 原 著

Mammography における準拡大撮影の有用性について

石 田 恵美子・山 本 友 行・真 田 茂*

水 島 隆・島 田 裕 弘

金沢大学医学部附属病院放射線部

*金沢大学医療技術短期大学部

(論文受理 1994年11月14日)

(最終論文受理 1995年 7 月21日)

(Code No. 210)

Key words : Mammography, semi-magnification technique, scatter to primary ratios, observer performance test

SCREENING MAMMOGRAPHY WITH A SEMI-MAGNIFICATION TECHNIQUE

EMIKO ISHIDA, TOMOYUKI YAMAMOTO, SHIGERU SANADA*

TAKASHI MIZUSHIMA, YASUHIRO SHIMADA

Department of Radiology, Kanazawa University Hospital

*School of Allied Medical Professions, Kanazawa University

Summary

We evaluated the image quality and the effects of scatter decreasing using various magnification factors, so as to investigate the usefulness of a semi-magnification technique for mammographic. The measured scatter fraction indicated that anti-scatter efficiency of this semi-magnification technique was inferior to that of using a grid. An observer performance test, using RMI-156 breast phantom images, was carried out using 7 radiological technologists. The results indicated that this semi-magnification technique (factor 1.2 and 1.3) with a grid was significantly better to the non-magnification technique (factor 1.0). This was probably because the effective noise was reduced and the detectabilities for lesions were improved due to radiographic magnification. Considering the image quality and the object area that can be projected on a film, the technique using magnification factor of 1.2 with a grid was the most suitable for screening mammographic screening.

1. はじめに

近年、わが国の乳癌発生率は年々増加する傾向にあり、乳癌検診の重要性が増してきている。Mammography が検診に導入されることで早期癌の発見率が増加することは既に報告されている^{1)~5)}。乳房診断の中でも微小石灰化の検出は極めて重要であり、通常密着撮影法で乳房全

体像を得た後、疑わしい症例については1.5または2.0倍拡大によるスポット撮影が行われている。そこで、拡大撮影法の効果を利用し情報量の多い乳房全体像が1枚のフィルムに1回の撮影で得られるならば、読影診断および患者負担の軽減に大きな期待がもたれる。

われわれは、拡大率1.1~1.3倍程度の準拡大撮影を従来の密着撮影に代えて行うことが特に集団検診にとって

有用と考え、基礎的検討を行った。

2. 使用機器, 方法

2.1 散乱線含有率の測定

使用した乳房撮影装置は MAMMOMAT3 (Siemens, 使用焦点0.3 mm), Screen/Film 系は HR MAMMO FINE/MI-MA (Fuji) である。散乱線含有率は Fig. 1 (a) に示すような配置で鉛ディスク法によって求めた。Fig. 1 (a) は密着撮影における実験配置を示しており、散乱体には厚さ 2, 4 および 6 cm のアクリル板を使用した。拡大率の計算における基準面は散乱体下面から 2 cm 上方の面として 1.0, 1.1, 1.2 および 1.3 倍拡大について撮影した。

なお、鉛ディスクは厚さ 0.07 mm, 直径 1, 1.5, 2, 3, 4, 5 および 6 mm の正円形のもをを自作し半円形に配列した。(Fig. 1 (b)). 散乱線含有率を精度良く測定するために鉛ディスクは常に散乱体の上面に配置した⁶⁾。

撮影条件は管電圧 28 kV で鉛ディスクのない部分の濃度が 1.5~2.0 の範囲になるように mAs を調整し、自動現像機 Cronex T5A (Dupont) で現像した。得られた画像は濃度計 NDD-400 (Nagase) で鉛ディスク下および周囲の写真濃度を測定した。濃度は場所をわずかに移動させて 3 回測定し、その平均値を H-D 曲線により比露光量に変換した。この比露光量より、各鉛ディスクごとのディスク下散乱線含有率を求め、最小自乗法を用いて鉛ディスク直径と散乱線含有率の関係を二次多項式で近似した。ディスク直径 0 mm の時の散乱線含有率を外挿で求め、これを真の散乱線含有率(散乱線/散乱線+1 次 X 線)とした。散乱線含有率はグリッド(格子比 4:1,

移動型, 27本/cm) の有無について検討した。

2.2 ファントムによる視覚評価

RMI-156 プレストファントム(4 cm 厚, 乳腺脂肪組織 50:50)を用い、管電圧 28 kV で素地濃度が 1.20 ± 0.05 になるよう mAs を調整した。拡大率を 1.0, 1.1, 1.2 および 1.3 倍と変化させ、それぞれグリッドの有無について試料を 3 枚ずつ作成した。

観察は 7 人の放射線技師によってランダムな順序で行い、観察距離および時間は任意とした。また、観察は同じシャーカステンおよび周囲環境で行い、試料周囲は黒マスクで覆った。なお、シャーカステンの照度は 7000 lx, 色調は昼光色である。評価基準は ACR マンモグラフィ品質管理プログラムに準じ⁷⁾、有意差検定には t-テストを用いた。

