

労災疾病等13分野医学研究・開発、普及事業【第2期】
(平成21年度～平成25年度)
分野名「振動障害」

振動障害の末梢循環障害、 末梢神経障害等の 客観的評価法に係る研究



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

主任研究者
山陰労災病院 振動障害研究センター長
那 須 吉 郎

頸部脊髄症、頸椎性神経根症、絞性神経障害、糖尿病がFSBP%に及ぼす影響

【目的】

振動障害患者のレイノー現象の診断として、手指冷却後の手指血圧測定（FSBP%）が有効であり、診断方法として確立されている。一方、振動ばく露労働者によく見られる併発症として、頸部脊髄症、変形性脊椎症性神経根症、絞扼性神経障害としての肘部管症候群、手根管症候群、糖尿病といった神経障害がある。

このため、これらの疾患がFSBP%値に及ぼす影響について検討した。

【対象】

北海道中央労災病院、北海道中央労災病院せき損センター、釧路労災病院、山陰労災病院、愛媛労災病院、熊本労災病院から、20歳から79歳までの男性の総数356人の測定結果を収集した。

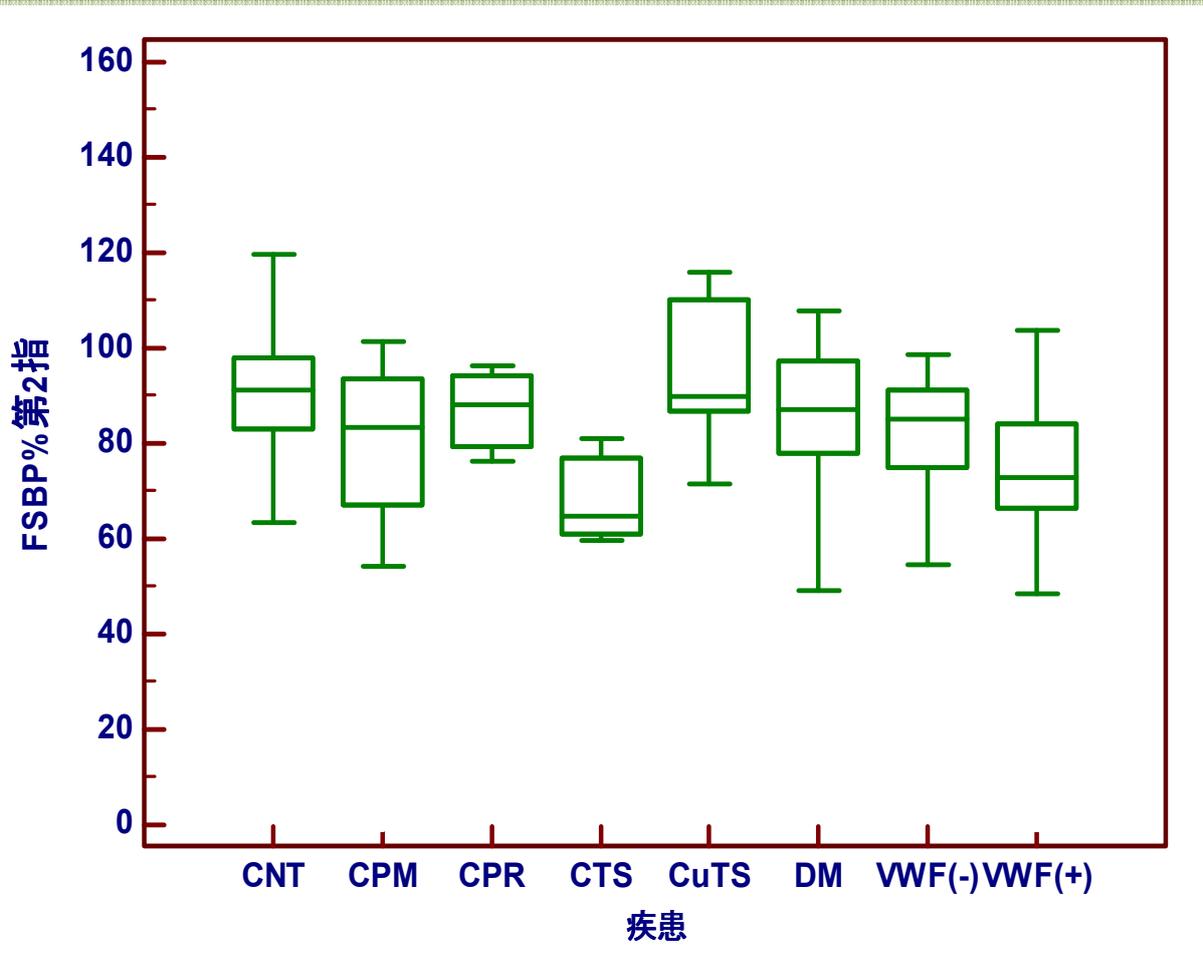
	n	年齢
対照 CNT	243	45.8±15.2
頸椎脊髄症 CPM	14	66.1±9.4
頸椎神経根症 CPR	4	66.7±14.8
手根管症候群 CTS	5	63.0±5.7
肘部管症候群 CuTS	8	70.0±9.2
糖尿病 DM	17	58.0±12.9
振動障害レイノー有 VWF(+)	28	64.9±12.8
振動障害レイノー無 VWF(-)	23	67.8±10.9
合計	342	

