

原 著

マイクロドーズマンモグラフィへの移行により低減した被ばく線量と 延長した乳房圧迫時間—旧装置との比較により—

深田 由香里¹⁾ 虎尾 政美¹⁾ 土田 千賀²⁾ 岩崎 俊子³⁾

要 旨：当院の乳房X線撮影装置は、国内導入3台目となるマイクロドーズマンモグラフィ L30(MicroDose Mammography:MDM)である。従来のデジタルマンモグラフィ装置とは異なり、新技術フォトンカウンティングを採用している。ファントム及び臨床患者において被ばく線量を従来型旧装置と比較したところ、平均乳腺線量が1/2以下になり、被ばく線量低減を実現した。しかし、MDMはスキヤニング方式によるX線照射のため、受診者の苦痛因子である乳房圧迫時間の延長が懸念される。臨床患者において調べたところ、実際の圧迫時間は平均約14秒であることが分かった。平均的な乳房厚とされる42mmを超える乳房では、スキヤン時間と乳房厚には有意な相関関係がみられ、乳房厚の増加がスキヤン時間延長の要因になっていると考えられた。一方、乳腺密度で分類した患者群の平均スキヤン時間はいずれも9秒前後と大きな差がみられず、乳腺密度が高くなるにつれて乳房厚が薄くなったためと考えられた。

【Key words】 マイクロドーズマンモグラフィ, MDM, 低被ばく線量, 乳房圧迫時間, スキヤン時間

諸 言

わが国では、現在も乳がんの罹患および死亡が増え続けており、乳がん死亡を減少させるため、マンモグラフィ検診の重要性は広く認識されている。マンモグラフィ検診は乳がんを早期発見する有効な手段であるが、放射線被ばくリスクもある¹⁾。フォトンカウンティング技術、マルチスリットスキヤニング方式、Smart AEC(Automatic exposure control:自動露出機構)を採用したMDMは低線量、低被ばくを可能とする乳房X線撮影装置として注目されており、これまでにファントムや臨床患者の画質評価について研究されてきた。しかし、臨床患者において、従来型の撮影装置と比較してどのくらい被ばく線量が低減したのかについては研究報告されていない。また、MDMはマルチスリットスキヤニング方式を採用しているため、均一照射をする従来型の撮影装置と比較すると、乳房圧迫時間が長くなるのは否めず、患者の苦痛が増大するのではないかと心配されるが、これについても報告されていない。そこで、当院が2013

年3月に移行したMDMが、旧装置と比較してどの程度の低線量、低被ばくとなっているのか評価し、さらにMDMの乳房圧迫時間を測定し、乳房厚や乳腺密度との関連性についても調べた。

方 法

1. 使用機器

本研究に使用したMDMと旧装置の仕様を表1に示す。

表1 使用した新旧装置の仕様

	新装置	旧装置
撮影装置	MDM L30	Senographe DMР+
検出方式	フォトンカウンティング	CR
照射方式	マルチスリットスキヤニング	均一照射
ターゲット/フィルタ	W/A1	Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh
SID	660mm	660mm
照射野	24×26cm	18×24cm
ピクセルサイズ	50 μm	43.75 μm

2. 方法

- 1) 同一ファントムを用いたMDMと旧装置の撮影条件および被ばく線量の比較

¹⁾ 福井総合クリニック放射線課

²⁾ 福井総合病院放射線科

³⁾ 福井総合クリニック放射線科

(採択日 2014年7月)

対象は、乳腺 50%脂肪 50%厚さ 42mm の乳房と等価の乳房組織模擬試料内臓 RMI156 ファントム(以下ファントム)とした(図 1)。MDM と旧装置で、ファントムを各々 20 回撮影し、得られた撮影条件のそれぞれについて平均値を求め比較した。撮影モードはフルオートとし、撮影条件として管電圧 kV、線量 mAs、圧迫圧 N、圧迫厚 mm、ターゲット/フィルタ、平均乳腺線量 mGy の 6 項目を抽出した。被ばく線量は、乳房に与える放射線量である平均乳腺線量で評価を行った。旧装置によるファントム撮影の平均乳腺線量は、精度管理のために行った不変性試験の結果を用いた。

