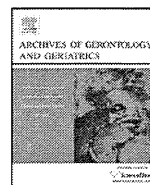




Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Archives of Gerontology and Geriatrics

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/archger](http://www.elsevier.com/locate/archger)



## Tooth loss as risk factor for foreign-body asphyxiation in nursing-home patients

Takeshi Kikutani<sup>a,b,\*</sup>, Fumiyo Tamura<sup>b</sup>, Takashi Tohara<sup>b</sup>, Noriaki Takahashi<sup>b</sup>, Ken Yaegaki<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Division of Clinical Oral Function, The Nippon Dental University Graduate School of Life Dentistry, 3-16 Fujimi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8158, Japan

<sup>b</sup> Rehabilitation Clinic for Speech and Swallowing Disorders, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo, Dental Hospital, 3-16 Fujimi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8158, Japan

<sup>c</sup> Department of Community Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo, 9-20 Fujimi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8159, Japan

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 21 June 2011  
Received in revised form 24 January 2012  
Accepted 26 January 2012  
Available online xxx

#### Keywords:

Tooth loss  
Foreign-body asphyxiation  
Nursing-home  
Self-feeding ability

### ABSTRACT

Foreign body asphyxiation causes severe medical conditions including pneumonia in the elderly requiring nursing care. The objective of this study was to elucidate the relationships between insufficient occlusal support due to tooth loss and the onset of asphyxiation accidents, and determine preventive measures for such accidents in nursing homes in Japan. The subjects were 437 elderly (110 men and 327 women) requiring nursing care. The frequency and risk factors for asphyxiation accidents and the food causing asphyxiation were examined in these subjects for 2.5 years, from June 2006 to December 2008. During the study period, 51 of the 437 subjects suffered asphyxiation. Self-feeding ability and loss of occlusal support were associated with a covariate-adjusted relative ratio for asphyxiation of 3.1 (95% confidence interval (CI) = 1.50–6.44) and 1.7 (95% CI = 1.12–2.74), respectively. To prevent asphyxiation in elderly people, it was found that maintaining or restoring occlusal support may be required. It was concluded that self-feeding ability and loss of occlusal support are significant risk factors for foreign-body asphyxiation among elderly people requiring nursing care.

© 2012 Published by Elsevier Ireland Ltd.

### 1. Introduction

Asphyxiation occurs when any object is aspirated into the larynx or tracheobronchial tree, and causes airway obstruction: this obstruction can result in inability to breathe, with the need for rapid intervention to prevent asphyxial death (Ekberg and Feinberg, 1992). Therefore, asphyxiation cases are identified by signs and symptoms of dyspnea, abnormal respiratory rate, rhythm/depth of breathing, restlessness and cyanosis. Asphyxia is reported to be a common cause of death not only in the general population (Feinberg et al., 1992), but also in infants (<1 year of age) and the elderly. To date, a high frequency (incidence: 0.66 fatalities/100,000) of asphyxia has been reported in the general population each year (Fioritti et al., 1997). In Japan, deaths from asphyxiation have increased since the 1980s. Moreover, the mortality from asphyxiation incidents in infants has decreased by more than 60% in the past 30 years. However, mortality from asphyxiation in the elderly has increased rapidly (Ichikawa and Marui, 2000). This represents an important warning regarding asphyxiation to both elderly receiving care and their caregivers.

Samuels and Chadwick (2006) reported rapid eating, cramming of food into the mouth, and premature transfer of food into the pharynx as possible causes of asphyxiation in the elderly. Several reports have also suggested that oral stage dysfunction and cognitive impairment contribute to asphyxiation (Carter and Jancar, 1984; Feinberg et al., 1992; Finestone et al., 1998). A huge number of elderly people, including those requiring nursing care, lose teeth and/or occlusal support, resulting in decreased oral function (Hatch et al., 2001). Since wearing dentures is related to oral function, speech function and independent activities of daily living (Minakuchi et al., 2006), elderly people who lose occlusal support must wear dentures. However, it is sometimes difficult for elderly people requiring nursing care to wear dentures, for many reasons including mismanagement of dentures, losing dentures, and shortage of oral-care services. There have been few reports on the relationship between asphyxiation accidents and insufficient occlusal support due to tooth loss or failure to restore occlusal support by means of dentures. Haddon suggested that it is possible to eliminate these risk factors related to accidental death. Even when accidents do occur, the worst outcome can be avoided by thorough application of appropriate measures during and after an accident (Haddon, 1980).

In the present study, we examined the risk factors for asphyxiation accidents among the elderly in nursing homes, and determined the relationships among insufficient occlusal support caused by tooth loss, restoration of occlusal support by means of dentures, and asphyxiation accidents.

\* Corresponding author at: Rehabilitation Clinic for Speech and Swallowing Disorders, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo, Dental Hospital, 3-16 Fujimi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8158, Japan.  
Tel.: +81 3 3261 5511; fax: +81 3 3261 3924.

E-mail address: [kikutani@tokyo.ndu.ac.jp](mailto:kikutani@tokyo.ndu.ac.jp) (T. Kikutani).

2. Materials and methods

2.1. Participants

The survey was conducted in 486 individuals (mean age: 85.0 ± 8.5 years), whose guardians gave consent to their participation in the present study, among elderly people requiring care in 13 nursing homes in Japan. Of them, those who were discharged from nursing homes (*n* = 49) because of other reasons than asphyxiation were excluded from this study, since we could no longer peruse them. The study was performed on 437 subjects (110 men and 327 women; mean age, 80.8 ± 8.3 years for men and 86.4 ± 8.1 years for women; Barthel index, 25.1 ± 25.0).

2.2. Survey of asphyxiation

Asphyxiation occurring while eating food over a period of 2 years and 6 months from June 2006 to December 2008 was examined, and the outcomes were also determined. In this study, asphyxiation accidents were limited to those caused by food.

Asphyxiation cases were identified by signs and symptoms such as dyspnea, abnormal respiratory rate, rhythm/depth of breathing, restlessness and cyanosis as reported by the North American Nursing Diagnosis Association (2003).

2.3. Examination of risk factors for asphyxiation

The following six items were assessed to examine the risk factors for asphyxiation. In terms of the oral environment and oral function, the procedures used by dentists and physicians in each nursing home were studied.

2.3.1. Self-feeding ability

Subjects who could feed themselves at least partly without any help were assigned to the “independent group” and those who were able to eat only with assistance were assigned to the “dependent group”.

2.3.2. Activity of daily living (ADL)

ADL in these subjects was evaluated using the Barthel Index (Mahoney and Barthel, 1965). When the index was 45 points or higher, ADL was considered to be maintained, and when the index was less than 40 points, ADL was considered to be decreased.

2.3.3. Cognitive function

The severity of senile dementia was evaluated according to “ADL independence of demented elderly”, designed by the Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan (<http://www.mhlw.go.jp:80/topics/kaigo/kentou/15kourei/san-kou4.html>; Hirakawa et al., 2008). Cognitive impairment was identified at rank 2 and higher of this scale (Table 1).

2.3.4. Tongue coating

Tongue coating was visually evaluated according to the report by Miyazaki et al. (1995). We divided the scores into two groups (no, score 0 and 1; yes, score 2 and 3).

2.3.5. Food residue

We assessed food residue in the oral region after a meal (Ono et al., 2007).

2.3.6. Xerostomia

The presence or absence of xerostomia was examined. The categories reported by Kakinoki et al. (2004) were dry, mildly dry,

**Table 1**  
ADL independence of demented elderly (Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan).

Rating criteria	Description
Rank 0	Clear mentality
Rank 1	Although demented, the subject is almost independent in ADL at home or elsewhere
Rank 2	The subject shows slight impairment of cognition, but is independent under a carer's observation
Rank 3	The subject sometimes shows impairment of cognition, thus a carer is required
Rank 4	The subject often shows impairment of cognition, thus a carer is required all time
Rank 5	The subject shows serious mental symptoms or problematic behavior, thus specific medical care is required

wet (normal) and wet (high). The categories of dry and mildly dry were considered to indicate xerostomia.

2.4. Assessment of oral function

Assessment of oral function was performed based on the current number of teeth, occlusal condition and presence or absence of swallowing disorder.

2.4.1. Assessment of occlusal condition

With regard to the occlusal condition, the Eichner classification of occlusal support regions (Eichner, 1955) was used for reference. Subjects with an Eichner occlusal support classification of A1–B1, who had occlusal support in at least three sites in the molars, were assigned to the “natural occlusal support group”. Those in whom occlusal support was restored with removable dentures were assigned to the “denture occlusal support group”. Those with occlusal support in two or fewer sites with an Eichner classification of B2–C3, with no occlusal support in the molars, and unrestorable occlusal support using removable dentures were assigned to the “occlusal support disruption group”.

2.4.2. Swallowing disorder

Swallowing disorder was defined as cases in which choking or accidental aspiration occurred, and cases that showed a gurgling sound on auscultation of the neck region (Takahashi et al., 1994) after swallowing 3 ml of water.

2.5. Survey of diagnosis

The presence or absence of general conditions that might have affected swallowing function was determined.

2.6. Survey of concomitant medication

Medication that might have affected oropharyngeal function (e.g., psychotropic agents, antidepressants) (Carl and Johnson, 2006) was investigated.

2.7. Statistical analysis

Chi-squared test was used to determine the independence of each group in two-group comparisons. Risk factors were screened by logistic analysis of variance using the presence or absence of a history of asphyxiation as a dependent variable and the presence of significant factors as an independent variable. The stepwise method (backward elimination method) was used for variable selection. Windows Japanese version SPSS (Ver. 16) was used for statistical analysis, and the level of significance was a *p* value of <0.05.

