痛みに対する非破壊的経皮電気刺激療法の臨床経験

黒田良太郎・田口 薫・赤井 文治・渡部 優
井奥 匡彦・越野兼太郎*・最上平太郎*・金井 信博**

Clinical Experiences of Non-destructive Transcutaneous Afferent Electrical Stimulation Therapy for Pain Relief

RYOTARO KURODA, KAORU TAGUCHI, FUMIHARU AKAI, MASARU WATANABE,
MASAHIKO IOKU, KENTARO KOSHINO*, HEITARO MOGAMI*
and NOBUHIRO KANAI**

Department of Neurosurgery, Kinki University

**Department of Neurosurgery, Osaka University*

***Department of Neurosurgery, Toyonaka City Hospital*

Summary

Clinical experiences of the transcutaneous afferent electrical stimulation therapy for various types of intractable pain are reported. A total of 29 pain patients included 9 residual or recurrent chronic pain patients who had had various destructive pain treatment, 15 non-malignant chronic pain patients and 5 patients with pain due to malignant tumors. In 93% of the patients complete or partial relief of pain was observed. After the subsequent successive stimulation therapy from a week to two years and ten months 86% of the 22 patients who could use the stimulator by themselves in free of charge got pain relief in more or less degree. Only 42% of these patients, however, wished to continue this therapy for their pain relief. All the malignant tumor patients and many posttraumatic chronic headache patients with Barré-Lieou syndrome discontinued electrical stimulation. Good benefits are to be expected from this non-destructive treatment for chronic pain in combination with medication and/or destructive treatment.

Key words: gate control theory, non-destructive pain relief, transcutaneous electrical stimulation

1 はじめに

痛末期頭痛や各種の治療に抗する慢性の痛みに対して、末梢神経より中枢神経系にいたる痛覚伝導路の各高さにおける外科的遮断が行われてきた。しかしいわゆる痛覚伝導路も、脊髓・脳幹・視床・大脳と上行するにつれ divergent なひろがりを示し³⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾、どの部位の遮断でも永久的に除痛しうる理想的な手術標的は見出しがたい。

一方、痛みの機構については従来より specificity theory や pattern theory が唱えられていたが、臨床的事実との間に矛盾も多く、両者の合成とも考えられる gate control theory が Melzack and Wall²⁰⁾により提唱された。これ以後痛みの外科も従来の destructive treatment に加えて、gate control system の neuromodulation を応用した電気刺激による痛みの抑制—鎮痛という non-destructive treatment の開発研究が盛んになり、慢性電極埋込みによる末梢神経電気刺激⁴⁾³¹⁾³²⁾、脊髄後索電気刺

近畿大学脳神経外科

*大阪大学脳神経外科

**市立豊中病院脳神経外科

〔連絡先：〒589 大阪府南河内郡狭山町西山380, 近畿大学脳神経外科, 黒田良太郎〕

1978年5月30日 受稿

Fig. 1 The block-diagram, specification and generated wave pattern of personal stimulator S6163A (Nihon Kodens Kogyo Co.).

激²³⁾²⁸⁾が、アメリカのペースメーカー器機の進歩とともに実用段階に入ってきた。

しかし埋込み電極による合併症も報告されるようになり、また電極埋込みの効果予測と適応決定のスクリーニングとして試みられた表面電極による経皮的電気刺激 (transcutaneous electrical stimulation, external electrical stimulation または cutaneous afferent stimulation ともいう。以下 T. E. S. と省略する。)が予想外に鎮痛効果を示し、以後の埋込みを必要としない患者が相当数あることがわかり¹⁷⁾、いわば後索刺激療法の副産物として T. E. S. が注目されるようになった。本法は刺激終了後の効果持続が短いため、患者自身が手軽に利用できる小型携帯用の安定した personal stimulator を必要とする。アメリカでは各種の personal stimulator が利用でき、本療法の普及に貢献しているが、本邦ではパラメーターの乏しい低周波刺激装置しかなかった。このため、日本光電工業と personal stimulator, S6163A を共同試作し、1975年以来わたくしどもも除痛手術後の再発痛、遺残痛、外傷後の慢性痛、その他外科的除痛手術適応にいたらぬ慢性痛、癌末期疼痛などに対して、皮膚表面電極による T. E. S. を試みているので、若干の臨床治験を報告し、痛みの外科における適応、今後の問題点などを考察したい。

Ⅱ 刺激方法と効果

わたくしどもの使用した stimulator S6163A は Fig. 1 のような短形波パルスが発生、6 V のバッテリーで、パルス振幅 0 ~ 160 V、頻度 2 ~ 20、または 10 ~ 100/秒の 2 種類、パルス幅 45 ~ 500 μ sec、各パラメーターは可変である。電極は現在のところ心電図用の使い捨て平皿電極を使用している。刺激部位は、痛み領域内の圧痛点や痛み領域支配神経刺激点——頭部・顔面では後頭神経、眼窩上神経、眼窩下神経、その他こめかみ、耳孔前、口角などである。大後頭神経圧痛点は有髪部位であるので少し下方にずらす。軀幹上肢では腕神経叢、肋間神経、尺骨・橈骨神経など、背部では傍脊椎部、下肢では大腿神経、脛骨・腓骨神経などの刺激点に陽極電極をはりつけ、数 cm 離れたところに陰極を置く。また筋収縮性の痛みではそれぞれの筋-筋膜における trigger point²¹⁾を刺激点に選ぶこともあり、一般的には局所麻酔してみて鎮痛の得られる点の電気刺激が有効ようである。

