した場合、“adverse effect”（「サイドメモ」参照）問題についての議論が必要である。一方、サルコペニア改善のためには、moderate intensity のレジスタンス運動でも十分効果が期待できると提案され⁶⁾、サルコペニア高齢者に対する中低強度負荷のレジスタンス運動効果について、今後一層の研究が必要である。

● サルコペニアに対する栄養補充の効果と問題点

筋蛋白質は筋肉のおもな構成成分で、合成と分解のバランスによって筋肉量は一定に保たれる。

サイドメモ

運動の逆効果

高齢者人口が急速に増加する社会構造のなかで、健康寿命の延伸、障害期間の短縮を実現するためには過度な運動は不可欠である。運動不足による筋肉量の減少は、筋力や骨密度の低下を招き、転倒・骨折の危険度の上昇、場合によっては寝たきりに至る。過度な運動は筋力の強化のみならず骨の新陳代謝を活性化し、骨を強化する。筋力と骨が強化されれば、ちょっとしたことでの転倒を予防し、骨折の危険性を減らすことができる。しかし、筋肉量が減少し、かつ筋力や骨密度が低下している弱高齢者の“運動のしすぎ”“過度な運動負荷”は、疲労骨折、または腰痛、膝痛の悪化、関節の痛みを誘発し、移動制約、活動量の減少、体力低下、動悸などの悪い連鎖を招きかねない。運動はいろいろな意味で大切であるが、不適切な運動をしてしまうと思わぬ事故やケガを引き起こし、かえって障害期間の延伸という結果になるため、虚弱高齢者の運動指導にはとくに注意を要する。

高齢になるとさまざまな要因の影響を受け、筋蛋白質の分解量が合成量を上まわるか、分解機能の促進、合成機能の低下によって骨格筋量は徐々に減少していく。しかし、筋蛋白質の合成を促進するか、分解を抑制することができれば、骨格筋量の減少を抑える有効な対策といえる。高齢者でも必須アミノ酸の摂取は筋蛋白質の合成を促進する効果があり、必須アミノ酸のなかでもロイシン高含量の必須アミノ酸の摂取がより効果的であることが多くの研究で指摘されている⁴⁾。

アミノ酸補充が筋肉量や筋力に及ぼす影響については数多くの研究が報告されている。なかでもポイントになりそうなくつかの研究を紹介する。まず、ロイシンが35.88%含まれている必須アミノ酸11gを16週間補充し、LBMや筋力、歩行機能の変化を調べた研究によると⁷⁾、LBMは12週で 1.14 ± 0.36 kgの有意な増大を、下肢筋力は16週で $22.2 \pm 6.1\%$ 増加、通常歩行速度の有意な改善を示した。一方、Dillonらは、ロイシン18.6%、リジン15.5%配合している必須アミノ酸7.5gを1日2回補充する試験を3カ月間実施した。その結果、アミノ酸補充によってLBMは有意に増加(事前： 43.5 ± 2.8 kg、事後： 45.2 ± 3.0 kg)したが、筋力の変化はみられなかったと強調している⁸⁾。これらの先行研究を総合すると、必須アミノ酸補充による筋肉量の上昇効果を認める研究は多数あるが、筋力向上の効果はかならずしも一致せず、研究者によって異なる結果が報告されており、今後一層の効果検証が必要である。Drummondらは、運動にアミノ酸補充を加えることによって上昇効果が期待できると指摘している⁹⁾。

● サルコペニアに対する運動・栄養による介入

1. 運動・栄養補充(炭水化物)の介入

運動と栄養補充が虚弱高齢者の体組成や体力に及ぼす影響を調べるために、70歳以上の施設長期入所者100人を運動25人、栄養24人、運動+栄養25人、対照26人に分け、その効果を調べた研究によると¹⁰⁾、運動群で筋力 $113.0 \pm 8.0\%$ 増加(非運動群 $3.0 \pm 9.0\%$ 増加、 $p < 0.001$)、階段上昇パワー $28.4 \pm 6.6\%$ 向上(非運動群 $3.6 \pm 6.7\%$ 向上、 p

