



Title	骨破壊のX線学的研究 第1報 骨梁X線像の基礎的研究
Author(s)	渡辺, 長盛; 鈴木, 正吾
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1974, 34(8), p. 525-534
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15748">https://hdl.handle.net/11094/15748</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 骨破壊のX線学的研究

## 第1報 骨梁X線像の基礎的研究

東北大学医学部放射線医学教室（主任：星野文彦教授）

渡辺長盛\* 鈴木正吾\*

（昭和49年4月19日受付）

### Radiological Studies on Destruction of Bone

1st Report: Experimental Studies on Radiographic Structure  
of the Bone-Trabeculae

by

Chosei Watanabe and Shogo Suzuki

Department of Radiology, Tohoku University School of Medicine, Sendai, Japan  
(Director: Prof. Fumihiko Hoshino)

*Research Code No.: 505*

*Key Words: Bone, Bonetrabeculae, Destruction of bone*

The formations of the radiographic structure of bonetrabeculae were primarily investigated for the purpose of promoting radiographical studies on the destructions of bones. The fine shadows of the radiograms here gained were analyzed not only through the observations with the naked eye but also by the combined use of a microphotometer and an ultra low frequency analyzer, and the components of the radiographic images were quantitatively compared and examined.

The results were as follows:

- 1) The bone-markings do not always represent faithfully the structure of the trabeculae, but vary with the kinds of the radiography or its exposure factors.
- 2) The difficulty of the early radiographic diagnoses of osteoporosis or the metastases of cancer to bones is due to the above-mentioned radiographical changeability of the radiographic structure of bone-trabeculae.
- 3) The pathodiagnosis of the trabeculae based on the changes of the bone-markings has considerable propriety as to the peripheral bones, but radiographic pathodiagnoses of the trabeculae at the bones of the truncus or the thick bones are often difficult even when tomography and macroradiography are applied in addition to ordinary radiography.

\* 現在の所属：東北大学医療技術短期大学部診療放射線技術科

## I. 緒 言

従来種々の骨疾患のX線診断は骨梁の変化によるそのX線像の観察によることが多い。しかしBone massの減少状態と定義されているOsteoporosis<sup>8)22)23)</sup>或は骨梁の破壊を伴う原発性骨腫瘍及び悪性腫瘍の転移のX線早期診断は困難<sup>24)25)</sup>とされている。Osteoporosisの診断法の一つとして骨の定量的X線診断法<sup>3)8)15)16)18)20)20)</sup>があるが、四肢骨に関しては一般にその方法で診断可能であるが、肝要な椎骨等については現在良い方法は報告されていない。従つて椎骨等では骨梁X線像の変化即ちX線形態学的診断に頼らざるを得ないが早期診断は無理である。又近年Radio-Isotopeの臨床応用の発達に伴つて原発性骨腫瘍或は悪性腫瘍の骨転移の診断えの応用結果、それらの早期診断上 Radio-Isotopeの応用はその理論的裏づけと共にX線診断より優るとする臨床報告が<sup>6)7)11)21)22)26)27)</sup>大部分である。これら骨疾患に対してX線形態学的診断の劣るのは、骨梁のX線像が診断のための直接観察対象であるが、一方撮影法の種類或は条件等によつても変化するためと考えられるので、われわれは骨破壊のX線診断の研究を目的として、まず骨梁X線像を種々の条件のもとに得てその変化を検討した。

## II. 実験方法

骨の撮影実験は、① 骨梁X線像の画質に影響する因子、② 撮影法による障害陰影を目的とし

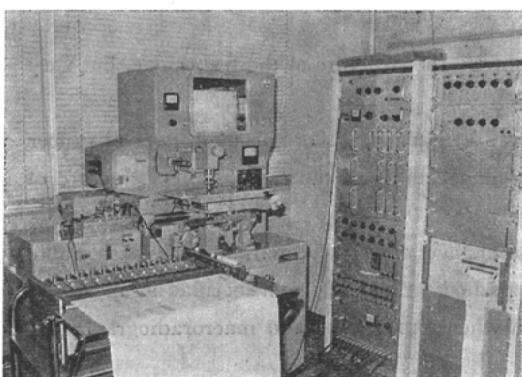


Fig. 1. Microphotometer of optical balance system and multi-channel ultra low frequency analyzer that is on-line connection.

た。撮影写真について、その肉眼観察のみならず、Microphotometer(測定孔直径: 100 μ)と超低周波数分析装置<sup>18)</sup>を組合せ使用して陰影成分を解析し、且つその量的変化を比較検討した(Fig. 1)。

実験内容は次の通りである。

実験1: 線質の影響。大腿骨(乾骨)を水中に入れ、その上下に散乱体としてアクリル板(5 cm)を設置した(以下乾骨を用いた実験は同様である)。撮影は、70kVp(Filter: Al 1.0 mm), 150 kVp(Filter: Cu 0.5+Al 1.0及びCu 1.5+Al 1.0)でおこなつたが、撮影写真について大腿骨頭部を横断する方向に走査測定した。

実験2: 散乱線除去格子の効果。生体の大軸骨を80kVp, Grid (+), (-)で撮影し、実験1と同様に走査測定した。Gridは平行8:1を用いた。

実験3: 紋りの効果。大腿骨(乾骨)の大軸子部を撮影中心として照射野を3段階に変えて撮影した。撮影は焦点100×100 μによる4倍拡大とし、走査測定は同一部位である。

