

(ALAP) has been identified as a member of the M1 family of zinc-dependent metallopeptidases (29). ALAP was shown to catalyze the hydrolysis of a variety of bioactive peptides *in vitro* and to play a role in the regulation of blood pressure through inactivation of angiotensin II and generation of bradykinin (29). The 1583G→A (Arg528Lys) polymorphism of ALAP was associated with essential hypertension, with the 1583G (Arg528) allele representing a risk factor for this condition (30). We have now shown that the 1583G→A (Arg528Lys) polymorphism of ALAP was associated with BMD for the total body, femoral neck, and trochanter in premenopausal women, with the A allele being associated with reduced BMD. The molecular mechanism responsible for the effect of this polymorphism on bone remodeling remains to be determined.

Association of the -514C→T polymorphism of LIPC with BMD. Hepatic lipase (LIPC), a glycoprotein member of the lipase superfamily, plays an important role in the metabolism and modeling of both pro- and anti-atherogenic lipoproteins. Synthesized and secreted by the liver, LIPC performs several metabolic functions, including hydrolysis of triglycerides and phospholipids, modeling of certain low-density lipoprotein (LDL)-cholesterol particles, and catabolism of high-density lipoprotein (HDL) cholesterol (31). The -514C→T polymorphism of LIPC, which is located in the promoter region, has been shown to affect LIPC activity, with activity being decreased in carriers of the T allele (32,33). This polymorphism was also shown to have a significant effect on the plasma level of HDL cholesterol, with the T allele being associated with increased levels (34,35). A meta-analysis of 25 studies, including a total of >24,000 subjects, revealed significant decreases in plasma LIPC activity and increases in HDL-cholesterol levels in individuals with the CT and those with the TT genotype compared with those with the CC genotype of the -514C→T polymorphism (36). We have now shown that this polymorphism was associated with BMD for the distal radius, total body, and trochanter in all women and with BMD for the distal radius and total body in postmenopausal women, with the CT genotype being associated with increased BMD. The mechanisms responsible for the associations of the CT genotype both with increased plasma concentrations of HDL (36) and with increased bone mass in women (the present study) remain to be elucidated.

Association of the 1462A→G (Lys469Glu) polymorphism of ICAM1 with BMD. Interactions between osteoblasts and osteoclasts are important in osteoclastogenesis, and multiple adhesion molecules, including intercellular adhesion molecule 1 (ICAM1 or CD54) (37,38), are expressed on the osteoblast surface. Studies of osteoclastogenesis in coculture systems of osteoblasts and preosteoclastic cells have revealed that inhibition of the cellular interactions mediated through ICAM1 with the use of specific monoclonal antibodies inhibited osteoclast formation (38,39). These studies thus demonstrated a pivotal role for ICAM1-expressing osteoblasts in the differentiation of osteoclast precursor cells into mature osteoclasts, resulting in a shift in bone homeostasis toward resorption. Indeed, the expression of ICAM1 in osteoblasts was shown to be increased in osteoporotic bone

(40). The 1462A→G (Lys469Glu) polymorphism of ICAM1, which is located in a region of the gene corresponding to an immunodominant epitope involved in integrin-mediated B cell adhesion and neutrophil transmigration, has been associated with a variety of proinflammatory phenotypes including transplant rejection and vasculopathy (41) as well as postoperative myocardial infarction (42). We have now shown that this polymorphism of ICAM1 was associated with BMD for the distal radius in all women, and with BMD for the distal radius, total body, lumbar spine, and trochanter in postmenopausal women, with the A allele being associated with reduced BMD. The association of the 1462A→G (Lys469Glu) polymorphism with BMD may be attributed to the effect of this polymorphism on osteoclastogenesis and consequent bone resorption.

Limitations of the study. Given the multiple comparisons of genotypes with BMD at various sites in the present study, it is not possible to exclude potential type I errors (false positives). It is also possible that the polymorphisms associated with reduced BMD in our study were in linkage disequilibrium with other polymorphisms in the same gene or polymorphisms of nearby genes that are actually responsible for the development of this condition. Furthermore, the relevance of the polymorphisms to gene transcription or to protein structure or function and their effects on bone remodeling were not determined in the present study.

In conclusion, our present results suggest that ALAP, PLOD1, ICAM1, LIPC, and CNR2 are susceptibility loci for reduced BMD in Japanese women and that GJA4 constitutes such a locus in Japanese men. The polymorphisms of ICAM1 and CNR2 may confer susceptibility to postmenopausal osteoporosis in women, and that of GJA4 to osteoporosis in men. Determination of genotypes for these polymorphisms may prove informative for assessment of the genetic risk for reduced BMD. Given that multiple variants, each having a small effect, will likely ultimately be found to be responsible for a large fraction of the genetic component of osteoporosis, identification of additional osteoporosis susceptibility genes will allow more accurate assessment of the genetic component of this condition.

Acknowledgements

This study was supported in part by a Research Grant for Comprehensive Research on Aging and Health (H17-Choju-039) from the Ministry of Health, Labor, and Welfare of Japan.

References

1. Kanis JA, Melton LJ III, Christiansen C, Johnston CC and Khaltaev N: The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 9: 1137-1141, 1994.
2. Pocock NA, Eisman JA, Hopper JL, Yeates MG, Sambrook PN and Eberl S: Genetic determinations of bone mass in adults: a twin study. *J Clin Invest* 80: 706-710, 1987.
3. Gueguen R, Jouanny P, Guillemin F, Kuntz C, Pourel J and Siest G: Segregation analysis and variance component analysis of bone mineral density in healthy families. *J Bone Miner Res* 10: 2017-2022, 1995.
4. Ralston SH: Genetic determinants of susceptibility to osteoporosis. *Curr Opin Pharmacol* 3: 286-290, 2003.

5. Johnson ML, Gong G, Kimberling W, Recker SM, Kimmel DB and Recker RB: Linkage of a gene causing high bone mass to human chromosome 11 (11q12-13). *Am J Hum Genet* 60: 1326-1332, 1997.
6. Econs MJ, Koller DL, Hui SL, *et al*: Confirmation of linkage to chromosome 1q for peak vertebral bone mineral density in premenopausal white women. *Am J Hum Genet* 74: 223-228, 2004.
7. Morrison NA, Qi JC, Tokita A, *et al*: Prediction of bone density from vitamin D receptor alleles. *Nature* 367: 284-287, 1994.
8. Uitterlinden AG, Burger H, Huang Q, *et al*: Relation of alleles of the collagen type Ia1 gene to bone density and the risk of osteoporotic fractures in postmenopausal women. *N Engl J Med* 338: 1016-1021, 1998.
9. Yamada Y, Ando F, Niino N and Shimokata H: Transforming growth factor- β 1 gene polymorphism and bone mineral density. *JAMA* 285: 167-168, 2001.
10. Xiong DH, Shen H, Zhao LJ, *et al*: Robust and comprehensive analysis of 20 osteoporosis candidate genes by very high-density single-nucleotide polymorphism screen among 405 white nuclear families identified significant association and gene-gene interaction. *J Bone Miner Res* 21: 1678-1695, 2006.
11. Shimokata H, Ando F and Niino N: A new comprehensive study on aging - the National Institute for Longevity Sciences, Longitudinal Study of Aging (NILS-LSA). *J Epidemiol* 10: S1-S9, 2000.
12. Yamada Y, Ando F, Niino N and Shimokata H: Association of polymorphisms of interleukin-6, osteocalcin, and vitamin D receptor genes, alone or in combination, with bone mineral density in community-dwelling Japanese women and men. *J Clin Endocrinol Metab* 88: 3372-3378, 2003.
13. Yamada Y, Ando F, Niino N and Shimokata H: Association of polymorphisms of androgen receptor and klotho genes with bone mineral density in Japanese women. *J Mol Med* 83: 50-57, 2005.
14. Yamada Y, Ando F and Shimokata H: Association of a microsomal triglyceride transfer protein gene polymorphism with blood pressure in Japanese women. *Int J Mol Med* 17: 83-88, 2006.
15. Yamada Y, Ando F and Shimokata H: Association of polymorphisms in forkhead box C2 and perilipin genes with bone mineral density in community-dwelling Japanese individuals. *Int J Mol Med* 18: 119-127, 2006.
16. Yamada Y, Izawa H, Ichihara S, *et al*: Prediction of the risk of myocardial infarction from polymorphisms in candidate genes. *N Engl J Med* 347: 1916-1923, 2002.
17. Devoto M, Specchia C, Li HH, *et al*: Variance component linkage analysis indicates a QTL for femoral neck bone mineral density on chromosome 1p36. *Hum Mol Genet* 10: 2447-2452, 2001.
18. Tasker PN, Macdonald H, Fraser WD, Reid DM, Ralston SH and Albagha OM: Association of PLOD1 polymorphisms with bone mineral density in a population-based study of women from the UK. *Osteoporos Int* 17: 1078-1085, 2006.
19. Spotila LD, Rodriguez H, Koch M, *et al*: Association analysis of bone mineral density and single nucleotide polymorphisms in two candidate genes on chromosome 1p36. *Calcif Tissue Int* 73: 140-146, 2003.
20. Herkenham M, Lynn AB, Little MD, *et al*: Cannabinoid receptor localization in brain. *Proc Natl Acad Sci USA* 87: 1932-1936, 1990.
21. Munro S, Thomas KL and Abu-Shaar M: Molecular characterization of a peripheral receptor for cannabinoids. *Nature* 365: 61-65, 1993.
22. Idris AI, van't Hof RJ, Greig IR, *et al*: Regulation of bone mass, bone loss and osteoclast activity by cannabinoid receptors. *Nat Med* 11: 774-779, 2005.
23. Ofek O, Karsak M, Leclerc N, *et al*: Peripheral cannabinoid receptor, CB2, regulates bone mass. *Proc Natl Acad Sci USA* 103: 696-701, 2006.
24. Karsak M, Cohen-Solal M, Freudenberg J, *et al*: Cannabinoid receptor type 2 gene is associated with human osteoporosis. *Hum Mol Genet* 14: 3389-3396, 2005.
25. Yeh HI, Lai YJ, Chang HM, Ko YS, Severs NJ and Tsai CH: Multiple connexin expression in regenerating arterial endothelial gap junctions. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 20: 1753-1762, 2000.
26. Reed KE, Westphale EM, Larson DM, Wang HZ, Veenstra RD and Beyer EC: Molecular cloning and functional expression of human connexin37, an endothelial cell gap junction protein. *J Clin Invest* 91: 997-1004, 1993.
27. Hirashiki A, Yamada Y, Murase Y, *et al*: Association of gene polymorphisms with coronary artery disease in low- or high-risk subjects defined by conventional risk factors. *J Am Coll Cardiol* 42: 1429-1437, 2003.
28. Wong CW, Christen T, Roth I, *et al*: Connexin37 protects against atherosclerosis by regulating monocyte adhesion. *Nat Med* 12: 950-954, 2006.
29. Hattori A, Kitatani K, Matsumoto H, *et al*: Characterization of recombinant human adipocyte-derived leucine aminopeptidase expressed in Chinese hamster ovary cells. *J Biochem* 128: 755-762, 2000.
30. Yamamoto N, Nakayama J, Yamakawa-Kobayashi K, Hamaguchi H, Miyazaki R and Arinami T: Identification of 33 polymorphisms in the adipocyte-derived leucine aminopeptidase (ALAP) gene and possible association with hypertension. *Hum Mutat* 19: 251-257, 2002.
31. Bensadoun A and Berryman DE: Genetics and molecular biology of hepatic lipase. *Curr Opin Lipidol* 7: 77-81, 1996.
32. Tahvanainen E, Svanne M, Frick MH, *et al*: Association of variation in hepatic lipase activity with promoter variation in the hepatic lipase gene. The LOCAT Study Investigators. *J Clin Invest* 101: 956-960, 1998.
33. Shohet RV, Vega GL, Anwar A, Cigarroa JE, Grundy SM and Cohen JC: Hepatic lipase (LIPC) promoter polymorphism in men with coronary artery disease. Allele frequency and effects on hepatic lipase activity and plasma HDL-C concentrations. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 19: 1975-1978, 1999.
34. Guerra R, Wang J, Grundy SM and Cohen JC: A hepatic lipase (LIPC) allele associated with high plasma concentrations of high density lipoprotein cholesterol. *Proc Natl Acad Sci USA* 94: 4532-4537, 1997.
35. Couture P, Orvos JD, Cupples LA, *et al*: Association of the C-514T polymorphism in the hepatic lipase gene with variations in lipoprotein subclass profiles: The Framingham Offspring Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 20: 815-822, 2000.
36. Isaacs A, Sayed-Tabatabaei FA, Njajou OT, Witteman JCM and van Duijn CM: The -514 C-T hepatic lipase promoter region polymorphism and plasma lipids: a meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab* 89: 3858-3863, 2004.
37. Tanaka Y, Morimoto I, Nakano Y, *et al*: Osteoblasts are regulated by the cellular adhesion through ICAM-1 and VCAM-1. *J Bone Miner Res* 10: 1462-1469, 1995.
38. Tanaka Y, Maruo A, Fujii K, *et al*: Intercellular adhesion molecule 1 discriminates functionally different populations of human osteoblasts: characteristic involvement of cell cycle regulators. *J Bone Miner Res* 15: 1912-1923, 2000.
39. Harada H, Kukita T, Kukita A, Iwamoto Y and Iijima T: Involvement of lymphocyte function-associated antigen-1 and intercellular adhesion molecule-1 in osteoclastogenesis: a possible role in direct interaction between osteoclast precursors. *Endocrinology* 139: 3967-3975, 1998.
40. Lavigne P, Benderdour M, Lajeunesse D, Shi Q and Fernandes JC: Expression of ICAM-1 by osteoblasts in healthy individuals and in patients suffering from osteoarthritis and osteoporosis. *Bone* 35: 463-470, 2004.
41. Borozdenkova S, Smith J, Marshall S, Yacoub M and Rose M: Identification of ICAM-1 polymorphism that is associated with protection from transplant associated vasculopathy after cardiac transplantation. *Hum Immunol* 62: 247-255, 2001.
42. Podgoreanu MV, White WD, Morris RW, *et al*: Inflammatory gene polymorphisms and risk of postoperative myocardial infarction after cardiac surgery. *Circulation* 114: 1-275-1-281, 2006.

