

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」

振動障害による末梢循環障害の 他覚的評価法としてのFSBP% (Finger Systolic Blood Pressure %)

— 振動障害の客観的診断法の確立を目指して —



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

山陰労災病院 振動障害研究センター長

那 須 吉 郎

2009.3.11改訂

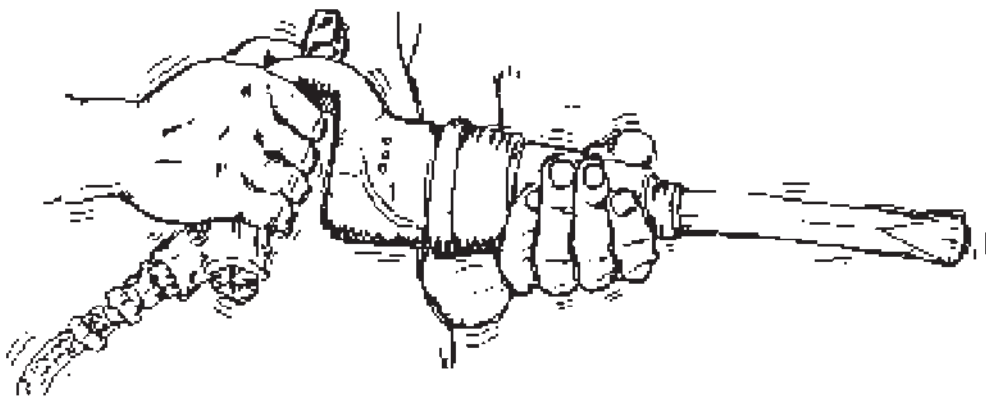
振動障害とは

手持ち振動工具の職業的使用による障害

末梢循環障害：手指の冷え、しびれ、レイノー現象など

末梢神経障害：しびれ、痛み等の感覚障害

骨関節系の運動機能障害：関節痛、関節可動域の障害、握力の低下、手指の巧緻性障害



1994年 振動障害に関する Stockholm Workshop のシンボルマーク

職業病としての振動障害を認定する条件

日本：①レイノー現象が確認できること。

②末梢循環障害、末梢神経障害、骨関節系の障害がすべて認められる例。

③上記三障害のなかで、何れかが著明に障害されていること。

北欧：①レイノー現象の確認：直接的視認、カラー写真、FSBP% 値がゼロの例。

(フィンランドでは末梢神経機能検査結果及び運動機能検査結果の客観性が担保できないので業務上外の判定にはカウントしない。)

②問診でレイノー現象が確認され FSBP% 値が 60%以下であれば、レイノー現象が存在する可能性が高いとする。

振動障害の診断

I. 末梢循環障害

- 感冷時の手指の冷感、冷え等の中で最も特徴的の症状はレイノー現象。
- レイノー現象の特徴は全身が冷えた時に突然出現し、数分で消退する。
- カラー写真を含め第三者の確認が困難である。



右示指は回復期

診断法

(1) 機能検査

【冷水負荷皮膚温テスト】

冷却刺激後の血管拡張機能を観察。
レイノー現象に対する診断精度は低い。

【Finger Systolic Blood Pressure %測定】

冷却刺激による指動脈の収縮度の測定。
レイノー現象に対する診断精度は高い。

(2) 形態学的検査

【血管造影検査】

全例に行える検査ではない。
鑑別診断が主たる目的となる。

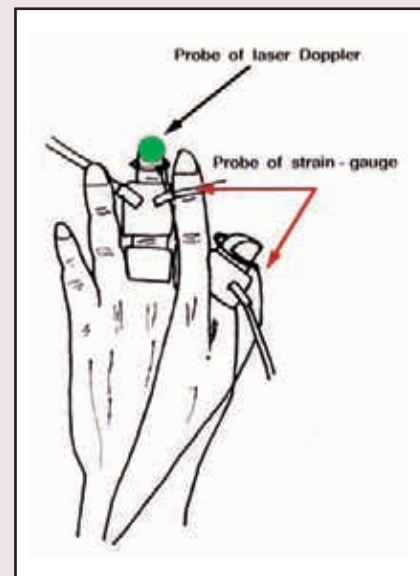
Finger Systolic Blood Pressure % (FSBP%) とは？