刺激の条件は通電を感じる強さ (感覚閾値) 以上で、かつ電氣的痛み (疼痛閾値) を感じない強さに設定、刺激頻度、パルス幅は各患者が快適と感じるパラメーターを選ばせるが、一般に 20 Hz 以下の低頻度、パルス幅はこの stimulator 最大の 500 μ sec. を好む人が多い。刺激効果は電流量できまるが、皮膚のインピーダンスは一定で

Table 1 Pain suppressive effect of transcutaneous stimulation for various painful conditions and patient's wish whether to continue stimulation therapy or not after self-stimulation period are summarized.

Trigeminal Neuralgia

Patient	Age Sex	Etiology	Painful Sites	Pain Relief of Local Block	Pain Suppression on Test Stimulation	Pain Suppression on Subsequent Stimulation	Wish to Continue Stimulation
1. S.T.*	65 F.	Herpes	Supraorbital Temple	+	+	+(4w.)	—
2. S.N.*	70 F.	Postrhizotomy herpes	Maxillary Occipital	+	+	Partial +(6M.)	died
3. Y.K.	68 F.		Mandibular		+		
4. H.Y.	65 F.	Herpes	Supraorbital Parietal	+	+		
5. H.K.*	53 F.	Residual pain after alcohol block	Lip, tongue Occipital, nucha,	+	+	Partial +(10M.)	+
6. K.S.*	43 F.	Residual pain after removal of trigeminal neurinoma	Deep part of cheek, temple		+	+(4w.)	+
Trigeminal Dysesthesia							
1. M.O.	38 M.	Maxillary fracture	Maxillary Temple	±	Partial+	Partial+(10M.)	—
Glossopharyngeal Neuralgia							
1. M.N.*	66 M.	Residual pain after alcohol block	Neck, Jaw, Throat	+	+	+(4M.)	+

* Ablative pain treatment has previously been performed.

なく、同一部位でも時間の経過とともに皮膚の状態により変わりうるので、感覚閾値をこえる程度の強さと説明する方が患者には实际的である。感覚閾値より刺激の強さを上げていくと、疼痛閾値までの間に筋収縮をおこす強さがある。患者によってはこの低頻度の筋収縮をむしろ快適とするものもあり、必ずしも筋収縮閾値以下でなければならぬことはない。

刺激療法の実際は外来または病棟で、上述の刺激点をパラメーターを変えてテスト刺激を行い、痛みの消失、軽快を得る患者に personal stimulator を貸し出し、患者自身に刺激を行わせている。この際、心疾患患者や心臓ペースメーカー埋込患者、妊婦への使用は避ける。患者の中には以前低周波療法を受けたものがあり、低周波療法と受取るものもあるが、gate control theory の説明、stimulator の使用法などを十分説明して貸し出した。刺激時間は1回1～2時間、1日数回と指示しているが、睡眠直前まで日中ずっと刺激を続けるものもあり、特に副作用は認められていない。刺激効果は刺激点を中心にビリビリする感じ、振動感などが痛み領域に快適にひろがり、痛みのため不眠を訴える患者が病院外来で刺激開

始後数分で寝込むこともしばしば見られる。また逆に頭頸部外傷後の Barré-Lieou 症候群患者の中に、電気刺激により頭痛増悪、冷汗などを示すものもあった。

鎮痛のひろがりに関しては、刺激神経支配領域 (primary effect) 以外に、たとえば顔面痛の場合、三叉神経領域以外に後頭部の痛みも軽快することがよく認められる (remote effect)。

刺激後の後効果については一般に長くなく、長く継続刺激を続けている人では終了後すぐもとの状態にもどるという人が多い。しかしなかには、激痛発作の起こりそうな前兆の鈍痛を感じた時 (たとえば偏頭痛)、十分刺激を行えば痛みが消失してしまうこともある。

効果判定は患者自身の評価で、痛み消失、多少痛み軽減、無効の3段階である。継続使用は最長2年10ヵ月、最短1週間であるが、今後ともこの刺激療法を続ける希望の有無についても調査した。

Ⅱ 治 験

現在までのところ治験症例は Table 1, 2, 3 のごとく 29例である。疾患別に見ると、三叉神経痛群は Table 1

Fig. 2 This depicts the scene in which a patient with residual facial pain after partial removal of trigeminal neurinoma is making transcutaneous stimulation on the infraorbital nerve.

