

## 短潜時体性感覚誘発電位による頸髄評価のための 立ち上がり潜時差による中枢伝導時間の基礎的検討

鳥取大学医学部保健学科病態検査学講座（主任 廣岡保明教授）

高森稔弘, 赤尾聡紀, 樋口あゆ, 細田優太, 松野 悠,  
勝中信行, 服部博明, 平井英誉, 小谷由香, 佐藤研吾,  
福田千佐子, 廣岡保明

## Onset central conduction time evaluation for cervical cord assessment using short-latency somatosensory evoked potential

Toshihiro TAKAMORI, Toshiki AKAO, Ayu HIGUCHI,  
Yuta HOSODA, Haruka MATSUNO, Nobuyuki KATSUNAKA,  
Hiroaki HATTORI, Hideyoshi HIRAI, Yuka KODANI,  
Kengo SATO, Chisako FUKUDA, Yasuaki HIROOKA

*Department of Pathobiological Science and Technology, School of Health Science,  
Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan*

### ABSTRACT

We studied the onset measurements of short-latency somatosensory evoked potential (SSEP) for the cervical cord in 9 healthy volunteers. We analysed the difference in central conduction time (CCT) measured by different examiners. Furthermore, we compared the median and ulnar nerves in terms of onset CCT (time from N13 onset to N20 onset) and peak CCT (time from N13 peak to N20 peak). We also measured the conduction time when the electrodes were connected at 2 intervertebral disks in presence of the ascending negative wave in the cervical cord. The onset and peak CCTs measured by different examiners were in concordance, and the concordance was better for the peak values. The input differential to cervical cord at the median and ulnar nerves showed significant difference only in the onset measurement. In addition, the conduction time measured at the 2 intervertebral disk was not significantly different between the median and ulnar nerves. In conclusion, we demonstrated that the onset CCT measurement is more accurate. However, both onset and peak CCT measurements were accurate when the reference electrode was placed at the anterior neck. The present results suggest that our measurement of CCT might be more useful for the diagnosis of cervical myelopathy than that of peak CCT. (Accepted on December 17, 2012)

**Key words** : short-latency somatosensory evoked potential, onset central conduction time, peak central conductiontime, cervical cord

## はじめに

短潜時体性感覚誘発電位 (short-latency somatosensory evoked potential: 以下, SSEPと略記) は末梢から中枢における感覚神経の状態を把握できる検査であり, 大脳皮質および脳幹機能評価に用いられてきた。近年, 頸椎症性脊髄症<sup>1,2)</sup>, 平山病<sup>3)</sup>, 脊髄空洞症<sup>4)</sup>, 軟骨形成不全<sup>5)</sup>, 知覚神経障害<sup>6)</sup>等の頸髄症の診断において, 通常用いられているMRIと比較し, 初期段階でも異常がとらえられる可能性のあるSSEPの有用性が報告され始めた<sup>1)</sup>。しかしながら, 一般的にSSEPは要素波の頂点 (以下, peakと略記) 潜時で記録されている<sup>7,8)</sup>が, 頸髄症患者ではpeakの波形は単峰とは限らず計測が難しい場合があることが指摘されている<sup>9)</sup>。それに対し, 波の立ち上がり点 (以下, onsetと略記) の確認は比較的容易であり, 頸髄症患者における中枢伝導時間 (central conduction time: 以下, CCTと略記) においてもonset CCTの方がpeak CCTより鋭敏に頸髄後索の伝導異常を捉え, 初期段階における軽微な後索病変も捕捉可能と報告されている<sup>10,11)</sup>。

今回われわれは, 頸髄症の診断を目的として, 健常人を対象に頸髄由来SSEP波形のonset計測の基礎的検討を行ったので報告する。

## 対象および方法

## 対象

対象者は健常な学生9名 (男6名, 女3名: 平均年齢23歳) である。全対象者は身体的及び神経学的異常が無く, ボランティアで参加した。研究に先立ち, 対象者に主旨と内容を口頭で説明し同意を得た。

