

Title	拡大断層撮影法の研究（第1報）撮影装置及び基礎実験 X線拡大撮影法の研究（第32報）
Author(s)	宮田, 伸樹
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1965, 25(4), p. 274-281
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18655
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

拡大断層撮影法の研究 (第1報)

撮影装置及び基礎実験

X線拡大撮影法の研究 (第32報)

名古屋大学医学部放射線医学教室 (主任 高橋信次教授)

宮田伸樹

(昭和40年3月15日受付)

Studies on Macrotomography (1st Report)

Construction of macrotomograph in 3.4 times magnification

and basic study by means of the macrotomography

Studies on Enlargement Radiography (32nd Report)

By

Nobuki Miyata

Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine, Nagoya

(Director: Prof. Shinji Takahashi)

An apparatus for direct macrotomography was constructed. An X-ray tube, rotating table A and rotating table B are arranged in this order, so that the focus of X-ray tube, the rotating axes of table A and B are contained in a vertical plane. On the table A a subject is placed in erect positioning, while on the table B a film is placed vertically. The distance between the focus and rotating axis of the table A is 40 cm and that between the rotating axes of the table A and B is 96 cm. The magnification ratio is 3.4 times. For radiography the two tables are rotated simultaneously and exposed.

The resolving power and section interval of macrotomography were measured and the results obtained were compared with that made by the usual tomography.

1) The test object made of lead wires of 80μ in diameter was resolved by the usual tomography, while that of the wires of 40μ in diameter was resolved by the macrotomography in 3.4 times magnification. The similar study was made for the human dried calcaneous bone. Finer trabeculations of the bone was imaged more rich on the macrotomogram than that on the usual tomogram.

From these experiments, the macrotomography is considered better in the resolving power than the usual tomography.

2) The section interval in two types of tomography, macrotomography and usual tomography, was measured and the same value was obtained. The thickness of the layer is considered the same between two types of the tomography.

緒 言

一般に、生体内の或る層のみをX線学的に観察する場合には、断層撮影と横断撮影とが用いられる。この両者の差は、観察せんとする層が人体長軸に平行であるか又は直交するかの差異であるが、何れも略々実大像であつて拡大像は得られないという点では等しい。人体の横断面をX線学的に拡大撮影する試みは既になされているが¹⁾²⁾³⁾、臨床的に実用化されているとは限らない。今回はこれらの方法とは異なり、在来の断層撮影に拡大撮影を応用せんとした。

直接拡大断層撮影法は1937年 A. Vallebona により初めて考案された⁴⁾がこれは全くの原理に止まり実用化迄は進まなかつた。一般に、拡大撮影を行う場合には管球焦点を充分微小にする必要がある。然し、在来臨床的に用い得るという拡大断層撮影法の報告の多くは、 $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ の大きさの管球焦点を使用している為に拡大率が限定されていて、2倍拡大程度にとどまっている⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。この微小焦点を用いた拡大断層撮影では単に像が見易くなつたというにとどまり、新しい病巣を発見し得る能力がない事が判つている。一方、当教室では既に昭和33年に大橋が直接3倍拡大断層撮影法に就いて報告している¹³⁾。然し、これは基礎的研究を主としており、臨床的に応用し得る段階には至らなかつた。余等は、焦点が大略 $50\mu \times 50\mu$ と考えられるX線管球を試作し¹⁴⁾、現在迄にこの管球を用いて直接拡大撮影を行い、種々の新知見を得ている¹⁵⁾¹⁶⁾。そこでこのX線管球を断層撮影法に應用して、直接拡大断層撮影法を試みた。この直接拡大断層撮影法は、成人の身体の種々の部位に就いて應用し得るものであるが、臨床的應用の前に基礎的実験が必要である。今回は、この直接拡大断層撮影法と在来の断層撮影法とを比較する為に基礎的研究を行つたので報告する。

撮影装置

X線管球は、余等の試作せる東芝製微小焦点管球を用いた。この管球は 25μ の test chart を直接5倍拡大撮影で解像し、管電圧は125kVp迄耐圧である。

