第72回総会学術大会シンポジウム2

開催日：2016年4月15日(金)15:50〜17:50
会　場：パシフィコ横浜会議センター 503会議室

インターベンションにおける診断参考レベルの確定に向けて

1. IVR領域のDRLs 2015の策定経緯について　加藤　守
秋田県立脳血管研究センター放射線科診療部

2. DRLs 2015の活用に向けての課題　坂本　肇
山梨大学医学部附属病院放射線部

3. 手技別線量の違いについて　塚本篤子
NTT東日本関東病院放射線部

4. 頭部血管撮影における新たな診断参考レベルの策定への取り組み　川内　覚
国家公務員共済組合連合会虎の門病院放射線部

5. PCIにおける患者皮膚入射線量の実測データと装置に表示される患者照射基準点のエアカーマの相関について　松本一真
兵庫医科大学病院放射線技術部

6. 医師の立場から必要な(求める)線量情報とは？　盛武　敬
産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学

座長集約　加藤　守
秋田県立脳血管研究センター放射線科診療部

2015年6月，医療被ばく研究情報ネットワーク(Japan Network for Research and Information on Medical Exposure: J-RIME)から本邦における診断参考レベル(Diagnostic Reference Level: DRL)，DRLs 2015が発表された．DRLs 2015はJ-RIME参加団体が実施した実態調査の結果に基づいて策定された値である．本シンポジウムではinterventional radiology(IVR)領域におけるDRLs 2015(IVR-DRL)に着目し，医療現場で有効に活用されるためのポイントを探ると同時に，臨床線量に直結したIVR-DRLとはどのようなパラメータが相応しいのかを討論し，会員のDRLについての啓発を通し，放射線被ばく防護の最適化を目指すことを目的とした．

1. IVR領域のDRLs 2015の策定経緯について

加藤　守
秋田県立脳血管研究センター放射線科診療部

1-1　国際的な放射線防護の枠組み

2007年の国際放射線防護委員会(International Commission on Radiological Protection: ICRP)のPublication 105にて，医療被ばくにおける防護の最適化ツールとしてDRLの使用が提唱された．本邦では，2015年6月にJ-RIME参加団体が実施した最新の実態調査の結果に基づいてDRLs 2015が公表された[1]．その際，国際原子力機関(International Atomic Energy Agency: IAEA)のRadiation Protection of Patients(RPOP)のトップページでこの件が紹介された．ICRPのPublicationの遂行がIAEAで称賛されたわけであるが，ICRPとIAEAを含む国際的な放射線防護の枠組みを振り返ってみたい(Fig. 1)．原子放射線の影響に関する国連科学委員会(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR)が学術的に放射線の影響に関する調査を行い，ICRP勧告の基になるデータを収集し国連総会に報告する．ICRPはUNSCEARの報告など科学的データを基に，放射線防護の枠組みを勧告する．IAEAは人類の利益のために原子力の平和利用

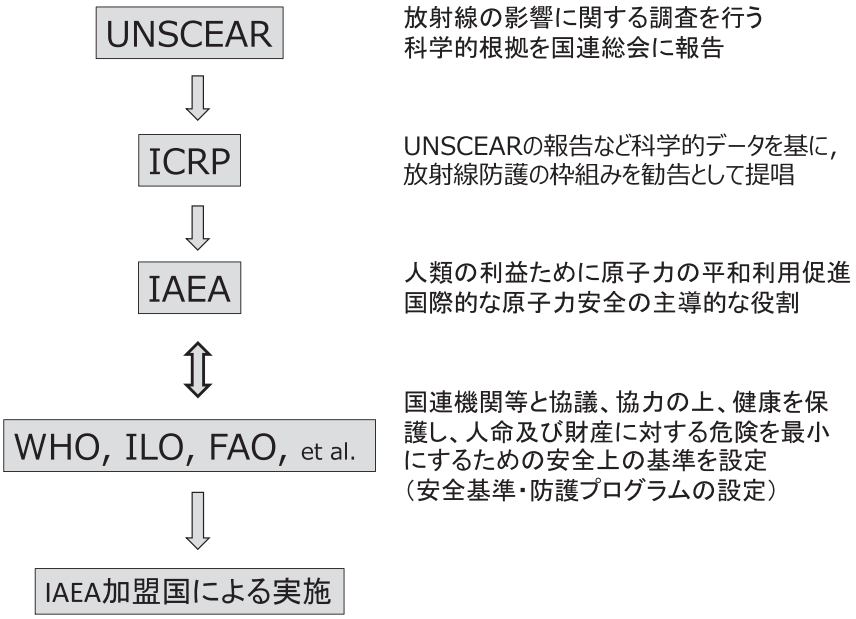

Fig. 1　国際的な放射線防護の枠組み
UNSCEAR：原子放射線の影響に関する国連科学委員会
ICRP：国際放射線防護委員会
IAEA：国際原子力機関
WHO：世界保健機関
ILO　：国際労働機関
FAO　：国連食糧農業機関

を進め，それが軍事目的に転用されないように監視する国連の専門機関であるが，原子力の平和利用に関して，世界保健機関（World Health Organization: WHO）と 1959 年に協定（WHA12-40）を結び，原子力や放射線に関する研究や利用，統計については IAEA が行うこととなった．この協定で，エイズや感染症などは WHO が主体的役割を果たし，放射線に関する医療には積極的に IAEA が関与することとなった．更に，WHO や国際労働機関（International Labour Organization: ILO）らの国連専門機関と協力し，安全基準や防護プログラムを設定し，加盟国に批准を求めている．具体的に，国際基本安全基準（BSS）として報告されるが，1996 年に出された BSS で透視線量率 25 mGy/min の値が広く知られている．現在では，DRLs for Adult Fluoroscopy として，Entrance surface dose: 25 mGy/minが IAEA ホームページ上で提唱されている．

1-2　医療被ばくガイドライン 2006 改訂 IVR 班会議

2012 年，日本診療放射線技師会（JART）の医療被ばく安全管理委員会により，「医療被ばくガイドライン 2006」のガイドライン改訂 IVR 班会議が発足した．本来は，2011 年に改訂予定であったが，東日本大震災により延期となり，2012 年にようやく改訂作業が始まり，翌年に，日本放射線技術学会（JSRT）と合同で改訂作業が行われた．

JART と JSRT の合同会議の目的は，医療被ばくガイドライン改訂作業であった．ガイドライン値は，IVR 装置の線量指標として測定が容易で，どの施設でも再現性良く容易に測定可能で，周知度が高いことが必要とされた．ガイドライン値の候補として挙げられたのは次の 5 案であった．

1. 患者照射基準点（IVR 基準点）透視線量率（mGy/min）
2. 透視時間（min）
3. 積算空気カーマ（cumulative-AK）
4. 面積線量積（DAP）
5. 最大皮膚線量

