硬膜外脊髄通電法の自覚的及び他覚的除痛効果について

新潟大学医学部麻酔学教室（主任：下地恒毅教授）
穂　苅　　環

Subjective and Objective Evaluation of Pain Relief by Epidural Spinal Cord Stimulation

Tamaki HOKARI

Department of Anesthesiology,
Niigata University School of Medicine
(Director: Prof. Koki SHIMOJI)

More than 200 patients with chronic pain were treated by epidural spinal cord stimulation (ESCS). The effects of ESCS on subjective pain relief were evaluated in relation to the type of diseases.

ESCS was significantly ($p<0.005$) more effective in cancer pain, traumatic cervical syndrome and tabes dorsalis with comparison to other diseases. On the other hand, ESCS was significantly ($p<0.005$) less effective in thromboarteritis obliterans and arteriosclerosis obliterans.

Significant ($p<0.005$) decrease in amount of anodynes and minor tranquilizers were noted following pain relief with ESCS.

Other treatments such as oral administration of analgesics and nerve blocks (including sympathetic block) were not effective in these patients subjected to ESCS. Thus the score of our ESCS that 54.6% of the patients achieved more than 50% subjective pain relief seemed to be high with comparison to that reported by other investigators on ESCS.

Subjective pain relief by ESCS was significantly correlated to the rise of skin temperature ($p<0.01$) and the depression of the withdrawal reflex ($p<0.05$) measured by electromyogram (R3 response). Subjective pain relief by transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) was also significantly ($p<0.01$) correlated to pain relief by ESCS.

Therefore measurements of skin temperature and R3 response during ESCS is useful

Reprint requests to: Tamaki HOKARI, Department of Anesthesiology, Niigata University School of Medicine, Asahimachi-dori 1, Niigata City, 951, JAPAN.

別刷請求先：〒951 新潟市旭町通1番町
新潟大学医学部麻酔学教室
穂苅　環

for evaluation of objective pain relief. TENS should also be tried for prediction of the effect of ESCS, since the method is very simple.

Thus, objective evaluations of pain relief such as measurements of skin temperature and R3 responses might be valuable for prediction of effectiveness of ESCS on the patients with chronic pain.

A simple subjective estimation of pain relief with TENS might also be beneficial for prediction of the pain relieving effects of ESCS.

Key words: epidural spinal cord stimulation, skin temperature, R3 response, transcutaneous electrical nerve stimulation
硬膜外脊髄通電，皮膚温，R3 反応，経皮的末梢神経刺激

緒　　言

Melzack and Wall[1] の gate control 説に触発され，末梢神経，脊髄，脳深部を電気刺激して除痛を得ようという試みが行われ，臨床応用がさかんになっている．脊髄後索刺激については，Shealy ら[2] が観血的に椎弓切除術を行い，脊髄背面に直接電極を装着し脊髄後索を刺激する方法を発表した．一方，Shimoji ら[3)4)] は持続硬膜外麻酔の手技に基づいて経皮的に硬膜外腔にカテーテル電極を挿入し，これを用いて脊髄を硬膜外から電気刺激することにより，鎮痛効果が得られることを報告した．それ以後，多くの施設で硬膜外脊髄通電法（ESCS）が用いられるようになり，自覚的除痛効果については，Vegel ら[5]，Nathan and Wall[6]，Koeze ら[7]，Robaina ら[8]，丸山ら[9] の報告によれば，概ね50～70％の有効率を挙げている．また対象疾患によって有効率は異なり，著者らの反射性交感神経性萎縮症（reflex sympathetic dystrophy: RSD）の患者での検索では，求心神経遮断性疼痛患者（deafferentation pain syndrome: DAP）で，除痛が得にくい傾向がみられている[10]．

新潟大学麻酔科では，1974年から1990年の間に関連病院の症例も一部含め，入院及び外来患者200例余にESCS を施行してきた．そのうち29例に植え込み型脊髄刺激装置（PISCES®）を用い，長期間の通電治療も行ってきた．また慢性疼痛患者の自覚的な除痛効果の評価は日によって，気分によって変動しやすい．したがって，患者の希望や主観的な訴えのみで植え込むことは避け，客観的に通電効果を評価する方法が必要である．