**Table 2**  
Univariate analysis of subjects' demographics.

		Asphyxiation (n = 51)	No asphyxiation (n = 386)	Relative risk (95% CI)	p value
Sex	Male	10	100	1.43 (0.69–2.97)	0.21
	Female	41	286		
Self feeding	Independent	41	209	3.47 (1.69–7.13)	<0.001
	Dependent	10	177		
ADL	Maintained	34	312	2.11 (1.12–3.98)	0.02
	Decreased	17	74		
Cognitive function	Maintained	28	117	2.80 (1.55–5.06)	<0.001
	Decreased	23	269		
Tongue coating	Yes	20	135	1.20 (0.66–2.19)	0.55
	No	31	251		
Food residue	Yes	20	157	0.93 (0.51–1.69)	0.32
	No	31	222		
Xerostomia	Yes	15	132	0.80 (0.42–1.52)	0.44
	No	36	254		
Occlusal support	Natural occlusal support	5	83		0.02
	Denture occlusal support	16	153		
	Occlusal support disruption	30	150		
Swallowing disorder	Yes	27	124	2.38 (1.32–4.29)	0.03
	No	24	262		
Previous stroke	Yes	19	212	0.72 (0.40–1.32)	0.18
	No	32	174		
Drug administration	Yes	16	110	1.15 (0.61–2.16)	0.39
	No	35	276		

### 3. Results

#### 3.1. Incidence of asphyxiation

Fifty-one subjects suffered asphyxiation due to food (10 men and 41 women; mean age,  $85.6 \pm 7.1$  years). The annual incidence of asphyxiation accidents was 4.7%. Four subjects had two or more episodes of asphyxiation during the period (four times: one subject, three times: two subjects, two times: one subject). Death caused by asphyxiation occurred in two subjects.

The food causing asphyxiation was fruit in seven subjects, vegetables in four, meat in four, fish in four, rice in three, bread in one, and others in six. There were 29 unclear cases where several foods were involved. There could be multiple causes in those subjects. After the onset of asphyxiation, 13 subjects (25.5%) were transferred to an emergency clinic or hospitalized, but two of them died in hospital within 24 h.

#### 3.2. Risk factors

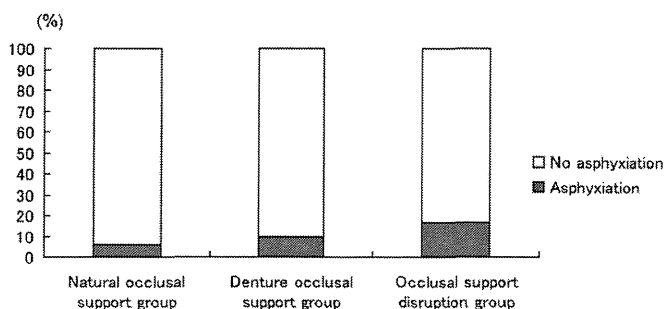
Factors showing a significant relationship with the onset of asphyxiation were self-feeding [ $p < 0.001$ , relative risk = 3.47 (1.691–7.131)], ADL [ $p = 0.02$ , relative risk = 2.11 (1.12–3.98)], and cognitive function [ $p < 0.001$ , relative risk = 2.80 (1.55–5.06)]. Among 180 subjects who had lost occlusal support with their natural teeth and did not regain occlusion, 30 subjects (16.7%) suffered asphyxiation. However, among 169 subjects whose occlusal support was restored with dentures, 16 subjects (9.5%) suffered asphyxiation, and among 88 subjects with occlusal support with their natural teeth, 5 subjects (5.7%) suffered asphyxiation. The incidence of asphyxiation showed a significant difference ( $p = 0.016$ ) among the three groups (Table 2) (Fig. 1).

#### 3.3. Survey of diagnosis

The presence or absence of general conditions that might have affected swallowing function was determined, and found out that none of them had affected swallowing function (Table 3).

#### 3.4. Results of logistic analysis

Risk factors were screened by logistic analysis of variance using the presence or absence of a history of asphyxiation as a dependent variable and the presence of significant factors in univariate analysis as an independent variable. The stepwise method (backward elimination method) was used for variable selection. As a result, "self-feeding" ( $p < 0.001$ , relative risk = 3.11, 95% CI:



**Fig. 1.** Relationship between dental status and incidence of asphyxiation. Among 171 subjects who had lost occlusal support with their natural teeth and did not regain occlusion with dentures, 30 subjects (17.5%) suffered asphyxiation. Among 215 subjects whose occlusal support was restored by means of dentures, 21 subjects (9.8%) suffered asphyxiation. Among 113 subjects with occlusal support with their natural teeth, 5 subjects (4.4%) suffered asphyxiation ( $p = 0.016$ , chi-squared test).

**Table 3**  
Univariate analysis of subjects' general conditions.

		Asphyxiation (n=51)		No asphyxiation (n=386)	Relative risk (95% CI)	p value
Cerebrovascular disease	Yes	19		212	0.72 (0.40–1.32)	0.180
	No	32		174		
Neuromuscular disease	Yes	5		25	1.57 (0.57–4.30)	0.264
	No	46		361		
Cardiac disease	Yes	4		48	0.60 (0.21–1.74)	0.242
	No	47		338		
Respiratory disease	Yes	4		18	1.74 (0.57–5.36)	0.247
	No	47		368		
Diabetes	Yes	1		5	1.52 (0.17–13.31)	0.527
	No	50		381		
Bone and joint disease	Yes	16		97	1.36 (0.72–2.57)	0.395
	No	35		289		

1.50–6.44) and “occlusal support” ( $p = 0.01$ , relative risk = 1.75, 95% CI: 1.12–2.73) were selected as significant explanatory variables (Table 4).

4. Discussion

The annual incidence per capita of asphyxiation accidents in the present study was 4.7 per 1000 population in Japan; this is lower than the results from previous research carried out at day-care facilities for elderly people (Takahashi et al., 1994). The incidence of asphyxiation among elderly people in care facilities for the aged was clearly higher than that of elderly people living at home. The elderly people in care facilities appeared to be frailer than those who received care at home. Although the frequency was generally low, accidents were often fatal. Our results show that many individuals were hospitalized after asphyxiation accidents and some of them died. Among the subjects with asphyxiation, approximately 8% had several asphyxiation episodes during the study period, which is four times higher than that reported previously (Suda et al., 2008). Those who suffered several asphyxiation accidents were considered to be at higher risk of death.

We demonstrated that factors related to asphyxiation accidents include self-feeding, ADL, cognitive function, occlusal support of molars, and swallowing disorders. Of these, there was a strong correlation between occlusal support of molars and the incidence of asphyxiation. Many elderly people lose their teeth because of dental caries or periodontal disease, and many of those in the present study had lost occlusal support with their natural teeth. This may lead to reduced chewing ability in elderly people (Hatch et al., 2001). However, the rate of use of dentures, especially among frail individuals, is known to be low. The ability to use dentures is reduced by impaired cognitive function, apraxia, and spatial cognition disorders and is known to be affected by a decrease in ADL (Carter and Jancar, 1984).

We demonstrated that cognitive function is one of the risk factors for asphyxiation. In elderly people with reduced cognitive function requiring nursing care, it has been reported that

swallowing without chewing as well as cramming food into the mouth often occurs (Samuels and Chadwick, 2006). These people have also been reported to show symptoms of fast-eating syndrome (Bazemore et al., 1991). In fact, many elderly people with dementia die because of accidental swallowing or asphyxiation (Brunnström and Englund, 2009). In comparison with patients with cerebrovascular dementia, patients with frontotemporal dementia are known to have abnormal eating habits, including cramming food and eating fast (Bathgate et al., 2001), which makes it necessary to take measures to prevent asphyxiation in accordance with the type of dementia.

It is interesting that the incidence of asphyxiation showed a strong association with the ability to self-feed. The ability to understand the use of eating utensils, a sufficient range of arm motion, and coordination of both arms and oral function are necessary for self-feeding. Good management of self-feeding ability is an important factor in maintaining quality of life of the elderly. According to Volicer et al. (1987), (50)% of patients with Alzheimer disease lose the ability to self-feed within 8 years after diagnosis. Apraxia and spatial-cognitive disorders cause problems in self-feeding ability. Many diseases associated with dementia are considered to impair self-feeding ability. To improve or maintain self-feeding ability, it is necessary to undertake very complex measures based on an understanding of one's own chewing function and swallowing function, and on selection of food in accordance with those functions. If selection of food is necessary, reprocessing of food could be undertaken such as by subdividing, cutting or mixing, to make the food match the functions mentioned above. Every individual must consider the pace of eating by coordinating the amount of food in each bite to prevent accidents.

The results of this study suggest that absence of occlusal support is a risk factor for asphyxiation. Individuals who had lost occlusal support with their natural teeth showed a higher risk of asphyxiation than those with occlusal support. These results suggest that restoration of occlusal support with dentures might be an effective procedure to prevent asphyxiation. If dentists undertook measures based on continuous dental management for frail elderly people, more people might become able to wear dentures (Kawana et al., 2010). Prevention of dental caries and periodontal diseases that cause tooth loss is, of course, essential to prevent loss of occlusal support, and should be included in the management plan. Maintenance of occlusal support for frail elderly people by means of continuous management by dentists is also effective to prevent asphyxiation.

To further prevent asphyxiation and eat safely in elderly people with little ability to control the speed and amount of food, it is important to assist such people while taking food, rather than encourage them to improve their self-feeding ability.

**Table 4**  
Independent predictors of asphyxiation.

	Coefficient (±S.E.)	p value	Relative risk	95% CI	
				Lower	Upper
Self feeding	1.13 (±0.37)	<0.001	3.11	1.50	6.44
Occlusal support	0.56 (±0.23)	0.01	1.75	1.12	2.73

S.E.: standard error.

## Conflict of interest statement

None.

## Acknowledgments

This study was supported by a Grant-in-Aid (20-17) and a Research Grant for Longevity Science (21-2) from of the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan (2009).

The authors thank all the patients and caregivers, and the nurses who participated in the study.