これらを検討した結果，IVR 装置の最適な線量指標として 2006 年のガイドラインを引き継ぎ polymethylmethacrylate（PMMA）20 cm を用いたインターベンショナル基準点（interventional reference point: IRP，現・患者照射基準点）での透視線量率を用いて策定することとした．次に議案となったのは，「ガイドライン」という呼称である．被ばく低減を目的とするのであれば，被ばく線量低減目標値にするべきと議論があった．また，今後の日本の代表値となる値をこの会議だけで決めてよいのかという議論もあり，日本医学放射線学会をはじめとするほかの学会の承認も必要と

判断し，J-RIME を通して働きかけを願うこととなった．ちょうどその時期，J-RIME では日本の DRLs 策定に向け奮闘中であった．ここで医療被ばくガイドライン改訂作業から，J-RIME & JART & JSRT 合同の All-Japan の DRLs 2015 策定への方向転換となった．

1-3　IVR 領域における DRL 設定

医療被ばくガイドライン改訂会議は，J-RIME と DRLs の策定作業へ方向転換したわけだが，IVR の DRL は線量低減目的ではなく線量の最適化が目的である．ICRP ではファントムの使用も認めており，「自施設の線量が標準に比べて著しく低いか高いか」を評価するためには，周知度が高く，測定が容易な IRP 線量率を DRL の設定数値として採用することが最善と結論づけた．臨床に直結した線量値で DRL を設定する考えもあったが，臨床線量を左右するのは，装置の基準線量が大きく関与するため，第一段階として，装置の基準線量を適正化することとした．自施設の線量最適化には，DRL を知っていただき，簡単な方法で測定でき，再現性がある必要があった．

最終的に，PMMA 20 cm を用いた，IRP における透視線量率を日本における IVR 領域の DRL とすることに決まった．この値は，「最新の国内実態調査結果に基づく」とあるが，日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構に承認いただき，認定試験を申請する際の施設の透視線量率を活用させていただいた．機構では当初から装置の基準線量を集計し，フィードバックするつもりで，申請書にはその旨を明記していた．機構のデータから 320 装置におよぶ IRP の透視施療率を解析した．結果，最低 2.2 mGy/min から最大 45.2 mGy/min で，50 パーセンタイル値は 10.6 mGy/min であった．この値は認定技師を受験する施設の装置であるため，多少は低めのバイアスがかかっていることは考えられた．しかし，以前からのガイドライン値である 25 mGy/min で考えると，93 パーセンタイル値で，ほぼ全施設がクリアする値となっていた．むろん，ガイドライン値と DRL 値を混同してはならないが，装置の線量を適正化するのは 87 パーセンタイル値の 20 mGy/min で設定することとした．

海外や他分野の DRLs の多くは，臨床線量を用いて設定されている．IVR 領域では，今回あえて装置の管理線量値である PMMA 20 cm を用いた IRP の透視線量率を用いた．まずは，この線量率が最適化されない限り，臨床線量の適正化が不可能と考えた．今後はその時代背景に合わせて DRLs が更新されることが相応しいと考える．

2. DRLs 2015 の活用に向けての課題

Symposium

坂本　肇
山梨大学医学部附属病院放射線部

2-1　はじめに

血管撮影領域における放射線安全管理を臨床現場で実践するためには，ICRP Publication 60（1990 年勧告）とその後の ICRP Publication 103（2007 年勧告）の内容が参考になり，この中で防護の基本 3 原則である「正当化」，「最適化」，「線量限度」が体系化されている．医療被ばく防護において，正当化は医師の総合的な判断により診断検査や IVR の適応が決定される重要な行為である．また，最適化は 3 原則の中で特に強化すべき項目となっている．血管撮影・IVR での最適化の考え方は，目的とした治療を的確に施行し，患者の被ばく線量を可能な限り低減することである．ここで，的確に IVR を施行するためには手技中の透視・撮影画質を担保することが重要となり，最適化では被ばく線量低減のみが目的ではないことに留意しなければならない．

DRL は放射線診断における防護の最適化を推進するため勧告され，ICRP Publication 73 では「調査のためのレベルの一種であり，容易に測定される量，通常は空気中の吸収線量，あるいは単純な標準ファントムや代表的な患者の表面の組織等価物質における吸収線量に適用される」と DRL を定義し，多くの地域や国々で用いられている．わが国では 2015 年 6 月に J-RIME から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として「診断参考レベル（DRLs 2015）」が公表された[1]．

2-2　DRLs 2015 での血管撮影・IVR 領域での線量測定法と活用

DRLs 2015 での血管撮影・IVR 領域の線量測定方法は，DRL での線量設定の特徴である「標準ファントムにおける線量分布のパーセンタイル，ファントム表面

の空気の吸収線量を用いる」を踏まえた方法で測定している．

具体的な測定方法はFig. 2に示すとおり，被写体としてPMMA 20 cmを用いて，IRPの位置へ線量計をセットして，各装置で使用している標準的な透視条件にて1分間あたりのファントム表面での入射表面線量（ファントム表面での後方散乱線を含んだ空気吸収線量）を測定する．Figure 3にDRLs 2015での血管撮影・IVR領域における設定値を示す．DRLは日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構のデータを基に作成し，透視線量率で「20 mGy/min」と設定され，これは用いたデータの87パーセンタイル値となる．なお，測定基準点としたIRPは，成人の心臓領域の検査に適用され，その位置はアイソセンタを持つシステムにおいてアイソセンタからX線管焦点方向に15 cm離れた点であり，International Electrotechnical Commission（IEC）やJapanese Industrial Standards（JIS）の改訂により名称が患者照射基準点（patient entrance reference point）へ変更されたが，本稿では旧名称のIRPを用いる．

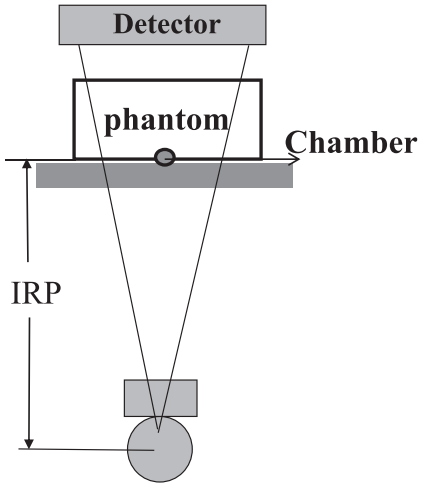

Fig. 2　基準線量測定図

DRLを活用するためには，自施設にて測定した線量とDRLの設定値を比較し，超えていた場合には画質を考慮しながら線量を低減する方策を実行し，極めて低い線量であった場合には画質を再度検討するなど，DRLを有効に活用して最適化を図ることが重要となる．Figure 4に全国国立大学放射線技師会（血管撮影・IVR領域における国立大学病院での診断参考レベル：設立60周年記念誌）による調査結果を示す[2]．Percutaneous coronary interventional（PCI）における透視時基準線量率が低い装置と高い装置を比較した場合，線量が低い装置は治療終了時の装置表示線量（患者入射総線量）が高い装置の装置表示線量に比較し，明らかに低い結果となっている．これより，透視時基準線量率を低く設定した場合には，臨床時の患者被ばく線量が低くなることが示唆される．自施設の透視線量率の設定値が高い装置はDRLの設定値を参考に最適化を目指すことが重要である．