報告

都市部に居住する高齢者のための 転倒骨折予防アウトリーチプログラムの実践 — 市民主導型介護予防をめざしたプログラム開発と評価 —

亀井 智子¹⁾ 梶井 文子¹⁾ 山田 艶子¹⁾
川上 千春²⁾ 久代和加子³⁾ 杉本 知子⁴⁾
大蔵 倫博⁵⁾ 小坂井留美⁶⁾ 新野 直明⁷⁾

Outreach Program to Prevent Falls and Fractures among Urban Elderly : Evaluation of Two Years' Experience

Tomoko KAMEI, RN, PHN, PhD¹⁾ Fumiko KAJII, RN, RD, PhD¹⁾ Tsuyako YAMADA, RN¹⁾
Chiharu KAWAKAMI, RN, MN²⁾ Wakako KUSHIRO, RN, PHN³⁾ Tomoko SUGIMOTO, RN, MS⁴⁾
Tomohiro OKURA, PhD⁵⁾ Rumi KOZAKAI, PhD⁶⁾ Naoakira NIINO, MD, PhD⁷⁾

[Abstract]

This program was part of a larger project of St. Luke's College of Nursing, and as such had specific aims related to the population to be served and also purposes related to the larger project. Thus, the project purposes were to: 1) know and understand the needs of the elderly living in Chuo City, Tokyo; 2) design and provide a safe and convenient fall prevention program for the elderly; 3) provide experience for assessing program sustainability; 4) help identify key persons among the elderly and possibilities for building future partnerships; and, 5) identify evaluation indicators.

The program was offered twice. Each program consisted of four classes. Each two-hour class included physical exercise, health education, and discussion among the elderly and staff participants. The program was held in the 2nd Building of our college where about 15 participating elderly could be accommodated. Staff consisted of an interdisciplinary team: RN, PHN, RD, MD, health sports scientist, health care trainer, and the program manager. We planned especially to reduce risk and prepare for difficult situations.

Elderly residents of Chuo City applied for the program, and their health status checked before enrolment. In 2005 14 people and in 2006 15 people were judged able to participate. Participants ranged in age from 65-83 years (average 74.1 ± 4.9 years). Their density and the balance were diminished and some appeared to have high blood pressure. Even so, there were no falls or injuries during the program.

Participants indicated they understood the physical exercises and that their demands for strength by the physical exercise were appropriate and that they had chances to make the friends. For these reasons, the overall satisfaction rating was high. However, responses varied in terms of the elderly participants' understanding of health education component. Evaluation by staff showed that we could confirm and understand the characteristics of the elderly in this area and that we were able to identify community leaders. Evaluations of the 2005 program led us to decrease and improve the waiting times for assessment and to more careful prevention of accidents. From evaluations we

- 1) 聖路加看護大学 老年看護学 St. Luke's College of Nursing, Gerontological Nursing.
- 2) 聖路加看護大学 COE 研究員 St. Luke's College of Nursing, COE Research Fellow.
- 3) 淑徳大学・前聖路加看護大学 Shukutoku University, Former St. Luke's College of Nursing, Gerontological Nursing.
- 4) 聖路加看護大学大学院博士後期課程 St. Luke's College of Nursing Graduate School.
- 5) 国立大学法人筑波大学大学院人間総合科学研究科 Institute of Health and Sports Science, University of Tsukuba.
- 6) 国立長寿医療センター疫学研究部 Department of Epidemiology, National Institute for Longevity Sciences, National Center for Geriatrics and Gerontology.
- 7) 桜美林大学大学院老年学 Department of Gerontology, Obirin University Graduate School.

2006年11月16日 受理

concluded that a more improved program was offered in 2006, and identified Program Action Logic Model as the evaluation framework.

〔Key words〕 elderly, fall prevention, exercise class, outreach program, CBPR

〔要 旨〕

聖路加看護大学日本型高齢者ケアプロジェクトは、アウトリーチ活動として都市部地域に在住する高齢者を対象に転倒・骨折を予防するための体操教室を実践している。本論文では過去2年間の企画と実践に関する評価を行った。

このアウトリーチ実践の目的は、①転倒骨折予防プログラム（以下：本プログラム）の実施を通じて、中央区という都市部に在住する高齢者の特性を理解すること、②本プログラムの内容が安全かつ都市部高齢者のニーズに一致しているか検討すること、③本プログラムが今後地域に密着して持続し、定着しうるか検討すること、④アウトリーチ活動を通じて、本プロジェクトと近隣地域高齢者のパートナーシップを築くためのキーパーソンを探すこと、⑤本プログラムの評価指標をCBPRの観点から検討することである。

本プログラムは1コース4回制とし、1回につき2時間で、体操、健康教育、参加者との交流を含む内容で構成した。参加者定員は15名程度とし、本学2号館交流ラウンジで行った。看護師・保健師・管理栄養士・医師・体育科学者・健康運動指導士からなる学際的チームで企画・運営にあたった。リスク管理には特に留意し可能な準備を行った。応募者の健康状態を事前に確認し、2005年は14名、2006年は15名を参加可能と判断した。参加者の年齢は62～82歳で、平均74.1（±4.9）歳、身体状況は低骨密度、低バランス維持力、血圧上昇者がみられたが、プログラム中の転倒事故等は生じなかった。

参加者による評価から、体操の内容、強度は適切であり、友人を作る機会にもなっており、全体的満足度は高かったが、健康教育に関する内容の理解にはややばらつきが見られた。スタッフによる評価から、地域の高齢者の特性の理解と、民生委員や町会長などとのつながりができたことが確認された。2005年初回の各種計測の待ち時間の改善、事故予防を十分に考慮したプログラム運営が課題となり、2006年はこれらを改善したプログラムの提供が行えたと考えられた。開発したプログラムを評価するLogic Modelは本プログラムの評価に有用であると示唆された。

〔キーワード〕 高齢者、転倒予防、体操教室、アウトリーチ活動、CBPR

I. はじめに

高齢者の寝たきりを引き起こす原因の1つに転倒、および転倒により生じる骨折があげられている¹⁾。

在宅後期高齢者のうち1年間に1回以上転倒した者の割合は欧米では32～42%²⁾、わが国では20～30%であると報告されており³⁾、その頻度は他の年齢層よりも高いといえる。転倒に関する心身の内的要因、および生活環境、薬物などの外的要因が複数存在することが示されているが⁴⁾、多くの報告において「1年以内の転倒経験」が転倒に関連する大きな要因の1つとされている¹⁾⁴⁾⁵⁾。

転倒の結果生じる外傷や、大腿骨頸部をはじめとするさまざまな部位の骨折は高齢者の日常生活の自立にとって重大な問題となり、健康寿命にも影響を与える。外傷を伴わない場合であっても、自信の喪失や恐怖心が生じ、外出を控えがちとなる、抑うつを引き起こすなどの悪影響が知られており⁶⁾、これらは転倒後症候群（post-fall syndrome）ともいわれる。したがって、高齢者にとって

の転倒予防は生活の質を維持する上でも重要な課題である。

最近では生活習慣病と転倒との関係も報告され⁷⁾、転倒を予防するための生活習慣病の予防、また筋力強化、バランス練習、歩行などの運動⁸⁾⁹⁾、リスクアセスメント¹⁰⁾と個別プログラムの実施などで効果が示されている。しかし、地域においては高齢者集団を対象とした転倒予防体操教室による集団プログラムが一般的で¹²⁾¹³⁾、その転倒予防効果も示唆されている¹³⁾。

本学21世紀COEプログラム日本型高齢者ケアプロジェクト（以下：本プロジェクト）では、2005年から近隣地域に在住する高齢者集団を対象とした転倒骨折予防プログラム（以下：本プログラム）を提供している。本プログラムは地域の高齢者や民生委員など近隣区民の意向を取り入れながら内容を検討し、参加者の募集、プログラムの提供、評価にわたる一連のプロセスを研究室のアウトリーチ活動として実践しているもので、本学の市民主導による健康生成拠点形成にも寄与するものである。

このプログラムでは、脆弱な高齢者を対象とすることを考慮して、看護師、保健師、管理栄養士、医師/疫学研究者、体育科学研究者、健康運動指導士、受付事務という多様な専門職で構成する学際的チームにより運営にあたっている。さらに、転倒事故、急病の発生に備えて加えて聖路加国際病院救命救急センターとの連携体制を整えた。本稿では2005年、2006年に実施したプログラムの経過とその評価について報告する。