## References

- Bathgate, D., Snowden, J.S., Varma, A., Blackshaw, A., Neary, D., 2001. Behaviour in frontotemporal dementia, Alzheimer's disease and vascular dementia. *Acta Neurol. Scand.* 103, 367–378.
- Bazemore, P.H., Tonkonogy, J., Ananth, R., 1991. Dysphagia in psychiatric patients: clinical and videofluoroscopic study. *Dysphagia* 6, 2–5.
- Brunnström, H.R., Englund, E.M., 2009. Cause of death in patients with dementia disorders. *Eur. J. Neurol.* 16, 488–492.
- Carl, L.L., Johnson, P.R., 2006. *Drugs and Dysphagia: How Medications Can Affect Eating and Swallowing*. Pro-Ed, Austin, TX.
- Carter, G., Jancar, J., 1984. Sudden deaths in the mentally handicapped. *Psychol. Med.* 14, 691–695.
- Eichner, K., 1955. Über eine Gruppeneinteilung der Lunckengebisse für die Prothetic. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 10, 1831–1834 (in German).
- Ekberg, O., Feinberg, M., 1992. Clinical and demographic data in 75 patients with near-fatal choking episodes. *Dysphagia* 7, 205–208.
- Feinberg, M.J., Ekberg, O., Segall, L., Tully, J., 1992. Deglutition in elderly patients with dementia: findings of videofluorographic evaluation and impact on staging and management. *Radiology* 183, 811–814.
- Finestone, H.M., Fisher, J., Greene-Finestone, L.S., Teasell, R.W., Craig, I.D., 1998. Sudden death in the dysphagic stroke patient—a case of airway obstruction caused by a food bolus: a brief report. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 77, 550–552.
- Fioritti, A., Giaccotto, L., Melega, V., 1997. Choking incidents among psychiatric patients: retrospective analysis of thirty-one cases from the west Bologna psychiatric wards. *Can. J. Psychiatry* 42, 515–520.
- Haddon Jr., W., 1980. Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Rep.* 95, 411–421.
- Hatch, J.P., Shinkai, R.S., Sakai, S., Rugh, J.D., Paunovich, E.D., 2001. Determinants of masticatory performance in dentate adults. *Arch. Oral Biol.* 46, 641–648.
- Hirakawa, Y., Kuzuya, M., Enoki, H., Hasegawa, J., Iguchi, A., 2008. Caregiver burden among Japanese informal caregivers of cognitively impaired elderly in community settings. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 46, 367–374.
- Ichikawa, M., Marui, E., 2000. Mortality of unintentional injuries in childhood and later adulthood in Japan: 1968–1997. *Jpn. J. Health Hum. Ecol.* 66, 126–136.11.
- Kakinoki, Y., Nishihara, T., Arita, M., Shibuya, K., Ishikawa, M., 2004. Usefulness of new wetness tester for diagnosis of dry mouth in disabled patients. *Gerodontology* 21, 229–231.
- Kawana, H., Kikutani, T., Takahashi, N., Hirabayashi, M., Tashiro, H., Fukui, T., Tamura, F., 2010. Effect of continuous management of oral function in the nursing home for denture-wearing elderly under long-term care. *J. Gerodontology* 25, 3–10 (in Japanese).
- Mahoney, F.I., Barthel, D.W., 1965. Functional evaluation: the Barthel index. *Md. State Med. J.* 14, 61–65.
- Minakuchi, S., Takaoka, S., Ito, J., Shimoyama, K., Uematsu, H., 2006. Factors affecting denture use in some institutionalized elderly people. *Spec. Care Dentist* 26, 101–105.
- Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan, 2011. Activity of Daily Living Independence of Demented Elderly. Available at: <http://www.mhlw.go.jp/80/topics/kaigo/kentou/15kourei/sankou4.html> (accessed on May 29, 2011, in Japanese).
- Miyazaki, H., Sakao, S., Katoh, Y., Takehara, T., 1995. Correlation between volatile sulphur compounds and certain oral health measurements in the general population. *J. Periodontol.* 66, 679–684.
- NANDA International, 2003. *NANDA Nursing Diagnosis: Definitions and Classification 2003–2004*. North American Nursing Diagnosis Association, Philadelphia, p. 256.
- Ono, T., Kumakura, I., Arimoto, M., Hori, K., Dong, J., Iwata, H., Nokubi, T., Tsuga, K., Akagawa, Y., 2007. Influence of bite force and tongue pressure on oro-pharyngeal residue in the elderly. *Gerodontology* 24, 143–150.
- Samuels, R., Chadwick, D.D., 2006. Predictors of asphyxiation risk in adults with intellectual disabilities and dysphagia. *J. Intellect. Disabil. Res.* 50, 362–370.21.
- Suda, M., Kikutani, T., Tamura, F., Yoneyama, T., 2008. Associated factors for suffocation accidents in the disabled elderly at home. *J. Gerodontology* 23, 3–11 (in Japanese).
- Takahashi, K., Groher, M.E., Michi, K., 1994. Methodology for detecting swallowing sounds. *Dysphagia* 9, 54–62.
- Volicer, L., Seltzer, B., Rheame, Y., Fabiszewski, K., Herz, L., Shapiro, R., Innis, P., 1987. Progression of Alzheimer-type dementia in institutionalized patients: a cross-sectional study. *J. Appl. Gerontol.* 6, 83–94.

ORIGINAL ARTICLE: EPIDEMIOLOGY,  
CLINICAL PRACTICE AND HEALTH

# Relationship between nutrition status and dental occlusion in community-dwelling frail elderly people

Takeshi Kikutani,<sup>1</sup> Mitsuyoshi Yoshida,<sup>4</sup> Hiromi Enoki,<sup>5</sup> Yoshihisa Yamashita,<sup>6</sup> Sumio Akifusa,<sup>7</sup> Yoshihiro Shimazaki,<sup>6</sup> Hirohiko Hirano<sup>2</sup> and Fumio Tamura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Division of Oral Rehabilitation, the Nippon Dental University Graduate School of Life Dentistry, <sup>2</sup>Research Team for Promoting Independence of the Elderly, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, <sup>3</sup>Rehabilitation Clinic for Speech and Swallowing Disorders, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo, Dental Hospital, Tokyo, <sup>4</sup>Dental Department, Hiroshima City General Rehabilitation Center, Hiroshima, <sup>5</sup>Department of Health and Medical science, Aichi Shukutoku University, Aichi, <sup>6</sup>Section of Preventive and Public Health Dentistry, Division of Oral Health, Growth and Development, Kyushu University Faculty of Dental Science, and <sup>7</sup>Department of Health Management, School of Oral Health Sciences, Kyushu Dental College, Fukuoka, Japan

**Aim:** This study aimed to determine the risk of malnutrition in some communities where the frail elderly receive public long-term care insurance. We also clarified the dental problems in those at risk of malnutrition.

**Methods:** A total of 716 frail elderly who lived in eight cities in Japan (240 males and 476 females with a mean age of  $83.2 \pm 8.6$  years) were divided into three groups according to Mini Nutritional Assessment short form results: well nourished, at risk of malnutrition and malnourished. They were also divided into three groups in terms of remaining teeth occlusion and denture occlusion: group A, natural dentition with adequate function; group B, partially or fully edentulous, but maintaining functional occlusion with dentures in either or both jaws; and group C, functionally inadequate occlusion with no dentures. The relationship between nutrition status and dental occlusion was evaluated using logistic regression analysis with sex, age, activities of daily living and cognitive function as covariates.

**Results:** The number of participants in each of the groups was as follows: 251 well nourished, 370 at risk of malnutrition and 95 malnourished. When they were divided into just two groups, (i) well nourished and (ii) at risk of malnutrition plus malnourished, in order to study malnutrition risk factors, there were significant relationships between their nutritious status and sex, Barthel index, and occlusion.

**Conclusion:** This large-scale cross-sectional survey showed that loss of natural teeth occlusion was a risk factor for malnutrition among community-dwelling frail elderly. *Geriatr Gerontol Int* 2013; 13: 50–54.

**Keywords:** frail elderly people, Mini Nutritional Assessment short form, nutrition, occlusion.

## Introduction

The intake of nutrients from daily meals is the foundation of life. Low nutrition decreases the immunological defenses, reduces physical functions, and can be a direct or indirect cause of morbidity and mortality among the elderly.<sup>1,2</sup> It has been reported that 1–15% of outpatients and 15–60% of the institutionalized elderly suffer from protein-energy malnutrition (PEM),<sup>3</sup> suggesting that the condition of elderly at risk of malnutrition should be investigated and improved without delay.

Several screening methods are available for determining malnutrition, but the use of a questionnaire is a simpler and more convenient method for a large-scale survey.<sup>4</sup> Especially, The Mini Nutritional Assessment short form (MNA-SF) has been highly utilized worldwide, and its sensitivity and specificity have already been shown.<sup>5,6</sup>

The present study evaluated the malnutrition risk for community-dwelling frail elderly receiving public long-term homecare insurance in Japan using the MNA-SF to determine whether dental occlusion might influence the risk of malnutrition.

## Methods

The participants were 716 elderly individuals living at home and receiving public long-term care insurance services (240 males and 476 females with a mean age of

Accepted for publication 16 February 2012.

Correspondence: Dr Mitsuyoshi Yoshida DDS PhD, Dental Department, Hiroshima City General Rehabilitation Center, Tomo-minami 1-39-1, Asaminami-ku, Hiroshima 731-3168, Japan. Email: mitsu@hiroshima-u.ac.jp



83.2 ± 8.6 years) in eight prefectures in Japan (Tokyo, Fukushima, Kanagawa, Yamanashi, Shizuoka, Niigata, Fukuoka and Okinawa). Their malnutrition risk was evaluated using the MNA-SF, and also age, sex and underlying medical problems using the Charlson index<sup>7</sup> were determined. In addition, activities of daily living (ADL) and cognitive function were evaluated using the Barthel index<sup>8</sup> and the Clinical Dementia Rating,<sup>9</sup> respectively, based on information from caregivers or care managers. This evaluation also determined one of the living environment factors, whether or not living alone.

The participants received oral examinations by a dentist or dental hygienist at home or at the day care facility they usually used, and molar occlusion was classified into the following three groups according to edentulous condition and denture-wearing status:

- Group A, natural dentition with adequate function
- Group B, partially or fully edentulous, but maintaining functional occlusion with dentures in either or both jaws
- Group C, functionally inadequate occlusion with no dentures

Swallowing function was evaluated using a stethoscope to determine whether cervical auscultation of swallowing sounds was normal or abnormal.<sup>10</sup> Before the examination, the dentist and dental hygienist in charge were instructed about the cervical auscultation method.

