

EFFECT OF AGE UPON EXTENSIBILITY OF ISOLATED
AORTIC SEGMENTS OF THE JAPANESE

日本人の摘出大動脈管の弾性に対する年齢の影響

EDWIN T. NISHIMURA, M.D.

MIGAKU MATSUOKA, M.D. 松岡 研

GORO ISHII, M.A. 石井吾郎

SIDNEY C. MADDEN, M.D.



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所—原爆傷害調査委員会

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

TECHNICAL REPORT SERIES

業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory councils, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC業績報告書は、ABCCの日本人および米人専門職員、顧問、評議会、政府ならびに民間の関係諸団体の要求に応じるための日英両語による記録である。業績報告書集は決して通例の誌上発表に代るものではない。

Approved 承認 22 June 1960

Research Project Number 28-60

研究課題登録番号

EFFECT OF AGE UPON EXTENSIBILITY OF ISOLATED
AORTIC SEGMENTS OF THE JAPANESE

日本人の摘出大動脈管の弾性に対する年齢の影響

EDWIN T. NISHIMURA, M.D.¹

MIGAKU MATSUOKA, M.D.¹ 松岡 研

GORO ISHII, M.A.² 石井吾郎

SIDNEY C. MADDEN, M.D.¹

Departments of Pathology¹ and Statistics²

病理部¹ および統計部²



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

ACKNOWLEDGMENT

感謝のことば

The authors are indebted to Dr. Gilbert W. Beebe, Chief, ABCC Department of Statistics for his numerous suggestions and advice in planning the statistical design for this investigation.

著者らは、ABCC 統計部長 Dr. Gilbert W. Beebe から、今回の調査における統計学的企画面に関して種々の示唆ならびに助言をいただいた。ここにしるして感謝の意を表す。

CONTENTS

目 次

Introduction	緒 言	1
Materials and Methods	材料および方法	1
Results	成 績	7
Discussion	考 察	19
Summary	要 約	20
References	参考文献	21
Table	1. Distribution of sample by sex and age at death	
表	性別および死亡年齢別のサンプル分布	6
	2. Distribution of sample by broad causes of death	
	死亡原因によるサンプル分布	6
	3. Distribution of sample by age of specimen at examination	
	死後経過時間別のサンプル分布	6
	4. Correlation ratios between age and selected indices of elasticity nonexposed only	
	非被爆者のみについてみた年齢と選択された弾性指標の相関比	10
	5. Relation between length of postmortem period and mean relative volume at 200 mmHg, by age, sexes combined	
	年齢別に分類した死後経過時間と200mm Hgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係 (男女合計)	12
	6. Distribution of sample by socioeconomic status	
	社会経済状態からみたサンプルの分布	13
	7. Relation between socioeconomic status and mean relative volume at 200 mmHg, by Age, sexes combined	
	年齢別に分類した社会経済状態と200mm Hgの圧力を加えた時の相対的容積, 平均値の関係 (男女合計)	14
	8. Distribution of sample by distance from lower border of specimen to diaphragm, in mm	
	試料の下端から横隔膜までの距離(単位mm)からみたサンプルの分布	14
	9. Relation between location of specimen and mean relative volume at 200 mmHg	
	試料の位置と200mm Hgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係	15
	10. Distribution of sample by inner circumference of aortic segment	
	大動脈片管腔円周からみたサンプルの分布	15
	11. Association between age and inner circumference of aortic segment	
	年齢と大動脈片管腔円周の関係	15
	12. Relation between inner circumference of segment and mean relative volume at 200 mmHg	
	大動脈片管腔円周と200mm Hgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係	16
	13. Association between age and arteriosclerotic rating	
	年齢と動脈硬化度の関係	16

	14.	Relation between arteriosclerotic rating and mean relative volume at 200 mmHg 動脈硬化度と200mm Hgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係	16
	15.	Relation between principal cause of death and mean relative volume at 200 mmHg 主要死亡原因と200mm Hgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係	17
	16.	Distribution of sample サンプルの分布	17
Figure	1.	Apparatus to measure the relative volume change of the aortic segment 大動脈部の相対的容積変化の測定器具	2
図	2.	Volume pressure readings on a representative specimen 抽出試料における容積, 圧力関係を示す数値	8
	3.	Average increase in relative volume by age at death and sex 年齢別および性別相対的容積平均値	8
	4.	Regression of relative volume upon age, by sex 年齢に現われた相対的容積の性別回帰図	18
	5.	Difference between observed and expected relative volume 相対的容積の観測値と期待値の間の差	18

EFFECT OF AGE UPON EXTENSIBILITY OF ISOLATED AORTIC SEGMENTS OF THE JAPANESE

日本人の摘出大動脈管の弾性に対する年齢の影響

INTRODUCTION

Correlation between the aging process and the progressive loss of aortic elasticity* was observed by Roy¹ in 1880 and confirmed by several investigators.²⁻⁴ Most of these studies relate to physical measurements of elasticity of human aortas on strip preparations, but some were designed to measure elastic properties by the application of internal pressure. Studying isolated segments of human aortas, Hallock and Benson⁵ showed that the relative volume change, induced by varying the internal pressure, progressively decreased with the advancement of age. Although it is common knowledge that arteriosclerosis increases in severity with aging, Yater and Birkeland² and Krafka³ noted that no apparent relation existed between aortic extensibility and sclerosis if seriously calcified specimens were excluded.

The apparent lack of correlation between sclerosis and elasticity would suggest that measurements of aortic extensibility be included among the data on the effect of aging upon the aorta for subjects studied at ABCC in Hiroshima and Nagasaki. The present report provides extensibility curves of isolated aortic segments believed to be typical for Japanese adults in different age groups.

MATERIALS AND METHODS

Apparatus The device to measure the relative volume change of the aortic segment was constructed as shown in Figure 1. It was designed to permit the entire system (from burette A to trap E) to be filled with 0.85% NaCl solution. The instrument so constructed eliminated the use of an air gap between the aortic segment and the manometer.

緒言

加齢過程と大動脈弾性*の逐次喪失との関係は、1880年に Roy によって観察され、¹ ついで数名の研究者により確認されている。²⁻⁴ これらの研究の多くは、切片標本について人間の大動脈の弾性を物理的に測定したものであるが、圧力を内部から加えてこの弾性を測定しようとした試みもいくつかある。Hallock および Benson⁵ は、人間の摘出大動脈片について研究し、内部圧力を変えることによって生ずる相対的容積変化は、年齢が進むにつれて漸次減じていくことを明らかにした。動脈硬化が年齢とともに進むことは、すでに常識として知られているところであるが、Yater および Birkeland,² ならびに Krafka³ は、著しい石灰化の認められる場合を除き、大動脈の弾性と動脈硬化の間には、なんら明白な関係の存在しないことを認めた。

この動脈硬化と伸展性との間に、明らかな相関関係の認められない事実は、広島と長崎における ABCC の研究課題として、大動脈における加齢の影響を調べるにあたっては、伸展性測定を加えるべきではないかということを示唆する。本報告は、成年日本人の各年齢層を代表するものと思われる摘出大動脈における伸展性曲線を提供する。

材料および方法

装置 大動脈片の相対的容量変化を測定する装置の構造は図 1 に示すとおりである。この装置はビュレット A からトラップ E に至るまでの全装置に 0.85% 食塩水を満たしうるように考案した。このように組み立てられた装置

*The term ELASTICITY is used interchangeably with EXTENSIBILITY although, technically, the two properties are not synonymous. According to Seifriz,⁶ substances which have high modulus of elasticity have low extensibility or stretch, (e.g. steel) and substances which have a low modulus of elasticity have high extensibility (e.g. rubber).

弾性 (elasticity) ということばと伸展性 (extensibility) ということばは、厳密に言えば二つの性質は異なるが、ここでは同意語として使用する。Seifriz⁶ によれば、高い弾性率を有する物質、たとえば鋼鉄は伸展性が少なく、低い弾性率を有する物質、たとえばゴムは伸展性が大きい。

