

表A 5 手指皮膚温検査におけるスコア評価 (拇指を除く4指について)

手指レイノー症状の有無別比較

	Total	スコア合計値								スコア合計値(浸漬5分目)			
		≥20		≥10 to <20		≥5 to <10		<5		≥5		<5	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
右手													
レイノー有	8	2	25.0	1	12.5	1	12.5	4	50.0	3	37.5	5	62.5
レイノー無	23	3	13.0	3	13.0	3	13.0	14	60.9	4	17.4	19	82.6
対照群	25	3	12.0	3	12.0	3	12.0	16	64.0	2	8.0	23	92.0
左手													
レイノー有	9	3	33.3	0	0.0	1	11.1	5	55.5	3	33.3	6	66.7
レイノー無	21	4	19.0	2	9.5	2	9.5	13	61.9	4	19.0	17	81.0
対照群	25	2	8.0	8	32.0	1	4.0	14	56.0	1	4.0	24	96.0

SWS-Rによる比較

	Total	スコア合計値								スコア合計値(浸漬5分目)			
		≥20		≥10 to <20		≥5 to <10		<5		≥5		<5	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
右手													
St 0	23	3	13.0	3	13.0	3	13.0	14	60.9	4	17.4	19	82.6
St 1+2	5	2	40.0	0	0.0	0	0.0	3	60.0	2	40.0	3	60.0
St 3	3	0	0.0	1	33.3	1	33.3	1	33.3	1	33.3	2	66.7
左手													
St 0	21	4	19.0	2	9.5	2	9.5	13	61.9	4	19.0	17	81.0
St 1+2	6	2	33.3	0	0.0	1	16.7	3	50.0	2	33.3	4	66.7
St 3	3	1	33.3	0	0.0	0	0.0	2	66.7	1	33.3	2	66.7

厚生労働省VS区分による比較

	Total	スコア合計値								スコア合計値(浸漬5分目)			
		≥20		≥10 to <20		≥5 to <10		<5		≥5		<5	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
右手													
S ₁	9	0	0.0	0	0.0	1	11.1	8	88.9	0	0.0	9	100.0
S ₂	16	2	12.5	4	25.0	2	12.5	8	50.0	5	31.3	11	68.7
S ₃	6	3	50.0	0	0.0	1	16.7	2	33.3	2	33.3	4	66.7
左手													
S ₁	9	0	0.0	0	0.0	1	6.3	8	88.9	0	0.0	9	100.0
S ₂	16	5	31.3	2	12.5	1	6.3	8	50.0	5	31.3	11	68.8
S ₃	5	2	40.0	0	0.0	1	20.0	2	40.0	2	40.0	3	60.0

Score 0: 25%基準値以上
 1: 5%~25%基準値
 2: 5%基準値未満

同様に、4指の5測定時点におけるスコア合計値が20点以上は、SWS-Rでは、症度3の振動障害群は左右6手中1手(16.7%)、症度1-2では左右11手中4手(36.4%)、症度0では左右44手中7手(15.9%)、厚生労働省VS区分では、症度3の振動障害群は左右11手中5手(45.5%)、症度2では左右32手中7手(21.9%)、症度1では左右18手中0手(0%)であった。浸漬前5分目値の母指を除く4指のスコア合計値が5点以上は、SWS-Rでは、症度3の振動障害群は左右6手中2手(33.3%)、症度1-2では左右11手中4手(36.4%)、症度0では左右44手中8手(18.2%)、厚生労働省VS区分では、症度3の振動障害群は左右11手中4手(36.4%)、症度2では左右32手中10手(31.3%)、症度1では左右18手中0手(0%)であった。

(エ) 評価基準

評価基準としては、上述した対照群の各測定時点における左右の母指を除いた8指の皮膚温から5%値と25%値に近い区切りのよい値として概算された、表A2～A4に基準値(cut-off value)として示した値、すなわち「5%基準値」及び「25%基準値」を使用することが考えられる。この場合の母指を除く4指における対照群の特異度は、「5%基準値」で90～95%程度、「25%基準値」で65～75%程度であった。

しかし、手指レイノー症状を有する振動障害群の敏感度は冷水浸漬前5分において「5%基準値」で35%、「25%基準値」で40～50%であったが、冷水浸漬中及び特に冷水浸漬終了後においては敏感度が極めて低い値を示した。過去の関連文献や検査経験では、冷水浸漬により振動障害群と対照群の差が増加することが期待されるが、今回は逆に両者の差が冷水浸漬により減少するとの結果であった。このことから、現段階ではこの「5%基準値」と「25%基準値」は参考に留めるもので確定した判定基準ではない。

