

- 19) Kahn RL, Marino V, Urquhart B et al: Hemodynamic changes associated with tourniquet use under epidural anesthesia for total knee arthroplasty. *Reg Anesth* 1992; **17**: 228-232
- 20) Kawada K, Sunagawa G, Takaki H et al: Development of a servo-controller of heart rate using a treadmill. *Jpn Circ J* 1999; **63**: 945-950

脊髄誘発電位を用いた頸髄障害の高位診断^{*1}

池本 竜則^{*2} 牛田 享宏^{*3} 谷口慎一郎^{*3}
井上 真輔^{*3} 谷 俊一^{*3}

はじめに

圧迫性頸髄症は、感覚・運動系のさまざまな症状をもとに、画像上における脊髄の圧迫を根拠として診断されているが、その症状の重症度は必ずしも個々の脊髄圧迫の強さに比例しないことが知られている。このような頸髄症の背景には単なる脊髄の圧迫ではなく、脊髄内の神経細胞体や索路に障害が生じており、そのニューロンの機能障害が症状の重症度に関与しているためであると考えられる。電気生理学的検査の一つである脊髄誘発電位 (spinal cord evoked potential ; SCEP) は、脊髄神経線維の伝導ブロックを同定することができる検査法であり、この伝導ブロックの病態の解明が頸髄症の病態の推察につながるものと考えられる。本稿では、脊髄誘発電位の解釈を computer simulation の結果をもとに概説したうえで、実際の頸髄症手術症例に対し、それぞれ感覚路および運動路のモニターと考えられる上行性および下行

性脊髄誘発電位を術中に記録し、その伝導ブロックの有無やその程度と臨床症状の関係を調査し、それらの電位の起源と脊髄横断面から頸髄症の病態を考察した。

脊髄誘発電位の種類と伝導ブロック

① 上行性脊髄誘発電位 (ascending spinal cord evoked potential ; A-SCEP)

A-SCEP には末梢神経刺激-脊髄記録と脊髄刺激-脊髄記録があり、われわれの施設では主に後者の方法に近く、脊髄円錐部または馬尾刺激を行い、頸椎椎間レベルで上行性の波形を記録することにより、その伝導ブロックを同定している。基本波形は通常2つの陰性棘波として記録され、潜時の早い第1電位は脊髄後側索浅部、遅いほうの第2電位は主に後索を伝導する電位であると考えられている。ただし、刺激強度を非常に強めた場合は、これらの索路以外の線維に由来する波形が含まれることも知られている^{2,3)}。

② 下行性脊髄誘発電位 (descending spinal cord evoked potential ; D-SCEP)

D-SCEP には大脳刺激-脊髄記録によるものと脊髄刺激-脊髄記録があるが、われわれの施設では、経頭蓋的に高電圧電気刺激を行い、頸椎椎間

Key words

圧迫性頸髄症 (compressive-cervical myelopathy)
脊髄誘発電位 (spinal cord evoked potential)
コンピュータシミュレーション
(computer simulation)

^{*1} Electrophysiological Diagnosis of Compressive Cervical Myelopathy with Spinal Cord evoked Potential

^{*2} 高知大学大学院医学系研究科博士課程神経科学系専攻 [〒780-8520 高知市曙町二丁目5-1] / Tatsunori IKEMOTO : Department of Orthopaedics, Kochi Medical School, Kochi University

^{*3} 高知大学医学部生体機能・感染制御学講座運動機能学教室 / Takahiro USHIDA, Shinichirou TANIGUCHI, Shinsuke INOUE, Toshikazu TANI

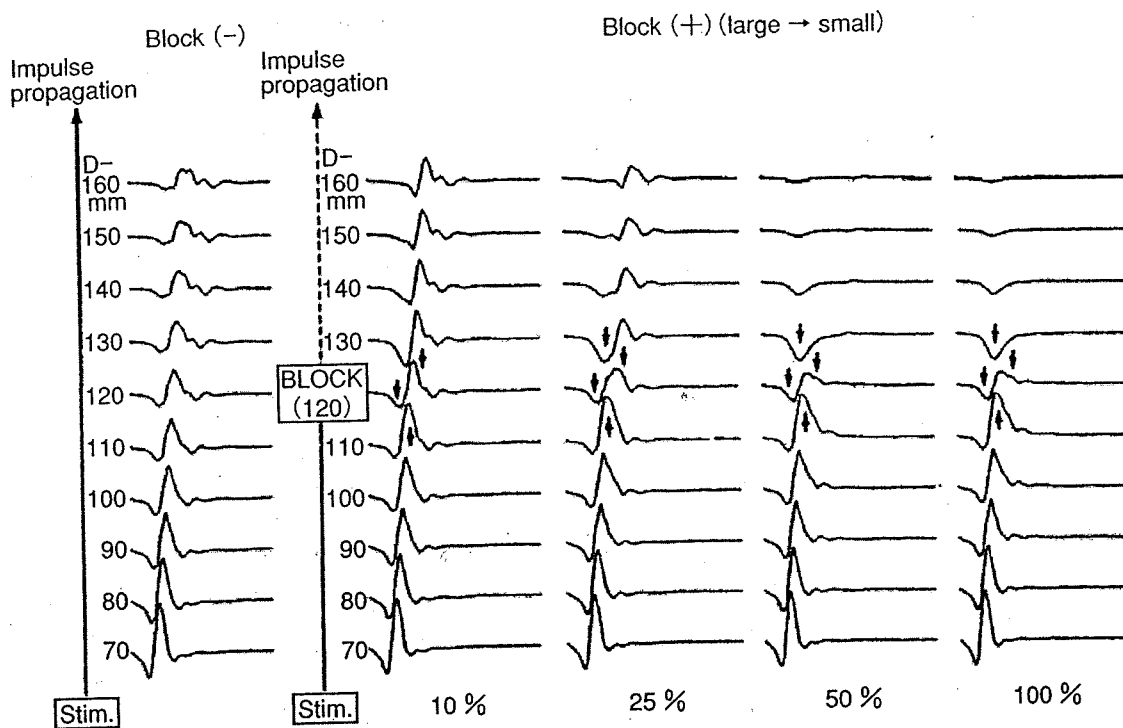


図 1 Computer simulation of A-SCEP⁹⁾
 脊髓小脳路の線維を large fiber から遮断して、block 点を基準に波形を記録。

レベルでの記録により D-SCEP を施行している。刺激部位は大脳皮質運動野付近の頭蓋から行っているが、記録される電位起源についてはその伝導速度から皮質脊髓路以外にも錐体外路系が含まれることが示唆されている³⁻⁷⁾。

③ Computer simulation による伝導ブロックの波形解析⁹⁾

Solid angle approximation theory に基づき、単一の神経インパルスによって生じる電位を computer simulation し、さらにその電位を背側脊髓小脳路の線維径の分布に従って summation することで、脊髓刺激-脊髓記録による SCEP の第一電位を computer simulation した (図 1, 2)。

大径線維から順次、伝導遮断を行っていくと (図 1)、10% 程度の伝導遮断では、遮断直前の波形において初期陰性電位の振幅増大 (augmentation) がみられ、遮断部位においては遮断直前のものと比較して初期陽性電位が大きくなり、陰性電位の低下がみられる (図 1 中矢印参照)。さらに大径線維を 50% 伝導遮断すると、波形変化はより顕著となり、遮断直前の波形で初期陰性電位の振幅増大と、

遮断部位における初期陽性電位の増大、陰性電位の低下がみられ、遮断部位より遠位では killed-end potential (陰性電位の消失) を認めるようになる。この computer simulation からは、陰性電位の消失が伝導遮断部位を特定するのではなく、伝搬していく波形の初期陽性電位と初期陰性電位に注目すると、遮断部位においては遮断部位直前の波形と比較して、初期陽性電位の増大と、初期陰性電位の低下が生じており、この波形変化部位が伝導遮断部位であると理解される。

また、小径線維から伝導遮断を行っていくと (図 2)、0% から約 60% の伝導遮断では明らかな波形変化はないが、75% になると伝導遮断部位より遠位での陰性電位および終末期陽性相の振幅増大がみられている。さらに伝導遮断される線維の数が 85% を超えると陰性電位は急速に減少し、killed-end potential のような波形となってくるものの、98% 遮断でも伝導遮断部位から少し遠位の地点で再び陰性電位が認められている。さらに 100% 遮断ではそれらの陰性電位は消失し、killed-end potential が認められている。

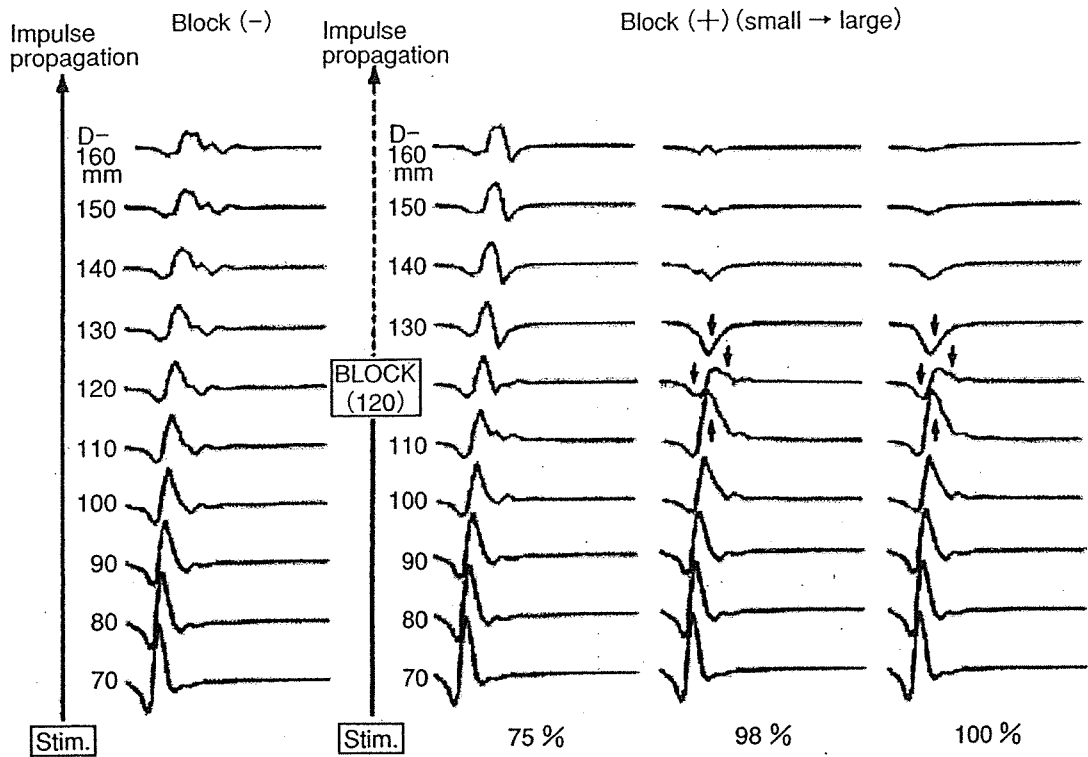


図2 Computer simulation of A-SCEP⁹⁾
 脊髓小脳路の線維を small fiber から遮断して、block 点を基準に波形を記録。

