

3) 脚伸展パワー：脚伸展パワー測定器（コンビ社製アネロプレス 3500）を用いた。対象者は測定器の椅子に深く腰掛け、両足をフットプレート上にのせた後、膝関節角度が 90 度になるよう椅子を前後に動かし調節した。測定時には腰部と足背部をベルトで固定した。測定に際しては、対象者にできる限り素早くフットプレートを前方に蹴り出すように指示した。また、負荷は各対象者の体重とした。測定は連続 5 回行い、その中の最高値を測定値とした。

4) ステッピング：本研究において採用したステッピングは、椅座位姿勢にて左右の脚を出るだけ素早く踏み換える反復動作である。ステッピング回数の測定には、床に設置された四角形の板の中に、左右別々に埋め込まれたセンサーに足底が触れると自動的にカウントされ、それがデジタル表示されるステッピングカウンター（ヤガミ社製 SP-7）を用いた。ステッピング回数は 10 秒間での左右それぞれの反復回数の合計値とした。

5) 開眼片足立ち：開眼状態での片足起立時間を、ストップウォッチを用い測定した。左右 1 回ずつ測定し、最大値を測定値とした。ただし、最大測定時間は 120 秒とした。

6) 10m 歩行テスト：10m 歩行テストは、対象者が主観的に最速と感じる歩行を 2 回実施し、その時の最速歩行速度（歩行距離とその時間から算出した）を測定値とした。歩行距離は 10m とし、スタート後 1m 地点からゴール手前 1m 地点の 8m 区間内の歩数と時間を計測した。

C. 統計処理

各変数の測定結果は平均値±標準偏差で示した。男女間での平均値の差の検定には unpaired t-test を用いた。また、日常生活動作遂行能力については χ^2 test を用いた。2 変数間の関連性については Spearman の順位相関を用いた。

いずれの検定においても有意水準はすべて 5%未満とした。なお、統計処理には統計解析ソフトウェア SPSS 12.0J for Windows を用いた。

III. 結果

A.生活機能

老研式活動能力指標において、13点満点の者は男女とも約半数（男性49%、女性50%）であった（Table 1）。また、その平均値は男性12.0点、女性12.1点と非常に高い水準であり、男女間に有意な差は認められなかった（Table 3）。一方、要介護や要支援など日常生活に支障をきたすリスクが高いとされる10点未満²⁴⁾の者の割合は男性6%、女性4%であった（Table 1）。

日常生活動作遂行能力では、男女間に有意な能力の差が認められ（ $p<0.001$ ）、「楽にできる」、「できる」と回答した者の割合の合計（成就率）は、男女ともいずれの項目においても非常に高い割合を示したが、男性に比べると女性の成就率は有意に低い値を示した（階段昇降動作：男性98%、女性91%、 $P<0.01$ 、椅子からの立ち上がり動作：男性97%、女性93%、 $p<0.05$ ）。また、男性は「楽にできる」と「できる」との回答がほぼ同じ割合なのに対し、女性は「楽にできる」よりも「できる」の回答の方が高い割合を示した（Table 2）。

B.歩数

1日の総歩数の平均値は、男性 $6,561\pm 2,907$ 歩/日、女性 $6,329\pm 2,451$ 歩/日であり、男女間に有意な差は認められなかった（Table 3）。また、10,000歩/日以上者の割合は男性13.1%（29名）、女性8.7%（15名）であった（Fig.1）。

C.身体的特性および体力

身体特性では、身長（ $p<0.01$ ）、体重（ $p<0.01$ ）、体脂肪率（ $p<0.01$ ）、BMI（ $p<0.05$ ）のいずれの項目においても男女間に有意な差が認められた。体力項目において、本研究では膝伸展力および脚伸展パワーは体重で除した値とした。握力、膝伸展力、脚伸展パワー、ステップング、10m歩行テスト、開眼片足立ちのいずれの項目においても男女間に有意な差が認められた（すべて $p<0.01$ ）（Table 3）。

D.歩数と体力、生活機能、体組成との関係

歩数との関係について、日常生活動作遂行能力の各評価指標は男女とも歩数との間に有意な正の相関関係が認められた（階段昇降動作： $p<0.05$ 、椅子からの立ち上がり動作：

p<0.01). また, 体組成では, 体重 (p<0.05), BMI (p<0.01), 体脂肪率 (p<0.05) のいずれも女性においてのみ歩数との間に有意な負の相関関係が認められた. 体力項目では, 膝伸展力 (男性 p<0.05, 女性 p<0.01) および脚伸展パワー (女性のみ p<0.05) において, 歩数との間に有意な正の相関関係が認められた (Table 4).

IV. 考察

A. 歩数

平成 15 年度国民健康・栄養調査¹⁰⁾によると, 70 歳以上の平均歩数は男性 4,915 歩/日, 女性 4,142 歩/日であり, 男性の方が女性に比べて多い傾向にある. 一方, 65 歳~74 歳の年代では, 男性 6,279 歩/日, 女性 5,915 歩/日であり, 男女間の差は比較的小さい. 後期高齢期以降では特に女性の歩数が減少し, 男女間に差が生じる可能性が推察される. 本研究における平均歩数は男性 6,561 歩/日, 女性 6,329 歩/日であり, 男女間に有意な差は認められなかった. また, 平成 15 年度国民健康・栄養調査の 65 歳~74 歳の値と比べ, 男女とも歩数が多い傾向にあった. これは本研究の対象者の年齢が 71 歳であったことによると推察される. 本研究においては 1 週間連続測定し, その平均値を用いたので, より高齢者の日常生活の歩行状況を反映していると考えられる.

