

乳腺シンポジウム — 撮影法

Symposium sur le sein - Méthodologie

Gros Ch-M. J Radiol Electrol Med Nucl 48:638-55,1967*

乳腺，腋窩の物理学的な検査法は今や標準的なものとなっている。様々なX線検査法，サーモグラフィー，シンチグラフィー，超音波検査などがルチーン検査となっているが，現状では放射線検査が最も歴史があり情報が多い。

このような検査法は，診察（問診，指針，触診）と検体検査（細胞診，組織生検）の中間に位置するものである。癌病変，非癌病変いずれにおいても，臨床所見，検査所見，組織学的所見を対比して知見を増やすことが不可欠である。

いずれの診断法も相補的であるが，現状では放射線画像が検査の中心であり，診断，生検，その後の治療の責任は放射線科医が担っている。

このような検査では，患者と対話するのみならず，主治医，必要であれば病理医，外科医，精神科医などと乳腺の枠を越える必要がある（全般診察，X線検査，内分泌検査，精神的検査など）。

ここでは，単純X線検査の問題についてのみ検討する。

乳腺X線検査

検査は3つの条件を満たす必要がある。

1. 情報が多く，再現性があること
2. 患者に安全であること
3. 安価であること

検査法はすべて妥協の産物である。乳腺のいかなる診断，治療法も単純なものではない。乳腺の正常組織，異常組織は，石灰化巣以外は，周囲の組織密度との差はわずかである（1.2～0.7）。また乳腺組織には個人差があり，大きく異なる。石灰化以外は，良性疾患，悪性疾患いずれにおいても軟部組織の吸収係数 μ の変化は小さく，正常，乳腺症，癌の係数はしばしば非常に接近している。

これが，乳腺X線検査は困難で，進歩も遅い理由である。

以下の条件を検討する。

1. X線の最適線質，コントラスト
2. 焦点の大きさ，半影
3. 線量率，動きによるボケ

4. 稼働効率
5. 画質の評価と再現性
6. 画像の利用
7. 撮影方向

以下，乳腺から出たX線の受光体は写真乳剤であることを前提とする（腋窩の撮影については，増感紙の使用によってリンパ節の検出が容易になることから，問題が多少異なる）。

I. X線の線質，コントラスト

密度1.2～0.7，厚さ約5cmの物体で，その構成物質（水素，酸素，窒素，炭素）がほとんど同じ原子番号を有している状態で，高コントラストが得られる波長はどのようなものであろうか？

平行光線の場合，吸収値は次の式で与えられる。

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad \mu = C Z^4 \lambda^3 + \sigma$$

ここで，

I ：深さ x における強度

I_0 ：入射面での強度

μ ：吸収係数

σ ：散乱

Z ：原子番号

λ ：波長

このため，コントラストは波長が長くなると急速に増大し，さらに散乱，つまり曇りによっても大きくなる。従って，波長 λ が大きい場合，ならびに軽い元素ではコントラストが低下する。乳腺は不均一で，厚さも2～8cm（平均4cm）と様々であることから，最適な波長，あるいは少なくとも最適な波長の範囲を求める妥協策を考える。

a) 現状

多くの研究者は，技術的に可能な範囲で，低電圧，すなわち長波長を使う方向にある。我々は1952年，タングステン固定陽極，30kV(Picker社)の結果を発表した。その後，タングステン回転陽極を使用して電圧を25kVまで落とし，さらに最終的にモリブデン固定陽極で画質を改良することができた。我々は過去2ヵ月間，これをすべての症例に日常的に使用しており，時に午前中に200枚の撮影を行なうこともある。

* ストラスブルク。Compagnie Générale de Radiologie (CGR) 社放射線研究室との共同研究

大多数の放射線科医は、タングステン陽極を 20～35kV、波長 0.4～1Å の連続線で使用している。

(b) 実験

連続スペクトル X 線における波長の放射線生物学的作用を調べる古典的な実験法で、多色 X 線から特定の波長を取りだして実験した。

方解石を軸の回りに回転させると、それぞれ結晶の格子距離に応じて波長が変わる。ファントムは 5cm 厚のパラフィンブロックで、表面の一部が 5mm 薄くなっており、散乱線の影響も考慮して 4.5cm と 5cm のコントラストの違いを見ることができるようになっている。

最もコントラストが良いのは、波長 0.6～9Å である。

結論として、様々な方法で至適波長を求めると、およそ 0.5～1Å となる（増感紙なしのフィルムに黒化濃度を照射する場合、すなわち乳腺からの射出線量 0.1rad レベル）。例えば、波長 1Å の単色光は、厚さ 4cm の場合、非常に大きな皮膚線量となるしかし 0.5Å では、コントラストは大きく減少する。さらに現状で専ら使用されている連続スペクトルの場合、スペクトル端の強度は非常に弱いので画像形成にはほとんど与らない。従って、皮膚に障害を与えること無く最も良いコントラストが得られる至適波長帯は、0.7Å 前後である。

(c) 実装

X 線管の出力スペクトルは、管電圧、陽極の特性に応じた曲線で表される。スペクトル曲線は、連続線のみ、あるいは特性 X 線の直線を重ねて描かれる。このスペクトルの直線は、陽極に特徴的なエネルギーレベルに対応している。本稿では、通常使用する 20～35kV で連続スペクトルを作る伝統的なタングステン陽極と、連続スペクトルに加えて 0.63～0.70Å に特性スペクトル $K\beta$ 、 $K\alpha$ をもつモリブデン陽極を比較する。この波長域は、我々のスケールでは単色性で、正常および異常な脂肪織、線維腺組織のコントラストを得るために最も有用な範囲にある。しかし放射 X 線は、管球壁、付加的濾過（タングステン管内、回転陽極、ガラス壁、潤滑油、アルミニウムフィルター）によって変化し、吸収率は低下する。

それぞれの放射線スペクトルをもつタングステン陽極、モリブデン陽極について、一定の至適単色光が得られる最良条件を求める。すなわち陽極から放射され一部管球で吸収される X 線に対して、適当なフィルターをかけることによって一定の単色光、有用な波長域 0.6～0.9Å に近づくようにすることを考える。

タングステン陽極

タングステン陽極では、非選択的濾過によって長波長

を最初の数 mm で完全に吸収することによってのみ 0.6～0.8Å 域に絞ることが可能である。これによって他の波長も程度は小さいとはいえ無視できない程度に減弱する。濾過を多くするほど、連続スペクトル領域が減少して小さな波長領域になるが、光線の強度、すなわち線量率 (r/秒) が減少し、曝射時間が延長し、効率は低下する。

モリブデン陽極

放射、吸収ともに不連続性をもつ。すなわち 0.63～0.71 の領域に選択性をもち、対応する電子のエネルギーより大きな電位差を管球に与えるだけで、つまり特性波長よりもやや大きなエネルギー、25kV 超の電圧を加えるだけで良い。この特性線に対応するエネルギーは、電圧を 30～35kV に上げると連続スペクトル部分と同じように速やかに増大するので、十分満足な単色性が得られる。

最良の吸収条件は、特性線の前の短波長と最大波長を最大限に減弱させるものである。前者は皮膚線量の無用な増加に、後者はコントラストの減少の原因となるためである。放射スペクトルは非連続性であるが、吸収スペクトルも同様で、0.03cm 厚のモリブデンフィルターに相当し、図 3 に示すようにこの目的には最適である。0.6Å より低波長の吸収は最大で、透過させたい帯域の直後でただちに最小となり、長波長域では、大きな原子番号 42 のためにまた速やかに吸収する。

この単色光は、35kV 以下、35mA、距離 35cm で線量率 0.35 rad/秒 で熱効率が良好である。一方でタングステン陽極の場合は、利用する波長域がより広範囲に広がっているため、線量は 8 倍大きく、同じ距離で、同じ線量率を得るには 300 mAs が必要である。タングステン陽極に適当なフィルターを用いる場合と、モリブデン陽極に選択的フィルターを用いる場合は、全く異なる。タングステン陽極 35kV の線質は、35kV モリブデン陽極の線質と等価ではありえない。大ざっぱに言って、35kV モリブデン陽極の吸収は、前述のコントラストの制約のもとで、25kV 以下で強力な濾過を行なったタングステン陽極の線質に近づく。しかし、モリブデン陽極では、タングステン陽極にくらべて 8 分の 1 の mAs で乳腺撮影を行なうことができる。もちろんフィルム乳剤など他の条件は同じである。

放射線生物学における単色光についての研究が進み、それぞれの癌に応じた選択的な単色光を使用するという放射線治療医の夢が、放射線診断の領域に導入されたことになる。これは技術の世界でも、情報と作用の問題はしばしば交絡していることを示す好例であり、X 線エネルギーの評価に管球射出部での mAs 値を使用する曖昧かつ誤った方法は放棄すべきである。これは

