

である可能性が高い場合は、慣れた薬であってもよく説明して、短時間型に切り替えるか、短時間型でも危険度は変わらないとする最近の報告も考慮すれば、睡眠薬そのものの中止も視野に入れて指導する。

介入として代表的な方法は、低下したバランス能力、移動歩行能力に対する運動療法的介入である。その内容は、最初に下肢各関節のストレッチを行い、その後、開眼片脚立ち訓練、筋力強化訓練、バランス訓練、足指の運動、関節可動域訓練、歩行指導などを行う。筋力強化の対象部位は、主に腹筋・背筋、腸腰筋、殿筋、大腿四頭筋で、方法は、自重、専用機器、重錘バンドなどで行う抵抗運動である。代表的な自重による下肢筋力強化法には、スクワット、立位姿勢での踵上げとつま先立ちがある。バランス訓練は専用機器もあるが、開眼片脚立ち、つぎ足歩行(タンデムゲート)など、どこでも容易にできる運動だけでも十分に効果が上がる。例えば、開眼片脚立ちは、最初はつかまって片脚起立位を保持し、慣れたらつかまらずに10秒、20秒、30秒、60秒と次第に保持時間を延ばしていく。バランス能力がかなり低下している場合は、最後までつかまりで行っても構わない。足指の運動は、足指を握る、開く、つまむなどをタオル巻き取りなどで行う。これらの運動から転倒の予防効果を実現させるためには、長期に継続することが最も大切なポイントである。

内的因子への介入ばかりではなく、家庭内外の物的生活環境が危険因子になることを患者、家族、介護者に十分説明して、その除去、改良を指導する。ただし、前述のとおり、あまりにバリアフリーにすると逆に廃用性萎縮が進行してしまう場合もあることには留意すべきである。

このような転倒予防プログラムの大きな意義と重要性は、既によく理解されているが、転倒骨折の予防に転倒予防が最も有用と回答した整形外科医の39%しか、自分の診療でそれを行っていないという実践への壁があり<sup>2)</sup>、運動器不安定症が認定された現在、転倒予防の実践を整形外科医の日常診療に定着させることが最も重要かつ急がれる

課題であろう。特にホームドクター的な立場である開業医のドクターが中心となって全国津々浦々で運動器不安定症の診療を進めれば、実践の大波となり、大きな成果を国民にもたらす可能性が大きい。

さて、転倒予防プログラム、なかでも運動器不安定症に対する取り組みが大きな成果をもたらすことについては、過去に多くの無作為比較対照試験(randomized controlled trial; RCT)が証明をしている。そのmeta-analysisを引用すると表1ようになる。これをみれば、転倒予防プログラムは転倒そのものを10%から66%まで減らすことに成功していることが分かる<sup>6)~10)</sup>。相対危険度が最も低いのは、薬剤関連因子に対する介入である向精神薬中止で相対危険度は0.34まで低下しており、この種の介入の重要性と有効性を大いに認識しておく必要がある。また、運動関連因子への単独介入においては、太極拳によって相対危険度は0.51まで減少して最も低く、次いで家庭訪問して運動訓練を個別指導するプログラムが相対危険度0.65である。他の運動訓練は0.80から0.90の間の相対危険度になっている。運動関連因子だけでなく他の多くの因子も改善するように組み込まれた包括的・総合的プログラムは、運動単独より少し相対危険度が低い傾向がみられ、0.62から0.82の間に存在する。ただ、各々のRCTの対象や方法はそれぞれに相当異なっているので、meta-analysisの結果をそのまま現場に持ち込むよりは、実際に採用を考慮する介入法に最も構造的に近いRCTを検索して指標とすることが重要である。

もう一つ表1から見えることは、転倒予防プログラムは、転倒そのものを確実に減らしはするものの、転倒外傷による骨折を防ぐまでには至らないらしいという点である。それは元々がRCTのエンドポイントとして骨折を含めていないという試験デザインがもたらしていると思われ、骨折の有無について追跡しきれていないことが関連するのであろう。ただ、骨折に限らず、転倒の結果生じた外傷についてデータを示している試験は決して少なくなく、Robertsonらのmeta-analysisでは、転倒予防プログラムは、外傷そのものを全体

表 1 転倒予防介入の無作為比較試験の meta-analysis<sup>9)~10)</sup>

報告者	介入因子	介入法	転倒の相対危険度*	骨折への効果
Province MA	運動関連因子	運動訓練	0.90	言及なし
	運動関連因子	バランス訓練	0.83	
Gillespie LD	運動関連因子	筋力強化とバランス改善のプログラム	0.80	言及なし
	運動関連因子	太極拳	0.51	
	環境関連因子	家庭環境因子の評価修正	0.64	
	薬剤因子	向精神薬中止	0.34	
	全体	転倒危険因子の包括的評価修正/選択条件をつけない在宅高齢者	0.73	
	全体	転倒危険因子の包括的評価修正/転倒リスクを持つ高齢者	0.79	
Robertson MC	運動関連因子	筋力強化とバランス改善のプログラム (家庭で個別指導)	0.65	重度外傷については有意差なし
Chang JT	全体	介入全体	0.88	言及なし
	全体	転倒危険因子の包括的評価修正	0.82	
	運動関連因子	運動訓練	0.86	
	環境関連因子	物的環境調整	NS	
	その他	教育介入	NS	
Weatherall M	全体	転倒危険因子の包括的評価修正	0.62	骨折データあるのは2試験で骨折相対危険度 0.50 (95%CI 0.18, 1.40)

\* 相対危険度は NS 以外はすべて有意。

として減らし、特に高齢であるほどそうであるとしながら、骨折を含む重度外傷に限ると有意差がないとしている<sup>9)</sup>ことから、今までのプログラムは外傷を起こさないような比較的安全な転倒は防げるが、大腿骨頸部/転子部骨折を起こすような危険な転倒にはまだ有効性が証明されていないと推定される。

このことは、転倒予防プログラムなどの運動器不安定症の診療による骨折予防を証明することが是非必要であることを意味し、骨折予防をエンドポイントとしたデザインの臨床試験を組むことは、運動器不安定症の今後の展開にとって避けて通れない点と考えられる。

## II. 転倒による骨折の予防

### —大腿骨頸部/転子部骨折の予防—

大腿骨頸部/転子部骨折の発生頻度は 75 歳以上

から指数関数的に急上昇するので、性別年代別の患者数は最も多い順に挙げると、80 歳代女性、90 歳代女性、70 歳代女性、80 歳代男性、70 歳代男性と続く<sup>11)</sup>。このことから本骨折を予防するには、まず 80 歳以上の女性における発生を防止することが必要と思われ、予防策の効果には、年齢、性、さらにはその他の大腿骨頸部/転子部骨折危険因子がどの程度の対象であるかが大きく影響する。

これまでの多くの RCT によって、現時点で大腿骨頸部/転子部骨折が予防できる対策としてエビデンスがあるのは、薬剤としてアレンドロネート、リセドロネート、ビタミン D、保護具としてヒッププロテクターである<sup>12)</sup>。

#### 1. 骨強度増加による予防法

ビスフォスフォネートに属するアレンドロネートとりセドロネートは、骨粗鬆症薬剤のなかで最も強力な骨吸収抑制作用を有し、服用前まで続い

表 2 大腿骨頸部骨折予防のエビデンスがある介入法<sup>13)-16)</sup>

介入法	対象者の生活場所	平均年齢	大腿骨頸部骨折の相対危険度**
アレンドロネート	在宅*	70 歳代	0.55
リセドロネート	在宅	70 歳代	0.70
リセドロネート	在宅	80 歳代	NS
ビタミンD	在宅	80 歳代	NS
ビタミンD	介護施設	80 歳代	0.74
ヒッププロテクター	在宅	80 歳代	NS
ヒッププロテクター	介護施設	80 歳代	0.77

\* Meta-analysis に含まれる 6 試験中 1 試験のみ介護施設生活者を対象としており、そこでは有意な大腿骨頸部骨折の相対危険度減少は得られていない。

\*\* 相対危険度は NS 以外はすべて有意。

ていた骨密度減少を停止させ、増加に転ずること  
で大腿骨近位部の骨強度を維持・増強して、その  
分だけ骨折危険度を減少させる。この場合、転倒  
に関連する要因は影響されないの、その骨折抑  
制効果は非常に分かりやすい構造となっている。  
骨強度を最もよく代表する骨密度は骨折する外力  
の大きさと高い直線的回帰の関係を持っており、  
骨強度のもう一つの重要な決定因子である骨質は  
これを修飾する要素ではあるが、基本的な力関係  
に果たす役割は骨密度が第一であると考えられ  
る。

したがって、骨密度を最もよく増加させるビス  
フォスフォネートが骨密度が基準値未満の低値に  
陥っている骨粗鬆症例に投与されれば、骨強度面  
からの骨折危険度の低下が得られることが理論的  
に予測され、1990 年代の大規模臨床試験は、その  
理論に基づいた試験デザインで実施されたところ、  
予想どおりにアレンドロネートとリセドロ  
ネートが大腿骨頸部/転子部骨折の抑制に大きく  
成功している (表 2)<sup>13)14)</sup>。

ただし、注意するべき点は、大腿骨頸部/転子部  
骨折抑制できた患者層は 70 歳代までの骨粗鬆症  
女性であることで、前述したような 80 歳以上の女  
性における発生防止に対するエビデンスは得られ  
ていない。2 剤のうち、リセドロネートは 80 歳代  
で骨粗鬆症評価—骨密度測定を必須項目とせず  
に、他の臨床的骨折危険因子 (表 3) を 1 つ以上有  
する症例を組み入れたサブグループ 3,886 名での  
結果は非常に興味深い<sup>14)</sup>。この臨床的危険因子こ

