

## C 研究結果及び考察

2000年から2005年の5年間のうち介護認定を受けた者は24名(男性10名, 女性14名)であり, ベースラインとなる体力測定から介護認定までの期間は平均2.7年であった. 介護認定を受けた理由は, 1) 胃癌術後2名, 2) 認知症6名, 3) 脳血管疾患10名, 4) 転倒1名, 5) 交通事故1名, 6) 身体機能低下4名であった.

要介護認定者のうち, 体力測定値およびADL調査がそろっている男性8名(70.8±4.3歳), 女性14名(76.9±5.3歳)(以上, 要介護認定者群)について, 介護認定を受けなかった(自立している)対象者の中から無作為に抽出した男性43名(71.5±3.0歳), 女性45名(75.7±4.6歳)(以上, 自立高齢者群)とベースライン時の体力について比較した. その結果, 男性では, 起立時間やアームカールにおいて, 女性では30秒間チエアスタンド, 八の字歩行, 閉眼片足立ち, 起立時間において, 要介護認定者群が自立高齢者群よりも有意に劣っていた. これらの結果から, 男性では, 体幹や上肢の筋力を必要とする体力や敏捷性において, 女性では, 下肢の筋持久力や移動能力といった下肢の体力および体幹の筋力を必要とする体力において劣っていると2-3年後において要介護認定を受ける可能性が高いことが明らかとなった.

以上の結果を受け, 低下しやすいADLとして, 男性では起き上がりや物を避けるといった動作を, 女性では, 立ち上がりや起き上がり, 移動関連動作であると想定できる. そこで, これらに関連するベースライン時のADL調査項目のうち, 3) 急ぎ足で30分ほど歩き続けられる(移動), 4) 人や物にぶつかりそうになったときすばやくよけられる(敏捷性), 8) 強くしまっている大瓶のねじふたを開けられる(上肢の筋力), 13) しゃがんだ姿勢から手を使わないで立ち上がれる(下肢の筋力)に着目し $\chi^2$ 検定をした. N数が少ないことから検定結果の信頼性は低いものの, 男女とも“8) 強くしまっている大瓶のねじふたを開

けられる”, “13) しゃがんだ姿勢から手を使わないで立ち上がれる”において要介護認定者群で「できない」と回答する傾向が強かった. さらに, 男性では“すばやい動作”を問う項目において要介護認定者群が「できない」と回答する傾向が強かった.

## D 結論

体力・身体機能低下をスクリーニングできる質問項目として, 1) 歩く速さは同じ年齢の人に比べて, 早い方だと思いますか(はい, いいえ), 2) 急ぎ足で30分間歩き続けることができますか(はい, いいえ), 3) 人や物にぶつかりそうになったら, すぐによけることができますか(はい, いいえ), 4) 強く締まっている大瓶のねじ蓋を開けることができますか(はい, いいえ), 5) しゃがんだ姿勢から, 手を使わずに立ち上がれますか(はい, いいえ)の5項目が適していると考えられる. 今後, さらに検討を重ねたい.

## E 健康危険情報

特になし

## F 研究発表

### 1. 論文発表

1) Nakamura Y, Tanaka K, Yabushita N, Sakai T, Shigematsu R: Effects of exercise frequency on functional fitness in older adult women. Arch Gerontol Geriatr. [Epub ahead of print]

2) Okuno J, Tomura S, Yanagi H, Yabushita N, Okura T, Tanaka K: The association between vitamin D level and functional capacity of daily living among Japanese frail elderly. J Bone Miner Res. 21:S170, 2006.

3) 中垣内真樹, 田中喜代次, 佐々木智徳, 坂井智明, 中村容一, 藪下典子: 2年間の運動プログラムへの参加が虚血性心疾患患者および高血圧患者の活力年齢に及ぼす効果. Health Sciences

22: 43-51, 2006.

- 4) 新村由恵, 坂井智明, 田中喜代次: 在宅脳血管疾患患者における転倒予防の意義と今後の可能性. 教育医学 51: 263-273, 2006.
- 5) 坂井智明, 佐藤真治, 樋田あゆみ, 内田龍制, 牧田茂, 田中喜代次: 維持期心臓リハビリテーション男性患者の身体活動量. 臨床運動療法研究会誌 8: 8-10, 2006.
- 6) 中垣内真樹, 浅見尚子, 和田実千, 田中喜代次, 久保幸江: 茨城県潮来市における健康づくり推進事業の有効性—運動実践状況別にみた運動プログラムの効果に着目して—. 公衆衛生 70: 156-159, 2006.
- 7) 田中喜代次, 小澤多賀子, 奥野純子: 介護保険制度の施行に伴う高齢者体力づくり支援策のパラダイムシフト. 体育施設 445: 5-8, 2006.
- 8) 田中喜代次, 阿久津智美, 奥野純子: 高齢者における運動の有効性と運動指導の基本的考え方—各自が工夫して運動するべきという理解の啓発が必要. 体育施設 445: 9-11, 2006.
- 9) 田中喜代次, 大蔵倫博 (編集): 健康運動の支援と実践. 金芳堂, 京都, pp. 1-252, 2006.
- 10) 田中喜代次, 奥野純子 (監訳): Patricia A Brill (著). 高齢者のための生活関連体力強化法—介護予防のために使える具体的プログラム—. ナップ, 東京, pp. 1-140, 2006.
- 11) 田中喜代次, 中垣内真樹, 重松良祐 (編集): 中高年者のための運動プログラム—基本編—. 財団法人日本体育協会 (監修), ナップ, 東京, pp. 1-152. 分担執筆 pp. 3-5, 9-35, 39-46, 53-55, 59-69, 113-116, 2006.
- 12) 田中喜代次, 牧田茂 (編集): 中高年者のための運動プログラム—病態別編—. 財団法人日本体育協会 (監修). ナップ, 東京, pp. 1-182. 分担執筆 pp. 3-4, 7-17, 21-36, 82-91, 113-114, 122-127, 2006.
- 13) 田中喜代次, 大河原一憲, 新村由恵 (分担執筆): 筋力低下. [In] 健康長寿と運動 Advances in Aging and Health

Research 2005-. 財団法人長寿科学振興財団, 愛知, pp. 73-79, 2006.

- 14) 田中喜代次, 阿久津智美. 運動療法はどのような効果をもたらすか. [In] 透析療法ネクストV透析患者のQOL向上をめざして. 秋葉隆, 秋澤忠男 (編集). 医学図書出版株式会社, 東京, pp.25-32, 2006.

## 2. 学会発表

- 1) 藪下典子, 田中喜代次, 大蔵倫博, 小澤多賀子, 斎藤あゆ美, 奥野純子, 戸村成男: 新予防給付サービスにおける運動器の機能向上を目的とした体力づくり教室の有効性. 日本プライマリ・ケア学会 名古屋 2006.
- 2) 田中喜代次, 藪下典子, 林容市, 坂井智明, 中田由夫, 大蔵倫博, 竹田正樹, 檜山輝男: 循環器疾患患者による死亡者と生存者における活力度の比較, 臨床運動療法研究会大阪 2006.
- 3) 藪下典子, 中垣内真樹, 田中喜代次: 介護予防を意図した取り組みによる体力および医療費への長期的効果, 日本健康科学学会 仙台 2006.