II. 地域特性とアウトリーチプログラム—転倒骨折予防体操教室—の目的

中央区の人口は10万2,241人、65歳以上の人口割合は16.5%であり（平成18年11月現在）、高齢者人口割合は全国と比較して高いほうではないが、後期高齢者の割合が近年増加している。

区内は京橋、日本橋、月島の3つの地域に区分され、各地域に1カ所の保健所・保健センター、地域包括支援センターほか、行政各機関が設置されている。本学は京橋地域に属し、区役所、保健所、地域包括支援センター、老人保健施設などの主要機関と地理的に近く、地域の情報を得やすい特徴がある。本地域には高層マンション、商店や住宅が混在しているが、両者が融合し、近隣同士の助け合いや商店、町会のつながりも強い。しかし、高齢者が安心して体操等を行える場所は多いとはいえない。

このような地域背景のもと本プロジェクトが提供する本プログラムの当初ねらいは、①本プログラムの実施を通じて、中央区という都市部に暮らす高齢者の特性を理解すること、②本プログラムの内容が安全かつ都市部高齢者のニーズに一致しているか検討すること、③本プログラムが今後都市部である本地域に密着して持続し、定

着しうるか検討すること、④アウトリーチ活動を通じて、大学近隣地域のキーパーソンや、本プロジェクトのパートナーとなる区民を探すこと、⑤Community based participatory research (CBPR) をすすめる上での outcome 評価指標を検討することであった。

III. プログラムの計画

1. 日時と場所、内容の検討

第1回の企画会議では日時、回数、プログラムの内容、専門職スタッフ構成、ボランティアについて検討した。

日程は、スタッフ側の可能量と参加者の健康状態を考慮して、半日4回を1コースとして試みることにした。開催場所は聖路加看護大学2号館3階交流ラウンジとし、時間帯は13:30-15:30の2時間とした。また、内容は、体操プログラムに加え、看護の視点を付加し、健康教育として転倒予防、食事と栄養、足の手入れ（フットケア）に関する講義、参加者同士の交流の時間などを設け、参加者にとって相互交流の場にもなるようなプログラムとした（表1）。学内で活用し得る緒資源についても検討し、場所、計測機器、体操用マットなどを借用することとした。

参加者の当日の健康状態の観察と、自身が身体の状況について理解できるよう、身長、体重、肥満度（BMI）、骨密度、血圧、脈拍、歩行時間などの計測結果を個別に記録した。また、個別記録用紙には体操の内容、満足度、1週間の出来事などの記録欄を設けた。個別ファイルにはこれらと配布資料などを綴じて保存できるようにした（写真1）。

表1 本プロジェクトによる転倒骨折予防プログラム

第1回		第2回		第3回		第4回	
13:30	受付開始	13:30	健康観察	13:30	健康観察	13:30	健康観察
	・保険申し込み (2005年度のみ)	14:00	自己紹介	14:00	ミニレクチャー (フットケア)	14:00	体操プログラム ↓
	・健康観察	14:15	ミニレクチャー (食事と栄養)	14:15	体操プログラム	14:30	休憩
	・基礎体力計測				↓		↓
14:00	オリエンテーション	14:30	体操プログラム	14:30	休憩	14:55	体操プログラム
14:10	ミニレクチャー (転倒・骨折予防)	15:00	休憩		↓	15:00	質疑と懇談
14:30	体操プログラム	15:25	体操プログラム	15:25	体操プログラム	15:25	修了証授与 同窓会の説明
15:15	休憩	15:30	個別記録返却、終了	15:30	個別記録返却、終了	15:30	個別記録返却、終了
15:25	体操プログラム						
15:30	個別記録返却、終了						

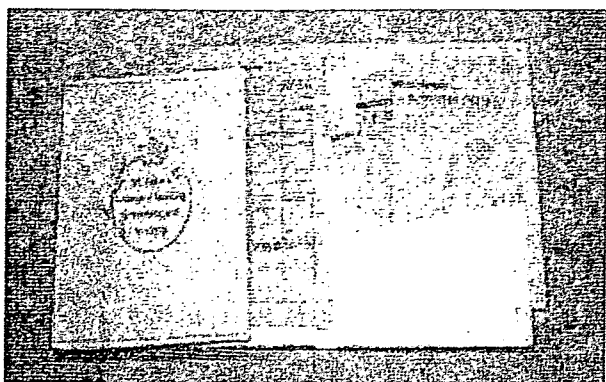


写真1 個別記録と保存用ファイル、教材

2. 運営スタッフ

脆弱な高齢者を参加者集団とするため、本プログラムの運営スタッフは、本学看護教員（保健師・看護師・管理栄養士）、研究員に加え、医師/疫学研究者、健康運動指導士による学際的チーム構成とした。さらに本学大学院生ボランティアを加え、参加者定員15名につき、運営スタッフは各回8~9名の体制をとることとした。

3. リスク管理

会場への往復路、プログラム参加中の転倒事故、体調変化などが予測されるため、事故発生時の速やかな受診システムを整えた。学長を通じて聖路加国際病院救命救急センターと公文書を交わし、緊急時の受診受け入れについて了承を得た。また、けが等の事故に備え、都社会福祉協議会が提供する「行事保険」に2005年参加者は強制加入した。2006年は2号館全体として傷害保険に加入したため、本プログラム参加者もそれでカバーされると判断し行事保険の加入は割愛した。会場には、受傷者搬送用の車椅子を用意した。

個人情報保護・管理に努め、特に名簿は参加者の選考、出席確認、各種計測結果の記入目的で作成し、通し番号による管理と使用後の回収・断裁を行った。

4. 広報

地域在住の高齢者への参加案内は、ポスター、パンフレット、本プロジェクトが刊行している情報誌「生き生きネット」、本学主催のWebsite「看護ネット-最新情報コーナー」を用いて行った。広報期間は1ヵ月間であった。

IV. 応募者の概要と健康状態の確認

前述の広報により、2005年は22名、2006年は18名から応募があった。2005年はすべて女性、2006年は男性2名、女性16名であった。

これら応募者に対し、現在の身体・生活・健康状態(①血圧、②服薬、③受診状況、④歩行状態、⑤転倒経

験、⑥同居家族、⑦本学会場までの所要時間)、本プログラムへの期待について電話でインタビューし、参加可能であるか確認した。

インタビューにより得られた情報からは、応募者同士が友人、顔見知りであることが多く、2人から5人のグループで応募していることがわかった。これは地域内の人的つながりを示す情報と考えられた。参加動機や期待は、「家でできる体操を教えてほしい」「歩き方を教えてほしい」「外出する機会がほしい」「定年後は人と接することが減ったため地域とのつながりをもちたい」などであった。また民生委員、町会役員から自分が参加して、今後は地域に広めていきたいという意向があげられ、ニーズの多様さがうかがわれた。

本プログラムの情報を把握した経路は、2005年は「友人に誘われて」がほとんどで、ポスター・チラシによりプログラム開催を知った友人同士が誘いあって応募していた。2006年は、2号館「るかなび」で情報を得たとする者が多かった。本学のWebsite（看護ネット）から本プログラムを把握した者はなかった。

会場までの所要時間は、3分から50分と幅があり、平均は15分程度であった。2006年は他区や都外からの応募者もあった。運動習慣は、散歩の習慣がある者と、一方では、杖が必要であるなど、運動に補助が必要である者が含まれていた。過去の転倒経験者は、各年とも2名であった。

これら各応募者の身体状況、友人関係などを考慮し、運営スタッフの合議により2005年は14名、2006年は15名を本プログラム参加可能者と判断した。また、民生委員、町会長等からの参加の要望もあったため、今後の地域との協働を考え、各回1名ずつの参加枠を設けた。これらの者には、「参加決定通知」を郵送し、日時、服装などの案内を再度行った。

参加できなかった者に関しては、理由を電話で説明し、了承を得た。また、次の開催予定を案内した。2005年は2名、2006年は3名が都合による参加辞退の申し出があった。

V. プログラムの実施経過

1. 参加者の概要と参加状況

2005年度、2006年度の参加者の概要は表2に示した。平均年齢は両年とも差がなく74歳前後で、年齢の範囲は65~83歳であった。内服治療中の者は65.5%であった。2006年参加者における「介護予防スクリーニングシート」(厚生労働省)項目の、「運動機能」リスク者は5名、「口腔機能」リスク者は4名、「うつ」リスク者は3名であった。またWHO-QOL26による評価では、「I身体的領域」平均3.11、「II心理的領域」平均3.48、「III社会的関係」

表2 プログラム参加者の概要

項目	2005年	2006年	計
参加者数	14	15	29名
男性	—	2	2名
女性	14	13	27名
平均年齢±SD	73.9±5.5	74.4±4.5	74.1±4.9
年齢範囲	65~82	66~83	65~83
内服治療者数(割合)	9(64.3)	10(66.7)	19(65.5)
内訳 降圧剤	7(50.0)	3(20.0)	10(34.5)
その他	2(14.3)	7(46.7)	9(31.0)
平均来所所要時間(分)	10.4±7.3	20.9±18.9	15.6±15.0
介護予防スクリーニングシート(N, %)			
運動機能リスク者	—	5(33.3)	5(33.3)
口腔機能リスク者	—	4(26.7)	4(26.7)
うつリスク者	—	3(20.0)	3(20.0)
WHO-QOL26(点)			
I 身体的領域	—	3.11	3.11
II 心理的領域	—	3.48	3.48
III 社会的関係	—	3.20	3.20
IV 環境	—	3.46	3.46
出席者数(N, %)			
1回目	14(100)	12(80.0)	26(89.7)
2回目	9(64.3)	12(80.0)	21(72.4)
3回目	11(78.6)	13(86.7)	23(79.3)
4回目	12(85.7)	12(80.0)	24(82.8)
独居者(N, %)	2(14.3)	5(33.3)	7(24.1)

平均3.20, 「IV環境」平均3.46であった。

プログラム各回の出席状況は、2005年は64.3~100%, 2006年は80.0~86.7%で、欠席者の欠席理由は本人の体調不良や家族を介護するため、失念などであった。全ての回数参加できた者は2005年9名(64.3%), 2006年9名(60.0%)であった。

独居者は2005年2名, 2006年5名であった。

各回とも、民生委員あるいは町会役員が1名ずつ参加した。

2. プログラム内容

1) 健康観察

第1回参加時に、BMI・血圧・脈拍・骨密度・握力・開眼片足立ち・10m歩行速度(2006年のみ)・問診により基礎体力を観察した。2回目以降の参加時には、体重・血圧・脈拍測定と測定結果の説明、服薬の確認、当日の症状の有無、前回参加後の身体状態(筋肉痛等)の問診を行い、当日のプログラム参加が可能か判断し、また指導する体操強度の参考に用いた。

基礎体力の結果は表3に示した。血圧は平均146.5/85.4mmHgであるが、収縮期血圧160mmHgを超える者は6名(20.7%)あった。脈拍は平均80.9(±13.6)bpmであった。

BMIは両年平均23.9(±3.5)で、判定は「標準」22名

(75.9%), 「肥満」7名(24.1%)であった。

骨密度ステイフネス年齢比較(A-1000InSight, GE Healthcare社製)は、平均65.4(±12.8)%で、判定は「問題なし」3名(10.3%), 「骨減少症疑い」12名(41.4%), 「骨粗鬆症疑い」12名(41.4%)であった。

握力(ハンドグリップメーター 握力計6103, TANITA社製)は、左右とも平均20kg程度であったが、2006年は男性が2名含まれているため、2005年参加者に比較して、2006年参加者の方が有意に高かった(p<0.05)。

