

「トモシンセシスの線量測定」

－ トモだからといって怖くない －

東北大学病院 診療技術部 ○齋 政博 (Sai Masahiro)

【はじめに】

マンモグラフィにおける線量評価は、高画質を維持しながら、不要な被ばくを避けるという画質と線量の最適化、施設間の比較と品質管理および受診者に対して安全性と信頼性を保証することにある。この信頼性は、線量評価の精度に大きく依存することが挙げられる。今回、JSRT乳房班企画においては急速に普及しているデジタルブレスト トモシンセシス (DBT: Digital Breast Tomosynthesis) の線量評価について述べる。

【マンモグラフィにおける線量管理】

マンモグラフィの線量管理は「平均乳腺線量 (AGD: Average Glandular Dose)」を基準に最適化されるが、その評価には、半価層 (HVL: half value layer)、X線出力等様々な管理が必要不可欠である。下記に半価層および平均乳腺線量測定の目的および算出式を示す。

1. 半価層

受診者の被ばく線量を最小限にする適切な線質であることを確認する。圧迫板を取り外した時の半価層が Fig. 1を満たさなければならない。

$$\frac{\text{測定管電圧 (kV)}}{100} \leq \text{HVL (mmAl)}$$

Fig. 1 半価層値の判定基準

2. 平均乳腺線量

PMMAの厚さを変えた場合の平均乳腺線量を測定し、AECの作動を確認する。

算出式を下記に示す。

$$\text{AGD} = K \cdot g \cdot s \cdot c$$

K : 入射空気カーマ (単位: mGy)

g : 乳腺量 50% に相当する係数 (単位: mGy / mGy)

s : ターゲットとフィルタの組合せに関する係数

c : 乳腺量 50% から異なる乳腺量を補正する係数

ここでは係数を1とする

DRLs 2025 (日本の診断参考レベル 2025年版) は、2025年7月7日に公開された。マンモグラフィにおけるDRLs 2025は下記のとおりである。

- 臨床データに基づく 2D マンモグラフィ平均乳腺線量 : 1.4 mGy (75%値)
- 臨床データに基づく DBT 平均乳腺線量 : 1.6 mGy (75%値)
- PMMA 40 mm における平均乳腺線量 : 2.2 mGy (95%値)

ここでは、DRLs2020よりアップデートされ、DBT平均乳腺線量も多くの施設からの収集データで設定されている。また、PMMA40mmにおける平均乳腺線量のDRL値は2.2mGyとなり、DRLs2020のDRL値より0.2mGyほど低下している。このデータは日本乳がん検診精度管理中央機構の施設画像評価認定を受けたシステム(2,880台)から導き出しており、今後、マンモグラフィのDRL値は、デジタル化によるシステムの進歩、ディテクタの高感度化により低減しているものと思われる。

【トモシンセシスの線量測定】

DBTの品質管理で使用する照射モードは、標準トモシンセシスモードおよび照射角度0° 静止モードの2種類である (Fig. 2)。線量測定では、後者の照射角度0° 静止モードが推奨されている。

1. 半価層測定

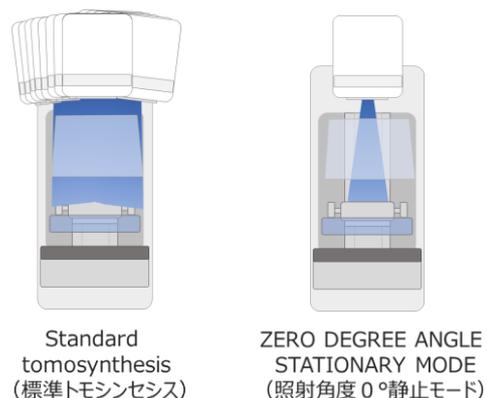


Fig. 2 トモシンセシスの走査モード

測定配置 (Fig. 3) は、基本的に2Dであっても3Dであっても変わらない。ただし3Dの場合、照射角度0° 静止モードを推奨する。平均乳腺線量を求めるための半価層値は、圧迫板透過後の半価層値を使用する。線質の評価は、圧迫板無しの半価層を求め、前述の基準を満たすことを確認する。

