

ATOMIC BOMB INJURY: RADIATION

原爆傷害：特に放射線について

CHARLES L. DUNHAM, M. D.<sup>1</sup>

EUGENE P. CRONKITE, M. D.<sup>2</sup>

GEORGE V. LE ROY, M. D.<sup>1,3</sup>

SHIELDS WARREN, M. D.<sup>1</sup>

(Originally published 1951 既発表)

1. Division of Biology and Medicine, U. S. Atomic Energy Commission  
米国原子力委員会生物学医学部
2. U. S. Naval Medical Research Institute  
米国海軍医学研究所
3. Northwestern University Medical School  
Northwestern 大学医学部



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION  
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of  
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL  
and  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE  
with funds provided by  
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH  
U.S.A. PUBLIC HEALTH SERVICE

原爆傷害調査委員会

広島および長崎

米国学士院—学術会議と厚生省国立予防衛生研究所  
との日米共同調査研究機関

(米国原子力委員会、厚生省国立予防衛生研究所および米国公衆衛生局の研究費による)

## TABLE OF CONTENTS

### 目 次

<b>Clinical Classification of the Syndrome of Acute Radiation Injury</b>	
急性放射線傷害の症候群の臨床的分類.....	Page 2
<b>Very severe radiation injury</b>	
極めて重い放射線傷害.....	4
<b>Severe radiation injury</b>	
重い放射線傷害.....	4
<b>Mild to moderately severe radiation injury</b>	
軽度から中等度の放射線傷害.....	5
<b>Clinical Diagnosis of Radiation Injury</b>	
放射線傷害の臨床的診断.....	6
<b>Laboratory Diagnosis of Radiation Injury</b>	
放射線傷害の臨床検査による診断.....	8
<b>Total leukocyte count</b>	
白血球総数.....	8
<b>Lymphocytes</b>	
リンパ球.....	8
<b>Neutrophilic granulocytes</b>	
好中球性顆粒球.....	8
<b>Thrombocytes</b>	
血小板.....	8
<b>Anemia</b>	
貧血.....	9
<b>Reticulocytes</b>	
網状赤血球.....	9
<b>Summary of the Diagnosis of Radiation Injury</b>	
放射線傷害の診断の総括.....	9
<b>Treatment of the Syndrome of Acute Whole Body Radiation Injury</b>	
急性全身性放射線傷害の症候群に対する治療.....	10
<b>Very severe cases</b>	
極めて重い症例.....	11
<b>Severe cases</b>	
重い症例.....	12
<b>Moderately severe and mild cases</b>	
中等度から軽度の症例.....	12
<b>Ultimate Prognosis of Those who have Survived Several Hundred</b>	
<b>Roentgens of Whole Body Radiation</b>	
数 100 r の全身放射線々量を受けた被爆生存者の究極的予後.....	13

## ATOMIC BOMB INJURY : RADIATION

### 原爆傷害：特に放射線について

CHARLES L. DUNHAM, M. D.

EUGENE P. CRONKITE, M. D.

GEORGE V. LE ROY, M. D.

SHIELDS WARREN, M. D.

The syndrome of acute radiation injury to be considered in this article is the term applied to the symptom complex, or diseased state, which results from exposure of the whole body or a major portion of it to the initial nuclear radiation of an atomic bomb. This term should be clearly distinguished from irradiation sickness, which is commonly used to describe the symptom complex resulting from therapeutic irradiation. It should also be distinguished from surface radiation injury. This term is properly applied to injuries of the skin and subcutaneous tissues resulting from x-radiation or from contact or near contact with radioactive material, such as fission products and induced radioactivity. Injuries of this type related to atomic energy are due largely to beta-ray-emitting isotopes. Internal radiation injury may result from the selective deposition, such as in bone or thyroid, of radioactive material that has been inhaled or absorbed through the gastrointestinal tract or wounds. The two latter types of radiation injury may be caused by residual radioactive contamination.

Initial nuclear radiation from an atomic bomb consists of gamma rays and neutrons emitted during the first minute after atomic explosion. Approximately one half of the initial nuclear radiation is delivered in the first second, and 98% has been delivered by the end of one minute. The syndrome of radiation injury due to exposure of the whole body may occur as a result of any sort of atomic explosion: air burst, surface burst, or underwater burst. In an air burst or a surface burst, persons who are in the open, unshielded by buildings or natural objects, will constitute the most exposed group for any given distance. Those who are shielded by natural objects or who are in buildings made of

ここに取り上げる急性放射線傷害の症候群とは、全身あるいは身体の大部分が原爆の初期核放射線を受けた結果生じる症候群あるいは疾病状態に適用される用語である。この用語は、治療用放射線照射の結果生じる症候群を述べるのに通常用いられる放射線疾病と明確に区別する必要がある。表在性放射線傷害とも区別する必要がある。この用語は、x線照射ないしは核分裂生成物の如き放射性物質との接触、あるいは接触に近い状態および誘発放射能の結果として生じる皮膚および皮下組織の傷害に適用するのが妥当である。原子力に関連したこの種の傷害は、主としてベータ線を出す放射性同位元素によるものである。内部の放射線傷害は、胃腸管あるいは創傷を通じて吸入あるいは吸収された放射性物質が、骨または甲状腺などに選択的に沈着した結果生じることがある。後者の2種の放射線傷害の原因は、残留放射能性汚染であることがある。

原爆の初期核放射線は、原爆々発後の最初の1分間に放射されたガンマ線および中性子よりなる。初期核放射線の約半分は最初の1秒以内に放出され、98%は1分以内に放出された。全身照射による放射線傷害の症候群は、空中爆発、地表上の爆発あるいは水中爆発等の如何なる種類の原爆々発によっても起り得る。空中爆発あるいは地表上の爆発の場合は被爆者の中でも、屋外で建造物あるいは自然物による遮蔽のない人が各距離で最も多量の放射線を受ける。自然物による遮蔽があるが、煉瓦、コンクリートまたは金属製建造物内にいる場合は被爆線量はより少なく、トンネル、

brick, concrete, or metal will be less exposed, and those who are in tunnels, caves, or air raid shelters will be the least exposed.