開眼片足立ち時間(利き足)は、平均30.3(±30.3)秒で、同年代平均(平成16年度文部科学省¹⁰⁾)より低い。文部科学省得点判定別では「10-9点」3名(10.3%), 「8-7点」7名(24.1%), 「6-5点」7名(24.1%), 「4-3点」9名(31.0%), 「2-1点」2名(6.9%)と、判定が3~8点の者が多かった。

歩行速度(2006年のみ計測)は男性平均115.2(±21.5)m/min, 女性平均98.7(±13.3)m/minで、年代別では両者とも同年代よりも早い傾向である¹¹⁾。年齢別判定¹²⁾は「ランクA」12名(80%)「ランクC」1名(6.7%)であった。

降圧剤を服用している者が11名で、ほかに血液抗凝固剤、安定剤、睡眠剤、痛風薬、消化剤、抗コレステロール剤、抗甲状腺剤、気管拡張剤の服用/吸入など何らかの薬物治療を受けているものがほとんどであった。血圧

表3 基礎体力結果

項目	2005年 n=14	2006年 n=15	全体 n=29
血圧(mmHg)	152.1±18.3/85.4±11.8	140.9±18.7/85.4±4.1	146.5±19.0/85.4±8.6
脈拍(bpm)	83.4±11.1	78.6±15.7	80.9±13.6
BMI	24.3±3.8	23.4±3.3	23.9±3.5
BMI判定(N, %)			
標準	10(71.4)	12(80.0)	22(75.9)
肥満	4(28.6)	3(20.0)	7(24.1)
骨密度スティフネス (%)	64.4±11.9	66.5±14.0	65.4±12.8
骨密度判定(N, %)			
問題なし	1(7.1)	2(13.3)	3(10.3)
骨減少疑い	6(42.9)	6(40.0)	12(41.4)
骨粗鬆疑い	7(50.0)	5(33.3)	12(41.4)
非測定	—	2(13.3)	2(6.9)
握力(kg)			
左	18.1±4.0	22.7±7.3	20.4±6.3
右	17.9±3.2	24.9±7.7	21.4±6.8
開眼片足立ち時間 (利き足)(sec)	19.8±17.5	40.7±37.0	30.3±30.3
開眼片足立ち得点判定 (文部科学省)(N, %)			
10-9	—	3(20.0)	3(10.3)
8-7	4(28.6)	3(20.0)	7(24.1)
6-5	3(21.4)	4(26.7)	7(24.1)
4-3	5(35.7)	4(26.7)	9(31.0)
2-1	2(14.3)	—	2(6.9)
不明	—	1(6.7)	1(3.4)
性別歩行速度 (m/min)	—	男性 (n=2) 115.2±21.5 女性 (n=13) 98.7±13.3	
年代別歩行速度 (m/min)	—	65-69歳 (n=2) 102.7±3.7 70-74歳 (n=6) 105.5±19.8 75歳以上 (n=6) 95.5±10.5	

* ; p<0.05

値が普段の値よりも30mmHg以上上昇していたため安静後再測定した者が各回とも2~3名程度あった。参加前の問診では、朝の服薬忘れ、腰や膝などの痛み、急いで会場に来たため血圧が上昇したなどがあった。前回参加後に筋肉痛が生じたり、身体の痛みが増強した者はなく、体操参加に影響を与える自覚症状の訴えはみられなかった。

測定結果は個別ファイルに記録して本人に返却した。前回参加後の1週間に行った体操や感想などを自己記入欄に記載している者は5名であった。体重変動は、プログラム初回から第4回までの参加中に1.0kgの上下変動があった。

2) 健康教育

第1回は医師から転倒しやすい場所、転倒や骨折を予

防するポイントと本プログラムの趣旨について、第2回は管理栄養士から良質なたんぱく質とカルシウムを摂取するための食事と栄養、低栄養の予防について、第3回は看護師より足と爪の手入れを中心としたフットケアについて15分程度の健康教育を行い参考資料も配付した。

3) 体操プログラム

健康運動指導士によって各回60分程度の時間で体操を行った。

第1回は、上半身、体幹、下肢ストレッチ、正しい歩き方と歩行のチェック(写真2)、腿上げ、バランス立ち、つま先上げなどを実施した。また、マットを利用して腓腹筋・腿・股関節などを中心とした下肢ストレッチ(写真3)、上半身、体幹ストレッチを行った。

第2回は、敏捷性、移動性、調整力を高めるレクリエー



写真2 正しい歩き方

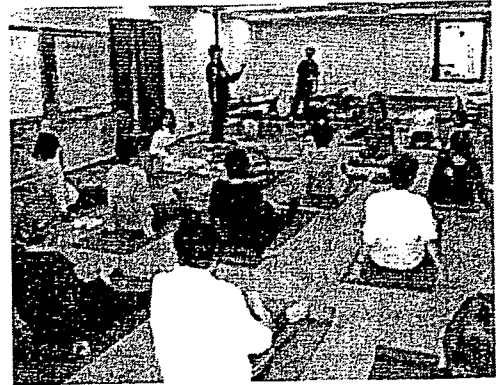


写真3 下肢ストレッチ



写真4 調整力を高める体操

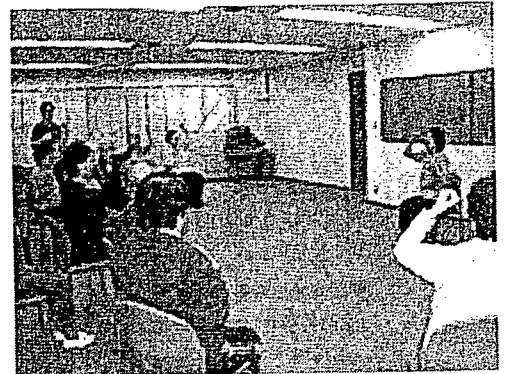


写真5 座位による上肢の体操

ションを取り入れた体操（写真4）、1回目と同様に歩行姿勢のチェック（腿上げ、バランス、つま先上げ）、マットを利用した腓腹筋・腿・股関節ストレッチを行った。

第3回は、座位で肩、背、胸、上肢、大腿前後部を中心とした体操を行い（写真5）、リズム運動、歩幅をかえた歩行、膝あげ歩行、横歩き、後ろ歩きなどを行った。

第4回は座位で腿上げ、つま先上げ、リズムを取る運動、音楽に合わせたバランス体操、臥位による腹筋、腰部、下肢ストレッチとリラクゼーションなどを行った。体操の強度は個別に声をかけ、各参加者が無理のない範囲で実施した。運営スタッフも共に体操に参加しながら、周囲の参加者に声をかけたり、人数調整のためにペアに入るなど、全体を見渡しながらか進めた。上・下肢の複雑な組み合わせによる動きもあったが、始終和やかな雰囲気が進められていた。休憩時には、水分補給を全員に勧め、その間にも参加者同士で体操や転倒の怖さについて話しているなど、情報交換の場にもなっていた。懸念された転倒などによる事故やけがは生じなかった。

4) 参加者の交流談話会と修了証授与

最終回には30分程度の時間を各講師への質問と今後も体操を継続していく上での参加者同士の懇談にあてた。「走ることは良いのか」などの質問があり、健康運動指導士、医師がその安全性と危険性を回答した。今後も各自が体操を続けることに関しては、表4のような意見と課題があげられた。区に体操できる場所の借用を頼んでも、「介護保険対象者でないと利用できない」といわれ、

表4 参加者の意見：体操を継続する上での課題

- ・体操を継続したいと思うが、場所がないので皆で集まらない
- ・70歳以上でも元気なお年寄り（要介護認定されない）がいることを区は分かっていないのではないかと
- ・行政の問題として、場所の利用の申請をしても年齢で切られてしまい、年齢が該当しない虚弱な人は運動できない
- ・運動したいと思っても一人で行うのは難しい。行政に言っても分かってもらえない。住民はもっと声を出すべきだ
- ・高齢者は閉じこもりになりやすいから、誘い出していくことが必要
- ・運動を継続するには、精神面が非常に大きい
- ・今後も継続したいが、なかなかできることではない。仲間が必要だと思った
- ・今回は、ここに来ることが楽しかった
- ・専門の先生に教えてもらえてよかった。なかなか講師に教えてもらう機会は少ない

場所がないことが体操継続上の問題であることがあげられていた。身近な場所に、集団で体操ができる場所が得られないことは、都市部での問題であることがうかがわれた。修了証を手にした参加者は、「(賞状を手にしたのは)小学校卒業以来はじめて」と表情を和ませていた。

VI. 評価

1) 参加者アンケートによる評価

本プログラムの終了にあたり、任意による自記式アンケートの記載を依頼し、回収した(2005年回収数12, 最

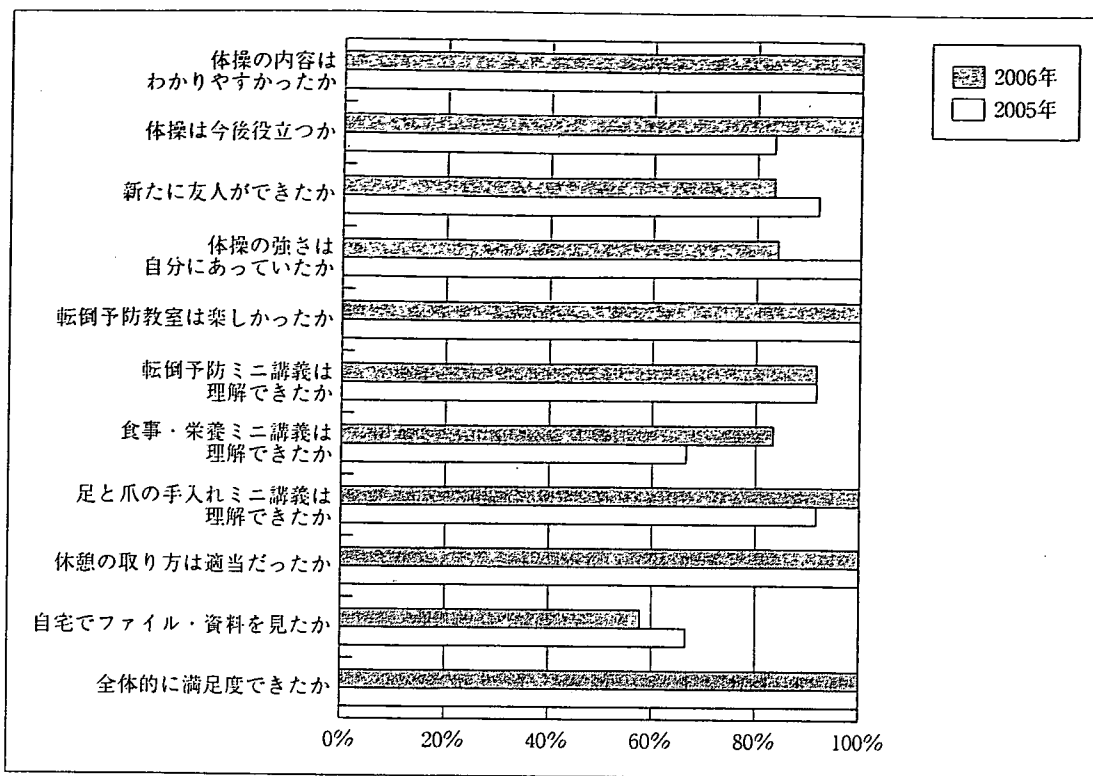


図1 転倒骨折予防体操プログラム参加者アンケート結果

終回参加者中の回収率100%、2006年度回収数12、最終回参加者中の回収率100%)。

結果は、図1に示したとおり、「体操内容がわかりやすかった」「教室は楽しかった」「休憩の取り方」などはほとんど肯定的な回答であった。ほとんどの参加者から、本プログラムの延長・継続を求める声があげられていた。