指血流を5分間遮断中に、10℃で測定指だけを冷却し、冷却直後の、Finger Systolic Blood Pressureを測定し、対照指(母指)の変化を参照し、変化率(%)を求める方法。

冷水負荷皮膚温テストと比較し、レイノー現象に対する診断精度が高い。

	冷水負荷皮膚温テスト		FSBP%
	(5分率)	(10分率)	
敏感度	5.9%	50.0%	88.2%
特異度	97.7%	69.8%	76.8%

資料は1994年時の山陰労災病院：室温24℃



(末節に装着したレーザードップラのプローブは研究用で装着したもので、通常の検査時には装着しない。)

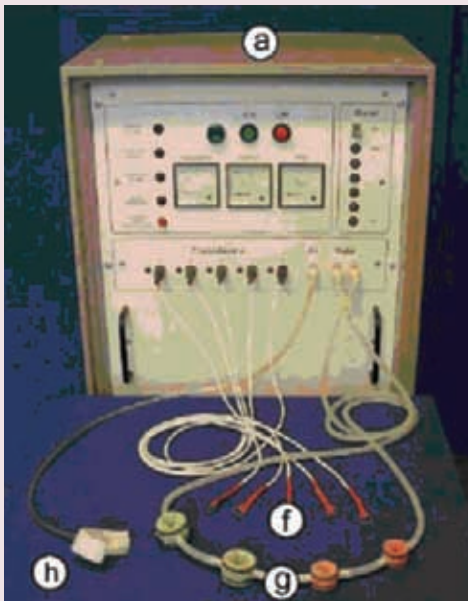
FSBP%測定装置

●メディマチックDM2000【デンマーク製】



2チャンネル
対照指：母指
測定指：最も悪い指

●Multi-channel pletymograph【イギリス製】



本体



右上：オリジナル電極
右下：改良型電極



5チャンネル
対照指：母指
測定指：示指・中指・環指・小指

特徴は4本の指の情報が一度に得られる。
臨床面では指間差が見られる（悪い指ほど値が低い）。

※多チャンネル装置での測定が望ましい。その理由は情報量が多いからである。

II. 末梢神経障害

末梢神経障害として見られる変化・・・感覚の鈍麻。

診断法

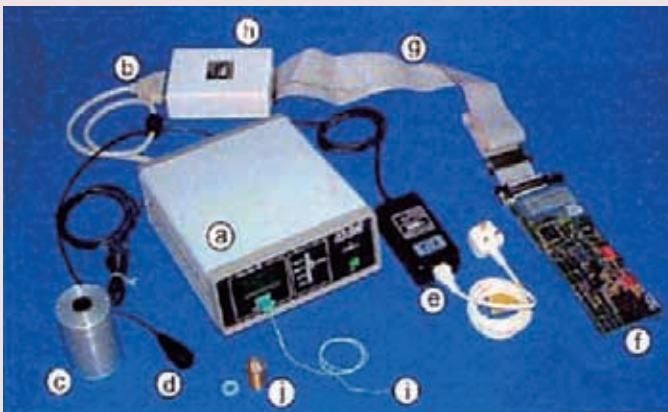
(1) 振動覚閾値検査

●リオン製振動覚計【日本製】



右示指で測定している図。

●HvLab社製振動覚計【イギリス製】



黒い振動子©の上に指を置き計測する。

特徴：刺激間隔が一定でない
ので予測が困難。
6dB以上の差がでると警告が
でる。比較的、客観性が担保
できる可能性が高い。

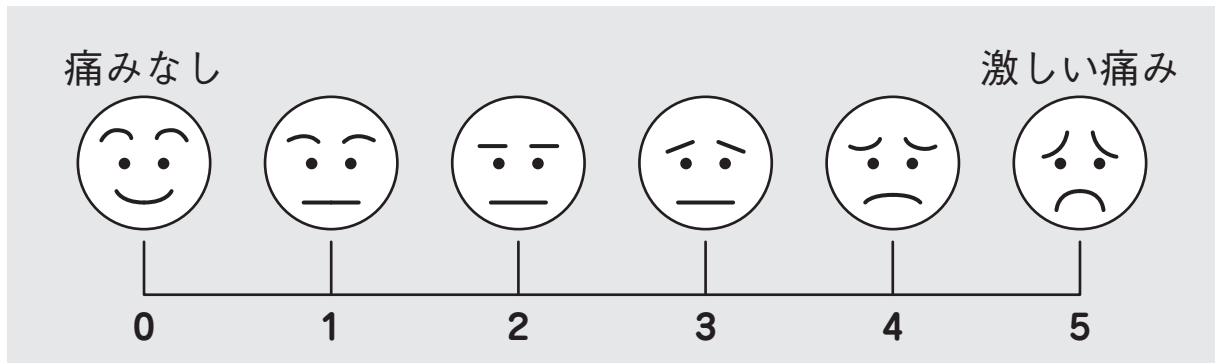
(2) 痛覚閾値検査 (痛みが生じる最小の値を痛覚閾値という。)

●ユフ式痛覚計【日本製】



(何グラムで痛みを感じるようになるか・・・
恣意的な応答を区別できない。)

Wong-Bakerによるフェース・スケール



0：まったく痛みなし。1：ちょっと痛いだけ。2：それよりももう少し痛い。
 3：もっと痛い。4：かなり痛い。5：必ず泣くほどでないが、想像できる最も強い痛み。

●ニューロメーター（アメリカ製）

痛みを伴わない検査法で、2000Hz刺激ではAβ神経線維（触覚、圧覚）、250Hz刺激ではAδ神経線維【一次痛覚、鋭痛・温度覚（冷）】、5 Hz刺激ではC神経線維【二次痛覚、温度覚（温・冷）】の機能を測定する。

