

ACHILLES TENDON REFLEX AND AGING IN ATOMIC BOMB SURVIVORS
HIROSHIMA

原爆被爆者におけるアキレス腱反射と加齢
広島

YOSHIAKI OMORI, M.D. 大森義昭

FRANTZ W. ASHLEY, Ph.D.

JOSEPH L. BELSKY, 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。

ACHILLES TENDON REFLEX AND AGING IN ATOMIC BOMB SURVIVORS
HIROSHIMA

原爆被爆者におけるアキレス腱反射と加齢
広島

YOSHIAKI OMORI, M.D. 大森義昭

FRANTZ W. ASHLEY, Ph.D.

JOSEPH L. BELSKY, M.D.



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

謝 辞

The authors are grateful to Dr. Kenneth G. Johnson, Department of Epidemiology, Cornell University and Dr. Sunao Wada, Professor Emeritus, Hiroshima University School of Medicine, Full-time Consultant to ABCC for valuable suggestions and criticism, and also to Mr. Asaji Hashizume and Dr. Todd W. Thorslund, Department of Statistics, ABCC, Hiroshima for their help concerning statistical analyses of our data.

We are also indebted to Mrs. Tetsuko Nishihara for technical assistance, to Mr. Geoffrey Day for the tables and figures, and to Mr. Kenneth B. Noble for editorial assistance.

著者らは、有益な示唆と意見を賜った Cornell 大学疫学教室 Dr. Kenneth G. Johnson , および広島大学医学部名誉教授, ABCC 顧問和田 直博士ならびに資料の統計学的解析にあたって援助を仰いだ広島 ABCC 統計部橋爪浅治氏および Dr. Todd W. Thorslund に謝意を表する。

また、技術的な面では西原哲子氏、図表作成では Geoffrey Day 氏、編集の面では Kenneth B. Noble 氏にそれぞれ援助をいただいたことを感謝する。

A paper based in part on this report was accepted for publication by the following journal
in November 1971:

本報告に一部基づく論文は昭和46年11月下旬の雑誌に受理された。

Journal of Chronic Disease

Presented in part at the 23rd General Meeting of Hiroshima Medical Society, 14-15 November 1970, Hiroshima

本報告の一部は、1970年11月14-15日広島市で開催された第23回広島医学会総会において発表された。

CONTENTS

目 次

Summary 要 約	1
Introduction 緒 言	2
Sample 対象者	2
Method of Measurement 測定方法	4
Results 結 果	7
Discussion 考 察	13
Appendix: Mean reflex time 付録: 平均反射時間	17
References 参考文献	21
Table 1 Study sample by sex & disease	
表 調査対象群: 性別および疾患別	3
2 Mean tap-to-half relaxation time in normal subjects	
正常例の刺激— $\frac{1}{2}$ 弛緩時間平均値	7
3 Age adjusted means of contraction, half relaxation & tap-to-half relaxation time in various groups	
各群における収縮, $\frac{1}{2}$ 弛緩および刺激— $\frac{1}{2}$ 弛緩時間の年齢補正平均値	10
4 Areflexia in diabetics and normal subjects	
糖尿病例および正常例における無反射	12
5 Mean contraction time	
平均収縮時間	18
6 Mean half-relaxation time	
$\frac{1}{2}$ 弛緩時間平均値	19
7 Mean tap-to-half relaxation time	
刺激— $\frac{1}{2}$ 弛緩時間平均値	20
Figure 1 Technique of measuring reflex time with the photomotograph connected to electrocardiograph	
図 心電図に連結した photomotograph による反射時間の測定法	5
2 Photomotograph	6
3 Distribution of tap-to-half relaxation times of normal subjects	
正常例の刺激— $\frac{1}{2}$ 弛緩時間の分布	8
4 Regression of mean contraction & half relaxation times of normal subjects	
正常例の平均収縮時間および $\frac{1}{2}$ 弛緩時間の回帰	8
5 Regression of mean tap-to-half relaxation times of normal subjects	
正常例における刺激— $\frac{1}{2}$ 弛緩時間平均値の回帰	9
6 Comparison of weight percentile between diabetes mellitus & normal subjects	
糖尿病例と正常例との体重百分比の比較	11

Approved 承認 27 August 1970

ACHILLES TENDON REFLEX AND AGING IN ATOMIC BOMB SURVIVORS, HIROSHIMA 原爆被爆者におけるアキレス腱反射と加齢，広島

YOSHIAKI OMORI, M.D. (大森義昭)^{1*}; FRANTZ W. ASHLEY, Ph.D.²; JOSEPH L. BELSKY, M.D.¹Departments of Medicine¹ and Statistics²臨床部¹ および統計部²

SUMMARY

A photomographic study was undertaken on 2396 atomic bomb survivors and nonexposed members of the ABCC-JNIH Adult Health Study at Hiroshima, to determine the relation of Achilles tendon reflex to aging and radiation. Normal subjects (2100) ranged in age from 18 to 89 years. The remaining subjects had either mild diabetes mellitus (117), neuromuscular disorder (100), a history of thyroid dysfunction (61), or others (18).

In normal subjects the Achilles tendon reflex time increased significantly with age and was more delayed in females. The mean tap-to-half relaxation time in normal subjects was 290 ± 40 milliseconds (msec) in males and 321 ± 49 msec in females (average age 46), which are similar to figures reported previously in Europe and the United States. No statistically significant difference in the reflex time was observed in relation to either A-bomb exposure or obesity.

No significant difference in the mean reflex time was observed between the normal subjects and the groups with the diseases. In each disease group, the reflex time appeared to increase with age, but the increase was not found to be statistically significant. Areflexia was highly prevalent in diabetics (22.4%), the frequency being especially high among the aged of this group and of normal subjects (3.2%) as well.

要約

広島におけるABCC一予研成人健康調査集団中の原爆被爆者および非被爆者2396人についてPhotomographによる、アキレス腱反射と加齢および放射線との間の関係を検討した。正常対象者は18歳から89歳までにわたる2100人で、その他は、軽症糖尿病(117人)、神経筋肉疾患(100人)、甲状腺機能異常の既往症(61人)、その他(18人)のいずれかであった。

正常対象者のアキレス腱反射時間は、加齢とともに有意に増加し、女性では男性よりも遅延していた。正常者の刺激一½弛緩時間平均値は、男性 290 ± 40 msec (平均年齢46歳)、女性 321 ± 49 msec (平均年齢46歳)であり、いままです欧米で報告された結果と同様である。被爆および肥満度と反射時間との間には、統計的有意差は認められなかった。

正常者群と疾患群の間には、平均反射時間に有意な差は認められなかった。各疾患群の反射時間は加齢とともに増加するようであったが、この増加は統計的に有意なものではなかった。無反射は糖尿病例に多く(22.4%)、その頻度は糖尿病群でも正常者群(3.2%)でも高齢層に特に高かった。

* Hiroshima Branch Laboratory, Japanese National Institute of Health, Ministry of Health and Welfare.

厚生省国立予防衛生研究所広島支所

It was found that in using Achilles tendon reflex as an aging test, the tap-to-half relaxation time was more accurate and useful than the contraction or half relaxation time. A brief discussion was made concerning differences in the reflex time among races and four cases with prolonged latency period for the reflex.

INTRODUCTION

Many reports have been made of the Achilles tendon reflex time in diseases of the thyroid as well as in other metabolic, pathological, or physiological conditions.¹⁻¹⁶ However, these extra-thyroidal relationships are much less clear. Among these, opinions are still divided on the effect of age on the Achilles tendon reflex in normal persons.^{1,3,5,7,10,13,16}

The opportunity to observe possible relationships between Achilles tendon reflex, aging, and total body irradiation is present in the ABCC study of delayed radiation effects of the A-bombs.¹⁷

The present report describes the distribution of Achilles tendon reflex times in 2396 subjects among a closed population. Efforts have been made to correlate this with chronological age and late radiation effects. Also, observations are made on thyroid diseases and diabetes mellitus and on age correlations with absence of this reflex (areflexia).

SAMPLE

Medical examinations have been conducted by ABCC on the survivors of the Hiroshima and Nagasaki A-bombs of August 1945. The clinical study population is composed chiefly of the Adult Health Study sample (AHS),¹⁷ who were selected on the basis of a survey conducted at the time of the 1950 Japanese National Census. In Hiroshima this number is 13,719. This cohort, composed of survivors and nonexposed subjects, is, therefore, of a different nature from patients seen at hospitals and most clinics in that it is thought to be more representative of the general population of the area.

Since 1958, this group has undergone regular biennial complete physical examination. In addition, chest X-ray, electrocardiography (ECG), anthropometric measurements, and a variety of laboratory tests are performed.

Over a period of about 1 year (1964-65) Achilles tendon reflex time was measured in 2396 subjects

加齢検査としてアキレス腱反射を利用する場合は、収縮時間ないし弛緩時間よりも刺激—弛緩時間のほうが、より正確であり有用であることを認めた。人種間の反射時間の差、ならびに反射までの潜伏時間の延長がみられた4例についても、簡単な考察を加えた。

緒言

甲状腺疾患ならびに、その他の代謝性、病理的、または生理的状态におけるアキレス腱反射時間については、多くの報告がある。¹⁻¹⁶しかし、甲状腺以外の種々の因子とアキレス腱反射との間の関係はさほど明らかにはされていない。これらのうち、年齢の正常者のアキレス腱反射に及ぼす影響については、今なお意見が分かっている。^{1,3,5,7,10,13,16}

ABCCにおける原爆放射線の遅発性影響に関する調査では、アキレス腱反射と加齢および全身放射線被曝との間に考えられる関係について観察を行なう機会が得られる。¹⁷

本報告では、固定人口集団中の2396例の対象者におけるアキレス腱反射の時間的分布について述べる。これと、暦年齢および遅発性放射線影響との相関について調査を行なった。さらに、甲状腺疾患と糖尿病について、また年齢と無反射症との相関についても観察した。

対象者

ABCCでは、1945年8月の原爆による広島および長崎の被爆者について医学的調査を行なっている。その臨床調査の対象集団は、主として、1950年度国勢調査時に行なわれた調査をもとに抽出された成人健康調査対象者から成っている。¹⁷広島ではその数は13,719人である。したがって、被爆者および非被爆者から成るこのコーホートは、この地域の一般人口集団をよりよく代表するものと思われる点で、一般の病院における患者とは性格を異にするものである。

1958年以来、この集団は2年ごとに完全な定期検診を受けている。そのうえ、胸部X線検査、心電図検査、身体測定、および各種臨床検査も行なわれている。

約1年間(1964—65年)にわたって、外来診察時に2396人のアキレス腱反射時間を測定した。しかし、この調査対

at the time of their clinical examination. However, since the study sample is made up mostly of those over age 30 years, 109 subjects (55 males and 54 females, age range 18-19) from the In Utero Exposed Study sample (PE86)¹⁷ were included in the reflex study sample.

