



Title	乳癌手術後放射線治療による肋骨骨折について：レ線治療例と60Co治療例の比較
Author(s)	渡辺, 克司; 竹下, 寿七; 鬼塚, 恵一郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1969, 28(11), p. 1479-1486
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19046
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

乳癌手術後放射線治療による肋骨骨折について

(レ線治療例と ^{60}Co 治療例の比較)

九州大学医学部放射線医学教室 (主任 入江英雄教授)

渡辺 克司 竹下 寿七 鬼塚恵一郎

(昭和43年5月20日受付)

Fracture of the Ribs following Radiation Therapy for Cancer of the Breast

By

Katsushi Watanabe Toshikazu Takeshita and Keiichiro Onizuka

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University, Fukuoka, Japan

(Director: Prof. Hideo Irie)

There are many reports on rib fractures following postoperative radiation therapy for cancer of the breast²⁸⁾⁻⁴⁶⁾.

However, the incidence of rib fractures comparing x-ray and ^{60}Co γ -ray irradiation has been only in a few reports⁴⁷⁾.

During the years 1955 through 1966, 400 patients with cancer of the breast, were treated postoperatively with x-ray or ^{60}Co γ -ray in our department.

263 cases were followed with serial chest examination over a period of more than six months after radiation therapy.

This paper is in an attempt to evaluate radiation induced rib fractures in these patients.

114 of 263 patients had received irradiation with x-ray and 149 with ^{60}Co γ -ray. (Fig. 1)

The x-ray treatment which we used were vertical direct irradiation to the clavicular, axillary region and anterior chest wall to a dose of 3,000 rads with three or four field size of 10×10 or 8×8 cm.

The method of irradiation with ^{60}Co γ -ray is described in detail in our previous paper⁵²⁾. This is, the anterior chest wall including the parasternal lymphnodes was irradiated tangentially to a dose of 4,000 rads, and the clavicular and axillary region were irradiated perpendicularly to a dose of 4,000 or 5,000 rads. (Fig. 2)

Results are as follows.

1. In these 263 cases, rib fractures were observed in twenty seven patients ($27/263 = 10.3\%$).

The incidence of rib fractures in the group treated with x-ray was 8.8%, and 11.5% in the group treated with ^{60}Co γ -ray. (Fig. 1)

2. Interval from radiation therapy to rib fractures are shown in table 1. The rib fractures appeared in average 8.0 months after x-ray treatment and in average 9.7 months after ^{60}Co treatment.

3. Rib fractures were observed at 16 sites in 10 patients of x-ray treatment and at 25 sites in 17 patients of ^{60}Co treatment. (Table 2) It was very significant that the second rib fractures were localized at midclavicular line of the anterior chest wall, and at the third rib and the fourth rib they were situated

more laterally. (Fig. 3)

4. There were close relationship between radiation pneumonitis and rib fracture. Twenty four of 27 patients with rib fractures had pulmonary abnormality as well. (Table 4)

Co-existence of rib fractures and pulmonary abnormality were observed in 80% of the group treated with x-ray, and in 97% of the group treated with ^{60}Co γ -ray. It was confirmed that rib fractures occurred very rarely in the patients without pulmonary abnormality.

5. All of the patients with rib fractures received irradiation over 4,000 rads to the area of the fractures. It seems to us that rib fractures following radiation therapy primarily depend upon the absorbed dose in the ribs but not upon the intervals of the irradiation and quality of the radiation.

緒 言

成長期の骨に対して放射線を照射すると、骨の成長障害を来すことはよく知られており^{1)~8)}、従つて小児の放射線治療に際しては、その照射を出来るだけ避ける様に工夫されるのが常識である。

一方、成熟骨の放射線感受性は、比較的低いものと考えられ⁹⁾、放射線治療に際してそれ程の注意は払われていなかった。しかし放射線治療後の合併症として成人の骨障害は、案外多く見出されている。

