

5. IVR被曝の現状と低減策—術者の側から—

Symposium

 鳴海善文・中村仁信・山口和也・花山正行・久住佳三
 大阪大学医学部附属病院

1. はじめに

被曝には医療被曝，職業被曝，公衆被曝がある．医療被曝，すなわち主として患者への被曝は必要最小限に抑えるべきであるが，被曝による患者の不利益を十分相殺する治療効果がIVRにより得られる場合には，被曝は正当化される．それに対しIVRに携わる術者など放射線診療従事者にとって職業被曝は業務上止むをえず受けるものであり¹⁾，確実な治療を行うという前提のうえで，被曝をできるだけ低減する工夫が必要である．本稿では特にIVR術者に焦点を絞って被曝の現状とその低減策を述べる．

2. IVR 被曝増大の背景

当施設での総血管造影件数に占めるIVR件数の割合の推移を図に示す(Fig.1)．IVRと診断目的の血管造影を併せた総血管造影件数はこの4年間で大きな変動はないが，総血管造影件数の中でIVRの占める割合は増加傾向を示し，昨年は腹部領域ではIVRが診断目的の検査を含めた総検査数の2/3を占めている．IVRの施行件数の増大とそれに伴う被曝増大の背景として肝臓のTAEを例にとると，TAEによる患者の生命予後の向上に伴い再発に対するTAEの件数も増え，1人の患者に繰り返しTAEを施行する症例が増えたことが挙げられる．さらに，IVRの手技や用具の発展に伴い新しい適応が発生していることもIVR件数増大の大きな要因である．また，個々の症例ではIVRのデバイスや手技の開発によりIVRの内容が高度化し，従来困難であった症例にも時間をかけてより高いレベルの治療を行うために被曝の増大を招いている場合もある．

IVRの技術としては，血管系と非血管系に大きく分けられ，血管系では動脈系，静脈系に分けられる．動脈系のなかでも抗ガン剤を動注し腫瘍血管を塞栓することにより抗腫瘍効果や塞栓効果を期待する腫瘍塞栓術(TAE)と，血管をバルーンやステントで拡張して虚血部位の血流を回復する血管拡張術(PTC)がIVR件数の多くを占める．このように確立された治療方法については，手技の標準化による被曝の減少が，治療のさらなる高度化により相殺され，全体としての術者側の被曝はむしろ増えているのが現状である．

例えば肝臓のTAEでは，従来のカテーテルを親カテーテルとした細径のコアキシャ

ルカテーテルが導入されてからは，正常肝をできるだけ温存し，癌に対しては高い治療効果が期待できる区域動脈や亜区域動脈のTAEが可能となった．また頻回の再発のために，本来は肝の栄養動脈でない下横隔膜動脈や内胸動脈などから栄養される腫瘍にTAEを行ったり，あるいは腹腔動脈の閉塞のために上腸間膜動脈からアーケード経由でTAEを行うなど，従来TAEが困難であった患者に対しても適応が拡大した．このように一部の症例では治療成績の向上と引き替えに透視時間が増加しているのが現状である．

IVRによる被曝の増大のもう一つの背景としてステントやカテーテルなどの道具の進歩に伴うIVRの適応の拡大が挙げられる．胸部大動脈瘤や気管閉塞の患者にステントを留置するなど，従来は他科の領域で扱われていた病態に，新しいステントの開発によってIVRの適応が徐々に広がりを見せており，術者がその手技に慣れるまでには多くの透視時間が必要である．また動脈系や胆管，尿管などが主であったIVRに，静脈系からのアプローチによる適応の拡大も試みられており，肝硬変による門脈圧亢進症の患者に門脈と肝静脈の間にシャントを形成したり(TIPS)，門脈圧亢進症による側副血行静脈の怒張にアルコール注入を試みる(B-RTO)ことなどが行われ，これらの手技が標準化するまでは多くの透視下での経験が必要である．