実験4: 増感紙の種類による影響。市販増感紙F S, H S(極光)を用い、水中の腰椎(乾骨)及び健康成人腰椎を側面撮影し、椎体横方向に走査測定した。

実験5: 断層撮影における障害陰影及び紋りの効果。

a) 水中の腰椎(乾骨)の上にアクリル板孔あきファンタームを置いて断層撮影した。

b) 上記腰椎の断層撮影における管球移動方向による像の変化について紋りの効果も併せ観察検討した。走査測定は椎体横方向におこなつた。

実験6: 重積像としての骨梁X線像の検討。散乱体としてアクリル板5+5 cmを用い、腰椎(解剖体)側面を普通撮影及び直接4倍拡大撮影した。走査測定は実験5と同様である。

## III. 実験結果

実験1: Fig. 2は大腿骨の150kVp Cu 0.5+Al 1.0 Filter(左)及びCu 1.5+Al 1.0 Filter(右)の写真であるが、肉眼的観察では両者の微

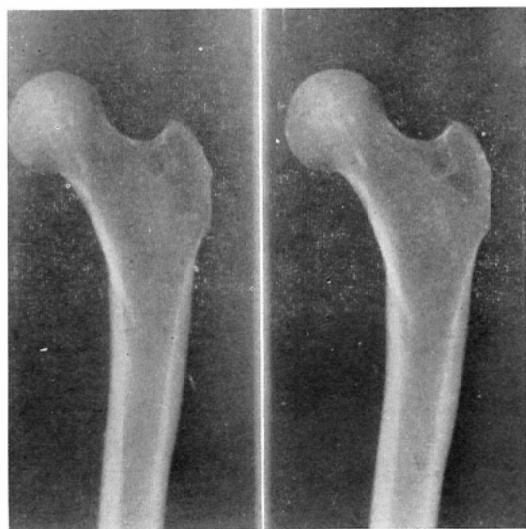


Fig. 2. Radiograms of femur. (left: filter Cu 0.5 mm Al 1.0 mm, right: filter Cu 1.5 mm Al 1.0 mm)

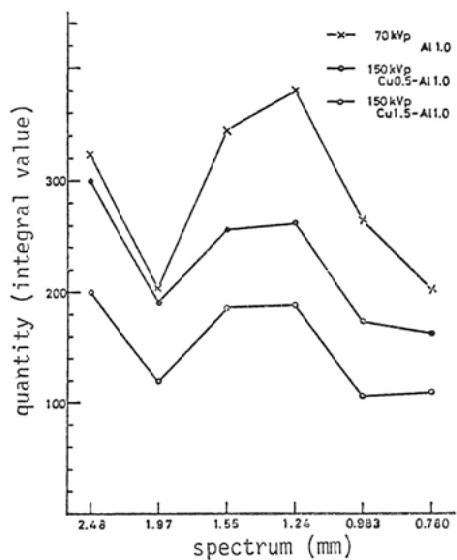


Fig. 3. Relation between spectrum of femur and radiation quality.

細像の相違は不明である。分析装置による測定結果は Fig. 3 に示されるが、横軸は陰影の大きさ、縦軸はそれぞれ陰影成分の相対的量（積分値）を表わしている<sup>18)</sup>。即ち高圧且つ Filter が厚くなるに従つて陰影成分の減少が測定され、骨梁

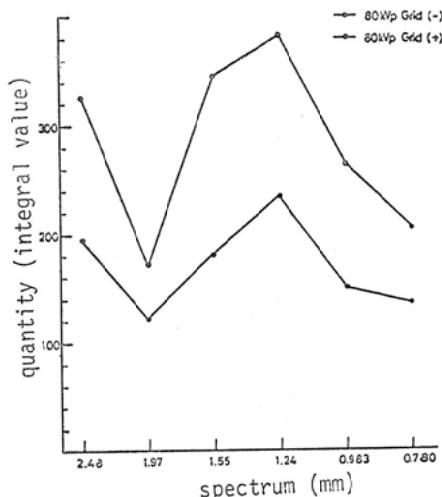


Fig. 4. Relation between spectrum of femur and scattered X-ray.

X線像の対比度が低下して来ることがわかる。

実験2：生体の大腿骨を撮影して Grid の効果をみたが、走査測定結果は Fig. 4 に示すとくで、同じ80kVp でも Grid 使用によって骨梁X線像の陰影成分の増加が測定され、対比度の向上が得られることがわかる。

実験3：大腿骨大転子部を撮影中心として絞り

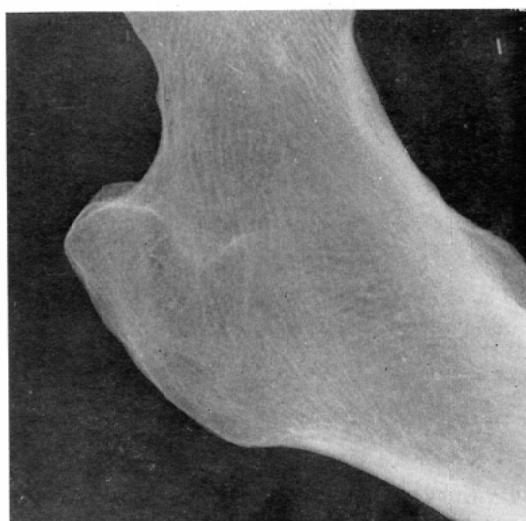


Fig. 5a. Macroradiogram of femur in 4 times magnification. (diaphragm: 100×100cm<sup>2</sup> on film).

