

課 題 研 究

被検者被曝線量の実用的な測定方法

| | |
|-------------------|-------|
| 山形大学医学部附属病院 | 江口陽一 |
| 弘前大学医学部附属病院 | 木村均 |
| 秋田県成人病医療センター | 土佐鉄雄 |
| 岩手医科大学附属循環器医療センター | 瀬川光一 |
| N T T東日本東北病院 | 大久敏弘 |
| 東北大学医学部附属病院 | 佐藤州彦 |
| 福島県立医科大学附属病院 | 久保田浩之 |

1. はじめに

前年度は、血管撮影領域で実用的な線量計と思われる面積線量計と米国マクマホン社製のリアルタイム積算皮膚線量計、それに透視撮影条件から計算で被曝線量を推定するNDD (Non Dosimeter Dosimetry) 表面線量簡易換算法¹⁾について、その特性の評価と問題点を整理した²⁾。

被検者の皮膚線量を測定する場合、精度の上から、面積線量計やリアルタイム積算皮膚線量計などを用いることが望ましいが、現状では、これらの線量計を所有している施設は極めて少ないと考えられる。そこで今年度は、線量計を持たない施設でも、被検者の皮膚線量を推定できるNDD法をさらに検討し、血管撮影領域で使い易いプログラムを開発することを目的とした。

2. 血管撮影領域でNDD法を用いて皮膚線量を推定するときの問題点

血管撮影領域でNDD法を用いて皮膚線量を推定する場合、いくつかの問題点が浮上した。それらを以下にまとめる。

2.1 NDD表面線量簡易換算法と皮膚吸収線量の差

NDD法は、Shallow型チェンバをMix-Dpファントムに埋め込んで線量を測定³⁾しているが、Shallow型チェンバは後方散乱に対する感度がほとんどないため、計算結果が後方散乱を十分に反映していないと考えられる(図1)。我々の測定結果でも、電離箱線量計の値から計算した皮膚線量とNDD法から算出した線量を比較した場合、NDD法が10~20%程度低い値を示した(図2)。

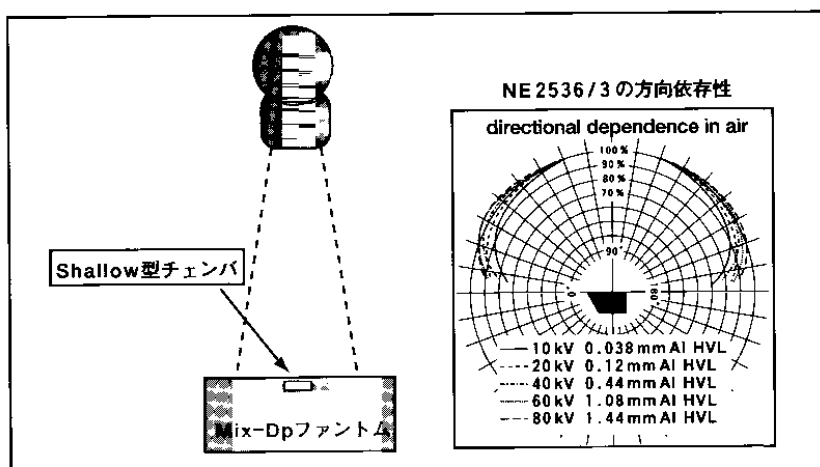


図1 NDD法のジオメトリとShallow型チェンバの方向依存性

2.2 短時間タイマと照射線量

シネ撮影やパルス透視などで用いられる数 msec のパルス X 線では、管電圧波形の立上がり立下り時の影響が大きくなり、10 msec 以上のパルス X 線より相対的照射線量が多くなる(図3)。

2.3 装置メーカーにより照射線量が異なる

同一透視撮影条件でも、装置メーカーで照射線量が異なる場合がある。また、同一機種でも調整状態で照射線量が異なる。

2.4 カテーテル寝台の吸収

表1に、5装置のカテーテル寝台の吸収率を示した。各寝台で吸収率が大きく異なっている。また、管電圧(線質)によっても吸収率は異なってくる(図4)。血管撮影装置はアンダーチューブ方式のため、カテーテル寝台の吸収を考慮に入れる必要がある。