3. IVR における被曝防護

以上の様々なIVRの現場にあってもかえらなければならない原点は距離，遮蔽，時間の放射線防護の3原則である．距離については腹部，骨盤領域はカテーテル

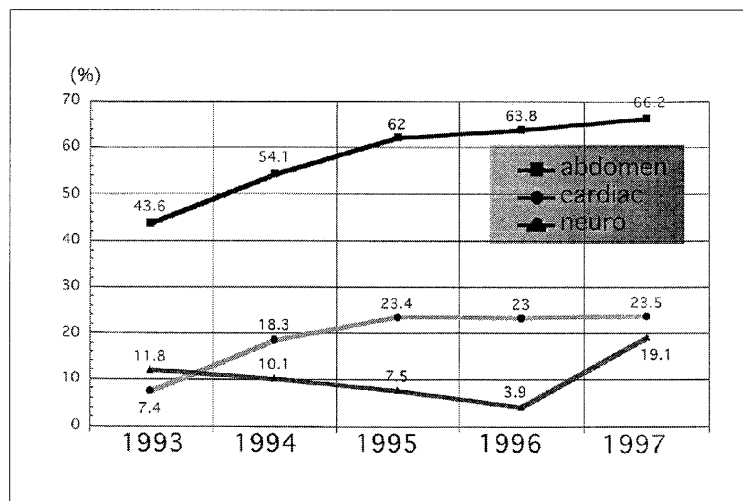


Fig. 1 総血管造影検査件数に占めるIVR件数の割合(1993.9~1997.12)．

の通常の操作部位とX線管が近く、頭部や頸部領域の透視に比べ被曝線量が多いことを念頭に置く必要がある。また、手押し注入によるDSAはできるだけ避けたほうがよいが、やむを得ない場合にはできるだけX線管から離れて手押しするのが原則である。

遮蔽については着衣式鉛プロテクタ、甲状腺のプロテクタ、水晶体防護具が術者側で必要である。最近鉛より軽く遮蔽能には差がないオークライトなどを材質とするプロテクタが登場した。しかし、ワンピース型のプロテクタの長時間着用による腰痛は依然無視できない問題であり、ツーピース型のプロテクタは肩にかかる加重を半減し、腰椎への負担を軽減する²⁾。さらにX線管と術者の間に置く移動式の遮蔽板や、下からの散乱線をカットするための遮蔽スカートの標準装備が望ましい。

被曝線量の低減化対策としては透視時間を短縮することが最も効果的かつ簡便であるが、同じ手技を行ううえでの透視時間は術者の技術に反比例するのでIVR技術の訓練により無駄な透視を減らすことができる。しかし、IVR技術の訓練のためには透視下の経験が必要である。ここでIVRの現場で透視時間が延長する原因について考えてみる。

1) 新しいIVRの方法を試みる時

その方法が標準化するまでの間は透視時間は延長することが多い。しかし理に適った方法であれば、新しい方法を試みることはIVRの技術の進歩のためにも必要である。

2) 研修医に対する教育

研修医は無経験から出発して将来自立するので、彼らに正しく教育することは将来の透視時間の減少に対する先行投資となる。しかし、カテーテルの扱い方や向きなど透視を使わずに教育できる基本的なことは、透視を使わずにあらかじめ教えておく必要がある。

3) 術者の技術的な未熟によるもの

透視時間の延長はカテーテル操作の未熟による場合と、読影力の未熟による場合がある。読影力の未熟により誤った血管にカテーテルを進めると、その間の透視時間は無駄になる。カテーテル技術のみならず読影力を向上させて無用な透視を防ぐ必要がある。

4) 透視の原則の不徹底によるもの

術者が自分自身を守るために心がけるべき原則は、以下の三つである。① 不用意な透視を行わない。② 必要以上に透視視野を広げない。③ イメージインテンシファイアを患者に密着する。これらは術者に対する教育と習慣化により改善が可能である。

4. IVR術者に対する教育

関西地区 249名のIVR施行医を対象とするアンケート調査が、関西X線映画研究会で行われている(Fig.2)。この調査は心カテ施行医をおもな対象としており、IVR施行医全体を代表するものではないが、大体の傾向が把握できる。IVR時の被曝線量を知りたいか否かのアンケートでは、約6割のIVR施行医は知りたいと答えていた(Fig.2a)。しかし、被曝線量の認識は放射線科医と他科医の認識の差がなく約2割のみ(Fig.2b)、また透視時間を自分で調べると答えた放射線科医は、他科医よりも多い傾向があったが3割を越えなかった(Fig.2c)。すなわち、現状でのIVR施行医の平均像は、IVRでの被曝に対し一抹の不安があり自分の被曝線量を知りたいが、実際に自分の被曝線量を知るための行動には至っていないというものである。それに応えるためには、放射線部が中心になって、IVRでの被曝とその起こりうる影響、放射線防護の実際などについて、すべてのIVR施行医に対して系統的に教育する場が必要である。当施設では放射線教育訓練時に、特別に<IVRにおける被曝>というテーマを設けてIVR施行医の被曝防護教育を行っている。