2-3　DRLs 2015での血管撮影・IVR領域での設定線量値の課題

DRLs 2015が発表され1年が経過し，血管撮影・IVR領域における運用や活用においていくつかの問題点も指摘されている．そこで，今後の課題として以下を示す．

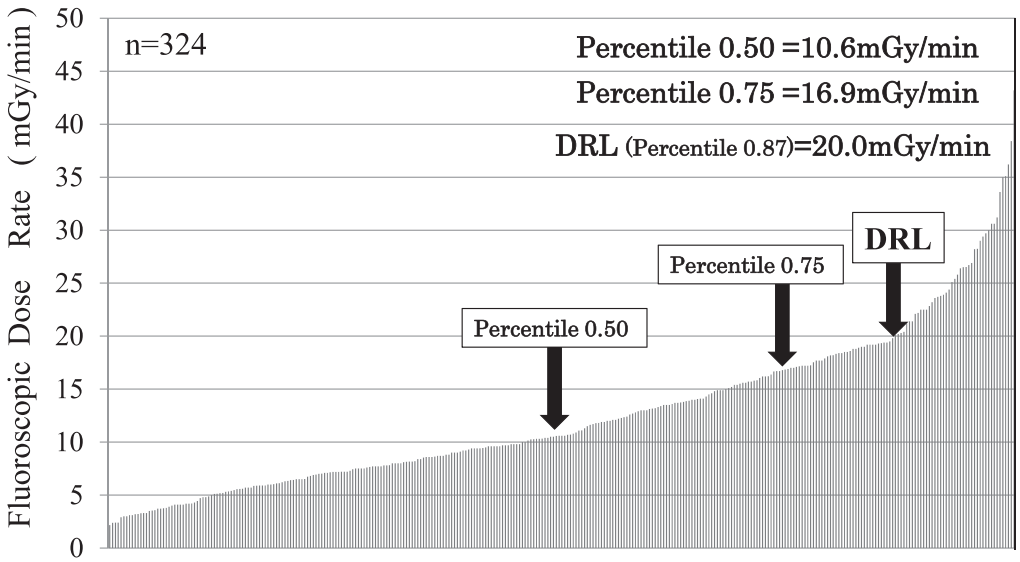

Fig. 3　IVR領域におけるDRLs 2015設定値
日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構データより作成

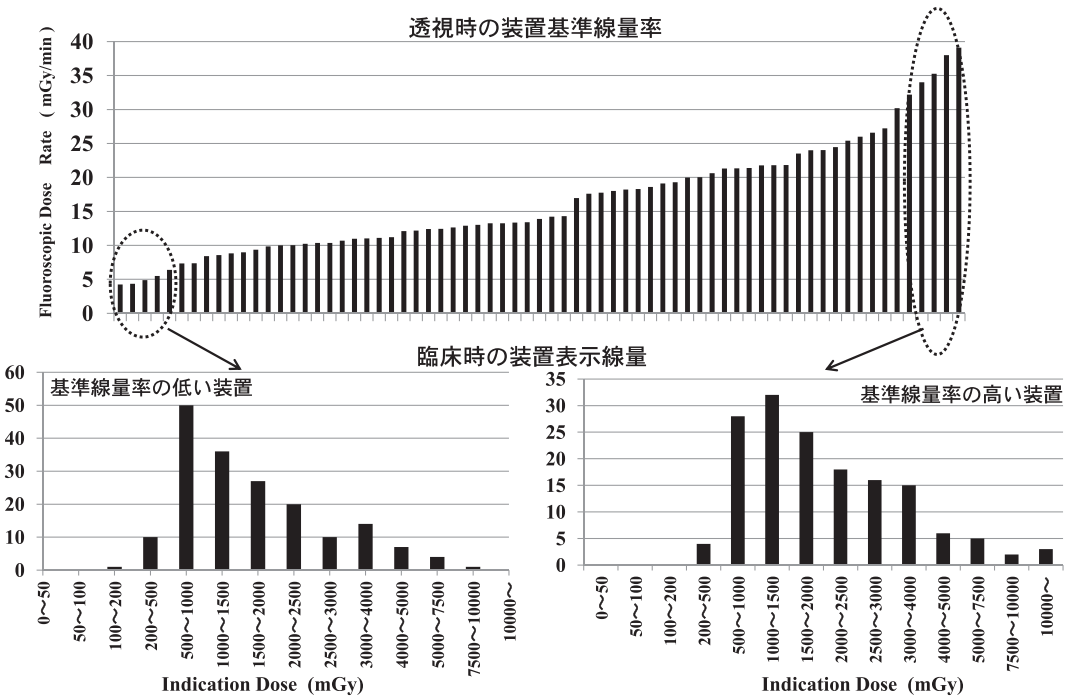

Fig. 4　PCI における透視時基準線量率と臨床時の装置表示線量との関係
血管撮影・IVR 領域における国立大学病院での診断参考レベル：設立 60 周年記念誌
全国国立大学放射線技師会

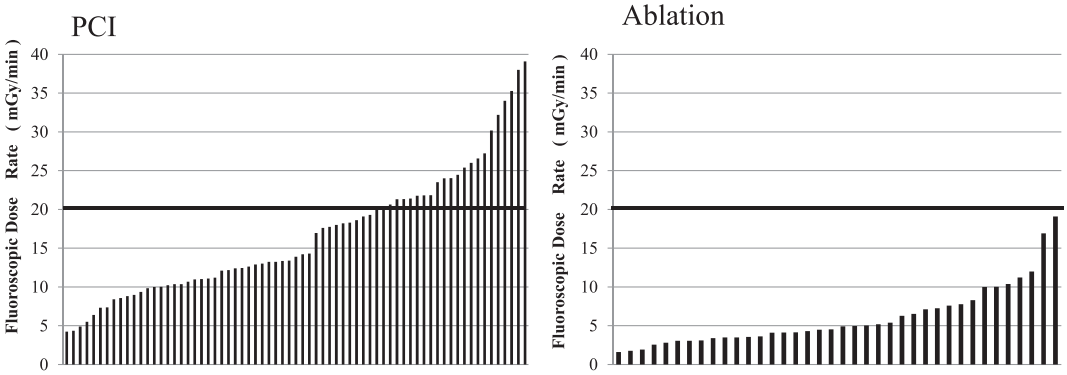

Fig. 5　PCI と Ablation での透視時基準線量率
血管撮影・IVR 領域における国立大学病院での診断参考レベル：設立 60 周年記念誌
全国国立大学放射線技師会