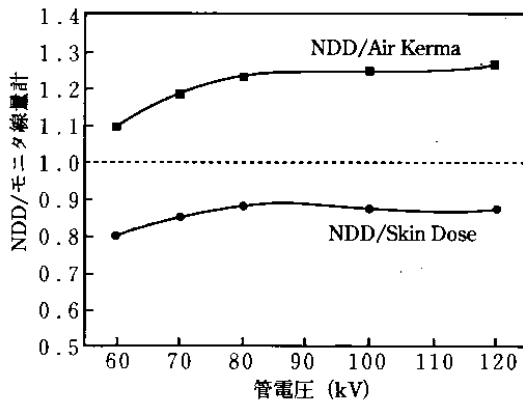


図2 NDD法から算出した値と、電離箱線量計の照射線量から算出した Air Kerma と皮膚吸収線量の比較

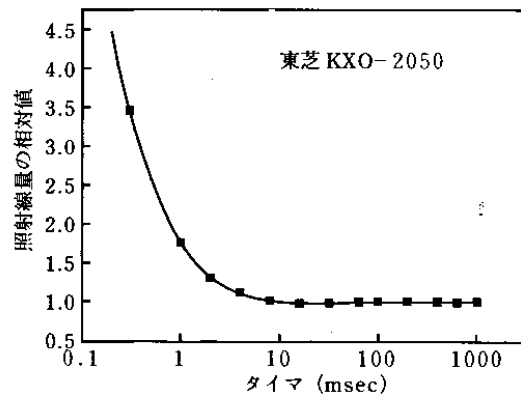


図3 1000 msec のパルス X 線を 1 とし、0.3 ~ 1000 msec までの照射線量の相対値

2.5 厚い付加フィルタを用いたときの計算

NDD法は、AlとCuの付加フィルタに計算が対応しているが、Alの総濾過で8.5 mmまでしかテーブルを持っていないため、0.3 mm以上のCuでは計算が出来ない。最近の血管撮影装置では、軟線をカットするために0.3 mm以上のCuが自動的に挿入される装置もあり、対策の必要性がある。

2.6 多方向から透視撮影が行われた場合の計算

心臓カテーテル検査では、多方向から透視撮影が行われるため、透視撮影条件と幾何学的配置の把握が難しい。また、X線が皮膚面の広範囲に照射するため、X線の入射位置と線量計算を難しくしている。

3. プログラムの開発

今回開発したプログラムは、基本的にNDD法を用いて皮膚線量を推定するが、2.で示したような問題点に対処するために、プログラムに次のような対応を行った。

3.1 X線装置ごとの補正係数を計算する

使用するX線装置で、2.1~2.5の問題点に

表1 5装置のカテーテル寝台の吸収率 (管電圧 80 kV)

| 装置 | 吸収率 (%) | 備考 |
|----|---------|--------------------|
| A | 10.9 | 付加フィルタ (0.1 mm Cu) |
| B | 14.3 | |
| C | 14.8 | |
| D | 23.2 | |
| E | 27.9 | Angio-CT寝台 |

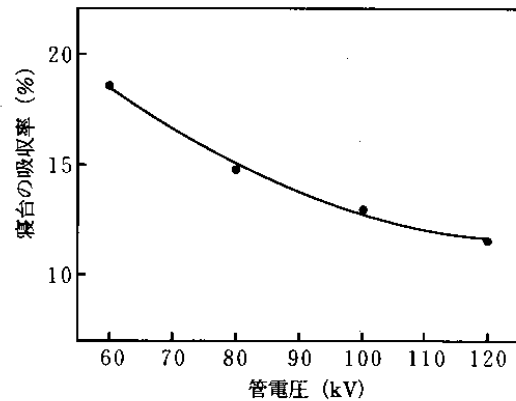


図4 管電圧とカテーテル寝台の吸収率の関係を示した一例

対処し、計算精度を向上させるために、X線装置ごとの補正を行なえるようにした。図5に示すような配置図で、臨床で一般的に用いられる条件下(よく用いられる管電圧、タイマ、付加フィルタ)で照射線量を測定し、照射線量、撮影条件、幾何学的条件を入力することにより、NDD法と比較し、そのX線装置の補正係数を自動的に計算するようにした。