356名の内訳は、患者群113名（振動工具使用者65名、頸部脊髄症14名、頸部神経根症4名、手根管症候群5名、糖尿病17名、肘部管症候群とその他8名）と正常対照者243名の合計356名であった。振動工具使用者65名は振動障害性のレイノー有り28人と振動障害性のレイノー無し群23人にわけ、残りの14名は他の疾患を合併しており研究対象から除外した。

【結果】

図1に疾患別の第2指のFSBP%（箱ひげ図）を示した。分散分析後の多重比較においてDunnnettの検定法を用いて対照群と有意の差があったのは、振動障害性のレイノー有群のみであった。

図1 疾患別のFSBP%(第Ⅱ指)



CNT:対照 CPM:頸椎脊髄症 CPR:頸椎神経根症 CTS:手根管症候群 CuTS:肘部管症候群
DM:糖尿病 VWF(-):振動障害レイノー無 VWF(+):振動障害レイノー有

図示しないが、疾患別の第3指のFSBP%では、多重比較のDunnnettの検定法で対照群と有意の差があったのは振動障害性のレイノー有群であった。

疾患別の第4指、第5指のFSBP%では、振動障害性のレイノー有群のみ低値を示した。

【結果とまとめ】

振動障害のレイノー現象有は、第2～5指でFSBP%値が統計学的に有意に低下した。例数が少なく統計学的には有意ではないが、頸部脊髄症では第2、3指で、頸椎性神経根症群では、第3、4指で、手根管症候群では、第2、4指で、FSBP%値が低下する傾向があった。FSBP%値においては、これらの疾患の鑑別は念頭に置く必要があると考えられた。糖尿病、肘部管症候群では対照群との差はほとんど見られなかった。頸部脊髄症で高値を示さなかったことについては、麻痺のレベルが関与している可能性が考えられた。

振動障害の診断におけるマルチチャンネル・プレスチモグラフィを用いた冷却負荷指血圧検査の妥当性

【目的】

振動障害のレイノー現象の診断法としては、従来は図2aに示したように1指のFSBP%を測定する方法であったが、測定方法の標準化により、図2bのように4指を同時に測定する“マルチチャンネル・プレスチモグラフィ”を用いた冷却負荷指血圧検査も推奨されるようになった。

この方法は、従来の測定法に比べ、同時に4指測定される利点があるが、我が国ではこの方法による診断の妥当性についての報告はない。

このため、マルチチャンネル・プレスチモグラフィを用いた冷却負荷指血圧検査による診断の妥当性について検討を行った。

図2a



図2b



【対象と方法】

北海道中央労災病院、北海道中央労災病院せき損センター、釧路労災病院、山陰労災病院、愛媛労災病院、熊本労災病院における振動障害患者65名と健常対照者243名を対象とした。

