

高齢者の身体機能からみた介入効果 (転倒・骨折予防プログラム)の検証

身体教育学コース 小 松 泰 喜
身体教育学コース 朴 眩 泰
身体教育学コース 武 藤 芳 照
東京厚生年金病院 整形外科 柏 口 新 二

A Follow-Up Study of the Effects of "Falls Prevention Program" on Bone Mass and Mobility Parameters

Taiki KOMATSU, Hyuntae PARK, Yoshiteru MUTOH, Shinji KASHIWAGUCHI

PURPOSE: As demanded by the present situation, the "Falls Prevention program" has been carried out in Japan as a national policy. At present, it is considered to symbolize its idea and significance of the health promotion. The purpose of the present study was to examine how the program influenced the mobility parameters one year or more after the end of the program. **RELEVANCE:** Dargent-Molina [1999] reported that the walking ability (10m-rapid gait time and cadence) related to rate of falls and bone fracture. Therefore, in the program, training for improving mobility walking ability is a main part. **DESCRIPTION:** 169 female middle and aged subjects completed 12 weeks falls prevention program, were recruited. In the present study, the maximum walking speed for 10-meters, the maximum step length, 40-cm steps and single leg stance were assessed as mobility parameters. Quantitative ultrasound bone measurements (AOS100, Aloka Co. Ltd, Tokyo, Japan) were used to calculate the Osteo Sono-Assesment Index (OSI) of the calcaneus which is an indicator of the bone mass. The mobility parameters and the bone mass were measured at the end of the program and at one year or more after completion of the program. **EVALUATION:** Subjects were 169 women and 22 men who had completed twelve weeks program, for Falls Prevention. In the present study, the maximum walking speed for 10-meters, the maximum step length, 40-cm steps and single leg stance were assessed as mobility parameters. Quantitative ultrasound bone measurements (AOS100, Aloka Co. Ltd, Tokyo, Japan) were used to calculate the Osteo Sono-Assesment Index (OSI) of the calcaneus which is an indicator of the bone mass. The mobility parameters and the bone mass were measured at the end of the program and at one year or more after completion of the program. **CONCLUSIONS:** It was found that the calcaneal bone strength did not decrease in the subjects whose mobility parameters were better than normal at the end of program period. Since walking is practical and easy exercise to practice and its ability might be a reliable indicator for estimating the risk of falls, improving the walking ability is considered to be a good strategy to prevent falls and bone fracture. **IMPLICATIONS:** Since maintenance of high mobility parameters influences the calcaneal bone mass, compliance of a habit to exercise regularly seems to be important. Therefore, an educational system encouraging maintenance of the habit for life should be constructed for the community-dwelling peoples.

目 次

- 1 はじめに
- 2 研究の背景

- A. 身体機能の観点から
- B. 骨強度の観点から
- 3 研究の対象と方法
- 4 研究結果

A. 歩行能力との関係

B. 40cm 踏み台昇降の可否との関係

5 考察

6 おわりに

1 はじめに

高齢者の転倒・骨折による介護予防、寝たきり予防に対する取り組みは、厚生労働省が主体となり、軽度の要介護認定者を中心に介護予防サービスを重点的に提供するいわゆる「介護予防市町村モデル事業」が、平成16年度(2004)より本格的に行われている。特にその実施に当たっては「介護予防市町村モデル事業実施市町村担当者研修会」の開催に代表されるように事業の円滑な実施を図ることを目的に①介護保険制度と介護予防の位置づけ②介護予防の基本的考え方③介護予防モデル事業の進め方等をその研修内容としている。

