

# 大腿骨近位部BMD測定マニュアル

日本骨粗鬆症学会 骨強度評価委員会 (委員長：福永仁夫)

福永仁夫<sup>1)</sup> 曾根照喜<sup>1)</sup> 友光達志<sup>2)</sup>  
萩野浩<sup>3)</sup> 藤原佐枝子<sup>4)</sup> 三木隆己<sup>5)</sup>  
山崎薫<sup>6)</sup> 吉村典子<sup>7)</sup> 楊鴻生<sup>8)</sup>  
中村利孝<sup>9)</sup>

はじめに	中村利孝	2
1. 測定の意義	福永仁夫	3
2. 大腿骨近位部の解剖	山崎薫	4
3. 大腿骨近位部骨折の疫学 (国内, 国外)	吉村典子	7
4. 大腿骨近位部の BMD 測定	友光達志	11
5. 測定の基本性能	曾根照喜	21
6. BMD の基準値, 原発性骨粗鬆症の診断基準, 薬物治療開始基準	福永仁夫	22
7. 骨折のリスク評価	藤原佐枝子	24
8. 治療効果の評価	萩野浩	27
9. 各種疾患		
① 続発性骨粗鬆症	三木隆己	30
② 整形外科領域	楊鴻生	35
参考文献		38

<sup>1)</sup> 川崎医科大学放射線医学 (核医学), <sup>2)</sup> 川崎医科大学附属病院核医学診療部, <sup>3)</sup> 鳥取大学医学部附属病院リハビリテーション部, <sup>4)</sup> 放射線影響研究所臨床研究部, <sup>5)</sup> 大阪市立大学大学院医学研究科老年内科学, <sup>6)</sup> 浜松医科大学整形外科, <sup>7)</sup> 東京大学医学部附属病院 22 世紀医療センター関節疾患総合研究講座, <sup>8)</sup> 兵庫医科大学篠山病院整形外科, <sup>9)</sup> 日本骨粗鬆症学会理事長, 産業医科大学整形外科

## はじめに

日本骨粗鬆症学会理事長，産業医科大学整形外科 中村利孝

高齢者人口の増加が世界的な規模で進むなかで，骨粗鬆症による骨折予防の重要性はますます増大しつつあります。高齢者の骨折は，個人の健康を障害するだけでなく社会的にも大きな負担です。一方，この 10 年，日常診療においては骨粗鬆症治療薬の進歩と普及により，骨粗鬆症による骨折発生の危険性は，治療により確実に低下できることが確認されてきました。個人も社会も骨の健康の重要性を認識し，高齢者の骨折予防を現実的な課題として取り組んでいくことが必要となっています。

骨粗鬆症の診断に際しては，医療面接，身体診察，BMD 測定の 3 つが重要です。医療面接では食生活や運動習慣とともに家族歴，喫煙習慣，飲酒習慣など「臨床的な骨折危険因子」を具体的に聴取します。低 BMD は，高齢，既存骨折とともに強い骨折危険因子です。骨粗鬆症治療を行う可能性のある症例では，危険因子のない例でも，積極的に測定を勧めることが望まれます。骨折危険性は BMD とその他の骨折危険因子を総合して評価するのが基本でしょう。

BMD の測定は，当初は橈骨からスタートしましたが，機器の進歩により腰椎，大腿骨近位部などで測定できるようになりました。ビスフォスフォネートをはじめとして BMD 増加作用の著明な薬物が登場するとともに，治療による変化率の大きい腰椎での測定が，普及しました。その後，BMD には測定部位以外の他の部位の骨折危険性予知能があることも確認されてきましたが，同時に，測定部位での骨折危険性をもっとも強く予知することも明らかになってきました。また，腰椎は脊柱の加齢変化により修飾されやすいという問題点もあります。このため，近年，欧米の臨床試験や日常の骨粗鬆症診療では，大腿骨近位部での測定が標準になっています。実際，「骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版」でも，大腿骨近位部と腰椎の両方を測定することが望ましいと記載されています。しかし，わが国の高齢者は白人に比して大腿骨頸部軸長が短く，骨幹部の前方への彎曲が大きいという特徴があります。また，変形性膝関節症などにより下肢を完全に伸ばしきれない例も多く，大腿骨近位部よりも腰椎での測定を好む傾向がありました。

このような状況のなかで，このたび，福永先生を委員長とする日本骨粗鬆症学会骨強度評価委員会により，わが国の大腿骨近位部 BMD 測定の精度向上をめざして，「大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル」が上梓されました。精度向上のカギは，測定法についての基本的な情報の量とともに，現場での測定経験の増加だと思えます。データのフィードバックにより，測定時の注意点の詳細が実感されてくると，工夫もできます。再現性のよい測定結果を得るには，まず，「測定すること」が始まりです。本マニュアルが，わが国における大腿骨近位部 BMD 測定の普及のための第一歩となることを心から願っております。

## 1. 測定の意義

川崎医科大学放射線医学(核医学) 福永仁夫

日本骨粗鬆症学会は、骨強度評価委員会(委員長:福永仁夫)の事業の一つとして、「大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル」の作成を企画した。

大腿骨頸部骨折の全国調査は、1987年から5年ごとに4回行われている<sup>1-4)</sup>。それによると、年間の推定発生患者数は、人口の高齢化を反映して、1987年53,100人から1997年117,900人に増加している。また、大腿骨頸部骨折は患者のQOLを損ない、「寝たきり」の原因疾患として注目されている<sup>5)</sup>。大腿骨頸部骨折は骨粗鬆症性骨折のうち骨折後1年以内の死亡率が男性、女性ともに高く、すべての年代で非骨折例に比して過剰の死亡がみられる<sup>6)</sup>。

このように大腿骨頸部骨折は患者の予後やQOLに影響を与えるので、その予防は重要である。

大腿骨頸部骨折のリスク・ファクターとして、高齢、女性、低骨密度(BMD)以外に、①喫煙<sup>7)</sup>、②過度の飲酒<sup>8)</sup>、③ステロイドの使用<sup>9)</sup>、④骨折の家族歴<sup>10)</sup>が報告されている。

大腿骨頸部骨折の予知は、大腿骨近位部、腰椎、橈骨、踵骨のBMD測定で可能であるが、大腿骨近位部(BMDが1標準偏差(SD)低下

した場合の相対リスク(RR)=2.5~2.8)が他部位(RR=1.5~2.0)に比して良好である<sup>11)</sup>。この結果は、大腿骨近位部BMD測定の重要性を示唆している。

原発性骨粗鬆症の診断基準(2000年度)によると、BMD測定部位として、腰椎、大腿骨頸部、橈骨、第2中手骨、踵骨が女性では定められている<sup>12)</sup>。男性については、椎体および大腿骨頸部の骨折と非骨折の判別には、腰椎より大腿骨頸部のBMDの測定のほうが良好であることが示されている<sup>12)</sup>。

このように大腿骨頸部のBMDの測定は、骨粗鬆症の臨床に多くの有用な情報をもたらすものと期待される。

しかし、二重エネルギーエックス線吸収測定法(DXA)による測定精度(変動係数:CV)は、腰椎(1.2%)、橈骨(1.2%)、大腿骨頸部(2.0%)である。特に高齢者では測定肢位の保持が困難なため、大腿骨頸部の測定精度は不良である。このため、わが国では大腿骨近位部のBMD測定の普及は十分でない。

本マニュアルでは、大腿骨近位部のBMD測定を正しく行う方法を紹介するほか、骨粗鬆症の臨床における役割を概説する。

## 2. 大腿骨近位部の解剖

浜松医科大学整形外科 山崎 薫

### はじめに

ヒトの関節は屈曲と伸展の機能のみを有するいわゆる蝶番関節が大部分であるが、肩関節と股関節は回旋機能をもつ球状関節であり、解剖学的にも特異な形態をしている。本項では大腿骨近位部の測定を高い精度で行うために、それに必要と思われる基本的な解剖学を概説する。

### 1 大腿骨近位部の解剖

大腿骨近位部は大きく、骨頭、大腿骨頸部、転子部に区分される(図1)。

大腿骨頭は寛骨臼に対応する2/3球状を呈し、関節軟骨に被覆されている。日本人の骨頭径の平均は湿潤な状態で男性が49mm、女性43mmほどで米国人より1~2mm小さい。

大腿骨頸部は骨頭径より細く、骨頭と転子部を連結している。この形態は股関節運動時に臼蓋側とのimpingementを避けることと筋力の作用点の距離を大きくする(lever armの獲得)という利点があるが、逆に骨強度の面で弱点とも

なる。横断面はほぼ円形であるが転子部に近くなると楕円形を呈している。

転子部は外側の外転筋の付着する大転子、腸腰筋が付着する小転子、これらの中間を構成する転子間部により構成されている。

### 2 大腿骨頸部の三次元的傾き

#### 1) 頸体角

大腿骨の骨軸と頸部軸のなす角度を頸体角という(図1)。

この頸体角は幼少期にやや大きく、骨格の成長とともにやや減少する。この減捻は荷重や筋力の作用に対する個体の適応と考えられている。思春期以降になると頸体角はほぼ一定で130度である。

#### 2) 前捻角

大腿骨の内顆と外顆を結ぶ大腿骨横軸と頸部軸のなす角度を前捻角という(図2)。

右側股関節を撮影したCT像をみると関節の臼蓋はやや前開きであるのに対して、大腿骨の

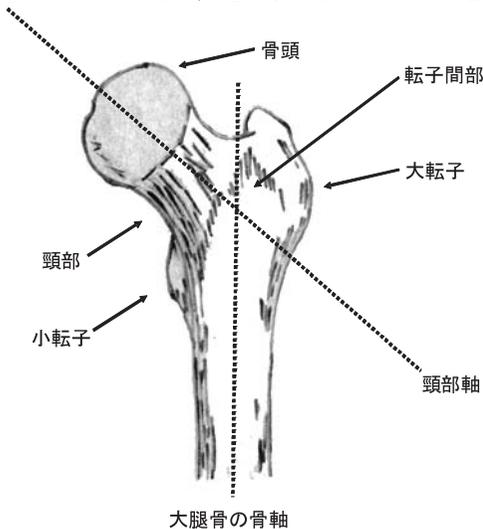


図1 大腿骨近位部の名称と頸体角  
大腿骨の頸部軸と大腿骨軸のなす角度が頸体角

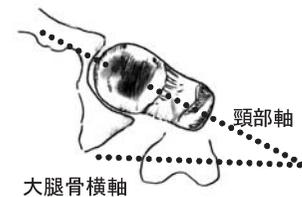
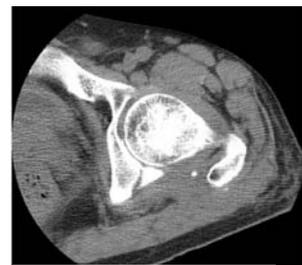
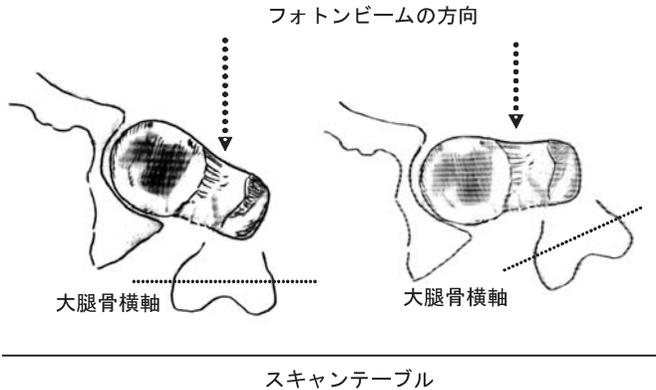
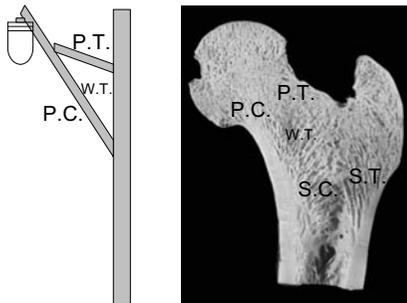


図2 前捻角  
大腿骨の頸部軸と大腿骨横軸のなす角度が前捻角



**図 3** 大腿骨近位部の測定で下肢を内旋位とする理由  
 下肢を内旋位とすることにより大腿骨頸部に対してフォトンビームが直交するため、正しい骨幅を得ることができる (右図)。内旋位にしないと頸部をビームが斜めに横断するため、骨幅が大きく骨塩量を過大評価する (左図)。



**図 4** 大腿骨近位部の骨梁構造  
 左は Ward が用いた張り出し街灯の模式図  
 P.C. : principal compressive group, P.T. : principal tensile group, S.C. : secondary compressive group, S.T. : secondary tensile group, W.T. : Ward's triangle

大転子は外後方にあり骨頭や大腿骨頸部は白蓋に外後方から関節の中心へ向かう。このとき、大腿骨の横軸 (膝部の内顆と外顆を結ぶ軸) はほぼ水平にあると仮定すれば、大腿骨頸部は転子部で前方向に捻転している形態をとっている。この大腿骨の横軸と頸部軸のなす角度が前捻角である。前捻角も頸体角と同様に幼少期には大きいですが、その後徐々に減捻し、成人の前捻角はおおよそ 20 度である。

**3 大腿骨近位部の測定で下肢を内旋位とする理由**

大腿骨頸部にこのような前捻角が存在するために大腿骨近位部の測定では下肢を内旋に固定して測定する必要がある。図 3 の左は下肢を中間位とした場合の模式図であるが、スキャンテーブルに対してフォトンビームの方向は直交しているため、この場合には大腿骨頸部にはビームが斜めに入り正しい骨幅とならず骨塩量が過大評価される原因となる。右のように下肢を内旋することにより大腿骨頸部はスキャンテーブルと平行となり、ビームが正しい骨幅を横断する。したがって、高い accuracy を得るためには測定時の下肢内旋は必須である。

**4 大腿骨近位部の骨梁構造**

立位ではその荷重が大腿骨頭から大腿骨頸部を介して斜め方向に転子部、骨幹部に伝わる。この形態は骨強度の面では大きな弱点であるが、その強度を補う意味で近位部には特有の骨梁構造がみられる。1938 年、Ward がこの骨梁構造を「張り出した街灯」に例えたことは有名である (図 4)。

大腿骨頸部内側の骨皮質から骨頭に走る主圧縮骨梁群 (principal compressive group), 外側骨

## 6 大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル

皮質より弧状に骨頭に向かう主引張骨梁群 (principal tensile group), 小転子内側から大転子方向に向かう副圧縮骨梁群 (secondary compressive group), 逆に外側骨皮質から転子間に向かう副引張骨梁群 (secondary tensile group) などが主な骨梁であり, 主圧縮骨梁群, 主引張骨梁群, 副圧縮骨梁群に囲まれた比較的骨梁が粗の領域を Ward 三角 (Ward's triangle) と呼ぶ (図 4)。

## 5 大腿骨近位部骨折の呼称

大腿骨近位部の骨折は, わが国では股関節の関節包付着部より内側の骨折を大腿骨頸部内側骨折, 関節包付着部より外側の骨折を大腿骨頸部外側骨折と呼んできた。それぞれの骨折に解剖学的特徴があり, 臨床的にも骨壊死・偽関節の発生率, 手術術式, 予後など全く異なる骨折であるが, いずれも大腿骨頸部骨折と総称してきた。

一方, 欧米では大腿骨頸部内側骨折を femoral neck fracture, 大腿骨頸部外側骨折を trochanteric fracture あるいは pertrochanteric fracture と呼称している。したがって, わが国でいう大腿骨頸部骨折が両者を含める言葉であるのに対して, 欧米では femoral neck fracture は大腿骨頸部内側骨折のみを意味し, そのため論文の解釈などで混乱する原因となっている。

最近, 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会が作成した大腿骨頸部・転子部骨折診療ガイドライン (南江堂, 2005 年) では, この点が整理され, 今後は大腿骨頸部内側骨折, 外側骨折という言葉は用いずに, 大腿骨頸部内側骨折は大腿骨頸部骨折, 外側骨折は大腿骨転子部骨折という名称で統一することが提唱された。この表現のほうが英文表記もわかりやすく, 今後は大腿骨近位部骨折の呼称をさまざまな分野でこれに統一すべきであろう。

### 3. 大腿骨近位部骨折の疫学（国内，国外）

東京大学医学部附属病院 22 世紀医療センター関節疾患総合研究講座 吉村典子

#### はじめに

平成 18 年度高齢社会白書<sup>13)</sup>によると、わが国の 65 歳以上の高齢者人口は 2,560 万人であり、高齢化率（総人口に占める高齢者の割合）は 20.04% となって初めて 20% を超え、今後ますます増加していくと予想されている。人口の高齢化に伴い増加が予想される疾患のうち、原発性骨粗鬆症は、「骨量の低下、骨組織の微細構造の変化を特徴とし、骨の脆弱化とその結果、骨折の危険の増大をきたした疾患」<sup>14)</sup>であり、また骨強度が低下することにより骨折のリスクが高くなる骨の障害<sup>15)</sup>とも認識されている。