As shown in Table 1, the subjects, who were all ambulatory, were divided largely into four groups: thyroid diseases, diabetes mellitus, neuromuscular diseases considered to affect Achilles tendon reflex, and a normal group. The majority of diagnoses had been established by the previous biennial examinations, and the data on this sample were analyzed after clinical diagnosis had been independently established and coded.

象群は主として30歳以上の者から成っているの、反射調査対象群には胎内被曝調査対象群(PE86)¹⁷からの109人(男55人, 女54人で年齢は18-19歳)をも含めた。

表1に示すように、全員歩行可能な者から成り、これを次の四つの群に大別した。すなわち、アキレス腱反射に影響を及ぼすと考えられる甲状腺疾患、糖尿病および神経筋疾患群、ならびに正常群である。診断の大半は、以前の定期検診で確立されており、この対象群に関する資料の解析は臨床診断がそれぞれ確立され、符号化された後に行なわれた。

TABLE 1 ACHILLES TENDON REFLEX STUDY SAMPLE BY SEX & DISEASE

表1 アキレス腱反射調査対象群：性別および疾患別

Disease 疾患	Male 男			Female 女			Total 計
	Number Examined 被検例数	Mean Age 平均年齢	Range (Yr) 年齢範囲	Number Examined 被検例数	Mean Age 平均年齢	Range (Yr) 年齢範囲	
*All Thyroid Disease 全甲状腺疾患	5(4)**	48	32-61	56(51)**	49	26-85	61(55)**
*Diabetes Mellitus 糖尿病	85	59	31-79	32	56	28-76	117
Neuromuscular Disease 神経筋疾患	53	52	18-78	47	56	26-75	100
Technical Failure 技術的失敗	6	68	49-80	12	64	23-72	18
Normal 正常者	702	46	18-83	1398	46	18-89	2100
Total 合計	851	-	-	1545	-	-	2396

*One male & one female with thyroid disease and diabetes mellitus. 甲状腺疾患および糖尿病を有する男女それぞれ1例。

**Euthyroid case in (); 1 male and 2 female hyperthyroid; 0 male and 3 female hypothyroid.

()内の数字は甲状腺機能正常例。甲状腺機能亢進症は男1例女2例、甲状腺機能低下症は男なし女3例。

Disease Subsamples

Diabetes Mellitus. Glucose tolerance test was performed by oral administration of 1.75 g of glucose per kg of body weight. Blood sugar was determined by a modification of the method of Folin and Malmros.¹⁸ A 2-hour value of over 140 mg/100 ml was considered to be abnormal.¹⁹ In 117 diabetics, observation on fasting blood sugar levels were as follows: not measured - 43 subjects; below 120 mg/100 ml - 53 subjects; 120-150 mg/100 ml - 16 subjects; 150-200 mg/100 ml - 3 subjects; and over 200 mg/100 ml - 2 subjects. Duration of diabetes mellitus in this group was generally less than 10 years. Only eight subjects had diabetes more than 10 years. In a sense this group could be considered as having mild diabetes, a characteristic of this condition in Japan.²⁰

疾患別副次対象群

糖尿病、糖負荷検査は、体重1kgにつきブドウ糖1.75gの経口投与により行なった。血糖はFolinおよびMalmrosの変法により測定した。¹⁸ 2時間値が140mg/100ml以上を異常と考えた。¹⁹ 糖尿病117例における空腹時血糖値の観察結果は次のとおりである：測定しなかった者—43例、120mg/100ml未満—53例、120—150mg/100ml—16例、150—200mg/100ml—3例、および200mg/100ml以上—2例。この群における糖尿病の罹病期間はおおむね10年未満であった。10年以上罹患していた者はわずか8例にすぎなかった。この群は、ある意味では、この疾患の日本における特徴であるところの軽症糖尿病患者と考えられるものであった。²⁰

Thyroid Diseases. In evaluating thyroid function, the determinations of PBI²¹ and I¹³¹ triiodothyronine resin uptake²² were used in addition to physical findings. Of 61 subjects of the thyroid group, 55 were euthyroid at the time of this study (Table 1). Since males with thyroid disease were very few, statistical analysis was not performed. Among 51 euthyroid females, there were 24 with diffuse goiter, 21 with nodular goiter, 2 with thyroid cancer, and 4 with thyroiditis. All of the cases with thyroid cancer and thyroiditis were being treated.

Neuromuscular Diseases. The neuromuscular disease group was assembled from those with the following WHO International Classification of Diseases (1955 revision): disease of central nervous system including cerebrovascular accident, codes 330-334, 340-345, 350-357; syphilis 020-029; poliomyelitis 080-081; and disease of musculo-skeletal system 720-727, 730-738, 740-749. Among 100 subjects of this group, 58% had latent syphilis (positive serology only). One subject had neurosyphilis, and is included in a group of technical failure because of its unusual reflex pattern as described later. The rest (42%) of the group had only mild disease so that they were also ambulatory. Serious cases such as encephalitis or myoasthenia gravis were not detected in this sample.

METHOD OF MEASUREMENT

Achilles tendon reflex was measured using the Burdick FMI photomograph designed by Gilson.⁴ The test was performed in the Electrocardiography Room just after the subjects underwent routine ECG recording. The examiners were uninformed about the medical histories and diagnoses of the subjects. The temperature in the Electrocardiography Room was maintained at about 23-25°C.

The subject was asked to kneel on a chair with his back turned in such a manner that the middle of the foot would partially obstruct the beam from the photomograph (Figure 1). Reinforcement was performed by instruction to grip firmly the back of the chair with both hands when the Achilles tendon was tapped. The reflex movement that occurs when the Achilles tendon is lightly tapped with the reflex hammer is conveyed onto the photomograph reflector. The reflex is recorded on a tracing paper of the electrocardiograph (speed 50 mm/sec and scale 20 msec/mm) which is connected to the photomograph.

Recording of Achilles tendon reflex time was made on each leg. At least 10 reflexes were recorded

甲状腺疾患。甲状腺機能の評価にあたっては、全身検査のほかに、蛋白結合ヨウ素 (PBI)²¹ および I¹³¹ トリイオドチロニン・レジンを摂取率²² の測定を行なった。甲状腺群61例のうち、55例は本調査時に甲状腺機能が正常であった (表1)。男性の甲状腺疾患例はきわめて少数であったので、統計的解析は行なわなかった。甲状腺機能正常の女性51例中、びまん性甲状腺腫は24例、結節性甲状腺腫は21例、甲状腺癌は2例、甲状腺炎は4例であった。甲状腺癌および甲状腺炎を有する者全員が治療を受けていた。

神経筋肉性疾患。 神経筋肉性疾患群は、次の国際疾病分類 (1955年改訂) に記載された疾患を有する者から集めた: 脳血管損傷 (分類番号 330-334, 340-345, 350-357) を含む中枢神経系疾患; 梅毒 (020-029); 灰白髄炎 (080-081); 筋骨格系疾患 (720-727, 730-738, 740-749)。この群に属する100例のうち、58%に潜伏梅毒があった (血清検査陽性の異常のみ)。1例は神経梅毒であり、これは後述のような異常反射波型であるため、技術的失敗例に含めた。この群の残り (42%) は、ごく軽度の疾病があるにすぎなかったため、歩行は可能であった。脳炎または筋無力症のような重篤例は、この対象群には発見されなかった。

測定方法

アキレス腱反射の測定は、Gilsonの考案したBurdick FMI Photomograph⁴ を用いて行なった。検査は、常用心電図検査終了直後に同じ心電図検査室で行なった。検査者には、受診者の病歴および診断名を伏せておいた。心電図検査室の温度は常に約23-25°Cに維持された。

受診者をいすの上にひざをついて後向きにすわらせ、足の中央部がPhotomographの光線を一部さえぎるようにし (図1)、アキレス腱をたたくときに両手でいすの背を強く握りしめるよう指示を与えて補強運動を加えた。反射槌でアキレス腱を軽くたたくと反射運動が起こり、それが光電鏡面に伝達される。この反射は、光電計に連結された心電図 (速度50mm/秒、目盛20msec/mm) の記録用紙に記録される。

両脚のアキレス腱反射時間を記録した。少なくとも10回以上のアキレス腱反射を連続的に記録し、記録成績が最

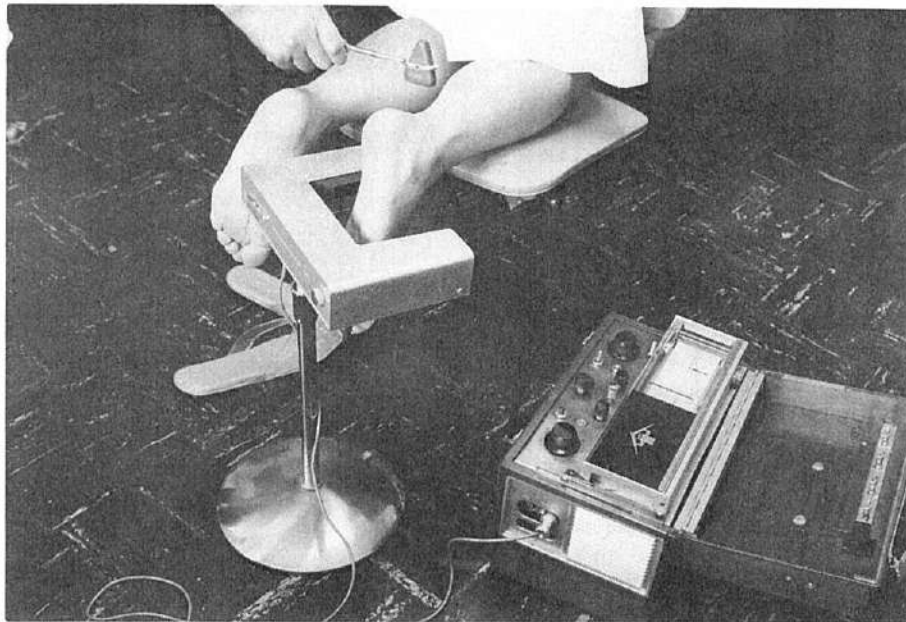


FIGURE 1 Technique of measuring the Achilles tendon reflex time with the photomograph connected to the electrocardiograph.

図1 心電図に連結した Photomograph によるアキレス腱反射時間の測定法。

consecutively and the four best tracings (2 from the right and 2 from the left) were attached to the record sheet. Of these, the arithmetical mean value was recorded.

