

放射線取扱者の防護

*The Protection of the Roentgenologist**

Leonard CL. *Trans Am Roentgen Ray Soc 95-102, 1907*

レントゲン線の強力な生理学的作用は、その治療応用における臨床経験、患者や術者の重大な事故によって知られてきた。患者の防護に必要な注意事項については綿密な研究の結果、専門家の手による診断、治療は安全なものとなった。適切な術者が行う限り、事故の頻度は同程度に強力な治療薬の場合と変わることはない。安全規則、規制によって事故は稀となった現在であるが、より重大な事故が、理論、実際の知識、経験に乏しいにも関わらず、良く理解しないままにその強力な作用を利用しようとする初心者や開業医によって発生している。このため、現状のレントゲン治療は重大な危険をはらんでいる。X線の不思議な、強力な作用とその驚くべき成果は、多くの開業医をしてその診療にこれを利用させている。しかし大多数は理論的な知識を欠き、臨床経験も自己症例に限られている。そこから得られる成果は貧弱なもので、レントゲンの名を傷つけるようなものである。開業医には、十分な技術的な知識、臨床経験をえるだけの十分な時間を割く意思がないのであれば、X線の使用を止めるよう忠告すべきである。医療者一般についても、その患者をこのようなX線の安全、効率的な利用経験の浅い開業医に託さないように警告すべきである。

初心者は、失敗を恐れて、結局良い結果を生み出さない。目に見えない大きな危険を冒すよりも、長時間にわたって不十分な線量を照射しようとするからである。

X線が代謝によよぼす緩徐な影響、微量の繰り返し照射が、術者の体力を損ない、退行させるものであるということを、自身は想像しにくいものである。この思いこみのため、術者は慎重さ欠くようになる。自分はX線の影響を受けない、他人には危険であっても自分だけは大丈夫だと思ってしまうのである。また影響は直ちに現われないため、障害が起こっても気付かない。初期のX線取扱者については、科学界全体に共通する無知として許されるものであった。彼らは実験や研究にて、自らを防護することなくX線を照射した。障害は3~4年しないと現れなかった。現時点で4~5年の経験しかなく、この間防護策を講じてきた者には、障害は起こらないであろう。被曝線量は一般に少ないので、影響はそれほど速やかに現われるものではない。しかし、少量でも繰り返し被曝を続ければ、障害

は緩徐であれ出現し、より慢性に経過し、治療に抵抗性になってゆく。

過去の経験の教訓も十分に活かされていない。X線取扱者の事故は、幸いに以前よりは軽症であるが、なお報告され続けている。安全を確保するための規則、規制が必要であり、経験を積んだ専門家のコンセンサスを明示し、経験の浅い不注意な専門家はこれに従って防護を確実なものにする必要がある。

多くのX線専門家が、それぞれに十分と考える防護の規則や方法を提案している。メーカーによって多くの装置が提供されているが、あるものは安全のように思われ、また価値に疑問があるもの、さらには全く無意味で偽りの安心感を与える、かえって使用者を重大な危険に曝しうるものもある。この種の誤謬として最も有名な例として、一時期主張された、静電発電機を使えば「火傷」はおこらないというものが挙げられる。

さまざまな防護策を論じる前に、X線取扱者への警告となる初期症状について述べておく必要がある。晩期症状については国内外から多くの偽らざる報告がある。おそらく最も初期の症状は、爪およびその周囲に発生する栄養障害性皮膚症状である。これは隆起性で脆く、切ろうとすると崩れる。皮膚は光沢があり、爪床周囲、手指背側から手背にかけて淡赤色となる。皮膚は肥厚し、皺が深くなる。関節周囲では皺が亀裂状になり、最終的に無痛性、不整な潰瘍となる。潰瘍底は灰色で、正常肉芽の形成に乏しい。多くの例で、胼胝性の角状の突出物が対称性に出現する。

防護による予防的治療が何よりも重要である。この種の病変の性質は十分に理解されておらず、しばしば治療によって増悪をみる。重篤な結果は、おそらくこのX線による一次性病変の病理学的な性質によるものでも、治療による刺激でもない。全例とは言わないまでも多くの場合、余計な外科的治療や、患者やそれを気遣う友人による不適切な治療が原因である。放射線病変は栄養障害性であり、活性が失われ通常の刺激への反応や組織の新生、治癒ができなくなっている状態である。目に見える病変は、このような活性の低下した組織に取り囲まれていることから、ここにさらに外傷を加えれば組織は死に至る。反応性に富み正常組織に囲まれた部分と同じ方法で、このような病変を治療する試みが誤っていることは自明である。しかし多くは病変を廓清、切除して、非健常性、低活性の組織に皮膚移植を試みようとする。このような反応性に乏しい

* 訳注：Roentgenologistは、現在では放射線科医を表わすが、ここでは技師、研究者など放射線を扱う専門職を示して使われている。本文中ではこの他(x-ray)operatorという表現も度々使用されている。ここでは適宜「X線取扱者」あるいは「術者」と訳した。

半死状態の組織においても、なぜか潰瘍が拡大し、過形成組織がその辺縁部に増生する。X線が先行原因となることは確かであるが、外科医が刺激を加えて、これを惹起あるいは少なくとも促進していることが多い。多くの軟膏、パウダー、収斂薬、ローションも同様である。いずれも刺激を増強し、組織破壊を促進するものである。疼痛は、神経の損傷を増強するような薬物で一時的に寛解する。治癒、回復を期待する臨床家が、非活性組織に対さらなる侵襲、障害を加えていることは信じがたいことである。