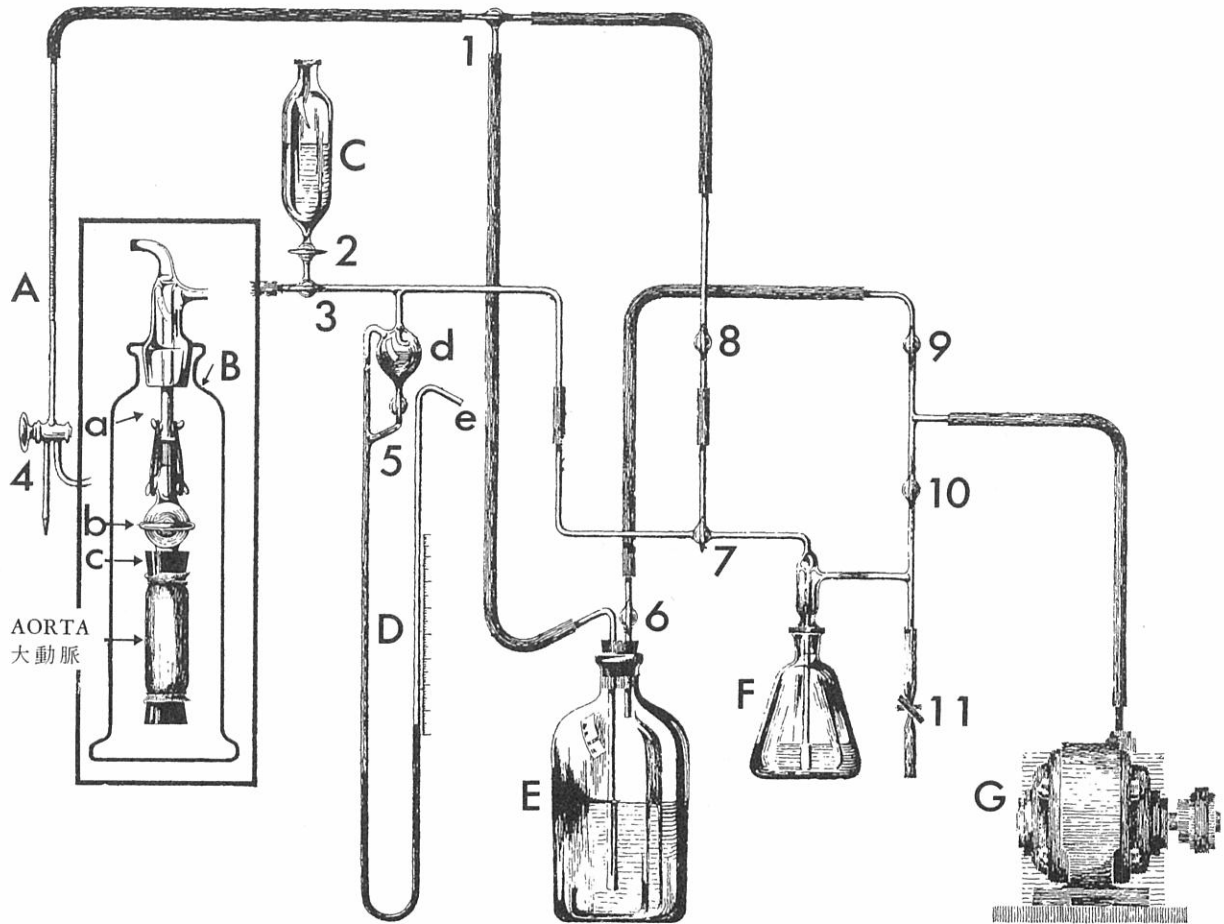


FIGURE 1 APPARATUS TO MEASURE THE RELATIVE VOLUME CHANGE OF THE AORTIC SEGMENT

図1 大動脈部の相対的容積変化の測定器具

The inset in Figure 1 shows in detail the glass jacket B which surrounds the aortic specimen, as well as the ground glass coupling-socket a with the stopcock arrangement b. The segment of aorta to be tested is secured to a well-fitting grooved one-holed rubber stopper secured with fine wire and the stopper c is attached firmly to the glass nipple. The opposite end of the aortic segment is similarly wired to a grooved solid rubber stopper. Care is taken to secure the specimen tightly so that no leak occurs (Figure 1). The empty test segment with attached rubber stoppers and the ground glass coupling piece are then weighed on an analytical balance. After weighing the empty specimen, the apparatus is completely assembled as shown in Figure 1.

The entire system of tubes to the right of B is completely filled with 0.85% NaCl solution from reservoir C so that no air space is present. To fill the apparatus completely with physiologic saline solution, the air must be removed through trap d in

では、大動脈片と圧力計の間に空気間隙をおく必要がない。大動脈片を入れるガラス製ジャケットB、ならびに活栓bのついたすりガラス製連結ソケットaの細部は図1に示した。大動脈片には内腔にぴったり合う有溝単孔のゴム栓をして細い針金でしばり、この栓cはさらにガラス製ニップルにしっかり取りつける。大動脈片の他の端も同様に有溝ゴム栓に針金でしばりつける。試料は図1に示すとおり、これらの栓に固くしばりつけて洩出が起こらないように注意した。ゴム栓およびすりガラス製連結ソケットを取りつけた無内容の大動脈片は、分析はかりにかけてその重量を測る。無内容の試料の重量を測ったあと、図1に示すとおり装置組み立てを完了する。

貯留槽Cから0.85%食塩水を送ってBから右側の導管全体を完全に満たし、空気間隙を残さないようにする。装置を完全に生理的食塩水で満たすためには、水銀圧力計

the mercury manometer D. This is accomplished by applying a negative pressure (with vacuum pump G) to the proximal limb of the manometer and closing stopcock 3 and covering the orifice of the distal limb e of the manometer with a finger. When a sufficient vacuum is established in the proximal limb, stopcocks 2 and 3 are opened and the finger is quickly released to permit the solution from reservoir C to fill the manometer trap. Repetition of this procedure will eventually fill the trap completely with the solution. When filling the specimen with saline solution, air bubbles trapped in the segment are eliminated by repeatedly squeezing it prior to attaching coupling a to the instrument.

Burette A and jacket B are filled with physiologic saline solution and jacket B is attached to the ground glass stopper as illustrated. To establish equilibrium with atmospheric pressure, glass stopcocks 1, 3, 5, 6 and 7 are opened for a few seconds. Stopcock 1 is closed and the glass jacket B is removed. Glass stopcock b is then closed and the ground glass coupling a is detached. Any excess of the solution is wiped away and the small quantity retained in the open end of the ground glass socket is blotted off.

The aortic segment with the entire attachment is weighed again on the analytical balance and the difference between this and the empty weight is recorded as the initial volume of the segment. Finally the entire unit with the attached aorta is refastened to the apparatus and jacket B is filled again with 0.85% NaCl solution so that no air is trapped in the system. Pressure is allowed to equilibrate on either side of the specimen by opening cocks 1, 3, 5, 6 and 7 once more.

Burette A is now filled with physiologic saline solution to zero level from a beaker through the open nozzle at the bottom. Suction is applied via the rubber tubing attached to the top of the burette as shown in Figure 1. This facilitates rapid filling of the burette for each test.

After a few moments the fluid level in burette A is recorded as the initial or zero reading at one atmosphere (the barometric pressure and room temperature are read prior to each test). The changes in the pressure gradient to be applied to the aorta are controlled by the careful manipulation of stopcock 7. The relative changes of volume in burette A in a typical sample of aorta under different conditions of pressure shown in Figure 2 are thus recorded.

Dのトラップdから空気を駆逐しなければならない。これには活栓3を閉じ、圧力計の遠位端開口部eに指を当ててふさぎ、近位端の脚に(真空ポンプGで)負圧を加えればよい。近位端の脚にじゅうぶんな真空ができれば、活栓2および3を開き、す早く指を離して貯留槽Cの液を入れ、圧力計のトラップdに満たす。この方法を反復すればトラップは結局完全に液で満たされる。試料に食塩水を入れる際には、連結ソケットaを装置に取り付けるに先だち、その試料をくり返し圧搾して中に閉じ込められた気泡を除く。

ビュレットAおよびジャケットBに食塩水を入れ、ジャケットBを図のようにすりガラス栓に取りつける。大気圧との平衡をはかるためには、ガラス活栓1,3,5,6,および7を数秒間開く。活栓1を閉じてガラス製ジャケットBをはずす。次にガラス活栓bを閉じてすりガラス製連結ソケットaを取りはずす。余分の液はふき取り、すりガラス製ソケットの開口端に残った少量の液は吸取り紙で吸い取る。

大動脈片はそれに取りつけられている部品とともに再び分析はかりにかけて計量し、これと無内容時の重量の差をこの試料の最初の容積として記録する。最後に大動脈のついたこの部分を再び装置に取りつけ、装置内に空気が残らないように、ジャケットBを再び0.85%食塩水で満たす。活栓1,3,5,6ならびに7を再び開いて、試料の両端の圧力に平衡を保たせる。

ここでビュレットAの底部に開口しているノズルからピーカーの食塩水をゼロ線の高さに達するまで入れる。図1に示すように、ビュレットの上部につけたゴム管で吸引を行なう。これによりテストの都度ビュレットを迅速に充塞することができる。

しばらくして、1気圧における最初の記録、すなわちゼロ線記録として、ビュレットAの液の高さを記録する(大気圧と室温はテストの都度あらかじめ測定しておく)。大動脈に加える圧力変化の速さは、活栓7の周到な操作によって調整する。図2に示した異なる圧力の下における代表的大動脈片のビュレットA内の相対的容積変化は、このようにして記録されたものである。

The test is performed in a stepwise fashion, as indicated by individual points on the diagram, so that different values of pressure and the corresponding changes in the aortic volume are recorded in rapid succession between the range equivalent to one atmosphere and one atmosphere plus 400 mmHg.*

In the beginning, readings for the first 32 cases were made at 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 and 200 mmHg above one atmosphere (temperature corrected). In all subsequent cases, additional readings were made at 40 mm intervals up to 400 mmHg above one atmosphere. Hence, more information is available at the region of 200 mmHg and below. For each specimen three runs were made and recorded.

At the end of each test, the appropriate stopcocks are opened allowing the pressure to return to the atmospheric level in preparation for the rerun. An adjustment is made for local variation in atmospheric pressure and temperature and the volumetric readings are then transformed to multiples of the adjusted readings at 760 mm, generating a series of relative volume changes such as 1.00, 1.02, etc. for 0, 2, etc. mm Hg pressure above one atmosphere. The relative volume change is expressed as

$$\frac{\text{volume at test pressure 加圧時容積}}{\text{initial volume at one atmosphere 1気圧において最初に測定した容積}}$$

Three runs were initially decided upon in the expectation that their average would have greater stability than a single run, but it soon became apparent that the three series differed systematically as illustrated in Figure 2. This shift may itself reflect some fundamental property of the tissues under physical stress,¹ but has, thus far, not been subjected to analysis. For the present analysis it was decided to employ the first run in preference to the average of three runs.

After completion of the test, the system of tubes and trap E are drained and rinsed with physiologic saline solution from reservoir C by the manipulation of stopcocks 5, 6, 7, 8 and 9 so that the used solution will run off into reservoir F situated behind the apparatus.

*The manometer actually measures negative pressure in the evacuated limb of the instrument. Since negative pressure is equivalent to positive pressure of the open limb, or the pressure within the aortic segment, the values reported in this paper will be expressed as positive pressures.