The participants were divided into three groups according to the result of the MNA-SF: (i) well-nourished; (ii) at risk of malnutrition; and (iii) malnourished. The relationship between participants' general condition and oral status was analyzed using the  $\chi^2$ -test and one-way ANOVA. In addition, participants were also divided into two groups: (i) well-nourished; and (ii) at risk of malnutrition or malnourished. Logistic regression analysis was carried out to study the significant risk factors influencing malnutrition. Participants were also divided into two groups according to whether they were:

- (i) well-nourished *plus* those at risk of malnutrition; and
- (ii) malnourished. Logistic regression analysis was carried out to clarify the characteristics of malnourished subjects. PASW Statistics 18 (IBM, Tokyo, Japan) was used for statistical analysis with the significance level set at 95%.

## Results

The MNA-SF showed the following: 251 individuals (94 males and 157 females) were well nourished, 370 (120 males and 250 females) were at risk of malnutrition and 95 (26 males and 69 females) were malnourished. Table 1 shows the general condition of participants, number of missing teeth and number of remaining teeth roots among those without occlusion according to nutrition group. The number of participants who lived alone by nutrition group was 30 in the well-nourished group (17.9%), 29 in the at risk of malnutrition group (14.0%) and 16 in the malnourished group (28.6%;  $P < 0.05$ ).

The number of participants by occlusal relationship was 174 in group A (80 males and 94 females with a mean age of 78.7 ± 9.0 years), 421 in group B (120 males and 301 females with a mean age of 84.6 ± 8.0 years) and 121 in group C (40 males and 81 females with a mean age of 84.9 ± 7.7 years), which indicated that there was a significant correlation between occlusal relationship and nutrition status ( $P < 0.05$ ; Fig. 1).

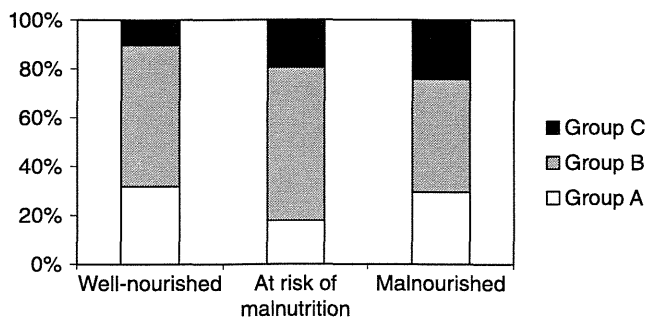
Cervical auscultation showed that the 516 participants exhibited normal swallowing sounds (151 males and 365 females with a mean age of 82.8 ± 8.4 years) and 200 had abnormal swallowing sounds (89 males and 111 females with a mean age of 84.0 ± 9.0 years). There was a significant relationship between normal swallowing sounds and nutrition status ( $P < 0.05$ , Fig. 2).

The results of the logistic regression analysis showed a significant relationship between malnutrition risk and sex, Barthel index, and occlusal relationship (Table 2).

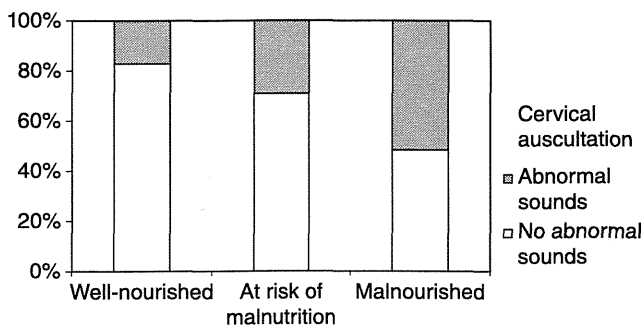
**Table 1** General condition and the number of missing teeth by nutrition group

	Well nourished	At risk of malnutrition	Malnourished
Age	81.9 ± 8.6	83.9 ± 8.3*	83.8 ± 9.3
Charlson index	1.4 ± 1.5	1.6 ± 1.4	1.8 ± 1.4**
Barthel index	77.1 ± 20.8	57.2 ± 27.8*	34.3 ± 28.6***
Clinical dementia rating	0.8 ± 0.9	1.2 ± 1.0*	1.4 ± 1.1**
No. missing teeth	20.2 ± 10.6	22.4 ± 9.8*	21.2 ± 9.6
No. remaining teeth root	0.9 ± 2.2	1.7 ± 3.3*	2.3 ± 4.0**
No. occlusal group (group A/B/C)	80/145/26	66/232/72	28/44/23†
No. swallowing sounds (normal/abnormal)	208/43	262/108	46/49†

One-way ANOVA and Games-Howell pairwise comparison test were used for parametric variables. \* $P < 0.05$ , well-nourished versus at risk of malnutrition; \*\* $P < 0.05$ , well nourished versus malnourished; \*\*\* $P < 0.05$ , at risk of malnutrition versus malnourished. †The  $\chi^2$ -test was used for non-parametric variables ( $< 0.05$ ).



**Figure 1** Relationship between nutrition and occlusion ( $\chi^2$ -test,  $P < 0.05$ ). Group A: natural dentition with adequate function. Group B: partially or fully edentulous, but maintaining functional occlusion with dentures in either or both jaws. Group C: functionally inadequate occlusion with no dentures.



**Figure 2** Relationship between nutrition and abnormal swallowing sounds detected by cervical auscultation ( $\chi^2$ -test,  $P < 0.05$ ).

A significant relationship was also observed between malnutrition and Barthel index, abnormal swallowing sounds by cervical auscultation, and living alone (Table 3).

## Discussion

The results of the present study showed that the number of frail elderly with malnutrition was 13.3% (95), which is nearly in agreement with the results of a previous study carried out in Japan.<sup>11</sup> Furthermore, the number of the participants at risk of malnutrition, including those in the at risk of malnutrition and malnourished groups was 64.9% (465), which surprisingly exceeded 50% of the participants. This result shows that improvement in the nutrition status of frail elderly living in home care needs to be urgently addressed.

The Barthel index was the significant factor documenting both malnutrition risk and malnourishment in the present study. Many researchers agree that there is a

relationship between physical function and nutrition status.<sup>12</sup> It might be concluded that individuals whose daily activity is limited tend to avoid shopping for food items, resulting in nutritional disturbance.

In addition to the Barthel index, sex was found to be a significant factor influencing malnutrition risk. The present study showed that older females had a 1.845-fold greater malnutrition risk than older males (95% CI 1.121–3.036), which agreed with the results of a previous study that showed that older females were more likely to develop nutritional disturbance, both obesity and malnutrition.<sup>13</sup>

Furthermore, occlusal status was significantly related to malnutrition risk. The group C individuals (functionally inadequate occlusion with no dentures) had a 3.189-fold greater malnutrition risk than group A (natural dentition with adequate function; 95% CI 1.437–7.080). Chewing efficiency, for example, the rate of breakdown of food during mastication, is clearly correlated with features of the dentition, such as number of posterior teeth and occlusal relationships.<sup>14</sup> The most pronounced difference in intake involves hard-to-chew foods, such as vegetables and some fruits, therefore tooth loss affects elements of nutritional intake, such as dietary fiber and vitamins.<sup>15</sup> These micronutrients are the key element in maintaining good nutrition, which suggests that lack of such food might result in greater malnutrition risk.

In addition, group B (partially or fully edentulous, but maintaining functional occlusion with dentures in either or both jaws) had a 1.704-fold greater malnutrition risk than group A (95% CI 1.013–2.864). Previous studies have shown that individuals who have lost natural molar contacts consume lesser amounts of hard-to-chew foods, such as vegetables and fruits, even though they use their dentures during food intake.<sup>16</sup> Our findings in the present study support the view that denture use is not sufficient to compensate for natural teeth. Recently, Bradbury *et al.* showed that food instruction encourages an increase in the consumption of vitamins and minerals among new denture wearers.<sup>17</sup> In general, denture treatment has not usually included in such dietary intervention. Future studies will be required to identify the effect of dietary intervention on the prevention of malnutrition in denture users.

In contrast, there was no significant relationship between malnourishment and occlusion in frail elderly participants. There were significant relationships between malnutrition and Barthel index, abnormal swallowing sounds detected by cervical auscultation, and living alone. These results suggest that malnourished elderly have already developed dysphagia resulting in dietary modification;<sup>18</sup> therefore, their malnutrition might be less influenced by a proper occlusal relationship. A vicious cycle, in which decreased ability to



**Table 2** Items significantly involved in malnutrition risk

	B	Standard deviation	Wald	P-value	Exp (B)	95% Confidence interval	
Sex	0.612	0.254	5.803	0.016	1.845	1.121	3.036
Age	-0.001	0.015	0.006	0.939	0.999	0.971	1.028
Charlson index	0.089	0.082	1.168	0.280	1.093	0.930	1.284
Barthel index	-0.036	0.005	43.381	0.000	0.965	0.955	0.975
Clinical Dementia Rating	0.156	0.140	1.251	0.263	1.169	0.889	1.537
Swallowing sounds	0.482	0.297	2.627	0.105	1.619	0.904	2.900
Occlusal relationship (a) group A <i>vs</i> group B	0.533	0.265	4.039	0.044	1.704	1.013	2.864
Occlusal relationship (b) group A <i>vs</i> group C	1.160	0.407	8.125	0.004	3.189	1.437	7.080
Living alone	0.353	0.301	1.380	0.240	1.424	0.790	2.567
Constant	1.701	1.265	1.807	0.179	5.479		

The participants were divided into two groups according to their nutrition status: (i) a well-nourished group; and (ii) a group that included those at risk of malnutrition and malnourished. Group A, natural dentition with adequate function; group B, partially or fully edentulous, but maintaining functional occlusion with dentures in either or both jaws; group C, functionally inadequate occlusion with no dentures.