健康教育については、理解できたとした者は67~92%とばらつきがみられた。ファイルや資料を自宅で毎回見たとした者は、60%程度であった。

良かったプログラムの内容としては、「骨密度」「足と爪の手入れ」「足の体操」「歩き方」「ストレッチ」が上位であり(図2)、当初からニーズにあげられていた内容についての評価が高かった。

自由記載では、「参加して気持ちが明るくなった」「家庭でも思い出しながら続けたい」「教室に来るのが楽しかった」「大変なお世話をおかけしていることと思いますが、この後もぜひやらせていただけたらとても幸せと思います」などがあつた。

意見としては、「自宅で復習するときのために、体操の絵が書かれているものがほしい」という者があつたため、2006年3月に体操ビデオを製作し、看護ネット日本型高齢者ケアプロジェクト (http://www.kango-net.jp/project/04/04_2/p04_12.html) で配信を開始した。また、2006年のプログラムでは、体操を紹介した小冊子教材を作成し、配布するという対応を行った。全体的な満足度は、「とても満足」75%、「満足」25%であり、「不満」とした者はなかつた。

2. スタッフによる評価

各回の終了時には反省会を行い、次回に改善するようにした。また、2005年の改善策を2006年に生かしてプログラムを検討した。

第1回の各種計測は項目が多いため、場所によっては待ち時間が生じていた。特に骨密度の測定は時間を要したため、2006年度は2回に分けて計測をすることに変更し、2006年は待ち時間が全体的に改善された。

運営上、開始や終了の区別を明確にすることが、事故の予防にとっても重要であるため、2005年の2回目からは休憩やお茶の時間をはっきりとさせることとした。2006年はスタッフもプログラムに慣れ、プログラム自体の運営がスムーズであつた。

体操自体の強度は多少強いものもあつたが、参加者は自分に可能な強さで行っており、後日に痛みの症状があつた者もなかつたため、参加者自身がコントロールできているものと考えられた。体操の種類も豊富であり、立位、座位、臥位、歩行などがあり適切であつたが、片足立ちなどの体操では、転倒予防上スタッフが参加者の近くにつくべきであつたと考えられた。

参加者数が15名程度であると運営スタッフも参加者の顔と名前を覚えることができ、地域の情報なども得られたため、会場の物理的広さを考慮しても適切な人数であつたと考える。

町会長、民生委員などの参加者も興味深く参加していた。また、「資料が良かったので友人にも配りたい」と持ち帰った参加者もあり好評であつた。

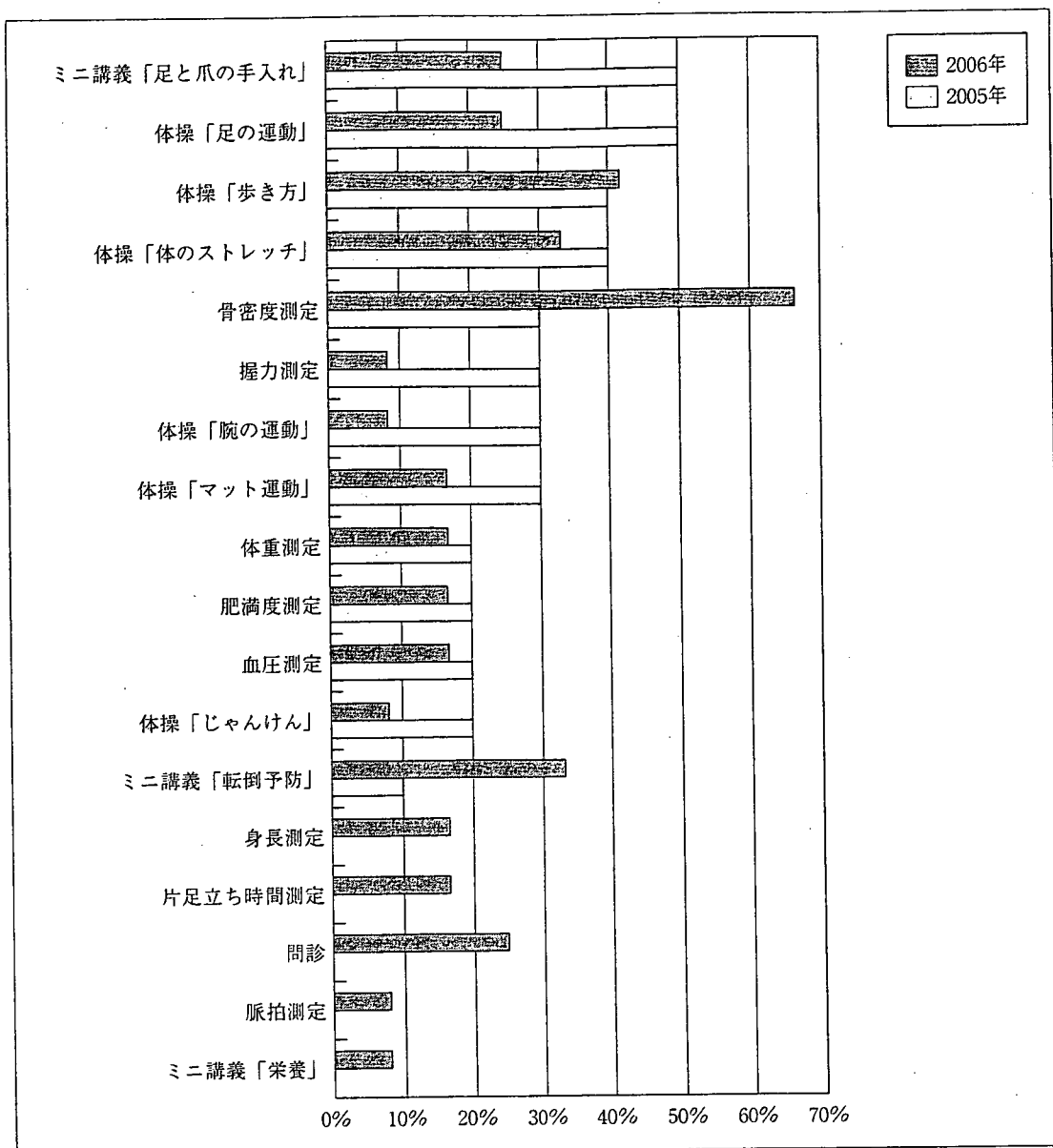


図2 良かったと思うプログラム

骨密度計の測定結果と、ファイルにある基準値が異なるものであったため、質問のあった参加者には個別に回答したが、基準値は統一する必要がある。

本プログラムを評価する outcome 指標については、本プロジェクトの最終目標である「地域の高齢者の尊厳ある意義深い健康生活の維持」「情報収集と資源のセルフコントロールと自己決定」「健康に関する知識、技術の向上」に加えて、「転倒を予防すること」をあげてきたが、さらにプログラム開発と評価のための Program Action-Logic model¹⁹⁾ (図3) を用いて Input (資源、時間、スタッフ、費用等)、Output (実践内容、参加者中の目標到達者)、Outcomes-Impact (短期成果、中期成果、長期成果) の枠組みにより、開発した本プログラムの評価を行ったところ、これらの目標に向かっていくと評価された。

VII. 総括

今回の転倒予防プログラムの運営を通じ、準備から実施に至るまで運営スタッフはリスク回避を常に考慮した。脆弱な高齢者を対象とするために予測しうるリスク管理、すなわちプログラム中の転倒、体調変化、往復路の安全など、体操前後にわたるモニタリングの重要性があげられる。途中での参加辞退者の中には、入院、通院が必要となった者も各年1名ずつみられていた。本プログラム参加との因果関係は不明であるが、常に参加者の健康状態に留意する必要がある。

一方、本プログラムを通じて地域に在住する高齢者や民生委員、町会長と交流することができ、地域のキーパーソンと今後の協働への道筋がつけられた。中央区という都市部で生活する今回の参加者は、近隣や友人とのつながりを大事にしていることや、健康に良いことは継続す

PROGRAM ACTION-LOGIC MODEL

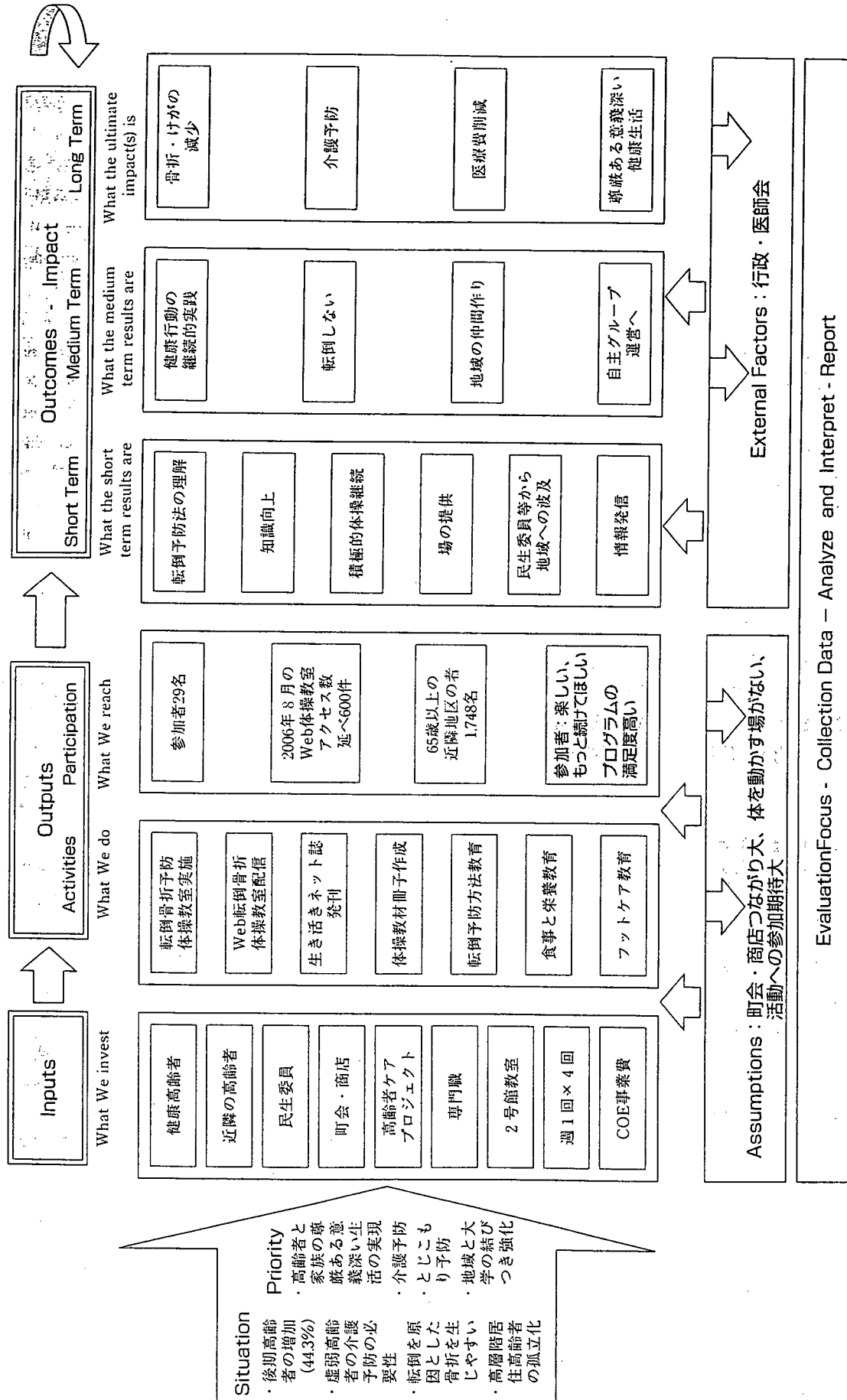


図3 Logic model を用いた転倒骨折予防アウトリーチプログラム開発の評価

(注) University of Wisconsin -Extension PROGRAM ACTION-LOGIC MODEL をもとに作成

る姿勢をもっていること、また、本学の複数のプロジェクトの催しに参加し、行政へも積極的に意見を伝えている区民が存在していることが理解できた。

今回のプログラムは、安全への配慮、参加者ニーズへの適合による満足度の高さなどから判断して都市部におけるアウトリーチプログラムとしては妥当なものであったと考えられる。また、継続可能性の点からは、場所の確保と、教室卒業生、町会長、民生委員など地域の核となるメンバーとの協働が不可欠である。区民らとの協働により、大学が提供するプログラムが高齢者にとってより意味のあるものとなれば、継続性のあるプログラムになり得ると考えられる。将来は区民主導による高齢者の健康生成のためのプログラムへの発展による高齢者の健康生活と尊厳の維持に寄与することを期待している。

