

被写体厚がX線写真の骨構造解析に及ぼす影響 — 腰椎側面像における縦筋・横筋の検討 —

北山 彰¹, 荒尾 信一¹, 天野 貴司¹,
林 明子¹, 板谷 道信¹, 友光 達志²,
曾根 照喜³, 福永 仁夫³

Effects of Objective Thickness on Bone Structure Analysis of X-ray Photograph — Investigation of Lengthwise and Crosswise Stripes Projected on the Lateral Lumber Image —

Akira KITAYAMA¹, Shinichi ARAO¹, Takashi AMANO¹,
Akiko HAYASHI¹, Michinobu ITAYA¹, Tatsushi TOMOMITSU²,
Teruki SONE³ and Masao FUKUNAGA³

キーワード：骨粗鬆症，骨梁構造解析，デジタル画像処理，被写体厚，筋強調フィルタ法

概 要

骨粗鬆症の定量的診断にX線写真を用いた骨構造解析法を適用する場合，骨構造が同じであれば，被写体厚が異なっても解析値は一定となることが重要である。そこで今回我々は被写体厚の変化が骨構造解析に用いられる腰椎側面像に描出される縦筋，横筋に及ぼす影響について検討した。

その結果，健常例，骨粗鬆症例ともに骨は同じであっても，被写体厚が厚くなると，X線写真上に描出される縦筋，横筋の数はどちらも増加する傾向が認められ，特に縦筋に比べて横筋の増加が顕著であった。したがって，骨粗鬆症の診断にX線写真を用いる場合には，解析値が被写体厚によって変動しないように，撮影時に腹帯や水枕などを用いて被写体厚を一定にする工夫をしたり，骨梁像の描出能が撮影条件によって変化しないように撮影管電圧などを一定にすることが必要である。

1. 緒 言

近年，わが国では高齢化社会の到来とともに加齢に伴う退行性疾患が増加している。なかでも骨の退行性疾患の一つである骨粗鬆症の患者数の増加は顕著なものがあり¹⁾，その予防や治療は医学的のみならず，社会的にも強く要望されている。

図1に健常な腰椎椎体の断面と骨粗鬆症の椎体断面との比較を示すが，これら椎体の骨梁構造の違いからわかるとおり，骨粗鬆症とは骨量の減少と骨の微細構造の劣化によって骨強度が脆弱化し，その結果，骨折

を起こし易くなった全身性の骨疾患と定義されている³⁾。骨粗鬆症の診断，予防および治療の導入には，骨強度を定量的に計測することが臨床重要であるが，現在，骨粗鬆症の診断では，X線写真に投影された骨梁像から骨の強度を推定する骨構造解析法が種々，試みられている^{4,5)}。

しかしながら，X線写真を用いた解析法では，たとえ骨構造そのものは同じであっても対象とする被写体の厚さが異なると被写体から発生する散乱線等の状態が異なるために，その結果，X線写真上に描出される骨梁像に差が生じ，解析値が変動することが予測される。よって今回我々は，被写体厚の変化が腰椎側面像に描出される骨梁像としての縦筋，横筋に及ぼす影響について検討した。

2. 対象および方法

対象には屍体から摘出した20歳代男性の健常例第2

(平成14年10月22日受理)