のごとく、帯状ヘルペス後、半月神経節アルコールブロック後、節後神経根切断術後、半月神経節神経鞘腫部分摘後などの遺残痛、再発痛患者と上顎骨骨折による第2枝領域の異常感覚と鈍痛の7症例で、局麻ブロック有効例は同部のテスト刺激でも鎮痛を得る。このうち継続刺激を行ったもの5例でいずれも一応の効果は認めている。

Fig. 2は著効を示した症例6 K. S.である。三叉神経鞘腫部分摘後の遺残痛にT. E. S.を行っている状態を示すもので、本患者は三叉神経痛を訴えて来院、検査の結果三叉神経鞘腫と判明したものである。現在刺激4週間目に入っている。症例1 S. T.は9年来のヘルペス後三叉神経痛で、以前に眼窩上神経局麻ブロック、アルコールブロック、パイプレーターによる機械的刺激、半月神経節定位的リニアック多門照射、眼窩上神経根切断術などを受け、漸次灼熱痛は軽快しつつあるが、なお前額・側頭部の痛みは残っている。眼窩上神経電気刺激で著効を見ていたが漸次後効果の持続が短くなり、最近では、刺激中は快適であるが終了直後かえってカッカとする痛みありとのことで電気刺激中止した。

症例2 S. N.は三叉神経痛のため節後神経根切断術を受けたが術後すぐanesthesia dolorosa様の痛みを訴

え、また術後経過中ヘルペスに罹患したということで来院。一側性cingulotomyで一応痛みは自制可能となり退院したが、なお痛みは残る。以後自宅でT. E. S.療法を6カ月継続、多少とも軽快を見ていたが死亡した。

症例5 H. K.は第3枝の三叉神経痛で過去3度半月節アルコールブロックを受けたが、なお歯槽・舌の一部に遺残痛あり、摂食・会話困難が見られる。口角、外耳孔前方顔面などの刺激で、「刺激中のみ電気が走って多少痛み軽快」とのことでT. E. S. 10カ月継続中である。結局この群では継続使用者5例、1例死亡、今後もT. E. S. 続行希望は2例であった。

舌咽神経痛の症例1 M. N.は咽頭から下顎・耳介部にかけて激痛発作あり、上喉頭神経の局所ブロックで発作減少、持続痛も軽快しつつあったが、なお咽頭・下顎部の鈍痛を訴える。同側胸鎖乳突筋内縁部に圧痛点を認めたので、この部のT. E. S.を行ったところ非常に快適で痛みを忘れるとのことで、4カ月間自宅でT. E. S.を続行し、持続性鈍痛消失、激痛発作もほとんど起こらなくなった。

いわゆる頭頸部外傷後遺症の慢性頭痛患者はTable 2のごとく9例で、明らかに神経症的な訴えをもつ症例6を除くと、全例後頭・後頸部に圧痛点を有し、局所ブロック有効、同部のテスト刺激でも有効であった。このうち症例1, 3, 5はそれぞれ大後頭神経の電気凝固術を受けているが、頭痛がつづくものである。

症例8 S. K.トラック運転手。前方交通事故のため、高速道路上で停車したところへ大型トラックに追突され、救急病院2カ月入院後来院した。後頭・項部痛つよく、著しい平衡失調がある。大小後頭神経・胸鎖乳突筋に強い圧痛があり、この点の電気刺激で直後より頭痛消失、項部や肩のこりもとれ、頭が軽くなるという。夜就寝前にT. E. S.を行うとよく眠れるようになる。現在6カ月使用中であるが効果は持続している。頭頸部外傷後遺症でT. E. S.の継続を行ったものは前記症例を含め5例であるが、今後もT. E. S.を続ける希望者は1名のみである。他症例は2週間のstimulator試用期間中は一応効果を見ていたが、十分の鎮痛は得られない、突然効果がなくなったなどにより脱落。

症例7 K. M.追突事故後の鞭打ち症患者で頭痛以外にも、めまい、暗点、視力障害など多彩な愁訴を有し、刺激とともに、冷汗、めまい悪化、頭痛はかえってひどくなるとのことで脱落した。嘔気、めまいなど自律神経症状の強い場合、T. E. S.は適当でない印象を受けた。

筋緊張性頭痛の症例 H. T.は、先天性の頸筋異常肥

Table 2 Pain suppressive effect of transcutaneous stimulation for various painful conditions and patient's wish whether to continue stimulation therapy or not after self-stimulation period are summarized.

Posttraumatic Head & Neck Pain

Patient	Age	Sex	Painful Sites	Pain Relief of Local Block	Pain Suppression on Test Stimulation	Pain Suppression on Subsequent Stimulation	Wish to Continue Stimulation
1. T.M.*	44	M.	Occipitotemporal, nucha	+	+	+(2w)	-
2. K.H.	49	M.	Occipitotemporal (Nausea)	+	+	Partial+(2w)	
3. Y.E.*	43	F.	Occipitotemporal (Nausea, Vertigo)	+	+	+(2w) → -	-
4. H.Y.	60	M.	Occipitotemporal (Vertigo)	+	+		
5. M.Y.*	62	M.	Occipitotemporal	+	+		
6. K.O.	31	M.	Frontal (PN)	-	-		
7. K.M.	35	M.	Occipitonuchal (Vertigo, Scotoma)	+	+	-(1w)	-
8. S.K.	41	M.	Occipitonuchal (Vertigo, Ataxia)	+	+	+(6m)	+
9. Y.K.	28	M.	Occipitonuchal	+	+		
Muscle Contraction Headache							
1. H.T.	32	M.	Occipitonuchal Temple	+	+	+(1w)	-
Spastic Neck Pain after Stroke							
1. K.K.	32	M.	Neck	+	+	+(3w)	+

* Ablative pain treatment has previously been performed.