特徴：刺激は二重盲検法で実刺激とプラセボ刺激がランダムに被検者に与えられ、恣意的応答が排除されるので高い客観性が担保される。



日本では糖尿病性神経障害による感覚障害の研究で広く臨床応用されている。

振動障害分野でこの装置の臨床応用は世界的に見ても少なく、日本では山陰・愛媛労災病院の2施設、民間でも2施設が臨床的研究を行っているにすぎない。

●筋電計



上図は筋電計を用いた末梢神経伝導速度のブラウン管の画面である。運動神経伝導速度、知覚神経伝導速度の検査は絞扼性神経障害の診断に有効であるが、感覚機能障害の程度の判定には必ずしも有効ではない。

問題点

振動曝露が人体に及ぼす影響を、初期の段階で検出するには振動覚閾値の鈍麻と言われているので、振動覚閾値の測定は除外できない。

ヨーロッパでは痛覚閾値は測定していない。痛覚閾値の測定の代用として温冷覚閾値の測定が行われている。わが国では温冷覚閾値の測定はほとんど行われていない。

補償のからむ検査法としてはニューロメーターによる検査が望ましいと考えられるが、振動障害の分野での臨床研究は進んでいない。

Ⅲ. 骨関節系の運動機能障害

肘関節痛が多く見られるが、客観的には肘のレントゲン写真が有効である。握力等の低下は、運動神経伝導速度検査等を含め整形外科的鑑別診断が重要である。場合によっては前腕、手のMRI検査により筋肉の変性像の有無を調べる必要性もある。

肘のレントゲン写真



研究報告

末梢循環障害の他覚的評価法としてのFSBP% (Finger Systolic Blood Pressure %)

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 : Vibration-induced White Finger) の診断に対するFSBP%の有用性を検討する。

方法

1. 室温条件

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の規定が $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、日本の労働省（現厚生労働省）が示す室温が $20 \sim 23^{\circ}\text{C}$ であることから、 $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ を基本として他の室温 $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ を加えた。室温の記録は、被検者の手の周囲の室温を連続記録し、PCに記録した後、平均室温を求めた。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、着衣量は上下2枚（靴下着用）とした。