¹川崎医療短期大学 放射線技術科，²川崎医科大学附属病院 中央放射線部，³川崎医科大学 核医学教室

¹Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions

²Department of Radiology, Kawasaki Medical School Hospital

³Department of Nuclear Medicine, Kawasaki Medical School

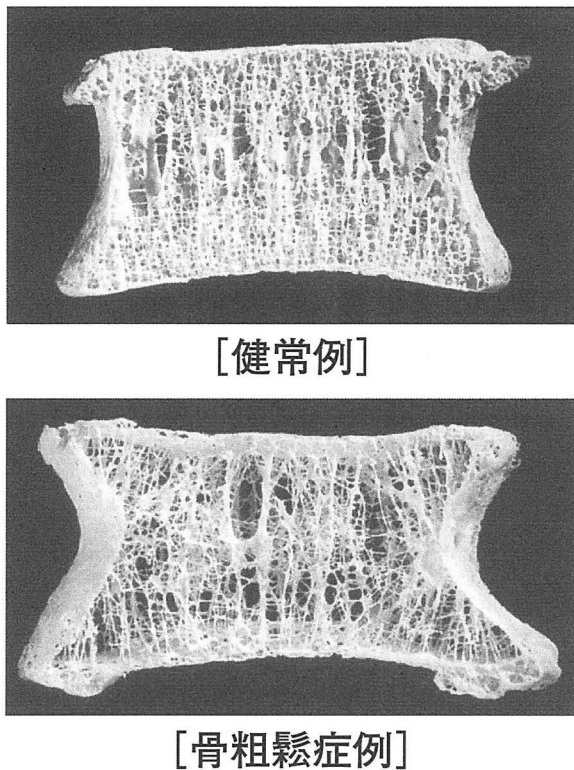


図1 健常例と骨粗鬆症例の腰椎椎体の断面の比較
健常例では骨梁構造は太く分布は密であるが、骨粗鬆症例の骨梁は細く分布は粗であり、穴開き構造が目立つ。
(文献²⁾より)