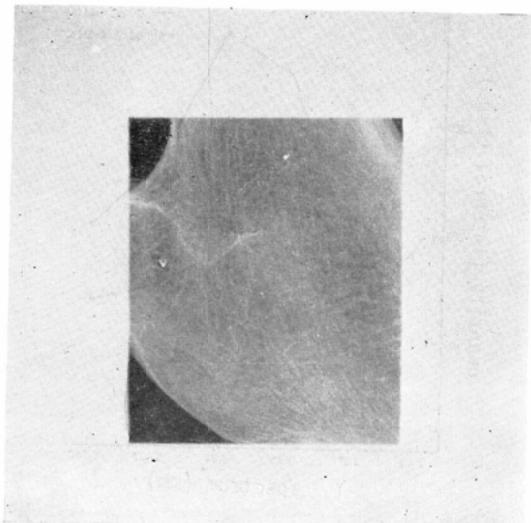


Fig. 5b. Macroradiogram of femur in 4 times magnification. (diaphragm:  $35 \times 35\text{cm}^2$  on film)

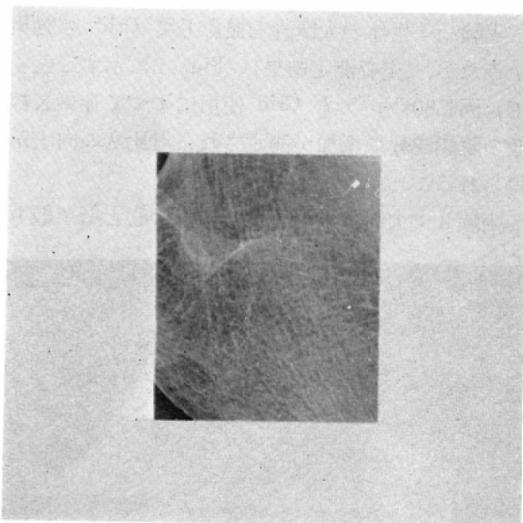


Fig. 5c. Macroradiogram of femur in 4 times magnification. (diaphragm:  $17 \times 17\text{cm}^2$  on film)

を変えて直接4倍拡大撮影したが、Fig. 5a はフィルム部位で照射野は  $100\text{cm} \times 100\text{cm}$ 、Fig. 5b, c は夫々  $35\text{cm} \times 35\text{cm}$ ,  $17\text{cm} \times 17\text{cm}$  の写真である。同一部位の測定結果は Fig. 6 のごとくで照射野を小さくすることによつて陰影成分の増加が明かに認められる。陰影の大きさ約  $0.5 \sim 0.4\text{mm}$ 以下のものは殆ど変動を示さないが、これはフィルム

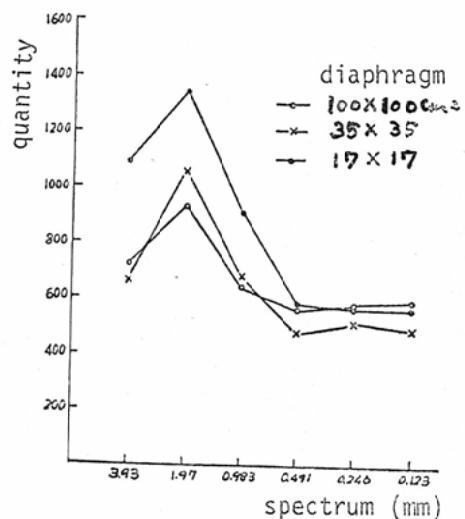


Fig. 6. Relation between spectrum and projected-field.

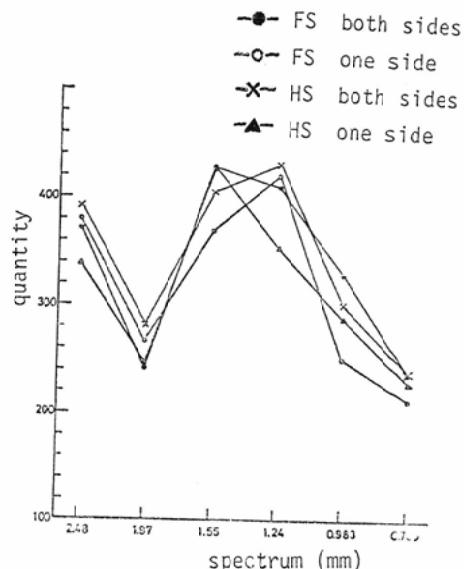


Fig. 7. Relation between spectrum of lumbar vertebra and kinds of intensifying screens.