参加者への配布物一覧

- ・保存用ファイル
- ・転倒予防プログラム参加記録
- ・測定値の意味すること
- ・転倒骨折予防体操教室のご案内
- ・転倒予防のための住まいの注意点・工夫
- ・転倒骨折予防に効果的な食生活のポイント
- ・フットケアについて
- ・「生き生きネット」誌創刊号～第3号
- ・生き生き介護予防シリーズ④転倒骨折予防体操
- ・「老い支度」(全国訪問看護事業協会)

謝 辞

本報告の一部は、平成15～17年度厚生労働省長寿科学総合研究「高齢者における効果的な転倒予防活動事業の推進に関する研究」(主任研究者 新野直明)、および平成18年度聖路加看護大学21世紀 COE プログラム市民主導型の健康生成をめざす看護形成拠点の研究助成を得て行った。国立大学法人筑波大学大学院人間総合科学研究科研究員 藪下典子先生、味の素健康保険組合健康運動指導士 長沼由紀子先生、聖路加国際病院福井次院長、佐藤エキ子副院長、看護師中山かおり氏には多大な御協力を頂きました。深謝いたします。

引用文献

- 1) 新野直明. 転倒リスクの多因子評価. *Geriatric Medicine*. 43 (1), 2005, 61-65.
- 2) 川上治, 加藤雄一郎, 大田壽城. 高齢者における転倒・骨折の疫学と予防. *日本老年医学会雑誌*. 43(1), 2006, 7-18.
- 3) 安村誠司, 林泰史. わが国の在宅高齢者における転倒発生率 <http://www2.eisai.co.jp/osteo/chapter09/>

[chapter09_03.html](#) [2006-02-06]

- 4) 江藤真紀. 転倒の予防と看護. 小玉敏江, 亀井智子編著. *高齢者看護学*. 東京, 中央法規, 2003, 196-203.
- 5) 新野直明. 高齢者の転倒による外傷とその関連要因. *保健の科学*. 48(1), 2006, 26-28.
- 6) 西田裕紀子, 新野直明, 小笠原仁美他. 地域在住中高年者における転倒恐怖感の要因に関する縦断的検討. *日本未病システム学会雑誌*. 11(1), 2005, 101-103.
- 7) 転倒予防医学研究会 <http://www.ellesnet.co.jp/tentou/aisatsu.html> [2006-02-06]
- 8) Hornbrook C, Stevens J, Wingfield J, et. al. Preventing falls among community-dwelling older persons: results from a randomized trial. *Gerontologist*. 34(1), 1994, 16-23.
- 9) Tinetti ME, Baker DI, Mc Avay G, et. al. A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community *Engl J Med*. 331(13), 1994, 821-7.
- 10) Tinetti ME, Mc Avay G, Claus E. et. al Does multiple risk factor reduction explain the reduction in fall rate in the Yale FICSIT Trial? Frailty and Injuries Cooperative Studies of Intervention Techniques. *Am J Epidemiol*. 144(4), 1996, 389-99.
- 11) 三重県立看護大学・地域交流研究センター研究開発事業三重県における転倒予防ケアシステムの開発, 転倒アセスメントツール. <http://www.mcn.ac.jp/tentou/newpage72.htm>. [2006-02-06]
- 12) 新野直明. 高齢者の転倒予防事業. *公衆衛生*. 69(9), 2005, 701-704.
- 13) 新野直明, 西田裕紀子. 高齢者の転倒予防活動事業に関する全国調査(Ⅱ), *日本未病システム学会雑誌*. 12(1), 2006, 185-187.
- 14) 新野直明, 高齢者の転倒予防活動事業に関する全国調査. *日本未病システム学会雑誌*. 10(1), 2004, 94-96.
- 15) 植木章三, 河西敏幸, 高戸仁郎他. 地域高齢者とともに転倒予防体操をつくる活動の展開. *日本公衆衛生雑誌*. 53(2), 2006, 112-121.
- 16) 文部科学省. 平成16年度体力・運動能力調査結果について-2. 調査結果の概要. 3(2). バランス能力と歩行能力. 2006.
- 17) 徳島県保健福祉部健康増進課 年代別体力データ <http://www2.eiyo.shikoku-u.ac.jp/health/phy.html> [2006-11-09]
- 18) Program Development and Evaluation-Logic Model <http://www.uwex.edu/ces/pdande/evaluation/evallogicmodel.html> [2006-11-09]



ELSEVIER

ORIGINAL ARTICLE



<http://www.ietf.org/oonet/aoaso.htm>

Plasma fat concentration increases in visceral fat obese men during high-intensity endurance exercise

Shigeharu Numao^{a,*}, Yoichi Hayashi^b, Yasutomi Katayama^c,
Tomoaki Matsuo^d, Tsugio Tomita^e, Kazunori Ohkawara^f,
Yoshio Nakata^g, Tomohiro Okura^c, Kiyoji Tanaka^c

^a Faculty of Sport Sciences, Waseda University, Japan

^b Faculty of Engineering Education Center, Chiba Institute of Technology, Japan

^c Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Japan

^d Doctoral Program in Graduate School of Comprehensive Human Sciences,
University of Tsukuba, Japan

^e Higashi Toride Hospital, Japan

^f Division of Health Promotion and Exercise, National Institute of Health and Nutrition, Japan

^g Center for Tsukuba Advanced Research Alliance, University of Tsukuba, Japan

Received 13 April 2007; received in revised form 6 September 2007; accepted 10 October 2007

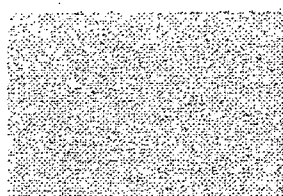
KEYWORDS

Fat metabolism;
Free fatty acid;
Glycerol;
Fat oxidation;
Obesity phenotypes

Summary The purpose of this study was to investigate differences in fat metabolism between visceral fat obese (VF-Ob) and abdominal subcutaneous obese (SF-Ob) men during "high-intensity endurance exercise". Fourteen obese (body mass index >25 kg/m²) men were classified into two groups according to visceral fat area using computed tomography; i.e., VF-Ob ($n=7$; mean age, 52.0 ± 2.5 year) and SF-Ob ($n=7$; mean age, 57.3 ± 2.8 year) groups. Plasma fat concentration and fat oxidation were measured at rest and during 60-min high-intensity (70% of peak oxygen uptake) stationary cycling exercise. Plasma concentrations of free fatty acid and glycerol were significantly higher ($P \leq 0.05$) in VF-Ob men compared with SF-Ob men during endurance exercise. However, no significant difference was found in fat oxidation between VF-Ob and SF-Ob men (697 ± 135 and 661 ± 96 kJ/h, respectively) during high-intensity endurance exercise. These results suggest that obesity phenotype affects plasma fat concentration even during high-intensity exercise. It is

* Corresponding author at: Faculty of Sport Sciences, Waseda University 2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama 359-1192, Japan. Tel.: +81 4 2947 6912; fax: +81 4 2947 6808.

E-mail address: numashige@aoni.waseda.jp (S. Numao).



likely that plasma fat concentrations in visceral fat obese men during high-intensity endurance exercise are more increased compared with during moderate-intensity endurance exercise. Despite the difference in plasma fat concentration, total fat oxidation was similar in the two obese phenotypes.

© 2007 Asian Oceanian Association for the Study of Obesity. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

Introduction

Visceral fat (VF) obesity is associated with metabolic abnormalities such as type 2 diabetes, hypertension, dyslipidemia, and cardiovascular diseases [1]. For improving and treating these abnormalities, it is important to prevent accumulation of VF.

Endurance exercise is beneficial in the treatment of obesity, as it promotes lipolysis, and oxidizes fat through increasing secretion of catecholamines and decreasing insulin levels [2,3]. *In vitro* studies have demonstrated that VF has a higher catecholamine-induced lipolysis [4,5], and lower insulin antilipolysis [6,7] than SF, so the lipolysis in VF during endurance exercise might be more enhanced than as compared with SF.

Previous studies [8,20] have reported that, during moderate-intensity (45–50% maximal oxygen uptake (VO_2 max)) endurance exercise, plasma free fatty acid (FFA) concentration and fat oxidation were not different between lower-body and upper-body obese women. Another study [9] has reported that plasma fat concentration is greater in VF obese men than in SF obese men during moderate-intensity (50% VO_2 max) endurance exercise, while total fat oxidation was similar between obesity phenotypes. Although these results are not consistent, it seems that VF obesity has higher lipolytic response during moderate-intensity exercise.

Exercise intensity may affect the difference in lipolytic response between VF and SF obesity, since an increment in exercise intensity enhances the secretion of catecholamines and represses the secretion of insulin. Accordingly, plasma fat concentration could increase to a greater extent and fat could be more oxidized in VF obesity than in SF obesity during high-intensity exercise. This may be supported by previous intervention studies [10,11], both of which resulted in the preferential loss of VF induced by high-intensity endurance exercise among obese men. Moreover, American College of Sports Medicine [12] has recommended that exercise training intensity should be eventual progression to higher intensities (50–75% VO_2 reserve or heart rate reserve) for effective treatments of obesity, because high-intensity exercise can produce a more negative energy balance (body fat loss) in

reasonable amount of time. Therefore, it is helpful for supporting these ACSM's guideline to elucidate physiological metabolic response on VF obesity during "high-intensity" endurance exercise. However, fat metabolism in each obesity phenotype during "high-intensity" endurance exercise has not been investigated. With this in mind, the present study was undertaken to investigate whether obesity phenotype influenced fat metabolism during "high-intensity" cycling endurance exercise in obese men.