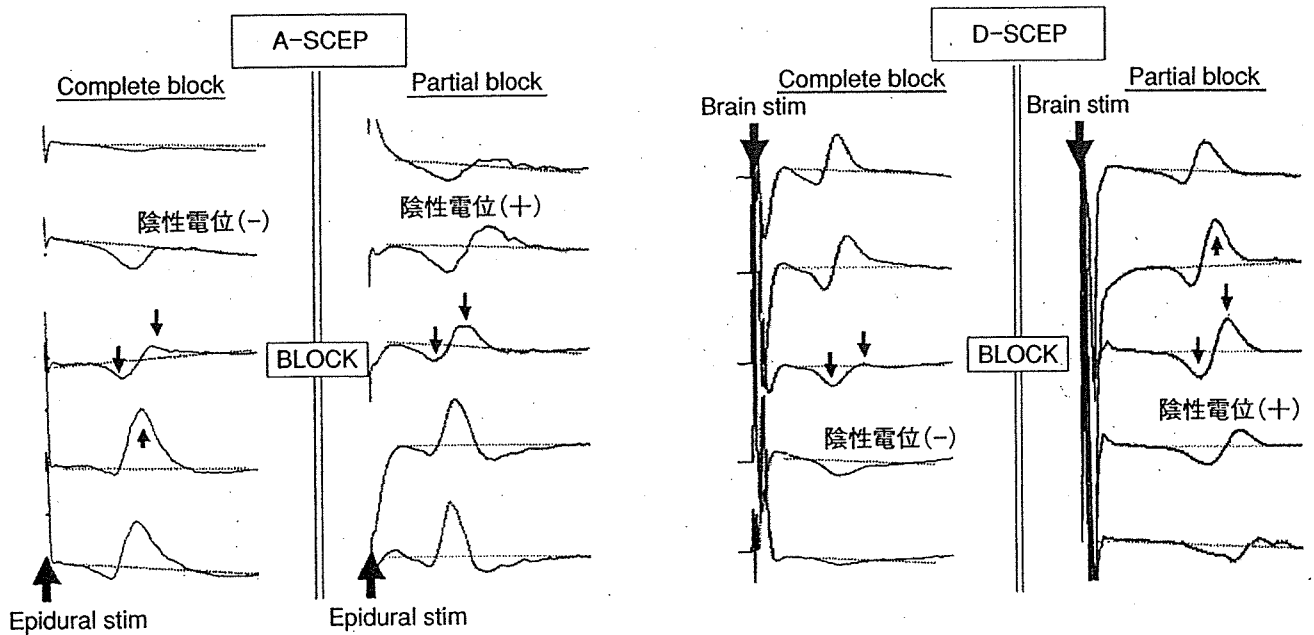


図3 A-SCEP および D-SCEP の伝導ブロックの判定基準

④ 頸髄症における伝導ブロックの波形解析

Computer simulation の波形解析の結果から、伝導ブロックの判定は、A-SCEP の場合も D-SCEP の場合も、伝導ブロック部位における陽性電位の増大を伴う陰性電位の低下を基準とした。

またその1椎間刺激側で記録された陰性電位の増大も参考に判定した。さらに誘発電位の波形の種類について、ブロック部位を通過した後、陰性電位が残存しているものを partial block、陰性電位が消失しているものを complete block と判定し

た。これは、電位に反映される脊髄神経線維が部分的に遮断されたという意味や、完全に遮断されているという意味ではなく、神経線維の遮断率が異なることにより、遮断部位より遠位の陰性電位がどう変化しているかについて便宜的に用語を定義したものである (図 3)。

頸髄症症例における脊髄誘発電位と伝導ブロックの関係

2002 年から 2005 年までに施行された頸髄症手術症例のうち、術中 SCEP 検査にて伝導ブロックと判定された 63 例を対象とした。これらの症例のうち、2003 年までは A-SCEP のみを記録していたが、2004 年からは A-SCEP および D-SCEP を併せて記録し、それらの波形解析を行った。その波形解析と臨床所見から伝導ブロックの意義や臨床症状の関係を検討したうえで、頸髄症の病態を考察した。

① 方法

SCEP の記録は、全例、全身麻酔下での手術中に筋弛緩剤 (臭化ベクロニウム: マスキュラックス®) を併用して施行した。

1. 刺激

D-SCEP では刺激装置は高電圧刺激装置 (D-185, Digitimer 社製) の刺激を用い、刺激部位は、Cz (国際脳波標準電極配置 10-20 法) から 2 cm 前方、5 cm 側方を刺激点とし Cork Screw 電極を使用して電気刺激を行った。刺激条件は、50 μ s の矩形波、強度 200~400 V、頻度 1 Hz で、左右の刺激の極性を変え 20 回ずつ行った。また A-SCEP では、カテーテル型双極電極を腰椎部または下位胸椎部の背側硬膜外腔に挿入し、100 μ s の矩形波で、40 mA、20 Hz で、200 回刺激した。

2. 記録

Neuropack MEB 2200 (日本光電社製) を用いて行った。記録の関電極は、D-SCEP、A-SCEP ともに前方手術の場合は椎間板から、後方手術の場合は黄色靭帯に挿入した単極針電極を用いた。また、基準電極は単極針電極を用い、D-SCEP では術野のできるだけ尾側皮下に置き、A-SCEP では

関電極と同レベルの筋肉内または術野の頭側端の皮下に置いた。

② 検討項目

1. 伝導ブロック程度 (Partial block vs Complete block) と臨床症状の関係

全症例の A-SCEP および D-SCEP の波形から partial block または complete block と判定されたものの術前頸髄症 JOA score をそれぞれ総点 (17 点満点) で比較検討した。

2. 各症例における A-SCEP と D-SCEP の伝導ブロック程度 (partial block vs complete block)

A-SCEP および D-SCEP、両方の波形を記録した 35 例において、それぞれ partial block または complete block と判定したものの数を比較検討した。

3. A-SCEP と D-SCEP における伝導ブロック高位

A-SCEP および D-SCEP、両方の波形を記録した 35 症例において、多椎間の脊髄圧迫の有無にかかわらず、伝導ブロックが単一レベルに特定されるのか否かを検討した。

③ 結果

1. 伝導ブロック程度 (partial block vs complete block) と臨床症状の関係

A-SCEP では、伝導ブロックと判定された 63 例のうち、partial block が 41 例、complete block が 22 例であった。これらの伝導ブロック程度から臨床症状の重症度について頸髄症 JOA score で比較すると、partial block 群では 9.36 ± 3.69 点、complete block 群では 7.23 ± 3.47 点であり、complete block と判定された症例群は partial block と判定された症例群に比べて有意に点数が低く ($p < 0.05$, Mann-Whitney U 検定)、重症度が高い傾向がみられた。また D-SCEP では、伝導ブロックと判定された 38 例のうち、partial block が 22 例、complete block が 18 例であった。同様にこれらを頸髄症 JOA score で比較すると、partial block 群では 9.52 ± 3.51 点、complete block 群では 6.86 ± 3.26 点であり、complete block と

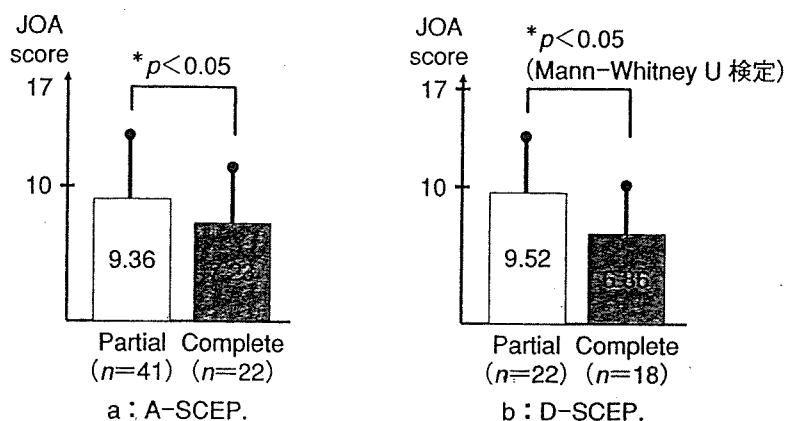


図4 A-SCEPおよびD-SCEPの伝導ブロック程度と臨床症状(JOA score)の関係

表1 A-SCEPとD-SCEPにおける伝導ブロック程度(partial block vs complete block)の比較

	D-SCEP	
	Complete block	Partial block
A-SCEP	8	1
	9	14
Block (-)	0	3

判定された症例群において有意に点数が低く ($p < 0.05$), 重症度が高い傾向がみられた(図4).