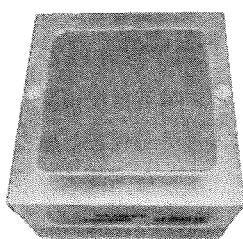


図 1 RMI156 ファントム

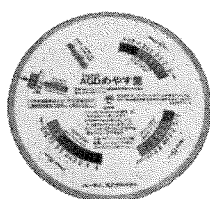


図 2 平均乳腺線量
めやす盤

2) 同一患者における MDM と旧装置の撮影条件および被ばく線量の比較

対象は、2013 年 3 月 25 日～6 月 15 日までに MDM で撮影した患者 291 名のうち、過去に旧装置で撮影を行った履歴のある患者 190 名(平均年齢 52.2 歳)とした。旧装置による撮影履歴が複数ある場合、撮影条件は最直近のものを使用した。同一患者における両装置の比較は、ファントムを対象としたのと同様に、6 項目の撮影条件それぞれについて平均値を求め評価した。旧装置による患者の平均乳腺線量の算出には、NPO 法人日本乳がん検診精度管理中央機構が監修している平均乳腺線量めやす盤(図 2)を使用した。患者 190 名の中で、算出誤差が少ない撮影条件の 10 名を拾い上げ平均乳腺線量を求めた。また、管電圧、線量、平均乳腺線量に関しては全国平均値とも比較した。統計処理は、マン・ホイットニ検定を行い、有意水準は危険率 5%未満とした。

3) スキャン時間の測定と乳房厚および乳腺密度との関連性、乳房圧迫時間の算出

対象は、2013 年 5 月 29 日～7 月 19 日までに撮影した患者 184 名(平均年齢 51.1 歳)とした。スキャン時間の測定は、ポジショニング終了後、スキャン開始ボ

タンを押すと同時に、ストップウォッチをスタートさせ、スキャン終了音と同時にストップウォッチをストップして行った。これを 2 方向、4 方向の撮影毎に繰り返し行い、各患者のスキャン時間の平均値を求めた。測定者は、MDM 装置撮影に十分な経験のある放射線技師 2 名で行い、ストップウォッチの誤作動および計測ミスはデータから除外した。

次に、上記患者の撮影画像を、乳腺密度により脂肪性(脂肪含有量ほぼ 100%)、乳腺散在(脂肪含有量 70～90%)、不均一高濃度(脂肪含有量 40～50%)、高濃度(脂肪含有量 10～20%)に 4 分類した²⁾。分類された患者群ごとに、平均乳房厚、平均スキャン時間を算出し、スキャン時間と乳房厚、乳腺密度との関係を調べた。統計処理は、ピアソンの相関係数とクラスカル・ウォリス検定、Games-Howell 法を行い、有意水準は危険率 5%未満とした。

一方、乳房圧迫時間については次式によって算出した。
乳房圧迫時間 = コリメータ降下時間 + スキャン時間 - (1)

ここで、コリメータ降下時間の測定は、MDM の撮影台にファントムを置き、圧迫板をファントムぎりぎりまで下げ、コリメータセットボタンを押すと同時に、ストップウォッチをスタートさせ、コリメータの降下が完了したら、ストップウォッチをストップして行った。これを 20 回繰り返し、コリメータ降下時間の平均値を求めた。

結 果

1. 同一ファントムによる両装置撮影条件、被ばく線量の比較

管電圧は MDM32kV、旧装置 28kV、線量は MDM12.9mAs、旧装置 78.7mAs、圧迫圧は両装置共に 40N、圧迫厚も両装置共に 42mm、ターゲット/フィルタは MDM タングステン W/アルミニウム Al、旧装置モリブデン Mo/モリブデン Mo、平均乳腺線量は MDM0.73mGy、旧装置 1.70mGy であった(表 2)。

2. 同一患者における両装置撮影条件、被ばく線量の比較

管電圧は MDM31.1kV、旧装置 26.9kV、全国平均値 27.7kV³⁾、線量は MDM11.7mAs、旧装置 70.3mAs、全国平均値 68.7mAs³⁾、圧迫圧は MDM137.0N、旧装置

表2 RMI156型ファントムによる両装置撮影条件の比較

撮影条件	MDM	旧装置
管電圧kV	32	28
線量mAs	12.9	78.7
圧迫圧N	40	40
圧迫厚mm	42	42
ターゲット/フィルタ	W/AI	Mo/Mo
平均乳腺線量mGy	0.73	1.70