## G 知的財産権の出願・登録状況

なし

## 地域高齢者の生活実態調査と新しい認知機能検査に実施と評価に関する研究

分担研究者 小長谷陽子 認知症介護研究・研修大府センター

電話でおこなう認知機能検査 Telephone Interview for Cognitive Status (TICS) の日本語版(TICS-J)を開発した。対象は、通院中のアルツハイマー病患者(AD)49名(男性19名、女性30名)(平均年齢:75.2±6.8歳、mean±SD)、および健康な高齢者(CTL)86名(男性15名、女性71名)(平均年齢:74.3±7.2歳)の計135名である。平均教育年数はAD11.0±3.0(mean±SD)年、CTL11.4±2.2年であった。Mini-Mental State Examination (MMSE)を施行して2週間後にTICS-Jを行なった。TICS-Jは11項目からなり、41点満点である。TICS-JとMMSEの相関は良好であった(Pearsonの相関係数:r=0.858, p<0.001)。MMSEはカットオフ値を26点とすると感度は91.8%、特異度は95.3%であり、TICS-Jはカットオフ値を33点とすると、感度は98.0%、特異度は90.7%であった。MMSEのROC(receiver operating characteristic)曲線におけるarea under the curveは97.2%、TICS-Jでは98.7%であった。TICS-Jの検査所用時間は健常者で10分以内、患者でも12分以内であり、感受性、特異性も良好で有用であると考えられた。

### A 研究目的

地域住民の生活自立度を把握する上で認知機能は重要な資料となるが、従来の検査法は面接で行なわれており、大勢を対象とするには不利な面がある。そこで大規模な調査に有用な新しい認知機能検査を開発することとした。

### B 研究方法

1988年にアメリカで開発されたTelephone Interview for Cognitive Status (TICS)は電話による認知機能検査であり、元になったMini-Mental State Examination (MMSE)は、スクリーニング検査としてわが国でも汎用されている。TICSは名前、時間および場所の見当識、数字の逆唱、10単語の即時

再生、引き算の7シリーズ、言葉で表現される名詞、文章の反復、近時記憶、実技、反対語の11項目からなり、41点満点である。

対象は、国立長寿医療センター「物忘れ外来」に通院中のアルツハイマー病(AD)の患者49人である(男性19人、女性30人、平均年齢75.2±6.8歳(mean±SD))。「物忘れ外来」のAD患者に対しては来院時に主治医がMMSEを施行し、2週間後に主治医が自宅に電話をしてTICS-Jを行なった。

対照は60歳以上の健常高齢者(CTL)92人である。全員にまず面接でMMSEを行い、2週間後に自宅に電話をしてTICS-Jを行なった。92人のうち、難聴ややむを得ない事情のため6人にはTICS-Jを施行できなかった。従って解析はこれらを除いた86人(男性15人、女性71人、平均年齢74.3±7.2歳)に

ついておこなった。平均教育年数は AD では  $11.0 \pm 3.0$  年、CTL では  $11.4 \pm 2.2$  年と有意差は見られなかった (表 1)。

MMSE と TICS-J は一人の被検者に対しては同じ検者が施行した。検者は「TICS マニュアル」に従ってじゅうぶん訓練した神経内科医、臨床心理士、言語聴覚士である。

AD および CTL の一部に対しては再現性を見るため、最初の TICS-J の 4 週間後に再度、TICS-J を施行した。

TICS-J は原著者および著作権所有者の許可を得て、日本語翻訳と逆翻訳を行い、意味の相同性を確認した。なお翻訳すると日本語としてなじまない部分については、原著者の許可を得て、より適切な日本語に差し替えた。

各項目に対して、Kolmogorov-Smirnov の検定を行い、正規性が確認された項目に対しては、t 検定を、正規性が確認できなかった項目に対しては Mann-Whitney の U 検定をおこなった。再現性の検定には級内相関係数 (Intraclass correlation coefficient, ICC) を用いた。MMSE と TICS-J の相関性は Pearson の相関係数 (r) を用いて検討した。

(倫理的配慮)

本研究を行なうにあたり、「物忘れ外来」の患者については国立長寿医療センターの倫理小委員会の承認を得た。また健常高齢者に関しては認知症介護研究・研修大府センターの倫理委員会の承認を得た。すべての調査は研究の目的や方法、倫理的配慮等を書面で説明し、同意を得られた人に対してのみ行なった。

### C 研究結果

CTL においては、MMSE、TICS-J の点数、検査の所要時間の平均値は性別、年齢、教育年数のいずれにおいても有意差はなかった (表 2)。

MMSE の得点の平均値は AD で  $20.6 \pm 4.6$  (mean  $\pm$  SD, 30 点満点) 点、CTL では  $28.7 \pm 1.2$  点と、AD で有意に低下していた ( $p < 0.001$ )。TICS-J の得点の平均値は AD で  $26.1 \pm 6.1$  (41 点満点) 点、

CTL で  $36.4 \pm 2.3$  点と、AD で有意に低下していた ( $p < 0.001$ )。また、検査の所要時間は AD では  $473.1 \pm 121.9$  秒、CTL では  $328.8 \pm 60.4$  秒であり、AD で有意に延長していた ( $p < 0.001$ ) が、CTL では 10 分以内、AD でも 12 分以内に終了できた (表 1)。

MMSE の分布は AD では 11 点から 29 点まで広く分布していた。CTL では 24 点が 1 名あったが、他は 26 点以上であり、30 点満点が最も多く、天井効果が見られた (図 1)。

TICS-J の分布は AD では 13 点から 34 点の間に分布していた。CTL では 31 点から 41 点までの間でほぼ正規分布していた (図 2)。

再現性の検討は AD および CTL の 47 名でおこない、ICC は 0.946 であった ( $p < 0.001$ )。MMSE と TICS-J との相関性は AD で  $r = 0.742$  ( $p < 0.001$ ) であり、CTL では相関性は見られなかった。これは CTL では MMSE が満点の人が多かったためと考えられる。両者をあわせて相関性を見ると  $r = 0.858$  ( $p < 0.001$ ) と有意な相関を認めた (図 3)。

MMSE はカットオフ値を 26 点とした場合の感度は 91.8%、特異度は 95.3% であり、TICS-J は 33 点をカットオフとすると、感度は 98.0%、特異度は 90.7% であった。MMSE の ROC (receiver operating characteristic) 曲線における area under the curve は 97.2% (95% CI: 94.4-100%)、TICS-J は 98.7% (95% CI: 97.5-100%) であった (図 4)。

### D 考察

社会の高齢化に伴い、認知症の患者数が今後さらに増加すると予測されており、疾患の早期発見や予防には、簡便で有効な認知機能スクリーニングが必要である。地域の住民を対象とするスクリーニングは面接によるものが多いが、時間やコストがかかるだけでなく、被験者の心理的ためらいもあり、受診率が必ずしも高くない。

1988 年アメリカで開発された TICS は、MMSE が元になっており、脳卒中、抗炎症剤、ビタミン摂取、アルコール摂

取、女性ホルモンと認知機能との関係を調べる大規模な調査に用いられ、有用であるとされている。

アメリカなどの英語圏のみならず、スペイン語、イタリア語、フィンランド語に翻訳されて、臨床や研究に広く用いられてきた。日本語はこれらの言語とは異なり、表意文字と表音文字を用い、また文法も異なっている。さらに教育や文化、社会的な仕組みもこれらの国と同じではない。

