原 著

振動障害者の体性感覚誘発電位 (SER) について

温水・冷水浸漬, 上腕緊縛負荷の SER に及ぼす影響

太田 義隆*, 藤本 修*, 南野 壽重**
浅尾 博一***, 藤井 久和*STUDY OF SOMATOSENSORY EVOKED RESPONSE (SER) IN
PATIENTS WITH OCCUPATIONAL VIBRATION DISEASEEffect on SER Induced by Load of Hot and Cold Water,
and Depressing the BrachiumYoshitaka OHTA,* Osamu FUJIMOTO,* Hisashige NAN'NO,**
Hirokazu ASAO*** and Hisakazu FUJII*

Somatosensory evoked responses (SERs) to mechanical stimulation were recorded in 5 patients with occupational vibration disease and 10 grader drivers, and the results were compared with those obtained from 48 normal subjects.

SERs were recorded at room temperature of 20-23°C and after immersing the hand in hot (40°C) or cold (10°C) water for 5 minutes. SERs were also recorded while depressing the brachium and soon thereafter to examine the effect of ischemia. The following results were obtained.

1) In SERs recorded on the finger of patients with occupational vibration disease, it was observed that some peaks of SERs were absent in 6 out of the 10 cases and that peak latency time was abnormally prolonged in 3 out of them. On the other hand, in SERs recorded on the forearm, abnormality was observed in only 1 out of them.

2) In recording SERs in 6 patients with occupational vibration disease after immersing the hands in hot water, it was observed that abnormal SERs became normal in all 6 cases. However, these normalized SERs became abnormal in 5 out of the 6 cases within 25 minutes after removing the hands from hot water.

3) No appreciable change could be observed in SERs recorded after immersing the hands in cold water.

4) Partial absence of SER peaks could be observed in 2 out of 9 grader drivers while depressing the brachium. On the other hand, all SERs in 7 normal cases did not show any abnormality while depressing the brachium.

5) The results suggest the presence of a close relationship between peripheral vascular dysfunction and peripheral somatosensory disturbance in patients with occupational vibration disease. However, it was observed that peripheral vascular dysfunction could not always trigger peripheral neural dysfunction.

6) These findings have led to the conclusion that SERs to mechanical stimulation are more useful in the diagnosis of dysfunction of the peripheral nerve in patients with occupational vibra-

* 大阪府立公衆衛生研究所精神衛生部

** 大阪大学医学部精神神経科

*** 大阪府立中宮病院
昭和60年2月16日受付

* Department of Mental Health, Osaka Prefectural Institute of Public Health

** Department of Neuropsychiatry, Osaka University Medical School

*** Osaka Prefectural Nakamiya Hospital

Received for publication, February 16, 1985

tion disease than SERs to electrical stimulation. The findings suggest that immersion in hot water and cold water and depression of the brachium are useful sensory tests for patients with occupational vibration disease and grader drivers.

I. は じ め に

振動工具を長期間使用していると、末梢に循環障害が出現し、手指にレイノー現象（蒼白発作）が認められるようになり、これは白ろう病や振動障害の名でよく知られている¹⁻⁴⁾。その症状は、レイノー現象のほかに、シビレ感や疼痛などの知覚障害、筋肉の萎縮や関節障害、自律神経系や内分泌系が関与する全身障害としても認識されてきている。最近の電気生理学的手法の発展により、振動障害の研究にも末梢神経伝導速度^{5,6)}や筋電図⁷⁾、さらには脳波についての報告もみられる⁸⁻¹⁰⁾。

一方、神経生理学領域においては、Dawson¹¹⁾が1947年にヒトの頭皮上から大脳誘発電位を記録して以来、知覚を客観的にとらえる指標として体性感覚誘発電位 (Somatosensory Evoked Response, 以下 SER と略す) の存在が知られている^{12,13)}。それにもかかわらず振動障害についての SER に関する研究^{14,15)}が少ないのは、電気刺激を用いる場合、疼痛が伴うこと、刺激部位が限られ、自然な感覚刺激にならないことなどの理由によると思われる。そこで、われわれは触・圧覚刺激による SER の記録法を開発し^{16,17)}、振動障害者の知覚障害と SER の関連について報告してきた^{18,19)}。

現在、振動障害の診断において、手指の皮膚温、振動覚、爪圧迫などの検査は、常温での測定以外に手を冷水浸漬させ、その回復状況からも障害程度が判定されている²⁰⁻²²⁾。そして、振動障害の末梢循環障害と末梢神経障害との関連については、かなり以前から多くの議論がなされてきている^{23,24)}。今回、われわれは振動障害者に、冷水・温水浸漬、上腕緊縛負荷を加え、その負荷後の SER を時間経過に伴い記録し、末梢循環動態の変化と体性感覚機能との関連について検討した。また、振動障害者の知覚障害の検索法として、これらの負荷による SER の有用性についても検討したので報告する。