一方, 健康日本 21 では 70 歳以上の歩数を当面の目標値として, 男性 6,700 歩/日, 女性 5,900 歩/日としている⁹⁾. 本研究の男性はこの目標値とほぼ同水準であるが, 女性においてはそれを上回っていた. また, 平成 15 年度国民健康・栄養調査による 10,000 歩/日以上の者の割合は, 70 歳以上では男性 10%, 女性 6%である. 一方, 65 歳~74 歳では男性 17%, 女性 14%である¹⁰⁾. 本研究の対象者の歩数は平成 15 年度国民健康・栄養調査と比べて多かったものの, 10,000 歩/日以上での割合 (男性 13%, 女性 9%) は低い傾向にあった.

わが国では, 健康づくりのための目標歩数として「1 日 10,000 歩」が推奨されている. 最近, その有効性についての調査は国内^{25,26)}だけでなく国外²⁷⁾において検証されているが, 統一した結論は得られていない. 今後, 疫学調査においても歩数計, さらに加速度計に

よる客観的な指標での身体活動量測定が必要とされている²⁸⁾。わが国においても、10,000歩/日の有用性だけでなく、身体活動量の指標としての歩数と体力、健康状態についての検討が必要であると考えられる。

B. 歩数と生活機能との関係

地域在住高齢者において、老研式活動能力指標は地域在住高齢者の生活機能の有用な指標とされている^{24,29)}。このことから、本研究においても老研式活動能力指標を用いた。古谷野たち²²⁾の研究では、70～74歳（男性236名、女性301名）の平均値は11点である。本研究の対象者の平均値は男女とも12点であり、しかも13点満点の者の割合は男性49%、女性50%であった。老研式活動能力指標は10点以上であるとおおむね日常生活において自立しており、一方、10点未満であると要介護や要支援など日常生活に支障をきたすリスクが高いとされている²⁴⁾。また、65歳以上の高齢者の約75%が10点以上と考えられており²⁴⁾、言い換えると約25%は10点未満となる。本研究において10点未満の者の割合は男性6%、女性4%と非常に少ないことから、ほとんどが自立した生活を営むことのできる高齢者集団であると推察される。

移動能力はIADLにおいて重要な役割を果たすことが報告されている³⁾。そこで、本研究においては高齢者の日常生活動作の中でもっとも身体への負担度の高い動作である、階段昇降動作と椅子からの立ち上がり動作²³⁾の2つを日常生活動作遂行能力の指標とした。これらの動作の成就率は、男性に比べ女性の方が低かった。これまでの研究において、女性は男性に比べて移動能力は劣ることが報告されている³⁾。その理由として、女性は男性に比べて体重に占める体脂肪の割合が高く³⁰⁾、それにより、体重移動を伴う動作では下肢にかかる負担度が増大することが考えられる^{31,32)}。本研究においても膝伸展力や脚伸展パワーは、女性は男性に比べ有意に低く（男性に対する女性の比率：膝伸展力75%、脚伸展パワー58%）、一方、体脂肪率は有意に高かった。これらのことから、男性に比べ女性の成就率が低かったものと推察される。

また、本研究においては、歩数と日常生活動作遂行能力の各評価指標との間に有意な相

関関係が認められた。ケアハウス入居の高齢女性（平均年齢 78.9 歳）を対象とした柳本たち³³⁾の研究では、歩数と階段登行時間との間に関連があることを報告している。階段昇降動作と椅子からの立ち上がり動作のいずれも、動作遂行において下肢筋力が重要な役割を果たしており^{23,34)}、日常生活動作遂行能力が優れている者ほど筋力水準も高い³⁵⁾。本研究において、歩数と階段昇降動作および椅子からの立ち上がり動作との関連性は低かったものの、歩行が下肢筋力の増大に寄与し、それが階段昇降動作および椅子からの立ち上がり動作の遂行能力に結びついたものと推察される。

C. 歩数と体組成との関係

高齢期における肥満は生活機能障害などの要因となり³⁶⁾、しかも、肥満による生活機能への影響は筋量や筋力の増大の影響を凌駕することが報告されている³⁷⁾。このことから、高齢者における肥満の予防は介護予防の観点から重要であると考えられる。

平成 15 年度国民健康・栄養調査¹⁰⁾によると、BMI が 25 以上の者は、男性では中年期（40 歳代）をピークに徐々に減少傾向を示すのに対し、女性では 60 歳代まで年齢とともに増加傾向を示している。本研究においても、肥満度が高い者の割合を見ると、男性よりも女性の方が多い傾向にあった。

これまで、女性のみや男女混在での高齢者を対象とした歩数と体組成との関係では、歩数と BMI や体脂肪率との間に負の相関関係がみられ¹⁸⁾、1 日の総歩数が少ない者ほど肥満度が高いことが報告されている^{18~21)}。一方、BMI や体脂肪率は総歩数との間に負の相関関係があるだけでなく、総歩数に占める中等強度以上の活動時間との間にも関連性があることが示唆されている^{38,39)}。中高年女性を対象とした研究³⁸⁾では、1 日の総歩数が 10,000 歩を越えると中等強度の活動時間が長くなり、それが肥満の改善に影響することが報告されている。本研究においても先行研究に比べ相関関係が低かったものの、女性においては歩数と体重、BMI および体脂肪率との間に有意な負の相関関係が認められた。関連性が低かった理由としては、まず第 1 に、対象者の身体的特性が考えられる。先行研究における対象者は痩せから高度肥満の広範囲にわたっており、平均値も比較的高い値を示している