When the data of the Japanese casualties were analyzed, it was found that it was possible to evaluate, in a general way, the effect of shielding afforded by buildings and shelters. The symptoms and the results of radiation injury to persons who were inside buildings were equivalent to those observed in persons who were in the open, unshielded, and approximately 500 yards farther away from the bomb. It is evident from animal experiments that effective shielding of some portion of the body, such as the spleen, the head, or the abdomen, may reduce the mortality. Only those who were certainly in the open and unshielded, or were in wooden buildings, can be assumed to have received the maximum dose of initial nuclear radiation which could be expected at a given distance. It is proper to assume that all others have received less than the dose that is theoretically possible. It is apparent that it will not be desirable to classify casualties solely on the basis of their distance from the bomb burst.

#### CLINICAL CLASSIFICATION OF THE SYNDROME OF ACUTE RADIATION INJURY

On the basis of the study of the Japanese casualties, and by analogy with other forms of trauma, casualties may be divided roughly into two classes: (1) uncomplicated radiation injury and (2) radiation injury complicated by burns and wounds. It is not now known how important such complications may be, but it appears that the effect may be considerable. This paper will be limited to uncomplicated radiation injury.

The syndrome of acute radiation injury due to exposure of the whole body to the initial nuclear radiation of an atomic bomb was found to occur in three fairly distinct forms, the features of which are summarized in the following outline:

1. Very severe cases (in general, radiation exposure of 600 r or more)

(a) First day

Malaise, nausea and vomiting beginning one to two hours after exposure and continuing for several days; Prostration

ほら穴あるいは防空壕にいる人の被爆線量が最も少ない。

日本人死傷者についての資料を解析した結果、建造物および遮蔽物による遮蔽効果をおおまかに評価することが可能であると認められた。建造物内にいた人に対する放射線傷害の症状および転帰は、屋外にいて遮蔽がなく、かつ爆心地から前者よりもさらに約500ヤード離れていた人で観察されたのに等しかった。動物実験の結果から、脾臓、頭部あるいは腹部の如き身体の部分の効果的遮蔽は死亡率を減少させるかも知れないことが明らかである。屋外にいて遮蔽を受けなかったこと、あるいは木造建造物内にいたことが確実な人のみが、一定距離で予期し得る最大線量の初期の核放射線を受けたと仮定し得る。その他のすべての人は、理論的に可能な線量以下を受けたと仮定するのが適当である。死傷者を爆心地からの距離にのみ基づいて分類することは望ましくないように思われる。

#### 急性放射線傷害の症候群の臨床的分類

日本人死傷者についての調査に基づき、他の種類の外傷とか傷害とを類推することによって、死傷者はほぼ次の2群に分けられる。すなわち、(1)合併症のない放射線傷害および、(2)火傷および創傷を併発した放射線傷害である。かかる合併症の重要性は不明であるが、その影響はかなり重大であるように思われる。この論文では、合併症のない放射線傷害のみを取扱う。

原爆の初期の核放射線に全身が照射されたことによって生じた急性放射線傷害の症候群は、3つのかなり明確な形状で発生したことが認められ、その特徴の大意は下記に総括する。

1. 極めて重い症例 (一般的には600 rあるいはそれ以上の放射線を受けた者)

(a) 第1日

倦怠感、悪心および嘔吐が被爆後1, 2時間してから始まり、数日間続く。虚脱。

- Rapidly developing and persistent severe leukopenia
- (b) Next few days  
Diarrhea and rising sustained fever
- (c) Up to two weeks  
Death in coma and delirium within 14 days after exposure  
Purpura and epilation may appear shortly before death
2. Severe cases (in general, radiation exposure of about 400 r)
- (a) First day  
Nausea and vomiting usually occurring a few hours after exposure but rarely persisting more than 24 hours
- (b) Second day  
Lymphopenia (about 800 lymphocytes per cubic millimeter)  
Total leukocyte count variable
- (c) Fourth to 20th days  
First, a period of relative freedom from symptoms, with:
- (1) Perhaps some malaise and easy fatigability  
(2) Persistent lymphopenia  
(3) Fluctuating leukopenia
- Then, at any time up to the 20th day, the individual may become seriously ill, showing any or all of the following symptoms:
- (1) Epilation (chiefly limited to scalp)  
(2) Purpura and other hemorrhagic complications such as melena, epistaxis, menorrhagia, and metrorrhagia  
(3) Oropharyngeal ulcerations  
(4) Diarrhea  
(5) Fever  
(6) Severe leukopenia  
(7) Infection and breakdown of healing wounds  
(8) General sepsis
- (d) 20th to 40th days  
Death occurs in 50% of untreated persons with sepsis or with hemorrhagic manifestations dominating the picture
3. Mild to moderately severe cases (in general, radiation exposure of 200 to 300 r)
- (a) First day  
Vomiting may occur a few hours after exposure
- (b) Next two weeks  
No definite symptoms  
Moderate lymphopenia