圧力計においては、実際上その排気された脚内の負圧を測定する。負圧は開脚の正圧、すなわち大動脈片内の圧力に等しいから、本報告における数値は正圧として示す。

テストはグラフ上のそれぞれの点が表示すとおりに段階的に実施し、強度を異にする圧力ならびにこれに対応する大動脈容積の変化が、1気圧相当の圧力からこれに400mmHgを加えた圧力*に至るまでの範囲で、連続的に迅速に記録される。

まず、最初の32例については、1気圧にそれぞれ0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, および200 mmHgを加えた場合(温度修正)について測定を実施した。その後の諸例については、1気圧に40mmHg間隔で400 mmHgまでを加えた追加測定を行なった。したがって200 mmHg以下の圧力を加えたものについては、それ以上の圧力を加えた場合よりも測定資料が多い。いずれの試料についてもテストは3回くり返し実施し、これを記録した。

テストが終わるたびに、該当の各活栓を開いて圧力を大気圧の高さまで戻し、次のテストの実施に備えた。大気圧ならびに気温変化については調整を加え、気圧が760mmHgである時の容積の読みの何倍かということによって1気圧を越える圧力0 mm, 2 mm等に対する相対的容積変化、すなわち1.00, 1.02等を得た。相対的容積変化は下記の形で表わした。

各試料についてテストを3回実施したのは、その平均は1回限りのテストの結果よりも高い安定性を示すと考えて最初決定したものであるが、図2に示すとおりに、3回のテストの結果において規則的な変化の現われることがただちに明らかとなった。この変化はそれ自身、物理的圧力の下における組織のある種の基本的性質を反映するもの¹かもしれないが、これまでのところ解析の対象としていない。今回の解析においては、3回のテストの平均値よりも、第1回テストの結果をとることとした。

テストの終了後は活栓5, 6, 7, 8, および9の操作により、導管およびトラップE内の液を抜いて貯留槽Cの生理的食塩水で洗浄し、その廃液は、装置の後部にある貯留槽Fに流れ込むようにした。

Preparation of the Unembalmed Aortic Segment Aortas from autopsies performed in Nagasaki or Hiroshima ABCC* were examined at Nagasaki between September 1958 and May 1959 and the program has continued thereafter. The specimens in Nagasaki were tested immediately after each autopsy while those from Hiroshima were placed, as soon as possible, in vinyl bags, iced in an insulated jug and shipped to Nagasaki. The shipment was completed usually within 12-24 hours.

In preparing the segment, the loose fibro-areolar connective tissues surrounding the adventitia of the unsectioned aorta are stripped from each specimen. Standard measurements are made on the circumference of the test segment at the base of the heart, at the diaphragm, and at the bifurcation. The distance of the test segment from the diaphragm, which is used as the reference point is also measured. Gross evidence of arteriosclerosis is noted and classified for each segment as defined in Table 13. For the test, a thoracic segment in the immediate vicinity of the diaphragm is used whenever possible. Narrow rings above and below the test segment are fixed in 10% formalin for histological studies.

The Sample Between September 1958 and May 1959, 154 aortas from both cities were examined. There were 101 specimens from male subjects and 53 from females with age distribution shown in Table 1. The aorta from every autopsy in this period was examined. The principal causes of death are listed in Table 2. For the purposes of statistical analysis, the causes of death were coarsely grouped under the headings shown.

Most specimens (67%) were examined within 72 hours following death as shown in Table 3. The longest lapse of postmortem time (145-198 hours) for this series occurred in four cases and the time could not be ascertained in one.

For each individual in the series, information was obtained as to presence in either city at the time of the atomic bomb (ATB). Among the cases studied, 24 individuals were within 2500 m from the hypocenter. This range is believed to include all those individuals who may have received at least 5 to 10 rad.⁷ Sixty persons in this series were technically in Hiroshima or Nagasaki or their immediate environs ATB, but at distances greater than 2500 m; 70 individuals were in neither city.

防腐処置を施さない大動脈片作成方法 長崎または広島 ABCC*における剖検で入手した大動脈につき、1958年9月から1959年5月まで長崎においてその検査を実施した。この研究はその後も引き続き実施されている。長崎で入手した試料については剖検の都度その直後にテストを実施したが、広島の場合はなるべく迅速にビニール袋に詰め、広口魔法びんに入れて冷蔵し、長崎へ送った。これは普通12時間ないし24時間内に長崎に到着している。

大動脈片の作成にあたっては、未切開大動脈の外膜周囲にゆるく付着している線維蜂窩織性結合織を各試料からはぎ取る。心臓基底部、横隔膜位、および大動脈分岐部において、大動脈管試料の太さにつき基準的測定を行なう。基準点として使用した横隔膜から大動脈片までの距離も測る。肉眼的に認められる動脈硬化症徴候に留意し、各試料ごとに表13の定義に従い分類を行なう。テストには、できるだけ横隔膜と直接隣り合っている胸大動脈の部分を用いる。組織検査のため試料の上下にあたる部分の大動脈をわずかに取って10%ホルマリン液に固定する。

サンプル 1958年9月から1959年5月に至る間に、両市で入手した大動脈154例について検査を実施した。男子標本は101例、女子標本は53例で、その年齢分布は表1に示すとおりである。上記期間内に実施した全剖検例について大動脈片の検査を行なった。主要死亡原因は表2に示した。統計学的解析を行なうために、死亡原因は大略見出しのように分類した。

大部分(67%)の試料は表3に示すとおり、死後72時間内に検査した。この研究で死後経過時間の最も長かったもの(145-198時間)は4例で、経過時間不明のものが1例あった。

研究の対象となった各人については、原爆投下時に広島市または長崎市にいた事実があるかどうかを調べた。被検者のうち24名は爆心地から2500m以内の地点にあった。この範囲には5-10 rad以上の放射線を受けた者全員が含まれると考えられている。⁷ また60名は広島および長崎、またはその隣接地にいたが2500m以遠の地点にあり、70名はこれらいずれの市にもいなかった。

* One specimen was obtained from Nagasaki University Medical School, Nagasaki.

長崎大学医学部から試料1片を入手した。

TABLE 1 DISTRIBUTION OF SAMPLE BY SEX AND AGE AT DEATH

表1 性別および死亡年齢別のサンプル分布

Age at Death 死亡年齢	Male 男	Female 女	Total 計
10-19	3	0	3
20-29	4	5	9
30-39	11	10	21
40-49	20	8	28
50-59	20	10	30
60-69	29	10	39
70-79	11	9	20
80+	3	1	4
Total 計	101	53	154

TABLE 2 DISTRIBUTION OF SAMPLE BY BROAD CAUSES OF DEATH

表2 死亡原因によるサンプル分布

Cause of Death 死因	Number 例数
Inflammation: a) Tuberculosis 結核 炎症性疾患	20
b) Other その他	24
Malignancy 悪性疾患	61
Cardiovascular 心臓血管系疾患	19
Cerebrovascular 脳血管系疾患	8
Other その他	20
Unknown 不明	2
Total 計	154

TABLE 3 DISTRIBUTION OF SAMPLE BY AGE OF SPECIMEN AT EXAMINATION,
IN HOURS AFTER DEATH

表3 死後経過時間別のサンプル分布

Age of Specimen 死後経過時間	Number 例数
0 - 24 hrs	33
25 - 48	46
49 - 72	24
73 - 96	22
97 - 120	17
121 - 144	7
145 - 198	4
Unknown 不明	1
Total 計	154

RESULTS

Figure 2a illustrates the characteristic curves obtained with the apparatus. The specimen used in this example was obtained 103 hours after death from a male aged 41 (case 58 AH 138). The small but systematic variation in the curves for three determinations are apparent. These curves are well approximated by an equation of the form:

$$y = a(1 - e^{-\lambda x})$$

y denotes increases in relative volume

x is pressure above one atmosphere (mmHg) while a and λ are constants. For the data in Figure 2b the estimated values of these constants are $a = 2.34$ and $\lambda = 0.0103$. The values from 45 cases were fitted using the formula and in only a few was the fit not excellent.

Descriptive Curves by Age and Sex The mean extensibility curves of the aortic segments, based on values from the first run of each test, are plotted in Figure 3 separately by sex and age (10 year intervals). For fixed pressures, the average volumetric readings decline steadily with age for both sexes. In males, a wide gap separates the curve for those under 29 years of age from that for individuals aged 30-39, but the curves for ages under 30 are based on very few cases. In contrast, the curves for females show a gradual transition (Figure 3). The transposition of curves for age groups 60-69 years and 70-79 for females (Figure 3) may be the result of inadequate sampling. Despite the small number of cases summarized by certain of the curves, all are quite smooth and, as shown in Figure 2, curves for individual cases are almost equally smooth.

Choice of Index for Statistical Analysis The present preliminary analysis was undertaken to explore the possible significance of exposure to ionizing radiation and a number of other characteristics which might potentially influence the elastic property of the aorta. In view of loss in aortic extensibility with age it was considered essential to find, for each case, some single measure from which the effect of age had been removed. For such analyses, the following measurements or values were considered:

成績

図 2a はこの装置を用いて得た定型的な曲線を示す。このテストに使用した試料は、41歳の男子(剖検例58-AH-138)について死後103時間を経過して入手したものである。3回の測定の結果に、わずかながらも規則的な曲線の変化が、明らかに認められる。これらの曲線はほぼ

なる式によって表わすことができる。式の y は相対的容積の増加で

$$\frac{(V - V_0)}{V_0}$$

x は 1 気圧を越える圧力(単位 mmHg), a と λ は定数を示す。図 2b の資料においては定数の推定値は, $a = 2.34$, $\lambda = 0.0103$ である。45 例の数値についてこの公式を用いて当てはめてみたが, 当てはまらないものはわずか数例にすぎなかった。