骨粗鬆症による骨量の低下は無症状で進行することが多いが、その合併症である骨折は、高齢者の生活の質（quality of life : QOL）を著しく阻害する。平成 16 年の国民生活基礎調査<sup>16)</sup>によると、骨折・転倒は、脳血管疾患、高齢による衰弱について、介護が必要となった主な原因の 3 位である。骨折や転倒は骨粗鬆症の合併症として知られており、骨粗鬆症による骨折のなかでも大腿骨近位部骨折の発生は加齢とともに指数関数的に増加することが明らかになってきている<sup>17)</sup>。骨粗鬆症とそれによる骨折の予防は、高齢化が急速に進むわが国において焦眉の課題であることは明らかである。

本章では、大腿骨近位部骨折の疫学として、その頻度と予後を明らかにし、さらにエビデンスのある危険因子を提示して、本疾患の予防の一助としたい。

#### 1 大腿骨近位部骨折と大腿骨頸部骨折

大腿骨近位部骨折の頻度について述べる前にまず用語について確認しておきたい。わが国においては、これまで大腿骨近位部骨折とは、大腿骨頸部内側骨折（関節包内骨折）と大腿骨頸部外側骨折（関節包外骨折）とに分類され、広

義の大腿骨頸部骨折として取り扱われてきた。しかし近年では、大腿骨頸部内側骨折を狭義の大腿骨頸部骨折（femoral neck fracture）、外側骨折をその部位により転子部骨折（trochanteric fracture）、転子間骨折（intertrochanteric fracture）、転子貫通骨折（peritrochanteric fracture）などとよぶことが多くなっている。このような用語の移行により、単に大腿骨頸部骨折と記述した場合、広い意味で大腿骨近位部骨折（fracture of proximal femur、あるいは hip fracture）を指すのか、あるいは狭義の大腿骨頸部骨折（femoral neck fracture）を指すのかを厳密に分類するのは困難である。

次項より述べるわが国の疫学調査結果は、いずれも大腿骨「頸部」骨折の疫学調査として結果を得たものである。特に 1988 年から行われた大腿骨「頸部」骨折の全国調査では、全国の多くの医療機関の協力を得て、本疾患の発生率とその推移を明らかにし、本疾患の予防対策の上で大きな成果をあげた。そのため、次項より疫学結果については、調査内容に合わせて大腿骨近位部骨折ではなく大腿骨頸部骨折を見出しとした。しかしながら大腿骨「頸部」骨折の全国調査では、内側、外側骨折両方を含んだ hip fracture の頻度について全国の医療機関に照会を行っているので、この結果を広義の大腿骨頸部骨折、すなわち大腿骨近位部骨折と読みかえてもよい。さらに、海外の疫学結果は hip fracture について述べたものが多く、大腿骨の部位について厳密な分類を行っていないものも多いため、これもまた大腿骨近位部骨折の結果と読みかえてよいと考える。

#### 2 大腿骨頸部骨折の発生率とその推移

1988 年わが国における初めての大腿骨頸部骨折についての全国規模の疫学調査が厚生省シ

8 大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル

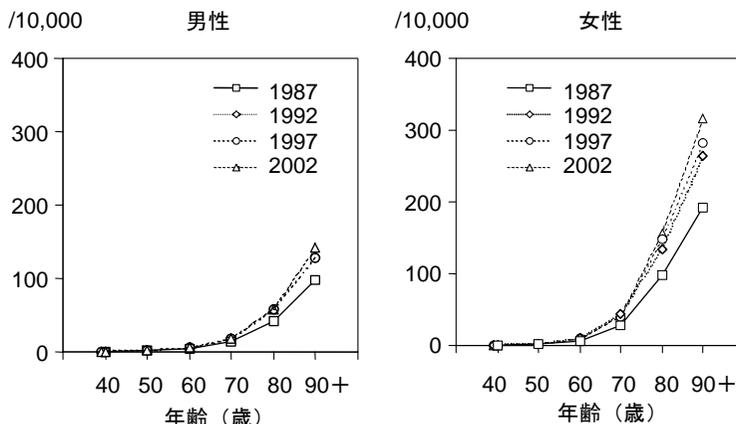


図5 大腿骨頸部骨折の発生率 (1987~2002年)<sup>17)</sup>

ルバーヘルスサイエンス研究老人性骨粗鬆症の予防および治療に関する総合的研究班(1987年:班長 折茂肇)<sup>1,18)</sup>により実施された。その後、この全国調査は5年ごとに厚生省骨粗鬆症の予防に関する総合研究班(1992年:班長 折茂肇)<sup>2,19)</sup>、厚生省骨粗鬆症予防のための危険因子に関する研究班(1997年:班長 折茂肇)<sup>20,21)</sup>により引き継がれ、2004年には厚生労働科学研究長寿科学総合研究事業骨粗鬆症におけるテーラーメイド医療の確立に関する研究班(班長 折茂肇)による15年目の大腿骨頸部骨折全国頻度調査結果が報告された<sup>22,23)</sup>。この報告によると、2002年の大腿骨頸部骨折発生数は117,900人(男25,300人,女92,600人)と推定され、初回(53,000人:男13,500人,女39,600人)、第2回調査時(76,600人:男18,700人,女57,900人)、第3回調査時(92,400人:男20,800人,女71,600人)の患者数を大きく上回っていることがわかった。年代別で見ると、発生率は年齢とともに上昇し、80歳代では1年に10,000人あたり123人、90歳以上では1年に10,000人あたり271人が骨折をしていることがわかった(図5)。大腿骨頸部骨折はこの15年間で患者数が増加しておりその傾向に歯止めがかかっていないこと、80歳以上の高齢者では発生率が上昇していることが明らかとなった。集団全体の高齢化が今後も進むことを考慮すると、患者数は

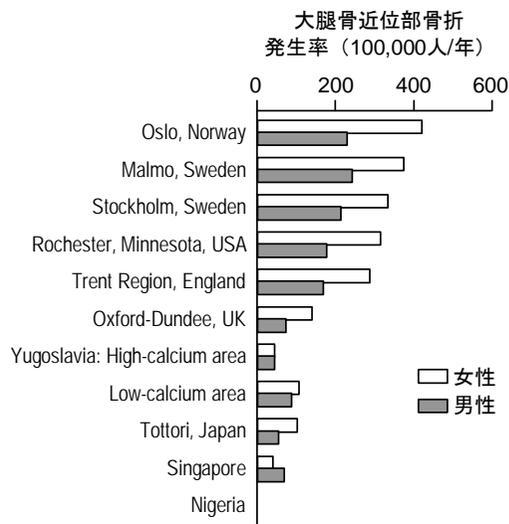


図6 大腿骨近位部骨折発生率の国際比較 (文献22, 23より作成)

今後もさらに増加することが予想される。

しかしその一方、国外に目を向けてみると、欧米諸国に比べて大腿骨頸部骨折の発生率はまだ低いと考えられる。2003年WHOから刊行されたテクニカルレポート921「Prevention and Management of Osteoporosis」には世界各地の35歳以上の年齢補正大腿骨近位部骨折の頻度が示され、わが国では鳥取県のデータが記載されている<sup>22,23)</sup>。この結果から、わが国の大腿骨近位部骨折は女性では北欧の1/3以下、欧米の

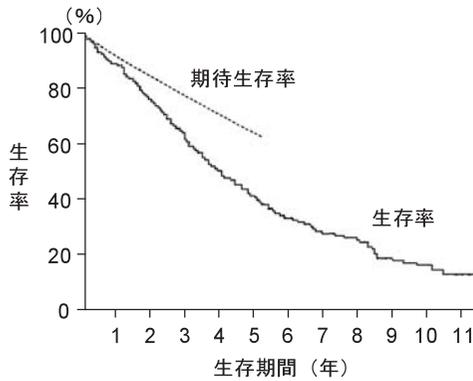


図7 大腿骨頸部骨折患者の生存率および期待生存率<sup>25)</sup>

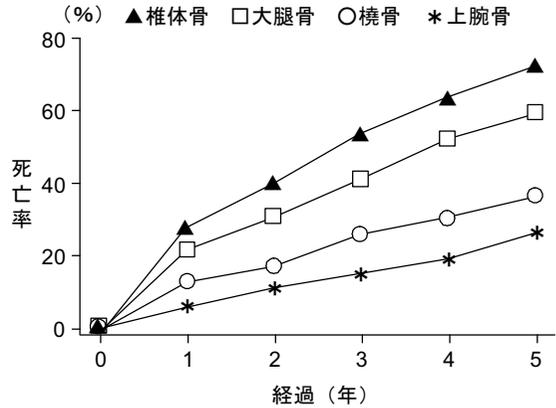


図8 骨粗鬆症性骨折の生命予後<sup>28)</sup>

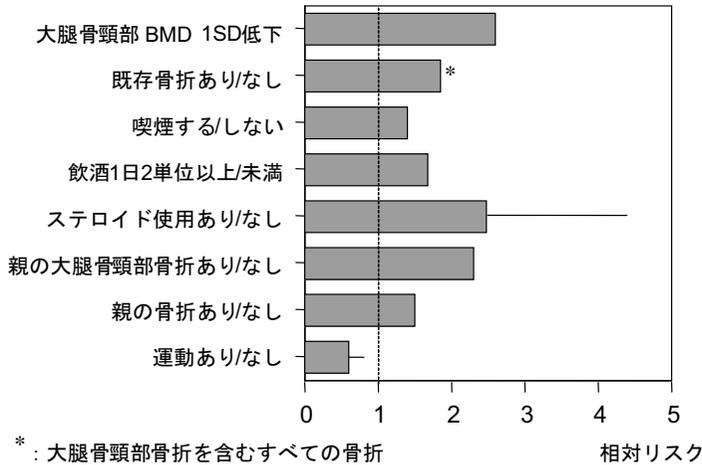


図9 大腿骨頸部骨折の危険因子 (文献30より引用改変)

約 1/2 であり、男性では欧米、北欧との差はもっと大きい。しかし同じアジアグループのシンガポールと比較すると、男性ではシンガポールよりも低いが、女性は2倍以上高くなっている(図6)。またアジアにおいては2050年までには世界のすべての大腿骨頸部骨折の半分がアジアで起こり、年あたり300万件以上にもなると予想されている<sup>24)</sup>。

### 3 大腿骨頸部骨折の予後

わが国における骨粗鬆症による骨折の生命予後に関する研究において、Murakiらは65歳以上の大腿骨頸部骨折患者480人を追跡し、1年

生存率は男性83.1%、女性89.1%であり大腿骨頸部骨折患者は期待値よりも低いことを報告した<sup>25)</sup>(図7)。わが国においては大腿骨頸部骨折症例では受傷後3~6ヵ月の死亡率が高く、1年生存率は80~90%とする報告が多い<sup>26,27)</sup>。

国外でみると、骨粗鬆症による骨折後の死亡率について、Johneil<sup>28)</sup>らは、Malmoの2,847人の骨折患者を追跡し、骨折部位別に骨折後の死亡率を同定した(図8)。彼らは、大腿骨頸部骨折、椎体骨折、上腕骨折においては死亡率は骨折後すぐに著明に上昇するが、骨折後1年を経過すると死亡率の上昇には歯止めがかかると報告した。しかし大腿骨頸部骨折、椎体骨折にお

## 10 大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル

いては、骨折後 5 年がたってもその死亡に対する相対危険度は有意に高いことも明らかにしている。この報告以外にも、大腿骨頸部骨折については骨折後、死亡率が上昇するとの多くの報告が認められる<sup>6,29)</sup>。

### 4 大腿骨頸部骨折の危険因子

骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版には、骨粗鬆症による骨折の危険因子<sup>30)</sup>として、メタアナリシス、システマティックレビューによる結果がまとめられている。ここから大腿骨頸部骨折の危険因子についてみると、年齢、性別（女性）、低骨密度<sup>31)</sup>のほかに、BMD と独立した危険因子として、既存椎体骨折<sup>32)</sup>、喫煙<sup>7)</sup>、飲酒<sup>8)</sup>、ステロイド使用<sup>9,33)</sup>、骨折家族歴<sup>10)</sup>、運動なし<sup>34)</sup>があげられる。さらに椎体骨折、大腿骨頸

部骨折も含んだ骨粗鬆症性骨折についてみると、上記に加えて既存骨折<sup>35)</sup>、体格が小さいこと (BMD を調整しない場合) が危険因子となること<sup>36)</sup>が明らかになった (図 9)。

### おわりに

骨粗鬆症に伴う骨折のうち、大腿骨近位部 (大腿骨頸部) 骨折の疫学として、頻度と予後、危険因子について述べた。骨粗鬆症の診断基準に大腿骨頸部の BMD がその指標として採用されており、大腿骨近位部骨折の予測に関する疫学はさらに進歩すると思われる。わが国の大腿骨近位部骨折の発生率は 80 歳代から急上昇することから、本疾患の予防のためには、今後も息の長い疫学調査を持続し、頻度と危険因子の推移を明らかにしていくことが必要である。

## 4. 大腿骨近位部の BMD 測定

川崎医科大学附属病院核医学診療部 友光達志

### はじめに

大腿骨近位部の BMD (g/cm<sup>2</sup>) 測定は、骨粗鬆症の診断のみならず薬剤による治療効果の判定などに応用され、臨床的な重要性が増加している。特に欧米では、大腿骨近位部の BMD 測定は腰椎以上に重要視されている。わが国においても、骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版で腰椎と同様に大腿骨近位部の BMD 測定の使用が勧告されている<sup>37)</sup>。しかし、大腿骨近位部の BMD 測定では、スキャン時の位置付けや解析の方法などによって、腰椎の BMD 測定よりも BMD 値の再現性が低下する欠点がある。

したがって、二重エネルギーエックス線吸収測定法 (dual-energy X-ray absorption-metry : DXA) による大腿骨近位部の標準測定法を定める必要がある。

大腿骨近位部の標準測定法は、わが国では 1999 年に日本放射線技術学会<sup>38)</sup>から、欧米では The International Society for Clinical Densitometry (ISCD) からそれぞれ報告されている。しかし、日本放射線技術学会の報告から既に 7 年が経過し、その間に DXA 装置の改良や新しい技術の導入があり、報告されている標準測定法が現状にそぐわない面も生じてきた。また、

表 1 ファントムによる BMD 値の評価の手順

絶対値による評価	CV 値による評価
<p>1) 測定：①装置付属の基準ファントムを用いる。 ②測定回数は 1 回、毎日とする。 ③得られたデータの骨塩等価物質の BMD 値を算出する。</p> <p>2) 評価：ファントムに付されている BMD 値もしくは装置導入時に設定された BMD 値と SD を基準値として、測定された BMD 値の偏差を算出して評価する。 BMD 値の偏差 = (測定値 - 基準値の BMD) / 基準の SD</p> <p>3) 判定：①判定基準値 (a) <math>-1.0 \sim +1.0</math> SD (b) 片側に連続して 3 回が <math>1.0 \sim 2.0</math> SD (c) <math>\pm (2.0 \sim 3.0)</math> SD (d) <math>\pm 3.0</math> SD 以上 ②再校正の要、不要 (a) の場合は、再校正は不要とする。 (b) および (c) の場合は、基準ファントムを連続 10 回以上測定して BMD の平均値と SD を算出し、基準値との有意差検定 (Student <i>t</i>-test) を行う。5% 未満の危険率で有意差が認められた場合は再校正を実施する。 (d) の場合は、再校正を実施する。</p>	<p>1) 測定：①測定付属の基準ファントムを用いる。 ②測定回数は 10 回、1 回/月とする。 ③得られたデータの骨塩等価物質の BMD 値を算出する。</p> <p>2) 評価：BMD 値の CV 値を算出する。</p> <p>3) 判定：①判定基準値 (a) <math>CV \leq 0.5\%</math> (b) <math>CV &gt; 0.5\%</math> ②再校正の要、不要 (a) の場合は、再校正は不要とする。 (b) の場合は再校正を実施する。</p>

## 12 大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル

ISCD の方法では、わが国で広く行われている定量法と若干異なる点が存在する。

これらの背景から、DXA による大腿骨近位部の BMD 測定を普及させるために、現状に即した標準測定法を定める必要がある。

### 1 標準測定法

#### 1) ファントムによる BMD 値の校正

BMD 値の精度管理を行うために装置付属のファントムを測定し、得られた BMD 値を絶対値と CV で評価する。その手順は表 1 に示す通りとする。

#### 2) 定量法

##### ①検査前の手順

##### (1) 被検者の選択

BMD 測定の対象疾患としては、骨粗鬆症（続発性を含む）が第一であり、その他 BMD の増減をきたす代謝性骨疾患などがあげられる。本来 BMD 測定に不適な対象としては、体内の除去不可能なアーチファクトを生じるインプラントなどを有する患者があげられる。そのほか、消化器等の造影検査や核医学検査を施行した症例についても、検査後早期の定量は避けるべきである。また、表 2 に示す疾患については、異