**Table 3** Items significantly involved in malnutrition

	B	Standard deviation	Wald	P-value	Exp (B)	95% Confidence interval	
Sex	0.613	0.388	2.501	0.114	1.846	0.864	3.947
Age	-0.002	0.021	0.007	0.933	0.998	0.958	1.040
Charlson Index	0.014	0.104	0.019	0.891	1.014	0.827	1.244
Barthel Index	-0.035	0.007	27.940	0.000	0.966	0.953	0.978
Clinical Dementia Rating	-0.072	0.178	0.165	0.685	0.930	0.657	1.318
Swallowing sounds	1.060	0.340	9.684	0.002	2.885	1.480	5.623
Occlusal relationship (a) group A <i>vs</i> group B	-0.453	0.391	1.343	0.246	0.636	0.295	1.368
Occlusal relationship (b) group A <i>vs</i> group C	-0.485	0.520	0.871	0.351	0.616	0.222	1.705
Living alone	1.461	0.403	13.143	0.000	4.312	1.957	9.502
Constant	-0.746	1.777	0.176	0.674	0.474		

Participants were divided into two groups according to their nutritious status: (i) a group of well-nourished individuals and those at risk of malnutrition; and (ii) a group of malnourished individuals. Group A, natural dentition with adequate function; group B, partially or fully edentulous, but maintaining functional occlusion with dentures in either or both jaws; group C, functionally inadequate occlusion with no dentures.

swallow food could accelerate malnutrition, was also considered. Elderly people who live alone are less likely to follow through with dietary modification,<sup>19</sup> and it might lead to malnutrition regardless of occlusal status.

In conclusion, the present study, as well as previous studies, has shown that retaining the natural teeth plays an important role in the prevention of nutritional disturbance, and that early dental treatment in the elderly is important to protect their teeth and occlusion. Dietitians, as well as other care staff, should monitor oral

conditions, such as remaining teeth and occlusion, in the elderly in order to prevent malnutrition. We also suggest that all dentists enhance their skills and knowledge in the fields of swallowing function and nutritional guidance.

## Acknowledgments

This study was supported by the Ministry of Health, Labour and Welfare.

## References

- 1 Lesourd B. Nutrition: a major factor influencing immunity in the elderly. *J Nutr Health Aging* 2004; **8**: 28–37.
- 2 Landi F, Zuccala G, Gambassi G *et al.* Body mass index and mortality among older people living in the community. *J Am Geriatr Soc* 1999; **47**: 1072–1076.
- 3 Guigoz Y, Lauque S, Vellas BJ. Identifying the elderly at risk for malnutrition. The mini nutritional assessment. *Clin Geriatr Med* 2002; **18**: 737–757.
- 4 Phillips MB, Foley AL, Barnard R, Isenring EA, Miller MD. Nutritional screening in community-dwelling older adults: a systematic literature review. *Asia Pac J Clin Nutr* 2010; **19**: 440–449.
- 5 Vellas B, Villars H, Abellan G *et al.* Overview of the MNA—Its history and challenges. *J Nutr Health Aging* 2006; **10**: 456–463.
- 6 Kaiser MJ, Bauer JM, Ramsch C *et al.* MNA-International Group. Validation of the Mini Nutritional Assessment short-form (MNA-SF): a practical tool for identification of nutritional status. *J Nutr Health Aging* 2009; **13**: 782–788.
- 7 Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis* 1987; **40**: 373–383.
- 8 Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation; the Barthel index. *Md State Med J* 1965; **14**: 61–65.
- 9 Morris JC. The Clinical Dementia Rating (CDR): current version and scoring rules. *Neurology* 1993; **43**: 2412–2414.
- 10 Takahashi K, Groher ME, Michi K. Methodology for detecting swallowing sounds. *Dysphagia* 1994; **9**: 54–62.
- 11 Izawa S, Kuzuya M, Okada K *et al.* The nutritional status of frail elderly with care needs according to the mini-nutritional assessment. *Clin Nutr* 2006; **25**: 962–967.
- 12 Mirarefin M, Sharifi F, Fakhrzadeh H *et al.* Predicting the value of the Mini Nutritional Assessment (MNA) as an indicator of functional ability in older Iranian adults (Kahrizak elderly study). *J Nutr Health Aging* 2011; **15**: 175–180.
- 13 Morley JE. Nutrition and the older female: a review. *J Am Coll Nutr* 1993; **12**: 337–343.
- 14 Carlsson GE. Masticatory efficiency: the effect of age, the loss of teeth and prosthetic rehabilitation. *Int Dent J* 1984; **34**: 93–97.
- 15 Yoshida M, Kikutani T, Yoshikawa M, Tsuga K, Kimura M, Akagawa Y. Correlation between dental and nutritional status in community-dwelling elderly Japanese. *Geriatr Gerontol Int* 2011; **11**: 315–319.
- 16 Marshall TA, Warren JJ, Hand JD, Xie XJ, Stumbo PJ. Oralhealth, nutrient intake and dietary quality in the very old. *J Am Dent Assoc* 2002; **133**: 1369–1378.
- 17 Bradbury J, Thomasson JM, Jepson NJA, Walls AWG, Allen PF, Moynihan PJ. Nutrition counseling increases fruit and vegetable intake in the edentulous. *J Dent Res* 2006; **85**: 463–468.
- 18 Garcia JM, Chambers E 4th. Managing dysphagia through diet modifications. *Am J Nurs* 2010; **110**: 26–33.
- 19 Ramic E, Pranjic N, Batic-Mujanovic O, Karic E, Alibasic E, Alic A. The effect of loneliness on malnutrition in elderly population. *Med Arh* 2011; **65**: 92–95.

## I. 地域医療における摂食・嚥下リハビリテーション

# 1. 地域を支える摂食・嚥下リハビリテーション

日本歯科大学附属病院口腔リハビリテーションセンター  
歯科医師 菊谷 武

### はじめに

平成18年に北海道で報告された「要介護高齢者に対する摂食・嚥下障害対策実態調査報告書」によると<sup>1)</sup>、摂食・嚥下障害を有する人は、要介護認定者の18%に及び、このうち約半数が介護保険施設に入居するか在宅で療養しているとされている。摂食・嚥下障害はありふれた疾患（コモンディーズ：common disease）<sup>2)</sup> といっておく、歯科医師にとってこれらの患者に対する対応は、否応なしに求められることになる。

摂食・嚥下障害患者への対応について、整理する。

### 1) 運動障害を見逃さない

嚥下障害患者と一口にいっても、ときどきお茶などでむせる程度の者から、口から食べることを禁止され、経管栄養や胃瘻になっている者などさまざまである。ただし、嚥下障害を主訴に患者が歯科医院を訪れることはまれである。一方、これまで歯科医院には摂食・嚥下障害患者が多く訪れているのにもかかわらず、見逃している場面も多いと感じる。患者は食べづらかったり、しゃべりづらいたと感じたときに歯や義歯のせいではないかと感じて歯科医院を訪れる。同様に歯科医師も義歯の適合や咬合状態を判断し、対応する。すなわち、歯の状態や顎関節の状態にのみその原因を求める傾向にある。一方、食

べることやしゃべることが困難になる原因は、歯の欠損や顎関節の問題のみではないことは周知の事実である。最もあってはいけない対応として、すべての原因を歯の問題や咬合の問題にすり替えることである。「義歯さえ作れば…」 「噛み合わせのバランスを合わせて…」 などと患者に説明しながら、多くの患者が適正な診断を受けることなく歯科医院に囲い込まれている実態もある。

これまで、歯科は舌や口腔といった食べることや、しゃべることにとって重要な器官の運動障害に対して注目してこなかった。このことは、運動障害を併発する疾患に起因する咀嚼障害や構音障害に対して対応していないばかりか、何らかの疾患の発症のサインを見逃している可能性すらあるのである。

### 2) 歯の問題では説明できない患者が来院したら

歯や咬合の問題では説明できない患者が来院したら、患者の声に耳を傾けてほしい。患者の声の変化は歯以外の咀嚼器官の運動障害の存在を教えてくれる。舌の運動に巧みさが無い。口腔の運動の力が十分ではない、軟口蓋の動きに持久力がない、といった問題が評価されるであろう。運動障害を併発する疾患は多く、その疾患を抱えながら生活している人は多い。まず、併存疾患として運動障害を示す疾患を有していないか知る必要がある。上下肢に運動障

害があれば、口腔や咽頭に運動障害があっても何ら不思議ではない。

一方、既往歴を有していない患者が訪れる場合がある。このような場合は、速やかに専門他科に対診すべきである。なぜなら、口腔や咽頭に運動障害が生じる疾患は進行性であり不幸な転機を招く可能性のある疾患である場合が多いからである。さらに、疾患によって歯科における対応や目標設定に大きく影響を与える。

### 3) 目標設定の重要性

#### (1) 目標設定

少数歯の欠損ならば、補綴治療の目標設定は歯があったときのように噛むことができることだろう。一方、無歯顎患者の目標設定は、その高さではない。通常の歯科治療において、あらかじめ患者にその目標を提示してはいないのではないだろうか？ 本来は歯科治療においても目標設定があってしかるべきである。

一方、リハビリテーションについては目標設定を明確に行うことが必須となる。たとえば、胃瘻にてすべての栄養を摂取している患者に対して、障害を持つ前の状態のように口からすべての食事を食べることを目標とするのか？ 嚥下食を中心に半量程度の食事を口から食べること（胃瘻を一部使う）を目標とするのか？ 楽しみ程度にゼリーなどを数口安全に食べることを目標とするのか？ 唾液誤嚥を防いで誤嚥性肺炎の予防を目標とするのか？ といったようにさまざまな目標設定が患者の状態や環境を考慮して設定される。その設定に基づいて治療方法は提案される。

#### (2) 患者のステージと時間軸を考慮する

目標設定において、患者の今おかれているステージと時間軸の考慮が必要となる。急性期を脱した後

の回復期と言われるステージにおいては、全身に限らず口腔の運動障害にも、ある程度の機能向上の余地を残している。この場合における歯科医療のニーズは、治療的介入であり、口腔リハビリテーションのプランは機能訓練が中心となる。咬合支持を失ったまま放置されているのであれば、積極的な義歯作製などの補綴的介入を行う。そのために必要な歯周処置や齶蝕処置などは可能な限り積極的に介入することになる。このステージにおいては、歯科治療の積極的な介入による咬合支持の回復こそが口腔機能の向上ひいては介護状態に陥ることを予防する絶対必要条件となる。さらに、機能低下を示す口腔諸器官の運動機能訓練を積極的に提案する時期でもある。