- 強度の白血球減少症が速やかに生じて持続する。
- (b) その後数日  
下痢および持続性高熱
- (c) 2週間まで  
被爆後14日以内の昏睡および譫妄中の死亡。  
死の直前に紫斑および脱毛が生じることがある。
2. 重い症例（一般的には約400rの放射線を受けた者）
- (a) 第1日  
悪心および嘔吐が通常には被爆後数時間してから起るが24時間以上持続するのはごく希である。
- (b) 第2日  
リンパ球減少症（リンパ球数：約800/mm<sup>3</sup>）  
白血球総数は変化する。
- (c) 第4日から20日まで  
最初に、比較的の症状のない期間があるが、下記を伴う。
- (1) 恐らく若干の倦怠感と、ある程度疲労し易いこと。  
(2) 持続性リンパ球減少症  
(3) 動揺する白血球減少症
- それから第20日にいたるまでの何時でも患者は重態になり、下記の症状のいずれか、或いはすべてを示すことがある。
- (1) 脱毛（主として頭皮に限定される）  
(2) 紫斑ならびにメレナ、鼻出血、月経過多および子宮出血の如き、その他の出血性合併症  
(3) 口腔咽頭の潰瘍形成  
(4) 下痢  
(5) 発熱  
(6) 強度の白血球減少症  
(7) 治療中の創傷の感染および破壊  
(8) 全身性敗血症
- (d) 第20日から40日まで  
未治療者の50%が死亡に至る。その際敗血症があるか或いは出血性症状を呈する。
3. 軽度から中等度の症例（一般的には200-300rの放射線を受けた者）
- (a) 第1日  
嘔吐が被爆後数時間して生じることがある。
- (b) 次の2週間  
明確な症状はない。  
中等度のリンパ球減少症

(c) After two weeks

One or a few of the following may appear

- (1) Epilation (chiefly limited to scalp)
- (2) Malaise
- (3) Sore throat
- (4) Petechiae
- (5) Diarrhea
- (6) Weight loss

*Very severe radiation injury.* In this form, vomiting commences shortly after the bombing and may persist for several days. Progressive malaise leading to prostration begins shortly after the bombing, and symptoms continue unabated until death. Diarrhea usually appears within a few days and persists. Fever of the sustained type occurs within a few days of the bombing and increases progressively. Without therapy, death is invariable and may occur at any time from a few hours up to 14 days. Epilation and purpura may appear shortly before death. Hemorrhagic manifestations do not seem to be responsible for the fatal outcome. Progressive leukopenia is present from the day of the bombing.

*Severe radiation injury.* In this form, vomiting occurs shortly after the bombing and seldom lasts longer than the first day. A latent period follows, during which the only symptom is increasing malaise. The end of the latent period occurs in four to 20 days and is marked by the appearance of one or all of the following characteristic symptoms of radiation injury: epilation, purpura, other manifestations of the hemorrhagic state, and oropharyngeal lesions. Concurrently, a variety of conditions may develop (diarrhea, infection and breakdown of healing wounds). The patient rapidly becomes very ill with fever, and prostration and a severe hemorrhagic state may occur. If death follows, it is usually due to acute blood loss, septicemia, or hemorrhage into vital structures. Death may occur at any time between the third and sixth week after the bombing. The hematological findings in these patients are most pronounced during the third to the fifth week and consist of severe leukopenia, thrombopenia, anemia, and prolonged bleeding and clotting time. As recovery occurs, the hemorrhagic

(c) 2週間以後

下記の症状の1ないし若干が生じることがある。

- (1) 脱毛(主として頭皮に限定される)
- (2) 倦怠感
- (3) 咽喉炎
- (4) 点状出血
- (5) 下痢
- (6) 体重減少

**極めて重い放射線傷害** この種類では、嘔吐が被爆直後間もなく始まり、数日間続くかも知れない。虚脱を生じる進行性倦怠感が被爆直後に始まり、症状は死に至るまで軽減することなく続く。下痢は通常数日以内に現われて持続する。持続性高熱が被爆後数日以内に生じて進行的に上昇する。治療を受けなければ、死は不可避であって、数時間から14日までで何時でも起り得る。脱毛および紫斑が死の直前に生じることがある。出血性症状は死の原因になるようには思われない。進行性白血球減少症は被爆した日から認められる。

**重い放射線傷害** この種類では、嘔吐が被爆直後に生じるが、殆んど第1日以後には存続しない。潜伏期が続く、その間における唯一の症状は倦怠感の増大である。潜伏期は4日から20日で終り、それは下記の放射線傷害に特有な症状の1つ、ないしすべてが発現することによって示される。その症状は、脱毛、紫斑、その他の出血性病状の発現および口腔咽頭病変である。同時に、種々の病状が生じるかも知れない(すなわち下痢、治療中の創傷の感染および破壊)。患者は発熱を伴って急速に重態となり、虚脱および強度の出血性病状が生じるかも知れない。その後死に至れば、通常その原因は急性失血、敗血症あるいは生体構造への出血である。死は被爆後第3週から6週までの間で何時でも起ることがある。これらの患者の血液学的所見は第3週から5週までの間で最も著明であり、強度の白血球減少症、血小板減少症、貧血および出血、凝血時間の延長からなる。回復につれて出血性病状は治まり

manifestations subside and spontaneous defervescence takes place. Among the Japanese, the mortality rate for patients with severe radiation injury varied from 25% to more than 50%. It is convenient to consider that severe radiation injury in man is equivalent to the type of injury that occurs in experimental mammals given a comparable dose of x-rays.

*Mild to moderately severe radiation injury.* In this form, any of the characteristic symptoms may occur, but it is distinctly unusual for all of them to be present. The interval between exposure and the occurrence of the general symptoms is longer than in the preceding types. The changes in the hemogram are less profound than in the severe forms, and they occur somewhat later in the course of the disease. Recovery is the rule for better than 90% of patients with moderately severe radiation injury. The deaths that occur are usually the result of complications, such as tuberculosis, bronchiectasis, chronic abscesses, and refractory anemia, and as a rule occur later than the sixth week.