常な BMD 値を呈する場合があるので留意が必要である。

##### (2) 検査内容の説明と安全管理

本検査は、(i) 痛みがなく、注射もしない非侵襲的な検査であり、(ii) 検査時間が短く、(iii) 放射線被曝も低レベルであることを説明する。車いすやストレッチャーで搬送されてきた患者、点滴やハルンバッグなどを装着している患者、視覚障害や聴力障害を有する患者および小児患者については、介助や特別の配慮が必要である。また、検査台への昇降に際しては、転落や転倒を防止するために足踏み台の使用や介助を行う必要がある。さらに、妊娠可能な女性患者に対しては、妊娠の有無を確認することも不可欠である。

表 2 大腿骨の BMD 値に異常を呈する疾患

関節炎：骨関節炎，リウマチ，その他
骨硬化
骨折
小児マヒ
くる病
骨 Paget 病
多発性硬化症
麻痺
多発性骨髄腫

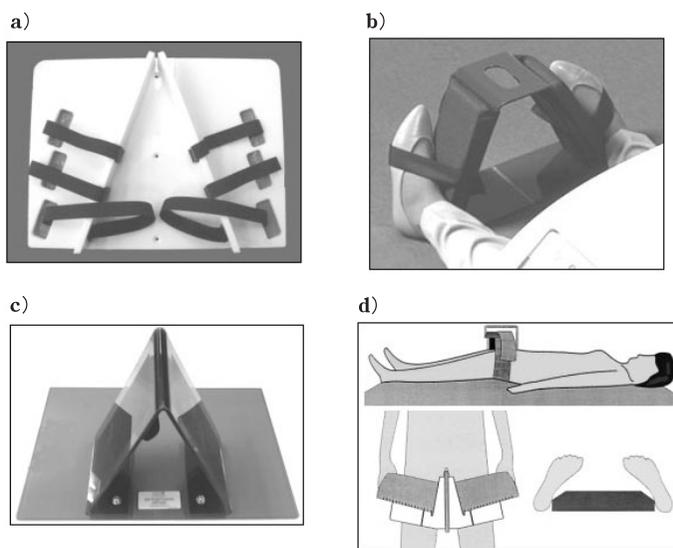


図 10 各社の固定具

a) Aloka, b) GE, c) Hologic, d) Norland

②スキヤンの手順

(1) 患者に対する準備

- ・体外の除去可能なアーチファクトを生じる金属、プラスチックもしくは高密度物質などを除去する。可能であれば検査着の着用が望まれる。
- ・身長と体重の計測を行う。

(2) 測定のための位置付け

- ・測定対象側は、左右いずれを選択してもよい。
- ・被検者の体位は、仰臥位で下肢を内旋 20 度とし、大腿骨の前捻角を補正する。その際、体位保持のために固定具を使用する (図 10)。
- ・被検者の正中線と装置本体とが平行であることを確認する。
- ・レーザービームで位置を確認しながら、検出器を測定開始位置に合わせる。ただし、測定開始位置は表 3 に示すように機種によってスキヤン方向が異なるため、大転子を目印とし

てそれぞれ機種に応じて上方、下方、外側あるいは内側の開始位置に合わせる。

- ・スキヤンモード (表 3) を選択し、スキヤンを開始する。ただし、必要に応じて大腿骨外側の空気層の混入を防止するために、組織等価物質 (水、米など) を併用する。

(3) 患者情報

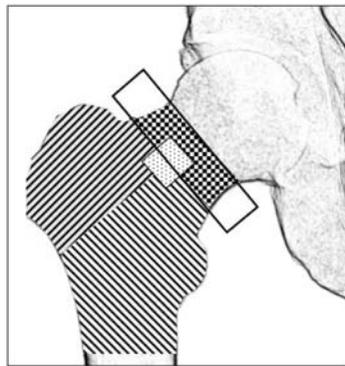
- ・新患の場合、情報をコンピュータに入力する。
- ・1 患者につき 1 データファイルとし、2 回以上の重複入力は行わない。
- ・既に患者情報が入力されていないかチェックする。
- ・経過観察の検査では、患者情報をコンピュータのデータベースから取り出し、必要に応じてそれを更新して使用する。

(4) スキヤン

- ・患者に対して、(i) 検査中は動かないこと、(ii)

表 3 大腿骨近位部の BMD 測定装置とそのスキヤンモードおよびスキヤン方向

メーカー名	機種名	スキヤンモード	スキヤン方向
Aloka	DCS-3000	標準	外側→内側
	DCS-900	標準	外側→内側
Lunar	DPX-L	3000 $\mu$ A Fast	内側→外側
	DPX- $\alpha$	3000 $\mu$ A Fast	内側→外側
	DPX-LIQ	3000 $\mu$ A Hi-Res Fast	内側→外側
	DPX $\alpha$ IQ	3000 $\mu$ A Hi-Res Fast	内側→外側
	EXP-5000	5mA Fast	下方→上方
	DPX-MD+	標準	内側→外側
	DPX-NT	標準	内側→外側
	DPX-BRAVO	標準	内側→外側
	Prodigy	標準	内側→外側マルチ
iDXA	標準	内側→外側マルチ	
Hologic	QDR-1000	Performance	外側→内側
	QDR-2000	Array	下方→上方
	QDR-4500	Array	下方→上方
	Delphi	Array	下方→上方
	Explorer	Array	下方→上方
	Discovery	Array	下方→上方
Norland	XR-26	標準	内側上方→外側下方
	XR-36	標準	上方→下方
	XR-46	標準	上方→下方



- 頸部
  - ▨ 転子部
  - ▨ 転子間部もしくは骨幹部
  - Ward 三角
- Total = 頸部 + 転子部  
+ 転子間部もしくは骨幹部

図 11 大腿骨近位部 BMD の計算領域

通常の呼吸でよいこと、(iii) 検査時間などを知らせる。

- ・ディスプレイ上に描出されるイメージで大腿骨の位置を確認し、不適切な場合（スキャン開始位置の不良や体動など）にはスキャンを停止する。そして、再スキャンはディスプレイ上に表示されているイメージを参照して、至適開始位置に合わせて行う。
- ・スキャンの終了は、下記のチェックリストの全項目が満足されるデータが得られた場合とする。

【チェックリスト】

- a) 大腿骨骨幹部が真っ直ぐになっているか
- b) 大腿骨頸部、大転子および大腿骨骨頭が完全に描画されているか
- c) 骨盤と大腿骨頸部に十分な領域があるか
- d) Total の計算に必要な関心領域 (ROI) が設定できるか
- e) 体動やアーチファクトはないか

③データの解析

(1) 計算範囲は、大腿骨頭および小転子を十分に含む範囲に設定する。ただし、Norland では大腿骨頸部を十分に含む範囲とする。GE と Norland では、計算範囲はスキャン領域で決定されるのに対し、Aloka では小転子の下端（下方 0mm）、大転子外側 2mm で骨頭が含まれる範囲に、Hologic では小転子の頂点から下方 30mm、大転子外側 5mm で骨頭が含まれる範囲に設定する必要がある（図 11）。

(2) 大腿骨頸部 ROI の設定は、坐骨や大転子部と計算 ROI が重ならないように留意し、大腿骨頸部の最狭部に設定する。

(3) 大腿骨頸部計算 ROI は、大腿骨頸部幅が狭い症例を除き、自動的に表示される 10mm 幅を用いる。

(4) 2 回目以降の検査については Compare モードの使用もしくは前回の print-out を参照して、可能な限り前回と同様の設定を行う。また、Hologic では計算範囲 (Global ROI) のサイズを前回と同様に設定する。

(5) 再解析は、ベース・ラインの設定ミス、大腿骨頸部 ROI 設定の不良などの場合に行う。原因が明らかな事例以外は、骨面積値が前回に比して 5% 以上異なる場合には実施する。

④解析結果

大腿骨近位部の BMD 値は、図 12 に示す領域の値が得られる。しかし、得られる領域の BMD 値は機種によって異なる。Aloka では Neck (大腿骨頸部)、Trochanter (大転子部)、2 つの Ward's Triangle (ワード三角) および Total の 5 種類が、GE では大腿骨頸部、転子部、Shaft (骨幹部)、Ward 三角および Total の 5 種類が、Hologic では大腿骨頸部、転子部、Intertrochanter (転子間部)、Ward 三角および Total の 5 種類が、Norland では大腿骨頸部、転子部および Ward 三角の 3 種類がそれぞれ得られる。これらのうち大腿骨近位部の BMD 値としては、大腿骨頸部もしくは Total を採用する。

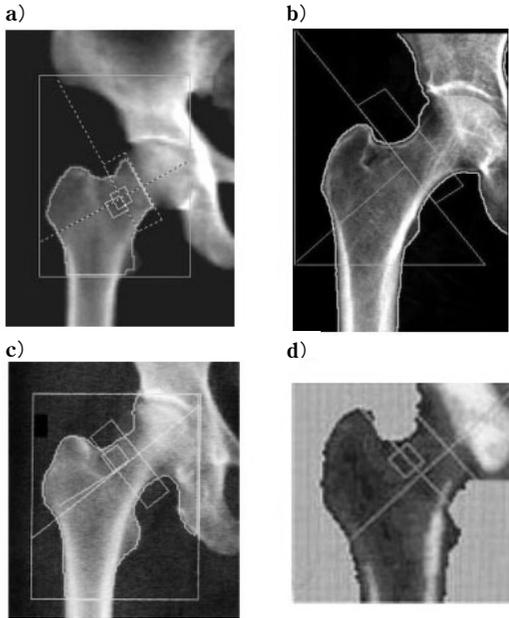


図 12 各社の計測例  
a) Aloka, b) GE, c) Hologic, d) Norland

## 2 ISCD の測定法

ISCD では、医師を対象とした Clinical Densitometrist と、技師を対象とした Densitometry Technologist の資格認定が行われている。資格認定は講義と認定試験からなっており、講義には ISCD が定めた標準的な測定法が取り入れられている。この ISCD の測定法の概要と本稿に示した測定法との違いについて記載する。

### 1) 機種と部位

ISCD の測定法は、機種として Hologic、GE および Norland に、部位は腰椎、大腿骨近位部および橈骨遠位部に限定されている。また、橈骨遠位部については全身骨用の DXA 装置による測定法が定められているのみである。なお、踵骨や全身骨の測定法や、橈骨専用装置に対する測定法は定められていない。

### 2) 大腿骨近位部測定

ISCD の測定法は、本稿に示した標準測定法とほぼ同様の内容が定められている。ただし、Hologic における①スキャン範囲、②計算 ROI の設定位置の 2 点についてのみ両者の間に差が

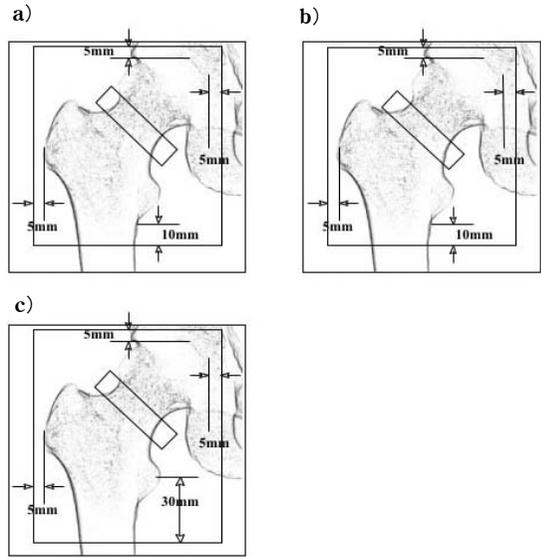


図 13 大腿骨頸部 ROI と Global ROI の設定法  
a) 日本骨代謝学会, b) ISCD, c) 今回の標準測定法

みられる。

#### ①スキャン範囲

ISCD におけるスキャン範囲は、計算に必要な範囲のみならず大転子部中央が画像の中央に位置付けられる領域となっている。それに対して本稿で示した標準測定法では、計算に必要な範囲をスキャン範囲とした。それは、ISCD では、計算に不必要な範囲をスキャンすることによる無用の被曝を与える欠点を有するからである。なお、Hologic では、Global ROI の設定範囲のみが BMD 値の計算に用いられるため、スキャン領域の差が BMD 値に影響することはない。

#### ②ROI の設定位置

両法における ROI の設定位置の違いは、大腿骨頸部 ROI と Global ROI にみられる。図 13 に、日本骨代謝学会の基準値設定時、ISCD および今回の標準測定法における大腿骨頸部 ROI と Global ROI の設定を示す。

大腿骨頸部 ROI は、ISCD では大転子に接するように、今回の標準測定法では大腿骨頸部の最狭部に設定するようにそれぞれ定義されている。今回の標準測定法において大腿骨頸部 ROI を最狭部に設定すると定義したのは、現在日本

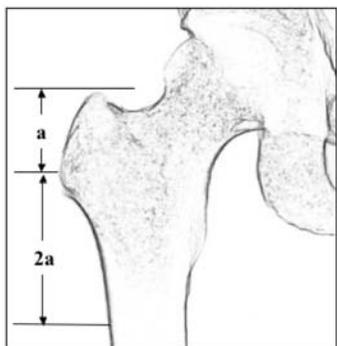


図 14 Global ROI 下方の設定法

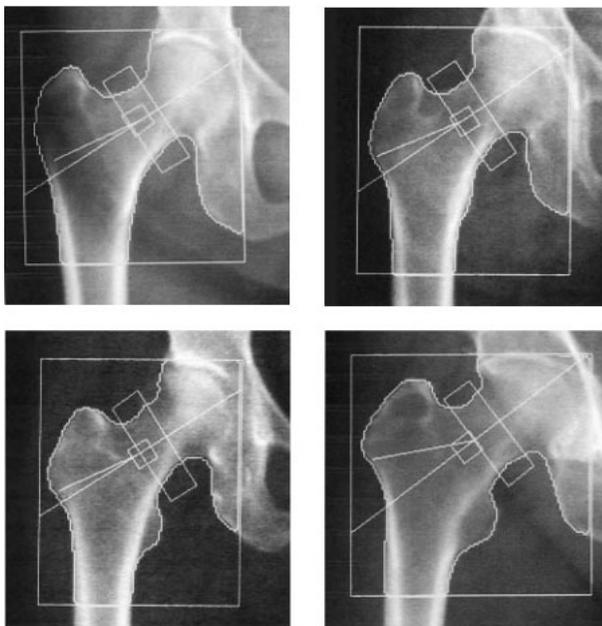


図 15 小転子の描出程度の個体差

骨代謝学会から出されている大腿骨頸部 BMD 値の基準値を定めた時点では、Hologic も最狭部に大腿骨頸部 ROI を設定するようになっていたからである。したがって、日本骨代謝学会の基準値が ISCD に沿った方法で解析されたデータに基づいて再設定されるまで、従来大腿骨頸部 ROI の設定法を継続して用いることにした。

Global ROI の下方のラインの設定は、ISCD では Hologic の操作マニュアルに記されている小転子の下端から 10mm と定められている。また、小転子が見えない場合は大転子の最突出部までの長さの 2 倍の位置とされている (図 14)。しかし、この方法では図 15 に示すように大腿骨の前捻角の個体差あるいは下肢の内旋角度の少しの違いによって小転子の見え方が異なってくるので、Global ROI 設定領域の被検者間の統一性が損なわれることになる。そこで、今回は Global ROI の下方のラインの設定を、小転子の頂点から下方 30mm の一定値を採用した。

### 3 参考資料

#### 1) 患者情報の入力

コンピュータに入力する患者情報は 1 患者に

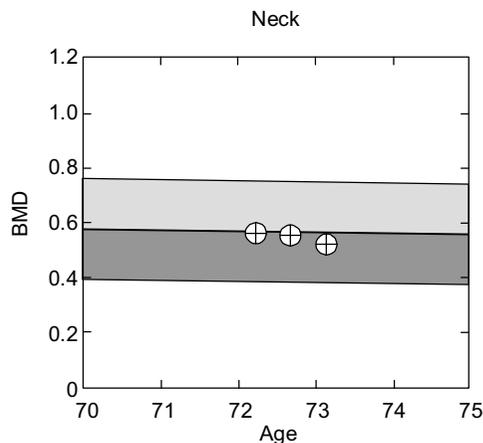


図 16 BMD 値のトレンド

つき 1 データファイルとし、2 回以上の重複入力は行わない。つまり、データを入力する前に既に患者情報が入力されていないかチェックする必要がある。このようにして患者情報入力の