大、頸筋があり2度手術を受けている。肥大した一側胸鎖乳突筋のため後頭・項部および側頭部に慢性頭痛あり、10数年間鎮痛剤を連用してきた。筋電図検査では at rest ですでに Fig. 3 のごとく肥大側において異常放電を認める。同筋を約15分 T.E.S. 施行し直後の筋電図を見ると、刺激前に比し著明に異常放電が減少しているのが認められ、頭痛も軽減した。本患者は1週間 stimulator 使用後、鎮痛剤の方が効果持続が長いからという理由で T.E.S. を拒否した。

高血圧性脳内血腫除去術後の症例 K.K. は術後も片麻痺改善せず、リハビリテーションを受けているが、麻痺側頸部筋群に痙攣、対側胸鎖乳突筋緊張亢進があり、頸は麻痺側を向いたままで正面、対側への廻転は不能であった。対側胸鎖乳突筋圧痛点への電気刺激を行ったところ廻転時の痛みが減少し、T.E.S. 続行約3週間で漸次頸部廻転も容易となった。

偏頭痛 (Table 3) 患者は2例であるが、いずれも長年にわたる発作で大量の鎮痛剤を連用してきた。

症例1 S.M. 看護婦。偏頭痛発作以外にも慢性的に後頭痛・肩凝りがあり、発作の前兆としてこの悪化が

見られる。後頭神経への低頻度電気刺激は、後頭痛、肩凝りを軽快させ、勤務中も前兆を感じると T.E.S. を開始している。偏頭痛発作回数も減少し、1年使用後もなお継続希望である。ただし激痛発作が一旦起こると、T.E.S. では効果は見られないという。

症例2 F.T. も偏頭痛発作と、同側眼窩上部・こめかみに持続性鈍痛あり。この痛みが亢進すると瞼を開けておれなくなり、発作が始まることが多い。眼窩上神経、こめかみに圧痛点があり、この点の T.E.S. で開眼可能となり、持続痛は軽快する。Fig. 4 は本患者の昨年2月における偏頭痛発作の出現状況と T.E.S. の効果を示し、表中の小表で3ヵ月間における発作回数と T.E.S. 効果を示している。激しい発作時では鎮痛効果は認めたいが、軽い発作では鎮痛効果と発作時間短縮が見られる。小表中でも激しい発作では約半数のみに多少効果が見られるに反し、軽い発作ではほぼ全発作に鎮痛効果が見られるという。ただし激しい発作時に T.E.S. を始める余裕はなく、発作後半になってから刺激を開始するという。本症例もなお T.E.S. 続行中である。

腰椎椎間板ヘルニア術後癒着性クモ膜炎 (Table 3)

Fig. 3 This figure shows the improvement of EMG after transcutaneous stimulation on the hypertrophied sternocleidomastoid muscle in a patient with chronic muscle contraction headache. The upper two tracings show EMG of left (hypertrophied) and right muscle at rest, respectively, before stimulation. Spontaneous abnormal discharges in the left muscle decreased after stimulation as seen in the lower two tracings. The upper EMG of the lower two tracings: left muscle, the lowest: right muscle

症例 1 K. T. は 2 度の癒着剝離術を受けたが、両下肢・腰背部のジンジンするような持続痛あり、下部胸髄位以下に感覚純麻、腰仙髄位レベルでは pin-prick 脱失、排尿困難があった。一側性 cingulumotomy で約 3 カ月鎮痛を得たが、再び痛みの訴え出現し、以来約 2 年間、傍脊柱部・腰部・下肢の圧痛点局麻ブロックを続けた。原因不明の微熱が出現するので、局麻ブロックに替えて圧痛点に電気刺激を加えたところ痛み軽減を認めた。これが personal stimulator S6163A の開発を促した。この患者で圧痛点の一つである L. Gluteal nerve を 30 Hz、感覚閾値の強さで約 15 分電気刺激を行い、その前後で L. tibial nerve 刺激による知覚誘発電位を比較したところ、刺激後の primary response 振幅減少を認めた (Fig. 5)。以後 2 年 10 カ月 T. E. S. を続けて一応の鎮痛効果を見ていたが、痛みが広範囲のため漸次局所的 T. E. S. では満

足でなくなり、手術を強く望むようになった。前回手術の対側 cingulumotomy 施行、数日後より痛み消失し、再手術後 6 カ月を経過しているが、特に鎮痛剤投与もなく、自制できる程度の軽い痛みの訴えは時に見られるが、自宅での T. E. S. で十分痛みのコントロール可能となった。

脳炎後の四肢固縮症例 K. Y. はリハビリテーションの過程で特に一側肩・上肢の痛みを訴えたが、棘上・棘下筋・三角筋などの圧痛点への T. E. S. をリハビリテーションと併行し、十分にリハビリテーションの効果を上げることができた。

悪性腫瘍患者への T. E. S. は 5 例で試みられた。

症例 1 K. O. は後腹膜腫瘍で一側腰・下肢激痛を訴えた。腰部への T. E. S. で多少は痛みもまぎれるとのこと。鎮痛剤との併用で 1 週間経過を観察したが、患者の満足は得られなくなった。経皮的コルドトミーで完全除痛を得た。