Methods

Participants

Fourteen middle-aged obese men (body mass index [BMI] $>25 \text{ kg/m}^2$) [13] participated in this study. Participants were recruited through advertisements in local newspapers. Participants were classified into two groups (visceral fat obesity [VF-Ob] group and abdominal subcutaneous fat obesity [SF-Ob] group) based on visceral fat area (VFA) at the level of the umbilicus using a CT scan. VFA for classification was 150 cm^2 ; namely, the VF-Ob group ($n=7$) had a VFA greater than 150 cm^2 , and the SF-Ob group ($n=7$) had a VFA less than 150 cm^2 . Participants were not involved in regular exercise training. No participant was smoking, and was on any medications known to affect fat metabolism. All participants were weight-stable ($<3 \text{ kg}$ weight change) for at least the previous 2 months. The aim and design of the study were explained to each participant before they gave their written informed consent. This study conformed to the principles outlined in the Helsinki Declaration, and was approved by the Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba Review Board.

Body composition and abdominal fat area

Whole-body fat mass (FM) and fat-free mass (FFM) were measured by the bioelectrical impedance method (HBF-300, Omron, Tokyo, Japan). Visceral fat area (VFA) and abdominal subcutaneous fat area (SFA) were measured by CT scan (SOMATOM ARC, Siemens, Germany) performed in the supine posi-

tion. A single 5-mm scan with a scanning time of 5 s was obtained, centered at the level of the umbilicus (fourth and fifth lumbar vertebrae), because it was found that VFA from a single scan highly correlated with overall visceral volume [14]. VFA and SFA were calculated using the Fat Scan computer software program (N2system, Osaka, Japan) [15].

Peak oxygen consumption

VO₂ peak for each participant was determined using a graded exercise test with a cycling ergometer (818E, Monark, Stockholm, Sweden) [9]. Briefly, following a 2-min warming-up at 0 Watt (W), workload was increased every 1 min by 15W until volitional exhaustion. During the test, ventilations and gas exchanges were measured using indirect calorimetry (Oxycon α , Mijnhardt, Breda, The Netherlands), and heart rate was monitored using electrocardiography (Dyna Scope, Fukuda Denshi, Tokyo, Japan).

Protocol

Participants were not allowed to perform strenuous exercise for 48 h before each measurement. They were instructed to consume a standard meal (50% carbohydrate, 30% fat, 20% protein) on the evening before the study and recorded the meal on the diary. Following more than 12 h overnight fast, participants arrived at the Higashi Toride Hospital. An exercise trial was started at 9:00 a.m. for each participant. Upon each participant's arrival at the examination room, a catheter was placed in an arm vein to allow withdrawal of blood samples at rest and during exercise.

Participants performed a cycling exercise for 60 min at a work rate corresponding to 70% of predetermined VO₂ peak. Gas exchanges were measured at rest and at 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35,

40, 45, 50, 55, and 60 min of exercise using indirect calorimetry (Oxycon α , Mijnhardt, Breda, The Netherlands). Substrate oxidation rates were calculated from respiratory exchange ratio (RER) [16]. Energy expenditure and substrate oxidation were calculated every 5 min from measurement of gas exchanges. Total energy expenditure and substrate oxidation were defined as the sums of every 5 min energy expenditure and substrate oxidation.

Blood analysis

Blood samples were collected to measure plasma concentrations of FFA, glycerol, epinephrine, norepinephrine, and insulin. Plasma concentrations of FFA were analyzed by an enzymatic colorimetric method (ACS-ACOD). Plasma concentrations of insulin were measured by a radioimmunoassay (RIA). Plasma concentrations of glycerol were determined by an enzymatic colorimetric method (GPO-DAOS). Plasma concentrations of epinephrine and norepinephrine were quantified by high performance liquid chromatography (HPLC).

Statistical analysis

All data were expressed as means \pm S.E. An unpaired *t*-test was used to test significance of differences in anthropometric variables, total energy expenditure, and fat oxidation during endurance exercise between VF-Ob and SF-Ob men. A repeated measures two-way ANOVA, with group and time as factors, was used to determine differences in metabolite concentrations and RER kinetics between VF-Ob and SF-Ob men during endurance exercise. When a significance interaction was obtained, an unpaired *t*-test such as a *post hoc* comparison test was performed (if there was no homogeneity, a Mann-Whitney test was used) to

Table 1 The characteristics of participants in the VF-Ob and SF-Ob groups

	VF-Ob (n=7)	SF-Ob (n=7)
Age (years)	52.0 \pm 2.5	57.3 \pm 2.8
Height (cm)	168.6 \pm 1.8	167.5 \pm 2.1
Body weight (kg)	81.0 \pm 3.2	75.4 \pm 1.5
Body mass index (kg/m ²)	28.4 \pm 0.7	26.9 \pm 0.2
Body fat mass (kg)	22.4 \pm 1.2	21.5 \pm 1.3
Body fat-free mass (kg)	58.6 \pm 2.5	53.9 \pm 1.8
VO _{max} (mL/kg/min)	31.1 \pm 1.7	30.5 \pm 1.6
Abdominal fat area		
Total fat area (cm ²)	380.8 \pm 16.7	332.7 \pm 21.1
Visceral fat area (cm ²)	193.0 \pm 13.0 ^a	133.5 \pm 5.1
Subcutaneous fat area (cm ²)	187.7 \pm 13.3	199.3 \pm 18.9

Values are mean \pm S.E.

^a Significantly different from SF-Ob (*P* \leq 0.05).

locate significant differences. Level of significance was set at $P \leq 0.05$.

Results

Physical characteristics of VF-Ob and SF-Ob groups are presented in Table 1. Mean VFA was significantly higher in the VF-Ob group ($193.0 \pm 13.6 \text{ cm}^2$) than in the SF-Ob group ($133.5 \pm 5.1 \text{ cm}^2$). No significant difference was found in any other variables between the VF-Ob and SF-Ob groups.

There were no differences in absolute (VO_2) and relative intensity ($\% \text{VO}_2$ peak) between the VF-Ob and SF-Ob groups during exercise.

Plasma hormonal kinetics during endurance exercise are shown in Fig. 1. Plasma concentrations of epinephrine and norepinephrine progressively increased in the two groups during endurance exercise. There was a significant group \times time interaction in plasma concentration of norepinephrine kinetics. Plasma insulin concentration progressively decreased in the two groups, but there was a no significant difference in plasma insulin concentration between the two groups during exercise.

Plasma FFA and glycerol concentration kinetics during endurance exercise are shown in Fig. 2. Plasma FFA concentration progressively increased in both VF-Ob (from $0.74 \pm 0.06 \text{ mmol/L}$ at rest to $3.21 \pm 0.50 \text{ mmol/L}$ at end of exercise) and SF-Ob men (from $0.55 \pm 0.08 \text{ mmol/L}$ at rest to $1.64 \pm 0.20 \text{ mmol/L}$ at end of exercise). A significant group \times time interaction was observed in plasma FFA concentration during the exercise bout. After the first 40 min of exercise, plasma FFA concentration was significantly greater in VF-Ob men than in SF-Ob men. Plasma glycerol concentration also progressively increased in both groups. There was a significant group \times time interaction in plasma glycerol concentration during the exercise bout. After the first 20 min of exercise, plasma glycerol concentration was higher in VF-Ob men than in SF-Ob men. Changes in RER during endurance exercise are shown in Fig. 3. RER initially increased during the first 5 min of exercise, and then progressively decreased. Changes and values in RER during exercise were not significantly different between the two groups. Total energy expenditure and fat oxidation during endurance exercise are shown in Fig. 4. There was no difference in total energy expenditure between the VF-Ob ($2282 \pm 144 \text{ kJ/h}$) and SF-Ob ($1969 \pm 119 \text{ kJ/h}$) groups. In addition, no difference was found in fat oxidation during exercise between the two groups (VF-Ob men, $697 \pm 135 \text{ kJ/h}$; SF-Ob men, $661 \pm 96 \text{ kJ/h}$).

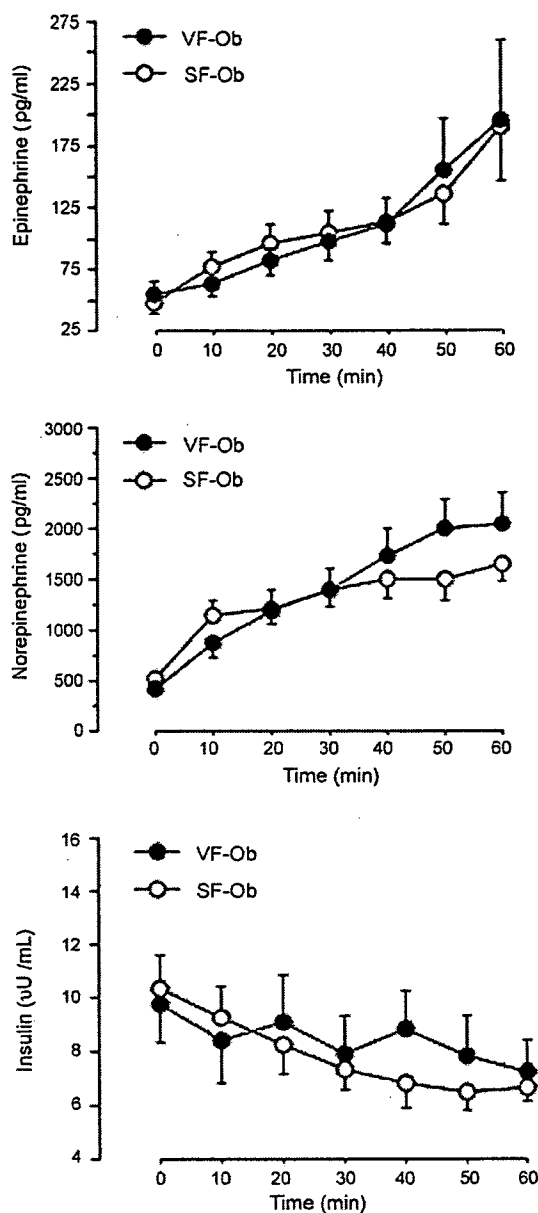


Figure 1 Changes in plasma concentrations of epinephrine (upper graph), norepinephrine (middle graph) and insulin (lower graph) in VF-Ob and SF-Ob men during 60-min high-intensity endurance exercise. There was a significant group \times time interaction ($P \leq 0.05$) in plasma concentration of norepinephrine. Values are means \pm S.E.

Discussion

The present study revealed that kinetics of plasma fat concentration during "high-intensity" endurance exercise were different between VF-Ob and SF-Ob men. Despite the fact that plasma fat concentration was different, total energy expendi-

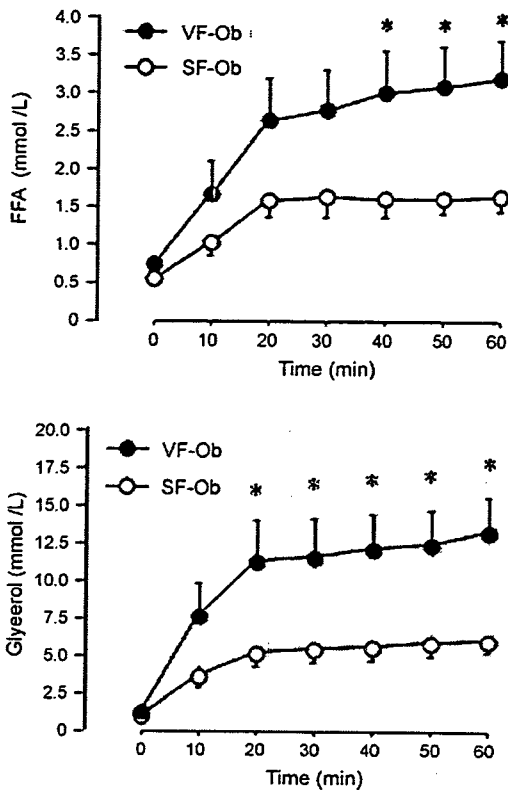


Figure 2 Changes in plasma concentrations of free fatty acid (FFA) (upper graph) and glycerol (lower graph) in VF-Ob and SF-Ob men during 60-min high-intensity endurance exercise. There was a significant group \times time interaction ($P \leq 0.05$). * Significantly different from SF-Ob men ($P \leq 0.05$). Values are means \pm S.E.

