

### 3.3 安全文化の構築

放射線診療における安全文化の構築は重要であり、医療従事者および施設長は、放射線被ばくによる事故防止が毎日の診療業務と同様に重要な課題であることを認識すべきである。放射線診療における安全文化とは、放射線防護の最適化が開花するように放射線安全管理体制を充実させ、放射線装置の保守管理、放射線施設の自主点検、および医療従事者への健康管理を徹底しなければならない。

### 3.4 教育と訓練

被検者の被ばく線量を必要最小限にして医学的な便益を確保するとともに、自身の被ばくを最小限にするために医療従事者に対する放射線防護の教育と訓練を行うことが不可欠であり、施設の管理者はそのための十分な資源を提供する必要がある。教育訓練プログラムは、新人教育と定期的な教育および再教育訓練を行うようにしなければならない。現代の医療は複雑で専門性が特に重要視され、職種によっては放射線医療に関して十分な教育を受けないまま実践に入る場合が多く、知らないがために被検者に対し無用な被ばくを与えたり、自分自身が被ばくしてしまうことがある。放射線医療に従事するいかなる者も当該施設の放射線医療に関する安全マニュアルを理解し、放射線管理を主たる目的とした施設内の委員会等で承認された者のみ従事させるべきである。また、短時間に大量の被ばくをする可能性のある場所に従事する者には、事前に放射線防護スーパーバイザーによる実践訓練を課すべきである。

### 3.5 施設内規則および監督

放射線防護と安全性について、その適切な安全レベルを保証するために必要な院内規則と手順を定めなければならない。また、放射線安全管理者を選任し、職業被ばくを伴う診療業務が適切に行われ、安全対策が遵守されていることを監督しなければならない。

### 3.6 診療用エックス線装置の安全性

メーカーは、診療用エックス線装置が故障した場合に放射線被ばくを最小限に抑えるため、不具合箇所を直ちに検知でき、また、偶発的な人為ミスによる曝射につながらないような安全設計を行わなければならない。ユーザは、装置の取扱説明書や添付文書を遵守するとともに、使用手順や防護の方法に準拠して安全性の確保を行わなければならない。

## 4. 放射線設備の構造面

我が国の医療被ばくは、諸外国のそれに比較して非常に多いことは明らかである。この理由として、診療用エックス線装置の普及率が世界的に最も高く、エックス線診断の頻度が多いことが挙げられる。このことは、我が国の医療水準の向上につながっているが、反面、医療被ばくの問題を提示している。被ばく防止のためには放射線設備の構造設計が重要であり、放射線診療室の防護工事は関係法令に従って設計施工し、安全性を確保しなければならない。当然ながら、施設において不適切かつ不完全な工事が施行されれば、医療従事者だけでなく一般公衆も無用な被ばくを受けることになる。

病院等における全てのエックス線検査は、専用の設備（放射線診断分野あるいは、心臓カテーテル、乳房撮影又は集団検診のような）の中で行われるべきであり、病室でのポータブル撮影などでは、ベッドが通過できるくらい十分に広くすべきである。

全てのエックス線室に立ち入る者への不必要な被ばくを避けるための機能が備えているべきであり、一般的に、エックス線室では操作する人の防護のため鉛ガラスあるいはアクリルパネルがついた鉛しゃへい体を装備すべきで、もし、従事者が固定あるいは可動式しゃへい体でしゃへいでき

ない場所では、被ばくを最小限にするために被検者及び装置から十分に離れて立つことや適切な防護衣を着用する。さらに、従事者が直ぐに分かるように全てのコントロールパネルの所に防護区域が表示され、鉛ガラスあるいはアクリルを含む防護エプロンとプロテクター等のしゃへい体は、適切な管電圧（kV）に対する鉛当量厚を選択する。

エックス線診療室は、一診療室に一装置を基本とし、同時に放射線検査以外の目的、たとえば被検者の観察や他の手段と一緒に使用されるべきではない。一診療室に被検者一人が原則であり、医療機器の高度化による複合装置に見られるエックス線装置の複数化にあっては、それぞれの放射線発生機器からの被ばく線量、漏えい線量を把握し、所定の研修を経て安全性を確かめた上で使用するべきである。

#### 4.1 診療用放射線設備

放射線診療室には、単純撮影室、透視撮影室、乳房撮影室、血管造影室、CT室、骨密度測定室、結石破碎装置室、放射線治療シミュレータ室などがあり、それに操作室などが必要な設備が付設され防護構造となる。ただし、移動形エックス線装置や移動型CT装置を使用する場合には、放射線防護衣や防護衝立が用いられ、適切な防護措置が講じられる。この場合には、放射線診療従事者等の被ばく低減が行われることになり、必ずしも防護壁等の工事は必要ではない。一方、放射線診療室のしゃへい設備が不備であれば、過度の放射線被ばくによる放射線障害を人体に与えるおそれがある。したがって、放射線診療室では、被検者への不必要な被ばくや放射線診療従事者および公衆の線量限度を超えて被ばくすることを防止するための適正なしゃへい設備を設置しなければならない。

#### 4.2 放射線防護のしゃへい基準

放射線防護のしゃへい基準は医療法施行規則に定められており、放射線診療室等の画壁の外側で1週間につき1mSv以下、管理区域境界において3月間につき1.3mSv以下、病院および診療所の敷地境界において3月間につき250 $\mu$ Sv以下である。放射線診療室に隣接する一般病室においては3月間につき1.3mSv以下のしゃへい能力が必要である。したがって、放射線診療室の天井、床、周囲の壁は、原則として1週間につき1mSv以下となる画壁を必要とする。放射線診療室を管理区域として設定する場合には、3月間につき1.3mSv以下となるようなしゃへい能力を有する防護工事が必要である。尚、画壁などの外側を人が通行し、または滞在することのない場所とは、壁の外側が崖など極めて限定された場所である。画壁の外側の周囲を柵などで区画し、その出入り口に施錠のための設備または器具をつけた場合には、人が通行し、または滞在することの場所となるため、防護が必要な画壁等についてあらかじめ十分な検討を行わなければならない。

#### 4.3 放射線防護工事

放射線診療室は、一定基準の防護性能が維持できるしゃへい性能が必要であり、防護部は天井、床、壁、防護建具（扉など）、観察窓、空調ダクト、開口部（換気扇、コンセントなど）などがあり、装置の設置に必要な天井走行保持装置の下地補強や配線ピットも対象になる。放射線しゃへい材には、しゃへい能力と価格のバランスを考慮してコンクリート、鉛板、鉄板、鉛含ガラスなどが使用され、防護工事では、特に防護材の接合部分からの漏洩を防止するための対策が必要になる。防護用鉛は、JIS H 4301規格に準拠し、その化学成分表を建築工事管理者に提出し、保存する必要がある。コンクリートは密度、空隙などの品質を維持し、隠ぺい配管等の対応を確実に実施しなければならない。

#### 4.4 放射線診療室の安全管理

##### ①標識

病院又は診療所の管理者は、病院又は診療所内の場所であって、外部放射線の線量、濃度又は密度を超える場所を管理区域とし、その旨を示す標識を付さなければならない。したがって、放射線診療室の出入口となる場所に管理区域の標識を表示するとともに、放射線診療室である旨を示す標識を付さなければならない。さらに、管理者以外の者がむやみに立ち入ることを防ぎ、放射線診療室の出入口の防護建具は施錠ができる構造としなければならない。