このような病変の慢性経過から、専門家が病変が栄養障害性であることを知り、即効性の治癒を期待してさらに組織を傷つけることを控えことを願うものである。

このような病変が栄養障害性であること、その周囲の組織が活性を失っていること、血流を欠いていることを知れば、合理的な治療の原則にたどり着くことができる。

すなわち、栄養障害性の神経をこれ以上傷つけたり、さらに活性化して疲弊させるようなことを一切行わないことである。目に見える部分に加えてさらに広い範囲が栄養性に回復するまで、組織は反応、治癒しない。無菌化あるいは軽度の抗菌化が必要である。自然治癒力に任せることが、正常の活動性を回復、修復するために、最短ではないかも知れないが最も確実な方法である。手は保護、保温する。無菌性の包帯は、循環を阻害しないようにきつく巻いてはならない。できるだけ熱い湯に毎日2、3回手を浸すことは、疼痛を緩和し循環を促進する。皮膚を軟化させる軟膏は、過度に使用すると臍胱下の潰瘍の原因となるため、適当にとどめる。コールタールを含む局所麻酔作用のある軟膏、特にアセトアニリド、アンチピリン、その他不明の成分を含むものは避ける。一時的に疼痛の寛解が得られても、神経にさらなる障害を加えてはならない。免荷、温浴は、除痛よりも有用で、傷害も少ない。このような注意は、早期、晚期ともに同様である。ゴム手袋の使用は、この写真用化学薬品や防腐剤の刺激を防ぐ効果があるが、洗剤の選択には注意する必要がある。獣脂を多く含むものは最も疼痛緩和効果がある。

最善の治療法は予防である。このことは、X線障害については特に真である。術者を保護する最善策は何かを議論して、諸氏に示すことが本発表の目的である。X線の目に見えない治療効果は、害にも益にもなる。放射線取扱い者は、小線量を頻回繰り返すことによる有害作用について最も注意して避ける必要がある。これまでにまだ明らかになってない重大な影響が存在する可能性もある。ここですべての防護法の詳細に立ち入る時間はなく、また存在する防護法の利点を比較して論じるつもりもない。患者、術者の防護の根底にある原則を論じ、自分が使用している種々の方法に触れ、

最も良いと思われる方法を示すものとする。装置の形式や個々の術者の求めるところは多岐にわたることから、個々のニーズに応じて方法を考える必要があるが、患者、術者の完全な防護の原則の根底にあるものは、オープンな議論によって明確に求めることが可能であり、それによって術者、初学者もこの強力な目に見えない光線の利用に伴う危険から自らを守ることができる。

危険の源はX線管であり、作用要素はそこから発生するX線、あるいはその内部から発生する二次線であることから、防護の第一原理はこれらのX線が放出される領域を制限することにある。X線源はX線管内では概ね一点と見なすことができるので、放射線を制限するものは線源に近いほど小さくてすみ、一定質量であれば厚くなる。しかしX線を十分阻止する物質は残念ながら重く、また導電体や高圧電界は空間によって絶縁する必要がある。従って遮蔽は管球の等価空気抵抗よりも離れた距離に置く必要があり、また管球内で遮蔽する場合はその内部抵抗を減じないようにする必要がある。しかし管球内に有効な遮蔽を置くことは、その金属からガスを十分に排気できなという理由から困難である。従ってこの問題の解決法は、遮蔽を管球外に、その抵抗の変動幅を考慮して実用上可能な範囲でできる限り接近させて置くことになる。X線を最も良く遮蔽するのは、比重が非常に大きい鉛である。鉛、ビスマス、あるいはこれらの金属塩を含む物質の薄板によって、X線の大部分は合理的に遮蔽可能である。しかし、X線よりさらに透過性の高い光線の影響、有害性については不明である。従って、完全な防護には十分な厚さの鉛が必要である。おそらく比較的透過性の弱い光線を遮蔽すれば十分と思われるが、より透過性の高い光線が無害と分かるまでは、すべて遮蔽する方が無難であろう。

散乱線とも呼ばれる二次線については、その影響が写真乾板の感光によって知られており、術者、患者とともにこれから防護することが安全のために必要である。従って遮蔽は、管球のX線放出面全体を囲む必要がある。散乱線は管球全体から放出されるので、陰極の上部も囲む必要がある。無遮蔽あるいは部分遮蔽の管球を使いながら鉛遮蔽板の後ろで作業する術者がいるが、慣れてくると不注意になるので安全と言えない。ときおり被曝する程度であれば障害は現われないが、これを頻繁に繰り返すことにより確実に重大な結果に至る。適切に防護された管球を使い、これを鏡を使って遠方から観察するような方法は良い方法であるが、術者の防護法としては不確実であり、照射野を制限できるわけではないので患者保護にも役立たない。検査する患者の照射範囲を制限することの必要性は、特に代謝系に失調のある症例では、広範な照射が重大な障害を引き起こすことから明らかである。

以上の考察から、術者、患者の防護は、X線照射野を検査部位あるいは治療部位に制限するべきであることが明白である。この照射野の制限を、管球内に遮蔽を置くことによって実現することは、管球の効率低下と寿命短縮を招かざるを得ない。管球に密接された遮蔽でも、遮蔽によって管球内の温度が上昇し、抵抗が変動するので同じことである。X線管球は、透過性の開口部を備えた鉛ガラスでできている。このような管球で撮影したX線像には、陽極、陰極が写り込んでおり、また乾板に投影される管球壁の厚さに応じて濃度の高い部分もある。このような管球はおそらく、低透過性のX線のみ利用する治療目的に使うと良いであろう。しかしこれでも確実に安全とは言えず、演者は他の遮蔽手段を併用している。