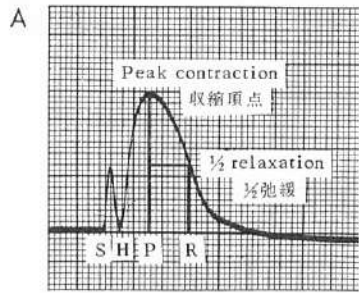
Using slide calipers a trained technician made measurements to the nearest 0.05 mm. By this method, muscle contraction time can be readily measured, but because the end of relaxation time is indistinct, the half relaxation time was recorded (Figure 2).

Measurement of the Right and Left Leg. Fifty normal females were selected to study differences of the tap-to-half relaxation time between measurements made from the right and left leg. The average difference between the right and left leg was 24 msec with a range of 2-65 msec. But in 70% of the subjects, the difference was within 15 msec. The variability of measurements for the right leg averaged 23 msec with a range of 8-50 msec; and among the left leg tests, the average was 26 msec with a range of 14-48 msec. In keeping with Nuttall's recommendation¹ that a mean value for both legs should be used because of the differences between legs, we used an average value for both legs in the present study.

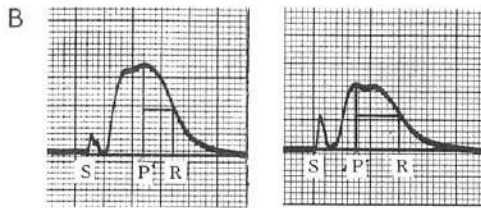
良のもの四つ(左右両脚から二つずつ)を記録用紙にはり付けた。これらの算術平均値を記録した。

熟練した技術者がノギスを用いて0.05mmの値まで測定した。この方法によれば筋収縮時間は容易に測定できるが、弛緩時間の終末が不明瞭であるので、 $\frac{1}{2}$ 弛緩時間を記録した(図2)。

左右両脚の測定。正常な女性50例を選び、左右両脚の測定値間における刺激- $\frac{1}{2}$ 弛緩時間の差を測定した。左右両脚間の差は2-65 msecにわたり、その平均値は24 msecであった。しかし、対象者の70%においてはその差は15 msec未満であった。右脚の測定値の範囲は8-50 msecで、その平均は23 msec; 左脚の測定値の範囲は14-48 msecで、その平均値は26 msecであった。両脚には差があるので、両脚の平均値を利用すべきであるという Nuttall の勧告¹に従って、本調査では両脚の平均値を用いた。



SH: Hammer tap artifact 反射槌による人工刺激
 SP: Contraction time 収縮時間
 PR: Half relaxation time ½弛緩時間
 SR: Tap-to-half relaxation time 刺激-½弛緩時間
 Chart speed 50mm/sec. 記録紙速度50mm/秒



SR times are the same (298 msec) in spite of a variability of SP and PR.
 SPおよびPRが変動するにもかかわらず、SR時間は同じ(298 msec)である。

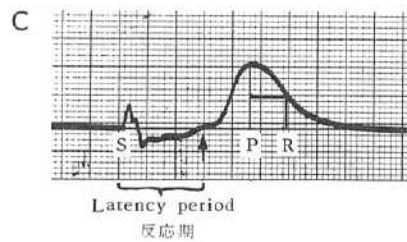


FIGURE 2 Photomicrographs. A: Normal Achilles tendon reflex. B: Shifting of the peak in the same subject. C: A prolonged latency period in neurosyphilis.

図2 Photomicrograph. A: 正常例のアキレス腱反射. B: 同一対象者における頂点の移動. C: 神経梅毒における反応期の延長.

Double Peaks in the Reflex Curve. In some tracings obtained with the photomicrograph, clear double peaks cannot be avoided in the area in the tracing that separates contraction from relaxation. This has been also confirmed by Kimura.²³ The initial peak is thought to be due to the contraction of the gastrocnemius muscle and the second peak, the soleus muscle.²³ The higher peak is generally accepted as the point of separation of the contraction and relaxation phases. Sometimes, however, the higher peak shifts between the initial and second peaks in the same individual. This leads to greater variance of the contraction and half relaxation times in measurements from the same individual. But even in this situation, the tap-to-half relaxation time remains fairly constant (Figure 2). In such cases, we used a mean value with the initial and second peaks for determining the contraction and half relaxation time. Chaney⁶ has documented a figure showing various curves of a series of reflexes in a patient. He commented that the total reflex time remains practically the same irrespective of the degree of stimulation. Double peaks were never seen in the age group below 20. But it seemed to be encountered more in the aged, although the ratio of double peaks in relation to age was not analyzed.

反射曲線における2頂点曲線. Photomicrograph によって得られた曲線のあるものにおいては、収縮と弛緩を分ける領域に二つの明瞭な頂点が現われることは避けられない。これは木村²³によっても確認されている。第1の頂点は腓腹筋、第2の頂点はヒラメ筋の収縮によるものと考えられている。²³ 高いほうの頂点は、一般に収縮期と弛緩期の分岐点と解されている。しかし、時には高いほうの頂点は同一人において第1と第2の頂点の間を移動する。このため、同一人における収縮および½弛緩時間の測定値が大きく変動する。しかし、このような場合でも刺激-½弛緩時間はいぜんとしてかなり一定したものである(図2)。このような場合は、第1および第2の頂点の平均値を用いて、収縮および½弛緩時間を測定した。Chaney⁶は、1症例における一連の反射曲線を示す図を描記し、総反射時間は刺激の度合いに関係なく、ほとんど同じであると述べた。2頂点は20歳未満の群においては全く認められなかった。2頂点の率と年齢との関係については解析を行なわなかったが、高齢層では2頂点が多く現われるように思われた。

Analysis of Delayed Radiation Effect. The tentative estimated radiation dose (T65D)²⁴ was used in the present analysis for an estimate of the amount of direct gamma plus neutron radiation received from the A-bombs. Indirect radiation, from fallout or induced radiation was quite small for most subjects,²⁵ and was disregarded in this analysis.

RESULTS

Achilles Tendon Reflex Time in Normal Subjects. Distribution of the tap-to-half relaxation time of the normal group by sex is shown in Figure 3. The resultant curves are a close approximation of the theoretic bell-shaped curve for normal distribution but with a slight skew to the right.

The mean tap-to-half relaxation time of normal subjects is shown in Table 2 by sex and 10-year age group. In both males and females there is a definite prolongation of the reflex time with age ($P < .01$). The reflex time is shorter in males than in females in all age groups ($P < .001$). Figures 4 and 5 show the results of regression analysis on the contraction time, half relaxation time and the tap-to-half relaxation time with age. Each shows a clear linear correlation with age. By analysis of variance, the slopes of the lines are highly significantly different from zero ($P < .01$). For each pair of lines the slopes are not significantly different.

遅発性放射線影響の解析. 今回の解析では, 原爆による直接ガンマならびに中性子線量を推定するのに暫定推定放射線量(T65D)²⁴を用いた. 大部分の対象において放射性降下物または誘導放射能による間接放射線は, かなり小さなものであった²⁵ので, 本解析では無視した.

結 果

正常者群のアキレス腱反射時間. 図3に, 正常群における刺激-1/2弛緩時間の性別分布を示す. 得られた曲線は正常な分布を示す理論的な釣鐘型に近似していたが, 右へややかたよっていた.

表2では, 正常者群の刺激-1/2弛緩時間平均値を性別および10歳年齢群別に示した. 男女ともに加齢による明白な反射時間の延長を示した($P < .01$). 反射時間は, 各年齢群において, 男性のほうが女性より短い($P < .001$). 図4および5は, 収縮時間, 1/2弛緩時間および刺激-1/2弛緩時間と年齢とに関する回帰解析の結果を示す. それぞれに明確な年齢との直線的相関が認められる. 変量解析では, 曲線の勾配と0との差はきわめて有意である($P < .01$). 各組の曲線の勾配においては, それぞれ有意な差はない.

TABLE 2 THE MEAN TAP-TO-HALF RELAXATION TIME BY SEX & AGE IN NORMAL SUBJECTS

表2 正常例の刺激-1/2弛緩時間平均値: 性別および年齢別

Age 年齢	Mean Tap-to-Half Relaxation 刺激-1/2弛緩時間平均値							
	Male 男				Female 女			
	Number Examined 被検例数	Mean msec 平均	SD msec 標準偏差	Range msec 範囲	Number Examined 被検例数	Mean msec 平均	SD msec 標準偏差	Range msec 範囲
18-19	58	250	23	208-314	54	279	33	224-370
20-29	58	263	33	197-319	87	295	34	224-377
30-39	169	275	31	205-388	373	308	42	208-478
40-49	97	294	34	213-371	289	324	45	211-484
50-59	121	304	36	232-421	260	332	51	223-471
60-69	131	309	39	228-402	207	337	53	213-485
70+	51	321	36	253-414	78	348	53	242-383
All ages 全年齢	685	290	40	197-435	1348	321	49	208-485

Range includes minimal & maximal values actually observed in different subjects. Cases with areflexia are excluded.

範囲は個々の対象者に実測された最小値および最大値を含む. 無反射例はこの表から除外した.

SD - Standard Deviation. SDは標準偏差.

The increase of the means with increasing age is statistically significant ($P < .01$) for each sex, & the difference between males and females is significant ($P < .001$).

年齢に伴う平均値の増加は男女とも統計的に有意($P < .01$)であり, 男女間の差も有意($P < .001$)である.

