

The quadriceps femoris controls knee flexion and acts as a shock absorber after heel contact; it then supports the weight of the body in mid-stance. The rectus femoris differs from that of other knee extensors as it is a hip flexor and its activity increases immediately after the toe-off phase (Neumann, 2002). A previous study showed that antagonist thigh muscle coactivation (e.g., activation of the vastus medialis, vastus lateralis, and biceps femoris) is 31% greater in older than in younger adults, and coactivation is moderately correlated with the metabolic cost of walking (Mian et al., 2006). The SAS automatically lends horizontal force to the thigh to facilitate an optimal walk ratio and may teach elderly people to use their muscles more efficiently. The consecutive stimuli provided by the SAS may help elderly people adopt an efficient walking pattern.

## 6. Functional FDG PET imaging as evaluating of frailty

Frail elderly people are particularly vulnerable for developing disabilities (Boyd et al., 2005; Gill et al., 2004; Hardy et al., 2005) and are at an increased risk for falls, disabilities, hospitalization, institutionalization and death, compared with their age-matched non-frail counterparts (Espinoza & Walston, 2005). Disability is closely related to medical spending; therefore, prevention of disability can lead to reduced health care costs (Cutler, 2001). Physical frailty indicators include mobility, strength, endurance, nutrition, physical inactivity, balance, and motor processing (Ferrucci et al., 2004). Gait disorder is a particularly important indicator of frailty and an independent predictor of disability. The findings of research using FDG PET has revealed a cycle of gait disorder (Figure 6).

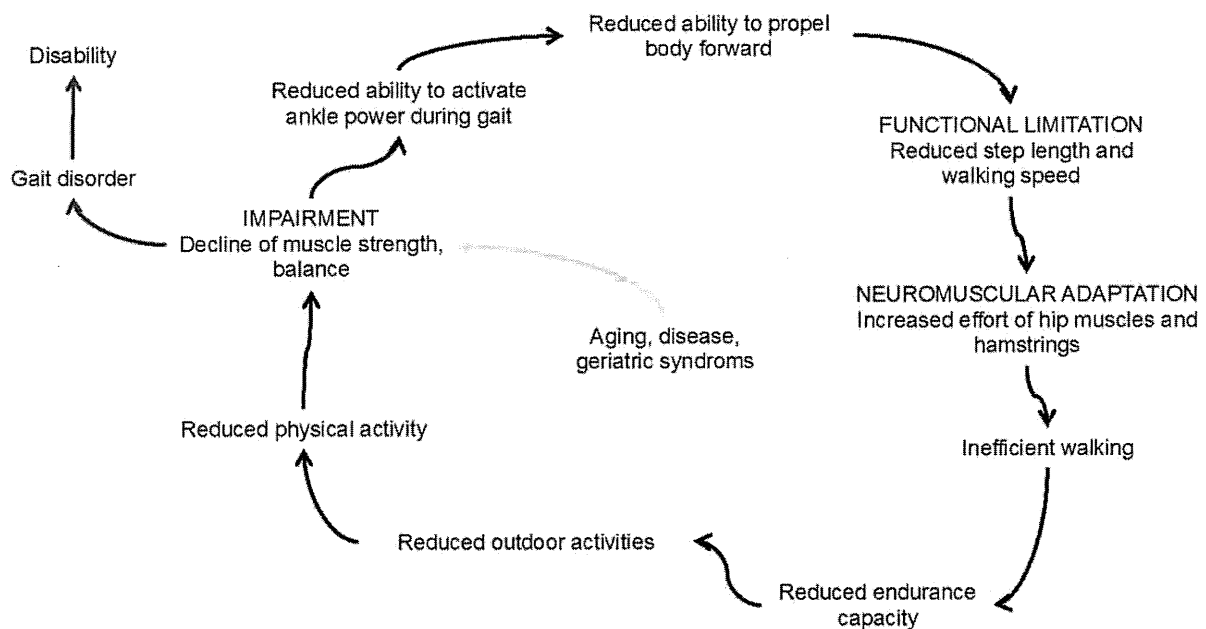


Fig. 6. Schematic diagram of the incidence of gait disorder in older adults.

Aging results in impaired muscle strength and balance, which reduces the ability to activate the ankle plantar muscles during gait and propel the body forward. These impairments manifest as functional limitations including reduced step length and walking speed, which are compensated for by neuromuscular adaptations such as increased effort of the hip

muscles and hamstrings. Walking becomes inefficient and there is reduced endurance capacity. This leads to decreased involvement in outdoor activities and therefore physical activity, which worsens the impaired muscle strength and balance. Ultimately, the cycle can lead to gait disorder and disability.

## 7. Conclusions

FDG PET has proved useful for understanding the ability of older adults to perform physical activities. Because FDG uptake is closely correlated with exercise intensity, it can be used for comparing task-specific muscle activity. FDG PET and VO<sub>2</sub> analyses indicate that older adults may have difficulties in performing the activities of daily living as they have to work at a higher level of effort relative to their maximum capability due to a redistribution of muscle activity with aging. Automated exercise intervention, such as the automated stride assistance system (SAS), may help slow the cycle of events that ultimately can lead to gait disorder and disability. FDG PET evaluation of glucose metabolism in the muscles of the elderly following intervention with the automated SAS indicates that the SAS has the potential to increase walking endurance. We suggest that FDG PET is a useful method to evaluate the effects of interventions and therefore develop rehabilitation programs.

## 8. Acknowledgments

This work received financial support from a Grant-in-Aid for Scientific Research (B) (Tokyo, Japan). The funding source had no role in the study design, data collection, analysis, or writing of this manuscript.

## 9. References

- Alexander, N.B. Gait disorders in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 1996;44: 434-451.
- Axel, L., & Dougherty, L. MR imaging of motion with spatial modulation of magnetization. *Radiology.* 1989;171: 841-845.
- Backmand, H., Kaprio, J., Kujala, U.M., Sarna, S., & Fogelholm, M. Physical and psychological functioning of daily living in relation to physical activity. A longitudinal study among former elite male athletes and controls. *Aging Clin Exp Res.* 2006;18: 40-49.
- Bessell, E.M., & Thomas P. The effect of substitution at C-2 of D-glucose 6-phosphate on the rate of dehydrogenation by glucose 6-phosphate dehydrogenase (from yeast and from rat liver). *Biochem J.* 1973;131: 83-89.
- Binder, E.F., Brown, M., Sinacore, D.R., Steger-May, K., Yarasheski, K.E., & Schechtman, K.B. Effects of extended outpatient rehabilitation after hip fracture: A randomized controlled trial. *JAMA.* 2004;292: 837-846.
- Boyd, C.M., Xue, Q.L., Simpson, C.F., Guralnik, J.M., & Fried, L.P. Frailty, hospitalization, and progression of disability in a cohort of disabled older women. *The American Journal of Medicine.* 2005;118: 1225-1231.
- Brach, J.S., & VanSwearingen, J.M. Physical impairment and disability: relationship to performance of activities of daily living in community-dwelling older men. *Phys Ther.* 2002;82: 752-761.

- Brown, M., & Holloszy, J.O. Effects of walking, jogging and cycling on strength, flexibility, speed and balance in 60- to 72-year olds. *Aging (Milano)*. 1993;5: 427-434.
- Bruce, M.L., & McNamara, R. Psychiatric status among the homebound elderly: an epidemiologic perspective. *J Am Geriatr Soc*. 1992;40: 561-566.
- Buchner, D.M., Cress, M.E., de Lateur, B.J., *et al*. A comparison of the effects of three types of endurance training on balance and other fall risk factors in older adults. *Aging (Milano)*. 1997a;9: 112-119.
- Buchner, D.M., Cress, M.E., de Lateur, B.J., *et al*. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1997b;52: M218-224.
- Clarfield, A.M., & Bergman, H. Medical home care services for the housebound elderly. *CMAJ*. 1991;144: 40-45.
- Crowinshield, R.D., Brand, R.A., & Johnston, R.C. The effects of walking velocity and age on hip kinematics and kinetics. *Clin Orthop Relat Res*. 1978: 140-144.
- Cutler, D.M. Declining disability among the elderly. *Health Aff (Millwood)*. 2001;20: 11-27.
- Dean, J.C., Alexander, N.B., & Kuo, A.D. The effect of lateral stabilization on walking in young and old adults. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2007;54: 1919-1926.
- DeVita, P., & Hortobagyi, T. Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *J Appl Physiol*. 2000;88: 1804-1811.
- Donelan, J.M., Kram, R., & Kuo, A.D. Mechanical and metabolic determinants of the preferred step width in human walking. *Proc R Soc Lond B*. 2001;268: 1985-1992.
- Drace, J.E., & Pelc, N.J. Measurement of skeletal muscle motion in vivo with phase-contrast MR imaging. *J Magn Reson Imaging*. 1994;4: 157-163.
- Ebrahim, S., Thompson, P.W., Baskaran, V., & Evans, K. Randomized placebo-controlled trial of brisk walking in the prevention of postmenopausal osteoporosis. *Age Ageing*. 1997;26: 253-260.
- Elble, R.J., Thomas, S.S., Higgins, C., & Colliver, J. Stride-dependent changes in gait of older people. *J Neurol*. 1991;238: 1-5.
- Espinoza, S., & Walston, J.D. Frailty in older adults: insights and interventions. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2005;72: 1105-1112.
- Ettinger, W.H., Jr., Burns, R., Messier, SP., *et al*. 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). *JAMA*. 1997;277: 25-31.
- Ferrucci, L., Guralnik, J.M., Studenski, S., Fried, L.P., Cutler, G.B., Jr., & Walston, J.D. Designing randomized, controlled trials aimed at preventing or delaying functional decline and disability in frail, older persons: a consensus report. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2004;52: 625
- Finley, F.R., Cody, K.A., & Finizie, R.V. Locomotion patterns in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*. 1969;50: 140-146.
- Fujimoto, T., Itoh, M., Tashiro, M., Yamaguchi, K., Kubota, K., & Ohmori, H. Glucose uptake by individual skeletal muscles during running using whole-body positron emission tomography. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83: 297-302.
- Fujimoto, T., Kempainen, J., Kalliokoski, K.K., Nuutila, P., Ito, M., & Knuuti, J. Skeletal muscle glucose uptake response to exercise in trained and untrained men. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35: 777-783.

