

放射線科医の職業的リスク－血液像の変化を中心に*

Occupational hazards of the radiologist, with special reference to changes in the blood

Carman RD**, Miller A**. Radiology 3:408-19, 1924

放射線科の業務には一定の健康・生命リスクがあるということは、以前からよく知られていたが、その時点で既に多くの放射線科医が放射線皮膚炎や皮膚癌の犠牲になっていた。Rollenstonは、Ledoux-Labardによれば癌の犠牲になった放射線科医が100名はいると述べている。この長い殉職者リストには、初期に障害を受けながらも生き永らえて長年月後に致命的な結果に至った例がときおり加えられている。このようなリスクは、現在では日常的に行なわれている一般的な注意で避けられることがすぐに分かった。しかしこれが皮膚障害の予防には非常に有効であったことから、放射線科医はこれによってすべてのリスクを回避できるという誤った安心感を抱いている。これは無知によるものではなく、豊富な知識を背景にした根拠のない楽観主義によるものである。放射線科医は、正常な皮膚の下に放射線による多くの内部障害が隠れていることを十分に承知しているはずである。それは、放射線治療の結果から予測しうるものであり、剖検でも知ることができ、動物実験で証明され、顕微鏡や試験管の中にもみることができるものだからである。深部照射の影響に関する文献は質、量ともに豊富であり、ここに挙げたものはそのごく一部に過ぎない。

ほとんどすべての臓器、組織に対するX線の影響について、興味ある研究が行なわれている。すなわち、消化管、血液、骨、心臓、肺、肝、脾、眼球、脳、神経、腎、脾、生殖器、内分泌腺などである。その所見は必ずしも一致しないが、これは照射条件が異なる事を考えれば驚くべきことではない。矛盾、不一致はあるものの、ある種の変化がほとんど恒常に認められ、その多くが中程度ないし数分の照射でも起りうることは注目に値する。

一般に認められている事実、原則の中でも、以下の点は本稿の主旨に沿うものであり、周知の事実ではあるが繰り返すに値するといえよう。

1. ラジウムとX線は、本質的に同じ生物学的効果を有する。

2. その効果は、照射線量によって異なり、刺激性変化から破壊性変化まで幅広い[36,44,46,64,85,87]。放射線の刺激性効果については多くの証拠があるが、Pordesらは否定的である。Holzknechtは、X線はクーレと同じように、少量でも有害で、決して刺激性ではないとしている。

*本稿は1924年6月Radiological Society of North America(北米放射線学会、シカゴ)で発表したものである。

**Section on Roentgenology, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota

3. 細胞によって放射線感受性が異なり、ある種の組織は特に高感受性である。リンパ球、未成熟細胞、有糸分裂期の細胞は、特に高感受性である。

血液および造血組織中の放射線に対する感受性は、動物実験、患者、放射線取扱い者の例から明らかである。Levinは動物実験で、リンパ球が最も鋭敏で、照射領域が広いほど血液への影響も大きいとしている。Béclèreによると、1回の照射でも恒久的変化を来たし得る。技術的条件の違いから結果は均一なものではない。しかし一般に、小線量で末梢血中のリンパ球数は増加し[41,55,77]、大線量では減少する[41,64,67]。放射線業務従事者では、しばしばリンパ球の絶対的あるいは相対的增多が見られるが[1,7,24,58,78]、高度あるいは長期曝露では減少が見られる[7,54]。多形核白血球は通常、絶対的にも相対的にも減少するが、初期には増加する[76,84]。放射線従事者における好酸球の著増も知られている[58,78,84,86]。赤血球は白血球より抵抗性が強いが、回復は遅い[4]。放射線の赤血球への影響は、赤血球数微増、色素指数増加[1,15,30,84]から、赤血球数減少、大線量における溶血まで幅広い[29,60]。凝固促進の報告が多いが[44,47,57]、逆の報告もある[65]。血圧の低下は一般的に認められ[15,58,88]、様々な血液化学所見の変化も知られている[9,10,28]。骨髄の組織学的変化も、実験的に良く知られている[24,25,51,80]。

腸管粘膜の感受性が高いことを示す報告が増えている。Hall & Whippleは、イヌの実験で、腸管陰窓の上皮に壊死を認めている。Mottramは、精巣や皮膚に影響しない程度の小線量でも、腸管粘膜には変化が現われるという。しかし深部治療後の腸潰瘍も珍しいことではない。放射線エネルギーに対する過敏性については議論のあるところで、都合良く利用されている節がある一方で、相応の根拠もある。

4. 照射された細胞は、外傷、ある種の感染など他の有害効果に対する抵抗性が低下する。さらにLoebが指摘するように「連鎖反応」により1つの効果が他の効果を引き起こして、最終的に重篤な結果となりうる。

5. 放射線従事者は、こと自身に関しては、硬線と軟線の違いを過度に重視して、全く非合理に硬線はその強度にかかわらず悪影響が少ないと考える傾向がある。皮膚に関しては、確かに硬線、軟線には差異がある。Martiusは、波長0.56では0.325に比べて4倍もの影響があるとしている。一方、深部に到達するのは硬線だけなので、硬線は日常的にそのような目的に利用さ

れている。Hall & Whipple は、イヌの腸管は硬線により強く障害されるのみならず、スパークギャップ長に比例して致死率も上昇すると述べている。Mottramによると、ラジウムのガンマ線は骨髄に破壊的効果をもたらすが、比較的軟らかいベータ線にはそのような効果がないという。Withers は、Regaud を引用して、非常に波長の短いガンマ線、X線は、細胞核のクロマチンに対して「選択的毒性」を持つとしている。