表3 患者190名による両装置撮影条件の比較

撮影条件	MDM	旧装置	全国平均
管電圧kV	31.1	26.9	27.7
線量mAs	11.7	70.3	68.7
圧迫圧N	137.0	137.7	—
乳房厚mm	41.5	33.8	—
主ターゲット/フィルタ	W/AI	Mo/Mo	—
平均乳腺線量mGy	0.62	1.62 ^{**}	1.58

※めやす盤に合う10症例の平均値

137.7N, 乳房厚はMDM41.5mm, 旧装置33.8mm, 主なターゲット/フィルタはMDM タングステン W/アルミニウム AI, 旧装置モリブデン Mo/モリブデン Mo, 平均乳腺線量はMDM0.62mGy, 旧装置1.62mGy, 全国平均値1.58mGy³⁾であった(表3)。圧迫圧に関して, MDMと旧装置はほぼ同じであったにもかかわらず, 乳房厚に約8mmの差が生じたのは, 旧装置の圧迫板がしなることによる表示誤差であり, 実際の厚差はないと考える。旧装置の平均乳腺線量は, めやす盤に合った10症例分の平均値とした。旧装置の管電圧, 線量, 平均乳腺線量は, 全国平均値とほぼ同じであり, MDMの平均乳腺線量は, 旧装置と比較して有意な低減を認めた(p<0.05)。

3. スキャン時間と乳腺密度および乳房厚との関連性, 平均乳房圧迫時間の算出,

患者184名の平均スキャン時間は9.11secであった。乳腺密度と乳房厚の関係では, 乳腺密度が高くなるにつれて乳房厚は薄くなった(p<0.05)(図3)。乳房厚とスキャン時間の関係では, 全体として乳房厚が増すにつれてスキャン時間が長くなるような傾向が見られ, 日本人の平均乳房厚とされる42mmを境に, 42mm超では乳房厚とスキャン時間に有意な相関が見られた(r=0.801)。しかし, 42mm以下では有意な相関は見られず(r=0.195), 乳房厚よりも乳腺密度の高さがスキャン時間に影響している傾向が見られた(図4, 5)。

コリメータ降下時間は平均4.79secであり, 従って, 式1より, 平均乳房圧迫時間は13.9secであった。対象者の中での最大スキャン時間は14.4秒, 圧迫時間にする