断層撮影の方式は、A. Vallebona による Stratigraph の方法¹⁷⁾によつた。即ち、X線管球は固定されており、被写体と Film とは夫々の廻転台に乗せる。被写体に乗せる廻転台（以下廻転台Aと稱する）は管球に近く、Film を乗せる廻転台（以下廻転台Bと稱する）は遠い。A・B 両廻転台の廻転軸と管球焦点とは同一鉛直面内に含まれる様にし、両廻転台は同期的に且つ同方向に廻転せしめる。これは精密に作製されている。X線管球はプレの少い様に、特別に試作したスタチーフ上に固定した。このスタチーフは左右、前後、上下の三方向に微動装置を有するもので、管球の位置を正確に定め得るものである。Stratigraph 方式では、A・B 両廻転台の廻転軸と管球焦点とが同一平面内になければならない。これには、廻転台A上に鉛直に金属針を立て、両廻転台を同期的に廻転せしめて 120° 内の三方向より撮影し、金属針の三本の陰影が Film 上で一点となる事を確めた。これにより、管球焦点、廻転台A及びBの廻転軸が同一平面内にある事が判る。

断層撮影では Film の廻転角が X線像の対比度、鮮鋭度及び撮影される層の厚さを決定する因子になる。このX線曝射時の Film の廻転角は、廻転台にとりつけた4組の micro-switch により選択出来る。その4組の内の3組は、 60° 、 50° 、及び 40° 廻転せしめている間中X線を曝射出来る様にしてある。これを曝射角と呼ぶ事にする。残る1組の micro-switch は、その曝射する廻転角を最大 30° より最小 12° 迄の範囲内で行う事が可能である。通常、断層撮影に於いてはX線曝射時間は

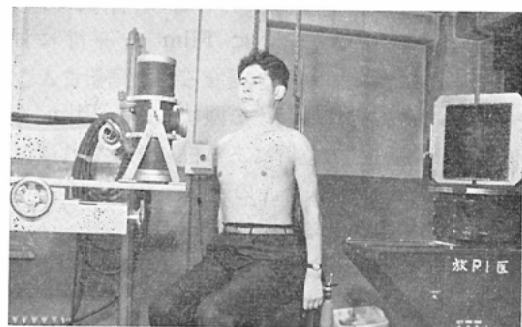


Fig. 1. Direct macrotomography in 3.4 times magnification in action.

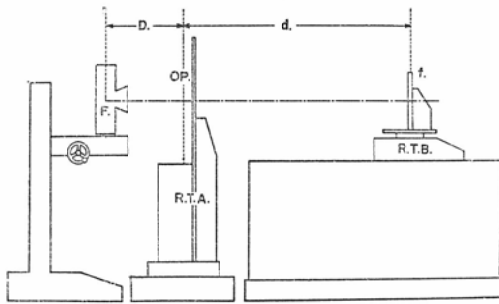


Fig. 2. Schematic illustration of the direct macrotomograph. F: focus of X-ray tube, f: film, D: distance between tube focus and the rotating axis of rotating table A, d: distance between the axes of rotating table A and B, OP: objective plane, R.T. A.: rotating table A, on which patient is placed, R.T.B.: rotating table B, on which film cassette is vertically placed.

X線曝射角により定められる。今回は、然し、種々のX線曝射角に対して曝射時間を自由に選択したいと考えて、廻転台の廻転速度を連続的に変化せしめ得る様にした。この為には、廻転台を廻転せしめるのに交流直巻電動機を使用し、その廻転磁界の角度を変える事によって廻転速度を制限する工夫をした。即ち、この事により、種々の異なるX線曝射角に対してもX線曝射時間を自由に定め得る。

管球焦点と廻転台Aの廻転軸との距離は40cmで、A・B 両廻転台の廻転軸間距離は96cmである。従つて、廻転台A上の物体が廻転台B上におかれた場合、物体のFilm上の拡大率は3.4である。被写体に就いて種々の深さで断層撮影を行うには、被写体の位置を移動せしめて、断層撮影したい面を廻転台Aの廻転中心にFilmと平行におく。この為には、被写体を乗せる台を廻転台A上で、微動にて確実に移動する様にした。Filmを廻転台Bの廻転軸の位置にある様に設置すれば、Film上には常に廻転台Aの廻転軸を含みFilmに平行な面が撮影される。