Since the number of persons exposed to an atomic bomb increases geometrically with the distance from the explosion, it follows that there will be more patients with the mild to moderately severe type of radiation injury than with the severe type. The smallest group would ordinarily be the very severe cases. Because of the large number of casualties produced by a single atomic explosion, it is of the utmost importance to estimate, as promptly as possible, the severity of the radiation injury experienced by each patient. It is obviously uneconomical of medical supplies and medical personnel—and, in fact, unnecessary—to devote much attention to patients with moderately severe and mild radiation injury.

In general, few who are farther than one mile from the site of an atomic bomb\* explosion will experience the syndrome of severe radiation injury, regardless of whether they were shielded or outdoors. Badly burned patients may be an exception to this rule, but they would require extensive medical care for their burns in any event. On the basis of

自然解熱が起る。日本人では、重い放射線傷害のある患者の死亡率は25%から50%以上までであった。人における重い放射線傷害は、同量のx線々量を投与した実験哺乳動物に生じる傷害の型に等しいと考えても差支えはない。

**軽度から中等度の放射線傷害** この種類では、特有な症状のいずれもが起り得るが、そのすべてが認められるのは明らかに珍しいことである。被爆から一般的症状の発生するまでの期間は、前述の種類のものにおけるよりもより長い。血色素量の変化は重症の種類におけるよりもその程度は低く、それは幾分後になって疾患の経過中に起る。中等度の放射線傷害のある患者の90%以上が回復するのが通例である。死に至る場合には、それは通常には結核、気管支拡張症、慢性膿瘍および抗療性貧血のような合併症の結果であり、一般的には第6週以後に死亡する。

原爆被爆者数は爆心地からの距離が増加すると共に幾何学的に増加するものであるから、その結果として重症の型よりも軽度から中等度の型の放射線傷害のある患者の数がより多い。最も少数の集団は普通には極めて重症な症例から成るであろう。ただ一回の原爆々発によって生じた死傷者が多数であったので、できるだけ速やかに各患者が受けた放射線傷害の程度を推定することが非常に重要である。中等度および軽度の放射線傷害のある患者に多大の努力を傾注することは、明らかに医療材料および医師を不経済に使用することであり、実際には不必要である。

一般的には、遮蔽があったかあるいは屋外にいたかということ問わず、爆心地より1マイル以上離れている人で重い放射線傷害の症候群を生じるのは殆んどない。強度の火傷を受けた患者はこの通則の例外になるであろうが、いずれにしてもその火傷に対して広範囲な医療が必要である。現在の知識を基礎にすれば、

\*The type of atomic bomb referred to is equivalent to 20 kilotons of trinitrotoluene (TNT).

our present knowledge, it would appear that the syndrome of severe radiation injury, uncomplicated by burns or wounds, would develop in not more than 5% of those who received less than 200 r. Regardless of whether the exact location of the person at the time of exposure is known, or whether personnel dosimeters are available, the severity of the radiation injury can be judged with fair accuracy, once the symptoms have developed, by an evaluation of the symptoms and the laboratory findings.

### CLINICAL DIAGNOSIS OF RADIATION INJURY

Analysis of the data collected by the Joint Commission for the Investigation of the Effects of the Atomic Bomb in Japan disclosed that in persons exposed to an atomic explosion, epilation and purpura could be designated specific symptoms of radiation injury. Three other symptoms were designated suggestive symptoms of radiation injury: vomiting on the day of the bombing, oropharyngeal lesions which occurred before the 39th day, and hemorrhagic manifestations other than cutaneous purpura. A variety of other symptoms were subjected to statistical evaluation, such as anorexia, malaise, diarrhea, bloody diarrhea, and fever, but the degree of correlation was low.

Among the Japanese, epilation commenced during the second week after the bombing and was largely confined to the hair of the scalp. The mean day of onset of epilation was the 25th. Regrowth of hair was apparent after the sixth week in most surviving patients and was usually complete by the fourth or fifth month.

Among the Japanese, purpura was of the cutaneous variety, such as would be readily apparent on inspection. It was rarely observed before the third week, and the mean day of onset was the 24th. In general, patients with cutaneous purpura which was extensive displayed other signs of the hemorrhagic state.

These two symptoms, epilation and purpura, offer the best clinical indication of the severity of the exposure to radiation. Patients with both these symptoms usually had the suggestive symptoms

火傷あるいは創傷を併発しない重い放射線傷害の症候群は200 r以下の線量を受けた人の5%以上には生じないように見受けられる。被爆時の正確な位置が判明しているか否か、あるいは線量計が利用し得るか否かを問わず、放射線傷害の程度は一旦症状が生じるならば、その症状と臨床検査所見を判定することによってかなり正確に判断し得る。

### 放射線傷害の臨床的診断

日本における原子爆弾影響合同調査団によって集められた資料を解析した結果、原爆に被爆した人では、脱毛および紫斑が放射線傷害の特定症状であると指定し得ることが判明した。他の3つの症状が放射線傷害を示唆するものと指定された。すなわち被爆当日の嘔吐、第39日目以前に生じた口腔咽頭病変および皮膚紫斑以下の出血性発病である。食欲不振、倦怠感、下痢、血性下痢および発熱の如き、その他の種々の症状についても統計的判定を行なったが、放射線との相関関係は低かった。

日本人では、脱毛は被爆後の第2週中に始まり、主として頭髮に限定された。脱毛が始まった平均日時は第25日であった。毛髪の再生は大多数の被爆生存患者では第6週以後であるように思われ、普通には第4か月ないし5か月までには毛髪が回復した。

日本人では、紫斑の種類は皮膚紫斑であって、視診上容易に認められるものであった。第3週以前に紫斑が観察されたのは希であり、それが始まった平均日時は第24日であった。一般的には、広範囲の皮膚紫斑のあった患者は他の出血性病状の徴候を示した。

上記の2つの病状、すなわち脱毛と紫斑は放射線照射を受けた程度を最も良く示す臨床徴候になる。両症状のあった患者には通常上記で言及した放射線傷害を



referred to above. It was found that patients with both these symptoms had the lowest leukocyte counts.