- Fujita, K., Fujiwara, Y., Chaves, P.H., Motohashi, Y., & Shinkai, S. Frequency of going outdoors as a good predictor for incident disability of physical function as well as disability recovery in community-dwelling older adults in rural Japan. *J Epidemiol.* 2006;16: 261-270.
- Gallagher, D., Visser, M., De Meersman, R.E., *et al.* Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol.* 1997;83: 229-239.
- Ganguli, M., Fox, A., Gilby, J., & Belle, S. Characteristics of rural homebound older adults: A community-based study. *J Am Geriatr Soc.* 1996;44: 363-370.
- Gill, T.M., Allore, H., Holford, T.R., & Guo, Z. The development of insidious disability in activities of daily living among community-living older persons. *The American Journal of Medicine.* 2004;117: 484-491.
- Gillespie, L.D., Gillespie, W.J., Robertson, M.C., Lamb, S.E., Cumming, R.G., & Rowe, B.H. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003: CD000340.
- Gottschalk, F., Kourosh, S., & Leveau, B. The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *J Anat.* 1989;166: 179-189.
- Gribble, P.A., & Hertel, J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004a;85: 589-592.
- Gribble, P.A., & Hertel, J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004b;14: 641-646.
- Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Pieper, C.F., *et al.* Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55: M221-231.
- Guralnik, J.M., & Simonsick, E.M. Physical disability in older Americans. *J Gerontol.* 1993;48 Spec No: 3-10.
- Hageman, P.A., & Blanke, D.J. Comparison of gait of young women and elderly women. *Phys Ther.* 1986;66: 1382-1387.
- Hardy, S.E., Dubin, J.A., Holford, T.R., & Gill, T.M. Transitions between states of disability and independence among older persons. *American Journal of Epidemiology.* 2005;161: 575-584.
- Hausdorff, J.M., Rios, D.A., & Edelberg, H.K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: A 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82: 1050-1056.
- Helbostad, J.L., Leirfall, S., Moe-Nilssen, R., & Sletvold, O. Physical fatigue affects gait characteristics in older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2007;62: 1010-1015.
- Hortobagyi, T., & DeVita, P. Muscle pre- and coactivity during downward stepping are associated with leg stiffness in aging. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10: 117-126.
- Hortobagyi, T., Mizelle, C., Beam, S., & DeVita, P. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003;58: M453-460.
- Joyce, B.M., & Kirby, R.L. Canes, crutches and walkers. *Am Fam Physician.* 1991;43: 535-542.
- Judge, J.O., Davis, R.B., 3rd, & Ounpuu, S. Step length reductions in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1996;51: M303-312.
- Judge, J.O., Underwood, M., & Gennosa, T. Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74: 400-406.

- Kavanagh, J.J., Morrison, S., & Barrett, R.S. Lumbar and cervical erector spinae fatigue elicit compensatory postural responses to assist in maintaining head stability during walking. *J Appl Physiol.* 2006;101: 1118-1126.
- Kemppainen, J., Fujimoto, T., Kalliokoski, K.K., Viljanen, T., Nuutila, P., & Knuuti, J. Myocardial and skeletal muscle glucose uptake during exercise in humans. *J Physiol.* 2002;542: 403-412.
- Kerrigan, D.C., Todd, M.K., Della Croce, U., Lipsitz, L.A., & Collins, J.J. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79: 317-322.
- Klitgaard, H., Mantoni, M., Schiaffino, S., *et al.* Function, morphology and protein expression of ageing skeletal muscle: A cross-sectional study of elderly men with different training backgrounds. *Acta Physiol Scand.* 1990;140: 41-54.
- Kono, A., Kai, I., Sakato, C., & Rubenstein, L.Z. Frequency of going outdoors: a predictor of functional and psychosocial change among ambulatory frail elders living at home. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2004;59: 275-280.
- Kono, A., & Kanagawa, K. Characteristics of housebound elderly by mobility level in Japan. *Nurs Health Sci.* 2001;3: 105-111.
- Kuan, T.S., Tsou, J.Y., & Su, F.C. Hemiplegic gait of stroke patients: the effect of using a cane. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80: 777-784.
- Larsson, L., Grimby, G., & Karlsson, J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol.* 1979;46: 451-456.
- Latham, N., Anderson, C., Bennett, D., & Stretton, C. Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003: CD002759
- Lynch, N.A., Metter, E.J., Lindle, R.S., *et al.* Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol.* 1999;86: 188-194.
- Malatesta, D., Simar, D., Dauvilliers, Y., *et al.* Energy cost of walking and gait instability in healthy 65- and 80-yr-olds. *J Appl Physiol.* 2003;95: 2248-2256.
- Maki, B.E. Gait changes in older adults: Predictors of falls or indicators of fear. *J Am Geriatr Soc.* 1997;45: 313-320.
- Martin, P.E., Rothstein, D.E., & Larish, D.D. Effects of age and physical activity status on the speed-aerobic demand relationship of walking. *J Appl Physiol.* 1992;73: 200-206.
- Mbourou, G.A., Lajoie, Y., & Teasdale, N. Step length variability at gait initiation in elderly fallers and non-fallers, and young adults. *Gerontology.* 2003;49: 21-26.
- McArdle, D.W., Katch, I.F., & Katch, L.V. (1997). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance.* 4th ed. Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland.
- McCann, D.J., & Adams, W.C. A dimensional paradigm for identifying the size-independent cost of walking. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34: 1009-1017.
- McGibbon, C.A. Toward a better understanding of gait changes with age and disablement: Neuromuscular adaptation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003;31: 102-108.
- McGibbon, C.A., & Krebs, D.E. Compensatory gait mechanics in patients with unilateral knee arthritis. *J Rheumatol.* 2002;29: 2410-2419.
- McGibbon, C.A., Krebs, D.E., & Puniello, M.S. Mechanical energy analysis identifies compensatory strategies in disabled elders' gait. *J Biomech.* 2001;34: 481-490.
- Metter, E.J., Conwit, R., Tobin, J., & Fozard, J.L. Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1997;52: B267-276.

- Mian, O.S., Thom, J.M., Ardigo, L.P., Narici, M.V., & Minetti, A.E. Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during walking in young and older men. *Acta Physiol (Oxf)*. 2006;186: 127-139.
- Morris, J.N., Fiatarone, M., Kiely, D.K., *et al.* Nursing rehabilitation and exercise strategies in the nursing home. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1999;54: M494-500.
- Morris, J.N., & Hardman, A.E. Walking to health. *Sports Med*. 1997;23: 306-332.
- Murray, M.P., Kory, R.C., & Clarkson, B.H. Walking patterns in healthy old men. *J Gerontol*. 1969;24: 169-178.
- Mutrie, N., & Hannah, M-K. Some work hard while others play hard. The achievement of current recommendations for physical activity levels at work, at home, and in leisure time in the west of Scotland. *Int J Health Promot Educ*. 2004;42: 109-107.
- Nagasaki, H., Itoh, H., Hashizume, K., Furuna, T., Maruyama, H., & Kinugasa, T. Walking patterns and finger rhythm of older adults. *Percept Mot Skills*. 1996;82: 435-447.
- Neumann, D.A. (2002). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation*. St. Louis, Missouri, Mosby.
- Nigg, B.M., Fisher, V., & Ronskey, J.L. Gait characteristics as a function of age and gender. *Gait Post* 1994;2: 213-220.
- O'Dwyer, N.J., & Neilson, P.D. (2000). Metabolic energy expenditure and accuracy in movement: Relation to levels of muscle and cardiorespiratory activation and the sense of effort. In: *Energetics of human activity*. Human Kinetics. W.A. Sparrow, (Ed.), 1-42, Champaign, IL.
- Oi, N., Iwaya, T., Itoh, M., Yamaguchi, K., Tobimatsu, Y., & Fujimoto, T. FDG-PET imaging of lower extremity muscular activity during level walking. *J Orthop Sci*. 2003;8: 55-61.
- Ostrosky, K.M., VanSwearingen, J.M., Burdett, R.G., & Gee, Z. A comparison of gait characteristics in young and old subjects. *Phys Ther*. 1994;74: 637-644; discussion 644-636.
- Pappas, G.P., Olcott, E.W., & Drace, J.E. Imaging of skeletal muscle function using 18FDG PET: Force production, activation, and metabolism. *J Appl Physiol*. 2001;90: 329-337.
- Phelps, M.E., Huang, S.C., Hoffman, E.J., Selin, C., Sokoloff, L., & Kuhl, D.E. Tomographic measurement of local cerebral glucose metabolic rate in humans with (F-18)2-fluoro-2-deoxy-D-glucose: Validation of method. *Ann Neurol*. 1979;6: 371-388.
- Pipe, J.G., Boes, J.L., & Chenevert, T.L. Method for measuring three-dimensional motion with tagged MR imaging. *Radiology*. 1991;181: 591-595.
- Porter, M.M., Vandervoort, A.A., & Kramer, J.F. Eccentric peak torque of the plantar and dorsiflexors is maintained in older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1997;52: B125-131.
- Poulin, M.J., Vandervoort, A.A., Paterson, D.H., Kramer, J.F., & Cunningham, D.A. Eccentric and concentric torques of knee and elbow extension in young and older men. *Can J Sport Sci*. 1992;17: 3-7.
- Roomi, J., Yohannes, A.M., & Connolly, M.J. The effect of walking aids on exercise capacity and oxygenation in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Age Ageing*. 1998;27: 703-706.
- Sadato, N., Tsuchida, T., Nakaumra, S., *et al.* Non-invasive estimation of the net influx constant using the standardized uptake value for quantification of FDG uptake of tumours. *Eur J Nucl Med*. 1998;25: 559-564.