そこで，本研究では客観的指標として深部温及び反射性筋電位（R3 反応）を測定し患者の主観的除痛効果との相関を検索し，両現象の客観的疼痛緩解評価への臨床応用の意義について考察する．さらに経皮的末梢神経刺激（transcutaneous electrical nerve stimulation: TENS）の除痛効果との相関について検索し，ESCS 実施前に TENS の効果を観察することにより ESCS 効果の予測は可能か否かを検索した．

対 象 と 方 法

A. 対　　象

1974年から1990年までに ESCS を施行した216例について，疾患の種類，除痛効果を検索した．**表 1** に疾患の内訳と植え込み術を施行した症例数を示す．このうち1987年から1990年の間に麻酔科病棟に入院した患者で，ESCS 治療を施行した45例に対し，客観的に除痛効果を評価する方法を確立するために，通電に伴う皮膚温，深部温の変化，逃避反射である R3 反応との関連を調べ，さらに ESCS の効果を予測する方法として，TENS との相関について検索した．

表 1 疾 患 の 内 訳

疾　患　名	症例数（植え込み術施行例）
悪性腫瘍	43（ 1）
帯状疱疹後神経痛	56（ 5）
カウザルギー	40（ 6）
脊髄損傷	13（ 3）
幻肢痛	11（ 2）
TAO/ASO	8（ 1）
視床痛	6（ 2）
SMON	6（ 3）
脊髄勞	3（ 0）
外傷性頸部症候群	2（ 1）
その他	28（ 5）
計	216（29）

B. 方　　法

1) 臨床的効果の調査

ESCS に対する除痛効果の患者による主観的評価は電極を抜去した時点で行った．経皮的に電極が挿入されていた期間は1日から3カ月と症例によって異なり，長い経過の間には，自覚症状の変化も観察されたが，刺激通電治療前のペインスコアを10とし，抜去時のペインスコアをXとすると，自覚的除痛効果は（10−X）×10％で評価した．すなわち verbal pain rating score (VPRS) を採用した．100％を著効，70～100％を有効，30～70％をやや有効，30％以下を無効とした．統計学的有意差検定には x^2 検定を用いた．

2) 皮膚温，深部温との相関

テルモ社製コアテンプ® を用いて，患部の皮膚温，深部温を連続的にモニターした．コアテンプ® のプローベは，硬膜外電極を頚髄に挿入した場合は前腕または手背，特に患部に装着し，電極を胸髄下部から腰髄硬膜外腔に挿入した場合は下腿または足背に，胸髄上中部レベルでは体幹患側に貼布した．原則として ESCS の刺激に伴う筋収縮は患側に生ずるように電極位置を正中面よりや

