

労災疾病等13分野医学研究・開発、普及事業
分野名 『振動障害』

「振動障害のより迅速的確な診断法の研究・開発、普及」研究報告書

平成19年4月

独立行政法人 労働者健康福祉機構

「末梢循環障害の他覚的評価法としてのFSBP%研究」研究者一覧

主任研究者：独立行政法人労働者健康福祉機構 振動障害研究センター長 山陰労災病院振動障害センター長	那須 吉郎
分担研究者：独立行政法人労働者健康福祉機構 山陰労災病院 脊椎整形外科部長 独立行政法人労働者健康福祉機構 岩見沢労災病院 振動障害センター長	橋口 浩一 本間 浩樹
共同研究者：独立行政法人労働者健康福祉機構 愛媛労災病院 整形外科部長 独立行政法人労働者健康福祉機構 九州労災病院 勤労者予防医療センター所長 九州労災病院 健康診断部長 独立行政法人労働者健康福祉機構 熊本労災病院 整形外科部長 鳥取大学医学部 健康政策医療分野教授 KKR札幌医療センター 代謝・内分泌科部長	木戸 健司 豊永 敏宏 梁井 俊郎 池田 天史 黒沢 洋一 藤原 豊
研究協力者：独立行政法人労働者健康福祉機構 山陰労災病院 臨床検査技師 独立行政法人労働者健康福祉機構 美唄労災病院 臨床検査技師 独立行政法人労働者健康福祉機構 岩見沢労災病院 主任検査技師 臨床検査技師 独立行政法人労働者健康福祉機構 山口労災病院 検査科技師長 独立行政法人労働者健康福祉機構 愛媛労災病院 臨床検査技師 独立行政法人労働者健康福祉機構 九州労災病院 臨床検査技師 独立行政法人労働者健康福祉機構 熊本労災病院 主任検査技師	石垣 宏之 米原 晴子 吉野 聡 藤井 史郎 船越 亮太 佐藤 泰彦 吉岡 瑞穂 高原 洋子 貴戸 智美 の場 正文

目 次

I	はじめに	・・・ 1
II	目 的	・・・ 1
III	方 法	・・・ 2
IV	対 象	・・・ 3
V	統計処理	・・・ 3
VI	結 果	・・・ 4
VII	考 察	・・・ 10
VIII	ま と め	・・・ 16
	参考文献	・・・ 16

I はじめに

振動障害は末梢循環機能障害、末梢神経機能障害、骨・関節系の運動機能障害の三障害から構成される。その中で振動障害の最も特徴的な症状は末梢循環機能障害としてのレイノー現象(vibration-induced white finger、VWF)であるが、その持続時間は長くても15分以内であり、多くの場合は数分で消退すること、また、同じような寒冷環境下においても常にレイノー現象が出現するとは限らないこと等から、医師が直接視認できる例は極めて稀である。また、カラー写真でVWFの確認が出来る症例も極めて小数例である。しかしながら、VWFの確認は職業病としての業務上認定では重要なポイントである。上述したように直接的に確認することは困難であるので、VWFの存在の傍証として、各種の検査が行われている。

振動障害の末梢循環障害の診断に関して、NielsenとLassnは手指の血流遮断中に、手指のsegmental local cooling直後の指の収縮期血圧の変化(changes of finger systolic blood pressure、FSBP%)の測定がVWFの診断に有効であると報告し[1]、その後、FSBP%に関する報告が多くなった。いずれの報告もFSBP%の測定はVWFの診断に有効であるとしている[2-12]。従来、本邦で行われている末梢循環機能障害の診断法は安静時皮膚温測定、10℃、10分の片手冷水浸漬による冷水負荷皮膚温テスト、安静時および冷水負荷後の爪圧迫テスト等が主体で、この他に熱画像の撮影、指尖容積脈波検査が広く行われている。中でも冷水負荷皮膚温テストが重要視されているが、VWFに対する敏感度が極めて低いことが問題である[10、11]。

1994年に開催されたストックホルムワークショップで、疫学調査上、振動工具使用者のVWFの確認方法として、医師が顔と同時に撮影されたカラー写真を含め直接的にレイノー現象を視認できる時、またはFSBP%値がゼロの場合にはレイノー現象ありと判定し、これらの条件以外では訴えがあるが未確認とする取り決めがなされたことから[13]、FSBP%の高い信頼性を裏付けられるものと考えられる。上記会議を主催したGemneは振動工具使用者の診断に関するレビューの中で、末梢循環障害の客観的評価でFSBP%に優るものは無いとしている[14]。さらに、フィンランドでは振動障害の業務上認定では、問診でVWFが確認できた上、FSBP%の値が60%以下であることが必要条件となっている(参考までに付記すると感覚機能テスト、握力等は客観性に欠けることから認定上は考慮されていない)。スウェーデンでもほぼ同様であった。Bovenziは冷水皮膚温テストとFSBP%を比較し、補償目的での検査法としてはFSBP%の測定を採用すべきであり、VWFに対する敏感度の低い冷水負荷皮膚温テストはスクリーニングテストとしての位置づけをしている[15]。以上のことから、FSBP%の信頼性は高いと考えられる。

労災病院グループ研究として6施設で平成7年4月1日より平成10年3月31日の期間にFSBP%の診断精度に関する研究を行った。今回は厚生労働省からの要求に基づき、VWFに対するFSBP%の診断精度を調べることになった。多くの症例を集積することを目的として、3年計画で6施設(美唄、岩見沢、山陰、愛媛、九州、熊本の各労災病院)によるFSBP%の診断精度に関する共同研究が、プロジェクト研究として計画された。研究は5ヵ年計画で行うことになっている。FSBP%に係わる研究開発計画作成に平成16年4月に着手し、同年11月に研究開発計画を機構業績評価委員会医学研究評価部会に受審し、さらに同年12月に機構医学研究倫理審査委員会受審を経て研究開発開始の手順でスタートした。平成19年3月末まで症例の集積を行なった。この報告書は研究結果をとりまとめたものである。平成19年度からの2年間は普及活動になっている。

II 目的

振動障害の症状の中で最も特徴的な振動曝露起因性のレイノー現象(VWF)の診断に対するFSBP%の有用性を検討すること。

Ⅲ 方法

1. 室温条件

FSBP%の測定値は室温の影響を強く受ける〔16〕。室温がFSBP%に及ぼす影響を調べるために、室温設定を以下のように行った。2004年の室温に関するISOの勧告〔17〕が $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、従来の日本の労働省(現厚生労働省)の勧告(18)が $20\sim 23^{\circ}\text{C}$ であることから、ISOの勧告 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ を基本として他の室温 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ を加えて、2種類の室温における測定を各施設にお願いした(山陰労災病院では3種類の室温で測定した)。各施設の主な室温条件は下記のとおりとした。各室温で30分の安静待機後に測定した。両測定間には最低60分間の時間間隔をおくものとした。着衣量はISOの勧告に従い、上下2枚の着衣量(靴下は着用)とした。つまり、下半身はパンツ、長ズボン、靴下の状態で、上半身は長袖シャツ、ワイシャツの状態の前腕中央部からやや中枢まで腕を圧迫しないように袖をめくり上げた状態でした。なお、エアコンの風は衝立、カーテン等により乱気流を作り直接被検者に当たらないように工夫した。なお、室温の記録は、被検者の手の周囲の室温を温度計で連続記録し、PCに記録した後、平均室温を求めた。

美 唄労災病院	・ ・ ・ ・ ・	室温 21°C と 23°C
岩見沢労災病院	・ ・ ・ ・	室温 20°C と 22°C
愛 媛労災病院	・ ・ ・ ・ ・	室温 21°C と 23°C
九 州労災病院	・ ・ ・ ・ ・	室温 20°C と 22°C
熊 本労災病院	・ ・ ・ ・ ・	室温 21°C と 23°C
山 陰労災病院	・ ・ ・ ・ ・	室温 20 、 21 、 22 、 23°C

2. 測定機器

今回の研究はMedimatic社製の2チャンネルのDM2000で行うこととした。やむを得ず、HvLab社製の5チャンネルのMulti-channel plethysmographで測定せざるを得ない時は、最も悪い値を、その症例の値とした。