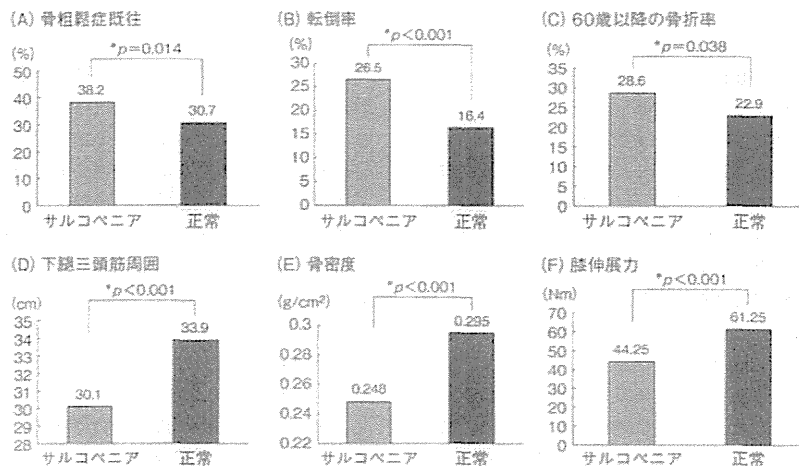


図1 サルコペニア群と正常群の比較

=0.01), 歩行速度 $11.8 \pm 3.8\%$ 改善 (非運動群 $1.0 \pm 3.8\%$ 増加, $p=0.02$) には有意な改善効果がみられた。しかし, 大腿筋面積は $2.7 \pm 1.8\%$ 上昇 (非運動群 $1.8 \pm 2.0\%$ 減少, $p=0.11$) したが, 統計学的に有意ではなかった。このように, 虚弱高齢者の身体機能の改善には運動中心の複合介入は有効であるが, 栄養補充のみでは不十分であると指摘している。栄養補充の効果が認められなかった原因としては, 栄養成分の影響ではないかと考えられる。この研究で提供した栄養は, 飲料 240 mL (組成: 炭水化物 60.0%, 脂肪 23.0%, 大豆蛋白質 17.0%) を毎日 1 回摂取する指導であった。つまり炭水化物高含量の飲料を補充する介入では虚弱高齢者の体組成や体力の改善効果は認められなかったことから, 対象者の特性や介入目的を考慮した栄養成分の選定が重要なポイントであることを示唆する結果といえる。

2. 運動・栄養補充 (必須アミノ酸) の介入

著者は, 大都市部在住 75 歳以上の後期高齢女性 1,399 名のなかから先行研究で採用しているサルコペニア選定基準¹¹⁾, すなわち骨格筋量の減少, 筋力低下, 歩行速度の低下に, 肥満者を除外するために BMI 減少を用いてサルコペニア高齢者 304 名 (21.7%) を選定した。この操作的選定基準に該当する 304 名の特徴, 運動・栄養による介入効果

を調べる研究を行った¹²⁾。

まず, サルコペニアと選定された 304 名の特徴を調べるために, 非該当者 1,095 名と調査項目を比較した。その結果, サルコペニア群は正常群に比べて, 健康度自己評価で健康だと回答した者の割合, 定期的な運動習慣をもっている者の割合は低値を示したが, 外出頻度が少ない者の割合は高値を示した。既往歴においては, 高血圧症, 高脂血症は正常群より低い割合を示したが, 骨粗鬆症の既往はサルコペニア群 38.2%, 正常群 30.7%, 過去 1 年間の転倒率はサルコペニア群 26.5%, 正常群 16.4%, 60 歳以降の骨折率はサルコペニア群 28.6%, 正常群 22.9% といずれの項目においてもサルコペニア群が有意に高い割合を示した。さらに, サルコペニア高齢者は年齢が高く, 下腿三頭筋周囲, 骨密度, BMI, 筋肉量, 膝伸展力は有意に低値を示した (図 1)。

地域在住サルコペニア高齢者は, 骨粗鬆症歴の上昇, 骨密度の減少に伴う骨折危険性が高いことに加えて転倒率が高いことから, 転倒による骨折の危険性にもさらされていると考えられる。さらに, 外出頻度が少なく, 運動習慣がなく, 健康度自己評価が悪いことが明らかになり, サルコペニア高齢者介入の最優先課題は転倒による骨折予防であり, つぎに筋肉量の上昇, 歩行機能や筋力の

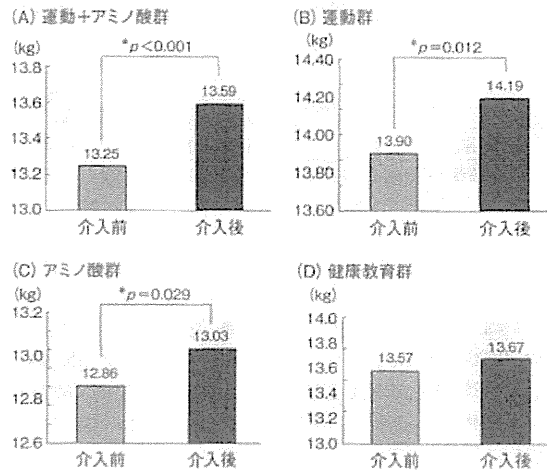


図2 介入後における骨格筋量変化の群間比較^[2]

向上、骨密度改善、生活習慣の改善、健康意識の向上を目的とした包括的介入が必要であることが強く示唆された。

① 運動・必須アミノ酸補充による介入

地域在住サルコペニア高齢者に対する運動、栄養補充の複合介入効果を調べるために、サルコペニア認定者304名を介入参加者155名、不参加者149名に分類した。介入参加者155をrandomized controlled trial(RCT)により運動39名、栄養39名、運動+栄養38名、対照39名に分け、つぎの運動・栄養介入を行った。

・運動：運動群には週2回、1回当たり60分間の筋力強化と歩行機能の改善を目的とした指導を行った。運動指導は対象者の体力レベルが低く個人差が大きい点を考慮し、つぎに示す運動を中心に指導した。

- (a) 椅子体操：指導の初期段階では椅子に腰かけて行う運動を中心に指導し、運動にある程度適応できた段階では椅子の背もたれに手を当てて行う立位運動を指導した。具体的には、つま先と踵上げ下げ、片足上げ伸ばし、膝上げ胸寄せ、立位での踵上げ下げ、立位での膝曲げなど。
- (b) レジスタンス運動：ゴムバンド体操(黄色、赤色使用)とAnkle-weight運動(錘0.50