II. 対象と方法

対象は、チェンソーや碎岩機の長期間の使用により蒼白発作が出現したことがあり、職業性の振動障害と認定された者（以下、振動障害者とする）5名（42～63歳、平均 54.0歳）と振動・騒音が発生する特殊振動車（グレーダー）の運転作業に長期間従事している10名（26～42歳、平均 32.5歳）の乗務員である。特殊振動車乗務員

は、振動加速度レベル 100～120 dB の強さの振動作業を、1日4～5時間、1年のうち6～8か月間従事し、その就業期間は6～14年（平均 11.2±2.5年）である。正常対照群としては、19～50歳（平均 31.5歳）の健康成人 48名である。

SER の記録は、第Ⅱ指中節骨手背側 (Fing., 手指)、第Ⅱ指基部手背側 (Palm, 手掌)、前腕屈曲側近位 (Arm, 前腕) の部位に半導体小型圧力変換器を用い接触・叩打刺激を加え、脳波を対側知覚領の頭皮上から単極導出し、データ処理計算機で 50 回の反応電位を平均加算して得た^{18,19)}。

SER の記録条件としては、室温 20～23℃ の部屋で安静閉眼仰臥位の状態で行なった後、冷水、温水負荷、および上腕緊縛負荷を加え、SER 記録を実施した。冷水負荷の SER は、手関節より末梢部を 10℃ の冷水に 5 分間浸漬させ、引き上げ直後、2分、5分、10分、15分、20分後と時間経過とともに記録した。温水負荷の SER は、40℃ の温水に 5 分間浸漬させた後、冷水負荷と同様の方法で行なった。上腕緊縛負荷は、血圧計のマンシットを用い、安静時の収縮期血圧より 30 mmHg 高い圧力で 3 分間上腕部を加圧し、緊縛開始後 1分、2分と加圧解除直後、2分、5分、10分、15分後の SER を記録した。なお、上腕緊縛負荷を実施した特殊振動車乗務員の対側上肢から、冷水負荷状態で血圧測定も併せて行なった。

安静状態の記録は、振動障害者 5名の左右の手指、手掌、前腕、各 10例と、特殊振動車乗務員 10名の右側の手指、手掌、前腕、各 10例の SER を得た。冷水負荷の記録は乗務員 10名の右手掌の SER 10例で、温水負荷の記録は振動障害者の 5名につき安静状態で異常 SER が著明にみられた 6例である。上腕に緊縛負荷を加えたのは乗務員 9名（高血圧症 1例を除く）であり、右手掌を刺激して SER 記録を得た。

SER の判定は、頂点欠如 SER (Partial absence)、潜時延長 SER (Prolonged latency)、正常 SER (Normal) の 3分類とした¹⁸⁾。頂点欠如 SER とは、P₂, N₂, P₃, N₃ の 4頂点の 1頂点以上が欠如した場合であり、潜時延長 SER は頂点欠如はなく 4頂点の 1頂点以上が対照群に比べ有意に延長 (対照群の $\bar{X} + 2SD$ の値以上) した場合である。

Table 1. Mean peak latency time in SERs on palm of 48 normal subjects at resting state.

(msec)						
Peak latency	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃	N ₃	P ₄
Mean	16.3	26.2	38.5	50.0	62.5	144.1
S.D.	2.7	3.0	3.9	3.5	4.7	25.8

Fig. 1. SER in a normal subject.

III. 結 果

健康成人の安静状態で右手掌に接触・叩打刺激を加え、知覚領から記録した SER が Fig. 1 である。刺激の反対側の左知覚領から記録した誘発電位は、上向きの陰性電位 N₁, N₂, N₃ と、下向きの陽性電位 P₂, P₃, P₄ の各頂点が明瞭にみられる。健康成人 48 名の手掌の SER の頂点潜時は、Table 1 に示すように P₄ 以外の各頂点の標準偏差値は小さく、個人間の変動が少なく安定して出現している。また、健康成人の手指、前腕部を刺激して記録した SER も、Fig. 1 と同様の SER であった。

1. 振動障害者・特殊振動車乗務員の SER

Fig. 2 は、振動障害者の上肢各部を刺激して得た SER の実例である。上段 2 図の手指、手掌に接触・叩打刺激を与えた SER は、P₂, N₂ 頂点の欠如が認められる。一方、手関節、前腕を刺激した場合には、健康成人と同様の正常 SER が出現している。この症例は、十数年前からチェンソーを使用しており、6 年前頃に蒼白発作が左右の II, III, IV 指にみられ、寒冷時には手掌にまで出現したことがある 56 歳の振動障害者である。現在も左右の手指、手掌にシビレ感と疼痛を訴えている。

Table 2 は、振動障害者 5 名（左右上肢 10 例）、特殊振動車乗務員 10 名の右上肢各部から記録した SER の

Fig. 2. SERs in a patient with occupational vibration disease.