燃料消費で車のスピードを測ろうとするのと同じく不正確である。放射線治療の X 線管球やその他の電離放射線で使用されているような R あるいは rad による線量のみが、厳密な意味をもっており、それだけを使用すべきである。

X 線は定性的、定量的、2 つの特性をもつ。定量的には、特定の距離、電圧における線量率 R/ 秒のグラフが重要である。定性的には、特定のフィルターのもとでのスペクトル曲線あるいは半価層が重要である。この 2 つのグラフは、X 線の性質を厳密に表現しており、様々な管球の正確な比較を可能とするもので、製造業者は、配電盤の負荷チャートと同じようにこれを提供すべきである。

欧州連合の役割のひとつは、放射線科医が同じ用語で話、同じ厳密な単位を使うように名称を定めることである。特に管球の電圧、例えば 40kV といった言葉を放射線科医は好むが、我々に関心があるのは入力エネルギーでは無く、放出される光線の強度である。

II. 焦点、解像度

軟部組織の X 線撮影を考えるにあたっては、至適波長について科学的、技術的に再考することが求められる。単純に考えると、最新の強力な X 線管では十分満足な条件がえられると考えるかもしれない。すなわち大線量率、低電圧、0.3mm といった小焦点である。

しかし経験的に決してそうではない。回転陽極上の小焦点を使えば容易に高解像度が得られると考えられたが、高電圧で放出される電子は、エネルギーが低い場合は不安定となり、光学的焦点は管電圧に依存するようになる。管電圧が高いほど電子の集中は良好となり、焦点は小さくなる。管球メーカーは、高管電圧用、低管電圧用の焦点を用意すべきである (図 8)。

最多数の電子が衝突する理論的な光学的焦点の他に、管球の別の場所に衝突した焦点外の二次電子によって作られる二次焦点が存在する。焦点外放射線は半影を増大させ、したがってボケの原因となる。回転陽極の円板のように大きな陽極では、焦点外放射線が増えることになる。同じ大きさならば、固定陽極の方が焦点外放射線は少ない。1950～58 年、我々は最も原始的な装置 (タングステン陽極) で撮影した乳腺画像に関心を示す放射線科医にとまどいを感じたものである。

どのような装置も、例えば顕微鏡でも、大きく進歩することによって数年間も技術が凍結してしまうことがある。腫瘍学は顕微鏡とともに進歩し、人々は全てを顕微鏡に求め、顕微鏡にしか求めなくなったが、顕微鏡一筋の腫瘍学の進歩は、顕微鏡の停滞によって阻まれた。これと同じように、回転陽極の回転をますます速くすることが、放射線の目的ではない。低管電圧乳腺撮影は、放射線技術を一新しただけでなく、組織学、

臨床、心理学、乳腺治療方法にまで影響をおよぼした。低管電圧は、管球の問題の再考、固定焦点の改良を促すものである。回転陽極の表面は、焦点外放射線を増加させ、一方向への固有振動が、長時間曝射においては動きよるボケの原因となることもある。

改良型、例えばウェル型固定焦点は以下のような利点がある。すなわち、陽極近傍では電界がほとんどゼロなので、一次線の電子はその軌道に沿ってウェルに入射し焦点の中心に衝突する。そして反跳するとゼロ電界のウェル内にトラップされて、管球構造に衝突しないため焦点外放射線を発生しない。さらに電子の速度が遅くなっているため、管球自体の窓で吸収される。

ここでは非常に微細な構造、特に描出限界の微細石灰化は扱わない。当面画像の分析に当たっては、幾何光学は近似的に過ぎるため放棄せざるを得ない。また同じく、第 3 層を通過させるための拡散、吸収の波長といった物理光学、量子や不連続物理学、格子エネルギー、乳剤粒状性、網膜構造なども扱わない。しかし、乳腺 X 線画像は生体の放射線画像の中でも最も繊細なものであり、技術、物理学、写真学、心理学などの融合であり、最終的には経験によって評価されるものであるが、あらゆる分野の科学的知識によって解き明かすべきものであることを指摘しておく。

III. 線量率 (R/ 秒), 曝射時間

曝射時間は、体動によるブレを避けるためにできる限り短くする必要があるが、患者が良好な状態にあり、体動がなく、乳腺を圧迫固定し、神経質な動きや震えもない状態では、一般に 5 秒程度が限度である。

増感紙を使用しない場合、通常の高濃度における乳剤の黒化には、1rad レベルの線量が必要である。低管電圧において線量率を上げるには、熱効率が低いために、迅速な除熱が必要である。

タングステン回転陽極：回転陽極は、1/100 秒オーダーの非常に短時間に熱を部分的に吸収するが、曝射時間が数秒に及ぶ場合、その利点は失われる。回転陽極板は、連続 10 枚撮影に匹敵する曝射時間では、このすると赤熱して管球が非常に高温になる。現行のタングステン陽極を 25kV で使用する場合、距離 35cm における曝射時間は 1～3 秒程度で、急速に熱くなることから 1 つの管球を交互に使用している。

実験用管球のような固定陽極では、接地陽極、単一電源ケーブルといった利点に加えて、効率的な水冷機構がある。曝射時間は 3～5 秒程度で、乳腺の厚さ (cm) マイナス 1 秒が目安であるが、当然のことながら個人差を考慮する必要がある (若年者、授乳乳腺、浮腫など)。従って、水冷機構を備えた固定陽極は連続運用が可能で、例えば午前中に 200 枚でも、中断することなく撮影できる。

