

術中脊髄モニタリングは脊椎手術
の術後成績を予測できるか

聖隷浜松病院・

整形外科・せぼねセンター

1. 研究内容の要約

2. 実施した研究詳細

H16.7 ~ H22.8までの1270例のうち
48例について詳細に分析した研究。

3. 関連論文

新潟整形外科研究会会誌

第23巻 第1号 2007

脊椎外科手術における術中脊髄モニタリングの意義

長谷川和宏・本間隆夫・下田晴華

長野純二・渡辺研二・大矢真奈美

4. 当院における術中脊髄機能モニタリングの
年度別施行例数

5. 手術室での実施(写真)

1. 研究内容の目的と要約

【題名】 術中脊髄モニタリングは脊椎手術の術後成績を予測できるか

【目的】 脊椎脊髄手術を安全に行うため

【背景】 背髄・脊椎の機能改善を目的とした手術の歴史は古いが、常に安全に行われてきたとは言い難い。脊椎脊髄手術は必要な外科的処置ではあっても、手足や体幹に大きな障害を残すことも時にはみられた。

私たちはこの麻痺や四肢の後遺症のリスクの多い脊髄・脊椎手術をできるかぎり安全に行うためにチーム医療として、手術中に脊髄機能モニタリングを行い予防するように努めてきた。手術中脊髄モニタリングは当院では整形外科医師と臨床工学士・麻酔科医師が協力し、専用の機器を使用して行っている。

しかし、安全に手術を行うことに明らかに有用であるにもかかわらず、脊髄の電気生理を学ぶ機会が少なく、運用に時間と人手がかかり、評価が一定せず、測定機器が高価であるなどのデメリットがあり普及はまだまだ少ない。

当科は種々のデメリットを克服しつつ、平成16年7月から本年

8月までに1270例の手術中モニタリングを行ってきた。その経験の中から上記題名での研究成果を提出いたします。

【要約】

・症例：平成20年6月から8月までの2ヶ月間の48症例について詳細に分析した。

・方法：sSEPは10%以上の潜時の変化、cMAPは50%以上の振幅の変化を有意の波形変化を判定基準とした。

・結果：48例中43例（89.6%）に評価可能な脊髄モニターの波形が得られた。

・結論：cMEPは多チャンネルで術中モニタリングすれば情報が多く有意義であった。腰部脊柱管狭窄症・腰椎椎間板ヘルニア・頸椎症性脊髄症等の手術について術中安全性確保と手術結果の判定を試みた。術中安全性の確認には十分有用であった。当院では、術中モニタリングシステムは完成しつつある。各手術結果の術中良否判定にはまだ不十分な点があった。

以上の研究から、さらに安全で手術効果を手術中に判定できる方法の開発に貢献したい。

術中脊髄モニタリングは 脊椎手術の術後成績を予測できるか

聖隷浜松病院
せぼねセンター

臨床工学士

長野純二、井上善也、高橋祐樹
長谷川和宏(顧問)
鈴木真紀子、鈴木克尚、村松明日香
田中良樹

研究目的

神経機能を手術中に確認できる脊髄機能モニタリング (functional spinal cord monitoring:FSCM)は術中の神経合併症を早期発見し最小限にとどめる手段としての有用性は多くの報告。

今回、我々はこのFSCMを用いて手術中に得られた波形を分析することで

1. 手術操作による波形変化
2. 術後の臨床症状改善の予測

を調査した。

症例

- 平成20年6月から8月までの全脊椎手術例。
- 全48例にFSCM施行。
- 入院時と退院時または初回再来時の2回JOA scoreを調査。

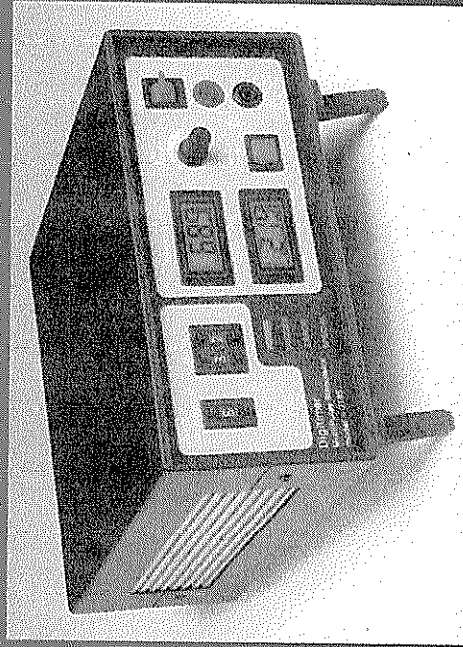
手術内容

- 男性32例、女性16例
 - 年齢9歳～81歳（平均56.75歳）
1. LSCS:20例
(laminectomy:11,PLF/PS:9)
 2. LDH:10例(Love)
 3. CSM:7例(laminoplasty)
 4. Comp.Fx.:3例(PLF/PS)
 5. CDH:2例(ASF)
 6. その他6例

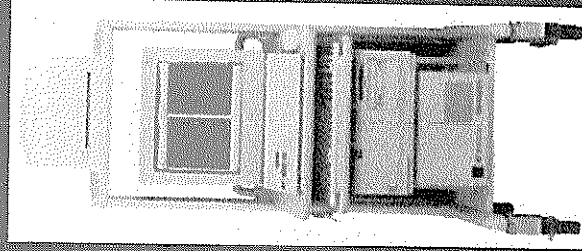
使用機器と設定

1. 短潜時体性感覚誘発電位somatosensory-evoked potential (sSEP): 2ch
2. 経頭蓋刺激複合活動電位compound muscle action potential (cMAP): 14ch

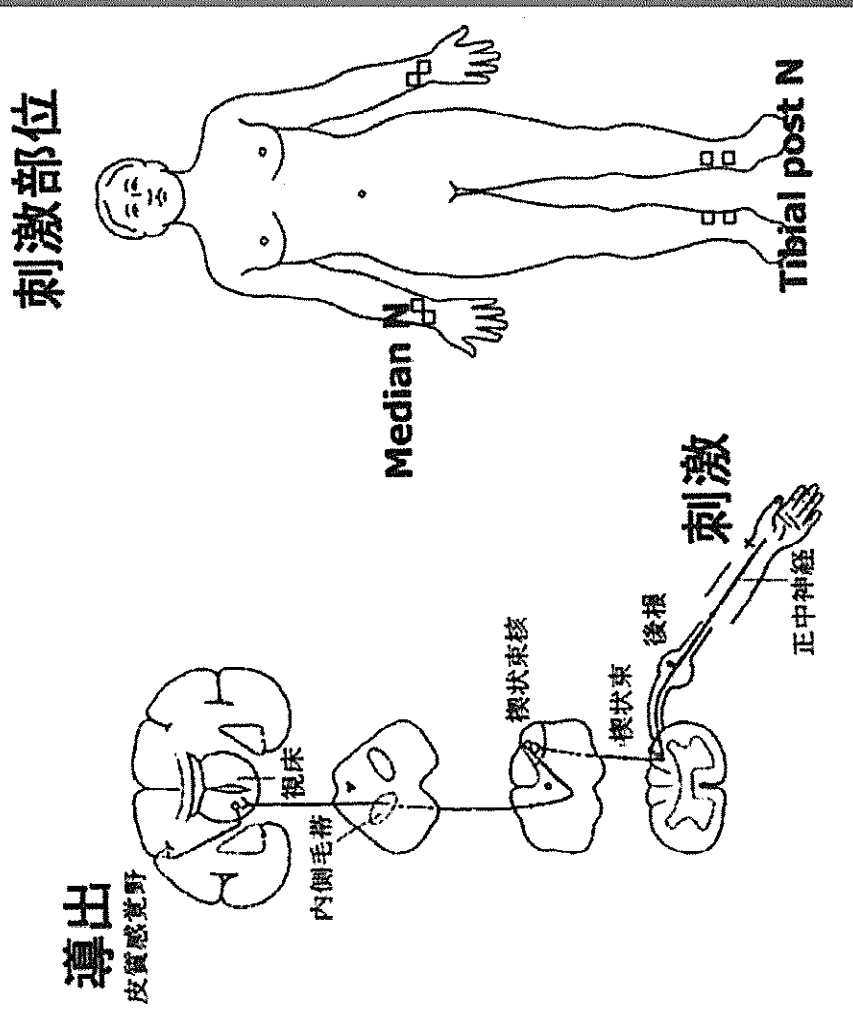
高電圧電気刺激装置
マルチパルスD185



Neuropack MEB-2200
(日本光電工業)



