

X線診断における患者の防護

社団法人 日本アイソトープ協会
財団法人 仁科記念財団

X線診断における患者の防護

ICRP Publication 16

国際放射線防護委員会専門委員会3の
課題グループにより作成された報告書

1969年11月に主委員会によって採択されたもの

社団法人 日本アイソトープ協会

財団法人 仁科記念財団

本書は国際放射線防護委員会のための基礎的資料として作成された一連の報告書の1つである。これらの報告書は青色表紙で刊行され、褐色表紙で刊行される委員会の諸勧告に科学的な基礎を与える目的で委員会がひきつづいて行なっている、資料の検討成果の一部をなすものである。これらは必ずしも現在実行すべき勧告を意味するものではないけれども、委員会は、これら青色表紙の報告書の刊行によって、委員会の仕事および放射線防護の基本的諸原則の発展に直接関与することがらについての討論がさかんに行なわれることを希望するものである。

本書は、“Protection of the Patient in X-ray Diagnosis—ICRP Publication 16”の全訳であり、ICRPの諒解のもとに、仁科記念財団と日本アイソトープ協会が協力して編集し、刊行したものである。

翻訳は名古屋大学医学部放射線医学教室高橋信次氏、古賀佑彦氏、綾川良雄氏、藤田恒治氏、石垣武男氏、竹内昭氏および田中良明氏によって行なわれ、既刊のICRP勧告・報告、とくにPublication 15「体外線源からの電離放射線に対する防護」の訳に用いられた用語などとの調整のため、編集者において多少の修正を行なった。

Nishina | Japan
Memorial | Radioisotope
Foundation | Association

Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 16

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Shinji TAKAHASHI ^{*}, Sukehiko KOGA,
Yoshio AYAKAWA, Tsuneharu FUJITA,
Takeo ISHIGAKI, Akira TAKEUCHI, Yoshiaki TANAKA

^{*} ICRP C3 member at the time.

Editorial Board

The Committee for Japanese Translation of ICRP Publications,
Japan Radioisotope Association

.....
Fumio YAMAZAKI (Chair) Hidehiko TAMAKI (Vice-chair)
Masami IZAWA ^{*} Tatsuji HAMADA Eizo TAJIMA
.....

Presumed the founding committee members.

^{*} Former ICRP member.

目 次

序	(1)
緒 論	(2)
第1章 患者防護において教育の果たす役割	(4)
第2章 一般的基礎知識	(8)
2.01 物理学的ならびに生物学的基礎概念	(8)
2.02 X線診断における放射線被曝	(13)
第3章 患者の防護における臨床的ならびに管理的面	(23)
3.01 臨床判断	(23)
3.02 管理上の方策	(27)
第4章 患者防護における技術的ならびに物理的諸因子	(32)
4.01 総 論	(32)
4.02 放射線錐の性質	(33)
4.03 X線錐の大きさおよび位置	(41)
4.04 遮 蔽	(43)
4.05 整 線 板	(45)
4.06 記録系の感度	(46)
4.07 写真処理技術	(51)
4.08 放射線露出の制御と記録	(52)
4.09 再撮影数の減少	(53)

4.10 特殊な検査	(55)
結 論	(60)
文 献	(62)
付 録	
1. 体外線源からの電離放射線に対する防護に関する国際放射線防護委員会専門委員会3の報告のうち、X線診断における患者防護に関連ある勧告の引用	(66)
2. イギリス保健省の患者の放射線障害に関する委員会 (Adrian 委員会) 第2次報告 (1960) の施行覚書	(78)
3. 皮膚照射線量の推定のためのノモグラム	(86)

序

1966年、国際放射線防護委員会 (ICRP) は、医用X線診断を行なう際の患者の防護に関する報告を作成するために、課題グループを任命した。この課題グループに課せられた役割には、放射線治療あるいは放射性物質の利用は意識的に含めなかった。それゆえ、この報告は、X線検査手順の始めから終わりまでについてのみを取り扱っている。

現在あるICRPの出版物のいくつかは患者の防護に関連があるが、一般的にいて、その諸勧告は放射線装置および検査の技術的面に関するものである。もっとも、生殖能力のある婦人の放射線検査の記述では、ICRPは放射線診断の臨床面に影響をもつ勧告を行なっている(ICRP Publication 9, [1] 76項)。現報告ではこれらの点はさらに一步すすめられ、X線学の臨床、管理および技術的な実際面で健全な判断を行なうに必要な、教育と経験の諸要素に特に注意を払っている。この文書はICRPの諸出版物をその基礎資料として使っており、現行のICRPの諸報告、とりわけ、「体外線源からの電離放射線に対する防護に関する専門委員会3の報告」[2]を補足するものである。

この報告を作成した課題グループの委員構成は下記のとおりである。

R. F. Brown (委員長)

J. Flatby

J. M. Heslep

T. Holm

A. Laugier

Z. M. Nooteboom-Beekman

S. B. Osborn

K. A. Rowley

E. W. Webster

緒 論

最も広い意味での患者の放射線防護は、優れた臨床判断、放射線源と防護装置の適切な設計、良い操作のやり方、および診断のための情報の十分な解釈を含んでいる。

この文書の目的とするところは、X線診断を行なう際の患者の防護に関係のある資料を呈示することにある。もし、医学上の利益を減らすことなくX線検査による放射線被曝を軽減させることができれば、患者ならびに公衆の福祉を増進することができるであろう。いくつかの国では現に、集団被曝を現在の水準よりずっと小さくすることができるという証拠が実際にある。

放射線防護技術に関する文書中ですでに行なわれている諸勧告をみたすことの必要性も心にとめおきながら、患者の防護についての適切な臨床的および技術的面上における判断が、最も重要な要素と考えられた。臨床判断を向上させるための教育面でのさらに大なる努力が、医学の実際面で放射線検査に従事するすべての人々に対して必要であると提唱される。教育上有益と考えられて選ばれた資料がここに提示されている。国が異なればやり方も変わるので、それぞれの国はその国の実際面の特定の様式に従って、この情報をそのまま採用するか、あるいは多少の変更を加えるかをきめてよい。

第1章から第3章までの資料は、おもに放射線検査の実施の決定をする人々に対するものである。すなわち、医学あるいは歯学上の患者保護にあたるほとんどあらゆる臨床医を含んでいる。第4章は、技術的な手段と判断に関連したもので、主として検査を行なう人々に向けられたものである。X線診断における患者の防護に関連したICRP専門委員会3の勧告〔2〕は付録1に示してある。

患者防護に対する十分な方策を確立することは、放射線診断の絶えざる発展

を妨げるものでは決してないであろう。これらの患者防護の方策は例外なく、最高水準の放射線診療への一助となるといってよいと考える。

本邦の放射線医療は、戦後、急激な発展を遂げ、現在では、欧米諸国に匹敵する水準に達している。この発展の背景には、戦後、高度経済成長による医療技術の進歩、放射線診断・治療の需要の増加、放射線物理学者の養成、放射線機器の普及、放射線防護の意識の高まりなどがある。しかし、この発展に伴って、放射線による健康被害のリスクも高まっている。特に、放射線作業従事者の健康被害の防止が重要な課題となっている。放射線作業従事者の健康被害の防止には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の教育、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。本邦の放射線防護は、戦後、急激な発展を遂げ、現在では、欧米諸国に匹敵する水準に達している。この発展の背景には、戦後、高度経済成長による医療技術の進歩、放射線診断・治療の需要の増加、放射線物理学者の養成、放射線機器の普及、放射線防護の意識の高まりなどがある。しかし、この発展に伴って、放射線による健康被害のリスクも高まっている。特に、放射線作業従事者の健康被害の防止が重要な課題となっている。放射線作業従事者の健康被害の防止には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の教育、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。

放射線作業従事者の健康被害の防止には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の教育、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。放射線防護の意識の高まりには、放射線作業従事者の教育、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。放射線作業従事者の教育には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。放射線作業従事者の健康管理には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の教育などが重要である。放射線防護の意識の高まりには、放射線作業従事者の教育、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。放射線作業従事者の教育には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。放射線作業従事者の健康管理には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の教育などが重要である。

● 本邦の放射線防護は、戦後、急激な発展を遂げ、現在では、欧米諸国に匹敵する水準に達している。この発展の背景には、戦後、高度経済成長による医療技術の進歩、放射線診断・治療の需要の増加、放射線物理学者の養成、放射線機器の普及、放射線防護の意識の高まりなどがある。しかし、この発展に伴って、放射線による健康被害のリスクも高まっている。特に、放射線作業従事者の健康被害の防止が重要な課題となっている。放射線作業従事者の健康被害の防止には、放射線防護の意識の高まり、放射線作業従事者の教育、放射線作業従事者の健康管理などが重要である。

第1章 患者防護において教育の果たす役割

世界の人々の診断用X線による被曝の現在量は明らかにX線診断検査の数および分布に関係をもち、これらは臨床医*による臨床判断によって直接影響をうけるものである。医療のこの面を改良することは、患者被曝を相当軽減することになる。この判断をそだてるには、第一に医科ならびに歯科学生の教育プログラムに注意を向けることが必要であり、そしてこの判断力の養成は、研究のために現在患者にかかわっているすべての人々、訓練中の放射線医、診断用X線装置を操作したりあるいは操作を監督する他の臨床医に対して、卒後教育のレベルで奨励されるべきである。これに関しては、ICRP 専門委員会3の勧告〔2〕(付録1, 159項)を参照されたい。

同時に、この文書の第4章で取り扱われる技術的手段を遂行することによって患者の被曝の減少をなしとげることができ、そして患者防護についてのこの特定の領域における教育は、放射線医および放射線撮影技師(X線技師、放射線技術者**)に対する教育プログラムの一部を形成すべきである。同様の教育は、X線装置を操作したりあるいは操作を監督する、放射線医ではない臨床医に対しても要求され、こうすることによって患者防護の技術的面で責任を持たすことができるであろう。

この報告は、患者防護を改善し、電離放射線の有効な使用を促進するための教育プログラムに必要とされる知識を包含している。現時点では、医学の学部教育は、専門化された事柄の教育からははなれつつある。しかし、放射線被曝の制御は重要であるので、教科内容があまりに多すぎてこの問題を教える余地

* 本報告のなかで“臨床医”(practitioner)とは、該当する放射線医、その他の医師および外科医、歯科医、整骨師、脊椎指圧治療師などを含むものをいう。

** (訳注) 原語はそれぞれ radiographer, X-ray technician および radiological technologist.

がないという理由で教育分野における必要な措置を怠ってはならない。たとえば、知識は日ましに多くなっていて、それは、薬理学というものが薬物を安全に使用するための基礎であるように、電離放射線の有効かつ安全な使用のための基礎なのである。

十分な数の放射線医の放射線科学の種々の面における訓練と同様に、学部在生や卒業した臨床医に対して必要な教育プログラムは、適当な場所、装置および職員を必要とする。これらのプログラムは、放射線診療施設では適切に提供されることはできない。放射線診断が利用される度合いはますます増してきているので、学界が放射線医学の必要を認めて、放射線医学ならびにその関連領域の教師を学界が適切に代表することが欠くべからざることである。

放射線医は、広い臨床一般の経験と臨床放射線医学における正式な訓練に加えて、この報告に述べられている患者防護のすべての面を完全に理解することが必要である。

放射線撮影技師のおもな任務は、適当な資格ある医師——通常は放射線医であるが——の監督のもとで、X線撮影を行なうことである。それゆえ、彼らは患者の放射線防護に関して最も重要な地位にあり、彼らの熟練と注意によって、与える放射線の量を広い範囲の中できめることができる。彼らの適切な訓練や教育はきわめて重要である。これら訓練と教育には、患者防護に関するすべての要素について広く知らせるため、第2、第3章に述べる基礎部分と、この報告の第4章において述べられるすべての技術を包含すべきである。各国の適当な国家機関が、この報告にのっとって、放射線撮影技師の訓練のプログラムの内容および範囲について適切な考慮を払うべきであることを示唆する。

放射線撮影技師が通例は正式の資格を与えられる国々でも、なお無資格者が操作していることがあるが、それはたとえば、仕事の量からいって、有資格の放射線撮影技師1人を雇うには及ばないものとされる場合である。このような状況においては、患者防護の基準には遺憾な点が多いかもしれない。一般的に

いって、十分に可能な限り、訓練された技師によって操作される別の施設を使用するよう手配を行なうことができるならば、患者にとって最もためになるであろう。行なわれる各検査に対する適切な技術的能力がなく、また電離放射線の物理的特性と生物効果についての基本的な知識をもたない人は、放射線装置を操作すべきではない。

放射線撮影技師の教育についての基準がないところでは、患者防護は劣っている傾向にある。この理由で、まず、放射線撮影技師の適切な教育、訓練、および資格付与の方向を引き続いてとるべきである。

看護婦（X線装置を操作する資格ある人々は別として）は、多くの放射線検査に間接的に関与している。たとえば、検査のために患者の準備をするといったことである。彼女らは看護婦本来の任務とX線検査を有効に行なうこととの関係を、訓練を通して知らされるべきである。

放射線物理学者* は、放射線診断学についてのサービス、相談および教授の責任を持っている。彼らはしばしば防護に関する企画に関与し、適切な装置を選択し、その後の点検とサーベイにかかわる。彼らは、X線検査を依頼してきたりあるいは放射線を使う臨床医に対し、また放射線医や放射線撮影技師に対して特に、放射線物理学および防護の実際について教える。それゆえ、放射線物理学者は、X線診断検査に関する物理学の原理と実際についての広範な理論的ならびに実際の訓練を受けるべきであり、また放射線医学の必要な面についての何がしかの訓練も受けるべきである。その訓練では、装置の設計、像形成、患者の線量、サーベイの方法と測定、遮蔽設計および放射線防護の基準に関係する物理的諸要因について、特に強調すべきである。この教授内容は学士の学位または証明を得るための必須カリキュラムの一部であるべきである。

放射線医学に関連する放射線の危険について、一般大衆は過度に警告されているということが数多くの場合についてみられている。このためときに、患者

*（訳注）原語は radiological physicist.

は必要な医療処置を求めるのを躊躇する。放射線の潜在的危険からの患者の防護について知識を持つ人はすべて、大衆に対して均衡のとれた見解を与えるためあらゆる努力を払うことが大切である。明らかに臨床的に適応があり、そして正しく行なわれ、かつ解釈される診断検査に対しては、患者はその検査の必要性について心配をする必要はないということが強調されるべきである。このことが一般に理解されたときはじめて、放射線医学は最大の利益をもたらすことが可能となろう。ここで付録 1, 164 項にある ICRP 専門委員会 3 の勧告 [2] を参照されたい。

第2章 一般的基礎知識

2.01 物理学的ならびに生物学的基礎概念

以下の章における事項を十分に理解するためには、電離放射線に特に関連する物理学および生物学的現象を理解することが必要である。この報告にはこれらの問題について詳細には触れていない。概略の原則がのべられており、さらにくわしくは文献3～16を参照されたい。

過去に問題であった放射線被曝の危険は、少数の人の比較的大線量照射により生じたものであるが、現在では、多数の人の小線量照射により生ずるかもしれない障害をこれに加えなければならない。“全集团的”障害の量的算定には線量効果関係についての仮定が必要となり、普通にとられる仮定は、有害な効果の危険度はどんなに少ない線量であっても線量に比例する、すなわち、生物学的効果がこれ以下の線量では生じないというしきい値は存在しないというものである。この仮定は放射線の危険度を過大に推定しやすく、また危険度のどの算定でもその上限を見積りやすいという結果となる。この仮定に基づいて、危険度対利益の概念、すなわち、放射線障害そのものに関する判断のみならず、特定の状況において放射線を用いた場合、あるいは用いない場合の放射線障害以外のすべての結果の判断も意味する概念が出てきている。これらの判断は、基本的には人間活動の他の分野でなされるものと本質的に異なるものではないが、放射線防護面ではこれに特別の注意が払われている。

物理学的概念

この報告では電磁放射線の1つであるX線を扱っている。実用の目的では、X線は物質を透過し電離を起こしうるという点で、大多数の他の電磁波、たとえば電波、赤外線、可視光線、紫外線とはおもに異なるものと考えてよい。

X線は、高速に加速された電子と高密度の物質から成る対陰極との相互作用により生ずる。そして、X線が通過する不均一な物質の中で、異なる部位の厚さと組成に応じて異なった吸収をうける。透過放射線のパターンは適当な検知部に記録できる。ここに診断に対するX線の主たる有用性がある。たとえば、骨組織は軟組織の同じ厚さのものよりX線をよけいに吸収するので、これらの2種の組織を明瞭に区別できる像が生ずる。装置、操作条件および方法の注意深い選択と、造影剤のような補助手段を用いることにより、人体の機能を検査し、人体の構造の微妙な相違を知ることができる。

X線が物質を通過する際にエネルギーが吸収される。患者の防護を含めたいろいろな理由で、放射線のエネルギーを定量的に測定し表現することが必要である。次の用語が診断用X線の定量に関連して大切である。照射線量 (exposure) とは、問題になっている個所で空气中に吸収されるX線のエネルギーの尺度を空气中に生ずる電離で表わすのに使われる。したがって、それは線錐の強度、照射時間および線質に関する。照射線量の特別な単位は レントゲン (R) である。吸収線量または線量 (absorbed dose, dose) というのは、問題になっている個所で、照射された物質 (たとえば人体の組織) の単位質量あたりに与えられるエネルギーである。吸収線量の特別な単位は ラド (rad) である。線量当量 (dose equivalent) は、吸収線量と、異なる種類とエネルギーの電離放射線の生物学的効果との両方を考えに入れた、放射線防護の目的のために使われる量である。線量当量の単位は レム (rem) である。しばしばこれらの単位の1/1000、すなわち ミリレントゲン (mR), ミリラド (mrad), ミリレム (mrem) を使用するのが便利である。

X線診断における実用目的には1 Rという照射線量は軟組織に1 radの吸収線量、あるいは1 remの線量当量を与えるものとみなしうる。他の目的の場合にはこの関係は正しいとはかぎらない。

放射線の線量の数値は、人体の特定の器官あるいは組織を指定したときには

(10)

じめて意味がある。たとえばこの報告の後の方で論じられているように、皮膚、生殖腺、赤色骨髄の線量は特に重要である。しかしながら、X線診断検査ではこれらの3つの組織の各々に対する線量の大きさはかなり異なる。さらに、もしこれらの組織のどれか1つの線量だけがわかっても、他の2つの線量を決める単純な方法はない。

広くいわれている多くの誤った認識が、電離放射線の物理学的性質とその作用について存在する。関連した物理学的事実の理解がなければ、適切な放射線防護の遂行に重大な妨害をもたらすことがありうる。

すべての臨床医は、X線の生成と特性、物質との相互作用、および照射された物体中で放射線のエネルギーが失われる過程についての物理学的法則に関する基礎知識を持ち、照射線量と吸収線量との概念と単位について理解を持つべきである。

X線装置を使用したり、あるいはX線装置の使用を監督する人はだれでも、放射線の強度と線質を決定する要因と、透過、吸収、散乱、像形成の機構の明瞭な理解を含めて、上記の事柄をさらに詳細に理解すべきである。

放射線医学の分野における物理的量と単位については、国際放射線単位・測定委員会の刊行物11「放射線の量と単位」〔17〕で議論され、定義されている。

生物学的概念

生体組織に吸収された放射線のエネルギーは、まず物理的、化学的反応をひきおこし、その結果、生物学的変化が起こる。ある種の診断用X線装置、特に透視用装置は、急性放射線反応あるいは損傷（たとえば局所的皮膚紅斑や脱毛）として現われる細胞の反応を生ぜしめるに十分な大線量を与える。しかしながらX線検査を適切に行なえば、線量は検出できる急性放射線損傷をひきおこす線量よりはるかに少なくすむ。

それにもかかわらず、有害な生物学的変化が起こりはじめる線量には下限は

ないかもしれない。小線量の放射線により障害をうけた細胞から悪性新生物が生じ、また放射線により生殖腺胚細胞に生じた突然変異または染色体異常が、遺伝的効果のもととなりうる。少量の電離放射線から生ずるかもしれない潜在的危険性は恐らくこの種の生物学的変化によるものである。

そこで、たとえ1つの検査による危険度がきわめて小さくても、個体へのX線線量の増加はすべてにながしかの危険をもたらす可能性があるろう。もし危険度と線量との量的関係を確立することができれば、生体に吸収された総エネルギー、線量率、照射された組織、蓄積線量、患者の年齢といった要因が関連性のあることが証明されよう。