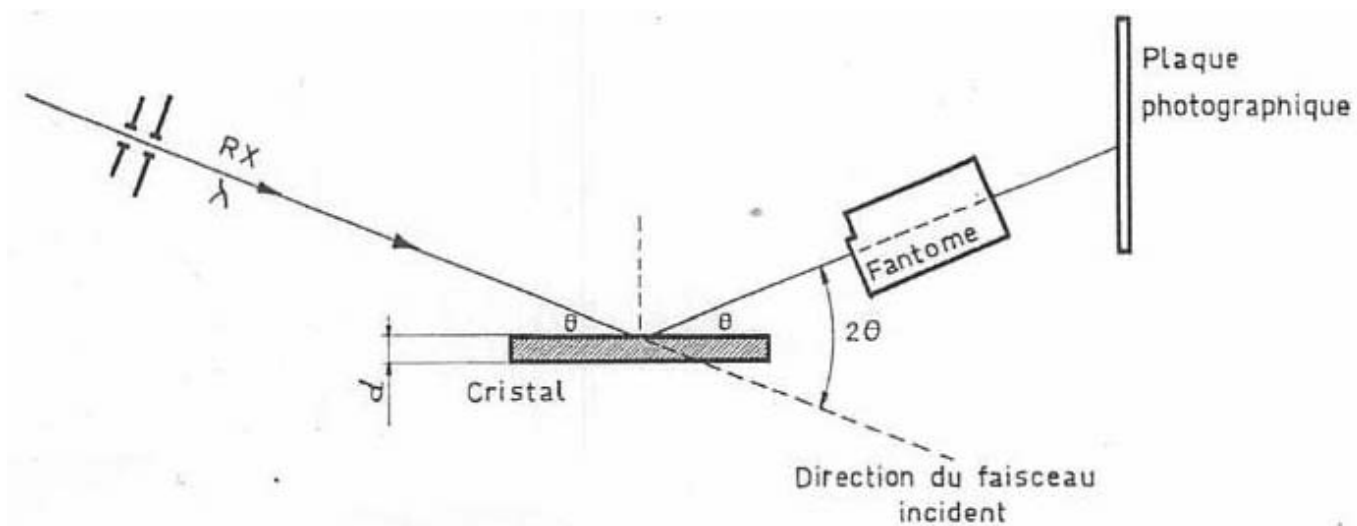


図 1. 方解石結晶を使用した波長とコントラストの関係の実験

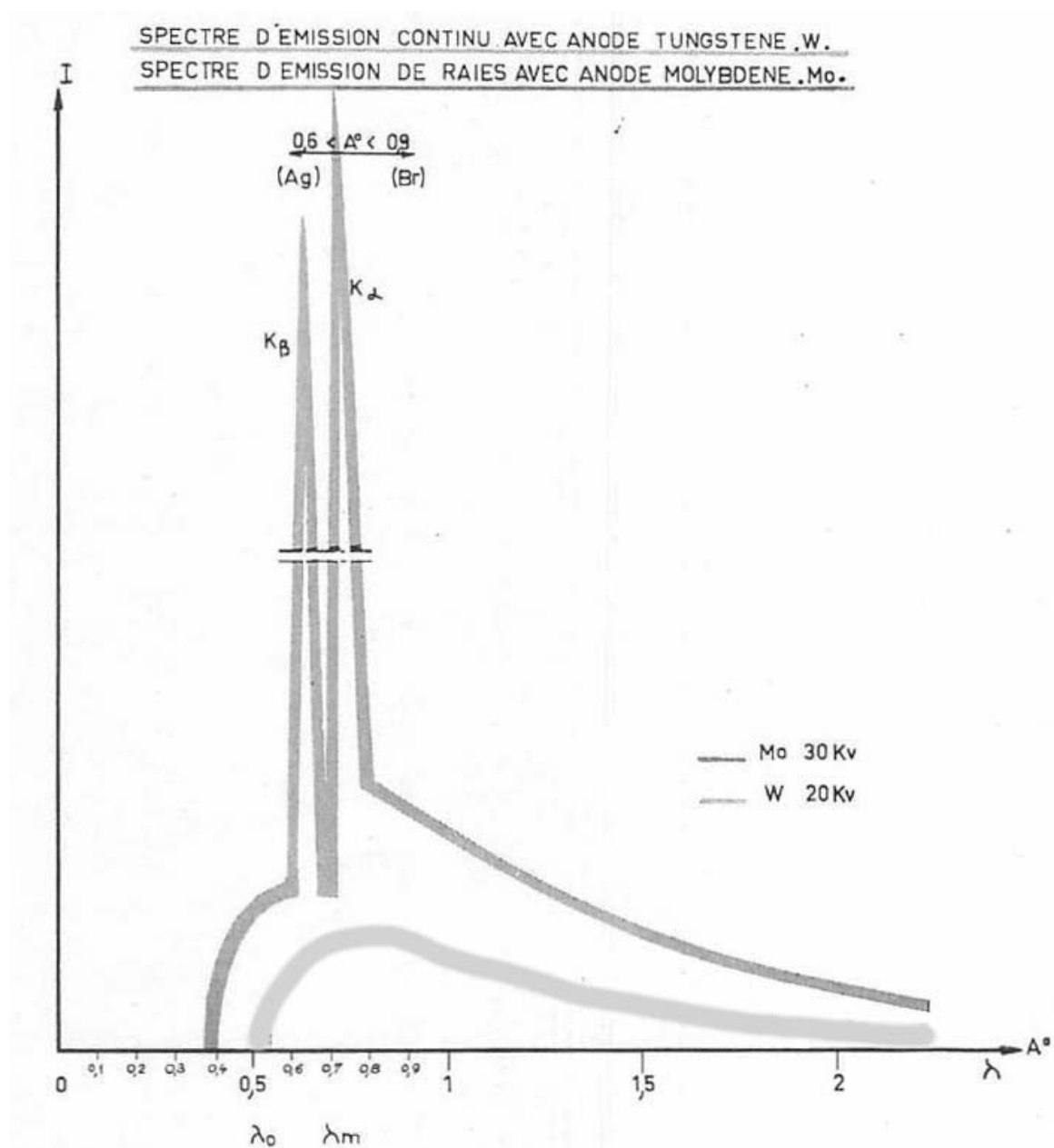


図 2. タングステン陽極の連続スペクトルとモリブデン陽極の特性線 K_{α} , K_{β}

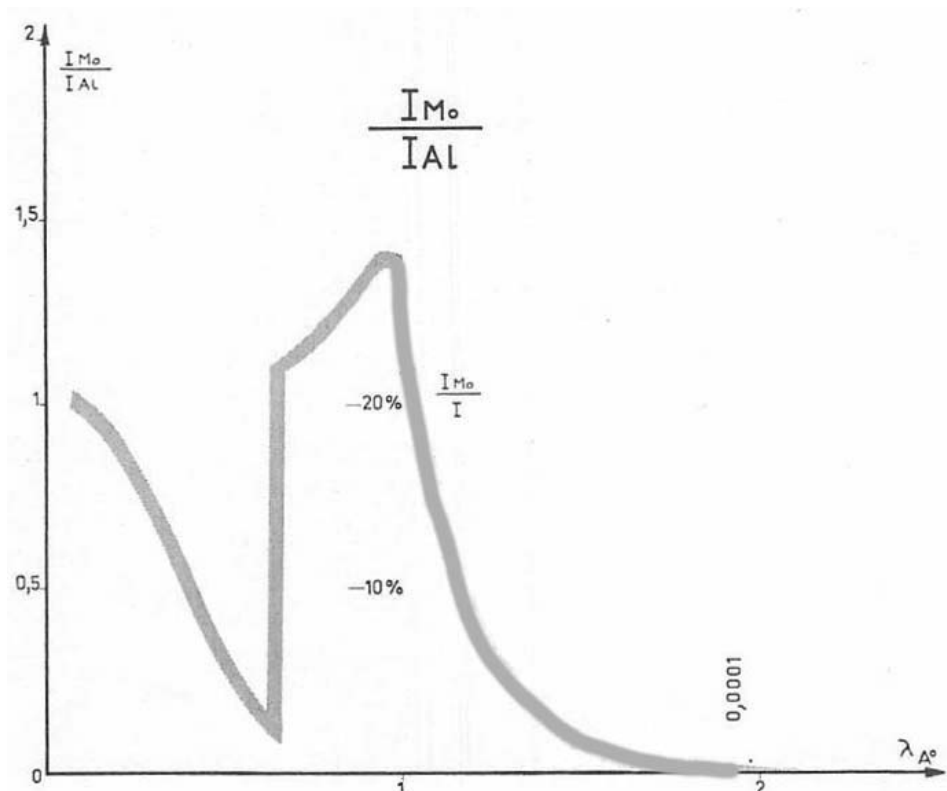


図3. モリブデンフィルターの特性. 0.6\AA より短波長, 0.8\AA より長波長に一定の選択性をもつ. フィルターの厚さは 0.03mm . 管球の窓部はベリリウム製.

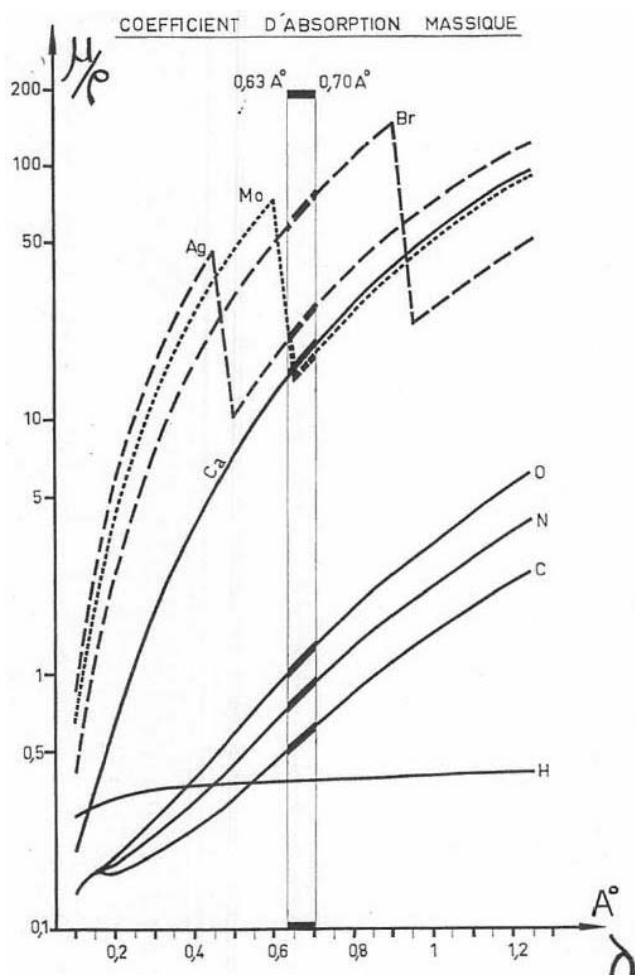


図4. 様々な物質の質量吸収係数. モリブデンの特性線領域は、乳腺組織のフィルターとしても、撮影用放射線（臭素、銀フィルター）にも好適である.