6. 放射線の累積的効果は、放射線治療において放射線科医が避けるべく努力しているものであるが、放射線科医自身への影響も無視し得ないものである。X線やラジウムの影響を受けた細胞は、完全な回復に至るに十分な間隔をあけずに再照射すると、加重的な影響を受け、特に高感受性の細胞では数分の照射でもこれを頻回繰り返すと、その成長、機能に重大な結果を及ぼしうると考えられる。

7. 放射線エネルギーは、ある種の薬物と同じく、細胞の耐性を増強すると類推される。これは、放射線に対する腫瘍の反応性低下から経験的に知られている。Warren & Whipple は、イヌにおいてX線再照射に対する耐性増大を見いだしている。Loeb は、祖先よりも抵抗性の強い新しい細胞が発生するという仮説を提示している。長年にわたって被曝している放射線科医が健康な状態で生存していることも、これを裏付けるものである。

しかし、このような免疫仮説は必ずしも強調しうるものではなく、その反対にアナフィラキシーを起した例も知られている。免疫効果、アナフィラキシーはあるとしても、これ誘発される正確な機序は不明である。

8. 前述のような前提に加えて、放射線科医はその職業上、放射線から完全には防護されておらず、防護することもできないことを加えておく必要がある。防護は相対的なものであり、ラジウムのガンマ線、短波長のX線は、通常の遮蔽を相応に透過しうるものである。X線透視家、ラジウムや高圧X線治療従事者は特に被曝が多い。それぞれに防護しても、ある程度の散乱線、二次線は不可避である。またすべての放射線科医が慎重とはいはず、中には無謀といえる者もある。放射線科医は、通常の防護策を講じる事により最小限の被曝しかしないとしても、毎日、年を通じてこれを繰り返すことになる。仮にその効果が刺激的なものにとどまるとしても、長期にわたる連続被曝の結果は考慮すべきである。

これらのデータから明らかになる放射線従事者の障害は、幅広い問題を提起するものである。しかし、放射線皮膚炎に対する防護に自信をもち、男性不妊などの小さな問題などは恐れない放射線科医を待つのは、より重大な危険を示す絶対的な証拠である。そのような証拠が、実験的研究とも相俟って集まりつつあり、血

液障害、そして少なくとも1例の確実な腸管障害の例が登場しているのである。

腸管障害

腸管障害については、記録に値するだけの重症度と確実性をもつ例は、イギリスの放射線科医 Barclay の1例のみだる。Barclay は、12年間にわたって防護エプロンなしにスクリーニング検査をしており、数回の下痢発作と体重減少を認めた。便には数回にわたって粘液栓が認められた。仕事をやめると、3週間で下痢もおさまり、仕事を戻ると18～20日後に再発した。これを8～9回繰り返した。放射線防護を追加することにより、症状は比較的軽くなった。

他の放射線科医についてもその消化管症状が、その職業に関連するものか否かについては興味のあるところである。例えば、筆者の長年の同僚のひとりは、重症の吐血、下痢を最近経験した。西部の放射線科医のひとりにも同様の症状がある。いずれの例も、徹底的な診察、X線検査でも明らかな原因は不明であった。被曝との関係は確認できていないが、この観点から放射線科医を対象にシステムティックに研究すれば、貴重な結果がえられるかもしれない。

血液疾患による死亡例

放射線従事者の少なくとも6例に、再生不良性貧血が知られている。

1例目は、しばしば引用される Dr. Tiraboschi の典型例である[18]。イタリアの放射線科医で、ほとんど防護なしに18年間の従事後、1914年に「重症本態性貧血」で死亡した。その3年前、重症の精神疾患を患ったが、半年後に復職できた。顔色が次第に不良となり倦怠を訴えていたが、栄養状態は良好で、死の直前まで仕事をしていた。その他の所見として、剖検にて高度の精巣萎縮、脾の萎縮と硬化、肋骨骨髄の顕著な変化が認められた。

時系列的にこれに続くのは、1920年にMottramが報告したラジウム作業者3例である[53]。そのうちの1人、36歳女性は8年間の就業中、良好な健康状態にあった。2か月の休暇後に顔色不良が出現した。赤血球、ヘモグロビンが進行性に減少し、明らかな白血球減少、赤血球不同症が見られ、23日後に死亡した。もう1例は36歳男性で、ラジウム作業に3年間従事していた。彼も1か月の休暇後に状態が悪くなり、その血液像は前例と同様で、3か月後に死亡した。3例目は50歳男性で、ラジウム作業に10年間従事していた。短期間で死亡し、血液像から再生不良性貧血と診断された。

5例目の犠牲者は、イギリスの Ironside Bruce である[40]。40歳前半の男性で、放射線科医として18年間つとめていた。体格良好で最近は体重が増加傾向で、

健康そのものであった。1920年10月、たまたま測った血算で、赤血球、ヘモグロビンに軽度の減少が認められた。以後、1921年3月に死亡するまで、赤血球、ヘモグロビン、白血球は持続的に減少した。低血圧、相対的リンパ球增多、赤血球変形症も認められた。

6例目は、デンマークの放射線科医 Dr. Nordenroft で[24]、放射線治療に12年間携っていたが、必ずしも防護に配慮していなかった。数年前に精巣萎縮に気付いていた。1921年11月、疲労感をおぼえ、血液検査の結果、赤血球、白血球が軽度減少が見られた。数ヶ月後、再び疲労感、呼吸困難をおぼえた。この時点では、赤血球減少が著しく、赤血球不同症、小赤血球症、赤血球変形症も顕著であった。血液像の異常は急速に高度となり、1か月後に死亡した。