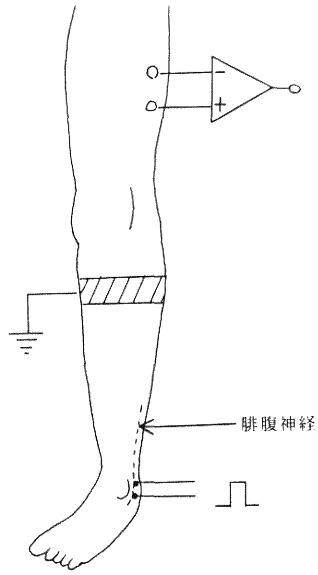


図 1−A　R3 反応の刺激及び記録部位
外果外側にて腓腹神経を電気刺激し同側大腿二頭筋短頭から誘発筋電図を記録する．

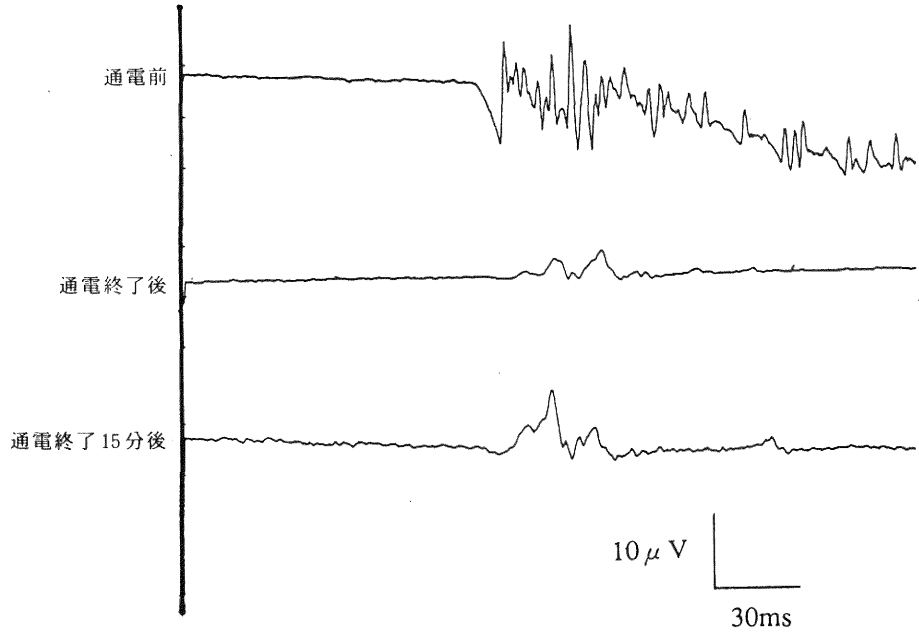


図 1−B　左 Th7 領域の帯状疱疹後神経痛の患者で左下肢から実際に得られた R3 反応の記録
通電終了15分後の最大振幅は通電前の50％であった．この症例の ESCS に対する自覚的除痛効果は50％であった．

や患側に偏らせたが，症例によっては両側性に生じる場合もあった．皮膚温，深部温モニター中の刺激頻度と強度は，患者が最も心地よく感じるものを選んだため，頻度は 1 Hz から 100 Hz と様々で，得られる筋収縮も眼に見えない程度のものから上肢下肢が大きく収縮する症例まであった．電流量（ピーク）では 2〜10 mA であった．

皮膚温は外気温に大きく左右され，また深部温測定も安定するまでに，プローベ貼布後15分程度必要であるので，貼布部位を衣服から露出してプローベを貼布し15分間室温に放置し，温度が一定に達してから，通電を開始した．通電は30分間行い，通電開始時からの皮膚温，深部温上昇値を求めた．深部温上昇値と通電による主観的除痛効果（%）との相関を求めるため，回帰直線を描いた．

3） R3 反応の相関

まず患者に検査の目的を説明し，了解を得た．Willer[11]の方法を用いて腓腹神経に外果外側で刺激用針電極（径 200 μ，10 mm）を刺入し，患者が痛みを訴える強度（矩形波電流の持続 0.1 ms，ピーク電流 20〜30 mA）で電気刺激し，同側の大腿２頭筋短頭から得られる逃避屈曲反射の筋電図（R3 反応）を10回平均加算し記録した．ESCS の施行前と15分間の通電終了直後とさらに終了15分後に記録した．通電前の R3 反応の最大振幅を 100 %とし，通電終了15分後の最大振幅を%表示し，その振幅抑制率を求めた．自覚的除痛効果と振幅抑制率をプロットし，回帰直線を描き，相関係数を求めた．**図 1** は R3 反応の記録方法と，帯状疱疹後神経痛の患者から得られた実際の波形である．

4） TENS の効果との相関

患部にオムロン社製エレパレス® を用いて経皮的刺激法を患者自身で試みさせた．１回20〜30分，１日４〜５回で，１〜７日施行し，自覚的除痛効果を VPRS にて%表示した．その後 ESCS による治療を施行し，自覚的除痛効果をやはり VPRS で評価し，両者の効果の相関係数を求め，回帰直線を描いた．

結　　果

1） 除痛効果

表 2 に自覚的除痛効果別の症例数を示す．やや有効以上が全体の７割という結果であった．

a） 自覚的除痛効果と疾患との関係：疾患別に除痛が50%以上得られた症例数を**表 3** に示す．216 例中50%以上の除痛が得られた症例は 118 例（54.6 %）であり，