## SSEP測定

SSEP測定用の機器は日本光電MEB-9400シリーズニューロバックS1を使用し, 帯域通過フィルターは20 Hz~2 kHzに設定した。電極はAg-AgCl皿電極を使用し, 電極配置は刺激対側エルブ点 (以下, Erbと略記) を頭部外基準電極 (以下, NCと略記) とし, 国際10/20法に基づくC3の2 cm後方 (以下, Pcと略記), 正中前額部 (以下, Fzと略記), 前頭部 (以下, ANと略記), 第6頸椎棘突起上 (以下, cv6と略記) に関電極を置き, 電極のインピーダンスを5 k $\Omega$ 以下に保った。アースは刺激部位より上部の腕に設置した。刺激は手首とし, 測定神経は正中神経と尺骨神経, 刺激強度は運動閾値上, 刺激頻度は3 Hz, 加算回数500回で行った。対象者はベッド上仰臥位にて, 安静覚醒状態で以下の検討を行った。①正中神経刺激におけるCCT計測の検者間差, ②脊髄への入力レベル差がある正中神経と尺骨神経刺激におけるCCTの比較を行った。次に同様の機器, 電極

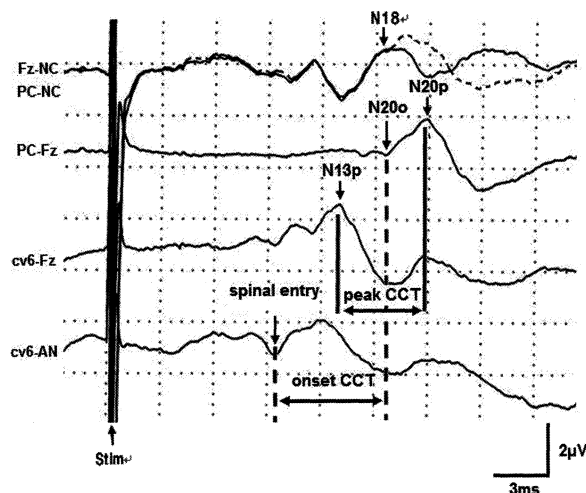


図1. onset CCT, peak CCTの計測方法

健常者SSEP (安静覚醒時). Fz-NCを実線, PC-NCを点線で示す。

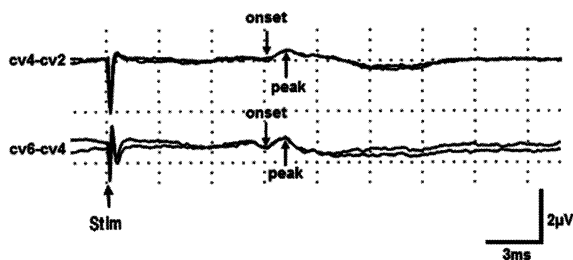


図2. 頸椎導出SSEP波形の計測方法

健常者の頸椎導出SSEP (安静覚醒時).

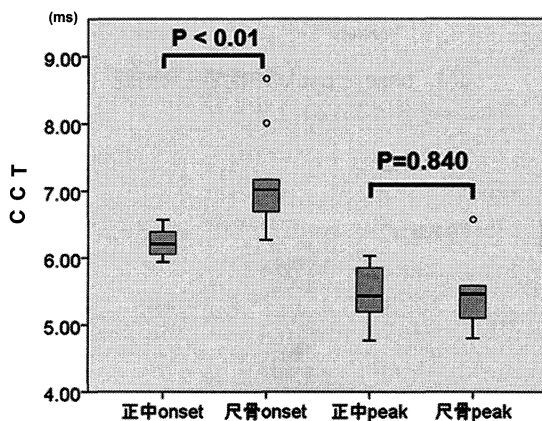


図3. 正中神経刺激と尺骨神経刺激におけるCCTの比較

正中神経刺激と尺骨神経刺激における潜時を比較すると、onset CCTでは有意差が認められたが ( $p < 0.01$ )、peak CCTでは有意差が認められなかった ( $p > 0.05$ )。

を使用して、ANを基準電極とし第2頸椎棘突起上 (以下、cv2と略記)、第4頸椎棘突起上 (以下、cv4と略記)、cv6に関電極を置き、③2椎間伝導時間を測定した。