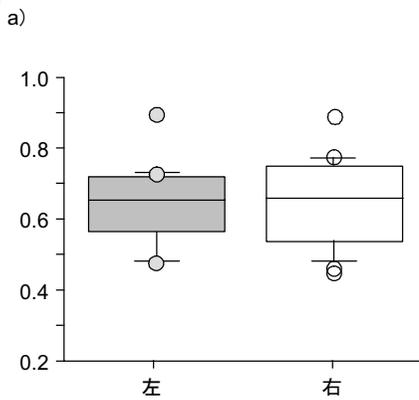


図 17 BMD 値の左右差

a) 大腿骨頸部 (n=18), b) 橈骨遠位部 (n=79)

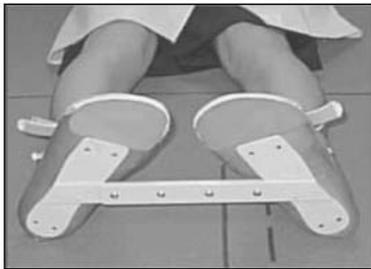
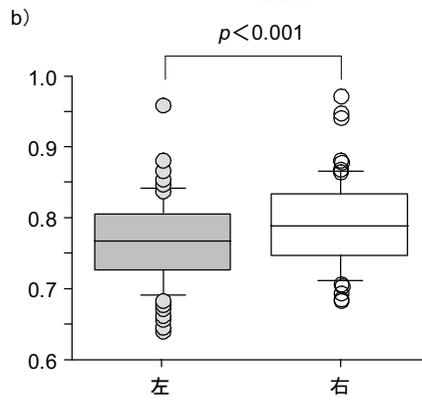
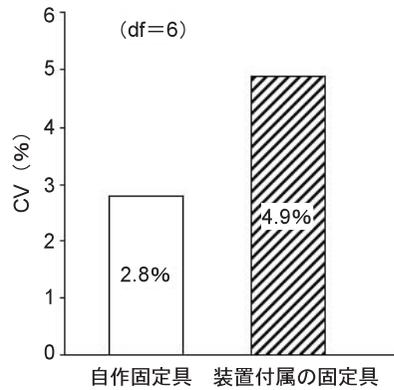


図 18 靴型固定具と前捻角の再現性



重複を避けることにより、解析の際に Compare モードの使用が容易となるばかりでなく、図 16 に示す BMD 値のトレンドの把握も可能となる。

経過観察の検査では、患者情報をコンピュータのデータベースから取り出し、必要に応じてそれを更新して使用する。ここでは、入力されている患者情報のすべての項目の変更が可能であり、その変更内容が過去のデータにも反映される。ただし、身長と体重については過去のデータには反映されない。身長と体重は各測定データに固有のデータとして記憶されており、身長の短縮や体重の増減を把握できるように工夫されている。

2) 測定側

大腿骨近位部と橈骨遠位部の BMD 値の左右差について、右利きを対象として検討した結果を図 17 に示す。大腿骨頸部 BMD 値には左右差が認められないのに対し、橈骨遠位 1/3 の BMD 値は右側の方が有意な高値を示した。この結果は、測定側として大腿骨近位部では左右どちらを採用してもよいことを、橈骨遠位部では非利き腕を採用すべきであることを示している。ただし、左右差が認められない大腿骨近位部においても、経過観察中の測定側の変更は避ける。

3) 固定具

大腿骨近位部の BMD 測定において、大腿骨の前捻角を適正に補正し、かつ再現性に優れた固定法を用いることが重要である。大腿骨の前

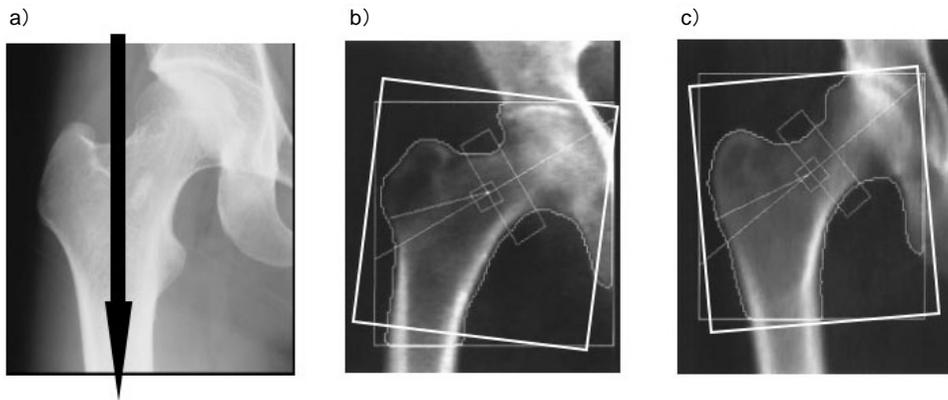


図 19 スキャンの位置付け  
a) 正しい位置付け, b) 外転例, c) 内転例

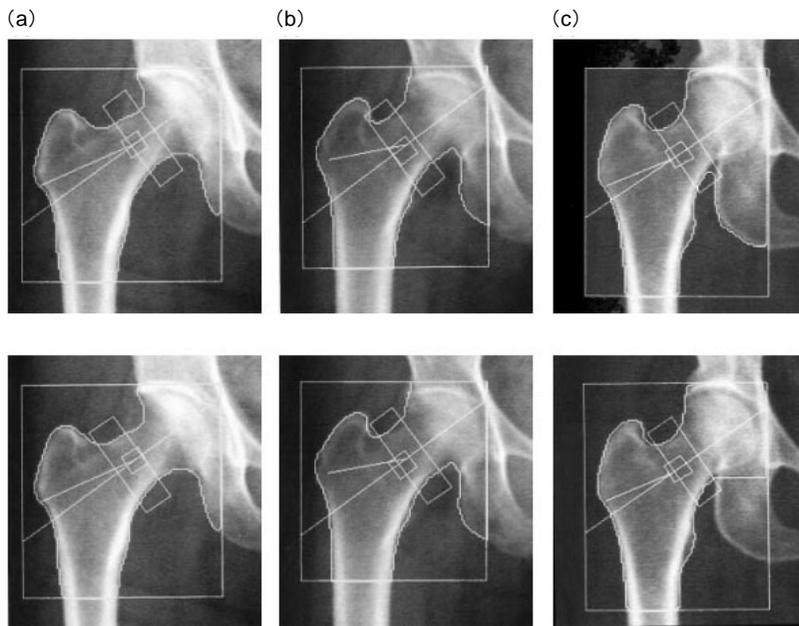


図 20 再解析例  
上段：不適切な解析例，下段：再解析後

捻角を補正するために用いられる固定具は、図 10 に示すようにメーカーによって異なる。Aloka, Hologic および GE の 3 社は足先を固定して前捻角を補正する方式であり、Norland は股関節部で補正する方式である。

図 18 に、固定具の違いによる前捻角の補正の再現性を CT 画像で評価した結果を示す。自

作の靴型固定具（図 18 左）のほうが装置付属の固定具（足先を固定する方式）よりも前捻角の補正の再現性は優れていた（図 18 右，2.8% vs 4.9%）。この結果は、装置付属の固定具に限定せず、再現性に優れた固定具を用いることによって、結果として BMD 測定の精度向上につながることを示唆するものである。

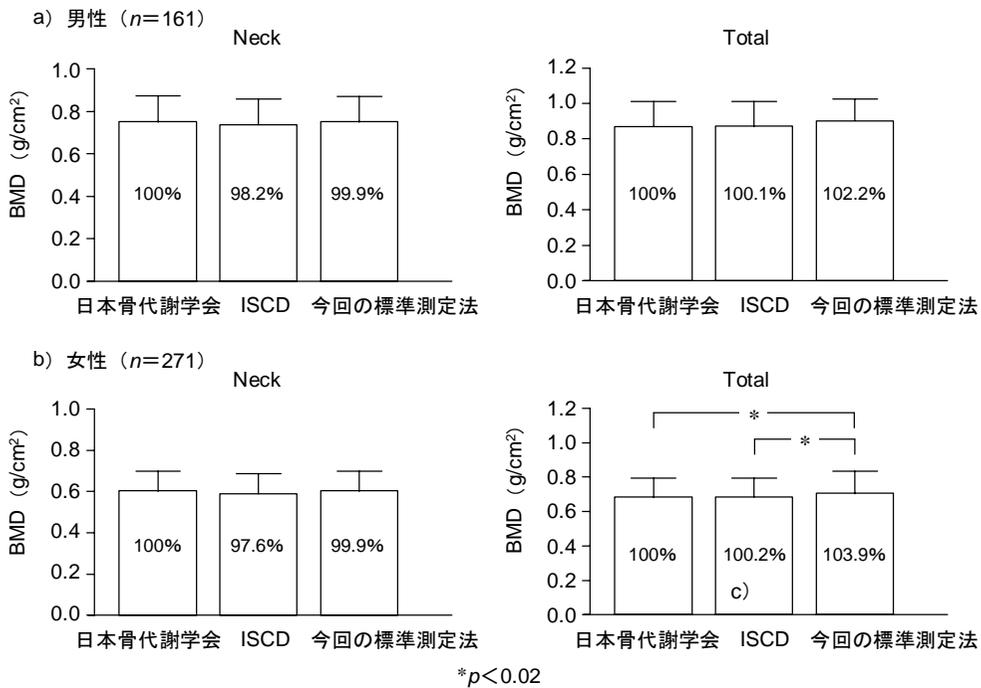


図 21 日本骨代謝学会、ISCD および今回の標準測定法で得られた大腿骨近位部 BMD 値の比較

#### 4) スキャン

スキャン時に注意すべき事項のうち、①図 19a に示すように骨幹部が真っ直ぐなことで、②計算に必要な範囲がすべて含まれていることが特に重要である。これらが達成されていない場合には、前者では体位を補正して、後者ではスキャン開始位置を訂正してそれぞれ再スキャンが必要である。

骨幹部が図 19 b, c のように真っ直ぐでない場合には、図中に示しているように Global ROI を大腿骨の外転あるいは内転の角度に応じて設定することはソフトウェア上できないようになっている。したがって、経過観察においては、Global ROI を前回と同様の位置とサイズに設定することが不可能となり、結果として得られる BMD 値の測定精度が低下する。

#### 5) 再解析例

適正なスキャンが行われた症例においても、解析が適切でない場合には得られる BMD 値の信頼性が損なわれる。図 20 の上段に解析が不

適切な症例を、下段に再解析後を示す。いずれの症例も大腿骨頸部 ROI の設定が不適切であり、(a)は骨頭側に偏位、(b)は大転子との重なり、(c)は坐骨が含まれた症例である。

(a)は、骨頭部の骨縁が実際の骨縁よりも食い込んだ形で認識されるため、最狭部に設定すべき大腿骨頸部 ROI が骨頭側に寄ったものである。このような症例は、低 BMD 症例において多くみられるので注意が必要である。

(b)と(c)は、大転子と坐骨がそれぞれ大腿骨頸部 ROI 内に含まれた症例である。(b)では、大腿骨頸部 ROI を大転子に重ならないように再設定する必要がある。(c)では、再解析後として示しているように、坐骨部の骨縁が大腿骨頸部 ROI に掛からないようにマニュアルで修正して再計算を実施する。

#### 6) ISCD との比較

図 13 に示す日本骨代謝学会、ISCD および今回の標準測定法の ROI 設定法の違いが、得られる BMD 値にどのような差異を生じるか検討し

## 20 大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル

た結果を図 21 に示す。

日本骨代謝学会の方法で得られた BMD 値を基準として BMD 値を比較すると、大腿骨頸部では 3 つの測定法は同等の値を示した。他方、

Total では、今回の標準測定法（女性）は日本骨代謝学会や ISCD より有意に高い平均値を示した。

## 5. 測定の基本性能

川崎医科大学放射線医学（核医学） 曾根照喜

### 1 accuracy（正確度）

骨塩定量法の基本性能は、主に accuracy と precision により評価される。accuracy は最近では trueness とも呼ばれ、測定値と参考とする基準値との一致度を表す<sup>39)</sup>。骨塩定量では ash weight が基準値の gold standard とされており、accuracy error はいくつかの摘出骨の測定値とそれらを灰化して得た値との差から評価する。大腿骨近位部 DXA の accuracy error は 6% と報告されている<sup>40)</sup>が、手技的な限界から大腿骨頸部、Ward 三角、転子部などの部位別に分けた報告はみられない。DXA の精度管理における accuracy のチェックは、基準ファントムの測定値をファントムの BMD 値と比較することにより行う。

### 2 precision（精密度）

precision はある一定の条件で独立に繰り返して測定された結果がどの程度一致するかを示す<sup>39)</sup>。accuracy が骨塩量低下の程度を正しく評価し骨粗鬆症を正確に診断することに関係するのに対し、precision は診断の再現性や経過観察における精度と関係する。骨塩定量における precision の評価はファントムまたは患者の繰り返し測定により行う。DXA 装置の precision は装置付属の基準ファントムを連日測定することにより、その性能を管理する。

患者の繰り返し測定によって得られた precision error (imprecision) の値は、経過観察の際の参考値として重要である。precision error には、連続して測定した結果から得られる short-term precision error と、一定の期間（一般的な患者の経過観察期間）をあけて繰り返し測定し

た結果から得られる long-term precision error がある。経過観察の際の参考値としては後者の方が適しているが、long-term precision error の評価は現実的には困難であり、前者で代用される。

### 3 precision error の求め方

precision error は測定値の CV や SD によって表される。precision は装置や術者のほか、患者の年齢や BMD の値などに影響される。このため、各医療施設で独自に求めることが望ましい。具体的には各医療施設の患者層を代表するような症例何人かを複数回測定し、個々の症例の CV または SD の RMS (root mean square) を計算して求める。たとえば、15 人の症例を 3 回ずつ、あるいは 30 人の症例を 2 回ずつ測定する。

BMD の経時的変化の有意性を評価する場合には、CV に一定の値を掛けた値（最小有意変化：least significant change：LSC）が経過観察による BMD 変化の検出限界と考えられる。LSC と CV の関係は以下の式で表される。

$$LSC = Z' \times CV \times \sqrt{2}$$

ここで、Z' は統計学的信頼水準によって決まる定数で、95% (80%) の信頼水準の場合は 1.96 (1.28) となる。すなわち、CV の 2.8 (1.8) 倍以上の変化をもって有意と判定される。

### 4 大腿骨近位部 DXA の precision

大腿骨近位部 DXA の precision error は、Total で 1~1.5%、大腿骨頸部で 1.5~3% 程度である。Ward 三角は precision が不良のため最近では BMD の評価部位としては推奨されていない。

## 6. BMD の基準値, 原発性骨粗鬆症の診断基準, 薬物治療開始基準

川崎医科大学放射線医学 (核医学) 福永仁夫

原発性骨粗鬆症の診断は、まず、①低骨量をきたすその他の疾患や、②続発性骨粗鬆症を除外する。次いで、骨評価の結果を診断基準 (2000 年度版) (表 4) に適用する。

そして、脆弱性骨折の有無にて分類した後、低骨量の存在を、①BMD 値または②椎体エックス線写真から判定する。

なお、BMD の測定部位として、腰椎のほか、大腿骨頸部、橈骨、第 2 中手骨、踵骨が採用されている。

大腿骨頸部と近位部 Total の年代別の基準値、YAM (若年成人の平均 BMD)、その 80% 値と 70% 値が定められており<sup>12)</sup>、表 5 に示す。BMD の測定値から、①正常 (YAM の 80% 以上)、②骨量減少 (YAM の 70%~80%)、③骨粗鬆症

(YAM の 70% 未満) を診断する。

男性では、大腿骨頸部骨折例および椎体骨折例のいずれにおいても非骨折例との分離には、腰椎よりも大腿骨頸部の BMD のほうが誤判別が少ないと報告されている<sup>12)</sup>。

2006 年「骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版」が発表された<sup>4)</sup>。それには、「脆弱性骨折予防のための薬物治療開始基準」が設定されている (表 6)。これは、骨粗鬆症の診断基準とは別に定められており、骨折危険因子 (わが国では、低 BMD、既存骨折、年齢に関するエビデンスが存在している。WHO のメタアナリシスでは過度のアルコール摂取 (1 日 2 単位以上)、現在の喫煙、大腿骨頸部骨折の家族歴が確定している) を考慮して定められている。

表 4 原発性骨粗鬆症の診断基準 (2000 年度改訂版) (文献 12 から引用改変)