FIGURE 3 DISTRIBUTION OF TAP-TO-HALF RELAXATION TIMES OF NORMAL SUBJECTS BY SEX

図3 正常例の刺激-1/2弛緩時間の分布, 性別

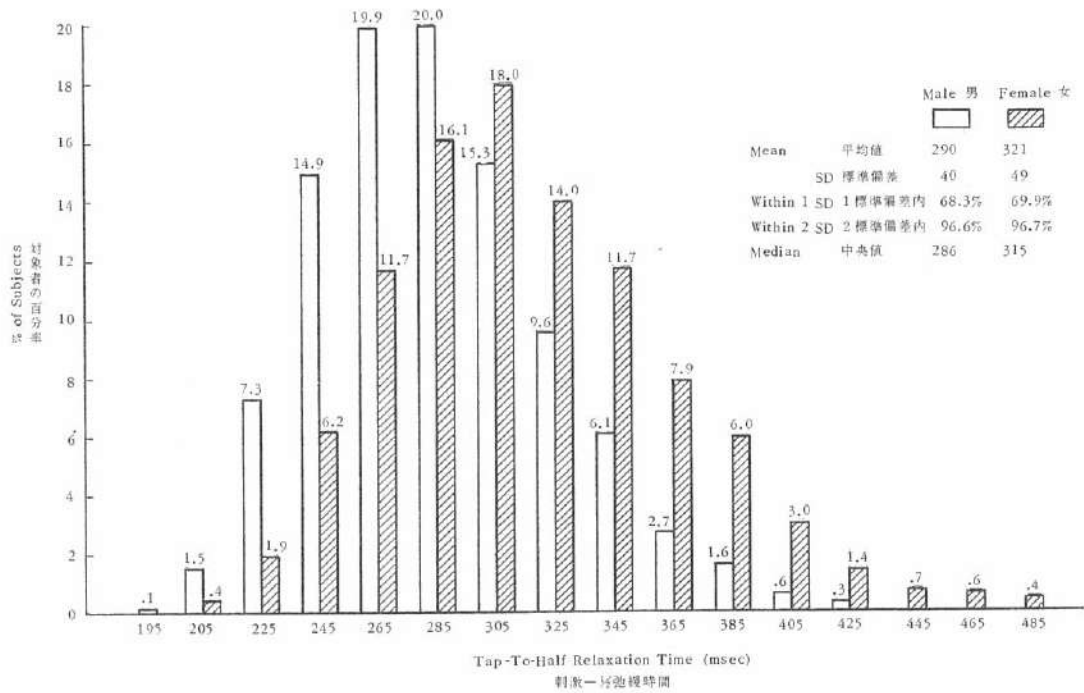


FIGURE 4 REGRESSION OF MEAN CONTRACTION & HALF RELAXATION TIMES OF NORMAL SUBJECTS BY AGE & SEX

図4 正常例の平均収縮時間および1/2弛緩時間の回帰: 年齢および性別

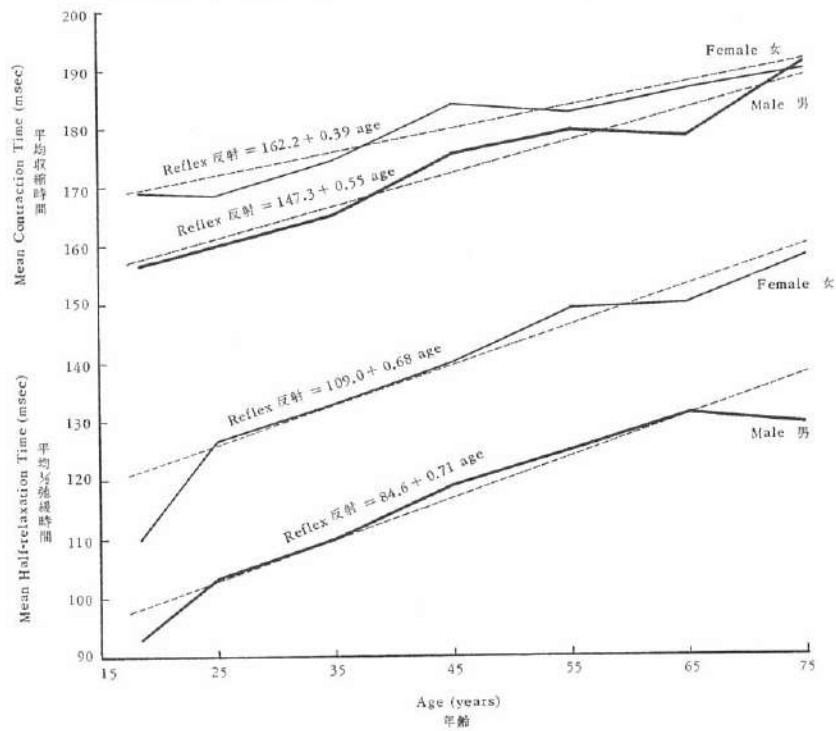
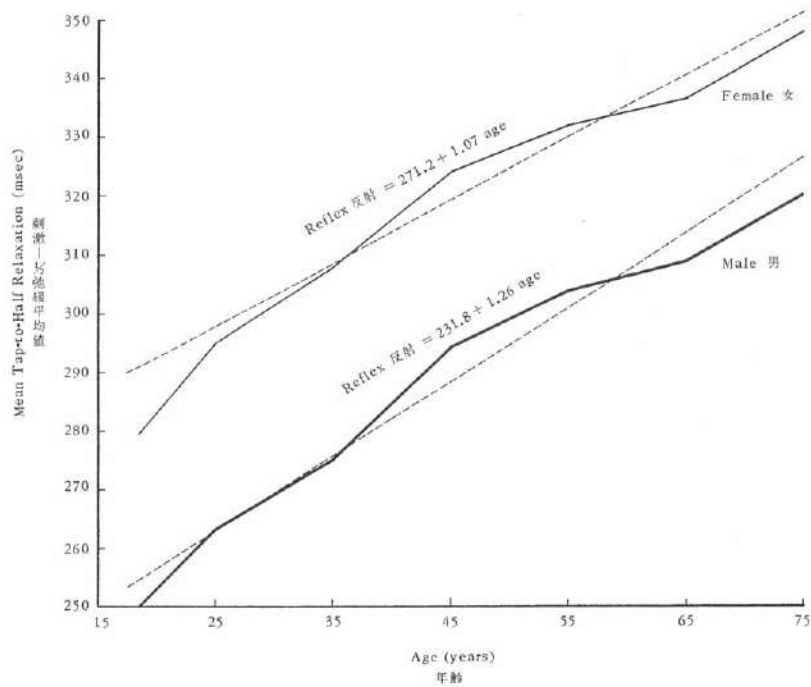


FIGURE 5 REGRESSION OF MEAN TAP-TO-HALF RELAXATION TIMES OF NORMAL SUBJECTS BY AGE & SEX

図5 正常例における刺激-1/2弛緩時間平均値の回帰：年齢および性別



In males the difference in the mean tap-to-half relaxation time between the 18-19 age group and the 70 or over age group is 71 msec, a prolongation of 28%. In females, the difference is 69 msec (25% prolongation), which is nearly the same as that in males. Therefore, although there is a difference in the mean reflex time by sex, it seems that changes in reflex time progress at the same rate in both males and females. This is also evident in Figures 4 and 5 where the regression lines for males and females are almost parallel.

Achilles Tendon Reflex Time in Various Diseases. Table 3 compares the mean reflex times of contraction, half relaxation, and tap-to-half relaxation in the normal group with subjects having thyroid diseases (clinically euthyroid), diabetes, and neuromuscular diseases. Because of the higher mean age of the disease groups in comparison with the normal group as shown in Table 1, adjustment for age has been made.

No difference in mean reflex time was noted between the disease groups and the normal group. The relation between age and reflex time was examined by regression analysis for the different disease groups (Appendix, Table 5). Only the

男性では、18-19歳の群と70歳以上の群との間における刺激-1/2弛緩時間平均値の差は71 msecであって、28%の延長を示す。女性では、その差は69 msec (25%延長)で、男性とほぼ同じである。したがって、男女間の反射時間平均値に差はあっても、男女とも反射時間の加齢現象は同じ程度に進行するものと思われる。このことは、図4および5で男女の回帰線がほぼ平行していることから明らかである。

各疾患におけるアキレス腱反射時間。表3は、甲状腺疾患(臨床的には甲状腺機能正常)、糖尿病、および神経筋肉性疾患の各例と正常例とにおける、収縮、1/2弛緩、および刺激-1/2弛緩の平均反射時間の比較を示す。表1に示すように、正常群に比べて疾患群の平均年齢が高いため、年齢調整を行なった。

疾患群と正常群との平均反射時間の差は認められなかった。各疾患群について年齢と反射時間との関係を回帰解析によって調べた(付録、表5)。その結果、神経筋肉性

TABLE 3 AGE ADJUSTED MEANS OF CONTRACTION, HALF RELAXATION & TAP-TO-HALF RELAXATION TIME IN VARIOUS GROUPS BY SEX

表3 各群における収縮, 1/2弛緩および刺激-1/2弛緩時間の性別年齢補正平均値

Disease 疾患	Contraction 収縮		Half Relaxation 1/2弛緩		Tap-to-Half Relaxation 刺激-1/2弛緩		
	Male 男 msec	Female 女 msec	Male 男 msec	Female 女 msec	Male 男 msec	Female 女 msec	
Thyroid 甲状腺	Mean 平均値	186	-	143	-	329	
	SD	31	-	45	-	60	
	Range 範囲	140-265	-	88-245	-	244-446	
Diabetes Mellitus 糖尿病	Mean	180	172	114	127	294	299
	SD	30	30	30	42	42	63
	Range	127-250	122-263	78-216	72-216	223-421	226-437
Neuromuscular Disease 神経筋肉疾患	Mean	171	186	114	133	284	320
	SD	22	30	30	40	42	42
	Range	139-243	142-256	68-195	80-240	201-418	239-421
Normal 正常者	Mean	173	180	117	140	290	321
	SD	25	30	28	36	40	49
	Range	110-268	123-288	65-271	66-277	197-435	208-485

Range includes minimal & maximal values actually observed in different subjects.

範囲は個々の対象者に実測された最小および最大の値を含む。

SD - Standard Deviation SDは標準偏差。

No statistically significant differences were found between disease group means and normal group means (NS $P > .1$).

疾患群平均値と正常群平均値との間には統計的に有意な差は認められなかった(NS $P > .1$).

males in the neuromuscular disease group showed a significant correlation of the half relaxation time and the tap-to-half relaxation time with age ($P < .01$). The increase with age in subjects with thyroid disease and diabetes mellitus was not statistically significant.

The tap-to-half relaxation time of three females with hypothyroidism was 598 msec (age 54, MF [redacted]), 373 msec (age 34, MF [redacted]), and 366 msec (age 50, MF [redacted]), respectively. Only the first case had a prolongation exceeding +2 Standard Deviation (SD). The latter two patients were found to be controlled with desiccated thyroid. One male with prior hyperthyroidism (age 60, MF [redacted]) showed a reflex time of 234 msec which was just above -2 SD. One female (age 54, MF [redacted]) had a value of 318 msec, and was well controlled with treatment for hyperthyroidism. Another female (age 39, MF [redacted]) showed a value of 164 msec, a shortening by more than -2 SD.

Figure 6 shows the distribution in percentiles of weight²⁶ in the diabetic group and the normal group.