振動障害患者65名のうち、手根管症候群、頰椎性神経根症、絞扼性神経障害、糖尿病、肘部管症候群のいずれかを合併した者を除外し、健常対象者を年齢と施設でマッチングして得られた34ペアについて、過去にレイノー現象を有しない症例又は過去2年間以上レイノー現象を経験しない症例を含むペアを除外した振動障害症例・対照22ペアを分析対象とした。

冷却負荷指血圧測定には、マルチチャンネル・プレステモグラフィを用いた。

【結果】

対象とした振動障害症例群（VWF）と対照群の22ペアの特性を表1に示した。

振動障害患者は過去2年以内にレイノー現象を経験したある人で、平均工具使用年数は20.3年であり、振動ばく露中止後平均16.4年が経過している。ストックホルムスケールの血管障害の症度の分布は、ステージ1，2，3がそれぞれ4人、11人、7人であった。

なお、使用工具は、チェーンソー4人、ピックハンマー・削岩機10人、グラブ4人、その他4人であった。

表1 患者背景

	対照	VWF
例数	22	22
年齢	61.8±12.2	61.3±12.3
曝露期間(年)		20.3±11.6
工具使用中止後期間(年)		16.4±14.6

表2に対照群と振動障害患者の第2～5指のマルチチャンネル・プレスチモグラフィによるFSBP%を示した。

振動障害患者は対照群と比較して4指すべてでFSBP%値が統計学的に有意に低下していた。

表2 対照群と振動障害患者の第2～5指のFSBP%値

	例数	第2指	第3指	第4指	第5指
対照	22	91.5(71.0-142.8)	94.7(77.8-125.3)	93.0(79.0-139.0)	94.9(66.8-131.6)
VWF	22	77.4(0.0-108.0)*	72.8(0.0-113.2)*	74.6(0.0-105.5)*	73.6(0.0-112.2)*

中央値(範囲)

*p<0.01

表3に、ROC曲線下面積(AUC: area under the curve)と最適のカットオフ値と敏感度と特異度を示した。第3指のAUCは0.842であり他の指に比較して高い値を示した。第3指の最適のカットオフ値は82.7%で、敏感度と特異度は、それぞれ72.7%、95.5%と比較的高かった。

第3指のAUCは0.842であり他の指に比較して高い値を示した。第3指の最適のカットオフ値は82.7%で、敏感度と特異度は、それぞれ72.7%、95.5%と比較的高かった。

表3 FSBP%値による振動障害患者の鑑別診断の妥当性

	第2指	第3指	第4指	第5指
AUC	0.758*	0.842**	0.832**	0.743*
Cut-off FSBP%=80%				
Sensitivity	59%	68%	59%	55%
Specificity	86%	95%	95%	91%
Cut-off FSBP%=85%				
Sensitivity	68%	73%	72%	64%
Specificity	77%	90%	86%	87%
AUC=0.5に対する有意差		*p<0.01	**p<0.001	

【考 察】

対象者が少ないなどいくつかの問題点はあるが、振動障害の末梢循環障害の診断に関して国際標準に基づくマルチチャンネル・プレスチモグラフィを用いた冷却負荷指血圧検査の診断は比較的妥当な診断法といえる。

振動障害の診断のための振動覚閾値検査法の検討

【目的】

振動障害における末梢神経障害の予防・診断・治療のためには、末梢神経障害の評価のための有効な検査が必要である。振動障害による末梢神経障害の検査として振動覚閾値検査が広く行われている。検査法として、force choice methodとvon Békésy methodがある。

force choice methodは、強さの異なる刺激を与え、その刺激毎に、その刺激を認知できるか否かの応答を求め、閾値を決定する方法である。

一方、von Békésy法は、測定周波数で、刺激レベルを徐々に弱いレベルから高いレベルに上昇し、その後、再び弱いレベルに下降させる。被検者は振動を感受している間、反応ボタンを押し続ける。この操作を繰り返し、その平均値から閾値を求める方法であり信憑性を確保しようとしている。