#### ②表示灯

放射線装置の使用中の表示灯を出入りに設置し、放射線診療室以外で確認できるようにしなければならない。

#### ③保守点検

放射線診療室の構造設備は、定期的な保守点検によって安全確認を行わなければならない。製造者は製造物責任法（PL 法）を踏まえて使用方法、注意事項、定期的な施設点検の維持について施設管理者にあらかじめ説明する必要がある。また、診断用放射線装置の更新時の対応を考え、施工図は確実に保管して管理を行わなければならない。

#### ④産業廃棄物の処分方法

改修工事に伴い建築物から解体された産業廃棄物に放射線防護用の鉛板がある。鉛にはヒ素、シアン等の有害物質が含まれ、産業廃棄物法に基づき適切な処理が必要となる。また、リサイクルするために鉛を製鉛工場に持ち込む場合には、その管理方法にも注意を払わなければならない。

#### ⑤漏えい線量測定

放射線診療室では、診療用エックス線装置を設置した場合には、必ず漏えい線量測定を実施しなければならない。測定器（サーベイメータ）は、測定の目的、性能、線量率の範囲、感度、および信頼性などを考慮し、適正な校正が行われているものを使用しなければならない。放射線の漏えい線量測定法には、線量率測定（ $\mu\text{Sv/h}$ ・ $\text{mSv/h}$ ）と積算線量測定（ $\mu\text{Sv}$ ）の2種類があり、測定の対象である放射線場の強度と時間変化および使用可能な測定器の最小検出感度、応答時間、積算可能期間などを考慮していずれの方法の測定をすべきかを判断する必要がある。

エックス線に関する空間線量測定は、放射線発生源の性質により、連続的に放射線を発生する場合と間歇的（短時間・瞬間的）に放射線を発生する場合があります。両方の測定法は異なる。連続的に放射線を発生する場合には、線量率計を用いて測定を行い、エックス線透視撮影装置、循環器用エックス線診断装置等が該当する。間歇的に放射線を発生する場合には、積算線量計を用いて測定を行い、撮影用エックス線装置（口内法撮影用エックス線装置、歯科用パノラマ断層撮影装置を含む）、エックス線 CT 装置等が該当する。線量率測定の場合には、応答時間（時定数）があるためエックス線が測定器に入射しても、時定数の2倍以上の時間（約 20～30 秒）を待たなければ正確な指示値の読み取りはできない。したがって、間歇的に放射線を発生する場合の空間線量測定は、測定器の応答時間がエックス線の照射時間に比べて長いので直接線量率計による測定はできない。これらは、放射線漏えい線量の測定技術を修得した放射線防護スーパーバイザーの指導の下、定期的に漏えい線量の測定を行う必要がある。

## 5. 装置、装備、メンテナンス及び品質保証

### 5.1 品質保証プログラム

放射線診療での品質保証（Quality Assurance: QA）の目的は、被検者に対して最小限の費用をかけると同時に最小限の被ばく線量によって診療上の有益な情報を得ることであり、装置性能を定期的に管理する方法が必要となる。その QA プログラムは、診療用エックス線装置の受入試験に始まり、その後の定期的な性能試験（日常点検、定期点検等）がそれに続き、装置性能がメーカーの装置仕様と一致していること、IEC、JIS、JESRA 等の規格基準に適していること、そして、ICRP の勧告や医療法等に準拠していることなどが検証できるように作成しなければならない。また、医

療従事者には、診断検査技術や放射線防護などの継続的な教育と訓練を徹底して行い、この教育効果によりミスをも最小限に抑え、診断の質の向上と被検者への被ばく線量の低減につなぐ必要がある。QA プログラムの内容の作成は、個々の施設の大きさや業務手順などによって決定する必要があり、放射線診療における品質管理・品質管理の業務は、責任と権限のもとで診療放射線技師に委任し、全般的な放射線安全管理の立場で安全確保に努めることが重要である。

#### ①受入れ試験

放射線装置の導入時には、メーカーはその装置の性能が設計基準を満たしているために受渡し試験を行い、使用者は放射線装置の仕様が標準規格や仕様書に準拠されており、かつその安全が担保されていることを検証する必要がある。これらの試験は、メーカーと使用者がそれぞれ単独、または両者の協議の上、共同で行っても問題はない。受入試験は作成した QC プログラムに準拠して行い、放射線被ばくの危険性や人体に対する電氣的・機械的・熱的被害を回避するような安全設計が行われていることを検証し、被検者の安全確保に努め、点検結果は記録しておかなければならない。

#### ②日常点検（始業点検、終業点検）

日常点検は、被検者の安全を確保し、日常業務を円滑に行い、そして、装置故障を未然に防止するために必要である。そのためには、日常における正常運転の状況を的確に把握しておく必要がある。毎日の点検に際しては、目視を主体とした点検表を作成し、短時間で点検が行うことが望まれる。点検結果は記録しておかなければならない。

#### ③定期点検

保守点検は6ヶ月～1年ごとに行い、装置性能の経時的な劣化、機械的・電氣的な安全性を確認することである。この方法は、使用者が単独で実施する方法とメーカーとの保守契約に基づいて実施できる方法があり、適宜選択すればよい。しかしながら、放射線画像の質的管理は使用者責任のもとで実施することが望まれ、点検結果は記録しておかなければならない。

## 5.2 診療用エックス線装置の品質保証

診療用放射線装置を設置した場合には、下記の項目について保証する必要がある。

### 〈検収項目〉

#### ①主にエックス線に関する項目

- 1) 名称、規格、添付書類などの確認
- 2) エックス線高電圧装置
- 3) エックス線管装置および付属機器
- 4) エックス線機械装置
- 5) エックス線映像装置
- 6) その他

#### ②機械的安全に関する項目

- 7) 保持装置
- 8) 透視装置・撮影台装置
- 9) 移動型装置
- 10) その他

#### ③電氣的 안전に関する項目

- 11) 装置型式の確認
- 12) 漏れ電流、E.P.R.の確認
- 13) 接地の確認
- 14) 規格ヒューズの確認
- 15) ブレーカの確認

- 16) 絶縁抵抗
- 17) その他
- ④放射線防護に関する項目
  - 18) エックス線漏れ線量
  - 19) 防護器具の鉛当量
  - 20) その他
- ⑤設置環境
  - 21) 温度・湿度
  - 22) 騒音
  - 23) その他
- ⑥付属機器
- ⑦その他

#### 〈遵守事項〉

- ①設置する装置の基準検査は、設置業者の責任であり、放射線防護アドバイザーの助言に従って実施すること。
- ②設置業者と購入者は、装置が購入される前に、誰が検査を実施するかを確認すること。
- ③放射線装置を臨床使用する前に、安全に操作し、説明書の通りかどうか、受け入れ試験を実施すること。
- ④全てのエックス線部門は、被検者への最小必要線量で最適画質が継続的に提供されるのを保証するために QA を実施すること。
- ⑤QA プログラムの代表的な測定は、医療被ばくを受けた人へ投与された線量で行うこと。
- ⑥放射線防護アドバイザーは適切な QA プログラム形式について助言すること。
- ⑦全ての装置は、製品メーカーにより推奨される頻度で説明書どおりに保守すること。
- ⑧定期メンテナンスとルーチン QC は、線量が自動的に制御されるようなシステムには重要である。
- ⑨QA を含むメンテナンスの記録は、エックス線装置の各項目について保存すること。
- ⑩装置の仕様に変更を生じる作業の後には、放射線防護アドバイザー（あるいは他の代理責任者）は、それらの変更の結果として、操作手順、装置被ばくプロトコルあるいは院内規則を変更する必要がある。また、変更について使用者に伝達すること。
- ⑪保守とエックス線装置テストに関わる全ての従事者は、放射線ビームあるいはテスト被験者による散乱線から自身の被ばくを避けるため気をつけること。
- ⑫特に、ビーム・アラインメント実施中あるいは蛍光増倍管の QA テスト中に手が被ばくするのを避けること。
- ⑬移動形装置は、適切にしゃへいされたエックス線室で保守やテストすること。