低骨量をきたす骨粗鬆症以外の疾患または続発性骨粗鬆症を認めず、骨評価の結果が下記の条件を満たす場合、原発性骨粗鬆症と診断する。

I 脆弱性骨折 <sup>(注1)</sup> あり		
II 脆弱性骨折なし		
	BMD <sup>(注2)</sup>	椎体エックス線像での骨粗鬆化 <sup>(注3)</sup>
正 常	YAM の 80% 以上	な し
骨量減少	YAM の 70~80%	疑いあり
骨粗鬆症	YAM の 70% 未満	あ り

YAM: 若年成人平均値 (20~44 歳)

注 1: 脆弱性骨折: 低骨量 (BMD が YAM の 80% 未満、あるいは椎体エックス線像で骨粗鬆化がある場合) が原因で、軽微な外力によって発生した非外傷性骨折。骨折部位は椎体、大腿骨頸部、橈骨遠位端、その他。

注 2: BMD は原則として腰椎 BMD とする。ただし、高齢者において、椎体変形などのために腰椎 BMD の測定が適当でない判断される場合には大腿骨頸部 BMD とする。これらの測定が困難な場合は、橈骨、第二中手骨、踵骨の BMD を用いる。

注 3: 椎体エックス線像での骨粗鬆化の評価は、従来の骨萎縮度判定基準を参考にして行う。

椎体エックス線像での骨粗鬆化	従来の骨萎縮度判定基準
な し	骨萎縮なし
疑いあり	骨萎縮度 I 度
あ り	骨萎縮度 II 度以上

表 5 大腿骨近位部 BMD の基準値 (文献 12 から引用)

I 女性

年齢 (歳)	Total (g/cm <sup>2</sup> )	頸部 (g/cm <sup>2</sup> )	
19~39	0.863±0.110	0.787±0.109	
40~44	0.843±0.117	0.744±0.109	
45~49	0.844±0.111	0.754±0.105	
50~54	0.804±0.115	0.712±0.102	
55~59	0.754±0.108	0.668±0.100	
60~64	0.700±0.110	0.626±0.094	
65~69	0.671±0.107	0.605±0.092	
70~74	0.639±0.113	0.578±0.090	
75~79	0.603±0.115	0.556±0.092	
80+	0.548±0.115	0.521±0.089	
	YAM	80% of YAM	70% of YAM
Total (g/cm <sup>2</sup> )	0.863±0.110	0.690	0.604
頸部 (g/cm <sup>2</sup> )	0.787±0.109	0.630	0.551

II 男性

年齢 (歳)	Total (g/cm <sup>2</sup> )	頸部 (g/cm <sup>2</sup> )	
19~39	0.960±0.134	0.863±0.127	
40~44	0.919±0.130	0.811±0.122	
45~49	0.909±0.133	0.806±0.119	
50~54	0.904±0.123	0.791±0.108	
55~59	0.907±0.132	0.781±0.119	
60~64	0.868±0.130	0.748±0.114	
65~69	0.838±0.133	0.735±0.116	
70~74	0.821±0.138	0.716±0.122	
75~79	0.762±0.143	0.672±0.110	
80+	0.740±0.131	0.655±0.113	
	YAM	80% of YAM	70% of YAM
Total (g/cm <sup>2</sup> )	0.960±0.134	0.768	0.672
頸部 (g/cm <sup>2</sup> )	0.863±0.127	0.690	0.604

YAM : 若年成人の平均

表 6 脆弱性骨折予防のための薬物治療開始基準 (文献 41 から引用)

I 脆弱性既存骨折がない場合

- 1) 腰椎, 大腿骨, 橈骨または中手骨 BMD が YAM70%未満
- 2) YAM70%以上 80%未満の閉経後女性および 50 歳以上の男性で, 過度のアルコール摂取 (1 日 2 単位以上), 現在の喫煙, 大腿骨頸部骨折の家族歴のいずれか一つを有する場合

II 脆弱性既存骨折がある場合 (男女とも 50 歳以上)

※過度のアルコール摂取 (1 日 2 単位以上), 現在の喫煙, 大腿骨頸部骨折の家族歴は骨折のリスクを約 2 倍に上昇させる。

この薬物治療開始基準の特徴は, 診断基準で診断される骨粗鬆症だけでなく, 骨量減少の閉経後女性および 50 歳以上の男性でも前記の

WHO の骨折危険因子のいずれか一つを有する場合, 治療開始の対象となると定められていることである。

## 7. 骨折のリスク評価

放射線影響研究所臨床研究部 藤原佐枝子

### はじめに

多くの疫学、臨床調査から、BMD は骨折リスクを決定する重要な因子の一つであることが認められている。骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版の「骨量測定」の項の「評価と推奨」では、「すべての 65 歳以上の女性、および危険因子を有する 65 歳未満の女性を対象とした躯幹骨 DXA 測定が推奨される。(中略) 椎体と大腿骨近位部 DXA の両方を測定することが望ましい」と記されている<sup>37)</sup>。ここでは、大腿骨近位部 BMD の骨折リスク予測を他の部位と比較しながら評価する。

### 1 BMD の骨折リスク評価

BMD と骨折との関係についての前向き調査は欧米では非常に多い。1985 年から 1994 年までに発表された論文のメタアナリシスでは、閉経周辺期、閉経後女性において、椎体 BMD 1SD 低下で腰椎骨折は 2.3 倍、大腿骨頸部 BMD 1SD 低下で大腿骨近位部骨折 2.6 倍になるが、その他の部位では、どの部位の骨折に対してもほぼ同じ予測力であり、相対リスクは 1.5~2.0 前後であった(表 7)。

広島コホートをを含む WHO の世界 12 コホートのメタアナリシスにおいて、DXA で測定された

表 7 BMD 1SD 低下における骨折リスク  
閉経周辺期・閉経後女性のメタアナリシス (文献 31 から引用)

BMD 測定部位	骨折部位			
	手首	大腿骨頸部	椎体	全体
遠位橈骨	1.7 (1.4~2.0)	1.8 (1.4~2.2)	1.7 (1.4~2.1)	1.4 (1.3~1.6)
大腿骨頸部	1.4 (1.4~1.6)	2.6 (2.0~3.5)	1.8 (1.1~2.7)	1.6 (1.4~1.8)
腰椎	1.5 (1.3~1.8)	1.6 (1.2~2.2)	2.3 (1.9~2.8)	1.5 (1.4~1.7)
踵骨	1.6 (1.4~1.8)	2.0 (1.5~2.7)	2.4 (1.8~3.2)	1.5 (1.3~1.8)
全体	1.6 (1.5~1.7)	2.0 (1.7~2.4)	2.1 (1.9~2.3)	1.5 (1.4~1.6)

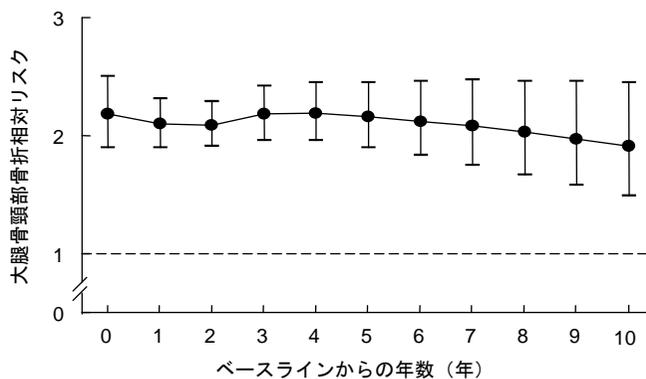


図 22 BMD による大腿骨頸部骨折リスクの長期予測力  
12 コホートのメタアナリシス (文献 42 から引用作図)

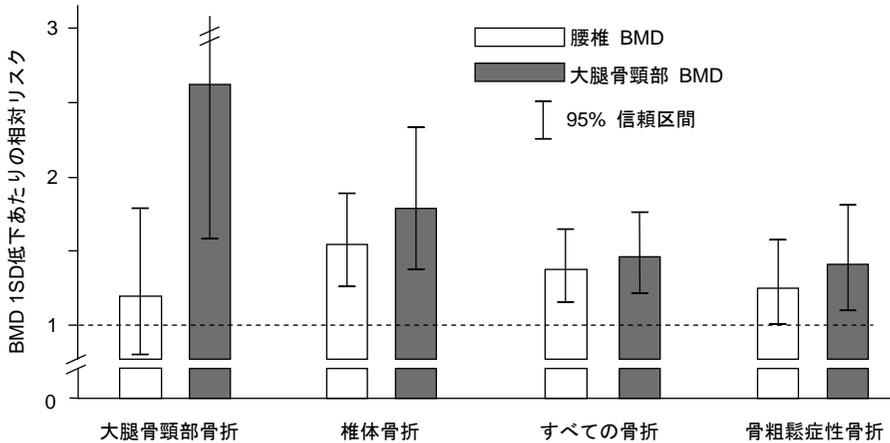


図 23 腰椎，大腿骨頸部 BMD 1SD 低下における骨折相対リスク  
広島コホートの年齢と既存骨折を調整

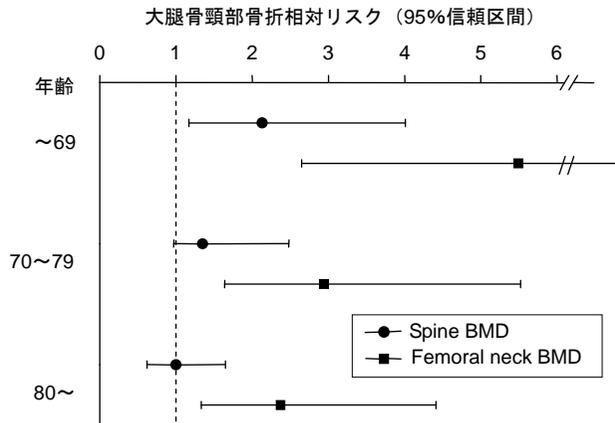


図 24 年齢別の BMD 1SD 低下における大腿骨頸部骨折相対リスク (文献 43 から引用)

大腿骨頸部 BMD と骨折との関係が男女について検討されている。大腿骨頸部 BMD の大腿骨頸部骨折のリスク予測力は、男女差はなく、65 歳では大腿骨頸部 BMD 1SD 低下で男性では 2.94 倍、女性では 2.88 倍であった。大腿骨頸部骨折については、大腿骨頸部 BMD 1SD 低下あたりの相対リスクは年齢が高くなるにしたがって低くなった。これは大腿骨頸部骨折発生において、高齢者では BMD 以外の因子（骨質、転倒など）の関与が大きくなるためと考えられる。しかし、骨粗鬆症性骨折全体では年齢が高くなるほど大腿骨頸部 BMD 1SD 低下あたりの相対

リスクは高くなった。

大腿骨頸部 BMD がどのくらい将来まで大腿骨頸部骨折を予測するかについては、時間が経過するほど骨折予測力は低下するものの、10 年後の骨折も有意に予測した (図 22)。

わが国においては広島コホート集団約 2,600 人を対象にした調査で、同様な結果が得られている。骨粗鬆症性骨折（大腿骨頸部、手首、上腕骨近位、臨床的椎体骨折）リスクは、大腿骨頸部、腰椎 BMD が 1SD 低下するとそれぞれ 1.4 倍、1.3 倍、全部位の骨折のリスクは、大腿骨頸部、腰椎 BMD が 1SD 低下すると 1.4 倍とな

り、大腿骨頸部および腰椎 BMD の骨折予知力に差はなかった。しかし、大腿骨頸部骨折リスクは、大腿骨頸部 BMD が 1SD 低下すると 2 倍であったが、腰椎 BMD では 1.3 倍で、大腿骨頸部 BMD の骨折予知力のほうが優れていて、他の欧米の報告と同じ傾向を示した (図 23)。大腿骨近位部骨折については、腰椎および大腿骨頸部 BMD 1SD 低下あたりの相対リスクは年齢が高くなるほど低下した (図 24)。

以上から、日本人においても、大腿骨頸部 BMD は大腿骨頸部骨折を最もよく予測し、他の部の骨折については、他の測定部位とほぼ同じか少しよい程度に骨折を予測した。

日本人、特に小柄な人では、大腿骨頸部軸長が短いこと、大腿骨頸部の角度が狭いことなど

から、大腿骨頸部測定の測定精度は低い。したがって、継続的に大腿骨頸部 BMD で変化を追跡する目的には向いていない場合もある。しかし、BMD の骨折リスク予測は、正確度 (accuracy) に依存すると考えられ、BMD の骨折リスク予測は、欧米人と変わらないと思われる。

### ま と め

大腿骨頸部 BMD は、他の測定部位に比べて、大腿骨頸部骨折を最も予測し、男女とも同じ程度に予測した。大腿骨頸部 BMD は、10 年先までの骨折を予測した。日本人においては、大腿骨頸部の測定精度は低いですが、BMD の骨折リスク予測は、欧米人と変わらなかった。

## 8. 治療効果の評価

鳥取大学医学部附属病院リハビリテーション部 萩野 浩

### 1 治療効果判定のための BMD 測定部位

#### 1) 他の測定部位との比較

大腿骨近位部の BMD は大腿骨近位部骨折の発生リスクとの相関が高いため、他の身体各部位に比較して、診断のためには最も有用な測定部位である。しかしながら骨粗鬆症の薬物療法における治療効果を評価する場合には大腿骨近位部よりも腰椎の BMD のほうが優れる。これは種々の治療のうちでも薬物療法による BMD 増加効果が腰椎で最も顕著なためである。

これまでの主な大規模臨床試験結果における大腿骨近位部の BMD 変化を表 8 に示す<sup>44~53)</sup>。腰椎 BMD に比較して、大腿骨近位部 BMD の増加率は小さい。したがって、骨粗鬆症を対象とした薬物療法の治療効果の判定には、第一に腰椎の測定値を用い、腰椎 BMD が何らかの理由によってモニタリングに使用できない場合には、大腿骨近位部の BMD が用いられる。ただし、橈骨、中手骨、踵骨といった末梢骨の BMD は治療による変化がなく、腰椎および大腿骨近

表 8 主な骨粗鬆症治療薬による BMD 試験結果

薬 剤			変化率 (%)			腰椎
			大腿骨近位部			
報告者 (報告年) [試験名]	投与量	期間	大腿骨頸部	転子部	Total	
アレンドロネート						
Devogelaer (1996)	5mg/日	36 ヶ月	2.9	4.7	1.0	4.9
Bone (1997)	5mg/日	24 ヶ月	1.89	4.13	—	6.23
Pols (1999) [POSIT]	10mg/日	12 ヶ月	2.3	4.1	3.1	5.00
Rosen (2005) [FACT]	70mg/週	12 ヶ月	1.6	3.4	2.2	3.7
Uchida (2005)	35mg/週	52 週	—	—	2.96	6.35
リセドロネート						
Fogelman (2000)	2.5mg/日	24 ヶ月	0.9	1.7	—	1.4
Rosen (2005) [FACT]	35mg/週	12 ヶ月	0.9	2.1	1.2	2.6
エチドロネート						
Harris (1993)	400mg/日	3 年	1.44	2.65	2.14	5.08
ラロキシフェン						
Delmas (1997)	60mg/日	2 年	1.2	—	1.6	1.6
Lufkin (1998)	60mg/日	12 ヶ月	—	—	0.95	1.78
副甲状腺ホルモン						
Neer (2001)	20 μg/日	19 ヶ月	2.8	3.5	2.6	9.7

BMD 試験のうち、大腿骨近位部 BMD を評価した大規模臨床研究の結果。複数の投与量で検討された研究では、わが国で使用されている使用量の群における変化率を示す。

表 9 測定精度 (CV) と BMD 変化の信頼区間

信頼区間 (%)	測定精度 (%CV)				
	1	1.25	1.5	1.75	2.0
99	±3.65	±4.56	±5.48	±6.39	±7.30
95	±2.77	±3.46	±4.16	±4.85	±5.54
90	±2.33	±2.91	±3.50	±4.08	±4.66
85	±2.04	±2.55	±3.06	±3.57	±4.08
80	±1.81	±2.26	±2.72	±3.17	±3.62

位部の測定が困難な場合でも、これらの部位で薬剤の治療効果を評価することはできない<sup>54,55)</sup>。

なお、骨粗鬆症治療薬のうち窒素含有ビスフォスフォネート (アレンドロネート, リセドロネート) による BMD 増加率が大きく、エチドロネート, ラロキシフェンがこれに次ぐ (表 8)。一方で、活性型ビタミン D やビタミン K 製剤服用患者での BMD 増加率は小さく、大腿骨近位部でこれらの薬剤の治療効果をモニタリングするのは困難である。