2. A-SCEPとD-SCEPにおける伝導ブロック程度(partial block vs complete block)の比較

2004年以降に記録したA-SCEPおよびD-SCEPのいずれかで伝導ブロックと判定された38例において, 硬膜外刺激電極の挿入困難によりA-SCEP記録不能が3例あり, 残りの35例についてA-SCEPおよびD-SCEPの伝導ブロック程度を比較した。A-SCEPでは, partial blockが23例, complete blockが9例であり, 伝導ブロック(-)が3例であった。一方, D-SCEPではpartial blockが18例, complete blockが17例であった。A-SCEPとD-SCEPで伝導ブロック程度に差がなかった症例は22例であり, とともにcomplete blockと判定されたものが8例, 両方でpartial blockと診断されたものが14例であった。一方, 両方で伝導ブロック程度に差がみられた症例は13例あった。伝導ブロック程度の大きさを線維遮断率からcomplete block > partial block > 伝

導ブロック(-)と考えると, 線維遮断率がA-SCEP > D-SCEPは1例(A-SCEP: complete block, D-SCEP: partial block)であったのに対して, A-SCEP < D-SCEPは12例(A-SCEP: partial block, D-SCEP: complete block)が9例, A-SCEP: 伝導ブロック(-), D-SCEP: partial blockが3例)であり, D-SCEPのほうがより遮断率の大きい伝導ブロックを示す傾向にあった(表1)。

3. A-SCEPとD-SCEPにおける伝導ブロック高位の比較

A-SCEPおよびD-SCEP, 両方の波形を記録した35症例において伝導ブロック高位について検討した。D-SCEPとA-SCEPは1症例においてのみ異なる高位で伝導ブロックを呈したが, その他の症例では, MRI画像上に見られた多椎間の脊髄圧迫の有無にかかわらず, 伝導ブロックは単一高位のみに認められた(図5)。

SCEPからみた頸髄症の病態の考察

SCEPは, 画像検査では知りえない脊髄機能を



a
b

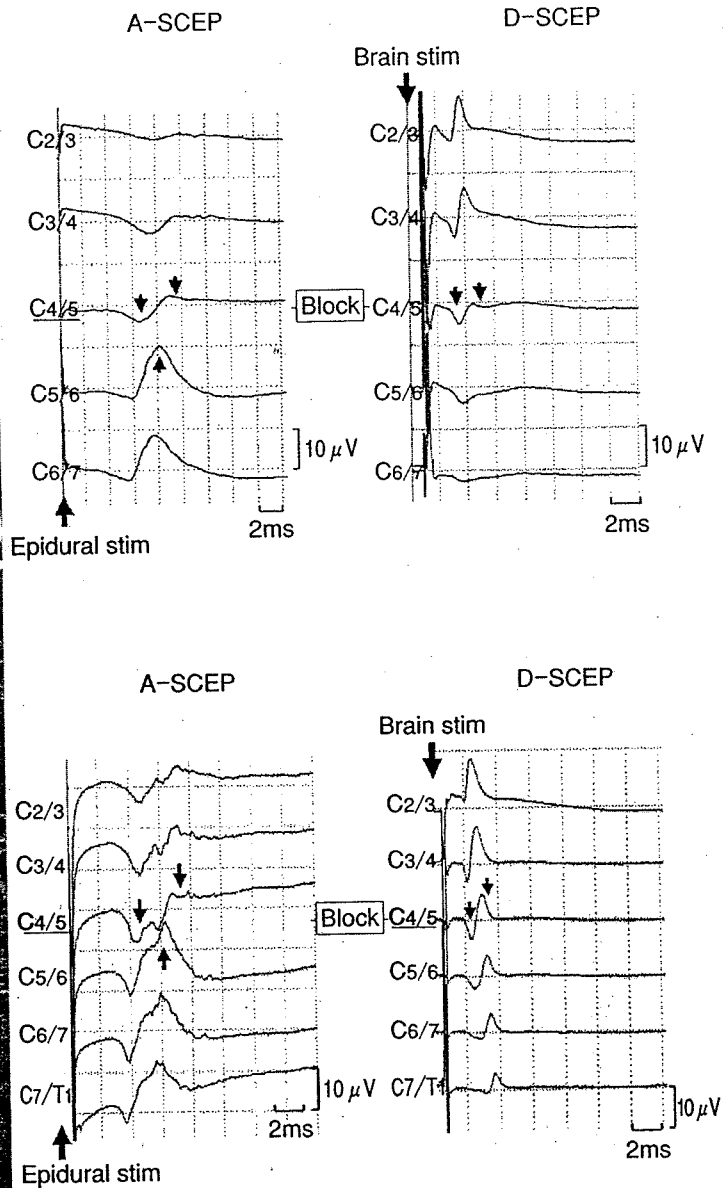


図5 A-SCEPとD-SCEPによる伝導ブロック高位の比較

a : 67歳女性. 頸椎MRI T2強調矢状断像と術中頸椎椎間板より記録したSCEP.
b : 58歳男性. 頸椎MRI T2強調矢状断像と術中頸椎黄色靭帯より記録したSCEP.

探ることができる有用な検査法であると考えられる。まずSCEPの波形解析に関しては、初期の陽性電位・陰性電位を対象としているため、主に脊髄索路の中でも伝導速度の速い大径線維の状態を反映しているものと考えられる。このことは脊髄誘発電位のcomputer simulationを用いた波形解析の結果からみても、脊髄索路の中でも小径線維よりも大径線維の障害により、波形変化が生じやすいことで裏づけられているものと考えられ

る。またこれらの基礎的データに基づき、SCEPに反映されている線維障害数が実際に臨床症状に影響するかについて検討したところ、A-SCEPおよびD-SCEP両方の波形において、神経線維の遮断率の大きいcomplete blockのほうが、partial blockよりもJOA scoreでは有意に重症度が高くなることが示唆された。したがって、SCEPは主に脊髄内大径線維の遮断率を反映するものであり、すべての伝導性線維における伝導障害を特定

することは困難であるが、少なくとも頸髄症における神経伝導障害の病態と臨床症状の重症度を関連づける神経機能評価法として有用な検査手段であると考えられる。

一方、これまで SCEP の研究から A-SCEP の初期陰性波の起源は主として後側索や後索が、また経頭蓋高電圧刺激による D-SCEP の初期陰性波の起源は主として皮質脊髄路や錐体外路が考えられている。今回の検討では A-SCEP と D-SCEP における伝導ブロック程度 (partial block vs complete block) の比較により、どちらの電位が線維の遮断率が大きい伝導障害を呈するか調査したところ、D-SCEP のほうがより遮断率の大きい伝導障害を示す傾向にあった。このことを電位の起源と線維の易損性から考察すると、圧迫性頸髄症では、皮質脊髄路や錐体外路由来の線維のほうが後側索や後索の線維に比べ易損性が大きいことが推察される。

さらに、A-SCEP と D-SCEP から伝導ブロック高位について調査した。このような上行性および下行性の2方向からの SCEP の検査意義について考察していくと、例えば図 5a のような症例に A-SCEP 検査のみを施行した場合、仮に C3/4 で伝導障害が存在していても、C4/5 で complete block を生じているため、その波形からは C3/4 での伝導障害は診断が困難である。一方、D-SCEP を併せて行うことにより、C3/4 における明らかな伝導障害がないことが証明され、この脊髄圧迫には SCEP に反映される神経伝導障害が生じていないことが示唆される。したがって、この症例の場合、2 椎間の脊髄圧迫所見が存在するにもかかわらず、主たる神経伝導障害は C3/4 単椎間で生じており、この伝導障害が頸髄症の病態と考えられる。このように今回検討した 35 例中、1 例を除いたすべての症例で、伝導ブロックは単椎間だけに認められた。このことから、圧迫性頸髄症の大部分において、複数椎間の脊髄圧迫の有無にかかわらず、症状の責任高位はほとんどが単一椎間であると考えられた。このことは、高齢者の圧迫性頸髄症において MRI 上で多椎間に圧迫所見が認め

られても、その多くは症状の形成に直接関与していない可能性が高く、過去のわれわれの報告²⁾において、伝導ブロック部位のみ除圧固定した単椎間前方手術が広範囲椎弓形成術と比べ同等以上の成績が得られた原因ではないかと考えられる。また、このことは圧迫性頸髄症における病態の特徴の一つであるとも推察することができる。

まとめ

SCEP の解釈を computer simulation の結果をもとに概説し、その波形変化と神経線維遮断率に基づき頸髄症の病態を考察した。それぞれ上行路および下行路のモニターと考えられる A-SCEP と D-SCEP の波形解析結果から、神経線維の遮断率の大きい complete block のほうが、partial block よりも JOA score では有意に重症度が高くなる傾向にあった。また、波形に反映される線維起源から圧迫による神経線維の易損性について考察すると、皮質脊髄路や錐体外路由来の線維のほうが、後側索や後索の線維に比べ易損性が大きい可能性が推察された。さらに2方向からの波形解析の結果から、圧迫性頸髄症の大部分において複数椎間の脊髄圧迫の有無にかかわらず、症状の責任高位はほとんどが単一椎間であると考えられた。

文献 (太字番号は重要文献)

- 1) 池本竜則, 谷口慎一郎, 石田健司, 他: 多椎間圧迫性頸髄症に対する前方除圧固定術と椎弓形成術の術後成績. 中四国整形 17: 265-269, 2005
- 2) 今井卓夫: 硬膜外腔における脊髄刺激による誘発脊髄電位について—基本波形とその意義. 日整会誌 50: 1037-1056, 1976
- 3) 北川秀機, 高野治雄, 高桑一彦, 他: 上位頸椎手術時の motor evoked potential モニタリング. 脊椎脊髄 6: 457-463, 1989
- 4) Levy WJ, McCaffrey M, York DH, et al: Motor evoked potentials from transcranial stimulation of the motor cortex in humans. Neurosurgery 15: 287-302, 1984
- 5) Merton PA, Hill DK, Moerton HD, et al: Scope of technique for electrical stimulation of human brain, spinal cord, and muscle. Lancet 2: 597-610, 1982
- 6) 小川 潤, 里見和彦, 福井康之, 他: 成猫の経頭蓋刺

- 激による下行性脊髄誘発電位について. 脊髄電気診断学 13:118-120, 1991
- 7) Patton HD, Amassian VE: Single and multi-unit analysis of cortical stage of pyramidal activation. *J Neurophysiol* 17:345-362, 1954
- 8) Satomi K, Nishimoto GI: Comparison of evoked

- spinal potentials by stimulation of the sciatic nerve and the spinal cord. *Spine* 10:884-890, 1985
- 9) 牛田享宏, 谷 俊一: Solid angle approximation theoryに基づく脊髄誘発電位の computer simulation. 日整会誌 68:207-220, 1994

ご案内

第31回 日本足の外科学会

- 会期 2006年6月23日(金)・24日(土)
会場 ロイトン札幌
〒060-0001 札幌市中央区北1条西11-1 TEL 011-271-2711
会長 門司順一(三草会クラーク病院整形外科)

プログラム

教育研修講演

- 1) Sharad Pendsey 先生: Diabetic Foot
- 2) J. E. Herzenberg 先生: Correction of Foot Deformity using External Fixation (TSF)
(日本整形外科学会教育研修単位を申請予定です)