2-3-1　すべての検査・IVR に対応した基準透視線量率のデータから DRL が設定されている

Figure 3 に示す DRLs 2015 での透視線量率データは，各装置における代表的な使用時の線量率を集計して DRL を設定している．このため，使用目的により設定線量率である「20 mGy/min」が最適化の指標になる場合とならない場合が考えられる．Figure 5 に全国国立大学放射線技師会の調査による心臓領域の PCI と Ablation での透視線量率の結果を示す．同一装置による測定結果もあるが，治療目的により線量率の設定値が異なり，Ablation では DRL 設定値の 20 mGy/minを上回る装置はなく，Ablation における最適化を実践するための設定値は違う値が必要と考えられる．ちなみに，国立大学病院における Local DRL として Ablation 時の設定線量率(75 パーセンタイル値)は「8 mGy/min」としている．

これらより検査や治療の部位，目的に合わせた透視線量率の設定(DRL の設定)が必要になると考えられる．

2-3-2　設定された DRL は透視線量率のみであり，撮影時の線量は設定されていない

血管撮影時の検査・治療における透視線量[(1)式]

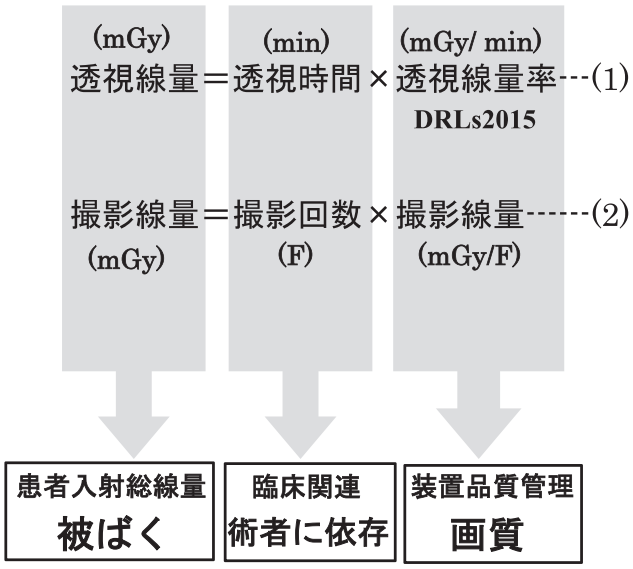

Fig. 6　血管撮影時の検査・治療における透視線量と撮影線量および患者被ばく線量の関係

と撮影線量[(2)式]および患者被ばく線量の関係をFig. 6に示す．患者入射総線量は(1)式の透視線量と(2)式の撮影線量の合計となり，Fig. 6からDRLs 2015で設定された透視線量率のみで最終的な患者入射総線量をコントロールすることは難しいと考えられる．

今回設定されたDRLs 2015での透視線量率は，撮影線量と同様に装置の品質管理に用いられる線量であり，DRLの設定線量としては撮影線量も重要となるため，今後は撮影線量の検討も必要になると考えられる．なお，基準透視線量率(mGy/min)と基準撮影条件(mGy/F)は患者被ばく線量と画質の両者に影響を与えるため，最適化に向けての線量調整を行う場合には慎重な画質評価が必要となる．特に，ディジタル装置では画質と線量はトレードオフの関係にあるため，両者のバランスが重要である．

2-3-3　設定されたDRLは臨床時の術者の指標にはならない

患者入射総線量は臨床時の症例，治療の難易度，術者の技量，患者の体型などさまざまな要因の影響を受け，特に透視時間や撮影回数は術者に依存するところが大きい．しかし，Fig. 6より明らかなようにDRLs 2015は手技中の術者の指標となる線量値を表していない．このため，最終的な患者入射総線量に大きな影響を及ぼす術者に参考となる線量指標が必要になると考えられる．

術者に参考となる線量値として，装置に表示される透視線量と撮影線量の合算値である総入射線量が適当であると考えられる．種々の検査や治療に応じた臨床時の装置表示線量をDRLの指標として用いることにより，術者による最適化が図られると考えられる．

2-4　まとめ

本邦で初めてのDRLであるDRLs 2015が発表され1年が経過し，各方面よりDRLの周知や活用の推進が行われている．DRLは経時的に更新が必要であり，その時々の装置や臨床状況に応じ柔軟的な対応が求められる．血管撮影・IVR領域では最初に透視線量率がDRLの線量値として設定された．透視線量率の最適化は，最終的な患者入射総線量に大きな影響を与え，DRLの指標として重要であることは言うまでもないが，撮影線量や術者に依存する線量も重要な要素であることを理解する必要がある．本稿が血管撮影・IVR領域でのDRLs改訂時の参考になれば幸いである．

3.　手技別線量の違いについて

Symposium

塚本篤子
NTT東日本関東病院放射線部

3-1　はじめに

2015年6月にJ-RIMEから公表されたDRL[1]は，最適化の有効なツールといわれている．2005年に循環器画像技術研究会にて，DRLs 2015と同じ方法で，関東近県50施設のPCI時の透視線量率を測定した調査研究が行われた．測定施設には自施設と50施設の線量率が比較できるように，データをフィードバックした．その後，自施設の線量を見直したかどうかのアンケート調査も行った．結果，自施設の透視線量率が50施設中どの位置にいるか比較することで，透視線量率を見直すきっかけに繋がったようである．このように，50施設のデータでも自施設の透視線量率を見直すきっかけになっている．今回のIVRのDRLは，全国のデータ320装置分である．このデータと比較することで自施設の透視線量率を見直すきっかけになり，最適化に寄与することが容易に想定できる．

3-2　透視線量率のみでIVRの最適化がすべて図れるか？

施設の同一装置においても，使用する部位や疾患などにより，透視線量率を変えている場合がある．当施設でもPCI，Ablation，頭部IVR，腹部IVR，下肢IVRなどで透視線量率を変えている．全国国立大学放射線技師会血管撮影ワーキンググループが出した“血管撮影・IVR領域における国立大学病院での診断参考レベル”でも，PCI，Ablation，頭部IVR，腹部IVRにおいて，透視線量率の平均値は異なっている．

また，IVRでも透視のほかに，撮影も行われる．透視線量率が低い施設は撮影線量率も低いとは限らない．当施設の心臓カテーテル検査で，診断時とPCI時の透視と撮影の総線量における関与率を見ると，診断時は撮影の関与率が大きく，PCI時も撮影の関与率が大きいが，その割合は透視と近くなっている．IVRの最適化を考慮した場合，透視線量率だけでは不十分と思われる．

当施設の2015年の手技別の総線量（装置表示の空気カーマ）を比較した結果，PCI，Ablation，頭部IVR，腹部IVR，下肢IVRにて，平均値に差が認められた．また，それぞれのIVRの中でも手技や疾患により総線量に較差があった．手技別，疾患別で総線量は異なっており，透視線量率だけでの最適化は不可能と思われる．