年齢別および性別の記述曲線 第 1 回測定値に基づく摘出大動脈の伸展性の平均値曲線は, それぞれ性別および年齢別(10年間隔)に求めて図 3 に示した。一定の圧力についてみれば, 平均容量は年齢が進むにつれて男女ともに次第に減ずる。男子においては, 29歳以下の年齢層と 30-39歳に至る年齢層の曲線の間に大きな差が認められる。ただし, この場合, 30歳未満の年齢層については, この曲線はきわめて少数例に基づいたものである。これに反し婦人における曲線の変化はゆるやかである(図 3)。婦人の場合, 60-69歳に至る年齢層の曲線と 70-79歳に至る年齢層の曲線が入れ替わっているのは(図 3)サンプル抽出が適切でなかったためと思われる。ある曲線については, それが基盤として用いられた例数が少なかったにもかかわらず, いずれもきわめてなめらかな線を描き, 個人における曲線も, 図 2 に示すように, ほとんど同様になめらかである。

統計学的解析に使用する指標の選択 今回の予備的解析は, 電離放射線照射およびその他いくつかの要因が大動脈の弾性に有意な影響を与えるかどうかを探究するために着手されたものである。年齢が進むとともに大動脈の伸展性が失われていく事実からみて, 各例について年齢の影響を除いた 1 つの指標をみつけることが肝要と考えられた。このような解析を可能とするために, 下記の測定ないし数値を考慮した。

FIGURE 2 VOLUME PRESSURE READINGS ON A REPRESENTATIVE SPECIMEN ()
 図2 抽出試料における容積, 圧力関係を示す数値 ()

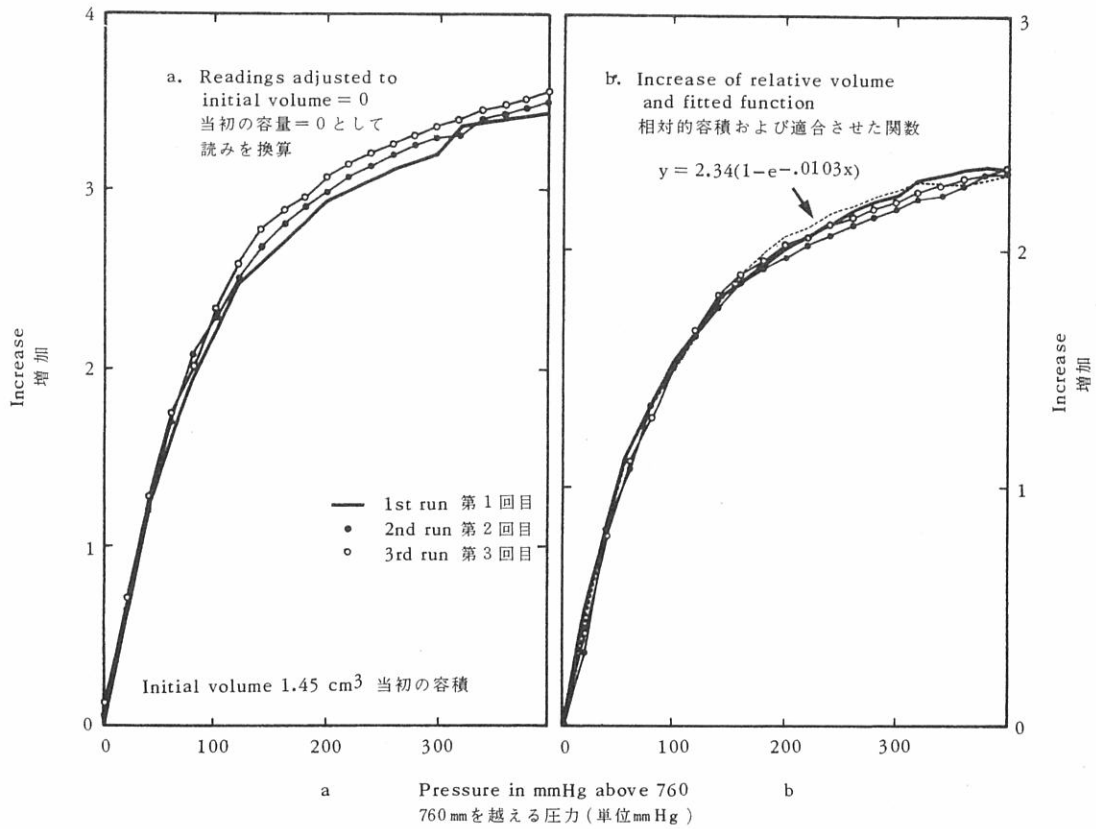
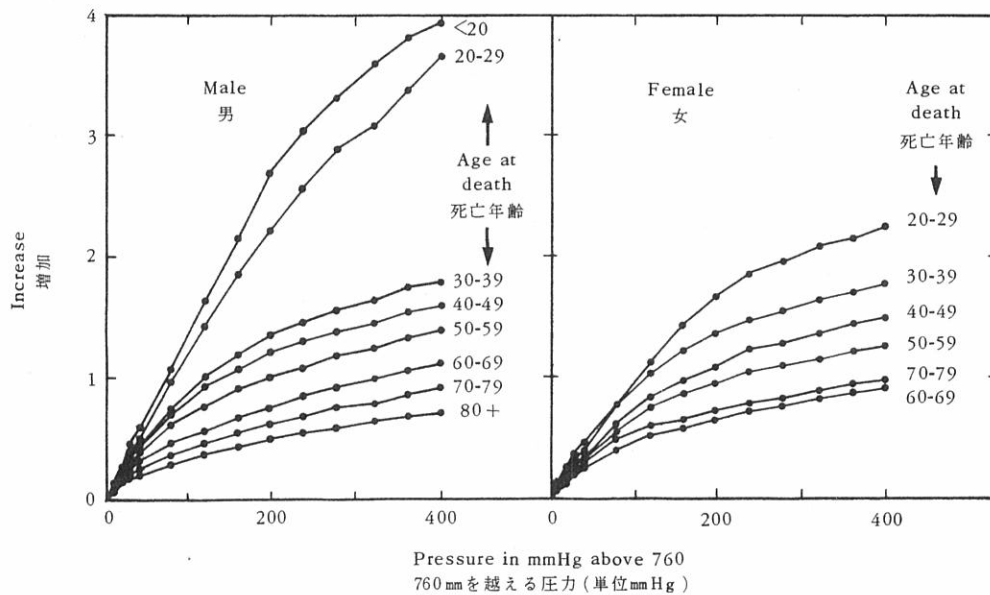


FIGURE 3 AVERAGE INCREASE IN RELATIVE VOLUME BY AGE AT DEATH AND SEX, FIRST RUN ONLY
 図3 年齢別および性別相対的容積平均値, 第1回目のみ



The constants a and λ in the fitted curves;

Areas under the curve from 0 to some fixed pressure (e.g., 0 to 200 mmHg);

Differences between volumes at two fixed pressures (e.g., between 10 and 80 mmHg); and

Adjusted volume for any fixed pressure (e.g., 100 mm, 200 mmHg, etc).

The magnitude of its correlation with age was used as the criterion of efficiency for each such measure or value, and the potential measures of extensibility were then compared in this respect. The correlations were first sought for 24 non-exposed males distributed uniformly over the age range of the sample. As may be seen from Table 4 the resulting correlation measures* do not favor a , the fitted constant in the equation

$$Y = a(1 - e^{-\lambda x}),$$

and graphic analysis showed λ to be uncorrelated with age. A more sensitive test of the areal measures was then sought by adding 22 more cases to these. The correlation ratios for all 46 cases are shown in adjacent columns in Table 4, from which it seems clear that the areal measures are probably less correlated than the observed volume at pressures of 200 mmHg or more above one atmosphere. Accordingly, the areal measures were dropped from consideration and all nonexposed individuals were studied to select the best measure from among the single readings at fixed pressures and differences between them. These values also are shown in Table 4 and suggest that the highest correlations are found in the region of 200-400 mmHg pressure, but that the improvement beyond 200 mmHg is small indeed. Since there are more data available at 200 mmHg than at higher pressures, the volumetric reading at 200 mmHg was chosen for the analytical work.

Consideration of Independent Variables Other than Age In addition to age and exposure to radiation from the Hiroshima and Nagasaki atomic bombs, the following variables were studied:

Postmortem period (interval from death to elasticity determinations, in hours);

あてはめた曲線における定数 a および λ

0 から特定の圧力に至るまで、たとえば 0 から 200 mmHg までの曲線の面積

2 つの特定の圧力、たとえば 10 mmHg と 80 mmHg の圧力を加えた時の容積の差

ある特定の圧力、たとえば 100 mmHg、200 mmHg 等の圧力を加えた時の相対容積

これらの各測定または数値の効率を示す基準として年齢に対する相関度を使用しこれにより伸展性の指標となりうるのではないと思われるものについて比較を行なった。まずサンプルの年齢構成の範囲において均一な分布を示す男子非被爆者 24 名について、相関度を求めた。表 4 にみるとおり、この結果得た相関指標* は公式にあてはめた定数 a を支持するものとはならず、

グラフ解析において λ は年齢と相関関係を持たないことを示した。次にこれにさらに 22 例を加え、測定面積のうちでさらに効率のよいものを求めた。総計 46 例に対する相関比は表 4 の隣接欄に示したが、これによれば明らかに測定面積は 200 mmHg 以上の圧力を加えた時の容積観測値よりも年齢との相関が低いものと思われる。そこで測定面積を考慮に入れないことにした。そして非被爆例の全例について検討を行なって、特定の圧力を加えた時の各測定値およびそれらの差の中から最適のものを選ぶことにした。これらに対する数値も表 4 に示した。これによれば相関性の最も高いのは圧力 200 mmHg から 400 mmHg の間であるが、200 mmHg を越えれば實際上相関性の進みは少ないように思われる。200 mmHg の圧力を加えた時の資料が、これを越える圧力を加えた時の資料よりも多いところから、解析には 200 mmHg を加えた時の容積測定値を選んだ。

年齢以外の独立変数についての考慮 年齢および広島・長崎における原子爆弾被爆の事実の他に、次の変数についても検討を行なった。

死後経過時間 (死亡から弾性測定までの時間)

*The correlation index is used here in lieu of the Pearsonian product-moment correlation coefficient (r), as the underlying relationship is curvilinear. For linear relationships the two measures are identical.