主題

1. 先天性内反足
2. 足の外科における創外固定
3. 足底筋膜炎
4. 糖尿病足

ランチョンセミナー, モーニングセミナーを予定しております。

演題募集 主題, 一般演題を募集します。

応募方法 インターネットでのオンライン登録といたします。ホームページの演題募集からご応募ください。

<http://www.31jssf.jp>

抄録受付期間 2005年12月1日(木)~2006年2月1日(水)

お問い合わせ 〒104-8172 中央区築地1-13-1

株式会社アサツーディ・ケイ メディカル事業推進室内
第31回日本足の外科学会事務局
TEL 03-3547-2533 FAX 03-3547-2590
E-mail: n200711@adk.jp

高齢者頤椎症性脊髄症に対する 電気診断法に基づいた単椎間手術*

谷 俊一** 谷口慎一郎 牛田 享宏
池本 竜則

はじめに

高齢化の進む今日、高齢者の頤椎症性脊髄症 (cervical spondylotic myelopathy ; CSM) が急増している。CSM は、日本では非外傷性脊髄障害としては最も頻度が高く、特に高齢者では痙性四肢麻痺が容易に重症化して四肢機能が廃絶し、生活の自立を奪う。CSM は圧迫性脊髄症であるため、その診断や手術部位の決定には MRI が不可欠であるが、高齢者では症候性圧迫に混じって無症候性の脊髄圧迫や硬膜圧迫が MRI 上多数描出され、症候性圧迫か無症候性圧迫かの鑑別が困難なことから、一律に椎弓形成術による広範囲後方除圧が適用されることが多い。私たちは、上行性および下行性脊髄誘発電位 (以下、SCEP) によって症候性圧迫を正確に診断し、可能な限りその高位にのみ前方あるいは後方除圧を行う単椎間手術を行っている。

伝導ブロック

伝導ブロックはインパルス伝播の遮断であり、

Key words

頤椎症性脊髄症 (cervical spondylotic myelopathy)
伝導ブロック (conduction block)
高齢患者 (elderly patient)

脊髄障害による運動麻痺や感覚麻痺の背景にある神経生理学的変化のうち最も重要なものである。圧迫性脊髄症において脊髄索路の伝導ブロックは治療可能な脊髄障害の主役である。伝導ブロックの原因には、圧迫に伴う神経内血行障害 (ischemia, hypoxia) と局所的脱髄 (focal demyelination) があり、それぞれ除圧手術後の early recovery と late recovery の背景にある病態と考えられる¹⁾。したがって、症候性圧迫高位の診断は、伝導ブロック高位の診断と言える。

脊髄伝導ブロックの診断：SCEP 波形解析

図 1a は電気診断を目的に紹介された症例の MRI で、重度の歩行障害 (JOA score 1 点) を呈するが、その割に上肢症状が軽微 (JOA score 3~4 点) な症例であった。MRI では頤椎症性の脊髄圧迫と頤胸椎移行部から上位胸椎部に OPLL (後縦靱帯骨化症) による脊髄圧迫もみられ、手術部位の判定を依頼された。図 1b は上行性 SCEP の後方記録法を示している。刺激電極として腰椎硬膜外腔にカテーテル型双極電極を挿入し、記録電極として X 線透視下に単極針電極を椎弓間に経皮的に刺入した。基準電極は頭側皮膚に設置し単極誘導で記録した。図 1c はこの方法で記録

* Monosegmental Surgery guided by Electrodiagnosis for Cervical Spondylotic Myelopathy in the Elderly

** 高知大学医学部整形外科 (〒783-8505 南国市岡豊町小蓮) / Toshikazu TANI, Shinichirou TANIGUCHI, Takahiro USHIDA, Tatsunori IKEMOTO : Department of Orthopaedic Surgery, Kochi Medical School, Kochi University

0914-4412/06/¥400/論文/JCLS

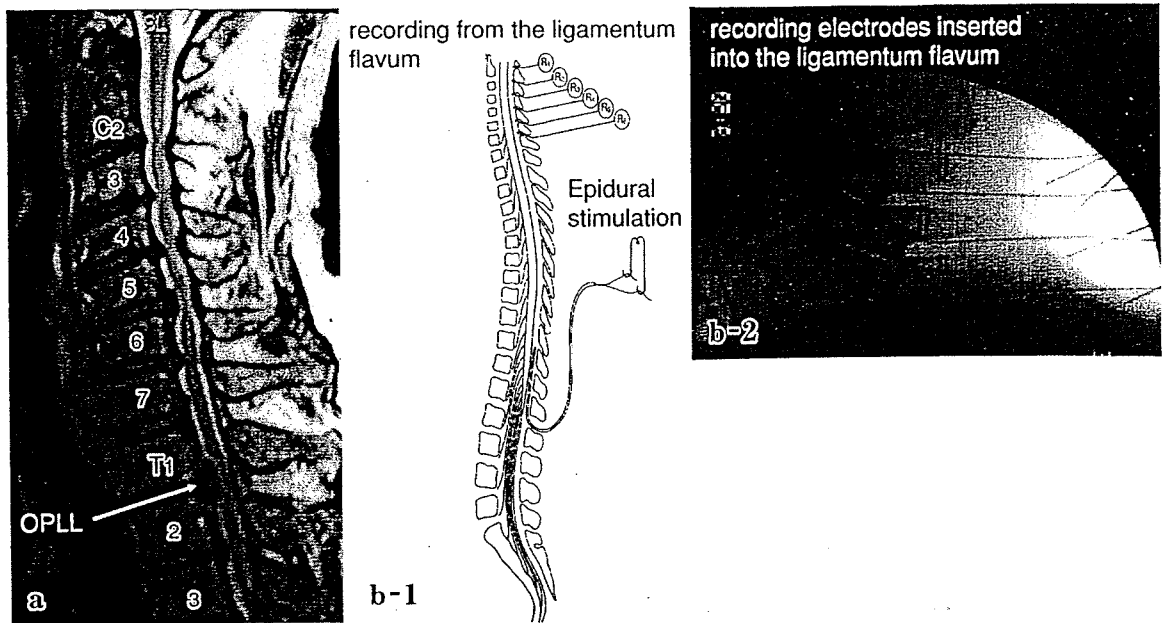
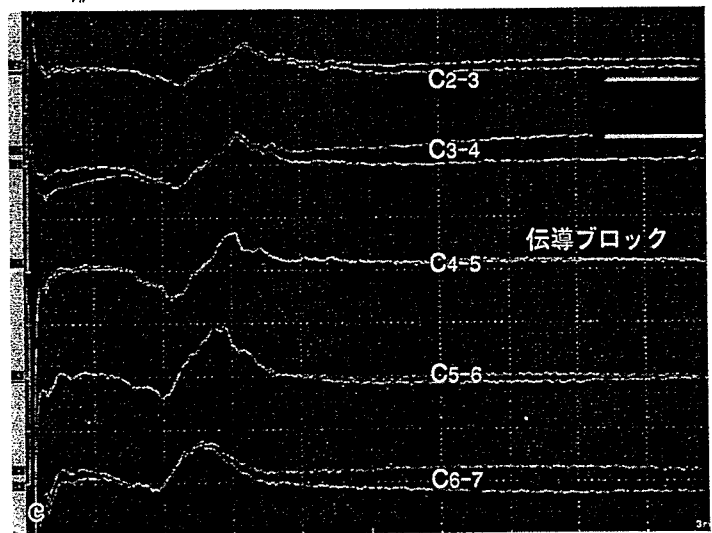


図 1 上肢症状が軽微で重度歩行障害を呈する症例 (64歳, 男性)

- a : MRI T2 強調像。
- b : 経皮的上行性 SCEP 記録法。腰椎硬膜外腔に挿入したカテーテル型双極電極で馬尾を刺激し、X線透視下に椎弓間に経皮的に刺入した単極針電極で上行性 SCEP を多チャンネル同時記録する。
- c : b の方法で椎弓間から記録した上行性 SCEP 波形。これらの波形から C4-5 レベルで伝導ブロックが存在すると診断できるが、その説明は図 6 を参照。



した上行性 SCEP 波形であり、これら誘発電位の波形変化から症候性脊髄圧迫は C4-5 レベルであり、C5-6, C6-7, T1-2, T2-3 レベルの脊髄圧迫は無症候性であると診断できる。この波形診断の根拠について以下に説明する。

詳細は省略するが、容積導体中にある神経線維をインパルスが伝導するとき、それによって発生する近接電場電位 (near field potential) の変化を立体角近似理論によってモデル化した。そしてコンピュータシミュレーションにより、伝導ブロックに伴う電位変化 (波形変化) を予測した⁸⁾。図 2 はコンピュータにより描かれた SCEP 波形で、脊髄近傍 10 mm の距離から脊髄に沿って 7

mm ごとに上行性 SCEP を記録した場合のシミュレーションである。図 2 の左は伝導ブロックがない場合で時間的分散 (temporal dispersion; 刺激部位と記録部位の距離が長くなればなるほど、誘発電位波形の振幅は低下し持続時間が長くなる現象) が再現されている。図 2 の右は刺激点から 119 mm で伝導ブロックを起こした場合で、伝導ブロック部位では陰性波 (上向きの振れ) の振幅低下と同時に、陽性波 (下向きの振れ) の振幅増大を伴うことが特徴で、その手前の部位では陰性波の振幅増大を生じることがわかる。