臨床的に報告されている成熟骨の放射線障害には口腔内癌の放射線治療後の下顎骨壊死^{10)~14)}、子宮癌等の放射線治療後の大腿骨骨頭の骨折がある^{15)~27)}。乳癌の手術後照射後にも肋骨、鎖骨の骨折が来ることが知られており^{28)~48)}、Eggs²⁹⁾、Slaughter³⁰⁾、Steingraber³¹⁾、Schröder³⁶⁾の報告があり、吾が国でも野木村⁴¹⁾、加藤⁴²⁾、菊地⁴⁴⁾、小林⁴⁵⁾の報告がある。

しかし、これらはいずれも偶々発見された数例についての症例報告である。乳癌の手術後照射により発生する鎖骨、肋骨の障害についての系統的な検討は、遠山⁴⁷⁾ら及び田ヶ谷⁴⁸⁾によつて行われて居り、遠山は176例、田ヶ谷は144例を対象としての観察を報告している。これら、乳癌の手術後照射により発生する胸壁骨の骨折は、諸家の報告する通り、実際上、患者には殆んど自覚症がなく、屢々随伴する放射線肺炎の様に臨床的に問題となることはあまりない。たゞ、乳癌の骨転移と誤まれて、更に照射を受ける危険性があるが、放射線治療後に骨折を来すことがあることを

知つて居れば、容易に避けられることと思われる^{49)~51)}。

しかし、これらの照射による骨変化は成熟骨に対する放射線の影響を知る上で、放射線生物学上興味のあるところである。私共は、レ線治療群とコバルト治療群に別けて、両者に於ける肋骨骨折の発生状況について分析を試みたので報告する。

調査対象

昭和30年1月初めより、昭和41年6月末までに当科に於て乳癌の手術後放射線治療を行つた400例中、照射終了後6カ月以上、胸部レ線検査を経

Fig. 1. Age distribution of the patients. Parentheses shows number of the cases with rib fractures.

X-ray	Age	^{60}Co
2(1)	20 ~ 29	3(0)
28(2)	30 ~ 39	29(0)
42(5)	40 ~ 49	55(7)
27(2)	50 ~ 59	44(8)
15(0)	60 ~ 69	14(1)
0	70 ~	4(1)
114 cases (10)	Total 263 cases	149 cases (17)

時的に行い得た263例を調査の対象とした。263例中、レ線により手術後照射を行つたものは114例、コバルト60により照射を行つたものは149例である。

調査の対象にした263例の年齢構成を図1に示す。

調査方法

通常の胸部概観撮影は電圧140KVにて行つて

いるが、肋骨の変化を観察する目的にて50~70 K Vの電圧で撮影された胸部レ線像を主として観察した。必要に応じて、局所の拡大撮影、斜方向撮影を参考とし見落しのない様に努めた。

照射方法

昭和30年1月より昭和36年10月までは「レ」線による術後照射を行った。昭和36年10月より昭和40年6月の間は主として ^{60}Co γ 線による照射を行った。

照射の方法は次のごとく行つた。

1) 「レ」線治療は島津製信愛にて行つた。

管電圧：前胸部及び腋窩部は180 K V，鎖骨上、下窩は200 K V。

濾過板：Cu 0.7~1.5mm+Al 0.5mm

管電流：10~15mA

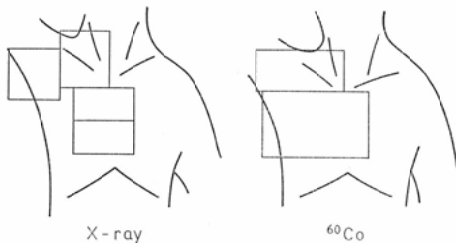
皮膚焦点間距離：30~40cm

照射野：前胸部は $10 \times 10 \sim 10 \times 15\text{cm}$ ，鎖骨上下窩，腋窩部は $10 \times 10\text{cm}$ 。

照射量：1回 200 R（空中線量）

照射期間：6~16週

Fig. 2. Outline of the skin fields in postoperative radiation therapy of cancer of the breast.



