軟X線撮影法の検討（第2報）

乳房撮影法の研究

三重大医学部附属塩浜病院中央放射線部

中村 実・川本澄夫・古田儀之・八谷禎紀

（論文受付昭和42年10月23日）

INVESTIGATION ON SOFT X-RAY PHOTOGRAPHY (REPORT II)

THE STUDY OF MAMMOGRAPHY

By MINORU NAKAMURA

SUMIO KAWAMOTO

NORIYUKI KODA

YOSHINORI YATANI

Central Dept. of Radiology Shiohama
Hospital

(Article received : Oct. 23, 1967)

Summary

Recently, the increasing breast cancer mortality has made the demand for early diagnosis even more urgent, and we are concerned that the standardized technique of mammography has not yet been established.

There are a few particular problems in the present method of mammography. One of them is, the poor contrast in the image on account of little difference in x-ray absorption of the soft tissue. Also, it is difficult to obtain suitable homogeneous x-ray graphic density because of the cone shape of the breast and its position.

with the use of a special large capacity 'soft x-ray' tube with a glass window, and with the method of compensating the density of mammography by ethyl alcohol, we have been able to obtain the image of the whole mamma in homogeneous density.

As for positioning the flat mamma, which are more prevalent in Japan than in other countries, we attempted a new technique. By the use of a hollow parafin block and a cethyl alcohol block, add with a suction pump, we were able to attract and form the mamma in place. These parafin and cethyl alcohol blocks have two functions, namely, density compensation of the x-ray, and the forming of the mamma. We are confident that if the volume of the mamma attracting cavity of the density compensation block fits the mamma well, the effect of attraction will be very great.

We have made a mammographic table from other works and have studied the ability of the intensifying screen and the grid ratio in the region of 25kVp-30kVp. The results are as follows:

1. In x-ray graphic contrast, the method of combining a back-screen and 4:1 grid ratio is better than the non-screen method.
2. X-ray exposure time by this method is 1/5 of that of the non-screen method.

結 言

近年、女子癌の死亡率の内乳癌のそれは臓器別にみると、欧米で第1位、本邦においても第4位の高位にあるといわれている²⁾。

乳房疾患の診断法としては、視診、触診、透光法、超短波診断法といった比較的簡単な方法がある。しかしこれらの方法では疾患の存在や大体の大きさ、可動性、硬度といった物理的な事柄は判明するがその内容がいかなるものか鑑別することが困難であり詳細には組織学的な診断に応じなければならない。一方かなり以前より、乳房の腫瘍の種類や、本質を臨床的に簡単につきとめる手段として、X線による方法が行なわれてきた。その中には、乳管造影法²⁾、気盈撮影法²⁾³⁾、経胸骨内乳静脈造影法²⁾、といった造影撮影をはじめ、単純乳房撮影法^{1)~6)}、等があるが、簡単に実施ができ、乳房内に何等の侵襲を加えず、したがって併発症として乳腺炎や膿瘍の心配もない検査法としては、単純撮影法がもっとも都合がよいとされている²⁾。

乳房単純撮影法については種々な研究も行なわれ撮影技術もいちじるしく進歩したが、なお乳房単純撮影法によって誤って診断される原因の多くには露出過多、あるいは対比度不足それに不完全な Positioning といった撮影技術の不確定によるものが多い。著者等は乳房単純撮影法の手技の確立のために軟X線専用管⁴⁾として DRX-23A を採用し、本軟X線X線管による乳房の単純撮影をこころみ、まず第1報⁵⁾としてガラス窓軟X線管ならびに Be 窓軟X線管などの妥当性、および埋没法による乳房撮影法の開発、それに散乱線除去について実験と考察を加えてきた。特に液体アルコールを埋没物質とした乳房埋没撮影法に見るべきものがあり、乳房基底部分から乳頭部におよぶ乳房全域を適正な濃度で均等に現出する確証を得た、第1報に引続き今回は乳房撮影専用撮影台、埋没物質、さらに日本女性に多い扁平乳房を対称とした吸引補償法、ならびに曝射時間短縮の考慮、散乱線除去などの諸点について検討考察を加え乳房撮影法の撮影技術の確立に寄与せんとするものである。

使用装置ならびに機器

X線装置 KXO-15

X線管 DRX-23A

フィルム さくら New Y, さくら RR

現像 さくら自動現像機1型

濃度計 さくら光電濃度計 PD-8 型

撮影台 著者等の試作のもの (40W モーター付小型真空ポンプ付属)