表 2　主観的除痛効果別の症例数

除痛効果（%）	症例数	
著効（100 %）	23	70%
有効（70−100 %）	36	
やや有効（30−70%）	92	
無効（30%以下）	55	30%
増悪	10	
計	216	

表 3　ESCS により50%以上の除痛を得た症例数

悪性腫瘍	33/ 43*（ 76.5 %）
帯状疱疹後神経痛	25/ 56 （ 44.6 %）
カウザルギー	22/ 40 （ 55.0 %）
脊髄損傷	7/ 13 （ 53.8 %）
幻肢痛	4/ 11 （ 36.4 %）
TAO/ASO	2/ 8*（ 25.0 %）
視床痛	3/ 6 （ 50.0 %）
SMON	3/ 6 （ 50.0 %）
脊髄勞	2/ 3*（ 75.0 %）
外傷性頚部症候群	2/ 2*（100.0 %）
その他	15/ 28 （ 53.6 %）
計	118/216 （ 54.6 %）

* $p<0.005$（計と比較して）

表 4　鎮痛剤やマイナートランキライザーの服用量の変化と自覚的除痛（%）

変化　症例数	100	70−100	30−70	30>
中止　23	23	0	0	0
減量　112	0	36	67	0
不変　80	0	0	25	64
増量　1	0	0	0	1
計　216	23	36	92	65

$p<0.005$ の危険率で自覚的除痛と服用量の変化には有意な相関がみられた．

これに比し，悪性腫瘍，外傷性頚部症候群，脊髄勞では有意に（$p<0.005$）有効例が多く，一方，慢性動脈閉塞症（TAO，ASO）では有意に（$p<0.005$）自覚的除痛効果が少なかった．

b） 使用薬剤との関係：鎮痛剤，抗うつ剤，マイナートランキライザーの投与量の変化と除痛効果との関係を**表 4** に示す．除痛効果が認められても，投薬が減らせない症例があり，不変が37%であった．除痛効果と薬剤の服用経過とのあいだには有意な相関がみられた（p<

0.005).

2) 深部温との相関

通電30分間で深部温が0.5℃以上上昇した症例は45例中25例で，このうち7例は皮膚温が上昇せず，皮膚温上昇症例は18例であった．一方皮膚温が上昇した症例は全例深部温も上昇した．深部温の上昇と除痛効果との相関ではは相関計数 r=0.672，p<0.01 で有意な相関がみられた（図 2）．

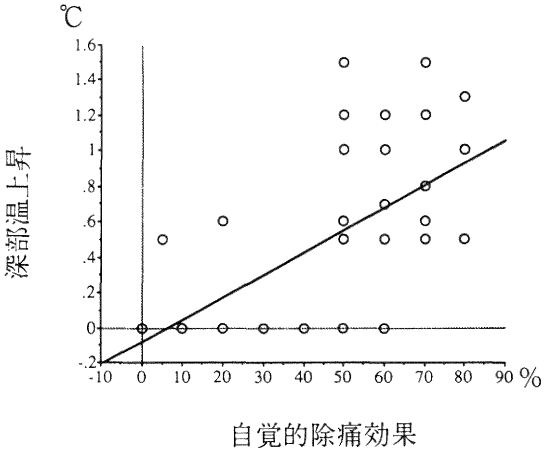


図 2　ESCS の自覚的除痛効果と深部温上昇値との関係
p＜0.01 で有意な相関が認められた．
回帰直線；y＝0.013x－0.081
相関係数；r＝0.672

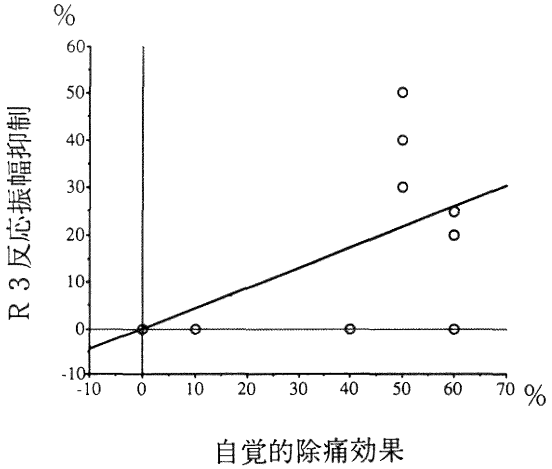


図 3　ESCS の自覚的除痛効果と R3 反応の振幅抑制率との相関
p＜0.05 で有意な相関が認められた．
回帰直線；y＝0.437x－0.108
相関係数；r＝0.567

