大腿骨近位部骨密度の DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry) 法 による検討

光輝病院整形外科(指導:井上 一教授)

井 上 貴 雄

(平成5年1月12日受稿)

Key words: 骨密度, DEXA 法, 大腿骨近位部

緒 言

近年、人口の高齢化が進み、脊椎圧迫骨折や大腿骨近位部骨折に代表される高齢者の骨折が、脳血管障害、老人性痴呆症などとともに寝たきり老人の原因疾患として社会的に注目されている。高齢者の骨折は骨粗鬆症が基盤となり、軽微な外力が加わり発症しているため、骨粗鬆症の予防および診断、治療は寝たきり老人の軽減のためにも重要となってきている。

骨粗鬆症診断上の骨塩定量法として、正確で 再現性が良く侵襲が少ない Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) 法が開発され、近年 臨床に応用されている"これまで骨塩定量の測 定部位に関しては統一した見解はなく, 一般に 腰椎正面あるいは側面、大腿骨近位部、橈骨遠 位部および踵骨の計測がなされている。解剖学 的に各部位で皮質骨と海綿骨の割合が異なるた め、目的により測定部位や測定方法を決定する 必要がある。また、呼吸性の体厚変動、骨変形 所見, 周辺組織の石灰化, 測定肢位などが測定 結果に影響を与え、未だ解決されていない問題 点2が多い. しかしながら, 大腿骨近位部は変形 所見が少なく、また呼吸性の体厚変動がないた め、DEXA 法による骨塩定量検査に適している と考えられる。本研究では測定精度を高めるた めに、大腿骨近位部の体厚および測定肢位が測 定精度に与える影響について検討した。 更に、 大腿骨近位部の骨塩定量の臨床的意義について,

骨折閾値の設定や骨折の予後および老人性痴呆 合併例の骨密度に与える影響について検討した。

対象と方法

1. 基礎的研究

測定機器は DEXA 装置(Hologic 社製 QDR -1000/W) を使用した。系統解剖体より摘出し 軟部組織を除去した高齢女性の大腿骨近位部骨 標本(9股)を用いた、体厚の変化による骨量 (Bone Mineral Content; BMC) と骨密度 (Bone Mineral Density; BMD) の測定誤差 を検討するため、アクリル製容器に大腿骨近位 部骨標本を中間位に固定し、水および食料油を 10 cm から 2 cm 毎に増加させ30 cm になるまで漸 次満たし、それぞれの大腿骨頚部、転子部およ び Ward 三角のBMD 測定をマニュアルにて測 定領域を設定し測定した。 ついで、測定肢位に よる測定誤差を検討するため、大腿骨近位部骨 標本(9股)を用い、内旋30度、外旋30度、内 転30度,外転30度,屈曲30度および45度に固定 し、それぞれの大腿骨頚部、転子部および Ward 三角の BMD 測定を行い、中間位の BMD と比 較した.

2. 臨床的研究

対象は当施設で骨塩定量を施行した女性509例 (年齢は19歳から96歳,平均72.5歳)である. 高齢女性で手術を施行した大腿骨近位部骨折症 例は75例(頚部骨折28例 平均年齢83.2歳,転子 部骨折47例 平均年齢83.0歳)で,年齢は65歳か ら95歳、平均83.1歳、術後経過期間は平均24.6 カ月であった(表1)。骨折群について飯田³¹の 予後判定基準を用い予後評価を行い、長谷川式 痴呆診査スケール⁴¹を用い痴呆を判定した。また、 健側大腿骨近位部の BMD を測定し、大腿骨近 位部骨折例の術後成績と BMD の関連について 検討した。測定領域は大腿骨頚部、転子部およ

表1 対象

_		症例数	年齢	(平均)
非 骨	折群	434	19~96	(71.1)
骨折群	頚部骨折	28	$66 \sim 93$	(83.2)
	転子部骨折	47	65~95	(83.0)
計		509例	19~96歲	銭(72.5歳)

びWard三角(いずれも非骨折群では原則として左側、骨折群では健側)とした。

結 果

1. 基礎的研究

水厚を10 cm から 2 cm 毎に増加させ26 cm までは全ての測定領域で Area の変動は認めず, BMC は減少し、その結果 BMD は減少した(相関係数>-0.9)(図1)。また、水厚を28 cm 以上にした時、BMD が低い骨標本においては装置側の特性で骨組織と水の認識が成されないために解析が出来ない症例があり BMD の平均値は上昇した(図1)。しかし、皮質骨の多い頚部ではBMC および BMD の測定誤差は少なく、26 cm 以下と同様の相関係数(相関係数>-0.9)を得

