

被ばく防護の実際と実践 手指被ばくに関する基礎的検討

新潟大学医歯学総合病院 診療支援部放射線部門 ○新田見 耕太(Nitami Kota)

【はじめに】

非血管IVR (Intervention Radiology) と呼ばれる手技は、X線TV室などにあるX線透視装置で行われることが多い。Japan DRLs 2015¹⁾では検討段階であったが、DRLs 2020²⁾ではこの分野を「診断透視」とし、初めて線量調査結果が報告された。今後はRDSR (Radiation Dose Structured Report) 出力可能な装置が増え、より詳細な線量調査が行われていくと考えられる。これらの領域で使用される装置は、オーバーテーブルX線管形装置が多く、透視時間によっては術者の水晶体被ばくや手指被ばくが問題となる可能性がある。

【目的】

本検討では、手指被ばくにフォーカスを当て、X線透視装置使用時の空間線量測定と、放射線防護手袋の基礎的検討として、二種類の放射線防護手袋で遮蔽率の検討を行ったので報告する。

【方法】

○空間線量測定

空間線量の測定はジャングルジム法³⁾にて行った。オーバーテーブルX線管形装置 (SONIAL VISION Safire、島津製作所) の寝台上にCT撮影用全身ファントム (PBU-60、京都科学) を置き、長さ50 cmの紙筒とプラスチックコネクタを格子状に組み上げてジャングルジムを作成した (Fig.1)。従事する術者の手指の位置を想定し、ジャングルジムの床から100 cmの高さのコネクタ部に散乱体に向けてOSL (Optically Stimulated Luminescence) 線量計 (nanoDot、長瀬ランダウア) を貼り付けた (Fig.2)。臨床で使用しているX線透視プロトコールで20分間のX線透視を行い、線量値は読み取り装置で3回読み取りを行った。測定値は空気カーマ値なので、Behrensの換算係数⁴⁾を乗じて皮膚の等価線量Hp (0.07) に変換し、グラフ作成ソフト (Graph-R、株式会社エスネクスト) を使用して、上面図の形でグラフを作成した。



Fig.1 ジャングルジム外観



Fig.2 OSL線量計の貼付位置

○放射線防護手袋の遮蔽率

実験は2種類の放射線防護手袋SG03-85 (0.03 mmPb 厚さ 0.35 ± 0.10 mm、三興化学工業株式会社)、SG10-85 (0.10 mmPb 厚さ 0.70 ± 0.10 mm、三興化学工業株式会社) を使用した。先行研究のジオメトリ⁵⁾を参考に、まずは散乱体周囲で放射線防護手袋を使用した場合の遮蔽率を調査した。寝台の上にCT撮影用全身ファントムを設置し、照射野内1箇所、照射野外は2箇所に電離箱線量計 (ACCU-GOLD+ 6 cc ion chamber, Radcal) を設置した (Fig.3)。臨床で使用しているプロトコールでX線防護手袋の有無でのX線透視・撮影による線量を測定した。透視については2分間の透視を3回、撮影は3回曝射を行い、測定値の平均値からそれぞれの場合のX線防護手袋の遮蔽率を算出した。

診断透視領域では、患者の上にデバイスを置き手技をすることもあるため、寝台上のCT撮影用全身ファントム上に電離箱線量計を設置し (Fig.4)、同様にX線防護手袋の有無でのX線透視・撮影による線量を測定し、遮蔽率を算出した。