特徴と自覚的なシビレ感の有無との関連について検討したものである。振動障害者の手指の SER は、10 例中 6 例に頂点欠如 SER、3 例に潜時延長 SER が出現し、正常 SER を示したのは 1 例にすぎない。手掌では、頂点欠如 SER が 3 例、潜時延長 SER が 4 例、正常 SER が 3 例にみられる。前腕では、潜時延長 SER の 1 例を除き、10 例中 9 例に正常 SER が出現していた。一方、特殊振動車乗務員 10 例の SER においては、手指では頂点欠如と潜時延長する SER が各 2 例みられたが、前腕では 10 例中 9 例に正常 SER が出現している。

次いで、シビレ感の有無と SER の異常との関係について検討すると、振動障害者でシビレ感の訴えのある手指 7 例は、5 例に頂点欠如 SER、2 例に潜時延長 SER を認め、正常 SER が出現する例はない。手掌の 5 例においても、2 例に頂点欠如 SER、3 例に潜時延長 SER が出現し、正常 SER の例はみられない。一方、シビレ感のない前腕では、潜時延長 SER を示す 1 例を除き、

Table 2. Relationship between SERs at resting state and numb sensation in patients with occupational vibration disease and grader drivers.

SER	Numb sensation					
	Finger		Palm		Arm	
	+	-	+	-	+	-
Vibration disease ($N=10$)						
Partial absence	5	1	2	1	0	0
Prolonged latency	2	1	3	1	0	1
Normal	0	1	0	3	0	9
Grader drivers ($N=10$)						
Partial absence	1	1	0	1	0	0
Prolonged latency	0	2	0	2	0	1
Normal	0	6	0	7	0	9

Occupational vibration disease (5 subjects), grader drivers (10 subjects).

全例正常 SER が出現していた。

2. 温水負荷・冷水負荷の SER への影響

温水負荷: Fig. 3 は, 振動障害者の手関節より末梢部に温水負荷を加え, 末梢循環が SER に及ぼす影響を検討した実例である。上段 2 図の常温安静状態で記録した SER は, 手掌では正常であるのに対し, 手指に刺激して得た SER には N_2 , P_3 頂点の欠如がみられる。同一振動障害者を 40°C の温水に 5 分間浸漬させ, 引き上げ後の手指の SER を時間経過とともに記録したのが下段の 5 図である。温水浸漬引き上げ直後 (on-set), 5 分後, 10 分後の SER は, 常温安静時にみられた頂点欠如はなく, SER が正常化している。しかし, 温水浸漬引き上げ後 25 分を経過すると再び N_2 , P_3 頂点が欠如し, 安静時と同様の頂点欠如 SER が出現している。この症例は, 二十数年にわたり電動式砕岩機を使用し, 数年前頃から手指, 手掌に蒼白発作がみられ, シビレ感や冷感などの知覚異常を訴えている 59 歳の男性で, 職業性の振動障害と認定されている者である。

常温安静時に頂点欠如や潜時延長の異常 SER が出現する振動障害者 5 名 (6 例) について, 温水浸漬後の SER の経過を示したのが Table 3 である。安静時にみられた異常 SER は, 温水浸漬引き上げ直後と 2 分後には出現せず, 全例 SER が正常化している。しかし, この正常化現象は時間経過に伴い消滅し, 再び異常 SER が出現する。安静時に頂点欠如を示す 5 例中 4 例は, 引き上げ後 15 分に 1 例, 20 分後に 2 例, 25 分後で 1 例に異常 SER が再現していた。ただ, 安静時に頂点欠如していた残り 1 例は, 温水浸漬引き上げ後 40 分まで 5 分ごとに SER を記録したが, 異常は再現せず正常 SER

Fig. 3. SERs at room temperature and after immersing the hand in hot water in a patient with occupational vibration disease.

が持続していた例もある。安静時に潜時延長 SER を示す 1 例は, 浸漬引き上げ直後には正常化していたが, 5 分後には潜時延長 SER の出現がみられた。

一方, 健康成人の温水浸漬後の SER についても検討

Table 3. Effects of SERs after immersing the hand in hot water of 40°C for 5 min in patients with occupational vibration disease.

Case	I	II	III		IV	V
	R-palm	L-finger	R-palm	L-finger	R-finger	R-finger
At rest	Ab	Pro	Ab	Ab	Ab	Ab
Hot water						
onset	Nor	Nor	Nor	Nor	Nor	Nor
2 min	Nor	Nor	Nor	Nor	Nor	Nor
5 min	Nor	Pro	Nor	Nor	Nor	Nor
10 min	Nor	Pro	Nor	Pro	Nor	Nor
15 min	Ab	Pro	Pro	Pro	Nor	Nor
20 min			Ab	Ab	Nor	Nor
25 min					Ab	Nor
...						...
40 min						Nor

Nor : normal, Pro : prolonged latency, Ab : partial absence, onset : immediately after the immersion was suspended.

Table 4. Peak latency time of SERs on palm after immersing the hand in cold water of 10°C for 5 min in 10 grader drivers.