3-3　まとめ

IVRの診断参考レベル（透視線量率）は，最適化のツールとして有用と考えるが，IVRの総線量は透視線量，撮影線量，治療部位，手技，体型などにより複雑に変化する．今後透視線量率に加え，各学会で臨床線量の最適化に向け，さまざまな線量パラメータが検討され，より良い最適化のツールとなっていくことが望まれる．

4. 頭部血管撮影における新たな診断参考レベルの策定への取り組み

Symposium

川内　覚
国家公務員共済組合連合会虎の門病院放射線部

4-1　はじめに

2015年6月にJ-RIMEが策定したDRL[1]は，実際の臨床における患者被ばく線量を反映しておらず，かつ部位や疾患，手技の違いが考慮されていない可能性があり，頭部領域においても例外ではないと思われる．特に頭部領域のIVRの患者被ばく線量は，ほかの領域の患者被ばく線量と比較して高いことが報告されている[3]．一方ICRP Publication 105には，手技中の患者線量をリアルタイムにモニタリングすることの必要性が述べられている．そこで本稿では，実測データから得られた知見を基に，患者被ばく線量をモニタリングするための方法について述べる．

4-2　IVRにおける最大入射皮膚線量測定

われわれは，蛍光ガラス線量計を頭部全体に配置した被ばく線量測定システム（RADIREC）を用いて，脳血管内治療症例に対して患者入射皮膚線量（entrance skin dose: ESD）の測定を行っている．当施設でRADIRECを用いて患者被ばく線量測定を行った脳血管内治療186症例に対して，最大入射皮膚線量（maximum ESD）を算出し，リアルタイムに取得可能な血管撮影装置パラメータ［透視時間，DSAフレーム数，IRPにおける積算空気カーマ値（AK），面積線量積（DAP）］との相関解析を行った．その結果，maximum ESDはAKやDAPと高い相関を持ち，特にAKとは相関係数r=0.920と非常に強い相関を得ることができた（Fig. 7）．これは，maximum ESDがAKからの一次回帰式より推測可能であるということを意味しており，言い換えるとAKはmaximum ESD，つまりIVRにおける患者被ばく線量を強く反映した値であると言うこともできる．AKは，血管撮影装置からリアルタイムに取得可能な線量情報であり，AKをパラメータとして用いることによりmaximum ESDを精度高くモニタリングすることが可能である．

4-3　7施設における頭部被ばく線量測定

われわれは，RADIRECを用いた頭部血管撮影における被ばく線量測定を，全国の7施設で行っている．今回，各施設において，RADIRECを用いて測定された診断血管撮影，脳血管内治療症例のmaximum ESDとAKの相関をそれぞれ解析した．各施設のmaximum ESDの平均値には，施設間で大きな差が認められ，最大となった施設と最少となった施設のmaximum ESDの差は，診断血管撮影では2.2倍，脳血管内

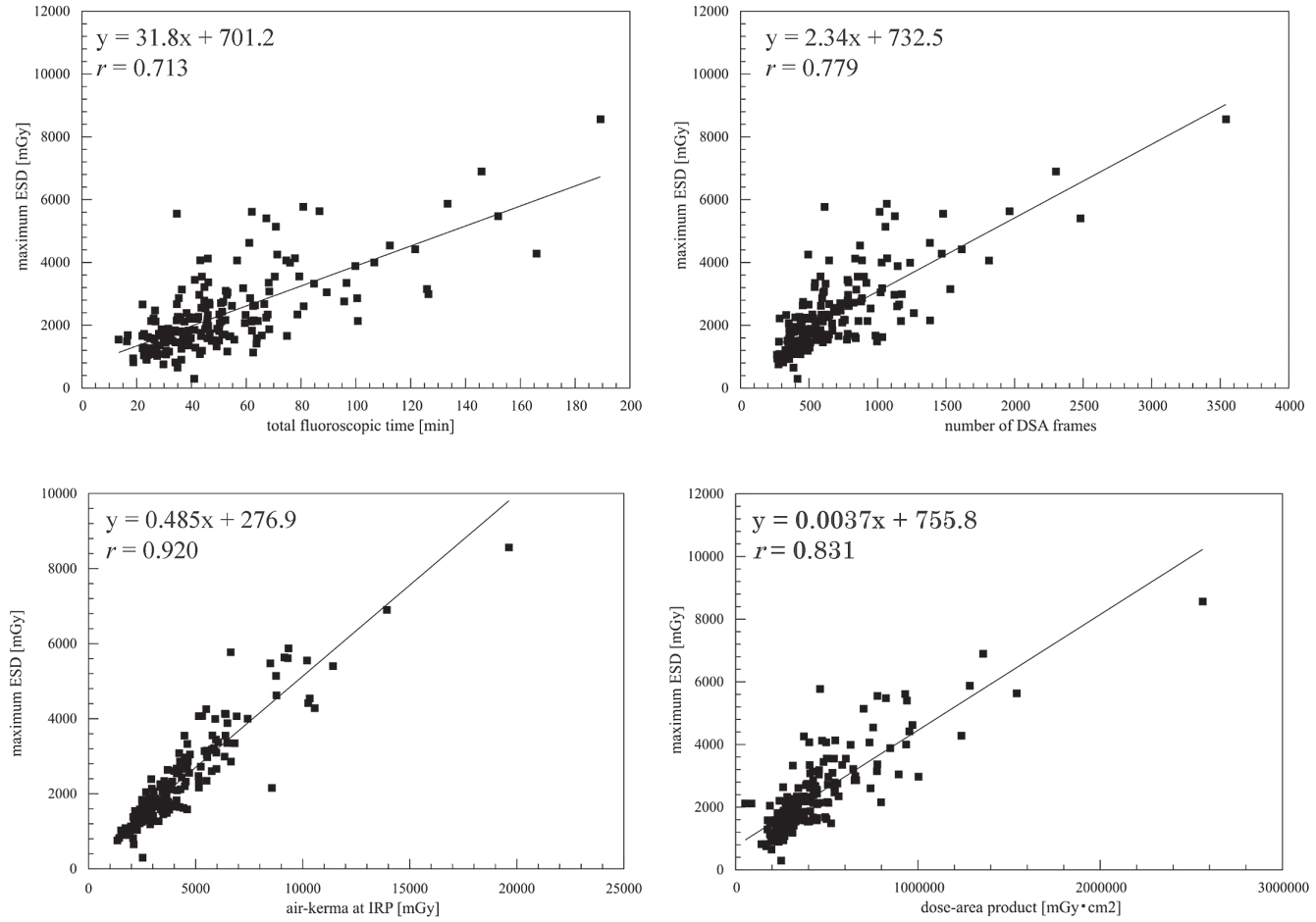

Fig. 7　血管撮影装置関連パラメータと最大入射皮膚線量の相関解析
(a)全透視時間と最大入射皮膚線量
(b)撮影 DSA フレーム数と最大入射皮膚線量
(c)IVR 基準点における空気カーマ値と最大入射皮膚線量
(d)面積線量積と最大入射皮膚線量

a	b
c	d

手術では 5.5 倍となり，特に脳血管内治療において顕著であった(Fig. 8，Fig. 9)．また maximum ESD と AK との相関解析の結果では，各施設 maximum ESD と AK の間に強い相関が認められ，全 7 施設の症例を一つにまとめて解析を行った場合にも，maximum ESD と AK の間には，強い相関が認められた．