照射部位：手術側前胸部，胸骨縁を含めて1~2門，腋窩部1門，鎖骨上下窩は前から1門，計3~4門（第2図），各野とも患者を背臥位にして胸壁に垂直に固定照射を行つた。

照射総量：前胸部（胸骨縁を含む）及び腋窩部は1野3000rad，鎖骨上下窩は3000~4000rad照射した。

深部線量は皮膚面より3cmの深部の線量とした。

II) ^{60}Co 治療は島津製RT-2000にて行つた。胸壁は切線照射，鎖骨上下窩，腋窩部は胸壁に

垂直に照射を行つた。

皮膚焦点間距離：75cm

照射量：1回 200 R（空中線量）

照射間隔：毎日，1日1野又は鎖骨上下窩，腋窩部と前胸壁の2野。

照射野及び照射部位：鎖骨上下窩，腋窩部は $10 \times 10\text{cm} \sim 8 \times 8\text{cm}$ の照射野で各々1門又は鎖骨上下窩，腋窩部を1つの照射野に含めて $8 \times 10\text{cm} \sim 10 \times 16\text{cm}$ で仰臥位で腹側より1門，更に腹臥位にさせて背側より同じ大きさの照射野を設けて各々垂直に照射した。

胸壁は健側胸骨縁から健側へ約3cmの部位から患側の中腋窩線へと $7 \times 16 \sim 7 \times 14\text{cm}$ の照射野で切線状に両方向より2門にて照射した。（第2図）照射される胸壁の厚さは4~5cmである。

照射総量：前胸部は4000rad 鎖骨上下窩及び腋窩部は4000~5000rad 照射。病巣線量としては鎖骨上下窩，腋窩部では皮膚面より3cmの深部を，胸壁では左右の線束が胸壁と交わる照射巾の midpoint（大部分の症例では胸壁と線束の交点から7~10cmで，前胸壁皮膚面の下約3cmの点）での線量を計算した。

調査結果

1. 肋骨骨折の発生頻度

調査した263例中，肋骨骨折の発生を認めたものは27例で，発生率は10.3%であつた。照射方法別に見るとレ線照射例では114例中10例で8.8%， ^{60}Co 照射例では149例中17例で11.5%に認められた（表4）。年齢別に観察すると，図1に示す通りでレ線照射例は30才台は28例中2例（7.1%），40才台は42例中5例（11.9%），50才台は27例中2例（7.4%）で40才台に最も多く， ^{60}Co 照射例では40才台に55例中7例（12.7%），50才台は44例中8例（18.2%），60才以上は18例中2例（11.1%）で50才台に最も高率であるが年齢との相関は明きらかでない。

2. 肋骨骨折の発生時期

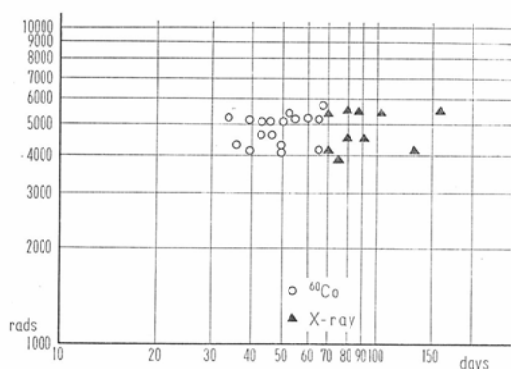
照射終了後より肋骨骨折発生までの期間を表1に示す。

レ線照射群， ^{60}Co 照射群合せて27例中15例即ち55.6%は照射終了後6ヵ月以内に骨折の発生が

Table 4. Complication of pulmonary damage and rib fractures induced by radiation.