また、全国69箇所で行われている「介護予防市町村モデル事業」の事業報告書では、プログラムの内容において、その効果を上げるためのメニューの工夫を行ったあるいは行うべきであるという意見や筋力マシンと非筋力マシンを組み合わせる柔軟な対応が必要、回数ごとにレベルを上げるような指導内容、参加者を巻き込んで楽しさを出すための人員、姿勢のバランス運動を行うための指導など単一的な運動プログラムでは限界があることが示唆されている。効果については歩行の安定性の向上や痛みの解消など、身体的な面において改善が図られた例が多く、「生活のリズムができた」、「参加者・スタッフとの交流により明るくなった」など、心理面・社会面での改善や意欲の向上が図られたとの声が数多く報告されている。その中で残された課題としては、プログラム終了後に身体機能や生活機能の維持向上を図るための、継続的な支援や地域の様々な社会資源を活用したトレーニングが継続できる環境づくりが必要とされ、そのために、自主的な活動の支援やボランティアの育成が挙げられた¹⁾。特に継続のための具体的な実施策として、行動科学的な手法の導入による教材の配布、セルフモニタリング等による対象者主体の自己管理の継続等が施策の柱とされている。

運動器の機能向上を通じて高齢者のQOLを高めることを目的とした介護予防事業であることから、いかに運動を自主的に継続していくかに関する身体機能への影響についての基礎資料に乏しいのが実情である。

そこで、「転倒予防教室」などに代表される介護予防事業の成果に資することを見据え著者らは、高齢者の

身体機能からみた介入効果(転倒・骨折予防プログラム)の検証を行うことを本研究の目的とした。

前述したように我が国では、時代の要請もあり「転倒予防教室(以下、教室: Fall Prevention program)」が政策的取り組みとして全国到る所で行われている。現在では、その理念や健康教育の重要性を唱えるものとして継続している。したがって本研究は、「教室」の修了者の身体機能と転倒・骨折の評価として有用とされる骨強度の維持との関係を明らかにし、「教室」の修了者の身体機能の経年変化から介入効果について検討することとする。

2 研究の背景

転倒・骨折予防プログラムに関して、高齢者の身体機能からみた介入効果を検証するに当たり、転倒・骨折の要因である身体機能および骨密度には以下のような研究背景がある。

A. 身体機能の観点から

地域在住高齢者を対象としたこれまでの臨床経験からも速度、歩数などの歩行能力が、転倒・骨折に関連する要因であることは言うまでもない。また、Dargent-Molinaら(1999)²⁾の報告によれば、転びにくい歩行指導は重要な運動プログラムのひとつとされている。しかしながら、具体的な身体活動量と転倒・骨折については、カットオフ値やその指標に十分なコンセンサスを得られていないのが現状である。

運動器の機能向上が転倒・骨折を予防するという報告は数多くされている。運動器の機能向上により生活機能が改善し、転倒・骨折を低減するとの報告からKrebsらの弾力性のあるバンドを用いた運動³⁾やSevickら(1998)のダンベルを使用した運動⁴⁾は身体への積極的な働きかけによってその効果が得られたと報告している。Fiataroneら(1990, 1994)やBuchnerら(1997)はマシンを使用したレジスタンストレーニングによって大きな成果を挙げている。対象がナーシングホームに入居する85歳以上の虚弱な高齢者でなおかつ背景に身体や精神の活動低下があることから、このような働きかけによって老年症候群が改善したとの報告である⁵⁻⁷⁾。

B. 骨強度の観点から

運動が骨密度に与える影響についての研究は数多く存在する。しかしながら臨床上、骨密度を身体機能の

一つの指標として利用しながら、前向き研究としての十分な治療効果を骨密度から検証することがしにくい状況である。Suominen(2006)によれば、骨強度への効果的な運動の原則には、①骨強度は静的刺激よりも動的刺激に促される②1 sessionの運動をする際に十分な強度のある短い運動より、休憩を挟んで繰り返す方が効果的である③習慣的な負荷には、骨細胞の反応が鈍くなる⁸⁾としている。Raija Korpelainenら(2006)によれば運動の効果は、骨密度の低下した閉経直後の女性より前期高齢者の方がより長期的な運動による効果が得られたと報告している。運動は在宅にて行い、ジャンプやバランス訓練、ウォーキングおよび下肢筋力強化、ダンス、台の昇降などの訓練を6ヶ月行い、低い骨量の前期高齢者では転倒・骨折の予防になると報告している⁹⁾。