#### 〈チェック項目〉

- ①当該装置ごとに管理者が決められているか。
- ②当該装置について納入業者から操作方法、医療機器添付文書を含むドキュメントなどについて説明を受けているか。
- ③当該装置について院内で定められた期間ごとに月例、年間等の点検を実施しているか。
- ④機器管理点検表に基づき、日常点検（始業点検）を実施しているか。
- ⑤機器管理点検表を管理者が記載内容を確認して、捺印されているか。

- ⑥機器管理点検表を院内基準に沿った保存期間と決められた場所で保管されているか。
- ⑦当該機器の納入業者等と保守契約を締結しているか。
- ⑧当該装置を業者が修理または保守点検作業をした際、作業内容の確認および装置の稼働等の確認を実施しているか。
- ⑨日常点検で判明した不具合等を当該医療機器の業者へ通知の上、修理依頼などの措置を講じているか。
- ⑩日常点検で判明した不具合等を含めた各装置に関わる事項について、部門長が定期的に報告を受けているか。
- ⑪当該装置の不具合等で業務停止が生じた場合、業者への連絡、部門長への連絡の手順が定められているか。
- ⑫機器に関わる重大な事故が発生した場合の部門内、院内、場合によっては行政主務庁への報告手順が定められているか。
- ⑬納入されている機器関連の重大な不具合や回収の情報を定期的に得ているか。

#### 〈想定される事故と事例〉

- ①当該装置の管理責任が不明確になる。
- ②装置の更新が行われたが新旧の装置の使用環境（運転時の温度、湿度等）が以前の装置と同じ環境で使用していたので散発性の故障が発生した。
- ③当該装置の点検記録がないため、担当者引継時に正確な情報が次担当者へ伝わらないため継続的な品質管理が出来ない。
- ④装置の完全稼働が確認されないまま使用されることにより、当該装置の仕様を満たした運用が出来ない。
- ⑤管理者としての現状把握の不備
- ⑥当該装置の故障履歴等が把握できない。
- ⑦重要部品の摩耗度等の把握出来ない。
- ⑧使用開始後に未修理箇所が判明し、業務に支障が生じる。
- ⑨決められた時間内での正常な点検作業が出来ない。
- ⑩管理者としての現状把握の不備、重大修理の場合に予算措置を講ずることが出来ない。
- ⑪連絡不備のため、院内で関連業務に混乱が生じる。
- ⑫院内外での重大なリスクの発生
- ⑬当該装置の積極的な品質および安全対策への対応が不十分となる。

#### 〈対策〉

- ①点検表を作成する場合、当該納入業者からの情報も得て作成する。
- ②各種の連絡手順書（フロー図）を作成し、担当者へ周知する。
- ③定期的に部門会議を開催し、業務関連情報の共有化を図る。
- ④業者、部門長、会計部門とで協議の上、保守契約を締結する。
- ⑤業者の修理完了後は必ず、修理箇所以外を含めた動作確認、押しボタンスイッチ等の位置の確認を実施する。
- ⑥担当者を決めて、定期的の医薬品医療機器総合機構のホームページを閲覧し、部門会議等で情報提供を行う。

## 6. 従事者と一般公衆の防護

従事者は適切な防護をする知識と実際に被ばくしないよう注意して業務を行うべきであり、不必要な被ばくは可能な限り避けなければならない。被検者から離れたところに立ったり、散乱線の少ないところを知っておくべきである。一般的に、散乱線の最も多いところは、エックス線受像器に近い側からのものより、放射線（後方散乱）を直接通過した被検者側からのものである。

検査及び装置テストの間は、エックス線室の扉は閉鎖されるべきである。被検者の出入り口から許可なく入室するのを防止するために、扉に鍵を掛けるのが妥当である。

被検者の被ばく線量と散乱線を制限するために、エックス線照射サイズが最小にすることは有効である。一次線がしゃへいで防護されていないときは、隣接する作業領域から人がいない方向に向けるべきである。しゃへいされていない一次線は、制御パネルや移動しゃへい体の防護区域へ向けるべきでない。

小児、衰弱者あるいは麻酔された被検者は、時としてエックス線撮影の時に介助する必要がある。固定を確実にするために、有効な医療用具が用いられるべきである。被検者を支えるなど介助する人々に対し、適切な指示書を備え、付随するリスクのレベルを知らされているべきで、被検者を支える人は、防護衣を着用すべきである。定期的に被検者を抱える病院介護者のための防護取り決めは、院内規則で定義されるべきである。また、小児病棟従事者のための防護に対して、特別な注意が払われるべきである。

小児被検者に対しては、彼らの両親、他の家族あるいは介護者が抱えてもよい。家族と介護者は、予めリスクについて知らされるべきであり、相応に防護すべきである。どうしても必要としない限り、そして安全係数リスク評価を基本としていない限り、エックス線検査する被検者を妊婦が抱えることが認められてはならない。

被検者とその介護者あるいは、受託業者、運搬人、掃除人のような部外者は、手や足でのスイッチで簡単にエックス線を発生できないような「安全」状態でない限り、担当者のないままエックス線室に取り残されてはならない。

### 6.1 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、IVR に限定される。IVR は、日常的に大量被ばくが患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患者の皮膚障害などが発生する。放射線による発生する皮膚傷害は、不適切な装置の使用やそれにもまして未熟な操作技術により生じている。また、皮膚傷害は患者だけでなく、術者、診療放射線技師、看護師も散乱線を受け認められるようになってきており、その被ばく線量は患者の被ばく線量に相関する。さらに、不適切なエックス線装置を使用したり、個人の防護が不十分な場合は、術者等の被ばく線量は著しく増加し得る。したがって、患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。

### 6.2 放射線傷害と線量

放射線傷害には、患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、患者において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ヶ月に4Gy、または3ヶ月以上で5.5Gyで発生すると考えられる。

### 6.3 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、その場合の患者の皮膚線量を記載しておく。

(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、使用に際してその QA を行う。

(3) 患者被ばくの低減には次の方法を用いる。

- ① 透視時間を最小限に抑制する。
- ② 体格の良い患者では線量率が高くなり、累積線量も早く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患者から離す。
- ⑤ エックス線受像器 (I. I.) を可能な患者に近づける。
- ⑥ 拡大透視は使い過ぎないようにする。
- ⑦ 小さい患者の場合、および I. I. を患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、患者の位置、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 患者の体格、エックス線管の位置、照射角度、線量率、患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 I. I. 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。

#### 6.4 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述べなければならない。

また、1 回の IVR において患者の推定線量が 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こと。3Gy 以上の場合、患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。患者の主治医は放射線の影響の可能性を受けの必要があり、放射線障害の発生のおそれがある場合には、IVR 後に患者に対してカウンセリングを行わなければならない。また、過去に IVR が行われているかどうかの確認システムを確立する必要がある。