## 2) 大腿骨近位部の各 ROI での変化率

一般に海綿骨が多い測定部位ほど治療による BMD 変化が大きい。また ROI が大きいほど測定精度が高い。治療効果のモニタリングに適しているのは治療に反応して BMD が増加する部位で、しかも測定精度が高い部位であるので、海綿骨を多く含んで ROI の大きい部位が選択される必要がある。大腿骨近位部のうちでは、転子部, Ward 三角が海綿骨を多く含み, Total がこれに次ぐ。ROI は Total が最も大きい。これらの ROI のなかで、薬物療法による BMD 増加は転子部が最も大きく, Total がこれについて大きい (表 8)。大腿骨頸部 BMD の変化は最も小さく, 転子部における変化率の 1/2 程度である。そこで、大腿骨近位部のうちでは Total が、測定精度が高く治療にも反応するため、モニタリング部位として推奨される。また転子部 BMD は測定精度が Total に劣るものの、腰椎 BMD に匹敵する変化が得られるため、多くの臨床研究で治療効果の評価に用いられている。なお、Ward 三角の測定値は測定精度が低く、治療効果

のモニタリングには適さない。

## 2 BMD 変化の判定

治療による変化が有意な変動であるかどうかを判断するためには、その施設の測定機器の精度を知っておく必要がある。そのためにあらかじめ、測定対象の代表的な症例によって、最低 15 名を 3 回または 30 名を 2 回測定して測定精度 (CV) を測定する<sup>56,57)</sup>。骨粗鬆症患者の治療効果を評価する際には、若年の健常者を用いて測定した CV に基づいて変化率の有意性を判定することはできない。

この測定精度 (Pr) に基づいて最小有意変化 (least significant change : LSC) が算出される。一般的には LSC の 95% 信頼区間 (LSC<sup>95</sup>) を超える変化を有意な変動と判定するが、臨床的には 80% 信頼区間 (LSC<sup>80</sup>) も用いられる<sup>55)</sup>。LSC は以下の式で算出される。

$$LSC^{95} = 2.77 \times Pr, LSC^{80} = 1.81 \times Pr$$

たとえばベースラインの値が 0.460g/cm<sup>2</sup> で、再測定時の値が 0.485g/cm<sup>2</sup> の場合、変化は 0.025g/cm<sup>2</sup> (+5.4%) である。測定施設の Pr が 2.0% の場合、LSC<sup>95</sup> は 5.54%, LSC<sup>80</sup> は 3.62% なので (表 9)、この症例で観察された変化は LSC<sup>95</sup> を基準とすると有意ではないが、LSC<sup>80</sup> を基準とすると有意な変化と判定される。

## 3 測定機器の管理 (quality control : QC)

骨粗鬆症の治療を行う場合、BMD 増加作用が最も大きな薬剤でも、大腿骨近位部での BMD 増加はせいぜい 1~4% 程度である (表 8)。こ

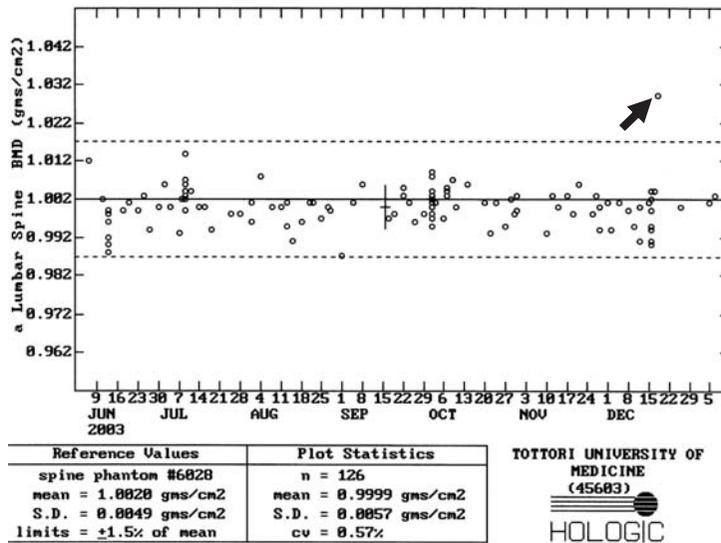


図 25 QC ファントムプロット (QDR4500)

測定機器全体の能力をチェックするため、ファントムの測定を定期的に行う。定期的なファントム測定値が 1.5% の範囲(点線)から外れる場合には(矢印)、患者の測定を中止して機器の点検を依頼する (1.5% rule)。

のような小さい変動を捉えて、薬剤の治療効果を判定するには、測定機器の十分な管理 (QC) が必要である。各測定機器には独自のキャリブレーションシステムが用いられていて、始動時に自動的にキャリブレーションが行われる。これに加えて、ファントムの測定を定期的に行い、測定機器全体の能力をチェックする必要がある。QC のためのプログラムがいくつか準備されているが、1.5% rule (3SD rule) が適用されることが多い。定期的にファントムを 10 回測定した平均値が 1.5% の範囲 (control limit) から外れる場合には、患者の測定を中止し機器の点検を依頼する<sup>55,58)</sup> (図 25)。

#### 4 測定頻度

大腿骨近位部の治療に伴う変化は小さいため、LSC に達するのには時間を要する。たとえば測定精度が 2.0% の場合、LSC<sup>95</sup> は 5.54% なので (表 9)、この基準値に達するのに要する期間は、薬剤による年間変化量が 1% であれば 5.54 年、3% であれば 1.85 年、5% であっても 1.11 年を要することとなる。ISCD では Total および

大腿骨頸部で 2 年間、転子部では 1 年間の測定間隔を推奨している<sup>54)</sup>。したがって、治療効果評価のための大腿骨近位部での BMD 測定は年に 1 回程度が適当と考えられる。

#### 5 測定・評価時の注意

BMD をモニタリングする際には、専用の固定具を用い、測定のために内旋角度が必ず同じ肢位となるようにすることが重要となる。足部の固定台を使用して 20 度内旋位に固定した場合と使用しなかった場合では、両者で 3~34% の差がみられた<sup>59)</sup>。経時的に BMD を測定する場合には、下腿の固定を常に一定として、対象 ROI の面積は前回と比較してその差を ±5% 以内に保つようにする。小転子下の ROI 境界線が遠位になるほど転子間部の面積が大きくなり BMC、BMD に差を生じるため、小転子から遠位の測定範囲は常に一定とすることも大切である。また、同一測定モードであることを確認する必要がある。

## 9. 各種疾患－①続発性骨粗鬆症

大阪市立大学大学院医学研究科老年内科学 三木 隆 己

### はじめに

大腿骨近位部 BMD は椎体骨折をはじめ、多くの骨折の予知能に優れている<sup>37)</sup>。高齢者においては椎体変形があり、腰椎 BMD が高めに表示されるため、65 歳以上の高齢者の BMD 評価には腰椎 BMD よりも大腿骨近位部の BMD 測定が推奨されている<sup>60)</sup>。また、生命予後に関係の深い大腿骨近位部骨折の危険性については、大腿骨近位部 BMD の測定が好ましいと考えられる。

さまざまな基礎疾患あるいは薬剤により続発性骨粗鬆症が発生し、BMD は低下する。しかし、腰椎 BMD 測定に比べ大腿骨近位部 BMD 測定の報告は比較的少なく、腰椎 BMD との違いについての臨床研究も極めて限定的である。

続発性骨粗鬆症は高齢患者の割合が少ないために腰椎の変形が少ないこともあり、多くの症例が腰椎 BMD によって評価ができる。そのため、大腿骨近位部 BMD 測定の意義は原発性骨粗鬆症に比べて腰椎 BMD の測定意義より小さいかもしれない。しかし、高齢社会を控え改めてその重要性を考える必要がある。以下、大腿骨 BMD 結果が報告されている主な続発性骨粗鬆症についてまとめる。

### 1 副甲状腺機能亢進症

副甲状腺機能亢進症では副甲状腺ホルモンが皮質骨に作用して海綿骨化するため、BMD が低下するのみならず、皮質骨脆弱性を高め骨折頻度が高まる。特に腎機能低下 ( $\text{Ccr} < 70\text{mL}/\text{min}$ ) が存在すると副甲状腺ホルモン濃度に関係なく BMD が低下する<sup>61)</sup>。

わが国では、副甲状腺切除後には BMD が著明に改善することが報告されているが、大腿骨に関する報告は十分とはいえない。海外では、1,569 名の副甲状腺機能亢進症患者の 28.8%が

手術を受けている。副甲状腺切除者と保存的治療者の大腿骨骨折発生頻度には 32%の違いがある<sup>62)</sup>。副甲状腺切除者の大腿骨骨折率は 10 年間で 8%と、非手術群に比べて有意に低い。しかし、副甲状腺機能亢進症では BMD が維持されていても、骨折が多いことから骨質に問題があると考えられる。軽度の副甲状腺機能亢進症でも、経過観察群では腰椎 BMD は 1.7%の減少 (NS)、大腿骨頸部は 2.5%の低下 ( $p < 0.05$ ) を認める。しかし、副甲状腺切除をすれば、大腿骨頸部は 0.8% (NS) の増加にすぎないが、67 歳未満であれば腰椎 BMD 4.1% ( $p < 0.01$ ) のみならず大腿骨 BMD の 2.5%増加 ( $p < 0.02$ ) も明らかである。高齢者では大腿骨 BMD の維持に、非高齢者では腰椎とともに大腿骨 BMD の

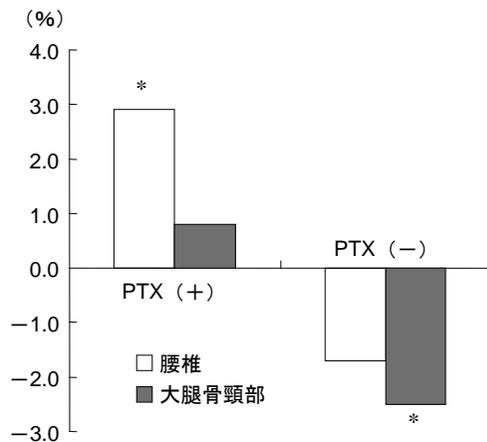


図 26 原発性副甲状腺機能亢進症に対する副甲状腺切除 (PTX) の有無と BMD の変化 (%)

PTX による腰椎 BMD の増加は大腿骨 BMD よりも大きい。経過観察 (PTX (-)) における BMD の低下は大腿骨頸部 BMD で有意な低下として認められる (文献 63 より作成)。

\*: 観察中の BMD が統計学的に有意 ( $p < 0.05$ ) に変化したことを示す。

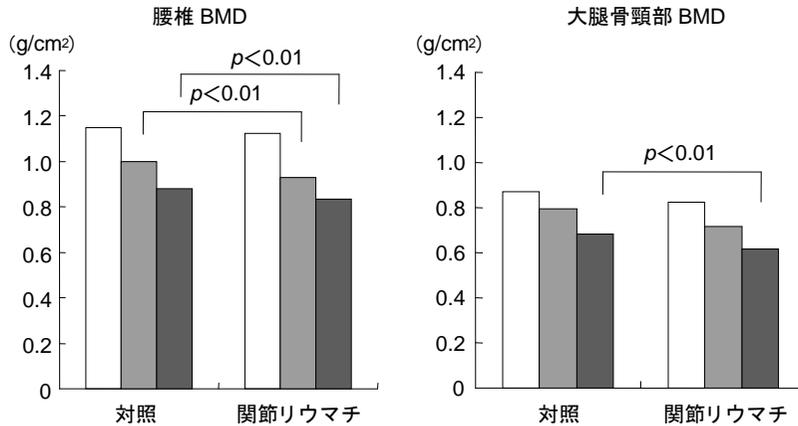


図 27 関節リウマチ患者の腰椎および大腿骨頸部 BMD  
 腰椎 BMD は、閉経後女性では対照に比べて有意に減少している。しかし、大腿骨頸部 BMD では閉経後 10 年以上の群にのみ有意差を認めた (文献 66 より引用)。□ : 閉経前, ■ : 閉経<10年, ■ : 閉経≥10年。

増加に役立つことが明らかにされている (図 26)<sup>63)</sup>。

## 2 甲状腺機能亢進症

甲状腺機能亢進では骨代謝回転が亢進し、BMD は減少する。内分泌的に甲状腺ホルモン濃度が正常化しても、甲状腺刺激ホルモン (TSH) が抑制状態であれば骨代謝状態は亢進している。この骨代謝亢進状態が持続する理由として、BMD 減少を代償しているとの考えと、骨代謝の正常化と内分泌の正常化には違いがあるとの考えがある。骨代謝亢進状態では石灰化が不十分なために BMD は低下する。

潜在的な甲状腺機能異常者は、骨代謝や腰椎 BMD には対照群と差はないが、大腿骨 BMD は潜在性甲状腺機能異常者では低下している<sup>64)</sup>。また、潜在的な甲状腺機能亢進症では、閉経後では腰椎 BMD が低かったが、大腿骨 BMD は閉経前群でも閉経後群でも低値が認められた<sup>65)</sup>との報告があり、軽度の甲状腺機能異常では大腿骨 BMD 測定がその変化をとらえやすい可能性はある。しかし、大腿骨 BMD の測定が腰椎 BMD 測定を上回る臨床的メリットがあるかどうかは、さらに検討の必要がある。

## 3 関節リウマチ

関節リウマチ患者の大腿骨 BMD は対照群に比べて有意に低く、除脂肪体重 (Lean body mass) と相関がある。大腿骨頸部 BMD の低下は、腰椎と同様に有意な低下として認められる (図 27)。また、ステロイド服用者では、大腿骨頸部 BMD が有意の低下となる<sup>66)</sup>。一般住民を対象とした検討<sup>67)</sup>でも、女性関節リウマチ患者では、女性ホルモン補充療法や骨吸収抑制剤の服用者が多いにもかかわらず、腰椎 BMD は 3% の低値であるが、大腿骨頸部 BMD は 7.4%、大腿骨近位部全体では 7.5% も低値で、大腿骨 BMD の低下は大きく、1SD あたりの減少の割合は大腿骨 BMD が腰椎 BMD の 3 倍以上になる<sup>67)</sup>。抗 TNF $\alpha$  による治療でも腰椎の増加は 2.7% であるが、大腿骨頸部 BMD は 11.6% も増加したとの報告があり、リウマチ患者の BMD 減少を評価するには、大腿骨 BMD 測定が好ましいかもしれない。腰椎 BMD 測定で変化の少ない理由として、骨粗鬆症や関節リウマチに対する治療効果が腰椎に大きいため、横断調査では腰椎 BMD の低下が明瞭にならないためと思われる。今後、未治療の関節リウマチ患者を対象とした検討や縦断研究が必要であろう。なお、BMD 減少に影響する因子として腰椎 BMD は BMI の

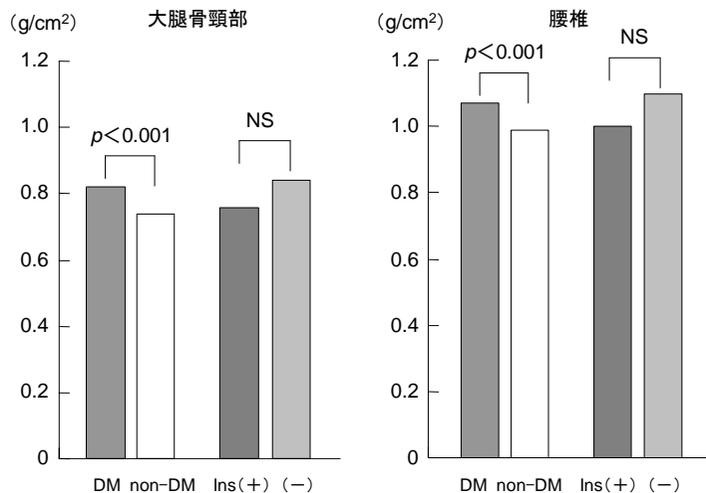


図 28 糖尿病と非糖尿病の BMD の比較

75 歳以上の住民を対象とした研究で、糖尿病 (DM) は非糖尿病 (non-DM) に比べて大腿骨頸部 (左図)、腰椎 (右図) の BMD は、それぞれ 10.8%、8.1% 高値であった。インスリン (Ins) の使用の有無では統計学的に有意差はなかった (文献 69 より作成)。

みであるが、大腿骨 BMD においては、年齢、リウマチ因子、関節の変形数が関与し、これらの因子により大腿骨 BMD の 25~40% の説明が可能とされ、腰椎 BMD とは異なった病態を表現している可能性もある。

#### 4 糖尿病

大腿骨 BMD を年齢補正した Z 値は男女とも 1 型糖尿病群では有意に低値である<sup>68)</sup>。また、平均 40 代半ばの 1 型糖尿病の閉経前女性でも年齢で補正した大腿骨 total および大腿骨頸部 BMD は低値であり<sup>68)</sup>、1 型糖尿病では、BMD が低値であることで一致している。