	(msec)			
	P ₂	N ₂	P ₃	N ₃
At rest	27.2	39.7	51.0	62.5
Cold water				
onset	27.9	40.8	52.0	65.9*
2 min	29.1*	42.0*	51.5	64.8*
5 min	28.0	40.1	51.1	64.0
10 min	27.5	39.6	51.2	64.4

* $p < 0.05$.

したが、常温安静時に記録した SER に比べ変化はみられず、温水浸漬の SER への影響は認められない。

冷水負荷 : Fig. 4 は、特殊振動車乗務員の常温安静時と冷水負荷後に記録した SER である。安静時の手指の SER は頂点欠如しているが、手掌の SER は正常であり、10°C の冷水に 5 分間浸漬後の手掌の SER にも頂点欠如はみられない。ただ、浸漬引き上げ直後と 2 分後の SER は、N₂、N₃ の頂点潜時が安静時に比べわずかに延長している。

Table 4 は、乗務員 10 名の冷水負荷後の右手掌から記録した SER の頂点潜時を示したものである。N₃ 頂点の平均潜時は、安静時 62.5 msec に対し、冷水浸漬引

Fig. 4. SERs at room temperature and after immersing the hand in cold water in a grader driver.

Table 5. Peak latency time of SERs while depressing the brachium and soon thereafter in normal subjects and grader drivers.

	(msec)				
	P ₂	N ₂	P ₃	N ₃	P ₄
Normal subject (N=7)					
At rest	27.4	40.3	50.6	63.3	124.8
Depression 1-2 min	26.5	39.9	50.2	62.9	133.2
2-3 min	27.2	39.0	50.7	63.6	129.8
Removal 0-1 min	27.5	39.6	49.5	64.6	132.3
2-3 min	27.2	40.3	51.0	63.8	134.2
Grader drivers (N=9)					
At rest	28.9	41.7	51.1	62.4	132.8
Depression 1-2 min	29.3*	40.7*	50.2	63.9	127.2
2-3 min	29.1*	39.8*	51.7	64.6	133.9
Removal 0-1 min	28.4	40.4	51.4	64.3	133.2
2-3 min	28.8	41.6	51.6	64.2	130.7

* Partial absence of the peak in SER (N=2).

Fig. 5. SERs of palm while depressions the brachium and soon thereafter in a grader driver.

き上げ直後 65.9 msec, 2分後 64.8 msec で, それぞれ 3.4, 2.3 msec 延長している。また, 引き上げ 2分後の P₂, N₂ 頂点の平均潜時も, それぞれ 1.9, 2.3

msec 延長していた。ただ, 冷水負荷による SER の頂点潜時の延長は, 振動障害者の安静時にみられる潜時延長 SER に比べ, その値は小さく異常な潜時延長ではない。また, 冷水負荷により新たな頂点欠如を示す例もみられなかった。

3. 上腕緊縛負荷の SER への影響

Fig. 5 は, 安静時の収縮期血圧が 130 mmHg の特殊振動車乗務員の上腕を血圧計のマノシエットで緊縛させ, 160 mmHg の強さで 3 分間加圧し, 継続的に手掌から記録した SER の事例である。安静時の SER は正常であるのに対し, 緊縛加圧開始後 1 分と 2 分に記録した SER には P₂, N₂ 頂点の欠如が認められる。しかし, 加圧解除直後には正常 SER が再現している。

Table 5 は, 乗務員 9 名と健康成人 7 名に上腕緊縛負荷を加えて記録した SER の各頂点の平均潜時を示したものである。安静時の収縮期血圧より 30 mmHg 高い圧力を 3 分間加圧しても正常対照群の SER は, 頂点欠如や潜時延長 SER を示す例はない。一方, 乗務員 9 例中 2 例が緊縛加圧状態で頂点欠如 SER を示し, 2 例に潜時延長 SER が認められた。

常温安静時と冷水浸漬中に乗務員 9 例の血圧を測定したところ, 9 例中 7 例は安静時に比べ冷水浸漬中に血圧が上昇していたが, 残り 2 例は血圧が下降した。血圧が上昇した 7 例の安静時の平均血圧は 124.3 mmHg (102 ~ 152 mmHg) であり, 冷水浸漬 1 分目の平均血圧は 144.6, 2 分目 146.9, 3 分目 141.1 mmHg と上昇して

いたが、5分目には128.8 mmHgと安静時の血圧にはほぼ戻っていた。冷水浸漬により血圧の下降した2例のうち1例は、安静時132 mmHgに対し浸漬1分目に118 mmHgになり、他の1例も安静時130 mmHgから120 mmHgに低下していた。なお、この冷水浸漬中に血圧下降した2例は、上腕緊縛加圧状態で頂点欠如が認められる例であった。