3) R3 反応との相関

R3 反応は15例中10例に記録できた．10例についてみると，抑制された症例は5例，不変は5例であり，振幅抑制率と通電効果との相関をみると，相関係数 r=0.567，p<0.05 で有意な相関がみられた（図 3）．

4) TENS との相関

ESCS の除痛効果と TENS の除痛効果とは相関係数 r=0.740 で有意な相関がみられた（p<0.01）（図 4）．

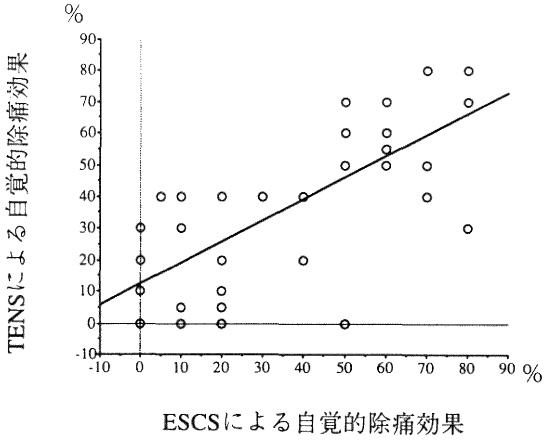


図 4　ESCS の自覚的除痛効果と TENS の自覚的除痛効果との相関
p＜0.01 で有意な相関が認められた．
回帰直線；y＝0.671x＋12.324
相関係数；r＝0.740

考　　察

1) 臨床評価

当科でこれまでに200例余に試みた経皮的 ESCS についてその臨床的効果を調べると，やや有効以上（30～100％）が70％の患者にみられた．悪性腫瘍に対しては有効率が有意に高かった．その機序については明らかではないが，① 患者が臥位の状態にあり，治療中電極のずれが少ない，② 癌性疼痛が内臓痛としての性質が優位である，ことなどに起因しているかもしれない．最近癌性疼痛に対して試みる症例が減少した．その原因として，持続注入ポンプ，PCA（patient-controlled-analgesia system）ポンプなど，機材の進歩で麻薬などの鎮痛剤

の硬膜外注入，皮下注，静注などが広まったことや，経口モルヒネ剤の普及が挙げられる．一方カウザルギーや幻肢痛などの RSD 等慢性難治性疼痛患者が増加した．そのためか除痛有効率はやや減少したように思われる．著者ら[10]の検索では，求心神経遮断性疼痛症候群（DAP）は他の RSD に比して ESCS の治療成績が低かった．しかし DAP に対しては決定的治療法がない現在，ESCS は試みるべき治療法であると考える．

鎮痛剤やマイナートランキライザーの服用量の変化をみると，中止または減量できた症例は，216例中135例で，約62%であった．慢性難治性疼痛患者においては，鎮痛剤を減量できても，眠剤や抗不安薬を中止することが難しい症例が83例と多かった．しかし ESCS の通電中に眠気を覚え入眠する25症例については眠剤休薬を勧めたり，抗鬱剤，抗不安剤については除痛程度に応じ適宜主治医が減量させて，経過観察をおこなった．自覚的除痛効果と薬剤服用量減少との間に有意な相関がみられたことから，薬剤使用量の変化も客観的評価の一助となると考えられる．

TAO，ASO に対しては除痛率が低かったが，これらの症例は腰部交感神経節ブロックを施行しても潰瘍が治癒せず，全例最終的に切断に陥った症例で，疼痛が極めて強く，夜も眠れないほどであった．早期の症例について ESCS が行われれば，有効率は上がる可能性はあろう．ESCS の末梢血管閉塞性疾患への効果についても報告されており，除痛のみならず，血流増加作用とそれに伴う潰瘍の治癒促進に有効であるといわれている．Broseta ら[13]は末梢動脈疾患に対して ESCS を用い，疼痛，間欠性跛行，血流増加，潰瘍治癒に対して良好な結果を得，血流改善による効果として除痛が得られたとともに，除痛もまた血流改善の原因になっていると述べている．

