

ABCC-JNIH ADULT HEALTH STUDY

ABCC—予研成人健康調査

NEUROMUSCULAR TESTS OF AGING

神経筋肉系の加齢検査

HIROSHIMA

広 島

DOROTHY R. HOLLINGSWORTH, M.D.

JAMES W. HOLLINGSWORTH, M.D.

SEYMOUR BOGITCH

ROBERT J. KEEHN, M.S.



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 23 January 1969
Research Project 研究課題 12-60

ABCC-JNIH ADULT HEALTH STUDY

ABCC - 予研成人健康調査

NEUROMUSCULAR TESTS OF AGING

神経筋肉系の加齢検査

HIROSHIMA

広島

DOROTHY R. HOLLINGSWORTH, M.D.¹

JAMES W. HOLLINGSWORTH, M.D.¹

SEYMOUR BOGITCH²

ROBERT J. KEEHN, M.S.³



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

Departments of Medicine,¹ Instrument Maintenance and Repair Section,² and Statistics³

臨床部,¹ 器械管理課,² および統計部³

CONTENTS

目 次

Introduction	緒 言	1
Methods and Sample Selection	方法および標本抽出	1
Results	成 績	4
Discussion	考 察	11
Summary	要 約	12
References	参考文献	13
Table	1. Age at examination of subjects in hand grip study	
表	握力検査における対象者の検査時年齢	3
	2. Age at examination of subjects in light extinction study	
	閃光テストにおける対象者の検査時年齢	3
	3. Age at examination of subjects in vibrometer study	
	振動感覚検査における対象者の検査時年齢	5
	4. Mean grip strength	
	平均握力	5
	5. Right-hand grip strength deviations from sex and age specific means	
	男女・年齢別平均値からみた右手握力偏差	7
	6. Correlation coefficients of test scores on age	
	検査成績の年齢に対する相関係数	11
Figure 1.	Light extinction testing instrument	
図	閃光テスト機	4
	2. Mean hand grip	
	平均握力	6
	3. Regression of right hand grip on age at examination	
	検査時年齢に対する右手の握力の回帰	6
	4. Mean light test score	
	閃光テストの平均値	9
	5. Regression of light test score on age at examination	
	検査時年齢に対する閃光テスト成績の回帰	9
	6. Mean vibrometer score	
	振動測定の平均値	10
	7. Regression of vibrometer test score on age at examination	
	検査時年齢に対する振動測定値の回帰	10

NEUROMUSCULAR TESTS OF AGING

神経筋肉系の加齢検査

HIROSHIMA

広島

INTRODUCTION

At ABCC in Hiroshima and Nagasaki, studies are under way to determine whether there are perceptible differences in the aging of atomic bomb survivors exposed to widely differing amounts of radiation. Studies on irradiated animals have suggested that accelerated aging may be a consequence of irradiation,¹ perhaps through the mechanism of somatic mutation.²

The subtle aging that occurs in the neuromuscular system is difficult to measure, and standardized aging tests suitable for large-scale studies have not been devised and evaluated. Tests that can be performed easily and quickly by the subjects, and that require no specially trained personnel or complex equipment, can be most easily integrated into a large-scale clinical survey. The ABCC-JNIH Adult Health Study,³ providing clinical examinations of large numbers of subjects, presents an ideal situation to study simple physiologic tests.

Three tests were selected as indicators of neuromuscular function. Strength of hand grip was used as one test since studies have shown that maximum strength of grip is attained at age 30 and then gradually declines with advancing years.^{4,5} Bellis, Birren, and others have shown that voluntary responses become increasingly slow in later life.⁶⁻¹¹ A simple task (light extinction) was devised by one of us (SB) to measure the rapidity of voluntary response to a stimulus. Since vibratory acuity has also been reported to decrease with age, the threshold of perception of vibratory sensation was used as a third index.^{12,13}

METHODS AND SAMPLE SELECTION

The Sample The ABCC medical clinic in Hiroshima is engaged in the systematic examination of selected groups of A-bomb survivors and a comparison group (all study subjects were alive on 1 October 1950):

Group 1 consists of 3428 persons who were within 2000 m from the hypocenter at the time of the bomb (ATB) and who had major acute symptoms of radiation (purpura, epilation, or sore throat suggestive of agranulocytic angina of the oropharynx);

緒言

原爆被爆生存者が受けた放射線線量にはかなり差があるが、広島および長崎のABCCでは、これら被爆者の加齢現象に探知しうる程度の差異があるか否かを究明するために調査を進めている。放射線照射を受けた動物に関する研究は、照射の結果、¹ おそらく体細胞突然変異の機序²を通じて加齢が促進されることを示唆している。

神経筋肉系に生ずる微妙な加齢現象を測定することは困難である。大規模な調査に適切な標準化した加齢検査はまだ考案されておらず、評価も行なわれていない。対象者が容易にかつ敏速に実行でき、特別に訓練された職員や複雑な設備を必要としない検査は、大規模な臨床調査にたやすく組み入れることができる。多数の対象者が臨床検査を受けているABCC—予研成人健康調査³は、簡単な生理的検査を検討するのに最適の場を提供する。

神経筋肉機能の指標として3種の検査を選択した。30歳で握力が最高に達し、その後年齢とともに次第に下降することが報告されているので、^{4,5} 握力を検査の一つとして用いた。Bellis, Birrenらは、晩年にはますます随意反応が遅延するようになると述べている。⁶⁻¹¹ 刺激に対する随意反応の速度を測定するため、著者のひとり、(Bogitch)が簡単な作業(閃光テスト)を考案した。振動に対する感覚も年齢とともに減退すると報告されているので、振動感覚の知覚の閾値を第3の指数として使用した。^{12,13}

方法および標本抽出

サンプル 広島のABCC臨床部では特定原爆被爆者群および対照群の系統的臨床検査を実施している。調査対象者は全員1950年10月1日現在生存していた。

第1群は、原爆時に爆心地から2000m未満の距離にいて、急性放射線症状(すなわち、紫斑病、脱毛または口腔咽頭の無顆粒球性アンギナと思われる咽喉炎)を呈した者3428人からなる。

Group 2 consists of 3427 persons who were within 2000 m but who did not have acute radiation symptoms;

Group 3 is composed of 3431 persons who were 3000-3500 m from the hypocenter (At this distance, the bomb caused physical destruction but direct radiation was nil¹⁴); and

Group 4 is a control group of 3433 persons who were not in the city ATB.

The groups are matched as to age and sex and total 13,719 subjects who are examined in representative subgroups that are approximately balanced as to age, sex, and exposure to radiation.

Hand Grip Test A standard Japanese dynamometer was used and subjects performed the test in the standing position with the right arm extended and the palm facing upward. A nurse, trained in the procedure, placed the dynamometer in the subject's upturned palm and instructed him to squeeze the instrument as firmly as possible. The nurse then recorded the grip strength registered on the kilogram scale of the instrument. The left hand was tested and recorded in similar fashion. The distribution of the 970 males and 1597 females tested during July 1958 - June 1959 is shown by age and exposure group in Table 1.

Light Extinction Test The testing instrument (Figure 1) consists of a row of 10 neon pilot lights mounted on a rectangular board. Under each light is a special switch requiring very low force to move it. The test is done with the subject sitting in a chair facing the panel of lights. One light is already illuminated and the subject is carefully instructed that when he presses the switch beneath the light, turning it out, the test begins and another light will light up. The lights are lit in an arbitrary order 3-8-9-5-6-7-2-4-10-1 and the subject must extinguish each light as it becomes illuminated by pressing the switch beneath it. When the subject extinguishes the first neon light a standard electric timer with a sweep second hand reading to one-hundredth of a second is activated. The clock continues to turn until the last lamp is shut off, and the reading at this time indicates the length of time from the beginning to the end of the test.

Each subject performed the test once after practicing with a separately mounted switch to get the feel of its operation. The test was then repeated and the time recorded for the second trial. This test was performed by 296 males and 531 females (Table 2) during March and April, 1960.

第2群は、2000m未満において急性放射線症状を呈さなかった者3427人からなる。

第3群は、爆心地から3000—3500mにいた者3431人からなる。この距離においては原爆による物理的破壊はあったが、直接の放射線は皆無であった。¹⁴

第4群は、原爆時に市内にいなかった3433人からなる対照群である。

以上の各群の年齢および性別構成は一致していて、その合計は13,719人である。なお、年齢・性別および被曝線量別構成がほぼ一致している小区分群別に対象者が検査される。

握力テスト 日本製の標準握力計を使用した。被検者は右腕を伸ばし、手掌を上向きにして、立位でこの検査を行った。検査に精通した看護婦が、被検者の上向きになった手掌の中に握力計を置き、できるだけ強く器械を握るよう指示した。看護婦は握力計が表示したキログラムを握力として記録した。同じ方法で左手を検査し、数値を記録した。1958年7月から1959年6月までに検査した男970人、女1597人の年齢および被曝群別分布を表1に示す。

閃光テスト この検査器械(図1)は矩形の台に一列に並んだ10個のネオンパイロット・ランプからなる。それぞれのランプの下に非常に軽く操作できる特殊なスイッチがある。被検者がランプ盤に面してすわり、この検査を受ける。検査開始前に1灯だけ点灯しているので、その真下のスイッチを押せばランプが消え、検査が始まると、別のランプがつくことを被検者に注意深く教える。このランプは、3-8-9-5-6-7-2-4-10-1という任意にきめられた順序で点灯する。したがって、ランプがつくと、その下にあるスイッチを押してそれを消さなければならない。最初のネオンランプが消えると同時に、100分の1秒まで測定する秒針付き標準的電気時計が始動する。この時計は、最後のランプが消えるまで動くので、消灯時点の表示が検査の開始から終了までの所要時間を表わす。

各被検者は操作のこつを覚えるため、別個のスイッチで練習を行なったあと、1回検査を行なう。それからもう一度この検査を実施し、2回目の検査の所要時間を記録した。1960年3月から4月までの間に男296人、女531人についてこの検査を実施した(表2)。

TABLE 1 AGE AT EXAMINATION OF SUBJECTS IN HAND GRIP STUDY BY SEX AND EXPOSURE GROUP

表1 握力検査における対象者の検査時年齢：性・被爆群別

Age in Years 年齢	Total 計	Group 被爆群 1		2		3		4	
		No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%
Male 男									
Total 計	970	237	100.0	207	100.0	202	100.0	324	100.0
30-39	210	64	27.0	29	14.0	22	10.9	95	29.3
40-49	241	49	20.7	47	22.7	46	22.8	99	30.6
50-59	293	64	27.0	78	37.7	74	36.6	77	23.8
60+	226	60	25.3	53	25.6	60	29.7	53	16.4
Female 女									
Total 計	1597	409	100.0	443	100.0	418	100.0	327	100.0
30-39	424	124	30.3	121	27.3	95	22.7	84	25.7
40-49	458	109	26.7	130	29.3	130	31.1	89	27.2
50-59	453	117	28.6	119	26.9	116	27.8	101	30.9
60+	262	59	14.4	73	16.5	77	18.4	53	16.2

IBM 965

TABLE 2 AGE AT EXAMINATION OF SUBJECTS IN LIGHT EXTINCTION STUDY BY SEX AND EXPOSURE GROUP

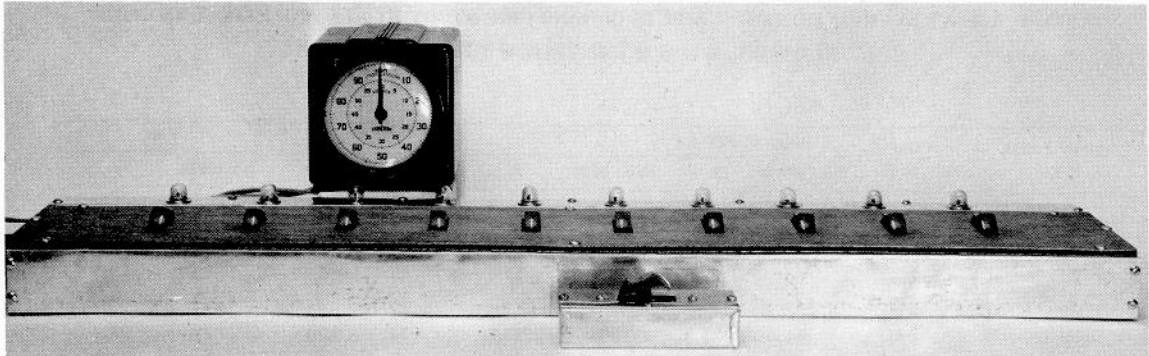
表2 閃光テストにおける対象者の検査時年齢：性・被爆群別

Age in Years 年齢	Total 計	Group 被爆群 1		2		3		4	
		No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%
Male 男									
Total 計	296	77	100.0	82	100.0	83	100.0	54	100.0
15-29	41	15	19.5	7	8.5	12	14.5	7	13.0
30-39	77	20	26.0	19	23.2	24	28.9	14	25.9
40-49	36	12	15.6	11	13.4	12	14.5	1	1.9
50-59	69	15	19.5	22	26.8	21	25.3	11	20.4
60+	73	15	19.5	23	28.0	14	16.9	21	38.9
Female 女									
Total 計	531	128	100.0	119	100.0	139	100.0	145	100.0
15-29	71	21	16.4	19	16.0	16	11.5	15	10.3
30-39	187	36	28.1	47	39.5	44	31.7	60	41.4
40-49	86	26	20.3	15	12.6	24	17.3	21	14.5
50-59	112	23	18.0	20	16.8	35	25.2	34	23.4
60+	75	22	17.2	18	15.1	20	14.4	15	10.3

IBM 963

FIGURE 1 LIGHT EXTINCTION TESTING INSTRUMENT

図1 閃光テスト機



Vibrometry Test Vibratory sensation was tested in 297 males and 534 females (Table 3) during March and April, 1960. A commercially available instrument (Bio-Thesiomer, Model PVD, Manufactured by Bio-Medical Instrument Company, Newbury, Ohio) was used for the test. The subject was tested lying comfortably on an examining table. A nurse carefully explained that vibratory sensation was being tested. A vibrating tuning fork was placed on the subject's forehead to illustrate the sensation. The instrument was then turned to 20 volts and the vibrator button placed on the subject's left great toe to demonstrate the vibratory sensation. The subject was then instructed that the button would be held lightly on the left internal malleolus and he was requested to say "yes" at the instant he perceived a vibratory sensation. The amplitude of the vibrator button was very slowly increased from zero to the point at which vibration was just perceptible. This point was recorded from the scale on the machine in volts. The test was repeated a second time and only the result of the second trial recorded.

RESULTS

Hand Grip Figure 2 shows the mean hand grip strength for men and women for four age groups. The greater strength of men is obvious, of course, as is the greater power of the right hand over the left. The general decline in grip strength with age is also evident. The mean values for men and women by decades of age and by radiation exposure are shown in Table 4.

Linear regression equations expressing right hand grip strength as a function of age were computed by least squares for each exposure group by sex (Figure 3). Visual examination of the two sets of four lines reveals no striking exposure group differences. When the equations were tested for exposure group differences by analysis of

振動測定 1960年3月から4月までの間に男297人、女534人に対して振動感覚検査を実施した(表3)。市販されている器械(Bio-Thesiomer, PVD型、製造元: Bio-Medical Instrument Company, Newbury, Ohio)をこの検査に用いた。被検者は診察台に横臥して検査を受けた。看護婦が振動感覚の検査が行なわれることを注意深く説明した。この振動感覚を示すため、振動している音叉を被検者の額に触れさせた。器械を20ボルトの位置に回わし、振動感覚を示すため振動器のボタンを被検者の左足の親指に置いた。そのボタンを左内側踝部に軽く密着させ、被検者が振動感覚を感じた瞬間「はい」と答えるよう指示した。振動器のボタンの振幅が、0から振動が感知されるところまで徐々に増幅せしめた。このように振動が感知された時、器械が表示したボルトを記録した。検査を2回くり返し行ない、2回目の成績のみ記録した。

成績

握力 4つの年齢階級別の男女の平均握力を図2に示す。期待どおり右手の握力が左手よりも大きく、また男の握力が女よりも大きい。年齢とともに握力が明らかに低下する。10歳年齢階級および被爆群別男女の平均値を表4に示す。

男女別に各被爆群について、年齢関数として右手握力を表わす線型回帰方程式を最小2乗法により計算した(図3)。2組の4つの曲線をおおまかに調べたところ、被爆群間に顕著な差異は認められない。被爆群間の差異について分散分析でその方程式を検定したが、男女ともに変動に

TABLE 3 AGE AT EXAMINATION OF SUBJECTS IN VIBROMETER STUDY BY SEX AND EXPOSURE GROUP
 表3 振動感覚検査における対象者の検査時年齢：性・被爆群別

Age in Years 年齢	Total 計	Group 被爆群 1		2		3		4	
		No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%
Male 男									
Total 計	297	78	100.0	82	100.0	84	100.0	53	100.0
15-29	42	15	19.2	7	8.5	13	15.5	7	13.2
30-39	75	20	25.6	18	22.0	24	28.6	13	24.5
40-49	36	12	15.4	11	13.4	12	14.3	1	1.9
50-59	69	15	19.2	22	26.8	21	25.0	11	20.8
60+	75	16	20.5	24	29.3	14	16.7	21	39.6
Female 女									
Total 計	534	128	100.0	120	100.0	141	100.0	145	100.0
15-29	71	21	16.4	19	15.8	16	11.3	15	10.3
30-39	188	36	28.1	47	39.2	45	31.9	60	41.4
40-49	86	26	20.3	15	12.5	24	17.0	21	14.5
50-59	113	23	18.0	20	16.7	36	25.5	34	23.4
60+	76	22	17.2	19	15.8	20	14.2	15	10.3

IBM 963

TABLE 4 MEAN GRIP STRENGTH BY AGE AT EXAMINATION, SEX, AND EXPOSURE GROUP
 表4 平均握力：検査時年齢・性・被爆群別

Sex 性	Age 年齢	Exposure Group 被爆群				
		Total 計	1	2	3	4
Right Hand 右手						
Male 男	30-39	42.04 kg	40.14 kg	41.03 kg	40.00 kg	44.09 kg
	40-49	38.10	36.31	37.36	36.70	39.98
	50-59	35.15	32.92	35.83	35.34	36.12
	60+	29.60	30.75	28.74	28.43	30.47
Female 女	30-39	22.58	21.65	23.65	22.33	22.67
	40-49	20.91	19.75	20.54	20.89	22.88
	50-59	17.38	16.51	18.27	17.34	17.38
	60+	15.49	14.56	16.37	14.51	16.75
Left Hand 左手						
Male 男	30-39	37.03	34.28	40.00	35.77	38.26
	40-49	33.84	32.20	32.81	34.22	34.97
	50-59	30.06	29.62	31.41	28.91	30.18
	60+	25.61	26.35	24.91	24.98	26.19
Female 女	30-39	19.06	17.74	20.62	18.69	19.17
	40-49	17.55	16.52	17.33	17.33	19.45
	50-59	14.37	13.20	14.87	14.58	14.86
	60+	12.88	12.29	13.78	12.22	13.26

FIGURE 2 MEAN HAND GRIP BY SEX, HAND, AND AGE

図2 平均握力：性・左右・年齢別

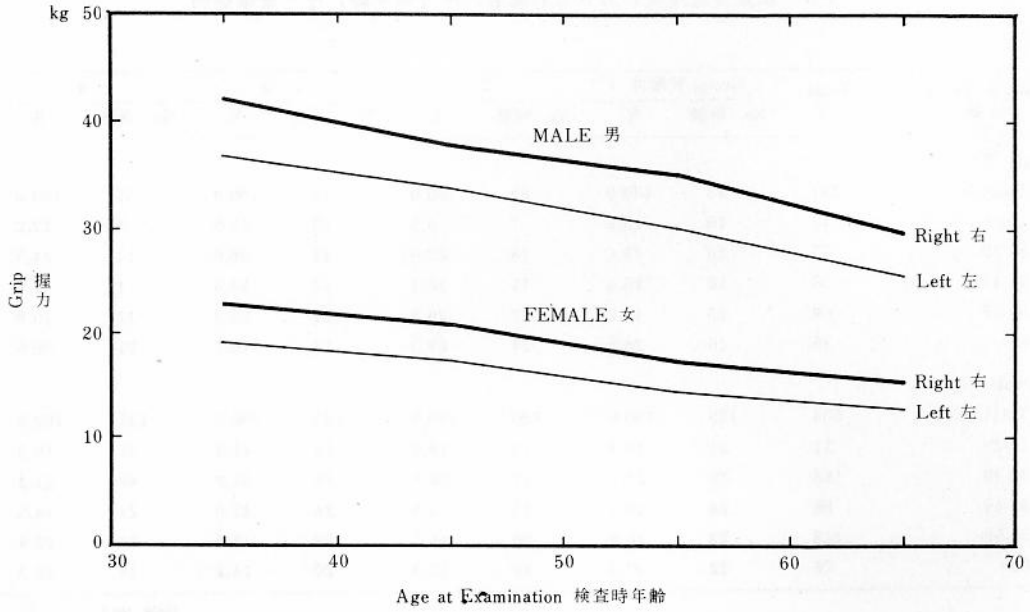
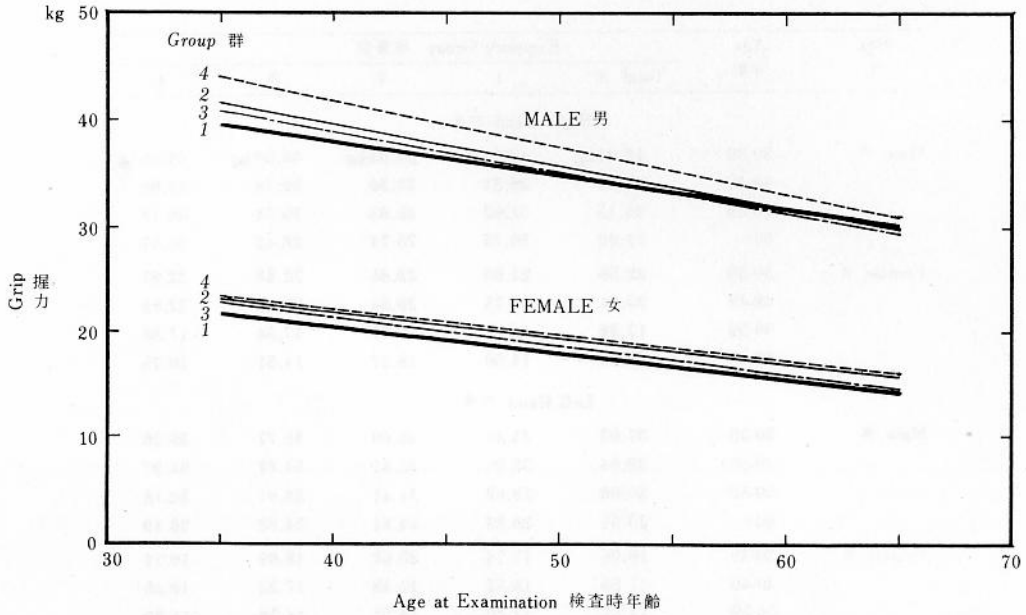


FIGURE 3 REGRESSION OF RIGHT HAND GRIP ON AGE AT EXAMINATION BY SEX AND EXPOSURE GROUP

図3 検査時年齢に対する右手の握力の回帰：性・被爆群別



Regression of Right Hand Grip on Age:	Group 1	Male	50.90-0.317	Age	Female	30.45-0.247	Age
年齢に対する右手の握力の回帰	群 2	男	55.48-0.388	年齢	女	31.93-0.246	年齢
	3		54.40-0.379			32.42-0.272	
	4		59.71-0.440			31.93-0.242	

variance, significant variation was found both for males and females. In neither instance, however, was there evidence that the rate of change of strength with increasing age differed, while the constant terms varied significantly for each sex suggesting that each exposure group is characterized by a general increase or decrease in strength at all ages. However, for each sex, subjects in Group 1, exposed within 2000 m with acute symptoms of radiation, had the weakest hand grip.

While the exposure groups differ significantly, no definite biological pattern stands out. When the hand grip score for each subject was transformed to a deviation from the mean by sex and decade of age, the results shown in Table 5 were obtained. The mean deviations shown are the average increases or decreases of strength in kilogram units associated with each exposure group. These differences are small compared with the variability of measurements represented by the standard deviations.

TABLE 5 RIGHT-HAND GRIP STRENGTH KILOGRAM DEVIATIONS FROM SEX AND AGE SPECIFIC MEANS FOR COMBINED EXPOSURE GROUPS BY SEX AND EXPOSURE GROUP

表5 被爆群合計に対する男女・年齢別平均値からみた右手握力偏差(kg): 性・被爆群別

Exposure Group 被爆群	Male 男		Female 女	
	Mean Deviation 平均偏差	SD 標準偏差	Mean Deviation 平均偏差	SD 標準偏差
1	-1.19	8.25	-0.97	6.49
2	-0.27	8.69	+0.57	6.15
3	-0.82	9.65	-0.25	6.33
4	+1.55	8.47	+0.76	6.19
Total 計	0.00	8.79	0.00	6.32

Estimates of the amount of radiation to which the subjects were exposed, based upon distance from hypocenter and the attenuation of air dose with increasing distance from the hypocenter with correction for shielding,¹⁴ were obtained for 885 of the 1296 subjects within 2000 m from the hypocenter. Multiple regression analysis of grip strength on sex, (male=0, female=1) age and dose (10-rad units) for subjects within 2000 m from the hypocenter confirmed the previously noted sex and age differences, but failed to demonstrate a significant relationship between dose and grip strength.

$$\text{Grip (kg)} = 65.93 - 16.23 \text{ sex} - 0.284 \text{ age} - 0.028 (\text{rad dose}/10)$$

握力 性 年齢 線量

Hand grip showed an average decline of 0.03 kg for each 10-rad increase in dose; dose having a mean of 91 rad and a standard deviation of 156 rad.

差があることを認めた。しかし、いずれの場合にも年齢の増加に伴う握力の変化の割合が異なるという証拠はなかったが、男女いずれも定数項が著しく変化し、各被爆群は全年齢における握力の全般的な増減が顕著であることを示唆する。ところで、2000m未滿で被爆し、急性放射線症状を呈した第1群の対象者は、男女とも握力が最も弱かった。

被爆群間に有意差が認められるが、明確な生物学的傾向は認められない。各被検者の握力の値を、性別および10歳階級別に平均値からの偏差に変換すると、表5に示す結果が得られた。この表に示す平均偏差は、おのおのの被爆群にみられる握力の平均的増減(kg単位)である。これらの差異は標準偏差により示される測定値の変動性と比較して小さい。

爆心地から2000m未滿にいた対象者1296人中885人について、爆心地からの距離、爆心地からの距離に応じた空気線量の減弱と遮蔽¹⁴要因等に基づいた被曝推定線量が得られている。爆心地から2000m未滿にいた被検者の性別(男=0, 女=1), 年齢および線量(単位10rad)について行なった握力の重回帰分析の結果、先に認められた性および年齢による差異を確認したが、線量と握力との間に有意な関係は確認できなかった。

線量が10rad増加すると握力は平均0.03kgの下降を示した。線量の平均値は91radで、標準偏差は156radであった。

Light Extinction The mean values and the calculated linear regression scores are shown in Figure 4 for both sexes. Although the mean values change little in the 20-30 decade, and do not provide a close fit to a regression-line function at older ages, there is no apparent consistency to these deviations from linearity when the data are subdivided by sex and exposure group. The assumption of linearity is therefore made for analytic purposes. Males were somewhat faster than females in performing the light extinction, although age is a much more important variable than sex in this test. Analysis of the regression lines by exposure groups revealed no significant differences (Figure 5).

Vibrometry The ability to detect vibrations by the method used did not vary directly with age throughout the age-range of examinees. Visual inspection of the vibrometer scores by sex and age (Figure 6) suggested that beyond age 40 years the threshold for detection increased linearly with age. Under age 40 the variation in mean scores made it difficult to identify the nature of the variation with age, particularly in females. When tested by analysis of variance, regressions of voltage on age for each sex do indeed differ for the two age groups ($0.01 > P > 0.001$) with the slopes almost four times greater for the 40 and over group. Therefore, this test as performed was much more discriminating in the older groups. Females were significantly more sensitive than males in detecting vibration ($0.01 > P > 0.001$ for the group age 40 and over); no significant radiation exposure group differences were detected (Figure 7).

Comparison of the Three Neuromuscular Aging Tests

A common index of the amount of agreement in paired measurements, when the relationship between the two measurements appears to be linear, is the coefficient of correlation. This coefficient is useful for a comparison of the three tests of aging because it is an index of the closeness of fit of the data to the fitted least-squares regression line, and it is completely independent of the units of measurement of the data. The correlation coefficients (r), showing the kind and amount of agreement between the various aging test scores and chronological age, are shown in Table 6.

Looking at the ' r ' values from Table 6, several points are worthy of emphasis. The linear relationship between dynamometer score and chronological age seems to be closer for men than for women, although this difference is not statistically significant. The vibrometer score, as was indicated earlier, is poorly correlated with chronological age in subjects under 40 years, but in subjects 40 years of age and over the linear association between

閃光テスト 男女別の平均値および算出した線型回帰値を図4に示す。20-30歳群における平均値はほとんど変化しておらず、高年齢層では回帰線関数にうまく当てはまらないが、この資料を性および被爆群別に細分した場合、それらの線型性からの偏差に対する明白な一貫性は認められない。したがって、解析の目的に線型性の仮定を設けた。この検査においては性よりも年齢がはるかに重要な変数であるが、閃光検査では女よりも男がいくらか速かった。被爆群別にみた回帰線の解析の結果、有意な差異は認めなかった(図5)。

振動測定 すでに述べた測定法による振動の探知能は、対象者の全年齢階級にわたり年齢に正比例して変化しなかった。性別および年齢別の振動測定値を大まかに比べることによって(図6)、40歳以上では知覚閾値は年齢とともに線型的に増加することを知った。40歳未満では平均値における変動は、特に女において、年齢による変動の性質を確認することを困難にした。分散分析によって検定を行なったが、男女ごとの年齢に対する電圧の回帰は、二つの年齢階級についてまったく相違しており($0.01 > P > 0.001$)、40歳以上の年齢群の勾配の方がほとんど4倍も大きい。したがって、この検査では、高年齢層においていっそうはっきりした差が認められた。振動知覚の点では、男よりも女が著しく敏感であった。(40歳以上の年齢階級については、 $0.01 > P > 0.001$)放射線被曝群間には有意差は認めなかった(図7)。

神経筋肉に対する3種の加齢検査の比較 2つの測定値の間の関係が線型を示しているような場合に、その対になっている測定値に対し、一致の度合いを示すために通常いられる指数として相関係数がある。この係数は、3種の加齢検査の比較には有効である。なぜなら、その係数は、当てはめた最小2乗回帰線に対する資料の適合度の指数であり、この資料の測定単位とまったく無関係であるからである。各種の加齢に関する検査成績と暦年齢との間の一致量およびその種類を示す相関係数(r)を表6に示す。

表6の ' r ' 値を観察すると、強調に値するいくつかの点がある。握力計の測定値と暦年齢との間の線型関係は女よりも男が深いようにみえるが、この差異は統計的に有意ではない。振動測定値はすでに指摘したとおり、40歳未満の対象者では暦年齢との関連性は不明確であるが、

FIGURE 4 MEAN LIGHT TEST SCORE BY AGE AT EXAMINATION AND SEX
 図4 閃光テストの平均値：検査時年齢・性別

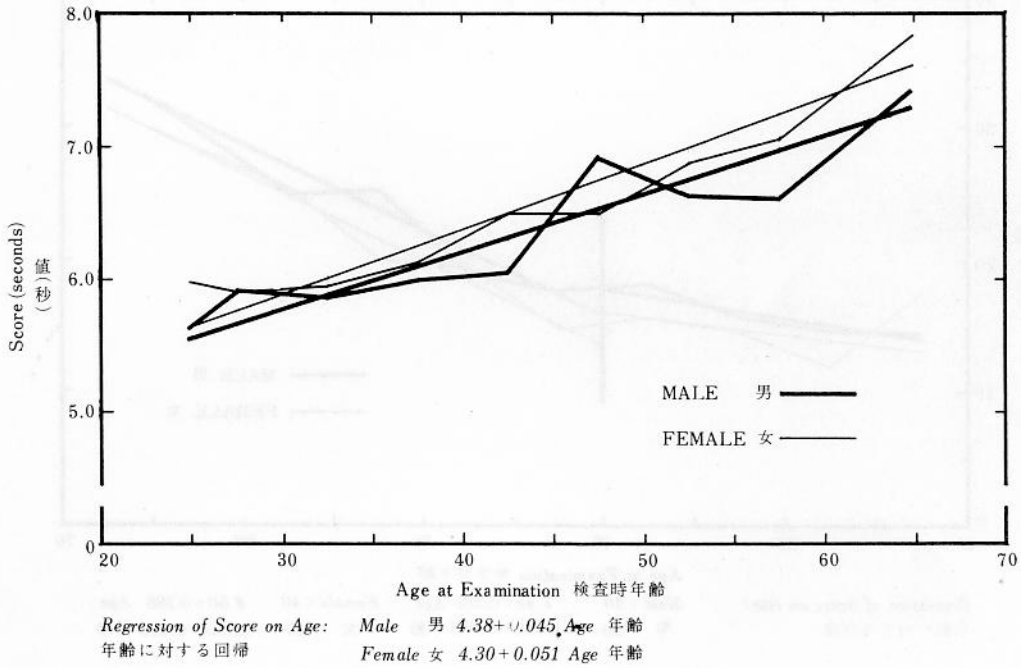


FIGURE 5 REGRESSION OF LIGHT TEST SCORE ON AGE AT EXAMINATION BY SEX AND EXPOSURE GROUP
 図5 検査時年齢に対する閃光テスト成績の回帰：性・被爆群別

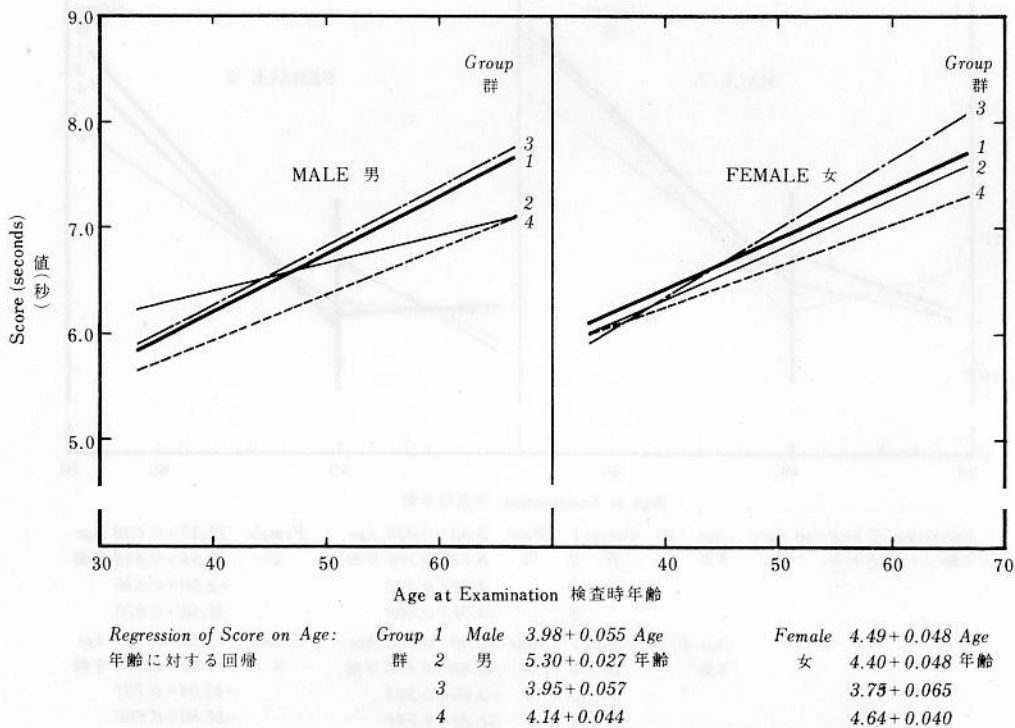


FIGURE 6 MEAN VIBROMETER SCORE BY AGE AT EXAMINATION AND SEX

図6 振動測定の平均値：検査時年齢・性別

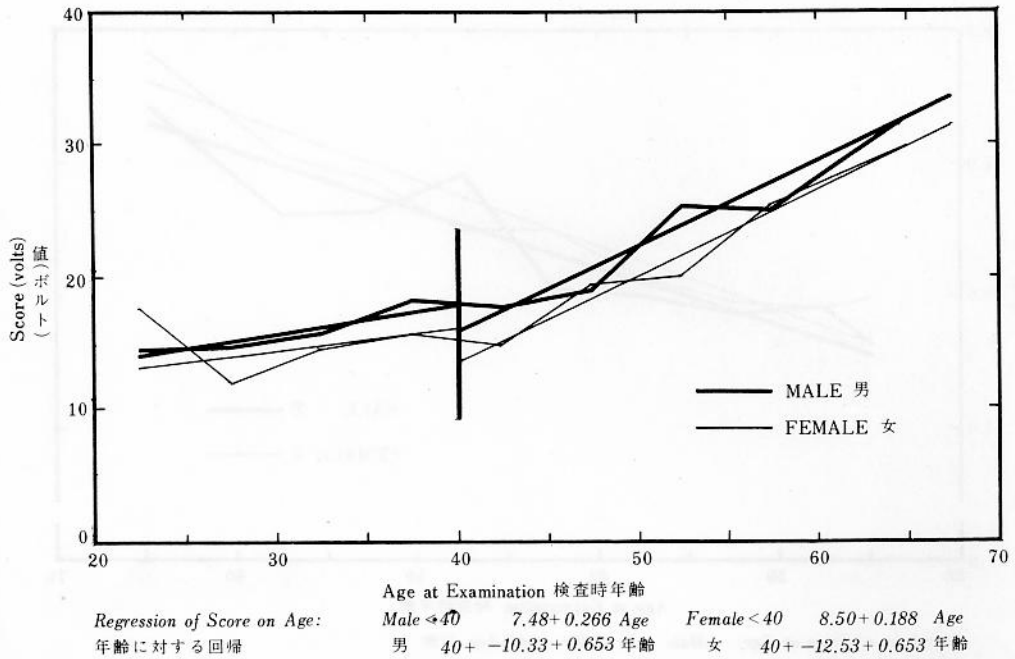


FIGURE 7 REGRESSION OF VIBROMETER TEST SCORE ON AGE AT EXAMINATION BY SEX AND EXPOSURE GROUP

図7 検査時年齢に対する振動測定値の回帰：性・被爆群別

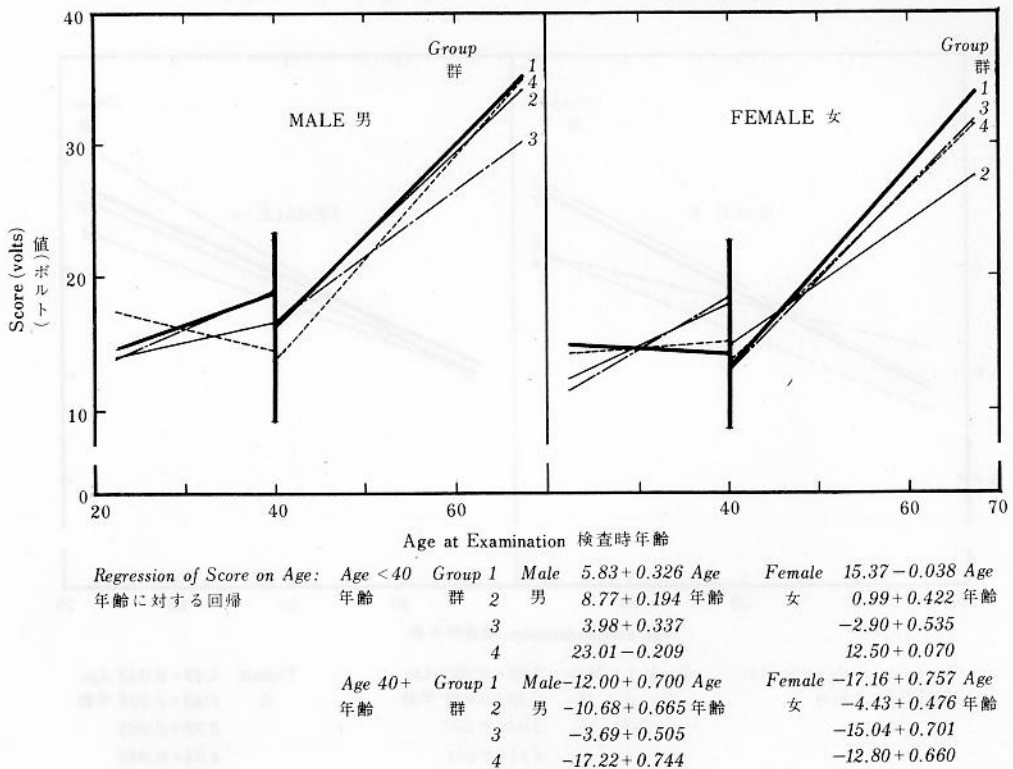


TABLE 6 CORRELATION COEFFICIENTS OF NEUROLOGIC TEST SCORES ON AGE

表6 神経学的検査成績の年齢に対する相関係数

Sex 性	Hand 手	Age Group 年齢階級	Correlation Coefficient 相関係数 (r)	r ²
Dynamometer 握力計				
Male 男	right 右	all 全年齢	-.439	.193
	left 左	all 全年齢	-.436	.190
Female 女	right 右	all 全年齢	-.382	.146
	left 左	all 全年齢	-.369	.136
Light Test 閃光テスト				
Male 男	-	all 全年齢	+.526	.277
Female 女	-	all 全年齢	+.520	.270
Vibrometer 振動感覚				
Male 男	-	<40	+.161	.026
	-	≥40	+.434	.188
Female 女	-	<40	+.130	.017
	-	≥40	+.505	.255

test score and chronological age becomes much stronger. The closest linear relationship between test scores and chronological age is seen for the light extinction test. The light test score appears to be a useful measure of physiologic age over a wide range of chronologic ages and it is equally sensitive to increasing chronological age in men and women.

DISCUSSION

Three tests of neuromuscular aging were included during routine survey examinations of A-bomb survivors and other subjects in Hiroshima. The tests were performed, in part, to explore the possibility that the 1945 atomic irradiation caused a general acceleration of aging. The most important aspect of the survey, however, was to determine the suitability of the three tests for a continuing or intermittent study of the same subjects in Hiroshima, or as epidemiologic tools in general. Each of the tests, although testing neuromuscular phenomena, probably measures different aspects of aging. Strength of hand grip almost certainly measures little more than muscle strength, perhaps with some aspects of articular function in the very elderly. The light extinction test, measuring the total time required to turn off a sequence of flashing light bulbs, is more complex; there are elements of central reaction time as well as manual dexterity. Decrease with age in the ability to perceive a vibratory stimulus applied to the malleolus undoubtedly measures mostly peripheral nerve or spinal cord function. The three tests employed, therefore, are relatively independent and could not be used interchangeably or as tests of the same physiologic function.

40歳以上の対象者では、検査成績と暦年齢との間の線型関係はいつそう顕著になる。検査測定値と暦年齢との間の最も深い線型関係は閃光検査においてみられる。閃光検査成績は暦年齢の広い範囲にわたり生理的年齢の有用な指標を示しているようで、男女における暦年齢の増加に対して同様に敏感である。

考 察

広島における原子爆弾被爆者およびその他の対象者の通常検診の一環として神経筋肉に対する3種の加齢検査を行なった。1945年の原爆放射線照射が全般的な加齢促進をもたらしたか否かを探究する目的もあって、これらの検査を実施した。しかし、本調査の最も重要な面は、広島における同一対象者を継続または断続的に調査するにあたって、または一般的な疫学的検査の手段として、これら3種の検査が適当かどうかを決定することであった。それぞれの検査は、神経筋肉現象を検査するものであるが、おそらく加齢現象の異なる面を測定するものであろう。握力は筋力以上のものを測定するに違なく、同時にすこぶる高齢者における関節機能のある面を測定することになる。一連の閃光を消滅させるために要する合計時間を測定する閃光検査はいつそう複雑である。手先の器用さはもちろん、中枢の反応時間という要素が介在する。くるぶしに加えられた振動の刺激を覚知する能力は年齢により減退するので、この検査は主として末梢神経または脊髄機能を測定するものである。したがって、これら3種の検査は比較的独立しており、交互にもしくは同一の生理的機能に関する検査として使用することはできない。

With the three tests employed, only one, the grip strength, indicated any unusual distribution of measurements in relation to exposure group. The data in Table 4 and the linear regression lines in Figure 3 seem devoid of pattern. No evidence of a relationship between grip strength and radiation dose received by subjects within 2000 m from the hypocenter was established, although a reduction of 0.03 kilogram per 10-rad increase in dose was observed. Thus, if radiation exposure were to accelerate the effect of increasing age on hand grip, the cumulative effects of a 100-rad dose during the 15 years since exposure was a loss equivalent to a 1-year increase in chronologic age, one quarter of a kilogram. Furthermore, the exposure groups were defined in terms of location of the subjects ATB, and include, in addition to actual exposure differences, all of the various socioeconomic and occupational differences which distinguish the residents of one area from another. Certainly both nutrition and familiarity with physical labor influence the strength of an individual. The small average grip strength differences seen between groups may well be explained on this basis.

The tests themselves all seem generally applicable to epidemiologic studies of neuromuscular aging. They are easy to perform and definitely age-associated. Many tests of age that have been studied in Hiroshima have been very poorly correlated with age below 40,¹⁵ and detection of vibration is one of those tests. Above age 40 the correlation coefficients (r) for the three tests with age range from .37 to .53 (Table 6). The square of ' r ',¹⁶ gives the proportion of the total variation in the dependent variable (aging test) that can be explained by the independent variable (age). An ' r ' of 0.5, squared, indicates that 25% of the variation in test results is associated with age, so that only about 15%-25% of the variation in these tests can be explained by age alone. Similar coefficients characterize most of the better tests available for use in large-scale surveys of aging.¹⁵ The low specificity of these and other physiologic tests of aging suggests that a battery of different tests might be useful in assessing total biologic age.

SUMMARY

Three tests of neuromuscular function were administered to members of the ABCC-JNIH Adult Health Study sample attending the ABCC clinic in Hiroshima all three readings—strength of hand grip, reaction time in a light extinction test, and the voltage required to detect vibration—clearly varied with the age of the subjects. No changes definitely related to radiation were detected. Only for hand grip strength was there evidence that the relation-

これら3種の検査のうち、握力だけに被爆群間の測定値になんらかの異常分布を示した。表4の資料および図3に示す線型回帰線は特定の傾向を示さないように思える。爆心地から2000m未満の被爆者が受けた放射線線量と握力との間の関係は認めなかったが、線量が10 rad増加するごとに0.03kgの減少が観察された。かくして、放射線照射により、握力に及ぼす年齢の影響が促進されると仮定した場合、被爆後15年間の100 rad線量の累積的影響は、暦年齢1年増加すなわち $\frac{1}{4}$ kgに相当する損失であった。さらにまた被爆群は原爆時の被爆位置によって区分されているが、実際の被爆上の差異のほか、ある地域の住民が他地域の住民と相違する種々の社会・経済的ならびに職業的差異をも含んでいる。栄養も肉体力労働の経験も個人の握力に影響を及ぼすことは確かである。被爆群間にみられる握力の平均値の差異がわずかであったことも、これに立脚して説明できると思われる。

これらの検査は概してそれ自体がすべての神経筋肉の加齢に関する疫学調査に適用できるものと思われる。検査は手軽く実行できるうえ明らかに年齢と関係がある。広島で実施した加齢についての多くの検査は40歳未満の年齢について関連性がきわめてふじゅうぶんであった。¹⁵ それらの検査の一つは振動の探知である。40歳以上では、これら3種の検査に対する相関係数(r)が年齢によって.37から.53まで変動した(表6)。 r の2乗¹⁶は、独立変数(年齢)によって説明することができる従属変数(加齢検査)における合計変動の割合を示す。 r 0.5の2乗は、検査成績における変動の25%が年齢に関係のあることを示す。したがって、これらの検査における変動のおよそ15%—25%が年齢のみによって説明することができる。類似の係数は大規模な加齢調査に利用できるよりすぐれた検査の大部分の特色を示す。これらの検査およびその他の加齢の生理的検査の特異性が低いことは、生理的年齢の合計を評価するのに異なった一組の検査が有用であるかもしれないことを示唆する。

要約

広島ABCCの外来で受診したABCC一予研成人健康調査の対象者に対して3種の神経筋肉機能検査を行なった。これら3種の検査の測定値、すなわち、握力、閃光に対する反応時間、および振動の感覚所要電圧は明らかに対象者の年齢によって変化した。放射線と明確な関係をも

ship between age and test score varied significantly between exposure groups, but no significant association between grip strength and estimated rad-dose was found in subjects within 2000 m from the hypocenter. The differences between exposure groups are more likely to have resulted from socioeconomic variation by geographic area than from variation in the level of radiation.

つ変化は認めなかった。ただ握力では、年齢と検査成績との関係に被爆群間で有意差が認められたが、爆心地から2000m未満の被爆者では、握力と推定rad線量との間に有意な関係は観察されなかった。被爆群間にみられた差異は放射線量の差よりはむしろ地域の社会・経済的差異に起因する公算の方が大きい。

REFERENCES

参考文献

1. CURTIS HJ: Biologic mechanisms underlying the aging process. *Science* 141:686-94, 1963
(加齢過程の原因となる生物学的機序)
2. SZILARD L: On the nature of the aging process. *Proc Nat Acad Sci* 45:30-45, 1959
(加齢過程の性質について)
3. Research plan for joint ABCC-JNIH Adult Health Study in Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 11-62
(広島および長崎におけるABCCと国立予防衛生研究所が共同で実施する成人健康調査に関する研究企画書)
4. BURKE WE, TUTTLE WW, et al: The relation of grip strength and grip strength endurance to age. *J Appl Physiol* 5:628-30, 1952-53
(握力および握力耐久性と年齢との関係)
5. SCHWARTZ LL, BRITTON RH, THOMPSON LR: Studies in physical development and posture. *Pub Health Bull No.* 179, 1928
(身体的発育および姿勢に関する研究)
6. BELLIS CJ: Reaction time and chronological age. *Proc Soc Exp Biol Med* 30:801-3, 1933
(反応時間と暦年齢)
7. BIRREN JE: Old Age in the Modern World. S. Livingstone, Ed., Edinburgh, 1955, pp. 235-7
(現代の世界における老齢)
8. BIRREN JE, BOTWINICK J: Age differences in finger, jaw and foot reaction time to auditory stimuli. *J Geront* 10:429-32, 1955
(聴覚の刺激に対する指、顎および足の反応時間の年齢による差異)
9. BIRREN JE, BOTWINICK J: Speed of response as a function of perception difficulty and age. *J Geront* 10:433-6, 1955
(知覚困難の関数としての反応の速度および年齢)
10. SINGLETON WT: Old Age in the Modern World. E. and S. Livingstone, Eds., Edinburgh, 1955. pp. 221-31
(現代の世界における老齢)
11. BIRREN JE, IMUS HA, WINDLE WF: The Process of Aging in the Nervous System. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas, 1959
(神経系における加齢過程)
12. NEWMAN HW, CORBIN KB: Quantitative determination of vibratory sensibility. *Proc Soc Exp Biol Med* 35:273-6, 1936
(振動感覚の定量測定法)
13. PEARSON GHJ: Effect of age on vibratory sensibility. *Arch Neur Psychiat* 20:482-96, 1928
(振動感覚に対する年齢の影響)
14. AUXIER JA, CHEKA JS, et al: Free-field radiation-dose distribution from the Hiroshima and Nagasaki bombings. *Health Phys* 12:425-429, 1966
(広島・長崎の原爆投下による無遮蔽放射線量分布)
15. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 dose (T 65D) estimates for A-bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 1-68
(原爆被爆生存者の1965年暫定線量(T 65D)の推定, 広島・長崎)
16. HOLLINGSWORTH JW, HASHIZUME A, JABLON S: Correlations between tests of aging in Hiroshima subject—an attempt to define “physiologic age.” *Yale J Biol Med* 38:11-26, 1965
(広島島の調査対象者における各種加齢検査間の相関。「生理学的年齢」の定義確立の試み)
17. OSTLE B: Statistics in Research. Iowa State University Press, 1963. p. 225
(研究における統計)