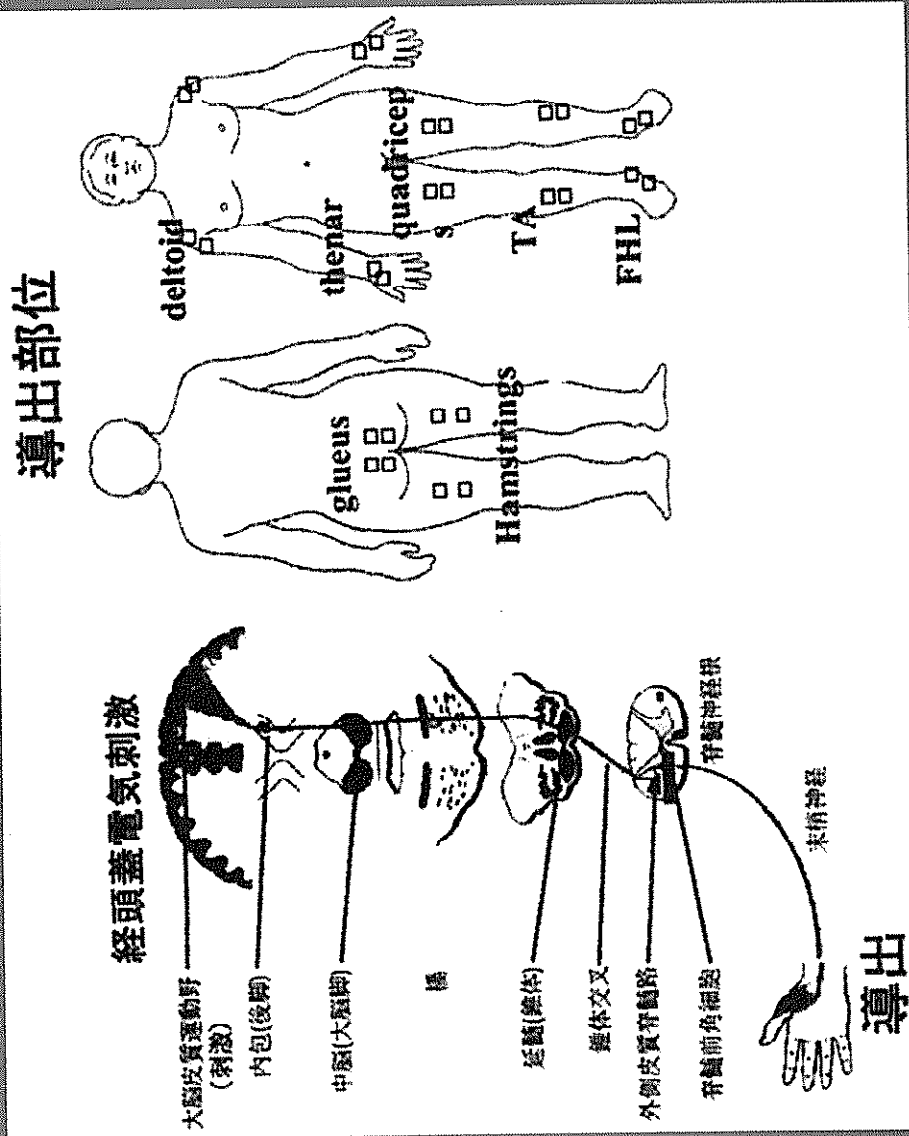
SSEPの刺激・導出部位のシエーマ



< 刺激の条件 >

刺激電位 上肢10mA 下肢25mA
 刺激間隔 3Hz
 フィルタリング 20~1500Hz
 加算回数 200回

CMAPの刺激・導出部位のシエーマ



<刺激および導出条件>

Train刺激回数 5回
 刺激間隔 2ms
 刺激電圧 400V前後
 フィルタリング 20~1500Hz
 記録時間 100ms

麻酔法

全例について

- プロポフォール(商品名:ディプリバン)
- レミフェンタニール塩酸塩(商品名:アルチバ)による静脈麻酔
- 臭化ベクロニウム(商品名マスキュラックス)により通常導入時のみ筋弛緩

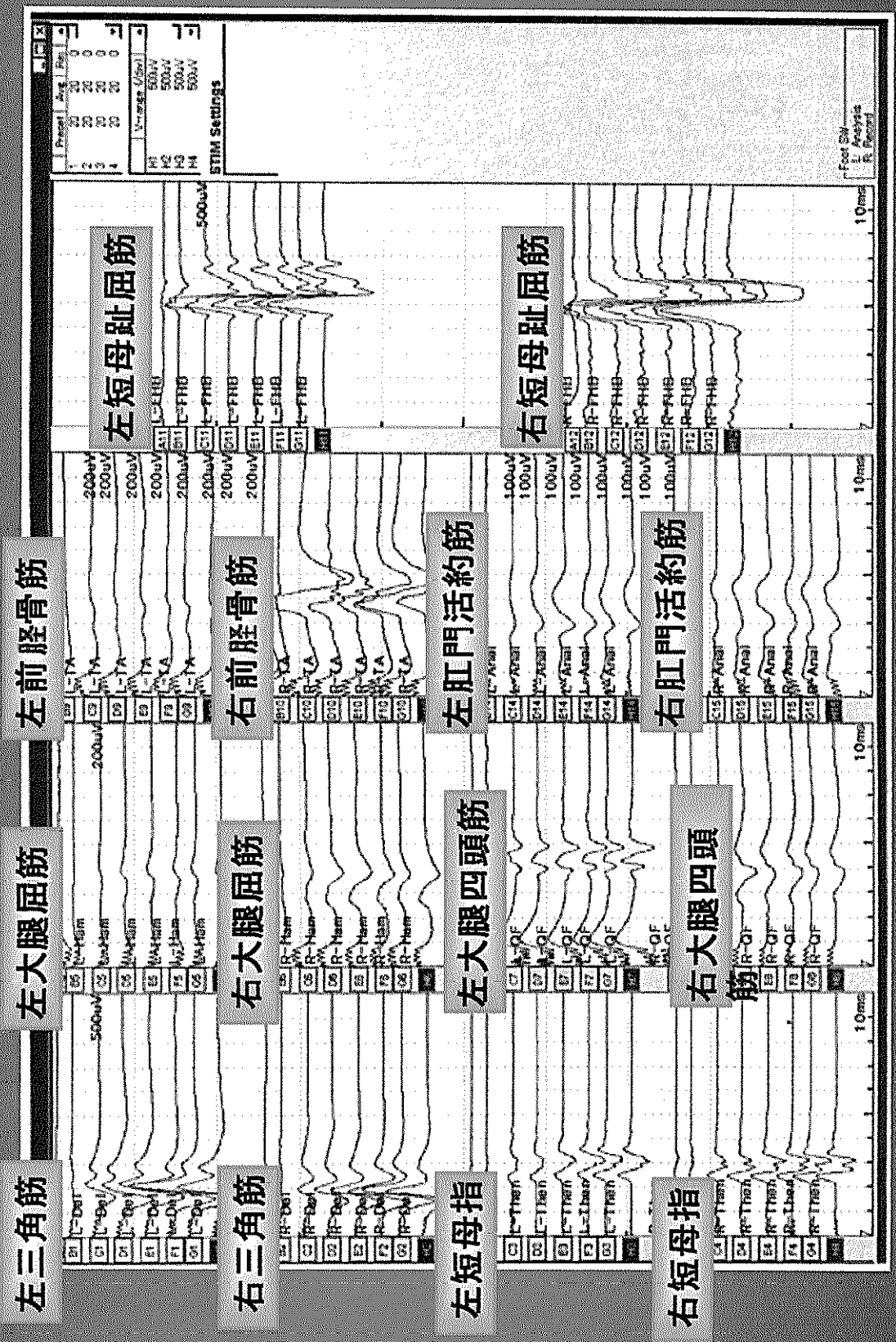
波形変化の判定

ベースライン波形（術中コントロール波形）

1. sSEPは10%以上の潜時の変化
2. cMAPは50%以上の振幅の変化

有意の波形変化

基本的波形



左三角筋

左大腿屈筋

左前脛骨筋

右三角筋

右大腿屈筋

右前脛骨筋

左短母趾屈筋

左短母指

左大腿四頭筋

左肛門活約筋

右短母趾屈筋

右短母指

右大腿四頭筋

右肛門活約筋

結果

1. 48例中の43例(89.6%)に評価可能な波形が得られた。
2. 48例の手術例で神経症状悪化例・感染例は無かった。

波形変化の分析

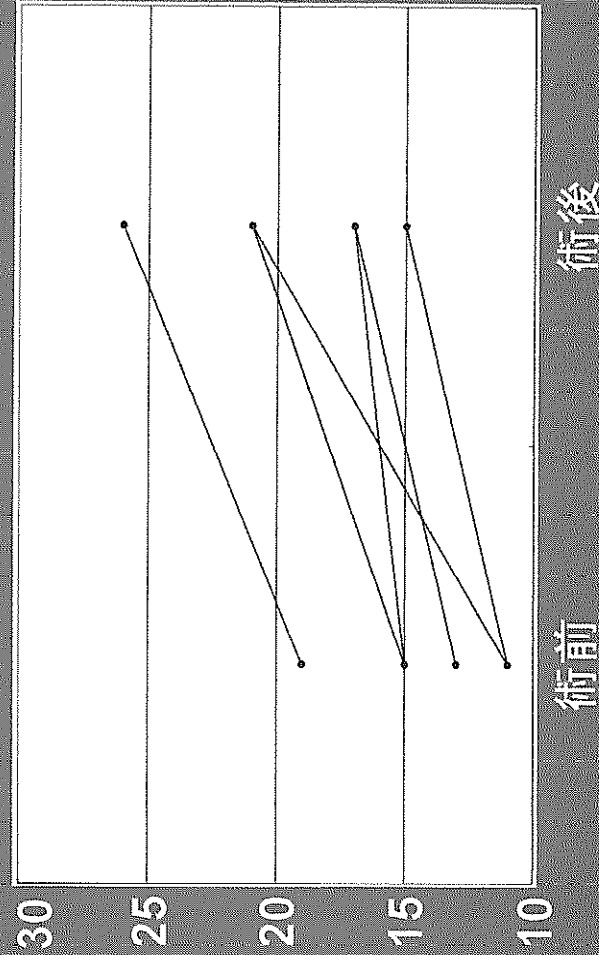
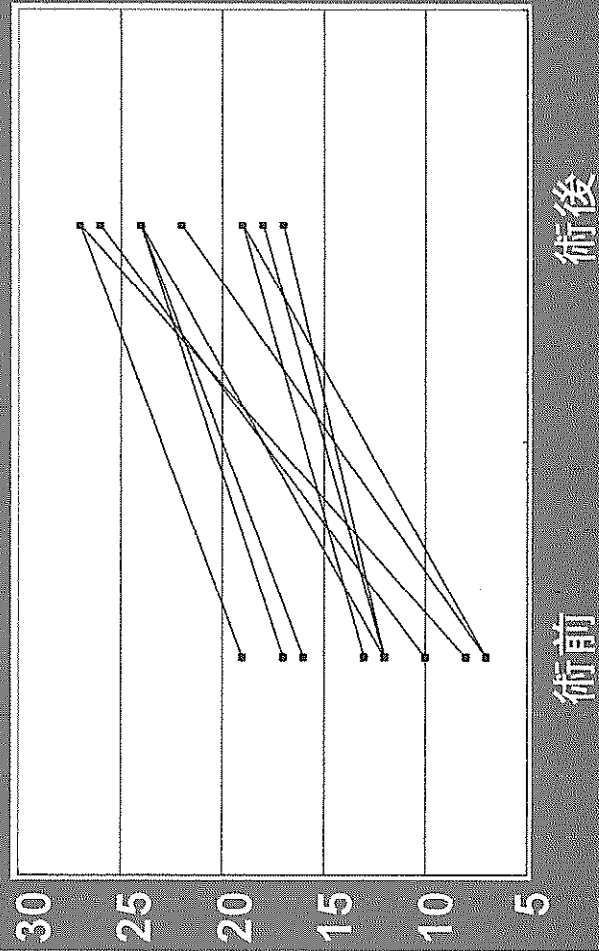
(症例の多いLSOS-LDH-CSMについて)