表 3 リセドロネートの臨床試験で 80 歳以上  
女性に採用された大腿骨頸部骨折の危険  
因子<sup>14)</sup>

座位から立ち上がり困難
タンデムゲート不良
前年の転倒による外傷歴
Test of hand-eye coordination 5 点以下 (転倒 リスク上昇)
現在喫煙, あるいは過去 5 年の喫煙歴
母親の大腿骨頸部骨折歴
自分の大腿骨頸部骨折歴
Hip-axis length > 11.1 cm

80 歳以上のサブグループは 84% が骨密度測定  
なしに、この危険因子だけで選定された。

そは、そのまま大腿骨頸部/転子部骨折の危険因子  
と言い換えることができるが、喫煙や骨折の既往  
歴・家族歴、大腿骨近位部の形態的条件を除くと、  
残りは転倒危険因子そのものであり、運動器不安  
定症の重症な層が当てはまる条件である。このよ  
うな条件の 80 歳以上の女性の大腿骨頸部/転子部  
骨折を減少させることができなかった理由は、ビス  
フォスフォネート効果が骨強度のみに依存し、  
転倒危険因子には作用しないからである。したが  
って、転倒危険因子の比較的少ない骨粗鬆症患者  
には確実に本骨折抑制を期待してよいが、重症  
な運動器不安定症など転倒危険因子がかなり高い  
場合には必ずしもそうならないことを銘記すべき  
である。そのことを踏まえた上で、大腿骨近位部  
の骨密度が低く骨粗鬆症と診断される患者の大腿

骨頸部/転子部骨折を予防しようとする際には、アレンドロネートとリセドロネートが第一に選択すべき薬剤である。

## 2. 骨強度と転倒危険因子の改善による予防法

ビスフォスフォネートと違って、ビタミンDは骨強度のみならず、転倒危険因子にも同時に作用して骨折抑制を得る可能性がある薬剤である。というのは、ビタミンDによる骨密度増強効果は比較的低い、筋細胞リセプターにも作用して筋力増強が得られ、転倒も減ることでその両方の作用で骨折危険度を低下させると考えられる。表2にあげたmeta-analysisで取り上げられた代表的なRCTは、平均84歳の介護施設入所脆弱女性を対象に行われ、ネイティブ・ビタミンDとカルシウムをサプリメントで投与して大腿骨頸部/転子部骨折を24%減らすことに成功している<sup>15)</sup>。このような対象は、転倒危険度が最も高く、したがって、最も大腿骨頸部/転子部骨折危険度が高い集団であり、それに対して骨折を減少させ得たことは、この方法の価値の高さを示している。ただし、その効果が、ビタミンD不足が背景にない患者でも同様に得られるのかなど、どのような対象に有効かはまだ明確でない。大腿骨近位部の骨密度が低く骨粗鬆症と診断され、運動器不安定症など転倒危険度も合併している患者の大腿骨頸部/転子部骨折を予防しようとする際には、基礎薬として選択されることになると思われ、さらに重症な運動器不安定症など転倒危険因子がかなり高い場合で、ビタミンD不足も懸念される患者には、第一選択となる。

## 3. 転倒外力減衰による予防法

転倒しても大腿骨頸部/転子部骨折が起こらないための保護具としてヒッププロテクターが知られている。この方法の最大のメリットは、使用直後から効果が期待できることで、ヨチヨチ歩きをしている虚弱高齢者が目の前にいるときにすぐ役立つ点である。

骨折頻度が高くなる80歳以上の大腿骨頸部/転子部骨折患者では、大部分が転倒危険因子のかなり高まった状態—重症の運動器不安定症—に陥っていることは、日常診療で本骨折を扱う整形外科

医の常識であり、さらに認知症合併率が高いことも同じである。このような対象において転倒そのものを完全になくすことは不可能であることは、前述の転倒予防プログラムの成績をみても明らかである。しかしながら、転倒した結果、大腿骨頸部/転子部骨折が起こった場合、その起こり方は本人・家族にとってはもちろん、現場にとっても“事故”である。つまり、大腿骨頸部/転子部骨折を転倒事故の最悪の結果と捉えれば、着用すれば即時的に効果が得られるヒッププロテクターを、転倒しても事故の結果を最小限に抑える対策として実施しておくことは最良の選択と考えられる。

したがって、この方法は転倒事故が起こりやすい環境での利用が最適で、疾患の急性期から回復期を担当する医療機関、高い介護が必要となって入所する介護施設などが入院あるいは入所期間に転倒事故対策としてヒッププロテクターを使用することが現状では最も適していると思われる。ただ、今のところ、病院におけるエビデンスはなく、介護施設におけるエビデンスは限られている。

ヒッププロテクターの大腿骨頸部/転子部骨折抑制に関するエビデンスは、表2のように、在宅生活者においては有意な結果は得られず、介護施設生活者において23%減少させている<sup>16)</sup>。ヒッププロテクターはいつ転倒するか分からないほど転倒危険度が高い高齢者を適応とするため、終日使用が必要となるが、その使用感には不快な面があることは明らかで、開始から慣れるまでの初期に脱落が多く、その後に慣れても月単位では次第に使用頻度が下がり続けるというコンプライアンスの限界がある。したがって、施設の安全管理の立場から看護や介護の職員からの使用継続を高める支援が必要で、それが十分にあって終日使用率が90%を超えた場合には、大腿骨頸部/転子部骨折抑制率も90%を超えるという成績をわれわれは得ている<sup>17)</sup>。逆にコンプライアンスが下がれば無効になってしまうことは在宅生活者の成績をみれば明らかである。

おわりに

運動器不安定症が保険診療に認められたこと

は、整形外科をはじめとした運動器の専門家がこれまで以上に大きな社会的貢献ができる診療システムができたことを意味し、画期的な意義を持つと思われる。今後の高齢化社会のますますの進行をもたらす膨大な数の高齢者の自立喪失を初期の段階から発見し、治療し、予防するという非常に重要な責務を負うということにもなり、運動器不安定症の診療が最終的に骨折や閉じこもりを予防できることを証明することが必要になったともいえる。

骨折予防や閉じこもりの予防以外にも、転倒予防プログラムなどの運動器不安定症に対する治療がもたらす身体的自立の改善・維持はそのまま生存期間の延長やQOLの改善・維持に繋がることも調査されるべきである。そのような追跡があれば、この診療システムに費やされる公的費用が、QOLで補正した生存期間延長に貢献し、しかも、生存中の転倒減少を通じた骨折等の転倒外傷の減少から得られる医療・介護費用の節減と比較して社会的に十分見合う範囲に納まるものであることが今後の展開の最終目標として挙げられる。

#### 文 献

- 1) 鈴木隆雄：「転倒予防」の実践的リスク評価法。Osteoporos Jpn 11 (日本骨粗鬆症学会教育講座 転倒予防シリーズ) No. 2, 2003
- 2) Harada A et al : Japanese orthopedists' interests in prevention of fractures in the elderly from falls. Osteoporos Int 15 : 560—566, 2004
- 3) Tinetti ME et al : Fear of falling and low self-efficacy ; a case of dependence in elderly persons. J Gerontol 48(Spec No) : 35—38, 1993
- 4) 原田 敦ほか：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 42 : 596—608, 2005
- 5) Tosteson AN et al : Cost effectiveness of screening perimenopausal white women for osteoporosis ; bone densitometry and hormone replacement therapy. Ann Intern Med 113 : 594—603, 1990
- 6) Province MA et al : The effects of exercise on falls in elderly patients ; a preplanned meta-analysis of the FICSIT Trials. JAMA 273 : 1341—1347, 1995
- 7) Gillespie LD et al : Interventions for preventing falls in elderly people. Cochrane Database Syst Rev CD 000340, 2001
- 8) Robertson MC et al : Preventing injuries in older people by preventing falls ; a meta-analysis of individual-level data. J Am Geriatr Soc 50 : 905—911, 2002
- 9) Chang JT et al : Intervention for the prevention of falls in older adults ; systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. BMJ 328 : 680, 2004
- 10) 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. Int Med J 34 : 102—108, 2004
- 11) Hagino H et al : Committee for osteoporosis treatment of The Japanese Orthopaedic Association ; nationwide survey of hip fractures in Japan. J Orthop Sci 9 : 1—5, 2004
- 12) 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：大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン, 南江堂, 43—53, 2005
- 13) Papapoulos SE et al : Meta-analysis of the efficacy of alendronate for the prevention of hip fractures in postmenopausal women. Osteoporos Int 16 : 468—474, 2005
- 14) McClung MR et al : Effect of risedronate on the risk of hip fracture in elderly women ; Hip Intervention Program Study Group. N Engl J Med 344 : 333—340, 2001
- 15) Gillespie WJ et al : Vitamin D and vitamin D analogues for preventing fractures associated with involutional and post-menopausal osteoporosis. Cochrane Database Syst Rev CD 000227, 2001
- 16) Parker MJ et al : Hip protectors for preventing hip fractures in older people. Cochrane Database Syst Rev CD 001255, 2005
- 17) Harada A et al : Hip fracture prevention trial using hip protectors in Japanese nursing homes. Osteoporos Int 12 : 215—221, 2001