我が国では、force choice methodであるRion社（東京）製の振動覚計02型による振動覚閾値検査が広く行われているが、ISO規格では、von Békésy法が推奨されている。その規格に合致したHVLab社（Southampton UK）製の測定装置も使用されはじめた。今後、ISO規格に基づく振動覚閾値検査への移行が望まれているが、我が国でHVLab社製による診断の妥当性に関する研究はほとんどないのが現状である。

今回、両測定法で正常対照者及び振動障害患者の振動覚閾値を測定し比較したので報告する。

【対象と方法】

北海道中央労災病院、北海道中央労災病院せき損センター、釧路労災病院、山陰労災病院、愛媛労災病院、熊本労災病院における振動障害患者群のうち、手根管症候群及び肘部管症候群がなく、神経症状のストックホルムスケールⅠ以上の振動障害群21名と、性、年齢、施設をマッチングした対照者21名とした。

force choice methodについては、リオン社製の機器を、von Békésy法については、HVLab社製の機器を使用した。

【結果】

結果を表4に示した。force choice methodであるリオン社製の振動覚閾値検査では、第2指と第5指とも対照者と振動障害患者で有意の差がみとめられた。von Békésy法であるHVLab社製の振動覚閾値検査でも、第2指と第5指とも対照者と振動障害患者で有意の差が認められた。

表4 振動障害におけるリオン社製とHVLab社製の振動覚閾値検査の比較

	対照	振動障害
例数	21	21
年齢	60.1±12.2	59.8±12.1
リオン 125HZ 第2指	0.0(-10.0-17.5)	7.50(-2.5-20.0)**
リオン 125HZ 第5指	2.5(-10.0-10.0)	12.50(0.0-27.5)**
HVLab125HZ 第2指	0.228(0.022-0.896)	0.360(0.143-10.271)*
HVLab125HZ 第5指	0.240(0.047-1.508)	0.491(0.201-22.542)*

Mean±SD Median (Range)
*p<0.05 **p<0.001

【まとめ】

ISO規格に基づくHVLab社製による振動覚検査の妥当性は、リオン社製のそれよりもやや劣るが、比較的良好と考えられる。

振動障害、頸部脊髄症、頸椎性神経根症、絞扼性神経障害、糖尿病における振動覚閾値検査及び電流知覚検査

【目的】

振動障害の末梢神経障害の評価に関する検査法の有用性に関する検討を行う目的で、force choice methodで測定された振動覚閾値と、von Békésy法による振動覚閾値、電流知覚閾値（Current Perception Threshold CPT）検査との比較を行うとともに、末梢神経障害をきたす頸部脊髄症、頸椎性神経根症、絞扼性神経障害、糖尿病等と振動障害の鑑別診断における検討も行った。

【対象と方法】

北海道中央労災病院、北海道中央労災病院せき損センター、釧路労災病院、山陰労災病院、愛媛労災病院、熊本労災病院における患者具群113名と健常対照者243名を対象とした。

対象者疾患別の平均年齢と標準偏差

	n	平均年齢	標準偏差
対照	243	45.8	15.2
振動障害	65	64.3	13.0
頸部脊髄症	14	66.7	9.4
脊椎症性神経根症	4	46.8	14.8
手根管症候群	5	63.0	5.7
肘部管症候群	8	70.4	9.2
糖尿病	17	58.0	12.9

【測定法】

①振動覚閾値検査

振動覚閾値検査は、リオン社製とHVLab社製の2種類の方法で行い、電流知覚閾値検査（Current Perception Threshold）値をニューロメーター（Neurometer, Neurotron, Inc, Baltimore）による2,000Hz, 250Hz, 5Hzで測定し、それぞれの値を対照者と各疾患の患者で比較した。測定部位は、第II、V指とした。測定時期は2010年10月～2012年2月で、室温は24℃とし、測定前30分に入室し、室内環境に順化した。手指の皮膚温>30℃とした。

②Current Perception Threshold (CPT 電流知覚閾値)

