

博士学位論文（論文要旨）

2009年9月

地域在住高齢女性における非監視型ホームエクササイズの
効果に関する研究
—無作為化比較対照試験—

指導教授

柴田 博 教授

国際学研究科老年学専攻

博士後期課程

207K6001 上出直人

【目次】

研究要旨	1
序論	
1. 骨粗鬆症と骨折	4
2. 大腿骨近位部骨折の疫学	5
3. 大腿骨近位部骨折の危険因子	7
4. 大腿骨近位部骨折の予防（運動療法）	8
5. 骨折予防のための運動療法の問題点	8
注釈	9
高齢女性における既存椎体骨折の有無と身体機能に関する研究	
背景と目的	10
対象と方法	
対象	10
方法	11
統計解析	12
結果	12
考察	13
注釈	15
地域在住高齢女性における	
非監視型ホームエクササイズの効果に関する研究	
背景と目的	16
対象と方法	
対象	17
介入内容	17
測定項目	20
統計解析	25
結果	25
考察	28
利害の衝突に関する宣言	32
研究への援助	32
注釈	32

地域在住高齢女性における非監視型ホームエクササイズの長期効果に関する研究

背景と目的	33
対象と方法	
対象	34
追跡調査と運動実施状況の確認	34
測定項目	35
統計解析	35
結果	36
考察	37
総合考察	41
謝辞	47
文献	48
図	58
表	84
資料	100

【序論】

骨粗鬆症は、低骨量と骨組織の微小構造の破綻によって特徴づけられる疾患であり、骨の脆弱性亢進と骨折危険率の増大に結びつく疾患であると定義されている[1]。骨粗鬆症による脊椎椎体骨折や大腿骨近位部骨折は、生命予後や機能予後に大きな影響を与えることが知られている[6-12]。特に、大腿骨近位部骨折は、骨折後の歩行障害の割合や要介護率が極めて高く[10-12]、機能的予後は極めて不良である。従って、高齢者の自立した生活を支援しQOLを維持・向上させるためには、骨粗鬆症による大腿骨近位部骨折の治療を如何に行うかではなく、如何に予防するかに視点を変えるべきであろうと考えられる。

大腿骨近位部骨折の発生数および発生率は、女性が男性よりも高く、さらに年齢が上がるほど上昇する[18, 19]。さらに、日本国内での骨折発生数は、過去 15 年間増加し続けている[18, 19, 21]。高齢者が増加している我が国において[31, 32]、大腿骨近位部骨折の発生数の増加は看過することのできない問題である。

大腿骨近位部骨折の危険因子としては、骨密度低下、女性、年齢（65 歳以上）、喫煙、過度のアルコール摂取、遺伝、低 body mass index (BMI)、椎体骨折の既往、さらに転倒や運動機能の低下などの多くの因子が挙げられている[3, 34, 35, 36, 37]。年齢、性別、遺伝、喫煙やアルコールなどの過去の生活習慣などは不可逆的なものである。一方、骨密度や転倒、運動機能の低下については、運動療法などにより改善可能な可逆的な因子であると考えられる。従って、骨折の危険性が高い 65 歳以上の高齢女性に対して、“骨密度の維持・向上”、“運動機能の改善”、“転倒予防”を図ることが有効な戦略になりうると考えられる。

高齢女性における、転倒予防、骨強度の維持・向上、運動機能の改善に対して運動療法が有効であることは種々の無作為化比較対照試験 (Randomized controlled trial: RCT) により実証されている[43-56]。一方で、転倒予防や運動機能の改善、骨強度の向上を目的とした研究では、マシンを用いたトレーニング[48, 49, 56]や中央開催型のグループエクササイズ[48, 50, 52, 53, 55, 56]が多く採用されている。しかし、これらの手法に対して地域における実行可能性を疑問視する意見もある[58]。大腿骨近位部骨折の予防では、骨折率の高い高齢女性に対して幅広く介入を行うことが必要であると思われる。従って、多くの対象者への介入方法として、日常生活の中で自宅でも実施可能な、非監視型のホームエクササイズが有用ではないかと考えられる。しかし、ホームエクササイズは、グループエクササイズよりも運動の実施率が低くなり易く[60]、またグループエクササイズよりも効果が小さい可能性が示唆されている[61]。一方で、ホームエクササイズは、グループエクササイズなどの補助的役割とされていることが多く[51, 52, 53, 55, 56]、ホームエクササイズ単独での介入に関して、RCT により効果を検証している先行研究は少なく、その効果における十分な根拠は得られていない。

【高齢女性における既存椎体骨折の有無と身体機能に関する研究】

(理学療法学 34(1) : 10-15, 2007)

背景と目的

高齢女性における椎体骨折が身体機能に与える影響を検討することは、椎体骨折を有する高齢者における、大腿骨近位部骨折を予防するための有用な情報になりうると考えられる。本研究の目的は、高齢女性における椎体骨折の有無による、身体機能への影響を検討し、椎体骨折を有

する高齢者における大腿骨近位部骨折の予防法を考えるための情報を得ることである。

対象と方法

対象は、原発性骨粗鬆症と診断され、骨粗鬆症に対する薬物療法を施行されていた、歩行可能な60歳以上の女性患者35名であった。

椎体骨折は、胸椎および腰椎の2方向単純レントゲン写真より、日本骨代謝学会の診断基準[66]に従って判定した。対象者の人体計測学的データとしては、身長、体重、骨密度(Bone Mineral Density:BMD)を測定した。BMDの測定は、二重X線吸収法により、右踵骨の骨密度を測定した。運動機能の評価としては、膝伸展筋力、握力、最大歩行速度、Timed UP & Go test (TUGT)[67]を測定した。生活能力の評価としては老研式活動能力指標[69]を用いた。次に、転倒に関する評価としては、過去1年間における転倒歴の有無を対象者より面接法にて後ろ向きに調査し、さらに転倒に対する恐怖感の有無をModified Fall Efficacy Scale (MFES)[70]を用いて評価した。