骨粗鬆症の診断・治療および骨折予防から骨強度評価を考える－3

## 転倒・骨折予防の立場からみた骨強度の評価

－骨強度評価に何を望むか－

国立長寿医療センター整形外科

原田 敦 松井康素 奥泉宏康

竹村真里枝 若尾典充

国立長寿医療センターリハビリテーション科

長屋政博

一宮市立市民病院整形外科

水野雅士

はじめに

転倒・骨折予防の立場からみて骨強度評価に望むことは、ヒトが立位の高さより大転子から落下してそこを打撲した時の、大腿骨近位部における骨折リスクを正確に予測することである。

骨強度評価の主要な目的は骨折予防である。骨折発生は荷重と骨折が始まる荷重との比である骨折リスク指数が1を超えるかどうかで決まる(図1)。この際、骨折荷重は骨強度で決まる。骨強度単独あるいは荷重単独の情報は骨折予防にとって相対的な価値に留まる。ヒトは高齢期になると転倒しやすくなる。女性は男性より、医療介護施設入所高齢者は在宅高齢者より、後期高齢者は前期高齢者より転倒しやすい<sup>1)</sup>。加齢の進行とともに転倒頻度は指数関数的に増加する。その転倒様式は、内在および外在する転倒リスクの複雑な応答のためか多岐にわたり、その結果として生じる外傷の頻度と程度もさまざまである。転倒外傷で最も重篤なものは脳外傷であるが、頻度についてはよく分かっていないようである。骨折に関しては、わが国では転倒した在宅高齢者のうち男性9%、女性12%が骨折するとされ、そのうち大腿骨頸部骨折の頻度は約1%とされている<sup>2)</sup>。ここから感じる

疑問は、大腿骨頸部骨折に至る1%の転倒者とそれ以外の99%の転倒者との間の違いはどこにあるかという点である。その違いを説明する大きな因子は、当然のことながら骨量と骨質によって規定される骨強度であり、骨密度、微細構造、石灰化があげられる。もう一方の因子としての転倒は、転倒が開始されてから打撲するまでの防御動作や転倒方向、転倒時の上体姿勢、下肢関節肢位、最終局面での衝撃荷重の大きさや方向、衝突面の材料特性や形状、軟部組織の厚さなどのさまざまな因子が関連するものと考えられる。

今回は、転倒による骨折のうち、頻度が高く最も重篤な大腿骨頸部骨折について、これまで行ってきた研究から大腿骨近位部全体の骨強度と転倒荷重の関係を振り返る。

### 1 転倒条件について

転倒条件に関しては転倒方向と上体姿勢が主要な因子となると思われる。われわれの施設

$$\boxed{\text{骨折リスク指数}} = \boxed{\text{負荷荷重}} / \boxed{\text{骨折荷重}}$$

図1 骨折発生を規定する原理

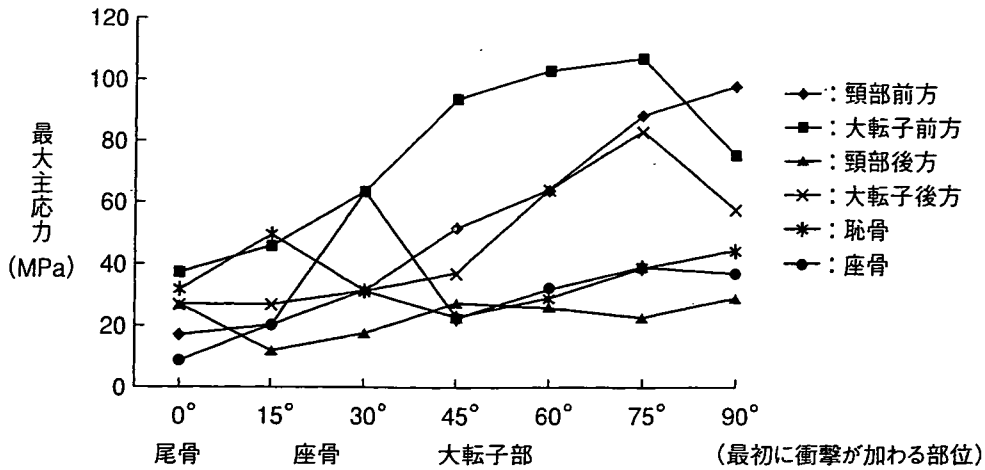


図2 大腿骨と骨盤における最大主応力

の大腿骨頸部骨折患者97例を調べると、骨折の原因となった転倒のきっかけは、バランスを崩したが36%、つまづいたが18%、滑ったが11%であった。このようなきっかけで始まった転倒から大腿骨近位部への荷重に至る過程には、前述したような複雑な条件の組み合わせが予想され、ブラックボックスとなっている部分が多いが、転倒方向に関しては比較的取り組みが行いやすく、われわれも豊田自動車の開発した自動車衝突用有限要素モデルであるTHUMS(total human model safety)を使用して、転倒方向と大腿骨頸部骨折リスクとの関係を予測した。それによれば、方向を変えながらモデルを落下させて硬い壁にぶつくと、最初に打撲する部位は、骨盤が直立姿勢からまったく傾きなく0度でそのまま落下すると尾骨部、15度から30度前額面で傾くと座骨、45度以上傾くと大転子部になり、大腿骨近位部における最大主応力は、0度から30度まででは軽度の上昇に留まり、恥骨・座骨における上昇と有意差を認めないが、45度から75度までの転倒方向では角度の増加に応じて上昇するのに対して恥骨・座骨では上昇がみられない。さらに90度では、言い換えれば、体幹が真横になると大腿骨近位部における最大主応力は低下した(図2)。このように転倒方向の変化で大腿骨頸部骨折リスクも変化する。また、このモデルでは検証できていないが、転倒時の上体姿勢も影響すると予測され、転倒方向

表1 高齢者の転倒荷重に影響する因子

・体重、身長減少
・体型変化による重心位置の変化
・脊柱・関節可動性の減少
・歩行等移動動作パターンの変化
高齢者の実際の転落・転倒データは見当たらない有限要素モデルによる推定に期待

と上体姿勢などで大腿骨頸部骨折リスクが最も高くなる転倒条件下で骨強度を評価することが望ましい。

## 2 転倒荷重の大きさ

転倒荷重は、有名なRobinovitchの実験は健康な若年成人での値で、筋弛緩時では5,600Nで筋緊張時では8,600Nとされており、約10倍体重の荷重が立位からの転落時に大転子にかかることが示されている<sup>3)</sup>。ただし、高齢者の転倒荷重の大きさは実はまだ分かっていない(表1)。体重、身長は高齢者で減少するので転倒荷重もその分は若年成人値より減少すると予想される。しかし、脊柱後彎や側彎、股関節・膝関節の機能低下による体型変化がもたらす重心位置、脊柱・関節可動域、移動動作パターンなどの高齢期の変化がどう転倒荷重の大きさに影響するのかについて十分な解析はまだである。この値はおそらく個人差が大きく、将来的には骨密度などのように個別予測ができることが求め

られる。そのためには転倒の事故現場に関する疫学データを収集して外傷の程度に応じて比較検証することが必要である。つまり、環境要因、体重、身長、重心位置、歩行パターンなどのデータから、環境要因を一定にした場合に大腿骨頸部骨折リスクが立位転倒において最も高くなる荷重条件が算出され、それと骨強度関連データを対応させて個別の骨折リスク判定が可能となる。

### 3 大腿骨近位部の骨折荷重

われわれが行った高齢者の保存大腿骨による衝撃試験では、大転子からの転倒を模擬して落錘にて大転子外側から後外側に衝撃荷重を加えることで、高率に臨床的に扱う大腿骨頸部骨折に一致した骨破壊が生じ、その荷重の大きさは平均2,166Nであった<sup>4)</sup>。この大腿骨近位部骨折荷重値については新鮮屍体骨を使用した他の研究者の結果を参照しても、われわれのデータと一致して2,000～3,500Nの範囲におさまるようである<sup>5～7)</sup>。しかしながら、これらの値は、実験実施時の必要性から、すべて大腿骨骨幹部を固定した条件下のもので、実際の転倒を完全に再現していない。実際の転倒では下肢は通常固定されず、自由端でのままであり、そのことが転倒時の骨折発生にどのように影響するかは不明のままである。この条件はコンピュータシミュレーションによる有限要素モデルにても同様で骨頭や骨幹部の一部がやはり固定することを条件として計算せざるを得ない。したがって、転倒による大腿骨近位部の骨折荷重を算出しようとするには、どの部位の固定もなしでのシミュレーションが必要となる。

おわりに

このように、転倒から外傷に至るメカニズムの詳細な説明はまだ十分にはなされていないので、転倒様式、軟部組織、骨強度などを総合した骨折リスク解析もまだ発展途上である。しかしながら、今後はこれらの点を解析して考慮した上で、立位の高さより大転子から落下してそこを打撲した時の大腿骨近位部における骨折リスクを個別別に提示できるようなシステムが、最終的に望まれる骨強度評価法であろうと思われる。

### 文 献

- 1) 大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン. 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. 南江堂;2005.6.1.p.27-41.
- 2) 安村誠司ほか. 高齢者の転倒・骨折の頻度. 日医師会誌1999;122:1945-49.
- 3) Robinovitch, SN, et al. Prediction of femoral impact forces in falls on the hip. J Biomech Eng 1991;113:366-74.
- 4) Okuizumi H, et al. Effect on the femur of a new hip fracture preventive system using dropped-weight impact testing. J Bone Miner Res 1998;13:1940-5.
- 5) Lotz, JC, et al. The use of quantitative computed tomography to estimate risk of fracture of the hip from falls. J Bone Joint Surg Am 1990;72:689-700.
- 6) Courtney AC, et al. Age-related reductions in the strength of the femur tested in a fall-loading configuration. J Bone Joint Surg Am 1995;77:387-95.
- 7) Cheng XG, et al. Prediction of vertebral and femoral strength in vitro by bone mineral density measured at different skeletal sites. J Bone Miner Res 1998;13:1439-43.