電流知覚閾値（Current Perception Threshold、以下CPTと略）検査では、Neurometer（Neurotron, Inc, Baltimore）を用いて三種類の正弦波電流（2,000Hz, 250Hz, 5Hz）による刺激を加え、それぞれの刺激に対する閾値を測定する方法である。測定部位は第2指と第5指で測定した。

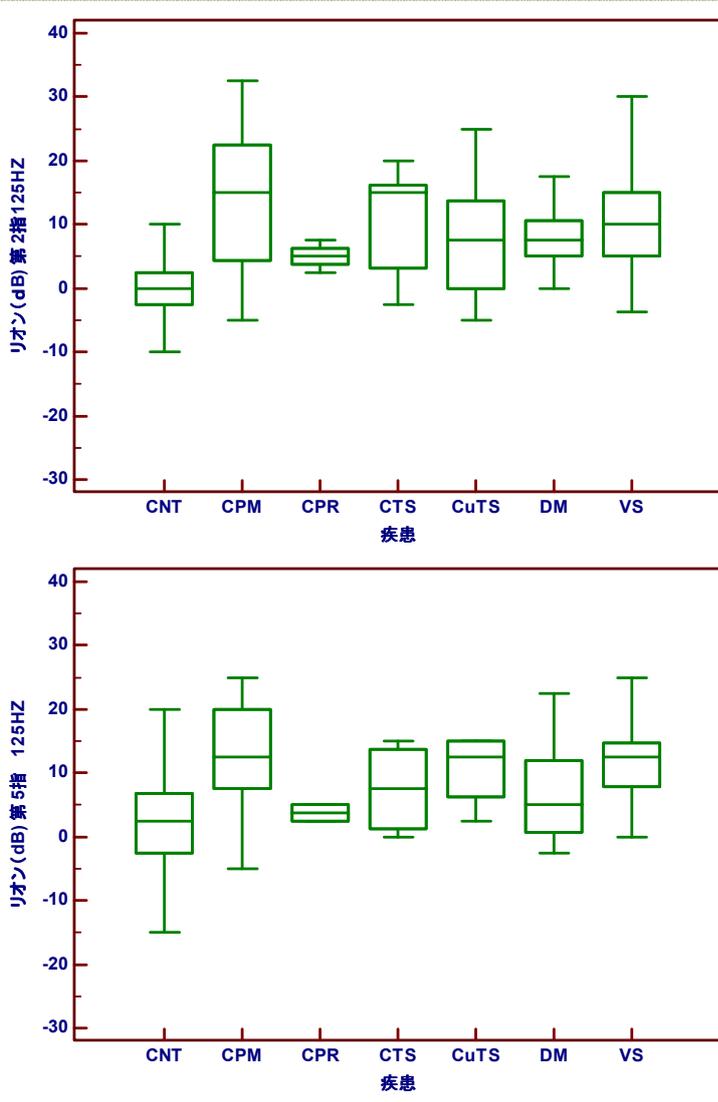
【結果】

① 振動覚閾値検査

振動覚閾値検査は、施設や年齢の影響を受けるので、あくまで傾向として結果を示す。高値の傾向は、中央値が対照群の75パーセンタイルより高い場合とした。

振動覚閾値検査の結果を図3に示した。

図3 対照群と各疾患群の振動覚閾値



リオン社製（125Hz）で行った force choice methodでは、第2指で頸部脊髄症、頸椎性神経根症、手根管症候群、糖尿病、振動障害で高値の傾向であった。