演者による一連の術者防護の実験から得られた結論は、唯一の安全な防護法は、少なくとも6ポンド/平方フィート[訳注: 厚さ約2.7mm]として市販されている金属鉛を、管球のX線放出面に置くことである。演者はこれに加えて、スイッチ、断続器などを同じ厚さの遮蔽板で覆い、術者が照射野内にいる状態で管球がX線を放出しないようにしている。管球は適当な場所に置いた鏡で監視する。管球は、上部の陽極側のみ開いた金属鉛の箱の中に置く。この鉛板は3ポンド/平方フィートで、X線放出側は二重にしてある。箱は長さ20インチ、深さ12インチ、幅12インチで、これにより厚さ6インチの空気絶縁帯が得られ、真空度の変動に実用上対応できる。底部は同じ厚さの鉛で、適当な大きさの絞りを備える。Queen管、Müller管のような自動調節管球のスパークギャップをふくめ、管球全体をこの箱の中に収める。二次回路にはスプリングを介して接続しており、電線に触れることなく管球を交換できる。箱全体の重さは15ポンド[訳注: 約7kg]強で、二重滑車で懸架し頭上のレールからカウンターウェイトで支えている。これは臥位の患者上の任意の位置に移動でき、高さも調節できる。重量がある

ため安定しており、振動も避けることができる。絞りによって二次線はすべて除去され、鮮明な画像が得られる。最大の難点は重量であるが、安全性の確保はこれを十分補うものである。

演者の結論は以下の通りである。

1. X線取扱者の皮膚病変重篤化の原因の多くは、外科的あるいは内科的処置である。
2. これは病変の性状の理解不足によるものである。
3. 臨床経過、臨床像、実験結果は、これが支配神経の障害、栄養、血流の低下によるものであることを示している。
4. 病変は目に見える範囲よりも広く、このため外科的侵襲や刺激的な薬物を加えると、修復過程が追いつかない。
5. 治療の原則は、局所栄養状態をさらに低下させることなく、全身状態を改善することである。
6. 最良の治療は病変があるままとして、刺激を避けることである。
7. 最良の治療は予防であり、術者の防護を十分に考える必要がある。
8. 術者と患者を防護する最良の方法は、照射野を診断、治療に必要な範囲に制限することである。
9. 具体的にはX線管球や線源を、6ポンド/平方フィートとして市販されている十分な厚さの鉛板で、X線の出る側を囲む事である。
10. 管球全体を鉛板の箱に収めると、さまざまな大きさの絞りを取付けることができる。
11. この方法では、管球の両側に4インチ、合計6インチの空気絶縁帯が得られ、管球の内部抵抗の変動に応じることができる。

レントゲン線照射中の患者防護

Protection of patient during Roentgen exposure

Boggs RH. *Trans Am Roentgen Ray Soc* 103-9, 1907

長時間のレントゲン線照射による患者への危険については、医学界の関心を集めしており、演者は本学会実行委員会からこの集会のために確実なデータの収集を依頼された。ここでは、この非常に重要な問題について、何らかの規則を提案するというよりも、会員諸氏に議論の材料を提供するものである。レントゲン線を使用するにあたっての防護法は、この領域の専門家はほぼ一定の方法を行なっているが、中にはまだ自分が強力な光線を使用しているということを自覚せずにぞんざいに扱っている医師も存在する。

最近の米国医師会総会である医師が、「レントゲン線を特に注意することなく使用したが、何も問題は起らなかった」と発言していた。しかしこの経験は非常に限られた状況であり、物理学の法則やX線の組織への生理学作用を無視すれば、決して幸運が続かないことは明らかである。その一方で、X線による障害を経験した少数の医師は、その限られた経験からX線は誰が使っても危険であると考えている。不確実な情報に基づくこのような仮定は、無意味なだけでなく誤解のもとである。

昨冬、鎖骨の撮影に際してX線火傷が発生した。体重125ポンドに満たない患者に、5日間で3時間以上の照射が行なわれた例である。

頭部白癬に対して照射が行なわれた別の症例では、恒久脱毛が発生している。この病院では、レジデントがX線業務を行なっており、彼が初めて治療する症例であったが、スイッチの入れ方以外は何も教わらず、自らはX線装置を操作したことがないスタッフに時間と距離を指示されただけで、管電流や真空度の知識はなかった。恒久脱毛は起つて当然であったろう。最初の例では、別の術者が治療し、約30回の治療後に皮膚には何も異常が起らなかったことから、患者はX線耐性のある特異体质であると判断し、治療を中断したものである。多くの同様な例から、レントゲン学を実践するにあたっては、他の領域と同じく、標準的な方法を実践する必要がある。

演者は40人の放射線科医に、以下の質問を送付した。

- (1) 患者を治療する際、どのように照射野を制限しているか？
- (2) 臨床的に線量をどのように測定しているか？
- (3) 管球と皮膚の距離12インチ、管電流10mA、Walter six管球相当の場合^{*}、24時間以内の照射時間として安全と思うのはどの程度か？再照射までの間隔はどの程度か？

^{*} 訳注：Walter six tube. Walter Skiameter (露光計)は、木板に開けたまるい8個の穴に、異なる厚さの白金が埋め込んであり、そのX線透過性を1～8の数字で半定量的に表示する。Walter six tubeは、この6番に相当するX線を放出する性能を持つ管球。

回答の概要は以下の通りである。

(1) X線治療の照射野の制限は、管球遮蔽と様々な絞りによって行なわれている。最も多く使われているのは金属遮蔽、鉛ガラス遮蔽、ゴム遮蔽で、さらに防護が必要な場合は、治療する病変の形状に合わせて穴を切り抜いた鉛箔あるいは錫箔が使用されている。Priceの不透過布は多くの術者が好んで使用している。Dr. Pfahlerの回答には「自分は管球を鉛ガラス遮蔽で覆っており、これによって通常皮膚に影響する軟線はすべて遮蔽でき、管球から放出されるX線のおそらく1/2から2/3を遮蔽できる」とあった。

