



Title	軟部組織のX線撮影法（撮影に関する基礎実験）
Author(s)	中村, 実; 川本, 澄夫; 深津, 久治 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1961, 20(13), p. 2759-2765
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15575
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

軟部組織の X 線撮影法 (撮影に関する基礎実験)

三重県立大学医学部附属塩浜病院

中 村 実 川 本 澄 夫

東芝玉川工場

深 津 久 治 小 野 伸 雄

放射線医学総合研究所障害基礎研究部

菅 原 努

(昭和36年1月28日受付)

I. 緒 言

X線撮影技術は最近では従来の半経験的なものから一步前進して、物理的な測定に基礎づけられて再検討せられるようになった。ことに高压撮影法などはその代表的なもので、色々の物質の吸収、識別域などの測定にもとずいて、電圧が高くなれば何でもコントラストが悪くなつて実用にならないという既成の概念をやぶり、ついには臨床的にもその利点が一般に認められ、広く普及するまでに到つた。ことに最近被検者に対する被曝量が問題になるにつれて、一層合理的な物理的基礎づけのある撮影法への関心が高まつてきていると考えられる。

しかし、軟部組織の撮影法に関してはこのような面からの検討は十分なされていないようである。Adair¹⁾、Gershon-Cohen²⁾、Leborgne³⁾、Munteau⁴⁾などは乳房などに対する撮影法とその臨床的応用について報告しているが、このような点からは十分とは言えない。著者等は1954年頃より高压撮影法の研究を始めると共に、広く管電圧とX線像との関係を調べるために、低電圧についても一連の研究を行つて来た⁶⁾⁷⁾。すなわち、著者等は現在のX線装置による軟部組織の撮影法の研究としては、管電圧、濾過板と線量、線質との関係、組織成分のX線吸収、識別域などについて測定を行い、それにもとづく軟部組織の撮影の実際について、装置、手技ならびに観察法など一連の研究を行つた。本報においてはこの中の諸測

定の結果について述べる。

II. 実験方法並びに成績

(1) 実験に使用した器具

a. X線管. SDWR-10.

b. 線量計. 空気電離槽.

c. 写真法の場合. 増感紙DDA.

フィルム, Fuje X-ray film, Sakura X-ray film

現像, FD-111, SDX-1

d. 被写体. アクリール酸樹脂, 牛脂.

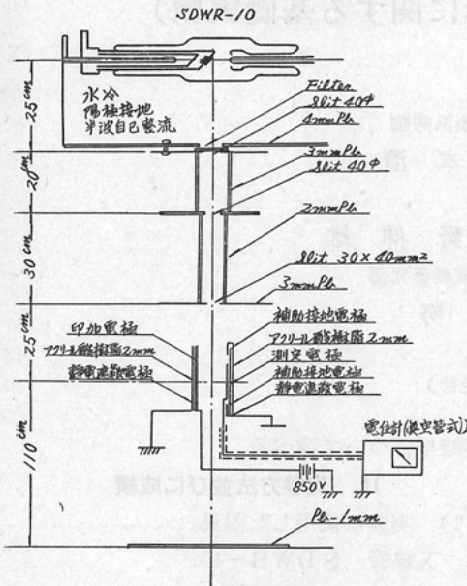
尚線量計としては空気電離槽型の次の如きものを使用した。

即ち、γメーター或はポケットチェンバー等を使用すれば、その波長依存性のため25~60 kVpでは、線量の測定に大きな誤差を伴うので波長依存性の無視しうるものとして、free air chamberを使用した。その構造は第1図に示す通りであつて、

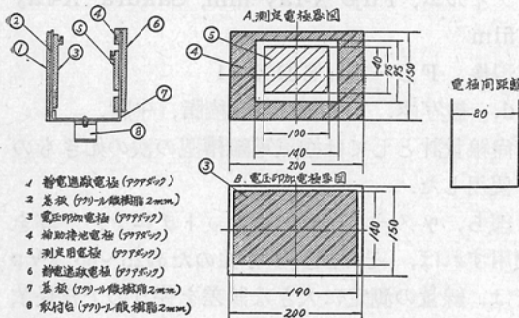
(a) X線管と電離槽の間には空気散乱の影響を防ぐために3段のスリットを有する鉛の角筒を使用した。

(b) 電離槽は第2図に示すように正負の平行電極を用い、③、⑤の電極間に電圧を印加し、③、⑤間のイオン電流を真空管式電位計にて測定することによりX線量の測定を行う。尚補助接地電極、④は、測定電極間の空気中の電界を均一にするために用いたものである。又この線量計は管電圧60 kVp 3 mAにて Victoreen γ-meter に