イリノイ州 Oak Park の Dr. F. M. Sylveser から、次のような興味深い手紙を頂戴した。

「約2年前、私はいわゆる癌の致死線量の研究をしていました。当時私は、160～280kVの装置を使用していました。X線防護には、1/8インチ厚の鉛と1/4インチ厚のパルプ板で覆った1インチ厚の松材製ブースを使用していました。このブースは、無防護の床面を除いて完全に囲われていました。X線管球とブースの距離は約8フィートで、私は毎晩平均4時間このブース内で過ごし、この間、X線管球は常に通電した状態でした。

初発症状は、通常の疲労感、倦怠感でした。症状が進むに連れて、私は当然X線を疑い、研究室をよく調べて、ラジウムやその他の装置から放射線を被曝していないか確認しました。その結果は陰性だったので、何か別の原因があるのだろうと思いました。まもなく貧血が現われ、赤血球は520万から400万に低下しました。線量計でブース内を何回か測定し、放射線が床から出ていることをつきとめました。200kV以上の通電では、8×10インチのフィルムが8分間でかぶる程の線量でした。ただちにブースの床面を被覆し、Dr. Darnell のアドバイスを得て部屋を仕切って同じ1/8インチ厚の鉛で覆いました。この部屋は患者治療室として使用したので、ブースの1/8厚鉛、治療室の1/8インチ厚鉛で二重に防護されたことになります。

テストの結果、放射線は検出されませんでした。しかし私は既に障害を受けており、赤血球は250万まで低下しました。この時点で寝たきりとなり、命も絶望的でした。血液所見以外に、いくつか興味深いことがありました。収縮期血圧は通常130でしたが105まで低下しました。これはその後も110以上には戻りませんでした。

初期にはアルカリ予備能が相対的に増加し、その後徐々に低下し、添付のカルテのようにその後も正常には復しませんでした。」

1922年6月15日から8月21日まで、6回の血算の結果がDr. Sylvesterの病状をよく示している。

日付	6/15	6/29	7/5	7/18	7/28	8/21
赤血球(万)	520	390	300	250	350	420
白血球	8,000	6,500	5,000	8,000	7,000	8,000
ヘモグロビン(%)	80	65	55	41	61	70
色素指数	1.25	1.00	1.09	1.21	0.84	1.14
凝固時間(分)	4	3	2.5	5	4	3
赤血球						
色調	正常	淡色	淡色	淡色	淡色	淡色
大きさ	正常	小	小	小	小	小
形状	正常	分葉	分葉	分葉	橢円	橢円
変形症	0	+	+	+	0	0
多染性	0	+	++	++	0	0
好塩基顆粒	0	0	0	+	0	0
小赤血球	0	+	+	+	+	0
大赤血球	0	0	0	0	0	0
小赤芽球	0	0	+	+	0	0
正赤芽球	0	+	0	0	0	0
巨赤芽球	0	0	0	0	0	0
Howell小体	0	0	0	+	0	0
リンパ球						
小单核球(%)	27	30	30	14	24	23
大单核球(%)	6	8	14	10	8	10
移行型(%)	2	0	0	0	0	0
好中球						
单核(%)	0	0	0	0	0	0
多核(%)	63	60	54	70	65	56
好酸球(%)	1	2	2	3	3	1
骨髓球(%)	0	0	0	0	0	0
好塩基球(%)	1	1	0	3	0	0
Mast細胞(%)	0	0	0	0	0	0
自由核(%)	0	0	0	0	0	0
アルカリ予備能(%)	7.6	7.8	6.4	6.1	7.0	7.3
水素イオン(%)	6.3	6.2	6.1	6.0	6.3	6.7

リンパ性白血病

この問題を取上げる主たる理由は、セントルイスのDr. Wlater Mills が最近死亡したことである。Dr. Mills は、46歳で、14年にわたって消化管のX線診療に従事していた。仕事量は多く、主にX線透視に携わっていた。防護については几帳面とはいはず、しばしば鉛エプロンなしに検査していた。最後の年には、一日の業務の終わりには著しく衰弱していた。1924年初頭にたまたま検査した血算で、リンパ性白血病の徵候が認められた。まもなく、頸部、鼠径部リンパ節の腫脹に気付いた。2月に Mayo Clinic を受診し、白血病が確認された。表2に示す血算で、白血球は25,000～30,000、リンパ球が96%である。赤血球は422～460万、ヘモグロビンは65～70%である。

受診後まもなく、Dr. Mills は虫垂炎に罹り、好ましからぬ状況ではあったが手術が必要となった。その3日後、死亡した。

日付	2/4	2/6
ヘモグロビン(%)	70	65
赤血球(万)	460	422
白血球	25,800	30,400
リンパ球(%)	96.5	96.5
好中球	2.0	3.5
血小板(万)	240	310
赤血球不同症	軽度	軽度
赤血球変形症	軽度	軽度
多染性	軽度	軽度
凝固時間(Bogg)	6分	

この症例は、いろいろ解釈の余地がある。X線被曝は白血病とは無関係かも知れない。事実、X線はこの疾患を寛解させうる。その一方で、皮膚に悪性腫瘍を生じうるX線は、血液の悪性腫瘍の原因ともなり得たであろう。Millsの父は癌で死亡しており、Slyeが強調するように遺伝的要因もあった。いずれにせよ、将来の検討を待つべき貴重な症例である。