5. IVRと線量制限体系

包括的な放射線防護の考え方として、線量制限体系という考え方をICRPが1977年に提起し、正当化、最適化、線量限度がこの順に検討されることが望ましいとしている。IVRにこの考え方を当てはめると、IVR治療によるプラス面が、放射線被曝によるマイナス面を上回る場合にその治療は正当化されることになる。治療目的のIVRはほとんどの場合この条件を満たしていると思われるが、主治医からのオーダーの中には、明らかにIVRの適応のない場合もあり、それらをチェックし、放射線を用いるIVRに替わる方法を提示するのも放射線科医の重要な役目である。例えば、肝臓の多くは多血性であるが、組織学的分化度によってはTAEの効果の少ない乏血性の肝臓もあり、dynamic CTやdynamic MRIで血管造影前に診断が可能である。乏血性の肝臓に対しTAEを行うことは、肝機能の低下を来すだけでなく、不必要な被曝を患者、術者と医療従事者に与えることになる。乏血性の肝臓には、超音波下のアルコール注入療法(PEIT)が通常行われており、このような被曝がなく、一定の効果が期待できる代替方法を提案する必要がある。

IVRの適応が正当化されIVR治療を行うことが決定したら、次は治療目的を達成することを前提に、被曝をできるだけ低く抑えるということが最適化という言葉で表されている。これについては、術者にとっては放射線防護の古典的3原則を忠実に守ることに尽きる

が、放射線技師の側からは、必要以上に高い線量の透視にならないように機器の整備、品質管理や透視撮影時の画質管理が望まれる。

線量限度は、IVR施行医は職業被曝の年間線量限度が定められていて、それを上回ることはできないので被曝線量を正確に測定し記録する必要がある。そのためにIVR施行時のフィルムバッチ等の装着を徹底する必要がある。

以上のように防護の考え方としては正當化、最適化、線量限度の順に進められて行くのが理想であり、IVR施行医の側からは、IVRの適応を吟味する、施行時は放射線防護の原則を守る、検査時にフィルムバッチ等は必ず付け、線量限度を意識するということになる。

6. IVRに要求される透視

同じ透視時間でも、透視のパルスレートや透視線量を減らすことにより透視被曝を低減することができる。IVRに最低限必要な透視として、パルスレートについては15フレーム/secの低レート透視でも遜色ないと報告がある³⁾。透視については、末梢血管ではマイクロカテーテルのガイドワイヤ(0.35mm)が確認できる画質の透視条件が一つの目安になる。当施設の血管造影装置で低線量透視、中線量透視、高線量透視に設定した0.35mmのガイドワイヤの透視の静止画像を呈示する(Fig.3)。低線量透視の方が若干不鮮明であるが、いずれも椎体の重なりのない領域では、ガイドワイヤは十分確認でき、低線量でも十分IVRに耐える透視画像を得ることができる。高線量透視の被曝量は低線量透視の4倍ということを見ると、通常の透視は高線量透視に頼らず、低線量で行うべきである。ただし関心部位が椎体と重なっている場合、体格の大きい患者、斜位透視などカテーテルの先端が不明瞭で、カテーテル操作に困難を来す場合などは適宜中ないし高線量で透視を行う必要がある。

7. 術者と放射線技師との協調

低線量でも良好な透視が得られるように円形絞り、フィルタ、エッジ強調、フレームレート、モニタの輝度調整などを放射線技師側で調節していただくことは被曝の低減に大きく寄与する。また、装置の品質管理は非常に重要な問題である。例えば、劣化したイメージインテンシファイアは透視線量を予想以上に増大さ

