

電流知覚閾値の皮膚温の影響

黒沢 洋一¹⁾, 那須 吉郎²⁾

¹⁾鳥取大学医学部健康政策医学分野

²⁾山陰労災病院振動障害センター

(平成 23 年 4 月 4 日受付)

要旨：電流知覚閾値検査における皮膚温の影響について調べた。対象は、末梢循環障害のない健康なボランティア 8 名（全員男性 平均年齢 39.0 ± 14.1 ）とした。ニューロメーター（Neurometer, Neurotron, Inc, Baltimore）を用いて 2,000Hz, 250Hz, 5Hz の正弦波電流による刺激を加え第 2 指と第 5 指の電流知覚閾値を測定した。安静時皮膚温が 27°C 以上あれば、電流知覚閾値を測定後、手指 15°C の冷水に 5 分間漬け、皮膚温が 27°C 以下になったのを確認し、電流知覚閾値を測定した。安静時皮膚温が 27°C 未満であれば、電流知覚閾値を測定後、 35°C の温水に指を 5 分間漬け、皮膚温が 27°C 以上になったのを確認し、同様に電流知覚閾値を測定した。対象者の皮膚温 27°C 以上と 27°C 未満での電流知覚閾値検査の値を比較した。小指の皮膚温 27°C 未満における 5 Hz での電流知覚閾値は、 27°C 以上の値に比較して、有意に低下していた。皮膚温の低下における 5 Hz での電流知覚閾値の低下の機序は不明であるが、電流知覚閾値検査は皮膚温の影響を受けることがわかった。そのため、この検査の測定条件として皮膚温を考慮する必要がある。

(日職災医誌, 59: 293—296, 2011)

—キーワード—

電流知覚閾値, 皮膚温, 末梢神経障害

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神経伝導速度検査¹⁾や振動覚閾値検査²⁾が広く行われている。神経伝導速度は、客観的な検査方法であるが、主に太い有髄神経線維を反映し、神経の圧迫、変性などの比較的高度の障害がみられないと異常値を示さないことが多い。振動覚いき値検査は、皮膚の数種類の受容体とそれらを介する A β 線維の有髄神経線維機能を検査しているといわれている。そのため、温度覚いき値検査、痛覚のような無髄神経線維である C 神経線維の伝達する知覚の定量的測定も加える必要があると指摘されている³⁾。

ニューロメーターを用いた電流知覚閾値（Current Perception Threshold CPT）検査は 2,000Hz, 250Hz, 5 Hz 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。2,000Hz 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⁴⁾⁵⁾。この電流知覚閾値検査は、振動障害における末梢神経障害の評価に用いられはじめたが^{6)~9)}、診断的価

値はまだ明確ではない¹⁰⁾。また、測定条件、特に皮膚温の影響については検討されていない¹⁰⁾。そこで、電流知覚閾値検査の皮膚温の影響について調べた。

対象と方法

末梢循環障害のない健康なボランティア 8 名（学生および病院職員、全員男性）とした。平均年齢は 39.0 ± 14.1 であった。被験者には測定前に十分に説明し、同意を得た。本研究を行うにあたり、労働者健康福祉機構の倫理審査委員会の承認を得た。

ニューロメーター（Neurometer, Neurotron, Inc, Baltimore）を用いて三種（2,000Hz, 250Hz, 5Hz）の正弦波電流による刺激を加え第 2 指と第 5 指を測定した。直径 1cm の 2 対の電極を指の末節の指掌外側に接着した。standard mode で、刺激の強さを 0~9.99mA まで加え、感知しはじめる付近で刺激の強さを 0.04mA 単位で増減し、繰り返し測定し、刺激を感知する最小の電流の強さ、電流知覚閾値を決定した。

測定時期は 2010 年 1~2 月で、室温は 21°C とし、測定前 30 分に入室し、室内環境に順化した。対象者の皮膚温 27°C 以上と 27°C 未満での電流知覚閾値検査の値を比較