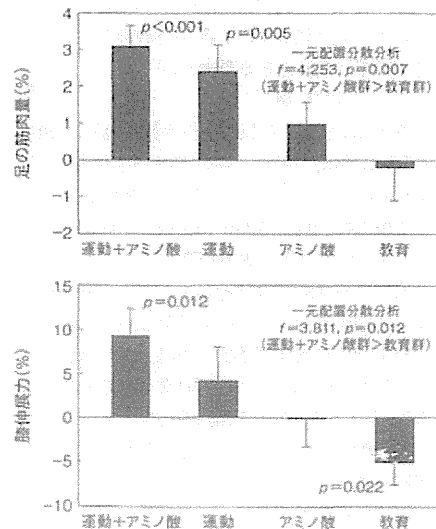


図3 足の筋肉量と膝伸張力変化の群間比較^[2]

kg, 0.75 kg, 1.00 kg, 1.50 kg 使用)を指導した。具体的には椅子に腰かけてゴムバンドを二重の輪にし、土踏まずにバンドをかけて足上げ左右開き、二重の輪にしたバンドを膝の上まで通し、膝開き閉じ、片足上げ胸寄せなど。Ankle-weightを足首に固

表 1 骨格筋量および身体機能の改善に対する介入効果の比較¹²⁾

従属変数*	介入群							
	健康教育群	アミノ酸群		運動群		運動+アミノ酸群		
		基準	OR	95%CI	OR	95%CI	OR	95%CI
足の筋肉量+膝伸展力	1.00	1.99	0.72-5.65	2.61	0.88-8.05	4.89	1.89-11.27	
足の筋肉量+通常歩行速度	1.00	1.35	0.45-4.08	2.41	0.79-7.58	4.11	1.33-13.68	

*従属変数：筋肉量と身体機能の変化：1=向上，0=無変化あるいは低下。
OR=調整オッズ比，95%CI=95%信頼区間。

定し、両足上げ下げ、両足上げ閉閉、片足上げ胸寄せなど。

(c) 歩行・バランス運動：運動に対する適用能力が向上した中盤以降に歩行・バランス改善運動を導入した。具体的には片足立ち、タンデムスタンス、タンデム歩行、方向変換、体重移動歩行、クロス歩行など。

・栄養：栄養補充群には、ロイシン42.0%、リジン14.0%、バリン10.5%、イソロイシン10.5%、トレオニン10.5%、フェニルアラニン7.0、他5.5%組成のアミノ酸3gを1日2回補充する指導(1日総補充量=6g)を3カ月間実施した。

② 介入の効果

介入前後における四肢の骨格筋量は、栄養群(事前12.86±0.99 kg, 事後13.03±1.10 kg)、運動群(事前13.90±1.06 kg, 事後14.19±1.33 kg)、運動+栄養群(事前13.25±1.35 kg, 事後13.59±1.53 kg)の3群で有意な増加が観察され、サルコペニア高齢者の骨格筋量は運動のみならず栄養補充によって増える可能性が強く示唆された(図2)。

通常歩行速度は、運動群(事前1.31±0.24 m/s, 事後1.50±0.23 m/s)、栄養群(事前1.30±0.18 m/s, 事後1.36±0.18 m/s)、運動+栄養群(事前1.27±0.25 m/s, 事後1.43±0.29 m/s)の3群で有意な増加が観察された。

図3に示したように、足の筋肉量は、運動、運動+アミノ酸群で有意に上昇したが、下肢筋力を測定する膝伸展力は運動+栄養群(事前1.15±0.27 Nm/kg, 事後1.23±0.29 Nm/kg)のみで有意な向上が認められたが、他の介入群の変化は統計学的に有意ではなかった¹²⁾。

サルコペニアに対する介入効果を検証するときの重要な観点は、サルコペニアの定義である。サルコペニアとは複合概念、つまり“筋量減少+筋

力低下”あるいは“筋量減少+歩行速度低下”である。よって、この概念に沿った分析が必要である。表1に示すように、“足の筋肉量+膝伸展力”改善にはアミノ酸補充あるいは運動単独の介入では不十分であり、“運動+アミノ酸補充”の複合介入(OR=4.89, 95%CI=1.89-11.27)で有効性が確認された。また、“足の筋肉量+通常歩行速度”改善においても運動あるいはアミノ酸群ではORが有意ではなく、“運動+アミノ酸補充”の複合介入(OR=4.11, 95%CI=1.33-13.68)で、ORが統計学的に有意性を示した。

● おわりに

骨格筋量の減少に伴う筋力の衰え、あるいは身体機能の低下と定義するサルコペニアは、歩行障害、転倒・骨折、骨粗鬆症の上昇と強く関連していることから、老年学分野でもっとも関心の高いトピックスのひとつである。サルコペニアの危険因子は、年齢、性、疾病、内分泌環境の変化、栄養不良、運動不足など種々で複雑である。骨格筋量の減少と密接にかかわるからだの不利用と栄養不良は、可変要因として注目度が高まっている。骨格筋の不利用を解消するためには運動が勧められ、高齢者でも progressive resistance strength training により筋肉量や筋力の増大効果は認められるものの限界があることは前述のとおりである。一方、炭水化物高配合の栄養補充のみでは虚弱高齢者の筋肉量や体力向上に不十分であることを先行研究で指摘している。さらに、ロイシン高配合の必須アミノ酸の補充によって高齢者の筋肉量の増大有効は認められるものの、アミノ酸補充のみではサルコペニア高齢者の体力改善には不十分であることも紹介した。これらの背景を踏まえて著者は、運動にロイシン高配合の必須アミノ酸