波形の計測

オフライン演算機能により、①、②ではPc-Fz, cv6-Fz, cv6-AN, ③ではcv2-cv4, cv4-cv6の各誘導波形を求めた。onset CCTの計測は高田ら<sup>10)</sup>の方法を基に、peak CCTの計測は従来の方法を基に、皮質電位N20と脊髄電位N13の立ち上がり潜時差をonset CCT, N20とcv6-Fz導出N13の頂点潜時差をpeak CCTとして検討した (図1)。2椎間伝導時間については上行性陰性波のonset潜時とpeak潜時から求め、検討した (図2)。

統計解析

PASW Statistics18を用いKolmogorov Smirnov

の正規性の検定と正規性の有無の検定を行った後、二標本t検定を行った。なお、結果は平均値 ± 標準偏差で表した。

## 結果

1. 正中神経刺激におけるCCT計測の検者間差  
onset CCTとpeak CCTについて検者間の波形計測誤差の検討を行った。変動係数はonset CCT 1.8%, peak CCT 2.8%と両者とも良好な結果であり、onset CCTの方がより低値であった。
2. 脊髄への入力レベル差がある正中神経と尺骨神経刺激におけるCCTの比較

正中神経刺激におけるonset CCTおよびpeak CCTは、それぞれ $6.23 \pm 0.22$  msec,  $5.44 \pm 0.43$  msecであった。また尺骨神経刺激によるonset CCTおよびpeak CCTは、それぞれ $7.16 \pm 0.70$

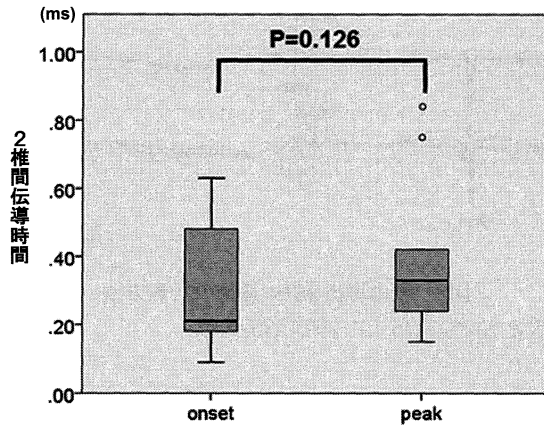


図4. onsetとpeakの2椎間伝導時間

両者に有意差は認められなかった。

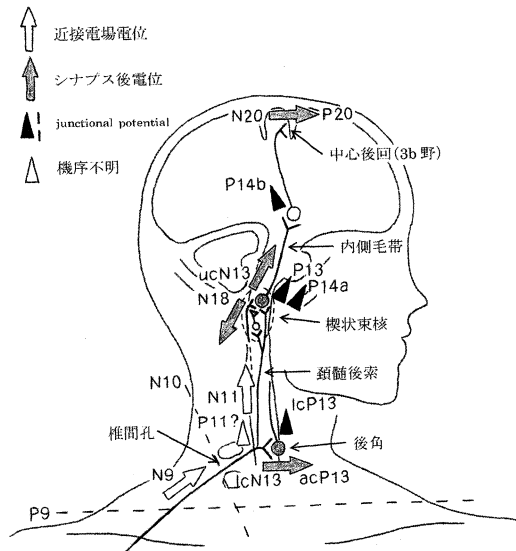


図5. 正中神経SEPの各成分の起源 (文献12の筆者, 出版社より許諾を得て引用)

cv6で記録されるN13 (lcN13) は頸髄下部の後角起源. P14は脳幹のjunctional potential (遠隔電場電位). N20は中心後回の中心溝に面した前壁にある3b野由来.

msec,  $5.40 \pm 0.50$  msecであった. 正中神経刺激と尺骨神経刺激におけるそれぞれの潜時を比較すると, onset CCTでは両者に統計学的有意差が認められたが ( $p < 0.01$ ), peak CCTでは有意差が認められなかった ( $p > 0.05$ ) (図3). また正中神経刺激によるonset CCTと尺骨神経によるonset CCTの平均値差は0.87 msecであった.