長期にわたる効果には2種類の危険が存在する。なすわち、

- (a) 体細胞への放射線の効果により、その個体に及ぶもの。
- (b) 生殖細胞への放射線の効果により、照射をうけた集団の子孫に及ぶもの。

第一の種類の危険は、照射をうけた個体にある種の体細胞起源の疾患あるいは欠陥のひきおこされる可能性が増すことであり、第二の種類の危険は、後の世代に遺伝性の疾患や欠陥の発生頻度が増すことである。

放射線による線量効果関係にしきい値がなく、直線であると仮定するならば(8頁参照)、危険率の最大値は大線量での観察から算定できる。この種の推定が行なわれており、それはICRP Publication 8 [13]に述べられている。それによると、百万人が1 radの全身被曝をすると、放射線により誘発される白血病の総数は約20例となり、他の致命的な悪性腫瘍はあわせて同数程度起こることになるろうが、一方、多世代にわたって予期される有害な遺伝効果の総数は、照射をうけた世代がこうむる身体障害の数よりかなり多くなるであろう。しかしながら、遺伝的危険度の算定は身体的危険度の算定よりもはるかに困難であるということに注目すべきである。

電離放射線にかぎって起こる晩発障害は存在しないし、また低線量による晩

発障害は長年の潜伏期のあとにしか発現することが期待できないので、危険率の真の値を決定することは大規模な疫学的調査なしには不可能である。現在の診断被曝のレベルで放射線により誘発される疾患はどれも、一般的には全発生率の統計的変動にかくされる程度と考えられる。

検査の臨床適応が正しければ、個人または／および集団はこの検査から利益を得る可能性があり、そして放射線からの危険がある値だからといって、それがX線診断を制限する絶対的な要因となることはまれであろう。しかしながら、ひとたび放射線医学的診断方法を使用すると決まれば、実施できる最小の被曝で行ない、不必要に被曝をくりかえすことのないように行なうべきである。

胎児は電離放射線に対して特に感受性が高いと考えるべき十分な理由がある。妊娠初期の3ヵ月(器官発生の時期)の胎児の照射で発生異常が起こりうる。この種の異常は動物実験では5radという低線量で観察されている〔18〕。非常に発生しやすい傷害の種類は、照射したときの発生の段階による。感受性もまた変化し、他の時期とくらべてきわめて高いある決定的な期間がある。妊娠のそれ以後の段階の胎児の被曝は、成人と同じ種類の身体傷害をもたらすようであるが、危険度は多分もっと高い。ICRP Publication 8には、胎児に対する1radあたりの効果は小児あるいは成人の2～10倍と推定されている。

職業上の被曝でうける放射線の線量の上限を決めている、ICRP Publication 9〔1〕に勧告されている“最大許容線量”に言及しておくべきであろう。これは、電離放射線による職業上の被曝をともなう活動から利益が得られるという観点から、個人と社会とにとって受け入れうると考えられる小さい危険度であるという意味で正当化されるものである。医学診断にX線を使用することに関してはまったく異なるアプローチが必要である。利益に対して危険を秤にかけることはこの場合、ある選ばれたグループの人々が関係し、その一人一人にとって、診断的検査から医学上の利益が、時として生命を救うほど大きな利益が、期待されるという仮定からはじまっている。したがって、照射のレベル

は、求めている診断情報を得るのに支障のない限りできるだけ低くすべきではあるが、最大許容線量についての一般的記述はなされ得ない。特に、X線診断に用いる放射線の量の限度を職業上の許容線量で規定することは、放射線作業員に対してさえもできない。なぜなら、職業上の被曝と診断の被曝とはまったく違った性質の判断規準にもとづくものだからである。

2.02 X線診断における放射線被曝

X線診断が個人あるいは集団全体に及ぼすかもしれない有害な効果を見積ろうとするためには、人体の決定組織が受ける線量についての知識が必要である。しかしながら、集団に及ぼす効果は、これに加えて、その集団内で行なわれる放射線検査の頻度にも依存するであろう。種々の集団に及ぼすかもしれない障害を比較する場合、1人あたりの平均検査数が重要な因子であり、特に、大線量を与えるか、たとえば生殖腺のような決定器官を照射するか、あるいはこれら両方に寄与する、ある種の検査の頻度が重要である。X線診断で起こりうる危険を減少させることは、じかに照射される組織の線量のレベルを減らすこと、照射される身体組織の容積を制限すること、および検査頻度を減らすことにより達成されよう。

X線検査の数

多くの国では平均年間X線検査数は2人について1件をこえており、少数の国では歯科X線検査および胸部集団X線検査を含めると1人につき約1件である。表Iは多くの国で最近調査されたその頻度を示す。胸部集団X線検査および歯科X線検査という特殊なカテゴリーの頻度は別に示してある。

1人あたりのX線検査数は一般的に増加する傾向があるために、1検査あたりの線量を実施しうる最低限に制限する方策の必要性が強調される。この増加については、数カ国で、X線検査数の全国的調査、レントゲンフィルムの使用量、および造影剤の使用量のデータにもとづいて報告されている。たとえば、

1956～1966年の期間に、1人あたりの年間検査数は、イギリスでは3.5%、フランスでは6.5%増加している。この増加率のまま進めば、1人あたりの検査数が倍増するにいたる年数はそれぞれ20年と11年となる。

表 I X線検査の年間頻度

	期 間	1000 人につき			文 献
		医 用 X線検査	肺 集 団 検 診	歯科撮影	
オーストラリア	1955—57	480	190	—	14(p. 390)
オーストリア	1955—58	67	25	—	14(p. 390)
カナダ	1965	317	151*	—	19
デンマーク	1956	410	210	50	20
日本	1960—64	449	445	14	21, 22
オランダ	1966—67	370	200	—	23, 24
ニュージーランド	1963	366	113	118	25
ノルウェー	1958	390	210	100	14(p. 390)
スエーデン	1966	470	105	580	26
スイス	1957	640	190	140	14(p. 390)
イギリス	1957	280	95	40	27
アメリカ	1964	530	87	288	28

* 結核症例早期発見のための検査と入院時胸部検査

1 検査あたりの放射線線量

ある1つの検査でうける線量は、身体の部位により大きな差があり、その最大は一次線維に含まれる組織である。組織線量は、撮影および透視に用いられる技術的な諸因子、装置の特性、撮影されるフィルムの枚数、そして1検査あたりの透視時間に大いに左右される。それゆえに、ある特定の検査の際の線量は国によって異なるであろうし、同一国内でも施設間で、また同一施設内でもX線装置や撮影技術が異なると、変わるであろう。

1検査あるいは1フィルムあたり受ける平均の放射線線量が、多くの国で主に3つの組織、生殖腺、骨髄、皮膚について調べられている。生殖腺線量は遺

伝的危険度の評価に関連する線量として最も重要である。平均骨髓線量* は低線量レベルにおける白血病の危険度の評価に大きく関連していると考えられる線量である。

「原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) の1962年報告」407 頁からとった表IIは、成人における赤色骨髓の分布を示している。入射皮

表II 成人の骨髓の分布

部 位	骨	全骨髓 (g) [29, 30]	赤色骨髓 の割合 [31]	全赤色 骨髓 (g) [32]	赤色骨髓(%)	
					Ellis [32]	1958報告 [33]
頭	頭蓋, 下顎骨	182	0.75	140	13	10
躯幹上部肢帯	肩胛骨, 鎖骨, 上腕の頭頸部	116	0.75	85	8	5
胸 廓	胸 骨	39	0.6	25	2.5	} 25
	肋 骨 1—12	207	0.4	85	8	
脊 椎	頸 椎	47	0.75	35	3.5	} 40
	胸 椎	197	0.75	150	14	
	腰 椎	152	0.75	115	11	
	仙 骨	194	0.75	150	14	
躯幹下部肢帯	骨盤, 坐骨, 大 腿骨の頭頸部	364	0.75	270	26	20

国連科学委員会の1962年報告 [14] より

膚線量は、身体の任意の細胞集団のうける最大線量の簡単な指標になる。その値は、大きなフィルムによる胸部検査の際の 100 mrad 以下から、妊婦のような厚い患者の腹部検査における 10 rad ほどの高い値までである。あるいくつかの施設では1956年から66年の間に、ある種の検査の皮膚線量について1/2にまでもかなりの減少をなし得たという証拠がある。もし撮影技術に細心の注意を払ってもこれ以上被曝を減らすことができないという限界に達した時には、少しでも検査数が増えればそれだけ集団に対する線量が増大するに違いない。

X線検査はその生殖腺線量の大きさによって、大きく3つの群に分類されう

* 平均骨髓線量とは赤色骨髓への平均線量である。

表Ⅲ 成人の放射線検査における生殖腺線量の群別*

	生殖腺線量 (mrad)		遺伝有意線 量に対して 占める大体 の百分率	平均骨 髄線量 (mrad)	一人あたり の平均骨髄 線量に対す る寄与の大 体の百分率
	男	女			
A. 低生殖腺線量群					
頭部 (頸椎を含む)	10以下		1 以下	50	3
歯 (口内全部)	"		"	20	6
腕 (前腕と手を含む)	"		"	<10	—
骨胸廓 (肋骨, 胸骨, 鎖骨, 肩)	"		"	100	—
胸 椎	"		"	200	—
下肢, 足	"		"	<10	—
胸(心, 肺), 集団間接撮影を含む	"		4	40	35
B. 中生殖腺線量群					
胃および上部消化管	30	150	4	300	15
胆嚢, 胆道撮影	5	150	1	100	—
上腿の下 $\frac{2}{3}$	400	50	4	50	—
C. 高生殖腺線量群					
腰椎, 仙骨	1000	400	18	200	7
骨 盤	700	250	9	100	2
臀部, 上腿の上 $\frac{1}{3}$	1200	500	8	50	—
泌尿管撮影	1200	700	12	500	10
逆行性腎盂撮影	1300	800	4	300	—
輸尿管膀胱撮影	2000	1500	1	300	—
消化管下部	200	800	13	600	8
腹 部	500	500	4	100	3
腹部 (婦人科)		600	10	100	2
骨盤計測	胎児…1000				
		1200	7	800	4
卵管造影	胎児…4000			2000	
		1200	< 1	300	—

* ここに示す生殖腺線量は多くの国での測定を総合したもので, 上記の3群の線量の大きさは大体のオーダーを示すにすぎないと考えるべきである。この表に便宜上加えた平均骨髄線量も, 同じように総合した値である。

ることを表Ⅲに示す。表示した値は多くの国での多くの測定値を総合したものであり、3つの群の線量の大きさの程度を示すにすぎないということを知るべきである。ある特定の検査において個々の患者がうける線量は、その地域の状況によってこれらの表示された値から非常にかけはなれるかもしれない。もとの値は国によっては10倍も変わっており、同一国内でも施設によってその値は同じくらい変動していた。

心臓、胸部、四肢の検査を含む最も一般的な検査の多くは 10 mrad 以下の生殖腺線量を与える。生殖腺が直接には被曝しない下腹部の数種の検査においては、線量のレベルは約 100 mrad である。第三の群には生殖腺が直接被曝する下腹部の検査のすべてが含まれる。これらの検査の場合には、線量は通常 500 mrad をこえ、数千 mrad にもなりうる。妊婦の腹部検査においては、胎児の生殖腺にもまた大線量を与えられる。

赤色骨髄は躯幹に広く分布しており、表層の組織と骨皮質による自然の防護があるために、平均骨髄線量は生殖腺線量の最大値よりも通常はるかに少ない。胎児全体が照射される妊婦の腹部検査の場合と、平均骨髄線量が生殖腺線量よりもかなり高い胸部の検査の場合は重要な例外である。

子供の場合には組織の厚さが薄く、X線検査で用いられる照射線量もそれだけ少なくてよいので、子供の皮膚線量、骨髄線量、生殖腺線量は大人より一般に少ない。しかしながらある場合には、注意深くX線錐を絞らないと、生殖腺が一次線にさらされる確率が大きくなるので、生殖腺線量は増大するかもしれない。また生殖腺と身体他の部分との距離が近いから、散乱線によって生殖腺線量は相対的に増えることになる。表Ⅳはデンマーク〔20〕とイギリス〔27〕でなされた測定にもとづく代表的な値で、子供の生殖腺線量を群別に示している。

集団に対する放射線線量

診断用のX線検査から全集団が受ける危険を推定するためには、集団中の各

表IV 小児の放射線検査における生殖腺線量の群別*

	生殖腺線量 (mrad)	
	男	女
A. 低生殖腺線量群		
頭部 (頸椎を含む)	10以下	
歯 (口内全部)	"	
腕 (前腕と手を含む)	"	
骨 胸 廓	"	
下 肢, 足	"	
胸(心, 肺), 集団間接撮影を含む	"	
B. 中生殖腺線量群		
胸 椎	30	30
胃および上部消化管	75	150
胆嚢, 胆道撮影	10	200
上腿の下 $\frac{1}{2}$	100	30
腹 部	150	50
C. 高生殖腺線量群		
腰椎, 仙骨	200	200
骨 盤	300	150
臀部, 上腿の上 $\frac{1}{2}$	300	100
泌尿管撮影	500	200
逆行性腎盂撮影	300	200
輸尿管膀胱撮影	600	100
消化管下部	400	500

* デンマーク [20] およびイギリス [27] の測定に基づく代表値。

人の決定組織, 特に生殖腺と赤色骨髓に対する平均年線量がまず考慮される。ある集団にもたらされる遺伝的損傷の判断規準は遺伝有意線量であらわすことができる。その算出法は ICRP と ICRU との合同研究グループの報告 [36] に詳細に論じられている。これは, その集団を構成している人の各々がこの線量をうけたと仮定するとき, 個人個人が実際にうけた線量でひきおこされる

のと等しい全遺伝的損傷を起こすと期待される線量のことである。遺伝有意線量は、個人の生殖腺線量を子供期待数で加重するので、各々の検査を受ける患者の年齢分布によって左右される。卵巣と精巣の線量の間には相違があるので、検査の性別分布もまた重要である。明確に言えばそれゆえ、遺伝有意線量は次の数種の統計的情報から導きだされる。

- (a) 検査の型、患者の性および年齢別に分類した、年間レントゲン検査の数。
- (b) 関連ある場合には胎児への線量も含めて、各検査ごとの性および年齢群別の平均生殖腺線量。
- (c) 性および年齢別の平均子供期待数。
- (d) 集団の性および年齢別の人口。

放射線診断に由来する遺伝有意線量は多くの国々でわかっており、その値は年間 10 mrad から 60 mrad である。この値は、患者の保護を損うことなしにかなり減らすことができると一般に認められている。

遺伝有意線量の大きな部分を占める検査の種類に注意の焦点を当てるために、いろいろの検査の寄与のおよその百分率を表Ⅲに示す。全体の検査の数の $\frac{1}{6}$ にも満たない重要な検査は、腹部の検査(ことに妊娠中の)、骨盤、腰椎、臀部または上腿部、下部消化管の検査(バリウム注腸)、骨盤計測および経静脈性腎盂撮影である。遺伝有意線量の大きな割合が、一次X線管によって生殖腺が被曝する可能性のあるような検査によってもたらされるということは明らかである。これは、アメリカでの15~29才の男子の場合について図1に示されている。

胎児の被曝は、遺伝有意線量への寄与という観点からと、そのような被曝が発生異常と小児期の悪性腫瘍と関連するという事実から、ことに重要である〔38, 39〕。

いくつかの国では、妊娠時の骨盤と腹部のX線検査が遺伝有意線量に寄与する比率は20%ないし30%に達していた。しかしながらこの検査の頻度はその地域の医療の実態によってかなり変わる。

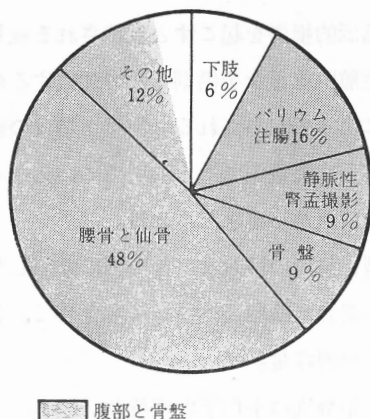


図1 1954年にアメリカにおける15~29歳の男子に対するX線検査の各々が遺伝有意線量に占める推定割合。おもに腹部と骨盤部が含まれる検査が遺伝有意線量に大きく寄与していることを示している [37]。Penfil, R. L. and Brown, M. L. (1938), *Radiology*, 90, 209~216 から許可を得て転載。

15~29才の若い男子が、遺伝線量への寄与の大きな部分を占める。これの著しい例としてアメリカからのデータ [37] を図2に示す。それゆえ、遺伝的危険度を減らす非常に重要なことは、この年代の患者の放射線検査が必要であるかどうかを十分考慮すること、および必要な検査に際しては線錐を絞ることと遮蔽に十分な配慮をすることである。

イギリス [40]、アメリカ [37]、日本 [41] での調査の結果は、図3に示すごとくであるが、X線撮影に用いられる線錐の大きさはフィルムの大きさより一般にかなり大きく、胸部撮影の場合にはときにフィルムの大きさの10倍をこえていた。遺伝有意線量は線錐の大きさをフィルムの大きさに近づけることによりかなり減らすことができた。もちろん、よりよい収束をすれば1照射あたりの平均骨髄線量も減り、これにより身体的危険度も減ることになる。

多分、ある集団がこうむる身体的障害の最も重要な判断規準は1人あたりの平均年間骨髄線量である。調査によれば、その値は1人あたりの年間遺伝有意

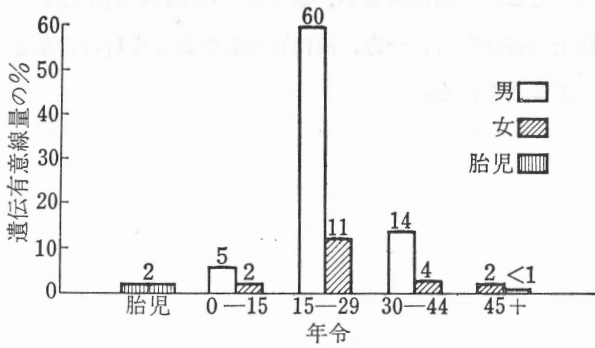


図2 アメリカにおけるX線診断撮影の、年齢別、性別の遺伝有意線量に対する推定寄与。1934 [37]。Penfil, R. L. and Brown, M. L. (1968), *Radiology*, 90, 209~216 から許可を得て転載。

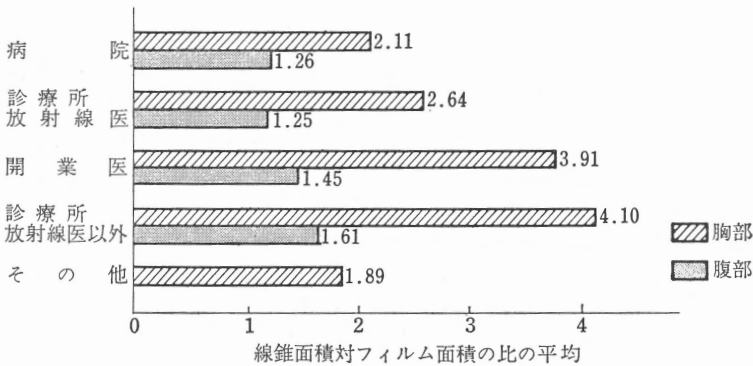


図3 いくつかのX線検査についての、施設別の線錐面積対フィルム面積の比の推定平均。アメリカ, 1964 [37]。Penfil, R. L. and Brown, M. L. (1968), *Radiology*, 90, 209~216 から許可を得て転載。

線量にはほぼ等しいということが示されている。表Ⅲにいろいろな種類の検査に由来する1人あたりの平均骨髄線量のおよその寄与の百分率を合わせて示してある。この様相もまた国によって異なる。大きなフィルム（直接撮影）と集団

(22)

間接撮影を併せたところの胸部検査が、個人の線量は比較的少ないにもかかわらず全体の $\frac{1}{2}$ 以上の寄与をし、一方、消化管検査がおよそ $\frac{1}{4}$ の寄与をしていることは注目すべきことである。

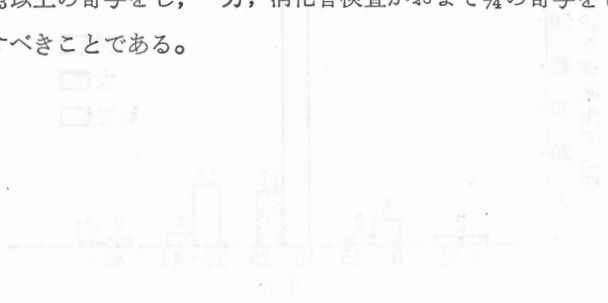


図 22 各種検査の線量寄与率 (単位:%)