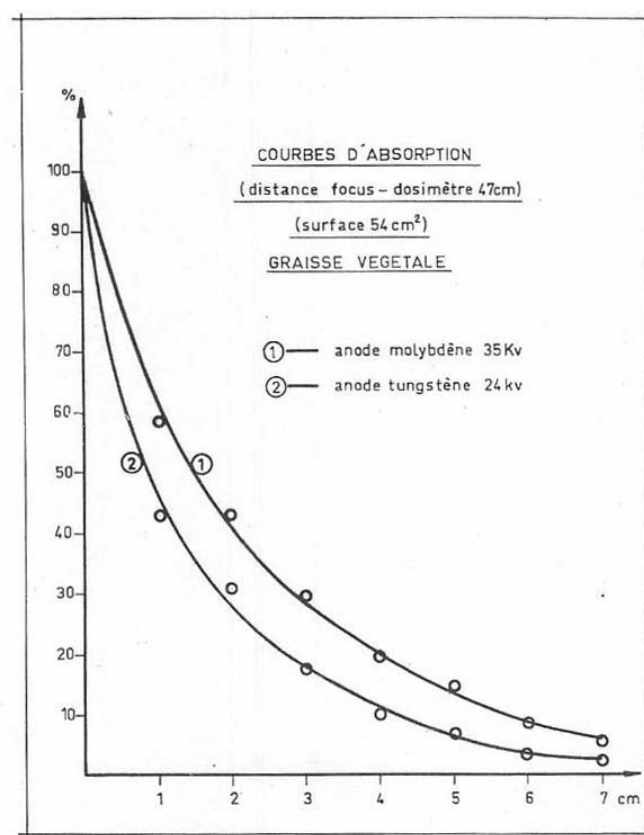


図5. [訳注. 植物油脂の吸収曲線. ①モリブデン陽極, 35kV, ②タンゲステン陽極, 24kV] 単色光による実験. 実験による変動が認められる. 変動は一定なので他の図では示していない.

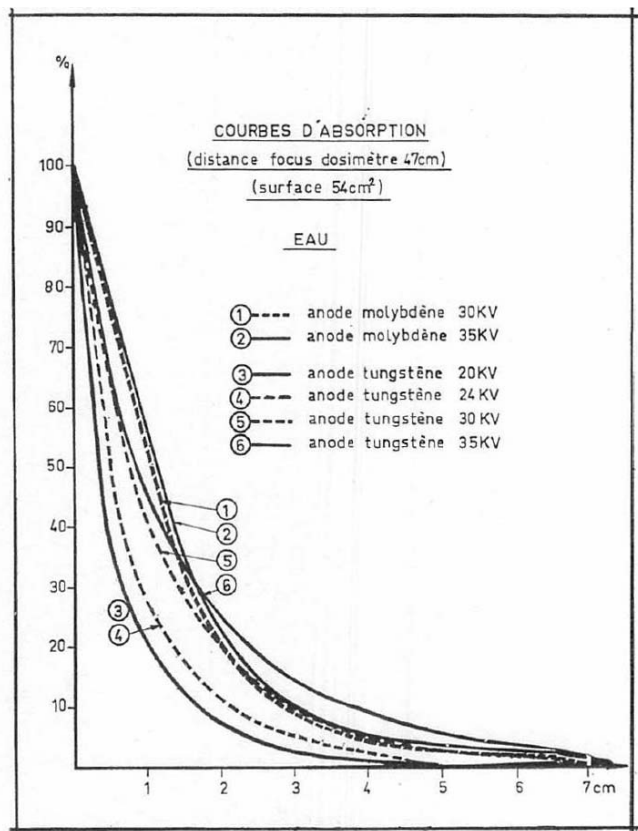


図 6. [訳注. 水の吸収曲線. ①②モリブデン陽極, ③～⑥タングステン陽極, 24kV] モリブデン陽極では, 特性線が主体を占めているので, 30 kV, 35 kV における水の吸収係数の差はわずかである. 一方, タングステン陽極の吸収は, 電圧によって規則的に傾きが緩くなる.

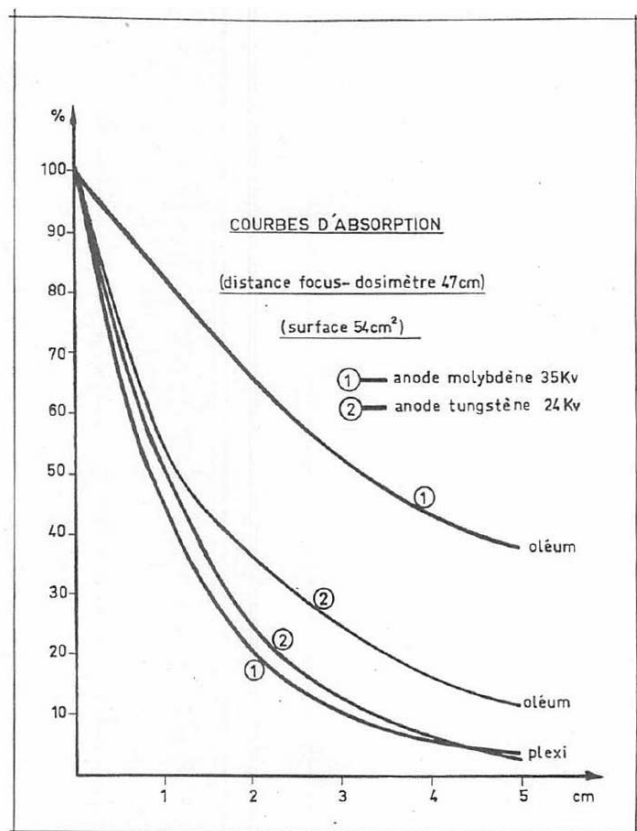


図 7. モリブデン陽極の単色光線に対する油とプレキシガラスの吸収曲線は大きく異なる. 0.6 ~ 0.9 の単色光線で良好なコントラストが得られることが説明できる.

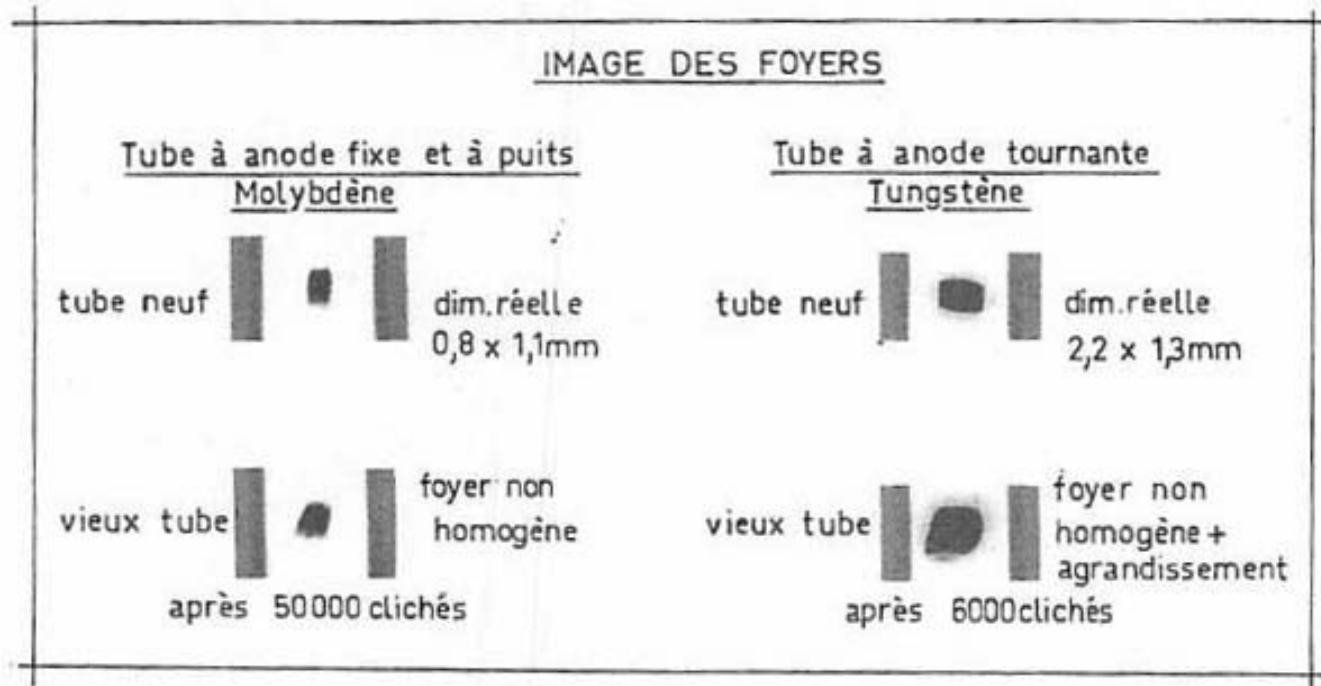


図 8. 焦点の違い [訳注. 左図: ウェル型モリブデン固定陽極. 上: 新しい管球. 焦点サイズ 0.8 × 1.1mm. 下: 5,000 回撮影後の古い管球. 焦点は不均一になっている. 右図: タングステン回転陽極. 上: 新しい管球. 焦点サイズ 2.2 × 1.3mm. 下: 6,000 回撮影後の古い管球. 焦点は不均一かつ拡大している.]