放射線被曝とリンパ性白血病の関連については、2例の報告があるのみである。ひとつは1911年、von Jagieらによるもので、次のように述べられている。「数年前、ウィーンの放射線取扱者がリンパ性白血病に罹り死亡した。同時期、ミュンヘンで放射線取扱者が同じ疾患で死亡した。我々のひとり(G. Schwarz)は、ラジウム製造工場で長年働く化学者の白血病例を経験する機会があった。最近、アメリカの放射線取扱者も同じ疾患の犠牲になったと伝えられている」。しかし残念ながら、von Jagieは詳細を述べておらず、アメリカの放射線取扱者が誰かも不明である。しかしその記述は2例については明言しており、信憑性があると言えよう。最近の論文で Amundsen は[24] は、放射線従事者のリンパ球は非常に速やかに再生し、過剰産生はリンパ球減少に対する補償作用ともみなしうると述べてい

る。従って「放射線従事者におけるリンパ性白血病例は、明らかに正常値を超えたリンパ球再生と解される」としている。

これに関連して、放射線科医の死はしばしば原因に触れずに報じられている。斯界の利益のためにも、今後このような死亡は、職業上の情報とともに詳細に記録されることが望まれる。

電流による障害と死亡例

放射線科医は、放射線以外にも電撃傷というリスクに曝されている。実際、このような電撃傷を目撃あるいは経験したことがない放射線科医は稀であろう。患者死亡例も発生しており、このような例の多くは医療訴訟系の雑誌に掲載されている。1919年12月2日、Dr. Jaugers の死は記憶に新しい[13]。1920年7月16日、インディアナ州 Seymour の歯科医 Dr. Clatus Cope も感電死している。個人的な事故は科学雑誌のように索引されていないので、これが氷山の一角であることは明らかである。

個人的状況

癌、再生不良性貧血、リンパ性白血病、電撃傷などによる障害例、死亡例は少なからぬものがあるが、これに対する反応は、個人的状況によって異なる。楽観主義者、悲観主義者、それぞれに主張するところがある。一方の見方は、皮膚炎、皮膚癌は既に過去のものであり、放射線が再生不良性貧血やリンパ性白血病の原因であると正確に証明されたわけではなく、電流を扱えば常に事故の可能性はあるというものである。他方では、放射線は非常に危険であり、その扱いは著しいリスクを負う意志のある者だけに任せるべきであるという見方もある。

一般的な事実として、真実はおそらくこの中間にあるであろう。とすれば、過半数を占める楽観主義者には、無用な危険を冒さないように適切な注意喚起が必要である。リスクをあまり喧伝すると放射線科医が生命保険に加入できなくなるという懸念が、過去の意見を鈍らせたことも考えられる。しかしそのような態度は近視眼的である。危険を公に認識してこそ、それを回避する適切な方法が得られるのである。

従来の警告

隠れた危険に対する放射線科医への警告は枚挙にいとまがない。Von Jagieらは、1911年に数人の放射線従事者を検査して、血液像に変化があることを示した。1915年、Portis も同様な結果を発表している。その後のTiraboschi や Bruce の死は、一般報道によって喫緊の課題となった。5年前、Mottram は、ラジウム作業者のために筆をふるい、その努力には Pinch も賛同している。1920年、1921年に、de Courmelles は問題

の重大性を強調した。1922年, Caffaratti, Amundsen, Pfahler はそれぞれに放射線科医の血液変化を詳しく検討した。昨年, Faber は Nordentoft の死を報じて, 警鐘を鳴らした。1922年に Hemler, 1923年には Shearer が, 電撃の危険とその回避策について述べている。

Pfahler の論文は, 精読に値する。彼は米国の放射線科医に, 血液像の変化, その他の障害がないかアンケートを送り, 多くの回答を得た。全体としてX線専門家には軽度の白血球減少, リンパ球の相対的増加が認められた。数例で好酸球增多が認められた。12例に凝固遅延が見られた。収縮期血圧は, 原則として低下していた。血液像の変化は大多数で軽微であったが, Pfahler はこれを有意の過剰照射によるものとし, 危険信号と考えている。総じて看護婦や助手には影響が見られなかつたが, そのうち 10 人に血液の変化その他の異常があり, 過剰被ばくがあつた。放射線科医の多くは, 業務後の強い疲労感を訴えていたが, Pfahler は他の職業でも同等の業務後には同様の疲労がありうるとしている。しかし, ラジウム作業者も同様の疲労感を訴えている点は注目される。

障害予防

以上のことから, 最も控えめに見ても, 放射線科医が日々の業務で障害を被り, 重大な危険に曝されていることは明らかである。このような障害を避けるためには, まず何よりも, 放射線従事者にその危険を徹底的に周知して, 適切な予防措置をとることが必要である。現在広く行なわれている防護方法は有効でないか, あるいはその利用にあたって十分な注意が払われていない。Pfahler らの言うように, 防護の方法のみならず, それを使用する意志が重要である。

防護の原則は良く知られており, 容易に実行できるので, ここで防護方法を詳述する必要はないであろう。しかし, X線従事者は直接線のみならず, あらゆる方向から到達する二次線からも防護されるべきであることを強調しておく。X線撮影では, 簡単な方法で有効な保護が可能であるが, X線透視や放射線治療では, より精緻な方法が必要である。放射線からの保護, 電撃の予防は, 最近ではX線装置メーカーが以前より大きな関心を示している。

すべての防護法を実践しても, ある程度の被曝は不可避である。従って, 業務量の多い検査施設では予備の人員を確保し, 交代制にしたり休暇を増やすべきである。X線従事者には, 業務に応じた被曝を最小限にとどめるよう繰返し注意を喚起しなくてはならない。現代の生活は, 職業を問わずにリスクに満ちている。これに加えて余計なリスクを増やす必要は無い。すべての予防策を講じた上で, 頻回の検診を受けるべきである。