照射線量から皮膚の吸収線量を求めるためには、X線の実効エネルギーと照射野サイズから後方散乱係数と吸収線量換算係数を求めて、照射線量に掛ける必要がある⁴⁻⁵⁾。後方散乱係数と吸収線量換算係数は臨床で使用される範囲では大きく異なることはないので、今回のプログラムでは、実効エネルギーを35 keVとし、照射野サイズは直径15 cmの円形照射野として計算した。その皮膚線量とNDD法から算出した値とを比較して、X線装置の補正係数を求めるようにしている。なお、補正係数は透視と撮影条件の二つを求めるようにしている。

今回の目的は、線量計を持たない施設でも皮膚線量を推定できるプログラムの開発であるが、計算精度向上のためにも可能ならば一度は補正係数を求めることをお勧めする。

3.2 厚い付加フィルタへの計算の対応

NDD法のデータを外挿してテーブルを拡張し、厚い付加フィルタに対応した。

3.3 多方向からの透視撮影された場合の照射部位と線量の計算

多方向から透視撮影されたときの照射部位と線

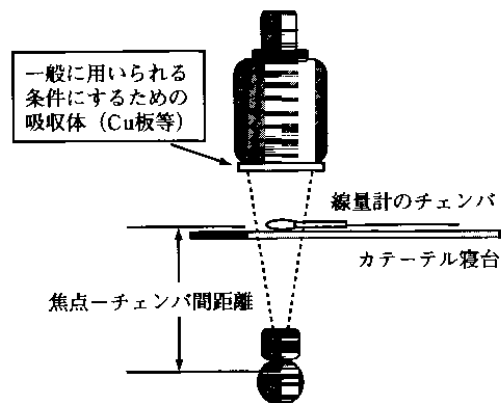


図5 装置の補正係数を測定するときの配置図

量計算は、グラフィック表示することで、照射部位と皮膚線量を推定するようにした。

本プログラムでは、X線束中心がかならず対象部位の中心部を通ると仮定し、幾何学的計算を行った。また、皮膚面はフラットな面として考えた。

図6に、本プログラムの計算の一例を示す。入力する項目は、カテーテル寝台から対象部位までの距離(b)、床からアイソセンタまでの距離(IcF)、平均的な床からカテーテル寝台までの距離(Ta)、それに入射角度(α)である。これらの条件より、焦点皮膚間距離($SSD = a + Ic(Ta > IcF)$, $a = |Ta - IcF| / \cos \alpha$)、X線入射位置($Xs = \tan \alpha \times b$)を計算する。これに、照射野情報(I.I.入力面での)を加え計算結果を検査部位のシェーマと共に表示するようにした。この例では、RAO-LAO方向のみの入力であるが、CRA-CAU方向に角度がついている場合も、計算が少し複雑になるが同様な方法で行なっている。

X線が皮膚面に対し斜入した場合の照射野形状は、円形照射野の場合は、直円錐を斜めに切った切断面と考えられる。その切断面は正確には楕円体ではないが、本プログラムでは、計算を簡単にするために楕円体として計算している。また、矩形照射野の場合は、角錐を斜めに切った切断面として計算できるが、矩形照射野は、Cアームが被検者に対し、どの方向からセットされたかにより、皮膚面での照射野形状が異なってくる。本プログラムでは、Cアームが被検者に対し、頭の真上からセットされた場合と、体の真横からセットされた場合にのみ計算が対応している。