の粒状成分のため<sup>13)</sup>と考えられる。これらの測定結果から絞りによつて Grid の効果(実験2)と同様対比度が増すことがわかる。

実験4：増感紙FS, HS夫々の両面、片面を用いて水中の腰椎を80kVpで撮影したが、その測定結果は Fig. 7 に示される。この程度の分布で

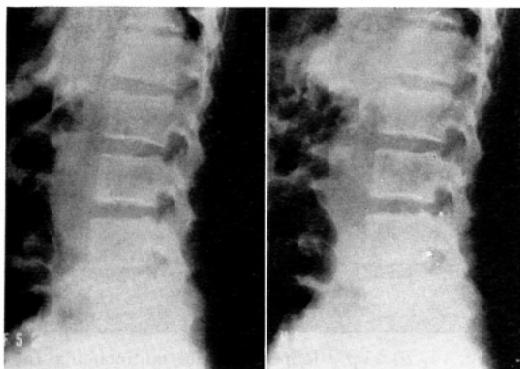


Fig. 8. Lateral radiograms of the lumbar vertebrae  
(left: FS, right: HS)

は4者の陰影成分には著しい相違はないと判断される。

Fig. 8は健康成人の腰椎側面像で、左はFS両面、右はHS両面使用写真であるが肉眼的観察では両者の相違を指摘することは出来ない。且つ測定結果両者の陰影成分に略々同様の分布を示している(Fig. 9)。しかしこれらの結果は鮮鋭度を示すものではないことは云うまでもないが、本実験の肉眼的観察結果では増感紙の種類による骨染X線像の画質の相違は認められなかつた。

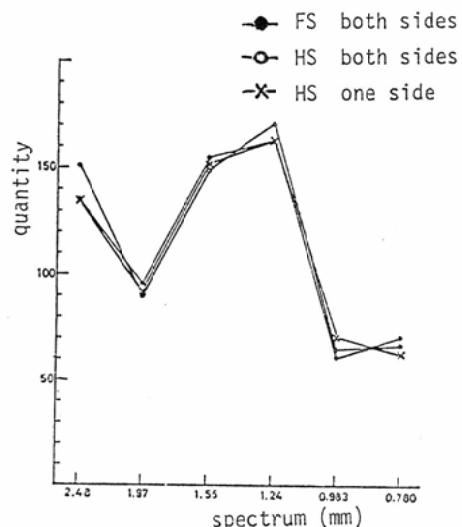


Fig. 9. Relation between spectrum of lumbar vertebra and kinds of intensifying screens. (normal adult)

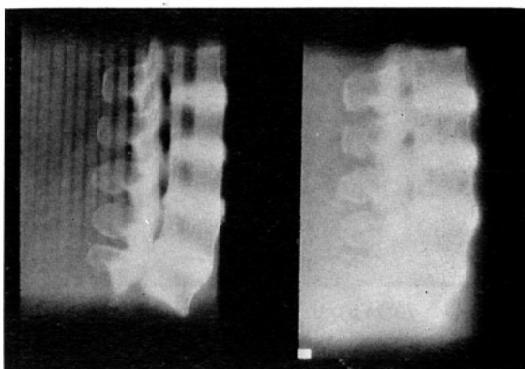


Fig. 10. Tomograms of the lumbar vertebrae on which is placed the acryl plate with holes.  
(left: 50° linear, right: 3-looped superior epitrochoidal)

実験5：Fig. 10は腰椎（水中）の上に孔あきファントームを置いて腰椎矢状中心面を中心断面とした70kVp, 50°円弧（左）及び三捲（右）断層写真である。腰椎中心とファントーム中心とは約4cm離れているが、左の円弧50°断層では深さ5mm以上（直径10mm）のものは暈残像として骨陰影内に現出され、右の三捲断層では円弧の場合より量去されているが、深さ10mm程度以上のものは暈残像として同様に現出され、あたかも骨欠損像のように観察される。Fig. 11の左は腰椎側面上部

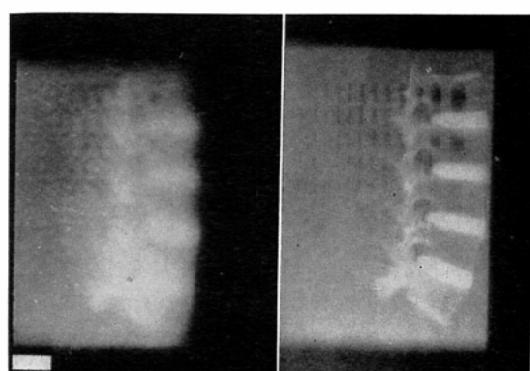


Fig. 11. Tomograms of the lumbar vertebrae on which is placed the acryl plate with holes.  
Left is 80 kVp 3-looped superior epitrochoidal tomogram that central layer is between vertebral and acryl plate, and right is 150 kVp 8° linear tomogram that central layer is central sagittal plane of the vertebral.

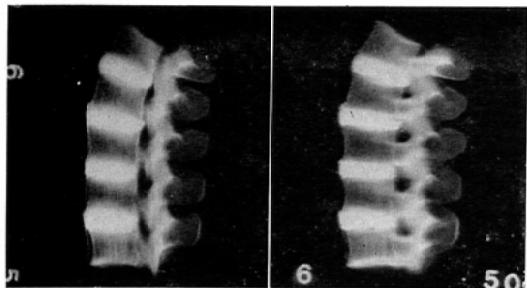


Fig. 12. 70 kVp 50° linear tomograms of lumbar vertebrae. Left: tube moving direction is parallel to the vertebrae. Right: cross.