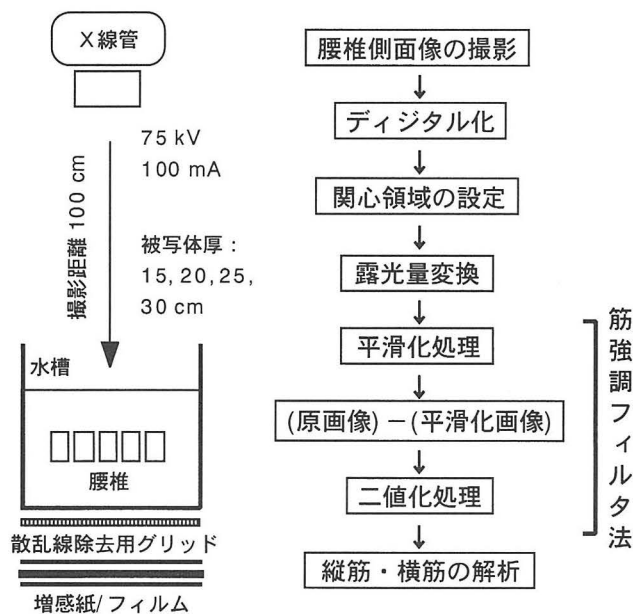


図2 実験の配置および手順

腰椎（摘出骨骨密度： 0.857 g/cm^2 ）と70歳代女性の骨粗鬆症例第2腰椎（摘出骨骨密度： 0.353 g/cm^2 ）を使用した。

図2に実験の配置および実験の手順を示す。まず、

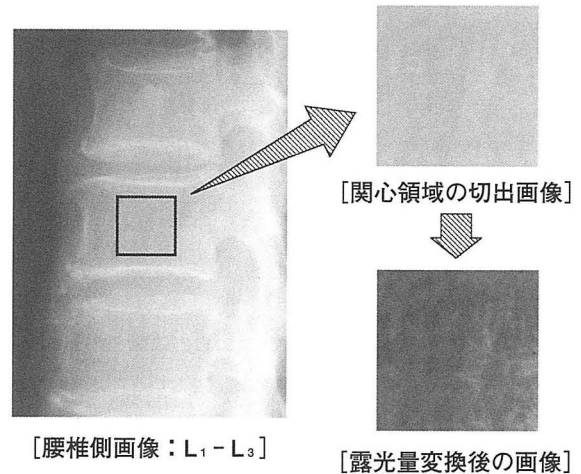


図3 第2腰椎側面像から切り出した関心領域の画像とその露光量変換後の画像
露光量変換を行うことによって骨梁の描出能が向上している

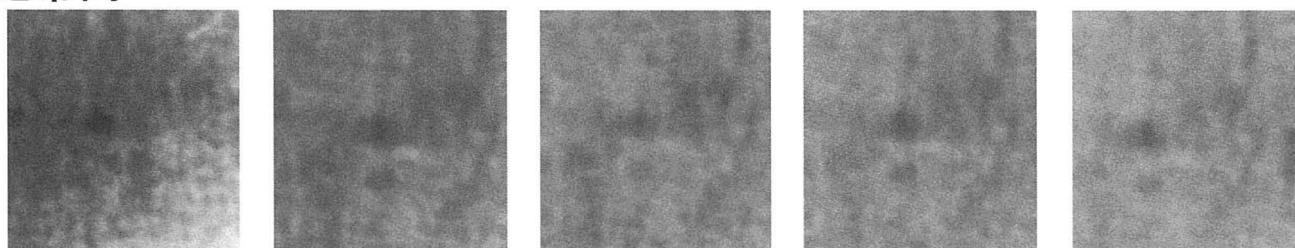
X線撮影台の上に摘出腰椎を沈めた水槽を置き、被写体厚に相当する水の深さを、15、20、25、30cmと変化させて、椎体の側面X線撮影を行った。撮影条件は、管電圧75 kV、管電流100mA、撮影時間は第2腰椎中央部の写真濃度が 1.0 ± 0.1 となるように調整した。撮影したX線写真は、フィルムデジタイザ(LD-4500；コニカ)を用いて、標本化0.1mm、量子化8 bitにてデジタル化を行い、デジタル画像データとしてパーソナルコンピュータ (Macintosh 7300/180；Apple) に取り込んだ。次に、パソコン上で第2腰椎中央部から 128×128 pixelの関心領域を切り出し、その領域について、フィルム特有の低濃度部、高濃度部でのコントラストの低下を補正するために、使用した感光系の特性曲線を用いて露光量変換⁶⁾を行い、腰椎の骨梁がよく描出された画像を得た(図3)。そして、その骨梁が強調された画像に対し筋強調フィルタ法⁷⁾を適用して骨梁の二値化画像を作成し、縦方向および横方向の骨梁構造を示す縦筋と横筋の本数を計数した。ここで、二値化処理の閾値には関心領域のピクセル値の平均値を使用した。

なお、画像処理にはパブリックドメインソフト NIH Image Ver. 1.61を、筋の計数には表計算ソフト Excel Ver. 5.0 (Microsoft) を使用した。

3. 結 果

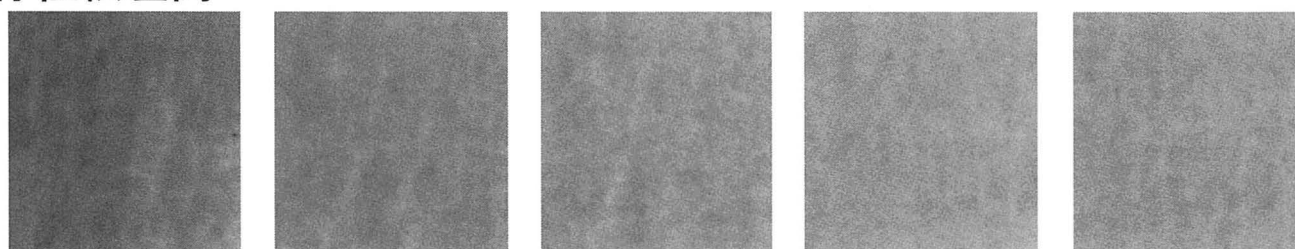
図4に、被写体厚（水の深さ）を変化したときに得られた健常例および骨粗鬆症例の露光量変換後の画像を示す。健常例ではゴツゴツとした骨梁像が、一方、骨粗鬆症例では健常例に比べて、淡く細かい骨梁像が

健常例



[椎体のみ] [被写体厚15cm] [20cm] [25cm] [30cm]