エ 問題点と課題

振動障害における冷水浸漬皮膚温検査について多くの検討が行われ報告されている。しかし、冷水温度や浸漬時間によりその診断意義は報告間で差があるものの、冷水浸漬前にみられた振動障害群と対照群の手指皮膚温の差が冷水浸漬中から減少し、冷水浸漬終了後に消失していく報告はみられない。今回の調査における問題点を改善し、今後、さらに多数例での検討を行う必要がある。

オ まとめ

ISOで標準化された方法に準じて行った冷水浸漬皮膚温検査結果を、振動障害群31名(うち手指レイノー症状有症者10名)及び対照群25名について分析した。対照群に比べ、特に手指レイノー症状有症者において手指皮膚温が低いことが認められ、特異度90%、敏感度30%程度が示された。しかし、冷水浸漬前にみられた振動障害群と対照群の差は冷水浸漬によりかえって減少する傾向がみられた。これは、国内外の関連報告と矛盾するものであり、さらに検討が必要と考えられた。

(2) レーザードップラー血流計による皮膚灌流圧検査

閉塞性動脈硬化症・バージャー病などの四肢末梢循環障害症例に対する評価法の一つと

して皮膚灌流圧 (skin perfusion pressure : SPP) 測定が導入され、皮膚の循環動態及び viability を表す臨床に即した指標として利用されている¹⁻²⁾。

また、これまでの研究で、寒冷刺激法を用いた皮膚灌流圧測定がレイノー症状の評価に有効であることが報告されている³⁻⁴⁾。今回、振動工具取扱者における皮膚灌流圧を寒冷刺激法を用いて測定し、振動ばく露による末梢循環障害の評価法としての本法の利用法について検討した。

ア 対象

分析対象者は、前記 2 の(1)と同一であるが、本検査法の検討において皮膚灌流圧 (SPP) が 200 mmHg 以上となった症例が対照群に 1 例 2 肢あり、これは測定限界を超えたと判断し除外した。

レイノー症状については、被検者の問診票を参考にした上、実証検査時に SWS-R による症度分類において症度 1 以上と医師が判断した例及び患肢 (明らかな例のみ) をレイノー症状を示す群とした (8 例 14 肢、年齢 61.0 ± 5.0 歳)。

イ 方法

皮膚灌流圧測定は兼高らの報告した測定方法に従い、Vasamedics 社製の Laser Dopp PV-2000 を用い、室温 25 °C の検査室で仰臥位にて測定を行った。まず左右第 3 指の安静時皮膚灌流圧を測定し、続いて右手関節以遠を 0 °C の氷水に 1 分間ばく露、ばく露終了 5 分後に右第 3 指の皮膚灌流圧を測定した。左側も同様の手順で測定を行ったのち、両側の上腕動脈血圧を測定した。

以下の 10 項目につき分析・検討した。なお、SPP は皮膚灌流圧、BP は上腕動脈血圧 (体血圧) を示す。

- ① 振動障害群における寒冷刺激前後 SPP 絶対値変化
 - ② 対照群における寒冷刺激前後 SPP 絶対値変化
 - ③ BP 絶対値の比較
 - ④ 左右いずれか高い方の BP 比較
 - ⑤ 寒冷刺激前 SPP 絶対値の比較
 - ⑥ 寒冷刺激後 SPP 絶対値の比較
 - ⑦ 寒冷刺激前 SPP/BP の比較
 - ⑧ 寒冷刺激後 SPP/BP の比較
 - ⑨ 寒冷刺激後 SPP/寒冷刺激前 SPP の比較
 - ⑩ 寒冷刺激後 SPP 絶対値変化量 (低下量) の比較
- ①と②においては各群における寒冷刺激前後の SPP 値を比較検討した。
③～⑩においては振動障害群と対照群を比較検討した。

さらに、③～⑩について振動障害群のうちレイノー症状を示すとされた症例と対照群を比較検討した。

ウ 結果

(ア) 基礎統計

統計学的検討については有意水準 $\alpha = 0.05$ とし、等分散性を検討した後 t 検定にて

評価した。

(イ) 分析結果

表B1～B3に示す。

表B1 寒冷刺激前後におけるSPP絶対値変化(振動障害と対照群各群における)

	振動障害群	対照群	p value
	平均 (標準偏差)	平均 (標準偏差)	
(1) 寒冷刺激前後における振動障害群SPP絶対値変化	129.52 (19.54)	121.45 (22.75)	0.001105
(2) 寒冷刺激前後における対照群SPP絶対値変化	135.00 (21.44)	129.79 (25.05)	0.08676