(2) 臨床的に線量を測定する方法に関する回答には、以下のようなものがあった。

- (a) 照射時間
- (b) 陽極と皮膚表面の距離
- (c) スパークギャップ距離、Walter露光計 (skiameter)、Benoist透過計 (penetrometer)などから推測した管球真空度
- (d) ミリアンペア電流計
- (e) 臨床経験による判断

(3) Walter six管球あるいはその同等品で、管球と皮膚の距離12インチ、管電流10mAとするとき、24時間以内の照射時間として安全と思うのはどの程度か？再照射までの間隔はどの程度か？

これは、X線撮影にのみ関連し、症例の緊急度によっても手直しが必要である。体部の同じ部分に照射する場合、その間常にWalter露光計6番相当の条件であるとすれば、照射時間はフィルターなしで3分から3分半、アルミニウム板あるいは皮革板を患者と管球の間に置く場合は5分で、皮膚にX線の影響がなければ、10日以内にさらに1/2の線量を照射する。

この回答は、本学会が標準透過計を採用する必要性を示すと同時に、毎回の学会で基準と報告例を比較するための委員会を任命することを促すものである。現状では、少なくとも2つの基準、すなわちミリアンペア電流計と透過計を使用すべきである。いずれも正確ではなく、経験が標準計測法を上回るのが現状であるが、より均一な結果が得られ、撮影技術を比較できるように、より科学的な方法がとられるべきである。多くの報告者は、Walter six管球や相当するBenoist透過計の使用法に習熟しておらず、ミリアンペア電流計をほとんどが使ったことがなかった。

X線フィルターの価値は、多くが理解していない。深在病変の治療では、フィルター無しには患者を適切に防護することができず、一定の効果も得られない。

Dr. Pfahler は、前 2 回の本学会で非常に興味深い発表を行なっており、以来広く利用されているので皮革フィルターとその意義については誰しも知るところであろう。Dr. Leonard はアルミニウムフィルターを推奨している。その他の材質も使用しうると思われるが、皮革とアルミニウムが好まれている。

深在病変の治療において皮膚を防護するためには、管球の距離をないがしろにしてはならない。演者はこれを、1905 年の学会で報告している。安全限度については、1906 年の本学会での Dr. Williams の発表を引用しておく。

「自分の経験では、陽極と皮膚面の距離 10 インチ、中等度の透過性の管球、ミリアンペア電流計の示度 3/4mA の場合、皮膚紅斑を生じるには約 90 分を要する」。

Dr. Williams は、これを下に反比例の法則を適用して次のような表を作っている。

距離(インチ)	相対強度	安全限界(分)
2	1.000	25.00
4	.250	6.25
6	.111	2.77
8	.062	1.56
10	.040	1.00
12	.027	.69
14	.020	.51
16	.015	.39
18	.012	.30
20	.010	.25

安全限度は、確実に紅斑を生じる時間よりも約 30% 短い時間としている。この表からは、異なる距離における相対強度もわかるので、複数回の照射を異なる距離で行なう場合は、等価の一定距離に換算してその時間を合計すればよい。

患者防護に当たっては、さまざまな組織の X 線に対する感受性にも留意する必要があるが、ここでは国内外で行なわれている研究をレビューする時間はないので、一般的な X 線の生理学的な作用を述べるにとどめる。一般に組織が受ける全体的、顕微鏡的変化については、その影響は刺激から完全な機能廃絶まで多彩であるといえる。

健常組織が X 線の作用を受ける場合、上皮の変性、破壊に先立って結合織の増生を生じること、血管の変化は遅くなつておこることが知られている。

Heineke の実験は、脾のマルピーギ小体と細胞成分の破壊を示して、多くの追試で確認されているが、リンパ組織でも X 線の影響は蓄積することを示している。

細胞の成熟度は、X 線の細胞反応に決定的な影響を及ぼす。死滅した細胞は影響を受けず、完全に成熟した細胞は X 線耐性である。胎児型の細胞は非常に影響を受けやすく、変性に先行して発達障害が見られる。

Lepine & Bould は、X 線が肝や他の細胞における糖生成機能に影響することを示した。Tilden Brown, Albers-Schönberg, Frieber らは、X 線の生殖臓器への特異的な作

用を示している。

Schulz はその実験から、次のように結論している。X 線は主に皮膚の細胞成分に影響をおよぼす。まず細胞が障害されて変性する。結合織、弾性組織、筋、軟骨への影響は小さく、細胞変性と炎症反応に付随するものである。

変性は主に表皮におこり、ついで腺細胞、筋、結合織により軽度の変化がおこる。

変性現象は多彩で、体細胞のみならず筋肉にも及ぶことがある。

変性が一定程度まで進むと、炎症反応が開始する。これは血管拡張、高度の細胞浸潤、しばしば高度の白血球遊走として認められる。

強力な照射によって相応の細胞変性が起こると、白血球が集簇して障害組織の完全破壊を促進する。

大小の血管の障害は、X 線潰瘍の生成に重要な役割を果たし、これは組織の修復が著しく遅延する理由となる。

以上のことから、組織にどのような変化がおこるか、また X 線によって影響されやすい臓器、特に生殖器、脾、肝、腎、甲状腺、その他主に上皮細胞からなる臓器を防護することの重要性がわかる。

筋、軟骨、骨は X 線による影響を受けにくい。このため、腺を破壊するような線量でも筋細胞は重大な損傷を受けることはない。

強力な X 線を被曝すると、患者の感受性、照射部位、放射線の量と質に応じて、多かれ少なかれ組織が失われる。大きな腫瘍を治療する放射線科医は、自然経過によって失われる以上のものが失われないように留意する必要がある。治療前、治療中は、失われる臓器に関連する患者の状態を評価しなくてはならない。