## 地域在住中高者年の骨代謝マーカーによる 骨量減少/骨粗鬆症予測

竹村真里枝<sup>1)</sup>・松井康素<sup>1)</sup>・原田 敦<sup>1)</sup>・安藤富士子<sup>2)</sup>  
下方浩史<sup>2)</sup>

### はじめに

急速に高齢化が進む現在、骨粗鬆症による脆弱性骨折は、高齢者のQOL(quality of life)を著しく低下させるため、大きな社会問題の一つである<sup>1)</sup>。

骨密度(BMD)は加齢で減少し、低骨密度は骨折危険因子の一つであることはよく知られている<sup>2,3)</sup>。また、骨代謝マーカーは、骨粗鬆症や脆弱性骨折リスクの予測因子として期待される<sup>4)</sup>一方、日常臨床応用意義についてはまだ議論が多く、またわが国における長期縦断研究もまだ少ない。今回、我々は地域在住中高年者を対象にして、骨代謝マーカーが将来の骨粗鬆症の発症を予測できうるかについて検討した。

### 1 対象と方法

国立長寿医療センター研究所疫学研究部では、1997年11月からセンター周辺(愛知県大府市、知多郡東浦町)の地域住民から年齢、性別で層化して無作為抽出法で選出した、ベースライン調査時の年齢が40～79歳の男女計約2,400人を対象に、老化に関する包括的な疫学調査である『国立長寿医療センター研究所・老化に関する長期縦断疫学研究(NILS-LSA: National Institute for Longevity Sciences-Longitudinal

Study of Aging)』を縦断的(2年ごと)に実施している<sup>5)</sup>。

本研究では第1次調査(1997年11月～2000年4月)と、6年後の第4次調査(2004年6月～2006年7月、本研究では2006年3月までに調査完了した者について解析した)に参加した者のうち、骨代謝に影響する疾患治療歴、薬剤使用のある者は除外して、第1次調査と第4次調査ともに骨密度測定を受け、第1次調査時に骨代謝マーカーを測定した、男女計1,182名を対象とした。

調査項目として、dual energy X-ray absorptiometry(DXA: Hologic QDR 4500)にて、第2～4腰椎および右大腿骨頸部の骨密度測定を行った。日本骨代謝学会の原発性骨粗鬆症の診断基準<sup>6)</sup>に従い、骨密度が若年成人平均値80%未満である場合を骨量減少/骨粗鬆症と判定した。さらにベースライン調査時の血清、尿にて、骨形成マーカーとしてオステオカルシン(OC: EIA法)、骨型アルカリフォスファターゼ(BAP: EIA法)、骨吸収マーカーとして尿中I型コラーゲン架橋N-テロペプチド(NTX: ELISA法)、デオキシピリジノリン(DPD: EIA法)を測定した。

統計学的検討として、まず地域在住中高年者の骨代謝マーカー値の性別、年代別分布を求

---

Biochemical Markers of Bone Turnover Predict Osteoporosis in Middle Aged and Elderly Japanese Dwelling at community

Marie Takemura: National Center for Geriatrics and Gerontology, et al.

Key words: Biochemical markers of bone turnover, Osteoporosis, Epidemiology

---

<sup>1)</sup> 国立長寿医療センター整形外科, <sup>2)</sup> 国立長寿医療センター疫学研究部

表1 対象者特性

	女性	男性
対象者数(人)	546	626
年齢(歳)	55.8 ± 9.8	57.4 ± 9.8
身長(cm)	152.5 ± 5.6	165.5 ± 5.9
体重(kg)	53.2 ± 7.9	63.2 ± 8.4
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	22.9 ± 3.2	23.0 ± 2.6
OC(ng/mL)	8.9 ± 3.6	7.5 ± 2.6
BAP(U/L)	26.9 ± 10.2	25.3 ± 8.0
NTX(nmolBCE/nmol · Cr)	50.0 ± 27.9	36.1 ± 14.3
DPD(nmol/nmol · Cr)	6.3 ± 2.1	3.9 ± 1.1

(平均値±標準偏差)

めた。次にベースライン時に骨量減少/骨粗鬆症のなかった者を対象にして、骨代謝マーカ値が将来(6年後)の新規骨量減少/骨粗鬆症発生を予測できるかについて検討した。骨代謝マーカ値を説明変数とし、ベースライン調査時の年齢、BMIを補正して、新規の骨量減少/骨粗鬆症発生についてロジスティック回帰分析を性別に行った。さらに女性では、ベースライン調査時の月経情報から未閉経群と閉経群に群分けして同分析を行った。解析には、統計プログラムSAS release 8.2を使用した。

## 2 結 果

### 1) 性別、年代別骨代謝マーカ平均値

今回、研究対象となったのは女性546人(平均年齢±SD:55.8±9.8歳)、男性626人(57.4±9.8歳)であった。表1にベースライン調査時の各骨代謝マーカの平均値を性別に示す。また、図1に性別、年代別骨代謝マーカ平均値を示した。女性では、骨代謝マーカ値はいずれも加齢で上昇する傾向があったが、男性では年代間に有意な差は認められなかった。

### 2) 骨代謝マーカによる新規骨粗鬆症/骨量減少の発生予測

骨代謝マーカ値で骨粗鬆症あるいは骨量減少の新規発生を予測できるかを検討するために、ベースライン調査時に骨量減少/骨粗鬆症のなかった女性437人(平均年齢±SD;53.3±8.6歳)、男性561人(56.7±9.7歳)を対象にして、ロ

ジスティック回帰分析を性別ごとに行った。

新規骨量減少/骨粗鬆症判定を腰椎骨密度で行った場合、表2に示すように、女性ではベースライン時のOC、BAP、NTX値が高い者ほど6年後の骨量減少/骨粗鬆症の新規発生リスクが有意に高かったが、男性では有意な結果は得られなかった。

また、新規骨量減少/骨粗鬆症を大腿骨頸部骨密度で判定した場合、女性ではベースライン調査時のBAP、NTX、DPDが高い者ほど発生リスクが有意に高かった。男性においては、BAPのみが有意であった。

次に女性を未閉経(187人)、閉経後(243人)の二群に分けて同解析を行った。骨量減少/骨粗鬆症を腰椎骨密度で判定する場合、未閉経群ではBAP、NTXが、閉経女性ではOC、NTXが有意であった。大腿骨頸部判定の場合には、未閉経群には有意な結果は認められなかったが、閉経群では測定したすべての骨代謝マーカで、有意な結果が得られた(表3)。

## 3 考 察

骨代謝マーカは測定時の骨代謝状況を示すので、これを用いての骨量変化予測や、fast bone loserを予測することが期待されている。

骨代謝マーカと骨密度の相関についての検討は、Christiansen<sup>7)</sup>らの尿中カルシウム(Ca)、ヒドロキシプロリン(Hyp)、総アルカリホスファターゼ(ALP)と前腕骨骨密度変化と

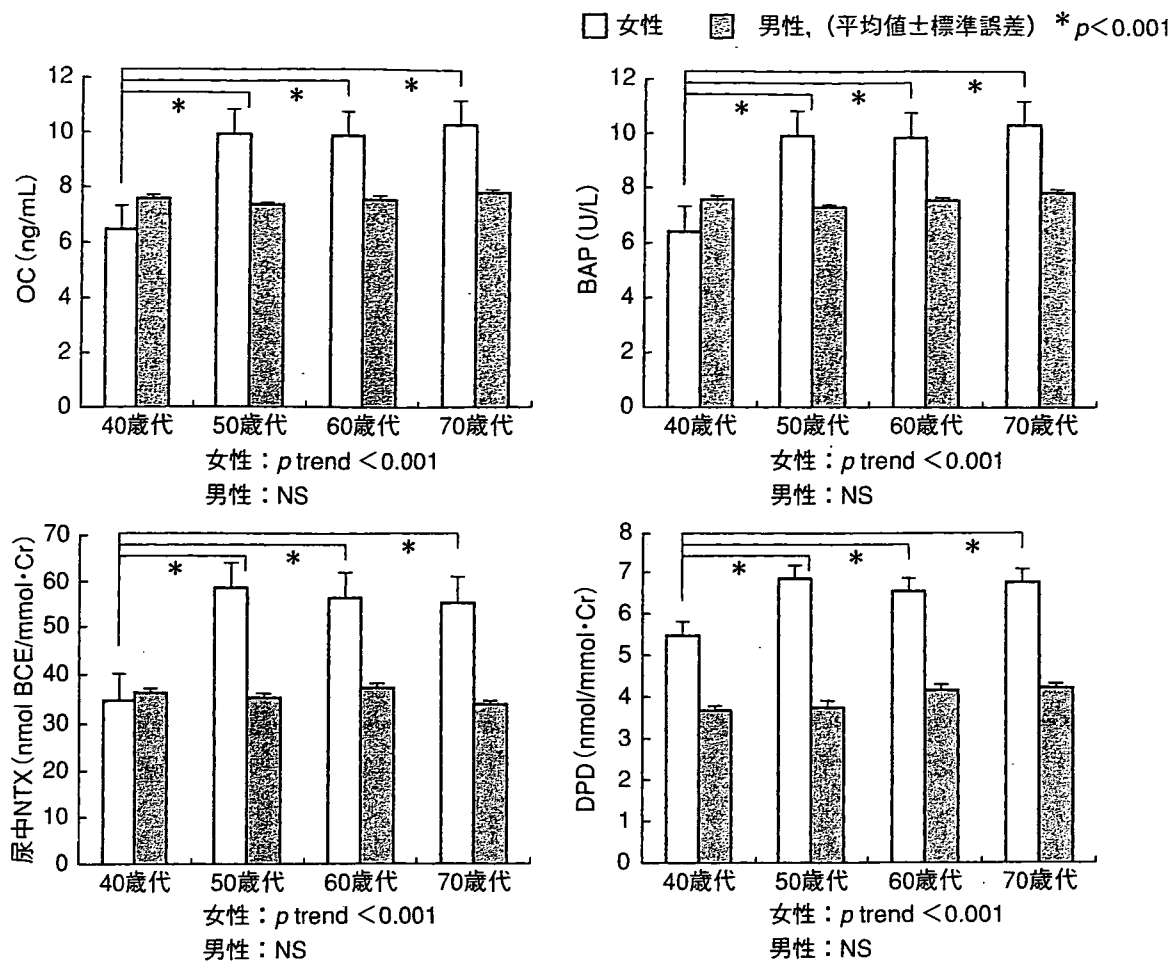


図1 骨代謝マーカー値分布(性別, 年代別: 一般線形モデルによる多重比較およびトレンド検定)