4-4　頭部 IVR における新たな DRL

RADIREC を用いた頭部被ばく線量測定の多施設データから，脳血管撮影の maximum ESD には，施設間差が大きく存在し，特に脳血管内治療において顕著であった．これは，各施設で適応疾患や実施手技，術者(医師)，技師，看護師といった医療スタッフ，血管撮影装置，撮影・透視条件等に違いがあることが原因として考えられる．一方，DRL で定められた透視入射表面線量率の各施設での実測値と maximum ESD の平均値には，診断血管撮影，脳血管内治療，いずれにおいても相関が認められなかった．このことから，脳血管撮影を行う各施設間で maximum ESD(患者被ばく線量)に差が生じているものの，現行の DRL で採用している透視入射表面線量率では，患者被ばく線量を正確に反映しておらず，透視入射表面線量率に代わる新たな DRL を策定する必要があり，現時点では，maximum ESD と最も相関の強い AK をパラメータとして用いることが望ましいと考える．RADIREC やほかの線量計を用いて脳血管撮影を行うすべての施設・すべての症例に対して頭部被ばく線量の測定を行うことが理想的であるが，設備や測定，解析にかかる労力，費用などの面から現実的には不可能である．そこで，線量計を用いた被ばく線量の実測を，ある一定の症例を実施し，AK との回帰式を施設ごとで求めることにより，実測を行っていない症例においても，maximum ESD の予測を行うことが可能となる．各施設で線量計を所有していれば maximum ESD の実測を行うことが望ましいが，線量計を有していない場合には，RADIREC を用いた多施設データから得られた

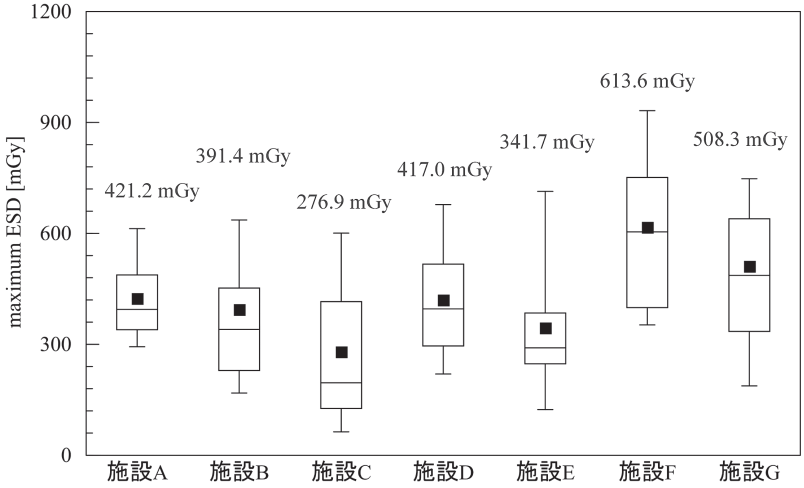

Fig. 8　診断血管撮影における施設間の最大入射皮膚線量

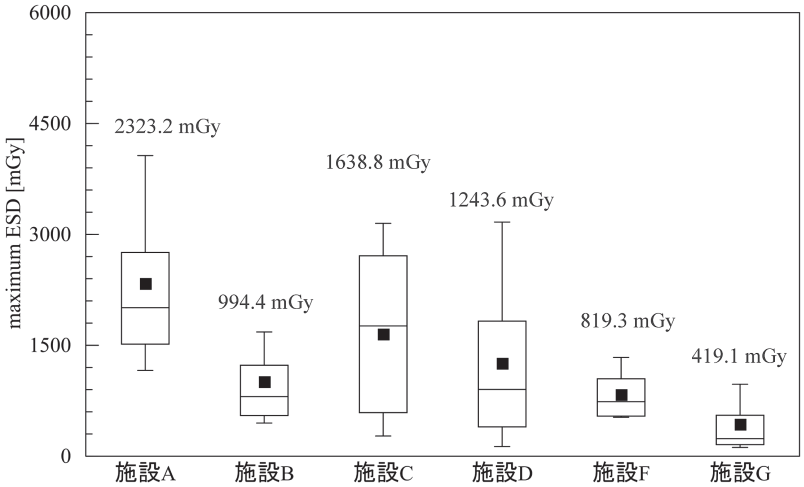

Fig. 9　脳血管内治療における施設間の最大入射皮膚線量

回帰式から maximum ESD を概算することも可能であり，各施設での放射線被ばく管理に役立てることが可能となる．

4-5　まとめ

J-RIME による DRL の策定がなされて以降，患者被ばく管理の重要性は高まっている．頭部血管撮影における患者被ばく線量（maximum ESD）の適正化には，リアルタイムにモニタリング可能な，装置表示線量値である IRP における積算空気カーマ値を用いることが最適であると考える．

5. PCI における患者皮膚入射線量の実測データと装置に表示される患者照射基準点のエアカーマの相関について

Symposium

松本一真
兵庫医科大学病院放射線技術部

5-1　はじめに

2015 年に公開された DRLs 2015[1] は，X 線 CT 検査や一般撮影など，多くのモダリティが実臨床の値を調査し数値設定したものであるのに対し，IVR は PMMA 20 cm をファントムとした，IRP における透視線量率（20 mGy/min）という数値が採用された．

