

| | | | |
|------|----|---|---|
| 報告番号 | ※甲 | 第 | 号 |
|------|----|---|---|

主論文の要旨

論文題目 日本人女性の乳房におけるマンモグラフィの撮影条件と
被曝線量の評価

氏名 西出 裕子

論文内容の要旨

1. 諸言

現在わが国のマンモグラフィシステムは、ほとんどがデジタルシステムに移行し、マンモグラフィ検診にも用いられている。デジタルシステムはこれまでのアナログシステムと異なり、検出器に入射する線量と濃度(輝度)の関係が一定ではないため、線量の決定基準が明確ではない。マンモグラフィの撮影条件は、乳腺に必要な線量で決定されるが、乳腺がどの程度乳房内に存在するかを目視では確認できないため、撮影条件の決定には自動露出制御機構(auto exposure control : AEC)を用いる。AECは、圧迫乳房厚(compressed breast thickness: CBT)と乳腺密度により設定されるが、現在平均的な乳房として画質や被曝線量の評価に用いられているファントムは、乳房の構成が乳腺と脂肪の割合が50%/50%で、厚さが40mmである。しかし、日本人女性の乳房はアメリカやヨーロッパと比較して乳房厚が薄く、特に40歳代では乳腺含有率が高いことが報告されており、それに適した撮影条件や平均乳腺線量(average glandular dose : AGD)の設定が求められている。

本研究の目的は、臨床データを用いて CBT と撮影条件との関係を明らかにし、AGD を算出すること、画質の評価により AGD 低減について検討することである。

2. 対象及び方法

1) 臨床で撮影された乳房 X 線画像の年齢、圧迫乳房厚、撮影条件(ターゲット/フィルタの組み合わせ、管電圧、管電流時間積(mAs 値))をレトロスペクティブに収集した。対象は、福井県立病院で2012年4月から2013年3月までの1年間に撮影された7,566乳房の内外斜位方向(medio-lateral oblique : MLO)撮影画像うち、年齢が40~64歳の5,569画像(2,852人)である。撮影装置は、直接変換方式の平面検出器(flat-panel detector : FPD)を搭載したデジタルマンモグラフィ装置 Lorad Selenia で、モリブデン(Mo)/Mo、Mo/ロジウム(Rh)のターゲット/フィルタを備え、全てのマンモグラムは AEC を用いて撮影された。

2) 線質を変化させたときの AGD を推定するために、乳腺含有率の異なるファントムを用いて AEC 作動時の mAs 値を測定した。使用したファントムは、厚さが 30 mm、乳腺の割合が 0%~100%の CIRS 社製 BR12 ファントムである。

AGD を求めるために、線質を変化させて半価層、入射空気カーマを測定した。マンモグラフィ対応線量計を撮影台に配置し圧迫板を近づけて、各撮影条件における入射表面線量を測定した。得られた値を用いて mAs 値と入射空気カーマの変換式を作成した。

臨床画像のデータより、ターゲット/フィルタ Mo/Mo、管電圧 24kV で撮影された CBT29mm の mAs 値を用いて、Dance らが提唱した、 $D=Kgs$ の計算式より AGD を算出した。なお 29mm の入射表面線量は距離の逆二乗則を用いて求めた。

3) 線質の変化により画質がどう変化するかを調べるために、乳腺 50%脂肪 50%の乳房と等価である PMMA ファントム厚 30 mm における Contrast to Noise ratio (CNR)を測定した。また画質と線量との関係を調べるため、Figure of merit (FOM : CNR^2/AGD)を計算で求めた。

3. 結果

2,852 人の平均年齢は 52 歳で、平均 CBT は $32.3\text{mm} \pm 12.5\text{mm}$ であり、全体の 43.5%が 29mm 以下であった。CBT が 10~29mm の乳房の 93.1%が、ターゲット/フィルタ Mo/Mo、管電圧 24kV で撮影され、その後厚さが 5mm 増すごとに管電圧は 1kV ずつ高くなっていた。また CBT 10mm から 54mm までの 1mm ごとに同じ管電圧で撮影された平均 mAs 値と標準偏差を比較すると、同じ管電圧では乳房が厚くなるにつれ平均 mAs 値は高くなり、28mm の平均 mAs 値が最も高く、mAs 値のバラつきは最大で約 4 倍であった。

ファントム実験では、すべての乳腺含有率において管電圧の上昇に伴い mAs 値は減少した。mAs 値の減少率は乳腺含有率に関わらずほぼ一定で、Mo/Mo、26kV では約 62%、28kV では約 38%、Mo/Rh、28kV で約 37%に減少した。

CBT29mm の AGD は、40~49 歳の年齢群で 2.55mGy、50~64 歳の群で 2.25mGy であり、ファントム実験で得られた減少率を用いて Mo/Mo、24kV で撮影された CBT29mm の AGD を推定した結果、管電圧 26 kV で約 13%、28 kV で約 29%、Mo/Rh、28 kV で約 46%の低減が可能であることがわかった。

画質を評価する CNR は、Mo/Mo、Mo/Rh とともに管電圧が高くなるにつれて減少し、同じ管電圧では Mo/Mo の方が CNR は高かった。しかし FOM は、Mo/Rh、29kV が最も高い値を示した。

4. 考察

現在ガイドラインで使用されている基準ファントムは、厚さが 40mm(等価乳房厚 45mm)であり、AEC もこのファントムに合わせて撮影条件が設定されているが、臨床データから得られた平均 CBT はそれより薄かった。また CBT29mm の AGD は、ヨーロッパのガイドラインで示されている受入値、1.5mGy よりも高い値であった。線質を決定するターゲット/フィルタの組み合わせと管電圧は、ほぼ CBT により決定されており、CBT が薄くなるにつれ管電圧が低くなっていた。しかし乳腺密度は CBT が小さくなるにしたがい乳腺密度が高くなる、という報告もあることから、AGD が高くなったと考えられた。

線質を硬くすると被曝線量は低くなることから、ファントムを用いた減弱率より AGD を推定したところ、フィルタを Rh、管電圧を 28kV にすることによりガイドラインを満足する値となった。また FOM でも現在の設定より硬い線質の有用性が認められたが、さらに別の指標でも検討する必要があると考えられた。

5. 結語

日本人女性の平均 CBT は、線量の設定に用いられている基準ファントムより薄く、32.3mm であった。また CBT29mm の AGD は、ヨーロッパのガイドラインよりも高い値であったため、線質を変化させることによる画質と AGD を測定した結果、画質を低下させることなく AGD の低減が可能であった。