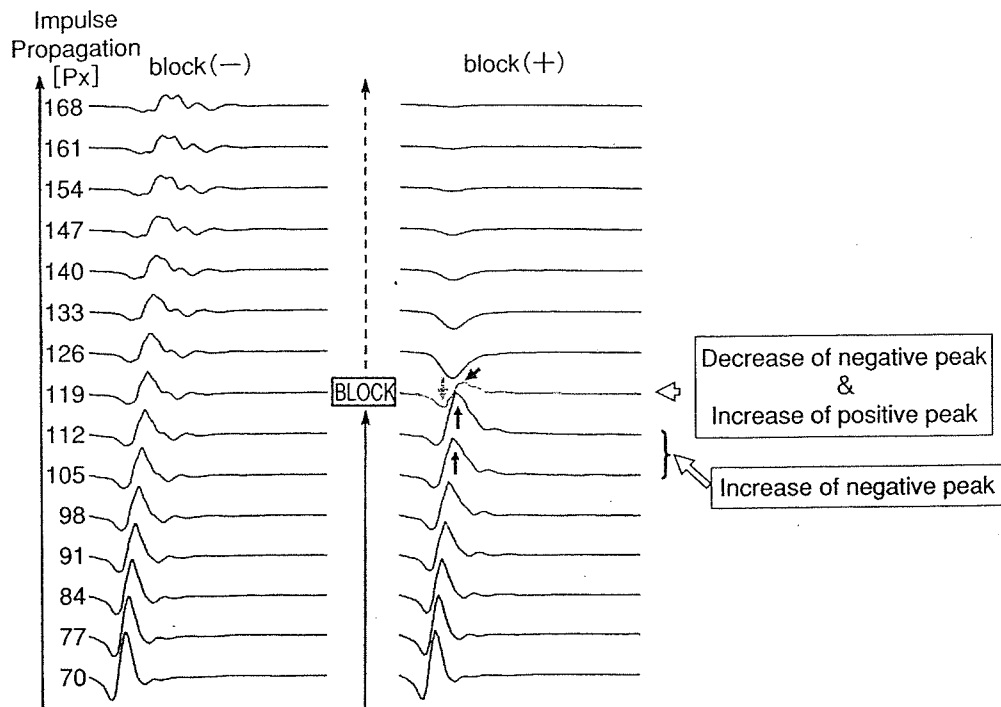


図 2 コンピュータシミュレーションによる上行性 SCEP 波形
 刺激点から 70 mm の点から 168 mm の点まで 7 mm ごとに記録したと仮定している。
 左は伝導ブロックがない場合で、右は刺激から 119 mm の点で伝導ブロックを起こした
 場合のシミュレーション波形である。

臨床例 (CSM) における記録波形

図 3 は 71 歳の男性、CSM による歩行不能例で、頸椎前方手術時に記録した SCEP 波形である。記録は術野を展開後、図 4 のように関電極（長いほうの針電極）を椎間板に刺入し基準電極（短いほうの針電極）を関電極と同一高位の頸長筋に刺入して行った。SCEP 波形は、C4-5 レベルで陰性波（上向き）の急激な振幅低下と陽性波（下向き）の振幅増大を示し、その手前の C5-6 レベルで陰性波の振幅増大がみられることから、伝導ブロックが C4-5 レベルで生じているための波形変化と理解することができる^{9,10)}。また、その頭側レベルである C3-4、C2-3 レベルでは陽性波のみとなり、陰性波がまったく認められない。このような状態を完全ブロック（complete block）といい、C4-5 ですべてのインパルスの伝導が遮断されていることを意味する。

一方、図 5 b は、62 歳の男性で、頸椎後方除圧手術時に記録した上行性 SCEP 波形である。この症

例のように、脊髄障害が軽くなると（言いかえると、伝導ブロックを生じている軸索の数が少なくなると）、伝導ブロックの波形診断は難しくなる。一見、これは図 2 の左に示される時間的分散による波形変化のような印象を受ける。しかし、図 5 c のように基線を引くと、complete block のときと類似の波形変化を認識することができる。すなわち、SCEP 波形は、C5-6 レベルで陰性波（上向き）の急激な振幅低下と陽性波（下向き）の振幅増大を示し、その手前の C6-7 レベルで陰性波の振幅増大がみられることから、伝導ブロックが C5-6 レベルで生じているための波形変化と理解することができる。そして、その頭側レベルである、C4-5、C3-4、C2-3 レベルでは陰性波が認められる。このような状態を不完全ブロック（partial block）という⁷⁾。

ここで最初に示した図 1 c に戻って各波形に基線を引いてみよう。すると、図 6 に示すように C4-5 レベルにおける partial block の存在が明らかとなる。すなわち、C4-5 レベルにおいて陰性波

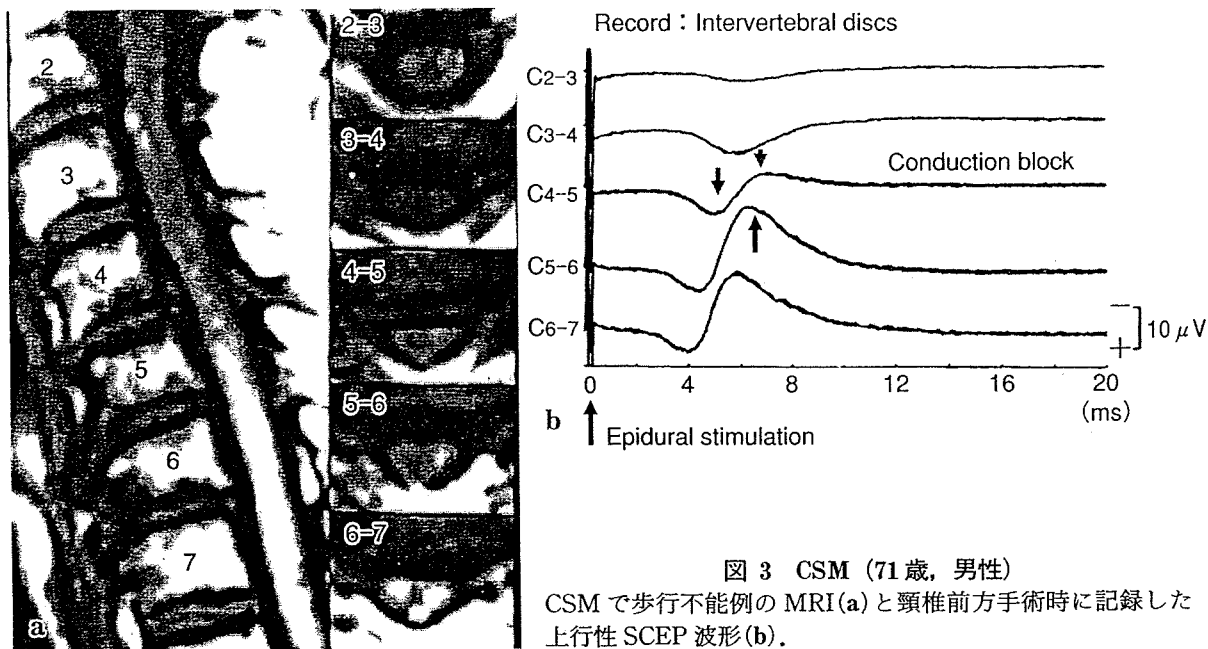


図3 CSM (71歳, 男性)
CSMで歩行不能例のMRI(a)と頸椎前方手術時に記録した上行性SCEP波形(b).

(上向き)の急激な振幅低下と陽性波(下向き)の振幅増大がみられ,その尾側のC5-6レベルでは陰性波の振幅増大が明らかとなる。

このようにして,CSM手術症例129例において上行性SCEPで伝導ブロック高位を診断すると,図7に示す結果となる⁹⁾。すなわち,伝導ブロックは年齢が高齢になるにしたがってC5-6, C6-7椎間からC3-4, C4-5椎間へと移ることが明らかとなった($\rho=0.466, p<0.0001$)。

実際の臨床では,患者を全身麻酔下に腹臥位とし,X線透視下に頸椎の各椎弓間部に記録針電極を刺入する。刺激電極としては,上行性電位誘発のために腰椎部背側硬膜外腔にカテーテル型双極電極を,下行性電位誘発のために頭皮内コークスクリュー電極を設置する。このようにして上行性および下行性SCEPを多チャンネル同時記録し,伝導ブロック高位を診断してそのまま手術に移行する。しかし,前方手術を行う場合には,電気診断が終わると体位を背臥位にする必要があり,その分麻酔時間が長くなるので,最初から背臥位とし,前方の術野を展開してから椎間板記録によって伝導ブロック高位を診断している。

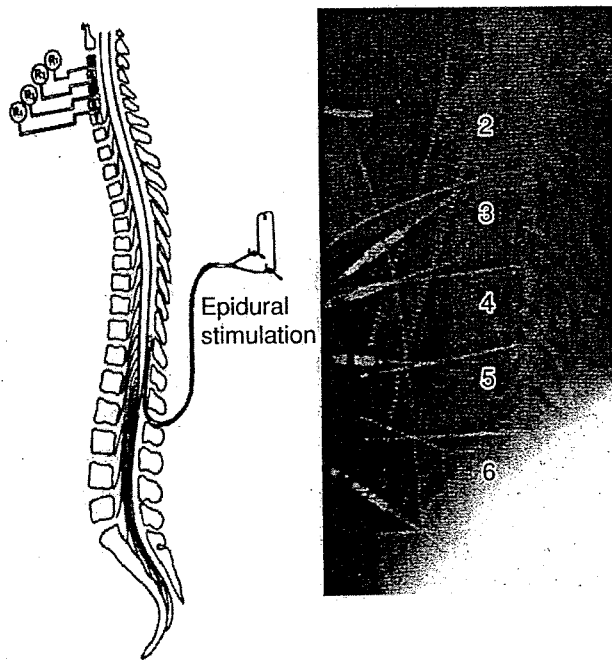


図4 図3の上行性SCEP記録法

単椎間前方除圧固定術の成績

70歳以上の索路症状を主徴とするCSMに対し,SCEPによって明らかとなった伝導ブロック高位を手術高位決定のよりどころとして顕微鏡下に前方除圧固定術を行った症例のうち,術後2年以上経過を追跡できた35例について成績を検討した^{4,5)}。手術時年齢は70~86(平均76)歳,追跡