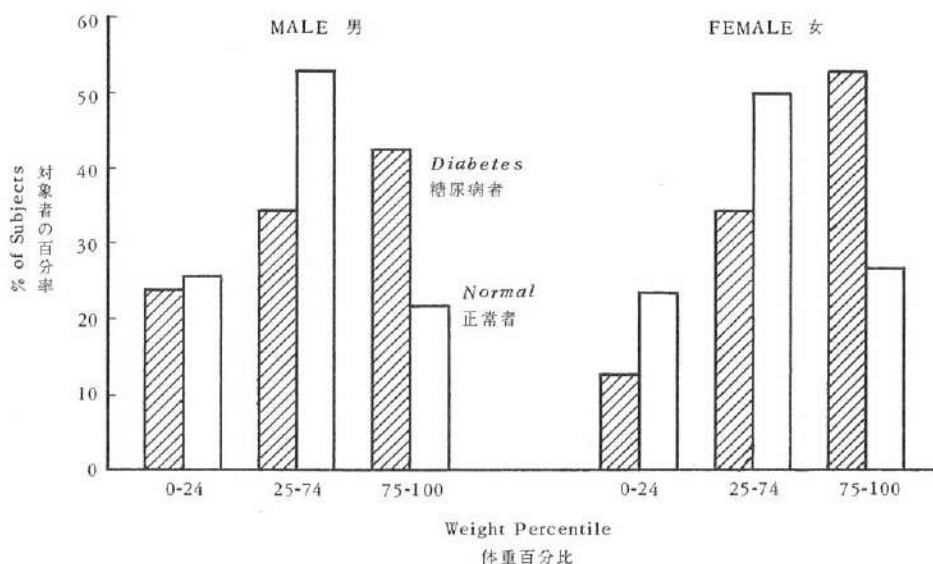
疾患群の男性のみに, 1/2弛緩時間および刺激-1/2弛緩時間と年齢との間に有意な相関($P < .01$)が認められた。甲状腺疾患および糖尿病患者にみられる加齢による増加は, 統計的に有意なものではなかった。

甲状腺機能低下のある女性3例の刺激-1/2弛緩時間は, それぞれ598 msec (54歳, 基本名簿番号 [redacted]), 373 msec (34歳, 基本名簿番号 [redacted]), および366 msec (50歳, 基本名簿番号 [redacted])であった。第1例にのみ+2 SD (標準偏差)以上の延長を認めた。あとの2例は, 甲状腺末によるじゅうぶんな治療が行なわれていたことがわかった。以前に甲状腺機能の亢進のあった男性1例(60歳, 基本名簿番号 [redacted])は反射時間が234 msecで, わずかに-2 SD以上であった。女性1例(54歳, 基本名簿番号 [redacted])の反射時間は318 msecであったが, 甲状腺機能亢進に対する治療がじゅうぶんに行なわれていた。他の女性1例(39歳, 基本名簿番号 [redacted])においては値が164 msecであり, -2 SD以上の短縮を示した。

図6は, 糖尿病群と正常群における体重百分比²⁶の分布

FIGURE 6 COMPARISON OF WEIGHT PERCENTILE BETWEEN DIABETES MELLITUS & NORMAL SUBJECTS BY SEX

図6 糖尿病例と正常例との体重百分比の性別比較



The body weight of the diabetic group is significantly heavier than that of the normal group (males $P < .02$, females $P < .001$). However, the lack of a difference in the mean tap-to-half relaxation time between the diabetic group and the normal group as shown in Table 3 suggests that weight itself probably does not affect Achilles tendon reflex.

Areflexia. Table 4 shows the percentages of areflexic subjects in normals and diabetics by sex and age. Only 1 case of areflexia was found among 54 females (1.9%) of the thyroid group. In the neuromuscular group, areflexia was found in 4 out of 53 males (7.5%) and in 4 out of 47 females (8.5%).

In normals, the frequency of areflexia increased with age in both sexes. The age of the areflexic group was significantly higher than that of the group with positive reflex in both sexes ($P < .01$). Areflexia was not found in normal males under 30 years of age and in only 1.4% of the females of the same age group. In both sexes the frequency of areflexia appeared to increase abruptly beyond the age of 50.

Areflexia was significantly more frequent in the diabetic group than in the normal group in both sexes ($P < .01$). Among the 98 cases (4.1%) of areflexia in all of the subjects examined, 22 (22.4%)

を示す。糖尿病群の体重は正常群のそれよりも有意に重い(男: $P < .02$, 女: $P < .001$)。しかし、表3に示すように、糖尿病群と正常群との刺激—弛緩時間平均値に差がないことは、体重そのものはおそらくアキレス腱反射に影響を及ぼさないことを示唆している。

無反射症。表4は、正常例および糖尿病例における無反射症の百分率を性別および年齢別に示す。甲状腺群の女性54例中、無反射症はわずか1例(1.9%)に認められたのみであった。神経筋肉群では、無反射症は男性53例中4例(7.5%)、女性47例中4例(8.5%)に認められた。

正常者群では、無反射症の頻度は男女とも年齢とともに増加した。無反射症群の年齢は、男女とも有反射群のそれよりも有意に高かった($P < .01$)。無反射症は30歳未満の正常男性には認められなかった。また、同年齢群の女性でもわずか1.4%にそれが認められたにすぎなかった。無反射症の頻度は男女とも50歳以上において急激に増加するようであった。

無反射症は、男女とも正常群よりも糖尿病群のほうに有意に多かった($P < .01$)。被検者全員中の無反射症例は98例(4.1%)であったが、そのうちの22例すなわち22.4%

TABLE 4 AREFLEXIA BY AGE & SEX IN DIABETICS AND IN NORMAL SUBJECTS

表4 糖尿病例および正常例における無反射：年齢別および性別

Age 年齢	Male 男		Female 女	
	Diabetes Mellitus 糖尿病	Normal 正常	Diabetes Mellitus 糖尿病	Normal 正常
0-29		0/116	0/ 1	2/ 143 (1.4%)
30-49	0/16	1/267 (0.4%)	0/ 9	15/ 677 (2.2%)
50-69	12/57 (21.1%)	10/262 (3.8%)	6/18 (33.3%)	29/ 496 (5.8%)
70+	2/12 (16.7%)	6/ 57 (10.5%)	2/ 4 (50.0%)	4/ 82 (4.9%)
All ages 全年齢	14/85 (16.5%)	17/702 (2.4%)	8/32 (25.0%)	50/1398 (3.5%)

Areflexia/Examined 無反射/被検例

were diabetics. In males, areflexia was noted in 3 of 5 (60%) diabetes cases of 10 or more years' duration, 3 of 28 (11%) cases of 5-9 years' duration, and 8 of 52 (15%) cases of 0-4 years' duration. In female diabetics it was noted in 2 of 3 (67%) cases of 10 or more years' duration, 4 of 10 (40%) cases of 5-9 years' duration, and 2 of 19 (11%) cases of 0-4 years' duration. Thus, the frequency of areflexia was especially and significantly higher among subjects with diabetes mellitus of 10 or more years' duration.

Radiation and Body Weight. In the AHS sample normal group, multiple regression analysis was made using age and the estimated dose of total body irradiation as independent variables and the contraction time, the half relaxation time, and the tap-to-half relaxation time as dependent variables. The in utero exposed sample (PE86) was analyzed separately by using t-tests. No A-bomb exposure effect was noted with any of these variables. The mean tap-to-half relaxation time showed no significant difference with radiation dose in males, being 290 msec with 0-39 rad, 289 msec with 40-89 rad, and 287 msec with 90 rad or more for the AHS sample, and 250 msec with 0-19 rad and 228 msec with 20 rad or more for the PE86 sample. No significant difference was noted also in females, being 312 msec with 0-39 rad, 311 msec with 40-89 rad, and 309 msec with 90 rad or more for the AHS sample, and 280 msec with 0-19 rad and 278 msec with 20 rad or more for the PE86 sample. The same division into radiation dose groups (0-39, 40-89, and over 90 rad) as used for the AHS sample could not be used for the PE86 sample because of the small number of subjects with high radiation doses.

A similar multiple regression analysis was done on the relation between age, obesity, and the reflex time in the normal group. In evaluating the degree of obesity, the percentiles of weight by age, sex,

が糖尿病患者であった。男性では、無反射症は糖尿病罹病期間の10年以上のもの5例中に3例(60%)、5-9年のもの28例中に3例(11%)および0-4年のもの52例中に8例(15%)に認められた。女性の糖尿病例では、罹病期間の10年以上のもの3例中に2例(67%)、5-9年のもの10例中に4例(40%)および0-4年のもの19例中に2例(11%)にそれを認めた。したがって、無反射症の頻度は、罹病期間10年以上の糖尿病例において特に有意な高率を示した。

放射線および体重。成人健康調査対象者の正常群について、年齢および全身推定被曝線量を独立変数とし、収縮時間、 $\frac{1}{2}$ 弛緩時間および刺激- $\frac{1}{2}$ 弛緩時間を従属変数として重回帰解析を行なった。胎内被曝調査対象群(PE86)の解析は、別にt検定によった。これらの変数のいずれによっても、原爆被曝による影響は認められなかった。男性では、刺激- $\frac{1}{2}$ 弛緩時間平均値に放射線量による有意な差は認められなかった。すなわち、成人健康調査対象群では、0-39 radで290 msec、40-89 radで289 msec、90 rad以上で287 msecであり、PE86対象群では、0-19 radで250 msec、20 rad以上で228 msecであった。女性でも、成人健康調査対象群では0-39 radで312 msec、40-89 radで311 msec、90 rad以上で309 msec、またPE86対象群では0-19 radで280 msec、20 rad以上で278 msecで、いずれにあっても有意な差は認められなかった。PE86対象群では、線量の高いものの例数が少ないため、成人健康調査対象群で用いた各線量群区分(0-39 rad、40-89 rad、90 rad以上)は利用できなかった。

正常群における年齢、肥満および反射時間の間における相関についても同様の重回帰解析を行なった。肥満度の評価に際しては、広島ABCCの対象者の年齢、性および

and height for the ABCC clinical population in Hiroshima were used.²⁶ No effect of body weight was noted on either the contraction time, the half relaxation time, or the tap-to-half relaxation time. The mean tap-to-half relaxation time was 291 msec in males and 316 msec in females for subjects less than the 25 percentile (slender), 290 msec in males and 320 msec in females for the 25-75 percentile (average weight) and 281 msec in males and 326 msec in females for more than the 75 percentile (obese) with no significant differences between body weight difference.

Latency Period. The latency period, defined as the time from the hammer tap to the initiation of contraction (Figure 2), was within the time of the initial deflection, that is, hammer tap artifact, within 5 mm (= 100 msec) for a chart speed of 50 mm/sec in all groups. However, among 18 cases of technical failure in the present study, there are 4 cases with marked prolongation of the latency period. Those were diagnosed as: syphilis of central nervous system (14 mm); mild poliomyelitis (9 mm); hernia of intervertebral disc with spina bifida (8 mm); and acute colitis of unknown etiology (13 mm). The normal reflexes were noted in the opposite leg in cases with poliomyelitis (MF [redacted]) and colitis (MF [redacted]). But cases with neurosyphilis (MF [redacted]) and herniated nucleus pulposus (MF [redacted]) did not demonstrate reflexes in the opposite legs.