表2 骨代謝マーカー 1SD 上昇による骨粗鬆症/骨量減少有病発生のオッズ比

腰椎	女性	男性
	オッズ比(95%信頼区間)	オッズ比(95%信頼区間)
OC	1.32 (1.01~1.72)*	1.28 (0.88~1.86)
BAP	1.35 (1.03~1.76)*	1.37 (0.97~1.94)
NTX	1.56 (1.21~2.02)*	1.09 (0.74~1.62)
DPD	1.27 (0.99~1.63)	1.26 (0.88~1.78)

大腿骨頸部	女性	男性
	オッズ比(95%信頼区間)	オッズ比(95%信頼区間)
OC	1.18 (0.93~1.43)	1.22 (0.99~1.50)
BAP	1.413 (1.11~1.81)*	1.36 (1.10~1.66)*
NTX	1.387 (1.10~1.74)*	1.07 (0.87~1.32)
DPD	1.281 (1.03~1.60)*	1.12 (0.95~1.42)

\*  $p < 0.05$

表3 骨代謝マーカー 1SD 上昇による骨粗鬆症/骨量減少有病発生のオッズ比(女性閉経別)

腰 椎	未閉経	閉経後
	オッズ比(95%信頼区間)	オッズ比(95%信頼区間)
OC	1.05 (0.75~1.48)	1.63 (1.14~2.33)*
BAP	1.57 (1.07~2.30)*	1.34 (0.96~1.88)
NTX	1.62 (1.17~2.34)*	1.48 (1.05~2.07)*
DPD	1.17 (0.80~1.72)	1.31 (0.94~1.83)

大腿骨頸部	未閉経	閉経後
	オッズ比(95%信頼区間)	オッズ比(95%信頼区間)
OC	0.77 (0.48~1.24)	1.54 (1.15~2.10)*
BAP	0.88 (0.58~1.34)	1.73 (1.25~2.39)*
NTX	1.04 (0.71~1.52)	1.60 (1.18~2.16)*
DPD	1.07 (0.72~1.58)	1.43 (1.07~1.90)*

\* $p < 0.05$ 

の関連についての研究で、重相関係数が0.52であったと報告したのに始まる。閉経後白人女性を対象としたGarneroら<sup>8)</sup>は、4年間の前腕骨骨密度変化率とOC, BAP, I型プロコラーゲン-C-プロペプチド(PICP), I型プロコラーゲン-N-プロペプチド(PINP), 尿中NTX, 尿中I型コラーゲン架橋Cテロペプチド(CTX)との四分位解析を行った研究で、BAPおよびPICP以外の各マーカーの各群間に有意差を認めたと報告した。Rogersら<sup>9)</sup>は、49歳から62歳の閉経後女性60人を対象にNTX, 総DPD, BAP, PICP, PINPと2~4年間の腰椎骨密度変化率との関連についての研究で、-0.35から-0.53の有意な相関を報告した。

またわが国では、茶木ら<sup>10)</sup>は46歳から75歳の健常日本人女性を対象に、各種骨代謝マーカーと腰椎骨密度の検討を行った研究で、未閉経女性では有意な相関はなく、閉経女性においては尿中NTXと骨密度変化率に有意な負の相関を追跡開始時から3年間までは認めたが、4年以降はなかったと報告している。35歳以上の日本人女性を対象にした伊木ら<sup>11)</sup>の研究では、骨代謝マーカーと2年間の腰椎骨密度変化との間に、未閉経女性では有意な相関はなかったが、

閉経女性ではBAPと有意な負の相関があったと述べている。これまでの報告では、骨代謝マーカーによる骨密度変化予測は、比較的短期に限れば期待できる可能性があると考えられている。

今回我々は、骨代謝マーカーと6年間という比較的長期の将来の骨量減少/骨粗鬆症発生について両者の相関を求めた。骨量減少/骨粗鬆症判定を腰椎骨密度で行った場合、男性では有意な結果は得られなかったが、未閉経女性ではBAP, NTXが、閉経女性ではOC, NTXで有意な負の相関を認めた。大腿骨頸部判定の場合には、男性ではBAPが有意であった。閉経女性では測定したすべての骨代謝マーカーで有意な結果が得られたが、未閉経女性に有意な結果はえられなかった。骨代謝マーカーによる、10年後の新規骨粗鬆症発生の予知について検討した吉村ら<sup>12)</sup>の報告では、骨粗鬆症を腰椎で診断した場合、男性は有意な結果は得られなかったが、女性ではPINP,  $\beta$ -CTXで有意な関連を示した。大腿骨頸部診断の場合、男性はOC, PICPが、女性ではDPDで有意な関連を示した。

骨粗鬆症の治療目標は「骨折の予防」である。低骨密度は骨折危険因子の一つであることはよ

## 第8回日本骨粗鬆症学会学術奨励賞受賞演題

く知られており、骨粗鬆症発生のハイリスク群を早期に選別して予防・治療介入していくことが、臨床上極めて重要と考える。今回の研究結果より、中～長期後の骨量減少/骨粗鬆症発症を骨代謝マーカーが予測する可能性が示唆された。

また、骨代謝マーカーは、値が高値であると骨密度の減少が大きく、骨折のリスクが上昇すると報告され、骨折予測因子としても期待されている<sup>13,14)</sup>。今後、骨折発生をエンドポイントとした検討を進めていく必要がある。

## まとめ

本研究では地域在住一般住民を対象に、骨代謝マーカーの分布について検討した。女性の骨代謝マーカーは、加齢に伴い高値になる傾向であった。また、骨代謝マーカー値が将来の骨量減少/骨粗鬆症を予測できうるか検討した。その結果、予測に反映される骨代謝マーカーは性別、部位別で異なっており、臨床応用には骨代謝マーカーの用途に沿った選択が必要と考えられた。

## 文献

- 1) Tosteson AN, Gabriel SE, Grove MR, Moncur MM, Kneeland TS, Melton LJ 3rd. Impact of hip and vertebral fractures on quality-adjusted life years. *Osteoporos Int* 2001;12:1042-49.
- 2) Marshall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *BMJ* 1996;312:1254-9.
- 3) Johnell O, Kanis JA, Oden A, Johansson H, De Laet C, Delmas P, et al. Predictive value of BMD for hip and other fractures. *J Bone Miner Res* 2005;20:1185-94.
- 4) Miller PD, Hochberg MC, Wehren LE, Ross PD, Wasnich RD. How useful are measures of BMD and bone turnover? *Curr Med Res Opin* 2005;21:545-54.
- 5) Shimokata H, Ando F, Niino N. A new comprehensive study on aging- the-National Institute for Longevity Sciences, Longitudinal Study of Aging (NLS-LSA). *J Epidemiol* 2000;10, (1 Suppl):S1-9.
- 6) 折茂肇, 林泰史, 福永仁夫, 曾根照喜, 藤原佐枝子, 白木正孝ほか. 原発性骨粗鬆症の診断基準(2000年度改訂版). *日骨代謝誌* 2001;18:76-82.
- 7) Christiansen C, Riis BJ, Rodbro P. Prediction of rapid bone loss in postmenopausal women. *Lancet* 1987;1:1105-8.
- 8) Gernerio P, Sornay-Rendu E, Duboeuf F, Delmas PD. Markers of bone turnover predict postmenopausal forearm bone loss over 4 years: the OFELY study. *J Bone Miner Res* 1999;14:1614-21.
- 9) Rogers A, Hannon RA, Eastell R. Biochemical markers as predictors of rates of bone loss after menopause. *J Bone Miner Res* 2000;15:1398-04.
- 10) Chaki O, Yoshikata I, Kikuchi R, Nakayama M, Uchiyama Y, Hirahara F, et al. The predictive value of biochemical markers of bone turnover for bone mineral density in postmenopausal Japanese women. *J Bone Miner Res* 2000;15:1537-44.
- 11) 伊木雅之, 秋葉 隆, 西野治身. 健常日本人女性における骨代謝マーカーによる骨密度変化の予測-JPOS Cohort Study-. *Osteoporosis Jpn* 2002;10:270-3.
- 12) 吉村典子. 骨代謝マーカーによる骨粗鬆症および骨粗鬆症性骨折の予測(報告). *Osteoporosis Jpn* 2005;13:903-10.
- 13) Garnero P, Hausherr E, Chapuy MC, et al. Markers of bone resorption predict hip fracture in elderly women: the EPIDOS Prospective Study. *J Bone Miner Res* 1996;11:1531-8.
- 14) Garnero P, Sornay-Rendu E, Claustrat B, Delmas PD. Biochemical markers of bone turnover, endogenous hormones and the risk of fractures in postmenopausal women: the OFELY study. *J Bone Miner Res* 2000;15:1526-36.