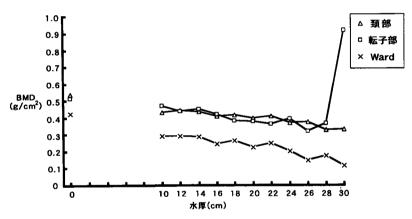


図1 水厚変動と BMD

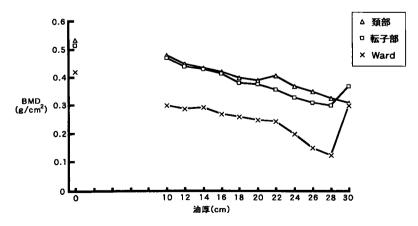


図2 油厚変動と BMD

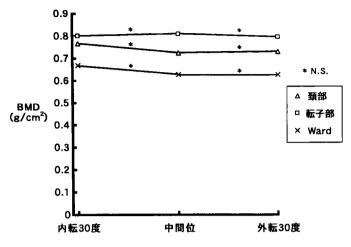


図3 内外転が BMD におよぼす影響

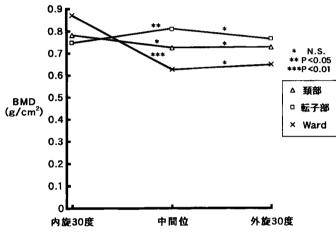


図 4 回旋が BMD におよぼす影響

た. また、油厚を10 cm から2 cm 毎に30 cm まで 増加させた実験系においては、全ての測定領域 で28 cm までは BMD の測定誤差は少なく、水 厚変動の実験系と同様の相関係数(相関係数>-0.9)をもって減少し、30 cm では頚部の BMD 以外は平均値の上昇を認めた(図2).

測定肢位による検討では、内外転(30度以内) はいずれの測定領域においても Area、BMC お よび BMD に有意な影響は認められなかった。 しかし、30度を越える肢位にすると、測定領域 の決定が出来ず測定不能となった(図3). 内外 旋の影響は、中間位に比較し内旋30度で頚部の Area は9.7%増加するが、他の測定領域では4.0~9.2%減少した。一方、転子部のBMCは減少し頚部および Ward 三角の BMC は増加し、その変化率の相違により BMD は結果として転子部で減少するものの、他の測定領域においては増加していた(図4)。また、外旋位では中間位に比較し、BMD はいずれの測定領域においても有意な変動は認めなかった(図4)。屈曲による影響は、いずれの測定領域においてもArea は減少し測定誤差の原因となるが、30度以内の屈曲では、BMD に有意な変動は認めなかった(図5)。

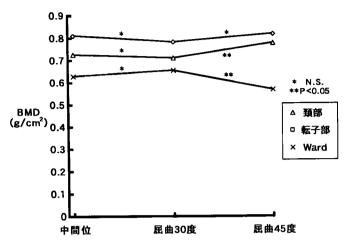


図5 屈曲が BMD におよぼす影響

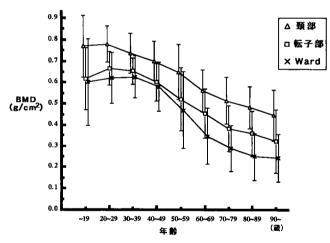
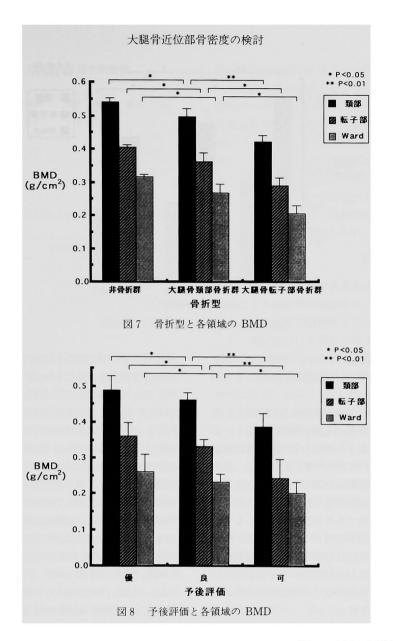