Method of Treatment \ Type of Radiation Damage	No. of Pt.	No. of Pt with pul. damage	No. of Pt rib with fractures	No. of Pt. with both damage
X-ray	114	71 (62.2%)	10 (8.8%)	8
^{60}Co	149	83 (55.7%)	17 (11.5%)	16

Fig. 4. Dose-time relationship in rib fractures



一方、放射線肺障害はレ線治療群 114例中71例 (62.2%)、 ^{60}Co 治療群 149例中83例 (55.7%) に見られているので、従つて、放射線肺障害を来している症例からの肋骨骨折の発生頻度はレ線治療群で14%、 ^{60}Co 治療群で20%となり、 ^{60}Co 治療群は放射線肺障害の発生は少ないが、障害の発生した症例からの肋骨骨折の発生頻度は、レ線治療群に較べて僅かに多くなっている。

放射線肺障害の発生時期と肋骨骨折の発生時期との関連を両者が併存した例について見ると、レ線治療群では平均 6.4ヵ月後、 ^{60}Co 治療群では平均 4.9ヵ月後となり、僅かに ^{60}Co 治療群での発生が早い。しかし、レ線治療群で8例中6例、 ^{60}Co 治療群で16例中12例といずれも肋骨骨折例の75%は放射線肺障害発生後6ヵ月以内に発生している。

5. 肋骨骨折例の骨折部位の吸収線量と照射日数

肋骨骨折例の骨折部位に於ける吸収線量と照射日数との関係を示したものが図4である。この際、骨折部位の吸収線量の推定は次の様な方法によつて行つた。

即ち、個々の患者の胸廓部横断面の記載してあ

る治療計画表に従つて、照射部位及び照射野の大きさから、骨折部位に於ける照射野の重なり具合を考慮に入れて、深部線量を算出した。この際、骨折部位の皮膚表面よりの深さ、位置は胸部レ線像の正面像及び側面像より胸廓部横断面図を参考にして決定した。また、その部位に於ける深部線量は、吾々が先に発表した胸壁照射時の線量分布曲線⁵²⁾より計算した。しかし、レ線照射例では胸廓部横断面の記載のない例が多かつたので、正面及び側面の胸部レ線像より推定したが、側胸部の肋骨骨折例での厳密な意味での深部線量を算定することは困難であつた。

次に、この様にして得られた肋骨骨折部位での深部線量を、骨に対する吸収線量に換算した。その方法は次の通りである。即ち、換算係数はNBS Handbook 85⁵³⁾所載の Data に従い、その値は180KVのレ線に対しては、 $f=1.55$ 、200KVのレ線に対しては $f=1.35$ 、 ^{60}Co の γ 線では $f=0.921$ である。

レ線による乳癌手術後照射時の照射電圧、即ち180KV、フィルター Cu 0.7mm+Al 0.5mm及び200KV、フィルター Cu 1.5mm+Al 0.5mmの場合の半価層は、鬼塚⁵⁴⁾の実験により求められている値を採用し、それぞれ HVL Cu 1.32mm, Cu 1.95mmである。

この様にして得られたものが、図4であるが、ほぼ照射条件が一定しているため照射日数は40日から90日の範囲に、吸収線量は4000radsから5500radsの間に集中している。即ち、レ線治療の場合の照射線量は、 ^{60}Co 照射の場合よりも少ないが、骨に対する吸収線量で見るとほぼ等しくなり、照射日数はレ線治療の場合が長いものが多いため、70日～100日の範囲に入っている。

実験的に照射線量と照射期間を変えて検討した

訳ではないので、どれ位の線量から肋骨骨折の発生が見られるかは明らかでないが、 γ 線治療例、 ^{60}Co 治療例との間に線質による差は少なく、いずれも線量が4000rad 以上のものに見られて居り、照射期間にはあまり関係がないことが推定される。

考 按

従来、乳癌の手術後放射線治療による肋骨骨折の発生は極めて稀なものであると考えられ、2例³⁸⁾⁴⁵⁾、3例²⁹⁾⁴¹⁾、4例³⁶⁾、5例⁴⁴⁾、8例³⁰⁾等の症例報告の形で行われて来た。吾が国で乳癌放射線治療後の肋骨骨折の発生に就いて、系統的に検討を加えたのは、遠山⁴⁷⁾、田ヶ谷⁴⁸⁾であり、遠山は176例の調査で17.7%、田ヶ谷は144例の調査で10.4%に肋骨骨折の発生を見ている。吾々は、263例に就いて調査し、肋骨骨折の発生頻度は11.5%であつた。この結果は、Steingraber³³⁾ 1.2%、Baudisch³⁹⁾ 1.1%、野木村⁴¹⁾ 4.3%よりも多く、菊地⁴⁴⁾ 8.9%、田ヶ谷10.4%に近い発生率であり、遠山らに次いで高い頻度である。