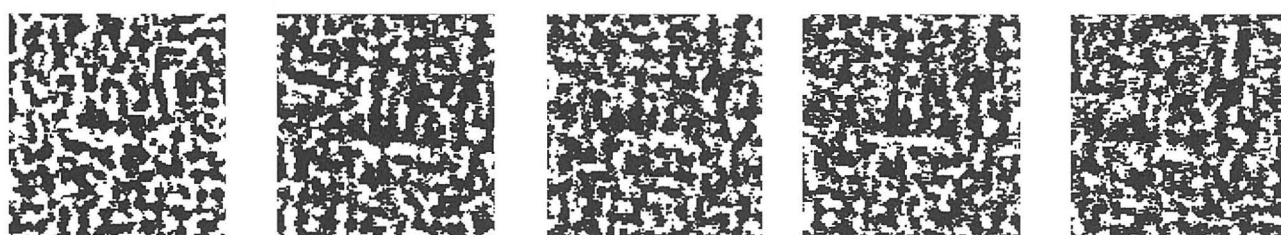
骨粗鬆症例



[椎体のみ] [被写体厚15cm] [20cm] [25cm] [30cm]

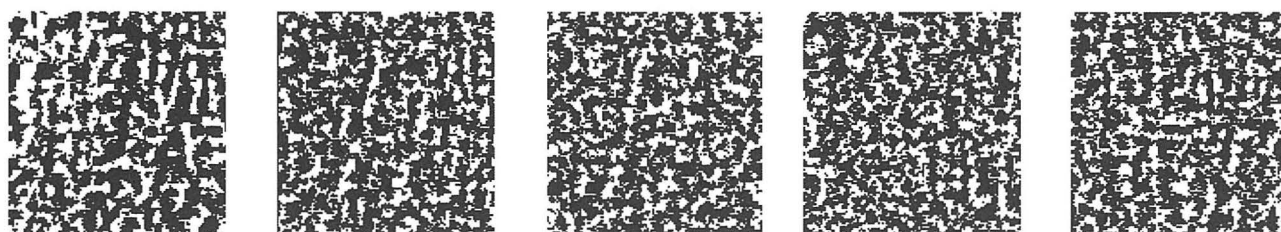
図4 被写体厚を変化したときに得られた健常例および骨粗鬆症例の露光量変換後の画像
 健常例ではゴツゴツとした骨梁像が、骨粗鬆症例では淡く細かい骨梁像が観察される。健常例、骨粗鬆症例ともに、被写体厚が厚くなるにつれ骨梁の描出能が低下している。

健常例



[椎体のみ] [被写体厚15cm] [20cm] [25cm] [30cm]

骨粗鬆症例



[椎体のみ] [被写体厚15cm] [20cm] [25cm] [30cm]

図5 被写体厚を変化したときに得られた健常例および骨粗鬆症例の骨梁の二値化画像
 健常例に比べ骨粗鬆症例では骨梁の分布が細かく、また、健常例、骨粗鬆症例ともに、被写体厚が厚くなるほど骨梁の分布が細くなる傾向が認められる。