図 23 各種検査の個人線量 (単位: mSv)

図 24 各種検査の線量寄与率 (単位:%)

図 25 各種検査の個人線量 (単位: mSv)

第3章 患者の防護における臨床的 ならびに管理的面

3.01 臨床判断

1956～1957年以前には、X線検査が必要かどうかを決めるにあたっては、患者を頻繁に入念な検査にさらすということに対し、ときに関心もたれたとはいえ、危険度という要素は考慮されていなかった。たとえば、慢性肺結核、胃腸障害および尿路疾患の治療時における経過観察のための度重なるX線検査の頻度を考えるとき、それによる潜在的な放射線障害には普通は考慮は払われなかった。Mackenzie [42] は既往調査によって初めて身体的障害の例がみられたことを報告している。それは、人工気胸術によって肺結核の治療を行なった女性に対して透視診断を繰り返したことが、乳癌の発生原因の1つであったであろうという報告である。

電離放射線の医学的応用がもたらす身体的、遺伝的障害の観点から行なわれた、X線診断法の数多くの調査にすでに言及してきた。これらの調査では今日までのところX線診断の大幅な制限の必要性は示されていないが、装置、技術の改良、あるいはある種の検査を省略することになる臨床判断の改善とか、不必要な過大な検査の省略の必要性が示されている。

このような考え方はすでにX線診断に、とりわけ産科、小児科の分野の診断に、影響を与えており、1957年以来特にこの問題に対する態度が変わったことは次の例でよく示すことができる。初産婦の出産前の常例的骨盤計測は、ごく少数例を除いて得られる情報は少ないものであるが、以前は広く行なわれた。そのような場合の大多数は検査は不必要であったということに大勢の意見の一致をみたので、患者の保護という点で明らかに悪影響があるという確証のない

限り省略することになった。その他のX線診断でも、臨床的評価の結果、同じようにX線被曝の低減ができるかもしれない。神経学上X線撮影を要請することの理由づけに関する Bull および Zilkha [43] の研究はそのよい例である。

患者を検査するかどうかの第一の決定は、その患者を治療する医師の責任においてなされる。この決定に役立つ確固とした判断規準は確立されていない。なぜなら、現在の知識では特定の検査がもたらす危険および期待される利益の両面について効果的に推定することはしばしば不可能であるからである。臨床判断には主治医と放射線医との話し合いを必要とするかもしれない。そして患者の防護という点からこの話し合いは奨励されるべきである。放射線医はこの分野で臨床医を助け、X線診断の正しい適応を決めるのに必要な知識の普及に努めなければならない。放射線医は、示された臨床的問題に照らしてのX線検査の実施とその程度のすべての面に対し責任を持っており、また申し込まれたX線診断技術が適切かどうかを助言する責任を負っている。

有効な放射線防護手段を遂行するにあたって、十分に訓練された放射線医の非常な不足が多く、多くの国で影響を与えている。この放射線医の不足を打開する方策がとられるならば患者の防護は強化されるであろう。

ICRP によって行なわれた、生殖能力を有する女性に対するX線検査に関する重要な勧告 [1] に従って、専門委員会3の報告 [2] には次の勧告を含んでいる。

“(174) ICRP は長年にわたり胚と胎児の電離放射線に対する感受性について注意を喚起してきた。生殖能力のある婦人の下腹部と骨盤を含むような検査を決める際には、担当医はその婦人が妊娠している可能性を考慮に入れなければならない。主委員会は、こうした婦人の妊娠の可能性が最も少ない時期は、月経開始後の10日間であることを指摘してきた。したがって、生殖能力のある婦人の下腹部と骨盤の放射線医学的検査のうちで、患者の当面の

病気に関連して重要でないものはすべて、妊娠している可能性のないこの時期に限ることを勧告する。次の月経開始まで遅らせることが適当な検査とは、妊娠が終了するまで、または少なくとも妊娠の後半期まで悪影響なく延ばしうるような少数なものである。”

この意味するところおよびこれに類似した性格の助言は、必要な場合放射線科の同僚と相談したのち、主治医が行なうのが最も具合がよい。臨床医のすすめで、あらかじめ検査を予想して患者が放射線科にきてから放射線医が処置をとると、患者の余計な心配をかりたて、信頼をなくすこともある。それゆえ、患者のX線検査を依頼する臨床医は、臨床放射線医学の方法に通じていなければならぬ。

X線検査の有効な利用を保証する適切な臨床的指導方針を確立するために、適当な国家的医療グループが放射線医学的検査方法を研究することが強く勧告される。そのような指針の例は付録2に転載されている覚え書である。これはイギリス放射線医学協会の放射線防護委員会によってつくられたものである〔44〕。この覚え書は、イギリスの保健相によって任命された「患者の放射線障害に関する委員会」(Adrian Committee)の第2次報告、1960年〔27〕に含まれている、臨床放射線医学の実地面に影響を及ぼす勧告の実施に特に関係するものである。

世界保健機関の放射線専門家委員会の第5次報告「公衆衛生と電離放射線の使用」〔45〕は同様に、有効な放射線医学的検査方法を定めるための特別の勧告を作成し、その中で集団検診の撮影の問題をかなり詳細に、また小児科学的検査に関連した特別な困難性を概説している。

ここに引用された題材はすべてを網羅しようとするものでもなく、またその内容は必ずしもICRPの勧告として示されたものでもない。その理由は、これら特定の勧告はある国においては実状にそぐわないこともあることを認識しなければならないからである。しかしそれらは有益な例示と考えてよい。

● 集団X線検診（大部分は胸部X線検査であるが、乳房撮影も含む）や消化器検診その他関係した諸問題についてさきに論じた。この種の調査においては、調査を行なう価値があるかどうかを批判的に不断に評価するために、管理方針との関連において臨床的判断がその役割を果さねばならない。たとえば、肺結核や胃癌のコントロールでは、ある場合には集団検診の成果は大きいことがありうる。他方、成果が上がらず、検査を限られた集団に限定するのが好ましい場合もありうる。

● 臨床上の応用はさておき、放射線医学は研究面でも医学の進歩に重要な役割を果してきたし、今後もそれが期待されよう。医学研究は、ある種の方法にはつきものの危険に関し、倫理的行為の原則と密着した独得の問題を提起する。放射線医学的研究を行なう人は、放射線診断技術の危険性と関連した倫理的問題に直面している。この問題について、医学の急速な発展と関連したこれらおよび類似の問題への懸念が「人体実験に関する倫理規約」として例示されている。それは世界医学会議（World Medical Association）によって採択されたヘルシンキ宣言として知られているものである〔46〕。その中に、被実験者という特定の個人に利益をもたらすように計画されたのではない手段は、その人の自由な、そして内容を知ったうえでの同意が得られなければ、行なってはならないと述べていることは、研究上放射線診断学的手段を用いようとするすべての人によって熟考されなければならないし、また、その人の主治医と放射線医に協同責任を負わせるものである。

● 放射線の研究への利用についてはICRP専門委員会3の次のような勧告〔2〕がある。

“(278) 研究およびいろいろな調査を目的とした人体の計画的照射は、照射される人の何らの直接の利益を目的としておらず、また照射がその人が持つかもしれない何らかの疾病にも無関係の場合には、適当な資格があり、かつ、訓練を受けた人によってのみ実施されるべきである。このような照射は、

その照射が行なわれる機関の責任官庁の承認のもとに、しかるべき専門家団体の助言に従い、かつ、国および地方の規定に従ったときのみ行なわれるべきである。照射に伴う予測される危険は関係者に説明されるべきであり、その人達は自由意志を十分行使できる志願者であるべきである。線量が高ければ高いほど、真の志願者であることを保証する条件および危険を理解する彼らの能力についての要求はきびしいものになる。したがって、真の同意を与えることが不可能であるとみなされる小児およびその他の人をこのような目的で照射することは、予想される照射線量が低く（たとえば自然放射線からうける年線量の大ききの程度）また、このような人達に法的責任を持つ者の正当な同意があるときのみ実施されるべきである。”

3.02 管理上の方策

患者の防護に関係する管理方策の影響は、これだけを切り離して考えることはできない。完全を期するため、また強調の意味で、教育の役割、臨床判断および技術的因子という見出しのもとに書かれているいくつかの問題点はここでも適切である。

法的方策

電離放射線の使用を政府が法的に規制するようになりつつあるのが世界的傾向である。放射線の発見後数年の間に電離放射線によって起こされた障害の結果として、第2次世界大戦前にこれを実施したのはわずかに数カ国である。ある国では、職業団体その他のグループによって自主的な規制が行なわれた。X線およびラジウムの医療上の使用に対する規制に主眼がおかれた。

第2次世界大戦後、世界中に放射線の管理プログラムを作る活動が活発になった。この主な起動力は原子炉の利用と原子炉で生産される放射性物質を規制する必要性であった。それに関係した法規はX線には適用しないという国もある。放射性物質であれ、X線であれ、その規制の大部分は職業上被曝する人を

保護し、環境を管理するということをめざしている。

26カ国の放射線防護の規制に関する世界保健機関の調査〔47〕では、1964年に調査した国の約半数の国だけが診断X線に対する患者の防護に関係した法律上の規定を明確に設けているにすぎない。しかし、世界保健機関〔45〕、原子放射線の影響に関する国連科学委員会〔33〕などの調査と刊行物、イギリスのAdrian Committeeの諸報告〔27, 48, 49〕、アメリカにおける最近の研究〔28〕などに刺激され、診断X線が人工の放射線による集団被曝に対する寄与の中で最も大きいことが実際にわかってきた。そして、適切な方策をとれば臨床上の恩恵をそこなわずに被曝を軽減させうるし、またさせるべきであることも認識されてきた。

比較的短時日のうちに、大部分の国が患者の防護に関係した法規という形式をとった基準を設けるようになるであろう。これらの基準は、技術または操作のある種の面に関しても、機器、設備およびそれに附属する防護装置の物理的面的についても、記されるべきであり、定期的な査察を行なうようにすべきであり、またICRP専門委員会3の勧告〔2〕に準拠すべきである。

X線装置の操作者の資格付与に特別の注意が払われるべきである。熟練した操作は、X線装置の状態と少なくとも同じ程度に、患者の防護にとって、また放射線撮影にとって、重要なことである。X線装置も診断方法も日まじに複雑さを加えていくから、操作者の十分な訓練はそれにつれますます重要なものとなる。診断X線装置の操作者の訓練計画の必要条件をきめることは奨励されるべきである。その理由は、X線装置の基準には注意を注ぐが、操作の基準には注意を払わないのは非合理であるからである。この点についてはICRP専門委員会3の勧告〔2〕(付録1, 158項)が関連をもっている。

この報告で前に記した、医療放射線業務の急速な発展にもなつて、放射線従事者の増員が世界的規模において必要にせまられている。学界はこの要求にこたえるように準備すべきである。そうするには、十分な場所、装置、職員を

ととのえることに適切な注意が向けられるべきである。必要な教育上の方策が準備されなくては、量的目標と質的基準を確立してもそれは役には立たない。

その他の病院外から管理方策

Adrian Committee の第2次報告〔27〕の第一の勧告は、「いかなるX線検査を行なう前にも、臨床的適応が明確であるべきである……」と述べている。この原則が正しいことは多くの人々が同意するであろう。しかし、この原則に必ずしもあてはまらない多くのX線検査が行なわれている。たとえば、

1. ある種の集団検診
2. 雇用時の慣例的検査
3. 退職とか廃疾請求に関係した検査
4. 保険のための検査
5. 病院入院時の慣例的検査
6. 移民のための検査
7. 法医学目的のための検査

ある場合にはこれらの放射線検査には正当な理由があるかもしれないが、それぞれの検査プログラムの有用性は不断の医学的評価をうけるべきである。

胸部集団検診は、その検査数の多さのゆえに、また集団骨髄線量に実質的に寄与することのゆえに(表I およびIII)、特別の注意を向けるに値する。集団検診計画は次のような判断規準に合致すべきだということで、衛生当局は一般的に一致している。

1. その計画は、意味のある疾患を発見するという成果がそれを継続してもいいほど十分大きいかどうかを決定するため、たびたび検討をうけるべきである。
2. 全計画は注意深く立案され、適応とされた場合には迅速に経過が観察され、治療されるべきである。
3. 検査は、患者、操作者、およびその他の人々の防護に対して容認されてい

放射線安全基準を満足する装置と施設によって行なわれるべきである。

日常の胸部撮影以外の、考えられているどんな調査に対しても特別な注意を払うべきである。たとえば雇用時の腰椎放射線検査がその例である。その必要性は各々の場合について十分に正当化されるべきであり、また技術上の問題に行き届いた注意を払うべきである。特定の臨床的適応とは関係のない多くの放射線医学手順を含むくわしい定期的健康診断の効果も、不断の評価を受けるべきである。

病院内の管理方策

患者の防護と関連した多くの管理的方策が施設の職員によって行なわれるべきである。これらの多くは主に病院とか診療所に適用されるが、いくつかは一般的に適用される。この方法は2つのカテゴリー、すなわち物理的因子と方法に関する因子に分けて考えられる。

病院では、実行できるかぎり、X線装置の大多数を放射線科内に設置することが望ましい。X線室は満足な操作が行なえるよう十分な広さを持ち、装置を配置すべきである。働くのに便利な配置は能率のよい正確な仕事を可能にし、防護用具もそれが操作者に利用されやすくなっていけば一層使われるであろう。適切な装置、附属品、暗室は、有効なX線撮影法にとって不可欠のものである。

多数の人を次々と検査するような撮影をする特殊な場合には、検査を待つ人に対する適切な防護が保証されるような注意が払われなければならない。

患者の防護に対して大いに役立つ管理の仕方には次のようなものがあるが、これらのあるものは将来コンピューター化された患者記録のリンケージシステムによって推進されるであろう。

(a) 病院では、たとえ放射線科の中に装置のあるものが置かれていなくても、すべての放射線装置と検査方法とは主任放射線医の管轄と監督のもとにおかれることが望ましい。主任放射線医の患者保護の質を維持するための権

限は、他の臨床科で行なわれるものと類似のものであるべきである。

- (b) すべての検査依頼は臨床的適応と必要とする情報とをくわしくのべるべきであり、これらがあいまいであるか、記載困難な場合には、依頼する主治医と放射線医とがあらかじめ話し合うことがのぞましい。すべての症例について、妊娠中なのか、妊娠の疑いがあるかを記すべきである。
- (c) X線検査を行なうに先立って、追加検査が不必要になるかもしれない検査が前に行なわれたかどうかを確認することが重要である。
- (d) 患者がある病院またはある科から他に移されるときは、関連するX線写真と記録の複写はすべて利用しうるようにすべきである。
- (e) 転居や転職にともなう短い間隔でのくりかえし検査は避けるべきである。
- (f) 出所がどこであっても、以前にとったフィルムと放射線検査の報告類はすべて自由にやりとりできるようにすべきである。

第4章 患者防護における技術的ならびに 物理的諸因子

4.01 総 論

患者の放射線被曝のレベルは多くの技術的、物理的因子に依存する。被曝を減らすことになる因子には、像の形成には寄与しない放射線を除くことや、特定の症例の診断上の要求に合った、感度の高い記録系を正しく選ぶことが含まれる。

新型のX線装置は放射線出力を旧式のものよりも効率的に利用できるように設計されているので、通常はこの方がよい。それで、ICRP 専門委員会3〔2〕は次のような勧告をしている。

“(38) 新しい要求を満たしておらず、また満たすことができない装置は、能力ある専門家の助言に反して保持してはならない。どんな装置もサーベイされ、試験されたいえ、新しい目的に対して満足であることが証明されなければ、その装置が計画された目的以外の目的に使用してはならない。旧式の装置は、安全な作動についての監視と試験をうけなければ、他の使用者に引き渡してはならない。普通に使用される装置（たとえば歯科用装置）の起こりうる誤使用について特別の注意を払わなければならない。新式の装置の使用は推奨されるべきであるが、しかし既存の装置を単に古いという理由で無条件に認めないことは、有用な医療処置を不当にうばう結果となるかもしれないという事情があることに留意すべきである。”

この章で論じられる技術的な問題は、診断に役立つ情報を犠牲にすることなしに有効な患者防護を達成するための、比較的簡単に実行にうつせる方法を含む。最も重要なことは、検査しようと思う範囲にのみX線錐の大きさをきびし

く限定することであるが、最もよい結果を得るには、記録系の感度、放射線の透過力、さらにこれから述べられるすべての因子が考慮されなければならない。しかしながら、それをこえると技術的な手段では患者の被曝の軽減が実行不可能であるような1つの限界のあることも理解されるべきである。この限界よりも被曝が少なくなると、記録系に入射する放射線は診断的価値としては不十分な情報を含むことになる。

次節から、いろいろな技術的手段の患者防護への効果が詳細に論じられ、そしてこの観点からの正しい実行の指針が示される。ICRP 専門委員会3の勧告〔2〕の中の患者防護に関連する特定の勧告が引用され、または付録1の中に見出されるであろう。

4.02 放射線錐の性質

透過率は、平均射出照射線量すなわちX線錐が患者を出るところの皮膚表面の照射線量と、平均入射照射線量すなわちX線錐が患者にはいるところの皮膚表面における照射線量の比として定義される。射出照射線量は線錐の断面上の点で異なり、したがって像のもとになる放射線のパターンを与えることになる。ある射出照射線量に対して透過率が増加すれば、一般的にいて患者に対する線量はひくくなり、一次線錐内の組織や器官に対してはたしかにそうである。しかしながら、透過率が変化すると記録装置の応答や散乱の量も同時に変化することになり、これらの変化は患者への線量という面で幾分利点を減らすこともある。

透過率は一次放射線錐の幾何的発散（逆二乗の法則）やX線スペクトルの光子エネルギー分布（放射線の質）、患者に入射する線錐の大きさ、そして吸収体、（この場合は患者）の幾何学的サイズ（とくに厚さ）、密度および有効原子番号にも依存する。

X線錐の発散

逆二乗の法則とは、均一な吸収のない媒体中で、放射線強度が点線源からの距離の2乗に反比例して変化することをいう。焦点-皮膚間距離が短ければ線錐の発散がはなはだしいので透過率は低く、したがって、フィルムもしくは他の記録装置のところで照射線量を一定としたとき、患者の入射照射線量は高い。この効果は図4に示されている。患者の入射皮膚照射線量は焦点-皮膚間

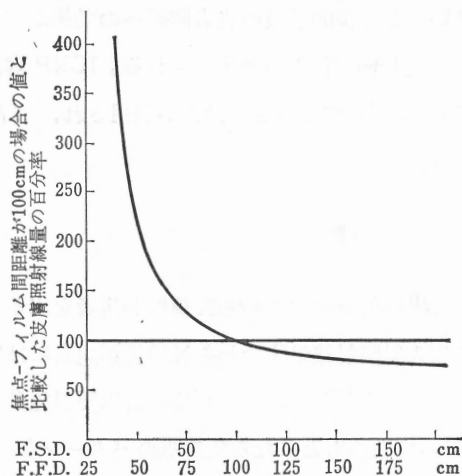


図4 焦点-フィルム間距離を変化させたときの皮膚照射線量の変化。線質とフィルム照射線量は一定と仮定する。患者の厚さ（すなわち入射皮膚面とフィルムとの距離）は25cmとする。ここに示す曲線はすべての記録系に当てはめうる。

FSD：焦点-皮膚間距離，FFD：焦点-フィルム間距離

距離が短い場合高い値になるが、1mをこえる距離では有意の軽減は示さないであろう。しかしながら、距離をはなすことは他の理由で（たとえば心臓の撮影でひずみを制限するため）望ましいことがある。

X線錐を必要最小限の面積に限定することは常に重要である（4.03を見よ）。このことは焦点-皮膚間距離を長く変更する場合にはとくに注意を要する。放射線錐の大きさは、たとえば胸部の検査において透視と撮影とを交互に違う距

離で行なうような場合、それに従って調節されなければならない。

ICRP 専門委員会 3〔2〕は最小の焦点-皮膚間距離に関して次のような勧告を行なっている。

“(92) 移動型装置による撮影法と透視法の場合、焦点-皮膚間距離は30cm以下であってはならない。据付型装置による場合は（胸部を除く）、焦点-皮膚間距離は30 cm 以下であってはならず、45 cm 以下にすべきでない。胸部の透視法の場合には、焦点-皮膚間距離は60cm 以下にすべきでないし、（なお180項参照）、胸部検査専用のもので、臨時に用いられるだけでないような装置では、45 cm 以下であってはならない。胸部の間接撮影法および直接撮影法は少なくとも60cmの焦点-皮膚間距離で実施しなければならない*。

