

低線量マンモグラフィー

Low-dose mammography

Ostrum BJ, Becker W, Isard HJ.* Radiology 109:323-6, 1973

片面乳剤、高精細増感紙を組合せた改良マンモグラフィー撮影法にを述べる。この方法により、1回当りの照射線量が有意に減少し、乳腺の軟部構造のコントラストは増強する。真空カセットシステムによって、フィルムと増感紙を最大限に密着させた。曝射時間が短縮し、体動によるボケがなく、詳細な構造が良好に描出できた。

ルチーンマンモグラフィーによる乳腺被曝の影響に関する、正確な情報はない。肺結核で複数回の胸部透視を受けた女性 [3]、広島、長崎で被爆した日本人女性 [8] では、乳癌の増加が報告されている。急性産後乳腺炎で放射線治療を受けた女性も、対照群に比して乳癌が多いことが知られている。しかし、いずれの研究も、診断マンモグラフィーによる、より少量の表面線量と比較することはできない [2]。乳癌早期発見を目的とするスクリーニングでは、ひとりの女性が、その生涯に少なくとも 20 回の検査を受けることになり、特に被曝が問題となる。

Price & Butler は、年 1 回のスクリーニング検査において、無増感紙、あるいは 1 枚の増感紙を薄いポリエチレンのエンベロープに真空パックしたシステム使うことにより、放射線量、照射時間を低減できることを示した。我々は、放射線診断に必要な情報を最大限維持することを念頭に、更なる被曝低減を行なった [1]。

正確な画像診断は、写真の質、すなわち微細構造、特に微小石灰化の検出、低コントラストの乳腺軟部陰影の描出にかかっている。現状のマンモグラフィーは、工業用あるいは医療用の無増感紙フィルムを使用しており、そのいずれも比較的照射時間が長く、従って放射線量が多く、体動によるボケも生じやすい。通常の両面乳剤フィルムと増感紙を使用する方法（フィルムスクリーン法）は、工業用フィルムにくらべて線量を少なくとも 97% 低減できるが、画像の粒状性和鮮鋭度が犠牲となり、否定的な放射線科医もいる。画像の劣化を最小限として診断精度に影響を与えないような、最適な条件が求められる。

診断情報に影響する要因

モトル (mottle)

X 線写真には固有の「ノイズ」、すなわち放射線画像

モトル (radiographic mottle) があり、特に増感紙を使用すると増加する。モトルにはフィルムの粒状性和増感紙の性状も影響するが、最も重要な因子は量子モトル (quantum mottle) で、これは増感紙に吸収される X 線量子の分布がばらつく結果である。このようなばらつきを最小限として均一なフィルム黒化度を得るには、十分量の X 線量子が必要である。Rossmann は [7]、この現象を、路面が均一に濡れて黒くなるような雨の量に例えている。雨滴が少数の状態では、路面はシミ状に濡れるだけであるが、雨滴が増加するとシミは消える。同様に、増感紙に吸収される量子が少ないほど、フィルムはまだらでノイズの多い画像となる。フィルムの速度（感度）も重要である。高速フィルムは、量子数が不十分でも画像が得られるがモトルは多くなる。低速フィルムでは、画像を作るためにより多くの量子が必要なので、モトルは減少する。

鮮鋭度 (sharpness)

増感紙を使用すると、鮮鋭度が低下する。通常の両面乳剤フィルムを 2 枚増感紙で前後から挟む方法では、それぞれの乳剤が反対側の増感紙からの光を露光することが一因である。このクロスオーバー露光は、片面乳剤フィルム、片面増感紙とすれば回避できる。解像度の低下を最小限とするため、増感紙は 10 lp/mm 以上の必要がある。

コントラスト

乳腺は、低コントラストの組織から成る。無増感紙の場合と異なり、増感紙を使用するとコントラストは有意に改善する。しかし、通常のカセットは、フィルムと増感紙の容器として満足といえるものではない。フィルムと増感紙が最大限に密着していないと、鮮鋭度が低下する。さらに、特に低 kV の場合はカセットの材質によるフィルター効果も画質を損ねる要因である。

技術的検討

比較的遅い片面乳剤フィルムと高精細増感紙を組合せて、10 lp/mm 以上の解像度が得られるシステムを Du Pont 社と協同で開発した。フィルムと増感紙を紙で包んで静電気アーチファクトを最小限とし、さらに

* レントゲン診断部門（部長 B.J.O.、スタッフ医師 W.B.），放射線科（部長 H.J.I.），アルバート・ Einstein 医療センター、フィラデルフィア [The Deparment of Diagnostic Roentgenology, (B.J.O., Chairman; W.B., Attending Physician), Division of Radiology (H.J.I., Chairman), Albert Einstein Medical Center, Philadelphia, Pa.] 1972 年 11 月 26 日～12 月 1 日 第 58 回北米放射線学会 (RSNA, シカゴ) で発表