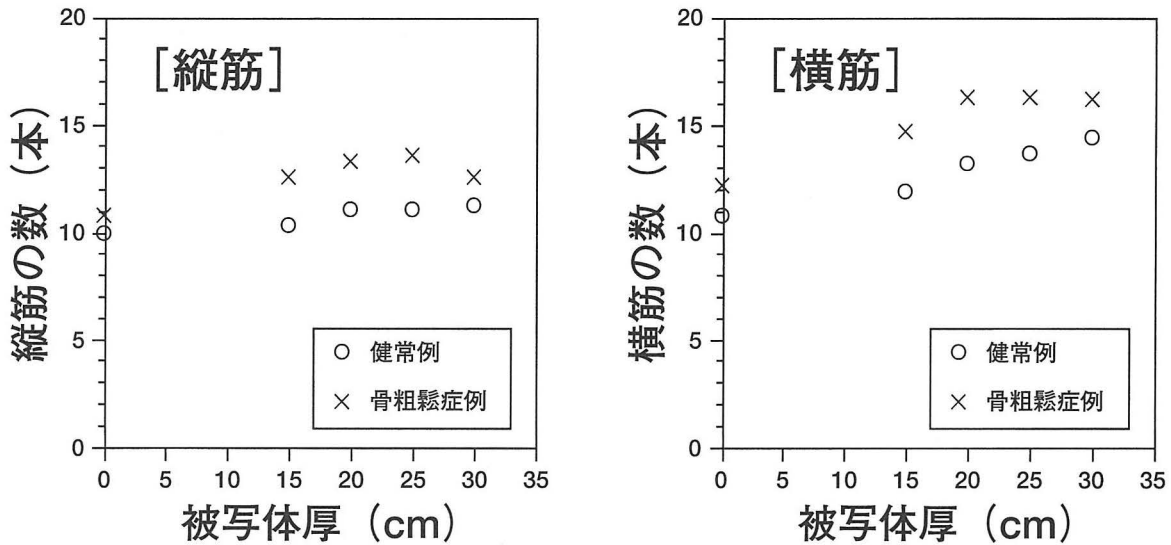


図6 被写体厚の変化に対するX線写真上に描出された縦筋と横筋の本数の変化
骨粗鬆症例の方が健常例よりも計数される筋の数は多く、また、健常例、骨粗鬆症例ともに被写体厚が厚くなるほど、筋の数が多くなる傾向が認められる。そして、その傾向は縦筋よりも横筋の方が顕著である。

観察された。また、被写体厚が厚くなるにしたがい、被写体から発生する散乱線のために、健常例、骨粗鬆症例ともに骨梁像は不鮮鋭に低コントラストとなり、骨梁の描出能が低下していることがわかる。

図5は、図4の露光量変換後画像に筋強調フィルタ法を適用して得られた健常例および骨粗鬆症例の骨梁の二値化画像である。健常例に比べ骨粗鬆症例では骨梁の分布が細かく、また、健常例、骨粗鬆症例ともに被写体厚が厚くなるほど、骨梁の分布が細くなる傾向が観察された。

図6に、被写体厚の変化に対する骨梁の二値化画像から計数された縦筋および横筋の本数の変化を示す。骨粗鬆症例では健常例に比べ、計数される筋の数が多かった。また、健常例、骨粗鬆症例ともに被写体厚が厚くなるほど、計数される筋の数は多くなる傾向が認められ、その傾向は縦筋よりも横筋の方が顕著であった。

4. 考 察

図1に観察されるように、健常例では骨梁構造が太く密に分布しているために、X線写真上では図4のようにゴツゴツとした大きく荒い骨梁像が描出される。一方、骨粗鬆症例では、骨梁は細く分布も粗であるためにX線写真上に投影される骨梁像は細く淡い。したがって、これらの画像から筋強調フィルタ法によって骨梁像を抽出して、縦筋と横筋の本数を計数すると、健常例では骨梁像がゴツゴツと大きいため計数される筋の本数は少なく、一方、骨粗鬆症例では骨梁の分

布密度は低いものの、一本一本の骨梁が細いために計数される筋の本数は健常例よりも多くなったと考えられる。

縦筋、横筋のどちらにおいても、被写体厚が厚くなるにつれて計数される筋の本数が増加する傾向が認められたことについては、被写体厚が厚くなるほど被写体から発生する散乱線が増加するために、描出される骨梁像の鮮鋭度および写真コントラストが低下して、骨梁が描出されにくくなり、相対的に雑音の成分が増加したことが原因であると考えられる。

また、この傾向が縦筋よりも横筋において強く認められたことについては、散乱線除去用グリッドの縞目の方向によって画像上の縦方向と横方向では散乱線の除去能が異なること、そして、横方向の骨梁（横筋）は、縦方向の骨梁（縦筋）に比べて、人が生活するうえで通常は荷重がかかりにくく、その結果、骨梁の構造は細く、したがって、X線写真上で散乱線等の影響によって消失しやすいことなどが原因であると考えられる。