補充を加える包括的介入を行ったところ、サルコペニア高齢者の骨格筋量のみならず筋力向上、歩行機能の改善効果を検証した。以上の結果より、サルコペニアに対する介入効果は運動単独あるいは栄養補充単独では不十分であり、運動に栄養補充を加える包括的介入手法がより効果的であることを検証したので、推奨したい。

文献

- 1) Peterson, M. D. et al. : *Med. Sci. Sports Exerc.*, **43** : 249-258, 2011.
- 2) Liu, C. J. and Latham, N. K. : *Cochrane Database Syst. Rev.* CD002759, 2009.
- 3) Malafarina, V. et al. : *JAMDA*, **14** : 10-17, 2013.
- 4) Katsanos, C. S. et al. : *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, **291** : E381-E387, 2006.
- 5) Peterson, M. D. et al. : *Ageing Res. Rev.*, **9** : 226-237, 2010.
- 6) Taaffe, D. R. : *Aust. Fam. Physician*, **35** : 130-133, 2006.
- 7) Borsheim, E. et al. : *Clin. Nutr.*, **27** : 189-195, 2008.
- 8) Dillon, E. L. et al. : *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **94** : 1630-1637, 2009.
- 9) Drummond, M. J. et al. : *J. Appl. Physiol.*, **104** : 1452-1461, 2008.
- 10) Fiatarone, M. A. et al. : *N. Engl. J. Med.*, **330** : 1769-1775, 1994.
- 11) Cruz-Jentoft, A. J. et al. : *Age Ageing*, **39** : 412-423, 2010.
- 12) Kim, H. K. et al. : *J. Am. Geriatr. Soc.*, **60** : 16-23, 2012.

* * *

次号の特集予告(248巻10号)

◆非結核性抗酸菌症診療——診断治療のポイントと最新の知見

(企画：小川賢二／国立病院機構東名古屋病院呼吸器内科)

最近、非結核性抗酸菌症(NTM症)に関するマスコミの関心が深まってきており、新聞・テレビ・ラジオなどで特集として取り上げられることが多い。これは本疾患の罹患率や有病率の増加が引き金となり、なおかつ難治性でいまだ完治が困難な疾患であるという概念が一般にも徐々に知られるようになってきたためと思われる。本疾患の場合、発症初期は無症状であることが多く、病院受診ではなく健診の胸部X線検査による発見例が多くみられる。確定診断には菌を証明することが必須であるが、無症状症例では内視鏡検査を行わなければならない。このことが患者や医師の負担となり診断未確定のまま画像のみの経過観察となってしまうケースが多い。このため非侵襲的な診断法の開発・進歩が求められている。本特集では、非結核性抗酸菌症診療に関して、問題点の対応法を中心に各エキスパートの先生に概説いただく。

S 運動

EXERCISE

DRUG

S サルコペニアにおける運動の必要性

高齢期における虚弱の中核的な症状であるサルコペニアは、加齢とともにその有症率が上昇し、65歳以上の高齢者の約5～25%^{1,3)}、80歳以上の高齢者では30～50%以上がサルコペニアを有しているといわれ^{3,4)}、高齢期において誰もが起こしうる症状である。

高齢者は日常生活を送るうえで各種動作を行う場合、課題で必要とされる能力に対する自己の機能的な予備力が低下しているために、サルコペニアによる筋力低下が起こると容易に生活機能障害を引き起こすことになる。たとえば、階段昇降や立ち上がり動作を行うとき、下肢の最大筋力に対して動作に必要な筋力の比率は、高齢者は成人の約2倍であり、最大筋力の80%程度の努力が必要であると報告されている⁵⁾。このような状況下において筋量の減少が進めば、生活機能障害を惹起することは容易に想像できる。また、下肢筋力の低下は転倒の重要な危険因子であり、筋力低下が認められる高齢者はそうでない高齢者に比べ、転倒の危険が約5倍あるとされる⁶⁾。

サルコペニアにともなう機能低下や障害を予防、改善するためには、筋力トレーニングがもっとも有効であり^{7,8)}、高齢期においても安全を確保しつつ、効果的なトレーニングを行うことがサルコペニアの予防のために重要であるといえる。

島田裕之 *Shimada, Hiroyuki*

S 高齢者における筋力トレーニング

筋肉は不思議な器官で、使うほどに容量が増え、効率よく使用できるようになる。これは年齢に関係なく当てはまるが、高齢期には筋肉を使う人と使わない人の差が、若年層と比較して大きいために筋量や筋力の個人差が大きくなる。生涯で筋力が最高に達するのは20～30歳代であり、その後は徐々に低下し、健康な者であっても高齢期には急激に筋力低下が進行する⁹⁾。そのため高齢者は、より積極的な筋力トレーニングを行う必要性があると考えられる。筋力の維持は、最大筋力の20～30%の強度で可能であり、筋によっては平地を歩くだけでも、この程度の活動をする。ただし、筋力を向上させるためには、最大筋力の60～80%程度の負荷をかける必要があり、この程度の筋活動となるとマシンを用いたレジスタンストレーニングや階段をのぼるなどの運動を行う必要がある。ただし、高齢者に高負荷レジスタンストレーニングを適用する場合には、一時的な血圧上昇や軟部組織損傷に対する危険性を考慮したうえで、段階的に運動を進める必要がある。