一年齢と各指標との基礎的な関係が曲線的であるため、Pearson の積率相関係数 (r) の代わりに、ここでは相関比を用いた。直線的関係のときには両者は一致する。

TABLE 4 CORRELATION RATIOS* BETWEEN AGE AND SELECTED INDICES OF ELASTICITY,
NONEXPOSED ONLY

表4 非被爆者のみについてみた年齢と選択された弾性指標の相関比*

Measure 指標	Male 男						Female 女	
	Uniform Age Distribution 均一的年齢分布				Total 合計		Number 例数	Ratio 相関比
	25 Male		46 Male**		Number 例数	Ratio 相関比		
	Number 例数	Ratio 相関比	Number 例数	Ratio 相関比				
Constant a 定数	24	.75	-	-	-	-	-	-
Area under curve 曲線下の面積								
0 - 100 mm	24	.89	46	.80	-	-	-	-
0 - 200 mm	24	.92	46	.64	-	-	-	-
0 - 400 mm	24	.92	46	.77	-	-	-	-
Volume at fixed pressure 特定の圧力を加えた時の容積								
10 mm	-	-	-	-	82	.62	41	.56
30 mm	-	-	-	-	83	.71	42	.44
80 mm	-	-	-	-	83	.82	42	.66
200 mm	24	.94	45	.86	82	.89	42	.81
320 mm	-	-	-	-	67	.89	28	.92
400 mm	16	.96	37	.82	66	.90	28	.93
Differences in volumes at 2 fixed pressures 2つの特定圧力を加えた時の容積の差								
80 and 10 mm	-	-	-	-	82	.82	41	.71
200 and 80 mm	-	-	-	-	82	.85	42	.81
320 and 200 mm	-	-	-	-	67	.90	28	.85
400 and 320 mm	-	-	-	-	66	.76	28	.71

*See text for definition of correlation ratio

相関比の定義については本文参照のこと。

**Include 24 in adjacent column

隣接欄内の24名を含む。

Socioeconomic status;

社会経済状態

Anatomic location of specimen (mm above the diaphragm);

横隔膜上の距離をmm単位で表わした試料の解剖学的位置

Inner circumference of aortic segment;

摘出大動脈管腔の円周

Arteriosclerotic rating of the specimen based on gross appearance; and

試料の肉眼的動脈硬化度判定値

Principal cause of death.

主要死亡原因

Each of these variables was analyzed for its influence upon the elasticity of the aortic tissue, with the possibly associated influence of age removed.

これらの各変数については、年齢による影響と考えるものを除外した上で解析を行ない、大動脈の弾性に与える影響を検討した。

POSTMORTEM PERIOD Roy observed in 1880 that the curve of aortic elasticity of any aorta remains the same until development of advanced putrefaction

死後経過時間 Roy は1880年のその観察において、大動脈の弾性曲線が高度の腐敗が起こるまで変わらないこと、および生理的食塩水内で保存すれば数か月を経た後もな

and when kept in physiologic saline solution it has been shown that only a slight loss of elasticity occurs in strips of aorta even months later.¹

In the present study seven aortic segments were tested daily for postmortem periods ranging from 6-198 hours. Once placed in the apparatus the aortic segments were kept in clean physiologic saline solution (changed daily) at room temperature for the entire period of the test. Although it was quite obvious that conditions set forth here did not parallel the autolytic and putrefactive processes in cadavers, they did disclose, nevertheless, whether a long delay in the examination of specimens will significantly affect the results. A slight variation occurred in these specimens after seven postmortem days and the range of variability was somewhat greater in the aorta from one young subject whose extensivity curve was high, as would be expected from his age (under 20 years, Figure 3). The results clearly indicated that no great variability of the elasticity curve occurred for many hours following the autopsy.

The interval from death to the laboratory study varied from 6-198 hours, and was considered a variable potentially capable of introducing enough extraneous influence to require some form of statistical control. The distribution of the sample in this respect is given in Table 3. To study the effect of the postmortem period, the cases were grouped in two alternative age patterns for males and females combined: first, 30-49 and 50-69 years; and second, 0-39, 40-59 years, and 60 years or more. Within each age group the cases were further subdivided into postmortem intervals of 24 hours in length, as indicated in Table 5. Analysis then extended to the computation of mean relative volume at 200 mmHg for each age-postmortem interval and statistical testing of the five means for each age group. As may be seen in Table 5, the five comparisons provided no evidence that the length of the postmortem period influences the relative volume. Accordingly, this variable was disregarded in further analyses.

SOCIOECONOMIC STATUS The socioeconomic rating of autopsied subjects for this study was based on employment records. The classes were divided into seven broad categories, ranging from professional and technical workers to those who were unclassifiable. Table 6 gives the distribution of the sample together with the groupings adopted. The analysis for this variable was considered of interest in the light of its possible correlation with dietary habits and occupational effort. The data

お大動脈細片はわずかにその弾性を失うにすぎないことを認めた。¹

このたびの研究においては、大動脈片7個について死後6時間から198時間に至るまで毎日テストを実施した。大動脈片はいったん装置に取りつけた上は、テストの全期間を通じて、清浄な生理的食塩水(これは毎日取り替える)内に、室温で保存した。ここに設定された諸条件が死体の自己溶解および腐敗過程と平行関係を有しないことはきわめて明らかであるが、それにもかかわらず、それは長期にわたる試料検査の遅延がはたして有意の影響をもたらすか否かの点を明らかにした。死後7日を経過するとこれらの試料には軽い変化が現われた。一青年の大動脈片においては、その年齢(20歳以下、図3参照)から予想されるように弾性曲線が高く、その変化の範囲はやや大きかった。しかし全般的なテストの成績は、明らかに剖検後長時間を経ても弾性曲線にさして大きな変化をもたらさないことを示した。

死亡から検査までの時間は6時間から198時間の範囲にわたっているが、これはなんらかの形で統計学的規制を加えなければならない外部的影響を導入する可能性を持つ変数であると考えられた。この点に関するサンプルの分布は表3に示した。死後経過時間の影響を調べるために、実験例は男女を合わせて2つの型の年齢群に分けた。すなわちその一つは30-49歳および50-69歳の年齢群、いま一つは0-39歳、40-59歳、および60歳以上の年齢群である。各年齢群についてはさらに表5に示すとおり、死後経過時間24時間ごとの小分類を行なった。かくて、各年齢群について死後経過時間別に200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の解析を行ない、各年齢群における計5つの平均値についての統計学的検定を実施した。表5に示すとおりこれら5つの数値を比較した結果、死後経過時間の長短が相対的容積に影響を及ぼす徴候はいささかも認められなかった。したがって、その後の解析においてはこの変数を無視することとした。

社会経済状態 この研究における剖検例の社会経済状態の評価は就業記録に基づいて行なった。その分類は、専門的技術的職業従事者以下分類不能の者に至るまで7つに大別した。サンプルの分布状態およびその分類は表6に示すとおりである。この変数は食餌ならびに職業的活動との関連も考えられるためその解析に関心が持たれた。

TABLE 5 RELATION BETWEEN LENGTH OF POSTMORTEM PERIOD AND MEAN RELATIVE VOLUME AT 200 mmHg, BY AGE, SEXES COMBINED

表5 年齢別に分類した死後経過時間と200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積
平均値の関係(男女合計)

Age at Death 死亡年齢	Postmortem Period in Hours 死後経過時間										Test Result* 検定の結果
	0-24		25-48		49-72		73-96		97+		
	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	
30-49	7	2.25	14	2.26	8	2.33	10	2.16	8	2.33	NS
50-69	17	1.82	20	1.82	11	1.97	8	1.90	11	1.90	NS
≤ 39	7	2.74	10	2.81	4	2.31	5	2.32	7	2.70	NS
40-59	10	1.99	17	2.14	9	2.22	10	1.97	8	2.09	NS
60+	16	1.77	18	1.66	9	1.75	4	1.74	13	1.72	NS

*F-test on homogeneity of means; NS, not significant at the 5% level.

平均値の一様性に関するF検定。実施の結果、NSは5%有意水準において有意でなかったことを示す。

were analyzed as described for the postmortem period and yielded the negative results shown in Table 7.

LOCATION OF SPECIMEN A record was made of the distance between the lower border of the specimen and the diaphragm (in mm). Table 8 indicates the distribution of the sample in this respect. For analysis the cases were grouped as follows: 0-19, 20-39, and 40 mm or more. This permitted a finer subdivision by age, but again the factor under scrutiny obviously had no effect on elasticity with age controlled (Table 9).

CIRCUMFERENCE OF SEGMENT The inner circumference of the segment sampled ranged from 23-87 mm, and was distributed as shown in Table 10. Correlation with age was quite high, as may be seen from Table 11. For analysis, ages 50 and over were studied, but without detecting evidence of a significant association between circumference and elasticity, once age had been controlled (Table 12).

ARTERIOSCLEROTIC RATING Classification employed appears in Table 13 together with the distribution of the sample in this respect. A high correlation with age is evident. However, with age controlled, as in Table 14, no effect of this variable could be demonstrated.