今回の検討では日本語版の TICS-J は健常者では 10 分以内、患者でも 12 分以内で施行でき、MMSE との相関性も良好で、特異性、感受性もすぐれていた。TICS-J の分布は CTL において天井効果を示す MMSE とは異なり、ほぼ正規分布を示した。MMSE との相関性が海外の報告に比べてやや低めであるのは、比較的軽症の AD が多かったためと考えられる。カットオフ値が従来の報告に比べて高いのは、日本語と他の言語との差異、米国や他の国と日本との社会文化的な相違や、教育年数の違いなどが影響している可能性がある。

被験者の反応はおおむね良く、難聴ややむを得ない事情で施行できなかったのは CTL の 6 名のみであった。電話による検査には限界もあることは否定できない。聴覚障害の人には行ないにくいし、電話で話すこと自体が負担になる場合もある。しかし、今までの報告においても本報告においても、電話による検査法は、簡便で被験者の負担も軽く、視覚障害者、識字障害者にも適応があり、面接による方法と比べてコストもかからないことが明らかとなっている。従って疫学調査など大規模な調査に適しているのみならず、臨床の場でも応用でき、高齢者の認知機能検査の可能性を広げることができる。

## E 結論

MMSE を元に作られた、電話による認知機能スクリーニングの日本語版を作成し、その妥当性と有用性を検討した。健常者および AD において MMSE と良好な相関性が見られ、感受性、特異

性も十分であり、有用であると考えられた。

## F 健康危険情報

特になし

## G 研究発表

### 1. 論文発表

渡邊智之、藤掛和広、宮尾克、小長谷陽子、柴山漠人：高齢者の運転状況と認知症ドライバーに関する研究。日本医事新報；第 4295 号（2006 年 8 月 19 日）81-84

小長谷陽子、渡邊智之、鷺見幸彦、服部英幸、武田章敬、相原喜子、鈴木亮子、太田寿城：大規模調査に有用な新しい認知機能検査、TICS-J の開発。Brain and Nerve 59(1):67-71, 2007

### 2. 学会発表

1) 川合圭成、武田章敬、末永正機、相原善子、桑嶋愛、小長谷陽子、川村陽一、祖父江元。簡易コミュニケーション(軽症認知症用)作成の試み。2006.5.11.第 47 回日本神経学会。東京。

2) 山下真理子、小林敏子、松本一生、小長谷陽子。介護家族の視点からみた認知症高齢者の終末期医療に関する研究。2006.6.30-7.1.第 21 回日本老年精神医学会。東京。

3) 鈴木貴子、今井幸充、佐藤美和子、渡邊浩文、本間昭、浅野弘毅、五十嵐禎人、長田久雄、小長谷陽子、荻原正子、六角遼子。アルツハイマー型認知症の病名告知に関する意識調査。2006.6.30-7.1.第 21 回日本老年精神医学会。東京。

4) 鈴木亮子、小長谷陽子、高田育子。認知症高齢者への心理的援助としての個人回想法の効果に関する検討。-事例の部 b b 席から-。2006.10.1.第 7 回認知症ケア学会。札幌。

5) 武田章敬、小長谷陽子、加藤隆司、鷺見幸彦、伊藤健吾、祖父江元。アルツハイマー病患者のグループホーム入所による脳代謝の変化-FDG-PET

による縦断的検討一。2006.10.1.第7回  
認知症ケア学会。札幌。

6) 渡邊智之、藤掛和広、宮尾克、小長  
谷陽子、柴山漢人。高齢者の運転状況と  
認知症ドライバーに関する意識調査。

2006.10.1.第7回認知症ケア学会。札幌。

7) 佐藤美和子、渡邊浩文、鈴木貴子、  
今井幸充、本間 昭、浅野弘毅、五十嵐  
禎人、長田久雄、小長谷陽子、荻原正子、  
六角遼子。認知症の方に対する介護保険  
サービス利用時の説明と同意。－サービ  
ス依頼者と説明対象の実態－。

2006.10.1.第7回認知症ケア学会。札幌。

8) 鈴木貴子、渡邊浩文、佐藤美和子、  
今井幸充、本間 昭、浅野弘毅、五十嵐  
禎人、長田久雄、小長谷陽子、荻原正子、  
六角遼子。認知症の方に対する介護保険  
サービス利用時の説明と同意。－サービ  
ス利用者本人への契約書の説明の実態  
－。2006.10.1.第7回認知症ケア学会。

札幌。

9) 渡邊浩文、佐藤美和子、鈴木貴子、  
今井幸充、本間 昭、浅野弘毅、五十嵐  
禎人、長田久雄、小長谷陽子、荻原正子、  
六角遼子。認知症の方に対する介護保険  
サービス利用時の説明と同意。－利用者  
の理解の確認方法の実態－。2006.10.1.  
第7回認知症ケア学会。札幌。