# 転倒予防

阪本桂造 (昭和大学医学部整形外科)

## はじめに

最近では全国の都道府県や市町村で転倒予防に向けてのいろいろな取り組みが試みられている。種々の運動訓練を加えた転倒予防は、比較的低コストで実施可能な取り組みで、その低コストの割には期待できる効果が高く、行政の関心も高い印象を受ける。

## なぜ転倒予防か

### 1. 転倒予防の直接的効果

転倒を予防するという試みの究極の目的は骨折予防である。高齢者に多い5大骨折は表-1に示すが、上肢骨折は反対側の健側肢(手)でほとんどの機能が代償されるため機能的障害度が低い。高齢者脊椎圧迫骨折は急性に発症することは稀で、本人の自覚がなく腰部や背部痛を主訴として来院した際に、偶然X線撮影により発見されることが多く、背が低くなる、慢性的な腰背痛がある、動作始めの疼痛があるなどの訴えがあるが、用便や移動など必要最低限の日常生活動作(以下ADLと略す)は自立している例が多い。肋骨骨折は、よほどの大きな骨折でない限り気胸や血胸など重篤な症状を呈さず、肋軟骨の骨折で、いわゆる肋骨不全骨折と診断されることが多く、ADL上の機能障害は少ない。最後に述べる大腿骨近位端骨折は、一度骨折を起こせば歩行困難となり、入院し手術治療を実施せざるを得ない。日本整形外科学会骨粗鬆症委員会による3年間にわたる大腿骨近位端骨折定点観測調査<sup>1)</sup>によると、3年間総数12,250症例(平均4,083.3例)、解析可能症例

11,876人の総平均年齢は79.4歳、男女別では男性74.1歳、女性80.9歳である。受傷原因調査では、全3年総件数12,250例中、「立った高さで転倒」が9,000例73.5%を占める。内側骨折85.8%、外側骨折88%が手術されている。

このように大腿骨近位端骨折は、骨粗鬆症で易骨折状態にあった大腿骨近位端に比較的軽微な転倒という外力が加わり骨折に至っている。しかもこの骨折の治療のため平均2ヵ月の入院が必要であり、本骨折の予防は医療費の減少に結びつくといえる。

以上述べたように、転倒予防が最も標的とする骨折は大腿骨近位端骨折(いわゆる大腿骨頸部骨折)である。

### 2. 転倒予防の間接的効果

転倒した人は転倒経験のない人より転倒への恐怖感が強い。そのため、一度転倒した人はその恐怖で外出を控え、また家人も必要以上に「転倒しないで!」と注意喚起を促すために高齢者は外出を控え、家に閉じこもる傾向にある。このような人は、外出をせず外部との接触を断ち、ひとり孤独な世界に閉じこもり、認知症への道を歩む危険

表-1 高齢者に多い5大骨折

- ・上腕骨近位端骨折
- ・橈骨遠位端骨折
- ・脊椎圧迫骨折
- ・大腿骨近位端骨折
- ・肋骨骨折



## 「七転び八起き」転倒・骨折予防を目指して

日常生活の転倒予防から、転んでも折れない骨作りをめざして分かりやすく解説します。できるだけたくさんの皆様にご来場いただき知識を深めていただければと思います。皆様のご参加を心よりお待ちしております。お気軽にご参加下さい。(参加記念品付き)

日時：平成 18 年 11 月 26 日 (日) 13:00~15:00

会場：昭和大学病院 入院棟地下 1 階 臨床講堂

〒142-8666 品川区旗の台 1-5-8

旗の台駅下車 TEL 03-3784-8000

入場無料 定員 250 名 (先着順に参加証をお送りします)

講師：阪本 桂造 先生 (昭和大学医学部 整形外科 教授)

萩野 浩 先生 (鳥取大学医学部 リハビリテーション部 助教授)

北 潔 先生 (北整形外科 院長)

お申込み方法/下記宛先に必要事項をご記入のうえハガキでお申し込み下さい。  
必要事項:1 郵便番号、2住所、3氏名(ふりがな)、4電話番号、5「七転び八起き」の会参加希望」と明記して下記までお送りください。(定員になり次第締切)

※ 応募者の個人情報本講座以外では使用致しません。

宛先：142-8666 品川区旗の台 1-5-8

昭和大学整形外科「七転び八起きの会」事務局行

ご参加いただけるかたには、後日参加証をお送りしますので当日会場にお持ちください。

主催：厚生労働省・長寿科学総合研究事業「開眼片脚起立運動による大腿骨頸部骨密度の改善と維持の証明並びに筋力・バランス能の改善による転倒・骨折予防への介入調査」研究班

共催：財団法人 長寿科学振興財団  
東京ダイナミックフラミンゴ研究会

図-1 市民公開講座

性が高い<sup>2)</sup>。

転倒が即、骨折であるがごとき恐怖を助長する教育ではなく、転倒を予防し運動訓練により転倒しても再び起き上がり、積極的に外部との接触をもち、社会生活を営めば、認知症発症も防ぐことができる。

平成18年11月26日、昭和大学病院新臨床講堂で第1回の「七転び八起きの会」が長寿科学振興財団と東京ダイナミックフラミンゴ研究会の共催で開催された(図-1)。この会のコンセプトは、転倒予防とともに運動訓練の実施で大腿骨近位端の骨密

度の改善とバランス能の獲得で、転んでも折れない骨作りを目指す、というものである。

転倒予防は、高齢者が家に閉じこもらずに、積極的に社会との接触をもち、健康で楽しいシルバーエイジをエンジョイできる1つのよい方策と信じる。

### 転倒危険因子

転倒は、意識しない突然の平面的な転倒と規定

される<sup>3)</sup>。このような転倒原因を調べた眞野ら<sup>4)</sup>によると、足のもつれが19.0%と最も高い(表-2)。転倒は必ずしも1つの原因で起こるのではなく、本人の無意識下に生ずる偶発的な複合した出来事の結果である。転倒因子は大きく、次の2つに分けられる。

## 1. 個体的要因

### ● a. 加齢的要素

加齢とともに身体の種々な部位に退行性変化が生じ、これが転倒しやすさに結びつく。

#### 1) 筋力の衰えとバランスの低下

筋力、とくに下肢筋力(大腿四頭筋力)の低下が起こり、下肢の不安定さが増す。下肢筋力を評価する最も簡便な方法は開眼片脚起立時間である。永井ら<sup>5)</sup>の報告を改変した各年齢層の開眼片脚起立時間を図-2,3に示すが、50歳頃より開眼片脚起立時間の短縮が起こり、これは75歳以降で著明である。

#### 2) 荷重関節の変性

荷重関節である膝関節の退行性変性(変形性膝関節症)を有する人たちは一般的に体重が重く、O脚を呈し、膝関節の完全伸展ができず、屈曲拘縮を示す例が多い。膝は完全伸展時に安定するので、膝屈曲拘縮を呈する人たちの膝は極めて不安定な状態であるといえ、ちょっとした出来事(要因)で転倒しやすい。

#### 3) 視力の衰え

視力の衰えは直接足元にある障害物に対する回避行動反射を遅滞する。また目からの情報は、脳幹や小脳に伝達され、バランスの維持に利用されるため、視力の低下によりバランスを崩しやすくなる。

### ● b. 疾病の罹患

#### 1) 脳循環障害

片麻痺に代表されるような脳循環障害では麻痺側の筋力低下は起こり、麻痺側のバランスの悪化は避けられない。

#### 2) 精神・神経疾患

運動量の低下や疾患本来の原因により、筋力の低下やバランス能の低下が生じ、転倒しやすくなる。

表-2 転倒原因(文献4より引用, 改変)

項目	%
足のもつれ	19.0
バランス障害	8.0
めまい	8.0
その他の身体障害	15.0
暗い	10.0
床すべり	10.0
段差	8.0
障害物	6.0
階段	4.0
その他の環境因子	12.0

#### 3) 認知障害

運動量の低下のためか転倒しやすく、健常人に比較して認知障害者は2.2~5.0倍転倒リスクが高いとされる<sup>6)</sup>。

#### 4) 内服薬の使用

ベンゾジアゼピン睡眠薬は転倒を来しやすい。入院患者は不眠を訴える人が多い。昭和大学病院では高齢者の覚醒時のふらつきを防止するため平成17年3月17日より入院病棟に常備する入眠剤をゾルピデム(商品名マイスリー錠10mg)、ロルメタゼパム(商品名エバミール錠1mg)、クアゼパム(商品名ドラール錠15mg)の3種類とした(表-3)。その他、抗痙攣剤の使用も覚醒時のふらつきを起こす例があり、注意を要する。

## 2. 環境的要因

個体的要因以外に、転倒リスクを高める要因に次のようなものが挙げられる。

### ● a. 濡れた、滑りやすい床面

降雨時の外来では、傘や衣服よりの水滴落下で濡れた所が散在する。その他、配膳時の水滴の落下、床面のワックス掛けなど病院内は滑りやすい。滑りやすい場所の注意表示や濡れた床面のふき取りを実施する必要がある。