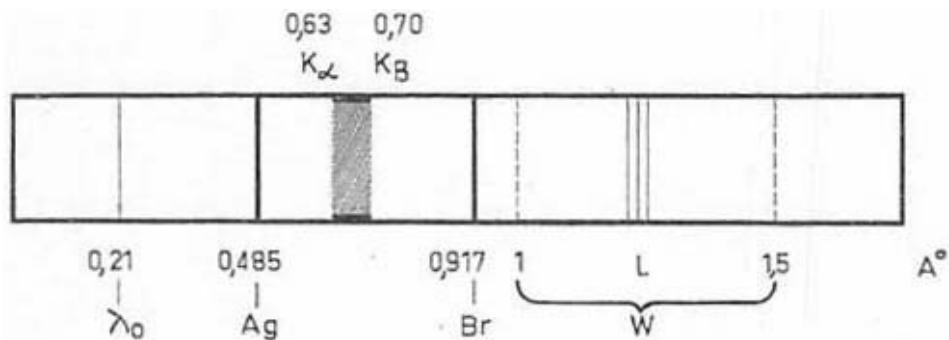


図 9. タングステン陽極から放出される散乱線のスペクトル (方解石結晶, 48kV, 2mm Al フィルター, 曝射時間 5 時間)

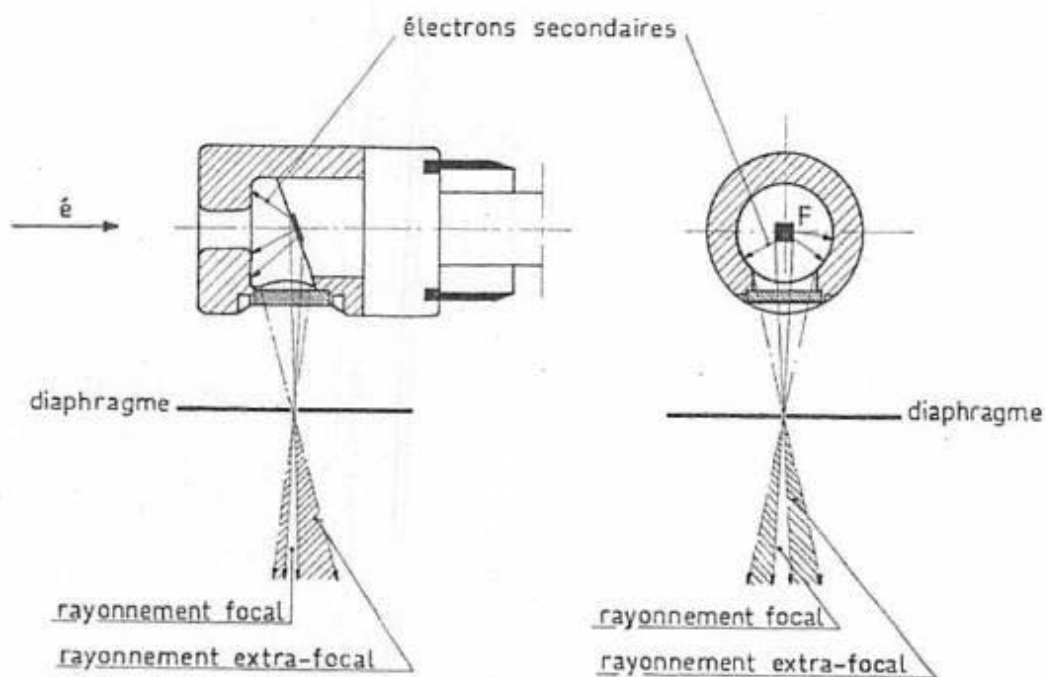


図 10a. モリブデンウェル型陽極 [訳注：上部に示されるウェル内の二次電子 (矢印) は、ほとんどウェルの壁で遮蔽されるため、焦点放射線 (下部、白い部分) の周囲に発生する焦点外放射線 (斜線部分) は、図 10b に比して少ない]

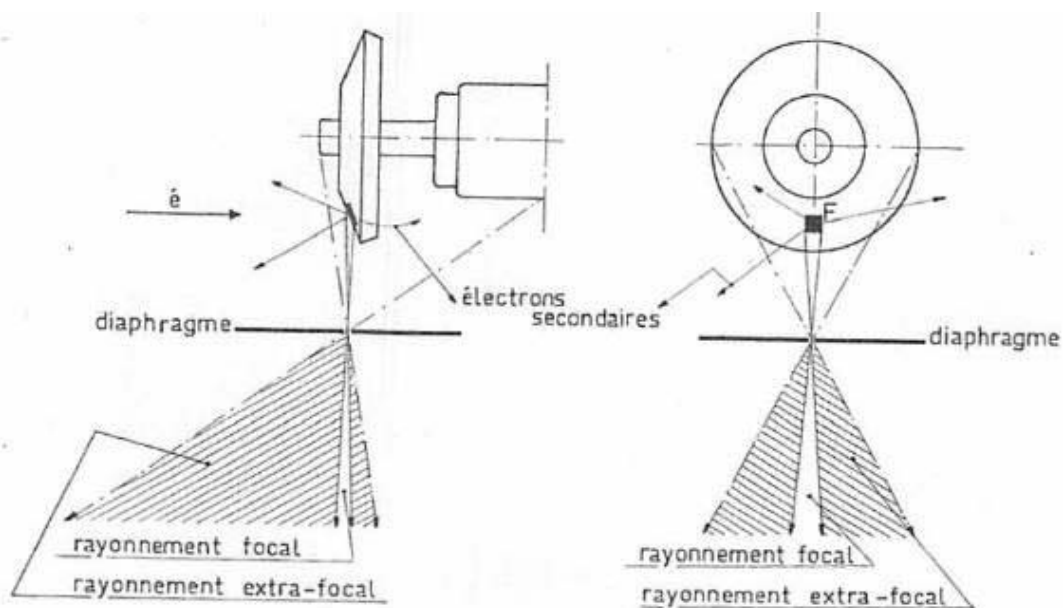


図 10b. タングステン回転陽極 [訳注：上部に示される回転陽極から発生する二次電子 (矢印) は無遮蔽のため、焦点放射線 (下部、白い部分) の周囲に発生する焦点外放射線 (斜線部分) が図 10a に比して多い]

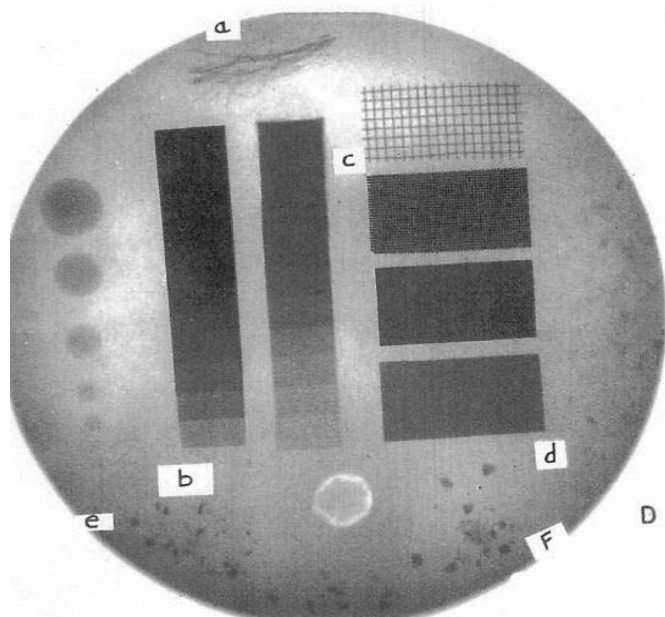
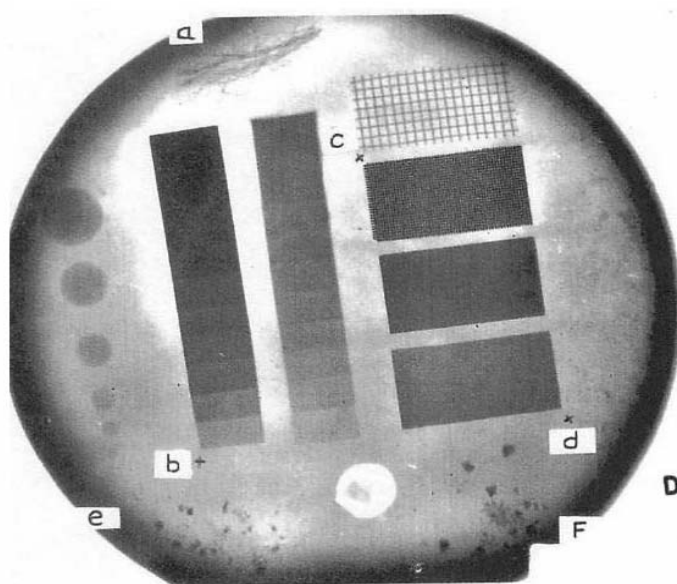