照射する表面積も考慮する必要がある。広範囲に照射する場合はと小範囲の場合とでは、反応の大きさは同じではない。末期癌の治療で毒血症が発生した場合は、緩徐に照射することでこれを避けることができるが、緊急性を要する場合は外科手術のように根本的な治療が必用な場合もありうる。

現在利用できるいかなる装置であれ、手を 5 ~ 10 分照射しただけで全身症状を来たしたとする主張は合理性を欠くものであり、そのような少数例が報告されているとしても、十分な臨床的根拠のある例はひとつもない。X 線装置に全く近寄らなくとも、同じような症状を来たした例が数多くある。

以下に Dr. Boyce の手紙を、彼の承諾を得て紹介するが、そのような良い例が示されている。

ペンシルベニア州ピッツバーグ 1907 年 9 月 18 日

Dr. Russel H Boggs

319 Empire Bldg., City

Dr. Boggs 殿

先日貴殿との会話で言及した症例は、3月14日に左膝に重度の挫傷、挫滅をみた54歳男性の症例です。診察時、腫脹が著しく、骨折の有無を判断することが不可能でした。翌日、貴殿に電話しましたが、御不在のためDr. Bradfordに膝のX線撮影を依頼しようと試みました。ピツバーグは洪水のため、貴殿のオフィスも、患者が宿泊するホテルも停電しており、患者を病院へ移送することが難しかったのです。その後の経過から、骨折はないことが判明しました。X線撮影を施行したいと考えた日から10日後の3月25日、胸膜炎をおこして体温が上昇しました。29日、胸膜炎では説明できないほど状態が悪化しました。尿検査で中等度の蛋白尿、顆粒円柱を認めました。31日に尿毒症性昏睡で死亡しました。

病理検査では、患者の腎疾患は長期間にわたるものであることが判明しました。小生は数年来彼の家庭医でしたが、個人的な症状について聞いたことはありませんでした。もしあの日にX線撮影ができていたとしたら、その後の尿毒症をX線障害に帰したでしょう。そして、おそらくこの症例を貴殿の専門領域の危険性を示す例として報告したことと思います。

敬具 John W. Boyce

Dr. Leonard, Dr. Boggs の発表に対する討論

Dr. H. W. Van Allen (マサチューセッツ州 Springfield) :

(Dr. Van Allenは、発言に先立って、彼の診察室、検査室の図面を供覧し、X線室と操作室、暗室の間に鉛の壁を設けて自らをX線から防護している方法を示した)

不十分な防護はかえって危険であるというDr. Leonardの意見に賛同するものです。管球遮蔽の利用が、誤った安心感を与えることを懸念します。X線は下方に広がりますが、心臓に近いほどX線の効果は大きくなると思います。また、小線量を頻回に繰り返すことの危険もあると思います。2年ほど前、私は生殖器領域の被曝に関して発表したことがあります。頻回の照射を受けた男性、中には30回もの例があるのですが、線量は多くとも回数を少なく照射された場合にくらべて不妊期間が長くなりました。これは有害なX線による恒常的な影響です。

一部の施設で使用されているような、術者がその背後に隠れるための小さな遮蔽板は、信頼していません。術者はその後ろに隠れてスイッチを入れた後、室内を動き回ってしまいます。治療中、常に遮蔽板の後ろに居るわけにはいかないからです。

患者の防護については、私が常用している鉛製絞りによって、治療範囲外の皮膚面は十分に防護できると思います。

広範囲を頻回、無思慮に照射する件についても全く同意します。私も難しい、時に危険な症状を発症した例を経験しています。

もう1つ、発表で触れられなかったことですが、患者が自分の所に来る前に、他の施設を訪れていることがある点です。最近も、ある太った女性が肩のX線写真を撮影するためにやってきました。私は手順通りに撮影して、良い写真が撮れました。すると彼女は「素晴らしいは。前の所では、写真をとるのに午前中いっぱいかかったのよ」と言ったのです。また最近の訴訟事例で、原告が腕を上げられなくなったのは、鉄道事故のためではなくX線火傷が原因であると、弁護士が立証しようとした例があります。この患者は、異なる放射線科医によって連日撮影されており、その総和は火傷を起こすほどだったのです。

Dr. Lewis Gregory Cole (ニューヨーク市) :

いくつか質問があります。この討論に参加されている諸氏の御回答を願いたいと思います。第1に、小さな暗室あるいは操作室で、真空管を扱うのは安全なのでしょうか。この種の真空管から出るX線は有害なのでしょうか。第2に、スパークギャップが近くにあると有害でしょうか。

もうひとつは、撮影室の配置です。私は、スイッチを扉に付けて、扉がきちんと締まらないと通電スイッチを入れられないようにする方法を提案しました。扉が締まる前に部屋に入ってスイッチを入れたいと思うのですが、扉が閉まらなければ、術者を適切に防護することはできません。

もうひとつは、新しい管球を選ぶ時の防護です。私自身は過去数年間、本学会に出ていたので以前ほど被曝していません。被曝はそれほど危険ではないのかも知れませんが、注意しすぎるに越したことはありません。我々は、メークーに、まったく被曝せずに管球をテストできる場所を要求し、購入する管球を被曝せずに見ることができる十分防護されたブースを設けるよう求めるべきです。学会として行なう事ができる、また行なうべき事です。

Dr. Leonardの発表で、コールタール含有薬品について言及がありました。亜鉛を含む薬品も、急性あるいは慢性的に皮膚炎を悪化させ、治療を数ヶ月、場合によっては数年も遅らせます。