S トレーニングと筋力向上

これまでの多くの研究によって、高齢期においても適切なトレーニングによって筋肥大や筋力向上が可能であることが明らかとなり、効果的なトレーニング方法が示されてきた。たとえば、重りや油圧などを利用して行うレジスタンストレーニングは、短期間のうちに高い効果を

得ることが可能であり、自身の体重を利用して行う運動でも、筋力を向上させることが可能である。筋力の向上は、筋肥大によってもたらされる場合と神経系メカニズムによる場合とがあるが、短期間(2カ月程度)における最大筋力の60%程度の中等度の負荷では、筋肥大ではなく主に神経系メカニズムによって筋力が向上するようである¹⁰⁾。ただし重要なのは、筋量の向上そのものではなく、生活するために必要とされる筋力が十分備わっているかという点である。Fiataroneらは、72歳から98歳のナーシングホームに入所する高齢者に対して最大筋力の80%のレジスタンストレーニングを10週間実施した結果、筋肥大は認められなかったが筋力の向上が認められ、歩行速度やバランス機能などの運動機能が向上することを証明した¹¹⁾。

一方、筋肉や筋の機能は、使わないことによって急激に低下することがよく知られており、トレーニングによって向上した筋肥大や筋力は、トレーニングの中断によってトレーニング前の状態へ戻る¹²⁾。また、寝たきり状態のように極端に筋肉を使わない状態では、廃用性筋萎縮が生じる。たとえば、寝たきり状態を1カ月間続けると大腿四頭筋の筋力は20%程度低下するため、短期間の入院により歩行困難となる高齢者の背景には、この廃用性筋萎縮が大きく影響している可能性が高い。

5 高齢者の筋力トレーニング効果に関するエビデンス

高齢者は加齢や疾病により筋萎縮や筋力低下を起こす。加えて、日常の活動状態の低下による筋機能の低下が認められ、とくに抗重力筋である伸筋において著しい低下を認める^{13, 14)}。なかでも下肢や体幹における伸筋の低下は著しく、これによって起居移動動作能力が低下して生活機能障害を惹起する。一方、高齢者の筋力低下は、筋力トレーニングによって向上が可能

であり、生活機能障害を予防するために筋力トレーニングが推奨される。わが国では、介護予防における運動器の機能向上によって、高齢者の生活機能向上を目指した運動プログラムが提供され、その中核的な内容の一つとして、筋力トレーニングが推奨されている。

筋力トレーニングの第一の目的は、筋力の向上であり、その効果を検討した研究は多数存在する。なかでも、2003～2004年に発表されたLathamらによる高齢者に対する筋力トレーニングの効果に関するシステマティックレビューがよくまとめられており、ここではそれらの結果を中心に紹介する^{15, 16)}。

高齢者に対する下肢筋力トレーニングを実施した群と実施しなかった群のランダム化比較試験のメタアナリシスの結果(41研究、1,955名のまとめ)、下肢筋群の向上に対するstandardised mean difference (SMD)は0.68(95%信頼区間0.52～0.84)となり、筋力トレーニングによって中等度以上の筋力向上が期待できることが明らかとされた。ただし、この結果は検者や割り付けに対するブラインドやintention to treat analysis (ITT)がなされていない研究が含まれている。これらによって効果量は高く推定されるため、全体の効果量が過剰に評価されている可能性がある。

マシンを用いた高負荷レジスタンストレーニングと、エラスティックバンドなどを用いた軽度から中等度負荷のトレーニングを分けて分析すると、高負荷トレーニングの(32研究)SMDは0.81(95%信頼区間0.60～1.01)、低強度から中等度トレーニング(9研究)のSMDは0.34(95%信頼区間0.18～0.51)となり、両トレーニングともに筋力強化に有効であることが示された。ただし高負荷トレーニングは低負荷トレーニングと比較して有意に高い効果を認めている。

また、機能低下の有無により対象者を分類し

て筋力トレーニングの効果を検討すると、両群ともに有意な効果を認めたが、機能低下を有する群での効果は有さない群と比較して低い傾向にあった(機能低下なし:32研究, 1,084名, SMD 0.76, 95%信頼区間 0.59~0.94. 機能低下あり:9研究, 871名, SMD 0.36, 95%信頼区間 0.11~0.60). ただし, 機能障害を有する群のトレーニング強度は, ほぼすべてが低強度から中等度負荷であったため, 負荷量の違いが効果量に影響している可能性がある.

トレーニング期間に関しては, その期間を12週間で分類して筋力トレーニングの効果を検討すると, 両期間ともに筋力の向上効果が認められ, 12週間を越えて継続した研究でより高い効果が認められた(<12週間:25研究, SMD 0.62, 95%信頼区間 0.42~0.82. >12週間:16研究, SMD 0.77, 95%信頼区間 0.50~1.05).