第5指では、頸部脊髄症、肘部管症候群、振動障害で高値の傾向であった。

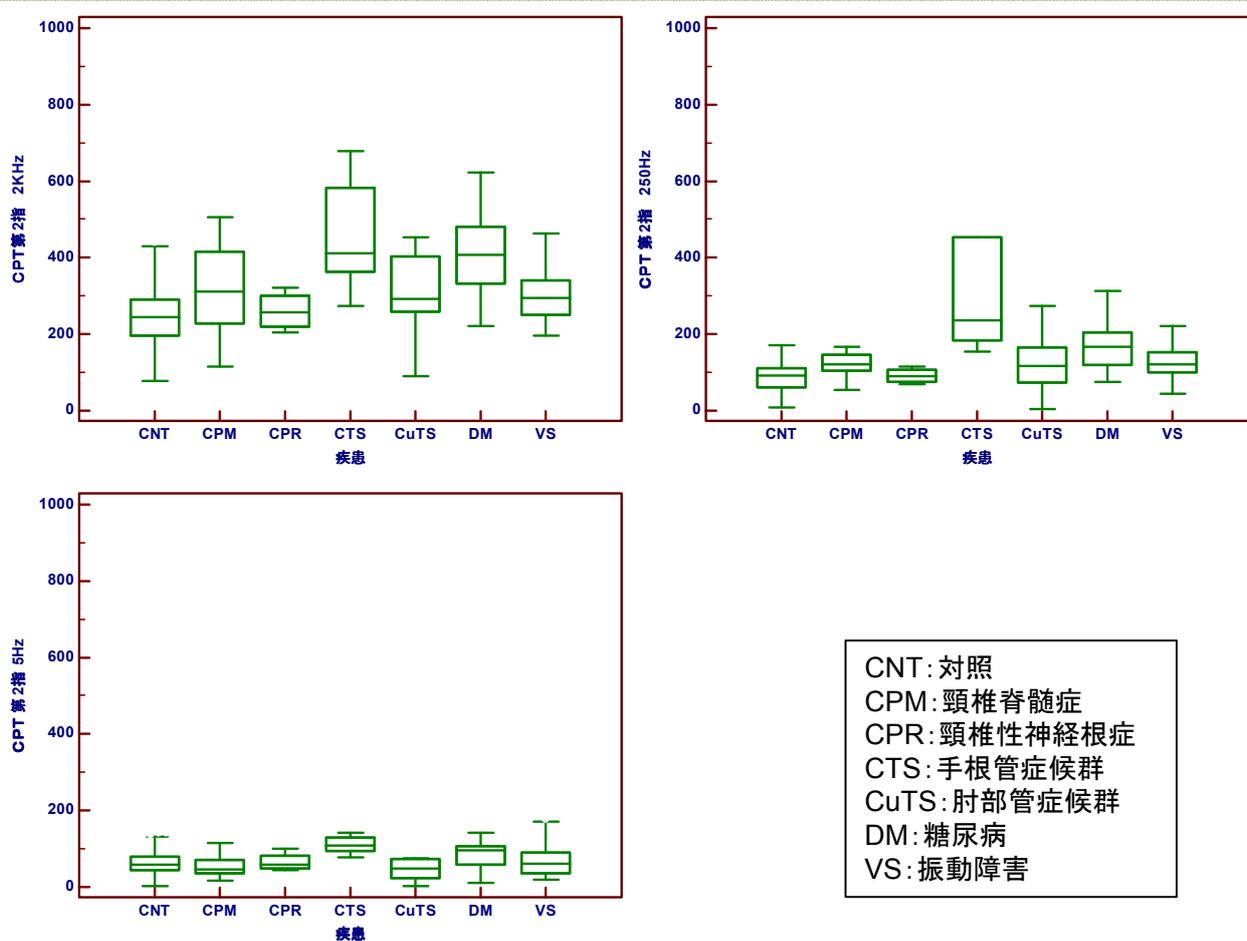
- CNT: 対照
- CPM: 頸椎脊髄症
- CPR: 頸椎神経根症
- CTS: 手根管症候群
- CuTS: 肘部管症候群
- DM: 糖尿病
- VS: 振動障害

図には示さないが、HVLab社製（125Hz）では、第2指は振動障害、頸部脊髄症、手根管症候群、肘部管症候群で高値の傾向であり、第5指は振動障害、頸部脊髄症、頸椎性神経根症、手根管症候群、糖尿病、肘部管症候群で高値の傾向があった。

②電流知覚閾値検査（CPT）

振動障害、頸部脊髓症は、2000Hz、250Hzで高値の傾向がみられたが、5Hzではその傾向はみられなかった。糖尿病、手根根幹症候群では、第2指の2000Hz、250Hzだけでなく、5Hzでも高い傾向がみられた（図4）。図には示さないが、5指では肘部管症候群で2000Hz、250Hzで高値の傾向がみられた。