直接拡大断層撮影法と比較する為に用いた在来の断層撮影装置は、島津製の水平移動式断層撮影装置(HLP-49B)である。この装置のX線管球の焦点は1mm×1mmの大きさで、管電圧は125kVp

迄耐圧である。X線曝射角は、最大60°より最小15°迄の範囲内で連続的に選択する事が出来る。

解像力試験

余等の拡大断層撮影法の解像力を在来の断層撮影法に於ける解像力と比較する為には、test chartを用いて解像力試験を行つた。test chartは、直径100 μ 、80 μ 、60 μ 及び40 μ の鉛線を各々その直径だけ離して平行に、4mm厚さの平らな10cm×10cmの大きさの樹脂板上に貼りつけたものである(第3図)。test chartは鉛直になる様に廻転台Aに立てる。このtest chartは試作した微動装置上に固定し、この微動装置をできるだけ廻転台Aの廻転軸に近く位置せしめる。これを微動してtest chartを前後に移動せしめながら断層撮影を繰り返えしchart上の鉛線群が正確に断層撮影面に一致する様にした。在来の断層撮影法でも全く同様の操作を行つた。拡大及び在来の断層撮影法のX線曝射角及び管電圧は同一である様にした。その結果は、在来の断層撮影法では、test chartの100 μ と80 μ とを解像したのに対して、拡大断層撮影法では更に60 μ 及び40 μ 迄解像しているのが確められた(第4図)。

次に、乾燥成人踵骨を用いて解像力を検した。これは踵骨の同一の面を、拡大断層撮影及び在来の断層撮影を行つた。X線曝射角及び管電圧は両撮影法共同一である。この結果を第5図A,B,Cに示す。第5図Aは在来の断層像であり、Bは拡大断層像と比較する為にこれを写真的に同倍率にひきのばしたものであり、Cは拡大断層像である。第5図BとCとを比較すると、Cでは明らかに細かい骨梁が現出しており、像は鮮明である。B

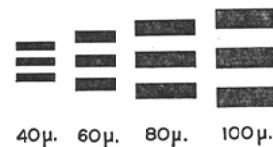


Fig. 3. Schematic illustration of test object, consisting of three pieces of lead wire parallelly arranged, with the interval of the diameter of the wire. The diameter of the wires is 100 μ , 80 μ , 60 μ and 40 μ .

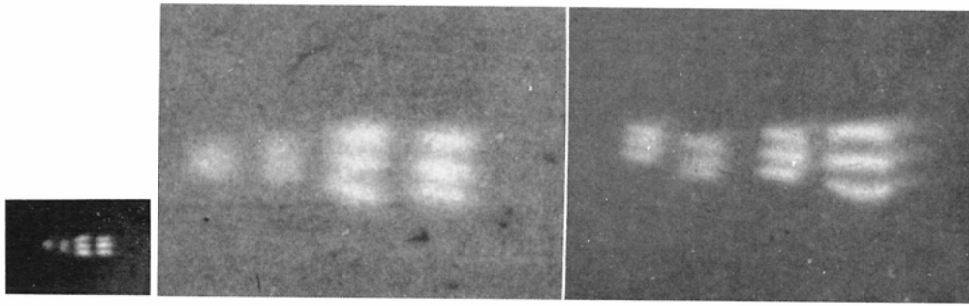


Fig. 4. A.

Fig. 4. B.

Fig. 4. C.

Fig. 4. Tomograms of the test object.

- A. Tomogram taken by usual tomographic apparatus. The wires of 100μ and 80μ are resolved.
- B. The same tomogram as Fig. 4. A magnified photographically. The wires of 80μ and 60μ are not resolved. The photograph is rich in grain.
- C. Tomogram taken by direct macrotomography in 3.4 times magnification. The wires of 100μ , 80μ , 60μ and 40μ are all resolved.