3. 測定方法

対照群では左右のいずれかの中指を測定指とし、同側の母指を対照指とした。振動曝露群では、症状の強い指で測定し、対照指は同側の母指とした。

測定指の基節部に阻血用カフ、中節に冷却用カフを、末節に指の容積変化を検出するstrain-gaugeを装着した。阻血用のカフには上腕血圧以上の圧を瞬時に加え、指の血流を5分間遮断する。血流遮断中に冷却用のカフに 10°C の冷水を循環し指を冷却した。5分間の冷却後に阻血用のカフ圧を $2\text{mm}\pm 1\text{mmHg}$ /secの割合で下げ、strain-gaugeで血流再開時を感知し、その時の圧を読み取った。FSBP%はNielsen et al〔1〕の式により求めた。なお、測定は仰臥位で行なった。ベットには毛布を敷き体温の低下を防いだ。測定時間は午前9時から午後5時までの間とし、食後1時間は測定を避けた。また、FSBP%の測定間隔は少なくとも60分以上の間隔をあけた。

4. 測定期間

データ集積期間は平成16年10月から17年4月、17年10月から18年4月、18年10月から19年3月の期間とした。夏季を避けた理由は、同一症例を年間通じてFSBP%を測定した結果、FSBP%は夏季には高くなる傾向があるからである〔18〕。

IV 対象

1. 対照群

過去振動工具の使用歴がなく、末梢循環障害がなく、代謝性疾患のない例を対照群（非曝露コントロール群、Group A）とした。60歳以下の対照群は一部のボランティアを除くと大部分が男性病院職員であった。60歳以上の対照群は全員がボランティアであり、代謝性疾患がなく、かつ動脈硬化症等による末梢循環障害の臨床症状の無い例とした。総数190例であった。

2. 振動曝露群

振動曝露群は、各施設での認定後の定期健診受診者および新規受診者を対象としたが、認定患者の占める割合が圧倒的に多く、総数117例であった。なお、認定後の定期健診受診者には検査施行日から逆算し3日間の振動障害治療目的および血圧治療薬のフラッシュアウトを要請した。各被検者には検査の趣旨と、口答および文章による説明を行い、同意書の提出を求めた。

振動曝露群はレイノー現象の出現頻度により、レイノー現象の出現を経験していない群（Group B）17例、検査前の1年間にレイノー現象の出現を見なかった例23例（Group C）、現在もレイノー現象が出現する群（Group D）77例に分類した。

表1は施設別の検査例数を示す。表2はレイノー現象の出現別に3群に分類した症例数、平均年齢、平均工具使用年数を示している。

表1 施設別の症例数

	合計	岩見沢	美唄	山陰	愛媛	九州	熊本
対照者	190	24	22	33	19	37	55
振動曝露労働者	117	30	13	46	0	0	28
合計	307	54	35	79	19	37	83

表2 対照者の特性

グループ	例数	年齢	chain-saw (%)	rock drill (%)	曝露期間 (年)	工具中止後の期間(年)	喫煙率 (%)
A	190	47.9 ± 16.7	—	—	—	—	39.5
B	17	63.2 ± 12.0	23.5	47.1	24.7±12.8	11 (1-50)	23.5
C	23	72.8 ± 6.8	76.4	17.3	16.4±12.6	20 (3-47)	17.3
D	77	68.8 ± 8.7	49.3	42.8	21.2±12.2	16 (1-53)	44.1

表中の Group A は対照群、Group B、C、D は振動工具使用者群であり、Group B は過去においてレイノー現象の出現がなかった症例、Group C は検査前の1年間にレイノー現象の出現がなかった症例、Group D は今でもレイノー現象の出現がある症例群を示す。

V 統計処理

統計処理にあたり、室温を細かく分類すると症例数が少なくなるため、室温20.0～21.9℃の範囲で測定された例は室温21±1℃群、室温22.0～24.0℃の範囲で測定された例は室温23±1℃群と大きく分類した。この室温範囲を外れている症例は統計処理から除外したため、結果の分析を示す症例数の総計が、対照例の総数に一致しない。対照者は190人であるが、分析では、室温21℃での測定は164人、室温23℃では104人、両室温で測定されたのは83人であった。

振動工具使用者は117人であるが、室温21℃での測定は102人、室温23℃では87人、両室温で測定されたのは72人であった。

グループ間の差はanalysis of varianceでチェックし、有意差があるときは、Sheffeの方法で2群間の比較を行い、P値が0.05以下の時に有意差ありとした。

異なった2種類の室温で測定できた症例について得られた値間の相互関係について関数関係解析 [19]、線形回帰分析を行った。

VI 結果

1. 対象者の特性

表1に示した施設別の症例数、表2に対象者の特性をみると、振動曝露群のほとんどが認定患者であることを反映し、平均年齢が 71.0 ± 9.6 歳と高齢であった。平均工具使用期間 17.6 ± 11.8 年であった。対照群の中での喫煙者の占める割合は振動工具使用者群と比較し有意差はなかった。振動工具使用者群の中のサブグループ間でも喫煙率には差はなかった。また、振動工具使用者群の中で、振動曝露年数を比較すると、過去1年間レイノー現象の出現を見ないGroup Cの曝露期間がGroup B、Dと比較し短かった。

2. 対照群のFSBP%値からみた地域の差

レイノー現象や末梢循環機能は気候による影響を受ける。わが国は北海道から九州まで南北に細長く、気候も異なる。そのため対照群で測定されたFSBP%の値に地域差があるか否かの検討を行った。北海道（岩見沢・美唄）、中・四国（山陰・愛媛）、九州（九州・熊本）の3地域に分けて検討した結果を表3、図1、図2に示す。表3、図1から伺われるように室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ で測定されたFSBP%値では、九州地区の値が高い傾向がみられた。室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ではFSBP%の値には地域差はなかった（表3、図2）。

表3 対照群におけるFSBP%値からみた地域間の差の比較

地域	例数	FSBP% at $21 \pm 1^\circ\text{C}$	例数	FSBP% at $23 \pm 1^\circ\text{C}$
北海道	46	83.6(35.3-121.7)	32	95.7(43.2-127.6)
中国・四国	33	86.1(45.7-123.0)	47	91.7(49.1-113.6)
九州	85	94.6(10.0-130.0)*	25	100(77.0-125.0)

*印は、他の群と比較した時の有意差 ($P < 0.10$) を示す。

図1 対照群における室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ における地域別にみたFSBP%値

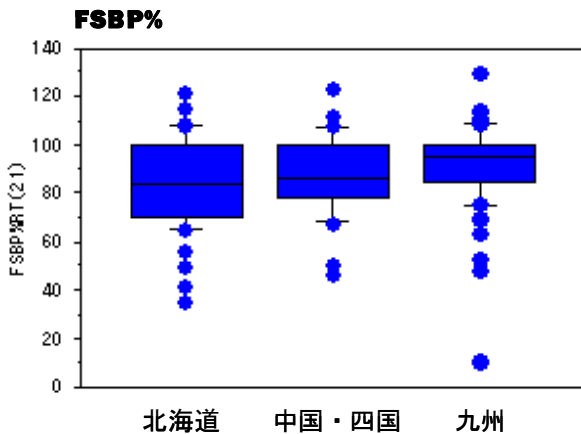


図2 対照群における室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ における地域別にみたFSBP%値

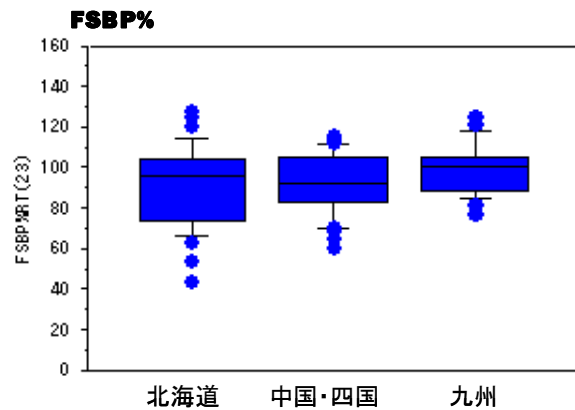


図1、図2共に、縦軸にFSBP%値、横軸に地域別を示す。FSBP%値の散布状態を箱ひげ図として示す。図1は室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 、図2は室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ の時の値である。

3. 対照群の年代別に見たFSBP%値

対照群の年代別、室温別にFSBP%の測定可能であった症例数、それらのFSBP%の平均値を表4と図3、図4に示す。室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ では60歳代、70歳以上の両群が、それよりも若い年齢群よりも有意な低値を示した ($P < 0.05$)。また、室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ では70歳以上群が、それよりも若い年齢群よりも有意な低値を示した ($P < 0.05$)。

表4 対照群における室温21±1℃と23±1℃で測定した年代別のFSBP%

年代	例数	FSBP% at 21±1℃	例数	FSBP% at 23±1℃
20-29	32	94.5 (48.0-130.0)	18	94.5 (65.0-127.3)6
30-39	25	100.0 (67.6-123.5)	22	100.0 (68.9-166.0)
40-49	28	91.7 (56.4-108.0)	22	95.8 (63.7-114.0)
50-59	27	96.0 (52.2-110.0)	16	103.1 (86.3-125.0)
60-69	34	88.5 (35.3-108.0)*	15	95.6 (43.2-125.0)
70-	18	81.3 (10.0-103.0)*	11	83.8 (60.2-105.6)*