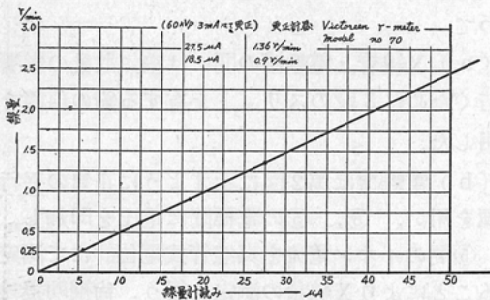
第1図 線量測定器図



第2図 線量測定用電離槽器図



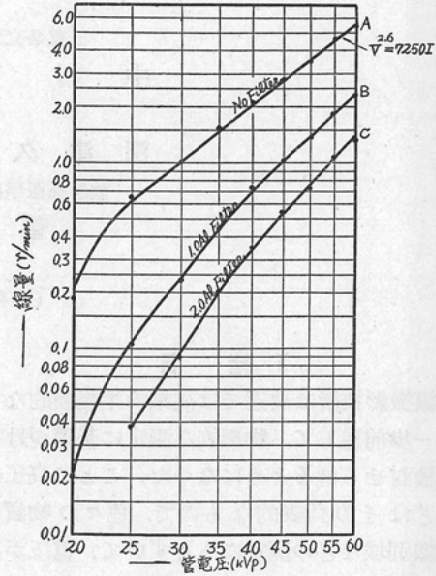
第3図 直統線量計更正表



より校正し、その校正曲線を第3図に示す。

(2) 電圧と線量の関係の測定
管電流一定の場合X線量は管電圧を高くするに

第4図 管電圧と放射線量の関係
空冷管 半波整流装置使用
管電流 10mA
距離 100cm



従つて増加する。この電圧とX線量の関係について測定するために、第1図の如き測定装置で管電圧と放射X線量の関係を測定した結果、横軸に管電圧 kVp をとり縦軸に線量 r/min をとると第4図の様な曲線が得られる。即ち管電圧と線量の関係は25~60 kVp 間では略々直線となる。従つて、 $V^n = KI$ と置ける。

例えば no filter の場合

これに第3図の関係数値を用いて計算すれば、 $V^{2.6} = 7250 I$ を得る。

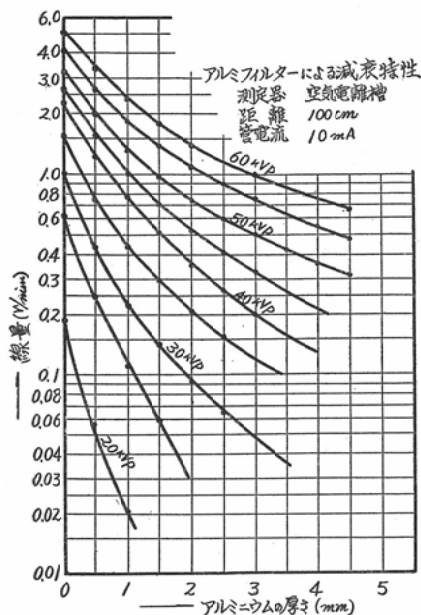
即ち、25~60 kVp に於ては線量は管電圧の2.6乗に比例して増加することが判明した。filterがあればその量はもつと大きくなる。

従つて当然のことながら低圧撮影では mAs を多くする必要が生じ、管球の負荷が増加することは避けられない。

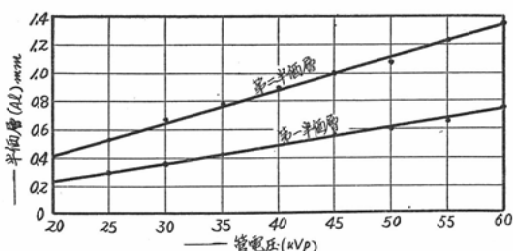
但し20 kVp において著しく線量が減少していることはX線管のガラス壁の吸収が多くなるためと考えられる。