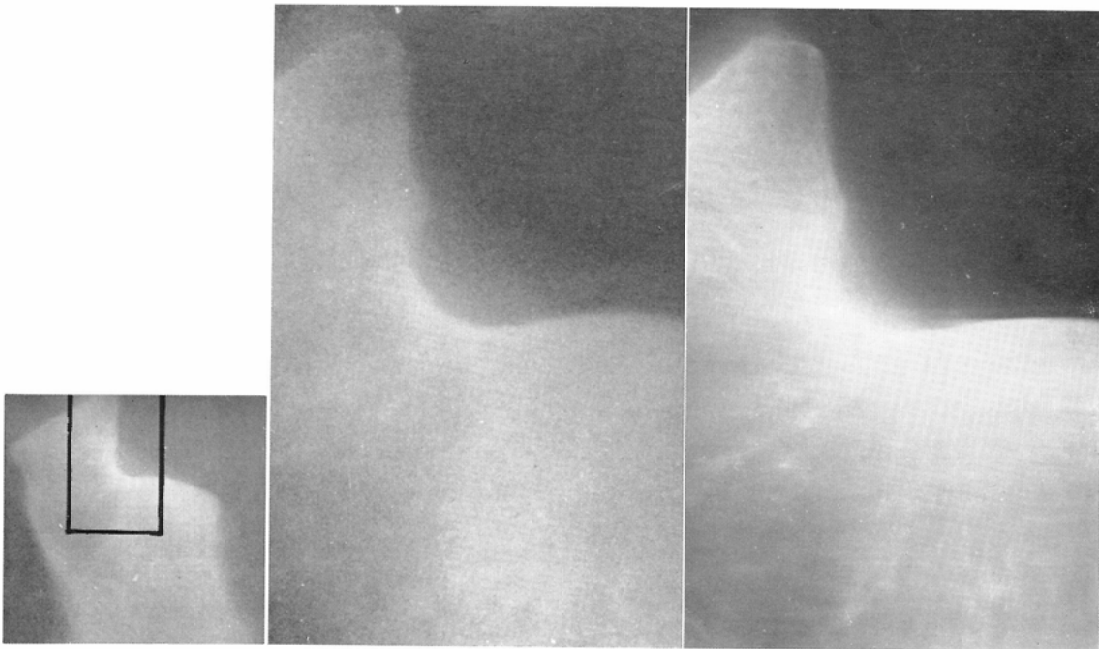


Fig. 5. A.

Fig. 5. B.

Fig. 5. C.

Fig. 5. Tomograms of human dried calcaneus bone.

- A. Tomogram taken by usual tomographic apparatus.
- B. The same tomogram as Fig. 5. A magnified photographically. Trabeculation of the bone is poorly imaged.
- C. Tomogram taken by direct macrotomography in 3.4 times magnification are imaged and visualized finer trabeculations.

では骨梁の数は少く、又骨梁そのものも不鮮明である許りでなく、間接的に引き伸しを行つた為に汚ない写真となつている。以上より、解像力に就いては、在来の断層撮影法よりも拡大断層撮影法が秀れている事を知つた。

撮影される層の厚さに就いて

断層撮影に於いて撮影される層の厚さを求める方法として、種々の理論的及び実験的研究がなされているが、未だ定まつた方法はない。そこで今回は、1962年度ICRUのRecommendation¹⁸⁾に従つて鉛箔のtest chartを用いる方法によつた。test chartは、厚さ0.1mm、長さ90mmの鉛箔を10mm、7.5mm、6.2mm、5.0mm、3.6mm、2.5mm、1.5mm及び1.0mmの間隔に、厚さ5mmの樹脂枚上に貼りつけたものである。これにX線を曝射すれば、鉛箔の間隙の部分を通つたX線のみがFilmに達する。このtest chartを断層撮影面に対して30°の角度をなす様に置いた。拡大及び在

来の断層撮影法で夫々50°及び17°のX線曝射角をえらび、管電圧は同一で、断層撮影を行つた。撮影したFilmを第6図に示す。図中の矢印を附した菱形の部分(diamond shaped image)に就いて

Table 1. Section interval.

The value is obtained by measuring the distance between two arrows in Fig. 6. A and B.

$$h = 1/4M$$

Exposure angle	50°	17°
Usual tomography	4.6mm	14.6mm
Macro-tomography	4.6mm	14.6mm

h: section interval.

l: distance between the two extreme points of the diamond shaped image.

M: magnification ratio.