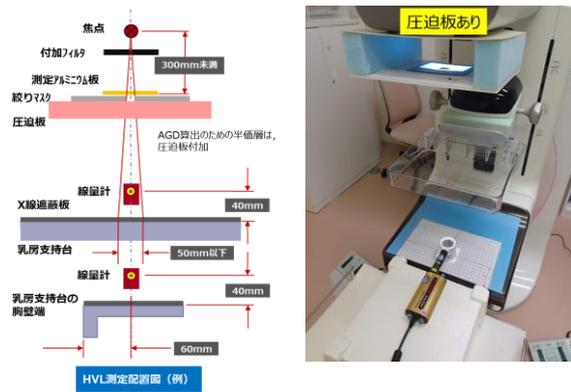


Fig. 3 半価層測定配置図

2. 平均乳腺線量測定

①測定方法

通常使用するAEC設定下で、PMMAの厚さ20mm、45mm、70mmの撮影条件を求める(乳房圧迫板の位置は、等価乳房圧迫厚に設定する)。各PMMA厚に対する撮影条件にてX線照射を行い、入射表面空気カーマ(K_E)を測定する。X線照射は可能であれば、照射角度 0° 静止モードを使用する。

次の式を使用して、PMMAの厚さに相当する典型的な乳房厚と乳腺構成に適用される平均乳腺線量(D_T)を計算する。

$$\text{算出式 } D_T = K_E \cdot g \cdot s \cdot c \cdot T$$

- K_E : 入射表面空気カーマ (mGy)
- g : 乳腺含有率50% に相当する係数 (mGy/mGy)
- s : ターゲットとフィルタの組み合わせによる係数
- c : 乳腺含有率50% から異なる乳腺量を補正する係数
品質管理では係数を1とする
- T : 異なる投影角度を補正する係数

それぞれの係数については、JIS Z 4752-3-6:2023、IEC 61223-3-6:2020に掲載されている。特に走査角度に関する係数 K_E 、および係数 s におけるフィルタのバリエーションが追加されているので注意されたい。

②測定配置図

平均乳腺線量測定における空気カーマ測定の配置例を Fig. 4に示す。線量計の位置は、等価圧迫乳房厚の高さとする。また、PMMA厚に対する等価圧迫乳房厚を Table. 1に示す。

③要求事項

(JIS Z 4752-3-6:2023、IEC 61223-3-6:2020)

1回のトモシンセシス走査における平均乳腺線

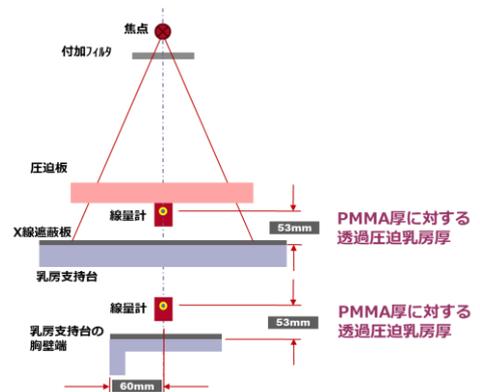


Fig. 4 AGD算出のための空気カーマ測定配置図(例) (PMMA 45mm)

Table. 1 PMMA厚に対する等価乳房圧迫厚

PMMA厚 (mm)	等価圧迫乳房厚 (mm)
20	21
30	32
40	45
45	53
50	60
60	75
70	90
80	103

Table. 2 PMMA厚における平均乳腺線量制限値

PMMAの厚さ (mm)	圧迫板の高さ (mm)	Dose limiting value AGD (mGy)
20	21	1.2
40	45	2.0
45	53	2.5
60	75	4.5
70	90	6.5

量(AGD)は、厚さ 20 mm及び 45 mm並びに 70 mmで決定され、かつ Table. 2の規定する値を超えてはならない。

【まとめ】

日本国内では統一されたDBT品質管理マニュアルが未整備のため、EUREFやIECの国際基準、JIS規格を参考にすることが推奨される。DBTでは、複数の角度から撮影された投影画像を再構成するため、2Dマンモグラフィよりも線量評価が複雑である。しかしながら、測定点等、基本的には2Dマンモグラフィにおける線量評価と大きな変更はない。ユーザー側は精度を保証しながら線量評価を行い、マンモグラフィの画質と線量の最適化を図ることが重要である。

【参考文献・図書】

- 1) 小山智美他：叢書(39)乳房撮影精度管理マニュアル. 日本放射線技術学会, (2023).
- 2) 斎政博他：デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル. 日本乳がん検診精度管理中央機構, 医学書院, (2017).