解析は、単純レントゲン写真による椎体骨折の有無によって、椎体骨折を有する患者群(以下、骨折群)と有さない患者群(以下、非骨折群)に分類し、両群の基礎的データ、運動機能および生活能力、転倒率の差を統計的に解析した。なお、有意水準は5%未満とした。

結果

35例中16例に椎体骨折を認めた(45.7%)。受傷機転の明らかな椎体骨折は16例中3例(18.8%)で、3例とも転倒による受傷であった。骨折群と非骨折群において、年齢、身長、体重、BMDに有意差は認められなかった。運動機能については、骨折群では非骨折群と比較して、最大歩行速度に有意な低下を認めた($p<0.05$)。さらに、骨折群では老研式活動能力指標の総得点と下位項目の知的能動性において有意な低下が認められた($p<0.05$)。受傷機転の明らかな椎体骨折3例を除外した骨折群13例(無症候性骨折群)と非骨折群との比較においても、無症候性骨折群では老研式活動能力指標および知的能動性が有意に低下していた($p<0.05$)。転倒歴に関しては、骨折群は非骨折群よりも有意に転倒率が高いことが認められた。

考察

本研究の結果から、椎体骨折を有する高齢女性では、椎体骨折を有さない高齢女性と比較して、最大歩行速度や生活能力が低下し、さらに転倒率が高いことが認められた。高齢者における歩行速度の低下は、ADLやIADL障害、転倒、大腿骨近位部骨折の危険因子となりうる[41, 63-65]。椎体骨折の存在自体が大腿骨近位部骨折の危険因子になることはすでに述べたが、今回の結果から椎体骨折は歩行速度の低下を介して、骨折の危険性を更に高めている可能もあると考えられた。また、骨折群においては、知的能動性が低下していることが認められた。知的能動性の低下は、IADL障害の危険因子であることが示唆されており[71]、高齢骨粗鬆症患者における椎体骨折は、IADL能力の障害を引き起こす危険因子にもなりうると考えられた。さらに、無症候性の骨折群においても知的能動性は低下しており、歩行速度よりも椎体骨折の影響が大きいと考えられ、高齢骨粗鬆症患者の自立生活を阻害する危険因子として、看過できないものである可能性が示唆された。

転倒については、骨折群の転倒率が高いことが示された。考えられる理由として、第一は無症候性の椎体骨折も原因の多くが転倒によって発生している可能性である。第二は、本研究の結果からも、椎体骨折を有する患者では、身体機能が虚弱化しており、転倒しやすくなっている可能性である[73]。

いずれにせよ、過去の転倒歴を有する場合は、再転倒の可能性は高く[65]、椎体骨折を有する骨粗鬆症患者では、新たな骨折を発生させる危険が高いことが示唆され、転倒予防の必要性が高いと考えられた。

【地域在住高齢女性における非監視型ホームエクササイズの効果に関する研究】

(Journal of Physiological Anthropology 28(3):115-122, 2009)

背景と目的

ホームエクササイズは日常生活の中で行うことが可能であり、多くの対象者への介入や長期間にわたる運動継続が期待できる。しかし、ホームエクササイズ単独での効果に関しては十分に検証されていないのが現状である。本研究の目的は、ホームエクササイズの有効性を検討するため、地域在住高齢者を対象にホームエクササイズを実施し、運動機能、転倒、骨強度に対する効果をRCTによって検証することを目的とした。

対象と方法

対象は、シルバー人材センターに登録されている地域在住女性より、採用基準を満たす対象者を60名募集した。採用基準および除外基準を確認した後、選定した対象者をホームエクササイズ群と対照群の2群へ無作為に振り分けた。なお、本研究の実施に際し、全被験者に対して書面にて同意を得た。また研究の手順に関しては倫理委員会の承認を得た。

介入内容

ホームエクササイズ群に対しては、運動プログラムの実施前に、教育プログラムと運動プログラムの指導を行った。教育プログラムは、スライドを用いた講義形式で実施した。運動プログラムは、ストレッチ、下肢筋力トレーニング、バランストレーニング、骨への衝撃トレーニングで構成されるプログラムとした。ストレッチは、ウォームアップおよびクールダウンの目的で指導した。下肢筋力トレーニングについては、ゴムバンドおよび自重を用いた筋力増強トレーニングを4種目指導した。バランストレーニングに関しては、立位姿勢でのステッピング運動を指導した。骨への衝撃トレーニングとしては、ヒールドロップトレーニングを指導した。

ホームエクササイズの実施頻度は少なくとも週3回は実施するよう指導し、実施期間は6ヶ月間とした。運動プログラムの実施は、自主トレーニング（完全非監視下）で行うこととし、対象者の自宅内で実施させた。運動実施状況の確認については、対象者に記録表を渡した。さらに対象者に対しては、1ヶ月に1回手紙または電話にて連絡を取った。対照群に割り付けた対象者に対しては、通常通りの日常生活活動を維持させることとした。

測定項目

全対象者に対して、6ヶ月間のホームエクササイズ実施前後で、運動機能、転倒、骨強度、さらに生活機能に関する測定を行った。なお、測定に関しては盲検化評価とした。運動能力の評価項目として、握力、膝関節伸展筋力、呼吸筋筋力[87]、長座位体前屈、開眼片脚立ち保持時間、10m歩行時間、TUGT、全身反応時間を測定した。転倒に関連する評価として、介入前6ヶ月間および介入期間中6ヶ月間における転倒の有無と総転倒回数を評価した。さらに、MFES[70]を用いて転倒恐怖感を評価した。骨密度の評価には、超音波骨密度測定装置を用いて、