The contraction phase in the normal begins immediately from the bottom of the initial deflection, that is, a hammer tap artifact (Figure 2). However, in the above four abnormal cases, there were definite plateaus between the initial deflection and the starting point on the baseline producing a steep upward slope for the patient with neurosyphilis as shown in Figure 2. In this instance, the latency period, including the hammer tap artifact, was 280 msec. The tap-to-half relaxation time was 554 msec, while the contraction phase (160 msec), excluding latency period, and the half relaxation time (114 msec) were within the normal range. Simpson et al have reported patients with neurosyphilis who have delayed relaxation phase.²⁷ However, in the case reported here, a prolonged latency period with normal relaxation was observed.

DISCUSSION

Chaney⁶ was the first to record graphically the delayed Achilles tendon reflex in myxedema patients in 1924. Numerous papers on Achilles tendon reflex have subsequently been published. Very few reports have been made, however, on the

身長別体重比を利用した。²⁶ 収縮時間, 1/2弛緩時間および刺激-1/2弛緩時間のいずれにも体重の影響は認められなかった。刺激-1/2弛緩時間平均値は, 百分比25未満(瘦型)の例では男性 291 msec, 女性 316 msecであり, 百分比25-75(平均体重)では男性 290 msec, 女性 320 msec, また百分比75以上(肥満型)では男性 281 msec, 女性 326 msecであり, 体重差の間に有意差はなかった。

反応時間. 反射槌による刺激から収縮開始までの時間と定義されている反応時間(図2)はいずれの群にあっても記録紙搬送速度50mm/secの場合には, 最初の反屈時間の範囲内, すなわち, 槌での打叩による人為的刺激で5mm未満(=100 msec)であった。ただし, 本調査での技術的失敗例18例のうち, 反応時間に著しい延長がみられたのが4例あった。これら4例の診断名は, 中枢神経系の梅毒(14mm), 軽度の灰白髄炎(9mm), 二分脊椎に伴う椎間板ヘルニア(8mm)および病因不明の急性結腸炎(13mm)であった。灰白髄炎例(基本名簿番号[redacted])および結腸炎例(基本名簿番号[redacted])では, 反対側の脚に正常な反射が認められた。しかし, 神経梅毒例(基本名簿番号[redacted])および椎間板ヘルニア例(基本名簿番号[redacted])では, 反対側の脚にも反射は認められなかった。

正常者における収縮期は, 最初の反屈, すなわち, 打叩刺激に基づく反応の根底から急速に始まる(図2)。しかし, 上記四つの異常例においては, 神経梅毒例に関する図2に示すように, 最初の反屈と, 基底線上の上向線の基点との間に明確な平坦部があった。この例では, 打叩刺激反応を含む反応時間は280 msecであった。刺激-1/2弛緩時間は554 msecであったが, 反応時間を除く収縮期(160 msec)および1/2弛緩時間(114 msec)は正常範囲内であった。Simpsonらは, 神経梅毒患者で弛緩期に延長のあったことを報告している。²⁷ しかし, 本症例では反応時間の延長は認められたが, 弛緩期は正常であった。

考 察

1924年 Chaney⁶ は, 粘液水腫の患者にアキレス腱反射時間の延長する事実を初めて図に記録した。その後アキレス腱反射に関する論文は数えきれないほど出ている。しかし, 正常者における年齢別正常値, またはアキレス腱

subject of age specific normal values or the correlation of Achilles tendon reflex time and areflexia with age in normal individuals.

Reinfrank⁵ and Nordyke⁷ have been the only investigators to report on a large scale the normal Achilles tendon reflex time by age for all age groups. They studied 400 normal subjects (age groups: 3-15, 16-64, 65-76 years; mean tap-to-half relaxation time: 276, 317, 334 msec, respectively) and 893 euthyroid cases (age groups: 0-19, 20-39, 40-59, 60-79 years; mean tap-to-half relaxation: 294, 318, 322, 326 msec, respectively). Age relationship was not commented on by Lawson⁸ in his series of 2996 normal subjects. Only one report on Achilles tendon reflex in normal children could be found⁹ (age group: 4-8 years; mean tap-to-half relaxation: 258 msec in Caucasian, 253 msec in non-Caucasian; and age group: 9-13 years; mean tap-to-half relaxation: 272 msec in Caucasian, 260 msec in non-Caucasian). With regard to the frequency of areflexia by age, Ellenberg²⁸ noted a total of only 3 instances in 200 subjects in the 20-60 year age group and a similar number who were 65 or over. Nishiki²⁹ reported, in Japan, on age-reflex relationships in 385 normal subjects. He described prolongation of the tap-to-half relaxation time in persons aged 40 years or more (age groups: less than 39, 40-59, more than 60 years; mean tap-to-half relaxation: 283, 322, 316 msec).

All of these authors except Ellenberg and Lawson noted a correlation between Achilles tendon reflex time and age. Our results also show a definite prolongation of Achilles tendon reflex time with age.

Other workers, however, have not observed a correlation between Achilles tendon reflex time and age.^{1,10,13,16} Achilles tendon reflex time is said to be correlated with the results of thyroid function tests such as PBI and 24-hour I¹³¹ uptake.^{14,15} In addition, it has been pointed out by Nuttal,¹ Nuki,³ and others² that Achilles tendon reflex is affected by various extra-thyroid factors such as drugs, exercise, temperature, blood glucose, hypokalemia, normal puerperium, sarcoidosis, neurosyphilis, pernicious anemia, sprue, myoasthenia gravis, schizophrenia, in addition to diabetes mellitus. Our results show a statistically significant correlation between age and Achilles tendon reflex time in normal subjects. However, for the diabetic, the treated thyroid disease, and the female neuromuscular disease groups, the increase of Achilles tendon reflex time observed with respect to age was not statistically significant. This may have been due to the smaller numbers of subjects; because the reflex time does not, in fact,

反射時間および無反射症と年齢との相関を主題とした報告は皆無に等しい。

わずかに Reinfrank⁵ および Nordyke⁷ が大規模な集団を用いて全年齢群における正常者の年齢別アキレス腱反射時間について報告しているにすぎない。かれらは、正常者 400 人 (年齢群: 3-15, 16-64, 65-76 歳; 刺激-1/2 弛緩時間平均値: それぞれ 276, 317, 334 msec) および甲状腺機能正常者 893 例 (年齢群: 0-19, 20-39, 40-59, 60-79 歳; 刺激-1/2 弛緩時間平均値: それぞれ 294, 318, 322, 326 msec) を対象に調査を行なっている。Lawson⁸ は正常者 2996 例を対象に調査を行なったが、年齢との関連については記述していない。正常小児のアキレス腱反射については、ただ一つの報告があるだけである⁹ (年齢群: 4-8 歳; 刺激-1/2 弛緩平均値: 白人 258 msec, 非白人 253 msec; 年齢群: 9-13 歳; 刺激-1/2 弛緩平均値: 白人 272 msec, 非白人 260 msec)。無反射症の年齢別頻度については、Ellenberg²⁸ が、20-60 歳および 65 歳以上の者それぞれ 200 例中、合計わずかに 3 例を報告しているにすぎない。日本では、西亀²⁹ が正常者 385 例における年齢-反射関係について報告を行なっている。かれは、40 歳以上の者に刺激-1/2 弛緩時間の延長の認められたことについて記述している (年齢群: 39 歳未満, 40-59 歳, 60 歳以上; 刺激-1/2 弛緩平均値: 283, 322, 316 msec)。

Ellenberg および Lawson を除く上記の報告者はいずれも、アキレス腱反射時間と年齢との間の相関を認めている。われわれの成績でも、加齢によってアキレス腱反射時間が明らかに延長することを示している。

しかし、他の研究者ではアキレス腱反射時間と年齢との間の相関を認めていない者もいる。^{1,10,13,16} アキレス腱反射時間は、蛋白結合ヨウ素検査や 24 時間ヨウ素¹³¹ 摂取検査などの甲状腺機能検査の結果と相関があるといわれている。^{14,15} そのうえ、アキレス腱反射は、糖尿病のほかに、薬剤、運動、温度、血糖、低カリウム血症、正常産褥期、サルコイドーシス、神経梅毒、悪性貧血、脂肪便症、重症の筋無力症、精神分裂症などの種々の甲状腺以外の因子によって影響されることを、Nuttal¹, Nuki³, その他² が指摘している。本調査の結果では、正常者における年齢とアキレス腱反射時間との間に統計的に有意な相関が認められた。しかし、糖尿病、治療を受けた甲状腺疾患および女性の神経筋肉疾患群では、年齢に照らしてみたところのアキレス腱反射時間の増加は統計的に有意ではなかった。これはおそらく例数が少ないためか、アキレス腱反射時間が加齢とともに事実増加していないためか、あるいは加齢による影響が甲状腺お

increase with age; or, because an age effect is occluded by thyroid and extra-thyroid effects. The mean reflex times in these groups did not differ greatly from normal subjects.

According to Nuttal,¹ the S-P time with the Kinemometer in patients with hyperthyroidism and hypothyroidism was on the average shortened 22% and prolonged 78%, respectively, as compared with the normal value. The S-P time used by Nuttal¹ seems to be the same as the tap-to-half relaxation time in our study. On the other hand, Rives,¹¹ using the mean contraction time in normal subjects $\pm 2SD$ as the normal limits, reported that 78% of patients with hyperthyroidism and 38% with hypothyroidism would fall within normal limits. By our results with the photomograph, the change occurring in the mean tap-to-half relaxation time between normal subjects in the 18-20 year age group and the 70 or over age group, was 71 msec in males (28%) and 69 msec (25%) in females. Therefore, to increase the diagnostic accuracy in thyroid diseases, it would be desirable to use the normal mean reflex times for the age groups separately as indices for the evaluation of the Achilles tendon reflex time. There is a special need to consider age in mild forms of thyroid disease. However, in severe thyroid disease this may not be necessary since there would be little overlap with the normal values.

With respect to the reflex and thyroid function, there remains absence of agreement in that some investigators have emphasized the contraction time¹² and others have noted that the relaxation phase is the more affected.¹³ This has never received adequate explanation. Only Kimura utilizing a strain gauge²³ and Chaney (electromagnetic method⁶) have documented a shifting of the peaks of reflex curves in the same person. This phenomenon leads to a variability of the contraction and half relaxation time in measurements among different persons as well as in the same individual. However, it does not affect the tap-to-half relaxation time. Therefore, it would appear that the tap-to-half relaxation time improves significantly the value of the test.