IVR 術者は、電離放射線の生物学的影響を理解し、放射線防護の基礎的かつ継続的な教育訓練を受けなければならない。また、放射線障害に関して自らが行った結果について調査し、再検討を行わなければならない。さらに、新しい IVR 技術の導入においては、放射線のリスクを含めたリスクと便益を考慮する必要がある。

#### 6.5 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。

## 7. 被検者の防護

検査を行う上で必要でない被ばくから、全ての被検者は防護される必要がある。特に生殖腺と女性の乳房の被ばくは避けられなければならない。四肢、特に座位における被検者の手の検査などでは、避けられる体位をとるか、鉛シートあるいは鉛エプロンを有効に使用して、乳房や生殖腺の防護を行うなど放射線束に注意を行うこと。

全ての小児、および生殖能力のある人に対して、生殖腺のしゃへいが検査の支障にならない限り、生殖腺を防護すること。この場合、年齢による生殖腺の位置に留意すること。

妊娠しているあるいは、妊娠の可能性がある女性に対して、腹部に照射を伴う場合は、潜在胎児の照射を最小限にするために最適化を行うこと。

エックス線撮影の訓練のために使用する場合やデジタルエックス線撮影のような新検査技術や画像技術を最適化するようなシミュレーションテストの場合には、テストチャートやファントム等を使用すること。

①診療における放射線の利用は、医学的判断によって十分に正当化されるものでなければならない。そのために検査を依頼する各診療科の医師は、診療上の十分な必要性が認められる場合にのみ放射線検査の適用を決定しなければならない。定型化した手順によつてのみのエックス線撮影や、超音波検査など電離放射線を使用しない検査で十分な診断情報が得られる場合には、放射線を用いた検査を実施すべきではない<sup>ii</sup>。

②診療における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るようにすること。被ばくを低減する見地からは防護の最適化が特に重要となる。一般的に行うべき技術的な面からの基本となる防護の最適化は、

- 照射領域の制限（CTにおいては撮像範囲の制限）
- 適切なエックス線入射方向の選択（CTにおいてはオーバースキャンが発生する位置の考慮）
- 適切な付加フィルタの挿入による検出器へ透過しない成分の除去
- エックス線管からの一定距離の確保

である。これらはいずれも容易に実行可能な項目である。例えば頸椎の撮影時に眼窩まで含めた照射領域は設定されるべきではないし、通常の頭部前後方向撮影では後頭部から前頭部へ向けて入射させるべきである。これらにより水晶体へ照射される線量は大きく減じることが可能になる。

③被検者に対する放射線からの防護のためには、高度な専門的教育を受けた医療従事者によつてのみ放射線診療が行われる必要がある。さらに、エックス線装置を直接操作して被検者へ放射線を照射する診療放射線技師は、放射線に関する専門能力の他、品質管理プログラムの立案とその実行が適切に行える能力が必要である。

④小児に対しては、成人に用いられる通常技術と撮影条件がそのまま適用しないこと。より慎重な照射領域の制限と線量の最小化を図ること。さらに、成長に伴う体格変化が大きいため、

- いくつかの年齢階層に区分して撮影条件をあらかじめ示しておかなければならない。わずかな照射領域の拡大により、全身照射となりうる危険性があることを認識しなくてはならない。
- ⑤生殖可能年齢の被検者と全ての小児に対して、生殖腺が照射領域に含まれる場合には、しゃへい用具を利用するなど適切な防護措置を講じること。ただし、診断情報の妨げになる防護は被検者に不利益を与えることになるので留意すること。
- ⑥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ものとなる。このため、被検者の検査室への誘導にあたっては確実な本人確認手続きを実施しなければならない。すぐに実行可能な手法として、

- フルネームでの呼び出しを行うこと
- 被検者本人に名前を名乗ってもらうこと
- 診療カードや手首バンドなどを確認すること

等があげられるが、複数の確認手段を併用して検査室への被検者誘導を行うこと<sup>iii</sup>。本人氏名での呼び出しにおける個人情報の保護のあり方については、関連ガイドライン等<sup>iv</sup>に沿って医療機関で慎重な検討を行い、安全を十分に確保できるように決定しておく必要がある。

- ⑦意識障害などにより本人への確認が困難な場合は、主治医もしくは担当の看護師に確認を依頼する必要がある、これと併せて手首バンドなどの個人識別用具による確認を実施すること。
- ⑧検査室内においてこれから実施する検査の内容を被検者へ説明することは、本人確認の補助とすることができるほか、依頼医の誤指示を検査実施前に発見することを可能にする。左右のうち患側、健側のみを撮影する場合などには、左右の指示間違いが発生しやすいため慎重な確認を行うこと。
- ⑨事前に十分な説明が行われ、書面による同意を得た臨床試験の実施を除いては、新しい診断用エックス線装置や技術の導入のために被検者が検査を受けることがあってはならない。それらは通常専用のQAツールやファントムを用いて実施しなければならない。決してトレーニングのために人体へ放射線を照射してはならない。

以下の項目について確認を行う。

#### 誤認による再撮影の防止

- ①手首バンドなど補助的手法を併用することにより、本人確認を確実にしているか。<sup>v</sup>
- ②部位や左右の間違いを防ぐため、検査内容を被検者に事前に説明しているか。
- ③検査の必要性や内容について、検査担当者が依頼医へ確認を行うための手順が整備されているか。

#### 高感受性臓器への確実な線量低減

- ①生殖腺、眼の水晶体、胸部及び甲状腺のような放射線感受性の高い臓器を、必要に応じてしゃへいするための放射線防護用エプロンや生殖腺のしゃへい用具を備えているか。
- ②しゃへいを行うべき検査について、検査実施マニュアルに記載があるか。

#### 機器の品質管理による過線量照射の防止

- ①放射線診療機器の品質管理についてマニュアルが整備され、実施記録が備えられているか。

#### 検査施行者の技術レベルの一定化

- ①ALARA (As Low As Reasonably Achievable) の原則が遵守され、最適化された撮影条件表が整備されているか。
- ②小児撮影用に特別に考慮された撮影条件表を備えているか。
- ③検査を担当する診療放射線技師等は、医療被ばく低減に関する研修を受けているか。

- ④各放射線検査における部位別の透視線量率、撮影線量等を把握し<sup>vi</sup>、患者から被ばく線量について質問された際、資料を提示できるか。

## 8. 医療被ばく低減目標値

施設長は、通常のエックス線検査のための診断参照レベルが制定されていることを確認すべきである。医療被ばく低減目標値は自施設の QA プログラム内で測定された代表的被検者線量が基本となるため、関連する国内及び欧州の参照レベルも考慮するべきである。医療被ばく低減目標値で使われる線量は、装置と検査の種類に見合うものでなければならない。例えば、入射表面線量は、単純エックス線撮影に当てはまるものであり、自施設における部位別の被ばく線量の把握を行う必要がある。被ばく線量の測定は校正された線量計を用いる必要があるが、定期的に調整を行っている機器に関しては、たとえ線量計を用いなくとも入射表面線量を左右するパラメータを入力することで実験的に得たデータから導き出す Numerical Dose Determination (NDD 法)<sup>vii</sup>が広く用いられて被ばく線量の把握を行っている。被ばく線量の把握は施設長の責務であり、医療被ばく低減目標値を上回る線量で撮影が繰り返されないように放射線量の低減策を講じること。透視の被ばく時間は、線量表示のない装置を使用する透視検査のための適切な医療被ばく低減目標値となるべきである。同様に、荷重 CT 線量インデックス (CTDI<sub>w</sub>) と線量-距離積 (DLP) は、CT で使用される。また、ガイドラインレベルを超えるならば、放射線の行為及び技術の更なる範囲の再検討が要求される。