腎不全のない 75 歳以上の高齢女性で、糖尿病を有する 74 名と、糖尿病のない 1,058 名の BMD、骨代謝、さらには骨折発生を比較した報告がある (図 28)。骨代謝マーカーが有意に低く、腰椎および大腿骨の BMD が有意に高く、インスリンの使用と無関係で、骨代謝マーカーやクレアチニンで補正しても糖尿病患者は BMD が有意に高値であった<sup>69)</sup>。平均 4.6 年間の観察にて、両群の生涯の骨折発生率には有意差

はなかったことから、糖尿病患者は体重増加が BMD を高め、骨質の低下を BMD の増加で代償しているともいえる。糖尿病透析患者の腰椎 BMD は、非糖尿病透析患者と差がないにもかかわらず、椎体骨折の頻度が高いとの報告もある。

一方、6,655 名の住民検診で認められた 2 型糖尿病についての検討では、大腿骨頸部 BMD はむしろ高いが (図 29)、大腿骨骨折危険度に差はない<sup>70)</sup>。わが国では 2 型糖尿病では橈骨遠位の BMD は低い、腰椎や大腿骨では BMD が低くないとの報告もある<sup>71)</sup>。2 型糖尿病では、体重や運動量、あるいは糖尿病のコントロール状態などが大腿骨 BMD に影響すると考えられるが、臨床的に意義のある違いを生じるかどうかは不明である。また、大腿骨 BMD 測定が腰椎 BMD 測定以上のメリットがあるかどうかは不明である。

#### 5 透 析

透析患者、特に糖尿病による透析患者では単純エックス線写真にて明瞭に見える程度の強い

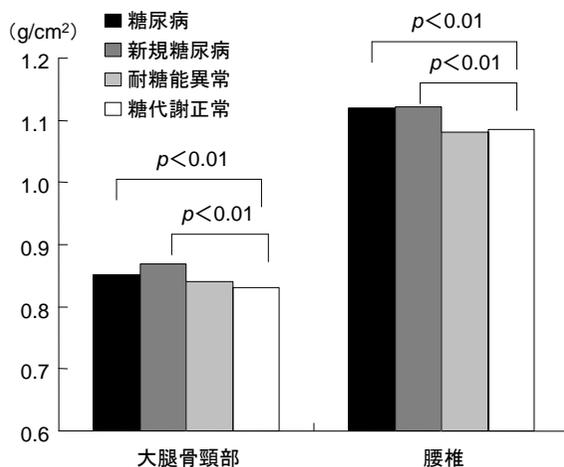


図 29 糖尿病で治療中■，新規糖尿病■，糖代謝異常患者■および対照□の BMD  
 糖尿病患者は治療の有無にかかわらず大腿骨頸部（左図）および腰椎（右図）ともに BMD は高値である（文献 70 より作成）。

表 10 腹膜透析患者における診断の一致率（%）

腰椎 BMD T 値 \ 大腿骨頸部 BMD T 値	骨粗鬆症	骨減少症	正 常
骨粗鬆症	<b>66.7</b>	30.0	3.3
骨減少症	18.0	<b>27.3</b>	54.7
正 常	5.6	11.1	<b>83.3</b>

骨粗鬆症および正常と診断される一致率はかなり高いが、骨減少症の一致率は極めて低い（文献 72 より引用）。

腹部大動脈の石灰化を認める頻度が高い。石灰化の程度が強い場合には、腰椎 BMD 測定値に影響し、見かけ上、高い値になる可能性が高い。たとえば、腹膜透析患者に対して、性、年齢、体重を一致させた対照との BMD の比較では、大腿骨は有意に低値であったが、腰椎 BMD には有意差は認めなかったとの報告もある。そのため、腰椎 BMD 測定値による判定では、BMD 減少の程度が見かけ上軽くなり、骨粗鬆症と診断される頻度にも影響を与える可能性がある。腰椎 BMD 測定で骨粗鬆症と診断されるのは 19.3%，大腿骨頸部 BMD 測定では 26%と、後

者のほうが骨粗鬆症と診断される頻度が高い。腰椎と大腿骨頸部 BMD 測定による骨粗鬆症との診断一致率（表 10）は 2/3 程度であるが、骨量減少の一致率は 1/4 にすぎない<sup>72)</sup>との報告がある。したがって、透析患者のように腹部大動脈に石灰化を認める頻度の高い疾患では、大腿骨 BMD 測定が好ましい。

## 6 ステロイド

ステロイド服用による骨粗鬆症や骨折発生の危険性は古くから知られている。吸入ステロイドを使用する喘息女性患者の大腿骨 BMD には

有意な減少は認めないが、骨折リスクが 2.79 倍に高まるとされている。既にステロイド性骨粗鬆症の対応に関するガイドラインも公表されている。臨床的には、ステロイド服用者の椎体骨折の頻度が高く、一度椎体椎骨折が発生すると短期間に引き続いて骨折が発生する。女性関節リウマチ患者でステロイド服用者は非服用者と比べて腰椎 BMD は 11.9%、大腿骨頸部 BMD は 12.7%、大腿骨近位部全体の BMD は 13.6% 低い<sup>67)</sup>。40mg 以上の多量のステロイド投与では 2 ヶ月で、大腿骨 BMD が 1.36% 低下する。その程度は腰椎の BMD 減少(3.19%) に比べると小さい<sup>73)</sup>。したがって、ステロイド性骨粗鬆症の骨折危険性を評価するには、大腿骨 BMD よりも腰椎 BMD のほうが適していると考えられる。その理由は、ステロイド服用者の年齢が比較的若いために、腰椎の変形が少なく腰椎 BMD 測定で評価できることと、また、大腿骨骨折の頻度が椎体圧迫骨折に比べて少ないためと考える。

#### 7 その他の疾患

早期卵巣機能不全女性や、発育期に発症の成長ホルモン欠乏症では大腿骨 BMD は有意に低下している。また、食思不振症患者で目標体重まで増加できても、大腿骨頸部 BMD の有意な増加は認められないなど、ホルモン欠乏により

大腿骨 BMD の低下することが報告されている。その他、肝臓障害や Parkinson 病、脳血管障害で大腿骨 BMD が低下しているとの報告がある。これらの疾患に関する骨折と大腿骨 BMD に関する検討はなされていない。

#### ま と め

続発性骨粗鬆症患者における大腿骨 BMD 測定結果についての報告は数少ないながら存在するが、測定の臨床的意義、特に腰椎 BMD との優劣についての報告は限られている。透析患者など、一部の疾患では大腿骨 BMD の変化が腰椎 BMD 測定以上の臨床的意義のある可能性はあるが、多くの続発性骨粗鬆症では腰椎に比べると減少の程度が小さく、治療の効果についても腰椎を上回る増加をきたすことはない。その理由として、大腿骨は病気が進行しても、あるいは治療してもあまり大きく変化しないのか、足の軸回転など、測定の変動に起因するのかは不明である。最近話題になっている Hip Structure Analysis<sup>74)</sup>が大腿骨 BMD 測定の意義を大きく変える可能性は十分に考えられるが、現状では続発性骨粗鬆症の診断や治療において、高齢者や腹部に石灰化のある患者を除けば、大腿骨 BMD 測定の意義は腰椎 BMD を上回るメリットがあるとのデータは十分あるとはいえない。

## 9. 各種疾患—②整形外科領域

兵庫医科大学篠山病院整形外科 楊 鴻 生

### はじめに

DXA による大腿骨近位部 BMD 測定は、骨粗鬆症の診断と治療効果の評価以外に、整形外科領域においては多くの特殊な関節疾患の診断や副次的な使用目的が検討され、応用されている。骨粗鬆症に伴う代表的な脆弱性骨折である大腿骨頸部、転子部骨折は大腿骨近位にあり、骨折のリスクを評価するうえで、直接同部位を計測することは利に適っている。また各種関節疾患に伴う二次性骨粗鬆症、特に関節リウマチにおける骨萎縮の評価にも大腿骨近位部の測定は、全身性の骨萎縮の評価と同時に関節部の骨折リスクの評価につながる。

整形外科においては手術に関連した BMD の変化として、人工関節周辺の BMD 評価もよく行われている。人工関節挿入部の骨萎縮の評価や人工関節挿入後の大腿骨周辺の骨萎縮の評価は、人工関節とそれに接続している骨の耐久性やゆるみの原因に対する多くの情報を伝えてくれる。

大腿骨近位部測定において偶発的にいくつかの整形外科疾患を発見することがある。変形性股関節症は scout view による形態の異常と BMD の高値から発見されることがある。また大腿骨頭壊死や一過性大腿骨頭骨萎縮症なども scout view と BMD の異常でみつかることがある。

### 1 大腿骨頸部、転子部骨折

DXA による BMD 測定の最も大きな目的は、骨折危険度の予測である。Marshall<sup>31)</sup>によれば腰椎 BMD が 1SD 低下するに依り大腿骨頸部、転子部骨折の危険率は 1.6 倍 (1.2~2.2) 増加するが、大腿骨頸部 BMD が 1SD 低下するに依り大腿骨頸部、転子部骨折の危険率は 2.6 倍 (2.0~3.5) 増加する。すなわち大腿骨近位部 BMD は

腰椎 BMD より大腿骨近位部骨折の危険性を反映していると考えられる。前腕骨折の予測は前腕 BMD がもっともよく、椎体圧迫骨折には腰椎 BMD が最も反映している。すなわちそれぞれの部位における骨折リスクの予測はそれぞれの部位による BMD 測定が有利であることがわかる<sup>75)</sup>。

藤原ら<sup>43)</sup>によれば、日本人を対象とした前向きコホート研究では、大腿骨近位部 BMD の 1SD 低下は大腿骨近位部骨折の発生相対危険度は 60 歳代で 5.5 倍、70 歳代で 2.9 倍、80 歳代で 2.4 倍としており、腰椎 BMD ではそれぞれ 2.1 倍、1.4 倍、1.0 倍であり、大腿骨近位部測定のほうが危険率をより効果的に予測していると報告している。

### 2 関節リウマチ

関節リウマチは整形外科における関節疾患で、もっとも BMD 測定がよく行われている疾患である。関節リウマチは中年以降の女性に好発する免疫異常を伴った疾患であり、わが国では約 100 万人近くが罹患していると考えられている。関節リウマチ自体が、全身性の骨粗鬆症をきたすと同時に傍関節性骨粗鬆症をきたす疾患である。また発症年齢が閉経後骨粗鬆症の年齢と一致することが多く、ステロイドを使用する場合も多いことから骨粗鬆症の評価のために BMD 測定を行う機会が多くなる。2004 年のステロイド性骨粗鬆症の管理と治療ガイドラインによれば、ステロイドの長期使用時においては BMD 測定が必要である。関節リウマチにおける大腿骨頸部、転子部骨折の罹患率は高く、罹患年齢は 10 年近く早いといわれている<sup>76)</sup>。大腿骨頸部、転子部骨折の予防の意味からも関節リウマチ患者において大腿骨近位部 BMD の測定は有用である<sup>77)</sup>。

関節リウマチでは閉経前においては比較的 BMD は保たれているが、運動障害や低栄養障害、免疫異常などの多くの要因が加わり、閉経後急激に BMD は低下し、多くの骨折をきたすことになる。

関節リウマチ患者の大腿骨近位部 BMD を測定するうえで注意するポイントは、関節リウマチの病態が多発関節炎であり、股関節や膝関節、足関節は関節拘縮や関節強直をきたしていることが多いことである。特に股関節では屈曲内転、膝関節は屈曲外反、足関節では外反するため注意を必要とする。関節リウマチではこれらの肢位異常を正確に把握して、解剖学的位置で測定できるようにする。屈曲拘縮が強く、正確な肢位がとれない場合は、他の測定部位を用いる。

### 3 人工関節

整形外科では関節リウマチや変形性関節症に対して、人工関節置換術が多く施行されている。人工関節のゆるみをいかに予防するかは整形外科にとっては非常に重要な課題である。人工関節周囲の骨粗鬆化や、人工関節の摩耗粉（デブリス）が骨吸収を亢進させることが注目されている。大腿骨近位部の BMD 測定の一つの応用として、人工関節周囲の BMD 測定が注目されている<sup>78,79)</sup>。

人工関節周囲の BMD 測定は通常の大腿骨近位部の BMD 測定法とは異なり、Gruen の分類<sup>80)</sup>に準じ、それぞれの部位を用手的に測定領域を設定して計測する。Gruen の分類は図 30 に示したように人工関節ステムの外側より、1/3 ずつとして、領域を 1 より 7 まで分ける。領域 4 のみ先端より 1cm の領域とする。各ゾーンの金属部分を取り除いた部分の BMD を測定する。中村によれば再現性は比較的良好で、平均 1.74% であった<sup>81)</sup>。

中村によれば、セメントレスタイプの人工関節置換術後、BMD の低下が経年的に減少し、特にストレスシールディングという現象が生じると、領域 7 で極端に BMD の減少が生じ、人工関節のステムのゆるみにつながるとしてい

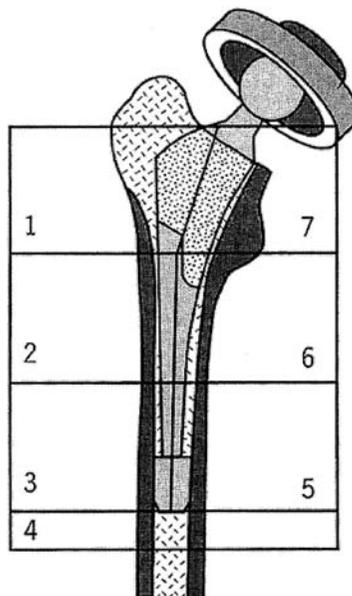


図 30 Gruen の人工関節周囲の領域

る。

人工関節後にステム周囲の BMD 測定は、ストレスシールディングの発見やゆるみの予測が可能であり、ビスフォスフォネートを含めた治療の必要や治療の評価に有益な情報を提供できる<sup>82)</sup>。

### 4 変形性股関節症

股関節周囲部の代表的疾患は変形性股関節症である。変形性股関節症には原発性変形性股関節症と臼蓋形成不全症などに伴う続発性変形性股関節症がある。欧米では原発性股関節症の頻度は多いが、わが国では続発性股関節症頻度が高く、臼蓋部の形成不全や骨頭の変形や骨棘形成が著明である。scout viewなどで骨頭部の変形を偶発性に発見することがある。二次性変形性股関節症の場合は、骨棘や骨硬化の影響で大腿骨近位部の BMD は増加しており、全身の BMD を示さなくなる。また二次性変形性股関節症が存在する場合、大腿骨頸部は前捻しており、大腿骨近位部の BMD 測定は困難となる。

変形性股関節症における大腿骨近位部の

BMD 測定は、骨硬化の程度の判定や骨棘の評価は可能であるが、全身の骨萎縮の測定には適さない。計測中に scout view で変形性関節症の所見を発見した場合は、前腕や腰椎に測定部位を変更する。

## 5 大腿骨頭壊死および一過性大腿骨頭萎縮 (一過性骨粗鬆症)

大腿骨頭壊死は骨頭部の骨髄内に壊死が生じる疾患である。続発性と特発性がある。続発性は大腿骨頭部骨折や脱臼などの外傷に伴い発生する。特発性はその 1/3 がステロイド使用に伴い発生し、1/3 はアルコールの多飲により、残りの 1/3 は原因不明により発生する。本症の進行の程度により、MRI や骨シンチグラムのみで認められる Stage I から、骨頭が変形して二次性股関節症の状態となる Stage IV まで分類される。Stage IV は容易に scout view で発見されるが、Stage I より Stage III までは骨頭内に帯状の硬部として認められる。scout view のみでは発見が困難であり、エックス線像や MRI、骨シンチを参考にする。scout view でこれらの所見が発見されれば健側もしくは前腕や腰椎に測定部位を変更する。

一過性大腿骨頭萎縮症(一過性骨粗鬆症)は、大腿骨頭部が一過性に骨萎縮をきたし自然回復する疾患である。大腿骨頭壊死の一亜型とも考えられているが、その病態はいまだに不明であ

る<sup>83)</sup>。中年の男性と妊娠女性に発生する。エックス線写真上は急激な骨萎縮像を生じるが骨頭壊死症のように、骨頭圧壊などは生じない。大腿骨近位部 BMD 測定は本症の診断や経過観察に有用な手段となる<sup>84)</sup>。

## ま と め

大腿骨近位部は整形外科においては多くの関節疾患の発生部位である。測定にあたり、股関節部の症状の有無を十分に医療面接し、症状のある場合は scout view をよく観察する必要がある。エックス線像や MRI、CT、骨シンチグラムなどを参照すると疾患の発見につながる。全身の骨萎縮を評価する目的で、大腿骨近位部 BMD 測定を行う場合は、これらの異常を認めた場合、健側の大腿骨近位部 BMD 測定を行うか、両側罹患している場合には前腕や腰椎など、他部位の計測に切り替える。