表中の*印は、より若い年齢群と比較した時の有意差 (P<0.05) を示す。FSBP%値は中央値とその範囲を示す。室温 21±1℃では60歳代、70歳以上の両群が、それよりも若い年齢群よりも有意な低値を示す (P<0.05)。また、室温 23±1℃では70歳以上群が、それよりも若い年齢群よりも有意な低値を示す (P<0.05)。

図3 室温21±1℃における対照群の年代別にみたFSBP%値

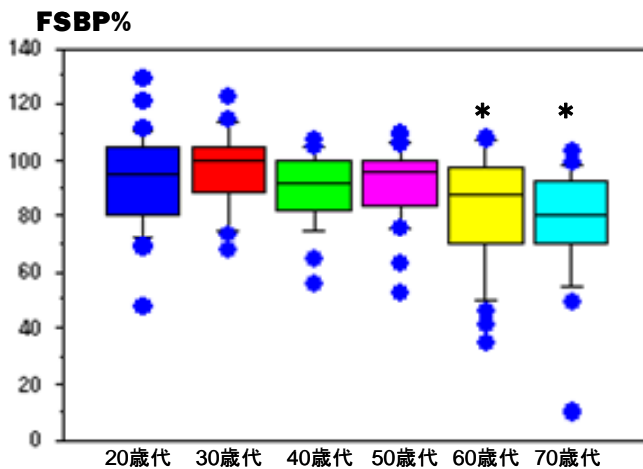


図4 室温23±1℃における対照群の年代別にみたFSBP%値

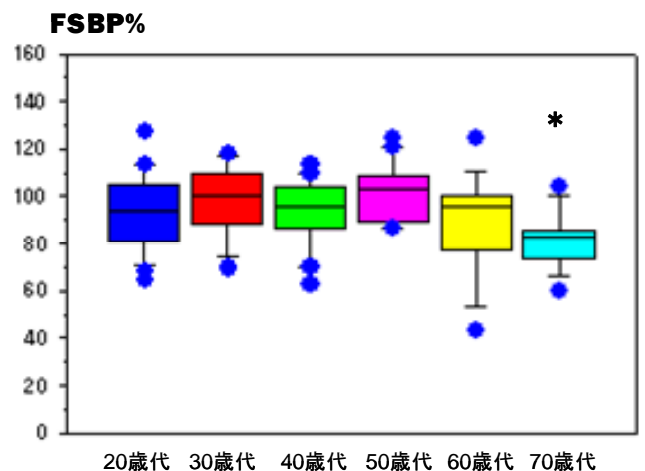


図3、図4ともに、縦軸にFSBP%値を、横軸に各年代をとり、FSBP%値の分布を箱ひげ図として示す。
*印は若い年代と比較した時の有意差 (P<0.05) を示す。

4. 対照者群と振動工具使用者のFSBP%の平均値の比較

対照群 (Group A)、振動曝露群をGroup B、C、Dと分類し、室温 21±1℃と 23±1℃で測定された症例数と各群のFSBP%の平均値を表5、図5、図6に示す。室温 21±1℃ではGroup Aと比較し、Group C、Dの値が有意に低かった (P<0.05)。振動曝露群ではGroup B、C、Dの順でFSBP%値は小さくなり、Group BとGroup Dとの間では後者の値が有意に低かった (P<0.05)。室温 23±1℃ではGroup DがGroup AおよびGroup Bよりも有意に低い値を示した (P<0.05)。なお、室温21±1℃、室温23±1℃では、それぞれ8名と3名がFSBP%=0を示した。全例がレイノー現象現在ありのGroup D群の症例であった。

表5 室温別にみた各群のFSBP%の比較

グループ	例数	FSBP% at 21±1℃	例数	FSBP% at 23±1℃
A	164	92.0 (10.0-130.0)	104	95.8 (43.2-166.0)
B	16	97.2 (38.4-107.7)	9	81.9 (49.1-113.6)
C	18	69.6 (22.9-108.3)*	20	82.6 (13.4-107.8)
D	66	59.4 (0.0-107.7)*#	58	64.4 (0.0-101.2)*#

*:印はGroup Aと比較した時の有意差P<0.05を、#はGroup Bと比較した時の有意差P<0.05を示す。他は表4と同様。

図5 室温21±1℃における各群のFSBP%値

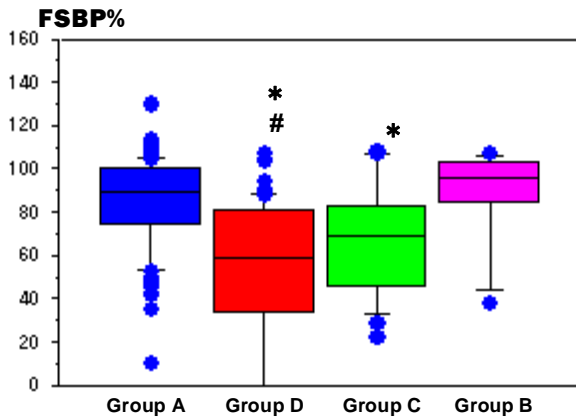


図6 室温23±1℃における各群のFSBP%値

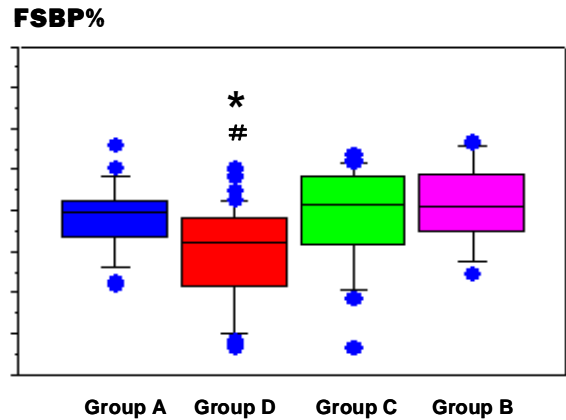


図5、図6共に、Group A：非曝露対照群、Group B：振動曝露群でレイノー現象の出現を経験していない群、Group C：検査前の1年間にレイノー現象の出現を見なかった群、Group D：現在もレイノー現象が出現する群、それぞれの群のFSBP%値の分布を箱ひげ図として示す。*印はA群と比較した時の有意差P<0.05を、#は振動曝露群の中でレイノー現象のないB群と比較した時の有意差P<0.05を示す。

5. 60歳以上を対象とした時の、対照者と振動工具使用者のFSBP%の平均値の比較

研究対象とした振動工具使用群は高齢であり、対照者に比較して年齢の偏りがみられる。表4に示したように60歳以上では60歳未満の人に比較してFSBP%値が低い傾向がみられるので、年齢の因子を考慮する必要がある。そのため、FSBP%の60歳以上の症例を対象とした時の対照者と振動工具使用者のFSBP%の平均値の比較を表6、図7、図8に示す。

室温21±1℃と23±1℃のいずれにおいても、Group DがGroup A、Bと比較し有意に低い値を示した。

表6 60歳以上を対象としたときの室温別にみた各群のFSBP%の比較

グループ	例数	FSBP% at 21±1℃	例数	FSBP% at 23±1℃
A	53	83.2 (10.0-130.0)0	26	84.5 (43.2-125.0)
B	10	101.7 (85.2-107.7)	7	84.6 (72.6-113.6)
C	18	69.5 (22.9-108.3)	20	82.7 (13.4-107.8)
D	58	60.8 (0.0-103.6)*#	51	64.5 (0.0-101.2)*\$

*：印はGroup Aと比較した時の有意差 (P<0.05) を、#：印はgroup Bと比較した時の有意差 (P<0.05)、\$：印はgroup Cと比較した時の有意差 (P<0.05) を示す。他は表4と同様。