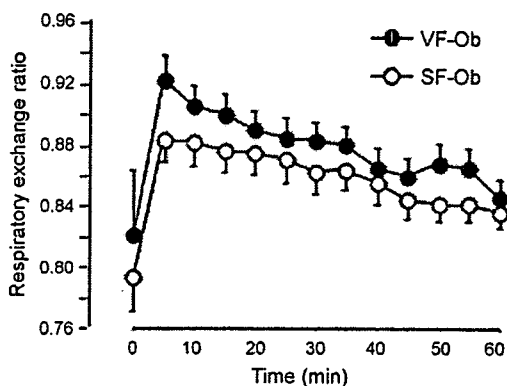


Figure 3 Changes in respiratory exchange ratio (RER) in VF-Ob and SF-Ob men during 60-min high-intensity endurance exercise. There was no significant group \times time interaction ($P > 0.05$). Values are means \pm S.E.

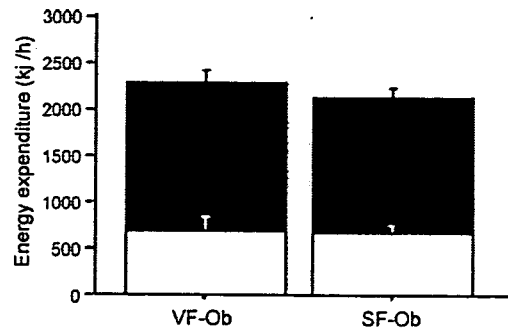


Figure 4 Total energy expenditure including fat (open bar) and carbohydrate (filled bar) in VF-Ob and SF-Ob men during 60-min high-intensity endurance exercise. There were no differences in total energy expenditure, carbohydrate oxidation, and fat oxidation between VF-Ob and SF-Ob men ($P > 0.05$). Values are means \pm S.E.

ture and fat oxidation were similar between VF-Ob and SF-Ob men during "high-intensity" endurance exercise.

Despite a similar exercise intensity between the two groups, kinetics of plasma norepinephrine concentration were different between VF-Ob and SF-Ob men during the high-intensity exercise bout in this study. Since plasma fat concentrations are greatly influenced by several hormones, e.g., catecholamines and insulin, both at rest and during exercise [2,3], the difference can be accounted for by differences in plasma fat concentrations between the two obese groups during endurance exercise.

It is possible that alterations in regional adipose tissue lipolysis also contributed to the differences in plasma fat concentrations during endurance exercise. *In vitro* studies have reported that lipolytic response to catecholamines was higher in visceral adipocytes than in subcutaneous adipocytes [4,5], and especially, lipolysis of VF was higher in visceral obesity than in subcutaneous obesity [17]. In addition, antilipolysis and activation of FFA re-esterification response to insulin are lower in visceral adipocytes than in subcutaneous adipocytes [6,7]. Recently, it has also been demonstrated that splanchnic fatty acid release, an indirect measure of portally drained lipolysis, accounted for 17% of systemic FFA release in obese men *in vivo* [18]. Meanwhile, Horowitz and Klein [19] suggested that the uptake of plasma fatty acid during exercise was similar in both lean and abdominally obese subjects. Thus, our results suggest that differences in plasma fat concentrations between VF and the SF-Ob men during endurance exercise might partly reflect differences in lipolytic characteristics between visceral and subcutaneous fat.

Difference in fat concentration in VF and SF-Ob men during endurance exercise observed in our study are in agreement with data from a previous study that investigated fat metabolism between two obesity phenotypes in obese men during moderate-intensity endurance exercise [9]. However, exercise intensity was different between the present and previous study [9]; that is, the intensity was 70% VO_2 peak in the present study, and was 50% VO_2 peak in the previous study. It is known that increasing exercise intensity changes plasma concentration of hormones, and influences lipolysis during endurance exercise [2,3]. High concentrations of epinephrine and norepinephrine were observed in this study, and difference in plasma fat concentrations between VF-Ob and SF-Ob men enlarged compared with the previous study [9]. These results suggest that high-intensity exercise could be more effective for promoting plasma fat concentrations in VF-Ob men than moderate-intensity exercise.

On the contrary, our results contradict results of previous studies [8,20]. This discrepancy may be due to differences in lipolysis in visceral fat depending on gender of participants. Previous studies were conducted in obese women, but not in obese men. Obese women have lower lipolytic sensitivity and higher antilipolytic sensitivity of visceral adipocytes compared with obese men [21]. Moreover, rate of lipolysis response to norepinephrine of visceral fat is similar to that of subcutaneous fat in obese women, but it is greater than that of subcutaneous fat in obese men [22]. These data suggest that lipolysis of visceral fat depends on gender, and these differences may be responsible for differences in plasma fat concentration between the present and previous studies. The second reason is the differences in indices used to classify obesity phenotypes. Previous studies used WHR [23] as an index for phenotype classification; UB and LB obesity [8,20]. Our study used CT, a known "gold standard" method for determination of abdominal fat accumulation [24]. Disagreement between the present and previous studies [8,20] may be due to differences in estimations of volumes between visceral and subcutaneous fat. It should be noted that differences in methodologies for evaluating abdominal fat accumulation might affect the results.

Total energy expenditure and fat oxidation during endurance exercise were similar between VF-Ob and SF-Ob men. Despite a higher exercise intensity in our study than that in previous studies, our findings are in agreement with results from previous studies [8,9,20,25]. Therefore, our data suggest that even if exercise intensity increases, total energy expenditure and fat oxidation during

endurance exercise are not different between obesity phenotypes.

In summary, the present study demonstrates that plasma fat concentration is influenced by obesity phenotype even during high-intensity endurance exercise. Also, it is likely that plasma fat concentrations in visceral fat obese men during high-intensity endurance exercise are more increased compared with during moderate-intensity endurance exercise. Regardless of the increased plasma fat concentration in visceral fat obese men, total fat oxidation during high-intensity endurance exercise is similar between two obesity phenotypes as during moderate-intensity endurance exercise.

References

- [1] Despres JP. Is visceral fat obesity the cause of the metabolic syndrome? *Ann Med* 2006;38:52–63.
- [2] Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Gastaldelli A, Horowitz JF, Ender E, et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol* 1993;265:E380–91.
- [3] Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Rosenblatt J, Wolfe RR. Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J Appl Physiol* 2000;88:1707–14.
- [4] Hellmer J, Marcus C, Sonnenfeld T, Arner P. Mechanisms for differences in lipolysis between human subcutaneous and omental fat cells. *J Clin Endocrinol Metab* 1992;75:15–20.
- [5] Hoffstedt J, Arner P, Hellers G, Lonnqvist F. Variation in adrenergic regulation of lipolysis between omental and subcutaneous adipocytes from obese and non-obese men. *J Lipid Res* 1997;38:795–804.
- [6] Bolinder J, Kager L, Ostman J, Arner P. Differences at the receptor and postreceptor levels between human omental and subcutaneous adipose tissue in the action of insulin on lipolysis. *Diabetes* 1983;32:117–23.
- [7] Zierath JR, Livingston JN, Thorne A, Bolinder J, Reynisdottir S, Lonnqvist F, et al. Regional difference in insulin inhibition of non-esterified fatty acid release from human adipocytes: relation to insulin receptor phosphorylation and intracellular signalling through the insulin receptor substrate-1 pathway. *Diabetologia* 1998;41:1343–54.
- [8] van Aggel-Leijssen DP, Saris WH, Wagenmakers AJ, Hul GB, van Baak MA. The effect of low-intensity exercise training on fat metabolism of obese women. *Obes Res* 2001;9:86–9.
- [9] Numao S, Hayashi Y, Katayama Y, Matsuo T, Tomita T, Ohkawara K, et al. Effects of obesity phenotype on fat metabolism in obese men during endurance exercise. *Int J Obes* 2006;30:1189–96.
- [10] Mourier A, Gautier JF, De Kerviler E, Bigard AX, Villette JM, Garnier JP, et al. Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements. *Diabetes Care* 1997;20:385–91.
- [11] Ross R, Dagnone D, Jones PJH, Smith H, Paddags A, Hudson R, et al. Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. *Ann Intern Med* 2000;133:92–103.
- [12] American College of Sports Medicine. Other clinical conditions influencing exercise prescription. In: Whaley MH,

- editor. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. p. 205–36.
- [13] Examination Committee of Criteria for 'Obesity Disease' in Japan; Japan Society for the Study of Obesity. New criteria for 'obesity disease' in Japan. *Circ J* 2001;66:987–92.
- [14] Borkan GA, Gerzof SG, Robbins AH, Hulth DE, Silbert CK, Silbert JE. Assessment of abdominal fat content by computed tomography. *Am J Clin Nutr* 1982;36:172–7.
- [15] Yoshizumi T, Nakamura T, Yamane M, Islam AH, Menju M, Yamasaki K, et al. Abdominal fat: standardized technique for measurement at CT. *Radiology* 1999;211:283–6.
- [16] Peronnet F, Massicotte D. Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Can J Sport Sci* 1991;16:23–9.
- [17] Busetto L, Digirolamo M, Dalla Monta P, Carraro R, Enzi G. Omental and epigastric adipose tissue lipolytic activity in human obesity. Effect of abdominal fat distribution and relationship with hyperinsulinemia. *Horm Metab Res* 1993;25:365–71.
- [18] Nielsen S, Guo Z, Johnson CM, Hensrud DD, Jensen MD. Splanchnic lipolysis in human obesity. *J Clin Invest* 2004;113:1582–8.
- [19] Horowitz JF, Klein S. Oxidation of nonplasma fatty acids during exercise is increased in women with abdominal obesity. *J Appl Physiol* 2000;89:2276–82.
- [20] Kanaley JA, Cryer PE, Jensen MD. Fatty acid kinetic responses to exercise. Effects of obesity, body fat distribution, and energy-restricted diet. *J Clin Invest* 1993;92:255–61.
- [21] Lonnqvist F, Thorne A, Large V, Arner P. Sex differences in visceral fat lipolysis and metabolic complications of obesity. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1997;17:1472–80.
- [22] Rebuffe-Scrive M, Anderson B, Olbe L, Bjorntorp P. Metabolism of adipose tissue in intraabdominal depots in severely obese men and women. *Metabolism* 1990;39:1021–5.
- [23] Kissebah AH, Videlingum N, Murray R, Evans DJ, Hartz AJ, Kalkhoff RK, et al. Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 1982;54:254–60.
- [24] Chowdhury B, Sjostrom L, Alpsten M, Kostantny J, Kvist H, Lofgren R. A multicompartiment body composition technique based on computerized tomography. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1994;18:219–34.
- [25] Swan PD, Howley ET. Substrate utilization during prolonged exercise in obese women differing in body fat distribution. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993;18:263–8.

Available online at www.sciencedirect.com