Dr. E. W. Caldwell (ニューヨーク市) :

2つの発表は、術者の防護に関しては非常によくまとめられていました。しかしひとつ強調されていなかったことは、空中あるいは他の物質、例えば木製品、壁などから出る二次線があらゆる方向に放出され、従ってその一部は遮蔽板の裏側にも届くことです。この事は、1897年のレントゲンの古典的な3本目の論文にも明確に書かれています。以来多くの実験で、術者を完全に囲わない遮蔽では、二次線をすべて遮蔽することができないことが分かっています。

比較的弱い二次線がどの程度危険か、よく分かりません。しかし二次線は比較的弱く、線源が広範であることを除けば、他のX線と異なると考える理由はありません。全ての不要な被曝を避けるべきであることは疑いのないところですが、二次線の危険については無用な警告があり、わずかな二次線まで除去するために設備を犠牲にしたり管球をいじったりするには当たらないと思います。太陽光を過度に浴びると重大な結果に至ることはよく知られていますが、

だからといってその有害作用を避けるために暗やみで暮らすべきだということにはなりません。私は、通常の位置に置いた写真乾板が、2～3週間後に現像するとわずかな曇りを生じる程度に防護できる遮蔽板であれば、二次線を完全に除去できないまでも事実上安全であると思います。

我々の多くは、数年間、毎日4～6時間の治療に携り、2～3本の管球を防護なしで使用している放射線科医を知っているはずです。我々が知る限り、彼らの中でも自分の手を管球の前に直接差し出して透視するようなことを避けている者であれば、X線障害を受けていません。最も簡単な遮蔽板で防護して時折X線撮影をしている者に比べればはるかに多く被曝しているにもかかわらずです。

スパークギャップと電解式断続器を置いた閉鎖した室内での、これらの装置から発生するフュームによる危険の方が、通常の遮蔽板の裏で被曝するわずかな二次線よりずっと危険だと思います。

X線皮膚炎とその合併症の外科的治療については、私はDr. Leonardの意見には全く同意できません。最近、ボストンのマサチューセッツ総合病院のDr. Porterの形成手術を見る機会がありました。彼は角化症から皮膚癌まで、この病態の全てのステージの多くの症例を治療しており、その外科的治療の結果は私が他で見たものの中でも最も良好でした。このような症例の外科治療については、それが転移を誘発するという理由でしばしば反対意見があります。Dr. Porterの症例の1つは、9年前に皮膚癌が切除され、現在も転移の所見はありませんでした。このような例における転移は、外科治療の遅れによるもので、外科治療そのものによるものではないと思います。X線障害による転移で命を落とした我々の同僚の多くも、十分早期に徹底的な外科治療を受けていたら、今ここに我々と共にいたであろうと思います。

いわゆるX線火傷に刺激性の外用薬を使うことは良くないというDr. Leonardの意見には賛成です。これに関連して、軟膏の基剤の多くは刺激性の遊離脂肪酸を含んでいることに留意する必要があります。従って軟膏を使用する場合は、劣化していないことが重要です。

Dr. F. H. Baetjer(メリーランド州ボルチモア)：

患者と術者の防護に関するこの問題について、私は中間の立場に立っています。Dr. Caldwellの話にあった7年間X線室に勤務して何ら問題がなかった人について一言加えます。この場合、個人差、特異性を考慮しなければなりません。以前ヨーロッパで、毎日10ないし15例の撮影を行ない、その都度、管球から数インチの所に自分の手を置いて10～15分露光している男に会いました。彼の手は滑らかできれいでした。これを6年間やっていると言っていました。

私は、ある眼窩異物の患者を検査しました。通常の手順に従って、管球を顔面から20インチの距離で30秒間露光しました。まず初めに、異物の存在を確認するために撮影し、局在を同定するために2回目を撮影しました。2週間後、患者は顕著な皮膚炎をおこして再診しました。症状は3～

4週間持続しましたが、幸い潰瘍形成には至りませんでした。

二次線については、Albers-Schönbergがハンブルクに新しいX線室を設けた後、私はここを訪れました。およそ20フィート×40フィートのX線室でした。完全に真っ暗で、彼はそこで2～6時間仕事をして、多くの撮影をしていました。壁にはたくさんの装置が掛っていました。彼が灯りを消して、X線に通電する準備をしていると、部屋全体が蛍光で光りました。あまりに明るいのでお互いの顔が見えるほどでした。彼はその理由を説明できませんでしたが、室内の金属物をすべてはずすと、完全に真っ暗になりました。壁が蛍光を発していました。二次線があれほどの蛍光を発しうるのであれば、我々はこれから身を護る必要があると思います。

Dr. Henry K. Pancoast(フィラデルフィア)：

私は遮蔽板とX線室の設計について、多少の役に立つアドバイスをしたいと思います。まず軽量かつ頑丈な木製の枠組みを組み立て、ついでこれの内外を鉛箔で覆い、鉛と下地との間の1インチほどの空間にX線に比較的不透過な砂を充填します。これによって費用を抑え、効率的なX線室を作ることができます。

Dr. Geo E. Pfahler(フィラデルフィア)：

私は、防護に力を入れすぎても何ら問題はないと思います。実際のところ、何人かの発言者は、十分な慎重さを欠き、誤解基づく誤った防護法の危険性を指摘しています。管球の周囲の遮蔽はX線の大部分を遮蔽しますが、Dr. Leonardが述べたように、硬X線の場合どうなるかは分かりません。初期には我々はX線の危険など知りませんでした。5年経つて、大きな危険があることを知りましたが、それでも大した注意を払いませんでした。そして現在、我々は簡易な防護では不十分であることをようやく知りました。従って、防護については過剰を後悔することは決してありません。