Magnification ratio on usual tomography

$$= 1.13$$

Magnification ratio on macro-tomography

$$= 3.40$$

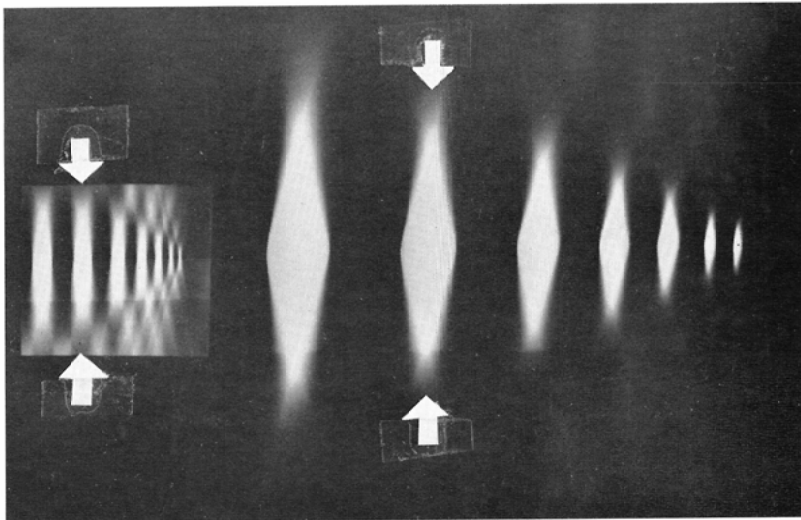


Fig. 6. A.

Fig. 6. B.

Fig. 6. The roentgen image of test object made of lead strips, for measuring the section interval.

A. The tomographed image of lead strips taken by usual apparatus. The length between two arrows represents the thickness of the layer tomographed.

B. The tomographed image of lead strips taken by direct macro-tomography in 3.4 times magnification. The length between two arrows represents the thickness of the layer in 3.4 times magnification.

てその長径を計測した。この計測値を1, 拡大率をMとすると, 撮影される層の厚さhは, $h=1/4M$ で表わされる¹⁸⁾。これから計算したhの値は, 50°及び17°の曝射角について両断層撮影法で夫々4.6mm及び14.6mmであるので, 同一のX線曝射角に対しては両断層撮影法共同一であつた(第1表)。即ち, 両断層撮影法間で, 撮影される層の厚さには差はなかつた。

考 按

1) 断層撮影方式に就いて

今回余等が, Stratigraph方式を用いたのは, 精密に廻転する廻転台を有していたからである。しかも, この実験で得られた結果は将来若し精密に加工された横臥式断層撮影装置が製作された時, そのまゝ応用できるのである。更に, Stratigraph方式では, 廻転台BをX線束の中心線上で容易に移動せしめる事が出来, その結果拡大率を自由に变化せしめ得る利便もあるからであつた。この方式では被写体は廻転台Aに乗せて廻転せしめる。この場合に被写体がX線管球に触れる様な事がない様にする為には, 管球と廻転台Aとの間に或る最小限の距離が必要である。臨床上の必要から余等はこれを40cmとした。拡大率をMとすると, A・B両廻転台間の距離は $40 \times (M-1)$ cmが必要であり, 結局焦点 Film間距離は $40 \times M$ cmとなる。現在使用しているX線管球はX線量に制限があるので, 焦点 Film間距離 $40 \times M$ cmを余り大にする事は出来ない。この理由から現在の拡大率を3.4としている。然し, 人体のX線吸収の少い部位では焦点 Film間距離を大にする事によりこれ以上の拡大率で撮影し得るし, 又, X線管球の改良に従い更に高拡大率になし得るものと考えている。

2) 解像力に就いて

金属製の test chart を用いた実験で, 在来の断層撮影法では 80μ , 拡大断層撮影法では 40μ を解像する結果を得た。在来の断層撮影法の解像力に就いては, 今回の実験値は, 現在迄の種々の報告に比して良い値を示している。即ち, 金属製の test chart を用いて, 在来の断層撮影法で, 若