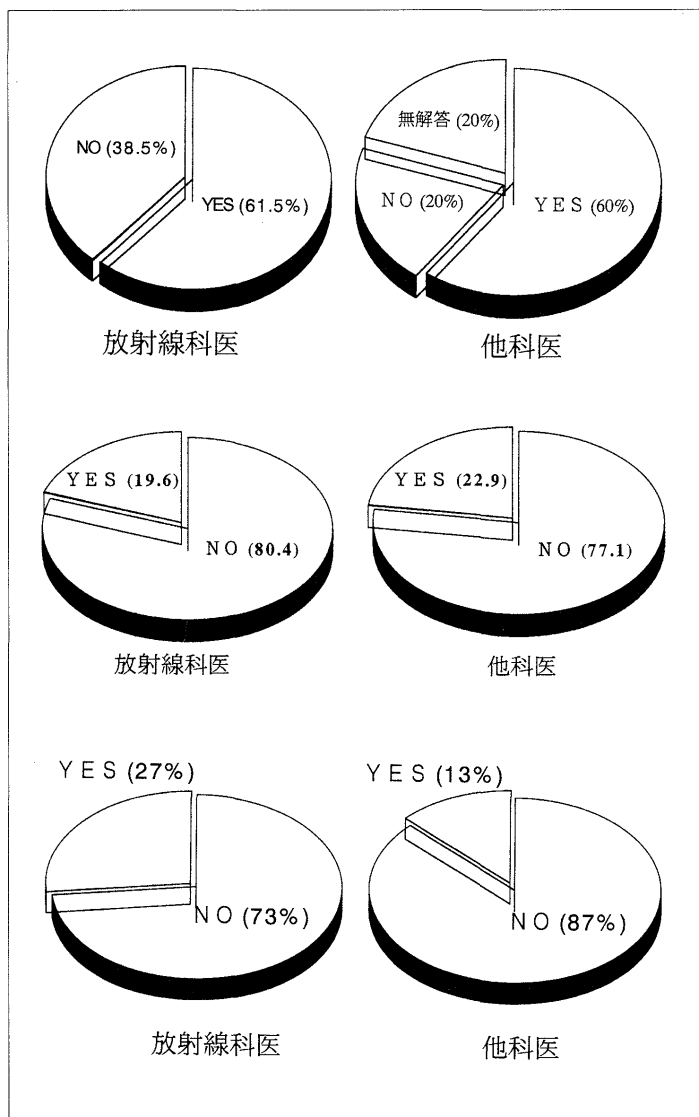


Fig. 2 IVR施行医を対象としたアンケート。

- (a) 検査、IVR時での被曝線量を知りたいと思いますか・ a
 (b) 検査、IVR施行時での患者、スタッフの被曝線量をご存じですか・ b
 (c) 検査、IVR終了後に透視時間を調べますか・ c

せる。さらに、IVRに集中するあまり被曝について無関心になりがちな医師に、検査中に透視時間や被曝線量を教示することも必要であろう。当施設では総透視時間が30分を超えた時点で、担当技師からそのことを伝えることをあらかじめ約束しておき、IVR施行医に被曝を意識させる一つの材料としている。IVR被曝に関する意識の向上のためには、日頃からIVR施行医と放射線技師の間で意志疎通が円滑に行われ、被曝に関して自由な意見の交換がなされていることが大前提である。