図4 対照群と各疾患群のCPT値(第Ⅱ指)



【考 察】

振動覚閾値は、年齢差や施設間差があるため、単純には比較できないが、第II・V指では、force choice methodとvon Békésy method両者とも振動障害、頸部脊髄症で高値の傾向がみられた。

一方、ニューロメーターを用いた電流知覚閾値（CPT）検査は2000Hz、250Hz、5Hzの正弦波の0～10mAの電流を流し、感覚閾値を調べる方法である。2000Hzは、直径5～15 μ の有髄神経であるA β 神経線維を刺激し、250Hzでは直径1～5 μ の有髄神経であるA δ 神経線維を刺激し、5Hzは直径0.4～1.5 μ の無髄神経であるC線維を選択的に刺激するといわれている。

今回の検討より、測定部位を考慮した振動覚閾値検査、電流知覚閾値検査は、振動障害と糖尿病、手根管症候群、肘部管症候群等の末梢神経障害の鑑別に役立つ可能性があると考えられた。

振動障害と糖尿病における振動覚閾値、電流知覚閾値

【目 的】

最近、糖尿病は日本人食生活の欧米化を背景に急増しているが、末梢神経障害、血管障害という点で振動障害と類似した病態を呈することから、振動障害の診断の際、鑑別が必要となる。

このため、末梢神経障害の評価に関する検査法として振動覚閾値、電流知覚閾値（Current Perception Threshold CPT）検査を行い、対照群、糖尿病群、振動障害群のデータを用いて、振動障害と糖尿病の鑑別診断における考察を行った。

【対象と方法】

北海道中央労災病院、北海道中央労災病院せき損センター、釧路労災病院、山陰労災病院、愛媛労災病院、熊本労災病院から患者群113名と対照者群243名を対象とした。

振動工具使用者群の65名から手根管症候群および肘部管症候群がなく、神経症状のストックホルムスケール以上の振動障害の症例を選び出し、振動障害患者と対照者を性、年齢、施設でマッチングして、21例を抽出した。さらに糖尿病患者と対照者を年齢、施設でマッチングして各16例を抽出した。

振動障害患者21名は平均年齢 59.8 ± 12.1 歳であり、対照者は 60.1 ± 12.2 歳であった。

Stockholm Neural Scaleは、末梢神経障害scale 2（しびれと知覚の低下がある）以上が17名、末梢循環障害scale 2以上（レイノー現象が中節以上でみられる）が14名であった。

糖尿患者16例の平均年齢 57.8 ± 13.3 、罹病期間 17.0 ± 7.0 年、平均HbA1c 7.2 ± 0.98 (%)、平均FBS 141 ± 13 mg/dlで、合併症として高血圧6名、動脈硬化2名、糖尿病性腎症4名、糖尿病性足病変（白癬症）2名であった。

振動覚閾値検査は、リオン社製とHVLab社製の2種類の方法で行い、電流知覚閾値検査（Current Perception Threshold）値をニューロメーター（Neurometer, Neurotron, Inc, Baltimore）による2,000Hz, 250Hz, 5Hzで測定し、それぞれの値を対照者と各疾患の患者で比較した。測定部位は、第II、V指とした。測定条件は、室温 24°C で、手指の皮膚温 $>30^{\circ}\text{C}$ とした。

【結果】

振動障害患者と対照者の結果を表5に示した。force choice methodであるRion社製の振動覚閾値検査では、第2指と第5指とも対照者と振動障害患者で有意の差がみとめられた。von Békèsy法であるHVLab社製の振動覚閾値検査でも、第2指と第5指とも対照者と振動障害患者間で有意の差がみとめられた。CPTでは、第2指の250Hzのみ第5指ではすべての周波数で、対照者と振動障害患者間で有意の差がみとめられた。