黒いポリビニル製バッグに入れて Picker Vacuummatic で真空パックすることにより、至適なフィルム—増感紙の密着を得ている。カセットは薄く、通常の形ものにくらべて多少柔軟なため、容易に正確な位置決めが可能である。過去の経験から、どのフィルムであっても、モリブデン陽極管球を使い、乳腺を十分に圧迫することで画質が向上することが分かっている。過去数年間、我々は、モリブデン陽極、モリブデンフィルターの Senographe を使用しているが、この度 Picker 社の Mammorex を使用する機会を得た。結果は、いずれの装置でも十分満足なものであった。kV は同程度の範囲で、曝射時間が短い(0.5~2秒)ことから、体動による不鮮明さも最小限に抑えられる。両装置の mAs の違いは、被写体—フィルム距離の違いによるものである(表 I)。Senographe ではフォトタイマーが利用できるため、より均一なフィルム濃度が得られる。

考察

ここに記載した方法では、照射線量は、Kodak AA 型フィルムに比較して約 1/8 である。それぞれの得失を表 II に示す。無増感紙マンモグラフィーに比較して、画質が損なわれないだけでなく、コントラストは実際に向上し(図 1)，微小石灰化はより明瞭となる(図 2、図 3)。増感紙のアーチファクトを避けるために、すぐれた暗室処理技術が必要である。粉塵があると、鮮銳に輪郭された白い像としてみえるが、石灰化との鑑別

は難しくない。皮膚線量の計測では、乳腺の大きさ、組成に応じて 1 回当り 2.2~2.8rad であった。Palmer らの報告 [5] では 18.0~21.0rads とされており、我々も Kodak AA 型フィルムではこの程度が必要が考えているが、これに比較すると効果的な線量低減といえる。本法を 8 年間、毎年を繰り返しても、通常の撮影法 1 回分に満たない線量である。

謝辞。優れた技術的援助を提供された放射線技師 Mrs. A. Cullinan, 協力、助言を惜しまれなかった Du Pont 社 Photo Products Department に感謝する。

【参考文献】

- Chamberlain RH: The thrifty use of radiation. Annual Oration, Philadelphia Roentgen Ray Society, Philadelphia, Pa., Nov. 7, 1963
- Gilbertson JD, Randall MG, Fingerhut AG: Evaluation of roentgen exposure in mammography. Part I: Six views. Radiology 95:383-394, May 1970
- Mackenzie I: Breast cancer following multiple fluoroscopies. Brit J Cancer 19:1-8, Mar 1965
- Mettler FA Jr, Hempelmann LH, Dutton AM, et al: Breast neoplasms in women treated with x rays for acute postpartum mastitis. A pilot study. J Nat Cancer Inst 43:803-811, Oct 1969
- Palmer RC, Egan RL, Barrett BJ: Preliminary evaluation of absorbed dose in mammography. Six views. Radiology 95:395-397, May 1970
- Price JL, Butler PD: The reduction of radiation and exposure time in mammography. Brit J Radiol 43:251-255, Apr 1970
- Rossmann K: Image quality and patient exposure. Curr Probl Radiol 2:3-34, Mar-Apr 1972
- Wanebo CK, Johnson KG, Sato K, et al: Breast cancer after exposure to the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki. New Eng J Med 279:667-671, 26 Sep 1968

表 I. 30kV における mAs 概略(平均的大きさの乳腺の頭尾方向撮影)

フィルムタイプ	mAs (相対値)	Senographe (距離 30.1cm)	Mammorex (距離 68.9cm)
片面乳剤+増感紙	1	24mAs (50mA, 0.6s)	125mAs (100mA, 1.25s), 小焦点
増感紙なし 医療用フィルム (Osray-M)	2.4	60mAs (40mA, 1.5s)	300mAs (100mA, 3.0s), 小焦点
増感紙なし 工業用フィルム (Kodak AA)	8	200mAs (40mA, 5.0s)	1,000mAs (250mA, 4.0s), 大焦点

表 II. 2つのフィルム—増感紙法の得失

フィルムタイプ	利点	欠点
片面乳剤+増感紙	低被曝線量 コントラスト良好 高速自動現像 短曝射時間 体動によるボケ少	増感紙アーチファクトの可能性 モトル最小限
工業用フィルム (増感紙なし)	粒状性なし	高被曝線量 用手あるいは低速自動現像 長曝射時間 体動によるボケ 管球の過熱