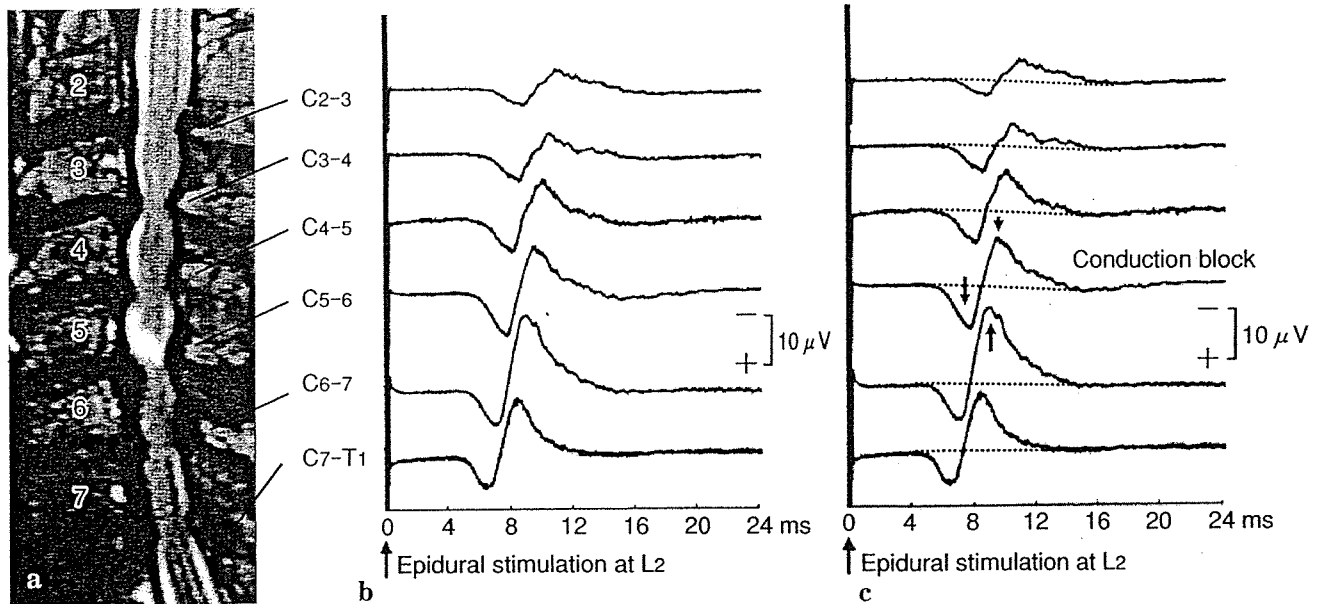


図 5 CSM (62歳, 男性)

- a : MRI T2 強調像。
- b : 頸椎後方除圧時に黄靱帯から記録した上行性 SCEP 波形。
- c : b の各波形に基線を引いたもの。Partial block の診断では基線を引くことが重要である。

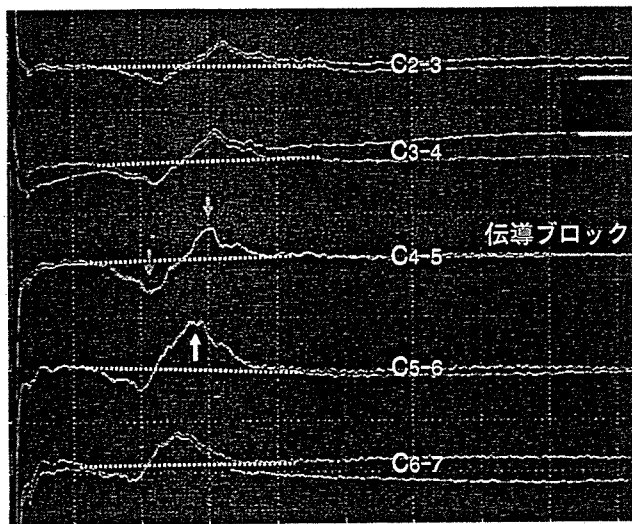


図 6 図 1c の各波形に基線を引いたもの
Partial block の診断では基線を引くことが重要である。

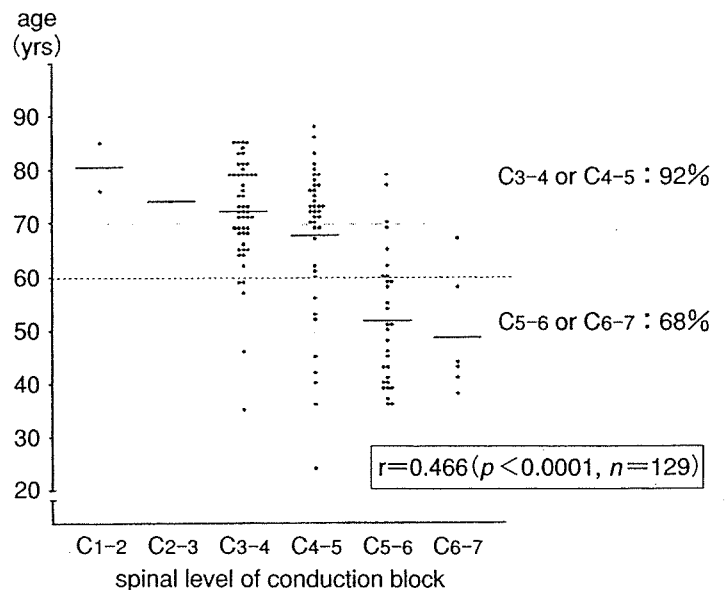


図 7 CSM 129 症例において、上行性 SCEP によって明らかになった伝導ブロック高位 (横軸) とそのときの年齢 (縦軸) (文献 6) より改変)

期間は 24~108 (平均 53) カ月であった。35 例のうち、単椎間手術が 33 例、2 椎間手術が 2 例であった。単椎間手術例では、伝導ブロックの高位のみに、エアドリルによる顕微鏡下的前方除圧と腸骨からの tricortical bone を用いた固定術を行った。術後は原則としてソフトカラーまたは

フィラデルフィアカラーで、翌日より起座をさせた。

33 例の単椎間手術高位は、C3/4 が 15 例、C4/5 が 16 例、C5/6 が 1 例、C7/T1 が 1 例であった。最終調査時、すでに 9 人が CSM や手術に関連のない原因で死亡していた。JOA score は術前平均

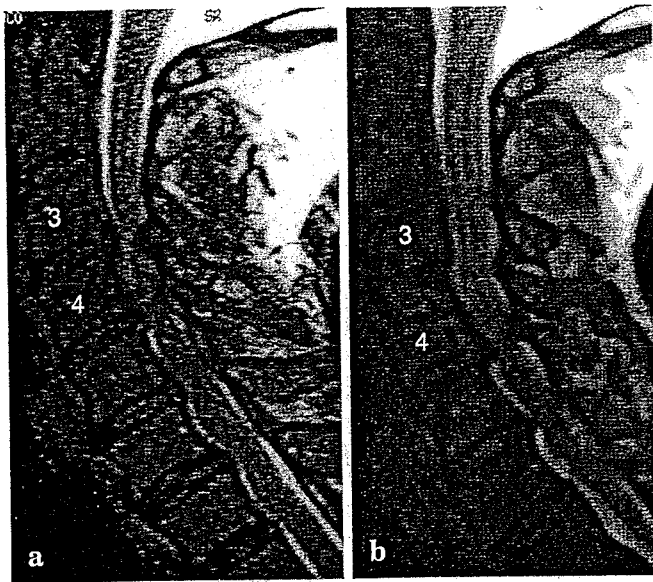


図 8 CSM (62 歳, 男性)

a : 術前 MRI T2 強調像。

b : 術後 1 年 MRI T2 強調像。

多椎間圧迫を呈するが, 上行性 SCEP は C3-4 レベルの伝導ブロックを示し, C3-4 単椎間前方除圧固定術を行った。JOA score は, 術前 5 点, 術後 3 年で 15 点に改善している。

8.1 点が最終調査時 12.8 点に改善し, 改善率 (平林法) は平均 54% であった。改善率 75% 以上 (excellent) は 7 例 (図 8), 50% 以上 (good) は 14 例, 25% 以上 (fair) は 10 例, 25% 未満 (poor) は 4 例であった。また, 運動機能の改善率を上肢と下肢で比較すると, 上肢は平均 68%, 下肢は 23% で, 下肢運動機能の改善が有意に劣っていた ($p < 0.0001$)。歩行能力の改善を妨げる高齢者特有の因子として, 腰部脊柱管狭窄症 8 例, 変形性膝関節症 5 例, 変形性股関節症 3 例, 痴呆 1 例などの合併があった。また, 骨癒合については, 多くは粗鬆骨にもかかわらず, 移植骨の圧潰や吸収を認めた症例はなく, 1 例を除いて骨癒合が得られた。2 例 (6%) に隣接椎間障害によると思われる歩行能力の再悪化があった。

結 論

CSM に対する SCEP を用いた単椎間手術について手技の解説ならびに成績を示した。上述した JOA score の改善率は椎弓形成術によるそれに

劣らない。例えば, 宮本ら²⁾は 70 歳以上の CSM と OPLL に対する伊藤-辻法 39 例の術後 1 年以上, 平均 31 カ月の改善率は 46% と報告し, 三好ら³⁾は 75 歳以上の CSM に対する棘突起正中縦割法 13 例の術後 1 年以上の改善率は 39% と報告している。したがって, SCEP を利用した単椎間前方除圧固定術は, 高齢者 CSM に対する治療選択肢の一つと考えてよいと思われる。

文 献 (太字番号は重要文献)

- 1) Ishida K, Tani T, Ushida T, et al : Recovery of spinal cord conduction after surgical decompression for cervical spondylotic myelopathy : serial somatosensory evoked potential studies. *Am J Phys Med Rehabil* 82 : 130-136, 2003
- 2) 宮本紳平, 小泉寿章, 鈴木省三, 他 : 高齢者の圧迫性頸髄症に対する椎弓形成術一術式の選択と手術にあたっての留意点. *脊椎脊髓* 12 : 989-994, 1999
- 3) 三好光太, 中村耕三, 三上容司, 他 : 高齢者における頸椎症性脊髄症に対する脊柱管拡大術. *脊椎脊髓* 12 : 995-999, 1999
- 4) Tani T, Ishida K, Ushida T, et al : Intraoperative electroneurography in the assessment of the level of operation for cervical spondylotic myelopathy in the elderly. *J Bone Joint Surg* 82 B : 269-274, 2000
- 5) 谷 俊一, 武政龍一, 牛田享宏, 他 : 高齢者の脊椎手術. *整・災外* 46 : 423-428, 2003
- 6) Tani T, Ushida T, Taniguchi S, et al : Age related shift in the primary sites of involvement in cervical spondylotic myelopathy from lower to upper levels. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 73 : 316-318, 2002
- 7) Tani T, Ushida T, Taniguchi S, et al : Partial conduction block in cervical compression myelopathies : waveform changes of ascending spinal evoked potentials. *Suppl Clin Neurophysiol* 59 : 265-274, 2006
- 8) Tani T, Ushida T, Yamamoto H, et al : Waveform changes due to conduction block and their underlying mechanism in spinal somatosensory evoked potential : a computer simulation. *J Neurosurg* 86 : 303-310, 1997
- 9) Tani T, Ushida T, Yamamoto H, et al : Waveform analysis of spinal somatosensory evoked potential : paradoxically enhanced negative peaks immediately caudal to the site of conduction block. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 108 : 325-330, 1998
- 10) Tani T, Yamamoto H, Kimura J : Cervical spondylotic myelopathy in elderly people : a high incidence of conduction block at C3-4 or C4-5. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 66 : 456-464, 1999