この観察を通じて感じたことは、肋骨骨折の観察のためには、通常の胸部 γ 線像のみでは放射線肺障害との合併や、骨折部位が側胸壁に近い部分に多いことなどのため見落される危険が非常に多いと云うことで、拡大撮影、低圧斜方向撮影が極めて有用であつたと云うことである。従来、比較的稀れであると考えられていたのは、経時的に注意深い観察が行われていなかったための見落としが相当にあると考えられる。

次に、 γ 線治療群と ^{60}Co 治療群では発生率各々8.8%と11.5%で有意の差は認められない。

私共は、 γ 線治療例では3000rad、 ^{60}Co 治療例では4000rad~5000radの照射を行なつて来たが、既に発表した通り⁵⁵⁾、 ^{60}Co 切線照射の方が生存率は高く、放射線肺障害に就いては⁵⁶⁾、逆に発生が少なくなつて居り、且つまた肋骨骨折に関しても両照射法では差が認められないので、 ^{60}Co 照射法がより秀れていると考えられる。

次に、肋骨骨折の発生時期に就いてみると、早いもので照射終了後2カ月、遅いもので23カ月で、6カ月以内に55.6%、6カ月から1年の間に

18.5%、1年以上経過してから26%と多くの症例は1年以内に発生していた。

治療終了後より発生までの経過月数は、 γ 線治療例で平均8.0カ月、 ^{60}Co 治療例で平均9.7カ月となり、この点、私共の症例は田ヶ谷の平均発生月数19カ月と著るしく異なり、また、遠山らの平均11カ月と較べても幾分早い様である。

この原因に就いては明らかでないが、田ヶ谷の症例には4年~5年後の発生例が数例含まれているため、平均発生月数の延長が見られたものと推定される。しかし、諸家の報告を見ても治療終了後2カ月以内の発生と云う報告はない様である。

私共の症例では、特に放射線肺炎の発生時期を検討する目的から、治療終了後殆んど毎月 γ 線検査を行なつていたので、隔月乃至3カ月毎の観察例よりも、早期に発見されたものと考えられる。従つて、肋骨骨折の発生は従来、報告されていたよりも割に早く発生するのではないかと思われた。

肋骨骨折の発生部位は、 γ 線治療例と ^{60}Co 治療例で照射法の違いがあるにもかかわらず共に第2肋骨に最も多く(50%)、以下第3肋骨、第4肋骨の順に少なくなつて居る。この点は諸家の報告と全く同様である。私共の観察によれば、これらの肋骨骨折の骨折線の発生部位は、殆んど定型的で第2肋骨では前胸壁の鎖骨中線部、第3肋骨、第4肋骨となるに従つてそれよりも外側の側胸壁に近い部分に発生していた。

尚、鎖骨骨折の例は、私共の調査例では1例も見出されなかつた。

放射線肺障害と肋骨骨折とは可成り平行する様で、骨折例の90%は放射線肺障害を合併している。しかし、放射線肺障害を有するものからの骨折の発生率は20%程度で、大部分の症例は放射線肺障害のみで終つて居る。このことから、肋骨骨折の発生は、放射線肺障害の無い例からの発生は極めて少ないものであると云える。

肋骨骨折の発生は、放射線肺障害の発生と γ 線写真上部位的に極めてよく一致して居り、このため骨折を初期に発見するためには入念な観察が必要である。両者を合併した症例では、全例放射線

肺障害が先行して居り、 γ 線治療例、 ^{60}Co 治療例共に症例の75%は肺障害の発生後6ヵ月以内に骨折の発生を見た。

肋骨骨折部位に於ける吸収線量と照射期間との関係に就いてあるが、今回の調査では、乳癌の手術後照射が一定の方式で行われているため、どれ位の線量を、どれ位の期間で照射した時に肋骨骨折が発生し始めるかは明らかに出来なかつた。しかし、 γ 線治療例、 ^{60}Co 治療例いずれも4000 rads以上照射した例に発生して居り、その発生率は約10%、線質による差は認められなかつた。