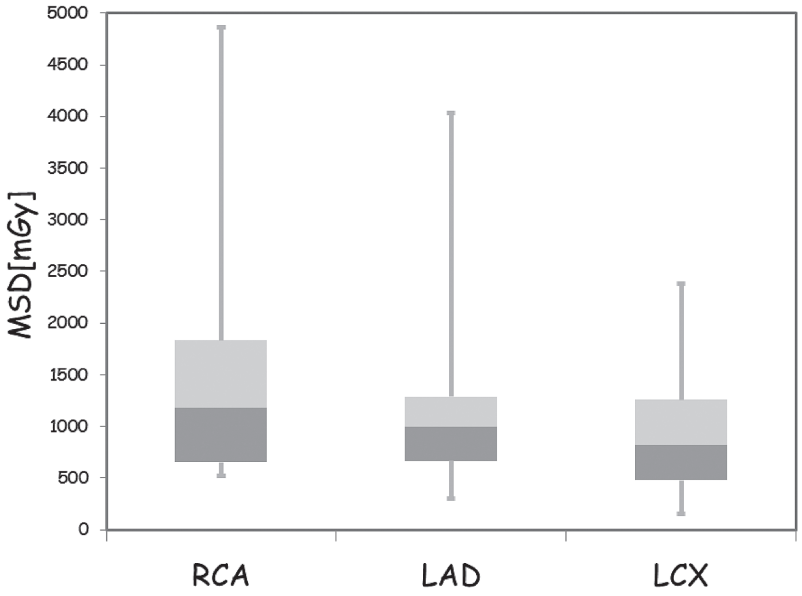

Fig. 10　治療血管別 MSD の統計図

DRL 公表から 1 年を経て，その運用法や問題点について，さまざまなところで議論されている．

DRL はその対象が確率的影響であるが，再評価するためのツールとして，実臨床における，患者被ばく線量の実測は欠かせない．また，今後，DRL が再評価される際は臨床に即した値が用いられると予想した場合，装置表示値が最も一般的に利用されると考えられるため，実測値と装置表示値の関係を知ることは重要である．更に，IVR における患者被ばくを考慮した場合，やはり確定的影響の予防や早期発見は絶対に避けては通れないものであり，その管理ツールとしても装置表示値の有用性は高い．

5-2　最大皮膚線量と基準空気カーマ

5-2-1　目　的

PCI における患者背面全体の線量を表す ESD と最大皮膚線量（maximum skin dose: MSD）を実測し，装置に表示される IRP の基準空気カーマ（以下，空気カーマ）と比較評価する事により，その相関を検討する．

5-2-2　方　法

1. PCI を施行する患者に多数の蛍光ガラス線量計（Radiophotoluminescence glass dosimeter: RPLD）を一定間隔で配置できるような装具を装着し，ESD を実測する．
2. 1 で得られた ESD および MSD と空気カーマを治療血管別に比較し，双方の相関を検討する．

5-2-3　結　果

Figure 10 に治療血管別の MSD の平均値を示す．右冠動脈（RCA）は，平均値 1448 mGy，最大値 4863 mGy，最小値 518 mGy であった．左前下行枝（LAD）は，平均値 1200 mGy，最大値 4034 mGy，最小値 301 mGy であった．左回旋枝（LCX）は，平均値 983 mGy，最大値 2379 mGy，最小値 152 mGy であった．

Figure 11 に治療血管別の MSD の線量分布を示す．RCA における MSD の位置は，ほぼ右肩甲骨下縁から足側へ広がり，C アームのジオメトリは，LAO および LAO-CRA が多いという傾向であった．LAD における MSD の位置は，ほぼ肩甲骨下縁よりも更に足側を左右に渡っており，C アームのジオメトリは，RAO or LAO-CRA が多いが最も広い分布を示した．LCX における MSD の位置は，ほぼ左肩甲骨右側から左頭側へと広がっており，C アームのジオメトリは，AP or RAO-CAU が多いという傾向であった．

Figure 12 に装置表示値と MSD および，ESD と MSD の関係を示す．装置表示値と MSD は非常に良く相関し，近似式から装置表示値と MSD はほぼ同等の値と予測される．また，ESD と MSD も非常に良く相関した．MSD は患者背面の積算線量のおおよそ 70％程度と推定される．