一方、維持期のステージにおいては、生活機能の維持や介護負担の軽減が目標となる。このステージの患者は、回復が困難な口腔の運動機能の低下や口腔の廃用の進行がみられる。このステージを放置すると、著しい低栄養や感染症の発症に見舞われる。ここでは、口腔機能の維持を目標とする。このステージでは歯科医院への通院が困難である場合が多く、在宅での診療が中心となる。必要に応じて入院治療も視野に入れる。診療の場や全身状況を考慮すると、積極的な歯科治療が行いにくいステージであるとも言える。この場合、義歯の新製よりも修理や裏装などに咬合回復の手段は移っていく。回復期に構築した良好な口腔環境をいかにして守るかが歯科医療の目標となる。

一方、咀嚼障害の原因は、口腔の運動障害によるものが多く、その運動機能も同様に著しい回復は期待できない。運動機能訓練の目標は、現機能の維持となる。さらに、現機能を最大限に生かす、食の環境設定に重点を置くことになる。

#### (3) 患者の環境を考慮する

在宅患者の場合、患者の摂食・嚥下機能をどの程

度維持・向上させ得るかは、患者の置かれている環境に左右されやすい。もし、患者が一人暮らしで、身の回りの世話の多くがヘルパーによって行われているのであれば、訓練方法一つ、食事の介助方法一つ正確に伝えるにも多くの努力を要する。

日替わりで多くのヘルパーが関わる場合など、我々の考える適正な食事介助法や訓練手技を伝えることは極めて困難であり、残念ながらそれは徒勞に終わる場合も多い。そして、成果も限定的となる。

一方、患者家族の介護力が充実しており、介護保険や医療保険を利用した十分な専門家によるサポートが得られる場合などは、患者を支える摂食・嚥下リハビリテーションチームを形成することができ、驚くような成果を挙げられることもある。

評価に基づき、患者の嚥下機能に適した食形態を提案しても、日常の食事として提供するには、求めるべくもない環境に住まっている患者は多くいることを忘れてはいけない。経口摂取の継続を強く求める家族は多くいるが、そのような家族は同居家族でなく、一方、同居している家族は日常の介護で疲れきっていたり、仕事などが忙しく十分な対応ができなかったりする場合も少なくない。

リハビリテーションの目標設定の際には、家族や患者本人の意思の調整を十分に行い、環境を把握した考慮が必要である。また、患者や家族の意向を無視して、「こうするべきだ、なぜこうできないのだ」というような、患者の食べる楽しみを人質に取ったような医療者側からの押し付けがあってはならない。生活者の視点を失ってはいけない。

#### 4) 機能評価の必要性

摂食機能の低下した患者に対すると、何が問題で食べることが上手いかわからないのか？ 評価が必要である。残念ながら歯科においてはこの評価というものが苦手であると言って良い。食べられないこと

の原因が口腔機関の運動機能にあるのか？ どんな運動が問題なのか？ 認知機能に問題があるのか？ なぜそのようなことになっているのか？ 今後この患者はどうなっていくのか？ このようなことが評価できなければ、関わり方のプランが立てられない。舌や口唇の筋力が低下しているのであれば、筋力増強の訓練を行い、運動の協調性が損なわれているのであれば、運動の協調性を高める際に有効な視覚や聴覚によるフィードバックを利用した訓練が重要となる。口腔の運動障害を理解し、必要な訓練手技を提示できるスキルが求められることになる。

一方、患者自らが能動的に行う機能訓練は、本人が訓練の目的や手技を十分に理解し、正しく訓練手順を実行できなければその効果は限定的となる。すなわち、認知機能の低下や意識障害のある患者では能動的訓練を施行することは困難であるといえる。さらに、運動障害の原因疾患やその状態によっては、十分な治癒は望めず、運動障害を改善するべく行う運動機能訓練も十分な結果が得られないことも多い。提案している訓練が何を目的として、どの器官のどんな機能をターゲットにしているのか？ 説明できなければならない。

#### 5) 環境整備といった考え方

患者の食べることの可否やどの程度までの食形態が安全に食べることができるかということについては、患者本人の摂食機能にのみ左右されるものではない。患者の摂食機能は、それを決定する一つの指標に過ぎなく、むしろ、患者を支える環境因子こそがこれを決定する際に大きな影響を与えともいえる。すなわち、患者の咀嚼機能や嚥下機能が大きく障害されていても、患者の機能に適した食形態を提供できる体制であれば、さらには、食事の介助場面においても適正な食事姿勢をとることができ、十分な見守りのもと介助できる環境であれば、患者は安

全に食べることができる。

一方、患者の咀嚼機能や嚥下機能がたとえ比較的十分に備わっていたとしても、患者を支えるのに十分な体制がとれない環境においては、いつ何時、窒息事故や誤嚥事故が発生してもおかしくはない。摂食機能の評価者は、患者のもつ摂食機能と同時に、患者を支える環境因子について十分に評価することが求められ、さらにそれらの充実に向けて「食環境指導」「食内容指導」が求められてくる。

## 6) 多職種との連携

### (1) 主治医との連携

摂食・嚥下リハビリテーションを行ううえにおいて重要な現疾患の情報や起こり得る合併症についての情報は、主治医によってもたらされる。脱水や低栄養を補正しつつ、安全にリハビリテーションを行うためには、主治医との密な連携が必要である。しかし、時として、主治医との連携が十分にとれないばかりでなく、「肺炎にでもなったらどうするのだ？」というような、われわれのアプローチそのものを否定する主治医がいるのも現実である。その場合には、関わり方も限定的にならざるを得ない。

### (2) 関連多職種との連携

関連多職種連携 (Multi-disciplinary Team Approach) によるかかわりの重要性は言うまでもない。摂食・嚥下リハビリテーションにおいては、医療従事者やそれ以外の広範な職種との連携が求められ、その社会資源を有効に利用するべく、訪問看護や介護保険関連サービスなどの活用方法、さらに患者を取り巻く地域にどのような社会資源があるのかなどに精通する必要がある。さらに、歯科医師である我々は、患者を支えるさまざまな医療、福祉、介護の職種や施設の中での立ち位置を常に変えることができる柔軟さを持つべきである。

時として義歯作製や口腔ケアなどを通じた、摂食・嚥下の準備期と口腔期を守る専門家として摂食・嚥下リハビリテーションの一角を担い、また時としてリハビリテーションチームのリーダーとしての役割を担いながら、チームを統率しなければならないときもある。時として、リハビリテーション職種が患者に関わっているにもかかわらず、連携もなく歯科独自の訓練メニューを組んで、独善的に関わっている場面に遭遇することがあるが、これでは患者や家族が混乱するだけであり、歯科が陥りがちな最悪な関与方法であるといえよう。

## ●リハビリテーションの進め方

### 1. 評価

(食事観察、嚥下内視鏡検査 VE、造影検査 VF)

### 2. 目標設定

(栄養摂取？ 楽しみのための食事？)

### 3. 治療方法

- ・義歯作製 (義歯、舌接触補助床など)
- ・機能訓練
- ・食事指導 (食形態、栄養指導)
- ・環境整備 (姿勢、介助、支援体制)

菊谷 武 (きくたに たけし)

日本歯科大学大学院 教授 (生命歯学研究科臨床口腔機能学)

昭和38年 東京都に生まれる

平成元年 日本歯科大学歯学部附属病院 高齢者歯科診療科 入局

平成13年 同附属病院口腔介護・リハビリテーションセンター センター長

平成17年 日本歯科大学 助教授

平成19年 日本歯科大学 准教授

平成22年 日本歯科大学 教授

平成22年 日本歯科大学大学院 教授  
(生命歯学研究科 臨床口腔機能学)

平成24年 東京医科大学 兼任教授

平成24年 日本歯科大学附属病院口腔リハビリテーションセンター (名称変更)

非常勤講師 岡山大学・広島大学・九州歯科大学・琉球大学・徳島大学

日本老年歯科医学会 指導医・認定医

日本障害者歯科学会 指導医・認定医



胃ろう造設のその前に  
介護現場にできること

# 「食べる」 介護



が

## まるごとわかる本

食事介助の困りごと解決法から  
正しい口腔ケアまで、全部教えます

著◎菊谷 武 日本歯科大学 教授／  
口腔リハビリテーション多摩クリニック院長

むせる◎食べこぼす◎丸飲みする  
口の中にためこむ◎口を開かない

…こんなことで困っていませんか？

MCメディア出版

## 地域在住虚弱高齢者に対する筋力増強トレーニングの最適負荷見極めにおける、加速度時系列スペクトルのエントロピーの有用性の検討

*Evaluating the Usefulness of Power Spectrum Entropy of Acceleration Time-series in Setting the Load for High-intensity Strength Training for the Frail Elderly*

小島 基永<sup>1)</sup> 大瀧 修一<sup>1)</sup>

MOTONAGA KOJIMA<sup>1)</sup>, SHUICHI OBUCHI<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology: 35-2 Sakae-cho, Itabashi-ku, Tokyo 173-0015, Japan. TEL+81 3-3964-3241 ext.3114 E-mail: tim888@tmig.or.jp

*Rigakuryoho Kagaku 27(3): 291-296, 2012. Submitted Dec. 5, 2011. Accepted Jan. 26, 2012.*

**ABSTRACT:** [Purpose] The purpose of this study was to evaluate the usefulness of power spectrum entropy of acceleration time-series in setting the load for high-intensity strength training for the frail elderly. [Subjects] Twenty-one community-dwelling elderly persons requiring long-term care. [Methods] All movements of the subjects were distinguished as good movements from poor movements by an experienced physical therapist during evaluation to set the load. The entropy of spectrum of acceleration was measured and compared between the good movements and poor movements. [Results] Significant differences were found by paired t-test analysis of the subjects ( $p=.000$ , 95%CI: 0.12-0.30 bit), except for 6 subjects who performed their movements within a narrow range. [Conclusion] The current results suggest that the entropy derived from the spectrum of the acceleration time-series during movement is useful for setting the load in high-intensity strength training, as well as attention to reduced range of movement.