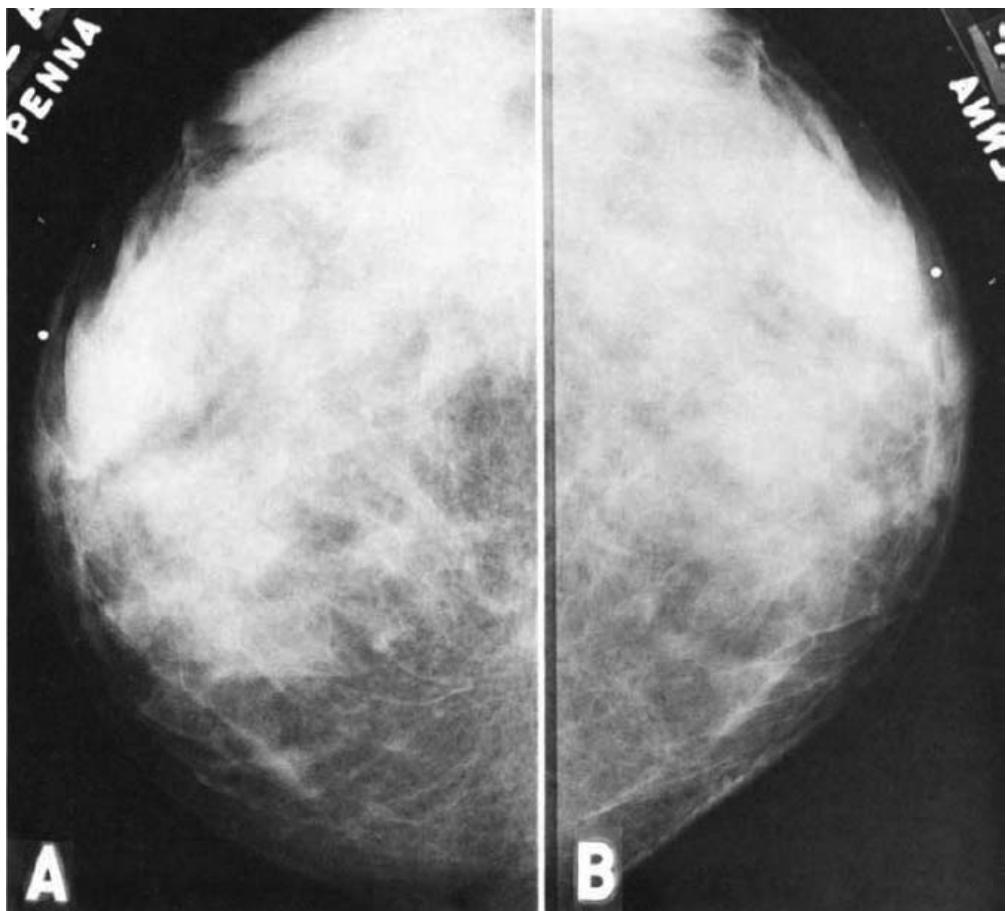


図1. 右乳腺, 頭尾方向撮影 (Seno graphe). 触知する腫瘍を鉛マーカーで示した.