(3) 各電圧におけるフィルターの厚さと透過線量の関係

第 5 図



第6図 管電圧とアルミの半価層関係
管球 SDWR-10
使用線量計 空気電離槽式線量計
半波整流波形



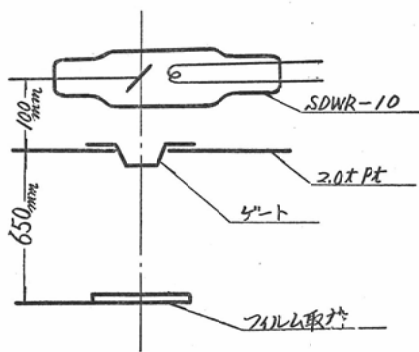
低電圧に於ては特にガラス壁によるX線吸収等のため各電圧に於ける実効波長はその影響を受けることはよく知られていることであるが、今回SDWR-10を用いて20~60 kVpまでの線質を測定するために、アルミニウムのフィルターを用いて、これによるX線の減衰を測定し、之より更に第1半價層及び第2半價層を求めた。第5図は管電圧を、Parameter (60~20 kVp)としてアルミフィルターの厚さとこれを透過したX線量の関係を示すもので第6図は第5図の曲線部より管電圧と第1半價層と第2半價層の関係を求め図示したものである。

(4) 油及び放射口物質 (ゲート) による X線 吸収

低圧撮影に於ては、その線質が軟かいためX線管壁、油浸管球の場合はその油及び放射口の物質により著しく吸収散乱される可能性がある。低電圧に於いて、この油及びゲートの吸収をX線写真に対する影響という立場からファントムを用いたX線フィルムの黒化度法により測定した結果を次に示す。尙実験方法は第7図に記した如くである。

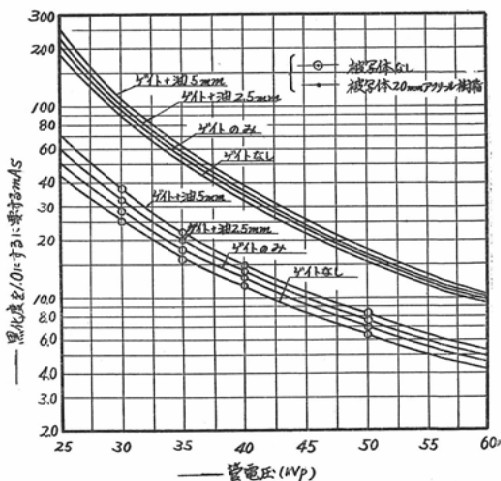
但し管球の油槽及びゲートの厚さはB型管球はゲート (2mm) + 油 (2.5mm) K×0-14はゲート

第7図 実験装置

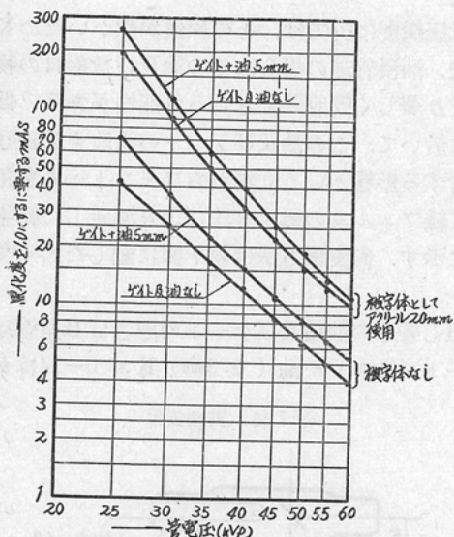


第8図 写真法による管電圧と mAs の関係

管球 SDWR-10 フィルム 富士フィルム
波形 半波整流 現像液 FD-11120°C 5分
増感紙 使用せず 距離 75cm



第9図 第8図を両対数目盛で示せば次のようになる。



ト (2mm) + 油 (5.0mm) を用いた。その結果を第8図及び第9図に示す。

これよりゲート及び油槽のない場合は

$$V^{2.68} = 1375 I \quad V \dots \text{管電圧}$$

$$I \dots \text{線量}$$

となり、空気電離槽を使用した場合の測定値による実験式によく合致している。

油及びゲートの影響は図で明らかな如く低電圧ではX線吸収が大であり、電圧の上昇と共に mAs 比が小となる。又 Phantom としてアクリル酸樹脂20mm使用の際は、その透過による線質の変化のため mAs 比の変化は少くなる。