図7 60歳以上を対象とした時の室温21±1℃における各群のFSBP%値

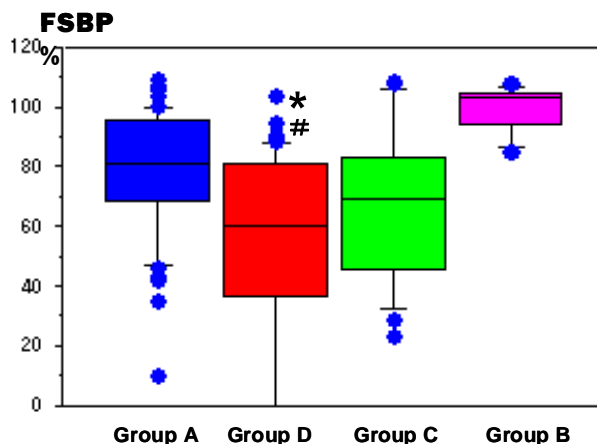


図8 60歳以上を対象とした時の室温23±1℃における各群のFSBP%値

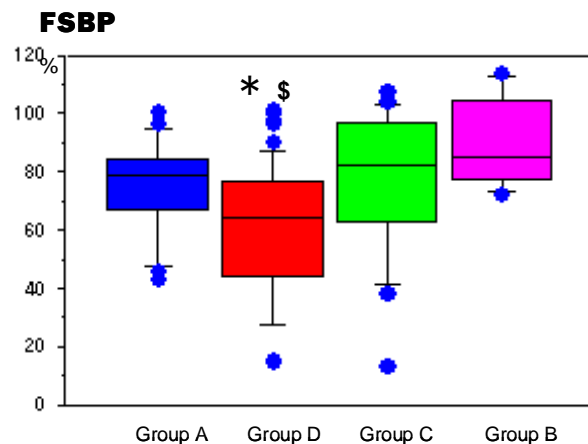


図7、図8の縦軸、横軸の関係は図6と同様である。図7の*印は Group A と比較して $p < 0.05$, # 印は Group B と比較して $p < 0.05$ の有意差を示し、図8の*印は Group A と比較して $p < 0.05$, \$ 印は Group C と比較して $p < 0.05$ の有意差を示す。

6. 喫煙がFSBP%に及ぼす影響

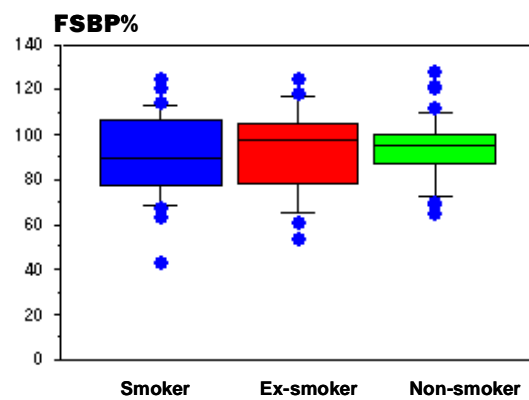
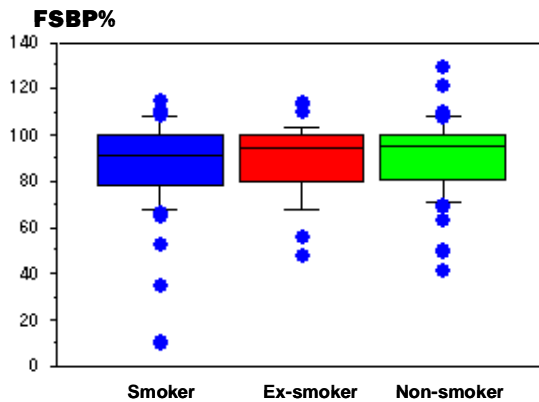
対照群 (Group A) の中で、データの揃っている例は室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ では 137 例、室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ では 79 例であった。この症例で喫煙がFSBP%に及ぼす影響を調べ、その結果を表7、図9、図10に示す。喫煙習慣のある例 (smoker)、喫煙習慣を中止した例 (ex-smoker)、非喫煙者 (non-smoker) に分類し、各グループごとのFSBP%の値を示した。対照群では smokers のFSBP%値がいずれの室温下でも一番低く、ついで ex-smoker、non-smoker の順であったが、これらの値間には有意差はなかった。

表7 グループ別にみた喫煙率

グループ	例数	年齢	chain-saw (%)	rock drill (%)	曝露期間 (年)	工具中止後の期間 (年)	喫煙率 (%)
A	190	47.9 ± 16.7	—	—	—	—	39.5
B	17	63.2 ± 12.0	23.5	47.1	24.7±12.8	11 (1-50)	23.5
C	23	72.8 ± 6.8	76.4	17.3	16.4±12.6	20 (3-47)	17.3
D	77	68.8 ± 8.7	49.3	42.8	21.2±12.2	16 (1-53)	44.1

smoker : 喫煙習慣の在る例、ex-smoker : 喫煙習慣を中止した例、non-smoker : 非喫煙例
 他は表4と同様。

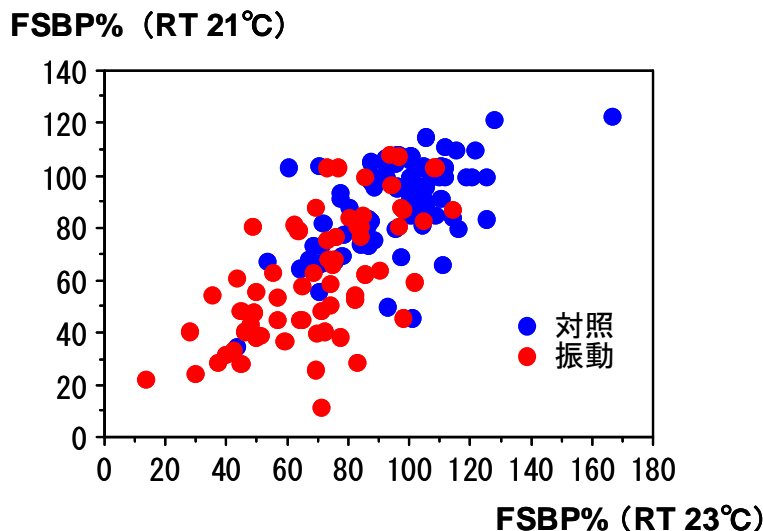
図9 室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ の時の喫煙がFSBP%に及ぼす影響 図10 室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ の時の喫煙がFSBP%に及ぼす影響



7. 異なる室温間でのFSBP%の相関関係

室温 21±1℃と室温 23±1℃の 2 種類の室温下で測定された対照群 (Group A) と振動曝露群 (Group B、C、D) の FSBP%の分布図を、横軸に室温 21±1℃の時の FSBP%値、縦軸に室温 23±1℃の時の FSBP%値をプロットした時の散布図を図 11 に示す。

図 11 室温 21±1℃と室温 23±1℃の 2 種類下で測定された Group A(対照群) と振動曝露群 (Group B、C、D) の FSBP%の分布図



縦軸は室温23±1℃の時の値、横軸は室温23±1℃の値をとり、両者の関係からみた散布図を示す。

室温21±1℃と23±1℃におけるFSBP%値の関連を回帰式で求めた。関数関係式による推計を丹後ら [19] の方法によりおこなった。Bootstrap samplingを繰り返し回数2000回で実施した。測定誤差の分散比 $\lambda = 1$ と仮定した。関数関係分析と線形回帰分析 (最小二乗法による) による回帰式を表8に示す。

表 8 室温21℃と23℃におけるFSBP%値の関連 (関数関係と線形回帰)

全対象者(対象者+振動曝露者) : N = 155	
関数関係	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 1.128442 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) - 17.61025$
線形回帰	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 0.821069 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) + 7.509032$
全対象者の中で60歳以上 : N = 86	
関数関係	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 1.192073 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) - 22.11603$
線形回帰	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 0.7673442 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) + 8.181999$
振動曝露群: N = 72	
関数関係	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 1.251253 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) - 26.29556$
線形回帰	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 0.7857679 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) + 4.723627$
振動曝露群で60歳以上 : N = 65	
関数関係	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 1.238481 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) - 24.69424$
線形回帰	$FSBP(21\pm 1^{\circ}C) = 0.8057305 \times FSBP(23\pm 1^{\circ}C) + 4.265677$

上段の N=155 例は 2 種類の室温で測定できた。対照群と振動曝露群の症例を合計した数であり、2 段目の N=86 は上記の 155 例中で 60 歳以上の症例からなる症例数である。3 段目の N=72 は振動曝露群の中で、2 種類の室温で測定できた症例数を示し、最下段の N=65 は上記の 72 例中で 60 歳以上の症例を示す。いずれの回帰式にも FSBP%がゼロを示した症例をも含めている。

8. FSBP%の診断

レイノー現象に対するFSBP%の診断精度を求めるために、振動曝露労働者全体から得られたROC曲線を図12に、60歳以上の振動曝露労働者（21±1℃の室温のみ示した）から得られたROC曲線を図13に示す。図に示されているように室温21±1℃でのROC曲線が、室温23±1℃でのROC曲線より左上方位に位置していることから、室温21±1℃での診断精度が幾分高い傾向があるが、2つの曲線の下面積比では統計学的に差はなかった。室温21±1℃、23±1℃の時のcut-off値と敏感度、特異度を表9に示した。