IV. 考 察

1. 振動障害者のSERについて

神経生理学領域では知覚の客観的な知見を提供するものとして、末梢知覚神経伝導速度(SCV)や体性感覚誘発電位(SER)の存在がよく知られている。振動障害のSCVについての研究は、本間⁵⁾、Araki⁶⁾、鳥居²⁴⁾、久永²⁵⁾など多くの報告があるが、SERに関する研究はほとんどみられない。われわれは、触・圧覚刺激によるSERの記録法を開発し^{16,17)}、振動障害者24名に適用した成績について報告してきた^{18,19)}。振動障害者のSERの特徴は、手指、手掌に頂点欠如や潜時延長などの異常SERの出現が多く、シビレ感を訴える部位では異常SERがほぼ全例にみられることを前報で指摘した¹⁸⁾。今回得た振動障害者5名の両上肢10例においても、手指に9例、手掌に7例の異常SERがみられるのに対し、前腕では10例中1例が潜時延長SERを示したにすぎず、前回の成績とよく一致していた。

振動障害のSERに関する他の研究としては、楠瀬¹⁴⁾が振動障害者14名に針刺激を用いたSERを記録し、頂点欠如や潜時延長の例が認められたことを報告している。また、田辺らは振動障害者19名について、SCV、頸椎レントゲンとともに電気刺激を用いたSERを記録し次のように報告している^{15,26)}。振動障害者のSERは、対照群に比べP₁、N₂頂点潜時が延長し、N₂頂点の低振幅不明瞭な例がみられ、SERの異常の頻度は比較的高いが異常の程度は軽度であると述べ、われわれの得たSERの成績と異なっている。これは田辺らのSER記録が手関節の正中神経に電気刺激を加える方法を用いるため、刺激部位より末梢に障害のある場合には、その異常をとらえることができないためであると考えられる。振動障害者の知覚障害が手指や手掌に多い臨床的事実、手関節より末梢部を温水浸漬させると常温安静時にみられた異常SERが正常化するという今回の結果より、振動障害者の体性感覚機能の障害は、前腕から中枢への求心経路や大脳知覚領にあるのではなく、末梢部の障害が著しいと考えられる。

従来の電気刺激のSERと機械的刺激のSERが、同

じ体性感覚機能をとらえているとはいえ、機械的刺激は電気刺激に比べ表在感覚の関与する割合が大きく、及川²⁷⁾、藤本²⁸⁾が指摘しているように両刺激の求心経路も異なっている。手指や手掌のシビレは、皮膚の最も末梢の感覚受容器や末梢神経が障害されている場合が多く、それらの障害の把握には、皮膚表面に直接刺激を加えてSERを記録する機械的刺激を用いなければ、その異常を的確にとらえることが困難であると考えられる。

2. 末梢循環動態の変化とSER

振動障害の臨床症状としては、まず末梢神経機能が障害され、次に末梢循環機能障害、末梢運動機能障害などがあらわれることは、山田¹⁾、三浦²⁾などの報告に詳しい。そして、Araki⁶⁾は振動障害者のSCVの遅延と蒼白発作の出現が必ずしも一致しないことから、末梢神経障害は末梢の血流障害の二次的な変化ではなく、振動が末梢神経に直接作用した結果であろうと述べ、末梢神経と末梢循環系との直接的関与を否定している。一方、田辺¹⁵⁾はSCVの成績から、末梢神経障害は末梢循環障害と関連があり、とくに二次的な結果によるものかもしれないと推論している。また、楠原²²⁾も振動障害者の皮膚温レベルが低いこと、その回復の悪さから、末梢循環が末梢神経機能に影響を及ぼしていると指摘している。これらの報告より明らかなように振動障害者の末梢神経障害と末梢循環障害との関連については、多くの議論がなされているが、いまだ一定見解を得るに至っていない。

今回、振動障害者を40℃の温水に5分間浸漬させた後のSERを記録したところ、常温安静時に出現していた異常SERが引き上げ直後と2分後には全例正常化した。このSERの正常化現象は、明らかに末梢循環の改善により引き起こされたと考えられる。田辺^{15,26)}は振動障害者のSCVが安静時には遅延していたが、温熱負荷後は対照群と有意の差がなかったと報告し、Buchthal²⁹⁾はSCVの測定において末梢神経周囲の温度の重要性を指摘している。このことと今回の温水浸漬後のSERの成績と併せて考えると、末梢神経障害と末梢循環動態との間には密接な関連があることは否定できない。

ただ、温水負荷後のSERの正常化現象は、時間経過とともに常温安静時にみられた異常SERが再現し、その再現するまでの時間にばらつきがあったことは興味もたれる。温水浸漬引き上げ後、短時間に異常SERが再現する例は障害程度が重く、比較的長時間正常SERを維持する例は障害程度が軽度であるとも推測できる。しかし、常温安静時に潜時延長SERを示す例が、浸漬引き上げ5分後と最も短時間に異常SERが再現してい