Carterら(2002)は、バランス能力の決定要因について、喫煙や内服状況、身体機能や骨密度などから検討し、骨密度の増加と膝伸展筋力がダイナミックバランスにおいてその安定性の決定要因であることを報告している。したがって転倒・骨折を目的とした高齢者への介入方法として膝伸展筋力を向上させるような運動プログラムが有効であるとしている¹⁰⁾。

3 研究の対象と方法

東京厚生年金病院健康管理センターには、高齢者の転倒・骨折予防に対する取り組みとして、1997年(平成9年)12月より、我が国初の「転倒予防教室」(以下、「教室」)が開設され、参加者の体力・健康診断と運動・生活指導を主体としたプログラムによる実践活動が継続されている。

「教室」での転倒・骨折予防プログラムは、複合的な要因の結果として起こる転倒・骨折を予防するために、中高年が実践できる具体的な基本プログラムとして表1. に示す内容を加味した運動プログラムを実践している。

本研究の対象は、「教室」の参加者で「教室」を修了し、1年後以降に身体機能の再評価を行った191名(女性169名、男性22名)の内、骨強度による検討から女性のみを対象にした。「教室」では医学的評価の他、身体機能の測定として10m全力歩行(10m-rapid gait time)、最大歩幅(maximum step length)、40cm踏み台昇降(40-cm steps)とバランス能力として開眼単脚直立時間(single leg-stance)等を採用している。また、骨強度の評価は超音波骨評価装置 Bone Densitometry

表1. 中高年が実践できる具体的な基本プログラム

第一に、自分のからだの変化を知ること
第二に、正しい姿勢でしっかり歩くこと(歩行指導)
第三に、からだをしなやかに保つストレッチングを続けること
第四に、バランス能力を高める運動を行うこと
第五に、筋力を強くする運動を取り入れること
第六に、楽しく好きな運動を長く続けること
第七に、運動はクスリと同じ、少なければ効果はないが、多量な与え方を誤ると害(リスク:クスリの逆読み)があることに注意する

武藤、他 2006.¹¹⁾

System(Aloka社製:AOS100)を用い、踵骨の音響的骨評価 OSI: Osteo Sono-Assessment Index^①を評価指標とし骨強度の測定を行った。測定には、踵骨下後端の突起部分の輪郭を踵骨の近似円と考え、踵骨中心部で測定ができるように足首にマーキングし位置を決めて測定した。さらに、マーキング位置と測定機器の振動子とを一致させるために、高さや奥行きを微調整し、適宜足底に挿入し踵骨中心位置の測定が正確にできるよう特に留意した。

身体機能の測定方法は、10m全力歩行における、歩行速度を算出した。最大1歩幅では、両脚を揃えた状態から最も大きくあるいはできるだけ広く片方の脚を踏み出し、反対側の脚をその横にそろえ、その爪先までの距離を測り、さらに下肢長比から補正值も求めた。40cm踏み台昇降は、高さ40cmの台を手すりなしで確実に昇り、いったん台上で両脚をそろえて直立した後、向こう側へ着実に降りることができかどうかを判定する。判定方法は、「楽に昇降できる:可(以下、「可能」群)」、「着地でふらつくまたは手を膝に当てれば昇降できるあるいは横向きならば降りられるおよび全く昇降できない:否(以下、「不可能」群)」の2段階とした¹²⁾。バランス能力の測定として開眼単脚直立時間を採用し、前方2mの高さにある目標を注視させ、一脚を軽く拳上させた後、動揺を観察しながらあげた一脚が再接地するまでの時間の計測を行った。単脚直立時間の最長は30秒間とし、30秒間できた者は、そこで計測を中止した。

解析方法は10m全力歩行および最大1歩幅と骨強度の関係においては、その測定値から四分位に分類し、それぞれの群をQ1群、Q2群、Q3群、Q4群とした後、教室修了時と1年後再評価時の変化量とその時の骨強度の関係について検討した。また、40cm踏み台昇降の可否については2段階評価とし、バランス能力としての開眼単脚直立時間同様、離散変数として教室修了