- ①診療放射線技師など、診療のために放射線を被検者へ照射する専門家は、通常行われる代表的な放射線検査について、医療被ばく低減目標値を設定するべきである。この医療被ばく低減目標値は、実際の検査実施時に使用する放射線量を拘束するものではないが、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となる。
- ②医療被ばく低減目標値として用いられる単位は、それぞれの検査において適切なものが用いられるべきである。エックス線撮影では入射表面線量(Entrance Surface Dose: ESD)が、透視検査では面積線量値 (Dose-Area Product: DAP)、入射表面線量率が、CT 検査では weighted CT Dose Index (CTDI<sub>w</sub>)や Dose Length Product (DLP)が用いられるであろう<sup>viii</sup>。透視検査において線量測定が不可能な場合には、透視時間並びに入射表面線量率によって医療被ばく低減目標値を設定することとなる。
- ③各医療機関において決定される診断参照レベルは、我が国における全国的な医療被ばく低減目標値、もしくは国際的な診断参照レベルの値が考慮されていなければならない。我が国においては社団法人日本放射線技師会 (JART) が 2006 年に改定した医療被ばくガイドライン<sup>ix</sup>、国際的なものとしては International Atomic Energy Agency (IAEA) Basic Safety Standard 115<sup>a</sup>が実用的な診断参照レベルとして利用可能である。
- ④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を示すものではない。多くの施設が現在行っている撮影条件の調査をもとにして、広く分布するであろう値の 75 パーセント近傍の実用的な値が適用されることは、現時点での目標とする値として大きな矛盾は生じない<sup>xii</sup>。医療被ばく低減目標値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。
- ⑤医療被ばく低減目標値は、実際に検査を実行する診療放射線技師や依頼医の専門的判断に助言を与えるものであり、個々の検査について診断参照レベルとの比較をおこない、その比較が良質な医療かどうかを区分する境界線と考えるものではない<sup>xiii</sup>。しかし、ある種の検査において、頻繁に医療被ばく低減目標値を超える線量が使用されている場合、装置の品質管理

や性能レベル、さらには撮影者の技術能力が適切かを再検討する必要がある。

- ⑥医療被ばく低減目標値は、日常の診断用エックス線装置の品質管理プログラムの中で用いられるべきであり、無用な高い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利用することができる。
- ⑦医療被ばく低減目標値の設定やその比較・確認が常に実行可能なように、全ての診断用エックス線装置設置施設は、適切な線量測定機材を備えておくべきである。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なければならない。そのために、放射線の測定法やエックス線装置の品質管理についての研修を受け、一定の知識を有すると認められた者を責任者としておくべきである。
- ⑧各医療被ばく低減目標値に応じた臓器線量を把握することは、被検者への説明や事故による被ばくの評価に有用である。適切な線量計を用いる方法やコンピュータのシミュレーションによって簡便に求められる NDD 方法が普及している。被ばく低減を行うために装置毎に求めるべきである。

X 線単純撮影における  
医療被ばくガイドライン 2006 (JART) と IAEA ガイダンスレベル 1994

撮影部位	JART ガイドライン (mGy)	IAEA ガイダンスレベル (mGy)
頭部 (正面)	3	5
頭部 (側面)	2	3
頸椎 (正側面)	0.9	-
胸椎 (正面)	4	7
胸椎 (側面)	8	20
胸部 (正面)	0.3	0.4
胸部 (側面)	0.8	1.5
腹部 (正面)	3	10
腰椎 (正面)	5	10
腰椎 (側面)	15	30
骨盤 (正面)	3	10
股関節 (正面)	4	10
大腿部	2	-
膝関節	0.4	-
足関節	0.3	-
前腕部	0.2	-
手指部	0.1	-
Guthmann	9	-
Martius	10	-
0 歳胸部	0.2	-
3 歳胸部	0.2	-
5 歳胸部	0.2	-

0 歳腹部	0.3	-
3 歳腹部	0.5	-
5 歳腹部	0.7	-
乳幼児股関節	0.2	-
乳房撮影	平均乳腺線量 2	3
乳房撮影	設定せず	1
Grid(+)		

以下の項目について確認を行う。

#### 機器の品質管理による過線量照射の防止および検査施行者の技術レベルの一定化

- ①国家標準に対しトレーサビリティを持つ測定器により線量の測定が実施されているか。
- ②平均的な体格の成人患者に関する入射表面線量、線量面積値、線量率又は臓器線量の代表的な値が、医療被ばく低減目標値を参考にして決定されているか。
- ③確立された医療被ばく低減目標値を繰り返し、もしくは大幅に超える線量を使用されるとき、装置の品質管理や性能レベル、さらには撮影者の技術能力が適切かを再検討しているか。

## 9. 女性被検者

下腹部にエックス線検査を受ける妊娠可能な女性被検者に対しては、規程を作って検査依頼する医師から妊娠の可能性について質問し、撮影者である診療放射線技師によって再確認することが必要としている。妊娠している可能性のある被検者の検査は、胎児に数十ミリグレイを超える線量を与えることになる検査をする場合は、「10日則」を必要として検査の延期を促すこと。

- ①被検者が妊娠可能な年齢の女性である場合、各診療科の医師による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時の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。依頼医は妊娠の可能性があると判断される場合には、必ず診療放射線技師へ通知を行うべきである。妊娠について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うこと。
- ②妊娠している被検者について、直接照射範囲に胎児が含まれない場合、例えば頭部や胸部、手指の通常のエックス線撮影などについては、使用する機器が適切な品質管理プログラムに基づき管理されている場合、妊娠の全ての期間にわたって制限されるべきではない<sup>xiii</sup>。しかし、検査実施前にリスクが極めて低いものであることを依頼医師が口頭で被検者に説明するべきである。
- ③依頼医から情報がないにもかかわらず、診療放射線技師による検査実施前の質問で妊娠しているか、もしくはその可能性があることが判明した場合や、胎児が直接照射範囲に含まれたり、極近傍に位置すると判断されたりする場合には、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妊娠しているか、もしくはその可能性がある女性で、胎児への線量が数十ミリグレイを超えると予測される検査の適用を行う場合には、依頼医は検査実施前に胎児に対する放射線影響を根拠に基づき被検者に説明し、同意を得る手続きをとるべきである。造影剤を利用する場合などの繰り返しの骨盤部 CT 撮影や透視時間の長い注腸検査などで、しばしばそのような線量に達する場合がある。

検査実施後に妊娠が判明した被検者から要求があった場合には、診療放射線技師が被検者への照

射毎に作成する照射録上に記載されている撮影条件から胎児線量を推定し、被検者へ情報を開示できる体制をとるべきである。ただし、胎児が直接照射領域内に含まれなかったことが明らかである場合、胎児線量の推定は通常不要である<sup>xiv</sup>。

以下の項目について確認を行う。

#### 胚または胎児への線量低減

- ① 出産年齢の女性患者には、妊娠もしくはその可能性の有無を確認しているか。
- ② 検査依頼医からの情報にない妊娠の事実もしくはその可能性が明らかになった場合に、検査実施について依頼医に確認しているか。
- ③ 妊娠について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ているか。

#### 患者不安心理の抑制

- ① 妊娠しているか、もしくはその可能性がある女性で、胎児への線量が数十ミリグレイを超えると予測される検査の適用を行う場合に、説明を行い、同意を得ているか。
- ② 妊娠している患者について、直接照射範囲に胎児が含まれない場合、リスクが極めて低いものであることを、検査実施前に依頼医が患者に説明しているか。