- Shimada, H., Uchiyama, Y., & Kakurai, S. Specific effects of balance and gait exercises on physical function among the frail elderly. *Clin Rehabil.* 2003;17: 472-479.
- Shimada, H., Kimura, Y., Suzuki, T., *et al.* The use of positron emission tomography and [18F]fluorodeoxyglucose for functional imaging of muscular activity during exercise with a stride assistance system. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2007;15: 442-448.
- Shimada, H., Suzuki, T., Kimura, Y., *et al.* Effects of an automated stride assistance system on walking parameters and muscular glucose metabolism in elderly adults. *Br J Sports Med.* 2008;42: 922-9.
- Shimada, H., Hirata, T., Kimura, Y., *et al.* Effects of a robotic walking exercise on walking performance in community-dwelling elderly adults. *Geriatr Gerontol Int.* 2009a;9: 372-381.
- Shimada, H., Kimura, Y., Lord, S.R., *et al.* Comparison of regional lower limb glucose metabolism in older adults during walking. *Scand J Med Sci Sports.* 2009b, 19: 389-397.
- Shimada H, Sturnieks D, Endo Y, *et al.* Relationship between whole body oxygen consumption and skeletal muscle glucose metabolism during walking in older adults: FDG PET study. *Aging Clin Exp Res.* 2010.
- Simonsick, E.M., Guralnik, J.M., Volpato, S., Balfour, J., & Fried, L.P. Just get out the door! Importance of walking outside the home for maintaining mobility: findings from the women's health and aging study. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53: 198-203.
- Sokoloff, L., Reivich, M., Kennedy, C., *et al.* The [14C]deoxyglucose method for the measurement of local cerebral glucose utilization: theory, procedure, and normal values in the conscious and anesthetized albino rat. *J Neurochem.* 1977;28: 897-916.
- Stevens, J.E., Stackhouse, S.K., Binder-Macleod, S.A., & Snyder-Mackler, L. Are voluntary muscle activation deficits in older adults meaningful? *Muscle Nerve.* 2003;27: 99-101.
- Tashiro, M., Fujimoto, T., Itoh, M., *et al.* 18F-FDG PET imaging of muscle activity in runners. *J Nucl Med.* 1999;40: 70-76.
- Thelen, D.G., Schultz, A.B., Alexander, N.B., & Ashton-Miller, J.A. Effects of age on rapid ankle torque development. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1996;51: M226-232.
- Van Hook, F.W., Demonbreun, D., & Weiss, B.D. Ambulatory devices for chronic gait disorders in the elderly. *Am Fam Physician.* 2003;67: 1717-1724.
- van Uffelen, J.G., Chinapaw, M.J., van Mechelen, W., & Hopman-Rock, M. Walking or vitamin B for cognition in older adults with mild cognitive impairment? A randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 2008;42: 344-351.
- Waters, R.L., Lunsford, B.R., Perry, J., & Byrd, R. Energy-speed relationship of walking: Standard tables. *J Orthop Res.* 1988;6: 215-222.
- Winter, D.A. (1991). *The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological.* University of Waterloo Press, Waterloo.
- Winter, D.A., Patla, A.E., Frank, J.S., & Walt, S.E. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Phys Ther.* 1990;70: 340-347.
- Young, D.R., Masaki, K.H., & Curb, J.D. Associations of physical activity with performance-based and self-reported physical functioning in older men: The Honolulu Heart Program. *J Am Geriatr Soc.* 1995;43: 845-854.

## 第1節 サルコペニアの操作的定義

### Summary

- 高齢期における筋量減少と筋力低下をサルコペニアと呼ぶ。
- 従来から用いられているサルコペニアの操作的定義は、形態計測、生体電気インピーダンス法、二重エネルギー X 線吸収法、画像解析による筋量の測定によりなされてきた。
- 近年では、筋量、筋力、運動機能の低下を捉えることでサルコペニアとみなすアルゴリズムが提案された。
- 筋量、筋力の測定値からサルコペニアを操作的に定義し、介入の必要性を判定するために運動機能の測定を実施するアルゴリズムを提案した。
- 今後、サルコペニアを操作的に定義するための妥当なカットオフ値を明示していく必要がある。

### 1. サルコペニアの呼称について

加齢に伴う筋量や筋力の減少をサルコペニアと呼び、日本語訳としては、筋肉、筋肉量、減少症、減弱症を組み合わせ、i) 筋肉減少症、ii) 筋肉量減少症、iii) 筋肉減弱症、iv) 筋肉量減弱症などの語が用いられることが多い。また、サルコペニアの発症機序の主要因である加齢を語頭につけ、加齢性筋肉減少症などとも呼ばれており、サルコペニアの日本語呼称は混沌としている。本書においては、サルコペニアを日本語訳することなく、カタカナでそのまま用いることとする。

### 2. サルコペニアの要素

高齢期における筋量および筋力の低下は、高齢期における身体的虚弱発生の主要な原因となり、老年医学における重要な課題とされている<sup>1)</sup>。Fried<sup>2)</sup>による高齢者が虚弱に陥るサイクルをみると、身体活動の低下によって総エネルギー代謝が減少し、食欲減少から低栄養状態に陥り、その状態が筋量減少、すなわちサルコペニア<sup>3)</sup>を招き、筋力や有酸素能力の低下から歩行能力が低下し、さらに活動を制限させる結果となる。また、筋力の低下は基礎代謝量を減少させ、総エネルギー代謝の減少に影響を及ぼす<sup>2)</sup>(図1)。この虚弱のサイクルを断ち切るためには、栄養状態と運動による筋量および筋力