時と1年後再評価時の変化について骨強度との関係から検討を行った。

統計学的解析は、修了時と1年後以降時の身体機能と骨強度の変化量との関連についての検討であることから、統計学的手法は年齢の影響を補正した後、連続変数である身体機能については、共分散分析(ANCOVA)および多重比較(Kruskal-Wallis rank sum test)を用い、それ以外の離散変数については一元配置分散分析(Oneway-ANOVA)にて検討を行った。尚、解析には統計パッケージSPSS(Ver.12.0 for Windows)

を使用し、各々の統計処理には有意水準5%未満を有意とした。

4 研究結果

A. 歩行能力との関係

Q1群(歩行速度が遅い者; ≤ 1.59 m/sec: Ave. 1.46m/sec)に比べ、Q4群 Brisk Walker(歩行速度の速い者; $+1.97$ m/sec: Ave.1.86 m/sec)およびQ3群(1.80-1.96 m/sec)が、1年後の骨強度に変化のないことが示唆さ

Table 2. Baseline characteristics of subjects

	≤ 1.59 (Q1)	1.60 - 1.79 (Q2)	1.80 - 1.96 (Q3)	1.97+ (Q4)	Total
n	47	45	41	41	174
age (y)	74.1 \pm 5.1	72.1 \pm 6.2	70.2 \pm 5.8	68.2 \pm 5.8	71.3 \pm 6.1
height (m)	152.1 \pm 10.1	153.2 \pm 5.6	154.2 \pm 6.7	154.0 \pm 6.3	153.3 \pm 7.2
weight (kg)	51.9 \pm 10.5	53.9 \pm 9.2	53.7 \pm 11.9	50.9 \pm 7.0	52.6 \pm 9.7
BMI	22.3 \pm 3.1	22.8 \pm 3.4	22.5 \pm 4.7	21.4 \pm 2.8	22.3 \pm 3.6
waist-hip-ratio	1.0 \pm 0.5	0.9 \pm 0.1	1.0 \pm 0.2	1.0 \pm 0.6	1.0 \pm 0.4
baseline gait speed (m/sec) at started program	1.43 \pm 0.26	1.72 \pm 0.21	1.86 \pm 0.21	1.93 \pm 0.22	1.72 \pm 0.30
3month gait speed (m/sec) at finished program	1.37 \pm 0.22	1.71 \pm 0.06	1.87 \pm 0.03	2.07 \pm 0.12	1.74 \pm 0.29
femoral neck bone mineral density (g/cm ²)	0.584 \pm 0.095	0.600 \pm 0.096	0.615 \pm 0.138	0.629 \pm 0.111	0.606 \pm 0.111
osteo sono assessment index (10 ⁻⁶)	2.234 \pm 0.197	2.370 \pm 0.264	2.327 \pm 0.251	2.349 \pm 0.236	2.318 \pm 0.241