“(180) 胸部検査で直接透視が避けられない場合には、80—100 kV の管電圧、 H_2O は少なくとも4 mm Al 等価、2 mA をこえない管電流、また、焦点-皮膚間距離は60 cm 以下でないようにして実施しなければならない。

“(113) 通常の歯科撮影（歯牙口内撮影法）には、照射野を限定するスパーサーコーンを用い、それにより、60 kV をこえる管電圧で操作する装置の場合、焦点-皮膚間距離の最小値が20 cm 以下にならないよう、また60kV 以下の場合、10cm 以下にならないようになっていなければならない。ポインターコーンとよばれるものよりも77項に合致した開放端式円筒または発散型照射筒を用いるべきである。照射筒の端における照射野直径は6 cm 以上とすべきでなく、7.5cm 以上になってはならない。”

専門委員会 3 の報告〔2〕の中の勧告 97項は、移動型装置による透視では蛍光増倍管の使用を暗に意味していることはあきらかである。

透視と撮影に固定装置を使うに際しては、45 cm 以上の焦点-皮膚間距離が使われるべきであり、しかし、胸部の透視法、撮影法、間接撮影法**にはより

* 勧告値は最低値であって、たとえば胸部の撮影検査などのようにもっと大きな距離が適切なことがしばしばある。

** すなわち、蛍光板上のフルスケールのX線像の光学撮影。

長い距離（焦点-皮膚間距離 60 cm より小さくない）が望ましい。歯科撮影では、ねらいは 20 cm 以上の焦点-皮膚間距離を使うことにあるべきであるが、より低い電圧で作動する在来のある種の装置ではこれでは撮影はできにくいことも注目されねばならない。病棟とか手術室でしばしば使われる移動型装置では、現用の出力と管電圧の範囲では、上に引用された ICRP 勧告の最小値と少なくとも同じ焦点-皮膚間距離を使うことが実行可能であるということは重要である。

線 質

線質はX線錐の透過力を表わすものであり、普通は半価層* (h. v. l.) という用語で表現される。しかしときには kV および透過で表現されることもある。線質は数多くの因子に依存し、その最も重要なものはX線管球にかかる尖頭電圧、高圧の波形およびX線錐の透過である。これらの3つの因子についてそれぞれ述べる。

管電圧 診断用X線管にかかる電圧が高ければ高いほど発生するX線錐はより透過性が増し、透過率が高くなる。射出照射線量を一定に保ちながら管電圧を変え、したがって透過率を変えたとき、患者のうける放射線に対する効果は図5に示されている。

少なくとも 100 kVp までは一定の射出照射線量に対して皮膚照射線量の減少が確かにあるということがわかる。生殖腺が一次線錐内にある場合、睾丸線量も大きく減少するが、卵巣線量は卵巣がより深いところにあるのでわずかしこ影響されない。生殖腺が一次線錐の外にあるときには散乱線のみをうけ、生殖腺線量はやや増加することがある。

電圧波形 高圧の電源には一般に交流が供給されるので、管球にかかる電圧は一定ではなく脈動的である。自己整流回路、半波回路、あるいは全波回路が

* 与えられた細いX線錐の通路に入れたとき、照射線量率をもとの値の1/2にまで減ずる、指定された物質の厚さである。通常は放射線の線錐の透過力を表わすものとして使われ、診断用X線では mm Al で表わされる。

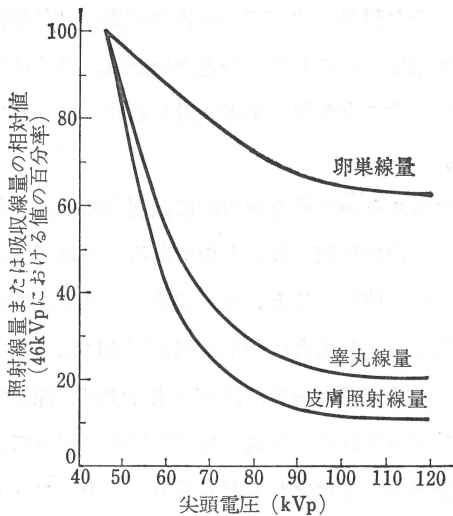


図5 kVp を変化させたときの効果。生殖腺が一次線錐中に含まれ、射出照射線量を一定にするような条件で、照射野 $30 \times 40\text{cm}$ 、4 整流管方式の X 線発生装置、総濾過 1mm Al 等価のときの、ファントムを用いた測定による皮膚照射線量、卵巣線量、睪丸線量の典型的な曲線、Z. M. Beekman の data [50] にもとづく。

用いられると、X 線管球にかかる電圧は X 線発生の間ほとんどゼロから尖頭電圧までの間に变化し、したがってほとんど 100% の脈流分をもつことになる。透視の場合のように小電流が使われるときだけは、ケーブルの静電容量がこの脈流をかなり減らしうる。これらの値は単相電源による発生装置の場合であるが、三相電源を使うと脈流分を 2% から 15% の間に減少させることができる。

同様の条件下では、低脈流の高圧発生器に連結された管球は、高脈流の発生器に連結されたものよりも透過力の高い放射線を多く発生する。したがって透過率がより高くなる。そこで、一定の射出照射線量に対する患者への入射照射線量は減少することになる。

濾過 管球の照射窓（そして管球容器の他の部分でも）における濾過を固有濾過という。大部分の市販 X 線管球においては、この濾過は 0.5mm Al から

2 mm Al 等価である。それ以外のすべての線錐の透過は“付加透過”とよばれる。固有透過と付加透過は一緒にして総透過といわれ、多くの国において常設総透過を管球容器上に示すことが製造業者に対し義務づけられているし、そうすることが望ましい。

透過板はX線錐の低エネルギー部分を選択的に減弱させる。これは、そうしなければ大部分が患者の体内で吸収されるものである。管球がある kV と mA で作動しているとき透過板を使用すると、照射線量率は減るが同時に透過力の大きい線錐になる。透過をかえた場合の効果の例が図6に示されている。図から、透過を増せばかなりの皮膚照射線量の減少を来たすが、深部線量に対する影響はずっと少ないことがみられる。透過の程度を増すに従って、これ以上透過を増しても放射線の透過力の変化はだんだん減り、一方、フィルムの同一の露出のためには mAs 値を急速に増加させなければならないような結果になる

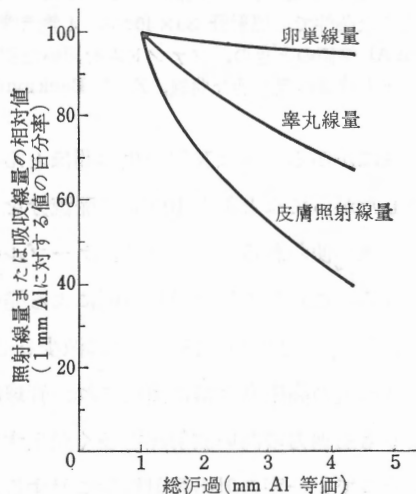


図6 患者の線量に対する透過の効果。等身大のファントムを用い、腹部の照射野を30×40 cm, 4 整流管方式のX線発生装置, 80 kVp, 生殖腺を一次線錐中に入れ、射出照射線量を一定にして測定したときの皮膚、睾丸、卵巢の線量の典型的な曲線, Z. M. Beekman のデータ [50] にもとづく。

表V kVp と透過のよい組み合わせ

検査の種類	kVp	総透過の範囲
軟組織検査 小さい骨の検査 (ノンスクリーン)	50—70	2~3 mm Al
骨検査 ヨード造影検査 胸部低圧撮影	60—90	2~4 mm Al
産科撮影	90—120	4 mm Al~4 mm Al+0.2 mm Cu
空気またはバリウム 造影検査 胸部高圧撮影	120—150	4 mm Al+0.1~0.2 mm Cu

という状況になることが考えられる。

理想的には、それぞれの検査について、患者への線量を最低の実行可能な値として十分な診断的情報が得られるような線質がえらばれるべきである。高圧発生器の波形は意のままには変えられない。一方、kV と透過はふつうは広範囲に変えることができる。ある kV については透過の最適範囲があるであろう。したがって kV をかなり変えたときには、透過板もかえることが望ましい（表 V をみよ）。

「体外線源からの電離放射線に対する防護に関する専門委員会 3 の報告書」〔2〕は次のような勧告を含んでいる。

“(78) 利用線錐の最小常設総透過は、容器内の X 線管の最大定格電圧によって決めなければならない。通常診断業務一齒の撮影法を含む一にあっては、常設総透過は以下に述べる以上の値と等価でなければならない。

管電圧 70 kV 以下のとき……1.5 mm Al

管電圧 70 kV をこえ、100 kV 以下のとき…… 2 mm Al

管電圧 100 kV をこえるとき……2.5 mm Al

例外：50 kV 以下の管電圧での特殊な操作（たとえば乳房撮影法）においては、その最小常設総濾過は少なくとも 0.5 mm Al 等価でなければならない。（胸部直接透視については 180 項を参照）”

乳房撮影のような特殊な撮影を除いて 70 kV 以下でさえ 2 mm Al の総濾過を用いて撮影が満足にできることが経験的に知られている（4.10を見よ）。

100 kV をこえる電圧においては、濾過を増すことによって患者被曝の有効な減少が得られ、kV 値がずっと高いときには Al と Cu の濾過板を組み合わせさせて使うとよい。

kV と濾過が増えると、患者の線錐内にある部位の線量は、放射線の透過力が増すので、ある射出線量に対しては一般に減るということは注目されるべきである。しかしながら、同時に、放射線像の対比度、特に骨の対比度は減り、寛容度は増加する。高 kV、高濾過の技術は骨の対比度が重要でないような場合、たとえば空気あるいは他のガスによる造影検査のような場合に適当である。また、バリウムを使う検査では対比度は大きいので、高圧撮影は被曝軽減の目的で使われる。さらに加えて、産科撮影では線量の制限が非常に重要なので、普通の程度の対比度より低くてもゆるされる。表Vはいくつかの種類の検査で使われてよい kV と濾過の範囲を表わしている。

広い kV 範囲をもった発生装置が使われ、そして濾過が表Vに指示されたように変えられるときには、それぞれの検査の前に濾過をチェックすることに十分注意がはらわれる必要のあることを強調したい。間違いを少なくするために適当な濾過板のインターロックシステム*が考えられる。

*（訳注） 適当な濾過板にしないと X線が出ない工夫。

4.03 X線錐*の大きさおよび位置

患者の照射を制限するための技術で最も重要なものの1つは、実行可能な最小のX線錐の使用とその正確な位置ぎめである。実行可能な最小の大きさに線錐を絞ることはつねに患者のためになるということは強調されるべきである。このことは患者に与えられる全放射線、およびほとんど常に生殖腺線量と骨髄線量を減少させ、さらに一方では、フィルムに達する散乱線の量を減少させて画質をよくする。

多くの撮影では、検査しようと思う領域だけを照射するよう注意深く照射野の中心をきめ、大きさをあわせることによって、生殖腺（ことに男性の生殖腺）を利用線錐の外におくことができる。たとえば、男性の泌尿器X線撮影では、照射野の大きさを正しくあわせることによって生殖腺線量を約 $1/25$ に減少させることができる。反対に、胸部の撮影でまずい操作をすると、女性の生殖腺や、男性の生殖腺でさえも、直接照射されることにもなりうる。小児の場合には両性とも生殖腺は一次線錐の中にさらにはいりやすい。このことは生殖腺線量を100倍かそれ以上必要よりも多くすることになる。歯科撮影または四肢の撮影では、線錐が間違った方向を向くか、あるいは大きすぎるか、またはその両方がおこるとき、生殖腺が不必要に一次線錐内にはいることがある。

同様な考察は骨髄線量の軽減にも適用されるが、骨髄は身体中に広く分布しているので、線量軽減の程度はより小さい。

検査しようと思う部位についての線錐の最小の大きさを、使われるフィルムまたは蛍光板の大きさに関係なく決めることが基本的に重要である。このことは、その部位が十分にみられ、撮り直しがさけられるように、X線照射をする

* “X線錐”あるいは“一次線錐”とは、管球焦点から発生し、X線管のコリメーターで絞られた放射線の線錐のことである。“利用線錐”という語は、患者の身体の見ようと思う部位を通過してフィルムまたは他の検知部にはいる一次線錐の部分のことである。

前にはいつも位置ぎめについて注意が払われなければならないということにつながる。もし線錐のふちがX線フィルム上でみえれば、線束を絞ったことが永久に記録されたことになる。これがなされなければ、線錐の大きさをあとで照合する方法はない。とはいっても、大きすぎる線錐で診断に適した写真が現にとれているのに、単に線錐が適正に絞られていることを示すだけのために正しい大きさの線錐で写真を撮りなおすことはあきらかにまちがっている。

X線錐の大きさは焦点と患者の皮膚との間の適当な場所で絞ることができるが、一般には調節可能の矩形のコリメーターを使うことが最もよく、その最もよい形式は光錐指示付きの多重絞りである。コリメーターの設計は、焦点に近い平面と、もう1つは患者の皮膚に実行可能なかぎり近い面の両方で線錐が絞れるようなものであるべきである。もし絞り容器が管球焦点から30cmのところまであれば、焦点-皮膚間距離が過度に短くなるものが機構的に避けられる。X線錐と光束とが一致していることを定期的にチェックすることが必要である。そしてまた、X線管球や電球の修理、交換のあとにもチェックすることが必要である。透視の検査中のスポットフィルム撮影の場合のように光錐指示が使えないときには、照射野自動制御装置を使うことが望ましい。線錐の大きさが使われるフィルムカセットの大きさをこえないように自動的に制限する装置をもった撮影装置の利用についても注意を喚起しておく。

標準的な状態における胸部の検査（間接撮影や直接撮影）では、X線錐を正しく絞れるならば固定した開口部をもつ矩形の絞りが有利かもしれない。それは自動的にフィルムに合わされるか、あるいは容易に合わすことのできるようなものであるべきである。小児や小柄な成人に適した大きさの照射範囲にするには、小さな開口部のものが必要である。

どんな形式の撮影や透視についても、特定の症例に合った正しい大きさの線錐になるような絞りまたは照射筒の一揃いの1つを使うことが可能である。このやり方では、X線管球容器に一番大きな絞りをつけたまま使い、他のものは

使用しない傾向があるが、このことはそう強くは非難され得ない。

円形の照射筒をもった多くのX線装置がまだあり、しばしば四角なフィルム
の全体を照射している。特殊な検査を除いては、これらではできるかぎり光錐指
示のついた矩形の絞りにおきかえられるべきである。このことはとくに移動型
装置で重要である。というのは、正しい位置ぎめが非常にむずかしいが、光錐
つき絞りを使うことで位置ぎめが容易になるからである。

ある種の検査では、矩形でないX線錐を使うことが有利な場合がある。たと
えば歯科撮影では、フィルムの対角線より少し大きい直径の円形の線錐を使う
と、再撮影を必要とする可能性がほとんどなしに、のぞむ方向にフィルムを容
易におくことができる。同様に、円形の一次蛍光面をもった蛍光増倍管の全面
が利用されるときには、正しい大きさの円形の絞りを使うと、矩形の絞りでは
この場合避けられない不必要な被曝を避けることができる。このことは蛍光増
倍管をもった移動型の装置ではとくに重要で、X線錐が蛍光面に正しく合っ
ているかどうかは定期的にチェックされるべきである。ある種の産科的撮影検査
では、不規則な形の絞りを使うと胎児への被曝を少なくして検査しようと思
う部位を撮影することが可能となる。

すべての患者のすべての照射について、線錐の正しい大きさ、位置、線錐の
配列を選択するためには、たえず高度の判断と熟練とにつとめる必要がある。

4.04 遮 蔽

管球とコリメーターとの十分な遮蔽についての勧告は「体外線源からの電離
放射線に対する防護に関する専門委員会3の報告」〔2〕の中に含まれている。

一次線錐は、焦点外放射線をできるだけ除くように、管球の照射窓の大き
さに近く制限すべきである。もし管球容器の内壁の鉛遮蔽の位置がずれることが
あると、一次放射線の迷放射線がほとんどあらゆる方向に出ることがありうる。
設計の悪い光錐つき絞りあるいは照射筒基部から、ときに一次線錐の外側で患

者を照射するかなりの放射線の漏減をゆるすことがある。

撮影しない組織はできる限りいつも一次線錐から除外されるべきである。たとえば、生殖腺が線錐の範囲内にはいつても、しかし実際には照射される必要のないような場合、それらは遮蔽されるべきである。この点に関する多くの勧告にもかかわらず、生殖腺や他の組織の遮蔽の実行は、望ましいほどには広く行なわれていない。1 mm鉛当量の単純な遮蔽は生殖腺線量を約90%除くことができる。残りの生殖腺照射の大部分は、近くの照射された領域からの側方散乱からなる。もう1つの型の生殖腺遮蔽のやり方は、投光指示器の絞りの上に張った透明な合成樹脂の円板とそれにのせるいくつかの異なった形の鉛片を用いる方法で、光束中の影で判断して、適切な形の鉛片を最もよい位置におくことができる。しかしながら、皮膚の上におかれた適当な形に切った鉛ゴムほど効率はよくないし、正確な位置を決めるのはよりむずかしい。

生殖腺と骨髄の遮蔽は小児や若年者ではとくに重要である。そしてこの年齢層の中でこのような遮蔽が最も必要であるような患者は、何回も繰り返し検査が行なわれ、それによって相当な量の蓄積線量をうけるような人である。その典型的な例が先天性股関節脱臼やペルテス病の患者である。

女性の場合、生殖腺を遮蔽することは、卵巣の位置が確定していないことと、遮蔽を用いると診断を要する場所の像を不明確にすることのため、非常に困難である。とくに小児の場合、動かないようにするのはむずかしいので困難である。男性では単純な遮蔽が容易に使え、陰囊を鉛ゴムの袋の中に包みこむことも可能であり、遮蔽がない場合の少なくとも99%まで生殖腺線量を除くことになる。しかしながら、このような器具の一般的な使用は、とくに撮影する技師が女性の場合には、採用することがむずかしいことがわかっている。このむずかしさは、適当な遮蔽が組み込まれている半ズボンを用意することによって軽減しうる。何らかの生殖腺遮蔽を使用することは、少年や若い男の下腹部、骨盤、大腿骨上部の検査を必要とするときには常に考慮されるべきである。どん

なタイプの生殖腺遮蔽でも、全然ないよりは使う方がよいことは強調されねばならない。

4.05 整線板

患者と記録系の上に挿入される整線板は、後者に到達する散乱線の量を減少させ、同時に像形成に寄与している一次放射線を可能なかぎり最大に透過させるためにしばしば必要である。散乱線の減少は画質を高める。

ある整線板では鉛の線条は平行であるが、大部分の整線板では整線板の中心の上方の特定の点からの一次線の妨げが最小になるように配列されている。どんな整線板でも入射する放射線のいくらかを吸収するので、その使用は撮影条件を変化させ、したがって患者への放射線の線量を増加させる。とくに超微細なライングリッドやクロスライングリッドが使われるときにはX線焦点の位置を整線板に適切に合わせることや、焦点-整線板間距離をその整線板の設計通りの範囲内におくことを確実にするよう、特別の注意が必要とされる。これらの注意をしないと、フィルムは露出不足になったり、影ができたりするであろう。そして、もしその理由がわからないと無用なとり直しがおきるであろう。

120kV以上では透過力もフィルムに達する散乱線の量も増加し、それ故にもっと効果的な整線板、すなわち、もっと格子比が高く鉛含量の大きいものを使うことが必要である。この場合、整線板を正確に置くことはさらに重要である。このような高電圧では、フィルムに達する散乱線を減らすためのもう1つの方法は、前面増感紙の管球側にうすい鉛箔（30～60 μm の鉛）を選択的透過板として挿入することである。そしてこの方法は、散乱線を同じだけ減少させるのに、高格子比の整線板を使った場合より、患者により多い放射線を必要とすることはないのである。このような鉛増感紙を使った場合には、X線管球との関連で位置ぎめをする問題はなにもない。