2. 測定機器

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、対照指は測定側の母指とした。

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。

対 象

(1) 対照群

60歳以下の対象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。60歳以上の対象群は全員がボランティアであり総数190例。

(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。

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

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

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。**振動曝露中止後の経過期間が長いのが特徴である。**

統計処理

FSBP%値は同一被検者であっても、測定室温の影響を強く受けるため、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ので、結果の分析を示す症例数の総和が、対象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。

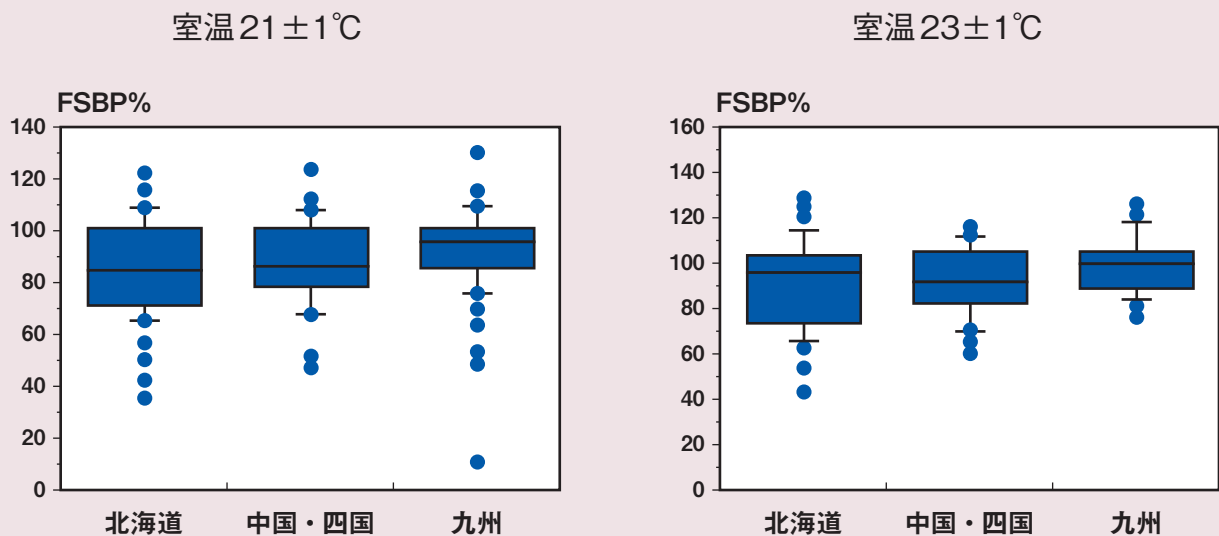
異なった2種類の室温で測定できた症例について得られた値間の相互関係について関数関係解析、線形回帰分析を行った。

結果

1. 対照群のFSBP%値からみた地域の差

北海道、中国四国、九州の3地域に分けて検討した。室温21±1℃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るものの有意差はなかった。室温23±1℃ではFSBP%の値には地域差はなかった。