(5) 脂肪のX線吸収特性の測定

軟線撮影の対象は主として乳房の撮影であるが、乳部の組織は大部分が脂肪でその他が水と假定し、実験模型として

脂肪として、牛脂

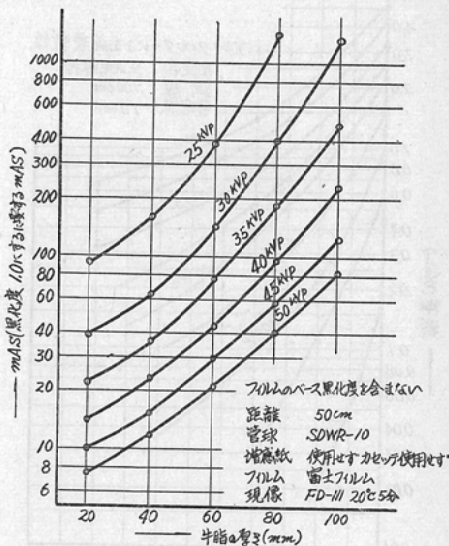
水として、アクリル酸樹脂

を代用した。

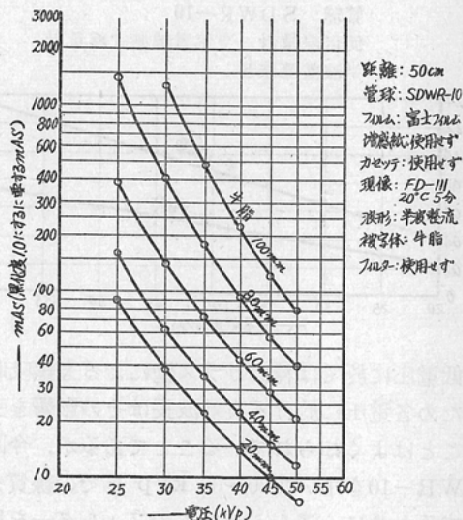
測定は写真法により、写真フィルムの黒化度を1.0にする必要な mAs と被写体(牛脂)の厚さとの関係を測定した。この結果を第10図に示す。

尚これを管電圧と mAs の関係に書き直せば第11図の如くなる。

第10図 牛脂の厚さと mAs の関係 (黒化度を 1.0 にする必要な mAs)



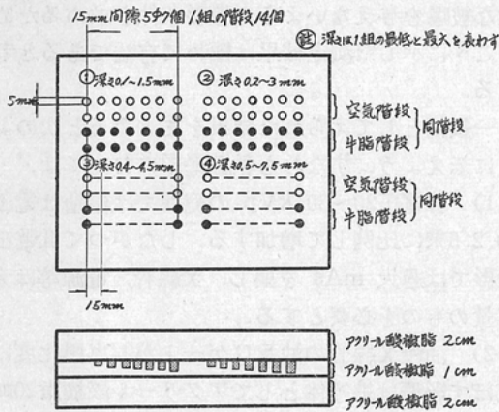
第11図 牛脂の厚さを Parameter にして管電圧と露出の関係の測定 (写真の黒化度を 1.0 にする要する mAs と電圧の関係)



(6) 模型実験に依る感知し得る厚さと電圧の関係の測定

高圧撮影においては骨と血管のコントラストが問題となるのでアクリル酸樹脂とアルミニウムの模型を用いて、コントラストの実験を行ったが、低電圧撮影の主目的である乳房の撮影では脂肪と水とのコントラストが問題となるので高圧撮

第12図 Phantom 略図

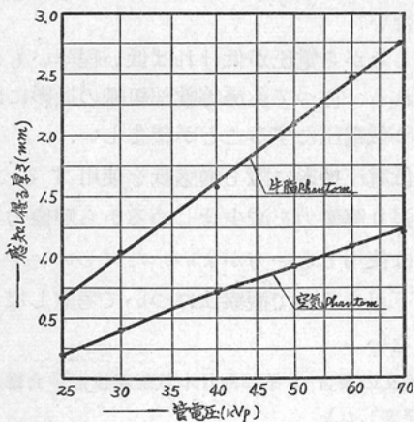


影に於て使用した実験模型と同様の考えのもとに第12図に示すような模型を用いてコントラストの実験を行った。

即ち筋肉と等価なものとしてアクリル酸樹脂を、脂肪と等価なものとして牛脂を使用し、アクリル酸樹脂に、孔径5mmφで、その深さを段階的に変えた孔を開け、この孔に牛脂或は空気を満し、これをX線撮影した。その写真について、アクリル酸樹脂板中に、牛脂及び空気孔の存在を

第13図 各電圧に於ける感知し得る厚さ (試験条件)