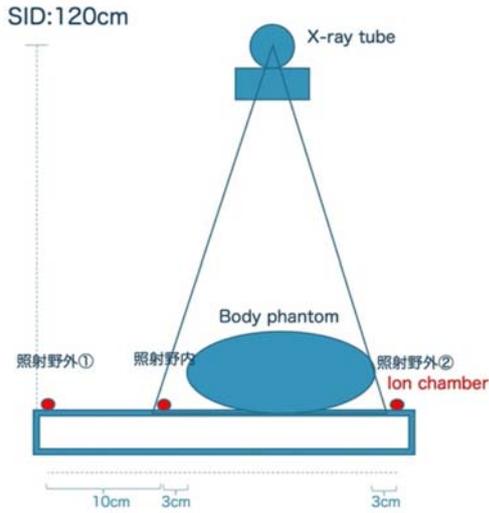


Fig.3 散乱体周囲での線量測定ジオメトリ

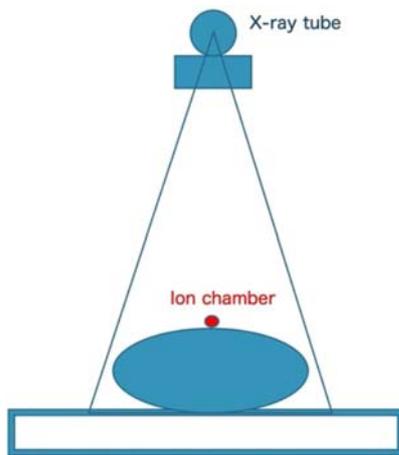


Fig.4 散乱体上での線量測定ジオメトリ

【結果と考察】

○空間線量測定

測定高さ100 cmでの空間線量測定結果をFig.5に示す。図中には、当施設のX線TV室で術者と看護師の立つ確率の高い場所を示している。空間線量率分布の広がり、被写体であるファントムを中心に広がっており、最大空間線量率は術者位置となった。この位置は被写体から最も近かったため、散乱線が多くなつたと考えられる。皮膚の等価線量限度である500 mSv/年に達するには、相当な透視時間を要するが、本検討では散乱線のみ考慮しているため、実際は直接線による術者の被曝も考慮して考えなければならない。術者の手指の位置の空間線量率は、他の測定ポイントに比べ著しく高いため、注意が必要である。空間線量を下げするにはX線透視のパルスレート下げる、付加フィルタを厚くするなどの装置の設定を変更する方法が考えられる。

○放射線防護手袋の遮蔽率

Table 1、2に散乱体周囲での透視・撮影による遮蔽率結果を、Table 3、4に、散乱体上での透視・撮影による遮蔽率結果をそれぞれ示す。散乱体周囲では、照射野内・外問わず、透視および撮影どちらに關しても放射線防護手袋の着用により、鉛当量や散乱体からの距離に応じて線量低減効

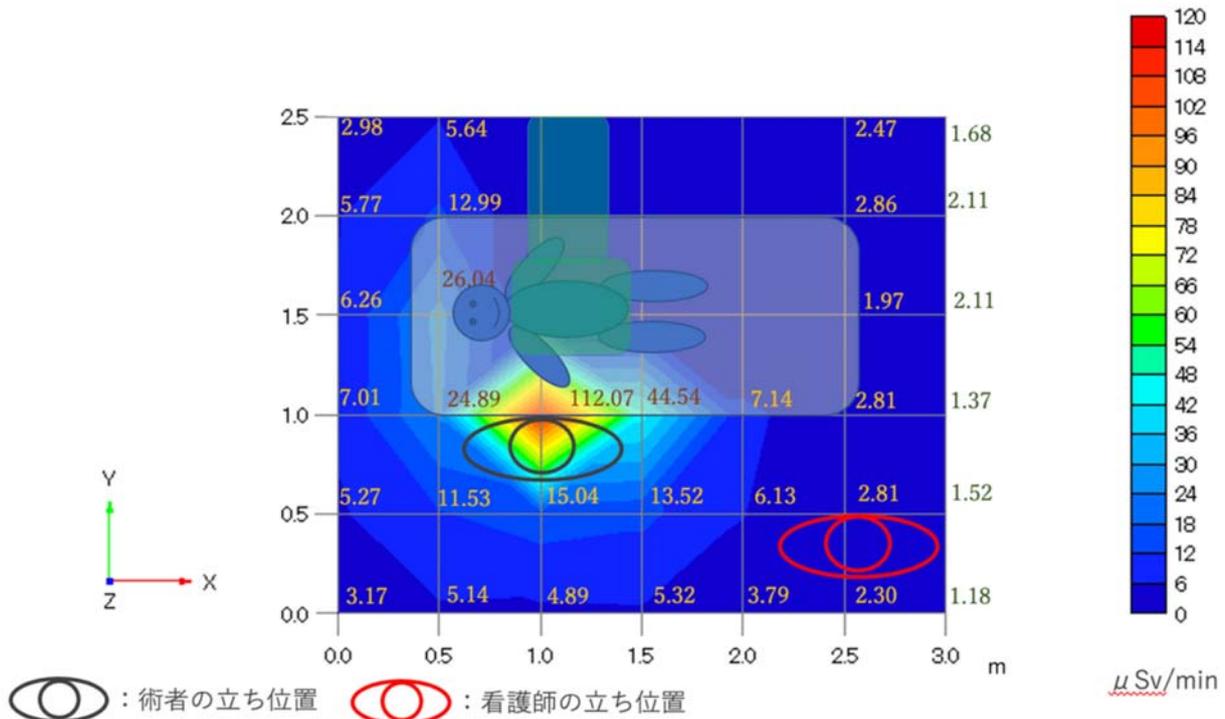


Fig.5 測定高さ100 cmでの空間線量測定結果

果が認められた。照射野内では、0.03 mmPbの放射線防護手袋では遮蔽率が特に低い結果となった。散乱体上での結果では、透視に関しては、X線防護手袋の鉛当量に応じて線量低減効果が認められたが、撮影では0.03 mmPbの放射線防護手袋に遮蔽効果は認められず、0.10 mmPbの放射線防護手袋でも遮蔽率が11%と著しく低い結果となった。

