

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

旭川放射線技師会会誌 (2004) 26巻:37～39.

標準測定法01による吸収線量測定法の検討

山田裕樹、杉森博行、赤谷伸也、西部茂美

標準測定法 01 による吸収線量測定法の検討

旭川医科大学医学部附属病院 放射線部

○ 山田 裕樹 杉森 博行 赤谷 伸也 西部 茂美

【はじめに】

昨年(2002年)9月に、日本医学物理学会より「外部放射線治療における吸収線量の標準測定法(以下、測定法01)」が刊行された。これは、1986年に刊行された「放射線治療における高エネルギーX線および電子線の吸収線量の標準測定法(以下、測定法86)」を大幅に改訂したものである。

〔改訂のポイント ～X・γ線に対して〕

1. 線量を国際的に統一された方法で測定する
2. 校正定数は、コバルト校正定数NCから得られる水吸収線量校正定数ND, Wを使用する
3. コバルト校正定数NCはリニアックX線を用いて標準線量計との感度比較によっても得られる
4. 指頭型線量計は、ファーナー型へ統一された
5. 線量計校正の際、水ファントム内の校正深で行う
6. 水吸収線量校正定数 ND, Wの追加
7. 校正深が 10 g/cm²になる(水では10cm)
8. PDD, TMRの測定では、実効中心は0.6r線源側に変位する(半径変位)
9. 校正定数比(ND, W/NC) kD, Xなどの各種係数が見直しされた

【目的】

標準測定法01に基づき、専用水ファントムを用いて、4MVX線および10MVX線の吸収線量測定を行い、その測定誤差について検討する。また、固体ファントム(MixDP, Solid Water)を用いて測定した基準深吸収線量との比較を行うとともに、測定データの取扱等について検討する。

【使用機器】

直線加速装置: Varian社製 CLINAC - 2100C

電離箱: 応用技研 JARP型 C-110 (0.6ml)

電位計: 応用技研 AE-132a (医療用線量標準北海道地区センターにて2003.3.5校正済)

水ファントム: 東洋メディック MODEL 501 - 300F/T (防水材アクリル樹脂鞘[PMMA]厚 1.0mm)

固体ファントム: MixDP GAMMEX RMI Solid Water

専用水ファントム中心部には電離箱挿入用のアクリル樹脂鞘があり、ここに電離箱を挿入して測定を行う。水

槽4面にはそれぞれ赤黒の2本の目盛りが刻まれており、黒は電離箱の幾何学中心をゼロとしたもの、赤は0.6r線源寄りに変位した点をゼロとしてある。すなわち、黒は校正深測定用、赤は深部量比測定用となる。(Fig. 1, 2)