図12 振動曝露労働者全体から得られた室温21±1℃、23±1℃時のVWF診断におけるFSBP%のROC曲線

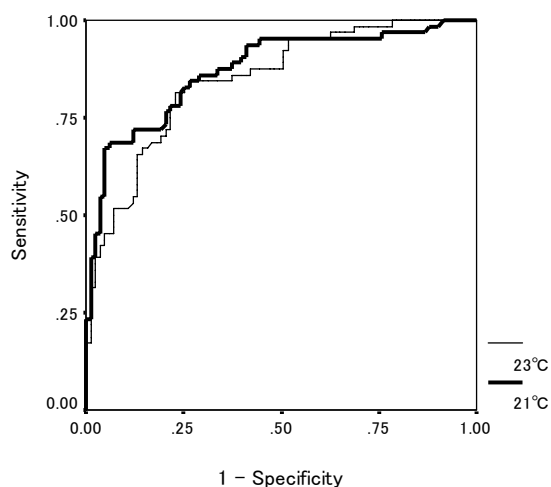


図13 室温21±1℃時の60歳以上の対象者におけるVWF診断のためのFSBP%のROC曲線

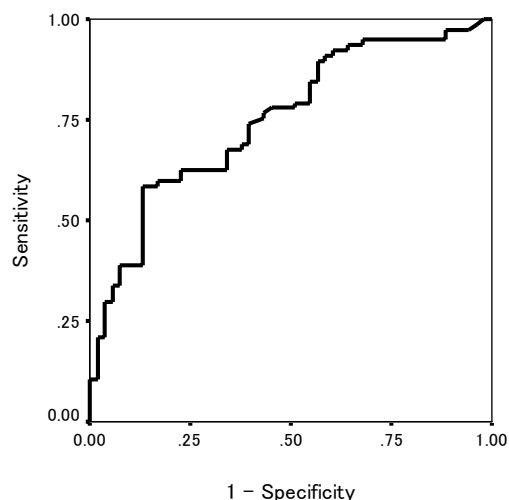


図12、図13の中の太線は室温21±1℃で得られたROC曲線、細い線は23±1℃でROC曲線を示す。

表9 室温別のcut-off値と敏感度、特異度

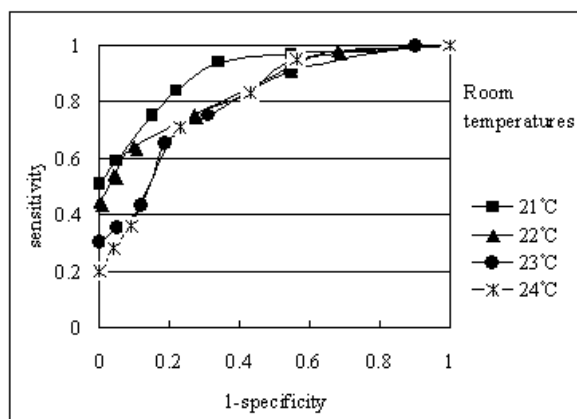
Cut off値 (%)	21±1℃		23±1℃	
	敏感度(%) N=134	特異度(%) N=96	敏感度(%) N=102	特異度(%) N=106
60.0	59.4	95.8	39.1	96.4
65.0	67.2	94.0	45.3	95.2
70.0	71.9	85.5	51.6	91.6
75.0	71.9	80.7	65.6	86.7
80.0	78.1	75.9	70.3	79.5
85.0	89.1	60.2	82.8	73.5
90.0	95.3	54.2	85.9	62.7
95.0	95.3	47.0	87.5	55.4

Cut off値 (%)	21±1℃		23±1℃	
	敏感度(%) N=134	特異度(%) N=96	敏感度(%) N=102	特異度(%) N=99
60	48.1	86.8	-	-
65	57.1	86.8	-	-
70	62.3	73.6	-	-
75	63.6	66.0	-	-
80	72.7	60.4	-	-
85	83.1	45.8	-	-
90	92.2	35.8	-	-
95	94.8	28.3	-	-

9. 室温別にみた敏感度、特異度の値

さらに室温の幅を狭めて、21℃(対照者 74 人、振動障害者 37 人)、22℃(対照者 56 人、振動障害者 70 人)、23℃(対照者 42 人、振動障害者 37 人)、24℃(対照者 42 人、振動障害者 42 人)の時の全症例を対象とした時の ROC 曲線を図 14 に示す。尚、室温 20℃は例数が少ないため、除外した。各室温ごとに cut-off 値と敏感度、特異度の変化の度合いを表 9 に示す。図 14 で ROC 曲線は測定室温が低くなるにつれて左上方に向かうことから VWF に対する診断精度が、測定室温が低くなるにつれ、高くなる傾向があることを示している。

図 14 各室温別の VWF 診断のために FSBP%の ROC 曲線



VII 考察

1. FSBP%測定の意義

振動障害の末梢循環機能障害に対する検査法として、わが国で広く行われている方法は冷水負荷皮膚温テストである。片手の手関節まで 10℃の冷水に浸漬後の皮膚温回復状態から診断するのであるが、この方法は冷却刺激後の血管拡張機能を皮膚温の回復過程を通じて推察する方法である。一方、FSBP%の測定は測定指の血流を遮断しながら、冷却操作を加えるために相当強い冷却刺激を指動脈に負荷することができる。冷却刺激による指動脈の収縮程度を指血圧の測定を通じて推定する検査法である。振動障害の末梢循環障害の特徴的的症状であるレイノー現象つまり VWF は、寒冷環境下で指動脈に強い血管収縮が生じるためと考えられている。FSBP%の測定は寒冷刺激による血管収縮度合いを測定しているため VWF の診断方法としては、合目的な検査法であり、当然ながら VWF に対する診断精度は、冷水負荷皮膚温テストと比較し、より高いことになる。VWF に対する冷水負荷皮膚温テストと FSBP%の診断精度を直接的に比較した論文は著者らの知る範囲では Nasu らの論文 [12] だけである。

2. 世界の流れ

今回の研究における VWF に対する FSBP%の敏感度は表 9 に示したように測定室温により変化する。振動障害の末梢循環障害の診断では VWF を確認することが重要であり、著者の 1 人である那須は 2005 年 9 月に振動障害に対する研究等の先進国である北欧に出かけ、フィンランドの職業病研究所を訪問した。フィンランドでは振動障害の業務上認定には、VWF が問診で確認でき、さらに FSBP%値が 60%以下であることを必須条件としている。スウェーデンでも同様であった。従って、北欧諸国では VWF の確認が認定上、極めて重要となっている。さらに、業務上外の認定では握力等の障害および末梢神経障害はカウントしないとしている。その理由は末梢神経障害に係わる感覚機能検査結果において客観性が劣ることを理由に挙げている。スウェーデンでも同様であった。もちろん末梢神経機能検査も行なっているが、その趣旨は振動曝露の早期影響は末梢神経

に現われることから、予防に主眼点を置いているためである。

治療は日本の治療形態と大きく異なり、フィンランドでは生活指導が根幹で薬物投与は鎮痛剤のみの投与であり、スウェーデンでも生活指導が根幹で血管拡張剤の使用は、ごく限られた期間のみにカルシウム拮抗剤を投与する程度であるとのことであった。フィンランドにおける補償は転職した時の賃金の差額である。さらに日本と大きく異なることは振動障害での休業加療はなく、レイノー現象が出現していても職業を含む日常生活に及ぼす影響の度合いは小さく現職を続行しているようであった。

1994年のストックホルムワークショップで、疫学的研究面でVWFの確認法の1つとして、FSBP%値がゼロであればVWFの存在を認めるとする国際的な取り決めがなされた。さらに、北欧諸国では振動障害の業務上認定でVWFの存在を重要視しているため、イタリアのBovenziと並びFSBP%のopinion leaderであるデンマークのOlsenは、一度はFSBP%の値がゼロになることを確認することが補償上では重要であると主張している。そのためには通常室温下での測定以外に、極めて低い室温下での測定や、局所のみならず全身冷却の併用により、FSBP%値「ゼロ」を誘発するべきであると主張している。彼は一度、FSBP%値ゼロを確認すれば、次回からは通常室温下の測定でよいとしている〔3〕。上記の趣旨でフィンランドの職業病研究所でも全身冷却を時に用いているが、全身冷却負荷に対する被検者の評判はよくないと話を聞いた。山陰労災病院でも、初期の研究段階では全身冷却を併用していたが、被検者に与える負荷が強いため現在は行っていない〔8〕。