3. 結 果

3.1 散乱線含有率

散乱線含有率はグリッドを使用したとき、拡大率によってあまり変化しない。アクリル 4 cm 厚で 1.0 倍から 1.3 倍まで変化させた時の平均値は、 $18.0 \pm 1.4\%$ となった (Fig. 2 (a))。しかし、グリッドを使用しないと散乱線含有率は拡大率が大きくなるとともに減少する傾向にある。拡大率が 1.0 倍から 1.3 倍になると、40.5% から 29.6% に減少した (Fig. 2 (b))。

また、被写体厚が厚いほど散乱線含有率は大きな値を示し、被写体厚が同じならばグリッドを使用したときの 1.0 倍画像はグリッドを使用しないときの 1.3 倍画像より散乱線含有率は小さかった。

3.2 視覚評価

Fig. 1 (a) Schematic diagram of experimental geometries at a magnification factor of 1.0. The lead disks were placed on a 2 cm acrylic phantom.
(b) Arrangement of the lead disk on the phantom.

Fig. 2 Scatter fraction at various magnification factors and phantom thicknesses of 2, 4, 6 cm, (a) with, and (b) without a grid.

Table 1 Comparison of detectabilities for each magnification technique with (+) and without (-) a grid.

Grid	+				-			
magnification	1.00	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10	1.20	1.30
overall	9.62 ± 1.16	10.12 ± 0.87	11.02 ± 0.71	11.02 ± 0.94	8.12 ± 0.98	8.62 ± 0.78	9.21 ± 0.86	9.86 ± 1.05
fiber	4.14 ± 0.23	4.11 ± 0.44	4.48 ± 0.37	4.36 ± 0.44	2.98 ± 0.46	3.31 ± 0.39	3.66 ± 0.52	3.86 ± 0.52
caltification	3.53 ± 0.26	3.52 ± 0.29	3.98 ± 0.06	3.98 ± 0.06	3.21 ± 0.21	3.26 ± 0.25	3.36 ± 0.26	3.71 ± 0.25
mass	2.45 ± 0.48	2.48 ± 0.43	2.57 ± 0.50	2.69 ± 0.66	1.93 ± 0.54	2.05 ± 0.52	2.19 ± 0.36	2.29 ± 0.53

(a)

(a)

(b)

(b)

Fig. 3 Detectabilities of magnified images at various factors (a) with, and (b) without a grid.

Fig. 4 Detectabilities for (a) fiber, and (b) microcalcification at each magnification factor with a grid.

視覚評価について Table 1 に結果を示す。総合評価ではグリッドを使用したとき Fig. 3(a) に示すように 1.2 倍、1.3 倍撮影は密着撮影に対し有意に優れていた。グリッドを使用しないときは、拡大率が大きいほど有意に優れていた (Fig. 3(b))。なお、グリッドを使用した密着撮影とグリッドを使用しなかった 1.2 倍撮影はほぼ同等の評価となった。

繊維状陰影の描出能に関しては、グリッドを使用したときには 1.2 倍撮影が密着撮影に比べて有意に優れており、1.3 倍まで拡大するとやや評価が劣った (Fig. 4(a))。グリッドを使用しないとき、1.2、1.3 倍撮影は密着撮影に比べて有意に優れていた。

微小石灰化の描出能に関してはグリッドを使用したとき、1.2、1.3 倍撮影が他に比べ有意に優れており (Fig. 4(b))、グリッドを使用しないとき、1.2、1.3 倍撮影は密着撮影に比べて有意に優れていた。さらに、1.2 倍と 1.3 倍撮影の間にも有意差が認められた。

腫瘍の描出能に関しては、グリッドを使用しないとき、1.2、1.3 倍撮影は密着撮影に比べ有意に優れていた。グリッドを使用した時 1.0～1.3 倍撮影までの間に有意差は

存在しなかった。しかし、拡大率が大きくなるにつれて良くなる傾向にあった。

4. 考 察

本研究では 1.2 倍準拡大撮影が密着撮影に比べて有用であり、準拡大撮影をすることで描出能を向上させることができるという結果を得た。

当初、準拡大撮影によるグレーデル効果の影響から散乱線含有率が減少しグリッドを使用しない撮影が可能ではないかと考えたが、グリッド使用による散乱線除去効果には及ばなかった。視覚評価においても、グリッドを使用したときが使用しないときに比べて有意に優れており、準拡大撮影においてもグリッドの使用が不可欠と考える。

視覚評価の結果を物理的画像特性を参考にして以下のように考察する。

拡大率の変化に伴う Modulation Transfer Function (MTF) の変化については焦点サイズに大きく依存することが知られている。すなわち、適切な焦点を使用しないと拡大率によってはむしろ MTF の劣化を招く⁸⁾。本