**Key words:** high-intensity strength training, smoothness, entropy

**要旨:**〔目的〕高齢者向けマシントレーニングで、判定者の熟練度に依らない負荷見極め方法の確立を目指し、動作中加速度の時系列スペクトルから算出するエントロピーの有用性を検討した。〔対象〕デイサービス利用者21名とした。〔方法〕運動指導者による負荷見極めによる判定が、良好である動作と不良である動作それぞれにおいて算出したエントロピーを比較した。〔結果〕動作の範囲が負荷の増大とともに小さくなった6名を除いた比較で、不良と判定された動作において、統計学的に有意に大きなエントロピーが認められた。〔結語〕運動指導者による動作範囲の低下への注意に、このエントロピーを組み合わせると、より定量的な評価に基づく負荷の見極めが可能になる。

**キーワード:** マシントレーニング, 運動の滑らかさ, エントロピー

<sup>1)</sup> 東京都健康長寿医療センター研究所 福祉と生活ケア研究チーム (在宅療養支援): 東京都板橋区栄町35-2 (〒173-0015) TEL 03-3964-3241 (内線3114)

受付日 2011年12月5日 受理日 2012年1月26日

## I. はじめに

平成18年度に介護保険制度が予防重視型へと改正されて以来、マシンを使用した高齢者向けの包括的な運動トレーニングは、介護予防事業における有力なプログラムとして、通所の事業所を中心とした全国の施設で展開されており、その効果も確認されてきている<sup>1)</sup>。

ところで、このプログラムの典型的なプロトコルに於いて、最適な負荷量の見極めは、理学療法士や運動指導員などの運動指導者による評価に依っている。こうした評価に関するマニュアル<sup>2)</sup>はあるものの、関わる運動指導者の熟練度によって、その評価の確からしさが変動する可能性がある。また、厚生労働省の運動器の機能向上プログラムに関する指針<sup>1)</sup>においても、幅広い事業主体によって展開されるプログラムでは、その内容が適切なかたちで実施されることが課題であるとされている。特に、マシンを使用した高齢者向けの包括的な運動トレーニングは、フィットネスクラブといった一般の健康増進施設にも拡がりをみせており、必ずしも熟練した運動指導員が現場に配置されていないことが考えられ、運動指導者の熟練度に左右されない、最適な運動負荷量の見極め方法の確立が必要である。

最適な負荷量決定のための評価は、負荷の増加に伴って生じる動作の円滑さの低下などから判断される。我々はこれまで、動作中の加速度の時系列スペクトルから算出するエントロピーには、対象となる動作の円滑さの低下に伴ってより大きな値を示す性質があることから、これを活用することの有用性を報告<sup>3)</sup>している。このエントロピーによる指標をマシントレーニング動作に適用すると、負荷量の最適値超過に伴い動作の円滑さが低下する状態を、より大きな値として表すことができると考えられ、これが負荷見極めの指標として役に立つ可能性がある。

そこで本研究では、運動指導者の熟練度に左右されない負荷見極め方法の確立を目指して、従来の負荷見極めの手順に、エントロピーによる動作の円滑さを示す指標を加えることの有用性を検討することとした。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

東京都区部にあるAディサービスの利用者21名（男性8名、女性13名、平均年齢 $\pm 1SD$ :  $78.8 \pm 6.4$ 歳）を対象とした。対象者の要介護度は、要支援1が3名、要支援2が6名、要介護1が4名、要介護2が6名、要介護3が2名であった。また、対象者の平均トレーニング歴 $\pm 1SD$ は、 $26.0 \pm 17.3$ ヶ月であった。

なお、対象者には、研究の主旨と内容を説明し、その同意を文書によって得た。また、本研究の計画は、東京

都健康長寿医療センター研究部門倫理委員会の承認（承認番号平成22年度11番）を得た。

### 2. 方法

トレーニングマシンには、プログラムの中でも特に重要であると位置づけられ、また運動指導者による判定が負荷見極めの中心的な役割を果たすレッグプレス・マシン<sup>2)</sup>を使用した。このマシンの重錘部分に加速度計（CXL04GP1, クロスボー社製、測定範囲 $\pm 4G$ ）を、トレーニングマシンから生じる機械的な振動の影響を取り除くための防振ゴムと共に取り付けただで、運動指導者1名（理学療法士：専門職としての経験年数20年、高齢者向けマシントレーニングに関する経験年数8年）によるトレーニングの最適負荷見極めを行った。

運動指導者による最適負荷見極めの判定基準は、標準的なマニュアル<sup>2)</sup>に則った。まず1RM（1回の最大挙上力）テストを実施し、次に1RM値の60%を最適負荷量とした。1RMテストでは、“力を入れてから動き出すまでの時間が明らかに遅くなる”、“上げるときと下ろすときの速さが違う”といった状態が出現したら、これを不良なトレーニング動作であると判定し、不良動作が出現するまでの良好な動作における負荷量の最大値を1RM値とした。また、“呼吸について指示しても息をとめていきんでしまう”、“正しいフォームで行うことができない”、“痛みや違和感を訴える”といった場合は即座にテストを中止し、やはり、こうした状態が出現するまでの負荷量の最大値を1RM値とした。なお、負荷見極めテストを受ける対象者の条件を、“トレーニングの基本的な技能を修得していること”、“高負荷トレーニングへの適応が可能であること”としており、どの対象者も連続20回程度の運動トレーニングには慣れていたが、対象者の疲労による影響を避けるため、負荷見極めのための1RMテストの回数は、最大でも6回を超えないように計画した。

加速度情報は、5 Hzの高域遮断フィルタを用いた100 Hzのサンプリング周期にて採取した。採取した加速度情報から、動作の中間にあたる7秒間について、ハニングの窓関数を用いた高速フーリエ変換によって時系列スペクトルを求め、この第1成分を除く5 Hzまでの成分を正規化したものからエントロピーを算出した。具体的には、この正規化した時系列スペクトルの各要素を $i$ とし、各要素の成分量を $P_i$ とした場合、エントロピー( $H$ )は、 $H = -\sum (P_i \times \log_2 P_i)$ より求められる。なお、取り得るエントロピーの最大値は、算出に用いる時系列スペクトルの要素数( $N$ )で一義的( $\log_2 N$ )に決まり、この場合、要素数は34で5.09 bitであった。

また、本研究で使用したトレーニングマシン（リハトレナー、システム・インスツルメンツ、東京）には、重錘の最大移動量である250 mmに対して、1/16 mmの分解能で、その移動量を検出できるロータリエンコーダがつ

いており、トレーニング動作の範囲を定量的に得るために、100 Hzのサンプリング周期でこの位置情報も収集した。ここで、各個人の最大動作範囲を100%としたときの当該トレーニング動作範囲の割合を、動作維持率と定義した。

統計解析としては、まず、運動指導者により良好と判定された動作と、不良と判定された動作の間の相違を、それぞれで算出されたエントロピーの値について、対象者毎の対応のあるt検定を用いて検討した。この検討にあたって、負荷見極めで同じ範囲にはいる動作が2つ以上あった場合には、それらのエントロピー値の平均を代表値とした。続いて、得られた全てのトレーニング動作について、“良好判定”と“不良判定”を従属変数、“エントロピー”と“動作維持率”を独立変数とする、強制投入法によるロジスティック回帰分析を行い、負荷見極めのための判別予測式を検討した。

さらに、実施されたマシントレーニング自体の有効性を確認し、本研究での負荷見極めの妥当性を検討するた

めに、負荷見極めを挟んだ3ヶ月間の運動能力（握力、片脚立ち、Timed-up-and-go、歩行時間）<sup>1)</sup>の変化を把握した。

全ての統計解析の有意水準を、5%とした。

III. 結 果

対象者毎に実施されたトレーニング動作の回数は最大でも5回に留まっており、疲労による影響を考慮して計画した6回を下回る動作回数で判定が付けられた。

対象となった21名の結果一覧を表1に示す。21名における対応のある検定では、良好と判定された動作（エントロピーの平均値±1SD：3.37±0.32 bit）に比べて、不良と判定された動作（エントロピーの平均値±1SD：3.47±0.32 bit）で、統計学的に有意に大きなエントロピー値が認められた（p=.049）。

21名のうち、“不良と判定される動作で動作の円滑さが低下しエントロピー値が大きくなる”という仮説に反

表1 対象者毎のエントロピー値と動作範囲維持率

ID	判定良好時 エントロピー (bit)		判定不良時 エントロピー (bit)		エントロピー の差 (bit)	動作範囲 の維持率 (%)	要介 護度	主な既往
	A	度数	B	度数				
1	3.06	2	3.42	2	0.36	84.9	支援2	
2	3.30	4	3.02	1	-0.28	82.9	支援1	
3	3.24	1	3.53	1	0.29	98.7	介護2	脳卒中
4	3.75	2	3.73	1	-0.02	85.9	支援2	腰痛
5	3.44	3	3.27	1	-0.17	85.4	介護2	
6	3.90	2	3.96	2	0.06	89.5	介護1	腰椎脊柱管狭窄症
7	3.33	3	3.34	1	0.01	91.4	介護1	
8	3.33	3	3.77	1	0.44	92.9	支援1	左膝人工関節
9	3.43	2	3.33	2	-0.10	79.7	支援2	パーキンソン病
10	3.47	2	3.62	2	0.15	91.1	介護3	脳卒中
11	2.86	1	2.94	1	0.08	92.4	支援2	
12	3.53	2	3.63	3	0.10	88.9	介護2	
13	3.84	1	3.88	1	0.04	95.6	介護3	脳卒中
14	2.73	3	3.27	1	0.54	90.0	介護2	
15	3.64	3	3.30	1	-0.34	86.7	介護2	脳卒中
16	3.71	4	3.96	1	0.25	84.1	介護2	
17	3.61	3	3.73	1	0.12	90.9	介護1	脳卒中
18	3.11	2	3.31	1	0.20	85.0	支援2	
19	3.09	4	3.25	1	0.16	88.9	支援2	
20	2.96	2	2.89	3	-0.07	85.5	支援1	
21	3.49	3	3.85	2	0.36	91.4	介護1	左膝ACL断裂

※エントロピーは、度数（同じ範囲に判定された動作）が2つ以上の場合は、その平均を代表値として示した

※動作範囲維持率：本人が示した、トレーニング動作の最大範囲に対する最小範囲の割合

※主な既往については、把握できたものだけを示す

して、不良と判定された動作でより小さなエントロピー値を示した6名(表1で、エントロピーの差がマイナスになっている者)では、負荷量の増大に伴ってトレーニング動作の範囲が最大値に比べ最小値で平均84.3%低下しており(仮説通りの結果を示した15名における低下の平均は90.4%であった)、動作範囲に縮小がみられた。