症例 2 K. K. は電気工学の大学教授であるが、舌癌再発と顎下リンパ節転移のため、頸部広範廓清術とリニアック照射を受けた。同側顔面、側頭部の不快な鈍痛をその後も訴えていた。眼窩上神経、こめかみの圧痛点などの T. E. S. テスト刺激で十分鎮痛効果を見たので 2 週間 T. E. S. に熱中せしめたところ、痛みは楽になるがだんだん感覚閾値が上がって心配だとの理由で stimulator を返却、鎮痛剤注射を望んだ。他の 3 例も一時的には T. E. S. で鎮痛効果を見るが、症状悪化とともに痛みも広範囲、激烈となり pain-modulation 程度では満足でなくなった。

以上の治験を Table 4 にまとめると、T. E. S. 施行患者 29 名中テスト刺激では各疾患を通じ一応の効果を見るもの 93% で、たしかに一時的には鎮痛効果を認める。Stimulator の台数に制限があり、このうち stimulator を貸し出して患者自身で随時 T. E. S. を行わせたもの 22 例であるが、著効より多少とも効ありを有効とすると継続使用者の 86% に効果を見る。ところが通電中は痛みを忘れるが後効果が短い、かえって後の痛みがづらい、痛みが激しくてこの程度の modulation では満足できないなどの理由により脱落するものがあり、今後も T. E. S. を続けたいとする人は 42% に減少した。この脱落者は疾患別症例が少ないので結論できないが、頭頸部外傷後遺症の慢性頭痛患者、悪性腫瘍末期疼痛に多く見られる。悪性腫瘍末期患者 5 名を除くと、T. E. S. 療法を続けたいとする慢性痛患者は 14 名中 8 名となり、継続使用者のうち死亡などを除いて 57% となった。

Table 3 Pain suppressive effect of transcutaneous stimulation for various painful conditions and patient's wish whether to continue stimulation therapy or not after self-stimulation period are summarized.

Migraine

Patient	Age	Sex	Painful Sites	Pain Relief of Local Block	Pain Suppression on Test Stimulation	Pain Suppression on Subsequent Stimulation	Wish to Continue Stimulation
1. S.M.	44	F.	R. Head, Nucha (Nausea, Vomiting)	+	+	Incomplete+(1y.)	+
2. F.T.	35	F.	L. Head, Eye (Nausea, Vomiting)	+	+	Incomplete+(1y.)	+

Spinal Arachnoid-Adhesion
Post-Disc Surgery

1. K.T.*	37	F.	Low Back, Hip Lower Extremities	+	+	Partial+(2y. 10m.)	+
2. T.H.	45	M.	Low Back, Lower Extremity		—		

Postencephalitis Rigidity

1. K.Y.	50	M.	Shoulder, Arm (Rehabilitation)	+	+	+(3w.)	Cured
---------	----	----	--------------------------------	---	---	--------	-------

Cancer

1. K.O.**	33	M.	Hip, Lower Extremity		Partial+	+(1w.)	—
2. K.K.	52	M.	Face		+	+(2w.)	—
3. C.O.	57	M.	Neck		+	+(1m.)	—
4. K.S.	45	M.	Shoulder, Arm		Partial+	Partial+(1w.)	—
5. S.N.	42	F.	Occipital, Nucha		Partial+	Partial+(2w.)	—

* Ablative pain treatment has previously been performed.
** Ablative pain treatment has afterwards been performed.

Fig. 4 This figure depicts the frequency of migraine attacks on one patient in February, 1977 and the pain suppressive effect of transcutaneous stimulation on attacks.
abscissa: days in February, ordinate: time in 24 hours. The small table in the left lower corner of this figure shows number of attacks in the period from January to March and the frequency of effective transcutaneous stimulation.

Table 4 Effect of transcutaneous electrical stimulation

	Number of Patients	Pain Relief of Local Block	Pain Suppression on Test Stimulation	Pain Suppression on Subsequent Stimulation	Wish to Continue Stimulation
Trigeminal Neuralgia (Postherpetic Residual)	6	4/5	6/6	4/4	2/3
Glossopharyngeal Neuralgia (Residual)	1	1/1	1/1	1/1	1/1
Traumatic Trigeminal Dysesthesia	1	1/1	1/1	1/1	0/1
Posttraumatic Head & Neck Pain	9	8/9	8/9	3/5	1/4
Muscle Contraction Headache	1	1/1	1/1	1/1	0/1
Migraine	2	2/2	2/2	2/2	2/2
Spinal Arachnoidal Adhesion	2	1/2	1/2	1/1	1/1
Rigido-Spasticity (Rehabilitation)	2		2/2	2/2	1/1
Cancer	5		5/5	4/5	0/5
Total	29	18/21(90%)	27/29(93%)	19/22(86%)	8/19(42%)

* 8/14(57%)

* Except Cancer Patients

Fig. 5 Cortical sensory evoked potential showed decrease in amplitude of primary response after transcutaneous stimulation in a patient with back and leg pain after disc surgery.