18-21). しかし、本研究の対象者の BMI と体脂肪率は、女性の方が男性よりも有意に高い値ではあったが、この値はこれまでの研究よりも低く、ほとんどが適正範囲であった。第 2 の理由として、高齢者の歩行状況が考えられる。樋口たち⁴⁰⁾は、高齢者（平均年齢 71 歳）における 1 日の総歩数は約 6,100 歩/日で、そのほとんどが低強度の歩行で占められていることを報告している。本研究における対象者の平均歩数は男性 6,561 歩/日、女性 6,329 歩/日と樋口たちと同水準の歩数であり、本研究の対象者においてもほとんどが低強度の歩行で占められていたと推察される。このようなことから、対象者の身体的特性や歩行状況が 1 日の総歩数と体重、BMI および体脂肪率との関連性が低かったものと推察される。しかし、身体活動量と体組成との関係については性差がみられることから、今後はエネルギー摂取量を考慮した検討が必要であると思われる⁴¹⁾。

D. 歩数と体力との関係

本研究において、体力項目はすべての項目で女性よりも男性の方が高い値を示しており、この結果はこれまでの報告と同様の結果であった³⁰⁾。

歩数と体力との関係では、男女とも膝伸展力に有意な相関が認められた。Petrella and Cress¹⁴⁾は、歩数が多い群において上肢・下肢の筋力が有意に高いことを報告している。また、Bassey et al.¹⁵⁾は、65 歳の高齢男性において歩数と下肢筋力との間に有意な相関関係を認めており、その関連性は日常生活動作に強度の高い動作が含まれるほど高くなることを示唆している。本研究においては、歩数と膝伸展力との関連性は低かったものの、これらの報告と一致している。日常生活において、歩く、立ち上がるおよび階段を上る動作はいずれも下肢筋群の筋活動により引き起こされることから、歩数は膝伸展力との間に関連が見られたものと推察される。本研究では横断的な研究であるため、効果については言及できないものの、これらのことから、高齢者において歩行などの身体活動の実施による歩数の増加が、下肢筋機能の保持・向上に有用である可能性が考えられる。

一方、女性においてのみ歩数と脚伸展パワーとの間に有意な相関が認められた。Jian-Guo Zhang et al.¹⁶⁾は、本研究と同じ機器を用いた脚伸展パワー装置による測定値と歩数との関

係を検討しているが、歩数と脚伸展パワーとの間には有意な関係を認めていない。彼らの対象者（50～69歳）の脚伸展パワー水準は男性 16.3W/kg、女性 10.4W/kg であり、本研究の対象者の値（男性 12.1W/kg、女性 7.0W/kg）と比べて高い傾向にあった。70歳以上の者が自立した生活を営むために必要な脚伸展パワー値の目安として、男性 12～13W/kg 程度、女性 8～9W/kg 程度^{42,43)}と考えられる。本研究において、男性はほぼ同水準であったが、女性はわずかに下回っていた。宮下⁴⁴⁾の研究によると、歩行トレーニング（ウォーキング）前の歩数と脚伸展パワー値の間には負の関連性があり、ウォーキングによる脚伸展パワー値の増加率は、その初期水準に依存することが報告されている。本研究における男性の脚伸展パワー値は、ウォーキングにより増大がみられる閾値の前後に相当する⁴⁴⁾ために関連がみられず、一方、女性は閾値より低水準であり、脚伸展パワー値が低かったことから、女性においては歩数との間に有意な相関関係がみられたものと推察される。立たち⁴⁵⁾は、力発揮速度や多関節運動での筋力発揮の調節機能における加齢低下は、女性の方が男性よりも大きい可能性を示唆しており、このことから、特に女性においては歩数の増大の必要性が考えられる。歩数と体力との関係については、今後、運動強度や運動習慣、運動種目などを考慮した上での検討の必要性が考えられる。

V. まとめ

これまで、大多数の同一年齢の高齢者を対象者として男女別に、日常生活の身体活動量の指標としての歩数と多くの体力要因、男女別での体組成及び生活機能との関係について検討した研究はみられない。そこで、本研究では地方都市に在宅する 71 歳高齢者の日常生活での歩数を明らかにし、歩数と体力、生活機能および体組成との関連性について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 日常生活における 1 週間の歩数の平均値は男性 6,561 歩/日、女性 6,329 歩/日であり、男女間に有意な差は見られなかった。
- 2) 生活機能の指標としての老研式活動能力指標の平均値および日常生活動作遂行能力

(階段昇降動作, 椅子からの立ち上がり動作) の成就率は男女とも非常に高く, 歩数との関係では階段昇降動作, 椅子からの立ち上がり動作との間に有意な正の相関関係が認められた。

3) 女性の方が男性に比べて体重や BMI, 体脂肪率が高く, 女性においてのみ歩数と体組成との間に有意な負の相関関係が認められた。

4) 体力はすべての項目において, 男性の方が女性に比べて高い値を示した。また, 男女とも歩数と膝伸展力との間に有意な正の相関関係が認められ, 女性においてのみ脚伸展パワーとの間にも有意な正の相関関係が認められた。

以上の結果から, 男女とも歩数が多い者は, 下肢筋力や日常生活動作遂行能力に優れており, 女性においては歩数が多い者は肥満度も低いことが示唆された。しかし, 握力やステッピング, 開眼片足立ち, 歩行速度との間には男女とも有意な関連性はみられなかった。また, 歩数との関連性には性差がみられ, 男性よりも女性において関連性は強いことが示唆された。