- FPD 0.5m
- Tube SDWR-10
- Filter ナシ
- Film Fuji (黒紙袋使用)
- 現像 FD-11120°C 5min
- Screen ナシ
- Phantom アクリル5mm穴ヲアケタモノ)



感知することの出来る厚さと電圧の関係を測定した。その結果は第13図に示す如くである。こゝに横軸に管電圧、縦軸に感知し得る厚さ(mm)をとつた。撮影条件として、距離50cm, X線管SDWR-10, 増感紙なし, Film, Fuji, Sakura, X-Ray film である。

この感知し得る厚さが小さい程、診断上病巣の発見に有利な訳であるが、この曲線から牛脂及びアクリル酸樹脂は何れも電圧は低ければ低い程、良いことが判る。若し認める必要のあるものゝ大きさがきまれば、必要な管電圧が求められる。

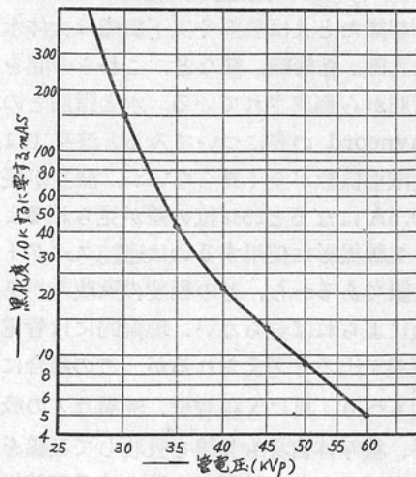
(7) 増感紙を使用した場合の解像力の実験

低電圧撮影には一般に No Screen で行われる場合が多く前記の実験には増感紙を用いながつた。

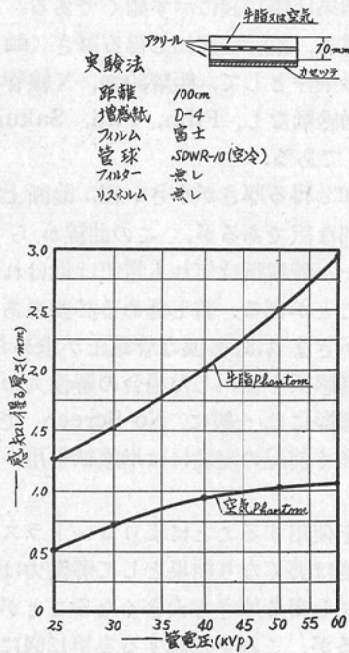
増感紙を使用することによりコントラストは上るが鮮鋭度は悪くなり結果として解像力は低下し従つて感知し得る厚さも大きくなることが経験上考えられるが、これを確認する為第12図に示した Phantom を使用して電圧と感知し得る厚さの関係を測定した。(但しアクリル酸樹脂70mm) 第14図は、アクリル酸樹脂70mmを撮影する場合の露出表であり、第15図は、アクリル酸樹脂70mm

第14図 増感紙使用の露出表

- 被写体 アクリル酸樹脂70mm
- 距離 100cm
- 増感紙 D-4
- フィルム Fuji film



第15図 電圧と感知し得る厚さの関係(増感紙使用)



厚中の牛脂及び空気 Phantomの感知し得る厚さと電圧の関係を示す曲線である。

この第15図の結果から、脂肪の撮影は出来るだけ低圧の方がよいことがわかる。一方この第15図と第13図を比較するに増感紙を使用した方が感知し得る厚さは大となり、従つて解像力の点から増感紙は使用しない方がよいことがわかる。

III. 考察並びに結論

軟部組織たとえば乳部や皮下組織は大体水とよく似た乳腺、結締織、筋など、これらの間をうずめる脂肪から形成されている。水と脂肪との間には Mayneord の表についてみると波長 0.1\AA では質量減弱係数が全く異ならないが、波長が長くなり、 0.5\AA になると25%位の差が見られるようになる。X線撮影に使用するのは連続スペクトルをなすX線であるから、どの程度の吸収差があるかは実験によらねばならない。理論的には管電圧が低い程差が出ると考えられるが、この場合にはX線出力もへり、更にX線管壁、油層などの吸収がある外、被写体自身もX線を吸収してX線を減弱させるだけでなく、線質をも硬くする可能性があ

る。従つてこれ等の点を考慮し、更には患者に無駄な被曝を与えないような撮影条件を求めるためにここに示した測定結果は極めて有益であると考える。

一般論としてえられた結果をまとめると次のように云えよう。すなわち軟線撮影においては、

1) 管電圧20~60 kVp の範囲では線量は電圧の2.6乗に比例して増加する。したがつて低電圧撮影では過大 mAs を要し、X線管、電源等は大容量のものを必要とする。