林等は 0.25mm 迄¹⁹⁾, 三品等は 0.3mm 迄²⁰⁾, 松川等は 0.3mm 迄²¹⁾解像したと報告している。これは, 然し, test chart の前後に密蝟等の吸収体を置いた実験結果である。これに対して余等の場合は 80μ 迄解像している。在来の断層撮影法で解像力が良い値を示したのは, 余等は test chart のみを用いて吸収体を加えなかつた事によると考えられる。この様に, 在来の断層撮影法の解像力に関しては異つた実験値を得たが, 今回の実験は拡大断層撮影法と在来の断層撮影法とを全く同様の方法で比較し, 又, 乾燥踵骨を用いた解像力試験も両断層撮影法を同一の条件下で行つたので, 解像力の点で拡大断層撮影法が在来の断層撮影法に比して秀れていると云う結論は動かし難いものであると考える。

3) 撮影される層の厚さに就いて

断層撮影法に於いて撮影される層の厚さを求める方法には, 理論的方法と実験的方法とがある。理論的方法は肉眼では暈と感じない最大の暈を基礎として計算するものであるが, この計算方法に就いては未だ定説がなく, 又理論的な方法で求められた値は実験値に比して可成り小であると報告されている²²⁾²³⁾。そこで今回は実験的に撮影される層の厚さを知ろうとしたが, この方法にも定まつたものはない。一方, 1962年度のICRUのRecommendation¹⁸⁾の方法は現在考えられる標準の方法と考えられる。そしてその方法を用いた実験結果では, 撮影される層の厚さは拡大断層撮影法に於いても在来の断層撮影法と同一であつた。然し, この方法では, 撮影された菱形の部分(diamond shaped image)が多数あり, その各々の長径が異つているのでどの菱形の長径を計測するかによつて計算される層の厚さは当然異つて来る。それ故に, この方法でも撮影される層の厚さを絶対値として求める事は出来ないのであつて, 一定の菱形の部分の長径を計測して比較する事により種々の断層撮影法に於ける層の厚さの比較をなし得るにとゞまる訳である。理論的には, 拡大断層撮影を行う事によつて撮影される層の厚さは減ずると報告されている²³⁾²⁴⁾。然しこれは肉眼ではボケたと感じない最大の暈を基礎とした計算に

よるものである。拡大断層撮影の場合には、拡大の効果と微小焦点の効果との両者を考慮に入れる必要があり、拡大断層撮影法は直ちに層の厚さを減少せしめるとするには尙懸問の点が存する。又、実験的には、大橋は3倍拡大断層撮影法に於いて金属線及び密蝟中の空洞を対象として、在来の断層撮影法と層の厚さには差がないとしている¹³⁾。今回はこれとは異つた方法で実験を行つたが、その結果は大橋の説くところと一致した。即ち、余等の実験でも同様に、両断層撮影法間で層の厚さは不変であつた。

結 論

余等の試作した微小焦点管球を直接拡大断層撮影法に応用した。これは臨床的にも充分用い得るものである。この撮影装置の大要と基礎的実験に就いて報告した。

1) 撮影装置はStratigraph方式であり、充分精密に作製されている。X線曝射角は60°, 50°, 40°の3種及び最大30°より最小12°の範囲内で自由に選択し得る。又、撮影時間は、どのX線曝射角に対しても一定になし得る様にした。

2) 解像力試験は、金属製 test chart 及び乾燥骨を用いて行つた。その結果、拡大断層撮影法は、解像力の点で在来の断層撮影法より秀れている事を知つた。

3) 撮影される層の厚さは、両断層撮影法間で差が認められなかつた。

(本論文の要旨は、昭和38年9月第22回日本医学放射線学会東海北陸部会及び昭和39年5月第23回日本医学放射線学会総会に於いて発表した)

(本研究は、文部省科学研究費機関研究「拡大断層撮影法の研究」の一部として行われたものである)

文 献

- 1) 吉田三毅夫：直接横断撮影法に依る拡大撮影(X線廻転撮影法の研究 第41報, X線拡大撮影法の研究 第6報), 日医放会誌, 14, 403 (1954).
- 2) 大橋一雄：拡大断続横断撮影法(廻転撮影法の研究 第48報, 拡大撮影法の研究 第21報), 日医放会誌, 18, 1592 (1959).
- 3) 大橋一雄：拡大断続横断写真の対比度及び現出能について(廻転撮影法の研究 第50報, 拡大撮影法の研究 第23報), 日医放会誌, 19, 65

(1959).