医師が学ぶ最初の格言は「害を為すべからず」(non nerere) である。医師は患者に対しては, 概してこれを良く遵守しているものである。自身の体は軽んずるのであろうか。

討論

Dr. H. J. Ullmann (Santa Barbara):

Hall & Whipple の論文に関する引用で, 「ギャップ」が長いと致死線量が減少するという点ですが, これを言うならば, ギャップ長の二乗と致死線量と比較すれば, 線量はこの二乗値と反比例するのが分かると思います。演者らは, 高電圧で発生した X 線は, 電圧の上昇による X 線強度の増分について許容量がないので, その方が致死的であると考えるのであれば, X 線の物理学を良く理解していないことになります。このような許容量があっても, 致死効果に差はありません。

Dr. Albert Soiland (Los Angeles):

Dr. Carman の発表は, 大いに考慮されるべきものだと思います。医学的にも医療法的にも, 防護より重要なものはありません。これは我々や技師のためだけでなく, 治療や診断の患者にも言えることです。私はこの問題を以前にも提案しましたが, 現在最も重要な放射線医学の問題であると信ずるので, 繰返しを厭いません。何年も前, まだ若かった Dr. Carman のもとを訪れた時, 彼が X 線透視装置の後ろに座って, 毎日多くの患者を素手で触診しているの目にしました。また昔, Dr James T. Case がまだ若くて美男子だったころ, 彼は完全防護と考えていたオーバーヘッドの透視台で透視検査をしていました。ある時, 私は彼の透視装置を手にして検査台の周りを歩いてみましたが, 検査台のわきに立っている Dr. Case の下肢の骨が良く見えました。しかし彼は現在も存命で元気だと思います。先週ニューヨークで, 全くの怠慢とも言えるものを目撃しました。ある大病院で, 自らの仕事を十分理解しているであろう理性ある医師が深部治療をしていました。室内には 2 本の高圧管球があり, 部屋の木製の扉は開いていて, 鉛の防護もなく, 職員も待合の患者も直接線と二次線を浴びていました。放射線の生物学的影響に関する現在の知識から, これは許されないことです。我々は, Dr. Carman が示したあらゆる不要な X 線に対する防護の必要性を心に刻まなくてはなりません。

Dr. G. E. Pfahler (Philadelphia):

私は, Dr. Carman, Dr. Soiland, Dr. Ullmann が言わされたことを強調したいと思います。今日, X 線防護ほど重要なものはありません。斯界の進歩のためにもこれほど重要なものはありません。この防護の問題に関しては, 放射線科医に限ることなく, 患者にも拡大しなければなりません。このような高圧装置が, 技師に扱わせることもなく, 修練した放射線科医が監督する

こともなく、国内に広く普及して一部の病院に設置されていることは、その危険を知る我々をして心胆寒からしめるものです。このような高圧装置では、単に普通の衝立を前に置いて防護できると思ってはなりません。私は、これを自分の検査室で徹底して調べてみました。衝立ではありませんが、このようにしたのです。高圧X線管を、厚さ16インチのコンクリートの床下に置きます。床の表面を1/4インチ厚の鉛で覆います。地下室との連結は、小さな扉1枚で、上に上がるにはぐるっと廊下を回らなくてはなりません。私はこれで遮蔽できると思いました。室内に到達するX線は、患者を透過した光線だけだからです。しかし、X線は部屋中に広がっているだけでなく、隣室にも到達していることがすぐわかりました。すべての部屋と、一条の光が通るだけの空間を残して扉にも鉛を張って、ようやく遮蔽できたのです。X線管の周囲を簡単なガラスのボールで囲っただけの深部治療装置で、その周囲を患者も医者も助手も遮蔽されていると信じて歩き回っているところを見ると、身の毛がよだちます。Dr. Soilandがいみじくも指摘されたように、木製の扉は遮蔽になりません。壁に天井まで完全に鉛を貼り、すべての空気を遮断する必要があります。空気自体も放射線を隣室に運ぶからです。

Dr. Carmanが紹介してくださった私の論文にあるように、ご自分を検査してみてください。立っている場所に歯科用フィルムを置いて、かぶったと思う時間だけ放置し、現像して確かめて下さい。歯科用フィルムをポケットに入れて、かぶるまでにどのくらい時間がかかるかを試してください。X線、ラジウム、いずれを扱っているにせよ、いかに注意していても驚く結果となるでしょう。そして、ときどき自分の血液検査をしてみてください。

これらはいずれもリスクの指標となります。また我々は、X線や電気的な危険に対する防護だけでなく、十分な休養にももっと配慮する必要があります。疲労困憊している上にさらに大量の仕事が加われば、放射線の影響に加えて体内に蓄積する老廃物にも対処しなくてはならないからです。

Dr. L. T. LeWald (New York):

私は、すべての検査施設をニューヨーク市の保健委員会の規則に則って監査すべきだと思います。

しかし委員会は別の面にも配慮する必要があります。医師は免許を盾に、自分が患者を治療する上で適切と思うならば、どんな方法をとろうと自分の勝手だと言うでしょう。しかし公衆を守るために、そして医師自身を守るために、そのような権利はないのだと言わなくてはなりません。委員会は、最近成立した条令への支持を必要としています。もしニューヨーク市が、例えばDr. Soilandが言及したような問題で法廷で争う場

合には、これが試されることになります。委員会の命令は、市の警察規則の下に実行されます。唯一の障壁は、医学界自体の支持を得られるかどうかです。保健委員会が十分な防護法の標準として何を採用すべきかという点については、今日ここで行なわれた助言を保健委員会に知らせましょう。条令違反があれば、免許を得た検査施設でも、免許を取り消すのです。医学界の支持があれば、法廷でも支持が得られるものと思います。これに関するニューヨーク市の条令は以下のよう�습니다。