Ⅳ 考 察

せめて痛みだけでも取ってほしいという悪性腫瘍末期頭痛に対して各種の脳神経外科的手術が開発され、余命期待日数の短い末期痛の除痛は十分その目的を達せられてきた。しかし痛みの外科にとっての問題は、非悪性疾患や神経系における各種損傷による慢性の頭痛である。

これに対する手術としては、中枢神経系であれ、末梢神経であれ不可逆性破壊を行う以上患者の訴える痛みを除き、今後再発することなく、合併症、後遺症を惹起しないものでなければ積極的に侵襲を加えることに問題がある。また手術的鎮痛を得ても、再発時さらに再手術を重ねるか否かは問題である。1965年 Melzack and Wall²⁰⁾の提出した gate control 理論は、悩みの多い痛みの外科

に一つの転機を与えた。すなわち末梢神経太径有髄線維の刺激、脊髄後索線維の刺激が、脊髄後角における gate を閉じ、細径有髄・無髄神経線維により伝達される痛み感覚の中樞への伝導を抑制するという、非破壊的除痛への応用の途を開いた。Gate control 理論そのものはその後批判も多く、彼らは substantia gelatinosa に gate の存在を想定し、substantia gelatinosa cell からの presynaptic inhibition を示唆したが、postsynaptic mechanism も存在し⁹⁾、また substantia gelatinosa 内の細胞から単一細胞記録がいまだなされたことがない³⁴⁾ などの事実がある。また脊髄後角細胞への多くの感覚の convergence とその interaction を強調する一方では、ヒトの epicritic pain を伝導する外側脊髄視床路の起始が脊髄後角第1層細胞とする久留¹⁵⁾の業績、後に動物実験でこれが証明された⁵⁾ ことなど無視している。Wall 自身が後に、1965年の gate control 理論の論文について言える最大のことは、これが多くの批判と実験を促したことであると述べている³³⁾。しかしこの理論以来、末梢神経電気刺激⁴⁾¹⁶⁾³¹⁾、脊髄後索電気刺激⁷⁾²³⁾²⁸⁾、その他中枢神経内電気刺激¹²⁾¹⁰⁾ などによる除痛法が報告され、複数の gate または抑制系の機構の存在そのものには疑い余地はないと思われる。

慢性電極埋込みによる神経系の電気刺激はその効果を確実にするものの、埋込みに伴う合併症を無視するわけにいかない。脊髄後索への neuropacemaker 埋込みに伴うさまざまな合併症や患者選択に伴う問題症例は600例中242例に見られたという報告⁷⁾もあり、また本質的には、神経組織と長期間接触してその周囲に gliosis を伴わず電導性も損わない電極材料が存在するかという問題がある。

T. E. S. にはこれらの問題がなく、後索刺激のための電極埋込み患者選択のスクリーニングとして始められたこの療法は、またたく間に欧米中心に数多くの経験が重ねられている⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁴⁾²⁶⁾²⁸⁾。Long¹⁷⁾によれば T. E. S. の鎮痛効果は placebo でないことは明らかであるが、臨床生理学的にも皮膚に与える触覚刺激⁹⁾、電気刺激²⁷⁾が、電気ショックによる痛みの閾値を上げたり、眼窩下神経電気刺激が、歯の電気ショックにより誘発される痛み閾値を上げる²²⁾ ことなど明らかにされている。またこの際知覚誘発電位の振幅も減少する²⁷⁾という。わたくしどもの椎間板ヘルニア術後の腰・下肢痛患者でも、知覚誘発電位の振幅減少が観察されている。筋電図でも、わたくしどもの muscle contraction headache の症例で、頸筋の電気刺激により頭痛軽快、刺激前異常放電の認められた筋電図が刺激後放電の減少が認められた。

T. E. S. による鎮痛のメカニズムは現在なお明らかではない。誘発電位・筋電図などの変化は neuromodulation の存在を示すが、これが神経系のどこで起こっているか結論はでていないようである。末梢の太径求心線維の刺激は脊髄後角で modulation を受けるのは明らかであろうが、Melzack and Wall の仮説のように単純でないことは上述した。皮膚電気刺激が感覚閾値以上の強さでは conscious sensation となっているのであるから、脊髄を経て脳幹、視床、大脳皮質まで達していることは明らかであり、どのレベルにおいても C 線維由来の痛み刺激に干渉することは可能であり、また皮質下行線維が視床感覚特殊核や脊髄後角細胞へ投射線維を発していることは明らかで、これが知覚伝達細胞に干渉し modulation を生じていることもありうる。一方末梢神経の直接刺激は神経線維の blockade を生じることから、T. E. S. による鎮痛も blockade によるとの説⁴⁾もあるが、経皮的電気刺激中のかえって患側肢の温度覚、pin-prick は改善を示す報告¹¹⁾があり、末梢における blockade は根拠が弱い。最近 opiate receptor cell が脳幹網様体・substantia gelatinosa において見出されているが³⁰⁾、この関与も十分可能性が考えられる。