図6 年齢と各測定領域の BMD

2. 臨床的研究

非骨折群の最大骨塩量(peak bone mass)はいずれの測定領域でも20歳代に認められ、50歳代以降に BMD の減少を認めた(図 6). 非骨折群と骨折群の BMDを比較すると、骨折群のBMD が全ての測定領域において低値であった。また、骨折型による比較では、転子部骨折群のBMD が全ての測定領域で頚部骨折群より低値であった(図 7). 大腿骨近位部骨折症例75例の日常生活動作(以下 ADL)は、全例介助歩行以上の活動性を有し、予後評価では優12例(16%)、

良50例 (67%), 可13例 (17%) であった. 各評価群における BMD を比較すると, 予後不良例ほど BMD が全ての測定領域で低値であった(図8). また, 大腿骨近位部骨折症例75例のうち, 痴呆を合併していた症例は21例 (28%) で, 無欲型12例 (57%), 興奮型 9例 (43%) であった. 痴呆非合併例に比較し痴呆合併例の BMD が全ての測定領域で低値であり, 無欲型の痴呆を合併していた症例の BMD が興奮型に比較し全ての測定領域で低値であった (図9).



考察

DEXA 法による測定精度の研究では、一般的に K₂HPO₄溶液を水ファントム内に入れ水厚を変動させ BMD を測定した実験系で、水厚は10 cm から30 cm では BMD に変化がないとしている。しかし、本研究では、より生体に近い検体として系統解剖体より摘出した大腿骨近位部を用い、水厚および油厚を10 cm から30 cmまで 2 cm 間隔に変動させ、その BMD を測定した。K₂HPO₄溶液の BMD は、生体に比較し高値であるため、

10 cm から30 cm の間では水厚に影響されないが、 生体では BMD が K₂HPO₄溶液より低値である ため各領域間に変化率の差を生じたと考えられ る。また、水、油厚が増すと X線が減衰するた め、28 cm 以上になると BMD の低い骨標本で は、骨を認識できず解析不能となり、住居ら⁵の 報告と同様、体厚による BMD の変化が生じる と考えた。従って、測定値が水、油厚変動の影響を受けにくい測定領域としては、骨密度が高 く皮質骨の多い大腿骨頚部領域であると推察された。このことは、頚部領域以外は BMD が体

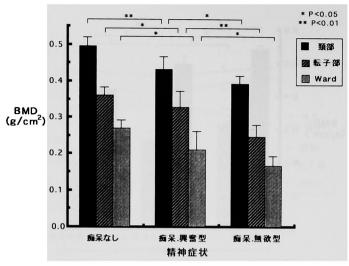


図9 痴呆類型と各領域における BMD

厚に大きく影響を受けるため、骨粗鬆症の定量 的評価を行う場合に、頚部領域の BMD を指標 にすべきであると考える。

大腿骨近位部骨塩定量は内旋位に比較し、自然肢位では見かけ上、大腿骨頚部は短縮し、転子間稜は頚部に重なり頚部のBMDは約12%過大評価されるという報告²)がある。しかし、高齢者では股関節の可動域制限があることが多く、内旋位を強制すると骨盤が傾き、厳密に30度内旋することは困難であり再現性に乏しくなる。大腿骨近位部骨標本を用いた本研究では、中間位と外旋位との間には有意な測定値の変動がなく、内旋位よりむしろ中間位から30度以内の軽度外旋位、即ち自然肢位での測定が再現性の点から有益と推察された。

骨折の危険因子として骨粗鬆症が存在することはよく知られている^{6,7)}. 骨塩定量法の臨床的意義は,骨粗鬆症の診断と治療効果判定および骨折の予防等にあり,骨折閾値についての報告^{1,6,8~12)}も散見される. また, 測定にあたり腰椎の BMD は骨の変形や大動脈の石灰化, さらに下位肋骨と骨盤の影響を強く受けるようになる. また体厚の呼吸性変動により誤差を生じ易いため, 骨粗鬆症の診断には, 大腿骨近位部の BMD が適していると考える.