X線検査施設規則

ニューヨーク市保健部の保健委員会は、1922年1月26日の委員会で以下の決議を採択した。

決議事項：衛生条令第7条に、新たに以下の第107項を加えて修正する。

第107項。いかなる者も、保健委員会が発行する許可証なしに、あるいは同許可証の条件、同委員会の規則に従うことなく、X線検査施設を運営、運用したり、X線写真を撮影、診断し、あるいはX線による人間の検査、治療を行なうX線検査施設を維持、運営、運用していることを公衆に向けて宣伝あるいは提示することはできない。

第3則：危険に対する予防—すべてのX線検査施設は、装置から発生するX線が検査室内に限定されるように建築し、X線装置の運用、使用に際して発生する電流、力、スパークに隣接、接触、接近する患者、術者、そしてその他全ての人と設備を、X線装置稼働中、當時適切に保護するためには適切かつ必要な器具、装置を備えなくてはならない。

第4則：許可は、保健委員会の判断で取り消すことができる。

Dr. J. D. Southard (アーカンソー州 Fort Smith)：

本件は、考得する最も重要な問題のひとつであると思われます。斯界のリーダーがその経験を分かち合って討論されているのを聞き、少なくとも今ここで、Dr. Carman, Dr. Soiland, Dr. Pfahlerのような3人から成る委員会を指名してはどうかと思います。そこで、この仕事に携る全員が従うべき最低限の予防策のやうなもの、容易に実行でき、できるだけ単純なものを策定して、学会に諮り、公表し、我々がそれを遵守すると決めるのです。私は新会員なので、このようなことが既に行なわれているのか、あるいは行なわれつつあるのか分かりません。

1. AMUNDSEN, P.: The blood picture of radiologists. *Tidsskrift for den Norske Laegeforening*, 1922, 862. Abst., *Jour. Roentgen Soc.*, 1923, XIX, 25.
2. AMUNDSEN, P.: Blood anomalies in radiologists and in persons employed in radiological service. *Acta Radiologica*, 1924, III, 1-7.
3. BARCLAY, A. E.: A danger of the Coolidge tube for screen work. *Editorial*. *Arch. Radiol. and Electroth.*, 1921, XXV, 225-227.
4. BECLERE, M.: Que doit-on espérer et que peut-on craindre de l'emploi, en radiothérapie profonde, de rayons très penetrants. *Arch. d'electr. méd.*, 1921, XXXI, 225-237.
5. BORDIER, H.: Biochemische Strahlenwirkung mit besonderer Berücksichtigung der Roentgenstrahlen. *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1913, XX, 202-220.
6. BORDIER, H.: Sur un cas d'anémie mortelle. *Bull. et mém. Soc. radiol. méd. de France*, 1921, IX, 158-160.
7. CAFFARATTI, M.: Quantitative Veraenderungen der Blutelemente bei Roentgenologen und Personal in Roentgen Instituten. *La Radiol., Medica*, August, 1922. Abst., *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1923, XXX, 382.
8. CONTREMOULINS, M. G.: A propos de la protection des tiers contre les rayons X. *Arch. d'electr. méd.*, 1921, XXXI, 314-315.
9. CORI, C. F.: Biological reaction of X-rays: The influence of X-ray treatment on the complement content of the blood of cancer patients. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923, X, 830-834.
10. CORI, C. F., and PUCHER, G. W.: Biological reactions of X-rays: Effect of radiation on the nitrogen and salt metabolism. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923, X, 738-745.
11. CUMBERBATCH, E. P.: Fatal leucopenia following X-ray treatment. *Arch. Roentg. Ray*, 1913-1914, XVIII, 187.
12. DAVID, O., and HIRSCH, A.: Experimental studies on the adrenalin content of the suprarenals following roentgen irradiation. *Klin.-therap. Wehnschr.*, 1923, 790. Abst., *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923, X, 1010.
13. DE COURMELLES, F.: Accidents des rayons X et du radium. *Arch. d'electr. méd.*, 1921, XXXI, 289-298.
14. DE COURMELLES, F.: Hygiène et sécurité du radiologue. *Radiopathie et radiothérapie*. *Arch. d'electr. méd.*, 1920, V, 177-186.
15. DESJARDINS, A. U., and MARQUIS, W. J.: Blood count and blood pressure in high voltage therapy. *Radiol.*, 1924, II, 252-259.
16. DESJARDINS, A. U.: Protection against radiation. *Radiol.*, 1923, I, 221.
17. DESSAUER, F.: The cause of the action of X-rays and gamma rays of radium upon living cells. *Jour. Radiol.*, 1923, IV, 411; also *Strahlentherapie*, 1923, XVI, 208. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 122.
18. EDITORIAL: The autopsy of a radiologist. *Arch. Roentg. Ray*, 1914, XVIII, 393-394. (Data from *La Radiologia Medica*, February, 1914.)
19. EDITORIAL: *Arch. Radiol. and Electroth.*, 1921, XXV, 338-339.
20. EDITORIAL: *Arch. Radiol. and Electroth.*, 1921, XXV, 193-194.
21. EDITORIAL: *Arch. Radiol. and Electroth.*, 1920, XXIV, 341.
22. EDITORIAL: The dangers in working with radium and X-rays. How the problem is being met. *Radium*, 1921, XVII, 53-60; London Correspondent of *Jour. A. M. A.*, 1921, LXXVI, 1412.
23. ENGEL, K.: Ueber Roentgenschädigungen in der medizinischen Radiotherapie. *Deutsch. med. Wehnschr.*, 1907, XXXIII, 22-24.
24. FABER, K.: Anémie pernicieuse aplastique mortelle chez un spécialiste des rayons roentgen. *Acta Radiologica*, 1923, II, 110-115.
25. FRAENKEL, E., and BUDDE, W.: Histologische, zytologische and serologische Untersuchungen bei roentgenbestrahlten Meerschweinen. *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlungen*, 1913, XX, 355-363.
26. FALCONER, E. H., MORRIS, L. M., and RUGGLES, H. E.: The effect of X-rays on bone marrow. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1924, XI, 342-351.
27. GIRAUD, M., GIRAUD, G., and PARES, G.: La crise hemoclasique du mal des irradiations penetrantes. *Presse méd.*, 1921, XXIX, 746-748.
28. HALL, C. C., and WHIPPLE, G. H.: Roentgen-ray intoxication; disturbances in metabolism produced by deep massive doses of the hard roentgen rays. *Am. Jour. Med. Sc.*, 1919, CLVII, 453-482.
29. HAUSMANN, W., and KERL, W.: Zur Kenntniss der biologischen Radiumwirkung. *Strahlentherapie*, 1921, II, No. 3. Abst., *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1921-1922, XXVIII, 275.
30. HEIM, K.: Blut Veraenderungen bei der Grossfelderbestrahlung. *Arch. f. Gynäk.*, 116, II, 291. Abst., *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1923, XXX, 613.
31. HEMLER, W. F.: High tension electric shocks in roentgenologic practice. *Am. Jour. Roent.*, 1922, IX, 365-370.
32. HENKEL, M., and GUEFFROY, H.: Blutgerinnung bei Tiefentherapie. *Zentr. f. Gynäk.*, 1923, No. 11. Abst., *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1922, XXIX, 534.
33. HIRSCH, E. F., and PETERSEN, A. J.: The blood with deep roentgen-ray therapy; hydrogen-ion concentration, alkali reserve, sugar and non-protein nitrogen. *Jour. Am. Med. Assn.*, 1923, LXXX, 1505-1507.
34. HOLZKNECHT, G.: Gibt es ein Reizwirkung der Roentgenstrahlen? *Muenchen. med. Wehnschr.*, 1923, LXX, 761-762.
35. HUSSEY, R. G., and THOMPSON, W. R.: The effect of radium emanations on solutions of trypsin. *Jour. Radiol.*, 1923, IV, 260.
36. IVY, A. C., ORNDOFF, B. H., JACOBY, A., and WHITLOW, J. E.: Studies of the effect of X-rays on glandular activity. *Jour. Radiol.*, 1923, IV, 189-199.
37. KLEIN, J.: The rapidity of sedimentation of erythrocytes before and after roentgen irradiation. *Strahlentherapie*, 1923, XVI, 233. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 128.
38. KROENIG, B., and FRIEDRICH: The principles of physics and biology of radiation therapy. London, W. Heinemann, Ltd., 1922. Review in *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1922-1923, XXVII, 216-217.
39. LACASSAGNE, A., and LAVEDAN, J.: Histologic modifications of the blood after experimental radiations. *Paris méd.*, 1924, XIV, 97. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 269-270.
40. LARKINS, F. E.: A case of acute aplastic anemia. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1921, XXV, 380-382.

