

一般的な透視検査のガイドライン (JART2006)

一般的な透視検査	入射表面線量
通常透視	25mGy/min

13. インターベンショナルラジオロジー

長時間透視や多くの撮影を伴う複雑なインターベンショナル治療は、放射線で誘発する皮膚傷害 (ICRP85 インターベンショナル手順からの放射線傷害の回避^{xxi}) に対するしきい値を超える皮膚線量となる場合がある。たとえば、高周波心臓カテーテル焼灼術、経皮経管的血管形成、血管塞栓術 (特に神経放射線学的) と血管造影、ステント及びフィルタ挿入などである。そのような検査に対して、標準操作手順と臨床プロトコルは、この傷害の可能性を最小限にするために規定されなければならない。インターベンショナル手順の最適化に特別な注意を払いチーム医療の基、高皮膚線量被ばくが起り得るこれらの検査に関連して、放射線防護の専門家の助言を考慮しなければならない。

1Gy を超える入射表面 (皮膚) 線量となり得るいくつかの検査に対し、線量評価を実施すること。多くの検査による累積線量が評価され、必要な医学的処置がなされるように、測定され又は評価された皮膚線量を被検者記録に経時的に記録すること。潜在的な症候とリスク及び得られた適切な同意に関して、被検者に対し説明を行うこと。

13.1 放射線傷害の回避

放射線診断領域における放射線傷害の対象は、インターベンショナルラジオロジー (IVR) に限定される。IVR は、日常的に大量被ばくを被検者に与えられており、その大量被ばくを与えたという認識がないために被検者の皮膚傷害などが発生する。また、被検者だけでなく、術者、診療放射線技師、看護師も散乱線を受け、その被ばく線量は被検者の被ばく線量に相関する。したがって、被検者および術者等に対して被ばくの危険性を最小限にするための対策が不可欠である。

13.2 被ばく線量の測定

放射線傷害には、被検者への過剰照射による PTCA 後の皮膚潰瘍、TAE 後の一過性脱毛、心臓 RF ablation 後の放射線皮膚炎などがある。また、不適切なエックス線装置の使用、未熟な技術、不十分な防護による医療スタッフの水晶体傷害などがある。特に、被検者において 1 回あるいは短期間に複数回の被ばくで発生し得る傷害と線量の関係は、紅斑が 2Gy、白内障が 2Gy、永久脱毛が 7Gy、遅発性皮膚壊死が 12Gy である。また、被ばくを続ける術者の傷害は、白内障が 3 月に 4Gy、または 3 月以上で 5.5Gy で発生すると考えられる。これらの傷害を未然に防ぐために被検者が受ける線量の評価を行うと共に術者や医療スタッフは個人線量計の適切な着用を実行し、定期的な評価を行わなければならない。

13.3 被検者の被ばく低減方法

- (1) 個々の施設は、それぞれの手技ごとに検査プロトコルを作成し、標準的な撮影部位と撮影回数、透視時間、その場合の被検者の皮膚線量を記載する。
- (2) 種々の防護装置と線量監視システムを有する IVR 専用のエックス線装置を使用するとともに、使用に際して装置の品質保証を行う。
- (3) 被検者被ばくの低減には次の方法を用いる^{xxii}。

- ① 透視時間を最小限に抑制する。

- ②体格の良い被検者では線量率が高くなり、累積線量も早期に増加することを認識する。
- ③エックス線管電圧(kV)をできるだけ高く、エックス線管電流(mA)をできるだけ低くする。
- ④エックス線管を可能な限り被検者から離す。
- ⑤エックス線受像器を可能な被検者に近づける。
- ⑥拡大透視は使い過ぎないようにする。
- ⑦小さい被検者の場合、およびエックス線受像器を被検者に近づけることができない場合には、グリッドを取り外す。
- ⑧照射野を最小限に絞る。
- ⑨手技が長引く場合には、被検者の位置、照射野、照射角度を変え、皮膚の同じ部位が被ばくしないようにする。
- ⑩被検者の体格、エックス線管の位置、照射角度、線量率、被検者とエックス線管距離、撮影枚数などによって同じ透視時間でも被ばく線量が異なることを認識する。

(4)術者被ばくの低減のためには次の方法を用いる。

- ①防護衣、防護衝立を用いるとともに、線量をモニタする。
- ②側面からの透視の場合には、術者はエックス線管側ではなくエックス線受像器側に立つようにする。
- ③アンダーチューブのエックス線装置を使用する。

13.4 インフォームド・コンセントと追跡調査

IVRに関するインフォームド・コンセントを得る場合には、手技上の合併症および造影剤の有害事象と同様に放射線傷害の危険性を説明しなければならない。その場合には、傷害は遅れて出現することや短期間に繰り返し行われることにより重症化することを含めて説明しなければならない。

また、1回のIVRにおいて被検者の推定線量が3Gy（繰り返される手技では1Gy）を超えた場合には、皮膚の照射部位と被ばく線量をカルテに記載する。3Gy以上の場合、被検者および主治医に皮膚傷害の可能性を説明し、10～14日後に追跡調査を行わなければならない。

13.5 事故後の介入

医療従事者が被ばくする人数や総放射線被ばくを増加させる活動を「行為」と呼ぶのに対して、被ばくを減少させる活動を「介入」という。介入を行う場合には、介入プログラムを提案し、提案された介入が害よりも便益が大きく、また、介入の方法、規模および期間が正当化されたものでなければならない。事故後の介入プログラムによる防護措置はそれによって回避される被ばく線量を評価し、判断する必要がある。重大な確定的影響または高い確率的影響を引き起こす被ばく線量に対しては、至急に防護措置の検討が必要である。緊急時事故の作業における被ばくは、人命救助を例外として、約0.5Svを超える実効線量とならないようにしなければならない。皮膚の当価線量は、この場合も人命救助を除き、約5Svを超えることがないようにしなければならない。救済作業による被ばくは、行為を伴う職業被ばくの一部として取り扱われる。このような事故が起こった場合は速やかに監督官庁への報告を行う。

線量評価は、1Gyを超える入射表面（皮膚）線量となり得るいくつかの検査に対し実施する。多くの検査による累積線量が評価され、必要な医学的処置がなされるように、測定され又は評価された皮膚線量を被検者記録に記載する。潜在的な症候とリスク及び得られた適切な同意に関して、被検者に説明する。

- ①診療における放射線の利用は、正当化されるものでなければならない。検査を依頼する医師は、診療上の十分な必要性のうえに、放射線検査の適用を決定しなければならない。
- ②診療に放射線の利用においては、ALARP (As Low As Reasonably Practicable) の原則が遵

守され、常に最適化が図られなければならない。

- ③被検者誤認により必要の無い検査が行われた場合、それによる被ばくはまったく無意味な被ばくとなる。このため、被検者の検査室への導入時には姓名両方での確認、もしくはそれに代わる本人確認手続きを実施しなければならない。
- ④被検者確認において、被検者主訴が放射線検査依頼にある医師による記述と一致しているかを確認することは依頼時の誤記を発見する上で重要である。
- ⑤検査室内において検査の内容を被検者へ説明することにより、本人確認の補助とすることができ、依頼記載ミスを発見することが可能になる。
- ⑥如何なる場合にも、照射領域は診断に必要な画像情報を十分に与える範囲において、最小限に限定される必要がある。

13.6 IVR における医療被ばくガイドライン 2006

日本放射線技師会が平成 18 年に改定した医療被ばくガイドライン 2006 は、医療における正当性を重んじつつ、より実践に用いられ易いように改められた。我が国における医療被ばく低減目標値として参考となる。

IVR のガイドライン (JART2006)

皮膚吸収線量 (1 検査の総量)	2Gy
透視線量率 (基準線量)	25mGy/min

この目標値は装置の透視時の基準線量を管理することによって被ばく低減を目指し、IVR 手技中に最大線量を受ける皮膚部位の吸収線量の被ばく低減目標値を 2Gy としている。