トレーニング種目による効果の差に関しては, 筋力トレーニングの実施者と有酸素運動実施者との効果が比較された. その結果, 両群間の筋力向上に有意差は認められなかった(SMD 0.11, 95%信頼区間 -0.08~0.30). 筋力の低下した高齢者にとっての有酸素運動の負荷強度は, 成人や健康な高齢者より相対的に高くなり, これらの対象層においては有酸素運動でも筋力向上の効果が認められたのかもしれない.

筋力トレーニングが筋力以外の機能向上に対する効果の検討では, 筋力トレーニング実施群と対照群との比較において, 歩行速度と椅子からの立ち上がり時間はトレーニング効果が認められたが, 有酸素能力, バランス, ADL, QOLについて有意な効果は確認されなかった. また, 疼痛軽減に関しては, 対象集団に特異的な痛み評価を実施した場合には有意なトレーニング効果が示されている.

以上の結果から, 筋力トレーニングは高齢者の筋力増強に効果的であり, その効果は高負荷

レジスタンストレーニングや12週間以上のトレーニングによって得られやすい. ただし, 高齢者においては筋力トレーニング以外の運動によっても筋力の向上が認められる点や, 筋力以外の運動機能の向上すべてに筋力トレーニングが有効であるわけではない. 高齢期における運動処方目的は, 生活機能の維持向上であり, 筋力の向上はその目的を達成するための一因に過ぎないことを忘れてはならないだろう.

S 歩行機能を保つための筋力トレーニング

歩行機能が低下すると, 将来日常生活を自立して行えなくなる危険性が高まることが知られている. たとえば, 早く歩ける人(1秒間に2.37m以上)に対して, 遅い人(1秒間に1.81m以下)は, その後6年間で日常生活に不自由をきたす危険性が, 前期高齢者で5.2倍となり, 後期高齢者では3.5倍になると報告されている¹⁷⁾. また, 歩行機能低下の結果として転倒が生じ, 高齢者では骨折などの重篤な傷害が生じる場合がある. とくに大腿骨頸部骨折は治療に長期間を要し, その間に廃用性筋萎縮が生じて歩行不能となる場合が少なくないが, この大腿骨頸部骨折は, 高齢期においては90%以上が転倒により生じる. また, 高齢者の不慮の事故による死亡原因をみると, 転倒・転落による死亡者数は, 交通事故よりも多い. われわれの研究では, 6m間を歩行するのに6秒以上かかる高齢者における将来の転倒の危険性は, 1.2~2.6倍に高まることが明らかとなっており, 高齢期における歩行機能保持の重要性が明らかとなった¹⁸⁾.

歩行中には下肢の多くの筋が動員され, それらが協調して働くことで効率よく歩くことが可能となる. 高齢期における歩行機能低下の特徴は, 歩幅の減少と歩行速度の低下であるが, この機能低下を起こす主要な原因は下腿三頭筋の

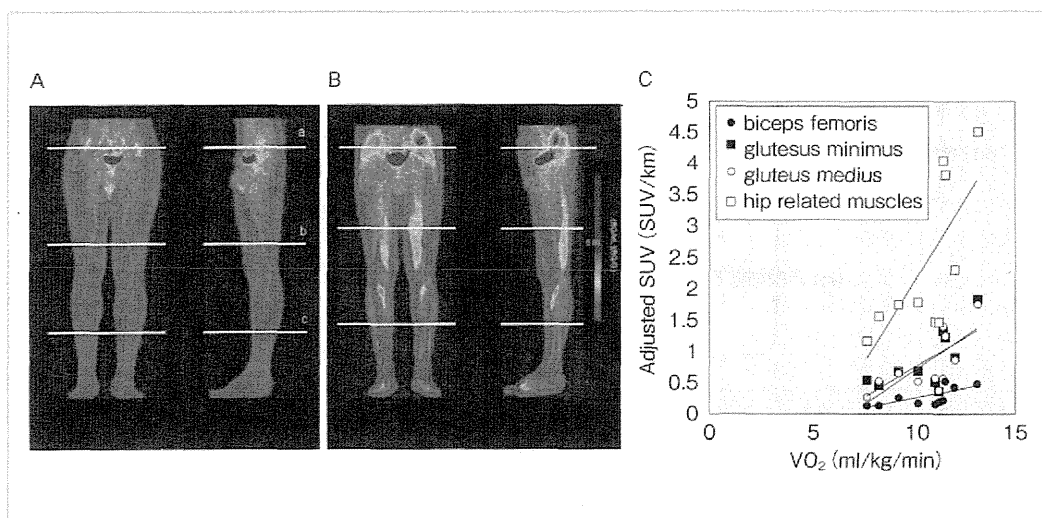


図1 成人と高齢者の歩行時の筋の糖代謝と全身代謝との関係
 A: 成人における歩行時の糖代謝, B: 高齢者における歩行時の糖代謝, C: 歩行時の骨格筋糖代謝と全身代謝との関係。
 高齢者は成人と比較して股関節周囲やハムストリングスにおいて歩行時の筋活動が高く (A, B), それらの筋活動と全身代謝とは相関関係を示す (C)。