一方、VWFに対して敏感度の低い冷水負荷皮膚温テストも現在施行されている。その理由は誰でも、どこでも測定可能であり、かつ設備も安価であり、検査費用も安価であることによるものである。この冷水負荷皮膚温テストに対し、Bovenziは、その簡便さと費用の点から冷水負荷皮膚温テストにスクリーニングテストとしての価値を認めるが、個々の症例の末梢循環機能評価には不適であり、業務上外の決定にはFSBP%の測定が必要と述べている〔15〕。

3. 日本における経過

本邦におけるFSBP%の診断精度については、山陰労災病院〔8, 9〕を中心として研究が行なわれ、1994年のストックホルムワークショップで冷水負荷皮膚温テスト（5℃10分）との診断精度の比較を発表した〔10〕。平成7年には労働福祉事業団での研究プロジェクトにFSBP%が採用された経緯もある。

4. 労働者健康福祉機構としての振動障害プロジェクト研究

平成16年（2004年）に労働福祉事業団が労働者健康福祉機構に改組され、勤労者医療の推進活動に向けて、外傷を含む12種類の職業性疾病で13分野の研究プロジェクトチームが結成された。その一環として、再度FSBP%の共同研究を行なうこととなった。この論文は共同研究結果を報告書として取りまとめたものである。当初の計画では冷水負荷皮膚温テストとの間で診断精度を比較することも大きなテーマのひとつであったが、振動曝露群の平均年齢から推察できるように被検者は振動障害の冷水負荷皮膚温テストに伴う疼痛など内容を熟知している方々がほとんどであり、被検者の同意を得ることができず、危険を伴う冷水負荷皮膚温テストが施行できた例は極めて少なく10数例に冷水負荷皮膚温テストが施行されたに過ぎず、FSBP%との比較検討に至らなかった。

研究プロトコルで、測定室温を組み合わせ最低2種類の室温での測定を依頼したのは、室温とFSBP%との間での相関関係を調べ、異なる室温下で測定された値を標準的な室温での測定値への換算が可能であるか否かを検証することであった。この点については後述する。症例数の問題もあり、またISOの基準では室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ が勧告されていることから、室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 、室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ で測定された症例群に、大きく2群に分類して統計的比較検討した。また、この研究に参加した6施設のなかで温度環境等のコントロールが比較的厳しく行える人工気候室を具備してい

る施設は3施設のみであること、もし、FSBP%の測定が我が国に普及した場合、人工気候室のない施設で検査が行われると仮定した場合、厳しく室温コントロールすることを要求することは難しいと考えたからである。

5. 研究結果についての考察

(1) 施設間差について

この研究は6施設で施行されており、統計処理に当たり施設間で測定値に有意差がないことが前提条件となるが、対照群としての非振動曝露対照群 (Group A) では表3、図1、図2に示すように、室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ では九州地区の値が高い傾向がみられ、室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ではFSBP%値には地域差は認められなかった。室温の精度は手の周囲の温度を測定しているので問題はないと考えられるので、同一室温幅の中でも、九州地区で比較的高い室温で測定された症例数が多かった可能性が考えられるが、測定室温分布に北海道グループ、中・四国グループと九州グループ間で有意差はなかった。次に考えられることは、冷却温度の精度である。冷却水の温度は装置内蔵の温度コントロール装置を操作して決定される仕組みになっているが、カフ温度が厳密にコントロールされていたか否かの検証を行っていないので、この点の疑問が大きく残る。その理由は装置からカフまでの冷却水を還流させるチューブの長さによりカフ内部の温度が変化する可能性があるからである。その他、地域による外気温が生体に及ぼす影響もあるかもしれない。今後、さらなる詳細な検討が必要である。

(2) 年齢の影響

年齢がFSBP%に及ぼす影響について、Bovenzi は室温 22 から 23°C で20歳から69歳の合計291例について調べ、年齢による影響はないと報告した [20]。我々の今回の結果では、表4、図3、4に示すように、室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ではGroup Aの中で20歳代から50歳代では年齢によるFSBP%の値には有意差がなかったが、60歳以上の年齢群では有意差があり、それよりも若い年代のFSBP%値よりも有意に低かった。室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ では70歳以上の年齢群では有意差があり、それよりも若い年代のFSBP%値よりも有意に低かった。Bovenzi の291例に比較し約半数の154例の対照群で年齢によるFSBP%の差を認めたことになるが、このことは、より低い室温になると、比較的高い室温では不顕性の病態変化も誘発される可能性が高いことを示唆するものと推定できる。したがって、Bovenzi の報告との差は測定室温の差が関与している可能性があるかと推定している。

(3) 各群間の比較について

対照群、振動曝露群を全体としてみた時、振動曝露群をVWFのない群 (Group B)、検査施行前の1年間にVWFのなかった群 (Group C)、VWFの出現する群 (Group D) とGroup Aとの間の相互比較結果では、表5に示すように室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ では、Group CはGroup Aとの間で、Group DはGroup AおよびGroup Bとの間で、いずれも前者のFSBP%値が有意に低かった ($P < 0.05$)。室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ではGroup DのFSBP%値がGroup AおよびGroup Bの値よりも有意に低い値であった ($P < 0.05$)。60歳以上を対象とした時は室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ と $23 \pm 1^\circ\text{C}$ のいずれにおいても、Group DのFSBP%値はGroup A、BのFSBP%値と比較し有意に低い値を示した (表6、 $P < 0.05$)。

(4) FSBP%ゼロ例について

検査室でのレイノー現象ありと認めても良いとする、世界的な合意事項であるFSBP%がゼロの症例は (同一症例が複数の室温下で検査を受けている)、室温が 20°C 台で62例中6例 (9.6%)、室温が 21°C 台で37例中7例 (18.9%)、室温が 22°C 台で70例中6例 (8.5%)、室温が 23°C 台で37例中2例 (5.4%)、室温が 24°C 台で42例中2例 (4.7%) で、室温が 24°C 以上になるとFSBP%のゼロ例の出現頻度は少なくなると考えられた。結論的に言えば、室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 、室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ではそれぞれ、13名と8名がFSBP%のゼロを示した。また、全例がレイノー現象現在ありのGroup D群であった。

(5) 喫煙の影響について

FSBP%に及ぼす喫煙の影響について Cherniak ら [21] は 1988 年から 1994 年間における横断的調査した 601 例の造船所作業員の中で、199 例の重症者に対してコホート調査を行い、喫煙者と非喫煙者の FSBP%を比較し、前者は後者と比較して、FSBP%に及ぼす影響が明らかであったとしている。Bovenzi [22] は喫煙が FSBP%に及ぼす影響を調べ、喫煙者は非喫煙者と比較し FSBP%値は有意に低い値であったと報告している。今回の調査では FSBP%に及ぼす喫煙の影響を統計学的に明らかにすることはできなかったが、症例数が増せば有意差が認められる可能性があると考えられた。

(6) 室温の影響について

室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ 群 ($20.0-21.9^{\circ}\text{C}$) と室温 $23^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 群 ($22.0-24.0^{\circ}\text{C}$) の測定結果および各室温での ROC 曲線の結果から、室温が低くなればなるほど、診断精度は高くなると理論的に推察できる。したがって、測定室温のコントロールを厳密にすることが要求されると考える。交感神経系への影響からみると、室温のみならず着衣量、気流等にも細心の注意が必要となることは言うまでもないことと考える。

人工気候室がなく室温管理の困難な施設も考えられ、室温 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ での測定された FSBP%の値を回帰式により室温 21°C 群の値に換算することが可能になるか否かを検証するために、この分析を試みた。しかしながら、Group D の症例では critical point で突然に FSBP%値がゼロになることがあるので、換算式を用いる判定はあくまでもグローバルな評価に留めるべきであるとの結論に達している。理想的には測定室温幅を狭めた状態で、表 9 に示すような各室温ごとの cut-off 値を求めるべきであると考えられる。

(7) 診断精度および cut-off 値について

診断精度についてみると、室温 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ と比較し、室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ の方の診断精度が高いことが示された(図 12、表 9)。さらに図 14 に示すように室温が低いほど診断精度はよくなるが、現実的に厳密に室温および気流に強さをコントロールできる設備のある施設は少ないと考えられる。したがって、ある一定の室温幅のあるデータで診断精度を求めることが必要と思われる。

室温 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ と比較し、室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ の方の診断精度が高いことが示された(表 9)。症例全体で見ると室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ での ROC 曲線で、cut-off 値を 75%とした時、敏感度 71.9%、特異度 80.7 % となり、cut-off 値を 70%とした時、敏感度 71.9%、特異度 85.5 %であった。cut-off 値を 65%とした時、敏感度 67.2%、特異度 94.2%であった。特異度と敏感度のバランスからみると室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ では、cut-off 値は 75%が最適となった。