## 10. エックス線撮影

フォトタイマーなどの自動露出制御装置 (Automatic Exposure Control: AEC) や機能は、被ばくの低減を達成する補助となる場合に使用されるべきである。フォトタイマーは、標準範囲である mAs 値で撮影可能なように調整を行い、被ばく線量を予め認識しなければならない。万が一、装置が故障したとしても、過剰被ばくの可能性を最小限にするようにプログラムしておくと共に、各検査に対して適切な保護 mAs 値がプログラムされているかをチェックすべきである。

放射線検査のプロトコルは、エックス線診療室ごとに表示し、特別なエックス線検査を実施するためにエックス線管を複数使用するときは、装置ごとに対して別々のプロトコルが定義されるべきである。プロトコルには、フィルム (検出器) -焦点間距離、放射線被ばく係数、及び AEC、各検査の装置オプションの選択に関する情報を含める。

エックス線照射は、制御パネルで制御されるべきであり、曝射スイッチは操作者が撮影の間、防護区域を離れられないように位置付けられるべきである。被検者の様子が、操作者に常にはっきりと見える状態で照射を行い、防護鉛ガラスあるいは鉛アクリルしゃへい体は、制御パネルの前に設置されるべきである。そうすることが出来ない場合、たとえば防護パネルの背後に居ることができない従事者等は、防護衣を着用すること。

画像システムは、被検者線量が合理的に実行可能な限り低く維持され、被検者と従事者への被ばくを低減する器具を積極的に使用しなければならない。

乳房撮影は、乳房専用として使用し、常に他の目的に使用しない。総濾過は、0.5mmAl (0.03mmMo) 当量以下であってはならない。最近の装置は、平均乳腺線量あるいは組織コントラストを最適化するために、自動的に因子 (フィルタ、陽極材及び管電圧 kVp) を変化させるシステムを組込んでいる場合があるので、使用者は (臨床に使用するならば)、それらのシステムを理解しているべきである。

被検者の水晶体の防護は、鉛あるいは鉛含有しゃへいを用いれば、頭部血管造影において有効な場合がある。眼のしゃへいは、その目的のために専用で設計されるべきであり、衛生面、鉛毒性を考えプラスチックなどで覆われているべきである。

- ① 撮影室への被検者導入時には、フルネームでの確認と被検者本人による名乗り、または診察

カードや手首バンド等の個人識別用具による本人確認など、複数の手段を併用した確認を実施すること。小児や意識障害等により被検者本人の確認が困難な場合には、主治医もしくは担当看護師への確認をおこない被検者誤認を防止すること。

- ②診療放射線技師は検査を開始する前に、その内容と手順を具体的に被検者へ説明し、エックス線撮影時の部位そのもの間違い、もしくは左右の間違いは、検査内容の説明に対する被検者自身の確認により未然に防止すること。
- ③被検者介助のために撮影室内にとどまる者は、エックス線防護衣や防護衝立を適切に利用して、可能な限り被検者から距離を置くこと。また、介助無しに撮影を可能にする専用の器具（小児専用固定撮影台など）を積極的に用いること。
- ④診療放射線技師がエックス線発生装置の操作を行う場所から、撮影室内の被検者の様子が明瞭に観察可能な状態で撮影を行うこと。
- ⑤全ての場合において、エックス線管前面に取り付けられている可動絞り内から投影される光照射野によってエックス線照射領域の確認を行い、必要最小限度の照射領域を設定すること。照射領域は検出器（もしくはフィルム）のサイズより内側に設定すること（乳房撮影時は適用外）。これらのために可動絞りの光照射野とエックス線照射領域の一致を定期的な品質管理プログラム<sup>xv</sup>の実行により確認することが重要である。
- ⑥整位不良による再撮影は、被検者の被ばくを増加させる要因の一つである。根拠に基づく適切な撮影技術が用いられなければならない。撮影中の被検者体動によって不十分な診断情報しか与えない画像が発生することを防止するために、適切に被検者体位を支持する専用器具を用いたり、体動抑制具を用いること。小児や精神疾患被検者など、体動を抑制することが要求不可能な場合には、通常用いる撮影条件ではなく、機器が許容する範囲で最小の撮影時間を選択するなど、特別な注意を払うこと。
- ⑦エックス線管からの直接線束内に、検査目的部位以外が含まれないように、エックス線装置の設定や被検者体位の設定を行うこと。例えば膝蓋骨軸位方向のスカイラインビュー撮影時にエックス線が被検者足側から入射される場合には、フィルムもしくは検出器の保持に適切な補助具を用いるべきであり、被検者上半身がエックス線束内に含まれるようなことがあってはならない。
- ⑧撮影台や撮影条件などの選択は、検査が実施される前に診療放射線技師によりチェックされるべきである。自動露出制御装置（Automatic Exposure Control: AEC）は、同じ部位の撮影を繰り返す場合などに使用されるべきである。
- ⑨AEC が使用される場合、撮影時間は予測される最大撮影時間よりも大きく設定される。そのため自動露出機構の動作異常や動作設定のミスが生じたときには過剰な被ばくが発生しやすい。撮影装置のプリセットプログラムによって設定される場合にも、個々の撮影時に適切な最大値とするべきであり、撮影者はそれを確認した後に検査を実施するべきである。
- ⑩エックス線フィルム/増感紙の組み合わせを使用する場合、診断に必要な情報を与える範囲で可能な限り高い感度のシステムを利用するべきである。
- ⑪エックス線フィルム/増感紙の組み合わせを使用する場合、そのフィルム自動現像機は適切に管理が行われていなければならない。最高濃度、かぶり濃度、コントラスト曲線が正常な範囲にあるか、品質管理用ツールを用いるなどして品質管理プログラム<sup>xvi</sup>が実行されるべきである。
- ⑫エックス線管焦点と被検者入射面との間の距離は 45cm 以上確保されていなければならない。
- ⑬乳房撮影専用装置はそれ以外の用途に用いられるべきではない。陽極材料・フィルタ材料の特殊性を診療放射線技師は理解していなければならない。乳房撮影用エックス線装置に必要な総濾過は、0.5mmAl 当量以上か 0.03mmMo 当量以上でなければならない<sup>xvii</sup>。
- ⑭全てのエックス線撮影室には、当該撮影室で実施される代表的な検査に対する撮影条件表を

備えるべきである。これには管電圧・管電流・撮影時間・焦点フィルム間距離・AEC 使用の有無・グリッドの有無・使用するフィルム・スクリーンシステムの感度などが含まれるであろう。撮影者は必要に応じて、使用する撮影条件をその表を用いて確認をおこなうべきである。

- ⑮炭素繊維材料を使用した天板をもつ撮影台や同素材による撮影用カセット、散乱線除去用グリッドなどの使用は、画像生成に必要とする線量を低減させるために有効であることから、それらの利用を進めるべきである。
- ⑯エックス線装置の制御機上で設定される撮影条件は、その設定時に人為的な間違いが発生しないよう、例えば放射線部門システム (Radiology Information System: RIS) と DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)、MWM (Modality Work list Management)<sup>xviii</sup> を利用した検査目的部位の取得からの自動設定を採用するなど、積極的に人為的エラーの発生防止に努めるべきである。

全ての撮影に使用された撮影条件は、診療放射線技師法に則り照射録内に正確に記録されなければならない。例えば放射線部門システムと DICOM、MPPS (Modality Performed Procedure Step) を利用した、エックス線装置からの実施情報の自動取得システムの導入などが進められるべきである。