41. LAZARUS-BARLOW, W. S.: Some biological effects of small quantities of radium. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1919-1920, XXIV, 1-12.
42. LEITSCH, A.: The immediate effects of X-rays on the blood lymphocytes. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1921-1922, XXVI, 122-128.
43. LEVIN, I.: Action of radium and the X-rays on the blood and blood-forming organs. *Am. Jour. Roentgenol.*, 1922, IX, 112-116.
44. LEVY-DORN, M., and WEINSTEIN, S.: Zum Verhalten des Blutdrucks nach Roentgenbestrahlung. *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1921-1922, XXVIII, 175-178.
45. LITTLE, C. C., and BAGG, H. J.: The occurrence of two heritable types of abnormality among the descendants of X-rayed mice. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923, X, 975.
46. LOEB, L.: The effects of roentgen rays and radioactive substances on living cells and tissues. *Am. Jour. Roentgenol.*, 1922, XIV, 497-498.
47. MAHNERT, A., and ZACHERL, H.: The influence of roentgen rays on the body fluids and metabolism of the human organism. *Strahlentherapie*, 1923, XVI, 163. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 125.
48. MARTIUS: The biological effects of X-rays of different wave lengths. *Strahlentherapie*, XIV, 558. Abst., *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1922-1923, XXVII, 382.
49. MARTIUS: Experimental studies of the action of roentgen rays. *Arch. f. Gynaek.*, 1923, CXIX 193. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 124.
50. MAVOR, J. W.: Studies on the biological effect of X-rays. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923, X, 968-974.
51. MOTTRAM, J. C.: Histological changes in the bone marrow of rats exposed to the gamma radiations from radium. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1921, XXV, 197-199.
52. MOTTRAM, J. C.: Some effects of exposure to radium upon the alimentary canal. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1923, XXVIII, 28-31.
53. MOTTRAM, J. C.: The red cell blood content of those handling radium for therapeutic purposes. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1920 XXV, 194-197.
54. MOTTRAM, J. C., and CLARKE, J. R.: The leukocytic blood content of those handling radium for therapeutic purposes. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1919-1920, XXI, V, 345-350.
55. NAKAHARA, W.: Studies on X-ray effects. III Changes in the lymphoid organs after small doses of X-rays. *Jour. Exper. Med.*, 1919 XXIX, 83-87.
56. NAKAHARA, W., and MURPHY, J. B.: Studies on X-ray effects. The biological action of small doses of low frequency X-rays. *Jour. Exper. Med.*, 1922, 475. Abst., *Jour. Radiol.*, 1922 III, 251.
57. PAGNIEZ, RAVINA, and SOLOMON: Action des rayons de Roentgen sur la coagulation du sang Bull. et mém. Soc. radiol. méd. de France 1921, IX, 256-258.
58. PFAHLER, G. E.: The effects of the X-rays and radium on the blood and general health of radiologists. *Am. Jour. Roentgenol.*, 1922 XIV, 647-656.
59. PICCALUCA, N.: The action of roentgen rays on the reducing capacity of normal tissue and newgrowths. *Strahlentherapie*, 1923, XVI, 24. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 125.
60. PINCH, A. E. H.: A report of the work carried out at the Radium Institute from January 18, 1919, to December 31, 1919. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1920, XXV, 50-62.
61. PORDES, F.: In explanation of the action of X-rays is it necessary to assume functional and growth stimulation? *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1923, XXVIII, 89-93.
62. PORTIS, M. M.: Blood changes in workers with the roentgen ray, and apparatus for protection. *Jour. Am. Med. Assn.*, 1915, LXV, 20-21.
63. RISSE: Some blood changes during roentgen and radium action. *Arch. f. Gynaek.*, 1923, CXX, 181. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 127.
64. ROLLESTON, H.: Acute constitutional symptoms due to radiation. *Jour. Roentgen Soc.*, 1923, XIX, 5-18.
65. RUSS, S.: The immediate effects of X-rays on the blood lymphocytes. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1921-1922, XXVI, 146-149.
66. RUSS, S., CHAMBERS, H., and SCOTT, G. M.: The local and generalized action of radium and X-rays upon tumor growth. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1921-1922, XXVI, 129.
67. RUSS, S., CHAMBERS, H., and SCOTT, G. M.: Further observations of the effects of X-rays upon lymphocytes. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1921, XXV, 377-380.
68. RUSS, S., CHAMBERS, H., SCOTT, G. M., and MOTTRAM, J. C.: Experimental studies with small doses of X-rays. *Lancet*, 1919, CXCVI, 692 695.
69. SCHALL, W. E.: The stimulating and paralyzing effect of X-rays. *Arch. Radiol. and Electrother.*, 1923, XXVIII, 124-125.
70. SHEARER, J. S.: Possible dangers in connection with the use of the X-rays and how to avoid them. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923 X, 240-246.
71. SIMONS, A.: Experimenteller Beitrag zum Problem der Wachstumsteigernden Wirkung der Roentgenstrahlen auf normales menschliches Gewebe. *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1923, XXX, 300-301.
72. SLYE, M.: The inheritability of spontaneous cancer in mice and its application to cancer in man. *Jour. Radiol.*, 1922, III, 453-464.
73. SOILAND, A.: Protection to the operator from unnecessary radium radiation. *Jour. Radiol.*, 1922, IX, 683.
74. STRAUSS, O.: The effect of roentgen rays on intracellular and metabolic processes. *Strahlentherapie*, 1923, XVI, 195. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 126.
75. STRAUSS, O.: Different degrees of sensitiveness to roentgen rays. *Fortschr. a. d. Geb. d. Roentgenstrahlen*, 1924, XXXI, 428. Abst., *Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 271.
76. TAYLOR, H. D., WITHERBEE, W. D., and MURPHY, J. B.: Studies on X-ray effects. I. Destructive action on blood cells. *Jour. Exper. Med.*, 1919, XXIX, 75-82.
77. THOMAS, M. M., TAYLOR, H. D., and WITHERBEE, W. D.: Studies on X-ray effects. II. Stimulative action of the lymphocytes. *Jour. Exper. Med.*, 1919, XXIX, 75-82.
78. VON JAGIC, N., SCHWARZ, G., and VON SIEBENROCK, L.: Blutbefunde bei Roentgenologen. *Berl. klin. Wochenschr.*, 1911, XLVIII, 1220-1222.