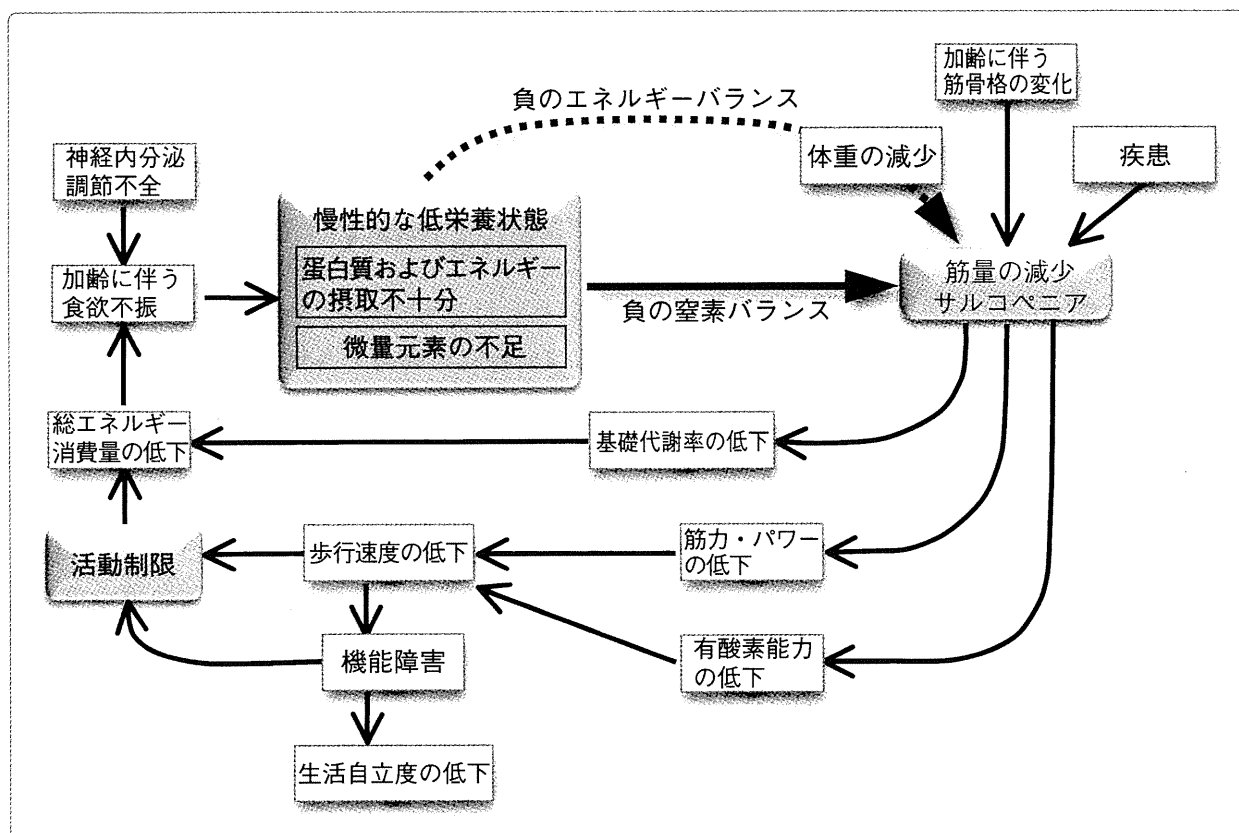


図1 虚弱への負のサイクル (文献2より引用改変)

サルコペニアと栄養摂取や身体機能との関係を模式的に示した。この負のサイクルにより高齢者は虚弱化し、生活の自立度低下を発生する。

の向上が重要となる。

筋力低下と身体機能障害とは非線形の関係にあり、筋力が中等度から高度に低下した時、最も多く身体機能障害が出現する<sup>4)</sup>。そのため、ほとんどの高齢者に出現する筋量の減少のうち、障害を引き起こす可能性が高くなる基準となる筋量の値が明確になることで、サルコペニア予防の意義を明確にすることができる。また、筋力は筋量のみで説明されるものではなく、神経筋機能や心理状態に左右され、筋量と筋力との関係は必ずしも明確ではない<sup>5,6)</sup>。そのため、筋量の測定とともに筋力の測定を行うことで、高齢者の筋の機能をより正確に把握することが可能となる。

この20年間にいくつかのサルコペニアの操作的定義が提唱されてきた。しかし、加齢にお

ける理解や測定技術が進歩したにもかかわらず、サルコペニアの操作的定義に対する国際的な合意は得られていない現状にある。これを受けて、The European Geriatric Medicine Society, The European Society for Clinical Nutrition and Metabolism, The International Association of Gerontology and Geriatrics, European Region and the International Association of Nutrition and Aging の4組織が参加した The European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) によるサルコペニアの操作的定義が2010年に発表された。

従来のサルコペニアの操作的定義は骨格筋量を中心とした身体組成のみで行われていたが、日常生活機能を低下させる危険因子としてサルコペニアを捉えるのであれば、筋力を含めた検

討が必須である<sup>7)</sup>。EWGSOP の定義では、筋量、筋力の低下とともに運動機能の低下がサルコペニアの構成要素として含められ<sup>8)</sup>、サルコペニアと生活機能障害との関係を示しやすく、臨床や保健活動において意義の高い定義になっていると考えられる。以下には、筋量、筋力、運動機能の代表的な評価方法を概観し、サルコペニアを操作的に定義する方法を紹介する。

### 3. 筋量の計測方法

骨格筋量の測定は、主として形態計測、生体電気インピーダンス法 (bioelectrical impedance analysis : BIA)、二重エネルギー X 線吸収法 (dual energy X-ray absorptiometry : DXA)、magnetic resonance imaging (MRI) や computed tomography (CT) 画像の解析によって実施され、筋量が推定される。DXA や BIA は測定が簡便で、機器の移動ができるため、大規模集団の測定を行うのに有利である。MRI や CT は正確な測定が可能であるが、測定費用が高価であり、測定の所要時間が比較的に長いため、大規模調査には不向きである。また、DXA は肢における正確な測定が可能であるが、機器の操作に放射線技師が必要となる。BIA は安価で測定できる反面、その結果が集団特異的であり正確性に欠けるといった特徴を有する。

サルコペニアを操作的に定義し、基準値を決定するための疫学研究においては、DXA および BIA による研究が散見される。以下には、これらの測定法を用いてサルコペニアの操作的定義を行った代表的な研究を紹介する。

### 4. 二重エネルギー X 線吸収法 : DXA

現在、サルコペニアの操作的定義としてよく用いられるものの一つとして、Baumgartner ら<sup>9)</sup> による New Mexico 高齢者調査 (New Mexico

Elder Health Survey) からのデータを用いた定義がある。この定義は、DXA から得られた四肢の筋量の合計 (appendicular skeletal muscle mass : ASM) を身長 (m) の 2 乗で除した skeletal muscle mass index (SMI) を指標としたものである。サルコペニアの定義は、成人 (18~40 歳) における SMI の平均から 2 標準偏差 (2 SD) 以下に達した場合とされた。この操作的定義に基づくサルコペニアの有症率は、70 歳以下において 13~24%、80 歳以上では 50% 以上とされた。筋量は、性、形態測定、握力から算出した回帰式による推定値が用いられている。149 名の DXA の結果から得られた ASM に対する最適解は以下のとおりであった。

$$\begin{aligned} \text{ASM (kg)} = & 0.2487(\text{体重}) + 0.0483(\text{身長}) \\ & - 0.1584(\text{臀部周径}) + 0.0732(\text{握力}) \\ & + 2.5843(\text{性}) + 5.8828 \\ & [R^2 = 0.91, \text{標準誤差} = 1.58 \text{ kg}] \dots [1] \end{aligned}$$

50 名の下位グループの DXA による推定筋量の 86% がこの回帰式によって説明でき、測定誤差は  $\pm 1.7$  kg 以内とされた。この回帰式よりサルコペニアのカットオフ値を、男性は SMI が  $7.26 \text{ kg/m}^2$ 、女性では  $5.45 \text{ kg/m}^2$  と定義し、骨折歴、過去 1 年間の転倒経験、杖や歩行器の使用、歩行、バランス機能 (Tinetti's scale)、手段的日常生活動 (instrumental activities of daily living : IADL) との関係が調べられた。

その結果、男性では過去 1 年間の転倒経験、杖や歩行器の使用、バランス機能低下、IADL の制限とサルコペニアが有意に関連した。女性は IADL の制限のみがサルコペニアと関連していた (図 2)。ただし、この定義においては、体重や脂肪量が考慮されていなかった点が問題となる。肥満の高齢者は、身長が同じの痩せた高齢者と筋量が同等であった場合、体を動かすために必要な全体重当たりの筋量は相対的に減少する。

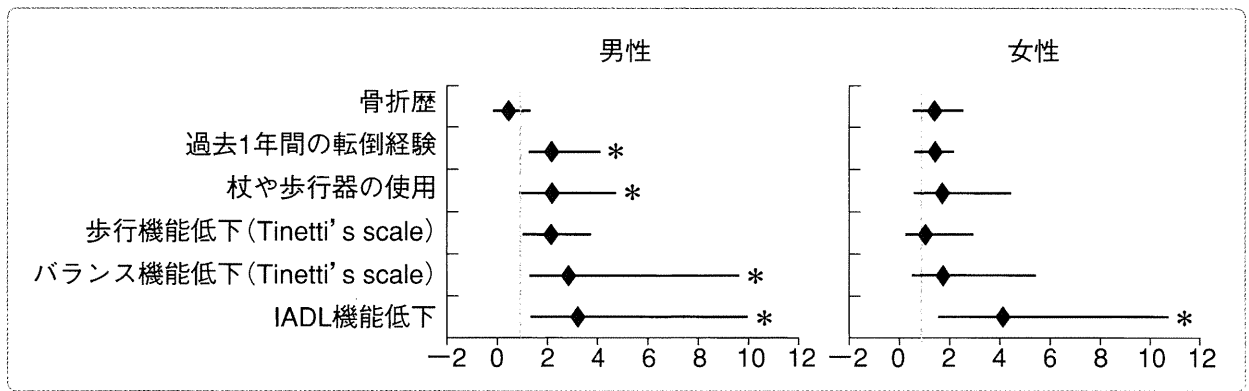


図2 サルコペニアと機能障害との関係 (文献9より作図)

\*: 有意水準に達した項目. ◆はオッズ比を示し, 横棒はオッズ比の95%信頼区間を示した.

この点を再検討するため, Baumgartner ら<sup>10)</sup> は, その後の研究において, 高齢者の身体組成を筋量と体脂肪率の両面から, i) 正常, ii) 肥満, iii) サルコペニア, iv) サルコペニア+肥満 (サルコペニック・オベシティー) に分類した. この分類におけるサルコペニアの有症率は, 60歳代で15%, 80歳以上で40%であり, サルコペニック・オベシティーは, 60歳代で2%, 80歳以上で10%であった.