次に、被写体厚の変化に対する縦筋と横筋の変化のようすが、健常例と骨粗鬆症例で差が認められるかどうかを検討するために、被写体厚の変化に対して縦筋と横筋の本数の比をとってみたが、健常例と骨粗鬆症例で、縦筋と横筋の変化のようすに差は認められなかった(図7)。

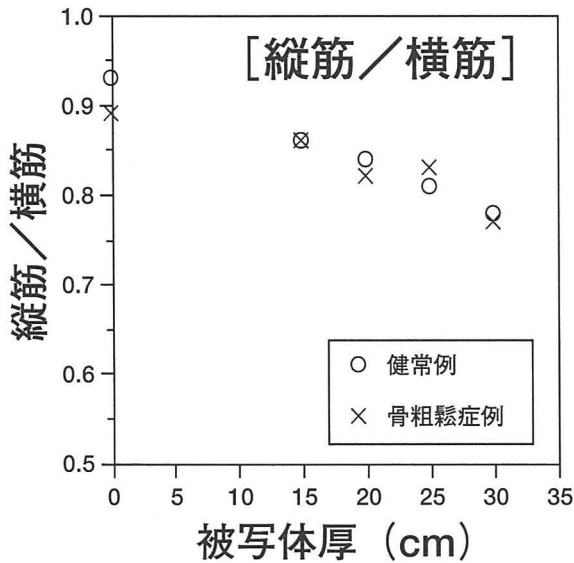


図7 被写体厚の変化に対する計数された縦筋と横筋の本数の比
健常例と骨粗鬆症例で縦筋と横筋の変化に差を認めない。

5. 結 語

被写体厚の変化が腰椎側面像の骨構造解析に及ぼす影響について、腰椎側面像に描出される縦筋と横筋の本数を検討した結果、健常例、骨粗鬆症例ともに骨は同じであっても被写体厚が厚くなると、X線写真上に描出される縦筋、横筋の数はどちらも増加する傾向が認められ、特に縦筋に比べて横筋の増加が顕著であった。

したがって、骨粗鬆症の定量的診断においてX線写真を用いる場合には、骨梁構造は同じであっても被写

体厚の相違によって解析値が変動する可能性があるため、十分な注意が必要である。そして、解析値が諸条件によって変動しないようにするためには、撮影時に腹帯や水枕などを用いて被写体厚を一定にする工夫をしたり、骨梁像の描出能が撮影条件によって変化しないように撮影管電圧等を一定にすることが必要であると考えられた。

6. 文 献

- 1) 鈴木隆雄, 林 泰史, 福永仁夫, 吉村典子, 荻野 浩, 藤原佐枝子, 塚原典子, 伊木雅之: 図でみる骨粗鬆症2002(疫学編), Osteoporosis Jpn. 10(1): 7-31, 2002.
- 2) Lis M: Age-related Changes in Spinal Bone Mass, Structure and Strength, J. Jpn. Soc. Bone Morphom. 8: 9-18, 1998.
- 3) 山本逸雄: 骨粗鬆症の定量診断, CLINICAL CALCIUM 5(11): 7, 1995.
- 4) 北山 彰, 板谷道信, 友光達志, 荒尾信一, 天野貴司, 林明子, 曾根照喜, 福永仁夫, 山下一也: 骨梁の画像解析, 日放技学誌, 56(3): 460-471, 2000.
- 5) Chinander MR, Giger ML, Martell JM, Favus MJ: Computerized Analysis of Radiographic Bone Patterns: Effect of Imaging Conditions on Performance, Med. Phys. 27(1): 75-85, 2000.
- 6) 北山 彰, 友光達志, 曾根照喜, 福永仁夫: 骨梁像のフラクタル次元解析における露光量変換法の有効性, 日骨形態誌, 8(1): 71-75, 1998.
- 7) 北山 彰, 板谷道信, 山下一也, 友光達志, 曾根照喜, 福永仁夫, 山北幸重, 山内広世: 筋強調フィルタ法による腰椎骨梁の定量解析, 川崎医療短期大学紀要, 19: 87-91, 1999.