### 3. 2椎間伝導時間

cv6-cv4間の伝導時間はonsetで $0.31 \pm 0.19$

msec, peakで $0.40 \pm 0.23$  msecとなり, 両者に有意差は認められなかった (図4).

### 考 察

検者間での波形計測誤差の検討はonset, peakとも変動係数は5%以下で良好な結果であったが, onsetの方がより小さく, バラつきが少なかった. これはonsetに比べpeak波形は複数の電位の複合で生じることが原因であり, 波形の立ち上がりは

単独成分に由来するが、頂点や形は複数の電位の影響を受けるためと考えられた。園生<sup>12)</sup>はpeak CCTを計測する上で、正中神経刺激体性感覚誘発電位のN13電位は脳幹由来の遠隔電場電位P14が及ぶため、複合波となると報告している(図5)。しかし、今回は対象が健常人であり、比較的peak波形が安定していたことより、両者に有意差が認められなかったのではないかと考えられた。

一方、N20 onsetはPc-NC導出とFz-NC導出、すなわち頭頂葉導出と前頭葉導出での共通経路由来のN18を重ね合わせたとき、感覚野導出N20と前頭葉導出P20がそれぞれ陰性と陽性に分かれる点と報告されている<sup>10)</sup>。今回、われわれもそれに従った。このようにonset決定にはN20-P20の分岐点が目印になるが、peak測定にはonsetのような同定のための明確な根拠がないことが、検者間でのばらつきの原因と考えられた。

正中神経刺激と尺骨神経刺激におけるonset CCTおよびpeak CCTの比較において、入力頸椎の違いはonset CCTにのみ有意差が認められた。刺激に用いた正中神経の脊髄入力レベルは第6～7頸髄、尺骨神経は第8頸髄であり、解剖学的に1～2髄の入力レベルの差があると言われている<sup>13)</sup>。今回、onset CCTではその差を鋭敏に反映したがpeak CCTでは両神経間差は認められなかった。前述したように、peak CCTの計測に用いられる楔状束核由来N13は内側毛帯由来P14成分との複合波になると言われている。この結果、計測時のN13頂点潜時が、P14電位の頂点潜時と類似すると報告されている<sup>14)</sup>。P14は後頸部初期陰性電位N13より上位脳幹由来成分<sup>15)</sup>であり、peak CCTは脳幹から一次感覚野のシナプス電位が最大になった時間(N20)までを反映することになる。即ち、peak CCTは頸髄後索の伝導時間を含まないため、解剖学的な脊髄への入力差を判別できなかったと考えられた。田野崎ら<sup>13)</sup>は同様の検討で尺骨神経onset CCTの方が正中神経刺激のそれより平均0.31 msec長いと報告している。われわれの検討では、尺骨神経onset CCTの方が平均0.87 msec長かった。

また高田ら<sup>11)</sup>は、cv6-ANのspinal N13成分とN20との頂点間潜時によって求めた“peak” CCTの方が、基準電極をFzとした従来法のpeak CCTより検出率がいくぶん高いが、onset CCTと比較すると検出率が低いと報告している。その理由と

しては、N20成分の持続時間は個体差が大きいため、“peak” CCTのばらつきが大きくなったが、N20成分の持続時間に影響のないonset潜時を用いた場合は患者間の誤差が少なくCCTを計測できるためと思われた。これらのことから、onset計測の方が検者間・患者間の誤差が少なく、頸髄後索伝導を含む正確なCCTを計測できると考えられた。

次に、体表からcv6-cv4の2椎間伝導時間の計測が可能かどうか検討した結果、2椎間伝導時間にonset潜時、peak潜時ともに2椎間の差を確認できたが、onsetとpeak間で有意差は認められなかった。その理由としては、今回の検討では従来の基準電極(Fz)と異なり、ANを基準電極として基準電極・関電極ともに頸部で測定したため、導出波が脳幹・皮質の電位を反映せずpeak、onset間で有意差が認められなかったと考えられた。