Values are means \pm SD

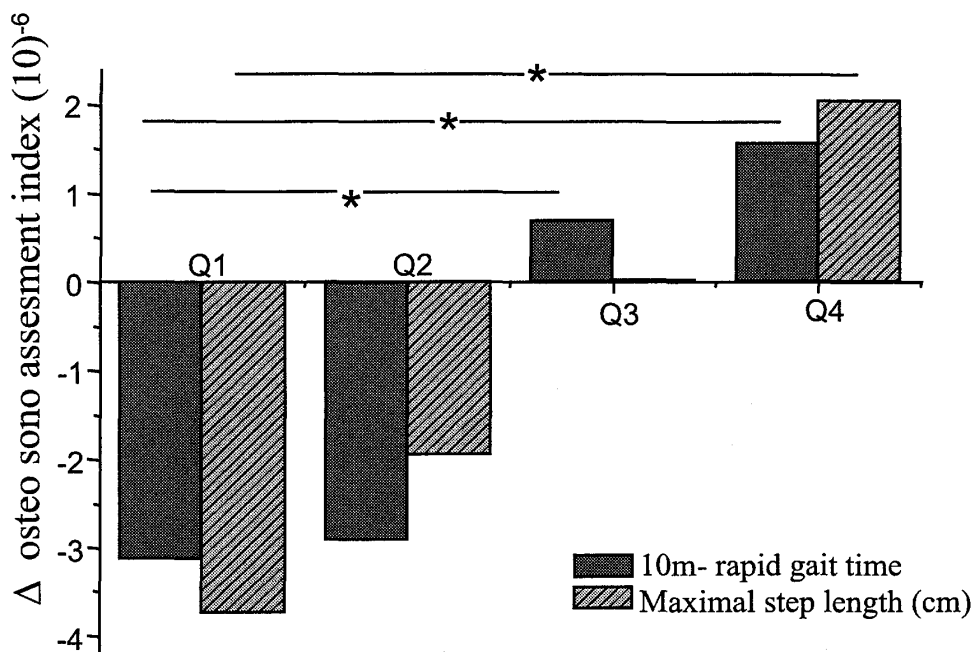
*p < 0.05, significant difference vs Q1

Table 3. % differences calcaneal osteo sono assessment indices ($\times 10^6$) in quartiles (Q1-Q4) of gait ability

10m- rapid gait time (m/sec)	Quartile	n	p	
0.57 - 1.59	Q1	47	-3.12 \pm 1.09	
1.60 - 1.79	Q2	45	-2.90 \pm 1.15	
1.80 - 1.96	Q3	41	0.69 \pm 0.97 ^a	0.046 (vs Q1)
1.97 - 2.44	Q4	41	1.56 \pm 1.19 ^{a,b}	0.023 (vs Q1), 0.039 (vs Q2)
Maximal step length (cm) /lower length (cm)				
0.63- 1.15	Q1	48	-3.74 \pm 9.64	
1.16 - 1.29	Q2	44	-1.95 \pm 7.25	
1.30 - 1.43	Q3	39	0.02 \pm 6.79	
1.44 - 1.93	Q4	43	2.03 \pm 7.74 ^a	0.003 (vs Q1)

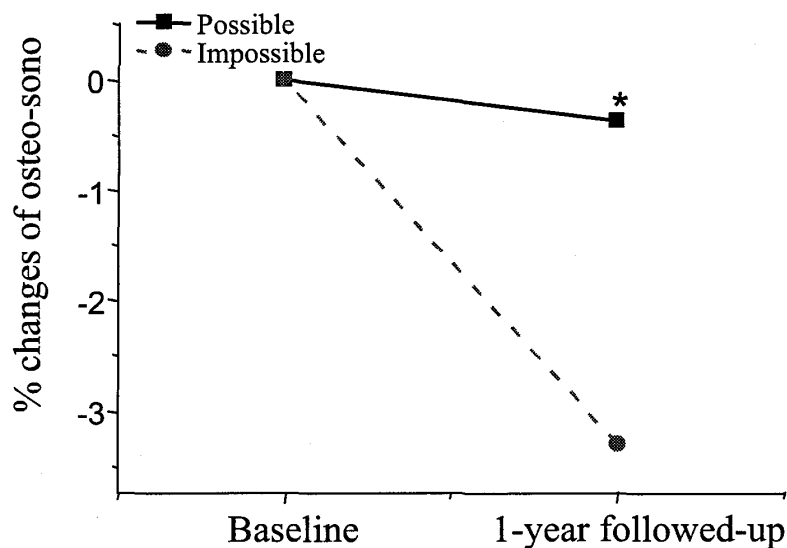
Values are means (SD).

a: versus Q1 (p < 0.05), b: versus Q2 (p < 0.05)



ANCOVA *: $p < 0.05$

Fig 1 Relationship between mobility parameters(with 10m- rapid gait time and maximal step length) and bone mass (OSI)



Oneway-ANOVA *: $p < 0.05$

Fig 2. Comparison of 40-cm steps on % changes of osteo-sono index

れた($p < 0.05$) (表 2 - 3, 図 1.)。

B. 最大 1 歩幅との関係

Q1群(0.63 - 1.15)に比べ, Q3群(1.30 - 1.43)が, 1年後の骨強度に変化のないことが示唆された($p < 0.05$) (表 3.)。