2）皮膚温，深部温との相関について

本研究の結果においても ESCS の除痛効果と深部温上昇と相関があったことから，ESCS の血流改善効果は除痛とも密接に関係していると考えられる．Lars ら[14]は ESCS の血流改善について，3つの機序を挙げている．1）後根の C-fiber を賦活化し axon-vasodilater reflex により局所の皮膚の血流を増加する．2）上位中枢の自律神経中枢が賦活され，血管運動神経には拡張するように働く．3）分節性の脊髄反射がおこり，四肢の血管へいく交感神経線維を抑制する．Tallis ら[15]は 1）痛みに反応して悪循環に陥って血管収縮がおこっていたところに，ESCS により除痛が得られると，悪循環が断たれて血管が拡張する，2）α-adrenergic vasoconstriction fiber の抑制及び cholinergic vasodilator fiber の促通が生じる，3）細い知覚線維を逆行性に刺激し，プロスタグランジン系を介して，血管拡張作用をもたらす，などを考えている．

一方，北島ら[16]の ESCS と Acupuncture における筋血流量と皮下血流量の比較測定結果では，筋血流量は両治療法で増加したが，皮下血流量は増加がみられなかった．また，除痛が長期的に血流改善をもたらし末梢血管障害に有効であると考察している．筋血流の上昇については筋肉収縮が血流ポンプとして重要な役割を占める可能性を指摘している．著者の観察では筋肉の収縮の大きさは症例により大小さまざまであり，筋肉が常に血流ポンプとして働いているか否かは疑問である．30分程度の短い通電中に深部温が上昇することは，北島らのいう長期的な疼痛の悪循環の改善に伴う血流改善という機序では説明できない．丸山ら[17]は ESCS の除痛効果の発現には phasic な機序と tonic な機序の2つが存在するであろうと示唆している．つまり phasic な機序としては，後索や後側索を通る下行性抑制系の賦活や後索の逆行性インパルスによる軸索側枝を介したシナプス前抑制，さらに後根刺激による順行性の介在ニューロンを介するシナプス前抑制等が考えられる．tonic な機序としては神経液性因子が関与し，β-エンドルフィンの関与や下行性疼痛抑制系の賦活に関与するといわれているセロトニン，ノルアドレナリンの遊離等が考えられるとしている．これら2つの機序から考えると，30分程度の短い通電中に深部温が上昇することは，phasic な機序の中に交感神経抑制の関与が考えられ，また長期的悪循環改善に伴う血管拡張作用は，tonic な機序による疼痛制御系と関連すると考えられる．

末梢組織の虚血を改善し除痛を図る機序については，ちょうど反射性交感神経性萎縮症（RSD）の成立及び治療としての交感神経ブロックが相当する．すなわち RSD では，疼痛部位から持続的な求心性刺激により，脊髄後角に存在する介在ニューロンの異常興奮が生じ，遠心性に支配域のそれぞれ筋緊張亢進および血管収縮による血行障害を惹起し，その結果生ずる末梢虚血刺激が脊髄に流入し悪循環が成立するという仮説がある[18]．治療の第一は交感神経ブロックであると考えられている[19]．上肢痛であれば星状神経節ブロック，または胸部（Th2，3）交感神経節ブロック，下肢痛であれば，腰部（L2，3）交感神経節ブロック等がこれまで行われてきた．交感神経ブロックによる血管拡張を得て，組織で生じてい