た。一般に SER の異常は、頂点欠如 SER に比べ潜時延長 SER のほうが、その異常が軽微であると認識されていることと矛盾していた。また、安静時に頂点欠如 SER が認められる 5 例中 4 例は引き上げ後 15~25 分で異常が再現したが、残り 1 例は臨床症状が他の例と同程度にあるにもかかわらず、引き上げ後 40 分を経過しても正常 SER を示していた。これらのことは、振動障害者の末梢神経機能と末梢循環機能とは密接な関連があるとはいえず、その障害は必ずしも平行関係にあるとは考えにくい。

一方、特殊振動車乗務員の冷水負荷後の SER は、浸漬引き上げ直後と 2 分後に頂点潜時の延長がみられたが、新たに頂点欠如を示す例はなく、SER への影響は少なかった。現在、振動障害をより正確に把握するため、冷水浸漬後の皮膚温や爪圧迫検査が一般に行なわれている。手を冷水浸漬させると皮膚温は低下し、末梢循環も障害され、その結果により感覚機能の低下が推測されたにもかかわらず、SER の変化 (異常性) があまりみられなかったことは予想外であった。この点について考察すると、まず今回対象とした特殊振動車乗務員においては知覚障害の訴えが少ないことによるのかもしれない。しかし、乗務員は振動障害者と同様の異常 SER を示す例も多く、また、振動作業を中止 (1 年間) させると異常 SER が正常化する例もあることから、乗務員は振動障害の予備群であり¹⁹⁾、対象群の違いによる結果だけとは考えにくい。次に SER 記録を冷水浸漬引き上げ後に実施したと関係しているとも考えられる。つまり、10℃ の冷水浸漬により末梢の血管は収縮状態にあったが、20~23℃ の室内に引き上げると、急激に血管拡張がおこり末梢循環は反跳的に改善した状態となり、体性感覚機能が早急に回復したために、異常 SER の出現が少なかったとも推測できる。

しかし、冷水浸漬引き上げ後の皮膚温の低下は、比較的長時間持続するため、急速な末梢循環の改善は望みにくいとの説がある。また、三浦ら³⁰⁾によると、10℃ の人工気候室内で冷水浸漬中にレイノー現象を示さない例が、32℃ の室外に出ると急にレイノー現象が発症した例もあると報告している。斎藤ら²¹⁾は、振動障害の診断項目の妥当性に関する研究報告のなかで、振動覚や痛覚検査は皮膚温や爪圧迫検査に比べ冷却負荷の意義はあまり認められなかったと述べている。われわれの今回の結果¹⁸⁾でも、SER の異常はシビレ感とは密接に関係していたものの蒼白発作とは有意の差がみられなかった。これらのことから冷水浸漬は末梢循環機能を低下させているとしても、体性感覚機能には直接的に大きな影響を及ぼしているとは考えにくい。

上腕緊縛時の SER に関して末丸ら³¹⁾は、正常成人 10 名に収縮期血圧の 30 mmHg 加圧すると、電気刺激の SER は、8~12 分経過すると各頂点は遅延をはじめ、18~22 分たつと急激に平坦化をきたし、代謝性疾患では N_1 , N_2 の早期遅延、平坦化を認めると報告している。島田³²⁾は正常者 6 例に 30~40 分間 10 mmHg 加圧し、阻血による解離性知覚障害を起こさせると SER が消失すると述べている。今回正常対照群に収縮期血圧より 30 mmHg 高い圧力を 3 分間加圧して得た SER に変化がみられなかったことは、阻血の程度が軽かったため当然の結果であろう。一方、特殊振動車乗務員においては、同条件で 9 例中 2 例に頂点欠如 SER が認められた。振動障害者の上腕緊縛については、三浦らが蒼白発作の誘発法として有効であると報告しているが、今回上腕緊縛加圧状態で頂点欠如 SER を示した 2 例は、明らかに末梢循環機能が低下し、二次的に末梢の体性感覚機能に影響を及ぼした結果と考えられる。

振動障害者の血圧に関する研究として、山田¹⁾は冷却テスト時に最低血圧の上昇率の高い例が多いと述べ、岡田ら⁴⁾も最低血圧がレイノー現象発現者に有意に高かったと報告している。最近では寒昇昇圧反応が冷水浸漬 2 分目に顕著であるが、白指や冷えとは関係がみられなかったと潮見ら³³⁾は指摘している。今回、9 例中 7 例が冷水浸漬中に血圧上昇を示したが、残り 2 例は血圧下降を示した。この血圧下降の例は上腕緊縛加圧状態で頂点欠如 SER が出現した例であった。冷水負荷中に血圧が低下する例があることは、すでに三嶋ら³⁴⁾により報告されており、その理由として振動障害者の多くは常に交感神経緊張過多の状態にあり、冷水負荷により血圧は上昇するが、少数例では副交感神経優位となり血圧が下降すると推論している。このことは振動障害者の体性感覚機能は、末梢循環機能とともに、自律神経系の関与も否定できず、それらが相互に関連しあっていると考えざるをえない。