関節リウマチや SLE などの関節疾患では関節周辺の骨萎縮が著明であり、大腿骨頭部、転子部骨折を合併することが多い。これらの疾患はステロイドを使用していることが多いため骨折リスク予測のためにも大腿骨近位部測定が有用な情報を与える。

整形外科においては特殊な応用例として、人工関節置換術後の骨萎縮の診断に人工関節周囲の BMD 測定は今後も応用されていくと考えられる。

## 参考文献

- 1) 折茂 肇, 細田 裕, 白木正孝ほか. 大腿骨頸部骨折全国頻度調査報告 (昭和 62 年). 医事新報 1989;3420:43-5.
- 2) 折茂 肇, 橋本 勉, 白木正孝ほか. 大腿骨頸部骨折全国頻度調査. 1992 年における新発症患者数の推定と 5 年間の推移. 医事新報 1995;3707:27-30.
- 3) 折茂 肇, 橋本 勉, 坂田清美ほか. 第 3 回大腿骨頸部骨折全国頻度調査成績. 1997 年における新発症患者数の推定と 10 年間の推移. 医事新報 1999;3916:46-9.
- 4) 折茂 肇, 坂田清美. 第 4 回大腿骨頸部骨折全国頻度調査成績. 2002 年における新発症患者数の推定と 15 年間の推移. 医事新報 2004;4180:25-30.
- 5) 骨粗しょう症対策事業. 骨粗しょう症予防指導者向けマニュアル. 東京:東京都衛生局;1995. p.6-9.
- 6) Center JR, Nguyen TV, Schneider D, et al. Mortality after all major types of osteoporotic fracture in men and women: an observational study. Lancet 1999;353:878-82.
- 7) Vestergaard P, Mosekilde L. Fracture risk associated with smoking: a meta-analysis. J Intern Med 2003;254:572-83.
- 8) Kanis JA, Johansson H, Johnell O, et al. Alcohol intake as a risk factor for fracture. Osteoporos Int 2005;16: 737-42.
- 9) Kanis JA, Johansson H, Oden A, et al. A meta-analysis of prior corticosteroid use and fracture risk. J Bone Miner Res 2004;19:893-9.
- 10) Kanis JA, Johansson H, Oden A, et al. A family history of fracture and fracture risk: a meta-analysis. Bone 2004;35: 1029-37.
- 11) Cummings SR, Black DM, Nevitt MC, et al. Bone density at various sites for prediction of hip fractures. Lancet 1993;341:72-5.
- 12) 折茂 肇, 林 ・ 史, 福永仁夫ほか. 原発性骨粗鬆症の診断基準 (2000 年度版). 日骨代謝誌 2001;18:76-82.
- 13) 内閣府:平成 18 年度版高齢社会白書. <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2006/zenbun/18index.html>
- 14) Kanis JA, Melton LJ 3rd, Christiansen C, et al. The diagnosis of osteoporosis. J Bone Miner Res 1994;9:1137-41.
- 15) NIH Consensus Development Panel. JAMA 2001;285: 785-95.
- 16) 厚生労働省ホームページ統計情報:平成 16 年国民生活基礎調査の概況. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa04/index.html>
- 17) Yoshimura N, Suzuki T, Hosoi T, et al. Epidemiology of hip fracture in Japan: incidence and risk factors. J Bone Miner Metab 2005;23(Suppl):78-80.
- 18) Orimo H, Hosoda Y, Fujiwara S, et al. Hip fracture incidence in Japan. J Bone Miner Metab 1991;9(Suppl): 15-9.
- 19) Orimo H, Hashimoto T, Yoshimura N, et al. Nation-wide incidence survey of femoral neck fracture in Japan, 1992. J Bone Miner Metab 1996;15:100-6.
- 20) 厚生省長寿科学総合研究事業 骨粗鬆症予防のための危険因子に関する研究班 (班長:折茂肇);折茂肇, 橋本勉, 坂田清美ほか. 第 3 回大腿骨頸部骨折全国頻度調査成績. 1997 年における新発症患者数の推定と 10 年間の推移. 医事新報 1999; 3916:46-9.
- 21) Orimo H, Hashimoto T, Sakata K, et al. Trends of incidence of hip fracture in Japan, 1987-1997: the third nationwide survey. J Bone Miner Metab 2000;18:126-31.
- 22) WHO Technical Report 921 Prevention and Management of Osteoporosis 2003.
- 23) 森井浩世. WHO Technical Report 921 の概要. Clinical Calcium 2005;15:557-62.
- 24) Cooper C, Campion G, Melton LJ3rd. Hip fractures in the elderly:a world-wide projection. Osteoporos Int 1992;2: 285-9.
- 25) Muraki S, Yamamoto S, Ishibashi H, et al. Factors associated with mortality following hip fracture in Japan. J Bone Miner Metab 2006;24:100-4.
- 26) 七田恵子, 遠藤智恵子, 柴崎公子ほか. 大腿骨頸部骨折患者の追跡調査. 生存率と身体活動性. 日老医誌 1988;25:563-8.
- 27) 武山憲行, 大島文夫, 大迫克美ほか. 手術療法を受けた 65 歳以上の大腿骨頸部骨折患者の予後. Hip Joint 2001;27:116-20.
- 28) Johnell O, Kanis JA, Odén A, et al. Mortality after osteoporotic fractures. Osteoporos Int 2004;15:38-42.
- 29) Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, et al. Population-based study of survival after osteoporotic fractures. Am J Epidemiol 1993;137:1001-5.
- 30) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会 (代表折茂肇). 骨粗鬆症による骨折の危険因子. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版 (骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会編). 東京:ライフサイエンス出版; 2006. p.34-5.
- 31) 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.
- 32) Klotzbuecher CM, Ross PD, Landsman PB, et al. Patients with prior fractures have an increased risk of future fractures: a summary of the literature and statistical synthesis. *J Bone Miner Res* 2000;15:721-39.
  - 33) van Staa TP, Leufkens HG, Cooper C. The epidemiology of corticosteroid-induced osteoporosis: a meta-analysis. *Osteoporos Int* 2002;13:777-87.
  - 34) Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ. Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc* 2000;48:883-93.
  - 35) Kanis JA, Johnell O, De Laet C, et al. A meta-analysis of previous fracture and subsequent fracture risk. *Bone* 2004;35:375-82.
  - 36) De Laet C, Kanis JA, Odén A, et al. Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporos Int* 2005;16:1330-8.
  - 37) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会. 骨量測定. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版. 東京: ライフサイエンス出版; 2006. p.19-21.
  - 38) 友光達志, 川勝充, 北山彰ほか. 胸・腰椎 X 線撮影法と骨塩定量法の基準化. dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) における骨塩定量の標準測定法と装置の基本性能評価法. *日放技学誌* 1999;55:165-87.
  - 39) Engelke K, Glüer CC. Quality and performance measures in bone densitometry: part 1: errors and diagnosis. *Osteoporos Int* 2006;17:1283-92.
  - 40) Genant HK, Engelke K, Fuerst T, et al. Noninvasive assessment of bone mineral and structure: state of the art. *J Bone Miner Res* 1996;11:707-30.
  - 41) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2006 年版. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会編集. 東京: ライフサイエンス出版; 2006.
  - 42) Johnell O, Kanis JA, Oden A, et al. Predictive value of BMD for hip and other fractures. *J Bone Miner Res* 2005;20:1185-94.
  - 43) Fujiwara S, Kasagi F, Masunari N, et al. Fracture prediction from bone mineral density in Japanese men and women. *J Bone Miner Res* 2003;18:1547-53.
  - 44) Devogelaer JP, Broll H, Correa-Rotter R, et al. Oral alendronate induces progressive increases in bone mass of the spine, hip, and total body over 3 years in postmenopausal women with osteoporosis. *Bone* 1996; 18:141-50.
  - 45) Bone HG, Downs RW, Tucci JR, et al. Dose-response relationships for alendronate treatment in osteoporotic elderly women. Alendronate Elderly Osteoporosis Study Centers. *J Clin Endocrinol Metab* 1997;82:265-74.
  - 46) Pols HA, Felsenberg D, Hanley DA, et al. Multi-national, placebo-controlled, randomized trial of the effects of alendronate on bone density and fracture risk in postmenopausal women with low bone mass: results of the FOSIT study. Fosamax International Trial Study Group. *Osteoporos Int* 1999;9:461-8.
  - 47) Rosen CJ, Hochberg MC, Bonnick SL, et al. Treatment with once-weekly alendronate 70mg compared with once-weekly risedronate 35mg in women with postmenopausal osteoporosis: a randomized double-blind study. *J Bone Miner Res* 2005;20:141-51.
  - 48) Uchida S, Taniguchi T, Shimizu T, et al. Therapeutic effects of alendronate 35mg once weekly and 5mg once daily in Japanese patients with osteoporosis. a double-blind, randomized study. *J Bone Miner Metab* 2005;23: 382-8.
  - 49) Fogelman I, Ribot C, Smith R, et al. Risedronate reverses bone loss in postmenopausal women with low bone mass: results from a multinational, double-blind, placebo-controlled trial. BMD-MN Study Group. *J Clin Endocrinol Metab* 2000;85:1895-900.
  - 50) Harris ST, Watts NB, Jackson RD, et al. Four-year study of intermittent cyclic etidronate treatment of postmenopausal osteoporosis: three years of blinded therapy followed by one year of open therapy. *Am J Med* 1993; 95:557-67.
  - 51) Delmas PD, Bjarnason NH, Mitlak BH, et al. Effects of raloxifene on bone mineral density, serum cholesterol concentrations, and uterine endometrium in postmenopausal women. *N Engl J Med* 1997; 337:1641-7.
  - 52) Lufkin EG, Whitaker MD, Nickelsen T, et al. Treatment of established postmenopausal osteoporosis with raloxifene: a randomized trial. *J Bone Miner Res* 1998;13:1747-54.
  - 53) Neer RM, Arnaud CD, Zanchetta JR, et al. Effect of parathyroid hormone (1-34) on fractures and bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *N Engl J Med* 2001;344:1434-41.
  - 54) ISCD official position. <http://www.iscd.org/>.
  - 55) Bonnick SL, Lewis LA. Bone densitometry for technologists. Humana Press (Totowa, Hew Jersey), 2006.
  - 56) Bonnick SL, Johnston CC, Kleerekoper M, et al. Importance of precision in bone density measurements. *J Clin Densitom* 2001;4:105-10.
  - 57) Glüer CC, Blake G, Lu Y, et al. Accurate assessment of precision errors: how to measure the reproducibility of bone densitometry techniques. *Osteoporos Int* 1995;5: 262-70.

- 58) Orwoll ES, Oviatt SK. Longitudinal precision of dual-energy X-ray absorptiometry in a multicenter study. The Nafarelin/Bone Study Group. *J Bone Miner Res* 1991;6:191-7.
- 59) 萩野 浩, 片桐浩史, 桑本 将. 骨塩定量のピットホール. *Clinical Calcium* 2002;11:1511-7.
- 60) Schneider DL, Bettencourt R, Baret-Cornnor E. Clinical utility of spine bone density in elderly women. *J Clin Densitom* 2006;9:255-60.
- 61) Gianotti L, Tassone F, Cesario F, et al. A slight decrease in renal function further impairs bone mineral density in primary hyperparathyroidism. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:3011-6.
- 62) VanderWalde LH, Liu IL, O'Connell TX, et al. The effect of parathyroidectomy on bone fracture risk in patients with primary hyperparathyroidism. *Arch Surg* 2006;141:885-9.
- 63) Hagstrom E, Lundgren E, Mallmin H, et al. Positive effects of parathyroidectomy on bone mineral density in mild asymptomatic primary hyperparathyroidism. *J Int Med* 2006;259:191-8.
- 64) Lee WY, Oh KW, Rhee EL, et al. Relationship between subclinical thyroid dysfunction and femoral bone neck bone mineral density in women. *Arch Med Res* 2006;37:511-6.
- 65) Tauchmanová L, Nuzzo V, Del Puente A, et al. Reduced bone mass detected by quantitative ultrasonometry and DEXA in pre- and postmenopausal women with endogenous subclinical hyperthyroidism. *Maturitas* 2004;48:299-306.
- 66) Doi S, Kushida K, Miyamoto S, et al. Calcaneus bone mineral density in Japanese women with rheumatoid arthritis. *Rheumatol Int* 2005;25:195-200.
- 67) Haugeberg G, Orstavik RE, Uhling T, et al. Comparison of ultrasound and X-ray absorptiometry bone measurements in a case control study of female rheumatoid arthritis patients and randomly selected subjects in the population. *Osteoporos Int* 2003;14:312-9.
- 68) Strotmeyer ES, Cauley JA, Orchard TJ, et al. Middle-aged premenopausal women with type 1 diabetes have lower bone mineral density and calcaneal quantitative ultrasound than nondiabetic women. *Diabetes Care* 2006;29:306-11.
- 69) Gerdhem P, Isaksson A, Akesson K, et al. Increased bone density and decreased bone turnover, but no evident alteration of fracture susceptibility in elderly women with diabetes mellitus. *Osteoporos Int* 2005;16:1506-12.
- 70) de Liefde II, van der Klift M, de Laet CE, et al. Bone mineral density and fracture risk in type-2 diabetes mellitus: the Rotterdam Study. *Osteoporos Int* 2005;16:1713-20.
- 71) Majima T, Komatsu Y, Yamada T, et al. Decreased bone mineral density at the distal radius, but not at the lumbar spine or the femoral neck, in Japanese type 2 diabetic patients. *Osteoporos Int* 2005;16:907-13.
- 72) Ersoy FF, Passadakis SP, Tam P, et al. Bone mineral density and its correlation with clinical and laboratory factors in chronic peritoneal dialysis patients. *J Bone Miner Metab* 2006;24:79-86.
- 73) Natsui K, Tanaka K, Suda M, et al. High-dose glucocorticoid treatment induces rapid loss of trabecular bone mineral density and lean body mass. *Osteoporos Int* 2006;17:105-8.
- 74) Khoo BC, Beck TJ, Qiao QH, et al. In vivo short-term precision of hip structure analysis variables in comparison with bone mineral density using paired dual-energy X-ray absorptiometry scans from multi-center clinical trials. *Bone* 2005;37:112-21.
- 75) 萩野浩. 骨密度による骨折リスクの評価. 最新骨塩定量法. 福永仁夫監修. メディカルレビュー社; 2004. p.163-70.
- 76) Hooyman JR, Melton LJ 3rd, Nelson AM, et al. Fractures after rheumatoid arthritis. A population-based study. *Arthritis Rheum* 1984;27:1353-61.
- 77) Güler-Yüksel M, Bijsterbosch J, Goekoop-Ruiterman YP, et al. Bone mineral density in patients with recently diagnosed, active rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis* 2007 Apr;24 (Epub).
- 78) Makinen TJ, Alm JJ, Laine H, et al. The incidence of osteopenia and osteoporosis in women with hip osteoarthritis scheduled for cementless total joint replacement. *Bone* 2007;40:1041-7.(Epub 2007 Jan 17).
- 79) 岸本英彰, 中村耕作, 山本吉蔵. 人工骨 (人工関節) 周囲の骨塩定量, 最新骨塩定量法, 福永仁夫監修. メディカルレビュー社; 2004.p.81-90.
- 80) Gruen TA, McNeice GM, Amstutz HC. Modes of failure" of cemented stemtype femoral components: a radiographic analysis of loosening. *Clin Orthop Relat Res* 1979;141:17-27.
- 81) Nakamura K. Measurement of periprosthetic bone mineral density after cementless hip arthroplasty by dual energy X ray absorptiometry; longitudinal and cross-sectional evaluation. *J Orthop Sci* 1996;1:113-22.
- 82) Bodén HS, Sköldenberg OG, Salemyr MO, et al. Continuous bone loss around a tapered uncemented femoral stem: a long-term evaluation with DEXA. *Acta Orthop*

2006;77:877-85.

83) Funk JL, Shoback DM, Genant HK. Transient osteoporosis of the hip in pregnancy: natural history of changes in bone mineral density. Clin Endocrinol (Oxf) 1995;43:373-

82.

84) Niimi R, Sudo A, Hasegawa M, et al. Changes in bone mineral density in transient osteoporosis of the hip. J Bone Joint Surg Br 2006;88:1438-40.

## 大腿骨近位部 BMD 測定マニュアル

---

2007 年 8 月 15 日 発行

Osteoporosis Japan Vol. 15 No. 3

発行所 ライフサイエンス出版株式会社

〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 11-7

Tel (03) 3664-7900 Fax (03) 3664-7735

E-mail : [opj@lifescience.co.jp](mailto:opj@lifescience.co.jp)

印刷所 三報社印刷株式会社

---