試作埋没容器

実験1

乳房はその形状が基底部分で厚さが大きく、乳頭部付近できわめて小であるため、一般の単純撮影では、濃度差が付きすぎとなり乳房全域が読影範囲の濃度域に入るためには何等かの濃度補償が望ましい、第1報において液体エチールアルコールを補償物質として用いた埋没撮影が好結果をもたらすことを確認しているが、液体補償物質を用いると撮影手技上相当に煩雑となることはやむを得ないが、扁平乳房などでは乳房自体が浮力によって圧迫されて、さらに扁平となって小さくなるなどの問題点があった。この点を改善すべく、固形物質であるセチールアルコールおよびパラフィンを用いた埋没撮影として選び、その適否を実験によって検討した。

実験方法はフィルム法により、ひとしい写真効果を与える mAs 値を水、パラフィン、セチールアルコールについてもとめ、同時に鉛片を曝射して、その真下の濃度から散乱線含有率をもとめた、ただし管電圧は30kVp 電流 250mA、距離 45cm フィルム New Y を Non Screen で用いた、その結果は図1左図のごとく、液体エチールアルコールより固形セチールアルコールやパラフィンの方が黒化度がつきやすく、一方散乱線含有率は固形セチールアルコールやパラフィンで液体エチールアルコールより多いことが判明した、したがって液体エチールアルコールにかわる乳房補償物質として固形セチールアルコールまたはパラフィンを用いる際には散乱線除去の考慮が望ましいと考える。

図1 補償物質の厚さと濃度 1.0 を得るに要する mAs 値並びに散乱線含有率

実験2

選択した固形の補償物質を用いることによって、液体エチールアルコールより散乱線がやや多いので、その除去法として第1報において MS 4:128本/cm ソフト

グリッドを採用し縞目除去を考案し好結果を得ているが今回は MS で試作した高格子密度 40本/cm のグリッドを使用した, なお鉛箔が薄く格子密度が高いために診断上グリッドの縞目が, さほど影響しないので縞目除去を行わずに利用した. さらに被曝量軽減のための目的により X レイフィルムを 2 種類, 増感紙 1 種類とグリッドを組み合わせて画質とともに種々考慮して実験的どの組み合わせがもっとも能率が良いかを検討した.

実験方法はフィルム法でファントームとしてパラフィンブロック, 5cm 厚さのものを用い, 濃度 1.0 を得る露出時間をおのおのについてもとめた. ただし管電圧は, 30kVp 管電流は 250mA, 距離 60cm とした. なおフィルム, 増感紙, グリッドの組み合わせは表 1 のごときものとした. フィルムは, さくら New Y と, さくら RR, 増感紙は極光 Flexible で両面の場合と片面使用の場合, またグリッドは MS 4:1 の 40本/cm であった. その結果は図 2 のごとく Non Screen の場合の 3 つの組み合わせ①, ②, ⑦と増感紙を用いた他の 4 つの組み合わせ, ③, ④, ⑤とを比較するといちじるしく後者の方が露出時間が短縮されていることが判明する. 管電圧が 30kVp 程度の軟 X 線領域においても増感紙の増感率の高いことがわかる. また増感紙を用いた 4 つの組み合わせの内, グリッドを用いている場合⑤, ⑥と用いていない場合, ③, ④とを比較すると後者の方は露出時間が長くなって前者の 1.5~2.0 倍程度であることが明らかとなった. 一方この実験中同時に鉛片を曝射して, その真下の濃度を測定し散乱線によるカブリの度合を調べた, その結果は図 3 に示すごとくで増感紙を用いた 4 つの組み合わせ③, ④, ⑤, ⑥は Non Screen の場合の 3 つの組み合わせ①, ②, ⑦とくらべて散乱線の影響は約 1/2 であることが明らかである. 増感紙を用いさらにグリッドにより散乱線除去を行なった組み合わせ⑤, ⑥ではもっとも散乱線カブリはすくなく, ほとんどフィルムベース濃度である. 以上のことからみれば MS 4:1 グリッドを用いて増感紙 Flexible を用いることが曝射時間の短縮と被曝

表 1

組合わせ番号	X-レイフィルムの種類	増感紙の有無と使用法	グリッド有無
①	New Y Type	Non Screen	
②	RR Type	Non Screen	
③	New Y Type	Flexible Screen 片面	
④	New Y Type	Flexible Screen 片面	
⑤	New Y Type	Flexible Screen 片面	4:1
⑥	New Y Type	Flexible Screen 両面	4:1
⑦	RR Type	Non Screen	4:1

図 2 濃度 1.0 を得るに要する露出量比較

図 3 濃度 1.0 を得る条件下における散乱線の検討

量軽減散乱線除去の点からは, 良好であることは当然である.