A. フィルム—増感紙使用. 30kV, 40mA, 0.5秒. 鮮明な詳細構造が描出され, コントラストが向上している.

B. Kodak AA型フィルム使用. 30kV, 40mA, 4.0s

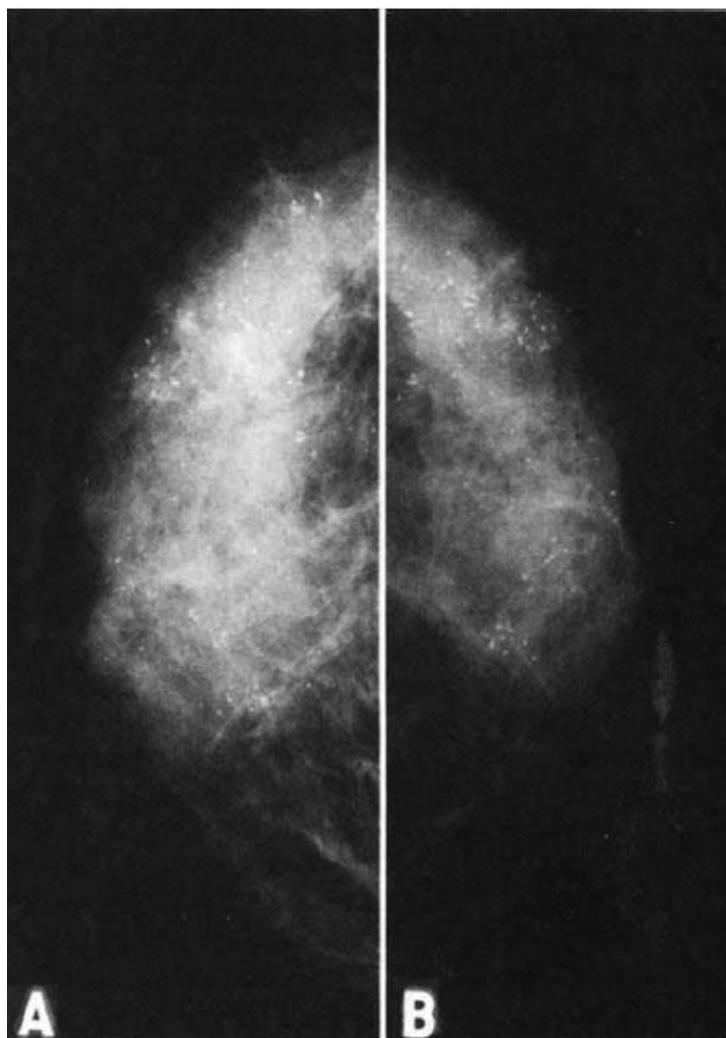


図2. 右乳腺, 頭尾方向撮影 (Mammorex).

A. フィルム—増感紙使用. 30kV, 100mA, 1.25秒. 悪性石灰化が明瞭に認められる.

B. Kodak AA型フィルム使用. 30kV, 250mA, 4.0s, 大焦点.

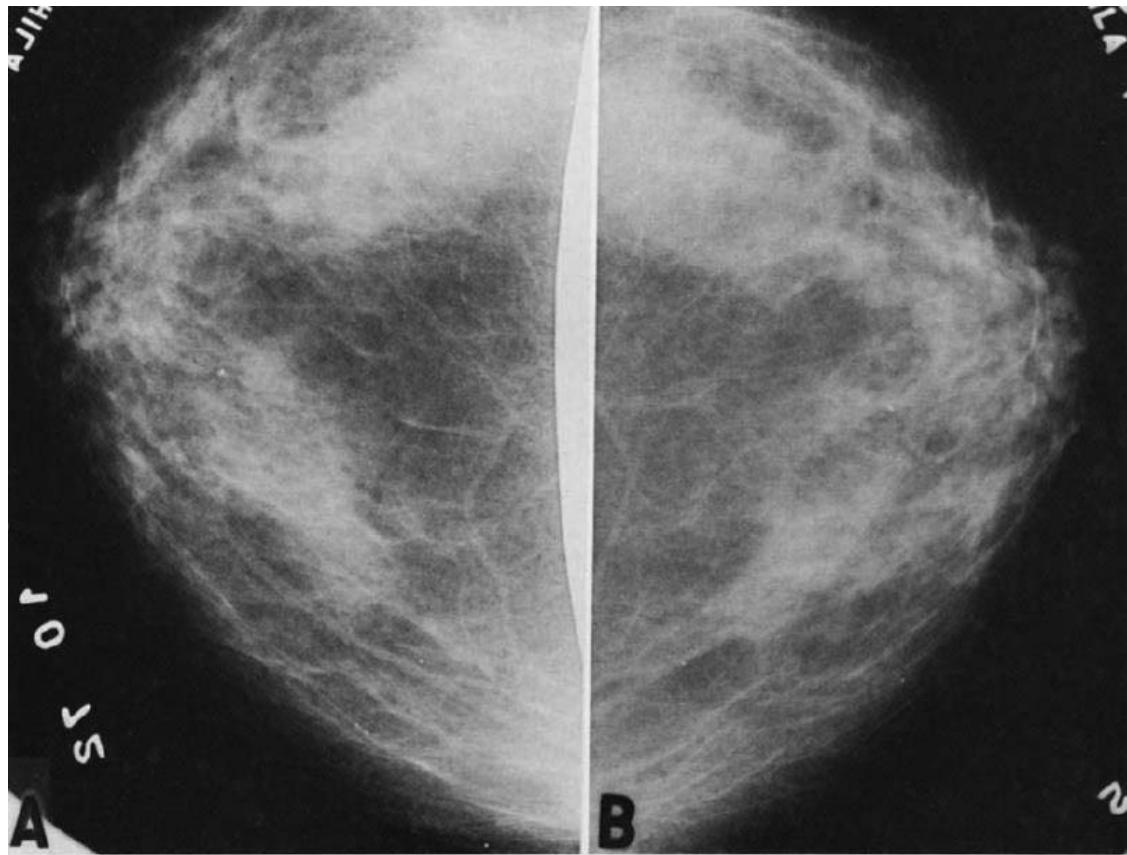


図3. 左乳腺, 頭尾方向撮影 (Senographe).

A. フィルムー増感紙使用. 30kV, 35mA, 1.0s. 3個の小さな良性石灰化, 鮮明な詳細構造, コントラストの向上が見られる.

B. Kodak AA型フィルム使用. 30kV, 35mA, 8.0s.