60 歳以上の症例では、室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ での ROC 曲線で cut-off 値を 75%とした時、敏感度 63.6%、特異度 86.8%であった。cut-off 値を 75 %とした時、敏感度 63.6%、特異度 66.0%であった。cut-off 値を 70%とした時、敏感度 62.3%、特異度 73.6 %となり、cut-off 値を 65%とした時、敏感度 57.1%、特異度 86.8%となった。特異度と敏感度のバランスからみると室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ では、cut-off 値は 70%が最適となった。

上記のことを逆に見ると、室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ での cut-off 値を 75%とした時、非振動曝露者つまり健常者の約 20%に異常値が見られ、振動曝露者でレイノー現象のある人の敏感度は 71.9%となり、約 30%の症例が除外される可能性がある。cut-off 値 70%とした時、健常者の約 15%に異常値が見られることになる。振動曝露者でレイノー現象のある人の敏感度は 71.9%となり、約 30%の症例が除外される可能性がある。同様に cut-off 値 65%とした時は、健常者の約 5%に異常値が見られることになるが、振動曝露者でレイノー現象のある人の敏感度は 67.2%となり、約 35%の症例が除外される可能性がある。

60 歳以上の症例では、室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ での cut-off 値を 75%とした時、健常者の約 35%に異常値が見られることになる。振動曝露者でレイノー現象のある人の約 35%の症例が除外される可能性がある。cut-off 値 70%とした時、健常者の約 25%に異常値が見られることになる。振動曝露者でレイノー現象のある人の約 40%の症例が除外される可能性がある。同様に cut-off 値 65%とし

た時は、健常者の約 15%に異常値が見られることになり、振動曝露者でレイノー現象のある人の約 42%の症例が除外される可能性がある。

振動障害の補償行政では可及的に公平性を担保することが重要なこと、判定基準が可及的に単純であることなどが求められる。したがって、理論的には 65 歳以上とそれ以下の年齢群で判定基準を定めるべきであると考えるが、とりあえず全症例を対象として得られた結果を用いて、かつ陽性率が高く、偽陽性率が低い cut-off 値を採用すべきであるとするれば、cut-off 値は 70%となる。

レイノー現象の出現頻度は、気候条件、本人の着衣を含めた防寒への工夫により大きく変化する。今回、golden standardとして採用したレイノー現象の出現にしても、論理的厳密さからみると完全なものとはいえない。厳正な判断を下すには健康者を誤って障害ありと判断する率を出来るだけ、押さえることが重要であり、自覚症状としてのレイノー現象が出現しながら、その基準に満たない例には、再検査を一定の期間後に繰り返し、同じような結果が得られる時には救済する方法論もある。また、基準値に満たない場合は軽症であるとも考えることも可能である。

(8) ヨーロッパ諸国の cut-off 値との比較について

Bovenziは室温20～23℃で、冷却温度10℃、5分間の冷却でのFSBP%測定を対照群455例、振動曝露群847例で測定し、FSBP%のcut-off値60%を提案している〔12〕。また、EU諸国では今後FSBP%のcut-off値に対して統一基準値を決定する方向にあると聞いている。フィンランド、スウェーデン、イギリスではcut-off値60%を採用しており、レイノー現象の臨床症状と一致しない時には、つまり、レイノー現象があるにも関わらず、FSBP%が異常値を示さない場合には、半年、1年後、2年後に再検査を行なって判断するとしている。さらには全身冷却負荷を加えてFSBP%を測定し評価している。

わが国でも公平な判断を行なうには、フィンランドのような基準を用いるのが適切と考える。症例を重ねて基準を見直すことも必要であろうし、また、わが国の基準がEUの基準から大きくかけ離れた基準であれば国際間の比較にも支障が生じるであろう。

次ページの表 10 は Kurozawa ら〔23〕が諸外国の発表例をまとめたものであるが、これらの値と比較し、今回の調査結果による敏感度、特異度は全体に低い値である。この差を説明する因子として考えられるのは、表 2 に示すように、研究対象となった振動曝露労働者の大部分が振動曝露を離れてから、11 年から 20 年と相当期間経過し、かつ、その期間、休業し薬物投与等の治療を受けている症例であることが考えられる。Bovenzi は 68 例の林業労働者を 1990 年と 1995 年の 2 回に渡り FSBP%を測定し、1990 年には VWF がなかったが、1995 年には VWF が存在し anti-vibration chain saw を使用続行している 27 例(A 群)、1990 年に VWF はなく 1995 年以前に退職した 29 例(B 群)、1990 年に VWF があった現役または退職した 12 例(C 群)で 10℃冷却による FSBP%を比較した結果、A 群では 3 例に VWF が出現し、B 群では FSBP%に有意の改善が、C 群では VWF の自覚症状の改善と FSBP%の改善を認め、退職した労働者では FSBP%値はチェンソー使用中後の期間と有意に関係していたと報告している〔23〕。この報告からも今回の調査対象としての振動曝露労働者が、諸外国の報告例と異なり、振動曝露を離れ長期間経過していることが低い診断精度になった可能性が高いと考えられる。

表 10 振動障害のレイノー現象 (VWF) に対する FSBP%の測定条件と診断精度の報告例

Authors	Subjects	Finger cooling (reference temperature)	Body cooling	Room temperature	Cut off values of FSBP%	Sensitivity	Specificity
Olsen and Nielsen (1979)	20 controls 5 exposed controls 13 VWF patients	(30°C) 10°C 6°C	8-12°C 10min	15-19°C	FSBP=0	100	87
Olsen et al (1982)	20 controls 26 exposed controls 13 VWF patients	(30°C) 10°C 6°C	8-12°C 10min	16-19°C 9-16°C	FSBP=0	91	81
Ekenval and Lindblad (1982)	10 controls 10 exposed controls 10 VWF patients	(30°C) 15°C 10°C		23°C 17°C	<60%	100	100
Pyykkö I, et al. (1986)	21 exposed controls 27 inactive VWF 12 active VWF	(30°C) 20°C 15°C 10°C		18-22°C		25	95
Ekenval and Lindblad (1988)	14 controls 15 exposed controls 111 VWF patients	(30°C) 15°C 10°C		16°C	<60%	74	97
Bovenzi (1988)	30 controls 56 exposed controls 20 VWF patients	(30°C) 10°C		22°C	<60%	100	87
Olsen (1988)	15controls 56exposed controls 23 VWF patients	(30°C) 15°C 6°C	8-12°C 10min	20-22°C	FSBP=0	87	100
Virokannas and Rintamaki (1991)	37 unexposed controls 37 VWF patients	(30°C) 15°C 10°C		20-23°C	<76%	50	84
Kurozawa et al (1991)	22 controls 40 exposed controls (mild 36 severe 24)	(35°C) 10°C	10°C 10min	26°C	<90%	82	90
Kurozawa et al (1992)	13 controls 40 exposed controls 59 VWF patients	(35°C) 10°C		26°C	<80%	88	77
Allen et al (1992)	22 controls 8 exposed controls 26 VWF patients	15°C 10°C		16°C 20°C 24°C	FSBP=0	81	100
Bovenzi (1993)	31controls 46 exposed controls 19 VWF patients	(30°C) 15°C 10°C		22-23°C	<60%	84	98
Bovenzi (2002)	455 controls 723 exposed controls 151 VWF patients	(30°C) 10°C		20°C - 23°C	<60%	87	94

(9) 今後の課題について

① cut-off 値に関して

この研究で得られた cut-off 値 70%の値は、ヨーロッパ諸国が採用また統一基準として採用しようとしている cut-off 値 60%と比べ 10%の開きがある。この差は上述したように対象例の特徴に由来している可能性が高いと想定でき、または民族差によるかもしれない。厚生労働省の通達改正が行われ、FSBP%の測定が採用になれば、振動曝露から離脱しあまり時間が経過していない症例のデータを全国的なプロジェクト研究として集積し、再度、新しい cut-off 値を決めれば、より理論的な cut-off 値となり、国際間の比較も可能となると考える。

② 予後に関して

VWF の長期の予後に関する報告は本邦では黒沢らの論文のみである [25、26]。それによると 15 年間の追跡調査で初診時 VWF の Stockholm scale の stage3 であった 27 例は 15 年後に stage0、つまり VWF が消失した例は 8 例、stage1 に改善した例は 3 例、stage2 に改善した例は 24 例、同じ stage3 に留まっていた例は 13 例であり、stage 3 に進行した例では約 70%の VWF が 15 年後でも出現していた。初診時 stage2 であった 37 例は 15 年後に stage0、つまり VWF が消失した例は 21 例、stage1 に改善した例は 3 例、stage2 に留まっていた例は 8 例、stage3 と悪化した例は 5 例であり、初診時 stage1 であった 2 例は 15 年後に全例が stage0 つまり VWF が消失していた。初診時 stage0 であった 33 例は 15 年後に stage0 に留まっていた例は 28 例、5 例が stage2 と悪化