以下の項目について確認を行う。

#### 機器の品質管理による過線量照射の防止

- ①エックス線装置の出力が定期的に校正されているか。
- ②エックス線フィルム/増感紙の組み合わせを使用する場合、診断に必要な情報を与える範囲で可能な限り高い感度のシステムを利用しているか。
- ③画像観察機器 (モニタ・シャーカステンなど) の定期点検はされているか。
- ④増感紙のキズ汚れなどのチェックを定期的に行っているか。
- ⑤エックス線フィルム・増感紙の組み合わせを使用する場合、そのフィルム自動現像機は適切に管理が行われているか。
- ⑥撮影台天板や撮影用カセットに、低吸収素材が用いられたものを採用しているか。
- ⑦全ての点検記録を責任者がチェックしているか。

#### 検査施行者の技術レベルの一定化

- ①部位ごとの検査・撮影マニュアルが周知徹底され、必要に応じて定期的に更新されているか。
- ②エックス線照射範囲を必要最小限に設定しているか。
- ③小児が患者として訪れる場合、介助無しに撮影を可能にする専用の器具 (小児専用固定撮影台など) が用意されているか。
- ④撮影中の患者体動を防止するために、適切に患者体位を支持する専用器具や体動抑制具が備えてあるか。
- ⑤エックス線管焦点と患者入射面との間の距離は 45cm 以上確保されているか。
- ⑥すべてのエックス線撮影室には、当該撮影室で実施される代表的な検査に対する撮影条件表を備えているか。
- ⑦すべての撮影に使用された撮影条件は、診療放射線技師法に則り照射録内に正確に記録されているか。

## 11. デジタルエックス線撮影



特別なコンピュータエックス線撮影（CR）及び直接デジタルエックス線撮影（FPD）におけるデジタルエックス線撮影は、画像毎の幅広い範囲の線量に対し、画像が作成されるのを可能にする。この装置の一般的な QA テストには、画像毎の線量測定が含まれているべきである。操作者は、画像設定毎の線量を認識し、臨床的に適用可能な画像の作成に必要な線量よりも高い画像ごとの線量で操作することが通常可能であるこのタイプの装置に関しては、線量を合理的に実行可能な限り低く保つという、特別な要求を承知しているべきである。

操作者は、フィルム/増感紙システムでのエックス線撮影条件がデジタルあるいはコンピュータエックス線撮影に必ずしも適合しないであろうことを知っているべきである。

- ①エックス線撮影の項に示した指針は、エックス線フィルム/増感紙および自動現像機に関する項目を除いて全てデジタルエックス線撮影においても適用されるべきである。
- ②デジタルエックス線撮影装置は、過小・過大な線量によって撮影された場合であっても、広い線量範囲にわたって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与える線量をあらかじめ慎重に決定しておかなければならない。線量を合理的に実行可能な限り低く（ALARP）保つという原則の上に使用されるべきである。
- ③デジタルエックス線撮影装置では濃度・コントラストの補正処理が存在するため使用者が性能の変化に気づき難い。使用者は放射線発生装置と画像処理装置の動作について、装置が求める品質管理プログラムにもとづき、性能の維持を確認していなければならない。これによって診断情報に寄与しない過大な放射線量を被検者へ与える事を防ぐことができる。また、過小線量による撮影では診断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。品質管理プログラム内での医療被ばく低減目標値との比較が重要である。

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。診療放射線技師や検査を依頼する医師は、一画像あたりの放射線量を事前の知識として有すべきであり、安易な再撮影や撮影方向の増加を行うべきではない。

以下の項目について確認を行う。

#### **機器の品質管理による過線量照射の防止**

- ①エックス線装置の出力が定期的に校正されているか。
- ②画像観察機器（モニタ・シャーカステンなど）の定期点検はされているか。
- ③イメージングプレートなど検出器のキズ汚れなどのチェックを定期的に行っているか。
- ④部位ごとの撮影マニュアルは周知徹底され定期的に更新されているか。
- ⑤全ての点検記録を責任者がチェックしているか。
- ⑥撮影台天板や撮影用カセットに、低吸収素材が用いられたものを採用しているか。

#### **検査施行者の技術レベルの一定化**

- ①照射範囲を必要最小限に設定しているか。
- ②小児が患者として訪れる場合、介助無しに撮影を可能にする専用の器具（小児専用固定撮影台など）が用意されているか。
- ③撮影中の患者体動を防止するために、適切に患者体位を支持する専用器具や体動抑制具が備えてあるか。
- ④エックス線管焦点と患者入射面との間の距離は 45cm 以上確保されているか。
- ⑤すべてのエックス線撮影室には、当該撮影室で実施される代表的な検査に対する撮影条件表を備えているか。
- ⑥すべての撮影に使用された撮影条件は、診療放射線技師法に則り照射録内に正確に記録されているか。

- ⑦線量を合理的に達成可能な限り低く（ALARA）保つという原則のうえに、患者ごとに最適な撮影条件が設定されているか。
- ⑧安易な再撮影や撮影方向の増加が行われていないか。

## 12. 透視

透視は、エックス線のみで必要な情報を得る見込みがない場合に通常使用する。透視は、エックス線撮影のための被検者位置決め目的として、決して使用されるべきではない。また、透視装置は、適切に訓練された操作者の直接管理の下に置かれなければならない。操作者が透視を何時出すのか何時終わるのかを他の人に、よく分かる方法で伝えるべきである。そうすることで安全な位置に待避することができる。

自動線量率制御システムが取付けられていない透視装置の使用は、具体的に正当化された環境のみでの使用に制限されるべきである。

透視は、連続的に出さずに短間隔で on、off を繰り返して行うべきである。透視線量は、最終画像をストアする機構があれば、シネループ再生機能、低線量率及びそれらが利用可能なパルス透視オプションなどでも有効に被ばく低減できる。また、操作する人が、透視を出したままでモニタを見ていないような状態があってはならない。

Dose Area Product(DAP)モニタの表示あるいはその他の適切な線量表示（例、皮膚線量）を十分活用して、被検者線量を制限するための被ばく時間が表示されるべきである。操作者は、その検査の診断参照レベルを確認しておく、そして常に値をモニタすべきである。累積された DAP 値または被ばく時間を、各被検者に対して記録するべきである。

標準被検者（20cm 水）の皮膚吸収線量率は、如何なる透視モード、視野サイズにおいても、100mGy/min を超えてはならない。皮膚入射線量率が標準被検者（20cm 水）に対する最大有効視野に対して 50mGy/min を超える場合、改善処置が要求される。

自動線量率制御システムが使用者選択 kV 対 mA 曲線を表示する場合、最適曲線は、造影剤の使用を含む検査に対するヨウ素またはバリウム曲線のような検査に対し、選択されるべきである。操作者は、自動設定による関連線量率を承知しているべきであり、臨床対象と一致した最低線量率を採用すべきである。視野の拡大、縮小でどの様に被ばく線量が増加するか知っておくことで無用な被ばくを抑えることができる。散乱線除去用のグリッドも同様である。