引用文献

- 1) World Health Organization. The uses of epidemiology in the study of the elderly. Report of a WHO Scientific Group on the Epidemiology of Aging. World Health Organ Tech Rep Ser, (1984), 706, 1-84.
- 2) 古谷野 亘, 地域老人における手段的 ADL—社会的な生活機能の障害およびそれと関連する要因—, 社会老年学, (1990), 33, 56-67.
- 3) 古谷野 亘, 柴田 博, 芳賀 博, 須山靖男, 地域老人における日常生活動作能力—その変化と死亡率への影響—, 日本公衆衛生雑誌, (1984), 31, 637-641.
- 4) Sonn, U., Frandin, K., Grimby, G. Instrumental activities of daily living related to impairments and functional limitations in 70-year-olds and changes between 70 and 76 years of age. Scand J Rehabil Med, (1995), 27, 119-128.

- 5) 加藤雄一郎, 川上 治, 太田壽城, 高齢期における身体活動と健康長寿, 体力科学, (2006), 55, 191-206.
- 6) Singh, M, A. Exercise comes of age: rationale and recommendations for a geriatric exercise prescription. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, (2002), 57, M262-282.
- 7) Beans, J, F., Vora, A., Frontera, W, R. Benefits of exercise for community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, (2004), 85(Suppl 3), S31-42.
- 8) Goran, M, I., Poehlman, E, T. Total energy expenditure and energy requirements in healthy elderly persons. *Metabolism*, (1992), 41, 744-753.
- 9) 健康・体力づくり事業財団, 健康日本 21 (21 世紀における国民健康づくり運動について) : 健康日本 21 企画検討会 健康日本 21 計画策定検討会報告書, 東京, (2000)
- 10) 健康・栄養情報研究会, 厚生労働省 平成 15 年国民健康・栄養調査報告, 第一出版, 東京, (2006)
- 11) Tudor-Locke, C., Burkett, L., Reis, J, P., Ainsworth, B, E., Macera, C, A., Wilson, D, K. How many days of pedometer monitoring predict weekly physical activity in adults? *Prev Med*, (2005), 40, 293-298.
- 12) Matthews, C, E., Ainsworth, B, E., Thompson, R, W., Bassett, D, R. Sources of variance in daily physical activity levels as measured by an accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*, (2002), 34, 1376-1381.
- 13) Tudor-Locke, C., Williams, J, E., Reis, J, P., Pluto, D. Utility of pedometers for assessing physical activity: construct validity. *Sports Med*. (2004), 34(5), 281-291.
- 14) Petrella, J, K., Cress, M, E. Daily ambulation Activity and task performance in community-dwelling older adults aged 63-71 years with preclinical disability. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, (2004), 59, 264-267.
- 15) Bassey, E, J., Bendall, M, J., Pearson, M. Muscle strength in the triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and women over 65 years of age. *Clin Sci (Lond)*,

- (1988), 74, 85-89.
- 16) Zhang, J, G., Ohta, T., Ishikawa-Takata, K., Tabata, I., Miyasitha, M. Effects of daily activity recorded by pedometer on peak oxygen consumption (VO₂peak), ventilatory threshold and leg extension power in 30-to 69-year-old Japanese without exercise habit. *Eur J Appl Physiol*, (2003), 90, 109-113.
- 17) 郷木義子, 畝 博, 長期要介護のリスク要因に関する疫学研究, *日本公衆衛生雑誌*, (2005), 52, 226-234.
- 18) Tudor-Locke, C., Ainsworth, B, E., Whitt, M, C., Thompson, R, W., Addy, C, L., Jones, D, A. The relationship between pedometer-determined ambulatory activity and body composition variables. *Int J Obes Relat Metab Disord*, (2001), 25, 1571-1578.
- 19) Yoshioka, M., Ayabe, M., Yahiro, T., Higuchi, H., Higaki, Y., St-Amand, J., Miyazaki, H., Yoshitake, Y., Shindo, M., Tanaka, H. Long-period accelerometer monitoring shows the role of physical activity in overweight and obesity. *Int J Obes (Lond)*, (2005), 29, 502-508.
- 20) Brach, J, S., VanSwearingen, J, M., FitzGerald, S, J., Storti, K, L., Kriska, A, M. The relationship among physical activity, obesity, and physical function in community-dwelling older women. *Prev Med*, (2004), 39, 74-80.
- 21) Krumm, E, M., Dessieux, O, L., Andrews, P., Thompson, D, L. The relationship between daily steps and body composition in postmenopausal women. *J Womens Health (Larchmt)*, (2006), 15, 202-210.
- 22) 古谷野 亘, 橋本廸生, 府川哲夫, 柴田 博, 郡司篤晃, 地域老人の生活機能—老研式活動能力指標による測定値の分布—, *日本公衆衛生雑誌*, (1993), 40, 468-474.
- 23) Startzell, J, K., Owens, D, A., Mulfinger, L, M., Cavanagh, P, R. Stair negotiation in older people: a review. *J Am Geriatr Soc*, (2000), 48, 567-80.
- 24) 藤原佳典, 新開省二, 天野秀紀, 渡辺修一郎, 熊谷 修, 高林幸司, 吉田裕人, 星 且二, 田中政春, 森田昌宏, 芳賀 博, 自立高齢者における老研式活動能力指標得点の変動 生