地域別にみたFSBP%値

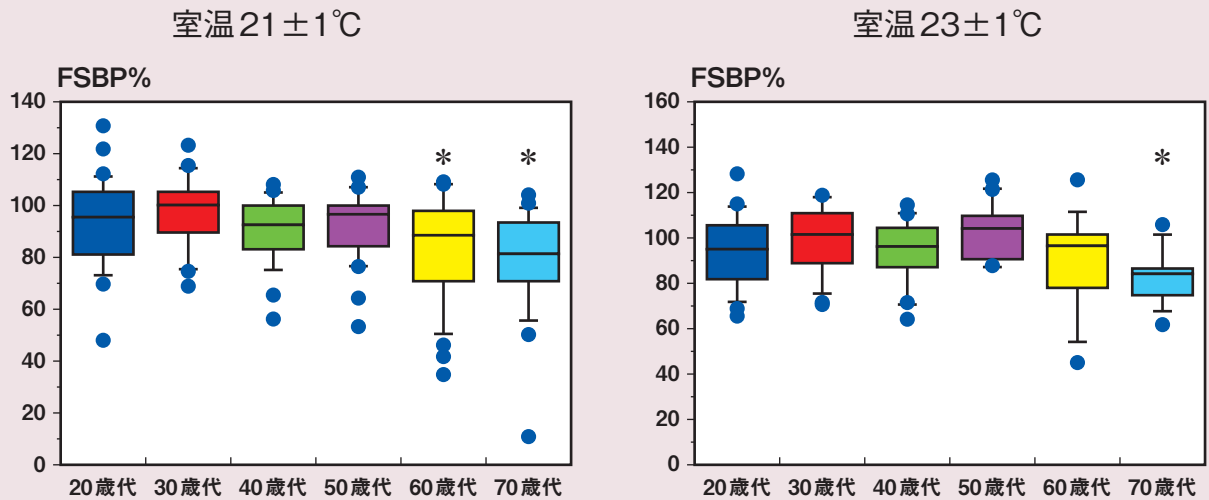


縦軸にFSBP%値、横軸に地域別を示す。FSBP%値の散布状態を箱ひげ図として示す。

2. 対照群の年代別に見たFSBP%値

対照群の年代別、室温別に示す

対照群の年代別に見たFSBP%値

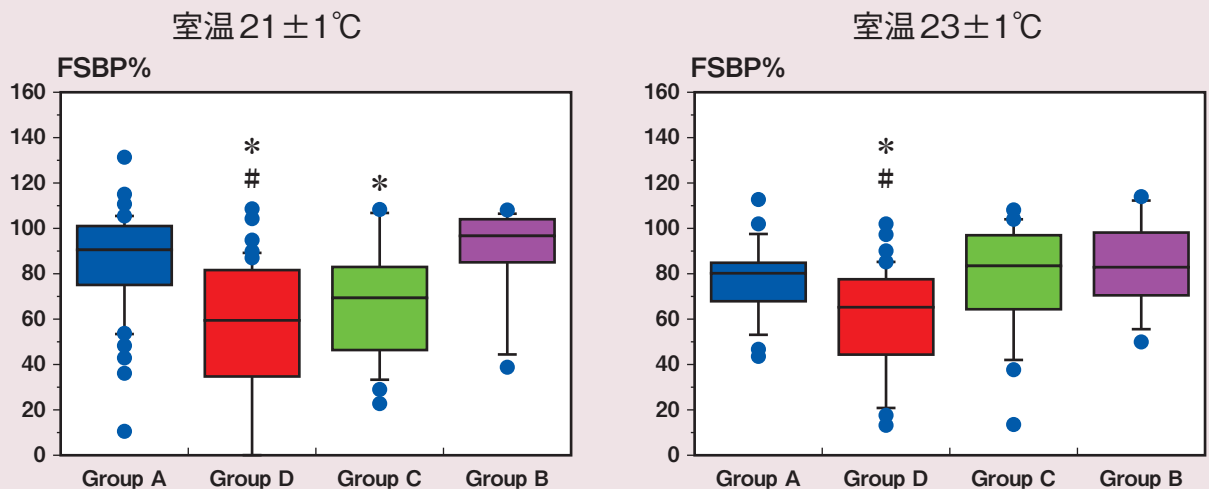


縦軸にFSBP%値を、横軸に各年代をとり、FSBP%値の分布を箱ひげ図として示す。
*印は若い年代と比較した時の有意差 (p<0.05) を示す。

3. 対照群と振動工具使用群のFSBP%値の比較

FSBP%値の群別比較を示す。なお、室温21±1°C、室温23±1°C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。