1. チェック項目

- ①患者確認及び患者情報の確認を行っているか。
- ②作業前の安全確認を行っているか (使用機器、器具、測定器等)。
- ③検査の準備・検査中・終了後の安全管理を行っているか。
- ④検査開始時・検査中・終了後の入力データの確認を行っているか。
- ⑤心臓・血管造影検査に関する安全管理規程 (マニュアル) を整備しているか。
- ⑥心臓・血管造影検査に関する安全管理規程 (マニュアル) が実践されているか。
- ⑦異常時の対応、報告等の管理体制の確認を行っているか。
- ⑧装置の受け入れ試験を行っているか。
- ⑨管理上必要な書類の記載を行っているか。
- ⑩放射線被ばく低減技術を駆使しているか。
- ⑪放射線出力測定における安全管理を行っているか。
- ⑫画質評価と被ばく線量の記録を行っているか。
- ⑬定期的に装置の保守点検を行っているか。
- ⑭検査室内の環境 (室温・音楽など) が整備されているか。
- ⑮心臓・血管造影検査に係わる医師、技師、看護師などの職種間で定期的に業務検討会を行っているか。

2. IVR 施行時に想定される事故と事例

- ①スタッフのコミュニケーション不足や思い込み、安全認識の欠如による患者取り違い事故
- ②使用機器、器具の不具合による検査中断や中止

- ③造影剤アレルギーや不整脈による患者急変の危険や対応の遅れ
- ④患者情報、解析結果等の入力誤りによる診断ミスやデータ消去の事故
- ⑤電氣的、機械的安全性の確保不備による事故
- ⑥患者、術者及びスタッフに対する被ばく
- ⑦装置の故障、異常、調整、修理
- ⑧患者の不快感、状態の悪化
- ⑨チーム医療の欠如により検査・治療の質の低下による種々の事故発生

3. 対策方法

- ①患者誘導を含めた業務マニュアルを整備し、見直しも含め管理する。
- ②仕業（始業、終業点検）を実施、記録する。
- ③患者情報入力や解析結果のダブルチェックの徹底と自動化の実現。
- ④安全管理に関する規則（マニュアル）を整備し、実践する。
- ⑤緊急時における対応マニュアルの整備とコードブルー等の訓練の実施。
- ⑥装置・附属機器の導入時に受け入れ試験を行い記録、管理する。
- ⑦エックス線の出入力測定、管理及び記録の保存とスタッフへの被ばく低減教育の実施。
- ⑧メーカーによる定期点検を実施、記録管理する。
- ⑨心臓・血管造影検査を実施するに当たって、十分な説明の上で同意書を取得する。
- ⑩職種間におけるチーム医療の円滑化と検査、治療全般における欠落を防止する。

4. 参考解説

【装置の品質管理】

心臓・血管撮影装置は、診断グループの中でも最も信頼性が問われる装置のひとつである。性能も高度のものが要求されており、設備的には大型化から小型化へ、機械的には固定化から、より自由可変型へ、電氣的には、より高精度・デジタル型へと時代とともに変化を遂げている。また、医療を取り巻く社会環境も、QC・QAにみられるように、装置の性能維持活動もより重要となってきた。したがって、心臓・血管撮影装置導入時は、その装置の機能や性能を把握するためにも、また今後の性能維持管理活動を行うためにも、必ず受け入れ試験を行う必要がある。また、日常の管理活動として、仕業点検（始業・終業点検）を必ず行い、さらにはメーカーによる保守点検も必要である。

【マニュアルの整備】

心臓・血管撮影装置の安全管理体制を整備する上で、マニュアルや記録様式を文書化し、組織・責任体制を明確化することが重要である。マニュアルには患者確認をはじめとした業務行動に関するもの、周辺機器も含めた装置の操作に関するもの、仕業点検（始業・終業点検）、定期点検等の保守管理に関するQAマニュアル、異常事態や緊急時の対応、検査方法や撮影技術に関するもの、感染対策、危機管理等が挙げられる。

【電氣的・機械的安全性】

心臓・血管撮影室では、さまざまなME機器（各種トランスデューサー、心電計、除細動器等）を使用しており、患者及びスタッフの電氣的な安全確保する必要がある。

マクロショックを防止するには、同一アース同電位システムを導入するとともに、患者に直接触れる入力部を構造上電源系から分離されたフローティング型の機器を用いることが必要である。

また、特に心カテ検査は直接心臓にカテーテルを挿入したり、ペーシング用の電極カテーテル

を挿入したりする検査である。カテラボシステムのアース設置が不良であり、カテラボ側の漏れ電流が多いときは、皮膚を介さず直接心臓に流れることにより心室細動を起こす場合がある。このようなマイクロショックを防止するには、検査室内で使用するすべてのME 機器間の最大漏れ電流を10 μ A以下とし、その電位差も10mV以下とすることが絶対条件である。

また機械的安全性の確保においては、イメージ圧迫防止機構や、アーム接触防止機構の搭載装置の導入と管理が必要である。

【患者状態の把握と緊急時の対応】

心臓・血管検査では造影剤を使用するため、アナフィラキシーショックの症状と対応を知っておく必要がある。また、生命が危険にさらされているのか、安定した状態にあるのかを示すバイタルサイン（脈拍、呼吸、血圧、意識レベル、尿量、体温）のチェックをチームの一員として行い、患者状態の把握に協力する必要がある。

【被ばく線量低減】

特にインターベンションによる被ばくが問題となるため、患者、術者、スタッフに対して以下のような注意や対策が必要である。

- ①低レートパルス透視（低線量透視）を必要に応じて使い分けている。
- ②必要最小限の撮影レート、撮影フレーム数を実践している。
- ③軟線除去フィルタをエックス線管に付加している。
- ④透視線量、撮影線量を適切に調整している。
- ⑤焦点－皮膚間距離をできるだけ離すように実践している。
- ⑥I. I. およびFPDを皮膚面に、できるだけ近づけるよう実践している。
- ⑦照射野を必要最小限に絞ることを実践している。
- ⑧過度のインチアップを避けることを実践している。
- ⑨継続した装置管理を実践している（施設で日常のQC、QAを実践している）。
- ⑩目的に応じたプロトコル作成をし、それを実践している。

患者に対して以下のような注意が必要である。

- ①線量又は透視時間の記録をしている。
- ②2Gyを超えたと思われた時の対処方法が検討されており、適切にアドバイスできるように心がけている。IVR時の患者被ばく線量を何らかの形で計測・推測しカルテ等に記載する等。

術者、スタッフに対して以下のような注意が必要である。

- ①「無駄な透視をしない」を啓発し続けている。
- ②各種プロテクタ（メガネ、甲状腺、防護衣）の着用。
- ③防護衝立、天井走行式防護具、鉛カーテン等の積極的利用。
- ④スタッフに対し、被ばく低減教育・訓練を定期的に行っている。
- ⑤継続した装置管理を実践している（施設で日常のQC、QAを実践している）。

【教育訓練】

ヒューマンエラーを完全に防ぐことは不可能であるが、初心者の不慣れや準備不足などのエラー対策として十分な教育訓練を行い、ベテランに対してはエラーを起こしにくい適切な環境を作ることが重要である。また、過去におきた重大な事故において、操作ミスや情報伝達の不足、装置特性の理解不足などのヒューマンエラーが原因となっている。エラーに対する予測と対策を十分に検討し、不測の事態が起きたときの被害を最小限に留めなければならない。

14. 移動装置を備えた予防措置

ポータブル形エックス線装置は、発生装置の小型化、エックス線管の耐高負荷化が進み、据え付け形エックス線装置と遜色ないエックス線出力を有するものも使われるようになった。また、画像出力側の技術革新により、従来のポータブル形エックス線撮影とは思えないほどの画像が得られる状況になっている。本来、エックス線撮影はしゃへいを考慮した管理区域で行うことを前提とするが、医療という特殊性を考慮して、医療上被検者の移動が著しく困難な場合には管理区域ではない病室等での撮影を容認することで行われる行為である。したがって、従来にも増してポータブル形エックス線撮影を行う操作者は、エックス線による自身の被ばくを防護することや被検者周辺に居る人が、一次線と散乱線を極力受けしないよう適切な防護を考える義務がある。ポータブル形エックス線撮影を行う操作者は、放射線防護に関する特別な教育と訓練を受けた後に扱うべきであり、所有する施設内で組織された放射線安全管理委員会等で承認された者のみ扱うことができるよう規定されるべきである。また、依頼する医師等は安易に移動困難であると判断せずに被検者の便益を最優先し、管理区域としたエックス線診療室での撮影を第一に考えるべきである。