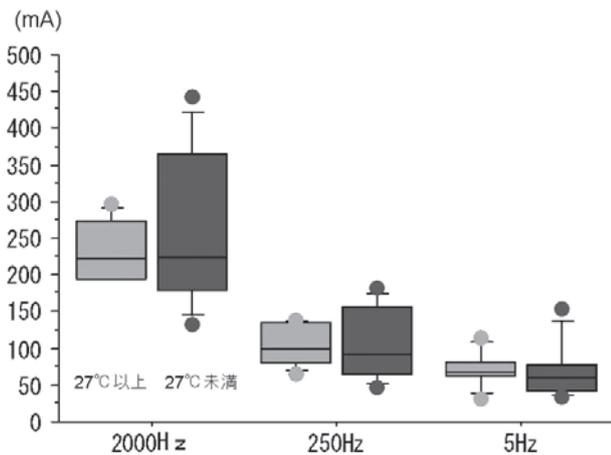


図1 皮膚温27℃以上と27℃未満での3種の周波数別電流知覚閾値の比較(示指)

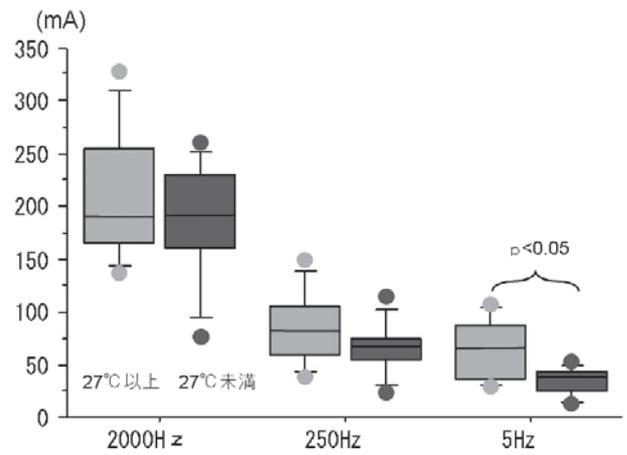


図2 皮膚温27℃以上と27℃未満での3種の周波数別電流知覚閾値の比較(小指)

した。指先の皮膚温をモニターし、安静時皮膚温度が27℃以上あれば、電流知覚閾値を測定し、その後指を15℃の冷水に5分間漬け、27℃以下になったのを確認し、電流知覚閾値を測定した。安静時皮膚温が27℃未満であれば、電流知覚閾値を測定し、その後35℃の温水に指を5分間漬け、皮膚温が27℃以上になったのを確認し同様に電流知覚閾値を測定した。負荷前後の測定間隔は30分以上あけた。

対象者の皮膚温27℃以上と27℃未満での電流知覚閾値の2群の差の検定にはWilcoxonの符号付順位和検定を用いた。

結 果

安静時の皮膚温が27℃未満であった対象者は4名で、残りの4名は安静時皮膚温度が27℃以上であった。皮膚温27℃以上の平均皮膚温は $31.8 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 、最大と最小値はそれぞれ 33.0°C と 30.4°C であった。27℃未満の平均皮膚温は $24.6 \pm 1.6^\circ\text{C}$ であり、最大と最小値はそれぞれ 26.8°C と 22.4°C であった。

図1, 2に皮膚温27℃以上と27℃未満での電流知覚閾値検査結果の比較を示した。示指の電流知覚閾値は、2,000Hzで27℃以上と27℃未満でそれぞれ 233 ± 44 (mA)と 264 ± 110 、250Hzでは 104 ± 25 と 110 ± 44 、5Hzでは 72 ± 22 と 61 ± 33 であり、皮膚温27℃以上と27℃未満の間に電流知覚閾値に有意差はなかった。小指では、2,000Hzで27℃以上と27℃未満でそれぞれ 214 ± 68 、 186 ± 46 、250Hzでは 91 ± 43 と 74 ± 20 と、両群に電流知覚閾値の有意差はなかった。5Hzでは、皮膚温27℃以上と27℃未満でそれぞれ 71 ± 26 と 38 ± 18 であり、27℃未満は27℃以上に比較して、電流知覚閾値の有意の低下がみられた。

