原著

農業従事者およびチェーンソー取扱いの者の
末梢機能に及ぼす加齢の影響

第1報 痛覚, 振動覚閾値の年齢変化

笠松隆洋*, 宮下和久*, 潮見重毅*
岩田弘敏*THE EFFECT OF AGING ON THE PERIPHERAL FUNCTIONS
IN FARMERS AND CHAIN SAW OPERATORSPart 1. Age-Related Changes in Pain and Vibratory
Sense ThresholdsTakahiro KASAMATSU†, Kazuhisa MIYASHITA†, Shigeki SHIOMI†
and Hirotoishi IWATA†

Vibration hazards caused by using vibrating tools include such disorders as peripheral circulatory disturbances, peripheral nervous disturbances and abnormalities of the bones and joints.

It is generally acknowledged that the effect of physiological aging on the nervous system gradually increases with age.

In this paper, therefore, to assess the effect of aging on the peripheral nervous function as evaluated by pain and vibratory sense thresholds of fingers, 135 farmers and 130 chain saw operators ranging in age from 30 to 69 years were examined. Moreover, 27 normal persons aged between 21 and 37 years served as the control for comparison.

The results obtained were as follows:

1) In the control subjects, there was no age-related change in the pain threshold. However, the vibratory sense threshold at a frequency of 125 Hz or 250 Hz showed a tendency to increase with advancing age.

2) In both farmers and chain saw operators, thresholds in the pain and the vibratory sense at a frequency of 125 Hz or 250 Hz showed a tendency to increase with advancing age.

3) The pain thresholds in chain saw operators seemed to be slightly higher than those in farmers in all age groups, but the differences were not statistically significant. On the other hand, the vibratory sense thresholds at a frequency of 125 Hz or 250 Hz in chain saw operators were significantly higher by 5 dB than those in farmers in all age groups.

From these results it is suggested that we have to use age-adjusted standard criteria in evaluating thresholds of the pain and the vibratory sense at a frequency of 125 Hz or 250 Hz.

I. はじめに

チェーンソーなどの振動工具取扱いの者にみられる振動障

* 和歌山県立医科大学公衆衛生学教室
昭和55年6月25日受付

† Department of Public Health, Wakayama Medical
College

Received for publication, June 25, 1980

害は循環器系, 末梢神経系, 運動器系, 自律神経系, 内分泌系など幅の広い障害を包含している¹⁾. これらの障害のなかでも, 知覚領域の異常が大きな位置を占める²⁾といわれており, その知覚・感覚機能を簡易に診断する方法として, 痛覚, 振動覚の測定が行なわれている³⁾.

ところで, これらの検査手技を用いて末梢神経機能の異常を判定するさいに欠くことのできない基本的な尺度

Table 1. Age distribution of the subjects.

Age (yrs)	Farmers		Chain saw operators	
	N	%	N	%
30-39	26	19.3	25	19.2
40-49	31	23.0	38	29.2
50-59	43	31.8	37	28.5
60-69	35	25.9	30	23.1
Total	135	100.0	130	100.0

は基準値（生理値）であるが、この基準値の設定は検査者自身の判断^{1,4-6)}に委ねられているのが現状であり、しかも加齢に伴う生理的変動がほとんど考慮されていない。

一般に生体機能は加齢に伴い低下するといわれている。したがって、振動障害の健康診断を行ない、末梢神経機能異常を判定するための基準値は、年齢因子を考慮したうえで設定する必要があるのではないと思われる。

そこで、農業従事者およびチェーンソー取扱いを対象に、痛覚閾値、振動覚閾値に及ばず加齢の影響について検討し、若干の知見を得たので報告する。

II. 対象および方法

1. 対象

対象者は稲作を主とする農業従事者 135 名（30～67 歳、以下農業従事者群とする）およびチェーンソー取扱年数が 5～10 年にわたるチェーンソー取扱者 130 名（31～69 歳、以下チェーンソー取扱者群とする）である。なお、明らかな神経障害を思わせる自覚症状を訴えたものは両群の対象者から除外した。

対象者の年齢分布を Table 1 に示した。両群の年齢分布には差異を認めなかった (Kolmogorov-Smirnov test)。

健康な大学生および大学職員 27 名（21～37 歳）を比較対照（以下対照群とする）とした。

2. 方法

1) 痛覚閾値

痛覚閾値の測定は 1/2 静脈用注射針 (JIS T 3101) を用いて、重量を 1 g から 10 g まで 1 g 間隔で作製した注射管式痛覚計を用いて、左示指中節背側で行なった。

2) 振動覚閾値

振動覚閾値の測定はリオン製 AU-02 型振動覚測定器

Fig. 1. Frequency distribution of pain thresholds in farmers and chain saw operators of different age groups. The medians and the values of 90% upper limit (in parentheses) are indicated in figures. No significant difference was observed statistically between any of the respective age groups of farmers and chain saw operators.

を用い、125 Hz と 250 Hz の 2 周波数について、左示指指先掌側で行なった。用いた機器の 0 dB は 0.3 m/sec² に相当する。

検査は、1975 年および 1978 年の 12 月に実施した。被検者には少なくとも 30 分間、20～23°C に保った室内で安静をとらせたのちに検査を行なった。

III. 成績

1. 年齢と痛覚閾値、振動覚閾値

対照群、農業従事者群およびチェーンソー取扱者群について、年齢と痛覚閾値、振動覚閾値との関係を検討した。

対照群の痛覚閾値は 30 歳代の 1 名のみが 2 g であった以外、全員が 1 g であった。

Fig. 1 に農業従事者群およびチェーンソー取扱者群の痛覚閾値の度数分布を年代別を示した。痛覚閾値はすでに著者ら⁷⁾が認めているように指数分布を示すことから、図の中には中央値と 90% 上限値を列記した。両群ともに年代の増加に伴い閾値が増大する傾向にあり、と

Table 2. Number of cases with pain thresholds greater than 3 g in different age groups.

Age (yrs)	Farmers		Chain saw operators	
	N	%	N	%
30-39	0	0.0	3	12.0
40-49	3	9.7	8	21.1
50-59	11	25.6	12	32.4
60-69	13	37.1	12	40.0

くにチェンソー取扱い者群にその傾向が強く認められ、40歳代以降に、少数ではあるが、閾値が7gと著しく痛覚鈍麻をきたしているものがみられた。しかし、高年齢層のなかには1gで痛みを感じるものもみられ、痛覚閾値に個体差が強く認められた。農業従事者群およびチェンソー取扱い者群について年齢と痛覚閾値との相関を求めると、それぞれ $r=0.520$, $r=0.334$ で、ともに0.1%の有意水準で順相関が認められた。なお、参考までに農業従事者群、チェンソー取扱い者群それぞれについて、年代別に痛覚閾値が3gを越えるものの割合を求め、 2×4 分割表の χ^2 検定を行なったところ、いずれの群も、年代がすすむにつれて、痛覚鈍麻を示すものの割合は有意に増加の傾向($p<0.05$)を示した(Table 2)。

次にFig. 2に年齢と125 Hzの振動覚閾値との関係を示した。対照群の年齢と振動覚閾値とは有意な順相関($r=0.812$, $p<0.001$)が認められ、125 Hzの振動覚閾値には加齢の影響があるものと思われた。農業従事者群、チェンソー取扱い者群についても、年齢と振動覚閾値との間に、それぞれ $r=0.642$, $r=0.536$ の有意な順相関を認めた($p<0.001$)。

Fig. 3に年齢と250 Hzの振動覚閾値との関係を示した。対照群では、年齢と振動覚閾値とは有意な順相関($r=0.780$, $p<0.001$)が認められ、250 Hzの振動覚閾値にも加齢の影響があることが示唆された。農業従事者群、チェンソー取扱い者群についても、年齢と閾値との間に、それぞれ $r=0.655$, $r=0.566$ の有意な順相関を認めた($p<0.001$)。

2. 農業従事者群とチェンソー取扱い者群間の痛覚閾値、振動覚閾値の年代別比較

農業従事者群およびチェンソー取扱い者群の痛覚閾値、振動覚閾値を年代別に比較検討した。なお、有意差検定は、前者は χ^2 検定、後者は t 検定による。

チェンソー取扱い者群の痛覚閾値は農業従事者群のそ

Fig. 2. Correlation between age and vibratory sense threshold with the frequency of 125 Hz. The solid and broken lines indicate the regression lines for chain saw operators and farmers respectively.

Fig. 3. Correlation between age and vibratory sense threshold with the frequency of 250 Hz. The solid and broken lines indicate the regression lines for chain saw operators and farmers respectively.

れに比べ、わずかに高かったが統計学的に有意差は認められなかった(Fig. 1)。

Fig. 4に125 Hzの振動覚閾値の変化を年代別に示した。農業従事者群、チェンソー取扱い者群の振動覚閾値

Fig. 4. Age-relation of vibratory sense thresholds with the frequency of 125 Hz in farmers and chain saw operators. Vertical lines represent the mean values and the standard errors. Statistically significant difference: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

は、年代の増加に伴い上昇する傾向にあり、かつチェーンソー取扱者群の振動覚閾値は農業従事者群に比べ、いずれの年代でも、およそ 5 dB 高く、統計学的にも有意差が認められた。

Fig. 5 は 250 Hz の振動覚閾値の変化を年代別に示したものである。125 Hz の振動覚閾値の場合と同様、農業従事者群、チェーンソー取扱者群の振動覚閾値は、年代の増加に伴い上昇する傾向にあり、しかもチェーンソー取扱者群の振動覚閾値は農業従事者群に比べ、いずれの年代でも、ほぼ 5 dB 高くなっており、統計学的にも有意差が認められた。

3. 痛覚閾値、振動覚閾値の年代別変化についての有意性の検討

年代が増加するにつれて、痛覚閾値あるいは振動覚閾値が上昇する傾向にあることは前述したが、ここでは、農業従事者群、チェーンソー取扱者群それぞれの痛覚閾値および振動覚閾値について、各年代間の差を統計学的に検討した。

Table 3 は農業従事者群について示したものである。痛覚閾値は 40 歳代と 50 歳代との間、および 50 歳代と 60 歳代との間で有意差が認められなかった以外、すべての年代間で有意差が認められた。一方、125 Hz と 250 Hz の振動覚閾値も、50 歳代と 60 歳代との間に有意差が認められなかったほかは、すべての年代間で有意差が認められた。

Table 4 には、チェーンソー取扱者群の痛覚閾値、振

Fig. 5. Age-relation of vibratory sense thresholds with the frequency of 250 Hz in farmers and chain saw operators. Vertical lines represent the mean values and the standard errors. Statistically significant difference: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

動覚閾値 (125 Hz・250 Hz) について、年代間での有意差検定を行なった結果を示した。農業従事者群の場合とまったく同様なパターンで各年代間に有意差が認められた。

IV. 考 察

振動障害の健診において、末梢神経機能の良否を判定する手技として、簡易な検査法である痛覚、振動覚の検査が行なわれているが、これらの検査の判定基準値設定に当たり、年齢を考慮する必要があるのではないかと考え、痛覚閾値および振動覚閾値に対する加齢の影響を検討することにした。

1. 年齢と痛覚閾値

痛覚は機械的、電気的、化学的および温熱的方法によって誘発される⁸⁾が、著者らは測定方法が簡便であるという点で針刺激による機械的方法を用いている。加齢に伴い痛覚閾値が上昇することの報告は、温熱法による Hardy の痛覚計を用いて皮下痛覚を検討し、加齢に伴い痛覚閾値が上昇することを認めた Chapman ら⁹⁾の報告をはじめ、他にも多くみられている^{8,10-12)}。

加齢に伴い痛覚の知覚能力が減退する機序は複雑であるが、加齢に伴う神経線維の脱落、変性¹³⁾、あるいは細胞数の減少¹⁴⁾にみられる知覚伝導路の退行性変性、痛点

Table 3. A statistical analysis showing changes of sensory thresholds between age groups in farmers.

Age group	Sensory threshold	Age tested		
		30-39	40-49	50-49
40-49	†Pain threshold	**		
	††Vibratory sense threshold (125 Hz)	**		
	††Vibratory sense threshold (250 Hz)	**		
50-59	†Pain threshold	**	NS	
	††Vibratory sense threshold (125 Hz)	**	*	
	††Vibratory sense threshold (250 Hz)	**	*	
60-69	†Pain threshold	**	**	NS
	††Vibratory sense threshold (125 Hz)	**	**	NS
	††Vibratory sense threshold (250 Hz)	**	**	NS

† Chi-square test by 2×2 table, †† Student's *t*-testStatistically significant difference : * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, NS : not significant

Table 4. A statistical analysis showing changes of sensory thresholds between age groups in chain saw operators.

Age group	Sensory threshold	Age tested		
		30-39	40-49	50-59
40-49	†Pain threshold	*		
	††Vibratory sense threshold (125 Hz)	**		
	††Vibratory sense threshold (250 Hz)	**		
50-59	†Pain threshold	*	NS	
	††Vibratory sense threshold (125 Hz)	**	**	
	††Vibratory sense threshold (250 Hz)	**	*	
60-69	†Pain threshold	**	*	NS
	††Vibratory sense threshold (125 Hz)	**	**	NS
	††Vibratory sense threshold (250 Hz)	**	**	NS

† Chi-square test by 2×2 table, †† Student's *t*-testStatistically significant difference : * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, NS : not significant

分布頻度の減少¹⁵⁾, 知覚伝導速度の低下^{16,17)}など形態的あるいは機能的な面での加齢変化が関係しているものと思われる。

著者らの成績においても, 農業従事者群, チェンソー取扱者群ともに, 年代の増加に伴い閾値が上昇する傾向を認めた。松本ら¹⁸⁾も痛覚の年齢変化を検討し, 非振動工具取扱者の痛覚閾値はわずかではあるが年齢とともに

に上昇しており, また振動工具取扱者の閾値は非振動工具取扱者に比べ大きい傾向がみられたことを報告している。これに対して斎藤ら¹⁹⁾は, チェンソー取扱者の大多数のものは閾値が1gであり, 痛覚には年齢変化がみられなかったと報告している。著者らの成績では, チェンソー取扱者のうち1gの痛覚閾値を示したものは46%であり, その他のものはさらに高い閾値を示し

ていた。この相違は用いた針の先鋭度が異なっているのかもしれないこと、著者らの対象者には振動工具取扱いによる知覚鈍麻の疑いのあるものが含まれていたことなどによるものと思われる。

本報告において、農業従事者の痛覚閾値は高年齢のものほど上昇していたが、これは、閾値が加齢に伴う生理的变化を受けるとともに、農作業に伴う重い筋肉労働の負荷などにより閾値が上昇したものである。また、チェンソー取扱者の痛覚閾値は農作業従事者に比べ、わずかながら高い傾向にあったが、これは、農業従事者に及ぶ作業負荷に加え、振動に暴露されることにより痛覚鈍麻が生じて閾値が上昇したのであろう。

2. 年齢と振動覚閾値

振動感覚に年齢変化のあることは古くから知られている。Pearson²⁰⁾は振動覚の年齢変化を検討し、振動刺激受容能は加齢に伴い低下し、50歳代以降に著しく減退すると述べている。加齢に伴い指先や趾先で振動覚閾値が上昇するという報告は他にも多くみられている²¹⁻²⁷⁾。

著者らの成績においても、屋外労働の経験がほとんどない対照群で、125 Hz と 250 Hz の振動覚閾値は加齢に伴い上昇することが認められた。

従来の研究によると、振動刺激の受容器は皮下結合組織に分布しているパチニ小体であり、この受容器を支配する神経は主として太い有髄線維であり A-β 群に相当するものが多いといわれている。

加齢に伴い振動感覚が減退する機序については十分解明されていないが、加齢に伴う膠原線維や弾力線維の変性²⁸⁾、神経線維の脱落・変性^{13, 29)}、神経細胞数の減少¹⁴⁾、神経伝導速度の低下^{16, 17)}などにみられる神経系の器質的障害、あるいは末梢血管抵抗の増加に伴う血流量の減少³⁰⁾にみられる乏血性障害などが関与しているものと思われる。

今回の成績をみると、対照群に比べ、農業従事者群の振動覚閾値は高くなっており、またチェンソー取扱者群の閾値は農業従事者群に比べ、いずれの年代においても、さらに約 5 dB 高くなっていた。小谷ら³¹⁾、越智ら³²⁾、斎藤ら¹⁹⁾も振動工具取扱者の振動覚閾値は加齢に伴い上昇する傾向があることを認めている。

屋外労働をする農業従事者の振動覚閾値は年代がすすむにつれて上昇する傾向が認められたが、このことは痛覚閾値のところでも触れたように、振動覚閾値が加齢の影響を受けるうえに、寒冷や農作業に伴う重い筋肉労働が加わり、閾値の上昇がもたらされたのであろう。一方、チェンソー取扱者の場合は、さらに振動作業が加わることで末端優位の感覚鈍麻をきたし、著しい閾値の上昇

がもたらされたものとする。振動暴露による閾値の上昇について、岩田¹⁾は、振動工具使用の比較的初期に振動覚の閾値が上昇しがちであることを指摘しており、ドロギチナ²⁾も、振動病による知覚障害のなかでもとくに振動覚の障害が振動病の初期から認められ、高周波成分が優勢な振動を受けた場合には、しばしば重い振動覚障害がおきると述べている。

このように、振動覚鈍麻は振動障害の比較的初期にあられるので、振動覚を検査することは末梢神経機能異常を早期に診断するうえに、きわめて重要であると思われる。それだけに判定基準値を設定するさいには、年齢因子を加味したうえで、慎重に行なう必要があると考える。

V. 結 論

振動障害のなかでも末梢神経機能の異常を診断する検査として、痛覚、振動覚閾値の測定が行なわれているが、これらの検査成績から機能の正常、異常を判定するさいに用いる基準値の設定には年齢因子を考慮する必要があるのではないかと考え、大学生と大学職員を比較対照に、農業従事者およびチェンソー取扱者について検討した。

その結果、次のような結論を得た。

1) 対照群において、痛覚閾値は、年齢による変化が認められなかったが、125 Hz と 250 Hz の振動覚閾値は年齢との間に有意な順相関 ($p < 0.001$) があり、年齢の増加に伴い閾値は上昇する傾向が認められた。

2) 農業従事者群およびチェンソー取扱者群の痛覚閾値、振動覚閾値 (125 Hz・250 Hz) も年齢との間に有意な順相関 ($p < 0.001$) があり、年齢の増加に伴い閾値は上昇する傾向が認められた。

3) 農業従事者群の痛覚閾値とチェンソー取扱者群の痛覚閾値との間には、いずれの年代においても有意差が認められなかったが、チェンソー取扱者群の振動覚閾値 (125 Hz・250 Hz) は、農業従事者群に比して、いずれの年代においてもほぼ 5 dB 有意に高かった ($p < 0.05$)。

本論文の一部は第 49 回日本産業衛生学会において発表した。

文 献

- 1) 岩田弘敏：振動症候群，44-72，近代出版，東京，1978。
- 2) ドロギチナ，エ・ア：産業における振動（渡部真也（監修），伊藤史子（訳）），157-198，労働科学研究所，東京，1975。

- 3) 労働省労働基準局：振動障害の認定基準について，基発第307号，昭和52年5月28日。
- 4) 高松 誠，的場恒孝：振動病の診断と治療，77-89，南江堂，東京，1976。
- 5) 大崎 純，石居房子，朝枝玄吉：局所振動障害の各診断項目の限界値，医学と生物学，92：37-40，1976。
- 6) 石田一夫(編)：職業性振動障害入門，58-61，労働福祉共済会，東京，1980。
- 7) 松本健治，井藤典彦，笠松隆洋，岩田弘敏：白指有症者の痛覚閾値，日衛誌，30：430-435，1975。
- 8) Sherman, E. D. and Robillard, E.: Sensitivity to pain in the aged, *Can. Med. Assoc. J.*, 83: 944-947, 1960.
- 9) Chapman, W.P. and Jones, C.M.: Variations in cutaneous and visceral pain sensitivity in normal subjects, *J. Clin. Invest.*, 23: 81-91, 1944.
- 10) 榎本 昭：老年者の感覚に関する研究一定量的感覚検査の成績，臨床神経，9：179-186，1969。
- 11) Procacci, P., Bozza, G., Buzzelli, G. and Della Corte, M.: The cutaneous pricking pain threshold in old age, *Gerontol. Clin.*, 12: 213-218, 1970.
- 12) Shore, H.: Designing a training program for understanding sensory losses in aging, *Gerontologist*, 16: 157-165, 1976.
- 13) Cottrell, L.: Histologic variations with age in apparently normal peripheral nerve trunks, *Arch. Neurol. Psychiatry*, 43: 1138-1150, 1940.
- 14) Nagashima, K. and Oota, K.: A histopathological study of the human spinal ganglia, 1. Normal variations in aging, *Acta Pathol. Jpn.*, 24: 333-344, 1974.
- 15) 村田成子，入来正躬：老人の体温-皮膚感覚点分布頻度に及ぼす加齢の影響，日老医誌，11：157-163，1974。
- 16) Mayer, R. F.: Nerve conduction studies in man, *Neurology*, 13: 1021-1030, 1963.
- 17) LaFratta, C. W. and Canestrari, R. E.: A comparison of sensory and motor nerve conduction velocities as related to age, *Arch. Phys. Med.*, 47: 286-290, 1966.
- 18) 松本陽子，菰池義彦，堀口俊一：振動工具作業者の特殊健康診断成績，住友産業衛生，15：152-163，1979。
- 19) 斎藤和雄，新岡 正，藤本 俊，神代雅晴：現行における振動障害健診項目の妥当性に関する研究（第2報）振動覚，痛覚および爪圧迫について，第53回日本産業衛生学会講演集，361-362，1980。
- 20) Pearson, G. H. J.: Effect of age on vibratory sensibility, *Arch. Neurol. Psychiatry*, 20: 482-496, 1928.
- 21) Rosenberg, G.: Effect of age on peripheral vibratory perception, *J. Am. Geriatr. Soc.*, 6: 471-481, 1958.
- 22) 石丸安世：振動感覚に関する研究，日内会誌，47：967-985，1958。
- 23) Steinberg, F. U. and Graber, A. L.: The effect of age and peripheral circulation on the perception of vibration, *Arch. Phys. Med.*, 44: 645-650, 1963.
- 24) Goff, G. D., Rosner, B. S., Detre, T. and Kennard, D.: Vibration perception in normal man and medical patients, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 28: 503-509, 1965.
- 25) 渡辺庄次：皮膚の振動感覚に関する研究，日耳鼻，72：84-103，1969。
- 26) Perret, E. and Regli, F.: Age and the perceptual threshold for vibratory stimuli, *Eur. Neurol.*, 4: 65-76, 1970.
- 27) Nielsen, V. K.: The peripheral nerve function in chronic renal failure (IV) An analysis of the vibratory perception threshold, *Acta Med. Scand.*, 191: 287-296, 1972.
- 28) 藤田拓男：老年学，165-174，岩崎学術出版社，東京，1976。
- 29) Corbin, K. B. and Gardner, E. D.: Decrease in number of myelinated fibers in human spinal roots with age, *Anat. Rec.*, 68: 63-74, 1937.
- 30) Brandfonbrener, M., Landowne, M. and Shock, N. W.: Changes in cardiac output with age, *Circulation*, 12: 557-566, 1955.
- 31) 小谷諒夫，宮田昭吾，岩田弘敏：チェンソー取扱者の振動感覚閾値，日衛誌，31：583-588，1976。
- 32) 越智仁司，紙田信之，大野秀樹，渡部秀雄，岸原千秋，菅田正夫，村松 宰，本間 寛，斎藤和男，高桑栄松：振動障害に関する診断項目の検討（第1報）ブッシュクリーナー使用健常作業者について，産業医学，21：539-545，1979。

著者への通信先：笠松隆洋，〒640 和歌山市九番丁9 和歌山県立医科大学公衆衛生学教室
Reprint requests to Department of Public Health, Wakayama Medical College, 9, Kyubanchō, Wakayama, 640 Japan (T. Kasamatsu)