T. E. S. の臨床成績に関しては Long¹⁷⁾ の400症例の調査で78%の慢性痛患者がその恩恵を認めている。さらに継続使用の遠隔調査では、12カ月目にアンケートに答えた104名中、71名は T. E. S. のみで鎮痛が得られるとしているが、さらに後の調査では104名中90名が何らかの効果を認めているものの、82名は他の治療法を希望し、しかもその多くは電気刺激を必要としない治療法を望んだという。Shealy²⁹⁾の750例の治療でも、慢性痛に対しては25%著効、残りの50%以上は有効で、少なくとも25%の患者は T. E. S. 継続療法を望んだという。T. E. S. の適応疾患として Long¹⁹⁾は、アメリカの5ペイン・クリニックより集計した3,000例の分析から、一応慢性痛はすべて対象となりうるが特に末梢神経損傷に由来する痛み、stump pain, neuroma pain, phantom limb pain などがよい適応という。数回の手術を経た chronic back pain は少数例のみ有効、まったく適応外は psychogenic pain, central pain という。ヘルペス後神経痛もよい適応²⁵⁾であるが、わたくしどもの症例の場合は脱落している。電極の問題や、高令、説明不足が原因と考えている。この他にいわゆる除痛手術・ブロック後の遺残痛、再発痛も一時的にはよい適応となる。偏頭痛症例も症例によっては適応となろう。刺激部位については痛み領域の圧痛点や支配神経刺激点、さらに神経叢などを試みるのであるが、Long は隣接領域の神経刺激も加えて

いる。これらの点をパラメーターを変えながら刺激すると長時間を要することになり、医師が外来で行うことは不可能に近く、訓練されたパラメディカルの人たちが必要となろう。実際のところは、患者自身がこのテストに熱中することになる。本療法の欠点は Bates²⁾ の T. E. S. 失敗100症例の分析で明らかである。彼の症例の半数は最初のテスト刺激期間で T. E. S. を拒否、その多くは電気刺激でおこる感覚と痛みへの何の干渉も見られなかったという。その後1週間以上使用し1年以内に脱落したものは、得られる鎮痛効果に較べて刺激自体が煩わしい、鎮痛域より痛みの範囲が広い、ある日突然刺激効果がなくなったなどの理由を挙げている。Nashold²⁴⁾ は本療法に関して除痛対策の最初の治療としてまず試みるべきで、これにより痛みを訴える患者にも、手術を検討する医師にも、他の適切な方法を考える時間の余裕を与えてくれると述べているのは、これらの欠点、限界を指摘したものといえる。これを補うためには薬剤の併用や患者にあわせた電極の工夫などが必要であろう。鎮痛域の狭さに対しては、脊髄後索・中脳中心灰白質・視床特殊核・内包など中枢における電気刺激が秀れていると思われるが、痛みの原因そのものが除去されぬ限り永続的に刺激を継続する必要があり、その煩わしさと起こりうる合併症を考慮すると、やはり痛みの外科の方向としてはより理想的な手術標的を探索すべきであろうと考える。現状では各種除痛手術・電気刺激を総合的に駆使して、頭痛対策に立ち向かう必要がある。

V 要 約

除痛手術後の遺残痛・再発痛やその他の慢性痛および悪性腫瘍末期痛など29例に対して、国産の携帯用小型 personal stimulator を用いて、経皮的末梢神経電気刺激療法を試みた。その結果、

1. テスト刺激では著効より多少とも効果を認めるものまで含むと、93%の患者で有効となり、たしかに鎮痛効果は認める。
2. 患者に1週間より2年10カ月にわたる期間 stimulator を貸し出して、患者自身による経皮刺激を継続して行わせたもの22例中、86%の患者で鎮痛効果を見た。
3. しかし今後も痛みの治療として続けたいとする者は42%となった。悪性腫瘍末期痛患者全員脱落し、めまい・嘔気などを伴う頭部外傷後遺症の慢性頭痛患者もほとんど脱落した。
4. 本療法の実際、刺激効果、適応、限界などにつき考察した。
5. 各種慢性痛患者に総合的な痛み対策の一つとして

試みてよい方法と考える。

本論文の要旨は第36回日本脳神経外科学会総会（1977年10月、大阪）において発表した。

文 献

- 1) ADAMS, J. E.: Stimulation of internal capsule for relief of chronic pain. *J Neurosurg* 41: 740-744, 1974
- 2) BATES, J. A. V.: Relief of chronic pain by transcutaneous stimulation. Analysis of 100 consecutive failures (abstract). p 178, In Bonica, J. (ed): 1st World Congress on Pain, 1975
- 3) BLOEDEL, J. R.: The Substrate for Integration in the Central Pain Pathways. *Clin Neurosurg* 21: 194-228, 1974
- 4) CAMPBELL, J. N. & TAUB, A.: Local analgesia from percutaneous electrical stimulation. A peripheral mechanism. *Arch Neurol* 28: 347-350, 1973
- 5) CHRISTENSEN, B. N. & PERL, E. R.: Spinal neurons specifically excited by noxious or thermal stimuli: Marginal zone of the dorsal horn. *J Neurophysiol* 33: 293-307, 1970
- 6) EBERSOLD, M. J., LAWS, E. R., JR., STONNINGTON, H. & STILLWELL, G. K.: Transcutaneous Electrical Stimulation for Treatment of Chronic Pain: A Preliminary Report. *Surg Neurol* 4: 96-99, 1975
- 7) FOX, J. L.: Dorsal Column Stimulation for Relief of Intractable Pain: Problems Encountered with Neuropacemakers. *Surg Neurol* 2: 59-64, 1974
- 8) HIGGINS, J. D., TURSKY, B. & SCHWARTZ, G. E.: Shock-Elicited Pain and Its Reduction by Concurrent Tactile Stimulation. *Science* 21: 866-867, 1971
- 9) HONGO, T., JANKOWSKA, E. & LUNDBERG, A.: Postsynaptic excitation and inhibition from primary afferents in neurones in the spinocervical tract. *J Physiol* 199: 569-592, 1968
- 10) HOSOBUCHI, Y.: Chronic thalamic stimulation for the control of facial anesthesia dolorosa. *Arch Neurol* 29: 158-161, 1973
- 11) IGNEZLI, R. J. & STERNBACH, R. S.: Somatosensory changes during transcutaneous electrical analgesia (abstract). p 179, In Bonica, J. (ed): In 1st World Congress on Pain, 1975
- 12) 黒田良太郎 他：ネコにおける三叉神経脊髄路核下核よりの上行性経路。とくに痛覚伝導路について。阪大医誌20: 103-114, 1968
- 13) KURODA, R., MURUI, H. & MOGAMI, H.: Some efferent connections of the magnocellular nucleus of medial geniculate body in the cat.