表5 振動障害患者と対照者の振動覚閾値、電流知覚閾値

		対照	振動
		21	21
例数			
年齢		62.0(30-75)	63.0(30-73)
リオン(125Hz)第2指	dB	0.00(-10.0-17.5)	7.5(-2.5-20.0)**
リオン(125Hz)第5指	dB	2.5(-10.0-10.0)	12.5(0.0-27.5)**
HvLab(125Hz)第2指	m/s ²	0.228(0.022-0.896)	0.360(0.143-10.271)*
HvLab(125Hz)第5指	m/s ²	0.240(0.047-1.508)	0.491(0.201-22.542)**
CPT(2kHz)第2指	0.01mA	236(128-416)	288(197-692)
CPT(250Hz)第2指	0.01mA	91(49-154)	113(43-285)*
CPT(5Hz)第2指	0.01mA	63(11-138)	77(19-203)
CPT(2kHz)第5指	0.01mA	212(152-324)	268(232-380)**
CPT(250Hz)第5指	0.01mA	75(24-140)	113(31-180)**
CPT(5Hz)第5指	0.01mA	52(9-99)	75(13-81)*
中央値(最小—最大)			
* p<0.05 **p<0.01			

糖尿病患者と対照者の結果を表6に示した。Rion社製の振動覚閾値検査では、第2指と第5指とも対照者と糖尿病患者で有意の差がみとめられた。HvLab社製の振動覚閾値検査では、第5指のみで対照者と糖尿病患者間で有意の差がみとめられた。

CPTでは、第2指、第5指ともすべての周波数で、対照者と糖尿病患者間で有意の差がみとめられた。

表6 糖尿病患者と対照者の振動覚閾値、電流知覚閾値

		対照	糖尿
		16	16
例数			
年齢		57.0(34-77)	57.0(33-78)
リオン(125Hz)第2指	dB	1.3(-5).0-17.5)	7.5(0.0-22.5)*
リオン(125Hz)第5指	dB	2.5(-5.0-12.5)	7.5(0.0-20.0)*
HvLab(125Hz)第2指	m/s ²	0.229(0.095-0.925)	0.492(0.177-2.559)
HvLab(125Hz)第5指	m/s ²	0.554(0.120-2.027)	0.884(0.336-6.804)**
CPT(2kHz)第2指	0.01mA	242(128-412)	410(222-623)**
CPT(250Hz)第2指	0.01mA	85(31-154)	181(85-999)**
CPT(5Hz)第2指	0.01mA	51(11-95)	100(33-999)**
CPT(2kHz)第5指	0.01mA	228(140-324)	316(204-526)**
CPT(250Hz)第5指	0.01mA	76(20-140)	121(20-461)*
CPT(5Hz)第5指	0.01mA	49(17-99)	82(13-242)*
中央値(最小—最大)			
* p<0.05 **p<0.01			

【まとめと考察】

振動障害患者は、振動覚閾値検査で異常がみられ、電流知覚閾値検査では一部で異常がみられた。糖尿病患者では、電流知覚閾値検査で異常がみられ、振動覚閾値検査でも一部で異常がみられた。振動覚閾値検査は、パッチーニ小体など振動覚のレセプター機能を電流知覚閾値検査は、神経線維を主に調べている。糖尿病では、第2指の電流知覚閾値検査の2000Hz、250Hzだけでなく、5Hzでも顕著に高い傾向がみられた。振動障害は、第2指で250Hzにおいて有意に高値であるが、5Hzではその傾向はみられなかった。

電流知覚閾値検査、振動知覚閾値検査は、振動障害と糖尿病の末梢神経障害の鑑別診断や病態解明に有効であることが示唆された。

「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
朝田 政克	北海道中央労災病院 心臓血管外科部長
小笠原和宏	釧路労災病院 副院長・外科部長
木戸 健司	愛媛労災病院 外科部長
池田 天史	熊本労災病院 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長
黒沢 洋一	鳥取大学 医学部健康政策医学分野教授
藤原 豊	北海道中央労災病院せき損センター（嘱託医）

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、普及事業により行われた。

※ 「振動障害分野」

テーマ：振動障害の末梢循環障害、末梢神経障害等の客観的評価法に係る研究・開発、普及