As presumptive evidence of radiation injury, vomiting on the day of the bombing is most significant. Its early occurrence, and the fact that it is not likely to be overlooked by the patient, makes it of great help in triage and in evaluation. It is of interest that the Japanese physicians attributed the vomiting on the day of the bombing to psychological causes. However, when the large volume of clinical data was subjected to analysis, the relation between this symptom and probable exposure was indubitable.

The oropharyngeal manifestations consisted of a dusky inflammation of the mucous membrane, soreness of the gums, and, in severe cases, an ulceronecrotic breakdown of the tissues; such changes were rare before the third week, and the mean day of onset was the 22nd. In severe cases, the appearance of the lesions resembled those seen in agranulocytic angina. In some patients, the laryngeal and the upper tracheal mucosa were affected similarly.

The hemorrhagic manifestations other than cutaneous purpura included epistaxis, menorrhagia and metrorrhagia, melena, hemoptysis, hematuria, and bloody emesis. Most patients with cutaneous purpura of any extent also had some or all of these hemorrhagic manifestations. In some whose exposure to radiation was less than the amount required to cause severe radiation injury, these other hemorrhagic manifestations occurred in the absence of cutaneous purpura. This suggested that in certain persons with pre-existing disease, a mild hemorrhagic state tended to produce gross hemorrhage in the diseased tissue (e. g., with pulmonary tuberculosis or uterine fibroids.)

The most serious obstacle to the clinical determination of the severity of radiation injury is the late appearance of the clinical symptoms. In general, the earlier the appearance of the so-called specific or suggestive symptoms, the severer the radiation injury.

示唆する症状があった。両症状のあった患者の白血球数が最低であったことが認められた。

放射線傷害の推定証拠として、被爆当日の嘔吐は最も有意である。嘔吐が初期に起こること、患者が嘔吐をよく記憶していることは負傷者の分類および判定上に非常に助けになる。日本人医師が被爆当日の嘔吐を心理学的原因に基因させているのに興味を持たれる。ただし、多量の臨床資料を解析した場合、この症状を生じたこととほぼ確実に放射線照射を受けたこととの間の関係は明白であった。

口腔咽頭病変は粘膜の黒みがかかった炎症、歯齦痛および重い症例における組織の潰瘍壊死性破壊よりなつた。かかる変化が第3週以前に生じたのは希であり、平均発病日時は第22日であった。重症例では病変の外観は無顆粒球性アングィナで認められるのに類似していた。若干の患者では、咽頭および上部気管粘膜が同様に罹患していた。

皮膚紫斑以外の出血性病変には鼻出血、月経過多、子宮出血、メレナ、咯血、血尿および血性嘔吐があった。如何なる程度でも皮膚紫斑のあった患者の多くには、これらの出血性病変の若干あるいはすべてがあった。強度の放射線傷害を惹起するに必要な線量以下の放射線照射を受けた若干の患者では、皮膚紫斑がないのに、上記の他の出血性病変が生じた。このことを示唆したのは、被爆以前に疾患のあった人では、軽度の出血性病状の悪化によって病変組織から相当な出血が起る傾向があったことである（例えば、肺結核あるいは子宮頸癌腫患者）。

放射線傷害の程度を臨床的に決定するのに最も重大な妨害になったのは臨床症状が後になって出現することである。一般的には、所謂放射線傷害の特定症状あるいはそれを示唆する症状の出現する時期が早ければ早い程、放射線傷害は一層強度になる。

## LABORATORY DIAGNOSIS OF RADIATION INJURY

There is no single laboratory procedure that is by itself diagnostic for radiation injury. Severe radiation injury to the whole body produces pronounced leukopenia (lymphopenia and granulopenia), thrombopenia, and anemia.

*Total leucocyte count.* Leukopenia invariably follows whole body radiation injury. In the very severe type the leukocyte count falls to less than 1000/mm<sup>3</sup> within the first week. With less severe degrees of radiation injury the lowest white cell counts are seen two to four weeks after exposure. It was the opinion of the Japanese physicians that recovery was unlikely if the total leukocyte count was less than 500/mm<sup>3</sup>.

*Lymphocytes.* In the first few days after exposure the lymphocyte count has greater diagnostic value than the total leukocyte count. Lymphocytes start to decrease immediately after exposure. Pronounced lymphopenia appears within 24 hours. A total lymphocyte count less than 800/mm<sup>3</sup> 48 hours after exposure is presumptive evidence of severe radiation injury. A lymphocyte count in excess of 1500/mm<sup>3</sup> 48 hours after an atomic bombing indicates that radiation injury of clinical significance is unlikely.

*Neutrophilic granulocytes.* With severe radiation injury, the neutrophils decrease less rapidly than the lymphocytes. With doses of radiation that are uniformly fatal to experimental animals the total granulocyte counts are less than 1000/mm<sup>3</sup> within one week. With lesser doses of radiation, such low levels may be attained but it takes much longer, perhaps 10 to 20 days.

*Thrombocytes.* For the first three to four days following severe radiation injury, the thrombocyte count remains fairly stable. Beginning four to five days after exposure, the thrombocyte count drops rapidly, attaining values close to zero during the second week. Thrombocytes may remain at this low level for two to four weeks.