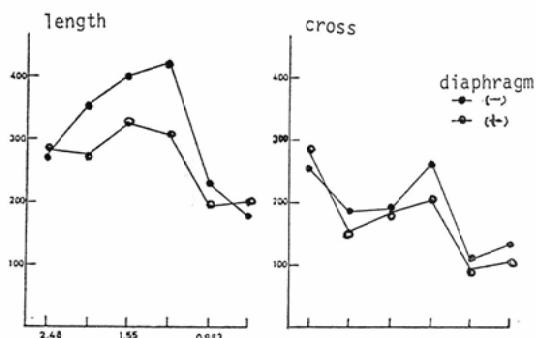


Fig. 13. Relation between spectrum of the lumbar vertebra and moving direction of the linear tomographic tube.

を中心断面とした三捲断層で深さ5mm前後のものまで欠損様量残像が認知される。右は腰椎中心矢状面を中心断面とした150kVp 8°円弧断層であるが、対比度の低下のため深さ5mm以下のものは目立たないが同時に骨自体の対比度も低下している。

次にX線束を目的部位のみに絞つて撮影した場合の効果について実験検討した。Fig. 12は70kVp 50°円弧断層で、左は腰椎（水中）を管球移動方向に平行、右は直角に交叉して置いて撮影した場合であるが、写真観察上左は縦の線状影が相対的に多いが、右では横の線状影がそれ程多くはなっていない。絞り（+）、（-）についての測定結果はFig. 13に示される。即ち平行の場合絞り（+）、（-）で特に1.5mm前後の陰影成分の量に相違が認められる。絞りのない方が陰影成分が増すことになり実験3と逆の結果を示している。交叉のと

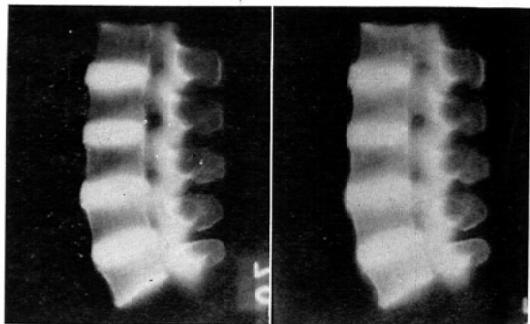


Fig. 14. 70 kVp 3-looped superior epitrochoidal tomograms of the lumbar vertebrae. (left: diaphragm (-), right: (+))

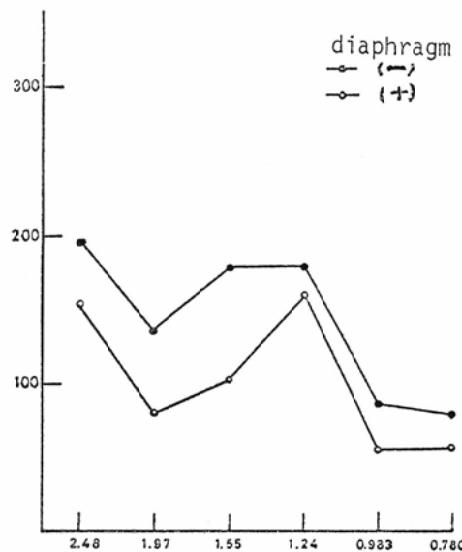


Fig. 15. Relation between spectrum of the lumbar vertebra and presence of the diaphragm in the 70 kVp 3-looped superior epitrochoidal tomogram.

きは同様絞りのない方が陰影成分が増加しているが明瞭ではない。但しこれら絞り（+）、（-）による相違は肉眼的観察では認識されなかつた。Fig. 14は70kVp三捲断層で、左は絞り（-）、右は絞り（+）の場合である。左右で線状影の相違は観察上不明瞭であるが、測定結果絞り（+）の方が陰影成分が減少していると判断され、又円弧断層に比べて三捲断層では陰影成分が減少していることがわかる（Fig. 15）。

実験5：中心矢状面で左右2つに切断分離され

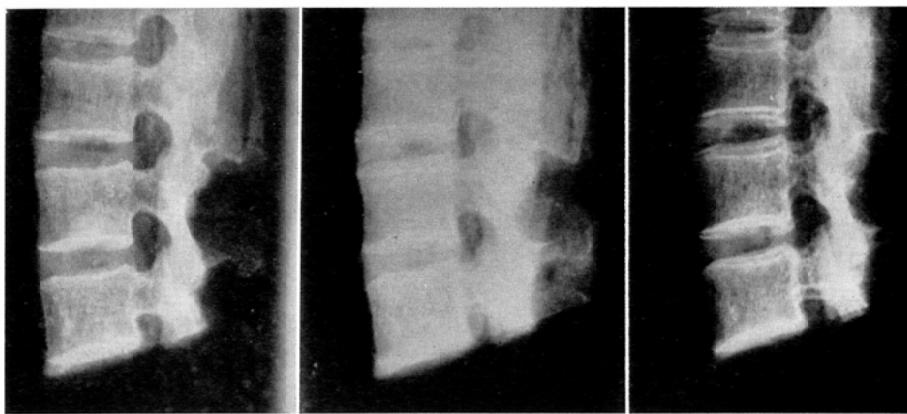


Fig. 16. Radiograms of lumbar vertebrae. (left: half piece 80 kVp 3mAs, middle: both pieces 89 kVp 3mAs, right: both pieces 80 kVp 5mAs.)