また、安静時の皮膚温が27℃未満の対象者4名と他の4名の電流知覚閾値を比較したが有意の差はみられなかった。

考 察

ニューロメーターを用いた電流知覚閾値検査の利点としては有髄神経線維であるA β 神経線維、A δ 神経線維と無髄神経のC線維の異なる神経線維を介する知覚の定量的測定評価が行えることである⁵⁾。また、皮膚の抵抗に関係なく一定の強さの電流刺激を行うことができるので、振動障害患者に多い皮膚の肥厚の影響を受けにくいことがあげられる⁷⁾。一方、測定条件、特に皮膚温の影響については検討されていないのが問題点として上げられる。皮膚温度が15~20℃以下と極端に低くなると、寒冷疼痛が誘発されることが知られており¹¹⁾、測定条件として好ましくないことは常識的に理解できる。30℃以下の軽度の低皮膚温は検査室温条件でも頻繁に見られる。振動障害の検査として広く用いられている振動覚閾値検査では皮膚温による影響が知られている。Koradecka¹²⁾は30人の健常な男性を対象として、皮膚温16~34℃の範囲で、指皮膚温の変化中の振動覚閾値を測定した。皮膚温が低下していた時、振動知覚の閾値は上昇し、皮膚温が上昇した時、閾値は低下したと報告している。そのため、ISOの振動覚閾値検査条件として27℃~35℃の皮膚温での測定が推奨されている¹³⁾。振動覚では、皮膚温低下により振動覚閾値は上昇し、この機序として振動覚の受容体であるpacinian小体を介するA β 有髄神経線維が虚血に敏感であり、皮膚温低下に伴う血管収縮による虚血が関連していると推測している¹³⁾。

今回我々は電流知覚閾値にあたる皮膚温の影響を、8名の対象者で皮膚温27℃以上と27℃未満での電流知覚閾値検査の値を比較して調べた。小指の皮膚温27℃未満における5Hzでの電流知覚閾値が、27℃以上の値に比較して、有意に低下していた。振動覚では、皮膚温の低下により、閾値の上昇(知覚の鈍磨)がみられるが、無髄神経のC線維を刺激する5Hzの電流知覚閾値では、逆に閾値の低下がみられた。皮膚温と知覚の関連では、皮

皮膚温が低下すると虚血により A β , A δ 有髄神経線維の知覚の伝達が不活化されるが, 替わって無髄神経の C 線維の伝達する知覚が活性化される知覚伝達システムが推測されている¹⁴⁾. 皮膚温 27°C 未満で見られた 5Hz での電流知覚閾値低下の機序は明らかではないが, この無髄 C 神経線維の特質が関わっているのかもしれない.

いずれにしても, ニューロメーターを用いた電流知覚閾値検査においては, 皮膚温の影響を受けることが明らかであり, この電流知覚閾値検査の皮膚温の測定条件を定める必要がある. 電流知覚閾値検査の適正な測定条件としての皮膚温の決定にはさらに例数を増やし, 皮膚温の幅も広くして, 検討する必要があるが, 当面は, 振動知覚検査で定められている 27°C~35°C の皮膚温において測定するなどの考慮が必要と考えられる.

結 論

電流知覚閾値検査は皮膚温の影響を受けるため, 測定条件として皮膚温を考慮する必要がある.

本稿の要旨は第 58 回日本職業・災害医学学術大会 2010 年 11 月 2~3 日にて発表した.

謝辞: この研究は独立行政法人労働者福祉機構の「振動障害の研究開発」における「振動障害の末梢神経障害の客観的検査法としての振動知覚閾値, 電流感覚閾値, 末梢神経伝導速度の有効性に関する研究」(主任研究者 那須吉郎) によるものの一部である.