操作者は、少なくとも鉛当量 0.25mm 厚の防護エプロンを装着する。何らかの理由で防護エプロンの装着ができない場合は、一次線束を避け被検者から最低 2m の距離をおくべきである。また、介助者が居る場合や周りにいる全ての人の放射線防護を適切に行う必要がある^{xxiii}。

被検者の被ばく線量低減を常に考え、機器の配置、撮影条件を設定しなければならない。とりわけ皮膚-エックス線管焦点距離は、決して 30cm 以下としてはならない。

外傷救急部門、病棟等でのポータブルエックス線撮影は、被検者、操作者及び撮影時に周りにいる全ての人に適切な防護対策を考えなければならない。移動可能な者には撮影する間、エックス線の影響の無いところまで待避するなど、操作者が指示しなければならない。このことは通常、リスク管理に伴う「ポータブル装置を用いた撮影に関する規程」等、院内規則として扱われるべきである。

ポータブルエックス線撮影によっては間仕切りや壁が十分なエックス線のしゃへいできない場合もある。その場合であってもエックス線束の方向と照射サイズについては、特別な注意を払い、局所のしゃへいを考慮するなど可能な限り検討が必要である。

放射線防護上水平方向の使用は、可能な限り避けられるべきである。やむを得なく実施する場合であってもエックス線照射方向に被検者のみが居る状態を考え、他の者が被ばくしないよう行わなければならない。

ポータブル形エックス線装置は、許可された者だけが使用できるよう規定すべきであり、保管場所には施錠できることが必要で、子供等のいたずらで容易にエックス線が発生しないような「安全」状態にしておくべきである。以上のことを遵守することはもちろんのこと、下記に挙げた項目について管理者の責任の下、放射線の安全な検査を確保するため各施設は機器の品質管理に努め、操作者は最適な放射線量をコントロールしなければならない。

- ①放射線を利用する診療放射線技師、医師らは代表的な放射線検査において、診断に必要な画像情報を得る上での放射線量の参照レベルを設定しなければならない。
- ②この参照レベルは、実際の診療時に使用する放射線量を拘束するものではなく、使用する放射線量が標準に対してどのようなレベルにあるのかを明確にするものでなければならない。
- ③診断参照レベルは無用な高線量を被検者へ与えることを防ぐために、放射線防護上の最適化の一つとして日常の医用放射線診断装置の品質管理プログラムの中で用いられるものである。

- ④診断参照レベルは診療放射線技師の専門的判断に助言を与えるものであり、良質な医療かどうかを区分する境界線ではない。
- ⑤診断参照レベルは最高の技術を用いてのみ到達可能なレベルであってはならない。広範な調査をもとにして、75パーセント近傍の値が適用されるべきである。
- ⑥診断参照レベルは関連画像診断機器の技術革新や、求められる画像の質の変化に応じて、適宜見直されるべきである。

診断参照レベルと自らが使用する放射線量の対比が行えるよう、全ての医用放射線診断機器設置施設は適切な線量測定機材を備えるべきであり、日常の品質管理プログラム内で放射線量の測定が正しい手順で実施されねばならない。

1. チェック項目

- ①ポータブル撮影装置の保管管理が徹底されているか。
- ②撮影前後の装置（電源部・駆動部）安全確認及び消毒を徹底しているか。
- ③装置移動時の衝突事故防止のための安全対策を行っているか。
- ④患者確認の手順、方法がルール化されているか。
- ⑤撮影前に、患者状態の把握、感染症など患者情報に関する確認ができているか（照射録、電子カルテ、病棟スタッフとの確認等）。
- ⑥医師、看護師等のスタッフと協力した撮影体制が整備されているか（特に集中治療室や新生児室での医師、看護師の協力体制）。
- ⑦感染対策に関するルール、規程が整備され遵守されているか。
- ⑧ルートやドレーン、チューブ等装着患者に対する安全確認及び撮影終了後に、病棟スタッフとともに確認しているか。
- ⑨医師、看護師、同室患者への被ばくに対して配慮しているか。
- ⑩撮影終了後、患者－カセットを確認する方法、手順が整備されているか。
- ⑪患者氏名－フィルム（画像）の確認を行っているか。

2. 想定される事故と事例

- ①第三者による無断移動、衝突事故やエックス線発生（被ばく）、緊急時や消火活動の妨げ。
- ②漏電やショートによる停電事故、アームバランス、ロック機構不良による転倒、脱落事故、装置移動時やエレベータ内で突然駆動部が動き出す衝突事故。
- ③装置移動時の衝突事故（病室内やエレベータ内など移動中にスタッフや患者との衝突）。
- ④患者間違え。
- ⑤院内感染の原因、患者体位変換や移動が原因による急変。
- ⑥ルート、チューブ、人工呼吸器等の脱落や挟み込み、患者周辺装置の電源コードのはずれによる事故、患者容体変化の見落とし、対応の遅れ。
- ⑦無用な被ばく、不安感。

3. 対策方法

- ① 第三者が無断で移動や曝射出来ないようにキースイッチを適切に管理する。装置の保管場所として通路等に置く場合は、緊急時、消火活動等の妨げにならない場所を確保する。
- ② 使用前、使用後に確認するリスト票などを作成する。
- ③ ロック機構の確認を徹底し、移動時における安全確認を担保する。
- ④患者確認について統一したルールを決め、照射録等に記入（チェック）するなど、後から第三者が確認できるようにする。
- ⑤患者状態や感染症について事前に把握し、病棟スタッフとのコミュニケーションに努める。

- ⑥ 組織として協力体制の整備を図る。
- ⑦ 感染に関する知識と感染対策のルール化。
- ⑧ 病棟、放射線技師部門間で確認方法をルール化。
- ⑨ 被ばくに関する知識を病棟スタッフに啓発し、統一化する。患者本人、同室患者への不安を与えないようインフォームド・コンセントに努める。
- ⑩ 撮影後のカセットと患者が識別できるように照射録、シール等を添付するなどの対策を図る。
- ⑪ フィルム（画像）と患者に間違いがないか確認する。

4. 参考解説

【装置管理】

装置管理は、医療法施行規則第30条の14（医薬発第188号）において、「鍵のかかる等、適切な保管場所を確保するとともに、当該装置のキースイッチ等の管理を適切におこなうこと」と規定されている。第三者が無断で移動やエックス線曝射ができないようにキースイッチを管理しておくことはもちろんであるが、保管室が確保できない場合は、緊急時や消火活動の妨げにならないよう検討し、保管場所を決定することが重要である。

【保守管理】

装置の保守管理は、装置使用前、使用後におこなう。点検部、清掃、消毒など行ったことをチェックするリストを作成し、全スタッフがわかる様に整備しておくことが重要である。また、コンセント部やケーブルの断線、接触不良は、ショートにより停電を招く恐れがあるため定期的な確認を心掛ける。

【移動時の安全管理】

装置移動の際にはロック機構を確認するとともに、前方確認や狭い場所、人混みでは装置のタイヤで足指などを踏まないよう慎重に扱うよう注意をする。特に、エレベータ内では、アームロックが不十分な場合、加速度により突然、アームが動くことがあるため、ポータブル装置の移動時は安全配慮を怠らないようにする。