踵骨の超音波伝播速度 (*speed of sound: SOS*) を計測した。生活機能としては、老研式活動能力指標 [69] を用いて評価した。

統計解析

介入後の運動機能、MFES、SOS、老研指揮活動能力指標における、ホームエクササイズ群と対照群の群間比較には、年齢および介入前の各測定値を共変量とする、共分散分析 (analysis of covariance: ANCOVA) を用いた。また、ホームエクササイズ群と対照群の転倒率の比較には、Fisher の直接確率法を用いて解析し、総転倒回数の比較には、 χ^2 適合度検定を用いて解析した。有意水準は 5% 未満とした。

結果

採用基準および除外基準を確認後、57 名を無作為に 2 群に振り分け、28 名をホームエクササイズ群、29 名を対照群とした。6 ヶ月後の評価の際にホームエクササイズ群から 5 名、対照群から 2 名の脱落があり、ホームエクササイズ群 23 人、対照群 27 人を解析対象とした。なお、脱落率における両群間の差に関して、統計的有意差は認められなかった。

ホームエクササイズ実施前の、ホームエクササイズ群および対照群の基本属性、運動機能、転倒恐怖感 (MES)、骨強度 (SOS)、老研式活動能力指標、転倒率、総転倒回数に関しては、ホームエクササイズ群と対照群の間で統計的有意差は認められなかった。

ホームエクササイズ群において、6 ヶ月間指導どおり週 3 回以上の運動実施を固守できた対象者は、23 人中 19 人 (82.6%) であった。なお、運動プログラムの実施に起因する有害事象はなかった。

ホームエクササイズ群と対照群における両群間の 6 ヶ月後の運動機能を比較すると、ホームエクササイズ群の TUGT の時間は、対照群の TUGT の時間よりも有意に短縮していることが認められた ($P < 0.05$)。転倒に関連する評価に関しては、対照群ではホームエクササイズ群よりも介入後の総転倒回数が有意に多いことが認められた ($P < 0.05$)。

考察

本研究における完全非監視型のホームエクササイズにより、TUGT が有意に改善し、さらに転倒回数の抑制に効果が認められた。TUGT は、高齢者の運動機能や生活機能を反映する包括的な指標であると考えられる [67, 68, 93, 94, 109]。従って、TUGT に改善が認められたことは、非監視型のホームエクササイズにより、地域高齢者の運動機能の向上や転倒予防、活動性の向上が期待できる可能性があると考えられた。また、総転倒回数に関しても統計的有意差が認められ、本研究の非監視型ホームエクササイズが、転倒予防に対して有益な効果をもっている可能性が示唆された。高齢者に対するホームエクササイズの効果に関しては、いくつかの先行研究が報告されている [111-113]。しかしながら、先行研究では一部監視型で実施されている。完全非監視型でのホームエクササイズの実施については、中年者を対象とした介入研究はあるが [114]、高齢者を対象とした研究はない。従って、本研究の結果によって、高齢者に対する完全非監視型ホームエクササイズが、運動機能に有益な効果をもたらすことを示すことができたと考えた。

本研究で実施した非監視型のホームエクササイズプログラムの運動実施率は良好であった。その要因として、対象者と電話や手紙を用いて定期的に連絡を取り、意欲の持続を図ったこと

が有益だったと推測された[114]。さらに、運動プログラムを開始する前の教育プログラムも有益な影響を与えた可能性が示唆されたが[61]、本研究のデータからは十分に言及することはできず、慎重な解釈が必要である。

本研究には、対象者の選定や長期効果などに関して研究の限界がある。従って、本研究のプログラムを地域へ応用した際に、本研究と同様の効果が得られるかは現段階では明らかにはできない。

【地域在住高齢女性における非監視型ホームエクササイズの長期効果に関する研究】 背景と目的

ホームエクササイズでは、グループエクササイズと比べて、期間が長くなると運動実施率が低くなり易い可能性がある[55-57, 111, 121]。運動実施率の低下は、運動によって得られた効果に影響を及ぼすことが想定される。そこで、前章の研究における介入期間終了後の、運動機能、転倒率、総転倒回数、骨強度および運動プログラムの実施率の変化を追跡調査することで、長期効果を検討し、非監視型ホームエクササイズの実施可能性を検証した。

対象と方法

前章の研究に参加し、介入6ヶ月後の効果判定のための評価を施行することが可能であった50名（ホームエクササイズ群23名、対照群27名）の地域在住高齢女性を対象とした。

ホームエクササイズ群に対して、運動プログラムの実施頻度を調査するため、介入期間中と同様の記録表を送付し記録するよう指導した。記録表は1ヶ月毎に郵送するよう指導した。追跡調査後の測定は、6ヶ月間の介入終了から6ヶ月後に実施した。測定項目は、介入前および介入終了後と同様の項目を実施した。追跡調査後の測定は、介入前および介入終了後と同一の測定者が行い、さらに盲検化評価により測定を実施した。

非監視型ホームエクササイズの長期効果を検討するため、介入前、介入後、追跡調査終了の3期間における運動機能、MFES、SOS、老研指揮活動能力指標の、ホームエクササイズ群と対照群の群間比較を、年齢、および介入前の各測定値を共変量とする、ANCOVAを用いて解析した。また、追跡調査終了後におけるホームエクササイズ群と対照群の、転倒率、総転倒回数の比較には、Fisherの直接確率法、 χ^2 適合度検定をそれぞれ用いた。なお、有意水準は5%未満とした。