していた。上記のように経験的にVWFの改善は得がたい、とくにStockholm scaleのstageが進行した状態では改善が得がたいと考えられるが、予後の予測に関する論文は皆無である。

第11回国際手腕振動会議で那須らはtendon sheath blockによる指神経ブロック前後でFSBP%を測定し、FSBP%値の変化が大きければ、交感神経性の要素が大きく、変化の幅の小さい時は血管の器質的要素が大きく、前者の要因が大きい時は予後がよくなる可能性が高くなるであろうとの、予後に関する仮説を述べた〔27〕。振動曝露から離脱しあまり時間が経過していない症例を対象にtendon sheath block前後でFSBP%を測定しデータを集積し時間をかければ、この方法は予後判定に有効になる可能性があると考えている。

VIII まとめ

- (1) 対照群190例 (Group A)、振動曝露群117例のFSBP%を6施設で測定した。
- (2) 振動曝露群をレイノー現象が過去もない群17例 (Group B)、過去はあったが現在は出現しない群23例 (Group C)、現在も出現する群77例 (Group D) のサブグループに分類した。
- (3) 測定室温は施設により2種類、または3種類の室温で測定した。
- (4) 測定時間間隔は最低60分以上の間隔をあけた。
- (5) Group AではFSBP%の測定値に関して九州地区の値が、他の地区の値よりも高い傾向にあった。
- (6) Group Aで年齢別、室温別に検討すると、室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ での60歳以上者のFSBP%値は、それよりも若い例に比べ有意に低い値であり、室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ では70歳以上の値がそれよりも若い例の値に比べ有意に低かった。
- (7) 室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ では、Group AとGroup Cとの間、Group AとGroup Dとの間で、Group BとGroup Dとの間それぞれFSBP%値に有意差を認めたが、Group AとGroup Bとの間にはFSBP%の値に有意差はなかった。室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ではGroup AとGroup Dとの間、Group BとGroup Dとの間で、それぞれFSBP%値に有意差を認めた。
- (8) いずれの室温下でもGroup Dの値が一番小さかった。
- (9) 室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 、室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ではそれぞれ、13名と8名がFSBP%のゼロを示した。また、全例がレイノー現象が現在ありのGroup D群であった。
- (10) 室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 群と $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 群で測定されたFSBP%の回帰式をもとめた。
- (11) 室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ でのFSBP%のcut-off値は敏感度と特異度のバランスから、全症例、60歳以上の症例でもともに70%であったが、前者での敏感度は71.9%、特異度は85.5%であり、後者のそれらは62.3%、特異度は73.6%である。
- (12) 上記のcut-off値は将来見直す必要があることを指摘した。

参考文献

- 1) Nielsen SL, and Lassen NA. Measurement of digital blood pressure after local cooling. J. Appl. Physiol 43:907-910. 1977
- 2) Nielsen SL. Raynaud phenomena and finger systolic pressure during cooling. Scand J Clin Lab Invest 38:765-770. 1978
- 3) Olsen N, Nielsen SL. Diagnosis of Raynaud's phenomenon in quarrymen's traumatic vasospastic disease. Scand J Work Environ Health 5: 249-256. 1979
- 4) Olsen N, Nielsen SL, Voss P. Cold response of digital arteries in chain saw operators. Br J Ind Med 38:82-88. 1982
- 5) Ekenvall L, Lindblad LE. Vibration white finger and digital systolic pressure during cooling. Br J Ind Med 43:280-283. 1986

- 6) Bovenzi M. Vibration white finger, digital systolic blood pressure, and some biochemical findings on workers operating vibrating tools in the engine manufacturing industry. *Am J Ind Health* 14:575-584. 1988
- 7) Olsen N. Diagnostic test in Raynaud' s phenomena in workers exposed to vibration: a comparative study. *Br J Ind Med* 45:426-430. 1988
- 8) Kurozawa Y, Nasu Y, Nose T. Diagnostic value of finger systolic blood pressure in the assessment of vasospastic reactions in the finger skin of vibration-exposed subjects after finger and body cooling. *Scand J Work Environ Health* 17:184-189. 1991
- 9) Kurozawa Y, Nasu Y, Oshiro H. Finger systolic blood pressure measurement after finger cooling. Using the Laser-Doppler method for assessing vibration-induced white finger. *J Occup Med* 34:683-686. 1992
- 10) Nasu Y. and Kurozawa Y. : Comparison of the diagnostic values among thermography and three kinds of provocation tests for vibration induced white finger. *Biomedical thermology* 15(2):157-162, 1995
- 11) Bovenzi M. Finger systolic blood pressure indices for the diagnosis of vibration-induced white finger. *Int Arch Occup Environ Health* 75: 20-28. 2002
- 12) Nasu Y, Kurozawa Y. Comparison of the diagnostic values of three kinds of provocation tests for vibration white finger. *Stockholm Work Shop 94 Hand-Arm Vibration Syndrome:Diagnositics and Quantitative Relationship to Exposure. Proceedings.* edited by Gemne G. et al. *Arbete Och Hälasa* 5:109-116, 1995
- 13) Report of working group 1, Chairman: Olsen N and Hagberg M. Clinical and laboratory diagnostics of vascular symptoms induced by hand-arm vibration. *Stockholm Work Shop 94 Hand-Arm Vibration Syndrome:Diagnositics and Quantitative Relationship to Exposure. Proceedings.* edited by Gemne G. et al. *Arbete Och Hälasa* 5:181-186, 1995
- 14) Gemne G. Diagnostics of hand-arm system disorders in workers who use vibrating tools. *Occupational and Enviromental Medicine.* 54:90-95. 1997
- 15) Bovenzi M. Finger thermometry in the assessment of subjects withvibration-induced white finger. *Scand J Work Environ Health* 13:348-351. 1987
- 16) 那須吉郎、黒沢洋一. 振動障害の末梢循環障害. 整・災害 : 36(6)665-671、1993
- 17) International Organization for Standardization ; Mechanical vibration and shock -Cold provocation tests for the assessment of peripheral vascular function-Part 2 Measurement and evaluation of finger systolic blood pressure. International Draft, ISO/DIS 14835-2,
- 18) 那須吉郎、黒沢洋一、石垣宏之、篠原泰司. FSBP%の季節変動. *日本災害医学会雑誌* 46(8) : 465-470、1998
- 19) 丹後俊郎 統計モデル入門 医学統計学シリーズ2 朝倉書店、2000、pp61-74、pp230-231
- 20) Bovenzi M. Finger systolic blood pressure during local cooling in normal subjects aged 20 to 60 years: reference values for assessment of digital vasospasm in Raynaud' s phenomenon of occupational medicine. *Int Arch Occup Environ Health* 61: 179-181. 1988
- 21) Cerniack M, Clive J and Seidner A. Vibration exposure, smoking, and vascular dysfunction. *Occup Environ Med* 57:341-347. 2000
- 22) Bovenzi M. Digital arterial responsiveness to cold in healthy men, vibration white finger and primary Raynaud' s phenomenon. *Scand J Work Environ Health* 19:271-276, 1993
- 23) Kurozawa Y and Nasu Y. Factors influencing finger systolic blood pressure test for diagnosis of vibration-induced white finger. *Environ Health Prev Med* 10:366-370, 2005
- 24) Bovenzi M, Alessandrini B, Mancini R, Cannava M, G, and Centi L. A prospective study of the cold response of digital vessels in forestry workers exposed to saw vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 71:493-498. 1998

- 25) 黒沢洋一、那須吉郎、石垣宏之、篠原泰司. 振動障害患者の血管と神経障害の 15 年間の Follow-up. 日災医誌. 49 (5) : 474-477. 2001
- 26) Kurozawa Y, Nasu Y, Hosoda T and Nose T. Long-term follow-up study on patients with vibration-induced white finger (VWF. JOEM 44(12):1203-1206、2002
- 27) Nasu Y, Kurozawa Y. Influence of peripheral neural disturbances and cervical myelopathy on FSBP%:an experimental study. Proceeding of 11th International Conference on Hand-Arm Vibration, 2007, page81-86

本研究は、独立行政法人労働者健康福祉機構 労災疾病等13分野医学研究・開発、普及事業によりなされた。

※ 「振動障害」分野

テーマ：振動障害のより迅速的確な診断法の研究・開発、普及