整線板を使う代わりに、とくに胸部撮影では、最小10cmの空間を患者とフ

フィルムの間におくこともある。フィルムの位置での散乱線の強度は患者とフィルムの距離に非常に依存する。

4.06 記録系の感度

フィルムは増感紙とともに、あるいは増感紙なしで、直接撮影における記録用具として使われる。直接透視では蛍光板が直接に人の眼でみられる。間接撮影では蛍光板上の像が光学系を通して直接に写真撮影される。透視（そして間接撮影も）はまた、TV表示つき、あるいはなしで、X線蛍光増倍管を使って行なうこともできる。

大部分の記録手段において、放射線像のもつ情報内容は、その像を可視像に変換する過程で減少する。一般に、直接撮影が像の画質の低下は最も少ない。他のもっと感度の高い記録手段を使うことは、患者の線量を減少させ得るが、いくぶん像の中の情報の損失がある。このことは、X線が不連続の光子から成るという事実の一部は由来する。像の小さい面積の形成にあずかる光子の数が比較的少ないときには、同じ条件の照射をうけた同一の領域が記録システムにおいて違った応答をおこすので、ランダムな統計的ゆらぎが画質に悪い影響を与える。光子の数が少なければ少ない程これらの相違は大きくなり、したがって、それ以下では不十分な情報をもった像になるような、患者への放射線の線量の下限が存在する。また、蛍光面における光拡散のように、記録された像の鮮鋭度または情報内容を制限する他の要因を考慮することも必要である。

表VIは、いろいろの記録媒体（X線フィルムとか蛍光増倍管の入力蛍光面）について、統計的ゆらぎによる不鮮鋭度を許容しうる程度の低レベルにおさえるのに必要な、記録媒体面での像あたりの照射線量の大きさの程度を示している。

ノンスクリーンフィルムを使った直接撮影と間接撮影が、表VIの中に含まれていないことに注目すべきである。というのは、それらの固有の感度は非常に

表VI 記録媒体の位置における照射線量の範囲（統計的揺らぎが許容できる範囲での）と各種記録媒体の解像力

方 法	記録媒体の場所での照射線量範囲 mR/像	解 像 力 ラインペア/cm
増感紙を使った直接撮影		
“ディテール”スクリーン	1—3	30—40
中感度スクリーン	0.5—1.5	25—30
高感度スクリーン	0.25—0.75	20—25
蛍光増倍管間接撮影		
70mm蛍光撮影	0.05—0.2	12—20
35mm映画蛍光撮影 } 16mm映画蛍光撮影 }	0.01—0.04 (1コマあたりのmR)	8—12

低いので、受け入れうるほどのフィルム濃度を得るためには、統計的ゆらぎが気付かれないほどの効果しか与えないような十分な放射線を必要とするからである。そのような濃度範囲をうるのに必要な、記録媒体面上での照射線量はそれぞれ、像当たり4—20mR と 5—50mR の範囲になる。

フィルムと増感紙

ノンスクリーンフィルムは、微細なところまで要求されるような撮影、たとえば四肢の末端部のある種の検査、歯科撮影 および 乳房撮影で特に使用される。しかしこれらのフィルム上で満足すべき像を得るにはかなりの大線量を要することに常に注意が払われるべきである。

スクリーンタイプのフィルムは、増感紙から発する光には非常に感光性が高いが、直接X線にはノンスクリーンタイプのフィルムよりは感光性は低い。それゆえに、スクリーンタイプのフィルムは決してノンスクリーン撮影のために用いられるべきでない*。

* 自動現像装置が設置されているところでは、スクリーンタイプのフィルムがときどきノンスクリーン撮影のために使われる。放射線被曝がより大きいという観点から、これは可能なかぎり避け、代わりの技術が使われるべきである。

いろいろな型のフィルムや増感紙が利用できるが、一般に、ある特定の組み合わせの場合、感度が高ければ高いほど鮮鋭度は低下する。

鮮鋭度が非常に高いことが不可欠でないときは、患者の線量を減らすために高感度のフィルム-増感紙の組み合わせが使われるべきである。たとえば、バリウムによる造影検査とかある種の産科撮影では、最高感度のフィルム-増感紙の組み合わせを使うのが有利であり、高圧撮影を併用するとよい(表Vをみよ)。動揺によるぼけも、高感度のフィルム-増感紙の使用によって露出時間を短くしうるので減らされる。

どんな情報がフィルムの中にあろうとも、その完全な描写は、現像技術にも依存するということはみとめなければならない。これは4.07で論じられる。

直接透視

全寸蛍光板の使用は、不利な点があるにもかかわらず、X線診断においてなお重要な位置を占めている。直接透視は技術的には単純であり経費がかからないが、患者に相当の照射を与えることになりうる。撮影では過度の放射線は露出過剰のフィルムを作るので線量に制限があるが、透視では、使われる放射線の総量についての当然の制限はない。その結果、100Rをこえる皮膚照射線量が1回の透視検査で記録されたことがある。胸部の検査では、1回の透視検査による皮膚線量が直接撮影のその10倍ないし100倍にしばしばなる。それ故に、透視は、撮影だけでは必要な情報が得られないときにのみ行なわれるべきである。

いくつかの検査では、他の方法が透視に取って代わりうる。それは、たとえば金属性の異物の除去に電子的な金属発見装置が役に立つときは、透視はほとんど必要ない。

受け入れうる照射線量率では、蛍光板の明るさは最上のものでさえ極端に暗い。あまりに暗いので、透視をする人は完全に桿体視で見ることになる。それ故に対比度と細部の認知は悪く、この系の解像力は視力によって限定される。

この明るさの程度では視力は正常の約 $\frac{1}{10}$ である。したがって、得られるもののうちで最も感度の高い蛍光板が、たとえその解像力が多少悪くても使われるべきである。透視室は完全に暗くされ、眼は十分に暗順応（完全な暗黒で10—20分）していなければならない。

蛍光板の感度はたえず高められていっているので、新しい蛍光板にくらべ感度が非常に低い古い蛍光板はとりかえられるべきである。

普通 80 kV から 100 kV の範囲が直接透視に使われる。放射線の透過力が増せば患者被曝は減り、蛍光板の輝度は増すが、像の対比度はある程度低下する。対比度は、それ自体が高い対比度をもつバリウム検査のような検査では重要さは少ないであろう。2 mA をこえる管電流は使われるべきでなく、これより少ない電流が一般に使われる。完全な暗順応と最高感度の蛍光板のもとでは、受け入れられるような像は蛍光板上で毎分約 5—10 mR（あるいは毎秒約 100—200 μ R）の照射線量率で得られる。これは、入射皮膚照射線量率毎分 1—5 R の範囲に相当する。ICRP 専門委員会 3 [2] が次のような勧告をしていることに注目すべきである。

“(177) 患者の入射面で測った直接透視の照射線量率は、実施しうるかぎり低くしなければならず、5 R/分をこえるべきでない。”

蛍光像増倍

像増倍法を使うとより高レベルの蛍光板の明るさで透視を行なうことが可能になる。したがって、みる力は最高に達する。実際には、患者への照射線量率は直接透視の $\frac{1}{3}$ に減らすことができる。蛍光増倍管上の像を間接撮影あるいは X 線映画で記録することも、比較的低線量で行ないうる。TV 技術を使用すれば像の伝送が容易になるし、像をビデオテープに記録し、直ちにあるいは繰り返して再生することも可能になる。これらの利点があるにもかかわらず、これで長く透視をすれば新しい情報が増えて新しい診断技術を開発することができるので、かえって線量は増えるかもしれない。

螢光増倍像は透視または間接撮影中に、直接撮影に代わるものとして光学写真に記録することができる。これによると、増感紙を使った直接撮影と比較して線量を容易に $1/10$ に減らしうる。さらに、映画螢光撮影が比較的単純なテクニックとなってきたおり、代表的な例では、螢光板上で1コマ当たり 0.01—0.04 mR の線量となる。これは入射皮膚面では成人で1コマ当たり約2—10 mR の照射線量に相当する。患者被曝の最小値は、高感度のフィルム、効率のよい光学系、および同期（パルス）シネシステム、すなわちX線をシャッターの開いているときのみ発生させる方法を使うことによって、達成されうる。患者のうける照射線量率は毎秒当たりのコマ数に依存し、ふつうは直接透視の場合の線量率をこえる。したがって、総露出時間は要求される情報を得るのに必要な最小値に限定されるべきである。

自動輝度調整が、とくに映画撮影と組み合わせて、出力螢光板の輝度対比を一定に保つ目的で X線管の電圧または mA を調節するためにしばしば用いられる。この調節機構が螢光増倍管の利得、すなわち変換係数に依存するときには、増倍管の利得が減ると患者への照射線量率は大きくなるので、適当な監視装置を設置するなどして、照射線量率または管電圧と mA をチェックすることが大切である。

ビデオテープによる録画が行なわれれば、全体の検査を何度も観察することが可能になり、検査を繰り返すことを防ぎえて患者の追加照射が避けられる。さらに加えて、授業や展示目的にこの録画が何回も使われうる。

間接撮影

胸部検診のようなある種の目的のためには、螢光板を写真撮影することによって記録が行なわれる。これは記録系としては全寸大フィルムを使う方法よりは効率がわるく、ほとんど常に患者の線量はより多くなる。螢光板上で必要とされる照射線量の代表値は前述してある（47 ページと表VIをみよ）。もし口径の小さいカメラレンズが使われると、必要な放射線はミラーカメラや最近の大

口径レンズシステムの場合にくらべ5ないし10倍になるであろう。記録用にえらばれるフィルムは、蛍光板からの光の色に合った色応答を常にもたなければならぬ。

4.07 写真処理技術

患者の防護という見地からすると、写真処理技術は2つの点で重要である。第一に、不適当な処理は不必要な再撮影の原因になる場合があるということ、第二に、正しい処理技術は、再現性のある結果を与えるとともに、患者の線量は最小で最適の診断価値のあるX線像を得るために必要であるということである。不適当な処理技術を使えば患者の被曝が倍加することが容易に起こりうる。報告されている [51]。フィルムは処理のどの過程でも手際よく取り扱われなければならぬ。そしてこのことは、見ようとする部位を不明瞭にするようなきずを生む結果となりうる。

通常の場合には、オーバーに露出してアンダーに現像する技術を使用しないことが重要である。そうしないと、患者への被曝は過度となり、通常、画質の悪い写真が得られることになる。結果が急いで知りたければ、特にそのために調合された迅速現像液または一浴現像液が利用されるべきである。通常、現像は中感度増感紙を使った中感度のフィルムで約 1 mR が照射された場合に診断目的に合った濃度 (平均光学密度約 1.0) が得られるようなものであるべきである。

暗室は光がもれぬかどうかを定期的に検査すべきである。もしも20分の暗順応の後外部からの光がみえれば、光の洩れは多すぎるのである。正しいフィルター、電球のワット数および付属品を含めて、安全光を正しく使うこと、また定期的に安全光の効果を点検することが重要である。

使用されるフィルムと処理温度とに合った、正しい現像液と定着液が選択されねばならない。手現像に際しては、溶液は 18°C ~ 21°C の範囲に保つのが

普通であるが、室温がしばしばこれより上まわり、冷却装置が利用できないときには、他の適当な処理薬品がときどき使用される。現像液の温度は正しい温度計で常にチェックすべきである。現像液は必要に応じて補充し、一定期間で交換されなければならない。定着槽の内容物は厳重に制限しなければならない。“はね”は乾いて結晶となり、それは空気中に浮遊して写真のきずの原因となることがある。定着槽は乾いた作業台近くにおくべきでないということは特に重要である。十分な定着、水洗および硬膜処理が永久記録のために必要である。乾燥は特別な箱で行なわれるべきである。その理由は、1つには、ぬれたフィルムの損傷の危険をへらすためであり、また1つには、特に室内が高湿度の状態では、乾燥の能率がずっとよいからである。

現像中にフィルムをみてフィルム濃度を調節することはやめるべきである。一貫した暗室操作が大切であり、それはX線撮影技術の誤りやX線装置の欠陥を明らかにする手助けとなる。

自動現像装置は、正しく操作され維持されるなら、前述のほとんどの条件に合って処理することが容易になる。

4.08 放射線露出の制御と記録

X線撮影に関係あるすべての条件を記録しておくこと、同じ患者を比較の目的でその後に撮影するのが容易になる。こういう記録は、達成しようとしている技術の改良を容易にするし、またときにはX線装置が正しく働いていないことを指摘しうる。

透視検査においては、操作者が照射時間を知っていることが重要である。このためには、X線装置に積算タイマーをとりつけ、セットした時間が過ぎると数秒間音による警報がなった後に露出が終了するようにすべきである。また必要ならばセットできるようにしておくべきである。タイマーを回路からはずすスイッチをつけるのは一般的にいて望ましくない。透視装置を操作するス

スイッチは手や足で操作するスプリングのついた型とすべきで、偶発的操作を避けることができるものであるべきである。X線撮影装置を操作するスイッチは、露出をいつでも終らせることができるようになっているべきであり、数回の露出が必要な特殊な撮影法の場合を除いては、露出スイッチを一度切らなければ繰り返し露出ができないようにすべきである。露出タイマーとスイッチに関連する専門委員会3による勧告〔2〕はこの報告の付録1にある(70, 81, 93, 94, 104, 115項)。

透視の諸条件も記録してもよいが、照射野の大きさと照射部位が変化するという主たる理由のため、あまり利用価値はない。しかしながら、薄形電離箱を線錐絞りの患者側にそなえて、皮膚照射線量と照射野面積との積を指示し、この電離箱を $R\text{ cm}^2$ で校正しておくとうい。このようなモニターはX線撮影にも使えるし、またX線撮影と透視が交互に行なわれる場合にも使用できる。それは、絞りからの光錐を妨げたり、その他の点で診断行為を妨げたりしないために、光学的に十分透明にすることができる。線錐を絞り、かつ透視時間を減らすように操作者を教育することが特に有効である。

いままでのべたことは、診断行為で患者が受ける全線量を日常作業的に記録するようすべきだという意味にとってはならない。

4.09 再撮影数の減少

診断的価値のあるX線写真を作るには多くの因子が関与しており、そのうちの1つを誤っても撮り直しが必要となる。カセットと増感紙は最良の状態に保つことが重要である。これには増感紙の定期的な清掃と、カセットの光もれがないかどうかの点検がふくまれる。光線やX線でフィルムがかぶると再撮影が必要となることがある。フィルムやフィルムのはいったカセットを、たとえば整流管のそばに置いてはならない。整流管がX線を放射することがあるからである。

撮影を行なう前に操作条件を点検し、行なおうとしている検査に最適の条件にあるか、またフィルムの種類またはフィルム-増感紙の組み合わせが正しいかを確かめるべきである。カセットにはいつている増感紙の種類はカセットの表面にはっきり明示されるべきであり、またグリッドカセットも同様印がつけられるべきである。患者が正しく整位されているかどうかもチェックすべきであり、患者の固定が必要な場合は、実施しうるならばいつでも機械的な固定手段を使うべきである。

連続的な一連のX線撮影フィルムが必要な場合には、X線撮影の条件のきめ方が正しいかどうかを決めるために、本番の始まる前に点検のためのためし撮りをしておくことが望ましい。もっと一般的に論をすすめれば、放射線撮影技師はできあがったすべてのフィルムを常にみるよう習慣づけることが望ましい。これにより撮影技術を正しく調整でき、また装置あるいは現像法の欠陥を早くみつけることができるからである。

同一規格の2つのX線管の出力は、名目上の同一条件、すなわちkV, mA, 露出時間の設定値が同一でも、異なる場合がある。これらのX線管が異なる高圧発生器に接続されているときは特にそうである [52]。自動露出制御装置がない場合、その機械に不慣れた放射線撮影技師は、したがってある特定の検査に適した撮影条件を選ぶのにかなり苦勞する場合がある。

正しくない露出やそれともなう再撮影の数は、kVp, mA, 露出時間について前もって正しく校正するにすれば減らすことができる。どんな特定の施設においても、コリメーターのちがいや撮影台の河過、整線板と増感紙の性能の違いによる効果を考慮して、おのおのの撮影装置について mAs の校正定数を定めることも必要である。

かなりの電源変動がある場合には、通常のX線装置では一定のよい結果が得られないで、しばしば再撮影を必要とするような結果になることがある。こういう場合、フォトタイマーまたは電離箱法による自動露出制御は再撮影の数を

減らしうる。その代わりに、蓄電器放電式装置、または電池式発生装置を使うこともよいであろう。

4.10 特殊な検査

この章の前の方の諸節でのべられた解説や論議は一般的に適用されるものであるが、ある種の特殊な検査に関連していくらか強調し、詳述する必要がある。その一部は広く行なわれている集団検査であり、他はしばしば放射線医でない人により監督され、あるいは行なわれている検査の問題である。その他の検査で患者の防護に関してさらに力説する必要がある状況のもとで行なわれているものもある。

胸部検査

胸部検査は、すべてのX線検査のうちの大部分を占めるという主たる理由で、ここでのべることが必要である。それは放射線診断による集団骨髄線量に大きい(30%~50%)寄与をしている。

多くの場合、ひどく大きい照射野が依然として使われ、ときには成人の生殖腺を含むほど大きい。線錐の大きさを調節しうるようにして、たとえば背丈の低い成人または小児を、最も背の高い成人に合った大きさの線錐で照射することのないようにすることが基本的に重要で、それには調節可能な光錐つき絞りが特に役立つ。もし固定絞りを使うときは、照射野を絞るために1つもしくは2つのもっと小さい開口径をもった絞りをそなえておくことが必要となる。高さを調節できる防護ついたてがあれば、患者に入射する線錐の下縁を必要以上に低くならぬようにすることができる。胸部検査には直接透視検査を含めてたくさんやり方がある。この直接透視法は、患者への入射照射線量を $1/10$ 以下とすることができ、かつ永久記録ができるということだけから考えても、何らかの撮影におき変えた方が、ほとんど常に有利である。可能な場合には、高圧撮影が胸部検査の場合に勧告される(4.02参照)。

胸部の透視は、心臓カテーテルを含む心疾患検査にも広く実用されている。これらの検査では、蛍光増倍法が、患者の被曝を十分に軽減でき、検査をより速く能率的に処理できるので、非常に有利である。直接透視しかできないところでは、入射皮膚表面で約 1 R/分 の照射線量率またはそれ以下でも、少なくとも 4 mm Al の透過と、管電流 2 mA 以下、焦点-皮膚間距離 60 cm 以上、80—100 kV の電圧で、よい結果をうる事ができる。(ICRP 専門委員会 3 の勧告〔2〕、付録 1 の 180 項をみよ。)

間接撮影は胸部集団検査で広く使われているが、患者の被曝は増感紙を用いた直接撮影よりはるかに大きい。ただし、最新のそして感度の高い装置が使われる場合はその相違はもっと少ない。

産科撮影

妊娠時の患者防護は特に重要である。というのは、妊婦の腹部の X 線検査は胎児の全身照射をしばしばひきおこすからである。こういう放射線は小児白血病と胎児の奇型の発生に寄与する場合がある。加えてこれらの検査は、遺伝有意線量の大きな部分を占めることがある(表 III をみよ)。X 線を用いない検査によって X 線検査に匹敵する情報が得られるならば、そちらの方が望ましい。骨盤計測はときに非常に価値があるが、これはそうでありそうな場合にのみ行なわれるべきで、日常的には決して行なうべきでない。特に骨盤入口部への上下方向撮影 (brim view とよばれることがある) は、胎児に高線量が与えられるので、さしひかえるべきである。

X 線撮影を行なう場合には、線錐の大きさは最小にすることが基本的なことであり、これには特殊な形の照射口の使用が含まれる (4.03)。加えて、低対比度のフィルムから診断価値のある情報を得ることがしばしば可能である。そしてこのことは、普通より高い kV と高透過を使用することを可能にする (表 V)。高感度のフィルムと増感紙をすすめる。

乳房撮影

この種の検査は、ノンスクリーンフィルムを用いて非常に低いエネルギーの放射線（たとえば 25～40 kV，低透過）を必要とする。乳房撮影を他の検査にも使う標準のX線装置で行なうと、かなりの危険を生じる。診断に十分な画質を得ることが難しく、またこの装置が他の目的に使用されるときに、正常の透過がはずされている可能性がたねに存在する。この検査では、高い皮膚線量であることに常に注意が払われなければならない。その値は1回あたり数radの場合もある。この検査に関しては、ICRP 専門委員会3〔2〕が次の勧告を行っている。

“(80) 乳房撮影法のような特殊なX線撮影法には非常な軟線が必要である。そのような方法には特殊な装置を使用すべきであって、より高い管電圧用に作られた標準的X線装置を用いるべきではない。いかなる場合にも、常設総透過は 0.5 mm Al 等価以下であってはならない。専用装置が使用されない場合には、不適当な透過のもとに高い管電圧でX線管が使われることのないように何らかの方法を講じなければならない(78項も参照)”