頸部神経根症における障害根の新しい 機能診断法：上肢筋T波の検討

川田 倫子¹⁾、谷 俊一¹⁾、池本 竜則¹⁾、石田 健司¹⁾、谷口慎一郎¹⁾

T波は、筋伸張反射を複合筋活動電位として記録するものでH反射と異なり広くさまざまな筋から記録できる利点がある。今回我々は、上肢筋伸張反射を頸部神経根症における障害根診断に用いるために健常例において随意収縮下に伸張反射をT波として安定して記録し¹⁾²⁾、その潜時、振幅、左右差について検討したので報告する。

対象および方法

対象は、実験の概要について十分に説明し承諾を得た健常者のボランティアで、男性8名、女性10名の計18名で、平均年齢は、39歳(18~79歳)であった。

Reflex hammerは、先端に電極を備え、叩打部位に貼り付けたアルミ箔に接触した瞬間にトリガーパルスが発生。加速度センサーを内蔵させ製作した。

ウィンドウ型叩打判定装置は、徒手的に行う叩打力を標準化するためインパクトセンサーを内蔵し、ある一定範囲の叩打力(加速度)の場合のみトリガーパルスが筋電計に入力されるように製作した。

記録電極には表面電極を用い、belly-tendon法に従って、記録電極を筋腹中央に、基準電極を腱または骨上に設置した。対象筋としては、上腕二頭筋、腕橈骨筋、上腕三頭筋、第一背側骨間筋とし、それぞれ、C5、C6、C7、C8神経根の評価に用いた。記録の周波数帯域は20Hz~3kHz、掃引速度は5~10ms/DIV、感度は500 μ V/DIVに設定した。

T波が安定して誘発されるように被験筋の等尺性随意収縮下に行い、その程度は、最大筋力の10~20%としリアルタイム積分筋電計を用いて標準化した。上腕二頭筋、腕橈骨筋、上腕三頭筋は10回の反応を、第一背側骨間筋は、50~100回の反応を加算平均しそれぞれ2回記録した。検査は坐位にて行い、両側

について検査した。リアルタイム積分筋電計は、T波の記録電極を利用してまず、最大収縮時の単位時間当たりの筋放電の積分値を記録させ、弱収縮時筋放電の積分値がその何%に相当するかをリアルタイムにデジタル表示されるように製作した³⁾。

このリアルタイム積分筋電計を用いて、最大筋力の10~20%の随意収縮下に、先に述べたreflex hammerで腱を叩打しT波を誘発した。この際、time lockされたT波と、randomな随意収縮の筋放電を区別するために10~100回の反応を加算平均して記録した。筋電計は日本光電社製Neuropackを使用した(図1)。

加算平均したT波の開始潜時と、基線から陰性波の頂点間の振幅を計測した。

結 果

上腕二頭筋T波の開始潜時は平均15.6ms、振幅は平均680 μ V、腕橈骨筋T波の開始潜時は平均19.9ms、振幅は平均212 μ V、上腕三頭筋T波の開始潜時は平均16.3ms、振幅は平均583 μ V、第一背側骨間筋T波の開始潜時は平均31.1ms、振幅は平均223 μ Vであつ

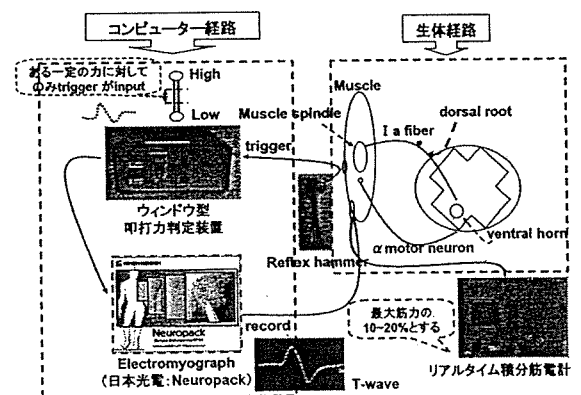


図1 T波誘発経路

T-wave evoked in human upper limb muscles during voluntary contraction : Tomoko KAWADA et al. (Department of Orthopaedics, Kochi Medical School)

1) 高知大学医学部運動機能学教室

Key words : T-wave, Upper limb muscles, Voluntary contraction

表1 健常者のT波潜時左右差

means(ms)±S.D.			
	right (ms)	left (ms)	side to side difference(ms)
biceps	15.6 ± 1.1	15.6 ± 1.2	0.3 ± 0.2
brachio	20.0 ± 1.3	19.8 ± 1.2	0.4 ± 0.3
triceps	16.3 ± 1.0	16.2 ± 1.0	0.4 ± 0.3
FDI	31.2 ± 2.5	30.9 ± 2.4	0.5 ± 0.5

た。健常者におけるT波潜時の長短はそれぞれの筋で反射弓の長さに対応し、左右で有意差を認めなかった。左右のT波の潜時差の平均は上腕二頭筋で0.3ms、腕橈骨筋で0.4ms、上腕三頭筋で0.4ms、第一背側骨間筋で0.5msであった(表1)。健常者のT波の振幅の左右比は、腕橈骨筋、上腕三頭筋で振幅の左右比が大きかった。

考 察

これまでの上肢筋T波の主な報告は、Schottら⁴⁾のneedle EMGにT波を加えると診断率が60%から90%に向上した報告や、Kuruogluら⁵⁾の上腕三頭筋のT波が健常者の27%で検出されなかったという報告、Isikら⁶⁾の上腕二頭筋のT波は肘関節屈曲角度で潜時、振幅が変化することなどが報告されている。

上肢腱反射は、安定して誘発されにくいことから腰部神経根症におけるPTRやATRほど臨床重視されない傾向がある。そこでわれわれは、対象筋に一定の随意収縮を加えて反射中枢である脊髓運動ニューロンの興奮性を高めることにより、上肢腱反射をT波として安定して記録する方法を考案した。事実、健常例18名では全例全ての筋から両側ともT波が記録された。

反射誘発の叩打力は、ハンマーに内蔵したインパクトセンサーにより、随意収縮の程度は、リアルタイム積分筋電計によりそれぞれ標準化することにより得られた健常人のデータに基づいて、片側性頸部神経根症の機能診断に利用できる可能性が高いと考えられた。

代表症例を提示する。57歳男性で、C6/7の左側優位のヘルニアの左C7神経根症例で、患側で上腕三頭筋T波のみが消失している(図2)。

ま と め

1. 対象筋に一定の随意収縮を加えて反射中枢であ

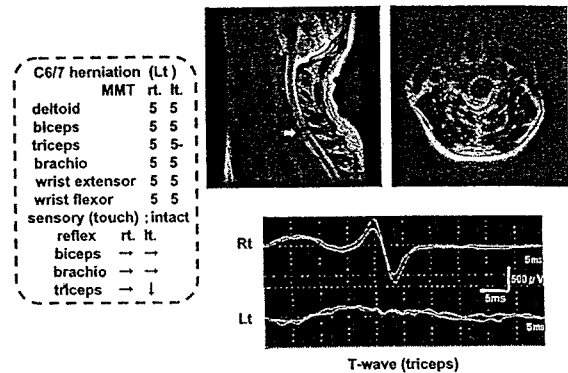


図2 57歳、男性、左C7神経根症例

る脊髓運動ニューロンの興奮性を高めることにより、上肢腱反射をT波として安定して記録することができる。

2. 叩打力と対象筋の随意収縮の程度を標準化することにより得られた健常人のデータに基づいて、片側性頸部神経根症の機能診断に利用できる可能性が高い。

文 献

- 1) 谷 俊一, 木村 淳, 中角祐治, 他. 随意収縮下に短母指外転筋から得られる long-latency responses について—叩打刺激と電気刺激—. 脳波と筋電図 1991; 19: 40-48.
- 2) Tani T, Yamamoto H, Ichimiya M, et al. Reflexes evoked in human erector spinae muscles by tapping during voluntary activity. Electromyogr Clin Neurophysiol 1997; 105: 194-200.
- 3) 石田健司, 谷 俊一. 筋力訓練の指標となるリアルタイムの積分筋電計の開発. 中部整災誌 2003; 46: 1113-1114.
- 4) Schott K, Koenig E. T-wave response in cervical root lesions. Acta Neurol Scand 1991; 84: 273-276.
- 5) Kuruoglu R, Oh SJ. Quantitation of tendon reflexes in normal volunteers. Electromyogr Clin Neurophysiol 1993; 33: 347-351.
- 6) Isik K, Nilufer B, Mehmet B. The effect of elbow position on biceps tendon reflex. Neurol India 2004; 52: 350-352.