る悪循環を断ち除痛を図るものである．

ESCS による末梢血流改善効果，及び除痛効果もこの交感神経ブロックと同様な機序で説明しようとする研究者もいる．

3） R3 反応との相関について

R3 反応は侵害刺激から逃避しようとする多シナプス反射であり，Willer ら[20]がモルヒネなどの鎮痛剤で抑制されることや，疼痛患者で，その閾値が変わることを報告しており，R3 反応の閾値は疼痛と自覚する閾値であると考えられる．Garcia-Larrea ら[21]は，ESCS，TENS をおこなっている患者において，R3 反応を調べ主観的除痛効果と R3 反応の振幅抑制を調べたところ，関連が認められ，また振幅の抑制が最大となるように ESCS や TENS の刺激強度，刺激頻度を考えると，効果が最大になると報告している．疼痛と反対側から R3 反応を記録しても抑制がみられることから，ESCS が単に分節性の働きでなく，long-loop を介し上位中枢からの抑制と関係していることがわかる．

R3 反応は急性の侵害刺激によっておこる反応であり，一方，ESCS や TENS はどちらかというと慢性疼痛患者に応用されている．したがって両者の相関は必ずしも期待できないかもしれない．しかし DAP のような慢性痛でも侵害性ニューロンの活動性亢進が認められており，R3 反応が抑制されることは，後角の分節性侵害性ニューロンの発火の減少を反映すると考えれば，両者の関係は期待できる．このように，R3 反応の抑制は急性痛ばかりでなく，慢性痛に対しての鎮痛効果を客観的に評価する方法として，充分利用できると考えられる．今回の筆者らの結果でも ESCS の除痛効果と R3 反応振幅抑制率との間に有意な相関がみられた．

4） TENS との相関について

Owens ら[22]ら Abram ら[23]は，TENS，Acupuncture においても交感神経緊張を伴う疼痛患者において，交感神経活動抑制をもたらし，皮膚温上昇につながるとしている．TENS と ESCS は刺激部位は異なるが，gate control 説[1]に基づき，類似の臨床的効果を発揮することが期待できる．著者の結果でも TENS と ESCS の除痛効果に有意な相関がみられた．硬膜外に電極を挿入することに比し，TENS は簡便に施行できることから，ESCS を試みる上で，効果の予測を行うことができるであろう．TENS の効果がないにもかかわらず，ESCS が有効であった症例は4例であった．TENS の皮膚への直接的機械的刺激がかえって疼痛を増悪されたためと考えられる症例であった．

ま と め

経皮的電極挿入による硬膜外脊髄通電の効果があり，長期使用が望まれた場合，植え込みによる ESCS (PISCES®) は現在のところ未だ保険適応になっておらず，植え込み費用が高額であるため，自覚的除痛効果のみで植え込み術を決定するには懸念が残る．慢性疼痛患者ゆえの，主治医や治療に対する過度の期待や，事故の被害者である場合の加害者への増悪など，疼痛には様々な修飾因子があり，心理的要素が加味されるからである．したがって硬膜外通電の前，もしくは植え込み手術前に，TENS の効果，深部温の上昇の有無，またできれば R3 反応の抑制の有無の3因子をあらかじめ検索し，ESCS に適するか否かを予測しておくことが必要であると考えられる．今回検索した45例で，3因子とも陰性で除痛効果のあった症例は一例もなかった．3因子陽性の4例は有効，2因子陽性の19例は17例がやや有効以上，1因子のみ陽性の32例は29例がやや有効以上であった．本研究結果から，3因子の評価は，ESCS の自覚的効果の予測及び通電効果の他覚的所見の評価として，有用であると考える．硬膜外電極挿入前には必ず TENS の効果を調べ，電極挿入後は，患者の主観的除痛効果とともに深部温度測定を施行し，経皮的電極挿入が長期に及ぶ場合，その後の治療方法を決定する上で，R3 反応を記録して客観的除痛効果を評価することは有用であると考えられる．

稿を終えるにあたり，懇切な御指導，御校閲を賜った新潟大学麻酔学教室下地恒毅教授に深謝いたします．本研究の概要は第10回日本疼痛学会（東京，1988年），第24回日本ペインクリニック学会総会（千葉，1990年）第4回ペインクリニック国際シンポジウム（京都，1990年）おいて発表した．

参 考 文 献

1) **Melzack, R. and Wall, P.D.**: Pain mechanisms; A new theory. Science, **150**: 971～979, 1965.
2) **Shealy, C.N., Mortimer, J.T. and Hagfors, N.R.**: Dorsal column electroanalgesia. J Neurosurg, **32**: 560～564, 1970.
3) **下地恒毅，東　英穂，加納竜彦，他**: 局所通電による疼痛除去の試み．麻酔，**20**: 444～447, 1971.
4) **Shimoji, K., Kitamura, H., Ikezono, E., et al.**: Spinal hypalgesia and analgesia by low

frequency electrical stimulation in the epidural space. Anesthesiology, **41**: 91～94, 1974.