1. LSCSの波形変化(有効な波形得られず:2例):18例評価
 - sSEPは全例について変化なし。
 - cMAPは 振幅増大12例:67%
不変・減少6例:33%

JOAの変化

振幅増大: 平均12.08点⇒22.08点

振幅不変・減少: 平均14点⇒19.5点



Mann-WhitneyのU検定
P=0.0379

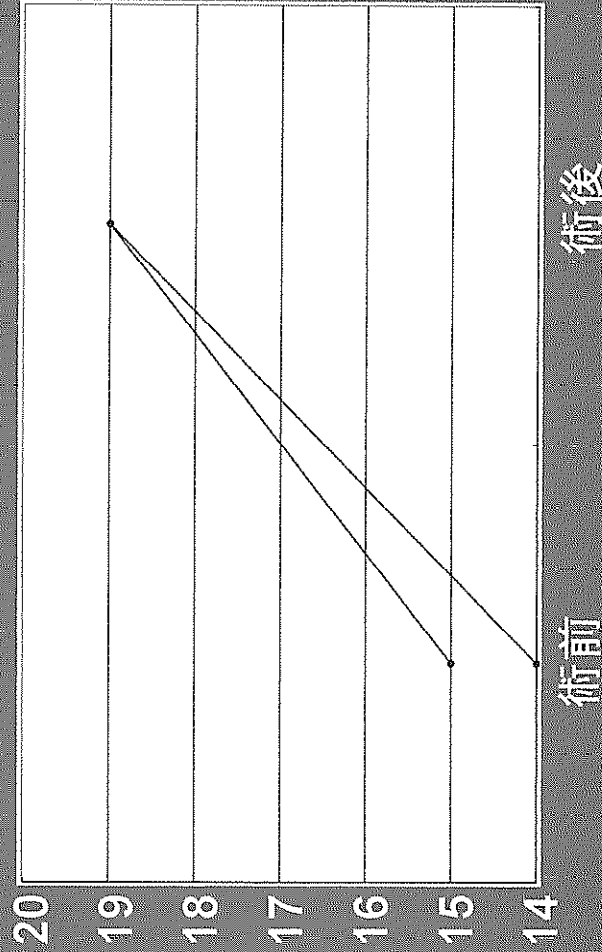
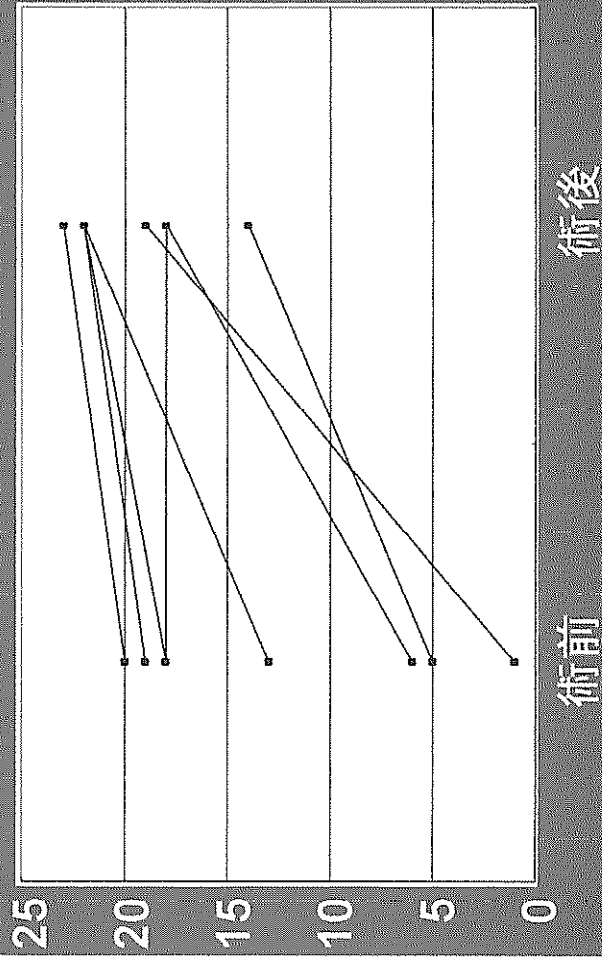
波形変化の分析

- 2. LDHの波形変化: 10例評価
 - sSEPは潜時遅延が1例: その他9例は変化なし
 - cMAPは 振幅増大8例: 80%
不変・減少: 2例

JOAの変化

振幅増大: 平均12.5点⇒19.25点

振幅不変・減少: 平均14.5点⇒19点

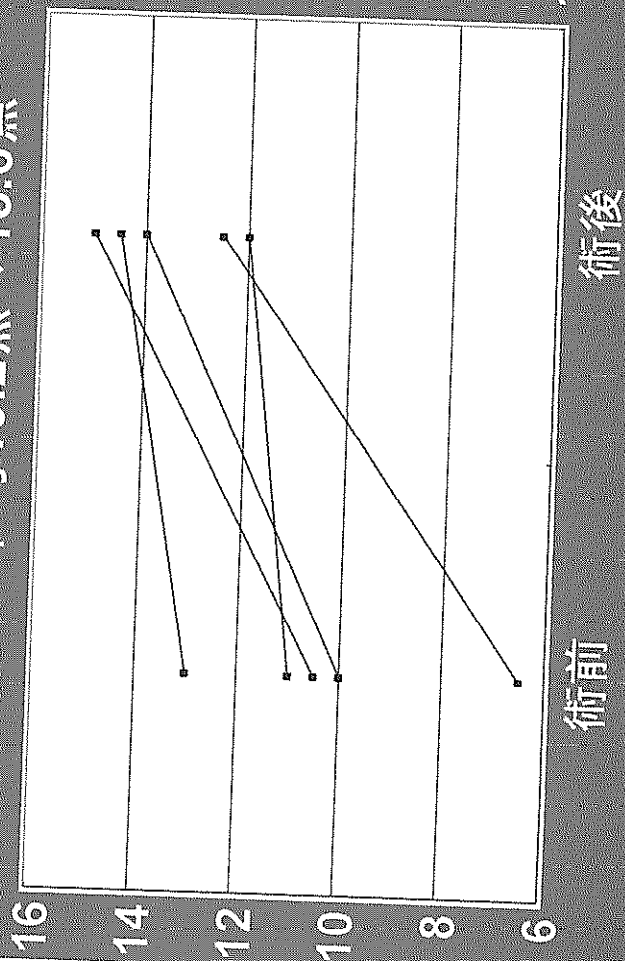


波形変化の分析

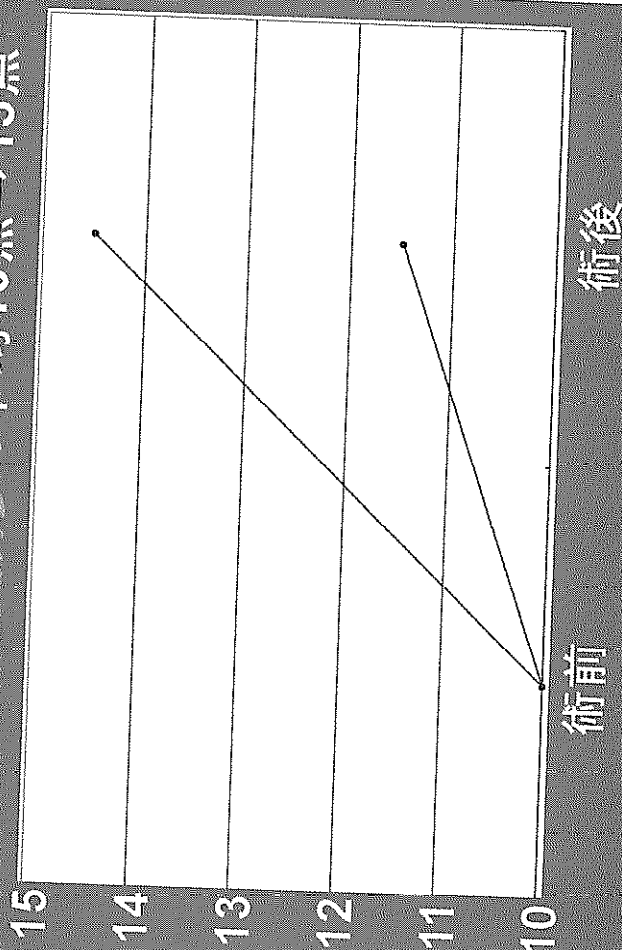
- 3. CSMの波形変化: 7例評価
 - sSEPは全例変化なし
 - cMAPは振幅増大・減少混在: 5例
不変・減少: 2例