表B2 振動障害群と対照群の比較

	振動障害群	対照群	p value
	平均 (標準偏差)	平均 (標準偏差)	
(3) BP絶対値の比較(mmHg)	135.548 (14.01)	134.15 (19.53)	0.6751
(4) 左右いずれか高い方のBP比較(mmHg)	138.13 (13.80)	137.88 (19.76)	0.9392
(5) 寒冷刺激前SPP絶対値の比較(mmHg)	129.52 (19.54)	135.00 (21.44)	0.1646
(6) 寒冷刺激後SPP絶対値の比較(mmHg)	121.45 (22.75)	129.79 (25.05)	0.0709
(7) 寒冷刺激前SPP/BPの比較	0.96 (0.15)	1.02 (0.16)	0.597
(8) 寒冷刺激後SPP/BPの比較	0.90 (0.16)	0.97 (0.15)	0.0288
(9) 寒冷刺激後SPP/寒冷刺激前SPPの比較	0.94 (0.14)	0.97 (0.15)	0.3896
(10) 寒冷刺激後SPP絶対値変化量の比較(mmHg)	8.06 (18.54)	5.21 (20.63)	0.4472

表B3 レイノー症状群と対照群の比較

	レイノー症状群	対照群	p value
	平均 (標準偏差)	平均 (標準偏差)	
(3) BP絶対値の比較	140.43 (16.92)	134.15 (19.53)	0.2806
(4) 左右いずれか高い方のBP比較	142.00 (17.91)	137.88 (19.55)	0.4822
(5) 寒冷刺激前SPP絶対値の比較	131.43 (19.56)	135.00 (21.44)	0.5784
(6) 寒冷刺激後SPP絶対値の比較	115.00 (30.06)	129.79 (25.05)	0.0682
(7) 寒冷刺激前SPP/BPの比較	0.94 (0.12)	1.02 (0.16)	0.1005
(8) 寒冷刺激後SPP/BPの比較	0.81 (0.17)	0.97 (0.15)	0.0017
(9) 寒冷刺激後SPP/寒冷刺激前SPPの比較	0.87 (0.17)	0.97 (0.15)	0.0437
(10) 寒冷刺激後SPP絶対値変化量の比較	16.42 (22.05)	5.21 (20.63)	0.0829

a 振動障害群と対照群の比較について

有意差を持って違いが示されたのは振動障害群における寒冷刺激前後 SPP 絶対値変化、寒冷刺激後 SPP/BP の比較であった。また、寒冷刺激後 SPP 絶対値の比較については有意水準 $\alpha = 0.05$ とした場合 $p = 0.0709$ のため、統計学的有意とは言えないものの違いがある傾向が示唆された。

寒冷刺激後 SPP 絶対値変化量の比較については有意差を認めなかった。

b レイノー症状を示す振動障害群と対照群の比較について

有意差を持って違いが示されたのは寒冷刺激後 SPP/BP の比較、寒冷刺激後 SP P/寒冷刺激前 SPP の比較であった。

寒冷刺激後 SPP 絶対値変化量の比較については $p=0.0829$ のため、統計学的有意とは言えないものの違いがある傾向が示唆され、振動障害群全体と対照群の比較の場合に比べ p 値は低下し、ほぼ有意水準と同様の水準に近づいている。

(ウ) 評価基準

兼高らは寒冷刺激を併用した皮膚灌流圧測定により、2 次性レイノー現象、1 次性レイノー現象及び正常肢を鑑別できることを報告しているが、今回の実証検査では振動障害群は兼高らの報告の 1 次性レイノー現象の群とほぼ同様の検査結果を示しており、寒冷刺激により皮膚灌流圧は有意に低下していた。この結果は、本法が振動ばく露による末梢循環障害の客観的評価法としての有用性を示唆するものと考えられた。

振動障害を診断する指標として A：器質的な血流障害がないこと、B：寒冷負荷により血管攣縮が誘発されることが挙げられる。

そこで、それぞれに対し、閾値の設定について検討した。閾値の設定方法として、

- 1) 対照群の最大値（最小値）を閾値とする方法
- 2) 対照群の平均値の 95%信頼区間を参考に閾値を設定する方法

を検討した。

A：器質的な血流障害がないことの指標として寒冷刺激前皮膚灌流圧（SPP）/上肢血圧（BP）を用いた。

1) については、対照群における寒冷刺激前 SPP/BP の最小値が 0.714 であるためカットオフ値を 0.7 とし、左右いずれも 0.7 以上のものを A を満たすとした。この場合 31 例のうち 29 例（94%）が A を満たすこととなる。

2) については、対照群の平均値の 95%信頼区間は 1.06~0.970 である。この値をもとにして 0.970 より低い例を器質的疾患ありとすると、振動障害群において 20 例が除外される。すなわち、11 例（35%）が適合する。