正常を基準とした時の各群のIADLの制限に対するオッズ比は, サルコペニック・オベシティーの群が最も高く, 肥満のないサルコペニア群のオッズ比が3.0~3.8であるのに対し, 肥満を合併したサルコペニック・オベシティーを有する高齢者では, 8.7~12.0のオッズ比を認めている. これらの結果は, 高齢者の身体組成を問題とする場合には, 骨格筋量のみでなく脂肪量についても合わせて検討することで, 機能障害を起こす可能性のある高齢者を高感度でスクリーニングできることを示唆している.

70歳以上の高齢者を対象に, DXAによるサルコペニアの操作的定義を行ったNewmanら<sup>11)</sup>の報告では, 身長により補正されたSMIと, 身長と脂肪量で調整した筋量との違いが検討されている. 筋量の算出には線形回帰モデルが用いられ, 回帰の残差によってサルコペニアが操作的に定義された (SMI残差法).

両定義は高い相関を示したが (男性  $r=0.88$ , 女性  $r=0.71$ ), 一方の定義のみでしかサルコペニアと判定されない対象者が存在した. 男性では, 1,063名中202名 (19.0%) が両定義でサルコペニアと定義され, 85名 (8.0%) が一方の定義のみでサルコペニアとされた. 女性では, 1,084名中155名 (14.3%) が両定義に該当し, 同数の155名 (14.3%) が一方の定義のみでサルコペニアと判定された.

両定義の有症率を body mass index (BMI) で分割すると, SMIでは痩せ形の体格をした高齢者の有症率が高く, BMIが30以上ではサルコペニアと定義された高齢者はいなかった. SMI残差法では, BMIが30以上の高齢者においても男性で11.5%, 女性で14.4%の者がサルコペニアと定義づけられた (図3). この結果は, 脂肪量を考慮していないSMIではサルコペニック・オベシティーの存在を把握することが難しく, 脂肪量を考慮したサルコペニアの操作的定義が必要であることを示唆している. また, SMI残差法は, SMIより密接に下肢機能との関連が認められ, その後の縦断調査によって日常生活機能障害の発生に対する予測妥当性がSMI残差法でより高いことが確認されている<sup>12)</sup>.

このように, サルコペニアの有症率は, 人種や地域, 測定方法, 基準値の決定方法によって

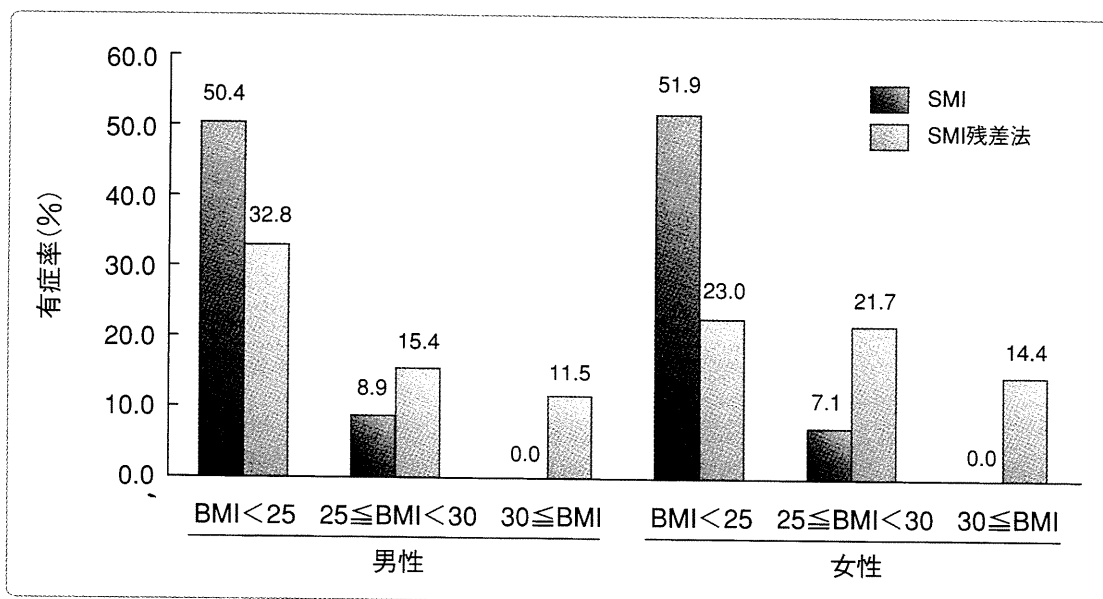


図3 BMI別にみた操作的定義の違いによるサルコペニアの有症率（文献12より作図）  
SMI：skeletal muscle mass index, BMI：body mass index.

異なり、それぞれの方法で妥当性が確認されているため、最適な操作的定義を決定することが難しい現状にある。日本人を対象とした大規模調査では、Itoら<sup>13)</sup>による福岡県で健診を受診した高齢者2,411名のDXAにより、加齢に伴う筋量と脂肪量の推移を明らかとした研究がある。また、真田ら<sup>14)</sup>は、独立行政法人国立健康・栄養研究所による「生活習慣病一次予防に必要な身体活動量・体力基準値策定を目的とした大規模介入研究のベースラインデータ」を用いて、サルコペニアの基準値と妥当性を18～85歳の日本人1,894名のDXAから検討した。

Baumgartner<sup>9)</sup>らによる成人SMIの2SDをサルコペニアとすると、日本人の参照値は男性SMIが6.87 kg/m<sup>2</sup>、女性では5.46 kg/m<sup>2</sup>であった。また、SMIの1SDをサルコペニア予備群とすると、70歳以上の高齢者では、男性の57%、女性の33%、80歳以上では男性の76%、女性の41%が含まれた。サルコペニアとその予備群では、標準SMIの群より筋力や骨密度が有意に低値を示した。このSMI値は以下の推定式により推定でき、推定誤差は男性で0.40 kg/m<sup>2</sup>、女

性で0.17 kg/m<sup>2</sup>であり、推定式の妥当性の検討では、決定係数は男性0.73、女性0.61であった。

男性：

$$\text{SMI}(\text{kg}/\text{m}^2) = 0.326(\text{BMI}) - 0.047(\text{腹囲}) - 0.011(\text{年齢}) + 5.135$$

$$[R^2=0.68] \dots\dots [2]$$

女性：

$$\text{SMI}(\text{kg}/\text{m}^2) = 0.156(\text{BMI}) + 0.044(\text{握力}) - 0.010(\text{腹囲}) + 2.747$$

$$[R^2=0.57] \dots\dots [3]$$

サルコペニア予防を目的とした保健事業などにおいて、すべての高齢者にDXAを測定することは現実的ではないため、この推定式からSMIを求めて筋量低下を把握していけばよいだろう。

## 5. 生体電気インピーダンス法：BIA

Janssenら<sup>6)</sup>は、米国のThird National Health and Nutrition Examination Surveyにおける4,449名のデータを用いて、BIAによるSMIの