- 活機能の個別評価に向けた検討, 日本公衛誌, (2003), 50, 360-367.
- 25) Iwane, M., Arita, M., Tomimoto, S., Satomi, O., Matsumoto, M., Miyashita, K., Nishio, I.
Walking 10,000 steps/day or reduces blood pressure and sympathetic nerve activity in mild
essential hypertension. *Hypertens Res*, (2000), 23, 573-580.
- 26) 富本茂裕, 有田幹雄, 佐谷 修, 橋爪俊和, 羽野卓三, 西尾一郎, 松本正信, 宮下和久,
軽症高血圧における 1 万歩運動の効果, *臨床スポーツ医学*, (1998), 15, 647-652.
- 27) Thompson, D, L., Rakow, J., Perdue, S, M. Relationship between accumulated walking and
body composition in middle-aged women. *Med Sci Sports Exerc*, (2004), 36, 911-914.
- 28) Blair, S, N., Haskell, W, L. Objectively measured physical activity and mortality in older adults.
JAMA, (2006), 296, 216-218.
- 29) 石橋智昭, 西村昌記, 山田ゆかり, 古谷野 亘, 地域高齢者における拡大 ADL 尺度の有
用性, *日本公衆衛生雑誌*, (2001), 48, 420-424.
- 30) 福永哲夫, 「生活フィットネス」の性年齢別変化, *体力科学*, (2003), 52(Suppl), 9-16.
- 31) 沢井史穂, 実松寛之, 金久博昭, 角田直也, 福永哲夫, 日常生活における身体各部位の
筋活動水準の評価—姿勢保持・姿勢変換・体重移動動作について—, *体力科学*, (2004),
53, 93-106.
- 32) 沢井史穂, 実松寛之, 金久博昭, 角田直也, 福永哲夫, 基本的日常生活動作中の体幹お
よび下肢の筋活動水準の男女差, *体力科学*, (2006), 55, 247-258.
- 33) 柳本有二, 戎 利光, 波多野義郎, 佐藤祐造, 女性高齢ケアハウス入居者における日常
歩行活動の構成要素, *体力科学*, (1997), 46, 489-500.
- 34) Bassey, E, J., Fiatarone, M, A., O'Neill, E, F., Kelly, M., Evans, W, J., Lipsitz, L, A. Leg
extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci*, (1992), 82,
321-327.
- 35) Rantanen, T., Era, P., Heikkinen, E. Maximal isometric strength and mobility among
75-year-old men and women. *Age Ageing*, (1994), 23, 132-137.

- 36) Sternfeld, B., Ngo, L., Satariano, W, A., Tager, I, B. Association of body composition with physical performance and self-reported functional limitation in elderly men and women. *Am J Epidemiol*, (2002), 156, 110-121.
- 37) Lebrun, C, E., van der Schouw, T., de Jong, F, H., Grobbee, D, E., Lamberts, S, W. Fat mass rather than muscle strength is the major determinant of physical function and disability in postmenopausal women younger than 75 years of age. *Menopause*, (2006), 13, 474-481.
- 38) 山本直史, 萩 裕美子, 川西正志, 吉武 裕, 強度を踏まえた 1 万歩の効果についての検討, 日本生涯スポーツ学会第 7 回大会抄録集, (2005), 21.
- 39) 原 丈貴, 松村吉浩, 山本松樹, 北堂正春, 中尾泰史, 中雄勇人, 鈴木崇士, 吉川貴仁, 藤本繁夫, 3 軸加速度計を用いて評価した日常生活の活動強度と体重減少の関連性, 体力科学, (2006), 55, 385-392.
- 40) 樋口博之, 綾部誠也, 進藤宗洋, 吉武 裕, 田中宏暁, 加速度センサーを内蔵した歩数計による若年者と高齢者の日常身体活動量の比較, 体力科学, (2003), 52, 111-118.
- 41) Paul, D, R., Novotny, J, A., Rumpler, W, V. Effects of the interaction of sex and food intake on the relation between energy expenditure and body composition. *Am J Clin Nutr*, (2004), 79, 385-389.
- 42) 太田壽城, 張 建国, 石川和子, 田畑 泉, 吉武 裕, 宮下充正, 日本人の最高酸素摂取量換気性閾値および脚伸展パワーの標準値策定の試み, 日本公衆衛生雑誌, (1999), 46, 289-297.
- 43) 沢井史穂, 加齢にともなう筋機能の低下とその予防のための運動, 体育の科学, (1996), 46, 112-122.
- 44) 宮下充正, 健康指向型運動を考える—21 世紀超長寿社会にむけてのウォーキングの勧め—, 体育の科学, (1997), 47, 57-60.
- 45) 立 正伸, 牛山潤一, 宮谷昌枝, 久野譜也, 金久博昭, 福永哲夫, 膝関節伸展トルクおよび脚伸展パワーにおける年齢差および性差, 体力科学, (2003), 52(Suppl), 141-148.