図 11. (a) ファントムの撮影像 (オリジナル)



(b) ファントムの撮影像 (Logetron 使用)

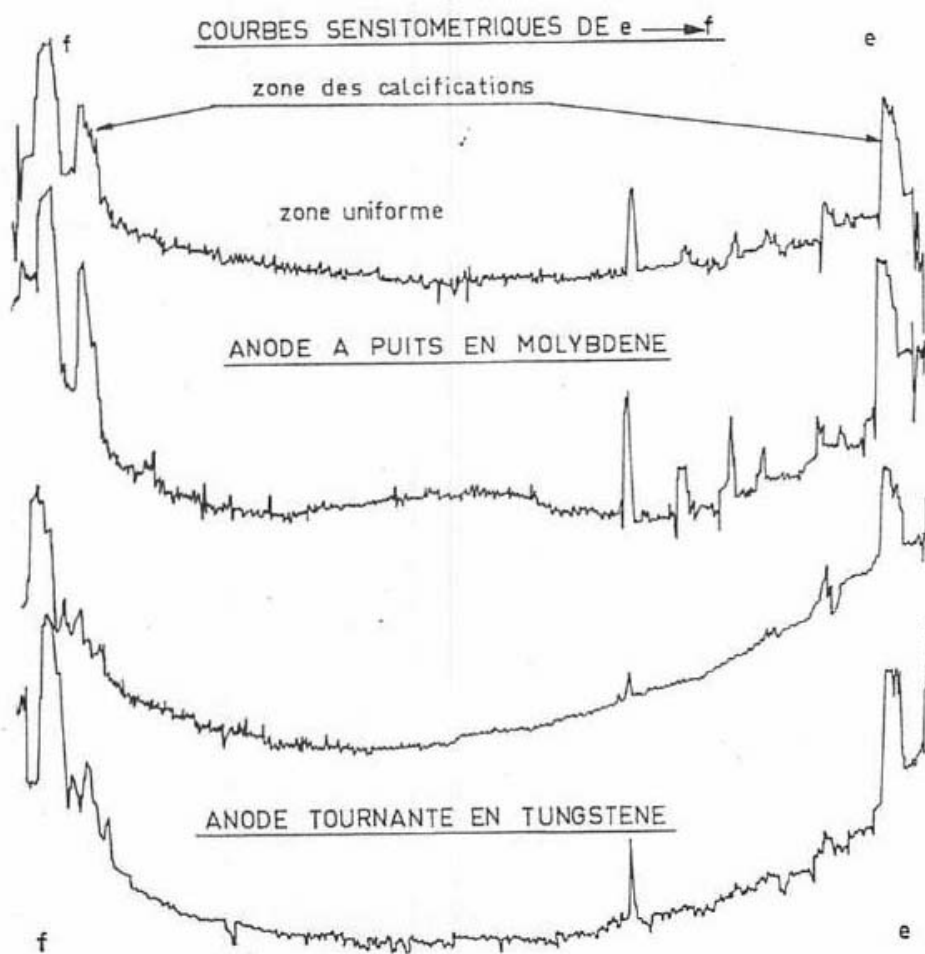


図 11c. 直線 ef 上の濃度プロフィールによる比較 [訳注: 上段: ウェル型モリブデン陽極, 下段: タングステン回転陽極, いずれも両端の高い波は石灰化に対応する]

IV. 稼働効率

稼働効率は、管球寿命と撮影速度で決まる。タングステン回転陽極、25kV では、同じ X 線発生装置に 2 つの管球をひとつは垂直、ひとつは水平に取付け、撮影間に管球を冷却して高速に撮影できるようにしている。単一ケーブルの固定陽極では、迅速に移動でき、水冷機構があるため、同じ装置でも同じ時間内により多くの撮影ができる。

陽極のタングステンが融点に達すると再結晶化がおこり、焦点の表面積が増大して曝射時間が延長する。過去 17 年の経験は、低管電圧における固定陽極に関心を向けさせるものであった。しかし最終的な画像は、曝射時間、線質、焦点の大きさ、フィルム距離、乳剤の質、フィルムのタイプのほか、管球の経年変化に依存するものである。以上、結論は玉虫色であるが、乳腺の不均質性、厚さ、加齢変化は大きく、個々の症例に応じて最適化する必要があるといえる。

V. 画質と再現性

正常乳腺の多様性、濃度の不均質は他の臓器には無いものであり、正常と異常の差が小さい点についても同様である。放射線科医が使用する X 線が多彩であることも、画質の比較を困難なものとしており、他の臓器の X 線写真、血管、肺、骨などではコントラストや解像度の判断が容易であることと異なる点である。このため異なる構造の X 線管球による画像の比較、個々の球における距離、電圧に応じた解像度、コントラストの指摘条件の判断、さらに管球、フィルム乳剤の経年変化の評価などには、ファントム試験が必要である。異なる放射線科医が、同じファントムを撮影して比較することもできる。

乳腺ファントムについては、3 つの問題がある。まず乳腺は様々な要素から成るが、非常に多彩であることから全ての乳腺を代表することができない。従って、写真画像は多くの要素の合成、折衷的なものであり、画像を構成するすべての物理的要因を正確に定量することはできない。そしてファントム製作にあたっては、同一条件、安価である必要がある。従って、乳腺ファントムを考えるよりも、技術的指標を評価することが好ましい。それでも、非常に客観的に、問題をほぼ解決することができる。測定指標にはどのようなものが好適であろうか？ 画質の指標を与えるものとしては、コントラストのスケール、平滑性評価用の金属スクリーン、微細石灰化を模した点状石灰化陰影、この他気泡などがある。

画質は、目視により直接、あるいは濃度プロフィール計測によって評価するが、すべて 2 枚の画像を比較することに意味があり、2 枚の画像は厳密に同じ濃度であることが必要で、さもないとこの指標は近似的な

の、あるいは誤ったものになりうる。

VI. 画像の記録と一次情報の利用

これまで、乳腺画像の記録は、両面乳剤細粒子フィルムを前提としてきた。

しかし原画像はその他の方法でも得ることができる。

(a) 増感紙の使用：腋窩の撮影では、曝射時間を短縮し、解像度の犠牲の上にコントラストを増強することができ、転移巣の描出に有用である。線維性の大きな乳房、若年者の乳腺豊富な乳房で、増感紙なしでは結節陰影の描出が不良な場合にも良い。

(b) 間接撮影法 (radiophotographie)：その原理は胸部間接撮影と同様である。Strax はこれをスクリーニングに使用している。診断においてはいくつかの制約がある。なによりも、透視板における情報はフィルム乳剤のような解像度が得られないので、全体にサイズが小さく、様々な撮影方向をとることが難しい。

(c) 二重フィルム法 (double-film)：乳腺撮影は特に高感度、高解像度、広ラティチュード、高コントラストの両立が求められる。乳腺は、特に低濃度でしばしば写真にうつらない皮下脂肪組織の厚さ、吸収も多様である。非常に黒化度を強くする必要がある場合と、逆に比較的弱くする必要がある場合とがある。濃度を標準化するために液体を使用するなどの方法も考案されているが、いずれも十分なものではない。黒化度の曲線の特性によって、2 枚のフィルム、4 枚の画像の重ね合わせの理論的な効果を説明することができる。この方法は魅力的なもので、将来的には通常の乳腺撮影を凌ぐものになると思われるが、困難な点は、2 枚のフィルムは機械的、物理的、化学的な性質が厳密に同じである必要があり、現像、固定、乾燥段階でも変化しないことを前提にしている点である。現状では、微小石灰化は視認性の限界点にあり、通常のフィルムでは不確実であるが、2 枚のフィルムを重ねることで間違いなく見えるようになる。二重フィルム法の利点は、特に光電素子で曝射時間を制御できる場合は、明らかである。幅広いラティチュード、各フィルムに低濃度組織の 2 倍の情報が記録され、重ね合わせることにより高濃度となり、全体の感度が増大し、ひいては曝射時間の短縮、被曝の半減が期待できる。

(d) 等濃度 X 線撮影法 (radiographie isodense)：乳腺を均一な濃度の液体に浸して撮影する方法で、高濃度で分析が難しい乳腺数例で有用と思われたが、解像度は失われる。最も良く見える部分は、X 線に正接する部分であるが、最も重要な皮膚領域は病変に面している。本法では、この部分を正接入射線で撮影できる。さらに、強力なバックライトの使用や、二重フィルムも有用である。