C. 40cm 踏み台昇降の可否との関係

「可能 (possible)」群では 1 年後の変化量では「不可能 (impossible)」群と比較し, 骨強度に変化のないことが示唆され, その機能の維持が骨量に影響することも明らかとなった($p < 0.05$) (図 2.)。

5 考察

我が国では、高齢者の転倒・骨折による介護予防、寝たきり予防に対する取り組みが進み、政策的取り組みから近視眼的な成果主義や商業主義が目的とされるものまで様々である。転倒時に骨折が生じるか否かを決定する因子として、転倒時の防御動作・衝撃力・骨強度の3つであるとされていることから、「骨を強くする」ことについては、重要な取り組みである。すでに日常診療においても骨粗鬆症治療薬の臨床的コホート研究や新薬の開発、ビスフォスネート製剤の服用は骨折予防対策として広まりを見せている。

このように骨強度を改善させるための方策は、現状骨粗鬆症治療薬が中心である。しかしながら、転倒・骨折を予防するための方策にはこれだけではなく、一般的に転倒をきたす内的要因である、加齢、そして日頃の運動不足に伴う身体機能の低下、身体的・精神的疾患の合併(高脂血症、高血圧症、糖尿病等、抑うつ、認知症等)、薬剤の服用(「転倒」が副作用として明示されている薬物やベンゾジアゼピン系睡眠薬等の服用あるいは服用薬剤数の多さ)により「易転倒性」(転びやすい人)をつくりだすとされている。また、外的要因としては、屋外の道路・建物構造、屋内の障害物、段差、足に合わない履物等があげられ、内的・外的要因が種々な割合で一瞬のうちに複合して、ヒトの転倒が発生することから¹⁹⁾、骨強度を改善させるための運動プログラムは、外力に対する抵抗として、また骨粗鬆症予防のための健康教育としての重要性からもその有効性に関する知見が必要である。

高齢者の身体活動量の評価には議論の余地があり、十分なコンセンサスを得られていない。そのため、身体機能を含めた高齢者の生活体力や身体活動には、骨密度などのような信頼性のある質的評価との関連性が必要であり、今回の結果から得た歩行速度や40cm踏み台昇降の可否と1年後の骨強度との関連性から運動プログラムとして提唱している「しっかりと歩く(水平方向へのすばやい移動動作)」、「階段を意識して使用する(垂直方向への振幅の大きい運動)」が、高齢者の身体機能を高め、転倒、骨折予防に結びつけられる有効な運動プログラムであることが示唆された。

また、本研究の結果から骨強度の維持は、転倒時の骨折予防や身体活動の継続性として重要であり、より身体機能の維持を図ることが強いては介護・寝たきり予防に繋がるものになることが推察される。それは

「教室」修了時以降の身体機能が高い者ほど、骨強度が保たれていることが明らかとなり歩行指導の重要性がより高まると共に、身体機能の向上に有効であることが示唆された。さらに、特に歩行指導のような歩行能力を向上させるものは、歩行動作そのものが、取り組みやすい運動であることおよび易転倒性のリスク評価としての信頼性も高い¹⁴⁾ことから、その機能の維持がその後の転倒・骨折の予防に關与することが推察された。特に brisk walk と呼ばれる歩行運動は、骨強度への影響からも身体活動を維持するために有効であり、指導にも具体的な数値目標を建てるのが可能であることから、きわめて効果的で取り組みやすい運動プログラムであることが示された。

6 おわりに

身体機能の維持が骨強度に影響することから運動の継続性 compliance を保つことが重要であり、在宅高齢者のための運動継続支援システムの構築が必要である。特に地域の高齢者あるいは高齢者を抱える家族、施設関係者への教育、啓発・内容は、多岐にわたる。表1に示したような中高年が実践できる具体的な基本プログラムのように分かりやすく伝えるような工夫と知恵が必要であり、特別な大型・高価な機器を用いなくとも高齢者にとって安全で優しかつ転倒予防に有効な運動プログラムや身体活動を組み入れた、様々な取り組みを展開するのが良いと考える。