歯科撮影

歯科撮影は、放射線医ではない人々により広く行なわれており、多くの検査が一部はかさなり合った一連の照射より成るため、特に考慮を要する。そのうえ、患者の多くは小児や少年である。

ある場合には、フィルム支持器と一緒に特殊なコリメーションが使用される。これにより、不必要に大きい照射野を避け、再撮影の頻度を減らすことができる。これらの器具の補助なしでは使用するフィルムの大きさに応じた大きさの線錐を使用することは困難であって、しばしば必要とされるよりも大きな線錐を用いることになってしまう。再撮影の危険を減らすため、普通はフィルムの対角線より少し大きい円形X線錐が必要である。適切な場合には、遮蔽を使用することにより一次線による眼や躯幹の不必要な照射を避けるよう注意が払わ

れるべきである。歯科撮影では、高い皮膚被曝をもたらすにもかかわらず伝統的に短い焦点-皮膚間距離が使用されてきた。35 ページにすでに、歯科撮影に適切な最短焦点-皮膚間距離に言及してある。

平均的な歯科業務においては、1日に撮られるX線写真の数は多くなく、このため、有効な暗室技術を維持するのが難しい。しかしながら、現像処理法と再撮影に関する 4.07 と 4.09 の注意に、そして特に、オーバーな露出とアンダーな現像という望ましくないやり方に注意をうながしておく。

39ページに引用されている ICRP 専門委員会 3 の勧告〔2〕は歯科用X線装置にも適用されるもので、70 kV 以下の電圧で最小総透過 1.5 mm Al と規定している。この透過を 50~70 kV で 20 mm Al に増しても、なお適切な写真が得られる。高感度フィルムを使用すると、皮膚被曝を最小に保つことに役立つ。

専門委員会 3〔2〕の歯科X線撮影に関連するその他の勧告は次のとおりである。

“(113) 通常の歯の撮影(歯牙口内撮影法)には、照射野を限定するスペーサーコーンを用い、それにより、60 kV をこえる管電圧で操作する装置の場合、焦点-皮膚間距離の最小値が 20 cm 以下にならないよう、また 60 kV 以下の場合、10 cm 以下にならないようになっていなければならない。ポインターコーンとよばれるものよりも、77項に合致した開放端式円筒または発散型照射筒を用いるべきである。照射筒の端における照射野直径は 6.0 cm 以上とすべきでなく、7.5 cm 以上であってはならない。

“(192) 歯の撮影用に設計された標準のX線装置を他の撮影用に使用してはならない。もし歯のパノラマ撮影あるいは他の特殊な撮影が必要なならば、それに必要な特殊装置を用いなければならない。

“(114) 歯の特殊な撮影に使われるX線装置、たとえばパノラマ装置といわれるもの、“フラッシュ”(蓄電器放電式)装置、頭蓋計測用(プロフィール用)装置などは、医用X線撮影の項の該当する勧告に従わなければならない。

“(115) 通常の歯の撮影には照射用タイマーの最大範囲が5秒をこえないようにすべきである。そのタイマーは高感度フィルムで要求されるような短時間照射が再現性よくできるものでなければならない。その照射用スイッチは連続的に押し続けている間だけ回路を閉じる接点をもっているものでなければならない。それはまた、照射用スイッチを一度開放にしないと繰り返し照射ができないものでなければならない。そのタイマー（X線照射）のスイッチは偶発的な照射が起らないように配置しなければならない。”

病室、手術室等でのX線検査

放射線科以外で行なわれる放射線検査は、しばしば放射線医以外の者により監督されている。操作条件はしばしば困難をとめない、正しい整位や線錐を絞ることには非常な考慮と注意を要する。このような条件では、患者は必要以上の照射をこうむりがちであり、また同室患者も照射される場合がある。

病室や手術室での透視は多くの難点があるので、ICRP 専門委員会3〔2〕は手持ち蛍光板を決して使用してはならないと勧告し、また、次の勧告を行なっている。

“(97) X線蛍光増倍管を使わない限り、移動装置による透視を行なってはならない。この装置はX線の蛍光増倍管で線錐を完全に遮ぎる構造となっていないなければならない。”

移動型X線装置を用いる撮影および透視における最短焦点-皮膚間距離に関するこの専門委員会の勧告は35ページに引用してある。低出力X線装置では、患者の照射が増加するにもかかわらず、満足のいくX線像を得ようとして焦点-皮膚間距離を短くし、汙過板を取り除く傾向がある。一般に高出力と高電圧に設計された新式の移動型X線装置は旧式の装置より好ましい。こういう場合にも、もし装置に投光絞りが備わっているとX線撮影はより正確に行なわれる(4.03)。仕事の量が十分であると予想される場合には、手術室のX線撮影用に特に設計された装置の使用が好都合である。

結 論

この報告書の意図するところは、最も広い意味で患者の防護の原則と実際とを十分理解するのに必要な情報を要約するにあった。この文書を編集する仕事を通じて、すべての用いうる限りの証拠を考慮に入れて、X線診断による個人や集団に対する大きな、かつ増大しつつあるサービスを、いかなる方法にあれ、放射線障害をひきおこす可能性があるからといって、そこなうべきではないということを認めた。同時に、放射線診断学の利益を、個人と将来の世代への危険を最小にとどめつつ得ることを確実にしておく必要がある。この目的の達成は、単一の分野に限った問題ではなくて、X線研究に携わっているすべての人々、いかなるかたちにもあれX線診断装置や技術をあつかうことに関係する人々、さらにそれに関連した教育のプログラムに責任のある人々による、多分野にわたる努力が必要とされる。

何らかの意味で放射線診断学に関連のある仕事をしている人々の多くのグループは、患者の防護上重要な基礎的な物理学のおよび生物学的な概念に関して、それぞれ異なる深さと広さで、十分な教育や訓練をうける必要がある。この報告書の目的の1つは、こういうグループに対して、一方では簡易化しすぎないように、他方では不当に複雑になりすぎないように、教育の材料を与えることであつた。

全世界を通じてみると状況が種々異なっているので、疾病のコントロールおよび診断X線の使用に際して、多かれ少なかれその方策に制限が生じる場所があるということもまた認められた。それにもかかわらず、患者の防護の諸原則は、放射線を診断に应用する際に基本的なことであり、この原則の採用ということは、医学上、技術上、および管理上の実際のうえで絶対必要な部分であるべきである。

国際放射線防護委員会はX線診断における患者の防護に関して特に勧告を行ない、それは「体外線源からの電離放射線に対する防護」に関する専門委員会3の報告〔2〕に述べてある。この報告書でもこれらの勧告が参照されており、そのいくつかは全文を引用した。完全を期するために、これらの勧告はこの報告書の付録1としてかかげた。

文 献

1. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted September 17, 1965). *ICRP Publication 9*, Pergamon Press, Oxford (1966).
2. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Report of Committee 3 on Protection Against Ionizing Radiation from External Sources. *ICRP Publication 15*, Pergamon Press, Oxford (1970).
3. C. B. Braestrup and H. O. Wyckoff, *Radiation Protection*. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois (1958).
4. O. Glasser, E. H. Quimby, L. S. Taylor, J. L. Weatherwax, and R. H. Morgan, *Physical Foundations of Radiology*. Paul B. Hoeber Inc., New York (3rd edition, 1961).
5. R. Glocker and E. Macherauch, *Röntgen und Kernphysik für Mediziner und Biophysiker*. George Thieme Verlag, Stuttgart (1965).
6. H. E. Johns, *The Physics of Radiology*. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois (3rd edition, 1969).
7. M. Ter-Pogossian, *The Physical Aspects of Diagnostic Radiology*. Harper and Row, New York (1967).
8. M. Tubiana, J. Dutreix, and A. Dutreix, *Bases Physiques de la Radiothérapie et de la Radiobiologie*. Masson et Cie, Paris (1963).
9. W. J. Meredith and J. B. Massey, *Fundamental Physics of Radiology*. John Wright and Son Ltd., Bristol (1968).
10. L. Stanton, *Basic Medical Radiation Physics*. Appleton-Century-Crofts, New York (1969).
11. (a) H. Eto and M. Sakka, *Radiology*, Volume 1. Igaku-shoin, Tokyo (2nd edition, 1967). (In Japanese)
 (b) I. Honjo and Y.-T. Tchou, *Fundamentals of Radiobiology*. Nankodo, Tokyo (1966). (In Japanese)
 (c) T. Kitabatake, *Radiation Hazard*. Asakura-shoten, Tokyo (1968). (In Japanese)
12. А. Я. Кацман, лучевые нагрузки и противолучевая защита при рентгено-диагностических процедурах, Медицина (1966).
13. *International Commission on Radiological Protection: The Evaluation of Risks from Radiation, a report prepared for ICRP Committee 1. *ICRP Publication 8*, Pergamon Press, Oxford (1966).
14. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Report to the General Assembly, Official Records, Seventeenth Session, Supplement No. 16 (A/5216), United Nations, New York (1962).
15. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Report to the General Assembly, Official Records, Nineteenth Session,

* (編者注) 翻訳が日本アイソトープ協会・仁科記念財団から刊行されている。

- Supplement No. 14 (A/5814). United Nations, New York (1964).
16. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Report to the General Assembly, Official Records, Twenty-first Session, Supplement No. 14 (A/6314). United Nations, New York (1966).
 17. International Commission on Radiation Units and Measurements: Radiation Quantities and Units. *ICRU Report 11*, ICRU Publications, Washington (1968).
 18. (a) Lars Jacobsen, Low Dose X-irradiation and Teratogenesis—a Quantitative Experimental Study, with Reference to Seasonal Influence on Dose Effects. A dissertation for the degree of Doctor of Medicine. Munksgaard, Copenhagen (1968).
 - (b) E. Ohzu, Effects of Low Dose X-irradiation on Early Mouse Embryos *Radiation Research* 26: 107-113 (1965).
 19. Health and Welfare Division, Dominion Bureau of Statistics, Ottawa, Canada (unpublished communication): Reported Radiological Examinations by Type, Canadian Hospitals 1959-1966, and Tuberculosis X-ray Case Finding Programmes by Province 1959-1966.
 20. E. Hammer-Jacobsen, Genetically Significant Radiation Doses in Diagnostic Radiology. *Acta Radiologica Supplement* 222 (1963).
 21. Research Group on the Genetically Significant Dose from X-ray Diagnosis in Japan. *Nippon Acta Radiologica* 21, 565-616 (1961).
 22. T. Hashizume, Y. Kato, T. Maruyama, A. Shiragai, S. Suzuki, and S. Maruyama, Estimation of Bone Marrow Dose from Photofluorography in Japan. *Nippon Acta Radiologica* 25, 991-997 (1965).
 23. L. B. Beentjes, An Estimate of the Genetically Significant Diagnostic Roentgen-Ray Dose in The Netherlands (1967). Thesis, Utrecht, 9. 7. 69.
 24. C. B. A. J. Puylaert, The Expansion of Radio-diagnostics. *Medica Mundi* 14, 137-149 (1969).
 25. B. D. P. Williamson and A. C. McEwan, The Genetically Significant Dose to the Population of New Zealand from Diagnostic Radiology. National Radiation Laboratory, Department of Health, Christchurch, New Zealand (Publication NRL/PDS/1965).
 26. The National Institute of Radiation Protection, Sweden. Annual Report 1967. (In Swedish)
 27. Radiological Hazards to Patients: Second Report of the Adrian Committee, Ministry of Health and Department of Health for Scotland. Her Majesty's Stationery Office, London (1960).
 28. J. N. Gitlin and P. S. Lawrence, Population Exposure to X-rays, U.S. 1964. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Rockville, Maryland (Public Health Service Publication 1519, 1966).
 29. N. Mechanik, Untersuchungen über das Gewicht des Knochenmarkes des Menschen. *Zeitschrift für die gesamte Anatomie* 1 Abt. 79, 58-90 (1926).
 30. H. Q. Woodard and E. Holodny, A Summary of the Data of Mechanik on the Distribution of Human Bone Marrow. *Phys. Med. Biol.* 5, 57-59 (1960).

31. R. P. Custer, *Atlas of Blood and Bone Marrow*, page 29, W. B. Saunders Co., New York (1949).
32. R. E. Ellis, The Distribution of Active Bone Marrow in the Adult. *Phys. Med. Biol.* 5, 255-258 (1961).
33. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Report to the General Assembly, Official Records, Thirteenth Session, Supplement No. 17 (A/3838). United Nations, New York (1958).
34. C. Carlsson and J. Kaude, Integral Dose in 70 mm Fluorography of the Gastroduodenal Tract. *Acta Radiologica* 7, 84-88 (1968).
35. T. Holm and J. Kaude, Ventrikel-undersökning med bild förstärkarfluorografi. *Läkartidningen* 65, 359-371 (1968).
36. International Commission on Radiological Protection and International Commission on Radiological Units and Measurements: Exposure of Man to Ionizing Radiation arising from Medical Procedures—An Enquiry into Methods of Evaluation, Report of a Joint Study Group. *Phys. Med. Biol.* 2, 107-151 (1957).
37. R. L. Penfil and M. L. Brown, Genetically Significant Dose to the United States Population from Diagnostic Medical Roentgenology, 1964. *Radiology* 90, 209-216 (1968).
38. A. Stewart, J. Webb, D. Giles and D. Hewitt, Malignant Disease in Childhood and Diagnostic Irradiation in Utero; Preliminary Communication, *Lancet* ii, 447 (1956).
39. B. MacMahon, Prenatal X-ray Exposure and Childhood Cancer. *J. Nat. Cancer Inst.* 28, 1173-1191 (1962).
40. S. B. Osborn, Variations in the Radiation Dose Received by the Patient in Diagnostic Radiology. *Brit. J. Radiol.* 36, 230-234 (1963).
41. M. Hashizume, Reduction of Patient Dose (Physical and Technical Aspect); Exposure to Patient in Radiological Examination and Treatment. *Proceedings of 17th Japanese Medical Congress* V, 801-839 (1967). (In Japanese)
42. I. Mackenzie, Breast Cancer following Multiple Fluoroscopies. *Brit. J. Cancer* 19, 1-8 (1965).
43. J. W. D. Bull and K. J. Zilkha, Rationalizing Requests for X-ray Films in Neurology, *Brit. Med. J.* 4, 569-570 (1968).
44. Memorandum on Implementation of the Second Report of the Adrian Committee on Radiological Hazards to Patients. Prepared by the Radiation Committee of the British Institute of Radiology. *Brit. J. Radiol.* 37, 559-561 (1964).
45. World Health Organization: Public Health and the Use of Ionizing Radiation. Technical Report Series No. 306, WHO, Geneva (1965).
46. World Health Organization: Declaration of Helsinki—Recommendations Guiding Doctors in Clinical Research. *WHO Chronicle* 19, 31-32, WHO, Geneva (1965).
47. World Health Organization: Protection against Ionizing Radiation—A Survey

- of Existing Legislation, WHO, Geneva (1964).
48. Radiological Hazards to Patients: Interim Report of the Adrian Committee, Ministry of Health and Department of Health for Scotland. Her Majesty's Stationery Office, London (1959).
 49. Radiological Hazards to Patients: Final Report of the Adrian Committee, Ministry of Health and Scottish Home and Health Department. Her Majesty's Stationery Office, London (1966).
 50. Z. M. Beekman, Genetically Significant Dose from Diagnostic Roentgenology. Doctorate Thesis, University of Leiden (1962).
 51. R. H. Morgan and H. E. Chaney, Darkroom Practice and Unnecessary Patient Exposure. *Am. J. Roent.* 94, 236-240 (1965).
 52. J. D. Gilbertson and A. G. Fingerhut, Standardization of Diagnostic X-ray Generators. *Radiology* 93, 1033-1036 (1969).

付 録 1

X線診断における患者の防護に関連する次の勧告は、ICRP 専門委員会3の報告「体外線源からの電離放射線に対する防護」(ICRP Publication 15, Pergamon Press, Oxford [1970])* から引用したものである。

企画と作業についての勧告

放射線の医学利用

一般的勧告

(67) 放射線の医学利用に関するこの節の勧告は、主として放射線源を操作または利用する人達の防護を意図したものである。しかし、装置に関する勧告の多くは、患者の防護のためのものであり、……患者の防護の問題は別項(150—194項)にもっと詳細に扱っており、そこには操作方法に関するここに述べる以外の勧告も含まれている。

(68) 1台の制御盤から1個以上のX線管が操作できる場合には、X線管容器上またはその近くおよび制御盤上に、どのX線管がつながっているかを示すようになっていなければならない。

(69) 照射野を限定する照射筒やアプリケーションには、その照射野の大きさや、それに関連したデータをはっきり記さなければならない。

(70) プリセット時間またはプリセットした照射線量になった時に、自動的に照射をとめる装置を設けなければならない(93, 104……項も参照)。タイマーの正常な動作はとくに重要であるから、タイマーの誤動作をもたらすような、摩耗する部品や、接触不良をおこす部品には特に注意を払うべきである。

(71) 患者は操作位置からみえなければならない。患者との連絡手段を設けるべきである。

(72) 同一室内で2人以上の患者を同時に検査または治療することは、職員と患者に対し不要でかつ容易に制御できない危険をもたらすおそれがあるので、行なうべきでない。こうしたやり方が必要な場合はいつも、関係者全員について十分な防護を確保しなければならない。

* 邦訳が日本アイソトープ協会、仁科記念財団から刊行されている。

診断用施設

診断用 X 線施設

(75) 診断用 X 線管はすべて、その容器中のその管球について製造業者が指定するものの定格においても、焦点から 1 m のところで測定した漏洩線の照射線量が 1 時間につき 100 mR をこえないように、管容器に納めなければならない。……

(76) 管電圧、管電流が可変である場合、制御盤にそれらを指示する手段（制御器またはメーター）を備えなければならない。

(77) 絞り、照射筒またはコリメータを用い、利用線錐を臨床問題としている面積に制限しなければならない。またそれらは、X 線管容器に取り付けたとき、漏洩線が 75 項の要求を満たすような構造のもでなければならない。利用線錐の断面を示す光錐位置指示器を用いるべきである。普通、“多段式”コリメータを用いると患者に対する積分量を減らし、散乱線を少なくすることができる。

(78) 利用線錐の最小常設総汙過は、容器内の X 線管の最大定格電圧によって決めなければならない。通常の診断業務一歯の撮影法も含む一にあっては、常設汙過は以下に述べる以上の値と等価でなければならない：

管電圧 70 kV 以下のとき……………1.5 mm Al

管電圧 70 kV をこえ、100 kV 以下のとき ……2.0 mm Al

管電圧 100 kV をこえるとき ……………2.5 mm Al

例外：50 kV 以下の管電圧での特殊な操作（たとえば乳房撮影法）においては、その最小常設総汙過は少なくとも 0.5 mm Al に等価でなければならない（胸部直接透視の汙過については 180 項を参照）。

(79) 78 項に明記したような利用線錐の常設総汙過を X 線管容器上に表示しなければならない。

(80) 特殊な撮影法（たとえば乳房撮影法）には軟 X 線が必要である。そのような方法には専用の装置を使用すべきであって、より高い管電圧用に作られた標準的 X 線装置を用いるべきでない。いかなる場合にも常設総汙過は 0.5 mm Al 等価以下であってはならない。専用装置が使用されない場合には、不適当な汙過のもとに高い電圧で X 線管が使われることのないように、なんらかの方法を講じなければならない（78 項も参照）。

(81) 透視や撮影にはいろいろの型のタイマーが必要である（93 および 104 項参照）。タイマーの正常な動作は特に重要であるから、タイマーの誤動作をもたらすような、摩耗する部品や、接触不良をおこす部品には特に注意を払うべきである。

(85) 移動型装置（すなわち一定の場所で常例的に使用しない装置）は、固定施設まで患者を動かすことが実際のでない時にだけ用いるべきである。

透 視 法

(86) 可変型コリメータまたは絞りを利用線錐を限定するのに用いなければならない。

(90) 直接透視法で得られるような状況のもとでは、蛍光板の鮮鋭度は像の識別の制限因子ではないから、高感度蛍光板を使うべきである。新しい蛍光板にくらべてかなり感度が低下したと認められる古い蛍光板は交換すべきである。防護用ガラスは、着色により透明度がいちじるしく減った場合には交換すべきである。