JOAの変化

振幅増大: 平均10.2点⇒13.6点



振幅不変・減少: 平均10点⇒13点

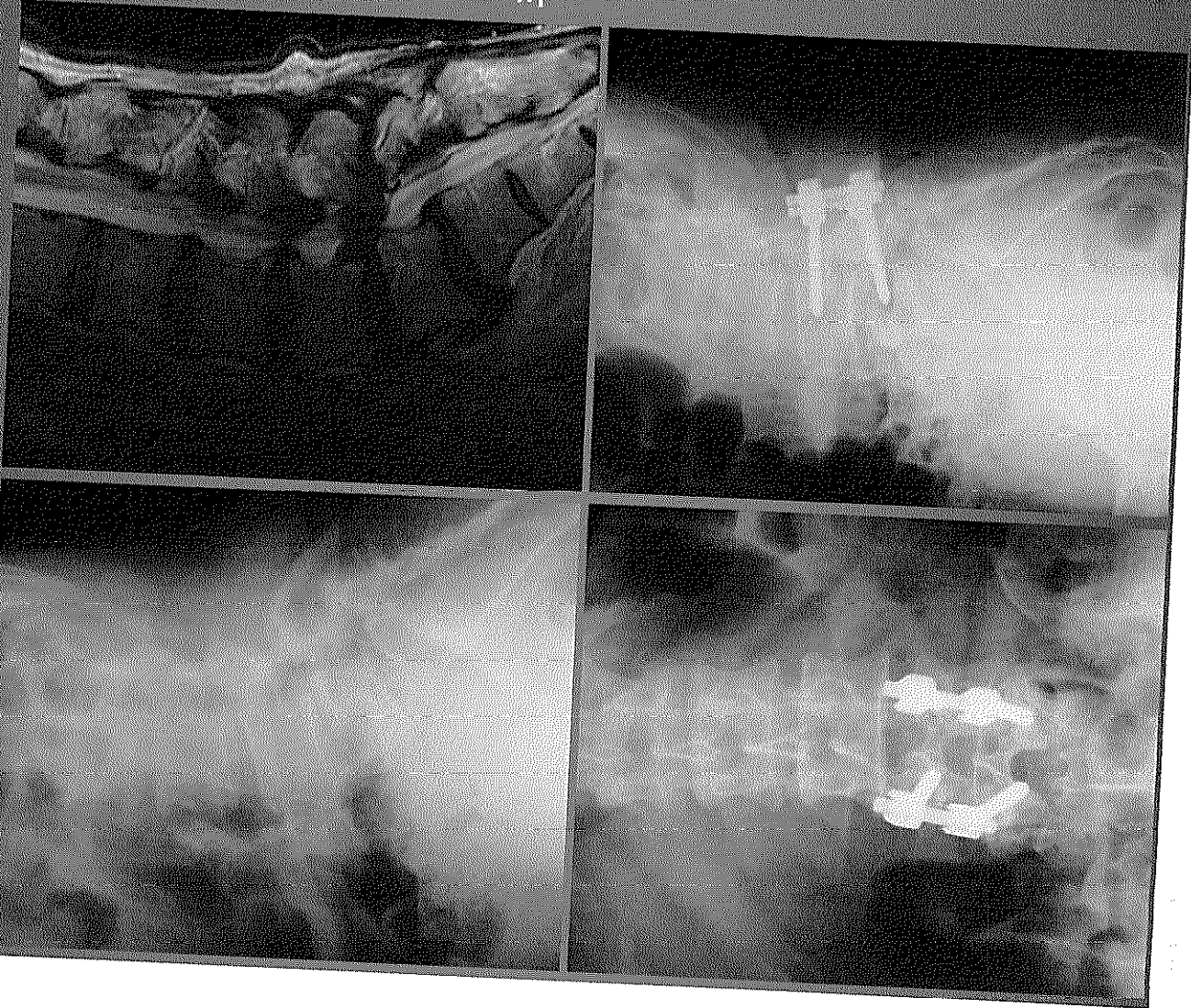


症例1 77歳男性 腰部脊柱管狭窄症

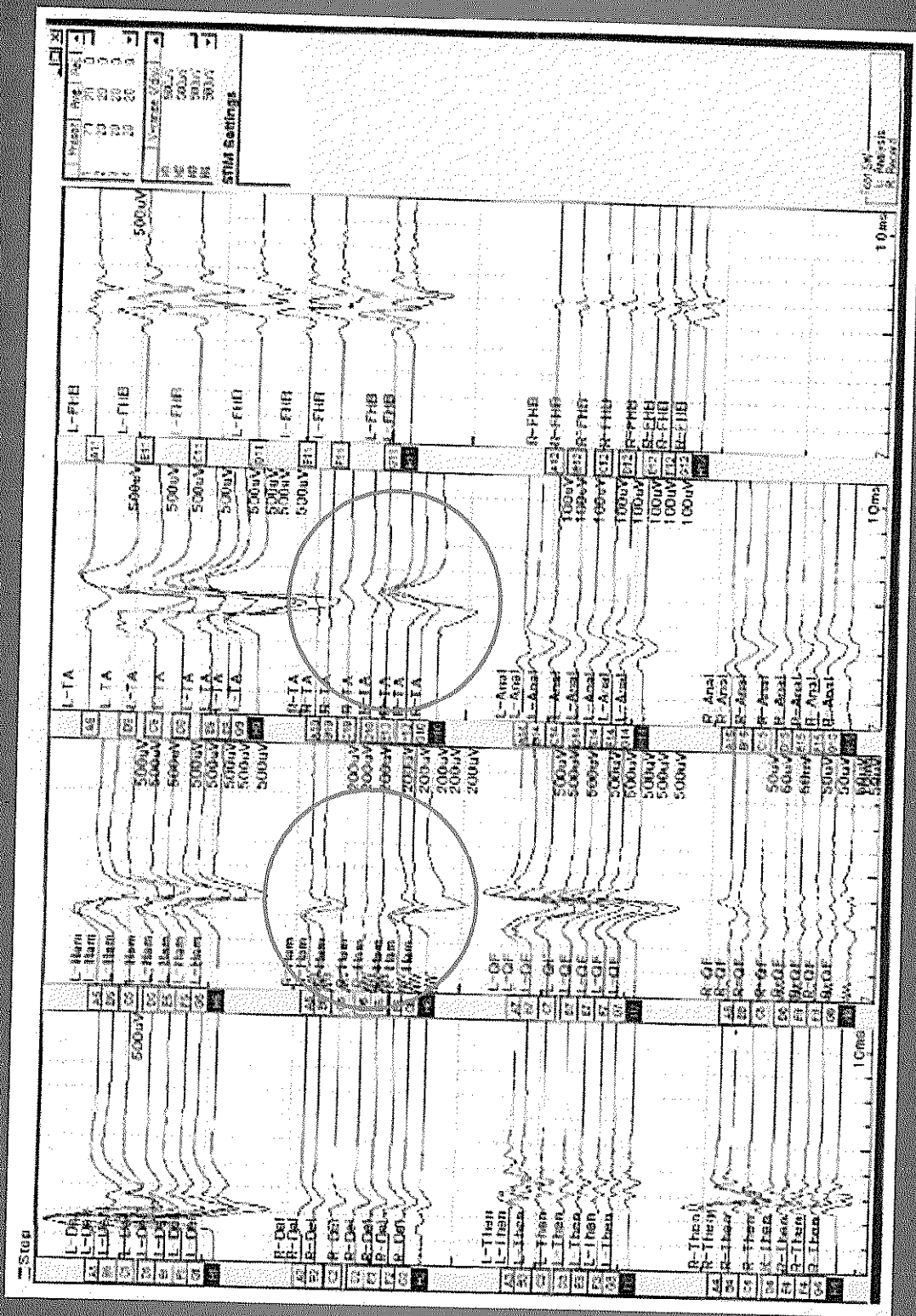
主訴：両下肢後面のつっぱり感と
両足底のしびれ。
SLRTは両側90度可能、
神経学的脱落症状なし。

画像：L3/4/5/S1狭窄、L4/5/S1：
Meyering1度のすべり。

手術：L3/4/5/S1の除圧、L4/5の
PLF/PS(L5/S1は術中不
動のため)