## H 知的財産権の出願・登録状況

なし

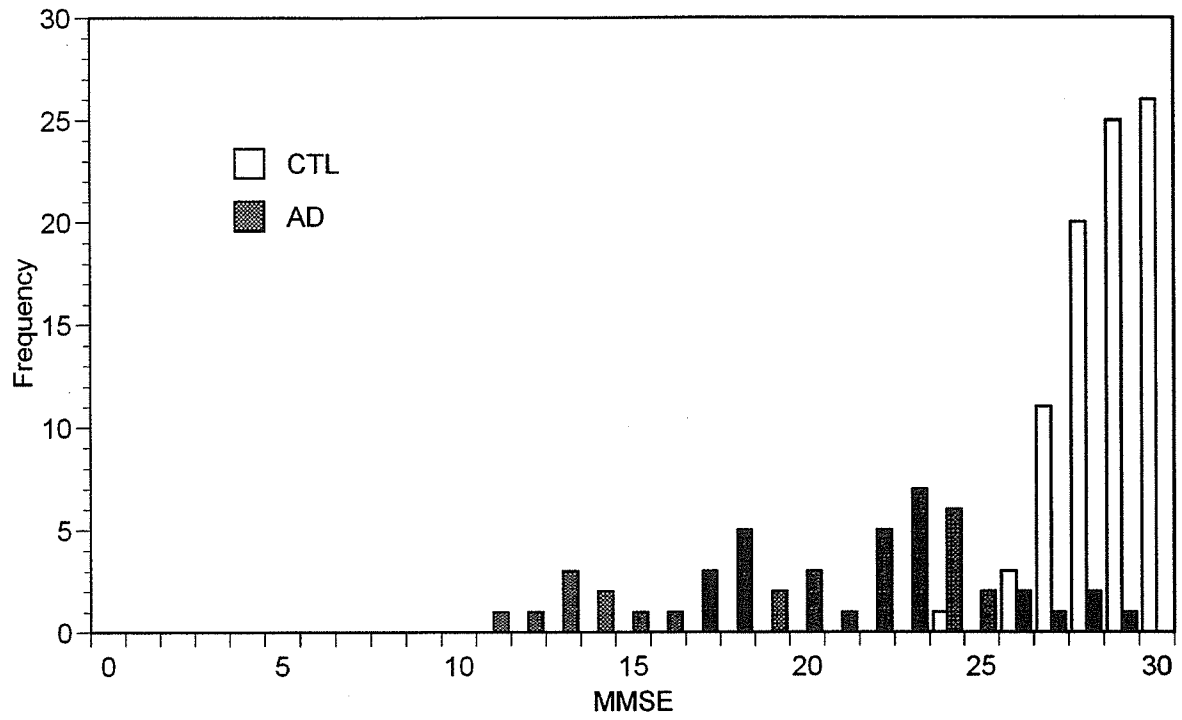


Figure 1. Distribution of MMSE for AD and CTL group

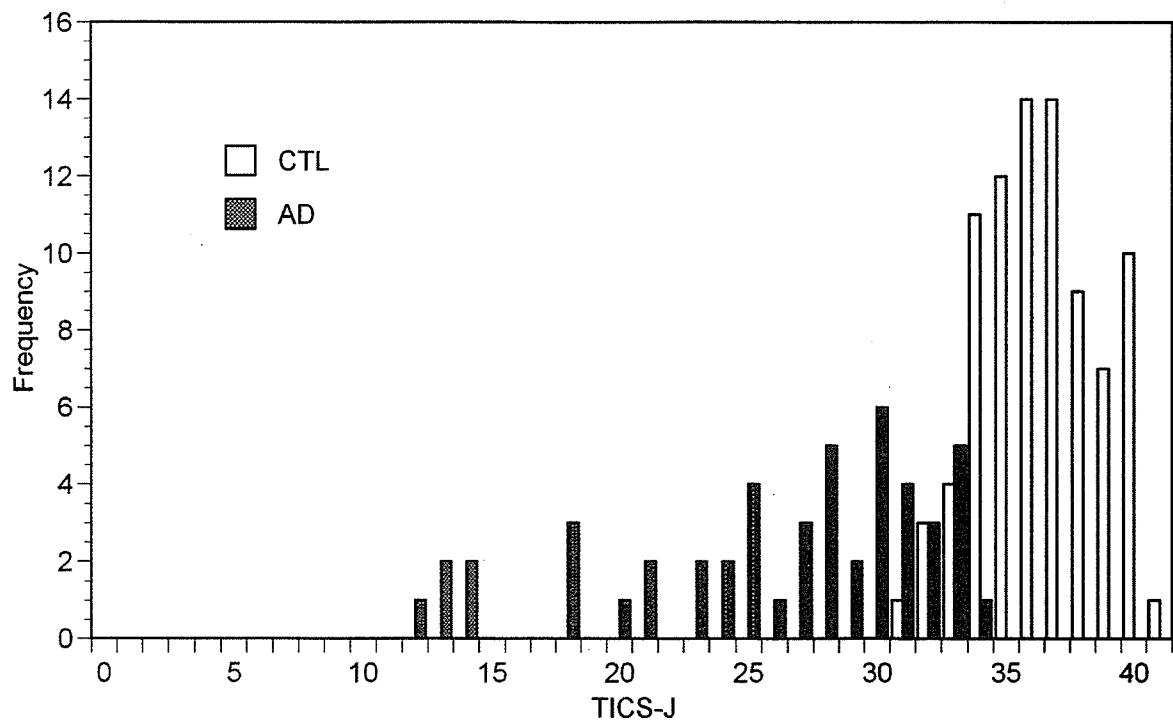


Figure 2. Distribution of TICS-J for AD and CTL group



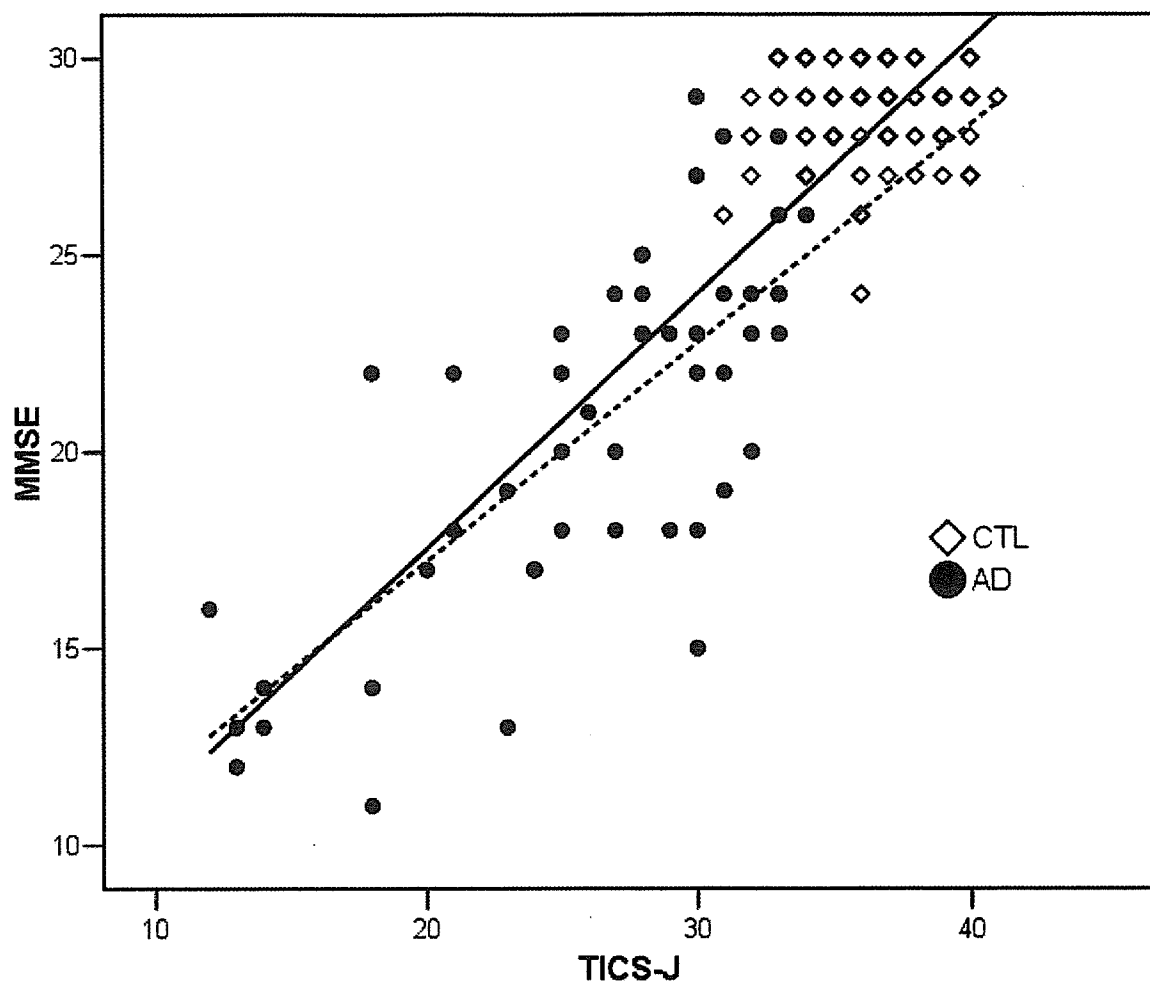


Figure 3. Relationship between MMSE and TICS-J. Regression equation:  $MMSE=4.59+(0.65*TICS-J)$ , Pearson's correlation;  $r=0.858$  ( $p<0.001$ ) for all subjects (solid line,  $n=135$ ),  $MMSE=6.12+(0.55*TICS-J)$ ,  $r=0.742$  ( $p<0.001$ ) for AD patients (dashed line,  $n=49$ )