【病棟スタッフとの連携】

患者間違いや酸素チューブ、ドレーン、点滴ルートなどの挟み込みや外れなど事故、カセット、点滴ボトルなどの落下、点滴棒や周辺機器類の転倒、体位変換による容体悪化などが、病室内の事故としておきやすく、往々にして放射線技師1人で無理して撮影を行うときに発生しやすいと考えられる。最近では、放射線技師2名で病棟撮影業務をおこなう医療機関もあり、事故防止対策の一つである。しかし、ポータブル撮影の殆どが重症患者であり、病棟管理下でしか検査できないという状況を考えると、病棟スタッフとのコミュニケーションは欠かせない。本来であれば、患者確認から、ポジショニング、撮影終了後の確認に至るまで、病棟スタッフとの協力においておこなうことが適切である。しかし、各施設によっては、その作業は様々であると思われる。病棟管理下という状況から、患者体位の変換では無理をせず、病棟スタッフに介助してもらうことや、撮影終了後の確認は、病棟スタッフと一緒におこなうこと。これらは、安全を担保する上で必要不可欠であり、組織的に整備すべきである。また、撮影室での検査に比べると、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）などの感染症に関する十分な注意が必要である。そのために、事前に感染症の有無を確認できることが適切であるが、事前に把握することが困難な場合は、主治医、病棟スタッフと連携を図ることに努めなければならない。また、感染対策委員会などの一員として、放射線技師が参画することも大切であり、検査順序、消毒方法、感染防護方法など、放射線技師部門だけのルールではなく、病院としての決まり事を作成し、遵守すべきである。病棟撮影は、重症患者の病態把握、術後経過観察、チューブ・ドレーンの位置確認などを目的とした重要な撮影検査であり、感染症などで撮影室に行けないなど重症患者が多いことも一つの特徴である。いずれにしても、主治医、病棟

スタッフとの連携は重要であり、放射線技師が単独でおこなうことは避けるべきで、医療安全対策委員会などで施設として組織的にルール化しておくことが望まれる。

【放射線被ばく】

病棟撮影では、個室を除き同室患者が居る状況や、放射線技師以外のスタッフに介助をお願いするケースが多くある。特に、介助をお願いする立場である以上、放射線被ばくに対する教育は、放射線技師の役割であり、医療スタッフの不安を解消すること、同室患者への配慮（インフォームド・コンセント）に努めなければならない。そのためには、各施設において散乱線分布など、安全を担保するための具体的な測定を実施しておくことが望ましい。これら医療スタッフへの教育や患者へのインフォームド・コンセントについては、日本放射線技術学会、日本放射線技師会、日本放射線公衆安全学会などで積極的に取り上げられているため、各施設で参考としていただきたい。

【患者、カセット、フィルム(画像)の確認事項】

患者氏名の確認、使用カセット、フィルム(画像)に関する患者属性について、一連の確認作業を明確化し、各施設において統一した基準を作成し遵守すべきである。統一した確認作業、確認者の署名などは、全スタッフが共通した認識を持ち、相互に確認できるなど、患者間違い、入力間違いなどの対策となり得る。

15. CT スキャナを備えた予防措置

CT スキャナは血管撮影装置や PET 装置に組み込まれ、高度な医療を行う複合機として大規模な病院では複数台設置されているところがある。従来の CT 単独利用の部屋以外の場所にも設置され、エックス線管球のウォームアップや検出器のキャリブレーション（以下、「ウォームアップ等」という。）中に、不用意に人が CT 使用室に入室したりすることの無いよう出入りに鍵をかけるなどの措置を行うべきである。ウォームアップ等を施行する操作者は CT 使用室に人が居ないことを確認し、入室できる扉全てに施錠を行い、扉には入室できない旨の標識を掲げるべきである。また、ウォームアップ等中は CT 装置のコントロールパネルがある操作室の操作パネル付近で待機し、予測不能な入室者が居た場合、ウォームアップ等を即座に中止できるよう監視しておく必要がある。この位置から、被検者や CT 使用室への出入りが全て明確に見えるべきである。

CT 検査を行う操作者は放射線防護に関する特別な教育と訓練を受けた後に扱うべきであり、所有する施設内で組織された放射線安全管理委員会等で承認された者のみ扱うことができるよう規定されるべきである。

CT 検査を行う場合は被検者のみ CT 使用室に居ることを確認して検査を開始する。医療上やむを得なく介助者等が CT 検査中 CT 使用室に入る場合は、適切な防護衣を着用し、手指等が直接一次線に被ばくしないよう操作者は助言しなければならない。

大量の被ばくの可能性を予想して、CT 検査は、医療放射線被ばく規制を熟知した専門の医師によって各被検者の検査に対し、適切な臨床的正当化がなされた場合のみ実施するべきである。

小児の検査は、成人が受ける被ばくよりリスクが大きいため、成人への検査に対する正当化のレベルとは異なるレベルを要求する。撮影条件は診療情報が最低取得できる程度に予め最適化され、各使用者はその設定根拠を明確にすることができなければならない。特に検査目的部位以外の臓器が不用意に撮像されないよう細心の注意を要する。生殖腺や水晶体など放射線感受性が高い部位の検査が繰り返し行われぬよう被検者個々の検査状況を把握し、依頼医師等の情報の共有を図るべきである。

臨床の指示及び低線量技術の特別な注意を優先することなしに、妊婦の腹部あるいは骨盤の CT 検査を実施してはならない。臨床的に適切ならば、より安全な非電離放射線検査（超音波や MRI）または低線量エックス線技術が考慮されるべきである。

操作者は、要求されている診療情報を得るために必要な CT 画像の最低数が得られているか確認

できなければならない。診療情報を得られず再度 CT 検査を施行することがないよう十分に依頼医師等との連携を取り、臨床に関する十分なデータを予め把握してスキャン計画を行い、スキャン後は診断に十分な画像を得られているか画像を確認し、再検査にならないよう検査を終了しなければならない。可能かどうか無駄な被ばくをさせてはならない。

スライスインクリメント（軸方向スキャン）又はビームコリメーションと同一のピッチ（ヘリカルスキャン）は、最低実施可能線量が保たれている間、Z-軸感度（イメージスライス幅）及び要求される低コントラスト検出能に関連して選択されるべきである。

被検者の眼球への被ばくを最小限にするために、操作者は注意するべきである。水晶体組織への線量は、頭部検査の間、ガントリに角度を付けることによって一次ビームから眼を外すと多くの場合減少する。この手法は画像再構成を行わない場合、積極的に用いられるべきである。

造影剤を使用して検査をする場合は、事前に非造影による CT 検査を行った後に造影剤を使用して再度スキャンされるのが通常である。この時に再スキャンされる部位数の減少や造影剤使用の必要性を含め検討するべきである。

手術室等で用いられる放射線管理区域ではない部屋で移動可能 CT スキャナの使用は、十分訓練を受けた操作者により施行されることが必要で、操作者の指示に従い、被検者以外は防護壁等の後ろにいるべきである。

検査中、検査室に残る必要がある従事者への防護について、操作者に助言を求めるべきである。このことは CT 透視では特に重要である。自動遠隔注入装置と適切なスペーサは、従事者が被検者から離れて立つことが可能であるようにすべきであり、インターベンション実施者の手が照射ビームの外に来るようにすべきである。

- ①被検者が妊娠可能な年齢の女性である場合、医師等の放射線検査の適用決定時と、診療放射線技師による放射線検査実施直前の 2 つの段階において、妊娠の可能性の有無を本人もしくはその家族に確認する必要がある。
- ②確認が不可能な場合には、妊娠の可能性のあるものとして正当化と最適化が行われなければならない。
- ③妊娠の可能性がある場合、生殖腺が直接照射範囲に含まれるか、または極近傍に位置すると判断される際には、診療放射線技師は検査実施前に依頼医師へ検査の必要性について照会を行うべきである。
- ④妊娠可能な年齢の女性で、生殖腺への線量が数十 mGy を超えると予測される検査を行う場合で緊急性が無い場合には、月経開始から 10 日以内に検査を実施するという 10 日規則に従うべきである。
- ⑤検査実施後に妊娠が判明し、被検者から要求があった場合には、検査に用いられた放射線量を撮影条件や診断参照レベルとの対比から推定し、胎児への影響発生確率などと合わせて情報を開示できるような体制をとるべきである。
- ⑥CT の被ばく線量を把握するため事前に TLD 等測定器を用いた測定を行う必要がある。あるいはモンテカルロ手法を用いた算定方法も提案されている^{xxivxxv}。
- ⑦埋め込み型ペースメーカー等に長時間エックス線が照射される場合、誤作動を起こす危険性が示唆されている。被検者の確認を行うと共にやむを得なく検査を行う場合は万全な体制を取って施行する^{xxvi}。