### 放射線傷害の臨床検査による診断

1つの臨床検査で放射線傷害であると診断することはできない。全身に対する強度の放射線傷害は、著明な白血球減少症（リンパ球減少と顆粒球減少）血小板減少症および貧血を生じる。

**白血球総数** 白血球減少症は全身性放射線傷害の後に必ず生じる。非常に強度の型では、白血球数は最初の1週間以内に1000/mm<sup>3</sup>以下に減少する。さらに程度の低い放射線傷害では、被爆後2ないし4週間して白血球数は最小になる。白血球総数が500/mm<sup>3</sup>以下の場合には回復の見込みがないというのが日本人医師の意見であった。

**リンパ球** 被爆後最初の数日では、リンパ球数は白血球総数よりも診断上の価値が大である。リンパ球は被爆直後から減少し始める。24時間内に著明なリンパ球減少が現われる。被爆後48時間でリンパ球総数が800/mm<sup>3</sup>以下になることは強度の放射線傷害がある推定証拠になる。被爆後48時間でリンパ球数が1500/mm<sup>3</sup>以上であることは、臨床的に有意な放射線傷害がありそうにもないことを示す。

**好中球性顆粒球** 強度の放射線傷害では、好中球の減少はリンパ球よりも速やかでない。実験動物に対して一様に致死量である放射線々量では、総顆粒球数は1週間以内に1000/mm<sup>3</sup>以下になる。線量がそれよりも少なくとも、この程度の減少は見られるかも知れないが、さらに長期間、恐らく10日から20日を要する。

**血小板** 強度の放射線傷害を受けてから最初の3日から4日間は、血小板数はかなり安定した状態を保っている。被爆後4日から5日して血小板数は急速に減少し始め、第2週中には0に近い数を示すに至る。血小板数は2ないし4週間、この低い状態にあることがある。

**Anemia.** In severe radiation injury, anemia develops slowly. It may be two to three weeks before it is evident. The lowest red cell counts are observed four to five weeks after exposure. A rapidly decreasing blood hemoglobin, red blood cell count, or hematocrit is a serious sign and suggests rapid blood loss.

**Reticulocytes.** Reticulocytes decrease in number promptly and are almost absent for three to four weeks. Any subsequent increase in reticulocytes is a good prognostic sign.

A prominent clinical symptom of radiation injury is the hemorrhagic state that begins between the second and fourth week. The severity of this hemorrhagic state is closely correlated with the level of thrombopenia. It is characterized by an increased capillary fragility, prolonged bleeding time, and prolonged clotting time.

#### SUMMARY OF THE DIAGNOSIS OF RADIATION INJURY

The diagnosis of the syndrome of radiation injury and the estimation of its severity depend on a proper evaluation of three factors: 1. The probability that nuclear radiation sufficient to cause injury reached the patient. This will depend on a knowledge of the patient's location at the time of the bombing, and the estimate of the kilotonnage of the bomb. If personnel dosimeters are available, the data obtained from them must be correlated not only with the foregoing but also with the clinical symptoms. 2. The existence or the development of any or all of the typical symptoms of radiation injury. Early after the bombing, it is proper to attach great significance to the presumptive diagnostic sign of vomiting on the day of the bombing. Particular attention should be directed to the tempo at which symptoms develop. Early appearance is indicative of greater severity of radiation injury. 3. The occurrence and the time-trend of leukopenia and lymphopenia are significant, and should aid materially in the accurate evaluation of the severity of the injury. In the absence of cutaneous purpura or other hemorrhagic manifestations, abnormality of clotting and bleeding time does not necessarily imply that the patient has a severe form of radia-

**貧血** 強度の放射線傷害では、貧血は緩慢に生じる。貧血が明白になるまで2ないし3週間かかるかも知れない。最低の赤血球数は被爆後4ないし5週間して観察される。血色素量、赤血球数あるいはヘマトクリットの急速な減少は重大な徴候であって、急速な失血を示唆する。

**網状赤血球** 網状赤血球数は急速に減少し、3ないし4週間はそれは殆んど認められない。その後において網状赤血球数が増加することは良好な予後の徴候である。

放射線傷害の著明な臨床症状は、第2週と4週との間に始まる出血性病状である。この出血性病状の程度は血小板減少症の程度と密接に相関している。その特徴は毛細血管脆弱性の増大、出血時間の延長および凝血時間の延長である。

#### 放射線傷害の診断の総括

放射線傷害の症候群の診断、およびその程度の判定は次の3因子の適当な評価何如により定まる。1. 傷害を起すに十分な核放射線が患者に達した可能性。これは被爆時の被爆者の位置、および原爆のキロトン数の算定次第で決定される。個人用線量計が利用できるなら、それから得た資料を上述のこののみならず臨床症状との相関を調べる必要がある。2. 放射線傷害の定型的症状のいずれか、あるいはすべての実在または発生。被爆後の初期には、被爆当日の嘔吐という推定診断徴候を非常に重視するのが適当である。症状が発現する速度に特に注意する必要がある。症状が初期に出現することは放射線傷害が、一層強度であることを示す。3. 白血球減少症およびリンパ球減少症の発生と時間——傾向は有意であり、傷害の程度を正確に評価する上で実質的な助けになるべきものである。皮膚紫斑あるいは他の出血性発病がない場合における凝血時間および出血時間の異常は、必ずしも患者に強度の放射線傷害のあることを意味しない。結論として、放射線傷害の診断およびその程度の判定は本質的には臨

tion injury. In conclusion, the diagnosis of radiation injury and the estimation of its severity constitute, essentially, a clinical problem and should be possible on the basis of a brief history, physical examination, and a minimum of laboratory studies.

