

乳房用 X 線装置の総ろ過厚導出の検討

関本道治、織部祐介、大徳尚司、吉田秀義
新潟医療福祉大学 診療放射線学科

【背景・目的】 X 線管装置から照射される X 線の量やエネルギーを把握することは、患者被ばく線量を把握する上でとても重要である。一般的に医用 X 線は、X 線管のガラス壁、X 線管容器中を循環する絶縁油、X 線用可動絞り中のミラー等を透過し、X 線源装置外に射出する。また、軟線領域を除去することで被ばく低減を図る金属フィルタが付加されている。

X 線管装置には、「総ろ過」と言われる X 線束を通過する物質の厚さを規定するものがある。総ろ過は、診断用 X 線源装置の X 線管装置自身による固有ろ過、X 線用可動絞りおよび線質硬化を目的としたフィルタによる付加ろ過の総和と定義される。診断用 X 線源装置の固有ろ過を求める方法は IEC60522 で規定されている。しかしこの規定には、乳房用 X 線装置の固有ろ過を求める方法が記載されていない。これは、使用する X 線エネルギーが限定されていることや、X 線源装置に X 線を減弱させる物質が少ないことなどが考えられる。そのため、乳房用 X 線装置のろ過厚は、取扱説明書に記載されている数値をそのまま使用しているのが現状である。

我々は、診断用 X 線源装置の総ろ過厚を簡便に評価できる方法を発表した¹⁾。今回、この方法を用いて乳房用 X 線装置のろ過厚が評価可能であるか検討した。

【方法】本方法の測定手順は Figure 1 の通りとなる。まず実際のマンモグラフィ装置の距離 $D (= 700 \text{ mm})$ における総ろ過厚 x 時の空気カーマ K_x と既知の Al 板 T を加えた総ろ過厚 $x+T$ 時の空気カーマ K_{x+T} を測定して比率 $R' (= K_x / K_{x+T})$ を求める。次にシミュレーションソフトに測定で使用したマンモグラフィ装置のターゲット材質や角度、フィルタ材質等の条件を入力し、総ろ過厚 x 時の空気カーマ K_x と既知の Al 板 T を加えた総ろ過厚 $x+T$ の空気カーマ K_{x+T} を算出し、 R を求める。この R と R' との差が最小となる x を trial and error で求めることで Al 当量に換算した総ろ過厚が算出されることになる。

使用した X 線源装置は乳房用 X 線装置 SELENIA DIMENSIONS (Hologic Inc. USA) を用いた。この X 線源装置はターゲットが W、ターゲット角度は 16° 、放射口は 0.62 mm 厚のベリリウム (Be) 窓で、付加フィルタは 0.05 mm 厚のロジウム (Rh) と 0.05 mm 厚の銀 (Ag) を撮影する被写体に合わせて変更するシステムである。本研究では Rh フィルタを用いて評価した。これは使用したシミュレーションソフトが Ag フィルタを選択できないのが理由である。照射条件は管電圧 $26 \sim 38 \text{ kV}$ (2 kV ずつ)、 100 mAs に設定した。乳房撮影には

圧迫板を用いて撮影を行う。本研究では圧迫板の有無による総ろ過厚の変化についても評価した。

Al 板の純度は 99.9% で、公称厚 $0.1, 0.2 \text{ mm}$ を用いた。Al 板は、各フィルタの質量 $M [\text{g}]$ を電子天秤で測り、四辺と対角線の長さをノギスで測り、Heron の式から面積 $S [\text{cm}^2]$ を算出し、(1) 式を用いて厚さを算出した。ここで、 ρ は密度 $[\text{g/cm}^3]$ で、 2.699 とした。

$$x = \frac{M}{S \cdot \rho} \quad (1)$$

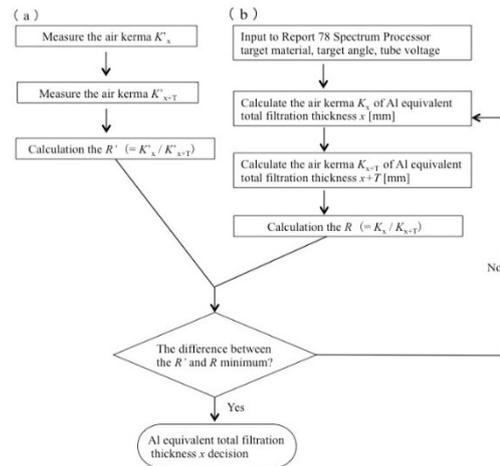


Fig.1 総ろ過厚測定のプロフローチャート。(a) が実測、(b) が計算の過程を示す。 R' と R の差が最小か判断し、大きい場合は再度計算をやり直す (No 側)。最小の場合は、計算した x が Al 当量総ろ過厚となる。

【結果】 使用した乳房用 X 線装置の総ろ過は、 0.05 mmRh (圧迫板含めない) である。検証した結果、管電圧 $30 \sim 38 \text{ kV}$ の範囲において、 $0.053 \text{ mmRh} \pm 0.001 \text{ mmRh}$ となった。

【考察】取扱説明書には Rh フィルタ厚は $\pm 10\%$ と誤差を含むと記載されているため、得られた結果は誤差範囲内であることが分かった。しかし、 26 と 28 kV では $\pm 10\%$ を超える結果となった。Rh は管電圧が低いと X 線減弱が大きくなる。一般的に Rh フィルタは 30 kV 以上で用いられている装置が多い。そのため、 30 kV 未満の場合はフィルタ厚も実装厚よりも厚くなる傾向が表れると考えられる。これは圧迫板を用いた場合でも同じ傾向が表れる。

【結論】本方法は乳房用 X 線装置の総ろ過厚を評価することが可能である。乳房用 X 線装置は W や Rh のほかにモリブデン (Mo) を用いた装置も多く存在する。今後は Mo を用いた装置も評価し、本方法の有効性をさらに検証していきたいと考える。

【文献】

1) Sekimoto M, Katoh Y: Derivation of total filtration thickness for diagnostic X-ray source assembly, Physics in Medicine and Biology, 61: 6011-24, 2016.