結果

6ヶ月間の追跡調査を実施した結果、ホームエクササイズ群より3名、対照群より4名が追跡不能となり調査から脱落した。従って、追跡調査における解析対象は、ホームエクササイズ群20名、対照群の23名の計43名とした。なお、追跡調査後の脱落率における両群間の差に関して、統計的有意差は認められなかった。

ホームエクササイズ群において、週3回以上の運動実施を固守できた対象者は20人中8人(40.0%)であった。なお、追跡期間中の運動プログラムの実施に起因する有害事象は認められなかった。

介入前、介入後、追跡調査後の3期間における、ホームエクササイズ群と対照群の運動機能を比較した結果、追跡調査後においても、ホームエクササイズ群は対照群よりも有意に TUGT

が速いことが示された ($P < 0.05$)。一方、両群間における転倒率および総転倒回数に、統計的有意差は認められなかった。

考察

追跡調査期間における運動プログラムの実施率に関して、6ヶ月間の介入期間における運動実施率と比較して、約半分程度の実施率となった。この結果は、半監視型のホームエクササイズとは同程度の実施率であるが[111, 121]、介入期間が1年以上のグループエクササイズと比較すると低い傾向にある[55-57, 123]。つまり、ホームエクササイズでは、実施期間が長くなると、運動の継続率の観点ではグループエクササイズよりも不利な面があると考えられた。ホームエクササイズでは、長期間の運動継続を促すための戦略が今後の課題であると考えられた。一方、運動機能に対する長期効果としては、TUGTにおいてホームエクササイズ群は対照群よりも改善した状態を維持していた。従って、ホームエクササイズによる運動の効果は、介入直後の短期的な効果に留まらず、長期効果も有すると考えられた。

転倒に関しては、ホームエクササイズ群と対照群との間に統計的な差を認めることができなかった。この結果に対しては、サンプル数、評価期間の季節[125]、また体力測定などの調査を実施したこと自体が転倒予防に対する介入効果となった可能性[118, 123]などが影響したと考えられた。

本研究の限界として、TUGTの改善における実質的な意味や骨折予防効果について検証することが困難な部分を含んでいることは否定できない。

【総合考察】

本論文の「高齢女性における既存椎体骨折の有無と身体機能に関する研究」において、脊椎骨折を有する高齢女性において、運動能力や生活機能の維持が重要であることを示した。運動能力の向上には運動療法が有効であるが、運動療法は転倒予防や骨密度の向上にも有益である[43-55]。運動療法の実施方法としては、マシントレーニングやグループエクササイズなどが行われている[48-57]。マシントレーニングやグループエクササイズには、運動実施率を維持しやすい、効果を導き易いなどの利点があると考えられる。しかし、これらの方法の欠点として、運動を実施できる対象者数が限定されやすい[58]、プログラム終了後の運動継続が困難である、などの点がある。一方で、非監視型ホームエクササイズは、自宅で自主的に実施するため、長期間にわたり運動が継続できる利点を有する。一方で、実施率が低くなり易い[61]、運動効果が得られにくいなどが欠点として考えられる。

本論文では、「地域在住高齢女性における非監視型ホームエクササイズの効果に関する研究」および「地域在住高齢女性における非監視型ホームエクササイズの長期効果に関する研究」において、運動指導者の非監視下でのホームエクササイズの実施可能性と効果を検証し、ホームエクササイズであっても運動実施率を維持することができる可能性を示した。また、効果に関しても高齢女性の包括的動作能力に対して、介入直後の短期効果と長期効果を有することを示すことができた。これは、ホームエクササイズであっても、運動の実施は可能であり、運動による効果を得ることも可能であることを示すことができたと考えている。

ホームエクササイズには、安全性の観点からも有用性があると考えられる。例えば、マシンを用いた高負荷でのトレーニングでは、脱落や痛みなどの有害事象が起こり易い可能性がある

[139]。従って、地域に広く適応するためには安全性の観点から疑問があるとも考えられる。一方、本論文における非監視型ホームエクササイズでは、有害事象やトレーニング内容の変更を余儀なくされた対象者は認められなかった。さらにトレーニングの負荷に適応できず継続できなかった対象者も認められなかった。本論文におけるホームエクササイズのプログラムは、高負荷のトレーニングではないため安全性も高いと思われる。非監視型ホームエクササイズは、運動プログラムの実施による運動機能や転倒への効果、指導者などの人的資源や運動実施の場所の制約、さらに安全性など、多面的な観点から考慮すると、監視型のトレーニングやマシンによる高負荷のトレーニングよりも、地域で実行可能な手段として有用であると考えられた。

本邦において増加している高齢者の骨折予防は火急の課題であるが、骨折予防戦略に関しては十分に構築されたとは言い難い。有効な骨折予防戦略は、薬物療法、栄養指導、住民への啓発・教育活動、そして運動療法と多角的側面からアプローチが必要であろうと思われる。骨折予防における運動療法からの側面に関しては、本研究によって得られた結果を反映させることができるようさらに研究を発展させていくことが、今後の課せられた課題であると考えている。