Some reports describe a significant prolongation of the mean Achilles tendon reflex time in diabetes mellitus.^{5,30} Krosnick³¹ found no difference in the mean reflex time of diabetics as a group but demonstrated significantly greater average reflex time among those having diabetes for more than 10 years than among those 10 years or less. It is very interesting that areflexia is found with high frequency even in such a mild diabetic group as in our study. Nuttal¹ reported that among 42 cases of areflexia found in his series, 25 subjects (59%)

および甲状腺以外のものによる影響によって吸収されたためか、それらのいずれかであろう。これらの各群における平均反射時間は正常者のものと大差なかった。

Nuttal¹によれば、甲状腺機能亢進症および低下症例では、KinemometerによるS-P時間は、正常値に比べて、それぞれ平均22%の短縮および78%の延長が認められた。Nuttal¹が用いたS-P時間は、本調査における刺激一 $\frac{1}{2}$ 弛緩時間と同じように思われる。一方、正常例の平均収縮時間 $\pm 2SD$ を正常範囲としたRives¹¹は、甲状腺機能亢進症の78%および低下症の38%は正常範囲内にふくまれると報告した。Photomographを用いた本調査での結果によれば、正常例における18-20歳群と70歳以上群との間に生ずる刺激一 $\frac{1}{2}$ 弛緩時間平均値の変化は、男性71 msec (28%)、女性69 msec (25%)であった。したがって、甲状腺疾患の診断精度を増大させるためには、年齢群別の正常平均反射時間をアキレス腱反射時間の評価の指標とすることが望ましい。軽症の甲状腺疾患においては、年齢を特に考慮する必要がある。しかし、重症の甲状腺疾患では、正常値との重複はほとんどないと思われるので、その必要はないかもしれない。

反射および甲状腺機能について、ある研究者は収縮時間を重視し、¹² 他の者は弛緩期のほうがより影響を受けやすいと述べ、意見が一致していない。これについては、まだじゅうぶんな説明がなされていない。わずかに、strain gaugeを利用した木村、²³ および電磁気法を応用したChaney⁶が同一対象者における反射曲線の頂点移動について記述しているにすぎない。この現象によって、同一対象者ではもちろん個々の対象者間においても測定値の収縮および $\frac{1}{2}$ 弛緩時間の変動する。しかし、これは刺激一 $\frac{1}{2}$ 弛緩時間には影響を及ぼさない。したがって、刺激一 $\frac{1}{2}$ 弛緩時間は検査の価値を有意に改善すると思われる。

ある報告書は、糖尿病患者におけるアキレス腱反射時間の平均値に有意な延長がみられたことを記述している。^{5,30} Krosnick³¹は、糖尿病群全体の平均反射時間には差がみられなかったが、罹病期間が10年未満の場合よりも、10年以上の場合においてその平均反射時間が有意に長いと報告している。本調査におけるように軽症糖尿病群においてさえ無反射症が高率に認められたことは、きわめて興味深い。Nuttal¹は、その調査において認めた42例の無反射症中25例(59%)に糖尿病があったと報告した。

were diabetic. Krosnick³¹ found areflexia in 5.1% of the nondiabetics and in 31% of the diabetics. According to Reinfrank,⁵ areflexia was noted in 162 (15%) of his total sample and 126 (78%) of them showed unequivocal chemical evidence of diabetes mellitus. Also, in one Japanese hospital study, areflexia was more frequent in diabetics (male 38.3%, female 39.5%) than in the normal control (sex combined 10.8%)³⁰ In our study, 22 (22.4%) out of a total of 98 cases (4.1% of the total sample) of areflexia were diabetic.

Areflexia in one leg or reduced Achilles reflex was noted in thyroid diseases¹ in which a direct effect of thyroid hormone on Achilles tendon is known.^{12,15} In diabetes mellitus in which areflexia is frequent, peripheral neuropathy or a defect in the neural reflex arc may be of greater importance. However, in cases where diabetes mellitus is associated with hypothyroidism, it is expected that Achilles tendon reflex would be greatly prolonged. Thus, it seems important to examine blood sugar whenever areflexia is clinically noted and this may be an aid in the detection of diabetes mellitus. Thus, our findings support a proposal by Krosnick³¹ and Ellenberg²⁸ that recording of the Achilles tendon reflex may be considered in screening for diabetes mellitus.

Nuttal¹ and Reinfrank⁵ reported that reflex time is longer in females than in males. Our findings showed the same. Abraham,¹⁶ however, observed no difference in Achilles tendon reflex between sexes. The cause of this discrepancy is unknown.

According to Nordyke,⁷ the tap-to-half relaxation time of the Japanese is shorter than that of Caucasians by 14 msec. In pediatric groups, Katz⁹ reported that the reflex time of a group of subjects including Negroes, Filipinos, Japanese, and Chinese was slightly shorter than that of Caucasians. Our results show the mean tap-to-half relaxation time of normal subjects was 290 msec in males and 321 msec in females. These values do not differ greatly from those reported by other researchers in other countries (sex combined: 289 msec - 339 msec),^{1,3,5,7,10,15,29,30} in spite of differences of race and instrument used.

It has been noted that Americans are considerably heavier than Japanese at all ages.³² Since the reflex time in our study is nearly the same as that reported by European and American researchers, body weight itself probably does not affect reflex time very much. Actually, Burt³³ reported only a slight statistical difference in Achilles tendon reflex time with excessive body weight. Others,⁵

Krosnick³¹ は、非糖尿病例の 5.1% に、および糖尿病例の 31% に無反射症を認めている。Reinfrank⁵ によれば、無反射症はその調査集団全員中 162 例 (15%) に認められ、うち 126 例 (78%) において糖尿病が臨床化学的に明らかに証明されたと述べている。また、日本のある病院の調査では、無反射症は正常な対照群 (男女合計 10.8%) よりも糖尿病群 (男 38.3%, 女 39.5%) のほうに多かった。³⁰ 本調査では、無反射症総数 98 例 (対象者全体の 4.1%) 中 22 例 (22.4%) に糖尿病があった。

甲状腺ホルモンがアキレス腱に直接影響を及ぼすことが認められている甲状腺疾患¹ では、片脚の無反射またはアキレス腱反射の低下が認められた。^{12,15} 無反射症の多い糖尿病では、末梢神経症または神経反射弓障害がより重要な問題であるかもしれない。しかし、糖尿病が甲状腺機能低下症と合併している場合には、アキレス腱反射は著しく延長することが期待される。したがって、臨床的に無反射症が認められる場合はいつでも血糖検査を行なうことが肝要であり、これが糖尿病探知の一助となるように思われる。要するに、われわれの得た所見は、糖尿病探知のための方法として、アキレス腱反射の記録の利用が考えられるという Krosnick³¹ および Ellenberg²⁸ の提案を支持するものである。

Nuttal¹ および Reinfrank⁵ は、反射時間は男性よりも女性のほうが長いと報告した。われわれの得た結果も同じであった。しかし、Abraham¹⁶ は、アキレス腱反射に男女差を認めていない。かかる所見の相違の原因は不明である。

Nordyke⁷ によれば、日本人の刺激—弛緩時間は白人よりも 14 msec ほど短いという。小児についての調査では、Katz⁹ は、黒人、フィリピン人、日本人および中国人などを含む対象集団の反射時間は白人よりもやや短いことを報告している。われわれの結果では、正常者の刺激—弛緩時間の平均値は、男性 290 msec、女性 321 msec であった。これらの値は、人種や使用器具に差があったにもかかわらず、外国の諸家の報告 (男女総括: 289 msec - 339 msec)^{1,3,5,7,10,15,29,30} と大差ない。

米国人の体重は各年齢層とも日本人より重いことが認められている。³² 本調査における反射時間は、欧米の研究者の報告とほぼ同様であるから、体重それ自体はおそらく反射時間にあまり影響を及ぼさないものと思われる。事実、Burt³³ は、体重過剰とアキレス腱反射時間との間には、わずかな統計的差異があるにすぎないと報告して

like us, also observed no relationship with body weight.

An increased rate of microcephaly and mental retardation has been noted among the 1st trimester in utero subjects of Hiroshima and Nagasaki, who were exposed to the A-bomb within 1500 m from the hypocenter.³⁴ This is suggestive of a radiation effect on the central nervous system of the fetus. On the other hand, in adult Hiroshima A-bomb survivors, Hollingsworth³⁵ found no relation to radiation in various neuromuscular tests for aging. Our Achilles tendon reflex test is influenced by various factors as mentioned earlier, but no correlation with radiation was found in the in utero exposed or adult survivors.

Finally, it seems that Achilles tendon reflex may be useful in evaluating one of the many aspects of aging. Combined with other aging tests, it would be feasible as a means of making future aging evaluation more meaningful.

いる。他の報告者⁵も、われわれ同様、体重との関係を認めていない。

広島・長崎の妊娠初期における胎内被爆児で爆心地から1500m未満で被爆した者には、小頭症と知能遅鈍の頻度の増加が認められている。³⁴ これは胎児の中枢神経系に放射線の影響のあったことを示唆する。一方、Hollingsworth³⁵ は、広島の人被爆者を対象に加齢に関して各種の神経筋検査を行なったが、放射線との関係は認めていない。われわれのアキレス腱反射検査の結果では、前記のように各因子によって影響されるが、胎内被爆児にも成人被爆者にも放射線との相関は認められなかった。

最後に、アキレス腱反射は、多面性を有する加齢の一面を評価するのに有用であると思われる。これは、ほかの加齢検査と組み合わせれば、今後の加齢評価をいっそう有意義なものとする一つの方法として役だつであろう。

APPENDIX: MEAN REFLEX TIMES BY AGE, SEX, & DISEASE CATEGORY

付録：年齢、性および疾患群別にみた平均反射時間

Linear regressions of reflex times on age were computed for the various disease categories, male and females separate. No computations were made for the male thyroid disease data since there were only four such subjects. In the thyroid disease, diabetes mellitus, and neuromuscular disease categories, the only significant relationships with age found were for males in the neuromuscular disease category for half relaxation and tap-to-half relaxation times ($P < .01$). In the normal category, all six possible groups were highly significantly ($P < .01$) related with age (Age adjusted means were computed from the linear regressions).