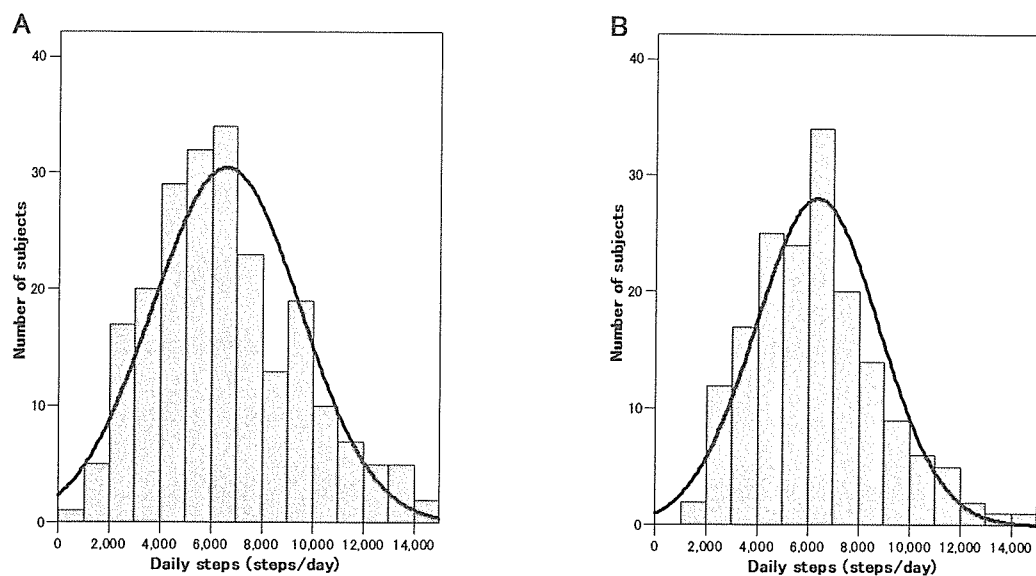


Figure 1. Distribution of daily steps in male (A) and female (B).

Table 1. Score distribution of Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence (TMIG-IC).

	-9 scores	10-12 scores	13 scores
Male (n=222)	6.3 (n=14)	45.0 (n=100)	48.6 (n=108)
Female (n=172)	4.1 (n=7)	45.9 (n=77)	50.0 (n=86)
Total (n=394)	5.3 (n=21)	30.8 (n=177)	49.2 (n=194)

Values are percentages of the subjects in male and female.

(n): Number of subjects.

Not significant difference between male and female.

Table 2. Rate of stair-climbing without using a handrail and chair-rising without using an elbow rest.

	Able with easy	Able	Unable
Stair-climbing ***			
Male (n=222)	44.6 (n=99)	53.6 (n=119)	1.8 (n=4)
Female (n=172)	23.3 (n=40)	68.0 (n=117)	8.7 (n=15)
Chair-rising ***			
Male (n=222)	51.4 (n=114)	45.9 (n=102)	2.7 (n=6)
Female (n=172)	30.2 (n=52)	62.8 (n=108)	7.0 (n=12)

Values are percentages of the subjects in male and female.

(n): Number of subjects.

Significant difference between male and female. ***P<0.001

Table 3. Characteristic of the subjects.

variables	Subjects		P
	Male (n=222)	Female (n=172)	
TMIG-IC ^a (scores)	12.0 ± 1.3	12.1 ± 1.3	n.s.
Daily steps (steps/day)	6560.8 ± 2906.9	6329.2 ± 2450.5	n.s.
Height (cm)	162.6 ± 5.5	149.7 ± 4.7	**
Weight (kg)	59.1 ± 8.6	51.5 ± 7.5	**
BMI ^b (kg / m ²)	22.3 ± 2.8	23.0 ± 3.1	*
Percent Body fat (%)	19.7 ± 5.1	28.5 ± 6.3	**
Handgrip strength (kg)	39.4 ± 5.9	24.6 ± 3.4	**
Knee extensor strength (kg/kg weight)	0.8 ± 0.2	0.6 ± 0.1	**
Leg extensor power (W/kg weight)	12.1 ± 3.7	7.0 ± 2.6	**
Stepping (times/10sec)	81.2 ± 14.4	70.6 ± 13.1	**
Maximal walking speed (m/s)	2.2 ± 0.4	1.9 ± 0.3	**
One-leg standing time with eyes open (sec)	74.6 ± 42.3	59.2 ± 43.5	**

Values are mean ± SD.

n: Number of subjects.

P values evaluate gender differences. *p<0.05, **p<0.01, n.s.: not significant

^aTMIG-IC: Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence

^bBMI: Body Mass Index

Table 4. Relationship between daily steps and physical function, body composition and physical fitness (Spearman's rank correlation).

Variable	Daily steps			
	Male	Female		
TMIG-IC ^a	0.015	n.s.	0.014	n.s.
Stair-climbing	0.190	**	0.245	**
Chair-rising	0.171	*	0.177	*
Weight	-0.043	n.s.	-0.194	*
BMI ^b	-0.050	n.s.	-0.233	**
Percent body Fat	-0.090	n.s.	-0.178	*
Handgrip strength	0.087	n.s.	0.123	n.s.
Knee extensor strength	0.161	*	0.223	**
Leg extensor power	0.114	n.s.	0.173	*
Stepping	0.072	n.s.	0.032	n.s.
Maximal walking speed	0.130	n.s.	0.105	n.s.
One-Leg standing time with eyes open	0.061	n.s.	0.104	n.s.