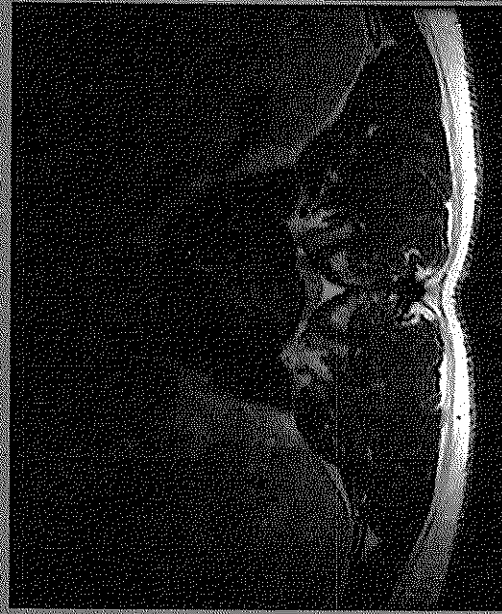


症例1 77歳男性 腰部脊柱管狭窄症



右HAM-TAで一時的に低下、消失したが最後には増大した。
JOAscoreは術前17点から術後27点に改善。

症例2 28歳男性 腰椎椎間板ヘルニアL1/2/3



主訴：腰痛、両下肢痛・筋力低下・歩行困難

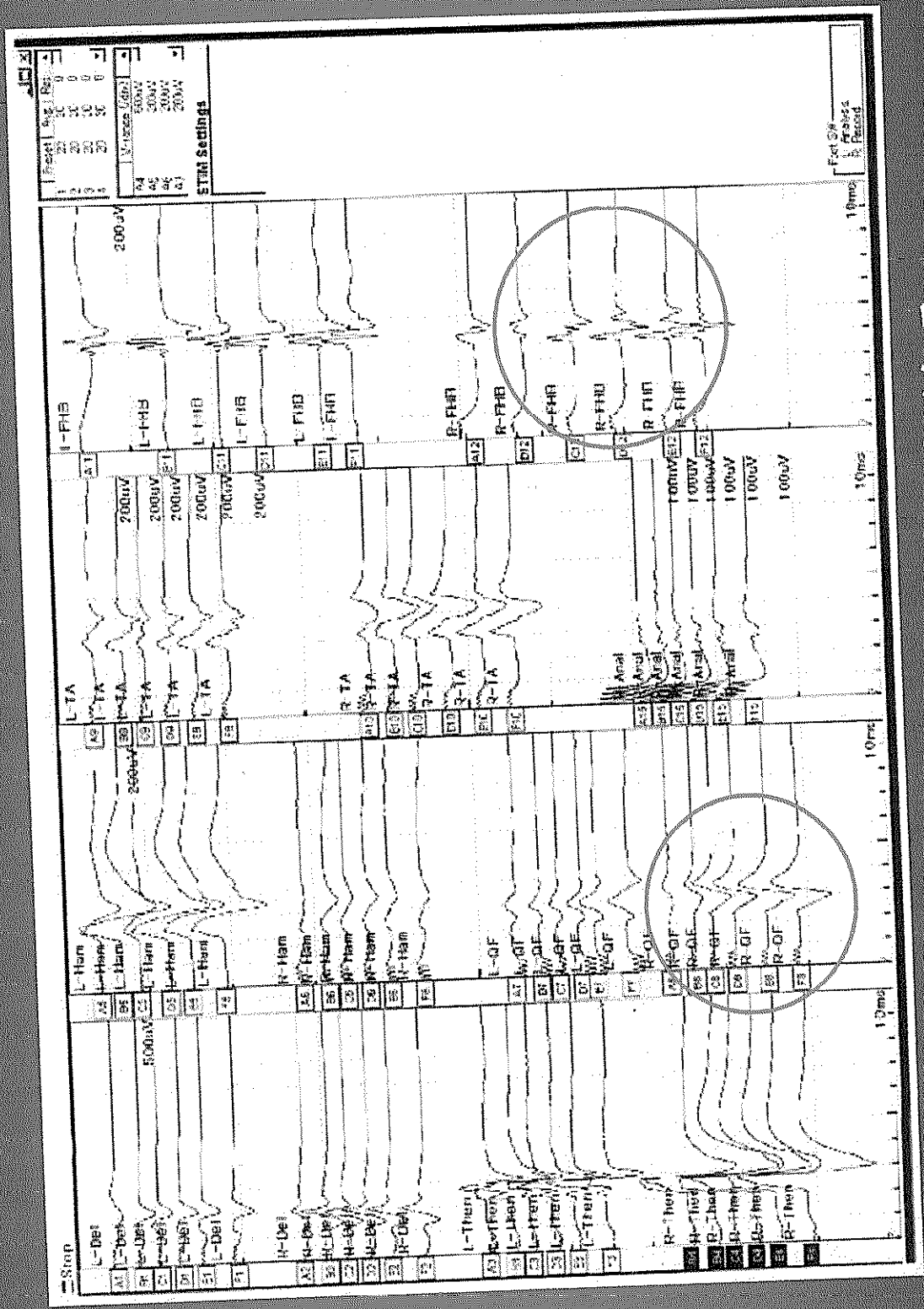
知覚障害：両下肢4-6/10低下、筋力は両側腸腰筋以下MMT3-4

膀胱直腸障害なし。

画像：L1/2/3に中心性のLDHで脊柱管狭窄を呈す。

手術：後方除圧・ヘルニア摘出

症例2 28歳男性 腰椎椎間板ヘルニアL1/2/3



除圧中から下肢の振幅が大きくなる。

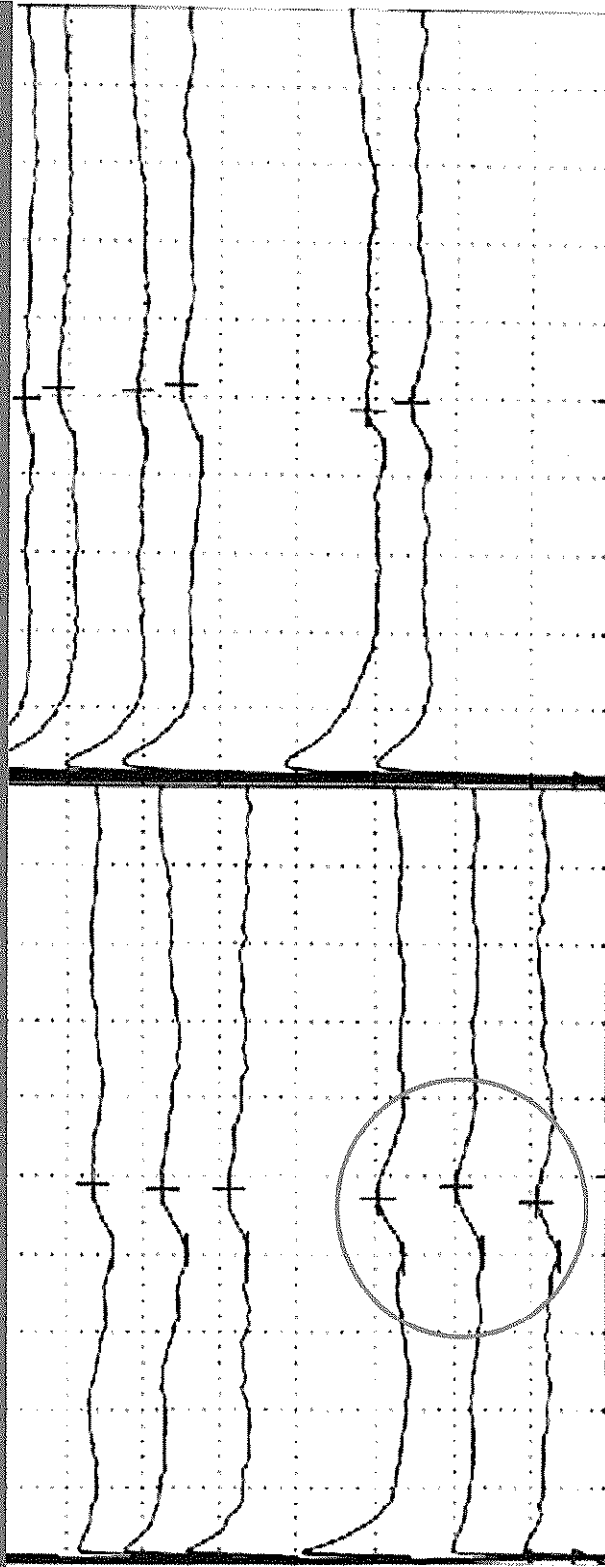
症例2 28歳男性 腰椎椎間板ヘルニアL1/2/3

19:56:19 05/08/08

19:52:16 05/08/08

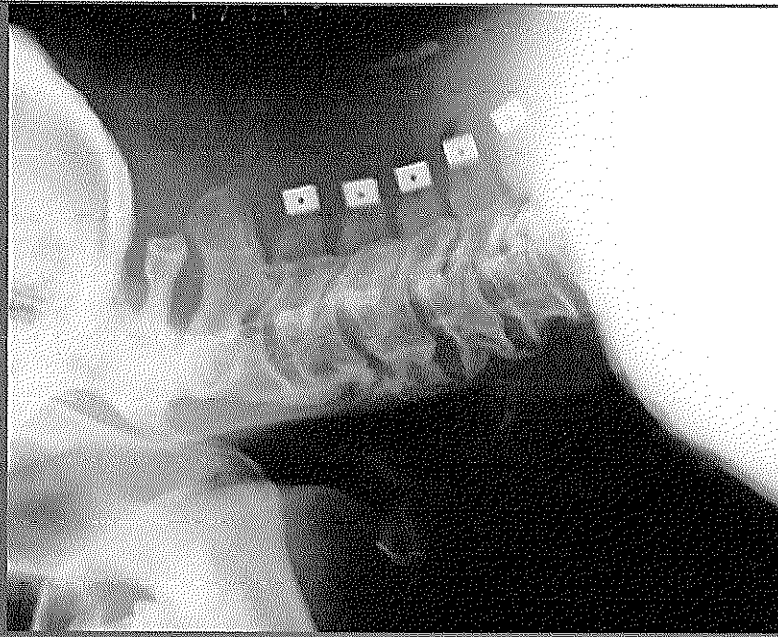
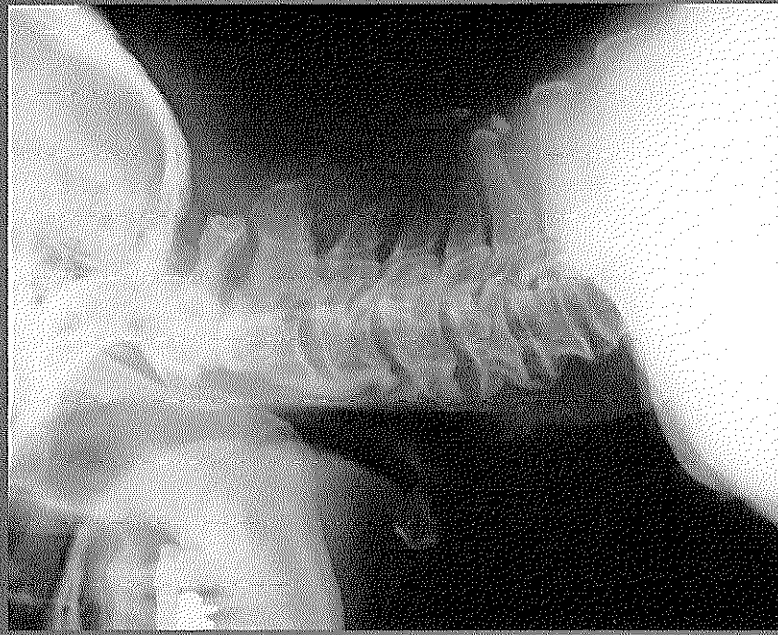
19:48:12 05/08/08

19:44:09 05/08/08



sSEPの潜時の短縮。
JOAscoreは術前6点から術後18点に改善した。

症例3 71歳男性 頸椎OPLL

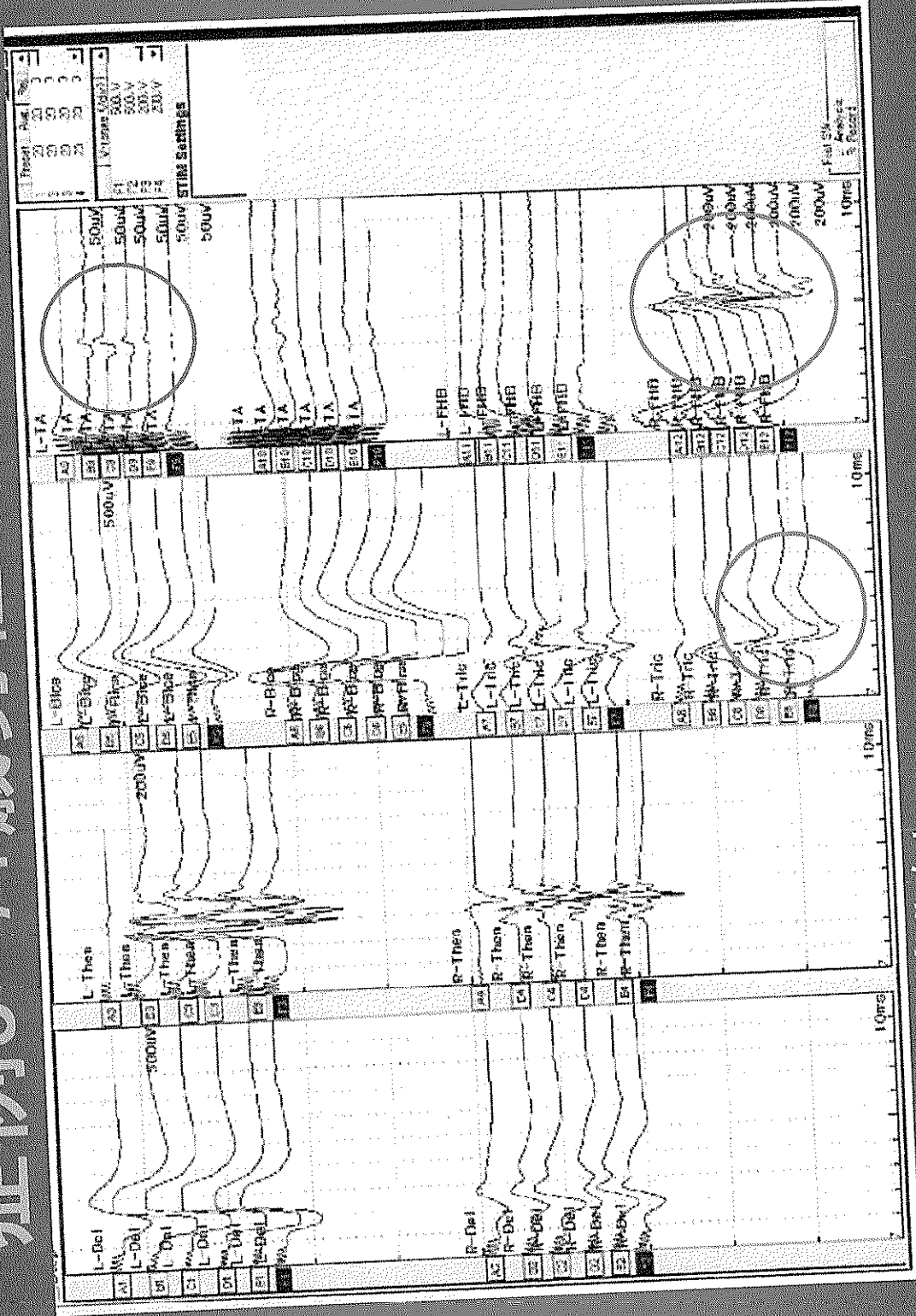


主訴：歩行困難、手足の冷感、痙攣性歩行、筋力低下・筋萎縮軽度、握力44/24kg、
知覚障害なし、反射正常。

画像：C3-7混合型OPLL

手術：C3-7 laminoplasty

症例3 71歳男性 頸椎OPLL



SSEP: 変化なし。
 cMAP: 振幅増大、減少、消失が混在している。
 JOAscoreは術前10点から術後14点に改善した。

考察1

術中の脊髄障害を未然に防ぐため

1972年 側弯症に対してSEPによる脊髄モニタリング
 (Nash CL.et.al. J.Bone Joint Surg.)