5-2-4　まとめ

RCA の MSD が平均値，最大値ともに最も大きい値となった原因として，ワーキングアングルが深い角度で施行されることが多いため，透視・撮影条件がほか

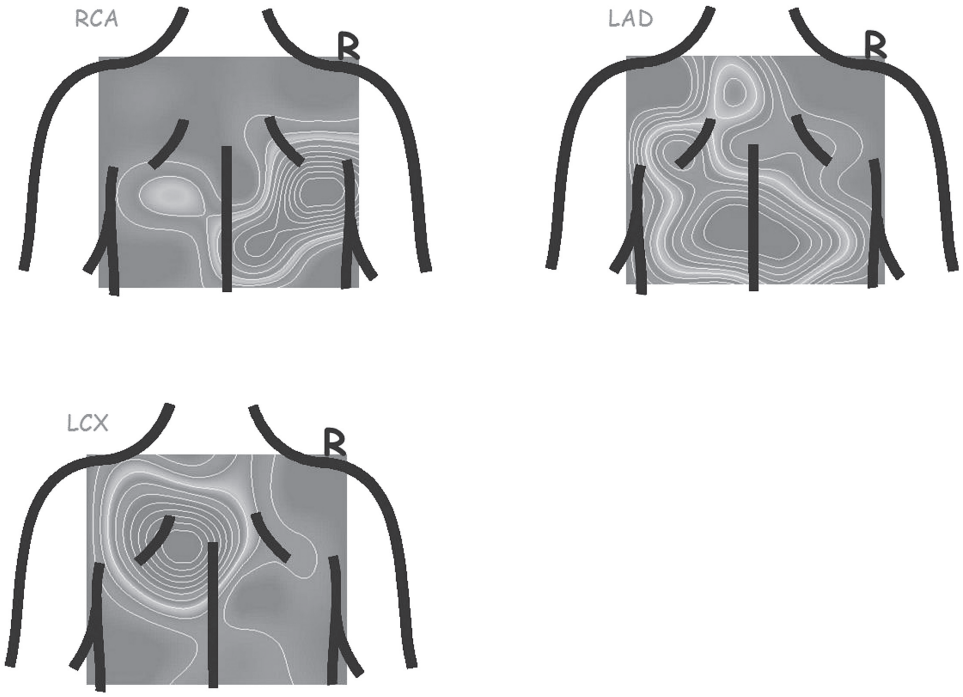

Fig. 11　治療血管別 MSD の線量分布

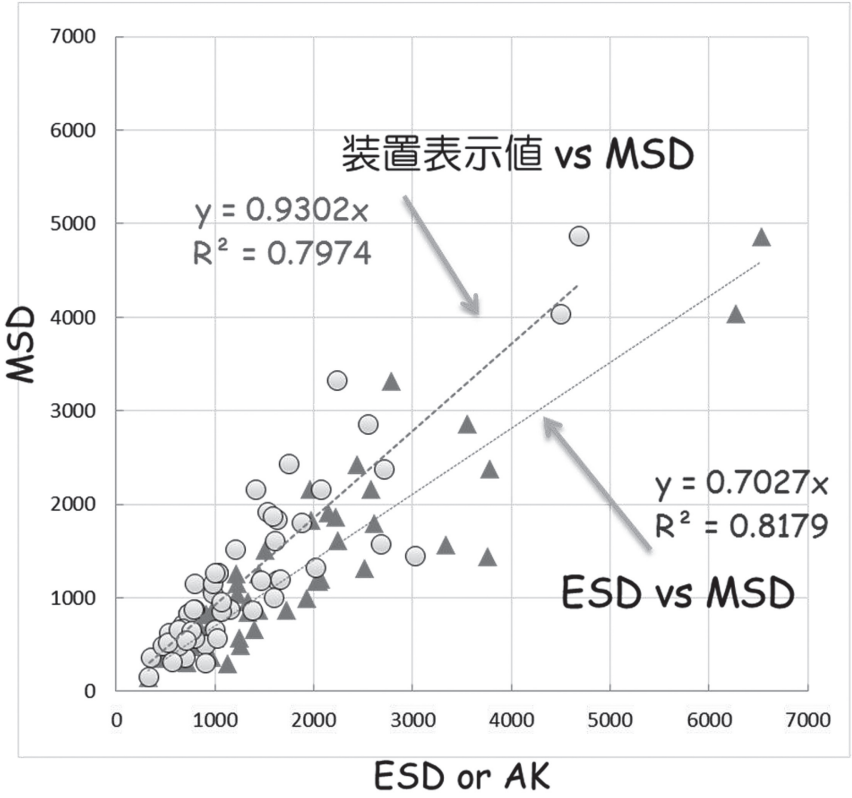

Fig. 12　装置表示値と MSD，ESD（患者背面の積算線量）と MSD の関係

の血管と比較し，増加することに起因すると考える．

治療血管別の MSD の線量分布の結果より，治療血管ごとの確定的影響の発生位置が予測可能となった．

今回の実測データと装置表示値が非常に良く相関したことから，実測を行うことなく，リアルタイムかつ簡便に MSD を推定できる可能性とともに，診断参考レベルの更新に向けた有用なデータになると考える．

6. 医師の立場から必要な(求める)線量情報とは？

Symposium

盛武　敬
産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学

6-1　医療放射線防護の目的

医療放射線防護の目的は，放射線診療を受ける患者にとってその直接の利益を損なうことなく，合理的に被ばくを管理・制御することにある．もっと具体的には，被ばく線量を閾値以下にしておくことで確定的影響の発生を抑えることと，理論的にゼロにすることができない確率的影響のリスクを，その国(地域)の社会情勢を加味しながら合理的に低減することにあると言ってよい．しかしながら，これらを実践するのは必ずしも容易ではなく，何らかの適切な尺度が示されないことには，防護の手立てを施すことはおよそ無理な注文である．

6-2　IVRによる放射線影響

放射線の生体影響を考えるには放射線の量を知ることが手っ取り早い．レントゲンによりX線が発見されてから既に120余年が経ち，物理学的に定義された吸収線量(Gy)を尺度とした膨大な量の生体応答データが蓄積されている．IVRによる放射線影響を考える際にも，この吸収線量(Gy)を用いるのが効果的である．もちろん将来的な発がんリスクを考える際には実効線量(Sv)も有用ではあるが，IVRは極めて局所的な被ばくであり，また患者も疾患が今すぐ治るかどうかが問題であるため，実効線量を適用するのはいささか無理があろう．

6-3　最大入射皮膚線量

患者被ばくの臨床責任は，その手技を担当する医師が負うこととされているが，医師は放射線を使った診断や治療の専門家ではあっても，必ずしも放射線影響や防護の専門家ではない．担当する医師に将来起こるべき生体反応を予見できなければ，効果的な放射線防護など期待できない．そこで，IVRにおいてはまず，患者の皮膚表面の吸収線量である最大入射皮膚線量をタイミング良く医師に提示することが防護のスタートとなるだろう．次に，この最大入射皮膚線量が高すぎたり低すぎたりしないか，真に診断や治療に貢献しているかを，診断参考レベルと比較して自らを顧みる必要がある．このフィードバック作業を通して全般的な確率的影響の低減が期待できるであろうし，リアルタイムに最大入射皮膚線量が表示できれば個別症例での確定的影響の回避にも大いに役立つ．ただ，現時点では入射皮膚線量を測定することが技術的に難しいため，面積線量やIVR基準点における積算線量など，血管造影装置にリアルタイムに表示される線量値で代用しておくのが現実的である(Table)．

6-4　まとめ

昨年発表されたIVR診断参考レベルは，放射線技術的な要素に対しては効果的な被ばく低減効果を発揮する．しかし，更なる被ばくの正当化と防護の最適化を実践するためには，もっと医師が被ばくに関心を持てるよう，診療の場面に応じた組織線量(疾患や治療別の線量など)で診断参考レベルが構築されることが望まれる．被ばくの最終責任を負った医師らが積極的にこの策定作業に加われるよう，関連学会の協調した取り組みが必要である．

Table　医師に必要な線量値

防護の目的	医師が把握すべき線量値	比較するのに必要な線量値
確率的影響の低減	最大入射皮膚線量[Gy] 臓器線量[Gy] ※面積線量[Gy×m^2]，IVR基準点積算線量[Gy]などで代用	診断参考レベル
確定的影響の回避		閾値

座長集約

Symposium

加藤　守
秋田県立脳血管研究センター放射線科診療部

DRL 公表から 1 年を経て，線量最適化に取り組んだ施設は多くあると考える．IVR 領域においては，臨床線量を最適化するには装置の線量管理が欠かせない．今回の DRL はそういった意味では，十分に価値ある値と考える．しかし，その運用法や問題点も確かに存在する．20 mGy/min の値にしても，日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構の数字を引用したため，被ばく低減の意識が高い施設が多く一般の施設には敷居が高いといった声もあるが，一般の施設では高線量でもよいということはない．IVR は繰り返し行われる手技であるため，常に患者被ばく低減は意識する必要がある．また，頭部や小児も一律この値でよいのかといった声もあるが，機構では現在もデータ収集解析を行っており，今後，公表される可能性に期待したい．更に諸学会では，実臨床における DRL 策定に向けた動きが見受けられる．頭部領域では動脈瘤，急性閉塞に対する IVR など疾患別の細分化や，胸部領域では PCI と Ablation，大動脈ステントなど手技別に細分化されることが予想される．策定当初から DRL はその時の情勢に合わせて，皆で改訂してより良いものに築き上げていければよいと考えていた．装置の最適化が図られた次のステップは，実臨床の最適化に進むことは十分に考えられる．

DRL を用いて IVR の患者被ばくの適正化を常に意識することが重要である．今後の DRL の更新に対しても細かな対応が必要とされるが，柔軟に対応可能な線量管理体制づくりも必要と考える．

参考文献

1）医療被ばく研究情報ネットワーク．Diagnostic Reference Levels Based on Latest Surveys in Japan ― Japan DRLs 2015― . http: //www.radher.jp/J-RIME/ (Accessed 2016.03.25).
2）血管撮影・IVR 領域における国立大学病院での診断参考レベル：全国国立大学放射線技師会設立 60 周年記念誌.
3）坂本　肇，深澤瑞也，武田正之，他．BAIVT における術者と患者の被曝線量．日透析医学会誌．2003; 36(6): 1199-1205.