研究では密着撮影用の0.3 mmの焦点を使用している。乳房撮影用テストチャート TYPE 9 (KYOKKO) を用いて測定したコントラスト伝達関数(Contrast Transfer Function; CTF)はFig. 5のようである。これを見ると3.5 cycles/mm程度より低い空間周波数では拡大率1.3倍までの準拡大によってCTFにほとんど差はない。微小石灰化の大きさはほぼ200 μm のものが検出の目安とされており⁹⁾、これは2.5 cycles/mmに相当する。さらに、視覚のレスポンスはおよそ1 cycles/mmより微細な

Fig. 5 Contrast transfer function (CTF) obtained at various magnification factors. (Note: Density of base is 1.87 ± 0.2)

ものは大きくなるほど見えやすくなると言われている¹⁰⁾。すなわち拡大率が1.2倍、1.3倍と大きくなるにつれて視覚評価が良くなったのは、拡大による画像の鮮鋭度のわずかな変化よりも視覚レスポンスの影響が大きいと考えられる。

また、真田らは微少石灰化の検出能に関して粒状性は重要な因子であると述べている¹¹⁾。本研究で使用したHR MAMMO FINE/MI-MAの固有のWienerスペクトル(WS)と1.3倍準拡大撮影による実効的なWienerスペクトル(WSeff)をFig. 6に示す。なお、WSeffは次の式から求めた¹²⁾。

$$W_{\text{Seff}}(f) = 1/m^2 \cdot WS(f/m)$$

ここで、 f は空間周波数、 m は拡大率である。これによると、病巣陰影など対象物のサイズを考慮した実効的な粒状性は拡大によって減少する。それは、拡大によって対象物質の画像を形成するために必要なX線量子数が多くなるからである¹³⁾。この粒状性の改善も視覚評価において良い影響を与えたと考えられる。

今回実験した1.2倍と1.3倍撮影を比較したとき、視覚評価には有意差は存在しなかった。しかし、1.3倍まで拡大すると現行システムでは乳房全体を撮影することはできない。

従って、現行システムでの撮影可能領域や描出能を考慮すると、密着撮影に代えてグリッドを使用した1.2倍準拡大撮影が有用であると考ええる。

5. ま と め

散乱線含有率測定の結果、グリッドを使用しないとき

Fig. 6 Wiener spectra of the effective noise in a contact image (factor: 1.0) and magnified image (factor: 1.3). The effective noise in the contact image is equal to the inherent noise in the screen/film image.

散乱線含有率は準拡大することで減少するが、グリッドを使用したときの散乱線除去効果には及ばなかった。従って準拡大撮影にはグリッドを使用したほうが有用と考える。また、視覚評価では、グリッドを使用した1.2倍、1.3倍準拡大撮影が密着撮影に比べて優れていた。

病巣描出能の向上や撮影可能領域のことを考慮すると密着撮影に代えてグリッドを使用した1.2倍準拡大撮影を乳房検診に取り入れることは非常に有用と考える。

謝 辞

実験器材および貴重な情報を提供して頂きました、シーメンス旭メディテック㈱、富士メディカル㈱に深謝いたします。なお、本研究の一部は、平成7年度科学研究費補助金(奨励研究(B))によるものである。

参 考 文 献

- 1) 木戸長一郎：乳癌検診の世界的動向とわが国の対応，日放技学誌，**49**(10)，1792-1798，(1993)。
- 2) 大内憲明，吉田弘一，木村道夫，他：マンモグラフィ併用検診の精度と問題点，日乳癌検診学会誌，**3**(2)，201-204，(1994)。
- 3) 阿部力哉：乳癌の集団検診—基本的な在り方と問題点について—，臨床科学，**29**(3)，292-298，(1993)。
- 4) 木戸長一郎，佐々木文雄，末永一路：乳癌の画像診断，臨床科学，**29**(3)，299-334，(1993)。
- 5) 富永祐民：乳癌の発生と進展に関する最近の知見(1)疫学の立場から，臨床科学，**29**(3)，341-347，(1993)。
- 6) 稲津 博，上田正美，東 敏也，他：鉛ディスク法におけるディスク位置と散乱線含有率の関係，日放技学誌，**47**(5)，709-713，(1991)。
- 7) 堀田勝平，寺田 央，他：米国 ACR 発行マンモグラフィ品質管理プログラム，(1993)。
- 8) 鈴木尚生，鈴木優二郎：乳房撮影システムの技術動向，極光 X-Ray，**29**，1-32，(1992)。
- 9) 日本放射線技術学会専門委員会：マンモグラフィ研修テキスト，(1993)。
- 10) 土井邦雄：X線画像の信号検出と視覚特性の重要性，日放技学誌，**43**(6)，694-729，(1987)。
- 11) 真田 茂，水島 隆，山本友行，他：CR と増感紙/フィルムシステムによる各種乳癌病巣の検出能に関する比較—ファントムによる検討—，日放技学誌，**49**(11)，1872-1878，(1993)。
- 12) Genant HK, Doi K: Diagnostic radiology year book, (1978)。
- 13) Barnes GT, Frey GD, et al.: Screen film mammography imaging considerations and medical physics responsibilities, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, (1991)。