- 4) Vallebona, A.: La stratimicrografia. Comunicazione al XIV Raduno del Gruppo Radiologico Ligure-Lombardo-Piemontese della S.I.R.M., Genova, (1937).
- 5) Beck, A.: Technik der Tomographie mit direkter Röntgenvergrößerung, Fortschr. Röntgenstr., 77, 611 (1952).
- 6) Werner, K. and Bader, W.: Über die röntgenologische Erfassung kleiner Knochen-defekte durch direkte Röntgenvergrößerung und Vergrößerungstomographie mit Feinstfokusröhren, Fortschr. Röntgenstr., 80, 87 (1954).
- 7) Bader, W. and Decken, Cl.v.d.: Das Vergrößerungsschichtverfahren mit dem Horizontalplanigraphen, Fortschr. Röntgenstr., 80, 91 (1954).
- 8) Abel, M.S.: Body-section radiography with an ultra-fine focal spot tube utilizing variable magnification for plane selectivity, Radiology, 63, 508 (1954).
- 9) Lindblom, K.: On microtomography, Acta radiol., 42, 465 (1954).
- 10) Seyss, R.: Zur technischen Einrichtung für Hartstrahl-Vergrößerungs- und Schichtaufnahmen, Röntgen Bl., 7, 17 (1954).
- 11) Seyss, R.: Lungenschichtaufnahmen mittels Feinstfokus unter besonderer Berücksichtigung der Bronchialäste, Fortschr. Röntgenstr., 82, 90 (1955).
- 12) 中村実, 川本澄夫, 小津啓爾, 板倉幹：特殊断層撮影法の耳鼻咽喉科領域への応用, 富士Xレイ研究, 50, 13 (1960).
- 13) 大橋一雄：拡大断層撮影法の実験的研究(拡大撮影法の研究第20報), 日医放会誌, 18, 1028 (1958).
- 14) Takahashi, S., Watanabe, T. and Shiga, K.: Rotating anode tube with very small focal spot. Direct enlargement radiography study (2nd Report), Nagoya J. Med. Sci., 20, 231 (1958).
- 15) Takahashi, S. and Yoshida, M.: Roentgenography in high magnification. Reliability and limitation of enlargement. Acta radiol., 48, 280 (1957).
- 16) Takahashi, S., Sakuma, S. and Sugie, Y.: Vierfache direkte Vergrößerungsaufnahmen der Lungen bei gesunden und silikotischen Personen, Fortschr. Röntgenstr., 92, 294 (1960).
- 17) Vallebona, A.: Über die Methoden zur Aufnahme von Röntgenbildern, die eine Zerlegung der Schatten ermöglichen, For-

- tschr. Röntgenstr., 48, 599 (1933).
- 18) Recommendation of the international commission on radiological units and measurements (ICRU). Report 10f, 1962. National bureau of standards Handbook 89., United States Department of Commerce. (1963).
 - 19) 若林勝, 他: 6×6 判間接断層写真法の研究, 日医放会誌, 13, 323 (1953).
 - 20) 三品均, 久保田保雄, 吉田三毅夫: 廻転横断撮影法の実験的研究 (其の4), 解像力及び現出能に就いて. 附: 断層撮影法の解像力及び現出能との比較 (廻転撮影法の研究第33報), 日医放会誌, 13, 667 (1954).
 - 21) 松川明, 三品均, 木村和衛, 上田稔: 円軌道移動方式断層撮影法の研究 (第2報), 基礎的研究: 第1報, 解像力及び現出能に就いて, 日医放会誌, 15, 684 (1955).
 - 22) Pöschl, M.: Untersuchungen über das tomographische Bild, Fortschr. Röntgenstr., 62, 33 (1940).
 - 23) Willner, O.: On the thickness of the layer in rectilinear tomography, Acta radiol., 46, 511 (1956).
 - 24) Gebauer, A., Muntean, E., Stutz, E. and Vieten, H.: Das Röntgenschnittbild., Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1959).