γ 線治療例と ^{60}Co 治療例では、照射の方法が異なっているにもかかわらず、肋骨骨折の発生部位が、第2肋骨前胸壁中央部、第3肋骨、第4肋骨の側胸部寄りに定型的に生ずると云う事実は、肋骨の骨折は単に放射線による骨の変化のためだけではなく、肋骨に加わる力学的な外因と強く関係があることが推定される。解剖学的に見ても、骨折を来す部位は肋骨の背側部のやや太い部分から、扁平な部分に移行する場所であり、そこが力学的に弱いものと考えられる。

骨折の原因としては、血管の変化、骨細胞の傷害、外因などが挙げられる。前二者は、ほぼ線量の増加に比例して高度となり、それと共に骨折も生じ易くなると考えられるが、4000rad~5000radにて約10%に発生するとしても、調査対象の外因が一定でない限り直接、線量との関連づけを行うことは出来ない。それ以下の線量であつても、加わる外力が強い環境にあるものを調査対象にすれば、同程度に骨折の発生が見られるであろう。

外因としては、牽引、圧迫等の動作、或るいは呼吸、咳嗽発作などがあり、放射線肺障害を有する患者に骨折の多いことも、この様な外因の加わる可能性が多いことを考え合すると理解出来るものである。

従つて、単に骨折部位の吸収線量と照射期間のみにとどまらず、外因に就いての検討を加えなければならないと思うが、今回はその点に就いての細かい調査は出来なかつた。

総括及び結語

乳癌の手術後放射線治療を行なつた263例に就

いて、系統的に肋骨骨折の発生に就いて調査した。

1. γ 線治療例114例中10例(8.8%)、 ^{60}Co 治療例149例中17例(11.5%)に肋骨骨折の発生を見た。

2. 肋骨骨折の発生時期は、治療終了後6ヵ月以内に発生したもの55.6%で、治療終了後肋骨骨折の発生までの期間は γ 線治療例平均8.0ヵ月、 ^{60}Co 治療例平均9.7ヵ月であつた。

3. 骨折部位は第2肋骨、第3肋骨、第4肋骨に見られ、 γ 線治療例、 ^{60}Co 治療例共に定型的な部位に認められた。

4. 放射線肺障害とは密接な関係を有し、 γ 線治療例の80%、 ^{60}Co 治療例の87%は放射線肺障害をも合併していた。放射線肺障害を有しないものからの肋骨の骨折は少ないものと考えられる。

5. 骨折部位に於ける吸収線量と肋骨骨折の関係を見たが、肋骨骨折の発生例はすべて4000rad以上の線量のもので、 γ 線治療例と ^{60}Co 治療例との線質による差は明らかでなかつた。

御指導、御校閲を頂いた恩師入江教授に深く感謝致します。本論文の要旨は第26回日本医学放射線学会総会に於て発表した。

文 献

- 1) Perthes, G.: Arch. Klin. Chir. 71 : 955, 1903.
- 2) Försterling, K.: Arch. Klin. Chir. 81 : 505, 1906.
- 3) Walter, R.: Fortschr. Röntgenstr. 19 : 123, 1912.
- 4) Hoffmann, V.: Strahlentherapie 14 : 516, 1923.
- 5) Stevens, R.H.: Radiology 25 : 538, 1935.
- 6) Baunach, A.: Strahlentherapie 54 : 53, 1935.
- 7) Barr, J.S. et al.: Amer. J. Roentgenol. 49 : 104, 1943.
- 8) Irie, H. et al.: Strahlentherapie 129 : 112, 1966.
- 9) Colwell, H. A. and Russ, S.: X-ray and Radium Injuries, Oxford University Press. New York & London, 1934.
- 10) Perthes, G.: Arch. Klin. Chir. 127 : 165, 1923.
- 11) Rahm, H.: Strahlentherapie 25 : 338, 1927.
- 12) Zwerg, H.G. und Hetzer, W.: Arch. Klin. Chir. 185 : 387, 1936.
- 13) Watson, W.L. and Scarborough, J.E.: Amer. J. Roentgenol. 40 : 524, 1938.