15.1 CT スキャナにおける医療被ばくガイドライン 2006

日本放射線技師会が平成 18 年に改定した医療被ばくガイドライン 2006 は、医療における正当性を重んじつつより実践に用いられ易いように改められた。我が国における医療被ばく低減目標値として参考となる。

成人 CT のガイドライン (JART2006)

検査部位	CTDIvol (mGy)
頭部	65
腹部	20

アクリル製円筒形ファントム (頭部用は直径 16cm、腹部用は 32cm)

小児 CT のガイドライン (JART2006)

		管電圧 (kV)	管電流 (mA)	時間 (Sec)	スライス厚 (mm)	ビームピッチ	CTDIw (mGy)	CTDIvol (mGy)
胸部	SS	120	70	1.0	5	1.5	13.0	8.7
小児	MD	120	50	1.0	10	1.5	9.9	6.6
胸部	SS	120	40	1.0	5	1.5	7.4	5.0
幼児	MD	120	30	1.0	10	0.8/0.75	5.9	7.9
腹部	SS	120	100	1.0	5	1.5	18.4	12.3
小児	MD	120	80	1.0	10	1.5	15.9	10.6
腹部	SS	120	60	1.0	5	1.5	11.2	7.4
幼児	MD	120	50	1.0	10	0.8/0.75	9.8	13.2

日本医学放射線学会、日本放射線技術学会、日本小児放射線学会による「小児 CT ガイドライン」を基本とし実効線量から CTDIvol に変換したもの。

1. チェック項目

- ①装置設置時の確認を行っているか。
- ②定期点検、始業点検・終業点検を行っているか。
- ③患者誤認防止の体制が明確であるか。
- ④感染防止の体制が明確であるか。
- ⑤検査目的の確認が明確であるか。
- ⑥造影剤の安全使用に関する体制があるか。
- ⑦業務手順、検査プロトコルが周知、実施されているか。
- ⑧管理上必要な書類の記載を行っているか。
- ⑨個人情報保護の運用がされているか。
- ⑩エックス線 CT 検査にかかわる診療放射線技師、医師、看護師、事務員などの職種間で定期的に業務検討会を行っているか。

2. 想定される事故と事例

- ①装置の誤作動や作動不能
- ②装置の操作ミス
- ③患者間違い
- ④検査内容 (範囲) 間違い
- ⑤医師の指示ミス
- ⑥造影剤の血管外漏出
- ⑦造影剤副作用

- ⑧患者状態急変時の対応
- ⑨検査寝台への乗降時の転落・転倒

3. 対策方法^{xxvi}

- ①装置の点検（受け入れ時確認、定期点検、始業点検、終業点検）
- ②操作マニュアルの整備、操作の習熟のためのトレーニング体制の確立
- ③誤認防止対策マニュアルの整備および周知徹底
- ④検査内容の表記方法の標準化、検査内容とプロトコルの連携
- ⑤検査医師とのコミュニケーションの確立
- ⑥注入ルートの確認、注入状態の観察
- ⑦副作用のリスクをあらかじめ知るための問診表や同意書の確認。副作用発生時のマニュアルの整備と周知徹底
- ⑧検査室内および院内の救急体制の確立と周知
- ⑨検査中に転落予防の措置をする。必要に応じ介助者をつける

4. 参考解説

【装置の点検】

最近の装置は非常に安定しているものの、突発的な故障や経年劣化、調整不足などで動作不良や画質不良などの事態に陥ることも考えられる。装置の使用者は装置設置時の確認や点検はもとより、経年劣化や性能維持のために定期点検、始業・終業点検を行うべきである。さらに定期的な補正データの収集も行うべきである。

点検項目は JIS の定めた項目の他、学会から提言されている項目や、各装置の操作説明書にある項目を参照し、施設の使用状況に応じた適切な項目を定める^{xxviii}。点検結果は常に参照できるようにして、不幸にも故障などが起きた際に確認できるようにしておく。

【操作の習熟】

近年 CT 検査の進歩により検査適応の拡大や撮影パラメータの複雑化、造影剤注入法の多様化などで習得項目が増えてきている。さらに検査時間の短縮で短時間で多くの業務を遂行しなければならない状況にある。検査の難易度や重要度に応じたトレーニングや、プロトコルマニュアルなどの整備が肝要となる。

各施設の装置や検査内容に応じた標準となる教育訓練のシステムを確立する。

【患者誤認対策・感染防止対策】

施設で標準的に行われているこれらの対策を遵守する。検査部門での勝手な解釈で省略しない。検査部門で運用上問題があれば独自のマニュアル作成を行うがその際も、施設内での専門家による確認と承認を得る。

【造影剤の安全使用】

造影剤はいくつかの禁忌事項があり、予測不能なアナフィラキシー様の反応もある。検査依頼医師や検査担当医師、看護師などと情報を共有するとともに造影剤安全使用の体制を確立する。問診や同意、禁忌事項など必要情報の伝達の体制も同様に確立する。

検査時に副作用が起きた場合の対処や連絡体制を整える。

造影剤は自動注入器で高速注入される検査が増えており、血管外漏出にも注意する。留置針の採用や注入直前の確認などの体制も確立し、血管外漏出を発見した場合の対処についても体制を整える。

【検査内容や検査範囲の確認】

依頼側と検査実施者の間で誤解のない表現を心がける。不明な点があった場合の問い合わせ方法を明確にしておく。検査内容と検査プロトコルの連携をとり、検査の再現性や質を維持する。

検査実施時には患者誤認防止対策などと同様に複数の項目で確認するなど、うっかりミスに対する対策を講じるとともに、ミスのおきやすい状況分析や検査環境の改善を心がける。

【医師の指示の確認】

医師の指示ミスも想定されるため、カルテ記事、患者の状態、主訴などの情報にも気を配り医師の指示との整合を確認する。

【安全な造影検査体制】

造影検査を安全に運用するため、事前の問診は必須である。さらに問診から検査までに状態（容態）が変わっていることもあるので直前の確認も重要である。造影剤注入時には、注入条件の確認や注入ルートの確認で血管外漏出のリスクを減らすことと、造影剤による副作用の発現を想定した患者観察をおこなう。

【事故防止マニュアル・救急時マニュアルの整備、周知】

その他の事故などに対しても施設内で協議された制定された事故防止マニュアルや救急時マニュアルの周知徹底を行う。通常想定されない事故が起きる可能性もあるので、これらのマニュアルの周知は定期的に訓練されることが望ましい。

16. CT 透視

CT 透視は短時間に大量の被ばくを起こす手技であるため、十分に訓練された術者によって行うべきであり、CT 透視を使わなければならない正当性を検討した上で行うべきである。CT 透視には放射線防護の全ての一般原則が適用する。操作者は、同一個所を繰り返しスキャンする場合、CT 透視における高い被ばく皮膚線量の可能性を理解していなければならない。入射表面線量は、4mGy/s～9mGy/s の範囲であり、常に線量評価にかかる透視時間であることを忘れるべきではない（例、1Gy）。標準 CT 透視パラメータで CT スキャナを操作する場合の時間制限は、標準 CTDI ファントム周辺での線量が 500mGy を超えてはならないように設定されるべきである。物理的に不可能でなければ、CT 透視に対して選択可能な管電流を随時設定するべきである。CT 透視は複数の従事者によって行い、検査を実施している人がモニタ画面を見ていない場合、どのような状況でも CT 透視を出してはいけない。針操作を実施する場合、スキャン中に術者の手が一次線束の外側に出るような固定器具（スパーサー）が使用されるべきである。最も被ばくする部位は手指であるので、リングバッジの装着が必要とされるべきである。