機能低下である¹⁹⁾。高齢者の歩行時の筋活動を観察すると、股関節周囲や大腿後面の筋活動は若年成人より1.5~3.7倍高いのに対し、ヒラメ筋(下腿三頭筋)では成人の0.5倍しか働いていない(図1A, B)²⁰⁾。このような歩行中の筋活動パターンの変化は、歩幅や歩行速度の減少を生じさせ、代償動作として股関節周囲筋における過剰な筋活動を引き起こす(図1B)。これらの筋活動は全身の代謝と相関し、エネルギー効率からみると不効率な歩行パターンの原因となる(図1C)。不効率な歩行パターンは、歩行持久性を低下させ外出行動の制限に影響を及ぼす。外出は、日常における身体活動の大部分を占めるため、外出が制限されると廃用性筋萎縮を起こす可能性が高くなり、ある一定レベル以上に筋力が低下すると歩行障害が生じ、日常生活機能障害を起こす結果となる(図2)。

この負のサイクルを断ち切るために筋力トレーニングは有効と考えられ、虚弱化が生じ始めた高齢者には下腿三頭筋の筋力強化を行う必要があると考えられる(本来は全身の筋力を鍛

えたほうがよい)。下腿三頭筋の筋力や筋持久力の向上のためには、つま先立ちを繰り返す方法が有効である(図3)。この運動中には姿勢に注意し、胸を張って行うとよい。また、立位の安定性が悪い場合には安定したものをつかんで行うようにする必要がある。最初はゆっくりと10回程度から始め、慣れてきたらできるだけ早く30回連続で行えるようトレーニングする。

高齢期には下腿三頭筋以外の筋肉も萎縮して筋力が低下するが、その程度は上肢より下肢に強く表れ、とくに抗重力筋の筋力低下が顕著となる。抗重力筋を効果的にトレーニングするためには、膝を曲げての歩行練習がよい(図4)。この練習中は腰をかがめて前傾してしまうと筋に負荷がかかりにくいので、できるだけまっすぐ前を向いて手を上げて行うことが望ましい。最初は3m程度から始めて、10m続けて行えるようになることを目指す。

これらの筋力トレーニングは、短時間であっても継続することが、結果的には大きな効果を出すことになる。とくに、いままで運動習慣の

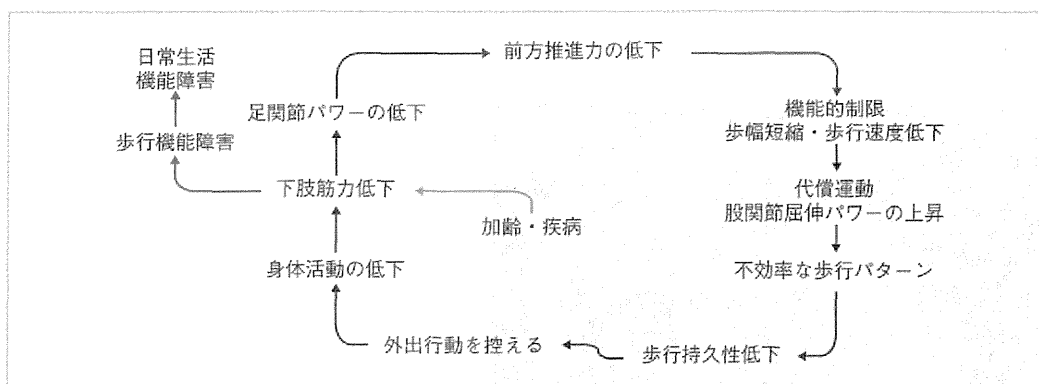


図2 高齢期における生活機能障害発生モデル

加齢や疾病により高齢者は下肢筋力の低下(サルコペニア)をきたし、それが歩行時の足関節パワーを低下させる。足関節パワーの低下は、身体の前方向推進力を著しく低下させるため、歩幅の短縮や歩行速度低下が生じる。高齢者は、その機能的制限を股関節屈伸パワーで代償することで歩行機能を保とうとするが、これは不効率な歩行パターンであり(図1B)、歩行持久性を低下させる要因となる(図1C)。歩行持久性が低下すると次第に外出を控えるようになり、これが身体活動を顕著に低下させる。不活動は廃用性筋萎縮を生じさせ、あるレベルを超えてこの状態が悪化すると歩行機能障害を起こして日常生活に支障をきたすこととなる。