本研究の限界として対象者は「教室」修了者であり、年齢の補正ならびに身体機能に対するばらつきについてベースラインでの差はないが、ある一定の運動プログラムを施行している経緯がある。そのため、「教室」に提供された運動プログラムにより正負のどちらの要因になるかによって身体機能への影響が挙げられる。なるべく高齢者の余分な負荷・負担・障壁を低減して機能向上を図るという意識の中で、そのように専門スタッフのそれぞれの教育・学習背景・知識の違いが、運動プログラムに現場で投影されることも推察される。

Keywords

mobility parameter, OSI: Osteo Sono-Assessment Index, Falls Prevention program

注

①OSI: osteo sono-assessment index(音響的骨評価値($\times 10^6$)とは、

右足踵骨の超音波伝播速度；m/sec(SOS: speed of sound)と透過指標(TI: transmission index)を測定し、 $(SOS)^2 \times TI$ の式によりを算出した値

2版89-97.

13)武藤芳照, 長谷川亜弓, 太田美穂他2006: 転倒予防教室の設立と実践, 骨・関節・靭帯, 19(1): 17-25.

14)鈴木隆雄1998: 転倒防止対策, オステオポロシスジャパン, 6: 589-93.

引用文献

- 1)厚生労働省: 介護予防市町村モデル事業報告書 介護予防サービス評価研究委員会 平成17年7月27日
- 2) Dargent-Molina, P, A. M. Schott, D. Hans, F. Favier, H. Grandjean, C. Baudoin, P. J. Meunier and G. Bre'art, for the EPIDOS study group 1999: Separate and Combined Value of Bone Mass and Gait Speed Measurements in Screening for Hip Fracture Risk: Results from the EPIDOS Study *Osteoporos Int* 9 188-192
- 3) Krebs, D. E., Jette, A. M., Assmann, S. F. 1998: Moderate exercise improves gait stability in disabled elders. *Arch Phys Med Rehabil.* 1489-1495. 79.
- 4) Sevick, M. A., Bradham, D. D., Muender, M., Chen, G. J., Enarson, C., Dailey, M., and Ettinger, W. H., Jr. 2000: Cost-effectiveness of aerobic and resistance exercise in seniors with knee osteoarthritis. *Med Sci Sport Exer.* 1534-40. 32.
- 5) Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., Evans, W. J. 1990: High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 3029-34. 263.
- 6) Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., Roberts, S. B., Kehayias, J. J., Lipsitz, L. A., Evans, W. J., 1994: Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Eng J Med.* 330 1769-75.
- 7) Buchner, D. M., Cress, M. E., de Lateur, B. J., Esselman, P. C., Margherita, A. J., Price, R., Wagner, E. H. 1997: The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 52 M218-24.
- 8) Suominen, H. 2006: Muscle training for bone strength. *Aging Clin Exp Res.* 18 85-93.
- 9) Raija Korpelainen, Sirkka Keinänen-Kiukaanniemi, Jorma Heikkinen, Kalervo Väänänen, Juha Korpelainen 2006: Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporosis Int.* 17, 109-118.
- 10) Carter, N. D., Khan, K. M., Mallinson, A., Janssen, P. A., Heinonen, A. Petit, M. A., et al 2002: Knee extension strength is a significant determinant of static and dynamic balance as well as quality of life in older community-dwelling women with osteoporosis. *Gerontology* 48 360-368.
- 11) 武藤芳照, 太田美穂, 小松泰喜2006: 36 転倒予防; 井上一, 武藤芳照, 福田潤編: 運動療法ガイド 正しい運動処方をもとめて. 第4版 523-454.
- 12) 上岡洋晴, 岡田真平2002: 2 健康診断, 身体機能測定 5, 健脚度の測定・評価; 武藤芳照, 黒柳律雄, 上野勝則, 太田美穂編: 転倒予防教室—転倒予防への医学的対応—日本医事新報社. 第