これら6名を除く15名における、負荷見極めで良好と判定された動作(エントロピーの平均値±1SD:3.35±0.34 bit)と、不良と判定された動作(エントロピーの平均値±1SD:3.56±0.30 bit)の間の対応のある検定ではやはり、不良と判定された動作で、統計学的に有意に大きなエントロピー値が認められ(p=.000)、この時の95%信頼区間は、0.12~0.30 bitであった。

負荷見極めのためのトレーニング動作は、対象者全てを合わせると82回(良好と判定されたものは52回、不良と判定されたものは30回)であった。得られた全てのトレーニング動作82回における、“良好判定”と“不良判定”を従属変数、“エントロピー”と“動作維持率”を独立変数とした、強制投入法によるロジスティック回帰分析では、動作維持率のみが有意(p=.000)な予測式、 $x=17.765+(-0.196\times \text{動作維持率})$ が、判別の中率74.4%で算出された。すなわち、動作維持率が90%と91%の間に、良好判定と不良判定の境界があることが示された。

さらに、この結果を受けた追加的な解析として、動作維持率が91%以上であったトレーニング動作(n=57)を対象に、良好(n=42)・不良判定(n=15)間のエントロピー値をMann-WhitneyのU検定で比較したところ、良好(中央値:3.41, 四分位範囲:0.52)、不良(中央値:3.67, 四分位範囲:0.49)で、不良と判定された動作で大きな値を示す傾向であったが、統計学的に有意な差はみられなかった(p=.060)。

また、対象となった者のうち、本研究の期間中にデサービスで定期的に行われている体力測定の時期を迎えた10名(表1のID1~10)について、負荷見極めを挟んだ3か月間の運動能力の変化を把握できた。その結果、Timed-up-and-goと、5 m最大歩行時間の対応のあるt検

定において、統計学的に有意な改善が認められた。運動能力の結果の一覧を表2に示す。

IV. 考 察

我々はこれまで、動作中の加速度の時系列スペクトルを正規化したものから算出するエントロピーが、動作を微調整するための高周波成分が加わる(すなわち、動作の円滑さが低下する)ほど、大きな値でその動作の性質を示すことを報告し、動作の円滑さを客観的に表現できる指標として有用であることを報告するとともに、例えばこれを、歩行動作の評価に適用する<sup>4)</sup>などしてきた。

このエントロピーによる指標は、加速度の時系列スペクトルが得られる動作であれば、どのようなものでも適用が可能であるという特徴を持っており<sup>3)</sup>、本研究ではこれをトレーニング動作に適用した。適応の典型例として図1を示す。これをみると、不良と判定された動作では、良好と判定された動作に比べて、低い周波領域の成分量が減少しているとともに、より高い周波数領域の成分量が増大している。その結果、不良と判定された動作において、より大きなエントロピー値が算出されていることがわかる。

筋力を中心とした運動能力が負荷の増加に追いつかない場合、動作の円滑さを低下させたり、求心相に比べて遠心相を速くするような“破綻”した動作がみられるが、この他に、その動作の範囲を小さくして、動作の円滑さを保つような代償もみられる<sup>1)</sup>。今回の結果において、負荷の増加に伴い、不良であると判定された動作をしていたにもかかわらず、良好である場合よりも小さな値(すなわち、より円滑な動作である)として、エントロピーが算出されるという逆転を示していた6名については、トレーニング動作の範囲が85%以上に狭まっていたことから、このような代償を行っていたものと考えられた。運動指導員は、このトレーニング動作の範囲の減少から“不良動作”であると判断していたものと考えられる。

動作範囲の縮小による代償をしていない対象において

表2 運動能力の結果(対応のあるt検定, n=10)

	事前測定		事後測定	
	平均値	1SD	平均値	1SD
握力(kg)	22.1 ± 3.5		22.6 ± 4.0	
開眼片脚立ち(sec)	16.0 ± 17.5		21.1 ± 25.6	
Timed-up-and-go(sec)	12.1 ± 3.6		10.2 ± 3.1	※※
5 m通常歩行時間(sec)	7.1 ± 1.9		6.8 ± 1.0	
5 m最大歩行時間(sec)	5.5 ± 1.8		4.6 ± 1.5	※※

※※: p<.01

本研究における負荷見極めを挟んで、事前測定、事後(3か月後)測定とした。



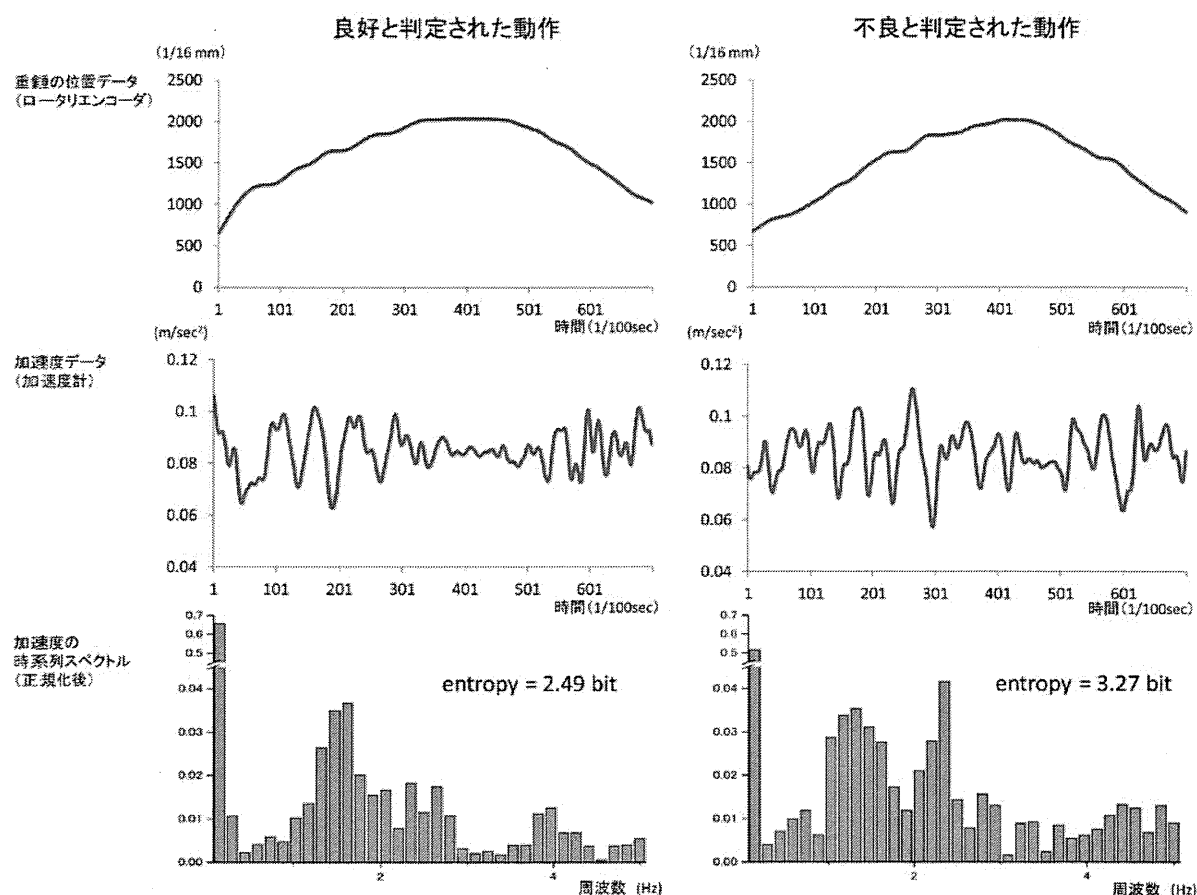


図1 典型的な例におけるエントロピー算出

ある対象者で、良好と判定された動作と不良と判定された動作のそれぞれについて、重錘の位置データ（ロータリエンコーダから得られるデータ）を示すとともに、この時のそれぞれの加速度情報（加速度計から得られるデータ）ならびに、その時系列スペクトル（5 Hzまでの成分の和が1になるように正規化し、第1成分を除いたもの）を示した。

みられた、前述の様な破綻した動作については、今回の結果から、エントロピーによる指標で、その破綻した状態を表現できる可能性（95%信頼区間でみると、0.12 bit以上の変化で表現できる可能性）が認められた。従って、運動指導者による動作範囲の減少への注意に、このエントロピー指標を組み合わせると、より定量的な負荷の見極めが可能になるものと考えられる。

これまで、観察による動作分析には、評価者に対する訓練が必須であり、また、訓練された評価者が何を診ているかは研究によって裏付けておく必要がある<sup>5)</sup>とされている。本研究における典型例として示した図1をみても、ロータリエンコーダから得られる重錘の位置データだけでは、動作不良の明快な説明が難しく、運動指導者はこれに対象者の実際の動き（加速度や動作範囲）を併せて判断していたものと考えられるが、今回、これを数値化できた意義は大きい。

また、本研究の対象者は、デイサービスを継続的に利用する者であったが、3ヶ月間の運動能力の変化を把握した限りでみると、一般的に紹介されている例<sup>1)</sup>と比較

しても、遜色のない効果がプログラム自体にみられると考えられ、ここで実施された負荷見極めも妥当なものであったと推察できる。

ところで、負荷見極めの予測式を検討した結果では、動作維持率でのみ“良好なトレーニング動作”と、“不良なトレーニング動作”の間の閾値が示された。エントロピーにおいては、対象者毎の対応のある検討では有意な差が認められているにもかかわらず、この閾値に該当する値が示されていない。追加的に解析した、動作維持率が91%以上であった動作のエントロピーに対する検討でp値が0.06であったことから推すと、これは第一に、本研究の対象数が十分ではなく統計学的に証拠不足である可能性が考えられる。そして第二に、本研究の対象者が、筋力向上トレーニングプログラムで主たる対象として想定されている者とは少し異なり、要介護者が中心であったことが影響しているものと考えられる。要介護状態にある者は、多かれ少なかれ、脳卒中の後遺症やパーキンソン症状などを明らかに抱えていることが多く、実際に本研究の対象者も同様であった（表1）。こうした者では、