(e) カラー化：黑白画像をカラー化することより情報が増えるか、という点については判断が難しい。

初期経験では、低濃度差よりもカラーの違いの方がわかりやすいので、有望と思われる。

(f) コントラスト増強装置：「Logetron」は、投影、発表用の画像複製を容易にするものであるが、通常の X 線ビューワでの読影も容易になる。微小石灰化や不明瞭なコントラストが明瞭になる場合もあるが、十分高濃度の写真、可変輝度のビューワ、ルーペがあれば、必ずしも必要ない。しかし Logetron^{*} の写真により、医師の間に乳腺 X 線撮影の有用性が浸透している。

複写フィルム (contre-type^{**}) もある程度コントラストを増強できるが、しばしば解像度が低下する。しかし良いビューワがない場合は、読影が容易になる。複写フィルム法は興味深い方法である。

(g) テレビジョンシステム：拡大率の変更、コントラストの変更あるいは反転について研究中である。画像のコンピューター解析は、近い将来の問題である。

Ⅶ. 撮影方向

- (1) 立位あるいは坐位にて頭尾方向撮影。
- (2) 立位側面、横臥位側面あるいは腹臥位 (乳腺をハンモックの下に下垂する)
- (3) 病変部を覆う皮膚に正接する方向、および腫瘍の撮影
- (4) 初回撮影で認められた異常部分あるいは触診上の以上を中心とする撮影
- (5) 腋窩に多発あるいは不整なリンパ節がある場合、腋窩延長部分の撮影。最も難しい領域である。
- (6) 腋窩の撮影。体格によって、電圧を高くしたり増感紙の使用が必要。

造影手順

- (a) 乳腺を等吸収の液体に浸す
- (b) 不透過物質 (水溶性ヨード製剤) を乳管内に注入
- (c) 嚢胞穿刺後、空気造影剤を注入する (空気造影、乳腺造影)

^{*} 訳注：Logetron. X 線フィルムをスキャンし、コントラストを補正したフィルムをもう 1 枚作製する装置。もともとアメリカで航空写真用に開発されたが、1957 年フランスで X 線写真に応用され、一時期使用された。日本でも少数ながら報告がある (鈴木安恒・耳鼻咽喉科展望 7:27-30,1964)

^{**} 訳注：contre-type. 現在のデュープフィルムに相当するもの。

触診で触れない乳癌の基本的 X 線所見

- Ⅰ. 線維腺組織に近い濃度
輪郭不明瞭な結節：粘液癌、髓様癌、肉腫、全身疾患
星芒状不整：硬性癌
- Ⅱ. 非常に高濃度、点状 (微小石灰化) : 無構造、多発、非対称、不整
砂粒状：すべての乳癌
数珠状：面皰肉腫癌、Paget 病
(微小石灰化は、撮影技術の改良とともに増加する)
- Ⅲ. 梁柱構造の乱れ
癌細胞浸潤による肥厚
硬化性反応による牽引
浮腫の進展 (循環亢進)

注

- (1) これらの所見は、一般に癌の成長とともにより明瞭になる
- (2) 有意の陰影がなく、腫瘤や硬結を触知する場合、特に乳腺が高濃度である場合は癌を疑う
- (3) 有意の陰影がなく、強い限局性の疼痛がある場合は、フォローする

結論

放射線診断科の方法論については、前述の点を示す多くのパネルに分散して展示されている。

X 線検査のみのスクリーニングは、経験無しには判断できない。成績、コスト、肺癌スクリーニングの経験、それぞれの方法 (診察、サーモグラフィー) の難易度を考慮する必要がある。放射線科医の経験、画像陰性期間の存在、自己触診法の周知などを考えると、現状では 40 ～ 60 歳の女性に年 1 回のスクリーニングを推奨することは躊躇される。

植物油	0.853
植物脂肪	0.861
水	1
プレキシガラス	1.142
乳腺組織	
脂肪	0.86
硬化嚢胞性乳腺炎	0.93
線維化	0.96
乳頭	1.08
皮膚、筋肉	1.13
硬性癌	1.8

表. 物質の密度

タングステン陽極	
20kV, フィルターなし	0.16mm
24kV, フィルターなし	0.33mm
24kV, フィルター付加	0.50mm
モリブデン陽極	
30kV	0.36mm
35kV	0.56mm

表. アルミニウム半価層

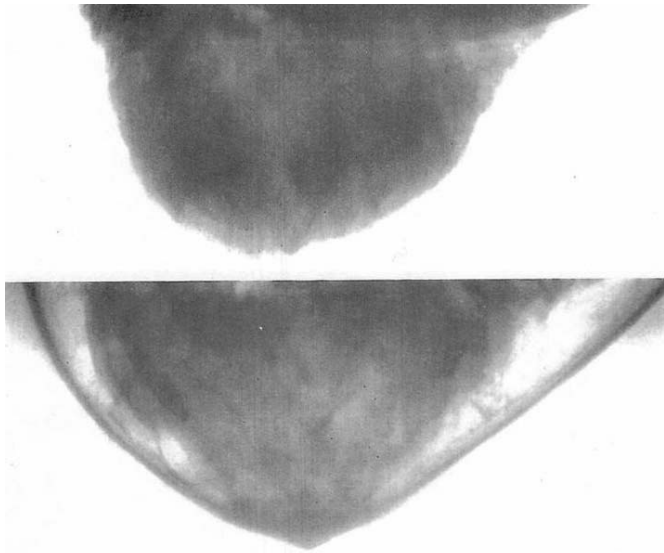


図 12 (a 上) 腹臥位, 乳房を下垂させ, 圧迫下で撮影. (b 下) 同症例, 同方向, 乳房を水浸して撮影 (等濃度 X 線撮影法)

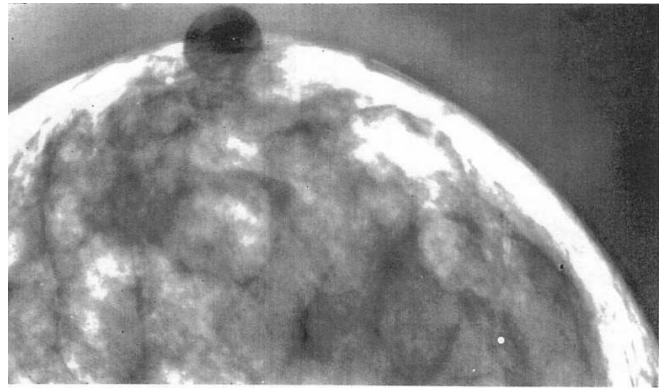


図 13. 乳腺を水浸, 圧迫して撮影. 等濃度 X 線撮影法の変法.

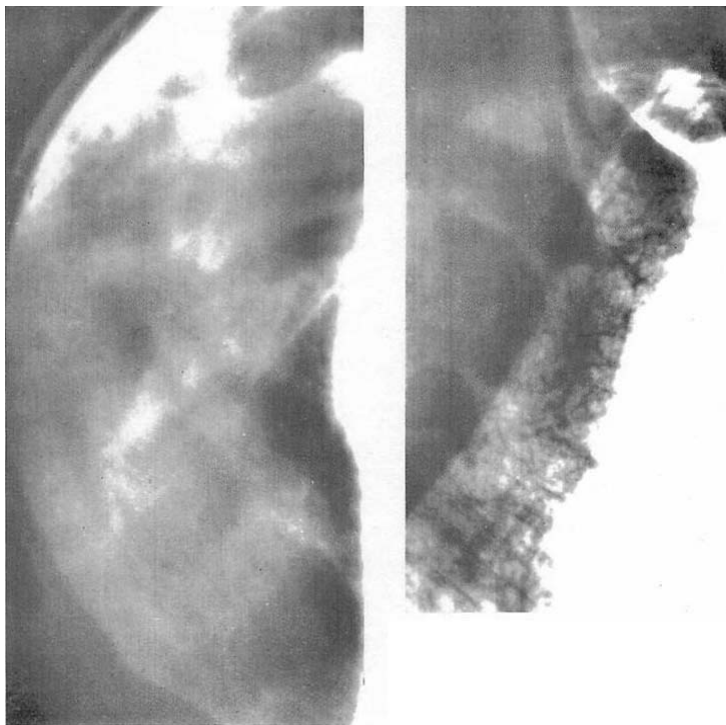


図 14. (a 左) 腋窩の撮影. 増感紙を使用. (b 右) 腋窩の撮影. 増感紙を使用しない「軟部撮影法」

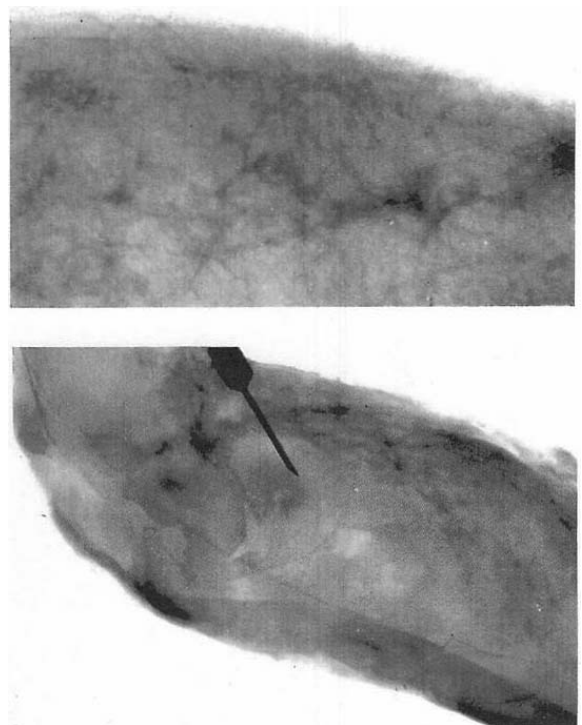


図 15. 58 歳女性. 1962 年 6 月 19 日. 右腋窩リンパ節転移. (a 上) 腫瘍は触れなかったが, 微小石灰化, 腋窩延長部分に線状陰影が認められる. 乳管癌. (b 下) 切除標本の X 線写真.