各群のFSBP%値

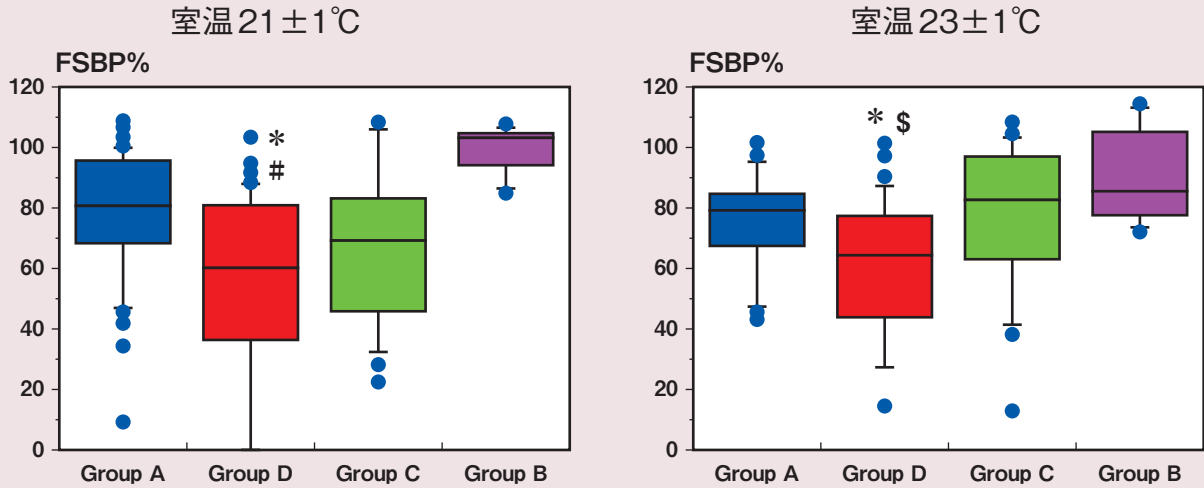


Group A: 対照群、Group B: 振動曝露群でレイノー現象の出現を経験していない群、Group C: 検査前の1年間にレイノー現象の出現を見なかった群、Group D: 現在もレイノー現象が出現する群、それぞれの群のFSBP%値の分布を箱ひげ図として示す。*印はA群と比較した時の有意差p<0.05を、#は振動曝露群の中でレイノー現象のないB群と比較した時の有意差p<0.05を示す。

4. 60歳以上を対象とした時の、対照群と振動工具使用群のFSBP%の値の比較

対照群では60歳を境にFSBP%値は有意な変化が見られたので、FSBP%値には年齢の因子を考慮する必要がある。振動工具使用群は高齢であり、対照群と比較して年齢の偏りがみられた。そのため、FSBP%の60歳以上の症例を対象とした時の対照群と振動工具使用群のFSBP%の平均値の比較を示す。

60歳以上を対象とした時の各群のFSBP%値

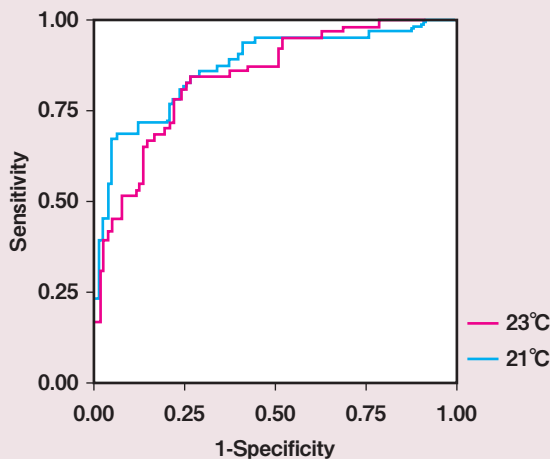


*印はGroup Aと比較して $p < 0.05$ 、#印はGroup Bと比較して $p < 0.05$ の有意差を示し、\$印はGroup Cと比較して $p < 0.05$ の有意差を示す。