実験 3

対比度と解像力の点について, 各組み合わせの場合についての実験を行なった.

実験方法はファントームとしてアクリル階段を使いフィルムと増感紙, グリッドの組み合わせは実験 2 と同じである. 管電圧は 30kVp において, アクリル階段の 5cm 厚さの付近が濃度 1 に近くなるように適当に露出してアクリル厚さ濃度曲線をもとめた. 図 4 の右図はその結果を示したもので Non Screen の場合①, ②では曲線は増感紙の組み合わせ③, ④, ⑤, ⑥に比較してラチュードが大きく寝た曲線となっている, また各曲線の直線部分の勾配の大きさを対比度にかわるものと考え勾配を比較すると図 4 の左図のごとく, いずれも, あまり大差なく, わづかに増感紙, グリッドの組み合わせ

図4 各種フィルム増感紙組合せによる対比度

が成績が良くなっている。

解像力の試験は増感紙用に試作した、タンゲステン平行細線チャート(0.063mm, 0.075mm, 0.083mm, 0.1mm, 0.25mm, 0.33mm, 0.50mm, 1.00mm)を用い、ファントームはパラフィンブロック10cm厚さのものを使用し、30kVp管電圧で露出後、肉眼によって判定を行なった、その結果は図5のごとくNew Y,のNon Screen ①, RRのNon Screen ②およびRRのNon Screen+4:1グリッド⑦では0.063mmまで解像している。また増感紙を使用して、散乱線除去を行なわない組み合わせ③, ④では0.1mmまでしか解像していないが、MS 4:1のグリッドを用いて散乱線除去を行なった組み合わせ⑤, ⑥では、やや成績は良く、0.075mmまで解像している、さらに増感紙が片面利用の場合⑤の解像力は両面の場合⑥のそれよりやすすぐれている。

図5 フィルム増感紙の種々の組合せによる解像力

実験4

管電圧が30kVp程度では、増感紙の特性は複合増感紙と片面増感紙では異なり、同じ片面でもFrontとBack

とでも、異なるといわれている。特に片面の場合には、Front側とBack側とでは、どちらが有利かを実験的に検討した。

実験方法はアクリル階段をファントームとして使用し、FS増感紙のFrontをフィルムの前と後とに置いてひとしい露出条件(30kVp, 250mA, 60cm, 1.0sec)で露出し、アクリル厚さ対濃度曲線を得、比較したものが図6のごとくで明らかにBack側に増感紙のある場合が有利である。

片面増感紙の特性

図6 片面増感紙の特性

小 括

実験1, 2, 3, 4の結果を総括すると、固形物質を補償物質として用い、管電圧30kVp程度の軟X線による撮影では鮮鋭度の良い増感紙をフィルムのBack Sideにのみ使用し吸収のすくない高格子密度のグリッドによって散乱線除去を行なうもののがもっとも画質を良くする方法であることが明らかになった。フィルムはさくらNew Yを用い増感紙はFlexible片面を用いグリッドはMS.4:1 40本/cmを使用して好結果を得た。

撮影手技と結果

固形物質による乳房の補償の仕方は、楔状フィルターによる方法もあるが、著者などは扁平な乳房をも、その基底部より乳頭部まで広く自然に近い形に伸展して撮影すべく、吸引法を試案し、乳房吸引補償撮影法と名付けこれを試みた。撮影に先立って補償物質に乳房の円形の穴を掘るために、乳房の形を統計的に調査した、乳房の基底部の大きさの調査は、胸部来診者の女子患者の胸厚測定時に立位の状態で胸部横幅、乳房横径、乳房縦径を測定した、乳房の上線、下線の判定は触診によって行な

った, その結果は図7に示すごとく, 若干横に長い楕円で, その径は8cmより20cmの広範囲にあることが明らかである. また乳房の形の調査は, ハンモック状の寝台に伏臥位の状態で乳房を下垂させ体軸方向と側方向の両方から写真撮影(写真1)を行ない実大に拡大して形をトレースした. 図8は, これらを重複して示したものである. 図のごとく種々雑多な形状をしており, 平均的な形を出すことは困難である, しかし若干の伸展性を考慮すると, なだらかな山形を仮定することが妥当であろう. この調査から再び乳房基底部の横径縦径を検討するとむしろ縦径の方が長く, 立位で測定した結果と異なるが立位での乳房基底部の測定の際に上線の判定に誤差が入ったものと考えられる. 結局比較的小さく扁平な乳房用埋没補償容器内穴として横径10cm, 縦径11cmで形は茶

図7 乳房サイズの検討

図8 乳房の形状の検討

写真1 伏臥位にて下垂した状況

写真2 埋没補償容器 大, 中, 小
パラフィン, セチールアルコール
(容器の下部のビニールチューブは吸引ポンプへ連絡する.)