検査室における間接照明の明るさもほどよい設定を選択することで被ばく低減に結びつけられる。

連続シネ透視は、被ばくが多いため積極的にパルスシネ透視、デジタルシネ透視を用いる。また、デジタルストアされた画像を参照することで被ばくを低減できる。

皮膚-焦点距離を決して 30cm 以下にすべきではなく、固定装置は 45cm 以下では使用しない。

正面位置で被検者に透視をしている間、そこに滞在する医師や、診療放射線技師及び他の特別な人の防護を考えて施行し、防護衣により防護しなければならない。

床に水平で被検者に透視している間、できる限りエックス線受像器を被検者に接近することがよい。アンダーチューブ式の装置の使用が推奨される。検査が、オーバーチューブ式あるいは C アームの場合は、注意すべきこととして、操作者の手あるいは頭を一次線へ誤って入れるのを防ぐこと、及び散乱線からの被ばくを避けることの両方が必要であるということが挙げられる。側面ビームを使用する場合、従事者は、管球サイドで作業すべきである。可能なときはリモートコントロールパネルから実施するべきである。例えばカテーテルを含む特別な検査に対して、人が寝台のそばにいる必要がある場合、適切に、鉛エプロン、眼及び甲状腺のしゃへい、可動式あるいは必要に応じて

天井吊り下げしゃへいの使用により、散乱線から守るべきである。被検者や従事者へ高い線量を与える検査（例：心臓病、神経放射線学、及びインターベンショナル手順）の間は、可能な限り、従事者は撮影が行われている間、被検者から離れるべきである。必要な場合は、鉛含有眼鏡等を付けるように、放射線防護アドバイザーが勧めるべきである。

透視をしているときに触診をできるだけ避け一次線の中に手を入れては行けない。必要なときはエックス線受像器側で被検者を触診する。防護手袋の着用も必要で 150kV に対し少なくとも 0.25mm の厚さの鉛当量で作られているものを用いる。この場合はリングバッジ等で手指の被ばく線量を測定する。

- ①自動線量率制御機構を利用している場合、エックス線受像器の拡大機能を使用して透視の視野を縮小することは、透視の線量率を高めることになる<sup>xix</sup>。この場合コリメーションは、広く透視する場合よりもむしろ適切に使用されるべきである。しかし検出部分にまで大幅に絞られた場合、自動機構によって線量率が予想外に増加する可能性があることに注意すべきである。
- ②焦点-皮膚間距離をいかなる場合にも 45cm 以下にしてはならない。
- ③透視装置は十分な研修を行ったものが直接操作にあたり、透視の発生と遮断を室内の他のスタッフに明確に伝えるべきである。
- ④透視中に検査室内へとどまる術者やエックス線装置の操作者及び他の医療スタッフは、防護エプロン等により防護されていなければならない。
- ⑤透視の利用は、エックス線撮影のみによっては必要な情報が得られない場合に用いられるべきである。エックス線撮影における被検者整位の補助として用いることがあってはならない。
- ⑥エックス線装置が使用されるとき、その画像の輝度は自動調整回路によりある範囲で一定に保たれる。これは撮像システムの劣化が生じたときには、放射線量の増加によって輝度が保たれることを意味する。このことを診療放射線技師と医師は知らなければならない。
- ⑦検査室における室内光は、テレビモニタの輝度に考慮したレベルに設定すべきである。また、照明とモニタの位置関係は、モニタ表面の反射や写り込みを避けるように選択されるべきである。
- ⑧透視による被ばくの増加は、透視時間に最も影響される。透視像を必要としない、もしくは透視像の画面を見ていない時間の透視を確実に停止させることは被検者の防護上極めて有用である。使用する装置でパルス透視が利用可能な場合、必要最低限度のパルスレートを選択して使用し、連続透視による診断に寄与しない部分の線量を低減するべきである。
- ⑨被検者入射面の利用線錐の中心における空気カーマ率が、通常透視においては 50mGy/min、高線量率透視においては 125mGy/min 以下でなければならない<sup>xx</sup>。
- ⑩例えば小児など、体厚が薄い被検者の場合、散乱線除去用グリッドを除去することで、画質の低下を招くことなく大きく必要線量を減じることが可能である。
- ⑪デジタル化された透視装置においては、ラストイメージホールドやシネループ再生機能を積極的に利用することで、一部の透視時間を減じることができるようになるべきである。
- ⑫エックス線受像器を被検者にできるだけ接近させることは透視に必要な線量を低減させるために有効である。術者の手あるいは頭を一次ビームへ誤って入れるのを防ぐこと及び散乱線からの被ばくを避けることはともに重要である。可能であれば検査はリモートコントロールパネルから実施されるべきである。術者が寝台のそばにいる必要がある場合、150kV までの管電圧において 0.25mmPb 当量以上のしゃへい能力を持つ防護エプロン、防護眼鏡及び甲状腺防護プロテクタなどを着用するか、あるいは天井吊り下げ型や移動型のしゃへい衝立の使用により、散乱線による被ばくを防ぐべきである。被検者や従事者へ高い線量を与えるとして知られている検査（例：心臓カテーテル検査、脳血管造影検査、及びインターベンシ

ヨナル手技をとともう透視検査)においては、従事者は可能な限り画像収集が行われている間、被検者から距離を置くべきである。

- ⑬透視中の照射領域内へ直接手をいれることは、オーバーテーブル型透視装置においては行うべきではない。そのようなことが必要ならば、エックス線射出側となるようアンダーテーブル型の透視装置が使用されるべきである。また、そのようなことが必要な場合、含鉛ゴム手袋によって術者の手指を防護する必要があるが、自動調整機構の検出部が手袋でしゃへいされると透視線量の増加を招く。そのためこの検出部の領域外で行われなければならない。
- ⑭一定条件下での放射線量の測定や、テストチャートを用いた解像特性の確認など、品質管理プログラムにもとづく適切な管理は、透視条件や全体の透視時間の低減に寄与する可能性があり、被ばくの低減を図る上で有用である。
- ⑮透視線量もしくは撮影線量など、一連の手技における放射線量の把握には、撮影枚数や透視時間の管理のほか、面積線量計等を利用した記録と管理が推奨される。
- ⑯エックス線撮影の項に示した全ての項目は、透視検査においても適用されなければならない。デジタル化された透視装置については、デジタルエックス線撮影の項に示した内容も適用されるべきである。

以下の項目について確認を行う。

#### 機器の品質管理による過線量照射の防止

- ①患者入射面の利用線錐の中心における空気カーマ率が、通常透視においては 50mGy/min、高線量率透視においては 125mGy/min 以下となっているか。
- ②画像モニタの輝度調整が適正に行なわれているか。

#### 検査施行者の技術レベルの一定化

- ①焦点-皮膚間距離がいかなる場合にも 45cm 以下になっていないか。
- ②常にイメージインテンシファイアを被検者にできるだけ接近させているか。
- ③不必要に像の拡大が行われていないか。
- ④透視装置は十分な研修を行ったものが直接操作にあたり、透視の発生と遮断を室内の他のスタッフに明確に伝えるようになっているか。
- ⑤透視像を必要としない、もしくは透視像の画面を見ていない時間の透視を確実に停止させているか。
- ⑥使用する装置でパルス透視が利用可能な場合、必要最低限度のパルスレートを選択して利用しているか。

上部消化管検査のガイドライン (JART2006)

撮影装置方式別	透視線量	撮影線量	1 検査あたりの線量
直接撮影	70mGy	30mGy	100mGy
間接撮影	40mGy	10mGy	50mGy

注腸検査のガイドライン (JART2006)

撮影装置方式別	透視線量	撮影線量	1 検査あたりの線量
直接撮影	150mGy	50mGy	200mGy
DR 撮影	100mGy	20mGy	120mGy
CR 撮影	60mGy	40mGy	100mGy