PRINCIPAL CAUSE OF DEATH Causes of death were coded as indicated in discussion of the sample composition. For analysis they were further grouped as shown in Table 15. In one of the five age groups listed in the table, involving deaths under age 40, a significant discrepancy was seen

資料は死後経過時間の場合と同様の方法により解析したが、その結果は表7に示すとおり有意な差はなかった。

試料採取の位置 試料の下端と横隔膜との間の距離をmm単位で測って記録をとった。表8はこの点に関するサンプルの分布を示す。解析にあたっては被検例を0-19mm, 20-39mm, および40mm以上の3群に分けた。これをさらに年齢別に細分したが、検討の結果、この因子もまた年齢層を規制しても弾性値に対して明らかになんらの影響も与えるものではなかった(表9)。

大動脈片管腔の円周 大動脈片管腔の円周は23mmから87mmの範囲にわたり、その分布は表10に示すとおりである。年齢との相関関係は表11に示すとおりきわめて高い。年齢層の規制を行なって50歳以上のものについて解析を実施した結果、円周と弾性の間になんら有意な関係は認められなかった(表12)。

動脈硬化度判定値 ここに使用した分類とサンプルの分布は表13に示した。そこには明らかに年齢との高度の相関が認められる。しかしながら表14に示すように年齢層の規制を行なった場合、この変数の影響は全く認められなかった。

主要死亡原因 死亡の原因は、先にサンプル構成の項において述べたところに従って分類した。解析に際しては、これをさらに表15に示すように分類した。表に示す5つの年齢群のうちの1つ、すなわち40歳以下の死亡者群に、有意の相違(P<.03)を認めたが、これは他の群には認

TABLE 6 DISTRIBUTION OF SAMPLE BY SOCIOECONOMIC STATUS

表6 社会経済状態からみたサンプルの分布

Code 符号	Socioeconomic Status 社会経済状態	Number 例数
V 0	Professional and technical workers 専門的技術的従業者 Managers and officials 管理的職業従事者	12
1 2	Clerical workers 事務従業者 Sales workers 販売従業者	22
3 4	Farmers, lumbermen, fishermen & related workers 農夫, 伐木夫, 漁夫および類似従業者 Mine and quarry workers 採鉱採石の職業従事者	12
5 8	Transportation workers 運輸的職業従事者 Service workers サービス従業者	7
6 7	Craftsmen 特殊技能工 Production process workers and laborers 生産工程従業者および単純労働者	20
X	Unemployed 無職	74
9	Not classifiable 分類不可能なもの	7
	Total 計	154

($P < .03$), but this was true of no other age group and in a combined test the aggregate discrepancy seemed well within the power of chance to produce in this small sample.

DISTANCE FROM HYPOCENTER In the entire series, 24 individuals were exposed to possible radiation effects of the bomb by virtue of being within 2500 m from the hypocenter ATB. Their distribution by distance from the hypocenter is given in Table 16.

In view of the small number of cases with possibly significant radiation exposure, no powerful test could be made on the hypothesis of a radiation effect. Nevertheless, it seemed desirable to make the most sensitive test possible. In order to obtain an individual measure of elasticity for direct comparison with exposure distance, use was made of the difference between observed elasticity and the value typical of persons of the same age and sex. The latter values were approached via regression analyses, separately for males and females.

められなかったところで、総合検定をしてみるとこの程度の相違は本研究のごとき小数例においては偶然に起こりうる範囲内にある。

爆心地からの距離 全研究対象のうち、24例が原爆投下時に爆心地から2500m以内の地点にあって放射線の影響を受けている。その分布状態は表16に示すとおりである。

強度の照射を受けたと思われる例数が少なかったため、放射線効果の仮説に関しては強力なテストができなかったが、それにもかかわらず、できる限り効率のよいテストの実施が望ましいと思われた。被爆距離と直接比較できる指標を求めるためには、弾性測定値と同性同年齢者における代表値との差を利用した。後者の数値は男女別々に回帰解析法により求めた。

TABLE 7 RELATION BETWEEN SOCIOECONOMIC STATUS AND MEAN RELATIVE VOLUME
AT 200 mmHg, BY AGE, SEXES COMBINED

表7 年齢別に分類した社会経済状態と200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積
平均値の関係(男女合計)

Age at Death 死亡年齢	Socioeconomic Status † 社会経済状態								Test Result* 検定の結果
	V, 0, 1, 2		3, 4		5, 6, 7, 8		9, X		
	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	
30 - 49	12	2.31	4	2.27	13	2.16	18	2.30	NS
50 - 69	18	1.86	5	1.93	10	1.91	34	1.85	NS
≤ 39	8	2.57	3	2.44	4	2.71	18	2.68	NS
40 - 59	13	2.12	3	2.23	15	2.11	23	2.03	NS
60+	12	1.80	6	1.69	5	1.79	37	1.69	NS

*F-test on homogeneity of means not significant at the 5% level; actually all P's exceeded .25.
平均値の一様性に関するF検定実施の結果、NSは5%有意水準において有意でなかったことを示す。実際上いずれの
場合もP>.25

†See Table 6 for code to classification.
分類符号については表6参照のこと。

TABLE 8 DISTRIBUTION OF SAMPLE BY DISTANCE FROM LOWER BORDER
OF SPECIMEN TO DIAPHRAGM, IN mm

表8 試料の下端から横隔膜までの距離(単位mm)からみたサンプルの分布

Distance above diaphragm 横隔膜からの距離	Number 例数
0 - 9 mm	7
10 - 19	25
20 - 29	40
30 - 39	33
40 - 49	14
50 - 59	12
60 - 69	5
70 - 79	7
80+	3
Unknown 不明	8
Total 計	154

TABLE 9 RELATION BETWEEN LOCATION OF SPECIMEN (DISTANCE ABOVE DIAPHRAGM) AND MEAN RELATIVE VOLUME AT 200 mmHg, BY AGE, SEXES COMBINED

表9 年齢別に分類した試料の位置(横隔膜からの距離)と200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係(男女合計)

Age at Death 死亡年齢	Distance above Diaphragm 横隔膜からの距離						Test Result [†] 検定の結果
	0 - 19 mm		20 - 39 mm		40 + mm		
	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	
0 - 29	2	3.10	7	2.88	2	3.81	*
30 - 39	6	2.52	8	2.29	7	2.25	NS
40 - 49	8	2.13	9	2.13	7	2.26	NS
50 - 59	8	1.96	15	2.06	7	2.00	NS
60 - 69	6	1.86	19	1.73	12	1.82	NS
70 +	2	1.67	9	1.63	12	1.63	NS
Combined probability, all tests 全テストの総合確率							.26

[†]F-test on homogeneity of means; NS, not significant at 5% level; *denotes .05 > P > .01; the combined probability represents the combined discrepancies of all 6 independent tests.

平均値の一様性に関するF検定実施の結果; NSは5%有意水準において有意でなかったことを示す。

*は.05 > P > .01: 総合確率は6組の独立した検定を総合した確率を示す。

TABLE 10 DISTRIBUTION OF SAMPLE BY INNER CIRCUMFERENCE OF AORTIC SEGMENT

表10 大動脈片管腔円周からみたサンプルの分布

Circumference 円周	Number 例数
20 - 39 mm	5
40 - 49	32
50 - 59	55
60 - 69	46
70 +	11
Unknown 不明	5
Total 計	154

TABLE 11 ASSOCIATION BETWEEN AGE AND INNER CIRCUMFERENCE OF AORTIC SEGMENT

表11 年齢と大動脈片管腔円周の関係

Age at Death 死亡年齢	Number by Circumference of Segment 管腔円周の長さ別例数		
	≤ 55 mm	> 55 mm	Unknown 不明
< 30	10	0	2
30 - 39	21	0	0
40 - 49	24	3	1
50 - 59	13	15	2
60 - 69	7	32	0
70 +	2	22	0
Total 計	77	72	5

TABLE 12 RELATION BETWEEN INNER CIRCUMFERENCE OF SEGMENT AND MEAN RELATIVE VOLUME AT 200 mmHg, BY AGE, SEXES COMBINED

表12 年齢別に分類した大動脈片管腔円周と200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係(男女合計)

Age at Death 死亡年齢	Circumference 管腔円周				Test Result 検定の結果
	≤ 55 mm		> 55 mm		
	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	
50 - 59	12	2.04	14	1.95	.50
60 - 69	7	1.83	30	1.77	.50

TABLE 13 ASSOCIATION BETWEEN AGE AND ARTERIOSCLEROTIC RATING
表13 年齢と動脈硬化度の関係

Age at Death 死亡年齢	Arteriosclerotic rating* 動脈硬化度					Total 計
	0	1	2	3	Unknown 不明	
< 30	2	6	1	0	3	12
30 - 39	0	19	1	0	1	21
40 - 49	1	12	9	1	5	28
50 - 59	1	7	17	2	3	30
60 - 69	0	4	22	10	3	39
70+	0	3	5	12	4	24
Total 計	4	51	55	25	19	154

*Defined as 0, no lipid fleck nor atheromatous change; 1 - with lipid fleck or atheromatous change under 0.5 mm in diameter; 2 - with lipid fleck or atheromatous change over 0.5 mm in diameter; 3 - atheromatous change with calcification and some ulcer.

硬化度は下記による。0 - 脂肪斑または硬化性変化を認めないもの。1 - 径0.5 mm以下の脂肪斑または硬化性変化を認めるもの。2 - 径0.5 mm以上の脂肪斑または硬化性変化を認めるもの。3 - 石灰沈着および潰瘍を伴う硬化性変化を認めるもの。

TABLE 14 RELATION BETWEEN ARTERIOSCLEROTIC RATING AND MEAN RELATIVE VOLUME AT 200 mmHg, BY AGE, SEXES COMBINED

表14 年齢別に分類した動脈硬化度と200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積平均値の関係(男女合計)

Age at Death 死亡年齢	Arteriosclerotic Rating† 動脈硬化度						Test Result* 検定の結果
	0 & 1		2		3		
	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	
40 - 49	11	2.30	9	2.12	1	2.03	NS
50 - 59	7	1.96	16	2.04	2	1.62	NS
60 - 69	4	1.80	20	1.77	10	1.74	NS
70+	3	1.69	5	1.65	12	1.56	NS

†See Table 13. 表13参照のこと。 *See Table 5. 表5参照のこと。

TABLE 15 RELATION BETWEEN PRINCIPAL CAUSE OF DEATH AND MEAN RELATIVE VOLUME
AT 200 mmHg, BY AGE, SEXES COMBINED

表15 年齢別に分類した主要死亡原因と200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積
平均値の関係(男女合計)

Age at Death 死亡年齢	Principal Cause 主要死亡原因								Test Result* 検定の結果
	Inflammation 炎症性		Malignancy 悪性		Vascular 脈管性		Other その他		
	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	Number 例数	Mean 平均値	
< 40	12	2.79	11	2.26	4	2.58	6	3.05	.026
40 - 49	4	2.00	12	2.32	5	2.15	5	2.11	.3
50 - 59	7	1.93	14	1.97	4	2.02	3	2.12	.5
60 - 69	10	1.73	13	1.80	11	1.76	3	1.92	.3
70 +	8	1.54	8	1.67	2	1.60	5	1.75	.4
* Combined P 総合確率									.5

TABLE 16 DISTRIBUTION OF SAMPLE BY SEX AND DISTANCE FROM HYPOCENTER

表16 性別および被爆時における爆心地からの距離別サンプルの分布

Distance 爆心地からの距離	Male 男	Female 女	Total 計
0 - 999 m	0	0	0
1000 - 1499	7	1	8
1500 - 1999	4	4	8
2000 - 2499	3	5	8
Total 計	14	10	24

By the method of least squares, the fitted curves of Figure 4 were obtained for relative volume at 200 mmHg. Then, if Y' is the regression estimate for individuals aged i years at death; and Y_i is the observed relative volume for a particular person i years of age, then the estimated volume, independent of age, for that specimen is $Y_i - Y'_i = Z_i$.