- 14) Rübe, W. et al.: Fortschr. Röntgenstr. 93 : 472, 1960.
- 15) Baensch, W.: Fortschr. Röntgenstr. 36:1245 1927.
- 16) Baensch, W.: Röntgenpraxis 4 : 716, 1932.
- 17) Philipp, E.: Strahlentherapie 44: 363, 1932.
- 18) Schiffbäumer, A.: Zbl. Gynäkol 2004. 1933.
- 19) Kropf, L.: Munch. Med. Wochenschr. 81 : 214, 1934.
- 20) Dalby, R.G. et al.: Amer. J. Obst. & Gynec. 32 : 50, 1936.
- 21) Kalayjian, B.S.: Amer. J. Roentgenol. 40 : 383, 1938.
- 22) Okrainetz, Clara L. and. Biller, S.B.: Amer. J. Roentgenol. 42 : 883, 1939.
- 23) Gratzek, F.R. et al.: Amer. J. Roentgenol. 53 : 62, 1945.
- 24) Kok, G.: Acta Radiol. 40 : 511, 1953.
- 25) Schhappauf, O.: Zbl. Gynaek. 79 : 321, 1957.
- 26) Oessner, W. et al.: Strahlentherapie 109: 200, 1959.
- 27) Lüdicke, K.: Strahlentherapie 114 : 286, 1961.
- 28) Freid J. R. and Goldenberg, H.: Amer. J. Roentgenol. 43 : 877, 1940.
- 29) Eggs, F.: Strahlentherapie 70 : 315, 1941.
- 30) Slaughter, D.P.: Amer. J. Roentgenol. 48 : 201, 1942.
- 31) Paul, L.W. et al.: Radiology 38 : 543, 1942.
- 32) Wammock, H. et al.: Amer. J. Roentgenol. 50 : 609, 1943.
- 33) Steingraber, M.: Zbl. Chirurg. 76 : 1305, 1951.
- 34) Greve, W.: Strahlentherapie 86 : 617, 1952.
- 35) Braun, H. et al.: Strahlentherapie 94 : 234, 1954.
- 36) Schröder, G.: Strahlentherapie 96 : 469, 1955.
- 37) Schoenheiz, W.: Strahlentherapie 97 : 287, 1955.
- 38) Dobek, J.: Pol. Przegl. Radiol. 23 : 23, 1959.
- 39) Baudisch, E.: Strahlentherapie 113 : 312, 1960.
- 40) Kolar, J.: Fortschr. Röntgenstr. 94 : 486, 1961.
- 41) 野木村 : 日本医放会誌, 19 : 1291, 1959.
- 42) 加藤 : 臨床放射線, 5 : 550, 1960.
- 43) 井染 : 日本医放会誌, 21 : 243, 1961.
- 44) 菊地 : 日本医放会誌, 23 : 264, 1963.
- 45) 小林他 : 日本医放会誌, 23 : 929, 1963.
- 46) 菊地 : 日本医放会誌, 22 : 1304, 1963.
- 47) 寛, 遠山他 : 癌の臨床, 11 : 736, 1965.
- 48) 田ヶ谷 : 日本医放会誌, 27 : 173, 1967.
- 49) Smither, D.W. et al.: Brit. J. Radiol. 18 : 359, 1945.
- 50) Rubin, et al.: Radiology 76 : 703, 1961.
- 51) Ratzkowski, E. et al.: Clin. Radiol. 18 : 146, 1967.
- 52) 渡辺他 : 日本医放会誌, 23 : 855, 1963.
- 53) ICRU NBS Handbook 85, 1964.
- 54) 鬼塚 : 福岡医学雑誌, 49 : 2483, 1958.
- 55) 入江他 : 日本医放会誌, 27 : 1024, 1967.
- 56) 渡辺他 : 日本医放会誌, 28 : 392, 1968.