と19.2秒であった。この患者の乳腺密度は乳腺散在で乳房厚81mmであった。

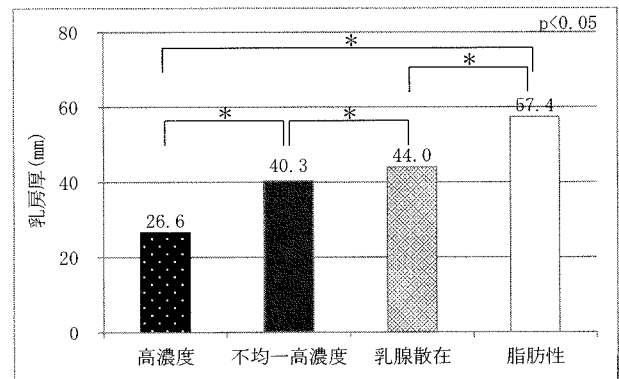


図3 乳腺密度と乳房厚との関係

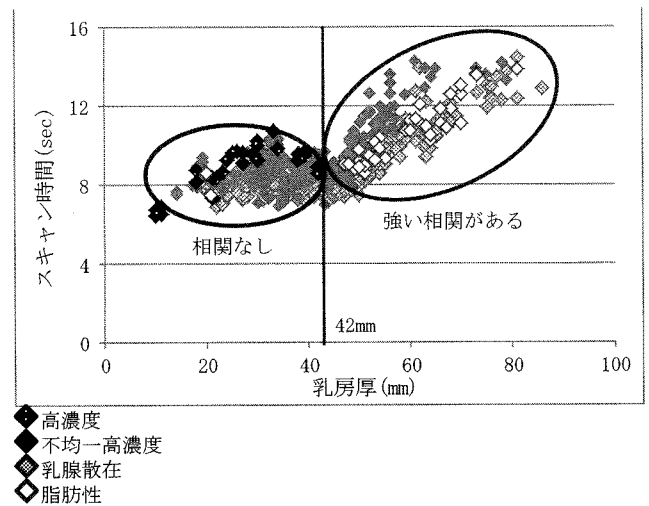


図4 乳房厚とスキャン時間の変化

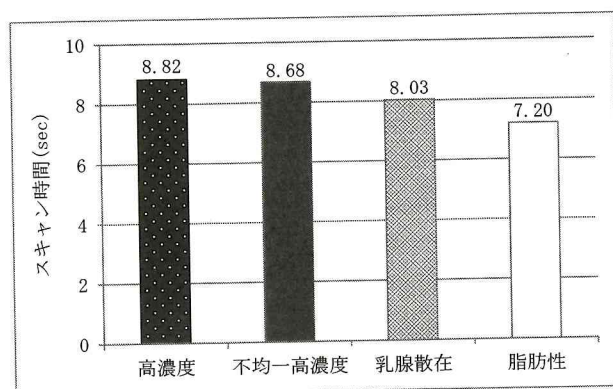


図5 乳房厚42mm以下における
乳腺密度とスキャン時間との関係

考 察

MDMは従来のデジタルマンモグラフィ装置とは異なり、新技術フォトンカウンティングを採用している。本装置は、2012年6月に精度管理中央機構の機器認定を取得し、当院での導入は国内3台目となる。低被ばく線量かつ高精度画像を可能とする装置とされているが、実際に従来装置と比較して、臨床患者の被ばく線量がどの程度低減したのかについての報告はされてなかった。今回、我々の研究で、MDMの被ばく線量はファントム及び臨床患者のどちらにおいても、旧装置の1/2以下に低減することが分かった。これは、MDMがフォトンカウンティング技術に加え、マルチスリットスキニング方式、Smart AEC機構を採用しているという大きな特長があるからである。さらに、MDMはターゲット/フィルタにタングステンW/アルミニウムAlを使用しているため、臨床で多用される管電圧は32kVと旧装置より約4kV高く、透過性の高いX線を使用していることも低線量と関係していると考えられる。なお、同一患者をMDMと旧装置の両装置で同時期に撮影することはできず、拾い上げた10症例においては装置間の撮影タイムラグはあるが、最長1年3ヶ月であり、同一患者の両装置撮影画像において乳腺構造の著変が認められなかったため、経年変化による条件は無視できると考える。

MDMはスキニング方式によるX線照射のため、旧装置の均一照射と比して、受診者の苦痛因子である乳房圧迫の時間延長が懸念される場所であり、実際の圧迫時間は平均約14秒であった。今回、このような具体的な数値として乳房圧迫時間が出せた事は、撮影前の受診

者説明に活用できると考える。

平均的な乳房厚とされる42mmを超える乳房では、スキャン時間と乳房厚には有意な相関関係がみられ、乳房厚の増加がスキャン時間延長の要因になっていると考ええる。一方、42mm以下の乳房では、乳房厚よりも乳腺密度の高さがスキャン時間に影響している傾向が見られた。従って、乳房厚が厚いことと乳腺密度が高いことがスキャン時間の延長をもたらす要因と考えられる。今後我々は、乳房圧迫の時短、すなわち患者の苦痛軽減のためにも、乳房が張って乳腺密度が高くなる月経前をなるべく検査時期としないよう患者に啓蒙することも大事であると考ええる。

結 語

本研究では、当院が移行した乳房X線撮影装置MDMの被ばく線量と乳房圧迫時間について、旧装置との比較も含め検討した。MDMは被ばく線量が旧装置の1/2以下であり、被ばく線量低減を実現していることが分かった。乳房圧迫時間は均一照射である従来装置と比し長くなるが、平均約14秒であった。

文 献

- 1) 堀田勝平: AGDめやす盤趣意書, p1, NPO法人日本乳がん検診精度管理中央機構, 名古屋, 2012
- 2) 石栗一男: マンモグラフィ技術編 改訂増補版, p140, (株)医療科学社, 東京, 2009
- 3) 浅田恭生, 鈴木昇一, 小林謙一 et al: X線診断時に患者が受ける線量の調査研究(2011)による線量評価, 日本放射線技術学会雑誌 VOL. 69 NO. 4: 371-379, 2013