Dr. Caldwellが指摘された撮影室のスパークギャップの問題は認識する必要があります。Dr. Coleが紹介した真空管管球の蛍光作用についても考える必要があります。防護の程度については、透過性、X線の効果は、距離の2乗に反比例することを我々は皆知っています。従って、X線管球から離れるほど、少なくとも鉛箔の類について言えば防護は軽度でよくなります。私は管球の周囲に鉛ガラスの遮蔽を置き、その外側に1 1/2インチの鉛と1/32インチの銀を使っています。それでも、下向きに出る直接線は防げても、側方から出るX線これを全て透過してしまいます。従って我々は、照射中に自らを防護する術を学ばなくてはなりません。

二次線も防がなくてはなりませんが、主たる危険は直接線です。私は鏡を使って、全ての作業を隣室から、日常のデスクワーク用の自分の机から行なうようにしています。こうすることにより、鉛ガラスの遮蔽だけでなく、壁による遮蔽も得られ、X線管球から8～10フィートの距離をとることができます。管球からはできるだけ離れる必要があります、作業は鏡を使って行なうべきだと思います。

Dr. A. W. Crane (ミシガン州 Kalamazoo) :

術者は自らを防護に注意しすぎるということはありません。しかし、X線の生理学的作用については誤解があると思います。その作用は、他の物質が体に及ぼす影響になぞらえることができます。例えばストリキニーネを考えましょう。治療量のストリキニーネは最も良い強壮剤ですが、大量に使えば最も強い毒薬です。他の毒性の強い薬も少量では有用であるのと同じように、X線も十分少量であれば有用ですが、大量では非常に毒性が強くなるのです。

火傷を負った術者も、二次線を遮蔽していれば問題なかったでしょう。直射日光と広範囲の昼光と同じ関係で、管球からの直接線に伴う広範囲のX線による障害があります。しかし、栄養障害性の組織障害をもたらすのはX線だけではありません。リン、水銀など他の多くの物質でも同様のことが知られています。辰砂(水銀を含む鉱石)鉱山の労働者は、長くいると強い貧血になって若くして死します。マッチ工場の労働者には、頸骨壊死のみならず、肝障害、腎障害の犠牲が知られています。梅毒では組織障害に加えて、無精子症になります。細菌毒についても同様です。X線の生理学的作用は、これらの毒性と変わることはありません。しかしだからと言って、人類に益するこの新しい光線に殉じた幾人ものパイオニアが教えるように、術者の徹底的な防護が必要であることに変わりはありません。

Dr. M. K. Kassabian (フィラデルフィア) :

数年前、私はX線室の設計を、隣室で電流、スパークギャップ、スイッチの操作ができるような構造にしました。管球は、自分が陽極の背後に、X線の放出側が反対向きになるように設置し、自分は隣室にとどまるようにしています。この設計の優れていることは、私の手が最も良く証明しています。多少の治療も手伝って、状態は改善しています。

私は毎日2～3回、湯に手を浸し、ラノリン(羊毛脂)あるいはコールドクリームを塗っています。亀裂には、2% argyrol(訳注：銀を含む殺菌剤)を使っています。常に包帯で覆っていると、組織が赤むけのようになって痒くなり、活性も失われるので、ときどき包帯をはずして空気と陽光に当てるようにしています。コールタール製剤は非常に有害です。一度orthoform(訳注：炭化水素系麻酔薬)を使ったことがあります、その後1週間近く疼痛が続いて不眠になりました。急性期には酸化亜鉛軟膏が有用ですが、慢性期には連続使用しない方が良いでしょう。4年前、フィラデルフィア総合病院の私の助手のひとりは、患者を約15分間透視したところ、X線皮膚炎が発生しました。稀釀した石炭酸溶液を使っていましたが、私は湯と通常の塩溶液、滅菌ガーゼを獎めて、6週間で完治しました。

H. C. Snook 氏 (フィラデルフィア) :

Dr. Pfahlerが提示された硬X線の問題についてですが、私は鉛ガラス遮蔽を使用する前、左手に軽度の火傷を負いました。経過良好でしたが、まだ少し結節が残っていました。遮蔽を使うようになってから、この結節はほぼ完全に消失し、ほとんど分からぬ程度に2個だけ残っています。

短期間ですが、私は鉛ガラス以外の遮蔽を使わずに、これまで誰もやらなかったほど大量のX線を照射しました。いくつかの症状があり、Dr. Pfahlerに訊ねると、鉛ガラスを透過した硬X線が長管骨に影響したためだろうということでした。通常私は、40～50mAの非常に強力な管球から6～7フィート離れた位置に立ちますが、電流を流して数秒以内に、左手首に鈍痛を感じ、両膝にも症状がありました。あえて繰り返してみると症状が再現したので、これが正しいことを確認できました。過去2ヵ月間、その骨への影響を知らずに、以前にないほど多くの硬X線を照射していました。

Dr. Henry Hulst (ミシガン州 Grand Rapids) :

Dr. Leonardの話しを伺い、私は考えをあらためました。ほとんどの発言者が言われたことに同意しますが、いくつか幾つかの発言には疑問があり、また誤解を招きやすい発言もありました。Snook氏は、異常感覚を二次線のためとされました。暗示効果は除外されたと考えられているようですが、私は暗示効果だと思います。これを確認する唯一の方法は、御本人の知らない時にX線管に通電することくらいでしょうか。実験をこれまでののように継続し、もしろの症状が暗示によるものであれば、結果はますます良好といえるでしょう。