1) 及び 2) を併せ、A については 1) により 0.7 と設定することが考えられる。

B：寒冷負荷により血管攣縮が誘発されること

1) については、寒冷刺激による SPP 絶対値変化量に注目する。対照群の SPP 変化量の最大値は 50 mmHg である。これにより 50 mmHg をカットオフ値とする（すなわち左右いずれか 50 mmHg 以上の変化となるもの）と振動障害に適合するのは 2 例となり、敏感度は 6.5%、特異度は 91.7%となるが、この閾値設定法は敏感度が低く、振動障害の判定基準としては不適切と考えられる。

2) については、対照群の平均値の 95%信頼区間は 0.78~11 となっている。カットオフ値を 10 mmHg とした場合、25 例が適合し、敏感度は 77.4%、特異度は 20.8%となる。20 mmHg とした場合 15 例が適合し、敏感度は 51.6%、特異度は 54.2%となる。末梢循環障害が軽度な振動障害群を別に評価することとすれば、10 mmHg 若くは 20 mmHg をカットオフ値とすることが考えられる。

他の方法として、寒冷刺激後 SPP/BP を用いることが考えられる。この平均の 95

%信頼区間は振動障害群 0.8606~0.9498、対照群 0.9282~1.033 であり、これをもとにカットオフ値を 0.9 に設定すると 21 例が振動障害に適合し、敏感度は 67.7%、特異度は 45.8%となる。また、0.95 とすると 24 例が適合し、敏感度は 77.4%、特異度は 33.3%となる。しかし、この指標の採用に当たっては寒冷刺激前より SPP/BP の低下が軽度存在し、寒冷刺激により皮膚灌流圧の低下が極めて少ない例を振動障害とする可能性があり注意が必要と考えられる。

A と B を総合し、寒冷刺激前 SPP/BP > 0.7 を満たし、かつ 10 mmHg 以上の寒冷刺激による SPP 低下を認める症例とすると、31 例中 22 例が振動障害に適合し、敏感度は 77.4%、特異度は 20.8%となる。

(エ) 評価区分

以上を踏まえ、簡便性も考慮し以下のように評価区分を定義する。すなわち SPP 低下が 30 mmHg 以上をクラス 3、20 mmHg 以上をクラス 2、10 mmHg 以上をクラス 1、10 mmHg 未満をクラス 0 とする。この分類に従うとクラス 0 が 7 例、クラス 1 が 8 例、クラス 2 が 6 例、クラス 3 が 10 例となる。

エ 考察

(ア) 今回の実証検査について

実証検査時にレイノー症状を示すとされた例は、今回検討対象となった振動障害群において 8 例 14 肢であり、症例数にして振動障害群 31 例の 26%であった。これらの検討では、寒冷刺激後 SPP 絶対値、寒冷刺激後 SPP/BP 及び寒冷刺激後 SPP/寒冷刺激前 SPP といった寒冷刺激後 SPP に関わる因子は統計学的有意差を持って小さく、臨床的にレイノー症状を認める例は SPP の低下が大きいと考えられる。レイノー症状を示すとされた例のうち SPP 変化が両側共 10 mmHg 未満の症例は 10 例のうち 2 例のみであった。また、SWS-R 症度 0（過去にレイノー症状を示したが現在は発作なし）とされた例が 2 例存在したが、SPP 絶対値変化量がともに 10 mmHg 以上（1 例 10 mmHg、1 例 40 mmHg）であった。また、自覚的にレイノー症状を示すと問診票に記入したが現在発作を認めないとされた例（SWS-R 症度 0）が 4 例あったが、これらについても 10 mmHg 以上の SPP 低下を認めた。SPP 変化量は簡便であり、これらの考察も踏まえ、寒冷刺激による SPP 変化量は振動ばく露による末梢循環障害の評価の基準となると考える。

(イ) 平成 14 年度～平成 16 年度の委託研究成果

平成 14 年度～平成 16 年度の委託研究では、レーザードップラーによる皮膚灌流圧測定に関して以下の点において有用性が示された。すなわち、レーザードップラーによる皮膚灌流圧測定は、レイノー症候群の存在診断、1 次及び 2 次レイノー病と正常指との鑑別、器質的動脈閉塞を有する肢との鑑別診断、糖尿病などのために足関節部動脈圧測定値の信頼性が低下した虚血肢における虚血重症度評価、虚血性潰瘍例における治癒可能性の予測などに極めて有用な非侵襲的診断法と考えられる。

(ウ) まとめ

今回、実証検査において上記検討を行い、寒冷刺激による SPP 変化量が振動障害