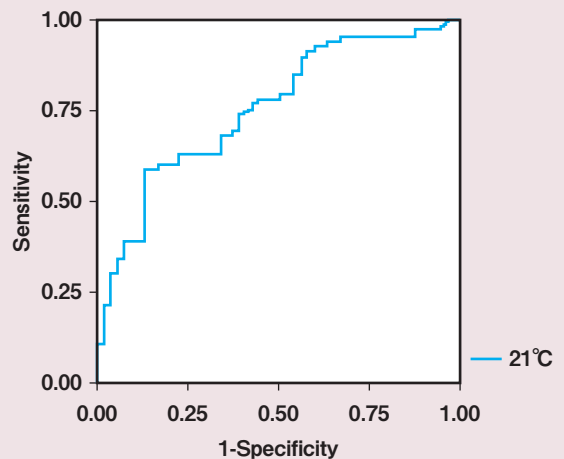
5. FSBP%の診断

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曲線及び、60歳以上の振動曝露労働者(21±1°Cの室温のみ示す)から得られたROC曲線を示す。

振動曝露労働者全体から得られたROC曲線



60歳以上の対象者のROC曲線



8. 室温別にみた敏感度、特異度の値

室温別のcut-off 値と敏感度、特異度

全体	21±1℃		23±1℃	
Cut off 値 (%)	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

60歳以上	21±1℃		23±1℃	
Cut off 値 (%)	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	—	—

結 論

対象：対照群190例、振動曝露群117例のFSBP%を6施設で測定した。

cut-off値（室温 $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）：70%

診断精度：

全症例	敏感度 71.9%、	特異度 85.5%
60歳以上	敏感度 62.3%、	特異度 73.6%

今後の課題

- (1) FSBP%のヨーロッパのcut-off値は60%、一方、本プロジェクト研究の値は70%・・・この差は研究対象例が振動曝露中止後20年近く経過している例が多かったことによると考えられる。
- (2) 今後、糖尿病、頸椎性疾患、手根管症候群、肘部管症候群等がFSBP%に及ぼす影響に関する研究が必要。・・・Multi-channel pletymographの使用が望ましい。
- (3) FSBP%は脊髄損傷患者および脊髄症患者における交感神経機能の推定に利用できる可能性がある。
- (4) 今後、加齢による末梢循環障害との鑑別法の確立が必要。



FSBP%実施中に発生したレイノー現象

(右手を15°C5分間冷却)

FSBP%の測定中にレイノー現象が出現し、レイノー現象とFSBP%の同時記録ができた貴重な1例を示す。

手背側



右中指、環指にレイノー現象を認める。小指にも一部にレイノー現象を認める。

手掌側



右中指、環指にレイノー現象を認める。手掌側では、小指にはレイノー現象を認めない。

レイノー現象発生時に測定したFSBP%

	母指	示指	中指	環指	小指
FSBP%	100	23.1	0	0	0

レイノー現象を示している中指、環指、小指のFSBP%はいずれも0である。

(Fujiwara Y, Yoshino S, Nasu Y: Simultaneous observation of zero-value of FSBP % and Raynaud's phenomenon during cold provocation in vibration syndrome. J Occup Health 50:75-78, 2008)

「振動障害」分野 研究者一覧

○那 須 吉 郎	山陰労災病院 振動障害研究センター長
橋 口 浩 一	山陰労災病院 脊椎整形外科部長
本 間 浩 樹	北海道中央労災病院 勤労者予防医療センター 相談指導部長
木 戸 健 司	愛媛労災病院 第二整形外科部長
豊 永 敏 宏	九州労災病院 勤労者予防医療センター所長
池 田 天 史	熊本労災病院 整形外科部長
黒 沢 洋 一	鳥取大学医学部 健康政策医療分野教授
藤 原 豊	K K R札幌医療センター 代謝・内分泌科部長

〔研究協力検査技師〕

石 垣 宏 之	山陰労災病院 臨床検査技師
米 原 晴 子	山陰労災病院 臨床検査技師
藤 井 史 郎	北海道中央労災病院 主任検査技師
船 越 亮 太	北海道中央労災病院 臨床検査技師
吉 野 聡	北海道中央労災病院せき損センター 臨床検査技師
佐 藤 泰 彦	山口労災病院 検査科技師長
吉 岡 瑞 穂	愛媛労災病院 臨床検査技師
高 原 洋 子	九州労災病院 臨床検査技師
貴 戸 智 美	九州労災病院 臨床検査技師
的 場 正 文	熊本労災病院 主任検査技師

* ○印は主任研究者

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