1972年 黒川、玉置らがSp(E)-SCEPで脊髄モニタリング

- ①後索機能のみ
- ②麻酔の影響が大
- ③加算回数が多い
- ④false negative例

1996年 MEP (経頭蓋刺激運動誘発電位) 報告
 (Jones SJ.et al. Elect Clin Neurophysiol)

運動路を直接監視可能、手技が簡便

2004年から我々は術中脊髄機能の監視として
 multi modality monitoringとして
 sSEP (2ch)
 cMAP (12-14ch)
 を開始

考察2

術中脊髄モニタリングは脊椎手術の術後成績を予測できるか

- 48例中43例(89.6%)に有効な波形が得られた
→ 臨床的に十分に有用

《得られた情報から》

- LSCSについて
波形増大例=JOAscore改善
波形不変・減少例=JOAscore改善

→ 除圧操作により波形増大すれば改善は確実
波形不変例より改善の度合いも大

- LDHについては、10例中8例に波形の増大
→ ヘルニア摘出は一般的に波形を増大する可能性がある
- CSMについては、波形の増大・不変・消失など複雑
→ 波形変化と改善は判定できなかった

結 論

1. FSCMとしてsSEPは鋭敏ではなかったが、cMEPは多チャンネルでモニターすれば情報が多い。
2. LSCSでは波形増大した方が有意差をもってJOAの改善度が良かった。
3. LDHは大半に波形増大が見られたが、ヘルニア摘出・除圧しても波形変化しない例もみられた。
4. CSMの波形変化は複雑で、十分に判定できなかった。

新潟整形外科研究会誌

第23卷 第1号 2007

Archives of Niigata Society for Orthopaedic Surgery and Traumatology

Vol.23, No. 1, 2007

新潟整形外科研究会

新潟整外研会誌

Arch. Niigata Soc. Orthop. Surg.

脊椎外科手術における術中脊髄機能モニタリングの意義

長谷川和宏¹⁾・本間 隆夫¹⁾・下田 晴華¹⁾
 長野 純二²⁾・渡辺 研二³⁾・大矢真奈美³⁾

Key words : 術中脊髄機能モニタリング (intraoperative functional spinal cord monitoring)
 複数神経経路モニタリング (multimodality monitoring)
 脊椎外科手術 (spine surgery)

はじめに

日本脊椎脊髄病学会によって実施された2001年における脊椎手術合併症調査によると、16157手術例のうち1383例 (8.6%) に合併症が発生し、神経合併症は1.7%と最多であった。神経合併症は、インストゥルメンテーションなど手技が複雑になるほど高率となり、一度発生すると予後は不良であった¹⁾。したがって、手術合併症とくに神経合併症を防ぐことは術者に課せられた重要な責務である。神経機能を術中に確認できる脊髄機能モニタリング (FSCM) は、術中神経合併症を防ぐ一つの手段である。

現在、臨床使用可能な FSCM には、知覚路を観察するために末梢神経幹または脊髄を刺激して誘発される電位を脊髄または大脳皮質感覚野で記録する方法と運動路を観察するために大脳皮質運動野を刺激して誘発される電位を脊髄または末梢の活動電位として記録する方法がある。複雑な脊髄機能のすべてを術中に監視することは事実上不可能であるが、できるだけ多くの機能をモニタリングする multimodality monitoring が望ましい²⁾。著者らは、2004年より16チャンネルでのモニタリング法を確立し実践してきたので、自験例を分析し、その有用性と問題点を検討する。

対象と方法

2004年10月から2006年9月までの間、432例に FSCM を実施した。患者の平均年齢は53.9歳 (5~91歳)、男240例、女192例であった。診断は、腰部脊柱管狭窄症98例、腰椎椎間板ヘルニア81例、頸椎症性脊髄症73例、脊椎・脊髄腫瘍32例、脊柱側弯症26例、他122例、である。部位別に見ると、頸椎123例、胸椎20例、腰

椎265例、胸・腰椎 (側弯症) 26例、であった。施行した術式は、除圧術のみ221例、除圧・固定術140例、腫瘍切除術 (含再建術) 29例、側弯症手術26例、椎間固定術 (含骨接合術) 16例、である。固定および骨接合術の211例には全てインストゥルメンテーションを使用した。

モニタリングの準備は、麻酔導入後、患者のポジションが決定してから開始する。表面電極の貼り方は、まずアルコール綿で皮膚表面の脂肪分を除去し、脳波用電極ペースト (Flefix, 日本光電) を十分に塗ってから貼ることが大切である。FSCM は、Neuropack MEB-2200 (ver.07-05, 日本光電工業, 東京) を用い、短潜時体性感覚誘発電位 somatosensory-evoked potential (sSEP) に2チャンネル、経頭蓋刺激複合活動電位 compound muscle action potential (cMAP) では14チャンネルの計16チャンネルを全て使用してモニタリングを行った。

sSEP では、頸椎手術の場合は正中神経を、胸椎以遠の手術では後脛骨神経を刺激して、皮質感覚野で導出した。導出部位は、正中神経刺激の場合には、+電極：正中前額部 Fz, -電極：頭蓋中央頂点部 Cz より2 cm 後方, 7 cm 外側とし、後脛骨神経刺激の場合には、+電極：Fz, -電極：Cz より2 cm 後方とした (図1 a)。刺激電流は上肢10mA, 下肢25mA, 刺激間隔は3 Hz, フィルタリングは上肢20~1.5kHz, 下肢50Hz~1.5kHz とし、加算回数は200回 (両側で約132秒) とした。一方、cMAP では、まず刺激電極を Cz より2 cm 前方, 3 cm 外側とした³⁾。導出電極は、三角筋、短母指外転筋、大腿四頭筋、大腿屈筋、前脛骨筋、長母趾屈筋、臀筋 (または外肛門括約筋) にルチーンで設置した (図1 b)。刺激は、Electric

1) 新潟脊椎外科センター 〒950-0165 新潟市江南区西町2-5-22 2) 聖隷浜松病院せばねセンター 3) 亀田第一病院

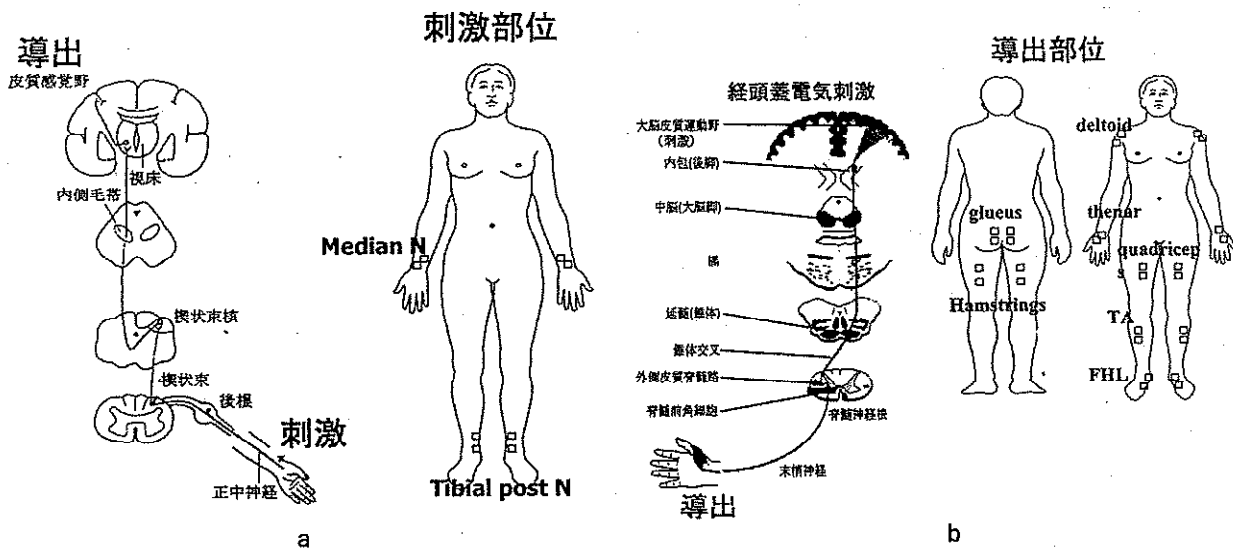


図1 a: 短潜時体性感覚誘発部位 (sSEP) の刺激・導出部位のシェーマ
 b: 経頭蓋高頻度電気刺激による筋電図モニタリング (cMAP) の刺激・導出部位のシェーマ

Stimulator (SNE-4100, 日本光電社製) を用いて、電圧 400V 前後、刺激間隔 500Hz, train 回数 5 回、フィルタリング 20~1.5kHz, 記録時間 100ms の条件で実施した^{4) 6)}。

麻酔は、プロポフォール (商品名デュプリバン)、クエン酸フェンタニル (商品名フェンタネスト) および臭化ベクロニウム (商品名マスキュラックス) による静脈麻酔で行う。筋弛緩剤のマスキュラックスは通常導入時のみに使う。麻酔深度は、BIS モニター (A-2000, 日本光電工業, 東京) を用いて BIS 値を 50~60 にすることによって維持し、筋弛緩作用は、筋弛緩モニター (TOF ウォッチ, 日本オルガノン社, 大阪市) を用いて、train of four で 2/4 程度の筋弛緩レベルを維持する^{3) 6)}。

- 検討項目は、
1. 評価できた FSCM 波形の獲得率
 2. 評価不能波形の分析
 3. 波形と術後症状の変化の関係
 4. 波形変化による神経合併症の検出率
 5. False negative 症例の検討
 6. FSCM による合併症

である。なお、有意な波形変化は、ベースライン波形と比較して sSEP では 10% 以上の潜時の変化、cMAP では 50% 以上の振幅の変化と定義した^{5) 6) 9) 10)}。実際の術中では、即時に波形が見られる cMAP 派形を主とし、sSEP 波形は補助的な指標とした。

結 果

402例 (93.1%) で波形評価可能であった。波形評価不能であった例は、主に FSCM 導入初期に電極貼付の際の皮膚処理が不十分であったり、電極が剥がれたりしたことで、静脈麻酔や筋弛緩剤の麻酔深度が深過ぎたなどの技術的な問題が原因であった。電極の貼付法や麻酔法が安定してからは、波形評価不能例はほとんどなくなった。変性疾患の場合には、ルチーンに実施している他の部位の FSCM 波形により術中神経障害の発生 (症例④) や除圧効果 (症例②) を確認することができた。一方、完全麻痺の脊損例など障害部位以遠の波形が全く導出できない場合も稀にあった。術後臨床症状改善例は401例であったが、このうち波形も有意に改善していた例は179例 (44.1%) であった。術後に臨床症状が改善しても、必ずしも術中 FSCM 波形の改善として現れるわけではなかったが、半数近い例で術中波形の改善によって術後症状の改善が予想できた。