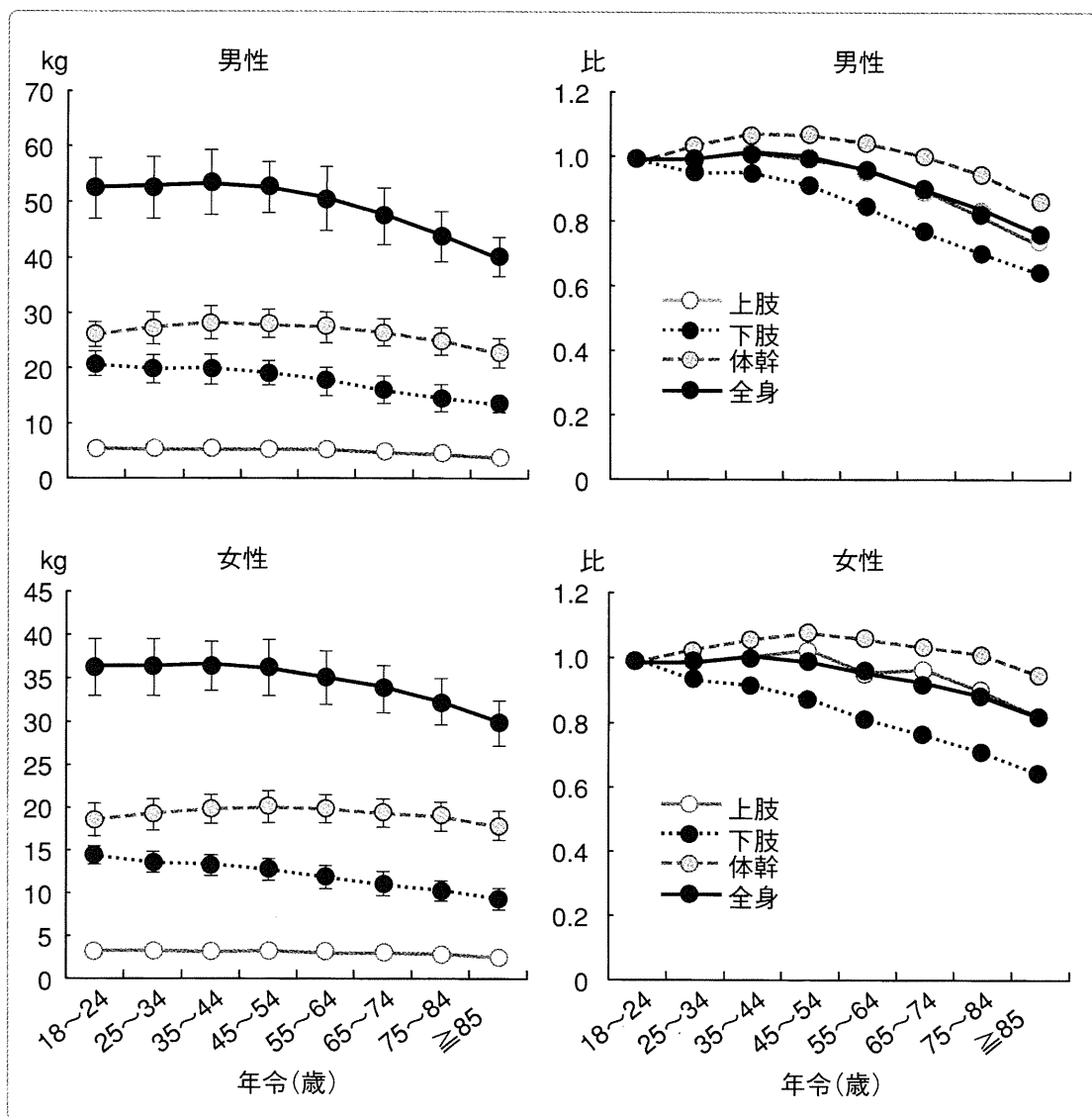


図4 BIA測定による筋量の経年変化（文献11より作図）。

左図：筋量の経年変化，右図：18～24歳の筋量を1とした時の年代別の筋量の変化。

基準値を報告している。筋量の推定は以下の回帰式で実施された。

$$\text{骨格筋量(kg)} = [(\text{身長}^2/\text{BIA 抵抗} \times 0.401) + (\text{性} \times 3.825) + (\text{年齢} \times 0.071)] + 5.102 \dots\dots [4]$$

日常生活活動（activities of daily living：ADL）およびIADLの障害とSMIとの関係を見ると、女性ではSMIが $5.75 \text{ kg/m}^2$ 以下の高齢者は $6.76 \text{ kg/m}^2$ 以上の者に対して障害を有するオッズ比が3.3となり、男性ではSMIが $10.76 \text{ kg/m}^2$

以上に対する $8.50 \text{ kg/m}^2$ 以下の者のオッズ比が4.7になるとされた。なお、これらの結果は年齢や体脂肪を調整して算出されている。この基準値に該当した高齢者、すなわちサルコペニアを有する者の割合は、女性は9.4%、男性では11.2%であった。

日本人を対象とした研究では、谷本ら<sup>15)</sup>が18歳以上の日本人4,003名（男性1,702名、女性2,301名）を対象として、BIA測定による年齢階級別の筋肉量を示した（図4）。この結果では、下肢筋肉量の減少が加齢とともに最も顕著

表 1 高齢者における握力と膝伸展筋力の基準値 (文献 17 より作表)

		レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 4	レベル 5
握力 (kg)	男性	25 未満	25~28	29~32	33~36	37 以上
	女性	15 未満	15~17	18~20	21~23	24 以上
膝筋力 (N)	男性	135 未満	135~208	209~261	262~322	323 以上
	女性	81 未満	81~140	141~176	177~215	216 以上

に現われ、85 歳以上の高齢者では、18~24 歳の成人の約 60%まで減少することが明らかとされたが、サルコペニアといった観点からの分析はなされず、高齢期における筋量の減少が日常生活機能に及ぼす影響については明らかとされていない。

## 6. 筋力の測定方法

筋力の測定方法は、測定部位を固定した状態で行う等尺性筋力と、一定速度で体を動かしながら測定する等速性筋力の測定とに分かれる。高齢期には速筋が優位に低下するため、速い角速度下で行う等速性筋力の測定が筋機能低下の特徴を捉えるために有益であるが、高価で運搬が困難な機器を用いなければならないため、一部の病院や研究施設を除いて測定が難しい状況にある。

一方、等尺性筋力の測定は、握力に代表されるように、簡便に計測が可能といった利点を持つ。握力検査は簡便かつ安全に実施可能であり、高齢者の上肢の筋力のみならず、他の筋群の筋力も反映する指標として用いることができる<sup>16)</sup>。また、握力は高齢者の日常生活機能の低下の予測因子でもあり、スクリーニング検査としては最適な検査方法であろう。表 1 に高齢者における握力の標準値を示した<sup>17)</sup>。ただし、日常生活機能の低下に直接影響する移動能力の基盤となる下肢筋力と握力検査値が乖離する例も少なくなく、下肢筋力検査を並行して行うことが望ましい。

下肢筋力のスクリーニング検査としては、徒手筋力検査、マスキュレーターを用いた等尺性筋力測定、あるいは下肢筋力を反映する下肢機能検査として chair stand test (CST) が実施される場合が多い。徒手筋力検査は機器を用いずに簡便に測定が実施できる反面、判定に技能が要求され、測定値を間隔尺度として用いることができないといった欠点を有する。これらの欠点を解消するためにマスキュレーターを用いた筋力測定が実施される。表 1 に高齢者における等尺性膝伸展筋力の標準値を示した<sup>17)</sup>。

CST は、椅子からの立ち座りをできるだけ速く行うことで下肢機能を測定する検査である<sup>18)</sup>。方法には 30 秒間に何回立ち座りできるかと、5 回の立ち座りを何秒間でできるかを測定する方法とがある。なお、CST は、再現性および下肢筋力との相関関係 (男性:  $r=0.78$ , 女性:  $r=0.71$ ) が確認されている<sup>19)</sup>。

## 7. 運動機能の測定方法

高齢者は日常生活を送る上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となる。例えば、階段昇降や立ち上がり動作を行う時、下肢の最大筋力に対して動作に必要なとされる筋力の比率は、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<sup>20)</sup>。高齢者の運動機能の中でも歩行速度は、

表2 年齢階級ごとの Timed up & go テストの基本統計量と男女差 (文献 24 より引用)

年齢 (歳)	男性					女性				
	度数 (人数)	平均値 (秒)	標準偏差 (秒)	最小値 (秒)	最大値 (秒)	度数 (人数)	平均値 (秒)	標準偏差 (秒)	最小値 (秒)	最大値 (秒)
65~69	72	5.4	1.1	3.6	11.3	95	5.9	1.0	3.5	8.3
70~74	134	6.8	2.7	3.4	23.1	194	7.6	2.8	4.2	28.0
75~79	114	7.4	2.6	4.2	24.1	164	8.3	2.4	4.3	21.3
80~84	50	7.9	2.3	3.8	18.5	83	9.6	3.0	5.3	21.2
85≤	26	7.0	1.8	4.7	11.1	27	13.2	8.7	5.0	41.4
合計	396	6.9	2.5	3.4	24.1	563	8.1	3.4	3.5	41.4

運動機能バッテリーテスト全体から定義される「運動能力」を最も代表する<sup>21)</sup>ので、多数の種目が実施できない場合には、少なくとも歩行検査だけでも実施することが推奨される<sup>22)</sup>。

代表的に実施される歩行検査としては、一定距離当たりの所要時間を計測して歩行速度を算出する方法がよく用いられる。歩行距離は5~10 m 程度の短距離で計測される場合が多く、歩行開始と終了時の加速と減速の影響を排除するために、歩行路の両端に2~3 m の予備路を設ける場合が多い。

歩行速度の測定のほか、直線歩行と立ち上がりや回転動作を含む Timed up & go テスト (TUG) がよく用いられている。TUG は椅子に座った状態から3 m 先の印を回って元の椅子に腰かけるまでの時間を測定する。歩行条件は通常の速さで歩き、日常的に杖や装具などを用いている場合には、それらを使用した状態で測定する。

TUG は、歩行速度の測定より歩行路を短く設定できるため、限られた空間でも測定可能という利点を有する。また、歩行機能および下肢筋力やバランス機能を反映した指標でもあり<sup>23)</sup>、下肢機能を簡便にスクリーニングするには良い指標である。TUG の基準値 (歩行条件: できるだけ速く歩く)<sup>24)</sup>を表2に示した。