本研究における臨床的検討では、当院で骨塩 定量を行った非骨折群509例の年齢別の BMD の 推移は諸家2,6,13)の報告と同様,最大骨塩量はいず れの測定領域においても20歳代に認められ、閉 経を迎える50歳代前後に BMD の著しい減少を 認めた、他方、骨折群の BMD を非骨折群と比 較すると、各測定領域において骨折群の BMD が低く、骨折部位の比較では頚部骨折群に比べ 転子部骨折群の BMD が低い傾向にあり、BMD が低値になるほど転子部骨折が起こりやすいと 推察される。骨折群と非骨折群を骨密度の差で 明確に分離することは困難であるが、骨折を予 防するためには大腿骨近位部骨折の骨折閾値の 設定が必要となる. 乗松7)らは健常者最大骨塩量 の80%すなわち0.67g/cm² を, Nordin らいは mean-2SD, Mazess 68.91 mean-4SD, Riggs ら^{11~13)}は sensitivity 90%, 藤原ら⁶⁾は sensitivity 80%をそれぞれ骨折閾値としている. 本研究の結果からは、骨折者の80%を含む値が 健常者の70歳以降のBMDに相当することから、 大腿骨近位部骨折の骨折閾値としての BMD 値 を頚部0.547, 転子部0.406, Ward 三角0.315g/ cm² とした (表 2). 藤原ら50の値に比較し、いづ れの領域もやや高値となったが、乗松ら15)の値に 比較すると低値となった。もし乗松らの0.670を 骨折閾値とした場合、60歳以上のほとんどが閾 値以下となり、不適切と考えた。また、骨折型 別に検討すると転子部骨折の骨折閾値(頚部 0.494, 転子部0.391, Ward 三角0.268g/cm²)が

表 2 大腿骨近位部骨折閾值

	自験例	乗松(1989)	藤原(1990)
頚 部	0.547	0.670	0.527
転子 部	0.406		0.386
Ward三角	0.315		0.268

(単位:g/cm²)

表 3 大腿骨頚部骨折および転子部骨折の骨折閾値

	頚部骨折	転子部骨折
頚 部	0.568	0.494
転 子 部	0.463	0.391
Ward三角	0.350	0.268

(単位:g/cm²)

頚部骨折の骨折閾値(頚部0.568、転子部0.463、 Ward 三角0.350g/cm²)と比較し低値であった(表 3)、大腿骨近位部骨折例75例の ADL は、全て 介助歩行以上の活動性を有し、飯田の予後判定 基準3)で優12例、良50例、可13例であり、予後不 良例ほど BMD が低く、杉浦らⁿの報告と同様 ADL が低いものほど BMD は低値をとってい た. 大腿骨近位部骨折において, 術前の機能評 価が低い症例ほど術後予後不良例が多くなるこ とから、術前の骨塩定量により術後の予後を予 測することが可能であると考えられた。また, 大腿骨近位部骨折に痴呆を合併していた症例は 21例 (無欲型12例, 興奮型9例) あり, 痴呆非 合併例に比べ痴呆合併例の BMD が低く, また 無欲型が興奮型に比べ BMD が低かった。無欲 型痴呆合併例では、活動性が低下しているため

に廃用性骨萎縮が招来された結果と推察される。 今後高齢者の骨折を減少させるために、骨粗 鬆症の早期発見,治療および予防が必要であり、 骨塩定量的検査は臨床的意義が高いと言える。 DEXA 法は骨塩定量的検査法として、再現性に 優れ、被爆線量が少なく簡便に測定が出来る装 置であるが、より再現性を高めるために測定部 位や測定肢位の統一を計るべきであり、本研究 から下肢を自然肢位(軽度外旋位)とした大腿

結 論

骨近位部の測定を推奨したい.

- 1. 大腿骨近位部骨密度測定において,水,油厚により測定値の変動を生じ,水,油厚28cm以上では測定値の信頼性が乏しかった.
- 2. 測定肢位は中間位が望ましいが,内外転,外旋位では肢位による測定誤差は少なかった.
- 3. 大腿骨近位部骨折患者の BMD は, 非骨 折例に比較し低値であり, 転子部骨折例は頚部 骨折例に比較しより低値であった.
- 4. 大腿骨近位部骨折術後予後不良例ほど BMD は低値であった。
- 5. 大腿骨近位部骨折に無欲型の痴呆症を合併した症例の BMD は、興奮型の痴呆症を合併した症例に比較し著しく低値であった。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました岡山大学整形外科学教室井上 一教授に深く謝意を表します。また直接御指導、御教示を賜りました岡山県立大学住居広士助教授に深謝いたします。また、DEXA 測定にご協力頂いた光生病院の佐能量雄先生、放射線技師の小野 敦先生に深謝いたします。