各疾患群につき、男女別々に、年齢に関する反射時間の回帰直線を算定した。男性における甲状腺疾患はわずか4例しかなかったため、それらの算定は行なわなかった。甲状腺疾患、糖尿病、および神経筋疾患群において、年齢との唯一の有意関係が認められたのは、男性の神経筋疾患群における1/2弛緩および刺激-1/2弛緩時間についてであった($P < .01$)。正常群では、可能性のある六つの群ではことごとく、年齢ときわめて有意な相関が($P < .01$)認められた。(年齢別平均値は、回帰直線によって算定された。)

TABLE 5 MEAN CONTRACTION TIME BY AGE, SEX, & DISEASE

表 5 平均収縮時間：年齢・性・疾患別

Age 年齢	Male 男				Female 女			
	Thyroid Disease	Diabetes Mellitus	Neuromuscular Disease	Normal	Thyroid Disease	Diabetes Mellitus	Neuromuscular Disease	Normal
	甲状腺疾患	糖尿病	神経筋肉疾患	正常	甲状腺疾患	糖尿病	神経筋肉疾患	正常
0-19	Examined 被検例数			58				54
	Mean (msec) 平均値	-	-	157	-	-	-	169
	SD			15				24
20-29	Examined		5	58			3	87
	Mean	-	-	167	-	-	167	169
	SD		6	19			7	21
30-39	Examined		8	169	13	5	4	373
	Mean	-	176	165	181	164	177	175
	SD		19	24	25	38	35	25
40-49	Examined		8	97	12	4	7	289
	Mean	-	164	175	196	171	185	184
	SD		19	18	40	14	38	31
50-59	Examined		20	121	15	6	12	260
	Mean	-	196	169	183	185	202	183
	SD		31	19	31	27	29	31
60-69	Examined		25	131	7	6	16	207
	Mean	-	179	180	182	176	190	187
	SD		29	23	24	14	29	33
70+	Examined		10	51	3		4	78
	Mean	-	193	196	212	-	206	190
	SD		33	39	32		27	34
Age adjusted mean 年齢補正平均値			180	171	173	186	172	186
	SD		30	22	25	31	30	30

Means for cells with less than 3 subjects are not shown. 3例未満の平均値は記載されていない。

SD = Standard deviation SDは標準偏差。

TABLE 6 MEAN HALF-RELAXATION TIME BY AGE, SEX, & DISEASE

表6 弛緩時間平均値：年齢・性・疾患別

Age 年齢	Male 男				Female 女			
	Thyroid Disease	Diabetes Mellitus	Neuromuscular Disease	Normal	Thyroid Disease	Diabetes Mellitus	Neuromuscular Disease	Normal
	甲状腺疾患	糖尿病	神経筋肉疾患	正常	甲状腺疾患	糖尿病	神経筋肉疾患	正常
0-19	Examined	被検例数		58				54
	Mean (msec)	平均値	-	93	-	-	-	110
	SD			18				23
20-29	Examined		5	58			3	87
	Mean	-	97	103	-	-	96	126
	SD		24	28			23	30
30-39	Examined	8	7	169	13	5	4	373
	Mean	115	103	109	135	115	142	133
	SD	27	26	21	21	46	23	31
40-49	Examined	8	6	97	12	4	7	289
	Mean	112	118	119	130	133	141	140
	SD	21	11	23	33	18	38	31
50-59	Examined	20	16	121	15	6	12	260
	Mean	115	123	125	158	134	143	149
	SD	32	32	27	66	48	34	42
60-69	Examined	25	12	131	7	6	16	207
	Mean	125	129	131	169	151	137	150
	SD	27	28	30	33	48	50	36
70+	Examined	10	5	51	3		4	78
	Mean	136	143	129	132	-	141	158
	SD	42	31	31	43		45	34
Age adjusted mean								
年齢補正平均値		114	114	117	143	127	133	140
	SD	30	30	28	45	42	40	36

Means for cells with less than 3 subjects are not shown. 3例未満の平均値は記載されていない。

TABLE 7 MEAN TAP-TO-HALF RELAXATION TIME BY AGE, SEX, & DISEASE

表7 刺激一½弛緩時間平均値：年齢・性・疾患別

Age 年齢	Male 男				Female 女			
	Thyroid Disease	Diabetes Mellitus	Neuromuscular Disease	Normal	Thyroid Disease	Diabetes Mellitus	Neuromuscular Disease	Normal
	甲状腺疾患	糖尿病	神経筋肉疾患	正常	甲状腺疾患	糖尿病	神経筋肉疾患	正常
0-19	Examined	被検例数		58				54
	Mean (msec)	平均値	-	250	-	-	-	279
	SD			23				33
20-29	Examined		5	58				87
	Mean	-	-	264	263	-	-	263
	SD		21	33			26	34
30-39	Examined		8	169	13	5	4	373
	Mean	-	291	268	275	316	278	318
	SD		30	31	31	32	76	34
40-49	Examined		8	97	12	4	7	289
	Mean	-	277	293	294	326	303	326
	SD		28	19	34	59	27	41
50-59	Examined		20	121	15	6	12	260
	Mean	-	311	292	304	340	319	344
	SD		48	42	36	86	65	30
60-69	Examined		25	131	7	6	16	207
	Mean	-	304	309	309	351	327	327
	SD		39	35	39	50	59	44
70+	Examined		10	51	3		4	78
	Mean	-	328	339	321	344	-	348
	SD		46	51	36	45	47	53
Age adjusted mean			294	284	290	329	299	320
年齢補正平均値			42	42	40	60	63	42
	SD							49

Means for cells with less than 3 subjects are not shown. 3例未満の平均値は記載されていない。

REFERENCES

参考文献

1. NUTTAL FQ, DOE RP: Achilles reflex in thyroid disorders. A critical evaluation. *Ann Intern Med* 61:269-88, 1964
2. Annotations: Ankle-jerk and thyroid activity. *Lancet* 2:257-8, 1969
3. NUKI G, BAYLISS RIS: Achilles tendon reflex as an index of thyroid function. *Postgrad Med J* 44:97-102, 1968
4. GILSON WE: Achilles-reflex recording with a simple photomograph. *New Eng J Med* 260:1027-8, 1959
5. REINFRANK RF, KAUFMAN RP, et al: Observations of Achilles reflex test. *JAMA* 199:59-62, 1967
6. CHANEY WC: Tendon reflexes in myxedema; A valuable aid in diagnosis. *JAMA* 82:2013-6, 1924
7. NORDYKE RA: Screening for thyrotoxicosis by Achilles reflex time. *Pacif Med Surg* 74:8-12, 1966
8. LAWSON JD: Free Achilles reflex as an aid in the diagnosis of thyroid dysfunction. *US Armed Forces Med J* 10: 16-21, 1959
9. KATZ HP, ROBINSON TA: Normal Achilles tendon reflex time in children as measured with photomograph. *J Pediat* 70:772-6, 1967
10. FOGEL RL, EPSTEIN JA, et al: Achilles tendon reflex test (photomogram) as a measure of thyroid function. *New York J Med* 62:1159-68, 1962
11. RIVES KL, FURTH ED, BECKER DV: Limitations of Ankle jerk test. Intercomparison with other tests of thyroid function. *Ann Intern Med* 62:1139-46, 1965
12. LAWSON JD: Free Achilles reflex in hypothyroidism and hyperthyroidism. *New Eng J Med* 259:761-4, 1958
13. LAMBERT EH, UNDERDAHL LO, et al: A study of ankle jerk in myxedema. *J Clin Endocr* 11:1186-205, 1951
14. NEMEC J, VANA S, et al: Relationship between PBI value and ankle jerk time. *J Clin Endocr* 29:394-7, 1969
15. MILLES DW, SURVEYOR I: Role of ankle-jerk in diagnosis and management of thyroid disease. *Brit Med J* 1:158-61, 1965
16. ABRAHAM AS, ATKINSON M, ROCOE B: Value of ankle-jerk timing in assessment of thyroid function. *Brit Med J* 1:830, 1966
17. BEEBE GW, USAGAWA M: Major ABCC samples. ABCC TR 12-68, pp 2-7
18. FOLIN O, MALMROS H: An improved form of Folin's micromethod for blood sugar determinations. *J Biol Chem* 83: 115-20, 1929
19. RUDNICK PA, ANDERSON PS: Diabetes mellitus in Hiroshima, Japan. A detection program and clinical survey. *Diabetes* 11:533-43, 1962
20. BLACKARD WG, OMORI Y, FREEDMAN LR: Epidemiology of diabetes mellitus in Japan. *J Chronic Dis* 18:415-27, 1965
21. BARKER JB, HUMPHERY JJ, SOLEY MH: Clinical determination of protein bound iodine. *J Clin Invest* 30:55-62, 1951
22. STERLING K, TABACHNICK M: Resin uptake of I^{131} triiodothyronine as a test of thyroid function. *J Clin Endocr* 21:456-64, 1961
23. KIMURA N: On Achilles tendon reflex recorded by new strain-gauge method. *Hiroshima J Med Sci* 16:139-51, 1967
24. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 radiation dose (T65D) estimation for atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 1-68

25. ARAKAWA ET: Radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. *New Eng J Med* 263:488-93, 1960
26. SEIGEL DG: ABCC-JNIH Adult Health Study, Hiroshima-Nagasaki 1958-60. Height-weight tables. ABCC TR 19-62
27. SIMPSON GM, BLAIR JH, NARTOWICZ GR: Prolonged Achilles reflex in neurosyphilis simulating "myxedema reflex". *New Eng J Med* 268:89-91, 1963
28. ELLENBERG M: Deep reflexes in old age. *JAMA* 174:468-9, 1960
29. 西亀雄二: アキレス腱反射描記法の考案と糖尿病症例における同反射の測定. 第1報. アキレス腱反射描記法の考案と臨床的応用の検討. 広島大学医学雑誌 17: 955-61, 1961年
(NISHIKI Y: Evaluation of a method recording achilles tendon reflex and its clinical application in diabetics. Report 1: Evaluation of recording method and its clinical trial. *Hiroshima Daigaku Igaku Zasshi-Med J Hiroshima Univ*)
30. 西亀雄二: アキレス腱反射描記法の考案と糖尿病症例における同反射の測定. 第2報. 糖尿病症例におけるアキレス腱反射の測定. 広島大学医学雑誌 17: 963-72, 1969年
(NISHIKI Y: Evaluation of a method recording Achilles tendon reflex and its clinical application in diabetics. Report 2: Findings of record in subjects with diabetes. *Hiroshima Daigaku Igaku Zasshi-Med J Hiroshima Univ*)
31. KROSNICK A: Achilles tendon areflexia in diabetic patients. An epidemiological study. *JAMA* 190:1008-10, 1964
32. FREEDMAN LR, ISHIDA M, FUKUSHIMA K: Mortality and body weight. ABCC TR 20-64
33. BURT V, STUNKARD A: Body weight and Achilles reflex time. *Ann Intern Med* 60:900-2, 1964
34. WOOD JW, JOHNSON KG, OMORI Y: In-utero exposure to the Hiroshima atomic bomb. An evaluation of head size and mental retardation: Twenty years later. *Pediatrics* 39:385-91, 1967
35. HOLLINGSWORTH DR, HOLLINGSWORTH JW, et al: Neuromuscular tests of aging in Hiroshima subjects. *J Geront* 24:276-83, 1969