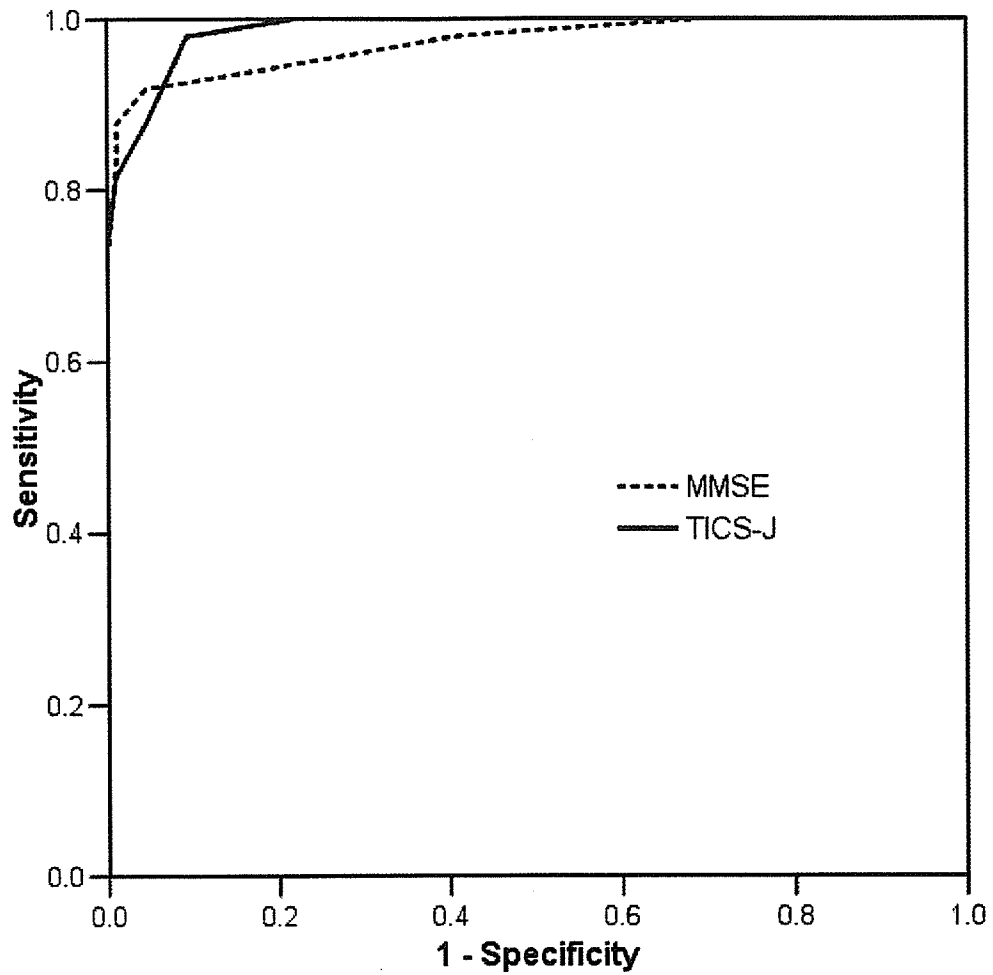


Figure 4. ROC curves of the MMSE and TICS-J. The area under the curve was 97.2% (95% CI: 94.4%-100%) for MMSE and 98.7% (95% CI: 97.5%-100%) for TICS-J.

Table 1. Characteristics of AD and CTL groups

	AD (N=49)	CTL (N=86)	p-value
Gender [men/women]	19/30	15/71	<0.001*
Age [years, mean±SD, (range)]	75.2±6.8 (62-89)	74.3±7.2 (60-90)	0.465†
Education [years, mean±SD, (range)]	11.0±3.0 (6-17)	11.4±2.2 (6-16)	0.405†
MMSE [points, mean±SD, (range)]	20.6±4.6 (11-29)	28.7±1.2 (24-30)	<0.001†
TICS-J [points, mean±SD, (range)]	26.1±6.1 (12-34)	36.4±2.3 (31-41)	<0.001†
Time [seconds, mean±SD, (range)]	473.1±121.9 (263-720)	328.8±60.4 (205-591)	<0.001†

\* Chi-square test

† t-test

‡ Mann–Witney U-test

Table 2. Characteristics of CTL group by gender, age and education (CTL group: N=86)

	MMSE*	TICS-J*	Time†
Gender			
men (n=15)	28.8±0.8 (28-30)	35.1±2.2 (32-40)	325.1±55.2 (205-415)
women (n=71)	28.6±1.3 (24-30)	36.7±2.2 (31-41)	329.6±61.8 (220-591)
Age (years)			
<70 (n=25)	28.8±1.1 (26-30)	36.5±2.2 (31-40)	310.9±53.3 (205-479)
70-79 (n=37)	28.8±1.2 (27-30)	36.9±2.5 (32-41)	327.0±59.6 (220-591)
≥80 (n=24)	28.3±1.5 (24-30)	35.6±2.1 (32-40)	350.3±64.3 (266-488)
Education (years)			
<10 (n=20)	28.8±1.1 (27-30)	36.0±2.5 (32-40)	327.5±47.6 (263-439)
≥10 (n=66)	28.6±1.3 (24-30)	36.6±2.2 (31-41)	329.2±64.1 (205-591)

\* points, mean±SD, (range)

† seconds, mean±SD, (range)

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者名	論文タイトル	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
田中喜代次, 大蔵倫博		田中喜代次, 大蔵倫博 (編集):	健康運動の支援と実践.	金芳堂	京都	2006	1-252
田中喜代次, 奥野純子 (監訳)		Patricia A Brill(著)	)高齢者のための生活関連体力強化法-介護予防のために使える具体的プログラム-	ナッパ	東京	2006	1-140
田中喜代次, 中垣内真樹, 重松良祐 (編集)	中高年者のための運動プログラム-基本編-	財団法人日本体育協会 (監修)	中高年者のための運動プログラム-基本編-	ナッパ	東京	2006	
田中喜代次, 牧田茂 (編集)	中高年者のための運動プログラム-病態別編-	財団法人日本体育協会 (監修)	中高年者のための運動プログラム-病態別編-	ナッパ	東京	2006	
田中喜代次, 阿久津智美, 秋葉隆, 秋澤忠男	運動療法はどのような効果をもたらすか	田中喜代次, 阿久津智美, 秋葉隆, 秋澤忠男 (編集)	透析療法ネクスト V 透析患者の QOL 向上をめざして	医学図書出版株式会社	東京	2006	25-32

雑誌

発表者名	論文タイトル	発表誌名	巻号	ページ	出版年
高田和子	生活機能評価の考え方	体育の科学	印刷中		2007
Jinhee Kwon, Takao Suzuki, Hideyo Yoshida, et al	Association between change in bone mineral density and decline in usual walking speed among Japanese community elderly women during 2-year follow-up	Journal of American Geriatrics Society	55	240-244	2007
権 珍嬭 吉田 祐子, 岩佐 一, 他	都市部在住高齢者における 老年症候群保有者の健康 状態について—介護予 防事業推進のための基礎 調査(「お達者健診」より) —	日本老年医 学会雑誌	印刷中		2007
吉田祐子, 権 珍嬭, 岩佐 一, 他	都市部在住高齢者における 老年症候群改善介入プ ログラムへの不参加者の 特性 —介護予防事業推 進のための基礎資料(「お 達者健診」)より—	日本老年医 学会雑誌	印刷中		2007
吉田祐子, 金 憲経, 岩佐 一, 権 珍嬭, 他	都市部在住高齢者における 尿失禁の頻度および尿 失禁に関連する特性: 要 介護予防のための包括的 健診(「お達者健診」)に ついての研究.	日本老年医 学会雑誌	印刷中		2007