8. 今後のIVRに望まれる環境

被曝教育を受けた多くのIVR施行医がカテーテルを持つことにより、少数のIVR専門医に被曝が偏らずに

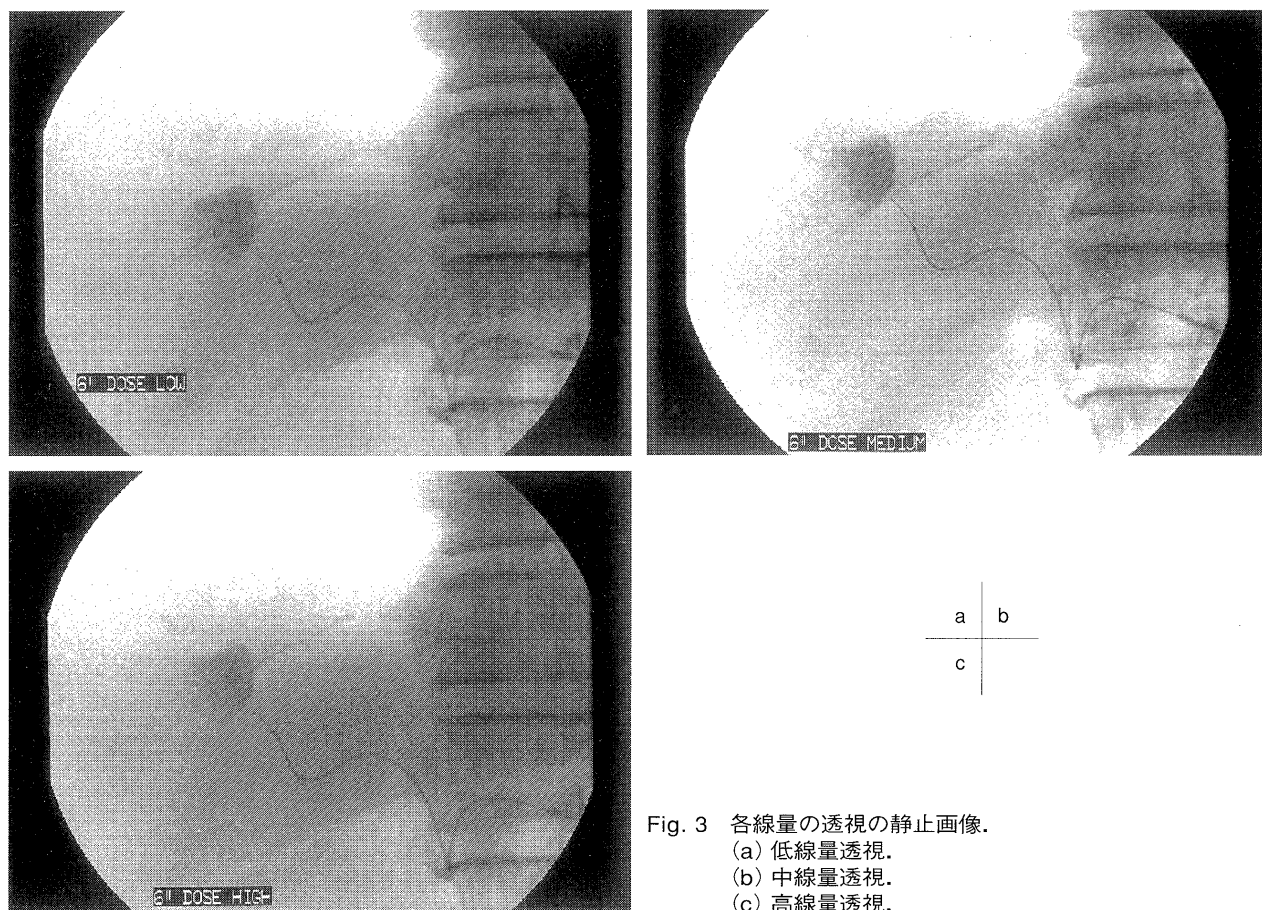


Fig. 3 各線量の透視の静止画像.

- (a) 低線量透視.
(b) 中線量透視.
(c) 高線量透視.

被曝が分散化され、障害の危険性を回避できると考えられる。そのためにはIVR手技の標準化とその教育が必要である。一方、テクニカルに困難な症例や、まだ標準化されていない新しい手技は、熟達したIVR専門医が施行する方が無駄な透視を避けることができる。IVRの標準化と専門化という、相異なる二つの方向性により個々のIVR施行医、ならびにIVR全体としての被曝を減らすことにつながると考えられる。

今後のIVRの需要の増大を考えると、IVR専用装置の開発が望まれる。術者側で被曝線量のコントロールとモニタリングが可能なX線装置、すなわち透視線量

やパルスレートの選択が可能で、透視線量や透視時間のモニタ内表示の標準装備が必要である。また、劣化しにくいイメージインテンシファイアの開発は是非必要と考えられる。防護の点では、軽くて遮蔽効果の高いプロテクタ、着用時の違和感の少ない水晶体防護具、手技を妨げない防護板などが望まれる。

長期的にはMRI透視を利用した、放射線を必要としないIVRが現在模索されているが、現時点では脈管系に関しては技術的に困難な面が多い。将来MRI透視による血管系のIVRが可能になれば、それが被曝低減の最終的な到達点であろう。

参考文献

- 1) 花山正行：医療放射線利用に関連した放射線被曝の問題について。関西X線映画研究会誌，5，26-35，(1997)。
- 2) 林 信成：IVRの被曝と血液汚染の軽減。新医療，25(3)，80-84，(1998)。
- 3) 細矢貴亮：Digital Subtraction AngiographyとInterventional Radiology。日放技学誌，52(1)，42-46，(1996)。