- With special reference to the pain conducting pathways. *Med J Osaka Univ* 21: 27-46, 1970
- 14) KURODA, R., et al.: Some efferent connections of the centromedian nucleus of the cat. *Med J Osaka Univ* 26: 1-25, 1975
 - 15) 久留 勝: 人体脊髄並に脳幹に於ける知覚伝導経路. pp 429-673, 日本学術会議 (編): 医学綜報, 第2巻, 第4冊, 創元社, 東京, 1949
 - 16) LONG, D. M.: Electrical stimulation for relief of pain from chronic nerve injury. *J Neurosurg* 39: 718-722, 1973
 - 17) LONG, D. M.: Cutaneous Afferent Stimulation for Relief of Chronic Pain. *Clin Neurosurg* 21: 257-268, 1974
 - 18) LONG, D. M. & HAGFORS, N.: Electrical Stimulation in the Nervous System: The Current Status of Electrical Stimulation of the Nervous System for Relief of Pain. *Pain* 1: 109-123, 1975
 - 19) LONG, D. M.: Transcutaneous Electrical Stimulation in the Treatment of Chronic and Acute Pain. pp 54-64, In Lee, J. F. (ed): *Pain Management*. Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1977
 - 20) MELZACK, R. & WALL, P. D.: Pain Mechanisms: A New Theory. *Science* 150: 971-979, 1965
 - 21) MELZACK, R., STILLWELL, D. M. & FOX, E. J.: Trigger Points and Acupuncture Points for Pain: Correlations and Implications. *Pain* 3: 3-23, 1977
 - 22) MUMFORD, J. M.: Influence of Transcutaneous Neural Stimulation on the Pain Threshold of Human Teeth (abstract). p 175, In Bonica, J. (ed): 1st World Congress on Pain, 1975
 - 23) NASHOLD, B. S., JR. & FRIEDMAN, H.: Dorsal Column Stimulation for Control of Pain. *J Neurosurg* 36: 590-597, 1972
 - 24) NASHOLD, B. S., JR.: Electrical Stimulation of the Skin, Peripheral Nerves, or Dorsal Column for Pain Relief. pp 502-509, In Morley, T. P. (ed): *Current Controversies in Neurosurgery*, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1976
 - 25) NATHAN, P. W. & WALL, P. D.: Treatment of Post-Herpetic Neuralgia by Prolonged Electric Stimulation. *Br Med J* 3: 645-647, 1974
 - 26) PICAZA, J. A., et al.: Pain Suppression by Peripheral Nerve Stimulation. Part I Observations with Transcutaneous Stimuli. *Surg Neurol* 4: 105-114, 1975
 - 27) SATRAN, R. & GOLDSTEIN, M. N.: Pain Perception: Modification of Threshold of Intolerance and Cortical Potentials by Cutaneous Stimulation. *Science* 180: 1201-1202, 1973
 - 28) SHEALY, C. N., MORTIMER, J. T. & HAGFORS, N. R.: Dorsal column electroanalgesia. *J Neurosurg* 32: 560-564, 1970
 - 29) SHEALY, C. N.: Transcutaneous Electrical Stimulation for Control of Pain. *Clin Neurosurg* 21: 269-277, 1974
 - 30) SNYDER, S., et al.: Opiate receptor mechanisms. pp 329-360, In Iverson, L. L. & Iverson, S. D. (eds): *Handbook of Psychopharmacology* Vol. 5, Plenum Press, New York, 1975
 - 31) SWEET, W. H. & WEFSIG, J. R.: Treatment of pain by chronic electrical stimulation of large axons. *Excep Med Intern Congress Series* 198: 81, 1969
 - 32) WALL, P. D. & SWEET, W. H.: Temporary abolition of pain in man. *Science* 155: 108-109, 1967
 - 33) WALL, P. D.: Dorsal Horn Electrophysiology. pp 253-270, In Iggo, A. (ed): *Handbook of Sensory Physiology*, Vol. II, Springer-Verlag, Berlin, 1973
 - 34) WALL, P. D.: Physiological mechanisms involved in the production and relief of pain. pp 36-63, In Bonica, J. J., Procacci, P. & Pagni, C. A. (eds): *Recent Advances on Pain. Pathophysiology and Clinical Aspects*. C. C. Thomas, Springfield, 1974