図3 下腿三頭筋トレーニング

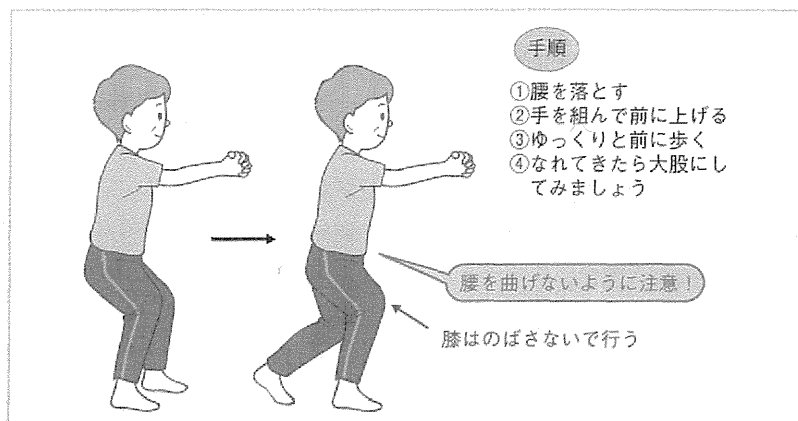


図4 抗重力筋トレーニング

なかった高齢者は、無理のない範囲でトレーニングを始め、継続することに焦点をあてた取り組みが重要であろう。

参考文献

- 1) Melton LJ 3rd, Khosla S, Crowson CS, et al : Epidemiology of sarcopenia. *J Am Geriatr Soc* 48 : 625-630, 2000.
- 2) Tanko LB, Movsesyan L, Mouritzen U, et al : Appendicular lean tissue mass and the prevalence of sarcopenia among healthy women. *Metabolism* 51 : 69-74, 2002.
- 3) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, et al : Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 147 : 755-763, 1998.
- 4) Iannuzzi-Sucich M, Prestwood KM, Kenny AM, et al : Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 57 : M772-777, 2002.
- 5) Hortobagyi T, Mizelle C, Beam S, et al : Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58 : M453-460, 2003.
- 6) Rubenstein L, Josephson K : Interventions to reduce the multifactorial risks for falling. In : Masdeu J, Sudarsky L, Wolfson L, editors. *Gait disorders of aging : falls and therapeutic strategies*. Philadelphia : Lippincott-Raven : p.309-326, 1997.
- 7) Evans WJ : Exercise strategies should be designed to increase muscle power. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55 : M309-310, 2000.
- 8) Singh MA : Exercise comes of age : rationale and recommendations for a geriatric exercise prescription. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 57 : M262-282, 2002.
- 9) Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, et al : Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility : an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* 95 : 1851-1860, 2003.
- 10) Moritani T, deVries HA : Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J Gerontol* 35 : 672-682, 1980.
- 11) Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al : Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 330 : 1769-1775, 1994.
- 12) Taaffe DR, Marcus R : Dynamic muscle strength alterations to detraining and retraining in elderly men. *Clin Physiol* 17 : 311-324, 1997.
- 13) Bamman MM, Clarke MS, Feedback DL, et al : Impact of resistance exercise during bed rest on skeletal muscle sarcopenia and myosin isoform distribution. *J Appl Physiol* 84 : 157-163, 1998.
- 14) Bemben MG, Massey BH, Bemben DA, et al : Isometric intermittent endurance of four muscle groups in men aged 20-74 yr. *Med Sci Sports Exerc* 28 : 145-154, 1996.
- 15) Latham N, Anderson C, Bennett D, et al : Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *Cochrane Database Syst Rev* CD002759, 2003.
- 16) Latham NK, Bennett DA, Stretton CM, et al : Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 59 : 48-61, 2004.
- 17) Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, et al : Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing* 29 : 441-446, 2000.
- 18) Shimada H, Suzukawa M, Tiedemann A, et al : Which neuromuscular or cognitive test is the optimal screening tool to predict falls in frail community-dwelling older people? *Gerontology* 55 : 532-538, 2009.
- 19) McGibbon CA : Toward a better understanding of gait changes with age and disablement : neuromuscular adaptation. *Exerc Sport Sci Rev* 31 : 102-108, 2003.
- 20) Shimada H, Kimura Y, Lord SR, et al : Comparison of regional lower limb glucose metabolism in older adults during walking. *Scand J Med Sci Sports* 19 : 389-397, 2009.

Q10

診断のための臨床症候について 教えてください

金 憲 経

A

- 下腿三頭筋周囲萎縮，下肢筋量減少，下肢筋力低下，健康度自己評価が低い
- IADL障害，転倒，60歳以降の骨折歴などの症候が多く，骨密度は低い
- 高脂血症・高血圧・変形性膝関節症の既往歴は少なく，骨粗鬆症や貧血の既往歴は多く，肺活量は少ない

われわれは大都市部在住75歳以上の後期高齢女性1,399人の中から，サルコペニア高齢者304名（21.7%）を抽出し，以下のようなサルコペニア高齢者の臨床症候を見出した。

1. 臨床症候1：下腿三頭筋周囲萎縮，下肢筋量減少，下肢筋力低下

サルコペニア群は正常群に比べて，年齢が高く，下腿三頭筋周囲径，BMI，全身筋量および下肢筋量，下肢筋力は有意に低い値を示す。下腿三頭筋周囲径は筋肉量の指標となり，高齢者の身体機能や障害を評価する有効な項目として広く採用され，31cm以下になると歩行困難，着替え困難，入浴困難，階段昇降困難の危険性が増えると指摘する¹⁾。今回の対象者304人の平均下腿三頭筋周囲径は 30.17 ± 2.03 cm，70.4%（214人）は31.0cm未満で，サルコペニア高齢者の多くで下腿三頭筋周囲萎縮が確認される。筋量の減少，なかでも下肢筋量は，サルコペニア群 9.84 ± 1.01 kgと正常群（ 11.79 ± 1.31 kg）に比べて有意（ t -値27.78， $p < 0.001$ ）に少ない。一方，下肢筋力はサルコペニア群 155.84 ± 38.82 N，正常群 209.24 ± 47.83 Nとサルコペニア群が正常群より顕著に弱い（表1）。サルコペニア群で下肢筋量のみな