腕状として底部に吸引孔を作った. なお補償物質のブロックの大きさは縦11cm横11cm, 高さ8cmの直方体とした, それを(写真2)に示す.

実験5

試作した吸引補償物質を用いて, 実際に吸引補償撮影を行なって, 補償容器と乳房の形状とに共なう吸引による妥当性を試験したものが(写真3)に示すごとくで, この実写例からみて乳房基底部の線が適切でないため乳房は完全に埋没されていなくて, 乳頭部の補償が不足である. 補償容器(物質)の乳房形状穴は乳房の形だけでなく吸引効果の面からも修正が必要である. 特に乳房基底部にあたる部分は, なだらかな曲率で密着しやすいものでなければならない.

写真3 埋没容器の不充份例

写真4の実写例は, 補償容器の修正を行なった後実施したもので同一被写体で上段は, 吸引補償撮影法を行わない従来の単純撮影(ただし管電圧は30kVp)による

写真 4 扁平乳房における吸引補償撮影法
による同一被写体の比較

ものであるが下段は吸引補償撮影法によって行なったもので、その差のいちじるしいことがわかる。吸引効果により扁平乳房も大胸筋から肋骨の一部まで基底部分が大きく伸展されまた、補償法によって乳頭部までよく均一化された濃度で撮影されていて、著者などの吸引補償撮影法による効果があることがわかる。

乳房専用撮影台

写真 5 専用撮影台

従来乳房は側臥位や、坐位、立位などで撮影されていたが著者などはハンモック状のシート張りの乳房専用撮

写真 6 吸引ポンプ

写真 7 カーブカセット並びに使用状況

写真 8 カーブカセットによる像の歪試験

影台(写真5)を試作し伏臥位で乳房を下垂させる体位をとる方法を選んだ,これによる撮影方向は,側位と軸位との両方向からの撮影を容易に選ぶことができる.なお撮影台には,吸引器(写真6)を備え,フィルムの装填は岡本製カーブカセットを用いた(写真7)にそれを示す.カーブカセットを用いることによりフィルムは容易に乳房に密着でき撮影台への設置もきわめて簡単となり,増感紙,グリッドを備えたカーブカセット(写真7)を使用すれば好都合である.しかしカーブカセットを使用することにより像の歪が問題となるが,この点についてカーブカセットの全面に金網チャートを実写して試験をこころみた,その結果は(写真8)のごとく,乳房の撮影範囲では歪みは無視できることが明らかである.また乳房吸引補償容器の設置は(写真9)のごとく寝台のシートに吊り下げる方式をとった,実際の患者の体位は(写真10)のごとく,やや側臥位になって健側の重複をさけるように位置せしめている安定性は非常によく患者の苦痛もなく補償吸引の手技もきわめて容易である.

写真9 専用寝台に吸引補償容器(埋没容器)を取付けた状況

写真10 撮影時の体位

実写試験1

乳房専用撮影台を用いて,吸引,補償撮影法を実施し補償物質として,固形セチールアルコールとパラフィンとではどちらが適当かを試験した被写体は同一のもので撮影条件として管電圧30kVp,管電流250mA,時間2.0sec,距離75cm,照射角試作40cm長さのもの,フィルムは,さくらNew YのNon Screenであった.その結果は(写真11)に示すごとく,いずれも同程度の現出を示し,両物質とも乳房組織よりX線吸収はやや大きい,しかし補償物質のX線吸収差よりも,埋没穴と吸引の良し悪しがむしろ補償撮影の成否に大きく関係しており,

写真11 吸引法による実写例(同一被写体)

写真12 吸引法による実写例(同一被写体)

補償物質のX線吸収が乳房と正確に一致していなくとも乳房の埋没穴のX線方向の大きさと、補償物質のX線方向の大きさと、補償物質のX線方向の厚さとの比が、適切なら乳房の濃度補償が都合好くなされるものと考えられる。すなわち埋没穴が大きすぎると濃度補償不足となるし、埋没穴が小さすぎると、補償過剰となることが推