脳波・筋電図の臨床

上行性および下行性脊髄誘発電位による
圧迫性頸髄症の障害高位診断*Electrophysiological study in cervical myelopathies with both ascending and descending spinal cord evoked potentials*池本 竜則 谷 俊一* 牛田 享宏
IKEMOTO Tatsunori TANI Toshikazu USHIDA Takahiro

- ・上行性および下行性脊髄誘発電位を用い、その波形変化と神経線維遮断率 (Complete block vs Partial block) に基づき圧迫性頸髄症の病態を考察した。
- ・下行性脊髄誘発電位を単極導出する際の経頭蓋高電圧刺激によるアーチファクトを最小限にする工夫について述べた。
- ・脊髄圧迫に伴うその波形変化から、下行性伝導線維の方が上行性伝導線維に比べ易損性が高いことが推察された。
- ・圧迫性頸髄症における症状の責任はほとんどの症例で単一椎間であると考えられた。

KEY WORDS

頸椎症性脊髄症、脊髄誘発電位、硬膜外電気刺激、経頭蓋電気刺激

はじめに

圧迫性頸髄症はその症候から、四肢の索路症状を主徴とする病型と上肢の筋萎縮などの髄節症状を主徴とする病型 (Cervical spondylotic amyotrophy) に大別される。前者は障害髄節以下の広い領域に運動感覚麻痺を生じるのに対し、後者は髄節障害として上肢の一部に症状が限局するので、前者は後者よりも患者に与える影響はずっと大きい。すなわち、圧迫性頸髄症における重症度は索路の障害度によって左右されるものと考えられる。そして索路障害の最も重要な病態生理は伝導ブロックであり、脊髄障害の高位診断においては伝導ブロックの高位を診断することが最も重要である。とくに高齢者では、MRI上、症候性脊髄圧

迫に混じって無症候性脊髄圧迫が描出される頻度が高くなるため、機能診断の必要性が高い。

われわれはこれまで長年、胸椎部または腰椎部の背側硬膜外腔に設置した刺激電極により脊髄や馬尾を電気刺激し、頸椎部の各椎間に設置した多数の電極から単極誘導により上行性脊髄誘発電位 (Ascending spinal cord evoked potential) (ASCEP) を同時記録して脊髄障害の高位診断を行ってきた。これまでの結果から、ほとんどの圧迫性頸髄症は単一椎間障害と考えられるが、仮に、脊髄機能障害が2つの異なる高位で生じている場合には、尾側の障害高位でASCEPに波形変化が生じるとそれよりも頭側高位における伝導障害の判定が困難となるためASCEPでは尾側高位の異常しか判定できない。これを補うために経頭蓋電気刺激による下行性脊髄誘発電位 (Descending spinal cord e-

高知大学医学部整形外科教室 *教授

Address/IKEMOTO T: Dept. of Orthopaedics Surgery, School of Medicine, Kochi University, Oko-cho Kohasu, Nankoku-shi, KOCHI 783-8505

voked potential)(D-SCEP)を頸椎部で単極誘導することを試み、2004年以降これに成功しているため、本稿ではその方法を紹介し、ASCEPとD-SCEPの両方を記録した症例の結果について検討する。

対象および方法

1. 対象

2002年から2005年までに施行された頸髄症手術症例のうち、脳梗塞など明らかな中枢神経病変を認めない頸髄症症例に対して、術前に誘発電位検査の内容と趣旨を説明し、同意の得られた症例に術中脊髄誘発電位(SCEP)検査を施行した。本稿ではそれらのSCEP検査にて伝導ブロックと判定された68例、平均年齢70.3(52~90)歳を対象とした。これらの症例のうち、2003年までの25例はA-SCEPのみを記録していたが、2004年からはD-SCEPの単極導出に成功し、それら43例はA-SCEPおよびD-SCEPを併せて波形解析を行った。

2. 方法

SCEPの記録は、全例、全身麻酔下での手術中に筋弛緩剤(臭化ベクロニウム:マスキュラックス®)を併用して施行した。

1) 刺激

D-SCEPでは刺激装置は高電圧刺激装置(D-185, Digitimer社製)の刺激を用い、刺激部位は、Cz(国際脳波標準電極配置10-20法)から2cm前方、5cm側方を刺激点としCork Screw電極(Needs to be specified)を使用して電気刺激を行った。刺激条件は、50 μ sの矩形波、強度200~400V、頻度1Hzで、左右の刺激の極性を変え20回ずつ、合計40回行った。またA-SCEPでは、カテーテル型双極電極を腰椎部または下位胸椎部の背側硬膜外腔に挿入し、100 μ sの矩形波で、40mA、20Hzで、200回刺激した。

2) 記録

Neuropack MEB2200(日本光電社製)を用いて行った。記録の関電極は、D-SCEP、A-SCEPともに前方手術の場合は椎間板から、後方手術の

場合は黄色靭帯に挿入した単極針電極を用いた。また、基準電極は単極針電極を用い、D-SCEPでは術野のできるだけ尾側皮下に置き(後述)、A-SCEPでは、関電極と同レベルの筋肉内または術野の頭側端の皮下に置いた。

伝導ブロックの判定は、D-SCEPの場合も、A-SCEPの場合も、ブロックレベルにおける陽性電位の増大を伴う陰性電位の低下によって行った。また、その1椎間刺激側で記録された陰性電位の増大も参考に判定した。さらに、ブロック部位を通過したのち、陰性電位が消失しているものをComplete block(A-SCEP、D-SCEPとも図中左側)とし、陰性電位が残存しているものをPartial block(A-SCEP、D-SCEPとも図中右側)とし、Complete blockを索路の遮断率のより大きい伝導ブロック⁷⁾として判定した(図1)。

3. 検討項目

1) D-SCEPの単極導出法の検討

経頭蓋高電圧刺激によるアーチファクトを除去するための方法と記録の工夫。

2) 伝導ブロック程度(Partial block vs Complete block)と臨床症状の関係

全症例のA-SCEPおよびD-SCEPの波形からPartial blockまたはComplete blockと判定されたものの術前JOAスコアをそれぞれ総点(17点満点)で比較検討した。

3) 各症例におけるA-SCEPとD-SCEPの伝導ブロック程度(Partial block vs Complete block)

A-SCEPおよびD-SCEP、両方の波形を記録した35例において、それぞれPartial blockまたはComplete blockと判定したものの数を比較検討した。

4) A-SCEPとD-SCEPにおける伝導ブロック高位

A-SCEPおよびD-SCEP、両方の波形を記録した35症例において、多椎間の脊髄圧迫の有無にかかわらず、伝導ブロックが単一レベルに特定されるか否かを検討した。

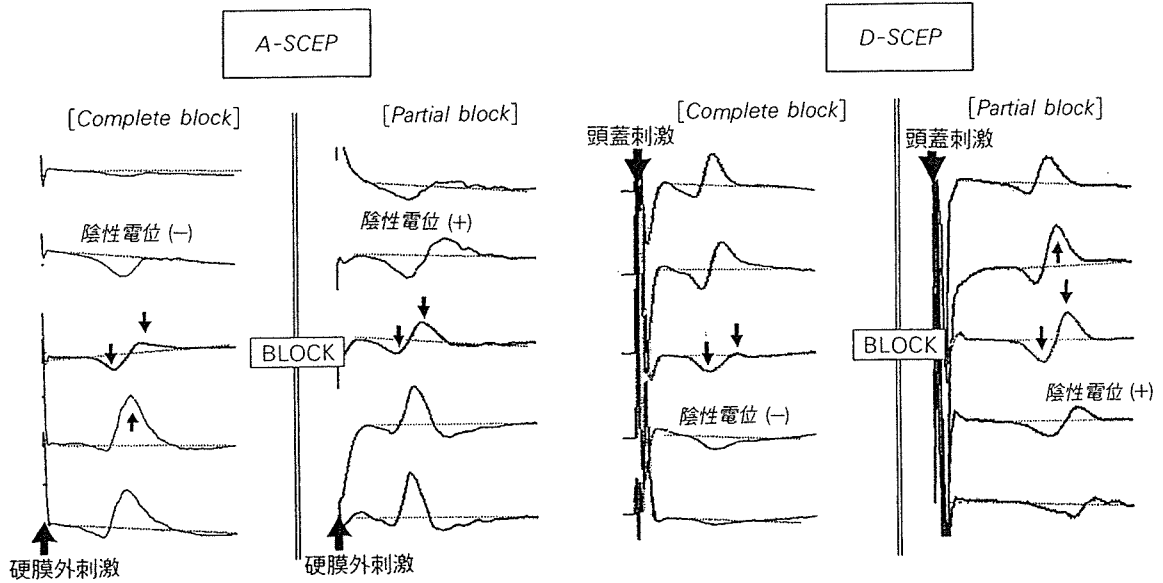


図1 A-SCEP および D-SCEP の伝導ブロックの判定基準

A-SCEP (左) では硬膜外刺激により上行性に波が伝播しているが、ブロック部位では1つ尾側の波形と比べて、陽性電位が増大し、陰性電位が減少し伝導ブロックと判定できる。さらに Complete block では、それより頭側の陰性電位が消失しており、Partial block では陰性電位が残存している。同様に D-SCEP (右) では頭蓋刺激により下行性に波が伝播しているが、ブロック部位では1つ頭側の波形と比べて、陽性電位が増大し、陰性電位が減少し伝導ブロックと判定できる。さらに Complete block では、それより尾側の陰性電位が消失しており、Partial block では陰性電位が残存している。

結 果

結果①：D-SCEP の単極導出法の検討

D-SCEP を A-SCEP と同様に通常の感度 ($10\mu\text{V}$ 程度) で単極導出を試みると、刺激による基線の変動が大きく、誘発電位の導出が困難であった (図 2-A)。そこでまず、増幅器の感度を低く設定 ($100\mu\text{V}$ 程度) した状態で加算平均して記録した (図 2-B 左)。次に、刺激の極性を変えて同じ回数だけ刺激することにより、基線の変位を最小限にすることができた (図 2-B 右)。そして加算平均終了後、増幅器の感度を $100\mu\text{V}$ から $10\sim 20\mu\text{V}$ へ高めることにより、下行性の波を読み取ることが可能となった (図 2-C)。さらに基準電極 (単極針) の位置を変えて、記録波形を比較した。基準電極を関電極と同レベルの筋肉内に置いて記録したもの (図 2-D 左) と、すべての基準電極を術野のできるだけ尾側の皮下に、共通に設置したもの (図 2-D 右) とを比較すると、後者の方が初期の基線が安定し、初期陽性波の波形解析に有

利であると考えられた。

結果②：伝導ブロック程度 (Partial block vs Complete block) と臨床症状の関係

A-SCEP では、伝導ブロックと判定された 68 例のうち、Partial block が 46 例、Complete block が 22 例であった。これらの伝導ブロック程度から臨床症状の重症度について頸髄症 JOA スコア (17 点満点) で比較すると、Partial block 群では 9.40 ± 3.28 点、Complete block 群では 7.69 ± 2.73 点であり、Complete block と判定された症例群は Partial block と判定された症例群に比べて有意に点数が低く ($P < 0.05$, Mann-Whitney U 検定)、重症度が高い傾向が見られた。また D-SCEP では、伝導ブロックと判定された 43 例のうち Partial block が 23 例、Complete block が 20 例であった。同様にこれらを頸髄症 JOA スコアで比較すると、Partial block 群では 9.91 ± 3.46 点、Complete block 群では 7.50 ± 2.80 点であり、Complete block と判定された症例群において有意に点数が低く ($P < 0.05$)、重症度が高い傾向が見られた (図 3)。