Nakamura Y, <u>Tanaka K</u> , Yabushita N, Sakai T, Shigematsu R:	Effects of exercise frequency on functional fitness in older adult women.	Arch Gerontol Geriatr.	[Epub ahead of print]		2007
Okuno J, Tomura S, Yanagi H, Yabushita N, Okura T, <u>Tanaka K</u>	The association between vitamin D level and functional capacity of daily living among Japanese frail elderly	J Bone Miner Res.	21	S170	2006
中垣内真樹, 田中喜代次, 佐々木智徳, 坂井智明, 中村容一, 藪下典子	2年間の運動プログラムへの参加が虚血性心疾患患者および高血圧患者の活力年齢に及ぼす効果	Health Sciences	22	43-51	2006
新村由恵, 坂井智明, 田中喜代次	在宅脳血管疾患患者における転倒予防の意義と今後の可能性.	教育医学	51	263-273	2006
坂井智明, 佐藤真治, 樋田あゆみ, 内田龍制, 牧田茂, 田中喜代次	維持期心臓リハビリテーション男性患者の身体活動量	臨床運動療法研究会誌	8	8-10	2006
中垣内真樹, 浅見尚子, 和田実千, 田中喜代次, 久保幸江	茨城県潮来市における健康づくり推進事業の有効性—運動実践状況別にみた運動プログラムの効果に着目して—.	公衆衛生	70	156-159	2006
田中喜代次, 小澤多賀子, 奥野純子	介護保険制度の施行に伴う高齢者体力づくり支援策のパラダイムシフト.	体育施設	445	5-8	2006

田中喜代次, 阿久津智美, 奥野純子	高齢者における運動の有効性と運動指導の基本的考え方-各自が工夫して運動するべきという理解の啓発が必要.	体育施設	445	9-11	2006
渡邊智之, 藤掛和広, 宮尾克, 小長谷陽子, 柴山漠人	高齢者の運転状況と認知症ドライバーに関する研究	日本医事新報	4295	81-84	2006
小長谷陽子, 渡邊智之, 鷺見幸彦, 服部英幸, 武田章敬, 相原喜子, 鈴木亮子, 太田寿城	大規模調査に有用な新しい認知機能検査、TICS-Jの開発	Brain and Nerve	59	67-71	2007



# Association Between Change in Bone Mineral Density and Decline in Usual Walking Speed in Elderly Community-Dwelling Japanese Women During 2 Years of Follow-Up

Jinhee Kwon, PhD,\* Takao Suzuki, MD, PhD,\* Hideyo Yoshida, MD, PhD,\* Hunkyung Kim, PhD,\* Yuko Yoshida, PhD,\* Hajime Iwasa, PhD,\* Miho Sugiura, MS,\* and Taketo Furuna, BS<sup>†</sup>

**OBJECTIVES:** To investigate the association between change in bone mineral density (BMD) and change in usual walking speed in elderly community-living Japanese women during 2 years of follow-up.

**DESIGN:** Longitudinal cohort study.

**SETTING:** Community-based.

**PARTICIPANTS:** A total of 182 women aged 70 to 84 who completed a baseline survey and a follow-up survey 2 years later.

**MEASUREMENTS:** An interview, anthropometric measurements, blood analysis, and physical performance tests were performed at baseline and at follow-up 2 years later. BMD was evaluated using dual-energy X-ray absorptiometry measured at the forearm. Annual percentage changes in BMD and usual walking speed during the 2-year follow-up period were calculated; annual percentage changes in BMD were summarized in quartiles. The association between annual bone loss rate and decline in usual walking speed was analyzed using multiple linear regression adjusted for changes in muscle strength, balance capability, and other potential confounders.

**RESULTS:** Change in BMD was significantly related to change in usual walking speed during the 2-year follow-up. After multivariate adjustment, usual walking speed declined significantly more in elderly women whose BMD decreased (−3.5% change in walking speed in the first quartile of percentage change in BMD and −3.1% in the second quartile) than in women whose BMD increased (+1.5% in fourth quartile).

**CONCLUSION:** Elderly women whose BMD decreased had a significantly greater decline in usual walking speed than women whose BMD increased, even after multivariate

adjustment of potential confounders. *J Am Geriatr Soc* 55:240–244, 2007.

**Key words:** bone mineral density; decline in usual walking speed; Japanese community elderly women

The maintenance of physical performance in later life may improve quality of life for older adults.<sup>1,2</sup> To assess the physical performance of elderly community-dwelling people, muscle strength, balance capability, and walking speed are routinely measured.<sup>3,4</sup> Of these physical performance measures, walking speed has been reported to be an indicator of general morbidity and a good indicator of functional capacity.<sup>3–5</sup>

Alternatively, walking ability decreases with aging, and ambulatory difficulties are common in older people. Moreover, decrease in walking speed predisposes elderly people to deterioration in quality of life, aggravation of disability, and need for care.<sup>6</sup> The reasons for the decline in walking speed are multifactorial. In particular, muscle strength and balance capability have been found to be positively associated with walking speed.<sup>6–8</sup>

Several studies have shown that women with lower bone mineral density (BMD) have significantly lower muscle strength<sup>9–11</sup> and slower walking speed.<sup>9,12</sup> Improvement in grip strength during 10-year follow-up was significantly associated with lower bone loss,<sup>11</sup> although the association between changes in BMD and walking speed with aging remains undefined, because most past reports were cross-sectional studies.

The aim of the present study was to investigate the association between change in BMD and change in usual walking speed adjusted for changes in muscle strength and balance capability in Japanese community-dwelling elderly women during a 2-year follow-up.

## SUBJECTS AND METHODS

### Data Source and Study Subjects

The data for this study were obtained from the mass health examinations for community-dwelling people (“Otasha-

From the \*Research Team for Promoting Independence of the Elderly, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, Tokyo, Japan; and <sup>†</sup>School of Health Sciences, Sapporo Medical University, Sapporo, Japan

Address correspondence to Jinhee Kwon, PhD, Research Team for Promoting Independence of the Elderly, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, 35-2 Sakaecho, Itabashi-ku, Tokyo 173-0015, Japan. E-mail: kwonjh@tmig.or.jp

DOI: 10.1111/j.1532-5415.2007.1066.x

kenshin" in Japanese) aged 70 and older living in Itabashi-ku, Tokyo. "Otasha-kenshin," literally meaning "health examinations for successful aging," are comprehensive health examinations for community-dwelling older adults aimed at preventing geriatric syndromes including falls and fractures, incontinence, oral health and function, mild cognitive impairment, depression, and undernutrition. Details of the survey, such as the investigation methods and contents, have been described previously.<sup>13,14</sup>

The baseline survey for the present study was conducted in December 2002. Of 2,000 persons aged 70 to 84 randomly sampled from the resident registration records of Itabashi-ku in metropolitan Tokyo, 847 (456 men and 391 women) participated in the baseline survey. Of the 391 women, 205 (52.4%) also participated in the follow-up survey conducted in November 2004 and completed the interview, anthropometric measurements, blood analysis, and physical performance tests. Twenty-three people who participated in other intervention programs conducted at the Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology for promoting independence were excluded. Thus the research subjects analyzed in this study consisted of 182 elderly women who participated in the baseline and follow-up surveys and had not participated in other intervention programs during the 2-year period. The ethics committee of the Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology approved the study, and informed consent was obtained from all subjects.