Values are Spearman's rank correlation coefficient. *p<0.05, **p<0.01, n.s.: not significant

^aTMIG-IC: Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence

^bBMI: Body Mass Index

- A. 宛名：分担研究者 宮崎秀夫 殿
- B. 指定課題：地域住民の口腔保健と全身的な健康状態の関係についての総合研究
- C. 研究協力課題名：「血清カルシウムと歯周病の進行に関する経年調査」
- D. 研究協力者：ナジスアマラセナ¹、葭原明弘²、宮崎秀夫²
- (ア) ペラデニア大学歯学部 2) 新潟大学大学院医歯学総合研究科
(イ) 新潟大学大学院医歯学総合研究科予防歯科学分野
- E. 研究目的：
血清カルシウムが歯周疾患の進行に与える影響について評価することを目的としている。
- F. 対象および方法：
新潟市に在住している 70 歳高齢者でその後 6 年間の検査にすべて出席した 266 人を対象とした。4 人の歯科医師がアタッチメントレベルを測定し、3mm 以上の進行を認めた場合に歯周病が進行したと評価した。6 年間の歯周病進行部位数を PEVENT とし、20 歯以上の発症を認めた場合に PEVENT3 とした。
ベースラインの血清カルシウム、リン、アルブミン、総蛋白、コレステロール、トリグリセリド、血糖、クレアチニン、リウマチ因子 (RF)、免疫グロブリン (IgG、IgA と IgM)、性、喫煙習慣、教育、BMI、歯肉出血 (BOP)、現在歯数を測定した。
- G. 結果および考察：
血清カルシウム、コレステロール、IgA、RF、喫煙、BOP と現在歯数は PEVENT と関連性が認められた。次にこれらの要因を用いてロジスティック回帰分析を行った。その結果、血清カルシウムだけが歯周病の進行と有意な関連性を示した。低血清カルシウムをもつ被験者において、PEVENT3 に対する相対危険度は、1000 ($p=0.03$) であった。血清カルシウムは自立高齢者において歯周病進行に対するリスクファクターと考えられた。
- H. 研究発表論文：なし

A longitudinal assessment of the association between serum calcium and periodontal disease progression in non-institutionalized elderly

N. AMARASENA¹, A. YOSHIHARA², and H. MIYAZAKI²

¹Department of Community Dental Health, Faculty of Dental Sciences, University of Peradeniya, Sri Lanka

²Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata City, Japan

Aim: To assess the effect of serum calcium on the progression of periodontal disease in non-institutionalized elderly. **Methods:** Clinical attachment levels of 266 Japanese subjects aged 70 years were recorded at baseline and annually for 6 consecutive years. Periodontal progression (PEVENT) was the number of teeth that showed additional attachment loss of ≥ 3 mm during the follow-up period. The number of PEVENT was calculated for each subject. The levels of serum calcium, phosphorous, albumin, total protein, cholesterol, triglyceride, blood sugar, creatinine, rheumatoid factor (RF), immunoglobulin (IgG, IgA and IgM), gender, smoking habits, education, body mass index, gingival bleeding (BOP) and number of teeth present (NTP) were obtained at baseline. **Results:** Serum calcium, cholesterol, IgA, RF, smoking and BOP and NTP were associated with PEVENT at $p \leq 0.30$ and were included in a multinomial logistic regression analysis. The relationships between these variables and PEVENT were assessed at 3 levels where PEVENT⁰ was the comparison group. Serum calcium was the only variable that was significantly associated with PEVENT. In subjects with low serum calcium, the relative risk for PEVENT³ was 1000 ($p=0.03$). **Conclusion:** Serum calcium may be considered a risk factor for periodontal disease progression in non-institutionalized elderly.

Introduction

Calcium is undoubtedly the most abundant mineral in humans. Virtually 99% of the total calcium in the human body exists in the bones and teeth providing a structural function

whilst the remaining 1% found in tissues and fluids is crucial for the maintenance of cell metabolism, nerve transmission and muscle contraction (Neiva et al. 2003). The researchers have been exploring the role played by calcium in the aetiology and/or progression of periodontal diseases for well over four decades. Several animal and human studies point to an association between dietary calcium and periodontitis. For instance, Oliver (1969), Abe et al. (1989) and Amano (1989) have observed a relationship between calcium-deficient diet and the progression of periodontitis in rats whereas Osborn et al (1977), Vogel & Wechsler (1979), Nishida et al. (2000) and Krall et al. (2001) have obtained similar findings in human studies. Accordingly, it has been hypothesized that low dietary intake of calcium may contribute to progression of periodontitis (Neiva et al. 2003, Nishida et al. 2000). However, there is a dearth of information, in particular, pertaining to longitudinal assessments of the relation between serum Ca and periodontitis. Thus, it was envisaged that the current study would make a valuable contribution to the growing body of scientific knowledge on this subject. The main aim of the present study was to ascertain the effect of serum calcium on the progression of periodontal disease in non-institutionalized elderly by means of a longitudinal approach.

Material and Methods

In 1998, 4542 (males=2099 and females=2443) 70-year-old registered citizens of Niigata city, Japan were formerly invited to participate in a general and oral health survey. Having obtained the ethical clearance from the School of Dentistry, Niigata University, Japan and considered the resources available a final sample of 600 subjects (males=306 and females=296) were randomly included into the study. All the participants consented to take part in the investigation by signing informed consent forms prior to the study. They were neither institutionalized nor hospitalised and competent enough to carry out their routine activities independently. Finally, 266 (males=147; females=119) dentate subjects in whom the data for total serum calcium levels were available were included at baseline and followed up annually for 6 consecutive years.

The basic socio-demographic characteristics including gender, income, education, and smoking habits were obtained by conducting an interview prior to the intra-oral clinical examination whereas body mass index (BMI), biochemical parameters such as total serum calcium, phosphorous, albumin, total protein, cholesterol, triglyceride, random blood sugar, creatinine, rheumatoid factor (RF) and immunoglobulin (IgG, IgA and IgM) were assessed at baseline. The total serum calcium concentration was measured by the o-cresolphthalein complexon (OCPC) method with the Calcium C-test (Wako Pure Chemical Industries).