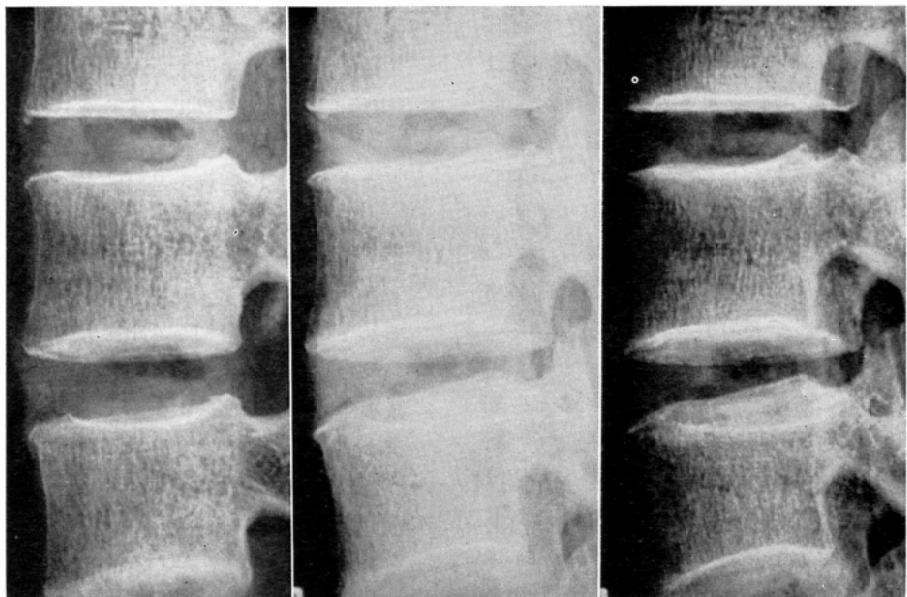


Fig. 17. Macroradiograms of the lumbar vertebrae in 4 times magnification.  
(left: half piece 80 kVp 3.6mAs, middle: both pieces 80 kVp 3.6mAs,  
right: both pieces 80 kVp 7.2mAs.)

ている腰椎（解剖体）を撮影した。

Fig. 16の左は腰椎の片側半分を撮影、中央は左と同じ条件で左右合わせて撮影した写真である。従つて基礎濃度は同じであるが、中央では左に比べて骨陰影の濃度が全体として低下している。右は中央と同様左右合わせたものを2倍近くのX線露出での撮影写真で、前二者に比べて基礎濃度は

増しているが骨梁X線像は左に比べて著しい相違は観察されない。Fig. 17は同じ腰椎を直接4倍拡大撮影したもので、左は片側半分、中央は左と同じ条件で左右合わせて撮影、右は左右合わせたものを前二者の倍の露出で撮影した写真である。普通撮影写真と同様左、右の骨梁X線像は殆ど同じである。これらの走査測定結果は Fig. 18に示さ

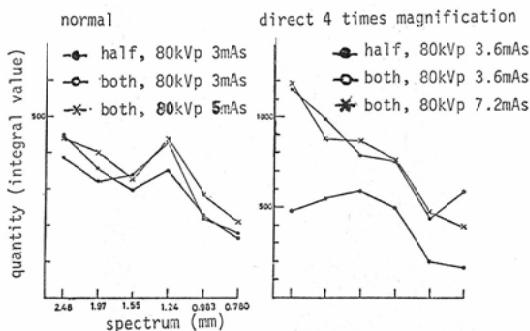


Fig. 18. Relation between spectrum of the lumbar vertebra and exposure factors.

れる。普通写真の解析結果、中央の写真で1mm～1.5mm大の陰影成分の減少が認められる。この大きさの陰影は断層でもその量の変動の著しかつたものである。左、右の写真はその微細像からは区別出来なかつたが測定結果でも左右の陰影成分は略々同じ分布を示している。これらの結果は4倍拡大像で更に明瞭となつている。即る拡大撮影の効果によつて普通写真よりも陰影成分の量が増しているが、中央の写真が相対的には減少している。然るに左右の写真では腰椎の厚さが違つても露出条件の差によつて陰影成分の量は両者略々同じになつてゐることが示されている。

#### IV. 総括及び考按

骨破壊のX線診断はその目標を骨梁による微細X線像の形態と構築を正常の場合との相違で判断することにおいているが<sup>25)35)</sup>、元来骨X線像はSummationであつて骨梁の状態を正確に伝えるものではないと考えられる。骨破壊のX線診断は皮質部では比較的容易である<sup>24)42)</sup>が、海綿質部における破壊の早期診断は困難とされている。従つて現在でもそのための最も適当なX線診断法はないが、従来多くの研究特に断層撮影<sup>24)28)</sup>或は拡大撮影<sup>11)5)9)12)14)19)81)</sup>の報告がみられる。しかし臨床的には例えば悪性腫瘍の骨転移の早期診断のためにには痛み等の訴えと共に Radio-Isotopeによる検査が優先し、その有用性は理論的にも、實際上でも良く知られた事実となつてゐる。一方骨梁X線像の成立等に関する実験研究は少ない。箭頭<sup>64)</sup>は骨の拡大撮影の研究結果から、骨紋理の構築は実