CT には継続的にエックス線を出すスイッチが通常取付けられていないので、一人は、CT 装置のコントロールパネルがある操作室にいるべきである。この位置から、被検者や CT 室への出入り口が全て明確に見えるべきである。あるいは、不注意な入室を防ぐためにも扉に鍵を掛けておくべきである。

撮影室への被検者導入時には姓名両方を確認し、診療放射線技師は検査の内容を具体的に被検者

へ告げる。

エックス線 CT 透視ガイドライン (JART2006)

検査部位	CTDI _w (mGy)
肺生検	70

アクリル製円筒形ファントム (腹部用直径 30cm)、透視時間 10 秒

17. 放射線治療シミュレータを備えた予防措置

シミュレータ室での診療は放射線治療を行う患者にのみ実施すること。放射線診断に適用可能な全ての一般的な放射線安全予防措置が、放射線治療シミュレータに適用すること。

- ①デジタルエックス線撮影装置は、過小・過剰線量であっても画像が描出可能であるため、診断上の必要性を満たすための画質レベルをあらかじめ決定しておくこと。
- ②放射線発生装置と画像処理装置の動作は品質管理プログラムに基づいて、最適化されていること。これにより、診療情報に寄与しない過大な放射線量を患者へ与える事を防ぐことができる。
- ③過度に減じられた放射線量では、位置決めのために必要なレベルの画像情報が得られない可能性がある。デジタルエックス線撮影装置では使用者が性能の変化に気づき難いことから、品質管理プログラムにおけるチェックが重要である。
- ④フィルム現像処理を経ずに画像が生成されることは、安易な撮影枚数の増加を招く恐れがある。診療放射線技師や医師は、一画像あたりの放射線量を事前の知識として有すること。
- ⑤エックス線撮影の項に示した内容は全てデジタルエックス線撮影においても適用されなければならない。

1. チェック項目^{xxixxxx}

- ①エックス線シミュレータの受け入れ試験を装置メーカーと共に行っている。
- ②エックス線シミュレータの装置メーカーによる定期点検を行っている。
- ③エックス線シミュレータの品質管理を定期的に行っている。
- ④CT 装置・CT シミュレータの受け入れ試験を製造業者と共に行っている。
- ⑤CT 装置・CT シミュレータのメーカー定期点検を行っている。
- ⑥CT 装置・CT シミュレータの品質管理を定期的に行っている。
- ⑦加速器修理等の後には、必要に応じて幾何学的精度、ビームデータを測定し、シミュレータ装置との誤差を確認している。
- ⑧CT 装置修理等の後には、必要に応じて CT 値-電子密度変換テーブル等の品質管理を行っている。

2. 想定される事故と事例^{xxxxxxxii}

- ①装置の契約した仕様 (規格、性能) が未確認のため規格外の性能となる可能性があり、臨床で要求される治療計画の立案実施に支障が生じる。
- ②装置動作不良による診療休止、障害事故。
- ③幾何学的誤差による照射位置の不一致による誤照射事故。
- ④システムの障害やハードウェアの不具合による使用制限や動作不良により、治療計画の実施が困難となる。

3. 対処方法

- ①納入時に装置メーカーと使用者で行われる受け入れ試験により、契約時の仕様に関わる性能を評価する。装置の性能維持と安全管理は、この試験より始まる事となる。また、始業点検を行い、簡便な方法による出力線量測定、動作の不備、異常音、レーザービームアライメントの確認等を行う事で装置不良を早期に発見できる。
- ②エックス線シミュレータ、CTシミュレータ装置の品質管理を定期的（始業時、週、月、年）に実施する事で、その性能を維持する。管理項目は幾何学的項目とエックス線発生装置、画質の3項目がある。CT装置に関しては、CT値-電子密度変換テーブルの管理も必要である。
- ③エックス線シミュレータの機械的な幾何学的変位が空間的な患者座標のエラーに結びつくため、レーザーロカライザー、エックス線軸、光軸、照射野、架台や寝台の回転角度などの管理項目の点検を行う。CT装置では、スキャン面、寝台とレーザーロカライザーの直交性、平行性の点検を行う。
- ④装置メーカーによる定期点検を実施し、装置の構造的、電気的な性能をチェックして障害を未然に取り除く。
- ⑤放射線治療の情報をスタッフ間で共有するために、指示内容、必要事項、申し合わせ事項は必ず書面で行う事。またスタッフ間での意思疎通や情報の確認、診療レベルを維持するうえでカンファレンスなどの討論の場を設ける事が必要である。

4. 参考解説

放射線治療計画の安全管理の重要な点は、投与線量と照射領域を決定する手順と結果の正当性の確保である。この点では診断領域の安全管理に較べ数段厳しい基準と義務が課せられている。

2001年以降に見られた11件の放射線治療事故事例よりその事故内容を見ると、過剰（小）照射事故が8件発生し、患者の死亡例まで出す重篤な医療事故につながっている。この過剰（小）照射事故に共通した問題は、処方線量とMU値の検証が適切なタイミングと手段で管理されていなかった点にある。8例中4例が線量分布計算のコミッショニングの不備により見過ごされたもので、装置の仕様内容の確認や責任分担（誰が測定し誰がデータ登録するのか）体制が整っていれば防げた事例である。他は処方線量の基準点の認識の問題や、入力ミス、RTPsの操作ミスなどであり、指示の確認や入力データや、出力結果の重複チェックがなされていれば防げた事例である。

これらの事故に共通しているのは、結果的にMU値の誤りを招き事故に繋がっている点である。治療計画は細かなプロセスを経てMU値の算出に至るが、各プロセスが複数の関門となってミスを防ぐシステムになっている。上流で発生したエラーは下流で見つけ出され修正され、その最終関門はMU値の独立検証である。投与線量に関する事故を防止するためには、各プロセスの品質管理と責任体制を整え、MU値の独立検証を行うことである。

また、照射領域の決定においては再現性を有した空間的位置精度の確保が必要である。これは治療計画のみならず日々の放射線治療にも通じる問題である。

【受け入れ試験（型式試験）】

受け入れ試験は、使用者と製造業者が治療計画装置の契約仕様を満たしていることを確認するために行われる試験で、装置納入時に行われる。試験項目、方法、許容値は契約仕様によるが、基本的には製造業者が示す規格に沿って行う試験である。両者の立ち会いで実施され、仕様を満たしていることを使用者が確認し、装置の引き渡しとなる。

【エックス線シミュレータ、CTシミュレータ装置の品質管理】

エックス線シミュレータの品質管理はIEC 61168(1993) Radiotherapy simulators-Functional

performance characteristicsをもとに日本工業規格 JIS Z4761 (2005)「放射線治療シミュレータ特性」が制定された。原国際規格とは一部修正が行われているが、実質的に国際一致規格となっている。これ以外に関連学会より様々なマニュアルや報告書^{29-xxxiii}が出版されており、基本的にはいずれも原国際規格に準拠したものである。重要な点は、治療装置を正確にシミュレートするための幾何学的品質管理であり、治療装置と共通した管理項目が多い。その許容値は治療装置と同等か、より厳しい値が設定されている。

CTシミュレータ装置の品質管理に関する国際的な規格は未整備で、国内規格も作成されていない。CT装置の撮像性能に関しては診断用CT装置に準拠して管理すればよいが、シミュレータ機能としては画像の歪みや拡大率、CT値の安定性などが重要な管理項目である。国内外で様々な報告があるが、AAPM TG66^{xxxiv}が最も詳細である。

【投与線量基準点】

複雑な標的容積であっても、投与線量の基準点は計画標的体積 (PTV) 内の 1 点である。この点を ICRU 基準点と定め、次に示す基準により決定される。

- ・ 基準点線量は臨床的な意味をもち、PTV 全体を代表しなくてはならない。
- ・ 基準点は確実な方法で、明快かつ簡単に決定されなくてはならない。
- ・ 基準点は物理的精度の正確性が担保される点を選定しなくてはならない。
- ・ 基準点は線量勾配の緩やかな場所に選ばなければならない。