## 結 語

SSEPによるCCTの計測においてonsetの方がpeakより安定した計測ができ、脊髄への入力差を鋭敏に反映した。また、ANを基準電極に用いることで体表からでも頸椎2椎間の伝導時間の計測が可能であった。これらのことから、従来の測定法よりANを基準としonset CCTを測定する方が頸髄症診断により有用であることが示唆された。

## 文 献

- 1) 小野誠司, 小柳泉, 今村博幸, 青樹毅, 会田敏光, 黒澤のり子, 福田亜樹, 新家祐子. 頸椎症発症前から手術後まで偶然SEPを観察できた1症例. 臨床脳波 2008; 50: 510-516.
- 2) Hu Y, Wen CY, Li TH, Cheung MM, Wu EX, Luk KD. Somatosensory-evoked potentials as an indicator for the extent of ultrastructural damage of the spinal cord after chronic compressive injuries in a rat model. Clin Neurophysiol 2011; 122: 1440-1447.
- 3) Polo A, Curro' Dossi M, Fiaschi A, Zanette GP, Rizzuto N. Peripheral and segmental spinal abnormalities of median and ulnar somatosensory evoked potentials in Hirayama's disease. J Neurol Neurosurg

- Psychiatry 2003; **74**: 627-632.
- 4) Fujimoto H, Kaneko K, Taguchi T, Ofuji A, Yonemura H, Kawai S. Differential recording of upper and lower cervical N13 responses and their contribution to scalp recorded responses in median nerve somatosensory evoked potentials. *J Neurol Sci* 2001; **187**: 17-26.
  - 5) Li L, Müller-Forell W, Oberman B, Boor R. Subcortical somatosensory evoked potentials after median nerve and posterior tibial nerve stimulation in high cervical cord compression of achondroplasia. *Brain Dev* 2008; **30**: 499-503.
  - 6) 加地浩, 本間浩樹, 遠藤康治, 筒井隆夫, 松岡雅人, 船越亮太, 藤井史郎, 高田貢子. 知覚神経伝導速度及び短潜時体性感覚誘発電位を用いた振動障害患者の知覚障害評価の試み. *日本職業・災害医学会会誌* 2006; **54**: 11-17.
  - 7) 亀井博之, 中根和彦. 各種疾患における中枢伝導時間. *臨床脳波* 1984; **26**: 487-498.
  - 8) 田中竜太, 須貝研司, 富士川善直, 小牧宏文, 中川栄二, 齊藤義郎, 大戸達之, 橋本俊顕, 佐々木征行. 短潜時体性感覚誘発電位で中枢伝導時間の著明な延長を認めた先天性無痛無汗症の2例. *脳と発達* 2009; **41**: 452-456.
  - 9) 松永義博. 頸髄症患者における短潜時体性感覚誘発電位の臨床応用. *理学療法学* 1999; **26**: 47-52.
  - 10) 高田博仁, 尾崎勇. 後角病変と後索病変の鑑別におけるSEPの有用性. 頸髄症例の検討から. *臨床脳波* 2008; **50**: 10-17.
  - 11) 高田博仁, 尾崎勇, 田野崎真人, 馬場正之, 松永宗雄. 頸髄症におけるSEP所見. 立ち上がり潜時の計測による中枢伝導時間の臨床応用. *臨床神経生理学* 2003; **31**: 273-277.
  - 12) 園生雅弘. SEPの発生源. 遠隔電場電位の原理とSEP末梢・脊髓・脳幹成分の起源. *臨床脳波* 2004; **46**: 605-611.
  - 13) 田野崎真人, 尾崎勇, 馬場正之, 松永宗雄. 尺骨神経刺激SEPの中枢伝導時間の加齢による変化. *臨床脳波* 1999; **41**: 655-658.
  - 14) Mauguiere F, Restuccia D. Inadequacy of the forehead reference montage for detecting abnormalities of the spinal N13 SEP in cervical cord lesions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; **79**: 448-456.
  - 15) 浦崎永一郎, 巖本哲矢, 前田理恵子. 直接記録による短潜時SEP起源の解析. *臨床脳波* 2004; **46**: 612-619.