(91) 焦点と患者間の最小距離の勧告値は92項に与えられている。装置の設計にあたっては、距離がこれらの規定値以下にはできないようにしなければならない。移動型装置にはそのために照射筒、絞りまたはスパーサー・フレームを備えなければならない。

(92) 移動型装置による撮影法や透視法の場合、焦点-皮膚間距離は 30 cm 以下であってはならない。据付型装置による場合は（胸部を除く）、焦点-皮膚間距離は 30 cm 以下であってはならず、45 cm 以下にすべきでない。胸部の透視法の場合には、焦点-皮膚間距離は 60 cm 以下にすべきではないし（なお 180 項参照）、胸部検査専用のもので、臨時に用いられるだけでないような装置では、45 cm 以下であってはならない。胸部の間接撮影法およびX線撮影法は少なくとも 60 cm の焦点-皮膚間距離で実施しなければならない*。

(93) 70項に述べた装置には、透視実施者に聞きとられるような信号を送る手段をつけ加えなければならない。照射をとめる装置の最大設定値は10分をこえてはならない。また可聴信号の設定も、その時間内ならばどこにでも調節できなければならない。

(94) 透視照射用スイッチは、“デッドマン”型、すなわちスイッチを押している間だけ回路が閉じているような構造のスイッチでなければならない。それは透視実施者の占める位置におかなければならず、また偶発的な操作が防げるようにすべきである。

(95) 管電圧と管電流を示す手段（制御器またはメーター）を設けなければならない。これらは、X線映画撮影中は操作者が、透視実施中はその実施者が、電圧、電流値を監視できるような位置におくべきである。“自動輝度調節”（輝度を一定に保つために、透視実施者自身の手で調節するのではなく、電圧、電流のいずれかを自動的に変える）をもつX線蛍光増倍管を使っているときは、これらの値の監視がとくに重要である。

(97) X線蛍光増倍管を使わない限り、移動型装置による透視を行ってはならない。この装置は、X線蛍光増倍管で線錐を完全に遮る構造となっていなければならない。

(100) 直接透視の時の患者の入射表面で測った照射線量率は、実施しうるかぎり低くし、5R/分 をこえないようにすべきである。

* 勧告値は最低値であって、より大きな距離が適切なことがしばしばある。たとえば胸部の撮影検査、……

(101) 直接透視検査を始める前に、目を十分に暗順応させておかなければならない。できるだけ低線量で仕事ができるようにするには、順応時間は最低10分以上とるべきである。検査を中断しなくてはならない時には、暗順応が失なわれないために、着色光か、室内の照明をうす暗くするような手段を講じておかなければならない。こうした中断中の照明は、10ルクスをこえないようにすべきで、むしろ1ルクス以下とすべきである。これに代わる方法としては、中断中、赤色眼鏡を着用すべきである。X線蛍光増倍管を使用するときには、暗順応は普通不必要である。しかしながら過度の室内照明は避けるべきである。

撮 影 法

(102) 照射野をきめるための機構は調節可能で、長方形の照射野も得られるものであるべきである。臨床的に問題としている大きさの面積まで照射野が正しく制限されることをフィルム上に示してみるべきである。フィルムと線錐の軸の合っていることが確かめられる手段を備えなければならない。また、線錐の周辺部がフィルム上に現われるようにすべきである。

(103) 線源-患者間の最小距離の勧告値は92項に、また歯のX線撮影法に対する値は113項にあげてある。装置は、実際の距離がこれらの値以下にならぬように操作されなければならない。移動型装置の場合には、照射筒、絞りまたはスパーサーフレームがこれを確保できるように配置されていなければならない。据付型装置には、実施しうらなれば、距離の調節が容易にできるような補助用具を設けるべきである。

(104) プリセット時間またはプリセット照射線量により照射を終了できる用具を備えなければならない。繰り返し型のタイマーを使う時には、繰り返し照射が要求されるような特殊な技法の場合を除き、タイマーをリセットするため照射用スイッチを一度開放しなければ繰り返し照射ができないものでなければならない。

(105) 制御盤には、管電圧、管電流、照射時間(またタイミングが自動であるかどうか)を表示する手段(制御器またはメーター)を設けなければならない。ミリアンペアと時間の積を表示するメーター(mAs計)を電流計および/または照射時間計の代わりに用いてもよい。

間接撮影法

(109) 間接撮影については、……90—92, 102 および 104—107 項を、できる場合にはいつでも適用しなければならない。

(110) 患者に対する線量を減らすことができるような、高感度光学系を用いなければならない。

歯科撮影法

(112) 歯のX線検査の場合、利用線錐中の総透過は78項に規定された値以下であってはならない。歯科用装置による透視法は、患者に不必要なほど高い照射線量を与えるの

で、行なってはならない。

(113) 通常の歯の撮影（歯牙口内撮影法）には、照射野を限定するスペーサーコーンを用い、それにより、60 kV をこえる管電圧で操作する装置の場合、焦点-皮膚間距離の最小値が 20 cm 以下にならないよう、また 60 kV 以下の場合 10 cm 以下にならないようになっていなければならない。“ポインター”コーンと呼ばれるものよりも、77 項に合致した開放端式円筒または発散型照射筒を用いるべきである。照射筒の端における照射野直径は 6 cm 以上とすべきでなく、7.5 cm 以上になってはならない。

(114) 歯の特殊な撮影に使われる X 線装置、たとえばパノラマ装置といわれるもの、“フラッシュ”（蓄電器放電式）装置、頭蓋計測用（プロフィール）装置などは、医用 X 線撮影の項の該当する勧告に従わなければならない。

(115) 通常の歯の撮影には、照射用タイマーの最大範囲が 5 秒をこえないようにすべきである。そのタイマーは、高感度フィルムで要求されるような短時間照射が再現性よくできるものでなければならない。その照射用スイッチは連続的に押し続けている間だけ回路を閉じる接点をもっているものでなければならない。それはまた、照射用スイッチを一度開放にしないと繰り返し照射ができないものでなければならない。そのタイマー（X 線照射）のスイッチは偶発的な照射が起こらないように配置しなければならない。

患者の防護

緒 論

(150) この節は、ICRP Publication 9 [1] の 32 項に定義されているのと同じ意味での医療被曝に関するものである。以下の勧告のために、また電離放射線に対する診断上または治療上のあらゆる被曝を包含するために、“医療被曝”という用語は、したがって、放射線科医、産科医をはじめ、開業医、一般医、歯科医、整骨師、脊椎指圧治療師などによって治療を施された患者のあらゆる被曝にまで適用を広げる。

(151) 放射線の医学利用に関する章の前節中の勧告の多くは、患者に対する放射線量の低減をも意図している。……以下の諸項は、主として、装置には直接的にあまり関係のない防護の面を取り扱ったものである。診断または治療の最良の方法についてはなんら指針を与えていないが、操作の手順の種々の面に関する諸勧告をあげている。放射線を患者に使用している人々が、技法のうえで、技術的、臨床的進歩におくれずについていくということは大切なことである。

(152) ICRP によって勧告されている線量限度 [1] は、医療処置の途上で患者が受ける被曝および自然放射線からの被曝以外の放射線被曝に関するものである。有害効果の頻度は受けた線量に比例するという仮定をおくと、線量の各増加分は、こうした効果の危険性の増加分に対応することになろう。職業的被曝および医療被曝の全線量に対する寄与は、これらの型の被曝の重要性にかんがみ、適切な制限を別に考えることができ、

また、そうすべきである。特定の放射線医学的処置は、それに伴う危険性が個人または集団に生ずると期待される医療上の利益によって埋め合わせがつかない限り、正当化されないであろう。したがって、あらかじめ決められ、また一般的に適用しうる何らかの線量限度をあたえることは適切ではない。また、何を容認できる線量であるかと考えるべきかという理想的な判断は、線量の低減をはかりうる代わりの技術を考慮することも含めて、それぞれの場合における既知の事情にもとづいたものでなければならないであろう。

(153) 有害な効果の起こる確率が、放射線量に比例すると仮定できない時——たとえば、急性放射線障害を起こすような高線量の場合—ある医療被曝による危険性は、単にその結果として得られた線量によって決まるだけでなく、線源に関係なくかつて受けた高被曝によってもまた影響される。そうした場合、関連する器官や組織の全放射線量と、それを受けていた時間を考慮しなければならない。

(154) 放射線の低い線量におけるあるいくつかの有害効果の危険性については、ICRP Publication 8 [2] に評価してあるが、それは、非常に低線量の場合でも、単位線量当たり被曝集団に期待される例数は、かなり定量的観察が可能な相当の高線量において観察されるものと同じである、という仮定に立っている。その報告書に発表された値は、したがって、危険性の上限を表わすものと考えられた。

(155) 照射によってもたらされる危険性に対し、照射の期待される必要性または利益をくらべ考えることは理論的には可能であるはずであるが、実際には放射線治療における高線量の場合を除き、これは個々の患者に対しては不可能なことである。しかしながら、X線診断検査の大部分のものについて、放射線量およびそれに関連する危険性のもっとも悲観的な推定を行なったとしても、正しく考慮され実施された検査ではその値は非常に低いので、利益と危険に関する詳細な考慮は個々の例についてなんら必要でない。

(156) 患者の医療上の利益が被曝による危険を上まわっていると信じられるという理由で、ある診断行為がそれ自身一般に正当だと考えられているとすれば、個々の例における残された判断は、患者個人にとって適切なX線検査の選択、検査の実施および結果の解釈に関係するものであろう。もしこれら3つの処置のどれか1つでも、無知や怠慢または財源不足によりそこなわれるならば、それでも、放射線被曝は診断情報という観点から正当化されるかもしれない。しかしそのときは、診断上の利得は、放射線量とそれに対応した危険に関して不必要に高価な代価で得られたことになる。

(157) 患者に対するある放射線量が妥当かどうかの決定は、ときには担当医、ときには放射線科医の責任である。しかし、どちらの場合でも、決定は、その検査の適応、検査から期待される利得および結果が患者の診断およびその後の医療処置に対し影響を与える仕方の正しい評価にもとづくことが絶対必要である。この評価はまた、電離放射線の物理的性質および生物学的効果についての十分な知識を背景にして行なわれることが

同様に大切である。

(158) なにびとも、十分な技術上の能力なしに医療用放射線装置を操作してはならず、また、電離放射線の物理的性質および有害効果についての十分な知識なしに、放射線による医療を施してはならない。

(159) 医学生に対するカリキュラムには、少なくとも、放射線防護の基本的な問題の理解に必要な基礎を、特に良好な臨床的判断を下す訓練に必要な要綱に関連して含めるべきである。内科医の多くは患者の照射を含むある決定を行なう場合に遭遇することが多いように思われるので、防護も含めた放射線の基礎のもっと幅広い訓練は、全医学生にとって有益なものとなる。

(160) ICRP の特別報告*には、放射線診断学の臨床、管理および技術面での健全な判断力の訓練に必要な、教育と経験の要綱が扱われている。この報告書は、医学生のための課程の教材に、また適切と考えられるときは、大学院課程の教材にも含められるべきである。

(161) 広い意味での防護の手段には、良い操作のやり方と診断情報の正しい解釈はもちろん、良い臨床的判断と、放射線源と防護用具の適当な設計も含まれる。

(162) 良い臨床的判断とは、照射を決める際、判断しうる限り患者を不必要に照射しないということを意味している。それゆえ、それまでの放射線医学的データを含む関連する臨床上のすべての情報を調べ、また、放射線による検査あるいは治療を要請または開始する前に、それに代わる技法を考慮するということが大切である。しかしながら、大多数の診断例では放射線の危険は極めて低いから、その危険のゆえに必要な検査や治療まで差し控えたりしないということも同様に大切なことである。

(163) 放射線医学検査または治療の技法を一度選んだら、希望する診断情報または治療効果を確保しながら、患者の被曝が最小になるようにそれを適用しなければならない。

(164) 患者の防護に関する勧告の解釈が、理解の不足のために、時として、不当なまでの警告をもたらし、そのために患者が必要な医療を求めることをちゅうちょすることがある。放射線の危険の大きさと、種々の診断治療のための照射からもたらされる一般的利益の大きさおよび照射の必要性に対する正しい考え方を公衆に与えるため、あらゆる努力をすべきである。

(165) 患者の防護に関する以下の諸勧告は、操作の手順に関するものである。これまでの諸項中の一般的記述の多くは、そのまま体内放射体としての放射性物質の利用にも適用しうるが、以下の勧告は、種々の型の体外被曝に限られる。この勧告は、主として、X線診断の手法に関係したものである。

* すなわち、本報告。

操作手順に関する勧告

概 要

(166) 患者に対する放射線量，特に積分線量や，生殖線および赤色骨髄に対する線量を，適切な診断情報を得たり希望する治療効果を生じるのに必要なもの以上にしないことが，放射線防護の基本的要求である。一般的には，これを保証する最も有効な方法は照射野を制限することである。

(167) 患者の線量は，線質(kV, 汜過)，記録系の感度，ビーム方向，線源-皮膚間距離のような量およびパラメーターによって影響される。……

(168) 患者の生殖腺が利用線錐中あるいはその近傍にくる場合，または胎児が被曝することになりそうな場合には，特別の注意を払うべきである。もし，患者の生殖腺がどうしても線錐の範囲内にはいるが実際には照射する必要がないならば，生殖腺を遮蔽すべきである。

(169) 無用の低エネルギー放射線が患者にあたり，不必要に線量が増加するのを防ぐ汜過板には，特に注意しなければならない。こうした放射線は，患者にとって有害なだけでなく，X線診断における像の質をも落とすおそれがあるということを認識すべきである。また，それによって深部治療時に照射できる全腫瘍線量が通常制限されることにもなる。診断装置のための汜過に関する特別な勧告は78項にあげてある。

(170) 個々の場合について，関連した医学データを十分考慮せず，また検査あるいは治療の必要もないのに，行政上の決定，たとえば法的目的などのために，人の医療被曝がおこってはならない。

(171) 検査または治療を待っている患者の防護に関しては，特別の注意を払わなくてはならない。十分な防護を施した待合室を設けなければならない。また診断処理や治療照射の一部ではないどんな被曝も，医療以外の被曝に適用される制限を受けなければならない。

X 線 診 断

(172) あらゆるX線診断業務は，動作管電圧，汜過，焦点-皮膚間距離，照射野の制限および録画方法の最適の組み合わせで遂行しなければならない(167項も参照)。……汜過と焦点-皮膚間距離に関する最低基準が78および92項にそれぞれあげてある。

(173) 問題となっている部分の寸法に関連して最小の照射野を決めることがまず第一に重要なことである。照射野は用いるフィルムまたは増感紙の大きさより小さくてもよいが，歯牙口内撮影を除き，どんな場合にも決してそれより大きくてはならない。上の例外は別として，問題としている面積に照射野が正しく制限されていることをフィルム上に示せるようにすべきである。

(174) ICRP は長年にわたり胚と胎児の電離放射線に対する感受性について注意を喚

起してきた。生殖能力のある婦人の下腹部と骨盤を含むような検査を決めるさいには、担当医はその婦人が妊娠している可能性を考慮に入れなければならない。主委員会は、こうした婦人の妊娠の可能性の最も少ない時期は、月経開始後の10日間であることを指摘してきた。したがって、生殖能力のある婦人の下腹部と骨盤の放射線医学的検査のうちで、患者の当面の病気に関連して重要でないものはすべて、妊娠している可能性のないこの時期に限ることを勧告する。次の月経開始まで遅らせることが適当な検査とは、妊娠が終了するまで、または少なくとも妊娠の後半期まで悪影響なく延ばしうのような少数のものである。

(175) 骨盤計測は時には大きな価値があるが、本当に価値がありそうな場合にのみ行なわれるべきであって、常例的には決して行なうべきでない。

透視法

(176) 一般に透視は、撮影では必要な情報を得ることが期待できない、たとえば、動態検査や時間的要素が重要であるときにのみ用いるべきである。患者の線量を低減し検査の情報内容を増すために、X線蛍光増倍管を使うべきである。

(177) 患者の入射面で測った直接透視の照射線量率は、実施しうるかぎり低くしななければならない、5R/分 をこえるべきでない。

(178) 放射線出力をみるために、利用線錐中に透過型モニター電離箱を用いても良い。こうした電離箱は、照射野と照射線量またはエネルギーフルエンスとの積を測るように計らうべきである。これは、透視の場合、操作者を、X線錐の大きさと透視時間の両方を最小に制限するよう訓練するのに、特に価値がある。

(179) 直接透視検査をはじめる前に、目を十分暗順応させなければならない。できるかぎり低い線量率で仕事ができるために、順応時間は少なくとも10分とすべきである(101項参照)。

(180) 胸部検査で直接透視が避けられない場合には、80—100 kV の管電圧、透過は少なくとも4 mm Al 等価、2 mA をこえない管電流、また、焦点-皮膚間距離は60 cm 以下でないようにして実施しなければならない。

撮影法

(181) スクリーンタイプフィルムはノンスクリーンタイプフィルムより直接X線に対し感度が低いので、ノンスクリーン技法には使うべきでない。

(182) 高鮮鋭度が不可欠でない場合には、患者の線量を減らすためにハイスピードのフィルム-増感紙の組み合わせを用いなければならない。

(183) 撮影のやり直しをなくすために、特に注意を払わなければならない。たとえば、照射の前に操作条件を点検し、かつ患者が正しく位置し、動かないようになっているか注意を払わなければならない。

(184) X線技師および放射線技師* は、現像処理後そのフィルムをみるべきである。それにより、最小の患者線量で最適の診断価値のあるフィルムを作りあげるための調節技術を会得できるからである。

(185) 長い一連のフィルムのとりのおしを避けることは、特に重要である。正しい撮影のためのセッティングがなされているかどうかを確かめるために、一連のフィルムをとる前に、1枚予備フィルムを曝射し、現像してみるべきである。

(186) フィルムのかぶりを避けるために注意を払うべきである。かぶりは、不完全な暗室の安全灯、X線室での散乱線あるいは高圧発生器箱内の整流管のような思いがけぬ線源から出るX線によって引き起こされるであろう。不可避なかぶりが自然放射線バックグラウンドによって起こるが、しかし、特に放射線の建築材料をさげ、フィルムの保存期間を制限することによって減らせるであろう。

(187) 良い現像技術は、患者の防護のためにも不可欠である。フィルムをオーバーに露出し、ついでアンダーに現像するというやり方は使わないようにすることが大切である。正常な現像は、約1 mRの曝射をした時、中スピード増感紙と組み合わせた中スピードフィルムを診断目的のために許容できる濃さ(平均濃度約1.0)にするようなものであるべきである。

(188) 正しい現像剤および定着剤を、使用フィルムのタイプと現像温度に合わせて選ぶべきである。フィルム濃度を現像中に点検して、常例的に調節するというには強く反対する。濃度は、一貫した技法のもとに、時間と温度によって調節すべきである。現像液は必要に応じて補充し、定期的に変換しなければならない。現像中、適度の攪拌を行わなければならない。定着液槽の内容は厳しく制限すべきである。水洗を流水で行なうときには、なるべくならば現像処理液とはほぼ同じ温度とすべきである。乾燥は特製のキャビネット内で行なうべきである。

(189) 正しい使用が確実にでき、かつ、所要経費に見合うだけの十分な処理量のフィルムがあるところでは、187および188項の勧告の大部分に合わせる事が容易になるので、自動現像装置を使用すべきである。

(190) 暗室は十分遮光されていなければならない。昼間光から20分間の暗順応のあとで、外部からのどんな明りも見えないようにすべきである。安全フィルター、電球のワット数および取付器具も含め、正しい安全灯を使うことが不可欠である。

(191) 集団検診は、期待される利得、放射線の危険、さらに陽性例の十分な追跡の有用性が評価されない限り、始めるべきでない。透視法をこのような検診に使用してはならない。

歯科撮影法

(192) 歯の撮影用に設計された標準のX線装置を他の撮影用に使用してはならない。

* (訳注) 日本の現状にあわせた訳。原語は technicians and radiographers.