測される。

実写試験 2

同一乳房について三種類の組み合わせ、すなわちフィルム New Y の Non Screen と RR, それに New Y + Flexible 増感紙片面 + Grid, の組み合わせによって実写し、比較したもので、その結果は、(写真12)のごとくで、Non Screen ならば RR タイプの方が像の現出は良いが、増感紙ならびにグリッド 4:1 使用によって散乱線除去を行なった場合がもっとも対比度はよいことがわかる。

実写試験 3

乳房の撮影方向は、側方向、軸方向の2方向が望ましい。従来軸方向は決して容易ではなかったが、著者などの撮影法では、側方向と同程度に軸方向の撮影が可能である。(写真13)はフィルム、増感紙、グリッドの組み合わせの比較を同一乳房の側方向と軸方向の実写例である。

結 論

(1) 軟X線撮影の一つとして乳房を取り上げ補償法による乳房撮影を開発し、さらに扁平な乳房をも都合よく撮影できる固形補償物質による吸引補償撮影法を考案し乳房専用撮影台を試作した。

(2) フィルムは一般X線フィルムを用い、Flexible 増感紙の片面を Back Side で用い 4:1 のグリッドで散乱線除去を行なった場合がもっとも画質が良く、撮影時間も短かく被曝量の軽減にも役立つ露出条件から、従来の1/2に減少できた。

(3) 固形補償物質は、正確にはX線吸収が乳房組織と一致しなくとも、埋没吸引穴の形に若干の修正を加えて濃度補償の度合を調整できる。また埋没吸引穴は吸引効果の点からも若干の修正が必要である。したがって乳房の埋没穴は乳房の形だけで決定すべきではなく濃度補償の点と吸引効果の点からも考慮されねばならない。乳房の吸引補償撮影法は扁平な、しかも小さな乳房に有効であるが、大きな乳房においても補償は望ましく、吸引補償撮影法用の吸引補償用容器は大、中、小程度の三種類を準備すれば、総ての乳房に対して、本吸引補償撮影法を実施することができる。

(4) フィルムの装填は岡本製カーブカセットの一部を改良して用いることにより側位、軸位とも乳房底部までよく密着させることが可能となった。

稿を終るに当たり、本実験実施について御指導ならびに御理解を賜った院長藤野敏行教授ならびに御支援と御協力をいただいた東芝玉川工場技術部牧野純夫部長、渡辺広行氏に厚くお礼申し上げますと共に Grid の各種の

写真 13

試作等御援助いただいた三田屋製作所飯田晋康社長に併せて厚く感謝致します。なお論文の要旨は第23回日本放射線技術学会総会1967年4月に発表した。

参 考 文 献

- 1) 中村実他：軟部組織のX線撮影法（撮影に関する基礎実験）日医放誌20, 13, 1961.
- 2) 秋貞雅祥：乳腺撮影（Mammography）に関する研究第1篇，日医放誌26, 1, 1966,
- 3) 木田利之：Pneumomanmographyの試み，日医放誌26, 2, 1966.
- 4) 秋貞雅祥：乳腺撮影に関する研究（第3報）基礎的

研究ならびに乳房における石灰沈着の特殊性に関して，日医放誌22, 3, 1966.

- 5) 中村実他：軟X線撮影法の検討（第1報）日放技誌22, 3, 1966.
- 6) 飯塚芳郎：X線写真の軟調処理法，日放技誌20, 2, 1964,
- 7) 杉山松造：乳房撮影に関する基礎的実験，日放技総会，1964.
- 8) 今井重昭：Mammographyに関する考察，日放技総会1966.
- 9) 山田勝彦：軟X線測定について，日放技誌18, 4, 1964.

X-レイフィルムに最適
スピード・スタミナ・水洗効率共に抜群！

フィルム専用迅速酸性硬膜定着剤

ラピッドフィクサー-F

定着時間を $\frac{1}{6}$ に短縮

ハイスピード定着処理を行なえますので、1秒を争うお急ぎのお仕事に最適です。またお仕事の能率をもグリーンと高めます。

処理能力は6倍も伸る

大量の処理に最適です。疲労度は小さく確実なる性能と安定性を最後まで持続致しますので、非常に能率的且つ経済的です。

水洗時間を $\frac{1}{2}$ に短縮

水洗効率が非常に良く大巾に時間の短縮が行なえますので能率的です。

詳細はパンフレットをご請求下さい。送呈致します。

中外写真薬品株式会社

本 社 東京都中央区日本橋本町4-5
営業所 大阪 札幌 福岡 名古屋