際は骨梁の一つ一つから考えると全く異つた綜合像であることを銘記すべきであることが判つたと述べている。ふるくはすでに H. Franke<sup>10)</sup>が單一骨及び二つの骨重複両者同じ骨梁X線像を得てゐる。これらの結果は骨梁X線像は撮影条件等によつて直接影響をうけ変化するものであることを示唆している。

われわれは骨破壊のX線診断研究のため、まず骨梁X線像の変化的診断が何故困難であるのか、又骨梁X線像は撮影の種々の条件で同一被写体でもどのように変化するか知る必要があり基礎実験した。撮影写真についてはその肉眼的観察のみならず、陰影の量的客観性を得るために Mikrophotometer と超低周波数分析装置を用いて微細陰影成分を解析して比較検討した。

骨梁の微細X線像について、まず線質の影響(実験1) Grid の効果(実験2) 紋りの効果(実験3) 及び増感紙の種類による影響(実験4)を実験検討した。これら基礎的效果は一般撮影ではよく知られているが<sup>17)</sup>、骨の微細像の影響についての報告は見当らない。骨の実効原子番号(大腿骨)は11.6<sup>29)</sup>とされているが、骨欠損の診断にあたり骨梁像の微細な変化は問題とせずむしろ透亮像の認知に目的をおくとすれば低圧よりも高圧撮影の方が有利と云えるが、實際陰影成分が減少するが、これは対比度の低下によるもので同時に透亮像の認知が困難になることが予想された。Grid の使用或は紋りの効果によつて骨梁X線像の陰影成分は明らかに増加を示した。これは微細像が Summation であつても一般撮影写真と同様対比度が改善されるためと考えられた。増感紙は市販のFS, HSを使用したが、両者の相違及び夫々の両面、片面使用の相違によつても画質の差は肉眼的には殆ど認識されず、又陰影成分の測定でも著しい相違は認められなかつた。従つて周知の事実である増感紙の種類による画質の影響は主として鮮鋭度の評価にあるが、今回の解析は微細陰影の現出能の比較であり、肉眼的観察でも各写真について著しい相違は認められなかつたので、骨の撮影にあたつては生体の撮影である以上

短時間撮影が望ましく、部位に適した増感紙が選択されるべきであると考えられた。

次に腰椎（水中）の側面断層における障害陰影を絞りの効果と共に検討したが（実験5），断層撮影では絞り（一）の方が絞り（+）に比べて陰影成分の量が増加し、又 $50^{\circ}$ 円弧断層で腰椎縦方向の撮影の方が横方向に比べて線状の暈残像が著しく、本実験に用いた椎体はその骨梁の構築が縦に優勢であることがわかつたが、これら実験結果から、（i）普通撮影では絞りの効果によって対比度が向上し、陰影成分が増すことはすでに知られているが（実験3），骨等X線吸収が大きく且つ重積陰影を示すものの断層では逆の現象を示し、絞り（一）の場合散乱線或は集点外X線が中心断面上下の骨梁による重積陰影形成に関与することによつて暈残像が増し、測定上陰影成分が増加する。（ii）高圧写真の方が低圧に比べて陰影成分の少ないので対比度の低下によるものである。

（iii） $50^{\circ}$ 円弧断層では線状の障害陰影が観察されたが、それは骨梁の重積による暈残像であつて直線軌道の断層は骨の精査には不利である。三捲断層では明らかに陰影成分の減少が認められ、暈残像が少ないと判断されるので椎体等の断層には三捲等多道軌道断層が有利である。以上のごとく考えられた。

骨梁X線像が Summation であるならば単純写真でも当然撮影条件によつてその微細像が変化することが予想される。骨梁のX線像は所謂骨紋理として微細な線状、網状の陰影が観察されるが、骨梁の変化に伴つて骨紋理も変化して来ると考えるのが一般的であり、実際臨床診断もその前提のもとにおこなわれているのが現状である。しかし背椎等体深部に存在し、且つ比較的厚い骨では骨梁の病理解剖学的変化がそのまま忠実にX線像に現出されているかどうか疑わしい。われわれは腰椎を用いて骨の厚さと撮影条件との関係を実験検討した（実験6）。実験結果から椎骨の骨梁X線像は明らかに Summation であり、生体における撮影の場合各個露出条件の相違がある限り骨紋理の変化からすぐ骨梁に変化があると診断するのは危

険であると考えられた。単純写真と比較して直接4倍拡大写真では骨梁X線像の相対的増加が測定されたが、単純撮影の場合と同様撮影方向に骨梁の厚さの変化があつても撮影条件によつて略々同じ像を示現するので、それらの鑑別診断は困難であり、Osteoporosis のごとく骨全体或は骨転移のごとく微小な骨梁変化に対しては腰椎等では拡大によつても単純撮影と同様診断困難な場合が屢々あるのはこの理由によると考えられた。

以上骨梁X線像の実験結果から所謂骨紋理は骨梁の様相をそのまま忠実に示現しているものではなく Summation であつて撮影条件等によつて骨紋理所見が変化することがわかつた。このことから Osteoporosis 或は骨転移等のX線早期診断が困難である理由が確められたと考えられ、又断層撮影を応用しても骨梁に直接起因する障害陰影或は胸椎、腰椎では線束射入方向の上下に存在する血管影、Darm-Gas による障害陰影（実験5，a）が骨欠損の診断を著しく困難ならしめていると考えられた。