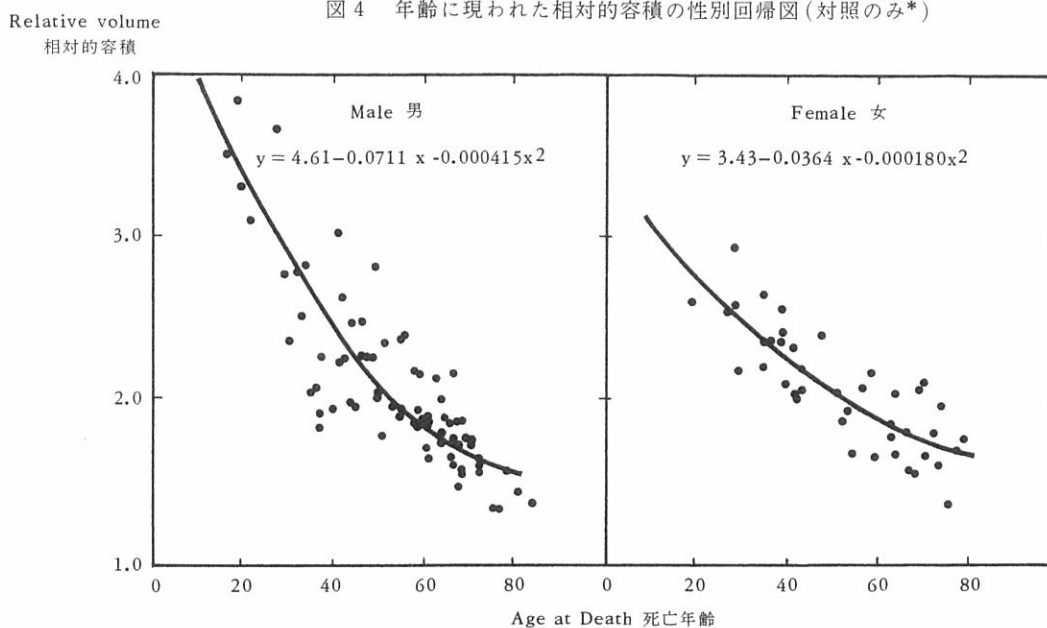
The relation between Z and distance from the hypocenter was then investigated. The resulting data are plotted in Figure 5 in the form of a scatter diagram. No association between the two variables is suggested by the figure, and the regression coefficient for each sex does not differ significantly from zero. Also, mean Z does not differ significantly from zero for either sex, as might be expected if Z were correlated with radiation exposure.

最小2乗法により、200 mmHgの圧力を加えた時の相対的容積に対して、図4に示す曲線を得た。この際、 Y_i を死亡時年齢*i*歳の人の回帰推定値とし、 Y_i を年齢*i*歳の特定個人の相対的容積観測値とすれば、 $Y_i - Y'_i = Z_i$ は年齢の影響を除いた場合のその標本に対する値となる。

次にこの Z と爆心地までの距離との関係を調べた。その結果は図5に散点図として示すとおりである。この図からは、これら2つの変数の関連性を示すと思われるものは認められず、男女それぞれの回帰係数はゼロからさして隔っていない。もし Z が放射線照射と相関関係を有するものとすれば Z の平均値はゼロと有意に異なると予想されるが、男女いずれにおいても、 Z の平均値はゼロからの大きな隔りをみせていない。

FIGURE 4 REGRESSION OF RELATIVE VOLUME UPON AGE, BY SEX
CONTROL ONLY*

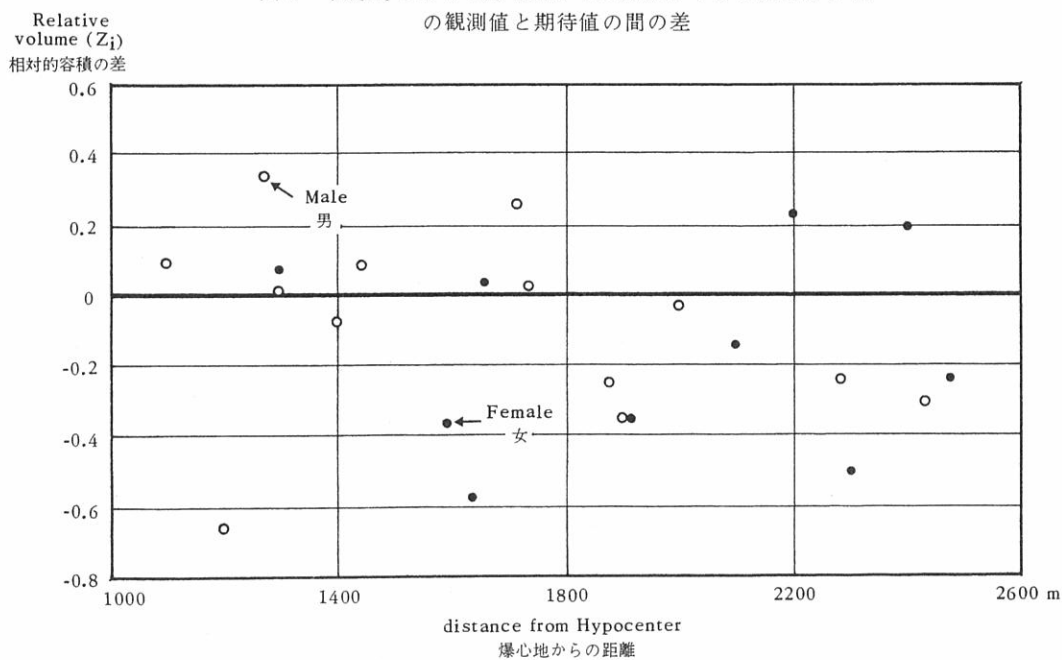
図4 年齢に現われた相対的容積の性別回帰図(対照のみ*)



*Includes 2500 + m
2500m以上の被爆者を含む

FIGURE 5 DIFFERENCE BETWEEN OBSERVED AND EXPECTED RELATIVE VOLUME*
IN RELATION TO DISTANCE FROM HYPOCENTER

図5 被爆時における爆心地からの距離からみた相対的容積*
の観測値と期待値の間の差



*At 200 mmHg above atmosphere (Zi)
大気中で200 mmHgの圧力を加えた場合(Zi)

DISCUSSION

Several studies²⁻⁵ have shown excellent correlation between the loss of aortic elasticity and the advancement of age. Evidently it is one of the few quantitative measurements on pathological materials that is applicable to the study of the aging process.

Quantitative assessment for evaluating the relative rate of aging in humans following exposure to the atomic bombs at Hiroshima or Nagasaki is desirable, since many observations^{8,9} have shown that exposure of the whole body to ionizing radiation shortens the life span of experimental animals. While some have attributed this phenomenon to acceleration of the aging process,¹⁰⁻¹² Mole, among others, disagrees with the notion that ionizing radiation evokes premature aging.¹³ There is, however, good agreement that ionizing radiation, in some unknown manner, induces deterioration of certain bodily processes which eventually leads to the shortening of the life span.

Correlation studies of ABCC data showed the most reliable measure for evaluating the degree of aortic elasticity is the relative volume change for any given pressure (200 mmHg in this study). It is of some interest that volume-pressure figures obtained by Hallock and Benson⁵ for specimens of young persons are S-shaped curves while the curves shown here are typically hyperbolic for all age groups. This difference is probably attributable to the fact that an air-gap present in the instrument designed by Hallock and Benson was eliminated in the device used in this study. In general, however, the curves are very similar to those given in Figures 2 and 3. Of further interest is the fact that Hallock and Benson⁵ were able to calculate the pulse wave velocities from their mean volume-elasticity curves using Moen's equation. The comparison of mean pulse wave velocities determined in living individuals at corresponding ages, by these authors, showed satisfactory correlation (within 6%). In a more recent communication,¹⁴ the estimation of elasticity indices in patients and normal individuals is reported to show good correlation with chronological age. These studies show that the clinical application of elasticity measurements may be as valuable as the data obtained on postmortem material.

The obvious discrepancy noted between males and females in groups under 29 years (Figure 3) may be on the basis of inadequate sampling, but the possibility of sex difference in the elastic behavior of the aorta cannot be excluded. With the exception of this one main difference the curves were very similar for both sexes and the data derived from them were readily adaptable to statistical analysis.