実務的には、アイソセンターが第一に ICRU 基準点となる。PTV の形状によっては、その重心やアイソセンターが PTV 外に設定される場合 (ハーフビーム、胸壁接線照射、三日月形状の PTV など) があり、アイソセンター以外の PTV 内で ICRU 基準点を設定しなくてはならない。その場合、線量が PTV を代表し、明確に表示できる場所を選択し、またアイソセンター線量も併記するのが望ましい。等線量分布の正規化点は ICRU 基準点とするのが一般的である。

定位的放射線治療 (STI) などでは、辺縁線量に対して線量処方を行う場合 (80%領域に 30Gy 投与など)、アイソセンター点の線量を併記しなくてはならない。

電子線においては、一般的には PTV が 80%等線量曲線に含まれるようにエネルギーが決定される。この場合、最大線量深が基準点となる。STI と同様に辺縁線量に対して処方される場合は、最大線量深での線量を併記しなくてはならない。

【治療計画プロセスの包括的品質管理】

治療計画のプロセスとは、線量分布作成や MU 値計算ばかりにとどまらず、患者の位置決め固定具の作成、標的容積や正常組織等の抽出、治療計画の立案、線量 (分布) 計算と評価、治療計画の検証、加速器への治療パラメータの転送、治療パラメータの記載とデータベースへの登録、などステップが一連となった作業である。ここでは、各ステップで品質管理が必要であると共に、複数のスタッフが関与するため、情報の正確な記録と共有が必要となり、包括的な品質管理が求められる。些細な指示間違いや情報の食い違いが重大な事故へと繋がる危険性が大きいいため、関連職種間の業務分担と責任の所在を明確に規定する必要がある。また照射録、指示録、測定記録などは詳細かつ明確に記載し、スタッフ間で共有し、確実に保存されていなくてはならない。ビーム入射方向の表記方法 (ノンコプラナーを含む) や線量評価点などに関する共通認識を取り決める事も重要な品質管理である。

各ステップの作業を複数のスタッフで確認し合う「ツーパーソンルール」を徹底することが求められる。一人のスタッフだけでは、その人の思い込みや入力ミス、理解不足や不慣れによる誤操作、計算間違いなどの単純ミスが見逃される危険性が高い。よって、複数の担当者による複数の手段を用いたチェック体制が重要である。

18. 防護衣

手袋、エプロン及び眼のプロテクタは、一次線が被検者を透過した後の散乱線のみを防護する物として設計されている。したがって、一次線を防護するためのものではない^{xxxv}。このことを誤解している従事者も多いので施設内で教育の項目に入れるべきである。放射線を防護するものとして鉛が一般的に用いられるが、鉛の含有量を把握し、適切な鉛当量のものを選択する必要がある。放射線防護アドバイザーは使用する目的、術者等が立つ位置と散乱する二次放射線の量を考え、適切な防護衣の着用を指示するべきである。

手の甲及び手のひら全体（指と手首を含む）にわたって、150kV までの엑クス線に対し、0.25mm より厚い鉛で均一に分布している手袋を使用すること。それらには、CE マークと鉛当量の表示が付いているべきである。我が国には 0.25mmPb の他、0.35mmPb、0.50mmPb のものが規定されている^{xxxvi}。

身体用のエプロンは、100kV までの엑クス線使用に対し、0.25mm より多い鉛含有で、100kV を超える엑クス線使用に対しては 0.35mm より厚い鉛で防護されているべきである。それらは、CE マークと鉛当量の表示が付いているべきである。

特別な防護が要求される場合、一般的に実効線量を減少するためには、より薄い身体エプロンを推進するより、甲状腺のしゃへいを追加する方が有用である。半身体エプロンは、壁等からの散乱線を考え、放射線防護アドバイザーが十分な防護であるとする具体的な適用以外は、使用されるべきではない。

防護用具の設置は、全ての엑クス線室及びポータブル엑クス線装置の使用に用意されるべきである。防護用具は、正しく使用され、保管しなければならない。施設長は、防護用具に関連した義務を果たさなければならない。

使用しない場合、鉛エプロンは、適切に収容すること（IRR99 規則 9（3）〔1〕）。損傷を防止するために適切な措置を講じること。例えば、専用ハンガーや、しわ防止のための十分に大きい直径のレールの使用により、適切な方法で保管すること。エプロン等は、決して折り曲げて重ねるようなことがあってはならない。

手袋、甲状腺しゃへい、エプロン及び他の防護衣は、頻繁に視覚的にチェックすること。使用者から発見された防護衣の欠陥は、直ちに管理者に報告し、欠陥のあるものは可能な限り使用せず置き換えられるべきである。防護衣は、防護材料に亀裂がないことを確認するため、少なくとも1年に1回は十分に엑クス線あるいは透視によって検査確認すること。防護用具は、場所の移動が頻繁に行われる可能性があるため、点検結果は個別に記録する必要がある（例、製造番号等により）。

まとめ

我が国の放射線診療機器は、高度先進医療を提供する大規模医療機関から医師、歯科医師が単独で診療を行っている小規模施設にいたるまで広く普及使用されている。これらの機器は、適切に使用することによって医療の質が向上し、国民にとって利益をもたらしていることに疑問を持たない。幸い、医療先進国である我が国の臓器別に被ばく線量を調査した6報告書（表4）から、一検査に受ける被ばくはIAEAが定めた診断参照レベルの被ばくを下まわっていることが分かった。しかし

ながら、国民の長寿高齢化、健康志向等により、医療被ばくを受ける機会が多い。即ち、繰り返される医療被ばくによって、医療被ばく大国と揶揄される現実がある。医療被ばくは、ALARAの精神で最適化を図らなければならない。可能な限り、医療被ばくを低減させるためには、医療機関の大小にかかわらず、医療被ばくに関する関心を持ち、適切な管理を行うことによって国民の安全を確保しなければならない。医療被ばくは同一被検者であってもその放射線診療機器毎にことなる。多くは受像側の形態による違いに左右されるが、エックス線管側に最適なフィルターを選択するだけで被ばくを半減させることも可能である。このようなことも装置毎に付与される線量を把握しなければ被ばくの多い少ないの判断もつかないため、個々の施設が使用する放射線診療機器の一般的被ばく線量を測定、あるいは計算による把握を行うことが重要である。医療被ばくの評価は、放射線診療機器の恒常的な調整、管理により、線量計を用いなくとも推定可能である。施設の規模に関わらず、放射線診断領域における医療被ばくを安全に管理するためには、個々の施設が使用する放射線診療機器の被ばく線量を把握管理することが重要であると結論する。また、セカンドオピニオン等複数の医療機関を訪れる被検者の医療被ばくを一元に記録する仕組み（ICカード、手帳等）を用いることで、多重の被ばく検査を抑制することが可能と考える。

放射線診断領域における医療被ばくを安全に管理するためには以下の点に集約される。

1. 責任管理体制の確立
2. 放射線診療機器の保守管理
3. 代表的な検査の被ばく線量の把握
4. 放射線診療の一元記録管理
5. 教育訓練の実施
6. 装置、施設等の品質保証プログラムの確立

表面線量簡易換算式 (NDD)

入射表面線量を左右する諸因子（管電圧、mAs、ろ過、FSD、エックス線発生方式）について一定の値で正規化、係数化して被検者の入射表面線量を推定する NDD (Numerical Dose Determination) 表面線量簡易換算式は、数多くの実験データをもとに導かれた実験式である。改良を加えられた NDD 表面線量簡易換算式 (modify) により、入射表面線量は次式により求められる。

$$D \text{ (mGy)} = NDD-M(f) \times mAs \times (1/FSD)^2$$

$NDD-M(f)$: 管電圧と総ろ過による係数 (表 1~3)

mAs : 管電流 (mA) × 撮影時間 (s)

FSD : X 線管焦点-入射表面間距離 (m)

しかし、この方法は定期的にエックス線装置の保守管理を行って、管電圧や管電流などが正しく調整されていることが前提であり、そうでない場合には正確性を欠く事となるので注意を要する。日頃の保守管理が何れにしても必要不可欠である。