【文献】

1. Kanis JA, Melton LJ, Christinansen C, et al. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone and Mineral Res* 1994;9:1137-1141.
2. 骨粗鬆症財団監修. 1. 骨粗鬆症とは. 老人保健法による骨粗鬆症予防マニュアル第2版. 日本医事新報, 東京, 2000, pp1-19.
3. 三木隆己. 3 章疫学とリスク. 森井浩世監訳. WHO テクニカルレポート 骨粗鬆症の予防と管理. 医薬ジャーナル社, 大阪, 2005, pp33-51.
4. Yoshimura N, Kinoshita H, Danjoh S, et al. Prevalence of vertebral fractures in a rural Japanese population. *J Epidemiol* 1995;5:171-175.
5. Ross PD, Fujiwara S, Huang C, et al. Vertebral fracture prevalence in women in Hiroshima compared to Caucasians or Japanese in the US. *Int Epidemiol* 1995;24:1171-1177.
6. Kado DM, Browner WS, Palermo L, et al. Vertebral fractures and mortality in older women. *Arch Intern Med* 1999;159:1215-1220.
7. Hall SE, Criddle RA, Comito L, et al. A case-control study of quality of life and functional impairment in women with long-standing vertebral fracture. *Osteoporosis Int* 1999;9:508-515
8. Lips P, van Schoor NM. Quality of life in patients with osteoporosis. *Osteoporosis Int* 2005;16:447-455.
9. 田中清: QOL からみた骨粗鬆症の疾患特性. *Osteoporosis Jpn* 2005;13:77-80.
10. Chrischilles EA, Butler CD, Davis CS et al. A model of lifetime osteoporosis impact. *Arch Intern Med* 1991;151:2026-2032.
11. 七田恵子, 遠藤千恵子, 柴崎公子, 他. 大腿骨頸部骨折患者の追跡調査—生存率と身体的活動性—. *日老医誌* 1988;25:563-568.
12. 鈴木隆雄, 吉田英世, 石崎達郎. 骨粗鬆症—発症率, 有病率, 治療状況, 予後. *日本臨床* 1998;56:1563-1568.
13. 萩野浩, 片桐浩史, 岡野徹, 他. 大腿骨頸部骨折例の治療費調査. *中部整災誌* 2000;43:881-882.
14. 林泰史. 寝たきり患者数と原因. *CLINICAL CALCIUM* 1999;9:1186-1188.
15. 萩野浩. 骨粗鬆症治療の費用対効果分析. *日本臨床* 2002;60 (増刊号 3);645-654.
16. 原田敦, 松井康素, 竹村真里枝, 他. 骨粗鬆症の医療経済—疫学, 費用と介入法別費用・効用分析—. *日老医誌* 2005;42:596-608.
17. Burge R, Dawson-Hughes B, Solomon DH, et al. Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005-2025. *J Bone Miner Res* 2007;22:465-475.
18. 折茂肇, 坂田清美. 第四回大腿骨頸部骨折全国頻度調査成績—二〇〇二年における新発患者の推定と十五年間の推移—. *日本医事新報* 2004:4180;25-30.
19. Hagino H, Katagiri H, Okano T, et al. Increasing incidence of hip fracture in Tottori prefecture, Japan: Trend from 1986 to 2001. *Osteoporosis Int* 2005;16:1963-1968.

20. Ross PD, Norimatsu H, Davis JW, et al. A comparison of hip fracture incidence among native Japanese, Japanese American, and American Caucasians. *Am J Epidemiol* 1991;133:801-809.
21. 萩野浩. 大腿骨近位部骨折発生率はなお上昇傾向にある—疫学的レビューと考察—. *Osteoporosis Jpn* 2008;16:28-31.
22. Aoyagi K, Ross PD, Davis JW, et al. Falls among community-dwelling elderly in Japan. *J Bone Miner Res* 1998;13:1468-1474.
23. Norton R, Campbell AJ, Lee-Joe T, et al. Circumstances of falls resulting in hip fractures among older people. *J Am Geriatr Soc* 1997;45:1108-1112.
24. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Eng J Med* 1988;319:1701-1707.
25. Niino N, Tsuzuku S, Ando F, et al. Frequencies and circumstances of falls in the National Institute for Longevity Sciences, Longitudinal Study of Aging (NILS-LSA). *J Epidemiol* 2000;10:S90-S94.
26. 安村誠司, 芳賀博, 永井晴美, 他. 地域の在宅高齢者における転倒発生率と転倒状況. *日本公衛誌* 1991;38:735-742.
27. 新野直明, 中村健一. 老人ホームにおける高齢者の転倒調査:転倒の発生状況と要因. *日老医誌* 1996;33:12-16.
28. Jaglal S, Weller I, Mamdani M, et al. Population trends in BMD testing, treatment, and hip and wrist fracture rate: Are the hip fracture projections wrong?. *J Bone Miner Res* 2005;20:898-905.
29. Kannus P, Niemi S, Parkkari J et al. Nationwide decline in incidence of hip fracture. *J Bone Miner Res* 2006;21:1836-1838.
30. Lau EMC, Lee JK, Suriwongpaisal P, et al. The incidence of hip fracture in four Asian countries: The Asian osteoporosis study (AOS). *Osteoporos Int* 2001;12:239-243
31. 総務省 統計局. 平成 17 年国勢調査 抽出速報集計 結果の概要. <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/sokuhou/mokuji.htm>
32. 野尻雅美. 第 2 章人口問題と老年学 1. 世界の人口問題. 柴田博, 長田久雄, 杉澤秀博 編. 老年学要論. 建帛社, 東京, 2007, pp19-26.
33. 杉原陽子. 第 4 章高齢者と社会 5. プロダクティブ・エイジング. 柴田博, 長田久雄, 杉澤秀博 編. 老年学要論. 建帛社, 東京, 2007, pp239-254.
34. Cummings SR, Black DM, Nevitt MC et al. Bone density at various sites for prediction of hip fracture. *The Lancet* 1993;341:72-75.
35. Kanis JA. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. *The Lancet* 2002;359:1929-1936.
36. Kanis JA, Borgstrom F, De Laet C, et al. Assessment of fracture risk. *Osteoporosis Int* 2005;16:581-589.
37. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy: Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA* 285:785-795, 2001.
38. De Laet, Kanis JA, Odén A, et al. Body mass index as a predictor of fracture risk:

- a meta-analysis. *Osteoporosis Int* 2005;16:1330-1338.
39. Melton LJ, Atkinson EJ, Cooper C, et al. Vertebral fractures predict subsequent fractures. *Osteoporosis Int* 1999;10:214-221.
 40. Gerdhem P, Ringsberg KA, Akesson K. The relation between previous fracture and physical performance in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:914-917.
 41. Dargent-Molina P, Favier F, Grandjean H, et al. Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPIDOS prospective study. *The Lancet* 1996; 348:145-149.
 42. Dargent-Molina P, Schott AM, Hans D, et al. Separate and combined value of bone mass and gait speed measurements in screening for hip fracture risk: results from the EPIDOS study. *Osteoporosis Int* 1999;10:188-192.
 43. Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, et al. Interventions for preventing falls in elderly people (review). *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2003;4:CD000340.
 44. Province MA, Hadley EC, Hornbrook MC, et al. The effects of exercise on falls in elderly patients -A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials - . *JAMA* 1995;273:1341-1347.
 45. Bérard A, Bravo G, Gauthier P. Meta-analysis of the effectiveness of physical activity for the prevention of bone loss in postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 1997;7:331-337.
 46. Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HCG, et al. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 1999;9:1-12.
 47. Wallace BA, Cumming RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise in bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000;67:10-18.
 48. Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, et al. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol Med Sci* 1997;52A:M218-224.
 49. Hauer K, Rost B, Rüttschle K, et al. Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc* 2001;49:10-20.
 50. Load SR, Ward JA, Williams P, et al. The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:1198-1206.
 51. Day L, Fildes B, Gordon I, et al. Randomised factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. *BMJ* 2002;325:128-133.
 52. Barnett A, Smith B, Lord SR, et al. Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomized controlled trial. *Age and Ageing* 2003;32:407-414.
 53. Suzuki T, Kim H, Yoshida H, et al. Randomized controlled trial of exercise intervention

- for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *J Bone Miner Metab* 2004;22:602-611.
54. Heinonen A, Kannus P, Sievänen H, et al. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *The Lancet* 1996;348:1343-1347.
 55. Korpelainen R, Keinänen-Kiukaanniemi S, Heikkinen J, et al. Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporosis Int* 2006;17:109-118.
 56. Englund U, Littbrand H, Sondell A, et al. A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women. *Osteoporosis Int* 2005;16:1117-1123.
 57. Woo J, Hong A, Lau E, et al. A randomized controlled trial of Tai Chi and resistance exercise on bone health, muscle strength and balance in community-living elderly people. *Age and Ageing* 2007;36:262-268.
 58. 柴田博. 日本および海外における高齢者の身体活動と健康. *臨床スポーツ* 2005;22:2-7.
 59. Kanis JA, Johnell O, Oden A, et al. Risk of hip fracture derived from relative risks: an analysis applied to the population of Sweden. *Osteoporosis Int* 2000;11:120-127.
 60. Mayoux-Benhamou MA, Roux C, Perraud A. Predictors of compliance with a home-based exercise program added to usual medical care in preventing postmenopausal osteoporosis: an 18-month prospective study. *Osteoporosis Int* 2005;16:325-331.
 61. van der Bij AK, Laurant MGH, Wensing M. Effectiveness of physical activity interventions for older adults: A review. *Am J Prev Med* 2002;22:120-133.
 62. 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会大腿骨頸部/転子 部骨折ガイドライン策定委員会, 厚生労働省医療技術評価総合研究事業[大腿骨頸部骨折の診療ガイドライン作成]班編. 大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン. 南江堂, 東京, 2005.
 63. 新開省二. 高齢者の生活機能の予知因子. *日老医誌* 2001;38:747-750.
 64. Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, et al. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age and Ageing* 2000;29:441-446.
 65. 鈴木隆雄, 杉浦美穂, 古名丈人. 地域在住高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究. *日老医誌* 1999;36:472-478.
 66. 折茂肇, 杉岡洋一, 福永仁夫. 原発性骨粗鬆症の診断基準(1996 年度改定版). *日本骨代謝学会誌* 1997;14:219-233.
 67. Podsiadlo D, Richardson S. The timed “up & go” : a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:142-148.
 68. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go test. *Phys Ther* 2000;80:896-903.
 69. 古谷野亘, 柴田博, 中里克治, 他. 地域老人における活動能力の測定—老研式活動能力指標—. *日本公衛誌* 1987;34:109-114.