#### Assessment of BMD

BMD was evaluated using dual-energy X-ray absorptiometry (DTX-200, Osteometer Medi-Tech, Hawthorne, CA) measured at the forearm. Specially trained personnel performed the measurements. The Osteometer DTX-200 can set region of interest automatically 24 mm proximal to the position where the radius and ulna are 8 mm apart. Baseline and follow-up examinations were conducted using densitometers of the same make and model. Annual percentage changes in BMD during the 2-year follow-up period were calculated using the following formula

$$100 \times (\text{BMD in 2004} - \text{BMD in 2002}) / (\text{BMD in 2002} \times \text{length of follow-up in years})$$

and summarized in quartiles of percentage change as follows: first (-12.57 to -4.18), second (-4.17 to -1.78), third (-1.77-0.72), and fourth (0.73-18.81).

#### Assessment of Physical Performance

Physical performance was assessed according to handgrip strength, functional reach, and walking speeds (usual and maximal). These assessments are routinely conducted as part of the Otasha-kenshin program, as described previously.<sup>3,4</sup>

Handgrip strength was measured using Smedley's Hand Dynamometer (Yagami, Tokyo, Japan). For functional reach, the subject stood sideways against a wall in a natural position and stretched both arms forward to the height of the shoulders. The positions of the fingertips were taken as the zero point. Then one arm was lowered. With the body tilted forward as far as possible, the subjects continued to stretch the arm parallel to the ground. The greatest distance of forward reach was measured. Three

measurements were made, and the mean value was recorded.<sup>15</sup> To test walking speed, participants walked along a straight 11-m walkway on a flat floor. A stopwatch measured the time taken to walk 5 m, from the time when the foot touched the ground after the 3-m line to when the foot touched the ground after the 8-m mark. The participant first took the test by walking at usual speed and then by walking as fast as possible. Walking tests at usual and maximum speeds were repeated, and the faster speed was recorded in each walking test.

The change in physical performance was expressed as the change in value from 2002 to 2004 for each parameter. Annual percentage change in usual walking speed during the 2-year follow-up period was calculated by the formula

$$100 \times (\text{usual walking speed in 2004} - \text{usual walking speed in 2002}) / (\text{usual walking speed in 2002} \times \text{length of follow-up in years})$$

#### Assessment of Other Variables

An interview was conducted to assess the age, education level, subjective health status, regular exercise habits, chronic disease history, and higher-level functional capacity. Regular exercise per week was based on the following activities: walking outdoors, running, exercise, and sports. Chronic disease conditions were self-reported and included hypertension, stroke, heart attack, and diabetes mellitus. The higher-level functional capacity was measured using the Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence.<sup>16</sup> This multidimensional 13-item index of competence comprises three subscales: instrumental activities of daily living, intellectual activity, and social roles. Blood samples were collected under a nonfasting state, in a sitting position. The analyses were performed centrally in one laboratory (Special Reference Laboratories, Inc., Tokyo, Japan). Serum albumin level was measured using a standard kit using the BCG method. Body mass index (BMI, kg/m<sup>2</sup>) was calculated as weight (in kg) divided by the square of height (in m).

#### Statistical Analysis

All data were analyzed using SPSS software for Windows version 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL), and the level of significance was set at 5%. Population characteristics at baseline and at 2-year follow-up are expressed as frequency or mean  $\pm$  standard deviation). Paired *t* tests were used to evaluate the changes in physical performance during the 2-year follow-up period. Simple correlation was used to test the association between changes in BMD and physical performance. Comparison of annual change in usual walking speed according to annual BMD change in quartile was conducted using analysis of covariance (ANCOVA). Trend analysis was conducted using linear regression and entering the quartiles of performance as ordinal variables.<sup>9</sup> The model was adjusted for age; subjective health status; regular exercise; BMI; serum albumin concentration; handgrip strength; functional reach; usual walking speed in 2002; and changes in BMI, serum albumin concentration, handgrip strength, and functional reach from 2002 to 2004.

**Table 1. Characteristics of the Study Subjects (n = 182) in Baseline and Follow-Up Surveys**

Characteristic	Value	P-value*
Age, mean $\pm$ SD	75.9 $\pm$ 3.6	
Education level $\geq$ high school, %	62.6	
Good subjective health status, %	80.2	
Regular exercise every day, %	42.3	
Chronic disease history, %		
Hypertension	50.5	
Stroke	5.5	
Heart attack	8.8	
Diabetes mellitus	4.9	
Higher-level functional capacity score, mean $\pm$ SD		
2002	12.2 $\pm$ 1.2	
2004	11.8 $\pm$ 1.4	<.001
Change 2004–2002	–0.48 $\pm$ 1.32	
Body mass index, kg/m <sup>2</sup> , mean $\pm$ SD		
2002	22.8 $\pm$ 3.2	
2004	22.6 $\pm$ 3.2	.005
Change 2004–2002	–0.26 $\pm$ 1.23	
Bone mineral density, g/cm <sup>2</sup> , mean $\pm$ SD		
2002	0.296 $\pm$ 0.068	
2004	0.286 $\pm$ 0.067	<.001
Change 2004–2002	–0.010 $\pm$ 0.023	
Serum albumin, g/dL, mean $\pm$ SD		
2002	4.25 $\pm$ 0.20	
2004	4.34 $\pm$ 0.20	<.001
Change 2004–2002	0.09 $\pm$ 0.16	
Handgrip strength, kg, mean $\pm$ SD		
2002	18.1 $\pm$ 4.4	
2004	17.4 $\pm$ 4.3	.001
Change 2004–2002	–0.74 $\pm$ 2.94	
Functional reach, cm, mean $\pm$ SD		
2002	32.0 $\pm$ 5.3	
2004	32.3 $\pm$ 5.3	.65
Change 2004–2002	0.16 $\pm$ 4.73	
Usual walking speed, m/sec, mean $\pm$ SD		
2002	1.15 $\pm$ 0.25	
2004	1.10 $\pm$ 0.26	.001
Change 2004–2002	–0.04 $\pm$ 0.18	
Maximal walking speed, m/sec, mean $\pm$ SD		
2002	1.61 $\pm$ 0.34	
2004	1.62 $\pm$ 0.39	.495
Change 2004–2002	0.01 $\pm$ 0.25	

\* According to paired *t*-test.  
SD = standard deviation.

## RESULTS

Participants in the follow-up study were younger and had significantly better subjective health, higher scores in higher-level functional capacity, and higher scores in physical performance (functional reach, usual walking speed, and maximal walking speed) (data not shown) than nonparticipants.

**Table 2. Correlations Between Changes in Bone Mineral Density (BMD) and Physical Performance During the 2-Year Follow-Up**

Change in Physical Performance	Change in BMD (g/cm <sup>2</sup> )	
	Correlation Coefficient	P-value*
Handgrip strength, kg	–0.036	.63
Functional reach, cm	0.062	.41
Usual walking speed, m/sec	0.212	.004
Maximal walking speed, m/sec	0.129	.08

\* According to Pearson correlation analysis.

The baseline characteristics and changes in BMD and physical performance during the 2-year follow-up period of the 182 study participants are shown in Table 1. The mean age in 2002 was 75.9  $\pm$  3.6 (range 70–84). The frequency of good self-rated health was 80.2%, and the mean higher-level functional capacity score was 12.2  $\pm$  1.2 out of a full score of 13. During the follow-up period, higher-level functional capacity ( $P < .001$ ), BMI ( $P = .005$ ), BMD ( $P < .001$ ), handgrip strength ( $P = .001$ ), and usual walking speed ( $P = .001$ ) decreased significantly. Alternatively, serum albumin concentration increased significantly ( $P < .001$ ). There were no significant changes in functional reach and maximal walking speed during the 2-year follow-up period.