以上のことから、振動障害者の体性感覚機能の障害は、末梢循環機能と密接な関連にあるといえる。ただ、温水負荷後の異常 SER の再現時間のばらつき、冷水負荷の SER への影響 (異常性への変化) の少なさなどから、末梢循環機能が低下した場合に末梢神経障害が必ずしも生起するとは考えにくく、振動刺激が末梢の神経系に直接的に影響を及ぼしている可能性も考えられる。この末梢神経系の障害に関して、最近、武内ら³⁵⁾が振動症候群手指生検 30 例の病理組織学的観察を実施し、髄鞘変性による脱髄性病変や著しいものでは軸索消失が認められる神経線維の消耗があると報告している。なお、振

動障害者の知覚障害の程度判定には、従来の冷水負荷法とともに、被検者に苦痛を与えない温水負荷法や簡便な上腕緊縛負荷法も有用であり、今後検討していく必要があろう。

V. ま と め

振動障害者 5 名、特殊振動車乗務員 10 名を対象として、機械的刺激による体性感覚誘発電位 (SER) を記録し、健康成人 48 名の SER と比較検討した。SER は、常温 (20~23°C) 安静状態で記録し、次いで温水 (40°C) と冷水 (10°C) に手をそれぞれ 5 分間浸漬した後の SER を記録した。さらに、上腕緊縛負荷中および負荷解除後に継時的に SER を記録を実施し、乏血の SER に及ぼす影響を検討した。

1) 振動障害者の手指から SER を記録すると、SER の頂点欠如が 10 例中 6 例に、頂点潜時の延長が 3 例に認められた。前腕の SER では 10 例中 1 例に異常がみられたにすぎなかった。

2) 常温安静時に異常 SER を示す 6 例の振動障害者に温水浸漬させると、全例に SER の正常化が認められた。ただ、温水浸漬引き上げ後 25 分以内に、6 例中 5 例に異常 SER が再現した。

3) 特殊振動車乗務員の手を冷水浸漬させ、引き上げ後の SER を記録したところ、明らかな異常は認められなかった。

4) 上腕緊縛加圧状態での乗務員の SER は、9 例中 2 例に頂点欠如が認められた。一方、正常成人 7 例では、SER の異常化はみられなかった。

5) 振動障害者の体性感覚機能の障害は、末梢循環機能と密接に関連していることは明らかであった。しかし、末梢循環が障害されても必ずしも末梢神経障害が生起するとは限らなかった。

6) 以上のことから、振動障害者の末梢神経機能障害を診断するには機械的刺激による SER が有用であり、また、冷水負荷法とともに、温水負荷や上腕緊縛負荷による誘発法も有用であると考えた。

稿を終るにあたり、本研究に際しご指導、ご協力を賜った関西労災病院の神経科部長別府彰先生、上山満三先生、奈良県大淀町立病院の土生久作院長に感謝します。なお、本研究の要旨の一部は、第 52, 53 回日本産業衛生学会、第 8~10 回日本脳波・筋電図学会において発表した。

文 献

- 1) 山田信也：チェンソーの振動による白ろう病，労働の

科学，20：20-26，1965。

- 2) 三浦豊彦：振動工具による振動障害の史的概観，労働科学，51：459-478，1975。
- 3) 斎藤和雄（編）：職業病としての振動障害，南江堂，東京，1980。
- 4) 岡田 晃，鈴木勝己：振動障害—研究動向と診療の実態，篠原出版，東京，1982。
- 5) 本間徹男，有坂みさ子，荒記俊一，青山一夫，近藤駿四郎：いわゆる白ろう病における末梢神経伝導速度について，日災害医誌，22：56，1974。
- 6) Araki, S., Hon'ma, T. and Aoyama, K.: Peripheral nerve conduction velocities in chain-saw operators, *Jpn. J. Ind. Health*, 18: 516-520, 1976。
- 7) 桜井忠義，三輪俊輔：振動負荷による前腕表面筋電図および指先皮膚温の変化，産業医学，19：451，1977。
- 8) 的場恒孝，楠本尚夫，水木 泰，桑原 寛，高松 誠，稲永和豊：振動病の病態生理学的研究（第 2 報），産業医学，17：412，1975。
- 9) Arikawa, K., Shirakawa, T., Kotorii, T., Oshima, M., Nakazawa, Y., Inanaga, K. and Kuwahara, H.: An electroencephalographic study of patients with vibration disease, *Folia Psychiatr. Neurol. Jpn.*, 32: 211-222, 1978。
- 10) 人羅俊雄，上濃哲明，岩 肇，土生久作，乾 松司，内海庄三郎，堀 浩：白ろう病に関する研究—中枢神経系の機能障害を中心として，日災害医誌，24：118-119，1976。
- 11) Dawson, G.D.: Cerebral responses to electrical stimulation of peripheral nerve in man, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.*, 10: 134-141, 1947。
- 12) Shagass, C. and Schwartz, M.: Recovery functions of somatosensory peripheral nerve and cerebral evoked responses in man, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 17: 126-135, 1964。
- 13) 加藤元博，Lüders, H., 三好正堂，黒岩義五郎：大脳誘発電位の臨床的研究（I）体性感覚誘発電位，臨床神経，10：539-547，1970。
- 14) 楠原幸雄，原田規章，古賀和利：振動病における体性感覚誘発電位の検討—針刺激を用いて，臨床脳波，26：727-730，1984。
- 15) 田辺晃久，亀田 実：振動病における体性感覚誘発電位と神経伝導速度，臨床脳波，21：324-328，1979。
- 16) 太田義隆，南野壽重，正岡 哲，浅尾博一：体性感覚誘発電位に関する研究—自然な接触刺激を用いた新技術の開発と応用，大阪府立公衛研所報，精神衛生編，14：53-63，1976。
- 17) Nan'no, H., Masaoka, S. and Hishikawa, Y.: Comparative study of somatosensory evoked responses to mechanical and electrical stimulation in man, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 43: 462, 1977。
- 18) 太田義隆，南野壽重，藤本 修，藤本久和，浅尾博一：振動障害者における知覚障害の客観的検査法—機械的刺激による体性感覚誘発電位を用いて，産業医学，21：433-441，1979。
- 19) 南野壽重，太田義隆，藤本 修：振動の体性感覚誘発電位におよぼす影響，臨床脳波，26：313-320，1984。
- 20) 三浦豊彦，高松 誠，細川 汀，山田信也，二塚 信，富永洋志夫，肝付邦憲：振動工具による振動障害の診断について，労働科学，46：399-421，1970。