### ● b. 足元の暗さ

岡山大学付属病院での転倒・転落を調べた千田



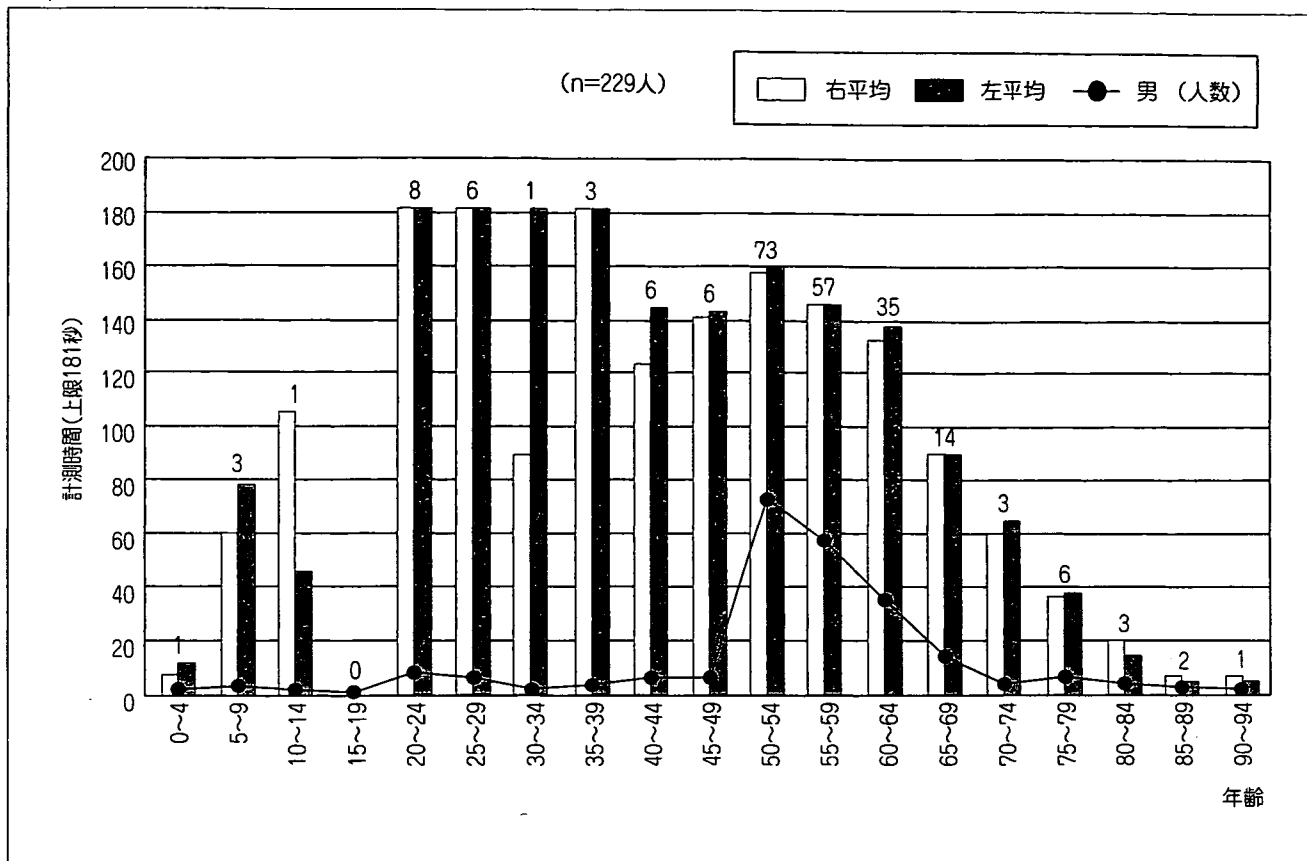


図-2 開眼片足起立時間測定結果【全国】男性(文献5より引用, 改変)

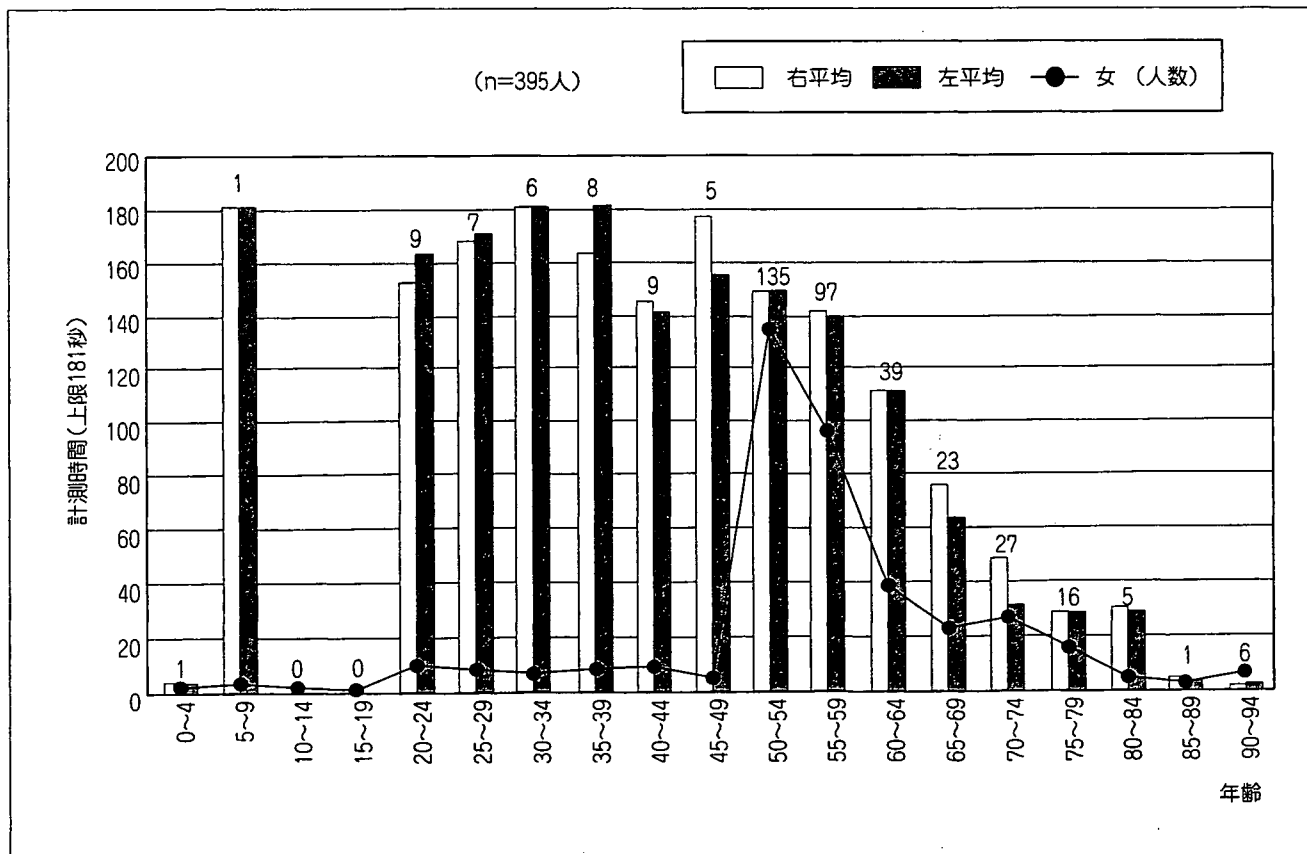


図-3 開眼片足起立時間測定結果【全国】女性(文献5より引用, 改変)

表-3 催眠鎮静薬の薬理作用による分類(平成17年3月17日付け昭和大学医療安全管理・対策委員会通達より改変)(阪本:骨・関節・靭帯18巻, 2005. より引用)

	分類	薬剤名(商品名)	1回量	半減期*(hr)
入眠障害	超短時間型	ゾルピデム (マイスリー錠10mg)	0.5錠 (より開始)	1.78~2.30
中途・早期覚醒	短時間型	ロルメタゼパム (エバミール錠1mg)	1錠	10
	長時間型	クアゼパム (ドラール錠15mg)	0.5錠	36.6

\*高齢者では延長することが考えられる。

ら<sup>7)</sup>によると、転倒場所はベッドサイドが一番多い。夜間トイレに起きた高齢者が転倒しないようベッド周りの整理と足元灯の設置が望まれる。

ただ、転倒するのは夜間が多いとは限らない。新野ら<sup>8)</sup>によると、老人ホームにおける高齢者の転倒は、夜間より明るくなってからの転倒発生数が多く、昼間の活動時間の長さを転倒数の多さの理由としている。

#### ●c. バリア Barrier

転倒因子の6番目に段差が挙げられ、つまずきによる転倒が骨折を招くことも多い。世の中もつまずきによる転倒予防にバリアフリーを勧めている。しかし鳥羽ら<sup>9)</sup>の調査によると、段差、階段、坂道では転倒者と非転倒者の間で差はなく、バリアは転倒の危険因子ではないことを示唆し、「バリアフリーは虚弱度が相当進んだ対象のみに有効である可能性も否定できないが、少なくとも、転倒といえばバリアフリーという宣伝された対応は、間違いであることが示された」と結論づけている。なお“つまずき”の予防に中島ら<sup>10)</sup>は捻挫用サポーターを用いた転倒予防策を推奨している。

以上環境的因子に関して述べたが、転倒リスクへの関与は環境因子よりも個体的因子の関与の方が大きいと考えられる。なお1982~2001年までの文献をレビューしたBoersら<sup>11)</sup>は、転倒予防法を第一次レベル(転倒経験のない高齢者も含め全ての高齢者に適応)として敷居や固定性の悪い絨毯の撤去、第二次レベル(過去に1回以上の転倒

歴を有するもの)には向神経薬の減量、起立性低血圧の治療や骨粗鬆症の治療の勧めから履物の工夫、環境の整備まで幅広い注意がされ、第三次レベル(頻回転倒者)では病識治療、理学療法、歩行補助具、活動の制限、ヒップパッドや衝撃吸収カーペットの使用まで記載されている。