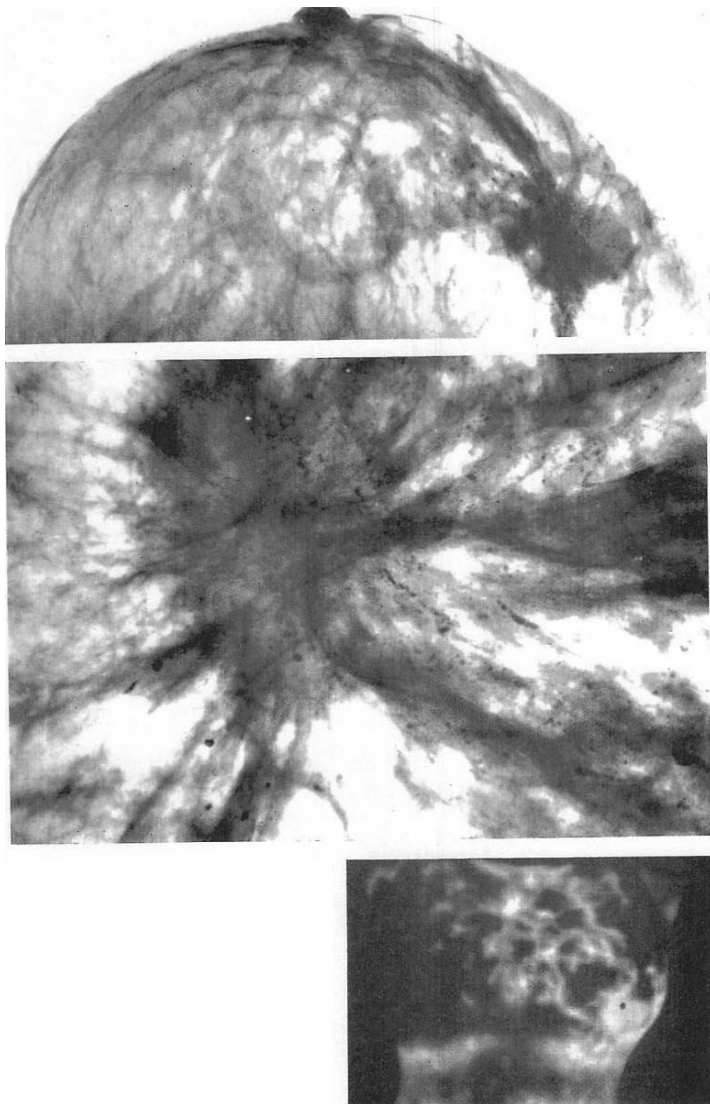


図16. 63歳女性. 1966年3月7日. (a 上) 径3cmの結節. 皮膚陥凹を伴う. (b 中) 乳癌. 様々な大きさの多数の微小石灰化が腫瘍陰影をこえて拡がっており, 明らかな浸潤が示唆される. (c 下) サーモグラフィー. 右外側に癌.



図17. 55歳女性. 1965年2月16日. (a 左) 右腋窩のリンパ節転移. 乳腺には腫瘍をしなかった. (b 右上) X線写真では, 1cmの小結節内に不整な微小石灰化が多発している. (c 右下) X線透視下穿刺. V型癌組織.

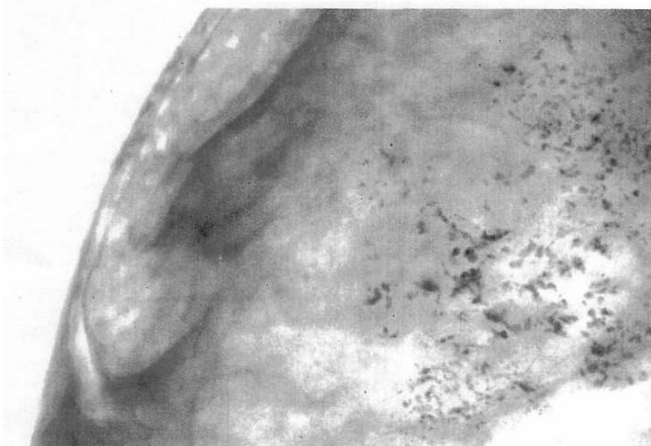
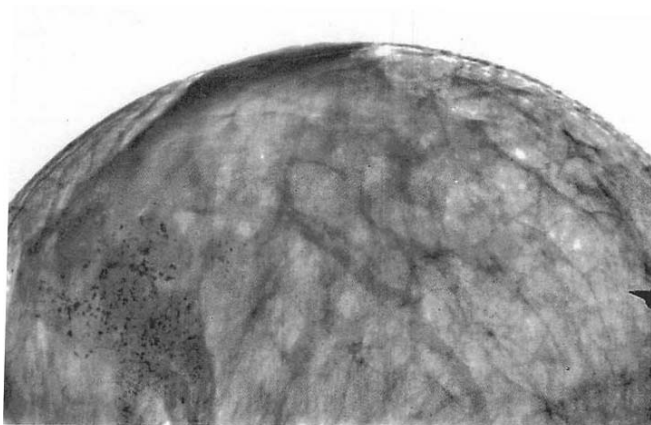


図 18. 60 歳女性. 1963 年 10 月 8 日. 約 2cm, 可動性, 硬い不整のない結節. 末端肥大症あり. (a 上) X線写真. 面皰癌に特徴的な所見. 組織学的に確認. (b 下) 微小石灰化の拡大像 ($\times 2.5$)

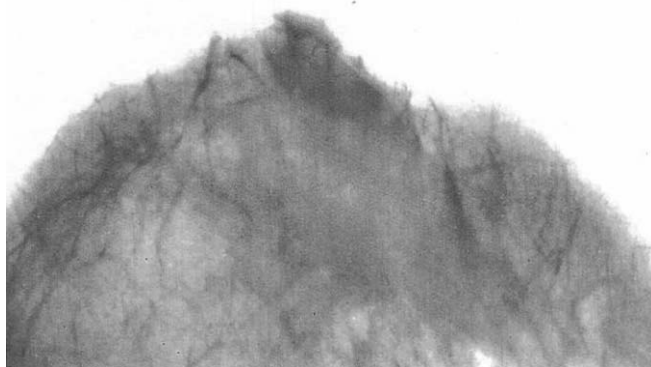
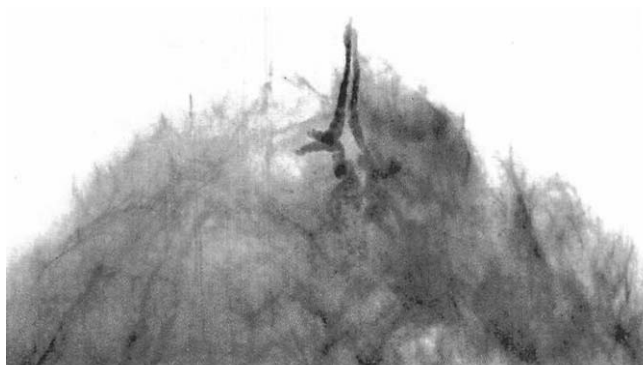


図 19. 63 歳女性. 1966 年 4 月 22 日. 乳頭陥凹を伴う分泌. (a 上) びまん性陰影と微小石灰化. 癌に伴う変形, 乳管の不整. 細胞診: 悪性所見なし [訳注: 記載はないが乳管造影後と思われる]. (b 下) 石灰化は非常に微細で観察にはルーペを要する. 乳管に沿って分布している. 診断: 典型的な乳癌.