- 21) 斎藤和雄, 新岡 正, 藤本 俊, 神代雅晴: 現行の振動障害特殊健康診断項目の妥当性に関する研究, 産業医学, 22: 355-367, 1980.
- 22) 柳原久孝, 宮尾 克, 金田誠一, 小林章雄, 中川武夫, 山田信也: 振動障害検診の冷水浸漬法について-5°C浸漬法と10°C浸漬法の比較, 産業医学, 24: 672-686, 1982.
- 23) 岩田弘敏: 振動工具使用に伴って生ずるレイノー現象と皮膚温との関係(その1), 産業医学, 8: 328-332, 1966.
- 24) 鳥居順三, 高坂公博, 今西速雄: Chainsaw 使用者における末梢神経障害-上肢の末梢神経伝導速度等, 日本医事新報, 2829: 32-34, 1978.
- 25) 久永 孟: 振動工具使用者の末梢神経伝導速度に関する研究, 産業医学, 24: 284-293, 1982.
- 26) Tanabe, T., Watanabe, T., Sugano, J. and Yoshida, T.: Electrophysiological studies on Raynaud's phenomenon of occupational origin, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 43: 594, 1977.
- 27) 及川俊彦, 藤谷嘉子, 山内教宏: 痛覚刺激による体性感覚誘発電位, 神経進歩, 23: 294-301, 1979.
- 28) 藤本 修, 上山満三, 別府 彰, 金子仁郎, 南野壽重, 太田義隆: 温痛覚刺激による大脳誘発電位 (TP-SER) について, 日災害医誌, 29: 913-920, 1981.
- 29) Buchtal, F. and Rosenfalck, A.: Sensory potentials in polyneuropathy, *Brain*, 94: 241, 1971.
- 30) 三浦豊彦, 木村菊二, 富永洋志夫, 肝付邦憲: 職業性レイノー症候群, 日本医事新報, 2219: 37-40, 1966.
- 31) 末丸紘三, 熊代 永, 林 泰明, 大月三郎: 乏血性異常知覚時の SER, 臨床脳波, 14: 80-88, 1972.
- 32) 島田康男: 機械的刺激による体性感覚誘発電位-基礎的並びに臨床的研究, 臨床神経, 14: 728-737, 1974.
- 33) 潮見重毅, 宮下和久, 笠松隆洋, 岩田弘敏: チェン・ソー取扱者における循環動態(第2報)末梢循環機能と寒冷昇圧反応, 産業医学, 21: 686, 1979.
- 34) 三嶋登志男, 田窪尚躬, 曾我部千秋: 振動障害者の冷水負荷テスト (10°C 10分) 時における血圧の変動と昇圧物質について (第1報), 日災害医誌, 27: 234-235, 1979.
- 35) 武内忠男, 今西速雄: 振動症候群手指生検30例の病理組織学的観察, 熊本医学会雑誌, 58: 56-70, 1984.

著者への通信先: 太田義隆, 〒537 大阪市東成区中道1丁目3-69 大阪府立公衆衛生研究所精神衛生部 *Reprint requests to* Department of Mental Health, Osaka Prefectural Institute of Public Health, 3-69, Nakamichi 1-chome, Higashinari-ku, Osaka, 537 Japan (Y. Ohta)