文 献

- 1) Nordin BEC: The definition and diagnosis of osteoporosis. Calcif Tissue Int (1987) 40, 57-58.
- 小泉 潔,内山 暁,荒木 力,日原敏彦,尾形 均,門澤秀一,可知謙治,大西 洋,大場 洋,遠山敬司:Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) による骨塩定量法の基礎的検討。日医放線会誌 (1990)
 50. 123-129.
- 3) 飯田鷗二, 田島剛一, 森 紀喜:70歳以上高齢者の手術について. 中部整災誌(1974) 17,661-665.
- 4) 長谷川和夫, 井上勝也, 守屋国光: 老人の痴呆診査スケールの一検討. 精神医学 (1975) 16. 965-969.
- 5) 住居広士,井上 一,花川志郎,井上貴雄,佐能量雄:DEXA 法による大腿骨近位部骨塩量の測定精度の 検討、日骨形態誌 (1992) **2**, 1-6.

- 6) 藤原敏弘, 串田一博, 岡本庄造, 和田充弘, 井上哲郎: 大腿骨近位部骨塩量の検討 大腿骨頚部骨折と骨塩量-. 中部整災誌 (1990) 33, 975-977.
- 7) 杉浦英志,佐藤啓二,三浦隆行,田川信正:骨粗鬆症,大腿骨頚部骨折,コーレス骨折における危検因子の検討. 日整会誌 (1992) 66,873-883.
- 8) Mazess RB: Bone density in diagnosis: Thresholds and break point. Calcif Tissue Int (1987) 41, 117—118.
- 9) Mazess RB, Barden HS, Ettinger M, Johnston C, Dawson HB, Baran D, Powell M and Notelowitz M: Spine and femur density using dual photon absorptiometry in US white women. Bone Mineral (1987) 2, 211-219.
- 10) Mazess RB: Fracture risk: A role for compact bone. Calcif Tissue Int (1990) 47, 191-193.
- 11) Riggs BL, Wahner HW, Dunn WL, Mazess RB, Offord KP and Melton III LJ: Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging. J Clin Invest (1982) 67, 328—335.
- 12) Riggs BL, Wahner HW and Seeman E: Changes in bone mineral density of the proximal femur and spine with postmenopausal senile osteoporosis syndrome. J Clin Invest (1982) 70, 716-723.
- 13) Riggs BL, Heiz W, Wahner L, Joseph M, Richelson LS, Judd HL and Offord KP: Rate of bone loss in the axial and appendicular skeletons of women: Evidence of substantial vertebral bone loss prior to menopause. J Clin Invest (1986) 77, 1487—1491.
- 14) 福永仁夫, 森田陸司: Dual Energy X-ray Absorptiometry (2). 躯幹骨と末梢骨: 骨ミネラル測定と骨粗 鬆症, 森田陸司編, メディカルレビュー社, 大阪 (1989) pp145—149.
- 15) 乗松尋道: Dual Photon Absorptiometry (DPA) による大腿骨中枢端骨塩量;骨ミネラル測定と骨粗鬆症, 森田陸司編, メディカルレビュー社, 大阪 (1989) pp 139—143.
- 16) Halle JS, Smidt GL, O'Dwyer KD and Lin SY: Relationship between trunk muscle torque and bone mineral content of the lubar spine and hip in healthy postmenopausal women. Physical Therapy (1990) 70, 690—699.

The evaluation of bone mineral density in the proximal femur measured by dual energy X-ray absorptiometry

Takao Inque

Department of Orthopaedic Surgery,

Kouki Hosipital, Yamaguchi 742-11, Japan

(Director: Prof. H. Inoue)

A study of bone mineral density (BMD) in the proximal femur in cases of neck fracture and cases of trochanteric fracture involving healthy females was conducted using dual energy X-ray absorptiometry (DEXA).

The femur of healthy females develops peak bone mass around age 20 and BMD drops significantly by age 50 and thereafter. Significantly low BMD values were noted in cases of fracture involving healthy females. BMD in cases of trochanteric fracture was found to be significantly lower than that in cases of neck fracture.

By studying post-surgery prognoses of fracture cases and cases complicated by dementia, BMD was found to be lower in patients with unsatisfactory prognosis, and was found to be significantly lower in cases complicated by dementia.

The precision of DEXA in relation to body thickness was also studied.

Notable error occurred at a thickness of 28cm or more. Error due to incycloduction and was also noted.