Table 2 shows the correlation between the change in BMD and change in physical performance during the 2-year follow-up period. Change in BMD was significantly related only to change in usual walking speed (correlation coefficient = 0.212,  $P = .004$ ). There was no significant relationship between changes in BMD, handgrip strength, functional reach, and maximal walking speed.

Figure 1 compares the change in usual walking speed according to the change in BMD presented in quartiles. Mean annual BMD change rate was  $-1.57 \pm 4.12\%$  (range  $-12.57$ – $18.81$ ), and mean annual usual walking speed change rate was  $-1.54 \pm 8.58\%$  (range  $-23.84$ – $47.78$ ). A significant association was observed between mean annual change in usual walking speed and annual BMD change presented in quartiles ( $P = .03$ , according to ANCOVA). Elderly women whose BMD decreased ( $-3.5\%$  in the first quartile and  $-3.1\%$  in the second quartile) over the 2-year follow-up showed significantly ( $P = .01$ ) greater decline in usual walking speed than women whose BMD increased ( $1.5\%$  in the fourth quartile). More-rapid annual bone loss was associated with greater decline in usual walking speed ( $P = .005$ , according to trend test). This result was adjusted for age; subjective health status; regular exercise; BMI; serum albumin concentration; handgrip strength; functional reach; usual walking speed in 2002; and changes in BMI, serum albumin concentration, handgrip strength, and functional reach from 2002 to 2004.

## DISCUSSION

The present 2-year longitudinal follow-up study evaluated the association between changes in BMD and physical per-

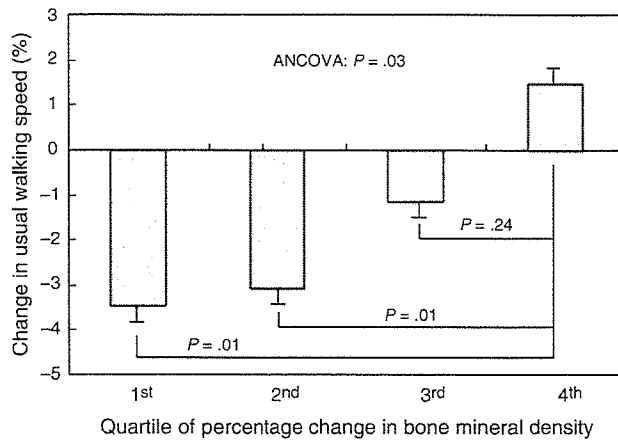


Figure 1. Associations between change in bone mineral density (expressed in quartiles) and change in usual walking speed during the 2-year follow-up. First quartile:  $-12.57$  to  $-4.18$ ; second quartile:  $-4.17$  to  $-1.78$ ; third quartile:  $-1.77$ – $0.72$ ; fourth quartile:  $0.73$ – $18.81$ . Annual percentage change =  $100 \times (\text{data from 2004} - \text{data from 2002}) / (\text{data of 2002} \times 2)$  (length of follow-up in years). ANCOVA = analysis of covariance.

formance in a population-based random sample of 182 Japanese women aged 70 and older. It found that elderly women with more-rapid bone loss had a greater decline in usual walking speed.

To promote independence and to maintain quality of life in older people, the maintenance of physical performance, including muscle strength, balance capacity, and walking speed, is important.<sup>1-4</sup> Of these measures of physical performance, walking speed, especially usual walking speed, is the most sensitive predictor of functional dependence in older people.<sup>3</sup> Walking speed decreases with aging, is influenced by multiple factors, and should be modified through a lifestyle that strengthens muscles of the lower extremities.<sup>4,17,18</sup> For example, exercise and nutritional interventional interventions in relatively healthy community-dwelling elderly people have been shown to improve walking speed.<sup>17,18</sup>

BMD decreases with age, decreasing 1% per year after menopause in women,<sup>19</sup> although adequate dietary protein,<sup>20</sup> calcium and dairy,<sup>21,22</sup> and vitamin C intake,<sup>23</sup> weight maintenance;<sup>21,23</sup> higher BMI;<sup>21</sup> maintenance of daily physical activity;<sup>21,22</sup> supplementation;<sup>24</sup> and hormone replacement therapy<sup>25</sup> may contribute to healthy bones and prevent decline in bone mass.

Cross-sectional studies have reported that BMD in elderly people is significantly associated with physical performance.<sup>9,10,12</sup> Elderly women with lower BMD had significantly lower grip strength and knee extension power and poorer balance. These results suggest a strong role of maintaining muscular strength in the prevention of bone loss in healthy and functionally independent women. In the absence of neurological and degenerative disorders, poor physical performance in elderly people is likely to result from reduced physical activity, and a consequence of the reduced mechanical loading would be reduced bone mass and density.<sup>9</sup>

In the present study, elderly women with more-rapid bone loss during 2 years of follow-up had a greater risk of

decline in usual walking speed than those with greater BMD. Because the directionality of the association between the change in mineral density and usual walking speed cannot be ascertained from this study design, the result does not imply that modification or improvement of BMD would have any effect upon walking speed. Intervention trials are needed to assess the effect of treatment of osteoporosis on walking speed and the effect of interventions targeting gait speed on bone density.

This study has some limitations. First, the characteristics of the subjects must be considered. Although the subjects analyzed were selected randomly from the population of an urban district, they were relatively healthy elderly persons who were able to travel from their homes to the health examination center at baseline and 2 years later. As a result, the present results may not be applicable to frail older people or those with multiple comorbidities who have low physical functional capacity. Second, BMD has been measured at virtually all available measurement sites (spine, proximal femur, forearm, whole body, calcaneus, and tibia) in other reports.<sup>26</sup> In the present study, only forearm BMD was used as indicator of bone loss. Therefore, the findings may not be directly comparable with those in other groups. To generalize this result, a more-comprehensive approach, including measuring bone mass at various sites in a large sample of elderly people and evaluating the associations between bone loss at different sites and changes in physical performance, is necessary. Forearm BMD measurement was chosen, because it is a quick, easy, and accurate method to evaluate the bone health of older people.<sup>27</sup> In addition, forearm BMD may be useful to assess osteoporosis in postmenopausal women because forearm BMD is significantly associated with BMD of the lumbar spine and hip.<sup>28</sup> Third, this study did not control for the type and dose of drugs that affect bone turnover, such as calcium, estrogens, vitamin D, and calcitonin, all of which may affect BMD. Finally, this study focused on the association between change in BMD and change in walking speed during the 2-year follow-up period and did not provide information on the cause-and-effect relationship. However, the relationship between the two parameters that were used in this study is expected to form a basis for further study. The number of elderly people with low bone mass and walking ability is going to increase in the future. Therefore, there will be an increasing need for strategies to strengthen these two parameters.

In conclusion, elderly women with more-rapid bone loss had greater decline in usual walking speed, even after multivariate adjustment including changes in muscle strength, balance capability, and other potential confounders. Further studies are needed to investigate the cause-and-effect relationship between BMD and walking speed.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the participants and the research members of the mass health examinations for the community elderly ("Otasha-kenshin").

**Financial Disclosure:** This work was supported in part by a grant-in-aid for the Research Grant for Longevity Sciences (H-14-choju-006) from the Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan.