チェーンソー取扱者の振動感覚閾値

Vibratory Sense Threshold of Chain-saw Operators

岐阜大学医学部衛生学教室

小 谷 諒 夫・宮 田 昭 吾

和歌山県立医科大学公衆衛生学教室

岩 田 弘 敏

Akio Kotani and Shogo Miyata

Department of Hygiene, Gifu University School of Medicine, Gifu

Hirotoishi Iwata

Department of Public Health, Wakayama Medical College, Wakayama

In vibration disease there is the peripheral circulatory and neurological disorders of fingers. As one of the means to diagnose these disorders, vibratory sense threshold (VST) is measured.

This paper describes the difference of the VST between chain saw operators with and without vibration induced white finger (VWF), the change of the VST before and after immersion of the fingers in cold water at 10°C, and the relationship between the VST and skin temperature. The VST was measured on the right index and right middle fingers of 168 male chain saw operators for the test at frequencies of 100 and 200 Hz.

The results were as follows:

1. The VST of four fingers (from index to little finger) individually and collectively was measured in 13 normal subjects. At a frequency of 100 Hz, the VST in each finger was higher than that in collective four fingers, but at a frequency of 200 Hz there was no difference of the VST between the two measurements.
2. The VST in the chain saw operators was higher than that in the normal subjects at frequencies of 100 and 200 Hz. In the chain saw operators there was statistically significant difference of the VST between no VWF numbness group and the VWF group, or between the numbness group and the VWF group.
3. There was no statistically significant difference of the VST between index and middle fingers of the chain saw operators.
4. The VST increased with age.
5. The VST showed no change, while the experience with a chain saw prolonged.
6. The VST at a frequency of 200 Hz became high, as the skin temperature became low.
7. The VST after immersion at the hand in cold water at 10°C in the VWF group was higher than that in the normal group.

振動病には循環機能障害、神経障害などがあるが、その検査の一つとして、振動感覚閾値が測定されることが多い¹⁾。

著者らは、さきに、この振動感覚閾値に関する基礎的検討を重ねてきた。まず、手指に異常がないもので、5、10、30、60、100、200、300 Hzの周波数での閾値を求めてみると5 Hz以下に閾値の低下、20～30 Hzでは上昇、

100～150 Hzで再び低下し、150 Hz以上では周波数の高まりと共に閾値が上昇する傾向が認められた。次に、閾値の低かった周波数5 Hz、100 Hz、高かった周波数30 Hz、200 Hzの4周波数の閾値を同一人で年間、隔月、皮膚温、環境気温と同時に測定したところ、200 Hzの振動感覚閾値は、皮膚温または環境室温の影響を強く受け、低室温下で皮膚温が低下すると200 Hzの閾値は上昇す

る傾向を認めたのである。

このことから、100 Hz 以下と 200 Hz 以上の周波数とでは、振動による生体の感覚受容の機構に若干、相違があるのではないかと考えた。

そこで、山林チェンソー取扱者について検診する機会をえたので周波数 100 Hz, 200 Hz の振動感覚閾値を中心に、主として白指発症の有無別の差異、冷水負荷前後の閾値の変動、皮膚温との関係等について検討した。その結果、二・三の知見を得たので報告する。

I. 方 法

1. 対象者

対象者は岐阜県北部7ヶ町村の山林労働者のうちチェンソー取扱者168名である。うち白指発症者は33名(19.6%)で、しびれ感のみの愁訴者は57名(33.9%)、自覚症状の訴えがなかった者は78名(46.4%)であった。対象者168名の年齢構成は Table 1 に示した。40歳代～50歳代のものが、もっとも多かった。対象者の平均年齢は47.0歳であった。

Table 1 Number of each age group

Age group	Number of subjects
25 ~ 29	1
30 ~ 34	11
35 ~ 39	12
40 ~ 44	48
45 ~ 49	41
50 ~ 54	21
55 ~ 59	17
60 ~ 64	15
65 ~	2
Total	168

2. 振動感覚閾値

振動感覚閾値は、100 Hz と 200 Hz で測定した。

それには、別報²⁾、前報³⁾同様、Signal generator, 減衰器、電力増幅器、発振台からなる装置を用いた。

別報²⁾、前報³⁾では、閾値はいづれも示指から小指に至る4指の中指指節間関節までの掌側をそろえて発振台上に400 grの加重でのせて求めたものである。今回は白指頻度の高い第Ⅱ指、第Ⅲ指に限って個々の指の閾値を求めるべく、まず、4指をそろえて測定した場合と、個々の指で測定した場合とで比較した。

健常者13名(25～52歳)について100 Hz と 200 Hz とでの右手第Ⅱ指から第Ⅴ指の4本の指をそろえたときの

閾値と、第Ⅱ指、第Ⅲ指の中指指節間関節までの掌側で測定した閾値を求めた。

次に、チェンソー取扱者の対象者168名を(1)白指やしびれ感の自覚症状のない者78名〔以下自覚症(－)群とする〕、(2)右手第Ⅱ指にしびれ感のある者24名〔以下し(+)右Ⅱ(+)群とする〕、(3)右手第Ⅱ指以外にしびれ感のあるもの33名〔以下し(+)右Ⅱ(－)群とする〕、(4)右手第Ⅱ指に白指のある者28名〔以下白(+)右Ⅱ(+)群とする〕、(5)右手第Ⅱ指以外に白指のあるもの5名〔以下白指(+)右Ⅱ(－)群とする〕の5群に分類し、各右第Ⅱ指、第Ⅲ指で振動覚閾値を測定した。これらと健常者13名で求めた右手第Ⅱ指および第Ⅲ指の閾値と比較検討した。

なお、白指発症者には10℃水に5分間右手の手関節まで浸漬する負荷を与え、その負荷直後と5分後の振動覚閾値を測定した。

測定値基準 0 dB は、別報²⁾、前報³⁾と同様 100 Hz, 200 Hz とともに加速度値で、

$$11 \text{ dB (dB} = 20 \log 10 a / \sqrt{2} a_{\text{ref}} \text{)}$$

a : 測定加速度振幅, a_{ref} : $10^{-3}g$) に相当する。

3. 皮膚温

皮膚温は、閾値測定と同時にサーミスター(三栄測器 8C12-M7型)の感温部を右手第Ⅱ指または第Ⅲ指指先掌側部に絆創膏で固定して測定した。

なお、振動感覚閾値および皮膚温の測定に際しては、室温を常時20℃前後になるよう留意した。

以上の測定は、昭和49年3月に実施した。

II. 成 績

健常者の右手第Ⅱ指、第Ⅲ指と右手4本の指をそろえた場合の振動感覚閾値は、Table 2 のごとくである。4指そろえた場合では閾値が低く、個々指別には高い閾値

Table 2 Vibratory sense threshold of four fingers (13 normal subjects) individually and collectively

Finger	Test Frequency	
	100 Hz	200 Hz
Ⅱ ~ Ⅳ	3.0 ±4.1	8.2 ±5.9
Ⅱ	※ 7.6 ±3.2	11.4 ±4.0
Ⅲ	7.8 ±3.9	11.6 ±6.8

※ $p < 0.01$

となった。統計的には100 Hz のみに1%以下の危険率で有意差が認められた。

また、100 Hz と 200 Hz の両周波数とも第Ⅱ指と第Ⅲ指とは閾値の差異は認められなかった。

チェンソー取扱者の5群について、それぞれ右手第Ⅱ指で測定した振動覚閾値を健常者群のそれと比較したが、Table 3 である。

チェンソー取扱者のそれぞれの群と健常者群との閾値は 100 Hz, 200 Hz とともに統計的に1%以下の危険率で有意差が認められ、チェンソー取扱者は白指発症の有無

およびしびれ感の有無の如何にかかわらず健常者に比し閾値が上昇していた。また、チェンソー取扱者の各群間の比較では 100 Hz, 200 Hz, とともに自覚症(一)群・白指有症群間およびしびれ感のみの愁訴群・白指有症群間には統計的にそれぞれ1%及び5%以下の危険率で有意差が認められたが、自覚症(一)群としびれ感のみの愁訴群との間には有意差は認められなかった。

また、第Ⅱ指、第Ⅲ指間の比較では、第Ⅲ指が第Ⅱ指に比べやや閾値が高くなる傾向がみられたが統計的な差は認められなかった。

Table 3 Means and standard deviations of vibratory sense threshold of right index finger at 400 g load

		Number of Subjects	Test Frequency	
			100 Hz	200 Hz
Normal subjects		13	7.6±3.2	11.4±4.0
Chain saw operators	no-Complain	78	15.1±5.4	21.2±6.5
	(+) rⅡ(+)	24	16.2±5.4	22.0±7.6
	(-) rⅡ(-)	33	17.4±5.1	23.0±6.1
	total	57	16.8±5.2	22.6±6.6
	(+) VWF(+)	28	19.4±4.3	25.9±6.2
	(-) VWF(-)	5	17.4±2.3	25.8±9.2
	total	33	19.1±4.2	25.9±6.7
	total	168	16.4±5.5	22.6±6.6

§ VWF=Vibration induced White Finger

※ P<0.001

○ P<0.01

△ P<0.05

次に対象者の年齢を25歳から5歳間隔の9群に分け、それぞれの振動感覚閾値の平均値及び標準偏差値を示したのが Table 4 である。ここでは年齢と閾値の関係を検討するため、スピアマンの順位相関を求めると 100 Hz の第Ⅱ指では統計的には1%以下の危険率で有意な相関関係が認められた。同様 100 Hz の第Ⅲ指で5%以下、200 Hz では第Ⅱ指および第Ⅲ指ともに1%以下の危険率で有意な相関関係があった。すなわち加齢とともに振動覚が鈍麻になる傾向がみられた。

チェンソー取扱年数を0~4, 5~9, 10~14, 15~19, 20年以上の5群に分類し振動覚閾値との関係を年齢の場合と同様、順位相関を求め、その関係を

Table 4 Means and standard deviations of vibratory sense threshold on the right index and middle fingers of each age group

Age group	Number of Subjects	Test Frequency			
		100 Hz		200 Hz	
		Index finger	Middle finger	Index finger	Middl finger
25 ~ 29	1	9	11	12	10
30 ~ 34	11	14.2±4.6	14.6±4.6	19.1±6.2	19.5±5.2
35 ~ 39	12	14.4±3.3	14.5±4.1	17.6±3.8	18.7±3.8
40 ~ 44	48	15.0±5.2	16.2±4.8	21.6±6.4	22.4±6.3
45 ~ 49	41	15.1±4.4	16.5±5.3	21.1±5.4	22.4±5.3
50 ~ 54	21	20.7±4.1	21.2±4.0	26.8±5.6	27.4±5.6
55 ~ 59	17	17.6±5.3	18.8±4.3	23.6±4.3	24.3±4.4
60 ~ 64	15	21.4±5.7	20.5±4.4	30.3±6.0	29.9±5.1
65 ~	2	19.0±3.0	15.5±1.5	22.0±7.0	22.5±2.5
Rank correlation coefficient		rs=0.964 p<0.01	rs=0.857 p<0.05	rs=0.893 p<0.01	rs=0.920 p<0.01

Table 5 Means and standard deviations of vibratory sense threshold on the right index and middle finger of each experience with a chain saw

Experience with a chain saw (year)	Number of subjects	Test Frequency			
		100 Hz		200 Hz	
		Index finger	Middle finger	Index finger	Middle finger
0 ~ 4	28	16.2±4.8	17.3±4.4	21.9±4.9	22.5±5.4
5 ~ 9	66	17.0±5.5	17.5±5.1	23.4±7.0	23.9±6.4
10 ~ 14	50	16.6±6.1	17.0±5.7	22.2±6.7	23.6±6.7
15 ~ 19	18	15.3±5.7	16.2±4.8	21.1±7.0	21.9±6.8
20 ~	6	17.7±5.3	20.4±6.4	25.0±4.6	24.7±4.5
Rank correlation coefficient		rs=0.3 p>0.05	rs=0.1 p>0.05	rs=0.3 p>0.05	rs=0.3 p>0.05

Fig. 1 Vibratory sense threshold before and after immersion of the hand in cold water (10°C) at test frequencies of 100 Hz and 200 Hz.

Vertical bars show the means and standard deviations.

Solid circles are of normal subjects and open circles of chain saw operators with vibration induced white finger.

検討したのが Table 5 である。100 Hz, 200 Hz の第Ⅱ指および第Ⅲ指のいずれにも統計的に有意な相関関係は認められなかった。

10°C冷水負荷刺激前後の振動感覚閾値を白指発症群と健常者群と比較し、その回復の状態をみたのが Fig. 1 である。健常者群、白指発症群とも冷水浸漬前後の振動感覚閾値の変動は、ともに同一パターンを示したが、ここでも白指有症群の感覚閾値が健常者のそれより高く、統計的には1%以下の危険率で有意差がみられた。また、浸

Fig. 2 Vibratory sense threshold of right index finger at 400 g load by skin temperature.

Vertical bars show the means and standard deviations.

Solid circles are at frequency of 100 Hz and open circles are of 200 Hz.

漬5分後の前値に対する回復率をみると100 Hz では健常者群64.5%, 白指有症群69.3%とともに比較的良好な回復を示したのに対して、200 Hz では健常者で47.9%, 白指有症群で40.5%とその回復は遅延していた。

次に100 Hz と200 Hz の振動感覚閾値を皮膚温別にしたのが Fig. 2 である。100 Hz では、皮膚温の高低によって閾値に影響はみられなかったのに対し200 Hz では皮膚温が低下するにつれて振動覚閾値は上昇する傾向があった。

Ⅲ. 考 察

振動に起因する障害の主所見には、手指末端部の白指発作及びしびれ感に代表される循環障害と神経障害など

がある。そのうち神経障害の検査の一つとして振動感覚閾値が測定されている。振動覚は、振動する物体が皮膚に接触することにより生じる感覚であり、他の感覚と同じように刺激を受ける受容器、受容器の興奮を求心性に伝える感覚神経、その感覚神経の到達する大脳皮質の感覚中枢の三要素で構成されている。その際、刺激のおよぶ皮膚の接触面積の広さにより振動感覚閾値が変化するのであると考えられた。そこで4指をそろえて測定した場合と指一本ごとで測定した場合の振動覚閾値を比較したところ、指別のごとく狭い面積で求めると100 Hzでは閾値の上昇が認められ、200 Hzではその傾向は認められなかった。Bjerker⁴⁾らは400 Hzで同様の実験を行っており、第Ⅱ指から第Ⅴ指を同時に測定した時の閾値は個々の指で測定した時の閾値より低いが、平均1~2 dBの差であるので接触面積の影響は無視できるほどであったと述べている。従って、一般には200~400 Hzにおける検査振動のおよぶ接触面の広さによる振動感覚閾値の差はないものと考えられるが、100 Hzでは、その影響があるように考えられる。

振動作業をしている者は、指の振動感覚閾値が上昇することはよく知られていることである¹⁾。

チェンソー取扱者が100 Hz、200 Hzとも、ほとんど室内事務作業である健常者に比べ振動覚が高く、統計的にも有意な差がみられた。山林労働そのもので感覚鈍麻が生じているのか、チェンソー取扱いの振動によって鈍麻になったのかについての問題は残されているが、チェンソー取扱者群間の比較において自覚症(一)群と白指有症群、また、しびれ感のみの愁訴群と白指有症群とに振動覚閾値の有意差があるなど、振動工具取扱者の中でも自覚症状の違いにより閾値に差があることから、振動病の進行とともに振動覚が鈍麻になるものとする。しかし、自覚症状のない群としびれ症状のある群とは差がみられていないので振動病のごく初期には振動覚閾値の上昇はないのかも知れない。なお、第Ⅱ指のみに白指がある場合、第Ⅲ指の振動覚閾値が白指のある第Ⅱ指と同じように高いとか、閾値の左右差、指差はほとんどみれなかったりした。このことは、岡田らの成績⁵⁾とも類似している。ある局部(ここでは指)に所見があれば、他の局部に自覚症状はなくとも、同じ障害を受けていると考えてよいのでなからうか。

一方、末梢循環動態の影響で生じると考えられる白指の診断にしばしば皮膚温の測定が行なわれる。Weitz⁶⁾は皮膚温を低下させると閾値が上昇すると述べている。また著者らも、前報³⁾に於いて100 Hz以下の振動覚は室

温及び皮膚温による影響をさほど受けないが、200 Hzではこれらと密接な関係があり、皮膚温の低下にともなって振動覚閾値が上昇する傾向があることを認めた。今回のチェンソー取扱者においても100 Hzでは、ほとんど温度の影響を受けていないが、200 Hzの振動覚は、健常者の場合と同様、皮膚温の影響を直接受け、皮膚温が低下するにつれて閾値は上昇する傾向があった。

また、冷水浸漬後の100 Hzの閾値は、健常者群も白指有症者群でも比較的良好な回復を示すのに、200 Hzではともにその回復がおそく、手指が10℃水に冷却された影響を強く受けていることを認めた。このことは、おそらく末梢血管が収縮した場合、200 Hzの周波数に特異的に感覚鈍麻を来すものと考えられる。

以上のことから振動覚の測定は振動病の診断に有用であるが、100 Hz付近の閾値は振動による知覚神経障害の診断として有効であり、200 Hz付近のそれは、知覚神経障害に加えて皮膚温の影響を強く受けているため循環障害をも考慮しなくてはならないと考えられる。

なお、振動覚閾値には年齢や皮膚の厚さなどの因子が関与すると考えられるので、今後も一層検討を加えねばなるまい。

Ⅳ. 結 論

チェンソー取扱者168名について周波数100 Hzと200 Hzにおける振動感覚閾値を測定し白指発症の有無別差異、冷水負荷前後の閾値の変動、皮膚温との関係について検討した。その結果は次のようであった。

1. 健常者で4指別々と4指同時に測定した振動感覚閾値は、100 Hzでは4指別々での閾値は4指同時に測定したものより上昇するが、200 Hzではその差は認められなかった。
2. チェンソー取扱者は健常者に比し振動感覚閾値が上昇した。また、チェンソー取扱者の中では、自覚症のない群・白指有症群間、しびれ感のみの愁訴群・白指有症群間に100 Hzと200 Hzともに統計的な差が認められた。
3. チェンソー取扱者の閾値の第Ⅱ指・第Ⅲ指間の差は認められなかった。
4. 加齢とともに振動覚閾値が上昇した。
5. チェンソー取扱年数の増加にともなう感覚鈍麻の傾向はみられなかった。
6. 200 Hzに於いては、皮膚温が低下すると振動覚閾値は上昇した。
7. 冷水(10℃)浸漬後の振動覚閾値は白指有症群が健常者群に比し上昇していた。

なお、本論文の要旨は第45回日本衛生学会総会において報告した。

文 献

- 1) 三浦豊彦, 木村菊二, 富永洋志夫, 肝付邦憲: 局所振動障害としての職業性レイノー症候群, 労働科学 **42**(11), 725-747 (1966).
- 2) Iwata, H., Kawai, H., Takahashi, H. and Kotani, A.: Vibratory sense threshold on normal subjects, 岐阜大学医学部紀要, **19**(2), 322-328 (1971).
- 3) 小谷諒夫, 岩田弘敏, 宮田昭吾: 振動感覚閾値と皮膚温との関係, 日衛誌, **29**(4), 459-462 (1974).
- 4) Bjerker, N., Kylin, B. and Lidstrom, Ing-M.: Changes in the vibratory sensation threshold after exposure to powerful vibration. A preliminary report, Work-Environment-Health, **7**(1), 3-7 (1970).
- 5) 岡田晃, 山下貴正, 南正康, 高野敏雄, 山村晃太郎 岩田弘敏: 振動工具使用者の振動感覚閾値, 北方産業衛生, **31**, 57-61 (1971).
- 6) Weitz, J.: Vibratory sensitivity as a function of skin temperature, J. exp. psychol, **28**, 21-36 (1941).

(受付 1976年7月19日)