文 献

- 1) Sakakibara H, Kondo T, Miyao M, et al: Digital nerve conduction velocity as a sensitive indication of peripheral neuropathy in vibration syndrome. *Am J Indust Med* 26: 359—366, 1994.
- 2) Matoba T, Sakurai T: Physiological methods used in Japan for diagnosis of suspected hand-arm vibration syndrome. *Scand J Work Environ Health* 13: 334—336, 1987.
- 3) Olsen N, Mats H: Clinical and laboratory diagnostics of vascular symptoms induced by hand-arm vibration, Stockholm Workshop 94. Hand-arm vibration syndrome: diagnostics and quantitative relationships to exposure. Proceedings. Gosta G, et al, editors. *Arbete och Halasa*, 1995, pp 181—186.
- 4) Katims JJ, Navisasky EH, Ng LKY: New screening devise for assessment of peripheral neuropathy. *J Occup Med* 28: 1219—1221, 1986.
- 5) Katimus JJ, Naviasky EH, Rendell MS, et al: Constant current sine wave transcutaneous nerve stimulation for evaluation of peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil* 68: 210—213, 1987.
- 6) 那須吉郎, 黒沢洋一, 石垣宏之, 他: 振動障害における電流知覚閾値 (Current Perception Threshold CPT) の測定. *日災医誌* 47 (1): 12—19, 1999.
- 7) Kurozawa Y, Nasu Y: Current perception thresholds in vibration-induced neuropathy. *Arch Environ Health* 56 (3): 254—256, 2001.
- 8) Lander L, Lou W, House R: Nerve conduction studies and current perception thresholds in workers assessed for hand-arm vibration syndrome. *Occup Med (Lond)* 57 (4): 284—289, 2007.
- 9) House R, Krajnak K, Manno M, et al: Current perception threshold and the HAVS Stockholm sensorineural scale. *Occup Med (Lond)* 59: 476—482, 2009.
- 10) Kurozawa Y, Hosoda T, Nasu Y: Current perception threshold for assessment of the neurological components of hand-arm vibration syndrome: A review. *Yonago Acta Medica* 53: 59—64, 2010.
- 11) Chery-Crose S: Painful sensation induced by a thermal cutaneous stimulus. *Pain* 17: 109—137, 1983.
- 12) Karadecka D: Changes in threshold of vibration sensitivity depending on skin temperature. *Acta Physiol Pol* 25 (39): 207—214, 1974.
- 13) ISO/FDIS 1301-1 Mechanical vibration -vibrotactile perception threshold for the assessment of nerve dysfunction-part 1: Methods for measurement at the fingertips. International Organization for standardization. 2001
- 14) Chaperon M, Baumann TK, Bostock H, et al: Human cutaneous C fibers activated by cooling, heating and menthol. *J Physiol* 587: 5633—5652, 2009.

別刷請求先 〒683-8504 鳥取県米子市西町 86
鳥取大学医学部健康政策医学分野
黒沢 洋一

Reprint request:

Youichi Kurozawa
Division of Health Administration and Promotion, Faculty of Medicine, Tottori University, 86, Nishi-cho, Yonago, 683-8504, Japan

Effect of Skin Temperature on the Current Perception Threshold (CPT) Test

Youichi Kurozawa¹⁾ and Yoshiro Nasu²⁾

¹⁾Division of Health Administration and Promotion, Faculty of Medicine, Tottori University

²⁾Clinical Research Center of Hand-Arm Vibration Syndrome, San-in Rosai Hospital

This study aimed to investigate the effect of skin temperature on the current perception threshold (CPT) test. The study subjects were 8 male volunteers (mean age 39.0 ± 14.1 years). Measurements of the CPT at frequencies of 2,000, 250 and 5 Hz were conducted with a Neurometer. The measurements were carried out on the volar surface of the tips of the index finger for the median nerve and the little finger for the ulnar nerve. If skin temperature was higher than 27°C at rest, the CPT was measured at a finger skin temperature of $\geq 27^{\circ}\text{C}$. Fingers were then cooled for 5 min. using cold water at 15°C until the resulting skin temperature decreased to less than 27°C . If skin temperature was lower than 27°C at rest, the CPT was measured at a finger skin temperature $< 27^{\circ}\text{C}$. The fingers were warmed for 5 min. using cold water at 35°C until the resulting skin temperature exceeded 27°C , and the CPT was measured at a finger skin temperature $\geq 27^{\circ}\text{C}$. The results of the CPT in the subjects were compared between finger skin temperatures of $< 27^{\circ}\text{C}$ and $\geq 27^{\circ}\text{C}$. The CPT of the little finger at 5 Hz was significantly decreased at a finger skin temperature $< 27^{\circ}\text{C}$ compared with that of finger skin temperature $\geq 27^{\circ}\text{C}$. Therefore, skin temperature was found to affect the CPT test. Finger skin temperature should be considered for measurement conditions of the CPT test.

(JJOMT, 59: 293—296, 2011)