術中 FSCM 波形の変化 (sSEP 潜時の 10% 以上の延長または cMAP 振幅の 50% 以上の低下) と実際に術後に発生した神経障害との関係を見ると、True positive 6例, true negative 367例, false positive 53例, false negative 6例であった (図6)。したがって、特異度 (true negative / (true negative + false positive) * 100) は 87.5%, 感度 (true positive / (true positive + false negative) * 100) は 50% であった。False negative 6例の詳細は表1に示す。術後上肢麻痺 2例 (症例3, 6), 脊椎全摘術¹¹⁾ (症例1) およびインストゥルメンテーションの際に L3 神経根

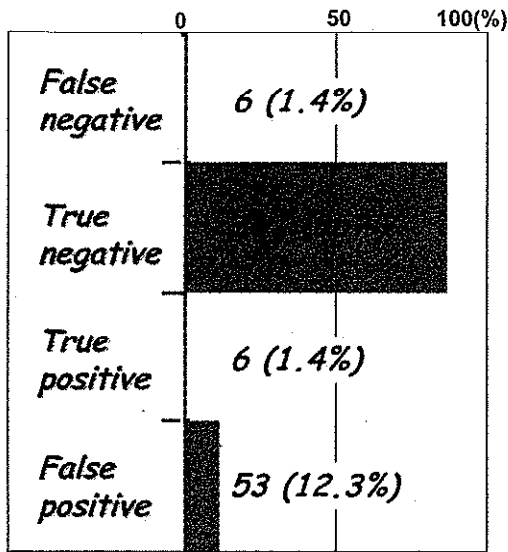


図6 モニタリング波形結果と神経合併症発生との関係

表1: False negative 症例

| 症例 | 年性 | 診断 | 高位 | 術式 |
|----|-----|------|-----------|-------|
| 1 | 38F | GCT | L3 | TES |
| 2 | 54M | 椎間板症 | L3/4, 4/5 | TLIF |
| 3 | 69F | OPLL | C3-6 | 椎弓形成術 |
| 4 | 43F | IMT | T2-3 | 摘出術 |
| 5 | 64F | 病的骨折 | L4 | PLF |
| 6 | 81F | CSM | C3-7 | 椎弓形成術 |

GCT: giant cell tumor, TES: total en-bloc spondylectomy
 TLIF: transforaminal lumbar interbody fusion
 OPLL: ossification of posterior longitudinal ligament
 IMT: intramedurally tumor
 PLF: posterolateral fusion
 CSM: cervical spondylotic myelopathy

を障害した例(症例2), 術前なかった臀部から下肢にかけての知覚障害の髄内腫瘍例(症例4), 原因不明1例(症例5)であった。

本FSCMでの重篤な合併症はなかったが, 初期の23例で, 術後に電極添付部の発赤・水泡を認めた。これは, 電極をしっかりと貼るために皮膚処理を強く実施しすぎたためと考えられた。程よく皮膚処理を行うことにより, 皮膚合併症は認めなくなった。

症例提示

症例①. 15歳女性 特発性側弯症。術前強い体幹変形を呈し, X線所見ではLenke分類3C-, 主カーブ胸椎 Cobb角は87度であった(図2a,b)。multisegmental

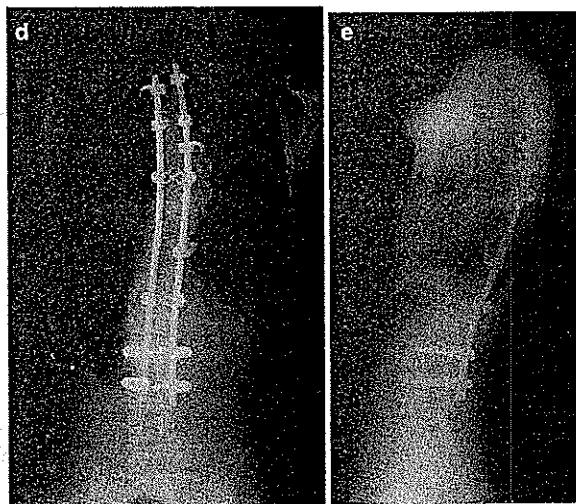
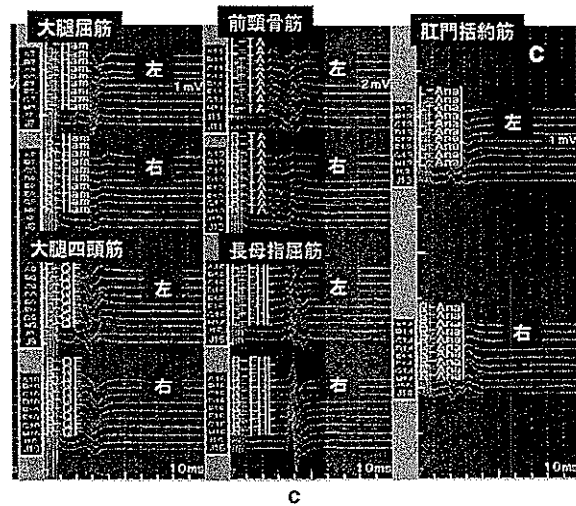
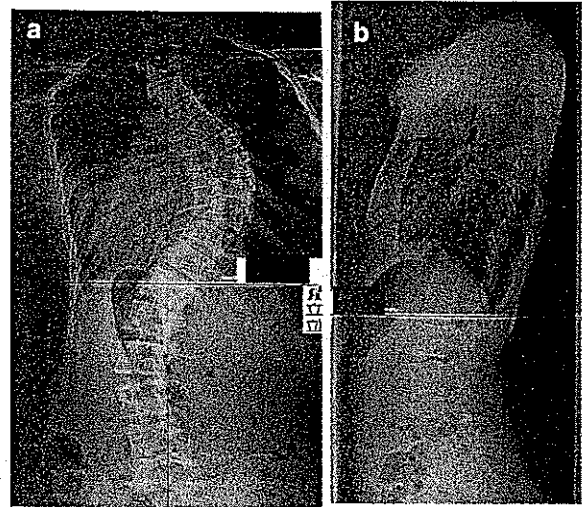


図2 15歳女性 特発性側弯症

a: X線PA像 b: X線側面像 c: cMAP
 d: X線PA像 e: X線側面像

hook-screw and rod システムを用いた後方矯正固定術を施行。術中の各インストゥルメンテーション操作の前後で波形を確認した。矯正時に FSCM 波形変化は認められず (図 2 c), 予定の術式を完遂した。術後6ヵ月時, 良好な体幹バランスを獲得し, X線所見でも問題はない (図 2 d,e)。

症例②. 43歳男性 腰部脊柱管狭窄症. 誘引なく発症し, 徐々に進行する間欠性跛行を認めた。ミエログラフィーおよび CTM にて, L4/5 高位での dynamic stenosis を認めた (図 3 a,b,c)。内視鏡による左側侵入両側除圧術を施行した。対側の黄色靭帯を切除して行き, L4/5 椎間板および L5 神経根を確認した (図 3 d)。除圧が十分であるかどうかを cMAP 波形でみると, 右前頸骨筋々電位はベースラインより有意に振幅が上昇したので, 除圧十分と判断した (図 3 e)。術翌日より歩行を開始したが, 術前の症状は消失した。

症例③. 56歳女性 L4 変性すべり症. 慢性労作性腰痛と間欠性跛行を認めた。L4 変性すべりに伴って, L4/5 高位で脊柱管の強い狭窄を認めた (図 4 a,b,c)。左側侵入による除圧矯正固定術 (transforaminal lumbar interbody fusion) を行った (図 4 d,e)。術中, 除圧による cMAP 振幅の上昇を確認し, インストゥルメンテーション操作を開始した。椎間ケージ挿入時, pedicle screw 挿入時および固定完成後のいずれにも波形の悪化がないことを確認した (図 4 f)。術後, 症状は消失し, 良好な経過である。

症例④. 69歳女性. L3, L4 変性すべり症による腰部脊柱管狭窄症. 術前, 両側不全麻痺を伴い独歩不能であった。L3/4 および L4/5 での高度な狭窄を認めた (図 5 a,b)。椎弓形成術による L3/4 および L4/5 の除圧術を施行した。術中, L4/5 高位での癒着を剥離している際に硬膜損傷を来し, ここから馬尾の一部が露出した。このとき左長母指屈筋の cMAP 波形が消失した (図 5 c)。術後, 同屈筋の麻痺の悪化を認めた。

考 察

表面電極を使用した sSEP と cMAP による今回の術中 FSCM 法は, 93.1% で波形評価可能であった。電極貼付法や麻酔法が確立してからは, 波形評価不能例はほとんどなくなり, 安定した波形が獲得できる方法であることがわかった。しかし, 麻痺が高度な症例では, 障害神経レベルでの波形導出ができない場合があり (症例④, 図 5 c 右長母指屈筋), 波形獲得には