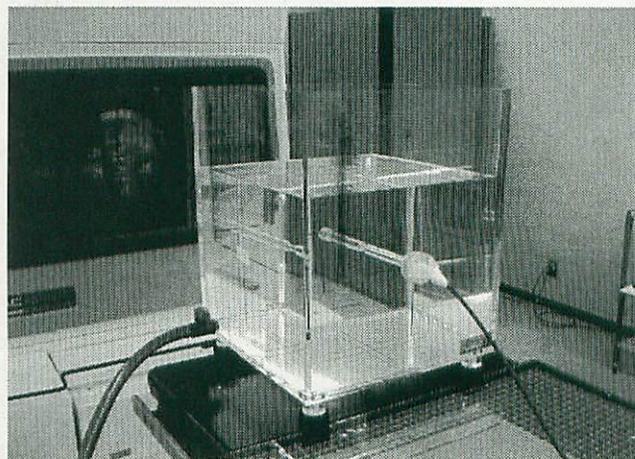


Fig.1 校正用水ファントム

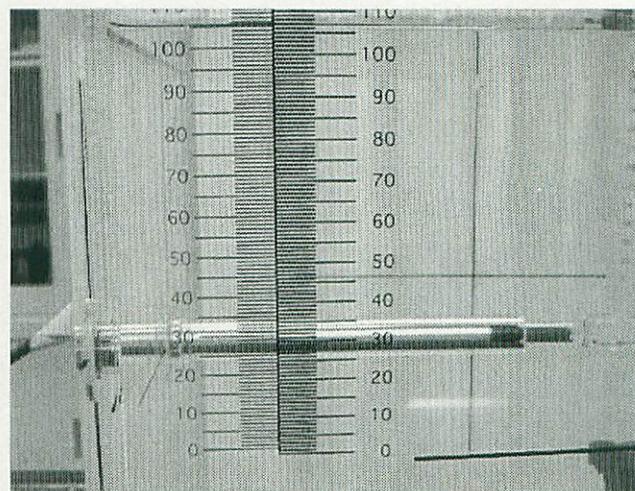


Fig.2 防水鞘およびスケール

【測定方法】

1) 水ファントムを用いた測定

測定法01に示す手順に従い、4MVX線及び10MVX線について、それぞれ測定日を変えて測定を行った。(Fig. 3)

2) 固体ファントムを用いた測定

MixDPおよびSolid Waterを用いて、基準深吸収線量の測定を行った。また、TPR_{20.10}を測定し、水ファントムのデータと比較を行った。(Fig. 4)

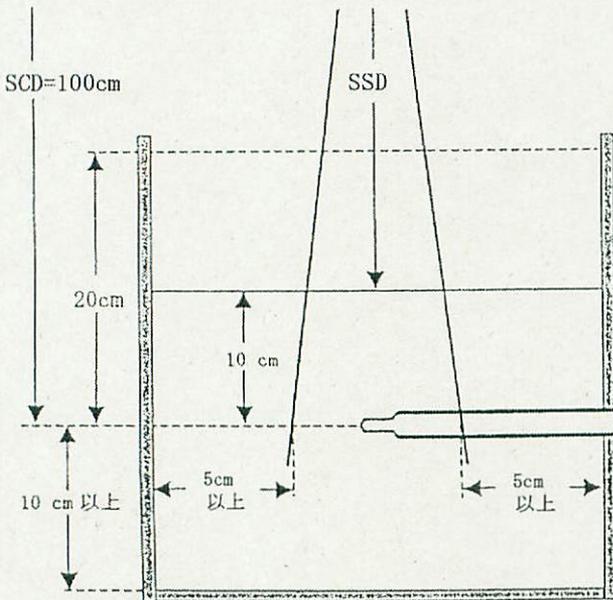


Fig. 3 水ファントムの幾何学的配置図

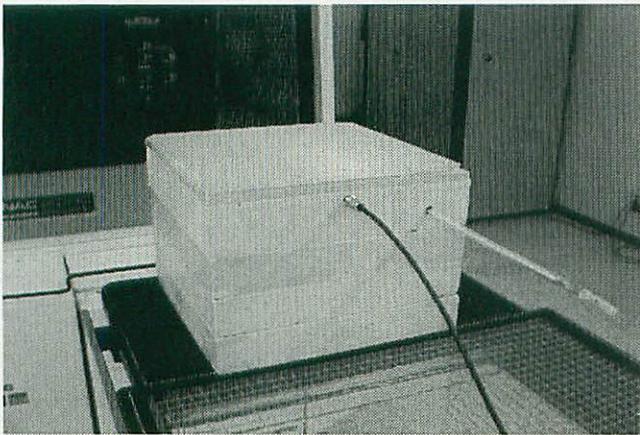


Fig. 4

〔新旧測定法の違いについて〕

新旧測定法の計算式を以下に示す。

(測定法86)

$$D_c = M \cdot C_\lambda \cdot N_c \cdot k_1 \cdot (P_{ion})$$

$$C_\lambda = \frac{\bar{W}_{air}}{e} \cdot A_c \cdot A_w \cdot \left[\left(\frac{\bar{L}}{\rho} \right)_{w,air} \right] \cdot Pd \cdot Pf$$