5) **Vegel, H.P., Heppner, B., Humbs, N., et al.**: Long-term stimulation in chronic pain syndrome. J Neurol, **233**: 16～18, 1986.

6) **Nathan, P.W. and Wall, P.D.**: Treatment of post-herpetic neuralgia by prolonged electric stimulation. Brit. Med. J., **3**: 645～647, 1974.

7) **Koeze, T.H., Williams, A.C. and Reiman, S.**: Spinal cord stimulation and the relief of chronic pain. J. Neurol Neurosurg Psychiatry, **50**: 1424～1429, 1987.

8) **Robaina, F.J., Dominguez, M., Diaz, M., et al.**: Spinal cord stimulation for relief of chronic pain in vasospastic disorders of the upper limb. Neurosurg, **24**: 63～67, 1989.

9) **丸山洋一, 松木美智子, 清水裕幸, 他**: 硬膜外脊髄通電の除痛効果—経皮的及び植え込み式 (PISCES®) 通電法—. 麻酔, **31**: 122～128, 1982.

10) **穂苅 環, 熊谷雄一, 森岡睦美, 他**: 反射性交感神経性萎縮症の治療と予後. 臨床麻酔, **13**: 1103～1106, 1977.

11) **Willer, J.C.**: Comparative study of perceived pain and nociceptive flexion reflex in man. Pain, **3**: 69～80. 1977.

12) **Shealy, C.N.**: Dorsal column stimulation: Optimization of application. Surg Neurol, **4**: 142～145, 1975.

13) **Broseta, J., Barbera, J., Vera, J.A., et al.**: Spinal cord stimulation in peripheral arterial disease. J Neurosurg, **64**: 71～80, 1986.

14) **Lars, E.A., Carl, A.C., Jan, H., et al.**: Epidural electrical stimulation in severe limbischem ia. Ann Surg, **202**: 104～110, 1985.

15) **Tallis, R.C., Illis, L.S., Sedgwick, E.M., et al.**: Spinal cord stimulation in peripheral vascular disease. J Neurol Neurosurg Phychiatry, **46**: 478～484, 1983.

16) **北島敏光, 緒方博丸**: 硬膜外脊髄通電と針通電刺激による組織血流量. ペインクリニック, **10**: 472～476, 1989.

17) **丸山洋一, 下地恒毅**: 硬膜外腔脊髄刺激の除痛効果. Clinical Neuroscience, **2**: 246～247, 1984.

18) **Bonica, J.J.**: Causalgia and other reflex sympathetic dystrophies. The Management of Pain. Philadelphia, Lea and Febiger, 1953, p. 913～978.

19) **Ronald, M.**: Phantom Limb Pain: Implications for treatment of pathologic pain. Anesthesiology, **35**: 409～419, 1971.

20) **Willer, J.C. and Bussel, B.**: Evidence for a direct spinal mechanism in morphine-induced inhibition of nociceptive reflexes in humans. Brain Res., **187**: 212～215, 1980.

21) **Garciá-Larrea, L., Sindou, M. and Manguiere, F.**: Nociceptive flexion reflexes during analgesic neurostimulation in man. Pain., **39**: 145～156, 1989.

22) **Owens, S., Atkinson, E.R. and Lees, D.E.**: Thermographic evidence of reduced sympathetic tone with transcutaneous nerve stimulation. Anesthesiology, **50**: 62～65, 1979.

23) **Abram, S.E., Asiddao, C.B. and Reynolds, A.C.**: Increased skin temperature during transcutaneuous electrical stimulation Anesth Analg, **59**: 22～25, 1980.

(平成3年12月13日受付)