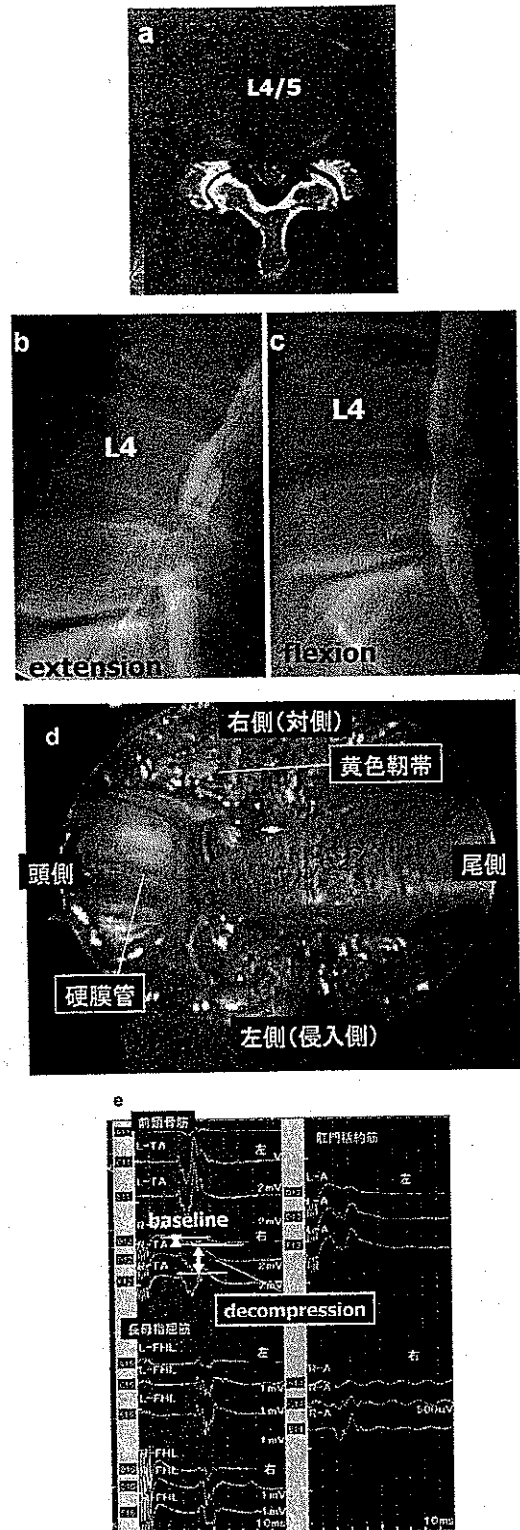


図3 43歳男性 L4/5 腰部脊柱管狭窄症
 a: CTM
 b: ミエログラム伸展位
 c: 同屈曲位
 d: 術中モニター
 e: cMAP波形

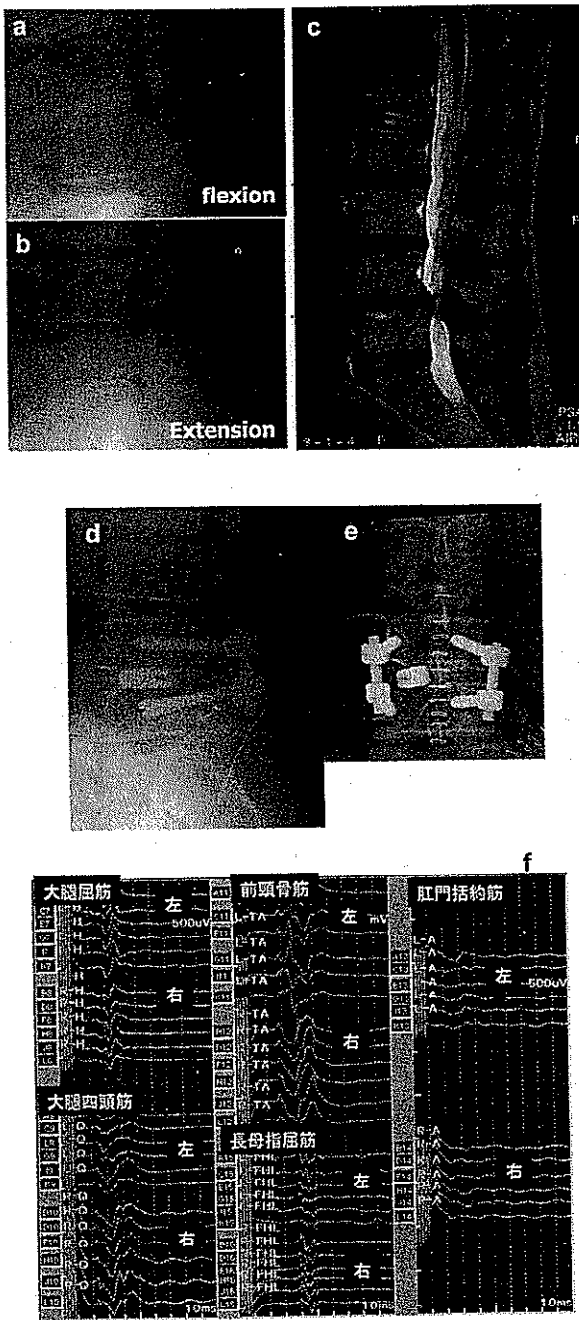


図4 56歳女性 L4変性すべり症
 a: X線機能写曲位
 b: 同 伸展位
 c: MRIT2強調矢状断像
 d: インストゥルメンテーション完成後X線側面像
 e: 同 PA像
 f: cMAP波形

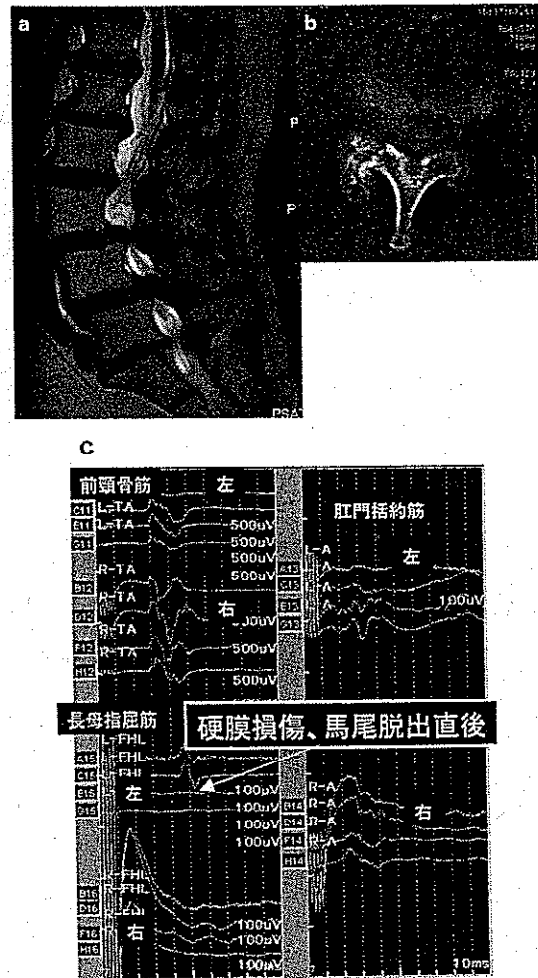


図5 69歳女性 L3, L4変性すべりに伴った腰部脊柱管狭窄症
 a: MRIT 2 強調矢状断像
 b: CTM
 c: cMAP

自ずと限界があることを忘れてはならない。

術後臨床症状改善例のうち FSCM 波形も有意に改善していた例は 44.1% であり、術後に臨床症状が改善しても、術中に常に FSCM 波形の改善として現れるわけではなかった。しかし、半数近い例で術中に除圧効果が確認できることは、術者にとって手術操作が確かに行われたか否かの判断に役立つ。とくに、最近の内視鏡手術に代表される低侵襲手術では、十分な除圧が行われたかどうかを術中に判断することが難しい場合がある。このような場合には、当該神経根の波形によって除圧がなされたかどうかを確認することができる(図3)。

術中波形変化と神経合併症の有無との関係を見ると、特異度 87.4%、感度 50% と true positive の検出力が劣っていた。100% の検出は困難であるものの、シス

テムの改良と共に, true positive 例の検出率は高まって来つつある。大切なことは, FSCM を行っていないければ, pedicle screw 逸脱例など術中に神経障害が同定できなかった例があることである。したがって, 感度が高くなくとも安全な手術のための合併症予防対策の手段として本法は, 十分な意義があると考えられる。False negative 例 (表 1) のうち, 頸髄除圧後上肢麻痺は除圧術後の脊髄障害と考えられるが²⁾, 術中には障害は発生せずに術後にゆっくりと三角筋麻痺に代表される麻痺が発生するため FSCM では検出できなかったと推察する。髄内腫瘍例では腫瘍摘出の際に正常神経組織を侵害せざるを得ない。これらの病態では, 現時点では FSCM で術後に発生する障害を予測できない。一方, L3 神経根を障害した脊椎全摘術例とインストゥルメンテーション手術では術中に FSCM で捉えたい合併症であるが, いずれも大腿四頭筋の活動電位に変化は生じなかった。大腿四頭筋は, L3 および L4 に主に支配されているが, L4 神経が正常に機能していると波形変化が生じないものと推察する。

ま と め

脊椎手術における神経合併症の回避は, 脊椎外科手術における重要な課題である。施術者の安全管理責任は, リスクの高い脊髄腫瘍摘出術や脊柱変形矯正手術ではもちろんのこと, 一般脊椎手術においても免れ得ない。神経合併症対策のための“安全弁”の一つが術中脊髄機能モニタリングである。今回, 16チャンネルでの複数経路モニタリングを実施した432例を解析した結果, 402例 (93.1%) で波形評価可能で, 179例 (44.7%) が波形改善とともに術後症状も改善していた。True positive 6例, true negative 367例, false positive 53例, false negative 6例であり, 特異度 87.5%, 感度 50% であった。更なる精度の向上が必要ではあるが, 複数経路モニタリングは明らかに術中神経合併症を軽減できる方法であることがわかった。さらに, 除圧術の効果も術中に把握することができることも確認した。したがって, 本法は, 手術の安全性および確実性を向上させるために, すべての脊椎外科手術で実施することが望ましい。

(本論文の要旨は2006年11月19日の第187回新潟整形外科研究会で発表した。)

文 献

- 1) Hasegawa K, Homma T, Hirano T, et al. Margin-free spondylectomy for malignant spine tumors. *Spine* 32 : 142-148, 2007.
- 2) Hasegawa K, Homma T, Chiba Y. Postoperative upper extremity palsy following cervical decompression surgery is a transient spinal cord lesion. *Spine* 32 : E197-E202, 2007.
- 3) Iwasaki H, Tamaki T, Yoshida M, Ando M, Yamada H, et al. Efficacy and limitation of current methods of intraoperative spinal cord monitoring. *J Orthop Sci* 8 : 635-42, 2003.
- 4) Jones SJ, Harrison R, Koh KF. Motor evoked potential monitoring during spinal surgery: Responses of distal limb muscles to transcranial cortical stimulation with pulse trains. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 100 : 375-83, 1996.
- 5) Lee JY, Hilibrand AS, Lim MR, et al. Characterization of neurophysiologic alerts during anterior cervical spine surgery. *Spine* 31 : 1916-22, 2006.
- 6) 松山幸弘, 吉原永武, 酒井義人, 中村博司, 片山良仁, 伊藤全哉. CMAP モニタリングの実際と有用性. *脊椎脊髄* 19 : 41-8, 2006.
- 7) Raynor BL, Lenke LG, Kim Y, Hanson DS, et al. Can triggered electromyograph thresholds predict safe thoracic pedicle screw placement? *Spine* 27 : 2030-5, 2002.
- 8) 種市洋, 野原裕, 植山和正, 川原範夫, 芝啓一郎, 谷俊一, 徳橋泰明, 中原進之介. 脊椎手術合併症の実態—日本脊椎脊髄病学会の調査から—. *日整会誌* 80 : 5-16, 2006.
- 9) 玉置哲也. 脊髄機能モニタリングの実際. *日本脊椎外科学会誌* 8 : 431-6, 1997.
- 10) 飛田俊幸. 手術室での誘発電位測定: 術中神経機能モニタリングの実際. *LiSA* 10 : 314-9, 2003.

謝 辞

本研究に全身全霊を捧げて尽くして下さった, 聖隷浜松病院臨床工学室: 神谷典男, 鈴木克尚, 原季実子, 大越真紀子, 亀田第一病院臨床工学室: 河内崇志, 増井雅也, 島山弘毅, の諸氏に深謝いたします。

4.

術中脊髄モニタリング症例

(異物抜去術などのぞいて全例に施行)

2004 年度：69 例

2005 年度：178 例

2006 年度：162 例

2007 年度：177 例

2008 年度：196 例

2009 年度：296 例

2010 年度：192 例

計 1270 例 (2010/08/20 現在)



5.