従つて骨梁の変化をそのまま示現しているという前提のもとでの骨紋理の変化の観察診断は末端骨ならば比較的妥当性があると考えられるが、厚い骨或は体深部の骨に対してはその前提による診断のみでは不充分であると思われ、われわれは更に次報で骨欠損のX線現出能について研究をすすめた。

## V. 結 論

骨破壊のX線診断の研究を目的として、まず骨梁のX線像の成立について実験研究した。撮影写真について、その肉眼的観察のみならず、Mikrophotometer と超低周波数分析装置の組合使用によつて微細像を解析し、その陰影成分を量的に比較検討した。

1) 所謂骨紋理は骨梁の様相を忠実に示現しているものではなく、撮影方法式は撮影条件によつて変化する。

2) Osteoporosis 或は骨転移等の早期X線診断の困難な理由は骨梁X線像の上記X線学的変化性によるものである。

3) 骨紋理の変化による骨梁変化の診断は末端骨では比較的妥当性があるが、体深部の骨或は厚い骨における骨梁変化のX線診断は単純撮影のみならず特殊撮影を応用しても屢々困難である。

## 文 献

- 1) Allen, C. and Allen, E.P.: Brit. J. Radiol. 26 (1953), 474—480.
- 2) 足立 忠, 木村亀三郎: 日医放会誌, 9 (2) (1949), 9—11.
- 3) Barnett, E. and Nordin, B.E.C.: Brit. J. Radiol. 34 (1961), 683—692.
- 4) Borak, J.: Surg. Gynec. Obst. 75 (1942), 599—604.
- 5) Buechner, H.: Fortschr. Röntgenstr. 80 (1953), 71—87, 502—514.
- 6) Charkes, N.D., Sklaroff, D.M. and Bierly, J.: Am. J. Roentgenol. 91 (1964), 1121—1127.
- 7) Charkes, N.D., Sklaroff, D.M. and Young, I.: Am. J. Roentgenol. 96 (1966), 647—565.
- 8) Doyle, F.H.: Brit. J. Radiol. 34 (1961), 693—698.
- 9) Ernest, H.: Radiology. 61 (1953), 382—389.
- 10) Flanke, H.: Fortschr. Röntgenstr. 50 (1934), 53—71.
- 11) Fleming, W.H., James, D. and King, E.R.: Radiology. 77 (1961), 635—636.
- 12) Fletcher, D.E. and Rowley, K.A.: Brit. J. Radiol. 24 (1951), 598—604.
- 13) 星野文彦, 鈴木正吾, 磯部寛: 日医放会誌, 29 (1969), 529—534.
- 14) 石垣武男: 日医放会誌, 33 (1973), 839—854.
- 15) Keane, B.E., Spiegler, G. and Davis, R.: Brit. J. Radiol. 32 (1959), 162—167.
- 16) 熊谷定義: 日医放会誌, 16 (1957), 1000—1007.
- 17) Mattson, O.: エックス線写真撮影法の実際 的諸問題, 江藤秀雄, 吉村克俊訳, (1957), 克誠堂.
- 18) Mayo, K.M.: Brit. J. Radiol. 34 (1961), 693—698.
- 19) 松田忠義: 日医放会誌, 14 (1955), 767—773.
- 20) Meema, H.E., Harris, C.K. and Poret, R.E.: Radiology. 82 (1964), 986—997.
- 21) 三枝俊夫: 日医放会誌, 32 (1972), 21—49.
- 22) 中村 譲, 阿部光延, 渡辺長盛, 丹下 勇, 高橋 弘, 沢井義一: 癌の臨床, 19 (1973), 997—1002.
- 23) 奥山武雄: 日医放会誌, 25 (1965), 775—790.
- 24) 大島敏美, 鎌田政雄, 加藤浅吉: 臨床放射線, 7 (1962), 765—782.
- 25) Schinz, H.R., Baensch, W.E., Friedl, E. und Uehlinger, E.: Lehrbuch der Röntgendiagnostik, Band 1 (1951), Georg Thieme Verlag.
- 26) Skaroff, D.M. and Charkes, N.D.: Radiology. 80 (1963), 270—272.
- 27) Sklaroff, D.M. and Charkes, N.D.: Am. J. Roentgenol. 99 (1967), 415—421.
- 28) 宍戸英泰: 日医放会誌, 25 (1965), 156—166, 806—815.
- 29) Ter-Pogossian, M.M.: 放射線診断の物理, 宮川正監訳, (1970), 朝倉書店.
- 30) 梅垣洋一郎, 丸山清, 坂本良雄, 松沢大樹, 中西文子, 藤森仁行, 滝沢正臣: 臨床放射線, 7 (1962), 275—286.
- 31) Werner, K. und Bader, K.: Fortschr. Röntgenstr. 80 (1954), 87—90.
- 32) 若松英吉, 日下部明, 佐藤光三, 土肥千里: 臨整外, 4 (1969), 856—863.
- 33) 若松英吉: 東北医誌, 85 (1972), 1—6.
- 34) 筒頭止顎: 日医放会誌, 18 (1959), 1595—1602.
- 35) 山崎岐男, 河路 渡, 堀田利雄: 臨床放射線, 14 (1969), 218—228.