70. Hill KD, Schwarz JA, Kalogeropoulos AJ et al. Fear of falling revisited. Arch Phys Med Rehabil 1996;77:1025-1029.
71. 芳賀博, 安村誠司, 鈴木隆雄. 農村における老人の活動的自立の維持とライフスタイルとの関連. 民族衛生 2001;67:68-76.
72. 鈴木みずえ, 江口清, 遠藤美栄子. 高齢者の転倒経験に関する調査研究—ドック検診受診者を対象として—. 日本公衛誌 1991;38:743-750.
73. Fried LP, Tangen CM, Walson J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. J Gerontol Med Sci 2001;56A:M146-156.
74. 藤原佐枝子, 増成直美, 児玉和紀, 他. 腰椎・大腿骨骨塩量カットオフ値を使った骨粗鬆症有病率の検討. Osteoporosis Jpn 1997;5:125-128.
75. 山本逸雄: 骨粗鬆症人口の推計. Osteoporosis Jpn 1999;7:10-11.
76. 厚生労働省: 介護給付費実態調査月報. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/kyufu/2007/07.html>.
77. Sakanoue N, Katayama K. The resistance quantity in knee extension movement of exercise bands (Thera-Band®). J Phys Ther Sci 2007;19:287-291.
78. Judge JO, Lindsey C, Underwood M, et al. Balance improvements in older women: effects of exercise training. Phys Ther 1993;73:254-265.
79. Schlicht J, Camaione DN, Owen SV. Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. J Gerontol Med Sci 2001;56A:M281-M286.
80. Singh NA, Clements KM, Fiantarone Singh MA. The efficacy of exercise as a long-term antidepressant in elderly subjects: randomized, controlled trial. J Gerontol Med Sci 2001;56A:M497-M504.
81. Hauer K, Specht N, Schuler M, et al. Intensive physical training in geriatric patients after severe falls and hip surgery. Age and Ageing 2002;31:49-57.
82. 新野直明, 小坂井留美, 小笠原仁美, 他. National Institute for Longevity Sciences-Longitudinal Study of Aging (NILS-LSA)における運動能力調査. Research in Exercise Epidemiology 2000;2(Suppl):10-15.
83. Thelen DG, Wojcik LA, Schultz AB, et al. Age differences in using rapid step to regain balance during a forward fall. J Gerontol Med Sci 1997;52A:M8-M13.
84. 上出直人, 大淵修一, 柴喜崇, 他. 歩行時転倒刺激に対する身体反応様式について—両側分離型トレッドミルによる実験—. バイオメカニズム 2002;16:27-35.
85. Bassey EJ, Ramsdale SJ. Weight-bearing exercise and ground reaction force: a 12-month randomized controlled trial of effects on bone mineral density in healthy postmenopausal women. Bone 1995;16:469-476.
86. Obuchi S, Sato H, Shibata H, et al. Analysis of compression force in the hip joint during impulsive exercise: a preliminary study for developing exercise protocol for osteoporosis. J Jpn Phys Ther Assoc 2000;3:7-11.
87. American Thoracic Society, European Respiratory Society. ATS/ERS statement on

- respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:518-624.
88. Stefanutti D, Benoist MR, Scheinmann P, et al. Usefulness of sniff nasal pressure in patients with neuromuscular or skeletal disorders. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:1507-1511.
 89. Morgan RK, McNally S, Alexander M, et al. Use of Sniff nasal-inspiratory force to predict survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;171:269-274.
 90. Nava S, Ambrosino N, Crotti P, et al. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax* 1993;48:702-707.
 91. Kamide N, Ogino M, Yamashina N, et al. Sniff nasal inspiratory pressure in healthy Japanese subjects: mean values and lower limits of normal. *Respiration* 2009;77:58-62.
 92. 山科典子, 小出かつら, 佐藤三奈希, 他. SNIP (sniff nasal inspiratory pressure) の測定再現性および妥当性の検討. *理学療法科学* 2009;24:25-29.
 93. Kristensen M, Foss NB, Kehlet H. Timed “up & go “ test as a predictor of falls within 6 months after hip fracture surgery. *Phys Ther* 2007;87:24-30.
 94. Morris R, Harwood RH, Baker R, et al. A comparison of different balance tests in the prediction of falls in older women with vertebral fractures: a cohort study. *Age and Ageing* 2007;36:78-83.
 95. Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol Psychol Sci* 1990;45:239-243.
 96. 近藤敏, 宮前珠子, 石橋陽子, 他. 高齢者における転倒恐怖. *総合リハ* 1999;27:775-780.
 97. Buchner DM, Hornbrook MC, Kutner NG et al. Development of the common data base for the FICSIT trials. *J Am Geriatr Soc* 1993;41:297-308.
 98. 楊鴻生, 岸本英彰. 新しい超音波骨密度測定装置 (CM-100) の臨床的有用性の検討. *Osteoporosis Jpn* 1997;5:99-108.
 99. 牧田和也, 何川宇啓, 石谷健, 他. 超音波骨密度測定装置 CM-100 の骨粗鬆症スクリーニング検査における有用性の検討. *Osteoporosis Jpn* 2003;11:148-150.
 100. Yamato Y, Matsukawa M, Otani T, et al. Distribution of longitudinal wave properties in bovine cortical bone in vitro. *Ultrasonics* 2006;44:e233-e237.
 101. 山崎薫, 大和雄, 山本和史, 他. 超音波による骨質の評価. *Osteoporosis Jpn* 2008;16:16-20.
 102. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会編. II 骨粗鬆症の診断. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版. ライフサイエンス出版, 東京, 2006, pp9-32.
 103. Fujiwara S, Sone T, Yamazaki K, et al. Heel bone ultrasound predicts non-spine fracture in Japanese men and women. *Osteoporosis Int* 2005;16: 2107-2112.
 104. 芳賀博. 第 7 章高齢社会への対応 1. 医療・保健と福祉. 柴田博, 長田久雄, 杉澤秀博編. 老年学要論. 建帛社, 東京, 2007, pp279-291.
 105. 障害者福祉研究会編. 国際生活機能分類—国際障害分類改訂版—. 中央法規出版. 東京, 2002.