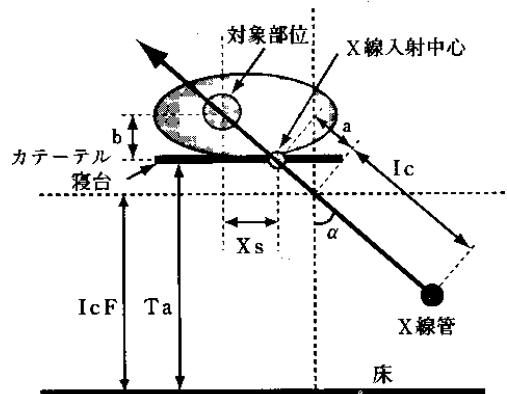


図6 X線入射点と焦点皮膚間距離の計算の一例

3.4 計算結果の例

図7に、計算結果の一例を示した。計算結果は照射部位と皮膚線量の値をグラフィックで表示する。また、皮膚線量を知りたい場所にマウスのポインタをもっていくと、その位置の皮膚線量を知ることができる。患者情報と計算結果はデータベースで管理しているため、必要な時に参照できる。なお、プログラムが走る環境は、Windows 95以上のDOS/Vマシンである。

4. 最後に

今回開発したプログラムは、透視撮影条件や幾何学的条件をすべて人の手で入力しなければならず、煩雑な面も多くあるが、線量計を持たない施設でも、被検者のおおよその皮膚線量を知ることができると思う。この皮膚線量の推定値から、各施設での被検者の皮膚線量の現状把握と、防護の最適化に役立っていただければ幸いである。

なお、プログラムは本研究会の推進母体である各研究会に、プログラムを書き込んだCD-ROMを配布した。

参考文献

- 1) 森 剛彦、村田勉、村田正夫、他：X線診断領域における患者の皮膚入射線量簡易換算式-NDD法-、(社)茨城県放射線技師会、(社)茨城県放射線技術学会茨城支部 被曝低減委員会、1996
- 2) 江口陽一、木村 均、土佐鉄雄、他：被検者被曝線量の実用的な測定方法、全国循環器撮影研究会誌、11、34-39、1998
- 3) 森 剛彦、岡本治夫、村田勉、他：X線診断領域の表面線量測定のための簡易換算法、日本放射線技師会雑誌、33(1)、13-28、1986
- 4) 鈴木昇一：診療用X線検査時の患者被曝線量を知る方法、診療現場の問題点-線量測定的位置と単位について-、日放技学誌、53(12)、1859-1861、1997
- 5) 西谷源展：デジタルX線画像の画質と被曝-X線計測における問題点-、日放技学誌、52(11)、1579-1582、1996

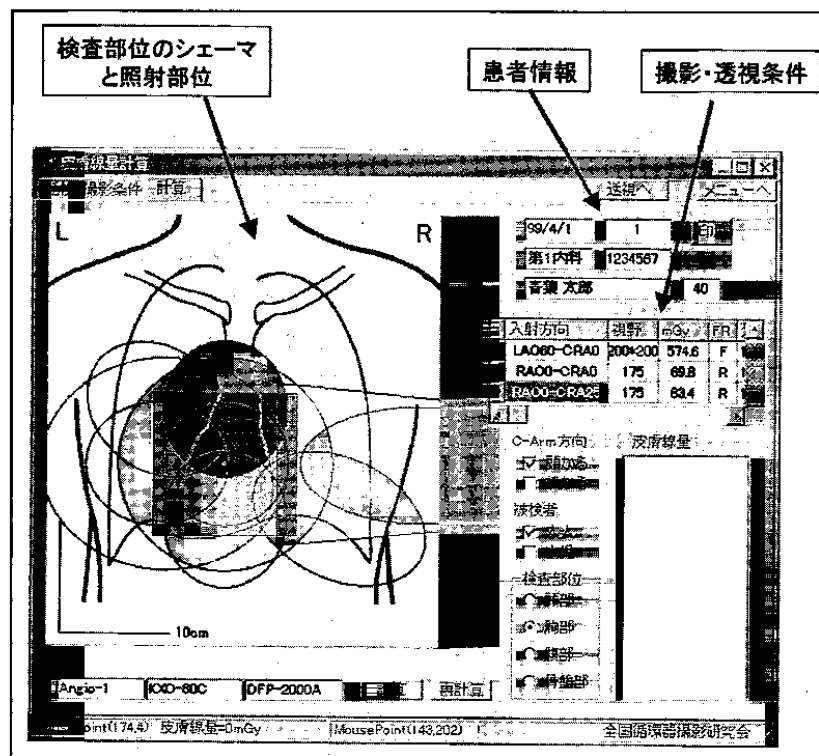


図7 本プログラムでの計算結果