The periodontal status was ascertained by measuring clinical attachment loss (CAL) at six sites in all teeth present using pressure-controlled Vivacare, TPS Probe[®] (Vivacare, Schann, Liechtenstein) under artificial illumination at baseline and each annual examination. Four well-trained and calibrated investigators recorded the CAL and rounded up the measurements to the nearest millimetre. The number of teeth present (NTP), periodontal pocket depth (PPD) and the percentage of sites with bleeding on probing (BOP) were also determined in addition to the CAL by the same investigators. They were calibrated before and during the survey at baseline as well as each follow up visit and the same set of 4 investigators were employed throughout the study. The calculated *K* values for the examiner consistency ranged from 0.66 - 1.00.

STATA[®] was the standard statistical software package employed in statistical analysis. Right through the analysis, the progression of periodontal disease (PEVENT) was the dependent variable, which was defined as the number of teeth showing additional attachment loss of ≥ 3 mm (AAL) in a given subject during the period of 6 years and was treated as a categorical variable. The definition of AAL was based on the criteria employed by Brown et al. (1994) to estimate the incidence of attachment loss in community-dwelling elderly. Out of the independent variables studied, gender (0:Male 1:Female) body mass index (BMI; 0: <20 1: ≥ 20) smoking (0: No 1: Yes) education (0: <10 years 1: ≥ 10 years) and random blood sugar concentration (0: <140 mg/dl, 1: ≥ 140 mg/dl) were considered as dichotomous categorical variables whereas NTP, PPD, BOP, the levels of serum calcium, phosphorous, albumin, total protein, cholesterol,

triglyceride, creatinine, rheumatoid factor (RF) and immunoglobulin (IgG, IgA and IgM) were continuous variables. The association between 2 variables were determined using Pearson's and Spearman correlation techniques wherever applicable and the independent variables that reached $p \leq 0.30$ in the bivariate analysis were included in a multinomial logistic regression analysis where PEVENT was the multi-categorical dependent variable. The level of significance was fixed at $p \leq 0.05$ in multinomial logistic regression analysis.

Results

The serum calcium concentration in this group of elderly was 4.1-5.1mEq/l with a mean of 4.51mEq/l (SD=0.17). Out of 266 subjects at baseline 7 (2.63%) had become edentulous during the 6-year period and consequently, the current analysis was confined to 259 dentate subjects who presented to each annual examination throughout the study period and in whom the data for total serum calcium levels were available. The baseline periodontal characteristics including CAL, PPD and BOP of these elderly are presented in Table 1. The NTP in the subjects at baseline (n=266) ranged from 1-32 with a mean of 19.27 (SD=8.21) at baseline whilst the mean NTP of them at the end of 6-year period (n=259) was 18.11(SD=8.28): there was no significant difference between the former and latter mean NTP ($p=0.11$; results not shown). The PEVENT was in the range of 0-31 (mean=10.12, SD=6.47) during the 6-year follow up period. Based on the mean value, the PEVENT was converted into a multi-categorical variable where PEVENT⁰ = no teeth with AAL, PEVENT¹ = 1-10 teeth with AAL, PEVENT² = 11-20 teeth with AAL and PEVENT³ = >20 teeth with AAL. The consequent distribution of the PEVENT is shown in Table 2.

Table 3 depicts the relationships between PEVENT and the baseline independent variables under study. Accordingly, the variables with $p \leq 0.30$, namely, BOP, NTP, smoking, RF, cholesterol, IgA and total serum calcium were included in multinomial logistic regression analysis where PEVENT was the multi-categorical dependent variable and PEVENT⁰ was the reference group. As such, Table 4 shows the multinomial logistic regression model for the associations between PEVENT and independent variables at 3

different levels of PEVENT. Apparently, none of the variables including the total serum calcium was significant at all 3 levels of PEVENT, however, serum calcium was the only variable that remained significant, at least, at one level of PEVENT (PEVENT³) with a relative risk ratio of 0.001.

Discussion

Our findings indicate that there was an inverse relationship between the total serum calcium concentration and periodontal disease progression as denoted by PEVENT in this elderly population at PEVENT³ level, which was statistically significant notwithstanding smoking, BOP and the number of teeth intact as well as the levels of cholesterol, IgA and Rf. In other words, the elderly subjects with low serum calcium levels would have 1000 times greater chance of developing AAL in ≥ 20 teeth compared to those who had high serum calcium levels and no teeth with AAL. However, the total serum calcium was not significantly associated with periodontal progression at PEVENT^{1 and 2} levels. This in turn suggests that the elderly with more extensive periodontal progression were at a greater risk of being affected by low total serum calcium levels than those who with less extensive periodontal breakdown. In this connection, it is also noteworthy that ours is the first-ever longitudinal study to be reported to date, which demonstrated a significant association between the total serum calcium levels and periodontal disease progression in elderly.

It should be highlighted nevertheless that few recent cross-sectional studies, which investigated the relationship between dietary calcium/total serum calcium and periodontal disease (Nishida et al. 2000) and serum Mg/Ca ratio and periodontal disease (Meisel et al. 2005) have obtained somewhat similar findings to the present study despite the fact that our sample was confined to elderly. Interestingly, Nishida and co-workers (2000) have demonstrated that females aged 20-39 years with low total serum calcium levels had 6.11 odds of developing periodontal disease notwithstanding tobacco use, gingival bleeding and dietary calcium intake even though such an association was not observed in males or older females. They have also noticed a dose-response effect of dietary calcium intake on