79. VON MIKULICZ-RADECKI, J.: Roentgen irradiation and rapidity of sedimentation of blood corpuscles. *Arch. f. Gynaek.*, 1923, CXX, 187. *Strahlentherapie*, 1923, XVI, 223. *Abst., Internat. Survey Roent. and Radiother.*, 1924, VII, 128.
80. WARREN, S. L., and WHIPPLE, G. H.: Roentgen-ray intoxication. *Jour. Am. Med. Assn.*, 1923, LXXXI, 1673-1675.
81. WARREN, S. L., and WHIPPLE, G. H.: Roentgen-ray intoxication. II. The cumulative effect or summation of X-ray exposures given at various intervals. *Jour. Exper. Med.*, 1923, XXXVIII, 725-730.
82. WARTHIN, A. S.: The changes produced in the kidneys by roentgen irradiation. *Am. Jour. Med. Sc.*, 1907, CXXXIII, 736-746.
83. WARTHIN, A. S.: An experimental study of the effects of roentgen rays upon the blood-forming organs, with special reference to the treatment of leukemia. *Internat. Clin.*, 1906, s. XV, IV, 243-277.
84. WESTMAN, A.: Alterations du sang chez les malades traités par les rayons X et par le radium. *Acta Radiologica*, 1921-1923, I, 349-357.
85. WICKHAM, L.: Modifications histologiques produites par les rayons X sur les tissus. *Arch. d'electr. méd.*, 1913, XXII, 433-447.
86. WINTZ, H.: Injuries from roentgen rays in deep therapy. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923, X, 140-147.
87. WITHERS, S.: Certain biological principles of radiation therapy. *Am. Jour. Roent. and Rad. Ther.*, 1923, X, 776-781.