(測定法01)

$$D_c = M \cdot N_{D,w} \cdot k_Q$$

$$M = \bar{M}_{raw} \cdot k_{TP} \cdot k_{pol} \cdot k_s \cdot k_{elec}$$

$$k_{D,X} = \frac{\bar{W}_{air}}{e} \cdot k_{at} \cdot k_m \cdot k_{cel} \cdot \left[\left(\frac{\bar{L}}{\rho} \right)_{w,air} \cdot P_{wall} \cdot P_{cav} \cdot P_{dis} \cdot P_{cel} \right]^{60 Co}$$

このうち、イオン再結合補正係数、極性効果補正などの新旧測定法に共通した係数を相殺すると、測定結果に影響する要因は、 $kD, X \times kQ$ の値と C_λ 値の違いと考えられる。

$$M \cdot N_c \cdot k_{D,w} \cdot k_Q \doteq M \cdot C_\lambda \cdot N_c$$

$$k_{D,X} \cdot k_Q \doteq C_\lambda$$

ここで、4MVX線の $TPR_{20.10} = 0.626$ 、10MVX線の $TPR_{20.10} = 0.73$ とし、新旧測定法のそれぞれの係数に与えられているデータを代入し比較すると、

$$4 \text{ MVX線}; kD, X \times kQ / C_\lambda = 37.02 \times 0.9956 / 37.0118 = 0.99582 \text{ (-0.42\%)}$$

$$10 \text{ MVX線}; kD, X \times kQ / C_\lambda = 37.02 \times 0.9820 / 36.5537 = 0.99452 \text{ (-0.55\%)}$$

となり、測定法01での測定値が理論上では旧測定法と比べてやや低い値をとることが予想される。

【結果および考察】

1) 水ファントムを用いた測定

水ファントムによる測定値のバラツキを確認するため、測定日を変えて5回の測定を行った (Table. 1)。その結果、4MVX線に関しては、最大で平均値+0.75%の値を示した。 $TPR_{20.10}$ および線質係数 kQ の値を比較すると、測定日による差はみられず、測定誤差要因は、温度気圧補正係数 k_{TP} に大きく依存していると考えた。10MVX線では最大で平均値+0.63%となったが、4MVX線と同様の傾向が見られ、やはり温度気圧補正係数の影響が測定誤差に大きく影響していると考えた (Table. 2)。

温度気圧補正係数に関して、測定時の水ファントム中の水温と、外気の温度差が問題となるが、通常治療室の室内はエアコンにより 27°C 前後に保たれている。この状態で 35°C の水を24時間放置した場合、水温は 24.6°C となった (測定日1)。

このとき、 2.4°C の温度差があり、温度気圧補正で水温と気温のどちらを採用するかにより測定値に影響を与える。 $(1^\circ\text{C}$ で0.34%、 2°C で0.67%の誤差)。防水鞆部に温度計を入れて測定したところ、ほぼ水温と一致した。そのため、電離箱内の気温が水温と同じになるような十分に長い時間 (今回は1時間とした) をおくことで、電離箱内の気温は水温に近づくと考え、温度気圧補正係数には水槽内の水温を採用した。

$TPR_{20.10}$ 及び線質係数 kQ の値は、4MVX線、10MVX線ともどの測定日においてもそれぞれほぼ一定の値となった。装置の出力、水ファントムのスケールからの水面の読み取り誤差などのセットアップによる影響は小さく、むしろ電離箱の温度気圧補正による影響が直接測定値に関与しており、誤差としての大きな要因となることが示唆された。