106. 柴田博. 高齢者の生活機能と介護予防. 体育の科学 2007;57;773-777.
107. Lawton MP. Assessing the competence of older people. In Kent DP, Kastenbaum R, Sherwood S, eds. Research planning and action for the elderly : the power and potential of social science. Human Sciences Press, New York, 1972, pp122-143.
108. Koyano W, Shibata H, Nakazato K, et al. Measurement of competence: reliability and validity of the TMIG Index of Competence. Arch Gerontol Geriatr 1991;13;103-116.
109. 島田裕之, 古名丈人, 大淵修一, 他. 高齢者を対象とした地域保健活動における Timed Up & Go Test の有用性. 理学療法学 2006;33;105-111.
110. Fujisawa, M, Ishine M, Okuyama K, et al. Effects of long-term exercise class on prevention of falls in community-dwelling elderly: Kahoku longitudinal aging study. Geriatr Gerontol Int 2007;7;357-362.
111. Campbell AJ, Robertson MC, Grandner MM, et al. Randomized controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly women. BMJ 1997;315;1065-1069.
112. Sherrington C, Lord SR, Herbert RD. A randomized controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercise for improving physical ability after usual care for hip fracture. Arch Phys Med Rehabil 2004;85;710-716.
113. Rosie J, Taylor D. Sit-to-stand as home exercise for mobility-limited adults over 80 years of age -GrandStand System™ may keep you standing?. Age Ageing 2007; 36;555-562.
114. King AC, Haskell WL, Taylor B, et al. Group- vs home-based exercise training in healthy older men and women: A community-based clinical trial. JAMA 1991; 266; 1535-1542.
115. Turner CH, Robling AG. Mechanisms by which exercise improves bone strength. J Bone Miner Metab 2005;23(Suppl);16-22.
116. Frost HM: From Wolff' s law to the utah paradigm: insights about bone physiology and its clinical applications. The Anatomical Record 2001; 262:398-419.
117. Asikainen T-M, Kukkonen-Harjula K, Miilunpalo S. Exercise for health for early postmenopausal women a systematic review of randomized controlled trials. Sports Med 2004;34:753-778.
118. 柴田博. 第 1 章老年学の定義と内容 2. 老年学における研究法. 柴田博, 長田久雄, 杉澤秀博 編. 老年学要論. 建帛社, 東京, 2007, pp7-13.
119. Rubenstein LZ, Josephson KR, Trueblood PR, et al. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. J Gerontol Med Sci 2000; 55A;M317-M321.
120. 折茂肇, 林泰史, 福永仁夫, 他. 原発性骨粗鬆症の診断基準(2000 年改訂版). 日本骨代謝学会誌 2001;18;76-82.
121. Robertson MC, Devlin N, Gardner MM, et al. Effectiveness and economic evaluation of a nurse delivered home exercise programme to prevent falls. 1:Randomised controlled trial. BMJ 2001;322:697-701.

122. 鈴木隆雄, 岩佐一, 吉田英世, 他. 地域高齢者を対象とした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 1. 受診者と非受診者の特性について. 日本公衛誌 2003;50;39-48.
123. Wolf SL, Sattin RW, Kutner M, et al. Intense Tai Chi exercise training and fall occurrences in older, transitionally frail adults: a randomized, controlled trial. J Am Geriatr Soc 2003;51;1693-1701.
124. 新野直明, 安村誠司, 芳賀博, 他. 農村部在宅高齢者を対象とした転倒調査 一季節別にみた転倒者の割合と転倒発生状況一. 日本公衛誌 1995;42;975-981.
125. Campbell AJ, Spears GF, Borrie MJ, et al. Falls, elderly women and the cold. Gerontology 1988;34;205-208.
126. 日本骨粗鬆症学会骨粗鬆症診療における骨代謝マーカーの適正使用に関する検討委員会. 骨粗鬆症診療における骨代謝マーカーの適正使用ガイドライン (2004 年度版). Osteoporosis Jpn 2004;12;11-27.
127. Curry LC, Hogstel MO. Osteoporosis education and awareness can make a difference. Am J Nurs 2002;102;26-32.
128. Välimäki MJ, Kärkkäinen M, Lamberg-Allardt C, et al. Exercise, Smoking, and calcium intake during adolescence and early adulthood as determinants of peak bone mass. BMJ 1994;309;230-235.
129. Taaffe DR, Simonsick EM, Visser M, et al. Lower extremity physical performance and hip bone mineral density in elderly black and white men and women: cross-sectional associations in the health ABC study. J Gerontol Med Sci 2003; 58A;934-942.
130. Lindsey C, Brownbill RA, Bohannon RA, et al. Association of physical performance measures with bone mineral density in postmenopausal women. Arch Phys Med Rehabil 2005;86;1102-1107.
131. 柳本有二, 武田光弘, 秀一晋, 他. 高齢女性の踵骨骨強度と体力および脚筋力との関係. Osteoporosis Jpn 2005; 13; 251-259.
132. Sun W, Watanabe M, Tanimoto Y, et al. Ultrasound parameters of bone health and related physical measurement indicators for the community-dwelling elderly in Japan. Geriatr Gerontol Int 2007;7;154-159.
133. Weatherall M. Prevention of falls and fall-related fractures in community-dwelling older adults: a meta-analysis of estimates of effectiveness based on recent guidelines. Intern Med J 2004;34;102-108.
134. Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ, et al. Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. BMJ 2004;328;1-7.
135. Campbell AJ, Robertson MC. Rethinking individual and community fall prevention strategies: a meta-regression comparing single and multifactorial interventions. Age and Ageing 2007;36;656-662.
136. 稲葉雅章, 茶木修. 5 章予防と治療. 森井浩世監訳. WHO テクニカルレポート 骨粗鬆症の予防と管理. 医薬ジャーナル社, 大阪, 2005, pp81-110.

137. Fiatarone MA, O' Neill EF, Ryan ND, et al. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 1994;330:1769-1778.
138. Villareal DT, Steger-May K, Schechtman KB, et al. Effects of exercise training on bone mineral density in frail older women and men: a randomized controlled trial. *Age and Ageing* 2004;33:309-312.
139. Mangione KK, Craik RL, Tomlinson SS, et al. Can elderly patients who have had a hip fracture perform moderate- to high-intensity exercise at home?. *Phys Ther* 2005;85:727-739.
140. Latham NK, Bennett DA, Stretton CM, et al. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol Med Sci* 2004: 59A:M48-M61.