#### TREATMENT OF THE SYNDROME OF ACUTE WHOLE BODY RADIATION INJURY

In the following discussion the recommended therapy is aimed only at the syndrome of radiation injury. Actually, many if not the majority of cases will be complicated by some other type of injury—trauma, burns, or both—which will, of course, require appropriate treatment. Certain general considerations must be borne in mind. At present there are available no specific agents of proved therapeutic value either for prophylaxis or for treatment following radiation. Treatment, therefore, is symptomatic. This does not by any means imply that efforts at therapy are a waste of time.

The syndrome of severe radiation injury (seen in persons who have received in the neighborhood of 400 r) is, essentially, that of a self-limited disease and at the outset resembles agranulocytic angina. As the illness progresses, the hemorrhagic manifestations become more prominent. If the patient can be tided over the two to five week period during which pancytopenia is more or less complete, he will in the majority of instances recover normal bone marrow function and normal ability to combat infection. The purpura and other manifestations of a hemorrhagic state will disappear, the various formed elements will return to their normal concentrations in the blood, and the lymphoid tissue will return in normal abundance. Furthermore, the individual tissues and organs in survivors will show no evidence of radiation damage greater than what they would have sustained singly from the given dose of radiation. Treatment from the very beginning should be directed at minimizing the effects of the tendency to hemorrhage and inability to combat infection. Wounds should be carefully débrided and every effort made to accomplish healing by primary intention in the shortest possible time. This will minimize the tendency for wound disruption during

床上の問題であって、簡単な既往歴、診察および最小限度の臨床検査に基づいて可能になるべきものである。

#### 急性全身性放射線傷害の症候群に対する治療

下記において参考として述べる療法は、放射線傷害の症候群のみを目的とするものである。実際問題として患者の大多数ではないとしてもその多くは外傷、火傷あるいはその両方の如き他の型の傷害を併発しており、それに対する適当な治療は当然必要である。一般的な考察に留意する必要がある。現在のところでは予防用として、あるいは放射線照射を受けた後の治療用として治療効果があると証明された特定薬品はない。したがって、治療は対症療法で行われる。これは治療に当たっての努力が時間の浪費であることを決して意味するものではない。

強度の放射線傷害の症候群（約 400 r の照射を受けた者に認められるもの）は、本質的には限定した疾患の症候群であり、最初には無顆粒球性アンギナに類似している。病状が進行するにつれて出血性病変は一層著明になる。汎血球減少症が多少共完全に現われる、2 ないし 5 週間の期間を患者が切抜けることができるなら、大多数の例では正常な骨髓機能および感染に対する正常な抵抗力を回復する。紫斑およびその他の出血性病状は消失し、種々の血液構成要素は正常な濃度となり、リンパ組織は正常量を回復する。さらに、被爆生存者の個々の組織および臓器は、照射を受けた放射線量のみによってこわむるものよりも大なる放射線損傷の形跡を示さない。極く初めから、治療は出血および感染に対する不抵抗性の影響を最少限度にすることに向ける必要がある。創傷に対しては入念に辺縁切除を行なう必要があるし、できるなら短期間ということの主眼にして一次癒合をもたらすべく全力を尽す必要がある。この処置は疾病の急性期において創傷が破壊する傾向をできるだけ少なくするのである。広島と長崎で認められた初期の悪心と嘔吐ならびに脱毛以外のすべての症状は、血小板減少症および細菌感染に

the active stages of the illness. All the symptoms other than the initial nausea and vomiting and the loss of hair seen at Hiroshima and Nagasaki can be adequately explained on the basis of pancytopenia, including thrombopenia, plus disturbances in the normal antibody function against bacterial infection. Certainly there is at the present time, insufficient evidence to warrant stockpiling of such items as flavonoid compounds, toluidine blue, protamine, and vitamin B<sub>12</sub>, as essential to the proper treatment of this type of casualty. On the other hand, the data from Japan attest the usefulness of antibiotics and transfusions. The value of antibiotics has been substantiated by a number of experimenters.

In the absence of data to the contrary efforts to maintain water balance and good nutritional status, whether by oral or parenteral means, would seem to be of the utmost importance in the presence of diarrhea, hemorrhage, and infection.

With these considerations in mind, the treatment of this syndrome can be outlined as follows:

*Very severe cases.* In general, this includes cases in which upward of 600 r of whole body radiation was received. There is no satisfactory method for treating patients who have received the certainly fatal doses of ionizing radiation which produce this form of the disease. Nausea and vomiting appear in one or two hours, followed by prostration within the first 24 hours. Before attributing such symptoms to severe radiation injury, however, one must rule out other types of injury as well as emotional disturbances that might produce similar symptoms but from which the patient might recover.

Japanese experience indicated that these victims were very sensitive to physical activity, so that they should be given as much rest as possible as soon as possible. They should not be transported long distances. Treatment should emphasize fluid replacement and efforts to restore electrolyte balance and should include sedation when indicated. There would appear to be no particular advantage in the use of antibiotics and blood transfusions in these persons merely on general principles. On the other hand, when there are clear-cut clinical indications for their use, they should be employed.