### 3. 日本人高齢者におけるサルコペニアの操作的定義

サルコペニアの操作的定義について、いくつかの研究を概観した。図5にはサルコペニアの決定と介入の必要性を検討するためのフローの案を提示した。サルコペニアは筋量と筋力の低下を表した言葉であるので、その決定には筋量と筋力の測定結果に基づく分類がなされなければならない。筋量に関しては推定式 [2] と [3] (p.16 参照) を用いて SMI を算出し、男性 SMI が  $6.87 \text{ kg/m}^2$ 、女性では  $5.46 \text{ kg/m}^2$  をカットオフ値とした。筋力に関しては測定が簡便な握力において、高齢者の握力値五分位の最下位レベル<sup>17)</sup>をカットオフ値として示した。筋量、筋力ともにカットオフ値以下の値を示した対象者を「サルコペニア」と定義し、筋量、筋力いずれかが低下した者を「サルコペニア疑い」とした。筋量、筋力ともにカットオフ値以上の値を示した者は「サルコペニアなし」と定義した。

サルコペニアおよびサルコペニア疑いの対象者に関しては、筋機能の低下による運動機能障害が認められるかを確認するため、TUG を測定し、65 歳以上の高齢者の平均値以上<sup>24)</sup> (TUG は値が大きいほど機能が低いことを示す) の対象者については介入の必要性が高い者とし、それ未満の者については経過観察が必要とした。こ

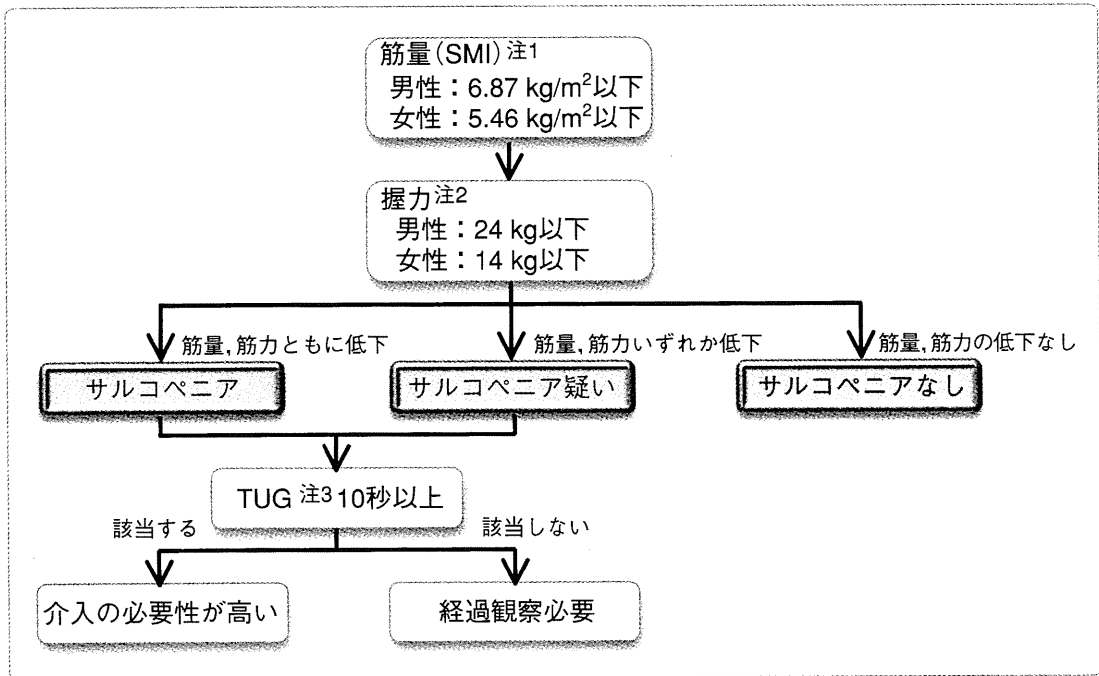


図5 サルコペニアの決定と介入の必要性を決定するフロー（案）

注1：40歳以下の成人の skeletal muscle mass index (SMI) 平均値から2標準偏差(2SD)を減じた値<sup>14)</sup>。DXAを用いることができない場合にはSMI推定式により算出する。

注2：高齢者の握力値五分位の最下位レベル<sup>17)</sup>。

注3：高齢者の最速条件下におけるTUGの平均値（TUGは値が大きいほど機能が低いことを示す）<sup>24)</sup>。

の一連のフローを経ることによって、サルコペニアを操作的に定義づけ、介入の必要性を判断することが可能となる。

ただし、今回示したカットオフ値が妥当であるかどうかは、現段階において明確ではない。今後、健常成人のデータに基づいて高齢者のカットポイントを決定するのか、大規模コホートから、筋量、筋力、運動機能すべてを網羅し

た縦断研究によって生活機能低下などの外的基準に基づいてカットポイントを決定するか検討し、日本人のサルコペニアを操作的に定義するための基準値が明確にされなければならない。この定義が確立することで、サルコペニアの有症率と危険因子が検討でき、予防と改善のための方策を具体的に示すことが可能となるだろう。

## 文 献

- 1) Morley JE : The top 10 hot topics in aging. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 59 : 24-33, 2004
- 2) Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al : Frailty in older adults : Evidence for a phenotype. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 56 : M146-M156, 2001
- 3) Rosenberg IW : Epidemiologic and methodologic problems in determining nutritional status of older persons. (Summary comments). Am J Clin Nutr 50 (Suppl) : 1231-1233, 1989
- 4) Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L, et al : Compairments as predictors of severe walking disability in older women. J Am Geriatr Soc 49 : 21-27, 2001
- 5) Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, et al : The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults : The health, aging and body com-



- position study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 61 : 1059-1064, 2006
- 6) Janssen I, Baumgartner RN, Ross R, et al : Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol* 159 : 413-421, 2004
  - 7) Visser M, Newman AB, Nevitt MC, et al : Reexamining the sarcopenia hypothesis : Muscle mass versus muscle strength. Health, Aging, and Body Composition Study Research Group. *Ann N Y Acad Sci* 904 : 456-461, 2000
  - 8) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al : Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis : Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 39 : 412-423, 2010
  - 9) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, et al : Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 147 : 755-763, 1998
  - 10) Baumgartner RN : Body composition in healthy aging. *Ann NY Acad Sci* 904 : 437-448, 2000
  - 11) Newman AB, Kupelian V, Visser M, et al : Sarcopenia : Alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc* 51 : 1602-1609, 2003
  - 12) Delmonico MJ, Harris TB, Lee JS, et al : Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 55 : 769-774, 2007
  - 13) Ito H, Ohshima A, Ohto N, et al : Relation between body composition and age in healthy Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr* 55 : 462-470, 2001
  - 14) 真田樹義, 宮地元彦, 山元健太, 他 : 日本人成人男女を対象としたサルコペニア簡易評価法の開発. *体力科学* 59 : 291-302, 2010
  - 15) 谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野 令, 他 : 日本人筋肉量の加齢による特徴. *日老医誌* 47 : 52-57, 2010
  - 16) Rantanen T, Era P, Kauppinen M, et al : Maximal isometric muscle strength and socio-economic status, health and physical activity in 75-years-old persons. *Aging Physical Activity* 2 : 206-220, 1994
  - 17) 鈴木隆雄, 大淵修一 (監修) : 介護予防完全マニュアル : 包括的なプラン作成のために. 東京都高齢者研究・福祉振興財団, 東京, 2004
  - 18) Csuka M, McCarty DJ : Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am J Med* 78 : 77-81, 1985
  - 19) Jones CJ, Rikli RE, Beam WC : A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport* 70 : 113-119, 1999
  - 20) 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
  - 21) Nagasaki H, Itoh H, Furuna T : The structure underlying physical performance measures for older adults in the community. *Aging (Milano)* 7 : 451-458, 1995
  - 22) Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, et al : Lower extremity function and subsequent disability : consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55 : M221-M231, 2000
  - 23) Shimada H, Kim H, Yoshida H, et al : Factors associated with timed “Up and Go” test score in elderly women. *J Phys Ther Sci* (in press)
  - 24) 島田裕之, 古名丈人, 大淵修一, 他 : 高齢者を対象とした地域保健活動における Timed Up & Go Test の有用性. *理学療法学* 33 : 105-111, 2006

[島田裕之]

## 第3節 サルコペニアと障害高齢者

### Summary

- 要介護高齢者がサルコペニアを有している割合が高いことが想定される。
- 要介護高齢者の筋力は地域在住高齢者の筋力よりも有意に低下している。
- 要介護高齢者に対する身体機能測定の実行可能性が示されている。
- 要介護高齢者のような筋力低下が進んだ高齢者に対して介入効果を上げることは難しい。
- 今後、要介護高齢者に対する有効な筋の測定方法、介入方法を検討していかなければならない。

### 1. 障害を有する高齢者における筋の特徴

障害を有する高齢者には、疾病後の医学的リハビリテーション対象者、もしくは医学的リハビリテーションを終えた、あるいは受けることなく維持期にある要介護認定を受けた高齢者（要介護高齢者）が含まれる。ここでは要介護高齢者について述べる。

要介護高齢者の介護が必要となった主な原因として、国民生活基礎調査の結果をみると、平成19年度の調査では脳卒中（23.3%）、認知症（14.0%）、高齢による衰弱（13.6%）、関節疾患（12.2%）、骨折・転倒（9.3%）という順であった<sup>1)</sup>。この調査での高齢による衰弱は、必ずしも明確ではないが、いわゆる高齢による身体機能の低下がここに含まれていると考えられる。