少量のX線に強壮作用があるという点は、疑問だと思います。一定の物質を少量、頻回に繰り返すと非常に危険であるという同じ演者自らの発言がその証明です。頻回、少量の二次線が好ましい方向に作用するとする発言は、十分な根拠を欠くものだと思います。安全側に余裕をみる方が良く、鎧のような防護衣を着る必要は無いとしても、我々の防護が完全であるとは思えません。X線の強壮効果を確認する実験をするのであれば、まず動物で行うべきでしょう。

Dr. Rome V. Wagner (シカゴ) :

この問題で最も難しいのは、完全な防護が何かということを決めることです。私は多くのX線取扱者に会ってきましたが、かれらのいずれも最初に希望するのは、調子の悪いX線管球を私に見せて、何が悪いのか教えて欲しいというものです。私や自分自身を防護しようとはしません。そこで小さなカメラを持ち歩くと良いことがわかりました。X線取扱者はみな写真乾板を防護する術を心得ていますが、自らを同じように防護するところでは、思考が停止してしまうのです。重要なことは、日中に自分が被曝したかどうかを知ることです。私は厚さ1/2インチ以上の鉛ガラス製の管球遮蔽を使用していますが、それでもX線の有害作用があるのではないかと思ったものです。私は、何であれ乾板を感光するような光線は浴びないようにすると決め、乾板を1枚ポケットに入れて持ち歩き、1日の仕事が終わった夜、このフィルムを現像してX線を被曝したかどうかを確認しています。たまに被曝していることがあります。その場合はどこで被曝したのかを考えます。最近では、1週間全く被曝しないこともしばしばです。この方法は、被曝していない時は被曝を心配しなくて済むので、良い方法です。

Dr. W. S. Lawrence (テネシー州 Memphis) :

隣町に行って電話で遠隔操作でもしない限り、完全な防護といふものはありません。そこで問題は、どの程度防護すれば良いか、ということです。他の有害物質と同じように、X線にも耐容量というものがあると思います。タバコを一定量吸えば死ぬことがあります、1日あたりの本数を制限すれば、喫煙しても老年まで生きることができます、タバコ以外の原因で死ぬことができます。

他の薬についても同様で、X線のエネルギーについても直接線、二次線とともに、一定の耐容量があると考えます。従って、鎧をまとう必要もなければ、町の外からX線装置を操作する必要もないでしょう。

防護なしで仕事をすることは、愚かで許されざることですが、絶対的な防護を目指すことも愚の骨頂だと思います。

Dr. Geo C. Johnston (ピツツバーグ) :

最善の防護法は、装置の周囲を歩き回らないで済むようにすることです。一般的な術者は、X線治療に際して火傷を負います。X線診断の場合は大電流を使用し、自らを防護しますが、治療の場合は1日中、3~4台の装置を動かして、常に被曝しています。術者も患者も防護しなければなりません。これには、管球から離れて、何らかの方法で治療の時間をコントロールする必要があります。

(ここでDr. Johnstonは、治療の時間を設定できる時計を備えた装置を供覧した。設定時間が過ぎると、スイッチが切れ、術者が来るまで警告音が鳴るようになっている。Dr. Johnstonのオリジナルな設計であるが、装置はシカゴのDr. Wagnerが製作したものである。)

Dr. Thos S. Steward (フィラデルフィア) :

我々の多くはいまや、有意の障害を被ることなく、大量の放射線を使える状態に至ったと思います。しかしその後、X線の影響により敏感になりました。私は皮膚炎をおこさずにわずかでもX線を使うことができなくなりました。

Dr. Leonard (回答) :

二次線については、Goodspeed教授の実験を紹介します。部屋の壁に厚い鉛箔を張り、壁の向こう側にある隣室との間を鉛管でつなぎます。一方の部屋でX線管に通電し、鉛

遮蔽の後ろに蛍光板を持って行くと、二次線による蛍光が観察され危険と考えられました。この二次線は、他のX線と同じように写真効果もあります。X線が生理作用を持つのであれば、二次線も同じではないでしょうか。

X線障害の外科治療については、Dr. Caldwellは正しいと思います。しかし、手術のタイミングについては議論があります。組織の活性が失われている間は、潰瘍は再生しません。Dr. Caldwellが紹介された手術例は、病変発生3~4年後に行なわれたものだろうと思います。そのため良い結果が得られたのでしょうか。

X線皮膚炎によるその他の障害は、皆さんも良く御存知です。私は、10年間にわたってあらゆるX線の仕事をしながら、手に全く皮膚炎を起さなかった者を知っています。彼はX線透視などあらゆることをやっていました。一部の人には火傷を起さない耐性がありますが、先日この男が、X線の生理学的影響が心配だと言って私のところに来ました。皮膚炎もその他の障害もありませんでしたが、明らかに彼はX線の影響を受けているわけです。X線についてはこのような事もあるということを示す例です。

スパークギャップや電解型断続器から発生するフュームの影響が指摘されました。X線のこの有害作用は知らない方もあるかも知れません。私は自分の手が皮膚炎になる前、ドイツの雑誌で硝酸フュームが鉛と同じような毒性を持つことを読みました。ただし歯肉に青い線ではなく茶色の線を生じるということでした。私は恒常にコイルを扱っており、中毒するに十分量の酸性フュームを吸っていました。従ってスパークギャップで分解されれば、これを吸入する危険がありました。私は会場の諸氏に、患者に大量のストリキニーネを処方する度に、あるいはそれが少量の他のどんな薬であれ、自分で少量のストリキニーネを服むようなことはして欲しくありません。私はこれが安全だとは思えません。

Snook氏は、そのX線の仕事で非常に貴重な経験をされ、無事回復されました。彼は良き家庭人だと思います。自分の安全を考えないで仕事してはだめだと言っても聞く耳を持たない相手の場合は、奥さんに言えば良いのです。