以上をまとめて考察すると、術者が照射野内で手技を行う場合は、今回使用した0.10 mmPbといった鉛当量の大きい放射線防護手袋の着用が推奨され、照射野外でも散乱体（患者）近傍で手技を行う場合は0.03 mmPbのX線防護手袋着用が推奨される。また、やむを得ず術者が患者の身体上に手を乗せて手技をする場合は、0.10 mmPbといった鉛当量の大きい放射線防護手袋の着用が必須であり、そのまま撮影をしないように気を付ける必要がある。照射野辺縁から5 cm離れるだけで散乱体表面線量は1/100程度になる報告⁶⁾もあり、術者が照射野内に手指を入れないよう手技することが最も大切であるが、入れざるを得ない場合はその施設が所有するできるだけ鉛当量の多いX線防護手袋の着用が推奨される。

Table 1 散乱体周囲での遮蔽率（透視）

放射線防護手袋	計測箇所	遮蔽率	条件
(-)			67kV, 1.6mA
0.03mmPb	照射野内	22%	67kV, 1.6mA
	照射野外①	68%	
	照射野外②	57%	
0.10mmPb	照射野内	65%	67kV, 1.6mA
	照射野外①	86%	
	照射野外②	83%	

Table 2 散乱体周での遮蔽率（撮影）

放射線防護手袋	計測箇所	遮蔽率	条件
(-)			74kV, 200mA, 9.7msec
0.03mmPb	照射野内	28%	74kV, 200mA, 9.6msec
	照射野外①	61%	74kV, 200mA, 9.7msec
	照射野外②	54%	74kV, 200mA, 9.5msec
0.10mmPb	照射野内	64%	74kV, 200mA, 9.7msec
	照射野外①	86%	74kV, 200mA, 9.7msec
	照射野外②	85%	74kV, 200mA, 9.5msec

Table 3 散乱体上での遮蔽率（透視）

放射線防護手袋	線量率[mGy/min]	遮蔽率	条件
(-)	2.55 ± 0.19		67kV, 1.6mA
SG03-83	1.68 ± 0.03	34%	71kV, 2.0mA
SG10-85	1.11 ± 0.06	57%	74kV, 2.2mA

Table 4 散乱体上での遮蔽率（撮影）

放射線防護手袋	線量率[μ Gy/min]	遮蔽率	条件
(-)	102.22 ± 0.15		74kV, 200mA, 28msec
SG03-83	112.55 ± 0.29	-	76kV, 251mA, 44msec
SG10-85	90.33 ± 0.17	11%	79kV, 248mA, 59msec

【まとめ】

本検討では、X線TV室におけるオーバーテーブルX線管形装置使用時の空間線量をジャングルジム法で測定した。その結果、空間線量率は被写体付近の術者位置で最大となった。次に、同装置を用いて2種類の放射線防護手袋の遮蔽率の比較検討を行った。その結果、術者が照射野内で手技を行う場合は、0.10 mmPbといった、なるべく鉛当量の大きい放射線防護手袋着用が有用であり、照射野外でも散乱体（患者）近傍で手技を行う場合は、0.03 mmPbのX線防護手袋着用が有用と示唆された。

【参考文献・図書】

- 1) 医療被ばく研究情報ネットワーク. 最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定 2015
<http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf>
- 2) 医被ばく研究情報ネットワーク. 日本の診断参考レベル (2020年版).
http://www.radher.jp/J-RIME/report/JapanDRL2020_jp.pdf
- 3) T. Nakamura, S. Suzuki, Y. Takei, et al. Simultaneous measurement of patient dose and distribution of indoor scattered radiation during digital breast tomosynthesis, Radiography 25 (2019) 72-76
- 4) Behrens R, Air kerma to dose equivalent conversion coefficients not included in ISO 4037-3. Radiat Prot Dosimetry. 2011 Nov;147 (3):373-9
- 5) 坂本肇、池上博昭、小林寛ほか、血管撮影時における術者手指被曝線量低減方法に関する検討、日本放射線技術学会雑誌 65巻1号 p. 25-34、2009
- 6) 中島 裕子、富樫 厚彦、岡 哲也、ほか、診療用X線における術者手掌線量とその線質変化についての考察、日本放射線技術学会 放射線防護分科会誌24巻 p. 63、2007