考 察

いくつかの研究²⁻⁵において、大動脈の弾性喪失と加齢の間に密接な相関性が認められており、病理材料の定量測定の中で、大動脈弾性測定は明らかに加齢の研究に適用できる数少ないものの1つである。

多くの研究において、^{8,9} 電離放射線全身照射による実験動物の寿命短縮が認められている事実から考えて、広島および長崎における被爆者の相対的加齢率を求めするためには定量法によることが望ましい。前記寿命短縮の現象を加齢過程の促進に基づくとする者¹⁰⁻¹²がある反面、他方において、なかんずく Mole のように電離放射線が早老を誘発するとする考え方を否定している者¹³がある。しかしながら、電離放射線がなんらかの形で、ある種の肉體活動の退歩を起こさせ、それが究極において寿命の短縮をもたらすものであろうという点では、意見が一致している。

ABCC の資料に基づく研究によれば、大動脈弾性の度合いを定めるにあたって最も信頼しうる指標は、ある特定の圧力 (ABCC の研究においては 200 mmHg) を加えた時の相対的容積変化である。いささか興味を覚えるのは、Hallock および Benson⁵ が青年の標本について求めた容積対圧力の数字が S 字形の曲線を示したのに対し、当所で得た曲線はいずれの年齢群においても双曲線形を示したことである。この相違は、Hallock および Benson の設計した装置に存在した空気間隙が、今日の研究で使用された装置では取り除かれた、ということに基づくものかもしれない。しかしながら全体としては Hallock らの曲線は図 2 および 3 に示された曲線と非常によく似ている。さらに面白いことは、Hallock および Benson⁵ が、Moen の公式を用いて平均容積弾性曲線から脈拍の速度を計算し得たということである。上記の著者が同一年齢の生存中の者について測定した脈拍平均速度との比較を行なった結果、じゅうぶんな相関関係 (6%以内) が認められた。さらに最近の通信によれば、¹⁴ 患者ならびに健常人の「弾性指数」と満年齢との相関関係が認められると報告している。これらの研究は、臨床的に実施した弾性測定の結果が、剖検材料について得た資料と同様に貴重であることを示す。

29歳以下の女子群ならびに男子群の間に明瞭に認められる相違 (図 3) は、あるいはサンプル抽出が不適当であったことに基づくものかもしれないが、一方、大動脈弾性に性別による相違のある可能性も否定できない。この1つの重要な相違を除けば、両性ともにほとんど同じような曲線を示し、これから得た資料は直ちに統計学的解析の用に供することができた。

Although no parallelism was found between the loss of aortic elasticity and the progression of arteriosclerosis by Yater and Birkeland² and Krafka,³ statistical data were not presented by these authors in support of their conclusions. Tests of significance conducted on data in the present study substantiate the views held by them in that no correlation exists between the arteriosclerotic rating of specimens and extensibility. Nonetheless, when the individual samples were rated according to degree of sclerosis and compared to the chronological age, an obvious relationship to age could be demonstrated. The points to be emphasized are that arteriosclerosis and loss of aortic elasticity progress steadily with age, but these two processes are independent and not directly related to each other. Abboud et al,¹⁴ in correlating the elasticity indices of normal living individuals with the arteriosclerotic individuals, found that 23 among 26 cases studied showed the indices to be above the upper limits of normal. It is noteworthy, too, that their observation disclosed premature loss of arterial elasticity in 31 diabetic patients on whom tests were conducted.

Other independent variables, considered important in the evaluation of data in this study, were not shown by statistical tests of significance to be related to the loss of aortic elasticity. Hence the aortic extensibility appears to be a reasonably reliable measure for estimating the chronological age of autopsied subjects. Of particular interest was the lack of correlation with atomic radiation exposure. However, since the analysis was based on a very small series and, moreover, in view of the fact that the shielding of these individuals was not taken into consideration, no conclusions can be drawn from the analysis. The final evaluation of such data must await critical analysis of an adequate sample.

SUMMARY

An instrument for determining the extensibility of aortic segments is described. Characteristic curves were obtained for Japanese individuals autopsied at ABCC in Hiroshima or Nagasaki. When the specimens were analyzed in relation to age a progressive loss in the extensibility curve was noted. Correlation studies showed that the loss of extensibility was closely related to chronological age but was not significantly associated with duration in the lapse of time after death, socioeconomic status, variability of samples as related to the location of the thoracic aortic segment, inner circumference of aortic segment, degree of arteriosclerosis, or the principal cause of death, when, suitable age adjustments were made.

大動脈の弾性喪失と動脈硬化の進行の間になんら並行的関係のないことは、Yater および Birkeland² ならびに Krafka³ によって認められたが、これらの人々はその結論を裏づける統計学的資料を提供しなかった。今回の研究において資料について実施した有意性検定の結果は試料の動脈硬化度と弾性の間になんらの相関関係も認められなかった点において、かれらの見解を実証したものである。とはいえ、動脈硬化度に従ってそれぞれの標本を格づけし、これを満年齢と比較するならば、年齢との明白な関連性が証明できる。強調を要する点は、動脈硬化と大動脈弾性の喪失は年齢とともに進むが、これら2つの過程はそれぞれ別個のものであって、直接相互間の関係はないということである。Abboud ら¹⁴ は、生きている正常人の「弾性指数」と動脈硬化を有する者の関連を調べたが、26例中23例においてこの指数が正常範囲を越えていた。また糖尿病患者31例において、大動脈弾性喪失の早期発現がかれの観察によって明らかにされたことも注目に値する。

このたびの研究の資料評価にあたって重要と思われたその他の独立変数について有意性の統計学的検定を行なった結果、大動脈弾性喪失との関係は認められなかった。したがって、大動脈弾性は剖検例の満年齢を推定する合理的な指標であると考えられる。特に興味深いのは、原爆被爆との相関性が認められなかったことである。しかしながら、解析はきわめて少数例に基づいたものであり、さらにこれら被爆者の遮蔽の問題が考慮されていない点から考えて、今回の解析からはなんらの結論も引き出しえない。これら資料の最終的評価は、適当なサンプルによる批判的研究の結果にまたなければならぬ。

要 約

大動脈片の弾性測定器についてまず説明した。広島および長崎のABCCにおける日本人剖検例から定型的な曲線を求めた。試料の解析を年齢との関係という観点から実施して、弾性曲線において弾性が漸次喪失することを知った。相関性を研究した結果、弾性の喪失は満年齢と密接な関連を有するが、適当な年齢規制を加えるならば、それは死後経過時間、社会経済状態、胸部大動脈摘出位置によるサンプルの変動性、大動脈管腔円周、動脈硬化度、ないし主要死亡原因とは、なんら有意の関係のないことを知った。

REFERENCES

参考文献

1. ROY CS: The elastic properties of the arterial wall. *J Physiol* 3:125-59, 1880
(動脈壁の弾性)
2. YATER WM, BIRKELAND IW: Elasticity (extensibility) of the aorta of human beings. *Am Heart J* 5:781-86, 1930
(人間の動脈の弾性(伸展性))
3. KRAFKA J, Jr: Changes in the elasticity of the aorta with age. *Arch Path* 29: 303-9, 1940
(年齢による動脈弾性の変化)
4. KRAFKA J, Jr: Comparative study of the histo-physics of the aorta. *Am J Physiol* 125:1-14, 1939
(動脈の組織物理に関する比較研究)
5. HALLOCK P, BENSON IC: Studies on the elastic properties of human isolated aorta. *J Clin Invest* 16:595-602, 1937
(人間の摘出動脈の弾性に関する研究)
6. SEIFRIZ W: The properties of protoplasm with special reference to the influence of enzymic reactions. *Advances in Enzymology*, ed. by F. F. Nord., New York, Interscience Publ., 1947. Vol. 7, pp 35-64
(特に酵素反応の影響からみた原形質の性質)
7. RITCHIE RH, HURST GS: Penetration of weapons radiation: application to the Hiroshima-Nagasaki studies, *Health Physics* 1:390-404, 1959
(核兵器放射線の透過性-広島・長崎調査への応用)
8. CURTIS HJ, GEBHARD K: The relative biological effectiveness of fast neutrons and x-rays for life shortening in mice. *Radiation Res* 9:278-84, 1958
(速中性子およびX線がハツカネズミの寿命短縮に及ぼした相対的生物学的効果)
9. KALLMAN RF, KOHN HI: Life-shortening by whole and partial body X-irradiation in mice. *Science* 128:301-2, 1958
(ハツカネズミにおける全身および身体の一部照射による寿命短縮)
10. FURTH J, UPTON AC, et al: Some late effects in mice of ionizing radiation from experimental nuclear detonation *Radiology* 63:562-70, 1954
(核爆発実験による電離放射線の照射を受けたハツカネズミに現われた遅発性影響)
11. UPTON AC, FURTH J: Spontaneous and radiation-induced pituitary adenomas of mice. *J Nat Cancer Inst* 15:1005-21, 1955
(ハツカネズミにおける自然発生および放射線誘発性脳下垂体腺腫)
12. LAMSON BG, MEEK RA, BENNETT LR: Late effects of total-body roentgen irradiation. II. The influence of fractionated and single radiation doses on the incidence of tumors, nephrosclerosis, and adrenal vacuolation in Wister rats during various periods of postirradiation survivals. *Arch Path* 64:505-21, 1957
(X線全身照射による遅発性影響. 2. 分別1回限りの照射量がWister系ネズミにおける照射後各期でみた腫瘍, 腎硬化症, および副腎空胞形成の発生率に及ぼす影響)
13. MOLE RH: Some aspects of mammalian radiobiology. *Radiation Res Suppl* 1:124-48, 1959
(哺乳類放射生物学の若干面)
14. ABBODD FM, HUSTON JH: Effect of chronological aging, hypertension, and arteriosclerosis on human arterial elasticity. *J Lab Clin Med* 54:784, 1959 (abstract)
(加齢, 高血圧症, および動脈硬化症が人間の動脈の弾性に与える影響)
15. REMINGTON JW, NOBACK CR, et al: Volume elasticity characteristics of the human aorta and prediction of the stroke volume from the pressure pulse. *Am J Physiol* 153:298-308, 1948.
(人間の動脈の容積弾性と加圧脈による拍動量の予想値)