……もし、歯のパノラマ撮影あるいは他の特殊な撮影が必要なならば、それに必要な特殊装置を用いなければならない(114項参照)。

医学的研究

(194) 新しい手法を含む医学的研究の特殊な場合には、この章中の勧告は、拘束が不当に強過ぎるかもしれない。しかしながら、こうした手法のそれぞれの吟味を、資格のある専門家達の適切な、かつ、指名されたグループによって行なわなければならない。ヘルシンキ宣言(文献3)のような、医学的研究に関するもっと一般的な声明を参照されたい。患者の病気には全く関係のない、実験のための被曝に関する指針が278項にあげてある。

放射線の研究的利用

(267) 研究に使われる多くの放射線源、たとえばX線装置および密封放射性線源は、放射線の工業、医療および獣医学における応用に用いられるものと似ているかまたは同じものであり、これらの節で与えられた勧告の多くは一般的勧告と同じように研究的利用にも適用される。しかしながら、研究用の放射線源は設計および作動特性に、より大きな融通性を通常必要とするゆえに、このような線源の周辺にいる作業員や職員には特別な危険が起こるかもしれない。

(276) 新しい放射線医療の開発においては、67—193項の勧告のあるものは厳しすぎるかもしれない。そのような状況では、知識を備えかつ高い能力のある職員のみが処置を行なうことを保証する特別の注意を払うべきである。含まれる危険を評価すべきであり、また職員および患者または志願者の被曝を常時検討しなければならない。

(277) 医学的研究の際の患者の被曝に関連する問題についての引用が194項に示されている。

(278) 研究およびいろいろな調査を目的とした人体の計画的照射は、照射される人の何ら直接の利益を目的としておらずまた照射がその人が持つかもしれない何らかの疾病にも無関係の場合には、適当な資格があり、かつ訓練を受けた人によってのみ実施されるべきである。このような照射は、その照射が行なわれる機関の責任官庁の承認のもとに、しかるべき専門家団体の助言に従いかつ国および地方の規定に従ったときのみ行なわれるべきである。照射に伴う予測される危険は関係者に説明されるべきであり、その人達は自由意志を十分行使できる志願者であるべきである。線量が高ければ高いほど、真の志願者であることを保証する条件および彼等の危険を理解する能力についての要求は厳しいものになる。したがって、真の同意を与えることが不可能であるとみなされる小児およびその他の人をこのような目的で照射することは、予想される照射線量が低く

(たとえば自然放射線から受ける年線量の大きさの程度) また、このような人達に法的責任を持つ者の正当な同意があるときのみ実施されるべきである。

文 献

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted September 17, 1965). *ICRP Publication 9*, Pergamon Press, Oxford (1966).
2. International Commission on Radiological Protection: The Evaluation of Risks from Radiation, a report prepared for ICRP Committee 1. *ICRP Publication 8*, Pergamon Press, Oxford (1966).
3. World Health Organization: Declaration of Helsinki—Recommendations Guiding Doctors in Clinical Research. *WHO Chronicle*, 19, 31-32. WHO, Geneva (1965).

付 録 2

患者の放射線障害に関する Adrian 委員会の
第 2 次報告の施行に関する覚書*

(イギリス放射線医学協会の放射線防護委員会作成)

1960年のこの第2次報告の刊行のあと、それらに含まれている多くの技術的勧告を実施する方策がとられたので、疑いもなく診断放射線において患者のうける線量、特に国民全体としてみたときの遺伝的に重要な意味をもつ線量がかかなり減少した。かくして得られた成果を維持するためには、放射線防護サービスと病院物理学者に広援されて、放射線医の絶えざる自戒が必要とされる。もし診断設備と技術、特に、たとえば心臓カテーテル法と映画撮影などのように長い時間のX線被曝が起こるようなものの管理を、効果的に継続して行なわなければならないとすれば、放射線診断科と放射線防護サービスおよび病院物理学者との間の緊密な連携の必要性がますます大きくなる。

大規模な、十分な部員を擁した教育病院から、独立の、あるいはパートタイムの、放射線撮影技師と客員放射線医にサービスされているような小規模な放射線科にいたるまでの、診断業務を行なっているたいへん変化に富んだ診療科のあることを考えると、多くのなされるべきことが残されている。放射線撮影の技師に対し、放射線防護の諸問題をより広く認識させ技術的能力をしだいに向上させるために、教えこむことが特に必要である。撮影技術をより精密にすることが、患者の線量を減らすことに寄与するにちがいない。これには、自動現像と自動X線露出制御装置を導入してうまく使うことが非常に役に立つであろう。

第2次報告には、技術的措置とはまったくはなれて、放射線医ばかりでなく臨床医や病院の管理者にとっても関心のある多くの勧告が述べられている。これらの勧告の実施は、おそらくいままで広くは行なわれていなかったであろう。

すべての点において、患者にとっての最も大きな利益は、病院の部員もしくは一般の臨床医と放射線医との間の個人的な相談から導き出されることは否定されないところである。専門化された放射線学の諸分野では、この種の関係は通例非常に緊密である。

他の分野では、そして行なわれている多くの検査の大部分では、個人的な相談が欠除しており、これに代わる方法がとられて、効果的な協調関係がまったく欠けることが起こりうる。若い医員は、実地医学における放射線医学の正しい役割を十分に知らないこ

* *Br. J. Radiol.*, 37, 559—561 (1964) より許可をえて転載。

とが多いのに、自分の責任で放射線検査を申し込むことをまかされておき、しかもしばしば放射線サービスへ不用意に接触したりしている。

卒後のレベルでは、実際的に可能な場合には、放射線科の仕事を監督している放射線医はもちろん多くのことをなす。そして、彼のサービスを適切に利用し得るようにするために、その同僚と個人的な接触ができる。それゆえに、第2次報告の中の臨床医学のいろいろな分野に関係のある部分を抄録することは、忙しい臨床医にとって価値のあることであろう。

これらのコメントと臨床に興味のあることがらに関するこの総合報告につけられた付属文献とは、主治医と放射線医との協力の現在の一般的状態を改善するのに役立つであろう。付録において、第2次報告中の勧告は自由に引用されている。

付録 A 一般解説

Adrian 報告は、現在の放射線医学の実際および技術の国家的規模での調査結果を詳述している。この調査の結果、次の勧告が一般的に役に立つ。

(a) X線検査を行なう前にあきらかな臨床適応があるべきである。また、さらに検査することを不必要とするようなX線検査が以前に行なわれていたかどうかということが確かめられるべきである。このためには、症例書き込み欄には「以前のX線検査」という欄をもうけるべきであって、また「以前のアイソトープ検査」も記録されるべきである。

(b) 患者がある病院あるいは科から、他に移されるときには、関連するどんなX線写真も患者とともに移すべきである。

(c) 検査のすべての依頼は、くわしい臨床適応と必要とする情報とを述べるべきである。

(d) 若い人に、くわしいもしくは繰り返しての放射線検査を行なう前には、臨床医と放射線医との間には話し合いがあるべきである。放射線医学上の照射は放射線医と臨床医の両方の責任で行なわれるということがよくわかっていなければならない。経過観察のためのX線検査の必要性は認められるが、このような検査の頻度はそれぞれの症例の要求に依存している。これに関して意識しないで反対するような病院の若い医員は、このための補導と教育とをシニアの医員からうけるべきである。

(e) 妊娠婦人の放射線撮影には特別な注意がはらわれるべきである。本質的な検査だけが妊娠中には行なわれるべきである。

特別な危険があるのは、まだ診断されない妊娠初期における子宮の照射である。一般の内科的、外科的な処置の際、妊娠の可能性を考慮に入れ、そして子供を持ちうる年齢の婦人については、腹部の放射線検査を行なったり放射性物質を使う前に必ず最近の月

経に関して質問すべきである。

(f) 透視はX線撮影よりもずっと大きな線量を与える結果となるという事実を十分知っておく必要がある。蛍光増倍法を使うことは望ましい。それが使いにくいような場合には、適切な暗順応が最も重要である。

選別(患者の)のための装置,たとえば整形外科的装置あるいは心臓検査用の装置が,放射線科以外で使われるようなときには,特別の注意が必要である。そのような装置はつねに透視のタイマーをつけて,放射線の監視のもとにあるべきである。

ここに討論されたすべての注意は,40歳以下の場合に特に重要である。

付録 B 内科医, 外科医, 泌尿器科医, 小児科医

肺疾患における透視

胸部放射線学においては,透視が必要なのは,単純写真にみられた病巣の性質に関してさらに多くの情報が知りたいときに限られる。

経静脈腎盂造影

(a) 経静脈腎盂造影を何回ぐらい繰り返して行なう必要があるか,毎回完全なセットになるようにX線写真を撮っておく必要があるかどうか,あるいはもし放射線医が臨床医からあらかじめもっと沢山の情報を受けたなら照射野はもっと小さくできるかどうかは,注意深く考察する必要がある。ある検査を繰り返さなければならないときには,実際に必要なX線写真だけをとるべきである。

(b) もしも血尿が 100 cc に対して 100 mg もしくはそれ以上であるときには,経静脈腎盂造影は失敗しやすい。適切な症例においては,腎機能のテストを事前に行なうと,X線への無用の被曝は防ぐことができるであろう*。

膀胱尿道撮影写真というのは多重のX線を生殖腺に与えることは避けがたいので,これらの検査はよく考えた上でのみ行なうべきである。

妊娠 非常に例外的な状況においてのみ妊婦に泌尿器のX線検査は必要であるとすべきである。

他の放射線検査に対する短い補足

(a) 腹部の単純写真

この型の検査では被曝は少ない。単純撮影は小児,幼児においては閉鎖肛門,腸かん

* これは1960年に一般的に行なわれていたふつうの経静脈腎盂造影についてのことで,もっと新しいテクニックには正しくはあてはまらない。

とんの疑い、メガコロン、腸閉塞、内臓の穿孔、そして腎結石において適応になる。

(b) 消化性潰瘍におけるバリウム検査

消化性潰瘍と疑われている患者の第1回のバリウム検査をするのは、必要でもあり、役に立つ。バリウム検査の繰り返しの適応は、それぞれの状況によって異なるものである。

(c) 胃潰瘍

(i) 胃角の上の小弯側の胃潰瘍 完全に潰瘍がなおるまで間隔をおいて新たなX線写真をとるということはよい。写真をとる間隔は通例4週間より短くてはいけな。潰瘍がなおったら、新しい症状が出るまでは再検査をする必要はない。

(ii) 幽門近接部潰瘍と胃洞の潰瘍 小弯側の腹側部の潰瘍とちがって、胃角あるいはそれよりも下の方にある潰瘍は悪性腫瘍化の危険性を含み、患者の主治医の裁量において、X線写真を頻繁にとる必要があることがある。

(d) 十二指腸潰瘍と幽門潰瘍

これらの潰瘍の治癒の経過は臨床的に決められるべきであって、潰瘍の大きさ、位置、狭窄をともなっているかあるいは胃潰瘍をともなっているとかといった、普通でない特徴のない限りは、診断がついたあとでのそれ以上の撮影は必要でない。

(e) 吻合胃口の潰瘍

完全な最終的な治癒の放射線医学的な証拠を得ることはしばしば困難であって、むしろ臨床的治癒の証拠の方が適当である。

(f) 消化性潰瘍の既往歴をもっていて、しかもバリウム検査で所見のない患者

消化不良あるいは出血があるのでバリウム検査をしたのに陰性の結果が得られたという患者はまれでない。これら出血の多くは急性の消化性潰瘍によるけれども、悪性化したり慢性潰瘍の危険性はないではないので、これらの疾患で胃内視鏡がないことを知るのに役に立つ。3—6か月後に臨床的な再検査による診断をすることをすすめたい。

(g) 虫垂炎

虫垂のバリウム検査はあまり正当化されないだろう。

(h) 大腸

指で直腸を検査すること、両手で骨盤を検査すること、肛門鏡を用いること、S字状鏡を用いることは、バリウム検査をする前に必ず行なわなければならないことである。X線検査をあまりに度々繰り返す主要な原因は、X線検査の準備が適切でなかったからである。それで注意深く十分な準備の必要性が強調されるのである。バリウム注腸X線検査を繰り返すことは、S字状鏡をつかってみられる範囲より上方が原因の出血が繰り返してみられるときに、はじめて正当化されるものである。潰瘍性の大腸炎においては、十二指腸潰瘍の場合と同様、疾患の進展の臨床的な評価の方がしばしば最も価値が

あるものであり、したがってバリウム注腸検査の反復はほとんど必要がない。そのように繰り返す検査は、たしかにしばしば再発を促進させるかもしれないのである。

一般的に、12カ月以内のX線検査はほとんどすすめられない。

憩室炎では、検査を繰り返すことは、一般には症状が頑固に続いていたり、増悪したり、出血があったり、あるいは便通の習慣が変わったときを除いては必要ではないとすべきである。

付録 C 整形外科医

(a) 股関節脱臼の経過報告を依頼されたとき、この依頼を今まで以上に厳格にコントロールすることにより生殖腺被曝を減少させるべきである。

(b) X線検査依頼状には、あらゆる症例について、骨のどの部分を検査してもらいたいか、どのようなことが知りたいのかが正確に示されるべきである。

(c) 骨折の治療における経過を示すフィルムや整形外科の症例を追跡するためのX線検査は、一般には、臨床検査の前に日常作業的にとるよりはむしろ、臨床的な確実な適応があったときにのみ行なうべきである。

Adrian 委員会はまた、たしかな適応のない場合の予防的な意味でのX線撮影は依頼すべきでないこと、X線検査は所見が患者のその後の管理に役立つときにのみ行なわれるべきであることを勧告している。

これは明らかに健全な臨床的なやり方である。しかし現在では医法制的考慮からしばしばこの勧告の実施が不可能になるということは、許容されなければならない。

付録 D 産科医および婦人科医

産 科 学

(a) 産科領域の診断放射線学は、疑いもなく多くの母親と赤児の生命を助けるのに寄与しているが、一般には、すべての放射線検査は妊娠中には最小限に保つべきである。とくに尿路や消化管の放射線検査は、可能な場合にはいつも、妊娠中には避けるべきである。仙腸節と腰椎の検査は、可能な場合にはいつも出産後までとりやめるべきである。

(b) 妊娠の早期の診断のための子宮卵管造影法は、まったく正当化されず、単純X線検査といえども例外を除いては行なうべきではない。胎児の成熟をしらべるためのX線検査は、明らかな必要性があるときにのみ行なうべきである。臨床的診断で何らかの疑いが持たれた場合に、多胎もしくは臀位前進はX線検査でもって適切に診断される。その他の異常胎位の場合、あるいは胎児の異常が疑われる場合、たとえば前置胎盤の疑

いがある場合のように、正確な診断が直ちにつかないようなときには、X線検査はまったく正当化される。

(c) 妊婦は、経験ある産科医の十分な臨床的な検査をうけたのちにおいてのみ骨盤計測されるべきである。全コースのX線検査は初産婦の少数に、多産婦のきわめて僅かにのみ必要なのである。しかし検査をすることを一度決めたら、行きとどいて行なうべきである。

(d) 定期的胸部X線検査が妊娠中に行なわれるときには、全寸フィルムを十分に注意して使用すべきであり、それによる小さな遺伝的障害を最小にするために、妊娠の24週以後には行なわないことが望ましい。

婦人科学

(a) 子宮卵管造影法は、臨床医と放射線医との間で、フィルムの数と透視の量を制限するため、特別の協同作業が要求される行為である。蛍光増倍が利用できるかぎり使われるべきである。透視において露出を減らすために、透視の前に十分な暗順応が行なわれるべきである。子宮卵管造影法は排卵の考えられる日のあとには行なわれるべきでない。

(b) 急迫性尿失禁においては、臨床的な診断の方法は有効であって、膀胱尿道撮影はごく例外的にのみ必要とされる。

付録 E 胸部外科医、胸部医、心臓医

すべてのX線の仕事に適用される一般的考慮

(a) 適切に行なわれる定期胸部X線検査の場合の生殖線線量は、小さいということがはっきりしている。しかし、線量の蓄積効果がありうるという観点から、患者に悪影響なしになしうる検査回数などのような減少も望ましい。

(b) あるセンターで放射線検査をうけた患者が他に移され、または他で診察をうけるときには、以前のフィルムも一緒に移されねばならない。このフィルムを移動するのがどのように行なわれるかの機構は、現在では任意的なもので効果的でないので、直ちに行政的処置を必要とする。

(c) X線装置の多くない小さな病院で診察をうけた患者に、くわしいX線検査を必要とする胸部疾患が発見されたならば、患者を大きなセンターに送り、そこですべてのX線検査が行なわれることが望ましい。

断層撮影

断層撮影をするときは、すべて放射線医のコントロールのもとに行なわれるべきである。標準的な断層装置を使うべきであって、手製の装置は、それが熟練した人によって安全であることが証明されたとき以外は、使うべきではない。よい後前および側方撮影写真によってあらかじめ効果的に病巣の位置を知っていれば、個々の断層撮影の回数を減らしうる。

気管支造影

透視下において気管支造影が行なわれるときには、患者は高い皮膚線量を受けやすい。気管支造影が毎日、日常作業として行なわれている病院では、熟練した人は透視なしで気管支全体の位置を推測することができる。この技術はできるだけ使うべきであり、そして透視は気管支造影ではまれに使われるべきである。

出産前のX線撮影

定期的胸部X線検査が妊娠中に行なわれるときには、全寸フィルムを十分に注意して使用すべきであり、それによる小さな遺伝的障害を最小にするために、妊娠の第24週以後には行なわないことが望ましい。

心臓放射線検査の特殊な処置

(a) 心臓病における透視 透視は心臓の検査において長い間非常に価値があったが、X線撮影が、もっと多くの情報を与え、そして記録保存のできる点で、急速にこれにとって代わっている。心臓医はこの価値ある手段を過小評価すべきではないが、起こりうる放射線障害につねに関心をもって、透視を行なうべきである。

(b) 心臓カテーテル 露出時間はつねに時計でチェックされねばならない。カテーテルは非常に低い電流を用いたときさえ見える。それにもなる線量は、蛍光増倍法を用いると非常に減らしうる。この方法には他の利点もあるので、すべてのセンターでこれを使うことを勧める。

胸部クリニックX線撮影

(a) どんな型の装置を使用したらよいかを助言し、技術と技師を監督するため、また気づかない間違いをおかさないため、すべての胸部クリニックで放射線医のサービスが受けられるようにすべきである。このような監督は、放射線医学に習熟していない胸部医ではほとんどできることではないのである。

(b) 接触症例の追跡調査 なるほど小さなフィルム (70~100 mm) を使った場合の

生殖腺線量は非常に小さいが、皮膚線量は大きなフィルムでの検査にくらべるとかなり大きい。接触者の3カ月毎の検査が間接撮影法で行なわれると、皮膚線量は大きなフィルムで隔週に撮影したのと同じになる。間接撮影装置は1年に1回以上検査することのない症例だけに使うべきであると考えらるべきである。

胸部疾患の透視

(a) 透視はX線撮影よりもずっと大線量になるということは、医に携わる人によく知られていない。たとえば、胸の透視検査で平均の皮膚線量は約 2000 mR であるのに、X線胸部撮影では 150 mR 以下にすぎない。

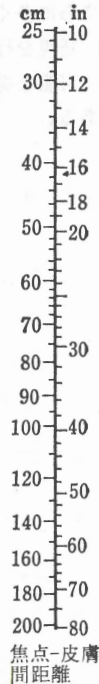
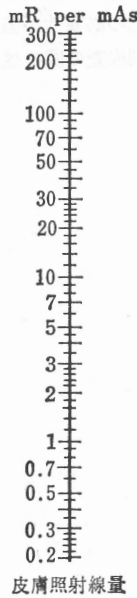
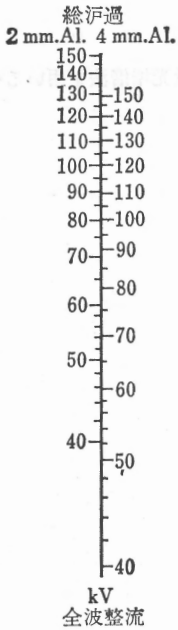
(b) 胸部放射線学においては、透視が必要なのは単純写真にみられた病巣の性質に関してさらに多くの情報を知りたいときに限られる。

(c) 透視を行なう操作者の暗順応の必要性が強調される。

(d) 可能な場合にはいつも、選別検査の際の線量を減らすため蛍光増倍法を用いるべきである。

付 録 3

次のノモグラムは、診断X線における患者の皮膚照射線量を推定できるように与えられた。X線管がちがえば同一条件といっても出力もちがうので、このノモグラムから計算されるのは照射線量のおよその値である。そのちがいは容易に±30%になり、ときにはそれより多くなる。このノモグラムは S. B. Osborn による未発表の測定にもとづいている。



X線診断における患者の防護

¥ 480

昭和46年10月1日 発行
昭和48年2月1日 第2刷発行

編 集 社 団
お よ び 法 人
発 行 財 団 法 人
日本アイソトープ協会
仁科記念財団

113 東京都文京区本駒込二丁目28番45号
電話 東京 (03) 946-7111 (代表)

印刷・製本 大洋印刷産業KK