対する正常抗体機能の障害を含める汎血球減少症に基づいているものであるとすれば、十分に説明し得る。確かに現在のところでは、この型の傷害を適当に治療するのに不可欠と考えられているフラボノイド化合物、トルイジン青、プロタミンおよびビタミン B<sub>12</sub> のような薬物の蓄積を必要とするという証拠は不十分である。他方において、日本で得た資料は抗生物質および輸血の有効性を証明する。抗生物質の価値は若干の実験者によって裏付けられた。

上記と反対の資料がなければ、下痢、出血および感染が認められる場合に、経口的あるいは非経口的手段によって水分の平衡および良好な栄養状態を維持せんとする努力が非常に重要であるように思われる。

これらの考察に留意してこの症候群に対する治療の概要を下記の如く述べることができる。

**極めて重い症例** 一般的には、これには 600 r 以上の全身放射線量を受けた症例を含める。この種の症状を生じる様な確実な致死量の電離放射線の照射を受けた患者を治療するのに満足できる方法はない。被爆後 1 ないし 2 時間して悪心および嘔吐が現われ、最初の 24 時間内に虚脱がある。ただし、かかる症状の原因が強度の放射線傷害であるとする前に回復の可能性があつて、これに類似した症状を生じるかも知れない。感情障害およびその他の型の障害のないことを確かめる必要がある。

日本人の経験によれば、これらの被爆者は運動に対して非常に敏感であつたことが示されているので、できるだけ速やかに、かつ十分に安静を与える必要がある。患者の遠距離輸送は行なうべきではない。治療の重点を液体の補欠および電解質の平衡を回復させる様にする必要があり、必要に応じて鎮静剤の投与を行なう。一般的原則のみに基づけば、抗生物質および輸血を利用することに特別な利益はないように見受けられる。他方において、それらを使用することが臨床的に明らかに必要な場合には用いなければならぬ。

**Severe cases.** In general, this includes cases in which in the neighborhood of 400 r of whole body radiation was received. These persons need and profit most from good medical treatment. Although in the absence of trauma and burns they do not require active care in the first few days, strenuous activities should probably not be permitted.

Therapy should be directed at (1) restoration of water and electrolyte balance and maintenance of general nutrition, (2) control of infection, and (3) treatment for hemorrhage and anemia. The diet should be bland and low in residue. Intravenous fluids and parenteral alimentation should be given in the usual manner when indicated and when feasible, in an effort to maintain good nutritional status and to restore water and electrolyte balance in the presence of severe gastrointestinal symptoms. Infection can be controlled, at least in part, by the use of antibiotics. There is no reason to begin antibiotic therapy sooner than 48 hours after exposure unless required by wounds, burns, or infectious disease. When there is little doubt that a victim has been exposed to several hundred roentgens, it is wise, if adequate supplies are available to start oral maintenance doses of an antibiotic by the third or fourth day. Once severe symptoms appear, combined oral and parenteral therapy should be instituted. Beginning with several antibiotics at once has not been proved of value. On the other hand, it may be necessary to use various combinations in certain cases.

Sulfonamides are probably not drugs of choice in radiation injury. However, if antibiotics are not available, they would undoubtedly prove lifesaving in certain instances.

The only effective treatment for hemorrhage and anemia is replacement therapy by blood transfusion. It would seem desirable, whenever possible, to maintain blood hemoglobin at a level of 10 g or more per 100 cc.

**Moderately severe and mild cases.** In general, the treatment is similar to that suggested above, modified, of course, according to the clinical indications.

**重い症例** 一般的には、これには約 400 r の全身放射線量を受けた症例を含める。これらの人達は十分な医療を必要とし、且つそれによって最も利益を受ける。外傷および火傷がない場合には最初の数日間積極的な医療を必要としないが、活発な運動は恐らく許してはならない。

治療の方針は、(1)水分と電解質の平衡の回復および一般の栄養状態の維持、(2)感染の抑制および(3)出血および貧血の治療に向ける必要がある。食餌は無刺激性で、残留分の低いものでなければならぬ。強度の胃腸症状が認められる場合には十分な栄養状態を維持し、かつ水分と電解質の平衡を回復する目的で、必要にして可能であれば静注液および非経口的栄養を通常の方法で与える必要がある。抗生物質の使用によって、感染は少なくとも部分的には抑制し得る。創傷、火傷あるいは感染性疾患のために必要であるのであれば、被爆後48時間内に抗生物質療法を初めなければならぬ理由はない。被爆者が数 100 r の放射線量を受けたことに殆んど疑いがない場合には、十分な医療材料があれば第3ないし4日目までに、抗生物質の経口維持量の投与を開始するのが賢明である。一旦強度の症状が現われるならば、経口および非経口的療法の併用を始める必要がある。直ちに若干の抗生物質併用によって療法を開始することが有効であるとは確かめられていない。他方において、ある症例では種々の併用によって投薬する必要があるかも知れない。

スルホンアミドは放射線傷害に対しては恐らく好適な薬物ではない。ただし、抗生物質がない場合はこの薬物は疑いなく命を救うことがある。

出血および貧血に対する唯一の有効な治療は、輸血による補欠療法である。可能であれば何時でも血色素を 100cc 当り 10 g 以上の量に維持することが望ましいと思われる。

**中等度から軽度の症例** 一般的には、治療は上記で示唆したのと同様であるが、臨床徴候によって当然修正される。

**ULTIMATE PROGNOSIS OF THOSE WHO  
HAVE SURVIVED SEVERAL HUNDRED  
ROENTGENS OF WHOLE BODY RADIATION**

It is too early to write of the eventual outcome of the Japanese who recovered from radiation injury. Radiation cataracts of varying severity have occurred in an appreciable number of those who were close enough to receive a significant amount of radiation. It appears likely that the incidence of leukemia will be higher among the survivors than in the Japanese population as a whole. There is enough information available now to warrant the statement that the survivors have regained their fertility and that, among the progeny of the survivors at Hiroshima and Nagasaki, no unusual incidence of abnormal offspring has occurred.

**数 100 r の全身放射線々量を受けた被爆生存者の  
究極的予後**

放射線傷害から回復した日本人の最終転帰について述べるには時期尚早である。種々の程度の放射線性白内障が、有意な放射線量を受けるに十分な距離で被爆した人の間に少数発生した。白血病発生率が日本人全体よりも、被爆生存者で高いことがありそうに見受けられる。被爆生存者が妊娠能を回復し、しかも又広島および長崎の被爆者においては異常児の出生率の増加は生じないという記述を証明すべき資料は十分にあり得る。