関節疾患は、関節リウマチ、何らかの原因に

よる関節炎、関節症、腰痛症を含むが、特に変形性膝関節症は、加齢による筋力の低下が病態を発症させる要因の一つであることが縦断研究により明らかにされている<sup>2)</sup>。転倒についても、筋力低下は転倒発生の危険性が最も高まる症状と報告されており<sup>3)</sup>、要介護状態に至る原因としてサルコペニアは多大な影響を及ぼしていると考えられる。

また、要介護高齢者の年齢別構成割合をみると、75～79歳が17.8%、80歳以上は61.2%を占め<sup>1)</sup>、後期高齢者の割合が非常に高い。サルコペニアの有症率は80歳以上では50%とも報告されており<sup>4)</sup>、この点からも要介護高齢者がサルコペニアを有している割合が高いことが想定される。

さらに問題となる点は、要介護高齢者は疾病の後遺症による日常生活活動（activities of daily living：ADL）障害から不活動となることが多

く、廃用症候群に合併する危険性が高いということである。特に廃用性の筋委縮はわずか1カ月のベッド上安静で5~10%進行し、筋力については20%まで急激に低下することが明らかにされている<sup>5)</sup>。

これらのことから、要介護高齢者の筋は健全な高齢者とは異なる推移を示すことが想定される。筋力でいえば、地域在住高齢者1,675名(平均年齢75.8±3.9歳)と要介護高齢者1,456名(平均年齢81.6±6.9)の握力を比較した筆者らの調査の結果では、それぞれの平均が23.2±7.9kg, 16.5±6.9kgであり、有意な差が認められた(図1)。

一般的に高齢者における筋力低下はADL低下をもたらす<sup>6)</sup>とされている。しかし、要介護高齢者においてADLの低下と身体機能との関連を検討した研究では、筋力ではなく歩行機能(Timed up & goテスト)との関連が示された<sup>7)</sup>。相対的に筋力が低いことが、この結果に影響を与えていると考えられる。

要介護高齢者がADLを維持することを目標にするのか、それとも向上なのかはその重症度によって異なり、またそのトレーナビリティも異なることが予想される。高齢者のトレーニングの主軸となる筋力トレーニングを効果的に行うためにも、今後、要介護高齢者の筋の病態について適切に把握しなければならない。

## 2. 介護高齢者に対する筋力向上の取り組みの現状

### 1) 要介護高齢者に対する筋力測定

要介護高齢者に対しどのように筋力測定を行うかは検討すべきである。後期高齢者が多く複数疾患を持っている要介護高齢者は、運動や測定時のリスクが高いといえる。また、一般的に要介護高齢者が利用するような施設において、

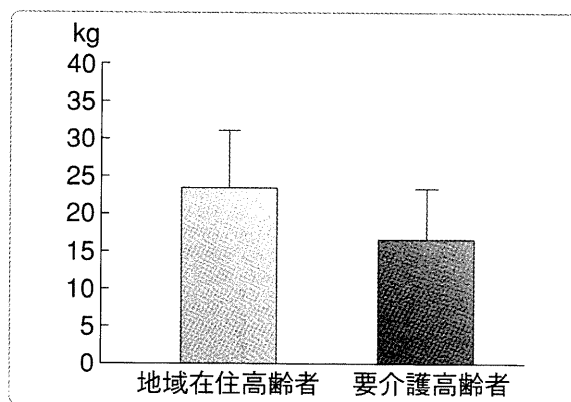


図1 地域在住高齢者と要介護高齢者の握力の比較

評価・測定は行われていないのが現状である。

そこで、筆者らは、要介護高齢者の大規模集団において、身体機能測定の実行可能性を明らかとした<sup>8)</sup>(図2)。その結果、要介護高齢者においても、上肢の代表的な筋力である握力は、全対象者の約90%の測定が可能であり、下肢筋力(立ち座りテスト)においては移乗や移動が自立している者は約80%、自立していない者でも約70%の実施ができた。

握力測定は簡便であり、評価に不慣れな介護施設においても実施がしやすいと思われる。ただし、高齢になるにつれて握力とその他の筋の関連は低くなり<sup>9)</sup>、筆者らが1,456名の要介護高齢者の握力と下肢筋力(立ち座りテスト)を調査した結果では、相関係数-0.17と低い関連が認められた(図3)。この結果から、握力だけでなく他の筋力も測定することが必要であるといえる。

一方で、要介護高齢者のうちの多くは認知症を患っており、そういった対象者には最大筋力を発揮させる筋力測定は妥当ではないともいえる。また、下肢筋力の低下と下肢筋量減少は必ずしも一致しないという報告<sup>10)</sup>があることから、筋量の測定を筋力と合わせて調査する必要がある。

要介護高齢者がサービスを利用する環境は、

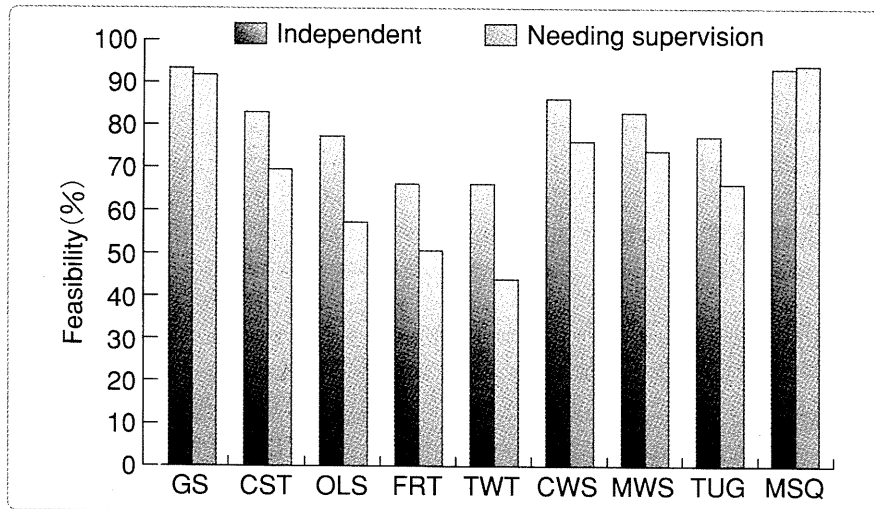


図2 要介護高齢者における身体機能測定の実行可能性 (文献7より引用) 移動と移乗の自立者, 非自立者における測定の実行可能性

Feasibility: 実行可能性, Independent: 自立, Needing supervision: 非自立. GS: 握力, CST: 立ち座りテスト, OLS: 片足立ち, FRT: ファンクショナルリーチテスト, TWT: タンデムウォーキングテスト, CWS: 通常歩行速度, MWS: 最大歩行速度, TUG=Timed up & go テスト, MSQ: mental status questionnaire.

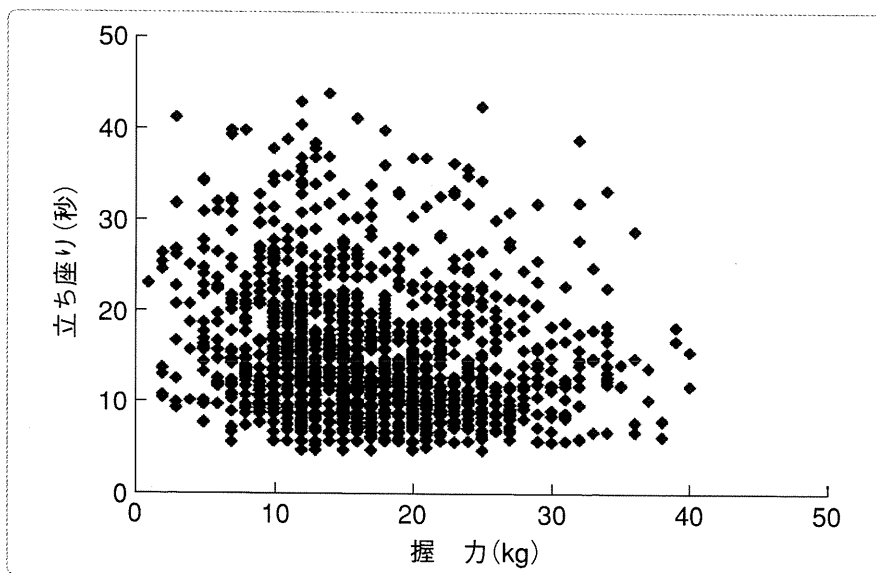


図3 握力と立ち座り (下肢筋力) の関係

医療機関であることは少なく, magnetic resonance imaging (MRI) や computed tomography (CT) の測定を容易に行える状況ではない. 二重エネルギー X 線吸収法 (dual energy X-ray absorptiometry: DXA) や生体電気インピーダンス法 (bioelectrical impedance analysis: BIA) は,

測定の所要時間も短く, 方法も簡便であるため, 要介護高齢者にも適用可能と考えられる.

ただし, Bauer ら<sup>11)</sup>がまとめたナーシングホームにおけるサルコペニアのレビューによれば, 現実的には BIA や DXA の適用は難しく, 上腕や下腿の周径を測定することが最も適してい