2) 油浸X線管の油及びゲートが写真黒化度に及ぼす影響は被写体としてアクリル酸樹脂20mm の場合は、せいぜい20%程度であるから乳房のように50~70mm程度の被写体を撮影する場合は殆んど影響されない。

3) 乳房の主成分たる脂肪の吸収特性を見るに黒化度 1.0を得るに必要な mAs は、被写体20mm では電圧の2.6乗に、被写体 100mmでは電圧の5.6乗に、各々逆比例している。

したがつて低電圧撮影では被写体が厚い場合は特に過大な mAs を必要とすることになり、X線管、電流も大きくする必要がある。

依つて被写体の厚さとX線管の規格の双方をよく検討して低電圧撮影の術式を選擇しなければならぬ。

4) 模型実験により感知し得る厚さの測定の結果より管電圧が低い程、薄い脂肪でも感知し得られる。

アクリル酸樹脂の方は脂肪程、この傾向は顯著ではない。

しかしながら電圧が低ければ低い程薄いものが感知される。従つて乳房等軟部組織の撮影には出来る限り低電圧にすることが望ましい。

5) 低電圧撮影に際し増感紙を使用することは、矢張り解像力を減少せしめるから解像力を望む場合は使用しない方がよい。たゞしコントラストの低下があるので観察法について考慮しなくてはならない。

(本論文の要旨は第12回日本放射線技術学会総会において発表した)。

撰筆するに当り、種々御教示と御校閲を賜った本学医学部附属塩浜病院長高安正夫教授に対し深甚の謝意を表します。

文 献

1) Adair, F.E.: Sanguineous discharge from the nipple and its significance in relation to cancer of the breast, *Ann, Surg*, 91, 197~209 (1930). —2) Gershon. Cohen, J.: Roentgenography of cancer of the breast. A classified pathological basis for roentgenologic Criteria, *Am. J. Rontgenol*, 68, 1~7 (1952). —3) Leborgne, R.: Diagnosis of tumor of the br-

east by simple roentgenography calcification in carcinoma. *Am. J. Rontgenol*, 65, 1-11 (1951). —4) Muntean, E.: Zur radiologischen Frühdiagnose und Frühtherapie des Mamma Karzinoms, *Fortschr. Röntgen strahl*. 81, 719~727 (1954). —5) 長田博元: 乳癌のレ線学的断診, 癌の臨床, 3, 135~442 (1957). —6) 中村実, 辻井敷: 軟部組織の撮影法について, 第11回日放技学会, 日放誌, 11, 27 (1955). —7) 深津久治, 小野伸雄, 菅原努, 中村実, 辻井敷: 軟部組織の撮影法について, 第2報, 第12回日本放技学会, 日放技誌, 12, 36 (1956).

Studies on soft tissue radiography: Some physical measurements

By

Minoru NAKAMURA and Sumio KAWAMOTO

Radiological Department, Sheiohama Hospital Mie Pref. Univ. School of Medicine

Hisazi FUKATSU and Nobuo ONO

Tamagawa Works Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd.

Tsutomu SUGAHARA

Division of Radiation Hazards National Institute of Radiological Sciences

The purpose of the present investigation is to obtain a rational physical condition for soft tissue radiography in order to improve its diagnostic usefulness and to reduce the exposure to patients as much as possible. Some physical measurements were done for the first step. The results obtained are as follows:

1. X-ray output from a X-ray tube (SDWR-10) measured with a free air chamber was in proportion to 2.6 power of tube voltage in the range from 20 to 60 kvp.
2. X-ray absorption by shielding oil and gate substance was about 20 per cent of the absorption by a acrylate resin phantom of 20 mm. in thickness. In radiography of the breast which is of 50 to 70 mm. in thickness, the absorption by the former two substances may practically be negligible.
3. As for fat phantoms were concerned, the mAs necessary for the blackening of 1.0 in film density was in inverse proportion to 2.6 power of tube voltage for 20 mm. phantom and 5.6 power for 100 mm. phantom respectively.
4. Detectable differences in thickness were measured for acrylate resin as well as fat phantoms in low tube voltage. Low tube voltage was preferable for the detection of fat in water equivalent substances.
5. The use of intensifying screen is not proper for soft tissue radiography in spite of expected high contrast by using it because of the low resolving power losing sharpness in fine detail.