表 1. NDD-M(f) インバータ式装置

Table.1 NDD-M(f) インバータ装置

Al\kV	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1.5	0.0249	0.0414	0.0593	0.0782	0.0994	0.1203	0.1416	0.1626	0.1827	0.2007	0.2141	0.2197
2.0	0.0173	0.0308	0.0460	0.0626	0.0818	0.1010	0.1209	0.1409	0.1603	0.1782	0.1922	0.1993
2.5	0.0128	0.0240	0.0372	0.0520	0.0694	0.0872	0.1058	0.1247	0.1434	0.1608	0.1750	0.1830
3.0	0.0097	0.0193	0.0310	0.0442	0.0602	0.0766	0.0940	0.1119	0.1298	0.1467	0.1609	0.1695
3.5	0.0076	0.0159	0.0262	0.0382	0.0530	0.0682	0.0845	0.1014	0.1185	0.1349	0.1489	0.1580
4.0	0.0061	0.0133	0.0225	0.0335	0.0471	0.0614	0.0766	0.0927	0.1090	0.1248	0.1386	0.1478
4.5	0.0050	0.0112	0.0196	0.0296	0.0423	0.0556	0.0700	0.0852	0.1008	0.1160	0.1294	0.1388
5.0	0.0041	0.0096	0.0172	0.0265	0.0382	0.0507	0.0643	0.0787	0.0935	0.1083	0.1213	0.1308
5.5	0.0034	0.0083	0.0152	0.0237	0.0348	0.0465	0.0593	0.0730	0.0872	0.1013	0.1141	0.1235
6.0	0.0028	0.0072	0.0136	0.0214	0.0318	0.0428	0.0550	0.0680	0.0816	0.0951	0.1076	0.1169
6.5	0.0023	0.0063	0.0121	0.0194	0.0292	0.0395	0.0510	0.0634	0.0765	0.0895	0.1016	0.1107
7.0	0.0020	0.0056	0.0109	0.0177	0.0269	0.0366	0.0476	0.0594	0.0718	0.0844	0.0962	0.1052
7.5	0.0017	0.0050	0.0098	0.0162	0.0248	0.0341	0.0445	0.0558	0.0677	0.0798	0.0911	0.1000
8.0	0.0014	0.0044	0.0089	0.0148	0.0230	0.0318	0.0417	0.0524	0.0638	0.0755	0.0865	0.0952
8.5	0.0013	0.0039	0.0081	0.0136	0.0213	0.0297	0.0391	0.0494	0.0603	0.0716	0.0822	0.0907
9.0	0.0010	0.0035	0.0074	0.0126	0.0199	0.0278	0.0367	0.0466	0.0571	0.0679	0.0782	0.0866

表 2. NDD-M(f) 三相装置(6,12 ピーク型)

Table.2 NDD-M(f) 三相発生装置

Al\kV	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1.5	0.0245	0.0406	0.0580	0.0764	0.0970	0.1174	0.1383	0.1587	0.1784	0.1967	0.2103	0.2175
2.0	0.0170	0.0302	0.0450	0.0610	0.0798	0.0986	0.1180	0.1373	0.1565	0.1745	0.1886	0.1970
2.5	0.0125	0.0235	0.0363	0.0506	0.0677	0.0849	0.1031	0.1214	0.1397	0.1572	0.1714	0.1807
3.0	0.0096	0.0189	0.0302	0.0430	0.0586	0.0746	0.0916	0.1088	0.1263	0.1434	0.1575	0.1672
3.5	0.0075	0.0156	0.0256	0.0372	0.0515	0.0664	0.0823	0.0986	0.1154	0.1317	0.1457	0.1557
4.0	0.0059	0.0130	0.0220	0.0326	0.0458	0.0597	0.0746	0.0900	0.1060	0.1218	0.1354	0.1455
4.5	0.0048	0.0110	0.0191	0.0288	0.0411	0.0540	0.0681	0.0828	0.0979	0.1131	0.1264	0.1366
5.0	0.0039	0.0094	0.0168	0.0257	0.0372	0.0493	0.0625	0.0764	0.0909	0.1056	0.1185	0.1286
5.5	0.0033	0.0081	0.0148	0.0230	0.0338	0.0451	0.0577	0.0709	0.0847	0.0988	0.1113	0.1213
6.0	0.0027	0.0071	0.0132	0.0208	0.0309	0.0415	0.0534	0.0659	0.0792	0.0927	0.1048	0.1147
6.5	0.0023	0.0062	0.0118	0.0189	0.0283	0.0384	0.0496	0.0615	0.0742	0.0872	0.0990	0.1088
7.0	0.0019	0.0055	0.0106	0.0172	0.0261	0.0356	0.0462	0.0576	0.0697	0.0822	0.0936	0.1032
7.5	0.0017	0.0048	0.0096	0.0157	0.0241	0.0330	0.0432	0.0540	0.0656	0.0777	0.0887	0.0981
8.0	0.0014	0.0043	0.0087	0.0144	0.0223	0.0308	0.0404	0.0508	0.0619	0.0735	0.0842	0.0933
8.5	0.0012	0.0038	0.0079	0.0132	0.0207	0.0288	0.0379	0.0478	0.0585	0.0696	0.0800	0.0889
9.0	0.0010	0.0034	0.0071	0.0122	0.0193	0.0270	0.0357	0.0451	0.0554	0.0661	0.0761	0.0848

表 3. NDD-M(f) 単相装置(2ピーク型)

Table.3 NDD-M(f) 単相発生装置

Al\kV	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1.5	0.0127	0.0221	0.0329	0.0446	0.0577	0.0709	0.0848	0.0993	0.1137	0.1280	0.1412	0.1526
2.0	0.0085	0.0160	0.0247	0.0347	0.0462	0.0579	0.0705	0.0838	0.0971	0.1106	0.1234	0.1345
2.5	0.0061	0.0121	0.0196	0.0281	0.0383	0.0489	0.0604	0.0727	0.0851	0.0978	0.1100	0.1208
3.0	0.0045	0.0095	0.0159	0.0234	0.0326	0.0423	0.0528	0.0642	0.0758	0.0878	0.0994	0.1099
3.5	0.0034	0.0077	0.0133	0.0200	0.0282	0.0371	0.0468	0.0574	0.0682	0.0797	0.0907	0.1008
4.0	0.0027	0.0063	0.0112	0.0173	0.0247	0.0329	0.0419	0.0518	0.0620	0.0728	0.0833	0.0932
4.5	0.0021	0.0053	0.0096	0.0151	0.0219	0.0294	0.0379	0.0471	0.0567	0.0669	0.0770	0.0864
5.0	0.0017	0.0044	0.0083	0.0133	0.0197	0.0266	0.0344	0.0431	0.0522	0.0619	0.0715	0.0806
5.5	0.0014	0.0038	0.0073	0.0118	0.0177	0.0241	0.0315	0.0397	0.0482	0.0575	0.0667	0.0754
6.0	0.0012	0.0032	0.0064	0.0105	0.0161	0.0220	0.0289	0.0366	0.0448	0.0535	0.0623	0.0707
6.5	0.0010	0.0028	0.0057	0.0095	0.0146	0.0203	0.0267	0.0340	0.0417	0.0500	0.0584	0.0666
7.0	0.0008	0.0024	0.0050	0.0086	0.0133	0.0186	0.0247	0.0316	0.0389	0.0469	0.0549	0.0628
7.5	0.0007	0.0021	0.0045	0.0078	0.0122	0.0172	0.0229	0.0294	0.0364	0.0441	0.0517	0.0593
8.0	0.0006	0.0019	0.0040	0.0070	0.0113	0.0159	0.0214	0.0275	0.0342	0.0415	0.0488	0.0561
8.5	0.0005	0.0017	0.0036	0.0064	0.0104	0.0148	0.0200	0.0258	0.0321	0.0391	0.0462	0.0531
9.0	0.0004	0.0015	0.0033	0.0059	0.0096	0.0138	0.0187	0.0242	0.0302	0.0369	0.0437	0.0504

森 剛彦・他：X線診断領域における患者の表面入射線量簡易換算式（NDD法），（社）茨城県放射線技師会，日本放射線技術学会茨城支部被曝低減委員会，1996