2) 固体ファントムを用いた測定

MixDPおよびSolid Waterを用いて4MVX線、10MVX線それぞれの基準深吸収線量を測定した(Table3)。MixDPでは4MVX線、10MVX線ともに水ファントム測定値よりも1%程度低く、Solid Waterでは0.5~0.8%高くなった。測定時の線質を比較するため、TPR20.10の測定結果を示す(Table4)。

MixDP、Solid Waterともに水等価ファントムとして使用されているが、実際には構成組成や密度に違いがあり、散乱吸収の影響を受け、深部線量に影響すると考えられるが、TPR20.10の値は測定媒質によって変わらないことを確認した。

測定日	4MVX 250MU/250DR 10cm×10cm				
	1	2	3	4	5
T1(気温)	27.0	25.8	22.4	23.3	23.5
T2(水温)	24.6	24.4	22.6	22.2	22.5
気圧mbar	1006.2	1009.1	1002.6	996.3	982.5
k_{TP}	1.0159260	1.0123260	1.0127265	1.0177522	1.0330955
校正深(10cm)	221.8	221.6	222.0	222.3	219.2
$TMR_{1.0}$	0.7310	0.7300	0.7309	0.7286	0.7272
$TPR_{10,20}$	0.6052	0.6028	0.6200	0.6234	0.6198
k_Q	0.99649	0.99657	0.99600	0.99577	0.99601
基準深線量	297.591	296.816	296.816	299.565	300.488

$$N_{D,w} = k_{D,x} \times N_C = 37.02 \times 2.61710^{-4} = 0.9688134 \times 10^{-2}$$

Table 1

測定日	10MVX 400MU/400DR 10cm×10cm				
	1	2	3	4	5
T1(気温)	27.0	25.8	22.4	23.3	23.5
T2(水温)	24.6	24.4	22.6	22.2	22.5
気圧mbar	1006.2	1009.1	1002.6	996.3	982.5
k_{TP}	1.0159260	1.0123260	1.0127265	1.0177522	1.0330955
校正深(10cm)	400.7	402.2	402.2	401.3	396.9
$TMR_{2.5}$	0.8419	0.8414	0.8435	0.8429	0.8400
$TPR_{10,20}$	0.7261	0.7243	0.7374	0.7375	0.7376
k_Q	0.98278	0.98314	0.98052	0.98050	0.98048
基準深線量	460.381	460.909	458.718	460.281	463.683

$$N_{D,w} = k_{D,x} \times N_C = 37.02 \times 2.61710^{-4} = 0.9688134 \times 10^{-2}$$

Table 2

4MVX	298.255	295.647	299.619
d=1.0cm	100%	-0.87%	0.46%
10MVX	460.794	456.088	464.423
d=2.5cm	100%	-1.02%	0.79%

Table 3 基準深での出力の比較

4MVX	0.61424	0.61012	0.61401
10MVX	0.73258	0.73107	0.73492

Table 4 TPR 20.10 の比較

【結語】

1. 標準測定法01に基づき、専用水ファントムを用いた4MVX線、10MVX線の吸収線量測定を行った。その結果、現状での吸収線量(MixDP使用)測定値との測定誤差は1%程度であった。

2. 吸収線量の評価において、今回の改定により各種係数が見直されているが、第1版出版後に、湿度補正の記述、校正定数比kD、X値および線質変換係数kQ値の訂正が行われており、データの使用に際しては細心の注意が必要である。また、与えられたデータをそのまま使用するのではなく、各自で検証することが必要と考える。今後、更にデータが更新される可能性もあり、注意を要する。
3. 各施設で、今一度測定値および測定方法の見直しを行い、放射線治療線量のQA/QCを確立するとともに、医療事故防止に細心の注意を払っていかねばならない。

【参考文献】

- 1) 外部放射線治療における吸収線量の標準測定法一標準測定法01一、日本医学物理学会編、通商産業研究社、2002
- 2) 放射線治療における高エネルギーX線および電子線の吸収線量の標準測定法2版、日本医学放射線学会物理部会編、通商産業研究社、1989