#### バランス機能テスト

動物が三次元平衡感覚、すなわち重力に対して自己の位置を知る感覚器として発達したのが耳石器とされる。球形囊斑と卵形囊斑という平衡斑を有する耳石器は、前後、左右、上下といった三次元どちらの方向でも感覚細胞が感知するような構造になっており、これらの感覚細胞も加齢とともに数を減じ、薬剤(ストレプトマイシン)によっても感覚細胞の変性と細胞数の減少が起こるといわれる<sup>12)</sup>。耳石器は重力、直線加速の感覚器で、回転の受容器は半規管である。

平衡能バランスは、耳石器や半規管での空間的情報解析能と、目からの情報や末梢にある感覚受容器からの情報などが複雑に小脳や脳幹に伝達・分析され、即座の命令が中枢から末梢に伝達され、身体の平衡を保っていると考えられる<sup>13)</sup>。

このようにバランスは、眼科的要因、耳鼻科的要因・神経科的要因・血液循環器科的要因・整形外科的要因などが複雑に絡み合うため、平衡機能の評価を精密に行おうとすれば全身の精密検査が必要となる。

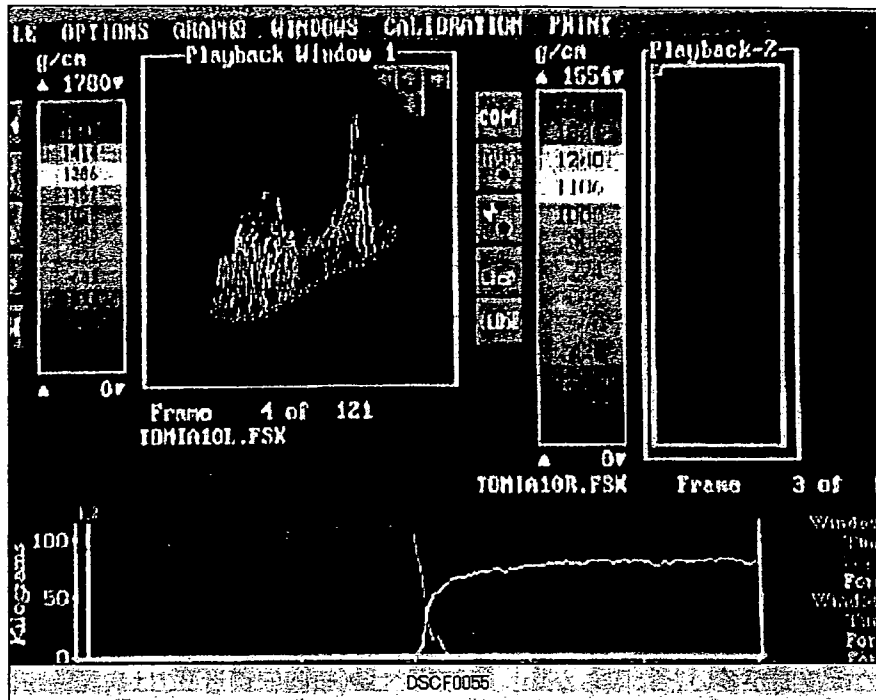


図-4 片足起立1分間の軌跡(左→右)

本章では簡易的に評価できる方法を述べるにとどめ、簡易検査で異常が考えられる場合には各科的な精密検査を受けることを勧める。

## 1. 器具を用いた検査

いろいろな器具が平衡機能評価に供される。

### ● a. F-scan

これは重心の軌跡を集合させたもので、立位から歩行時まで解析が可能である(図-4)。ただこれでは空間能の判断が困難である。

### ● b. 重心動揺計

各社より工夫された機器が販売されており、重心(質量重心・足圧重心)、身体動揺(重心動揺)、総軌跡長、単位軌跡長(総軌跡長)、標準偏差面積などが計測される。

### ● c. 平衡動揺板

板の中央にボールが設置された簡単なものから、立位での体勢バランスをコンピュータ分析するものまで各種あるが、膝靭帯再建術後の感覚受容器 proprioceptor の回復訓練にも利用される。

## 2. 器具を用いない検査

なんら器具を用いない、簡単にできる開眼片足

起立をバランス因子の測定手段として勧める報告が多い<sup>2,14,15)</sup>。

人が歩くということは、必ず1本の足で立った片足起立期 single stance phaseがある。それ故、開眼片足起立能検査は、歩くという運動機能評価にもつながり、優れたバランス能の評価法といえる。

開眼片足起立時間を181秒まで測定した永井ら<sup>5)</sup>の報告で開眼片足起立時間は、男性で50歳頃より低下し、80歳では20秒以下に低下していた。女性では40歳代までは3分くらいの開眼片足起立は可能であったものが加齢とともに低下し、65歳頃の減少が目立ち、85歳を過ぎると10秒を切っていた。

昭和大学病院整形外科外来を訪れる人たちの開眼片足起立時間調査で80歳以上では1分間の片足起立が可能だった人は1人もいなかった<sup>16)</sup>。

## 運動療法の実際と効果

運動訓練によって転倒を防ごうとする試みは多いが、実際にどの程度の転倒が防止されたのか統

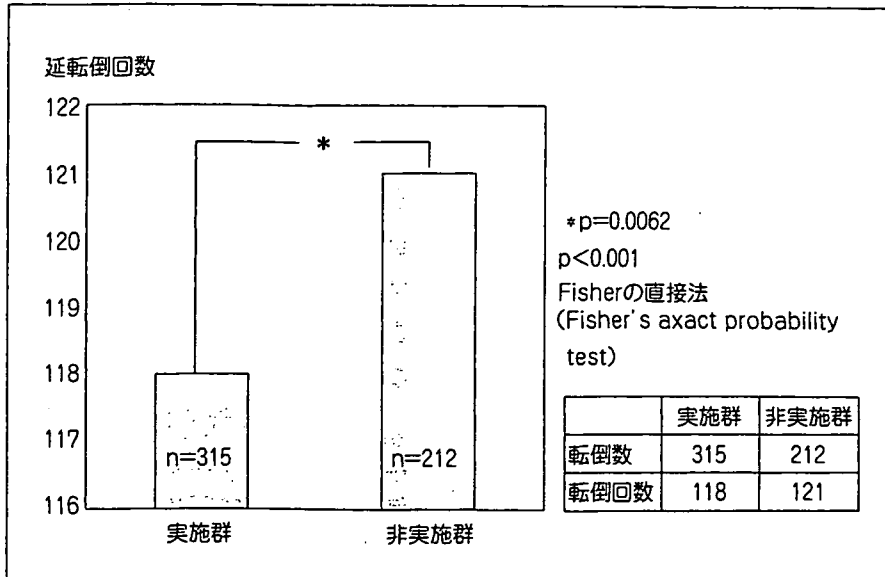


図-5 開眼片足起立運動訓練と転倒(文献20より引用, 改変)

計的分析が加えられた報告は少ない。

次に統計的な裏づけがされた論文より、運動療法の実際とその効果について説明する。

### 1. 太極拳を取り入れた運動訓練(Wolfら<sup>17)</sup>)

70歳以上の施設入所者200名(男性38名・女性162名, 平均年齢76.2歳)を、太極拳(TC)群・コンピュータ化バランストレーニング(BT)群・転倒予防の座談教育を施す(ED)群の3群に分け15週間の介入試験を実施したところ、TC群は転倒恐怖感が減り、転倒危険率が減少( $p = 0.046$ )、転倒発生率を47.5%低下させた。このように有酸素運動でゆっくりとした太極拳は、高齢者にとって比較的执行しやすい転倒予防による運動訓練といえる。

### 2. 理学療法士(PT)の訪問と訓練(Campbellら<sup>18)</sup>)

80歳以上の女性233名(平均年齢84歳)にPTの訪問と運動訓練の実施を行い、転倒のハザード比は0.61であった。

### 3. 1分間の開眼片足起立運動訓練(ダイナミックフラミンゴ運動)(Sakamotoら<sup>19)</sup>)

1分間の開眼片足起立訓練を原則として1日3回行う(DF)群と、訓練を行わない(非DF)群間

の比較である。虚弱高齢者がほとんどであるため不安定者はDF訓練中バーにつかまって立ってもよいと規定。対象は老健施設、介護施設などに入所している人や介護リハビリテーションセンターに通所している553名、年齢範囲は37~102歳で、平均年齢は、男性77.2歳・女性83.1歳、実施群81.2歳・非実施群82.3歳、総平均年齢は $81.6 \pm 9.0$ 歳であった。このうち解析可能であった527名(実施群315名, 非実施群212名)の結果では、DF群が有意( $p = 0.0062$ )に転倒回数が減っていた(図-5)。

### 4. COME(北ら<sup>20)</sup>)

北らの提唱するComprehensive One-Minute Exercise (COME)は、1分間のDF運動と座位での大腿四頭筋訓練(1セット20回)、1分間の腕立て訓練よりなる。虚弱高齢者(整形外科で加療中の65歳以上の慢性疼痛を有する患者で開眼片足起立時間15秒以下の症例)にこのCOMEを実施した結果、timed up-and-go testは改善( $p < 0.01$ )、介入8ヵ月後には転倒者数率で20.8%、延べ転倒数で41.0%減少、骨折者率で73.3%減少した、と述べている<sup>20)</sup>。

運動訓練の介入で転倒予防に効果がなかったという報告もあるが<sup>21, 22)</sup>、選択された運動種類で効果が異なる印象を受ける。高齢者、とくにリス